

CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS BIM EN REVIT CON CYPECAD

ESTRUCTURA DE HORMIGÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR BIM CON CYPECAD 2020d



Trabajo final de grado

Grado en Fundamentos en Arquitectura

Autor: Luis Gonzaga López-Obregón Cobo

Tutor: José Sánchez Sánchez

Curso 2019-2020

Grupo: TFG-B

ÍNDICE

1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO	1
1.2. DESCRIPCIÓN	1
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. EL MARCO NORMATIVO	2
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	3
2.1. INTRODUCCIÓN.....	3
2.2. PUBLICACIONES E INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA TEMÁTICA ESTUDIADA	4
2.2.1 PUBLICACIONES E INVESTIGACIONES DE CARÁCTER GENERAL.....	5
2.2.2. PUBLICACIONES E INVESTIGACIONES DE CARÁCTER CONCRETO.....	6
2.3. RESUMEN	7
3. REFERENTES HISTÓRICOS.....	7
3.1. ANTECEDENTES. LOS SISTEMAS CAD.....	7
3.2. HISTORIA DEL BIM	9
3.3. EJEMPLOS DE PROYECTOS BIM EN ESPAÑA	10
4. EL MODELO DE ANÁLISIS.....	12
4.1. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR BIM CON CYPECAD 2020d.....	12
4.1.1. PLANIMETRÍA.....	13
4.1.2. MATERIALES ESTRUCTURALES.....	17
4.1.3. ACCIONES EN LA ESTRUCTURA.....	20
4.1.4. PREDIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	28
4.1.5. MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN “AUTODESK REVIT 2020”	30
4.1.6. EXPORTACIÓN DE DATOS A “CYPECAD 2020d”	41
4.1.7. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA EN “CYPECAD 2020d”	52
4.1.8. INTEROPERABILIDAD CON EL MODELO BIM	79
4.1.9. LIMITACIONES.....	89
4.1.10. CONCLUSIONES.....	89

5. METODOLOGÍA.....	90
5.1. PLANTEAMIENTO GENERAL.....	90
5.2. ESTUDIO.....	90
5.3. CONCLUSIONES.....	90
6. CONCLUSIONES.....	91
7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	91
8. BIBLIOGRAFÍA.....	92
8.1. BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	92
8.2. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA.....	92
8.3. FUENTES DE LAS IMÁGENES.....	92
9. ANEXOS. MANUAL.....	97

1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

1.1. OBJETIVO

Elaboración de un manual para el diseño y cálculo en formato BIM de una vivienda unifamiliar de estructura de hormigón armado con “Cypecad 2020d”.

OBJETIVOS SECUNDARIOS:

- Interoperabilidad entre los programas
- Determinar las limitaciones del software utilizado

1.2. DESCRIPCIÓN

La investigación que se realiza en este documento consiste en la elaboración de un manual para el cálculo y el diseño de estructuras de hormigón armado realizadas en formato BIM con “Autodesk Revit 2020” con el programa de cálculo de estructuras “Cypecad 2020d”.

El manual obtenido establecerá las directrices básicas para la elaboración de un proyecto de estructura en Revit y su verificación posterior en el programa de cálculo, permitiendo la transmisión de datos de forma bidireccional entre los programas.

Según la Web “Building SMART Spain” se puede definir el BIM como: “una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción”, lo que implica integrar todas las fases de un proyecto y todas las disciplinas que intervienen en el mismo, centralizando toda la información en un modelo digital común creado por todos los agentes intervinientes. Siendo fundamental la integración del proyecto de estructura en el mismo.

Durante la última década se ha implantado de forma progresiva el uso del BIM en diferentes países, estableciéndose en algunos de ellos su uso de forma obligatoria para la elaboración de proyectos públicos, actualmente en España es obligatorio su uso desde el 17 de diciembre de 2018 para ejecutar en BIM todos los proyectos constructivos de edificación con financiación pública y desde 26 de julio de 2019 para ejecutar en BIM todos los proyectos de infraestructuras con financiación pública. Por lo que es necesario adaptarse esta metodología de trabajo, ya que se está imponiendo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la metodología de trabajo BIM se está imponiendo por lo que creo que es fundamental la formación en este ámbito, en las universidades cada vez es más común que se impartan clases específicas sobre este tema, aunque aún queda mucho trabajo por hacer para incorporar este método en todas las áreas de formación. El fenómeno que se está produciendo con el uso del BIM es similar al que se produjo con la implantación de los sistemas CAD.

Como estudiante creo que el potencial de la metodología BIM es muy alto, ya que los programas informáticos avanzan constantemente implementando nuevas funciones, mejorando las existentes, así como mejorando la transmisión de datos entre diferentes softwares.

Considero que actualmente hay muchas deficiencias en cuanto a la bidireccionalidad de datos entre los programas BIM y los programas de cálculo de estructuras, por lo que considero de especial interés investigar este ámbito para elaborar una guía que permita establecer las directrices para que el proceso de diseño y cálculo de una estructura elaborada en BIM se pueda realizar a través de programas externos, devolviendo la información al archivo BIM.

1.4. EL MARCO NORMATIVO

Para el cálculo y diseño de una estructura debemos de cumplir una serie de normas, las normas que cito a continuación son válidas para el territorio español:

- **CTE DB SE-AE:** Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (abril 2009).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-AE.pdf>
- **CTE DB SE-C:** Documento Básico Seguridad Estructural cimientos (20 diciembre 2019).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf>
- **CTE DB SI:** Documento Básico Seguridad en caso de incendio (20 diciembre 2019).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf>
- **EHE-08:** Instrucción de Hormigón Estructural (2011).
URL: <http://www.ponderosa.es/docs/Norma-EHE-08.pdf>
- **NCSE-02:** Norma de construcción Sismorresistente. Parte general y edificación (2009).
URL: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

El tema principal en el que se va a centrar este trabajo es en desarrollar un método que establezca las directrices básicas a la hora de desarrollar un proyecto de diseño de estructura en formato BIM con el programa “Autodesk Revit 2020” ya que actualmente es el software BIM cuyo uso está más extendido entre los profesionales, para posteriormente realizar el cálculo de la misma con el programa “Cypecad 2020d”. El programa de cálculo que voy a utilizar es muy conocido dentro del mundo de la arquitectura y la ingeniería por lo que su uso está muy extendido.

El principal problema que hay actualmente con el BIM es que la interoperabilidad con los programas de cálculo de estructuras tiene ciertos problemas e incompatibilidades, además de que para realizarla hay que tener en cuenta una serie de condiciones, es fundamental emplear los programas en sus versiones más actuales ya que los softwares avanzan y se mejoran continuamente.

El auge del BIM como metodología de trabajo colaborativo para los proyectos arquitectónicos, permite que las diferentes disciplinas que intervienen en un proyecto se coordinen entre sí. En cuanto a la coordinación con el cálculo de la estructura es donde surgen más problemas ya que “Autodesk Revit 2020” no permite por sí mismo realizar su cálculo aplicando la normativa actual, por lo que hay que utilizar softwares especializados para realizar dichos cálculos.

Para poder realizar esta investigación se utilizará como modelo una estructura de hormigón de un proyecto de vivienda unifamiliar para poder calcularla con “Cypecad 2020d”. Este ejemplo permitirá desarrollar un manual específico que puede servir de guía para cualquier alumno de arquitectura e ingeniería que quiera incluir la estructura en el proyecto BIM y asociarla con programas de cálculo.

Considero importante señalar que la metodología BIM establece una serie de niveles de detalle del proyecto, llamados “LOD” (Level of Development), en el caso de los ejemplos sobre los que voy a trabajar, el nivel de detalle alcanzado en el modelo BIM, será LOD 300, equivalente al nivel de desarrollo que se alcanza en un proyecto de ejecución.

A continuación, expongo de forma resumida los niveles de detalle que podemos considerar actualmente:

- **LOD 100:** Es el nivel más básico del proyecto, equivaldría a el nivel de un anteproyecto.
- **LOD 200:** En este nivel se definen gráficamente los elementos del proyecto, este nivel equivale al de un proyecto básico:
- **LOD 300:** El nivel de desarrollo alcanzado corresponde al de un proyecto de ejecución.
- **LOD 400:** El nivel de detalle del modelo es suficiente para producir planos para su construcción.
- **LOD 500:** El modelo final refleja de forma precisa lo que se ha construido en la realidad con las modificaciones que se hayan producido en el proceso constructivo.

2.2. PUBLICACIONES E INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA TEMÁTICA ESTUDIADA

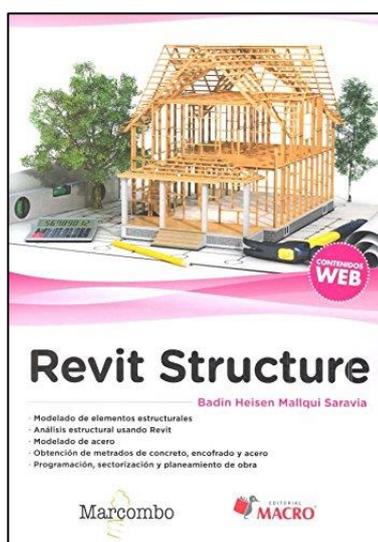
Para realizar a cabo esta investigación es fundamental utilizar los distintos manuales que hay publicados sobre los programas informáticos que se van a utilizar, existen sobre todo publicaciones de carácter general en las cuales se explica el funcionamiento en líneas generales de los programas, en cuanto a publicaciones y publicaciones de carácter concreto no hay mucha información.

2.2.1 PUBLICACIONES E INVESTIGACIONES DE CARÁCTER GENERAL

He considerado como publicaciones e investigaciones de carácter general todas aquellas que tratan de forma global el objeto de la cuestión, fundamentalmente he incluido manuales que desarrollan de forma genérica el funcionamiento de los programas, he incluido libros y manuales en formato pdf:

- Revit structure:

Este libro está orientado a profesionales y estudiantes del sector de la construcción y enseña cómo preparar un modelo BIM para un análisis estructural posterior.



Título: Revit Structure

Autor/es: Mallqui Saravia, Badin Heisen

ISBN: 9788426724694

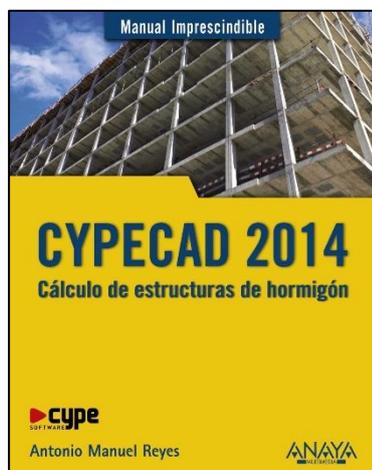
Editorial: Marcombo, Barcelona

Año de publicación: 2017

Imagen 2.2.1_01. Portada libro

- CYPECAD 2014. Cálculo de estructuras de hormigón:

Este libro es una guía básica de utilización del módulo de CYPECAD para calcular estructuras de hormigón armado.



Título: CYPECAD 2014. Cálculo de estructuras de hormigón

Autor/es: Antonio Manuel reyes

ISBN: 8441535531

Editorial: ANAYA

Año de publicación: 2014

Imagen 2.2.1_02. Portada libro

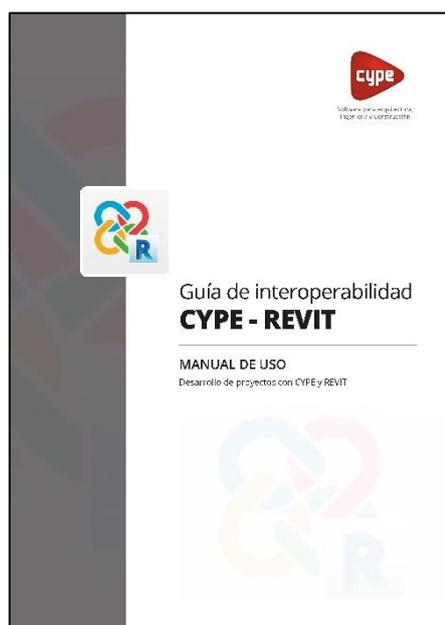
2.2.2. PUBLICACIONES E INVESTIGACIONES DE CARÁCTER CONCRETO

He considerado como publicaciones e investigaciones de carácter concreto un manual en formato pdf que tratan sobre el plugin “Open BIM” compatible con “Autodesk Revit 2020” que permite el intercambio de datos entre el programa BIM y el programa de cálculo.

- Guía de interoperabilidad CYPE-REVIT:

Este documento en formato pdf esta publicado en la web oficial de “BIMserver center”, se trata de una pequeña guía que explica de forma escueta algunas cosas que hay que tener en cuenta para utilizar el programa, la información que aporta es bastante limitada.

“BIMserver center” se trata de un servicio de actualización en la nube que permite el flujo bidireccional de datos entre “Autodesk Revit 2020” y “Cypecad 2020d” mediante el plugin “Open BIM”.



Título: Guía de interoperabilidad CYPE-REVIT

Imagen 2.2.2_01. Portada pdf

URL: <https://blog.bimserver.center/es/nueva-guia-de-interoperabilidad-cype-revit/>

2.3. RESUMEN

Las publicaciones de carácter general han servido como apoyo para el manejo genérico de los softwares principales que vamos a utilizar: “Autodesk Revit 2020” y “Cypecad 2020d”; aunque los documentos están realizados sobre versiones antiguas son válidos, ya que las funciones principales han experimentado pocas variaciones.

La publicación de carácter concreto está dedicada al plugin “Open BIM”; es útil de cara a una aproximación inicial al uso de este plugin, aunque no incluye ningún ejemplo práctico y solo se centra en describir las funciones principales del mismo.

Los documentos empleados sirven como punto de partida para desarrollar mediante un ejemplo práctico un manual que indique las directrices que se han de seguir para desarrollar un proyecto de estructura en “Autodesk Revit 2020” y verificarlo con el programa de cálculo “Cypecad 2020d”.

3. REFERENTES HISTÓRICOS

3.1. ANTECEDENTES. LOS SISTEMAS CAD

Hasta la aparición de los equipos informáticos y los softwares de CAD toda la documentación referente al proyecto se producía de forma manual. Los primeros sistemas CAD que se comercializaron en el mercado supusieron una evolución tanto en la forma de proyectar como en la calidad de la documentación del proyecto, permitiendo una mayor productividad, acortando los tiempos de producción y mejorando el rendimiento.

En 1965 se comercializa el primer programa de CAD, pero no es hasta 1982, cuando John Walker funda “AUTODESK” y con un grupo de 70 personas produce un programa de CAD con un precio de mercado inferior a 1000 dólares americanos, presento el primer “AutoCAD”, iniciándose así la difusión global de los sistemas CAD.

En 1997, “Autodesk” lanzo al mercado la versión “AutoCAD R14”, la cual mejoro notablemente las prestaciones de las versiones anteriores del programa, hacia lo mismo que su predecesor, pero de forma más rápida y fluida, además de simplificar su uso. A partir de esta fecha los usuarios del programa han aumentado de forma notable hasta la actualidad, convirtiéndose “AutoCAD” en el software más popular entre los profesionales de la arquitectura.

Actualmente existen otros programas CAD, pero el más popular entre los estudiantes y los profesionales de arquitectura, es “AutoCAD”, este software está en continua evolución y supuso una revolución en el campo de la arquitectura, la ingeniería y el diseño gráfico.

Los programas CAD permiten desarrollar un proyecto hasta lo que podemos llamar tercera dimensión, a diferencia de la metodología BIM, que va un paso más allá y permite desarrollar el proyecto en todas sus dimensiones, desde el diseño inicial hasta la finalización de su vida útil. Por ello el uso de la metodología BIM se está imponiendo en proyectos de gran envergadura en los que hay que manejar un gran volumen de información. En los proyectos BIM, los programas de CAD se utilizan como herramientas complementarias del programa BIM.

A continuación, expongo brevemente las siete dimensiones que incluyen las etapas de diseño, construcción y ciclo de vida del proyecto:

1.- LA IDEA: Incluiría la ubicación del proyecto y las condiciones iniciales para la realización del mismo.

2.- EL BOCETO: Determinar las características genéricas del proyecto: materiales, cargas, tipo de estructura, eficiencia energética, ...

3.- MODELO GRÁFICO TRIDIMENSIONAL: El modelo geométrico en tres dimensiones, se realiza a partir de los datos de las fases anteriores.

4.- EL TIEMPO: El desarrollo a lo largo del tiempo de las diferentes fases de construcción del proyecto

5.- LOS COSTES: Análisis y estimación de costes del proyecto, permitiendo su modificación en cualquier fase de ejecución del proyecto o de la vida del mismo.

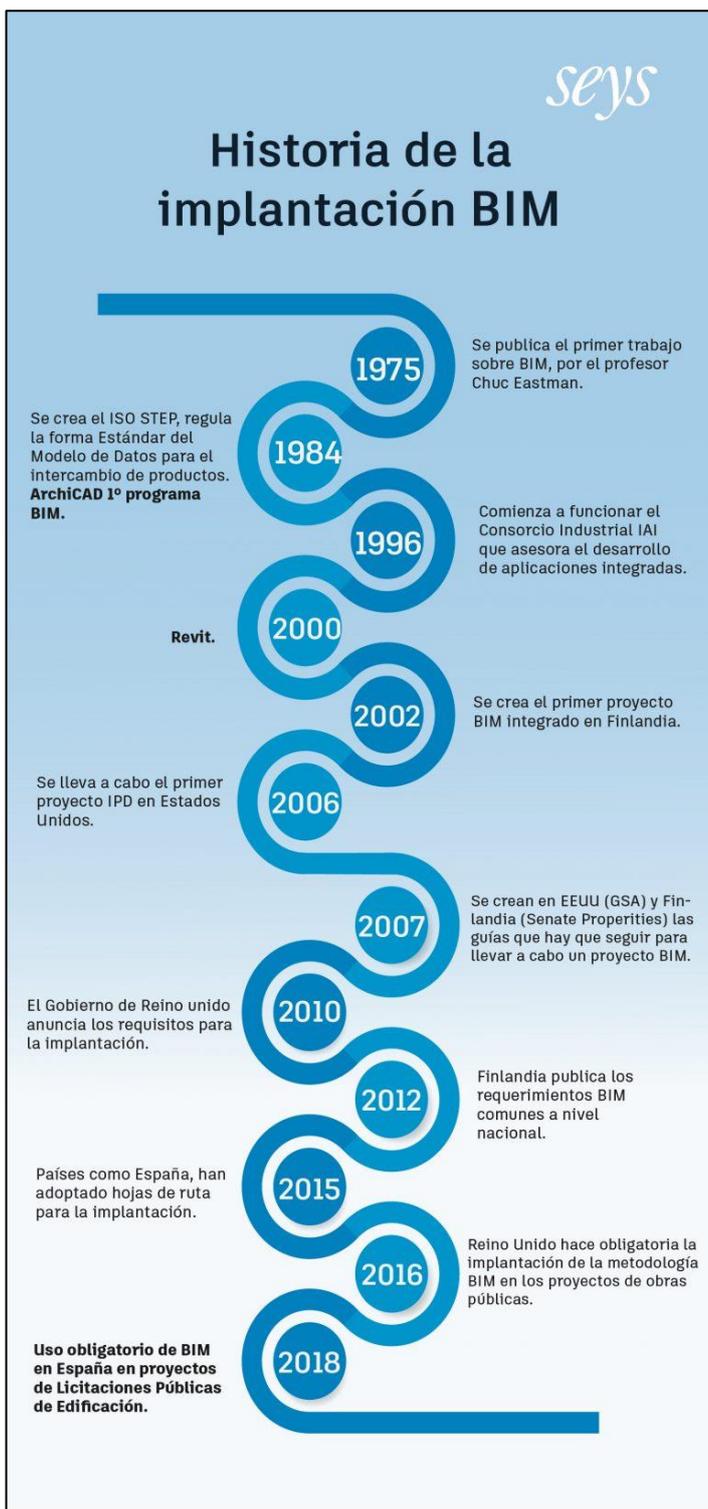
6.- SOSTENIBILIDAD: Simulación y análisis de alternativas para la construcción, para establecer las condiciones para una mayor eficiencia del proyecto.

7.- CICLO DE VIDA: Se tienen en cuenta todos los gastos y operaciones de mantenimiento que sufrirá el proyecto a lo largo de su vida útil, previendo los posibles problemas que pueden darse a lo largo del tiempo.

La metodología BIM pretende dar respuesta a las siete dimensiones que puede tener un proyecto, ya que los programas de CAD solo permiten desarrollarlo hasta la tercera dimensión.

3.2. HISTORIA DEL BIM

El BIM tal y como lo conocemos actualmente es una metodología de trabajo colaborativa para la construcción que abarca todas las fases o ciclos de vida de un proyecto incluyendo el mantenimiento durante toda la vida útil del edificio, sus orígenes se remontan a 1975, cuando el profesor Charles M. Eastman publicó el primer trabajo de lo que hoy conocemos como BIM, en el documento realizó una descripción de lo que él llamaba “sistema descriptivo del edificio” o “BDS”.



Este documento marco el inicio de lo que hoy conocemos como “metodología BIM”, pero no fue hasta 1984, cuando la empresa de origen húngaro “GRAPHISOFT” desarrolló el 1º programa BIM, “ArchiCAD”. En el año 2000 la compañía “Revit Technology Corporation” publicó la primera versión de “Revit”, en el año 2002 “Autodesk” adquirió la compañía y actualmente se encarga del desarrollo del programa y de la comercialización del mismo.

Desde el año 2000 hasta la actualidad la metodología BIM ha mejorado considerablemente y aún continúa mejorando día a día. La obligación que están imponiendo diferentes países para su uso en proyectos de licitación pública, implica que el uso de esta metodología de trabajo se esté imponiendo en estudios de arquitectura de todo el mundo, cada vez son más los profesionales que están utilizando software que trabaja con metodología BIM, está ocurriendo algo similar a cuando surgieron los programas “CAD” de dibujo asistido por ordenador, al principio este tipo de software no era muy aceptado, pero progresivamente se ha convertido en una herramienta de trabajo fundamental.

Imagen 3.2_01. Infografía SEYS, empresa suministradora de software a empresas

En el mercado existen 4 programas de software que trabajan con metodología BIM: “Revit (Autodesk)”, “ArchiCAD (Graphisoft)”, “Allplan (Nemetschek)” y “AECOSim Building designer (Bentley Systems)”. El programa “Revit” es el software más utilizado por los profesionales actualmente, “ArchiCAD” es la segunda solución de software BIM más utilizada entre los profesionales, “Allplan” fue desarrollado por una empresa alemana y se utiliza principalmente en Alemania y “AECOSim Building designer” está especializado en la realización de proyectos de grandes infraestructuras.

Personalmente no considero que la metodología de trabajo BIM, vaya a sustituir completamente el uso de los programas “CAD”, cada metodología de trabajo tiene su campo de aplicación por lo que ambos sistemas son herramientas de trabajo perfectamente operativas, probablemente en proyectos de pequeña entidad el uso del BIM no es rentable ya que la cantidad de datos que hay que introducir en el modelo requiere de tiempo adicional, sin embargo en proyectos de mayor entidad en los que deben de coordinarse distintas disciplinas se trata de una herramienta de trabajo muy potente ya que permite controlar todos los aspectos del proyecto y minimizar los errores dentro del proyecto.

3.3. EJEMPLOS DE PROYECTOS BIM EN ESPAÑA

A continuación, describiré brevemente tres proyectos que se han realizado íntegramente empleando la metodología BIM en España:

1.- CIUDAD DE LA JUSTICIA EN CÓRDOBA

Este proyecto se empleó por parte de la administración como una primera experiencia en la aplicación de la metodología BIM, la administración pública pretendía evaluar las ventajas que proporciona la metodología BIM en proyectos de licitación pública.



Tamaño: 48,000 m²

Estado: Terminado

Diseño del proyecto: 2006

Realización del proyecto: 2014 - 2017

Dirección: Calle Isla Formentera, 16, 14011 Córdoba, España

Equipo de diseño: Mecanoo y Ayesa

Programa: Palacio de justicia con 26 salas, una sala de bodas, un Instituto Forense, oficinas, una cafetería, un archivo, una prisión y un estacionamiento.

Imagen 3.3_01. Fotografía Ciudad de la Justicia en Córdoba

2.- CAMPUS DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Este proyecto se desarrolló empleando la metodología BIM desde la concepción del edificio hasta la finalización de la obra completa. El proyecto sufrió modificaciones durante su construcción, las cuales se realizaron de forma conjunta en el propio modelo BIM.



Tamaño: 7,533 m²

Estado: Terminado

Diseño del proyecto: 2012

Realización del proyecto: 2013

Dirección: Calle Feixa Llarga s/n,
L'Hospitalet de Llobregat, España

Equipo de diseño: Pinearq

Programa: Ampliación del nuevo Campus de Ciencias de la Salud de Bellvitge de la Universidad de Barcelona.

Imagen 3.3_02. Fotografía Campus de las Ciencias de la Salud de la Universidad de Barcelona

3.- ESTADIO WANDA METROPOLITANO EN MADRID

La metodología BIM se empleó en este proyecto debido a que tenía dos fases, por un lado, los movimientos de tierra y la construcción de las gradas y, por otro lado, la cubierta del edificio, por lo que era preciso tener una buena coordinación entre las distintas fases del proyecto.



Tamaño: 194,640 m²

Estado: Terminado

Diseño del proyecto: 2007-2010

Realización del proyecto: 2011 - 2017

Dirección: Avda. Luis Aragonés, s/n. 28022
Madrid, España

Equipo de diseño: Cruz y Ortiz
Arquitectos.

Programa: Estadio de fútbol para el Club Atlético de Madrid con capacidad para 70.000 espectadores, fruto de la ampliación del antiguo Estadio de

Atletismo de la Comunidad de Madrid

Imagen 3.3_03. Fotografía Estadio Wanda Metropolitano

4. EL MODELO DE ANÁLISIS

4.1. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR BIM CON CYPECAD 2020d

El proyecto que se va a utilizar como ejemplo es una vivienda unifamiliar entre medianeras ubicada en el municipio de Baeza, provincia de Jaén. El proyecto en cuestión es una modificación del proyecto original por lo que no está construido como tal, pero es un buen ejemplo para el desarrollo de este manual, ya que se trata de una vivienda unifamiliar de dos plantas, además dispongo del estudio geotécnico del terreno para el diseño de la cimentación. La estructura que vamos a desarrollar en el modelo BIM incorporara los elementos de cimentación, los elementos verticales estructurales que en este caso serán los pilares y un muro, los elementos de estructura horizontales o forjados y la escalera, por lo que podremos determinar qué elementos se pueden transferir a “Cypecad 2020d” obteniendo un buen resultado de cálculo y de volcado de datos en el modelo BIM.

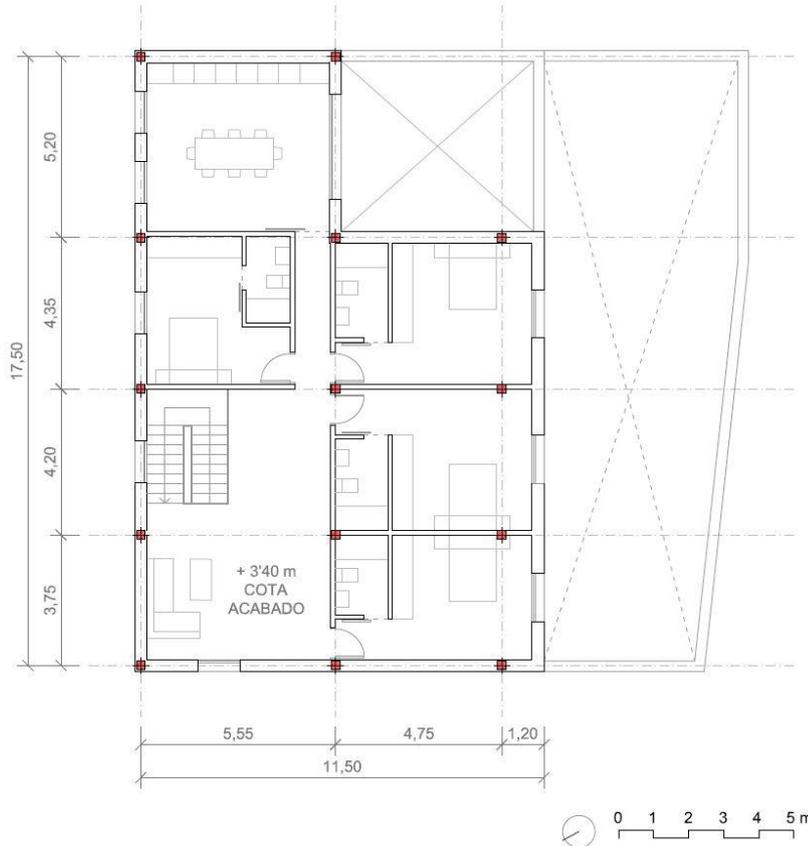
La estructura del edificio se resolverá con pilares y un muro de hormigón armado en planta baja, pilares de hormigón armado en planta primera y forjados bidireccionales de losa de hormigón armado, aunque la luz mayor es de 5'55 metros, la solución para los forjados será la losa, ya que actualmente para cumplir con los requisitos en materia de seguridad laboral, cuando se ejecuta un forjado es necesario construir una plataforma continua sobre puntales, para trabajar de forma segura, por lo que es factible la ejecución de un forjado bidireccional, en lugar de un forjado unidireccional tradicional. El muro visto de hormigón que se ubica en planta baja responde a una petición expresa del promotor, ya que lo incorpora como elemento separador del salón principal y el comedor, buscando resaltar los valores estéticos del material, en cualquier caso, también mejorara el comportamiento de la estructura frente a las acciones horizontales.

La estructura de la zanca de la escalera será de hormigón armado. La escalera será de ida y vuelta, arrancará desde la losa de cimentación y desembarcará en el forjado de planta primera.

La cimentación será por losa de hormigón armado, ya que según el estudio geotécnico es la opción más adecuada para el tipo de terreno, la cota de cimentación estará como mínimo 30 centímetros por debajo de la rasante, para eliminar el primer estrato del terreno blando, por lo que para alcanzar la cota de la planta baja de la vivienda se ejecutará una cámara sanitaria con el sistema “Cáviti”.

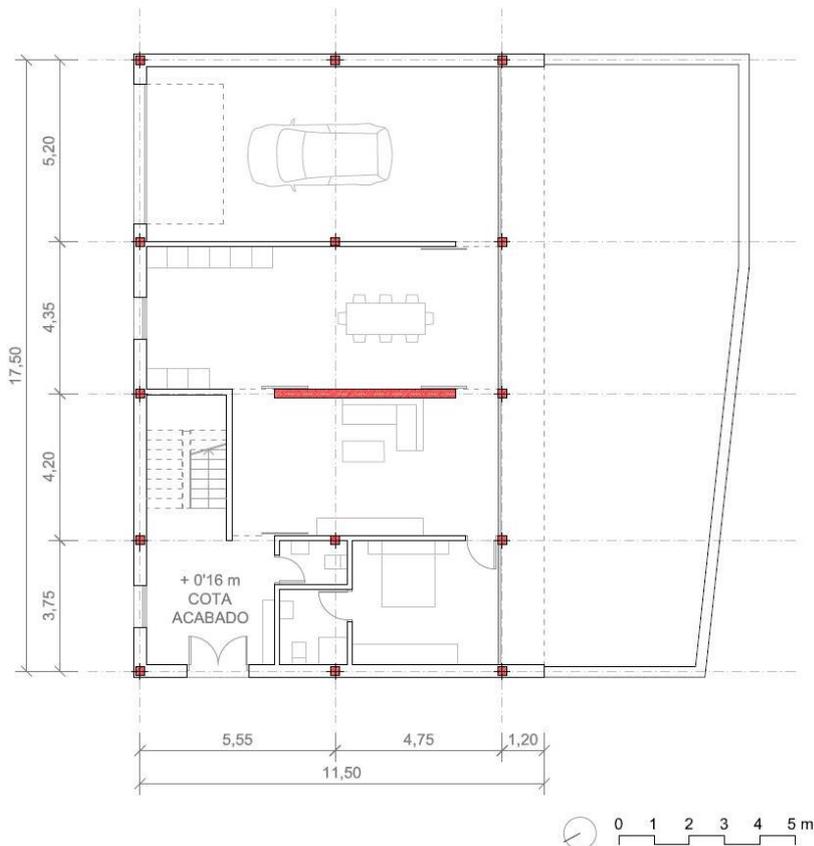
La vivienda en total dispone de 386'76 m² construidos en dos plantas: la planta baja con 208'39 m² construidos y la planta primera con 178'37 m² construidos.

4.1.1.PLANIMETRÍA



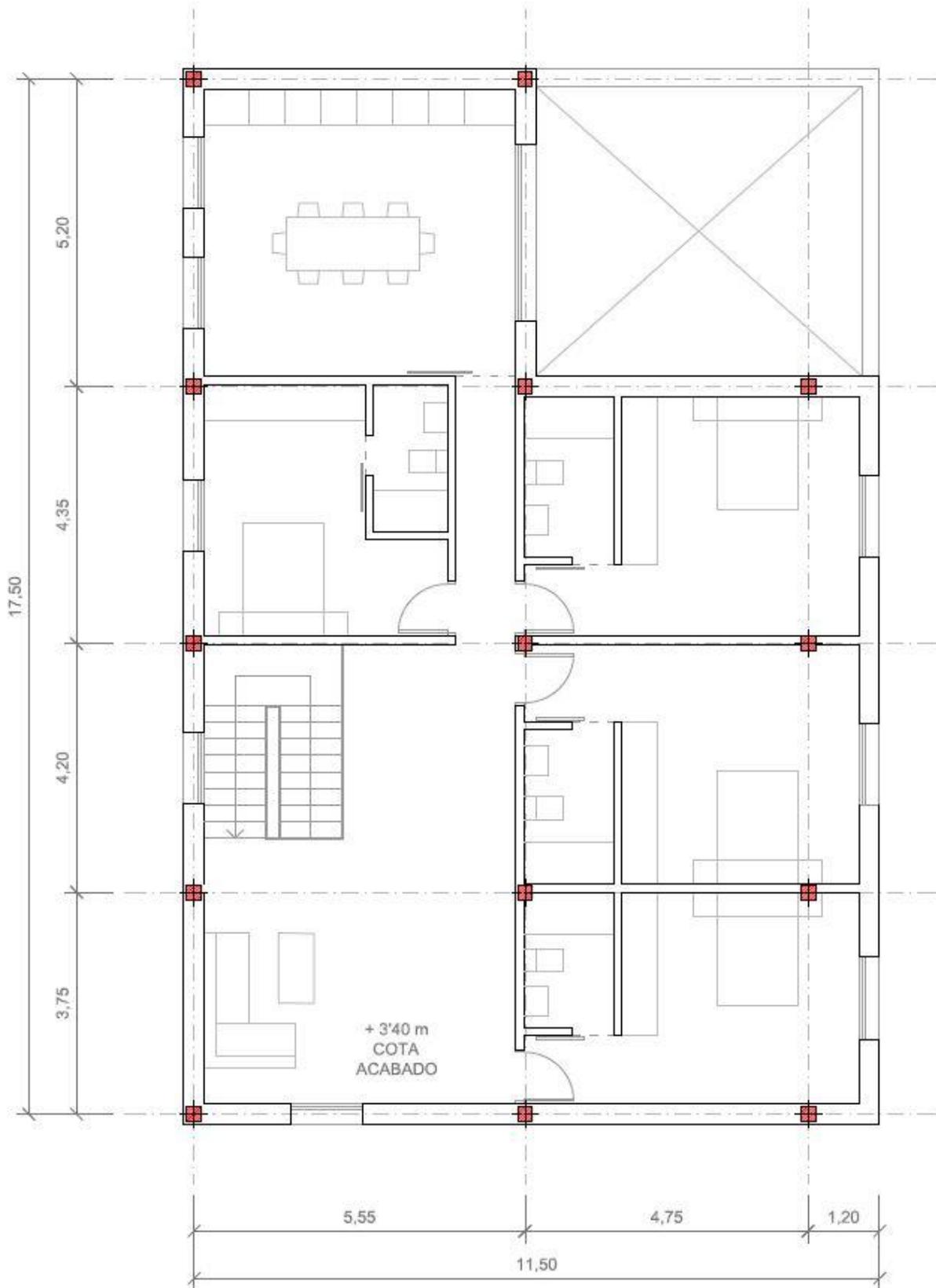
ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA PRIMERA
COTAS EN METROS
SUPERFICIE CONSTRUIDA: 178'37 m²

Imagen 4.1.1_01. Plano esquema estructura planta primera, elaboración propia



ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA BAJA
COTAS EN METROS
SUPERFICIE CONSTRUIDA: 208'39 m²

Imagen 4.1.1_02. Plano esquema estructura planta baja, elaboración propia



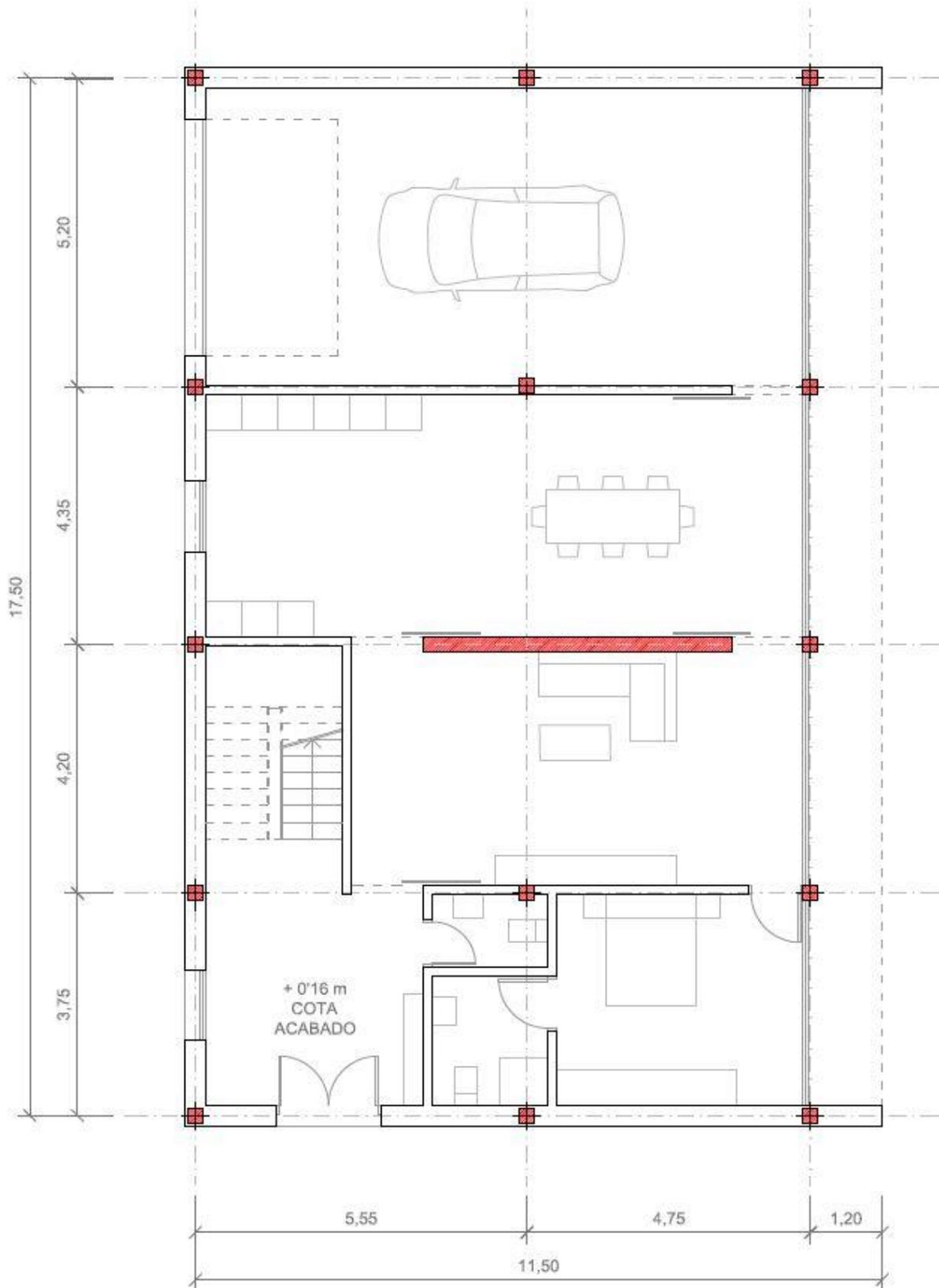
ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA PRIMERA

SUPERFICIE CONSTRUIDA: 178'37 m²

COTAS EN METROS



Imagen 4.1.1_03. Plano esquema estructura planta primera, elaboración propia



ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA BAJA
 SUPERFICIE CONSTRUIDA: 208'39 m² COTAS EN METROS

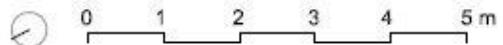


Imagen 4.1.1_04. Plano esquema estructura planta primera, elaboración propia

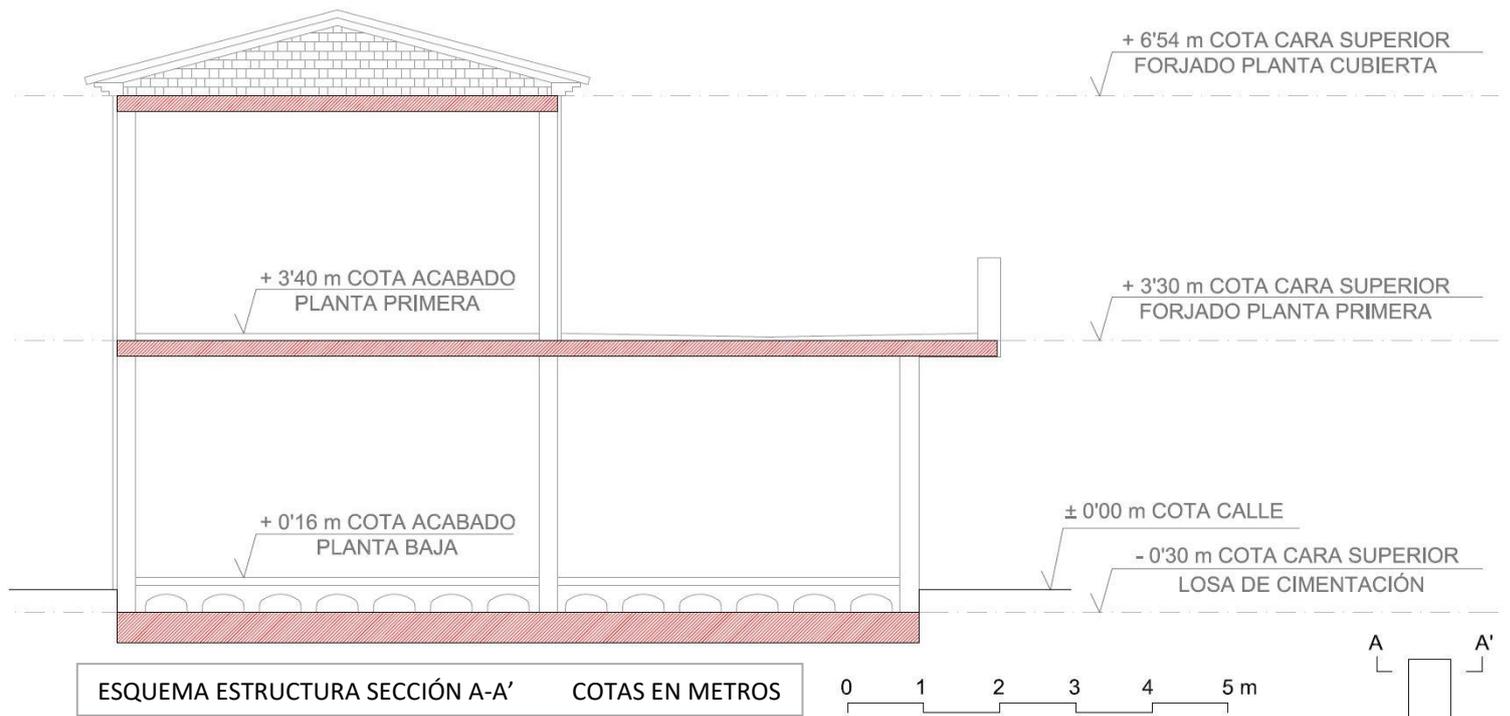


Imagen 4.1.1_05. Plano esquema estructura sección transversal A - A', elaboración propia

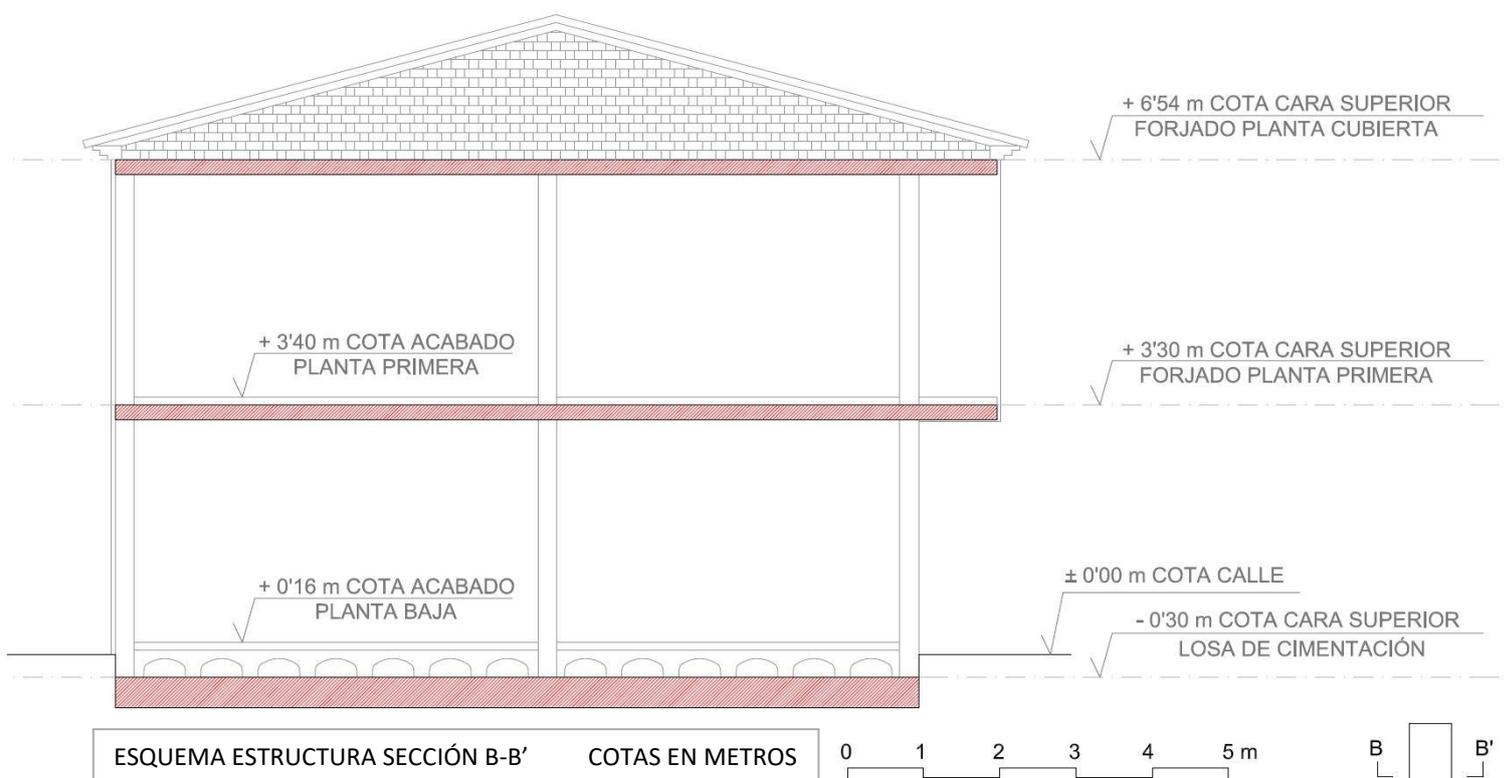


Imagen 4.1.1_06. Plano esquema estructura sección transversal B - B', elaboración propia

4.1.2. MATERIALES ESTRUCTURALES

En la tabla siguiente se definen las características del tipo de hormigón que se va a emplear en toda la estructura **HA-25/B/16/I**. Se ha considera clase de exposición I porque la estructura esta revestida, por lo que está protegida del exterior.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES SEGÚN INSTRUCCIÓN EHE-08				
ELEMENTO			LOCALIZACIÓN	
			PILARES	VIGAS Y FORJADOS
HORMIGON (Art. 30)	TIPIFICACION (Art. 39.2)		HA-25-B-16-I	HA-25-B-16-I
	Resistencia característica de proyecto f_{ck} (N/mm ²)	a 7 días	18'75	18'75
		a 28 días	25	25
	CONSISTENCIA (Art. 30.6)		BLANDA	BLANDA
	ASIENTO CONO ABRAMS (cm) (Art. 30.6)		6-9	6-9
	CEMENTO (ANEJO 3) TIPO Y CLASE		CEM I	CEM I
	ARIDOS (Art.28)	Tamaño máximo (mm)	16	16
		coeficiente de forma	$\alpha < 0'20$	$\alpha < 0'20$
COEFICIENTE DE MINORACION γ_c (Art. 15.3)		1,5	1,5	
ARMADURAS PASIVAS (Art. 31)	DESIGNACIÓN		B 400 S	B 400 S
	LÍMITE ELÁSTICO (N/mm ²)		400	400
	COEFICIENTE DE MINORACION γ_s (Art. 15.3)		1,15	1,15
CONTROL DE EJECUCIÓN NORMAL				
COEFICIENTE DE MAYORACIÓN DE CARGAS (Art. 95.5)			Permanentes $\gamma_G =$	1'35
			Variables $\gamma_Q =$	1'50

Imagen 4.1.2_01. Tabla de características de los materiales según EHE - 08, elaboración propia

El hormigón empleado **HA-25/B/16/I** estará armado con acero corrugado **B-400S**, las características de este acero se recogen en la Tabla 32.2.a de la “EHE-08”. La elección del acero B400-S se debe a que la estructura que vamos a calcular aparentemente no tiene zonas en las que la resistencia del acero para armar el hormigón pueda ser determinante, por lo que empleando acero B400-S será más que suficiente.

Tabla 32.2.a
Tipos de acero corrugado

Tipo de acero		Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
Designación		B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Límite elástico, f_y (N/mm ²) ⁽¹⁾		≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, f_s (N/mm ²) ⁽¹⁾		≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,5}$ (%)		≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{m\acute{a}x}$ (%)	Acero suministrado en barra	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 7,5
	Acero suministrado en rollo ⁽³⁾	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 10,0	≥ 10,0
Relación f_s/f_y ⁽²⁾		≥ 1,05	≥ 1,05	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$	$1,15 \leq f_s/f_y \leq 1,35$
Relación $f_{y\text{ real}}/f_{y\text{ nominal}}$		—	—	≤ 1,20	≤ 1,25

Imagen 4.1.2_02. Tabla 32.2.a, Tipos de acero corrugado, extraída de la Norma EHE - 08

Para determinar el recubrimiento mínimo de hormigón de las armaduras, hay que tener en cuenta lo que indica la “EHE-08” en la Tabla 37.2.4.1.a en función de la clase de exposición y los requisitos que establece el “DB SI-6, Resistencia al fuego de la estructura” y establecer el recubrimiento mínimo que sea mayor.

Tabla 37.2.4.1.a
Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t_d), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Imagen 4.1.2_03. Tabla 37.2.4.1.a, Recubrimientos mínimos, extraída de la Norma EHE - 08

Para la clase de exposición I y una vida útil de 50 años de proyecto se establece un recubrimiento mínimo de 15 mm de hormigón, a continuación, verificaremos el espesor según el “DB SI-6, Resistencia al fuego de la estructura”.

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

(1) La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

(2) En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

(3) R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

(4) R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Imagen 4.1.2_04. Tabla 3.1, Resistencia al fuego, extraída del CTE DB SI - 6

Al tratarse de una vivienda unifamiliar será suficiente con una resistencia al fuego de la estructura de R30, debemos verificar en el “Anejo C. Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado” en la “Tabla C.2”.

Tabla C.2. Elementos a compresión

Resistencia al fuego	Lado menor o espesor b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ⁽¹⁾		
	Soportes	Muro de carga expuesto por una cara	Muro de carga expuesto por ambas caras
R 30	150 / 15 ⁽²⁾	100 / 15 ⁽³⁾	120 / 15
R 60	200 / 20 ⁽²⁾	120 / 15 ⁽³⁾	140 / 15
R 90	250 / 30	140 / 20 ⁽³⁾	160 / 25
R 120	250 / 40	160 / 25 ⁽³⁾	180 / 35
R 180	350 / 45	200 / 40 ⁽³⁾	250 / 45
R 240	400 / 50	250 / 50 ⁽³⁾	300 / 50

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

(2) Los soportes ejecutados en obra deben tener, de acuerdo con la Instrucción EHE, una dimensión mínima de 250 mm.

(3) La resistencia al fuego aportada se puede considerar REI

Imagen 4.1.2_05. Tabla C.2, Elementos a compresión, extraída del Anejo C del CTE DB SI

Según la “Tabla C.2” para una resistencia al fuego R30 los pilares tendrán una dimensión mínima de 150 x 150 mm y un recubrimiento de 15 mm y el muro un espesor mínimo de 120 mm con un recubrimiento de 15 mm. Sin embargo, la “EHE-08” establece en su artículo 54º que “Los soportes ejecutados en obra deberán tener su dimensión mínima mayor o igual a 25 cm” por lo que los pilares introducidos en el modelo de cálculo tendrán una dimensión mínima de **250 x 250 mm** y el muro será

de **250 mm** de espesor para que la estructura sea lo más homogénea posible, en cuanto al recubrimiento aunque con 15 mm cumplimos normativa asignare un recubrimiento mínimo de **30 mm** a todos los elementos hormigonados en obra para permitir que la armadura quede bien recubierta por el hormigón, ya que con 15 mm de separación entre encofrado y armadura el riesgo de que se queden las armaduras sin recubrir es muy alto ya que el hormigón no puede fluir bien con tan poco espacio.

RESUMEN MATERIALES

- Hormigón: **HA-25/B/16/I**
- Acero corrugado: **B-400 S**
- Recubrimiento mínimo: **30 mm**

4.1.3. ACCIONES EN LA ESTRUCTURA

ACCIONES SUPERFICIALES Y LINEALES

A continuación, se van a determinar según el “CTE DB SE-AE” las cargas que se van a considerar para el cálculo de la estructura. El peso propio de la estructura lo introduce el programa de forma automática, pero las cargas de los elementos constructivos que no forman parte de la estructura y de las sobrecargas derivadas del uso de la misma hay que introducirlas en el modelo de cálculo.

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañeado; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Imagen 4.1.3_01. Tabla C.5, Peso propio de elementos constructivos, extraída del CTE DB SE-AE

CARGAS PERMANENTES SEGÚN “TABLA C.5”

- Carga lineal de cerramiento exterior: **7 KN/m**
- Carga superficial planta baja y primera solería con mortero de nivelación: **1 KN/m²**
- Carga superficial escalera peldaño incluido: **1’5 KN/m²**
- Carga superficial cubierta plana terraza planta primera: **2’5 KN/m²**
- Carga superficial cubierta faldones de teja sobre tabiques palomeros: **3 KN/m²**
- Carga superficial tabiquería planta baja y primera: **1 KN/m²**
- Carga superficial cámara ventilada sistema “Cáviti” tipo “C-30”: **3 KN/m²**

A continuación, obtenemos de la “Tabla 3.1” el valor de la sobrecarga de uso que debemos de considerar para el uso de vivienda unifamiliar.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Imagen 4.1.3_02. Tabla 3.1, Valores de las sobrecargas de uso, extraída del CTE DB SE-AE

SOBRECARGAS DE USO SEGÚN “TABLA 3.1”

- Sobrecarga de uso vivienda unifamiliar planta baja, planta primera y escalera: **2 KN/m²**
- Sobrecarga de uso cubierta de teja con inclinación inferior a 20°: **1 KN/m²**
- Sobrecarga lineal en voladizo de terraza: **2 KN/m**

SOBRECARGA DE NIEVE

Para determinar la sobrecarga por nieve hay que utilizar la “Figura E.2” y la “Tabla E.2” del “ANEJO E” del “DBSE-AE”. La ubicación del edificio es el municipio de Baeza en la provincia de Jaén.



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Imagen 4.1.3_03. Figura E.2, Zonas climáticas de invierno, extraída del Anejo E del CTE DB SE-AE

El municipio pertenece a la zona climática de invierno 6 y está situado a una altitud de 790 metros por lo que consideraremos una altitud de 800 metros para la “Tabla E.2”

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Imagen 4.1.3_04. Tabla E.2, Sobrecarga de nieve, extraída del Anejo E del CTE DB SE-AE

La carga de nieve según la “Tabla E.2” a considerar sería de 0’7 KN/m², pero el “Apartado 3.5.1” del “CTE DBSE-AE” para edificios situados por debajo de 1000 metros de altitud indica que se puede considerar un valor de 1 KN/m².

- Sobrecarga de nieve en terraza y cubierta: **1 KN/m²**

CARGAS DE VIENTO

Para introducir las cargas de viento en el programa de cálculo es necesario determinar la zona en función de la velocidad básica del viento según la “Figura D.1” y el grado de aspereza del entorno según la “Tabla 3.4” del “CTE DBSE-AE”. También es necesario determinarlas dimensiones de los “anchos de banda” para introducirlos en el programa de cálculo.



Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

Imagen 4.1.3_05. Figura D.1, Valor básico de la velocidad del viento, extraída del CTE DB SE-AE

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Imagen 4.1.3_06. Tabla 3.4, Valores del coeficiente de exposición, extraída del CTE DB SE-AE

Los anchos de banda que solicita el programa de cálculo para introducir las cargas de viento corresponden con la anchura y la longitud máxima de la planta del edificio.

DATOS PARA INTRODUCIR LAS CARGAS DE VIENTO:

- Zona: **A**
- Grado de aspereza del entorno: **IV**
- Ancho de banda X: **11'5 metros**
- Ancho de banda Y: **17'5 metros**

ACCIONES ACCIDENTALES: SISMO

Para poder calcular la obra en el programa teniendo en cuenta las acciones accidentales de tipo sísmico, hay que determinar la aceleración sísmica básica, el coeficiente de contribución, el tipo de terreno según el estudio geotécnico, la aceleración sísmica de cálculo, la ductilidad de la estructura y el coeficiente de balasto vertical ya que se trata de una cimentación por losa.

La aceleración básica y el coeficiente de contribución, los obtenemos directamente de la norma "NCSE-02", viene en un listado organizado por provincias y municipios. Para el municipio de Baeza: $a_b = 0'06 \text{ g}$ y $K = 1$.

El tipo de terreno viene establecido en el estudio geotécnico según norma "NCSE-02", en la siguiente tabla extraída del estudio geotécnico se muestran los estratos del terreno y se indica el tipo de terreno y su espesor, la cota de la cimentación estará en el nivel 2, por lo que el terreno será de **Tipo III**.

NIVEL	PROFUNDIDAD		ESPESOR	TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
	TECHO	BASE			
1	0,00	0,30	0,30	IV	2,0
2	0,30	6,00	5,70	III	1,6
3	6,00	9,30	3,30	III	1,6
4	9,30	20,00	10,70	II	1,3
5	20,00	30,00	10,00	II	1,3
COEFICIENTE DEL TERRENO, C					1,40

() NOTA: Se ha supuesto la prolongación del último nivel detectado hasta la profundidad de 30 m bajo la superficie que marca la NCSR-02*

Imagen 4.1.3_07. Tabla extraída del estudio geotécnico de los estratos de terreno

La aceleración sísmica de cálculo se define en el “Apartado 2.2.” del “Capítulo II” de la norma “NCSE-02” como el producto: $a_c = S \cdot p \cdot a_b$

- $A_b = 0'06 \text{ g}$
- $p = 1'0$ (Coeficiente adimensional de riesgo para construcciones de importancia normal)
- $S = \frac{C}{1'25}$ si $p \cdot a_b \leq 0'1 \text{ g}$ (Coeficiente de amplificación del terreno)

$$p \cdot a_b \leq 0'1 \text{ g} \rightarrow 1 \cdot 0'06 \text{ g} = 0'06 \text{ g} \leq 0'1 \text{ g} \rightarrow \text{Se cumple por lo que: } S = \frac{C}{1'25}$$

El coeficiente del terreno (C) lo obtenemos de la norma “NCSE-02” de la “Tabla 2.1”, el tipo de terreno lo ha determinado el estudio geotécnico.

TABLA 2.1.
Coeficientes del terreno

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Imagen 4.1.3_08. Tabla 2.1, Coeficientes del terreno, extraída de la norma NCSE - 02

$C = 1'6$ (Coeficiente del terreno)

$$S = \frac{C}{1'25} = \frac{1'6}{1'25} = 1'28$$

$$a_c = S \cdot p \cdot a_b = 1'28 \cdot 1'0 \cdot 0'06 \text{ g} = \mathbf{0'0768 \text{ g}}$$

El coeficiente de comportamiento por ductilidad depende de las características de la estructura por lo que el proyectista debe asignar un coeficiente de ductilidad en función de las limitaciones que determina la norma para cada coeficiente. En este tipo de estructura de pilares de hormigón con forjados bidireccionales de losa de hormigón según norma “NCSE-02” podemos adoptar un coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 2$ (Ductilidad baja). En la “Figura 3.6” de la norma “NCSE-02” podemos ver los ejemplos tipo de estructuras con ductilidad 2.

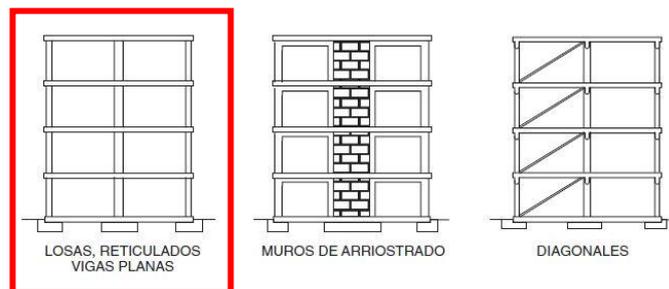


Figura 3.6. Ejemplos de organizaciones estructurales que permiten un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 2$

Imagen 4.1.3_09. Figura 3.6, Organizaciones estructurales, extraída de la norma NCSE-02

DATOS PARA INTRODUCIR CARGAS SÍSMICAS:

- Aceleración básica: $a_b = 0'06 \text{ g}$
- Coeficiente de contribución: $K = 1$
- Terreno: Tipo III
- Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 0'0768 \text{ g}$
- Coeficiente de comportamiento por ductilidad: $\mu = 2$ (Ductilidad baja)

COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL

Para el cálculo del coeficiente de balasto vertical utilizamos el “CTE DBSE-C” y los datos obtenidos del estudio geotécnico. En primer lugar, hay que determinar el valor del coeficiente de balasto vertical en la “Tabla D.29” del “Anejo D” del “CTE DBSE-C” para el ensayo con una placa de 30 x 30 centímetros en función del tipo de terreno que ha definido el estudio geotécnico, después se aplica la corrección en función de las dimensiones de la losa de cimentación.

Tabla D.29. Valores orientativos del coeficiente de balasto, K_{30}

Tipo de suelo	K_{30} (MN/m ³)
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	>5.000

Imagen 4.1.3_10. Tabla D.29, Coeficiente de balasto, extraída del Anejo D del CTE DBSE-C

El estudio geotécnico determina que el nivel 2 de la cimentación se compone de una mezcla de arcillas y limos y considera un valor del coeficiente de balasto de $K_{30} = 60 \text{ MN/m}^3$. El valor específico del coeficiente de balasto para la losa se obtiene aplicando la siguiente corrección.

Dimensiones de la losa: $B = 11'5 \text{ m}$; $L = 17'5 \text{ m}$

$$K_{sBL} = K_{sp30} \cdot \frac{2 \cdot L + B}{2 \cdot L} \cdot \frac{0'3}{B} = 60 \cdot \frac{2 \cdot 17'5 + 11'5}{2 \cdot 17'5} \cdot \frac{0'3}{11'5} = 2'07 \text{ MN/m}^3$$

TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO

Estos datos se han obtenido del estudio geotécnico y hay que introducirlos en Cypecad:

- En situaciones persistentes: **0'195 MPa**
- En situaciones sísmicas y accidentales: **0'292 MPa**

RESUMEN ACCIONES

CARGAS PERMANENTES:

- Carga lineal de cerramiento exterior: **7 KN/m**
- Carga superficial planta baja y primera solería con mortero de nivelación: **1 KN/m²**
- Carga superficial escalera peldaño incluido: **1'5 KN/m²**
- Carga superficial cubierta plana terraza planta primera: **2'5 KN/m²**
- Carga superficial cubierta faldones de teja sobre tabiques palomeros: **3 KN/m²**
- Carga superficial tabiquería planta baja y primera: **1 KN/m²**
- Carga superficial cámara ventilada sistema "Cáviti" tipo "C-30": **3 KN/m²**

SOBRECARGAS DE USO:

- Sobrecarga de uso vivienda unifamiliar planta baja, planta primera y escalera: **2 KN/m²**
- Sobrecarga de uso cubierta de teja con inclinación inferior a 20°: **1 KN/m²**
- Sobrecarga lineal en voladizo de terraza: **2 KN/m**

SOBRECARGA DE NIEVE:

- Sobrecarga de nieve en terraza y cubierta: **1 KN/m²**

DATOS PARA INTRODUCIR LAS CARGAS DE VIENTO:

- Zona: **A**
- Grado de aspereza del entorno: **IV**
- Ancho de banda X: **11'5 metros**
- Ancho de banda Y: **17'5 metros**

DATOS PARA INTRODUCIR CARGAS SÍSMICAS:

- Aceleración básica: **a_b = 0'06 g**
- Coeficiente de contribución: **K = 1**
- Terreno: Tipo III
- Aceleración sísmica de cálculo: **a_c = 0'0768 g**
- Coeficiente de comportamiento por ductilidad: **μ = 2** (Ductilidad baja)

COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL:

- Coeficiente de balasto para la losa: **K_{SBL} = 2'07 MN/m³**

TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO:

- En situaciones persistentes: **0'195 MPa**
- En situaciones sísmicas y accidentales: **0'292 MPa**

4.1.4. PREDIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

El predimensionado de los elementos de la estructura pretende establecer unas dimensiones mínimas para los elementos estructurales en base a las normativas vigentes. Las dimensiones mínimas que se establezcan permitirán el modelado inicial de la estructura, para posteriormente en el programa de cálculo establecer las dimensiones definitivas, para cumplir con las solicitaciones a las que estará sometida la estructura definitiva.

PREDIMENSIONADO DE PILARES:

La dimensión mínima para los pilares se determinará aplicando las siguientes normativas: "NCSE-02" y "EHE-08". Tomaremos como referencia la dimensión mayor que establezca alguna de estas normativas.

- Según "NCSE-02" en el "apartado 4.5.3.1. Reglas generales de soportes" se establecerá una dimensión mínima de 25 x 25 centímetros cuando la aceleración sísmica de cálculo, a_c , sea igual o superior a 0'12 g, y una dimensión mínima de 30 x 30 centímetros cuando la aceleración sísmica de cálculo, a_c , sea igual o superior a 0'16 g. La aceleración sísmica de cálculo, para la ubicación del proyecto es 0'0768 g por lo que es inferior a los límites que establece la norma, por lo que esta normativa no influye en las dimensiones mínimas que deben tener los pilares en este proyecto.
- Según "EHE-08" en el artículo 54 establece que "Los soportes ejecutados en obra deberán tener su dimensión mínima mayor o igual a 25 cm" por lo que los pilares introducidos en el modelo de cálculo tendrán una dimensión mínima de **25 x 25 cm**.

PREDIMENSIONADO DE MURO PLANTA BAJA:

El muro que hay en la planta baja del edificio tendrá una dimensión mínima de **25 cm** de espesor, ya que sobre este hay un pilar, por lo que el muro que esta debajo debe de tener como mínimo el espesor del pilar de la planta superior.

PREDIMENSIONADO DE FORJADOS:

Para determinar el espesor mínimo para un forjado bidireccional de tipo losa la "EHE-08" en el "artículo 55.2, Placas, losas y forjados bidireccionales sobre apoyos aislados" establece que para placas macizas de espesor constante el espesor será $L/32$, siendo "L" la luz mayor del forjado.

- $L = 555 \text{ cm}$
- $E = L/32 = 555/32 = 17'34 \text{ cm}$, por lo que consideraremos un espesor de **20 cm**

PREDIMENSIONADO DE LOSA DE ESCALERA:

La losa de la escalera no se puede predimensionar como si se tratara a efectos simplificados de una viga sometida a flexión simple ya que se trata de una escalera de ida y vuelta por lo que vamos a considerar un espesor de **20 cm** para la losa.

PREDIMENSIONADO DE LOSA DE CIMENTACIÓN:

Para una cimentación de losa de canto continuo la “EHE-08” en el “artículo 58.8.1” establece que “el canto total mínimo en el borde de los elementos de cimentación de hormigón armado no será inferior a 25 cm”, sin embargo, para este proyecto el estudio geotécnico dispone que si la cimentación es rígida se obtiene una distribución de deformaciones lineal bajo la misma y se evitan distorsiones angulares en los apoyos por lo que determina un canto mínimo de **40 cm**.

RESUMEN DE DIMENSIONES MÍNIMAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

- Pilares: **25 x 25 cm**
- Muro: **25 cm**
- Forjados: **20 cm**
- Losa de escalera: **20 cm**
- Losa de cimentación: **40 cm**

4.1.5. MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN “AUTODESK REVIT 2020”

CONSIDERACIONES INICIALES

En la importación de datos ya sea utilizando un fichero IFC 4 o el plugin Open BIM de Cypecad para Revit, Cypecad 2020d importa los niveles (IfcBuildingStory) y los pilares (IfcColumn) rectangulares y circulares de hormigón, pero no los metálicos. Reconoce los perímetros de los suelos (IfcSlab) o cubierta (IfcRoof), generando una plantilla de líneas de los mismos para utilizarla como referencia para colocar las vigas y generar los paños de los forjados en Cypecad. Puede interpretar los muros (IfcWall) como cargas lineales. No lee las vigas, las losas y las escaleras.

El plugin Open BIM de Cypecad que está integrado en la cinta de opciones de Revit una vez que se ha instalado, facilita la transmisión de datos entre Revit y Cypecad utilizando un fichero IFC 4, el cual se guarda en un servidor de archivos en la nube, permitiendo un flujo de trabajo colaborativo entre varios usuarios que participan en el proyecto.

Teniendo en cuenta que Cypecad 2020d solo reconoce los pilares de hormigón y el perímetro de los suelos, cuando estamos desarrollando un proyecto en Revit, en el cual vamos a calcular la estructura con Cypecad y a verificar que la estructura calculada se integra en el modelo, lo recomendable desde mi punto de vista sería en primer lugar definir los niveles de acabado de la estructura y de acabado de la solería de tal forma que en el modelo BIM podemos modelar exclusivamente las capas de suelo que están por encima de la cota de acabado de la estructura para que el perímetro nos sirva como plantilla en Cypecad y a la vez quede por encima de la estructura una vez que la integremos dentro del modelo BIM. Una vez que se han modelado las particiones interiores y los cerramientos exteriores, se puede plantear la ubicación de los elementos portantes de la estructura, puesto que Cypecad solo reconoce los pilares de hormigón, utilizaremos una familia de pilares de hormigón de Revit para que Cypecad nos permita editarlos. En el caso de que haya muros de hormigón estructurales en el proyecto, lo más recomendable es crearlos directamente en Cypecad, ya que, si los creamos en Revit, el programa de cálculo solo los reconocerá como cargas lineales. Las escaleras que se hayan creado en Revit no las reconoce el programa por lo que para incluirlas en el cálculo hay que modelarlas en Cypecad.

CREACIÓN DEL ARCHIVO RVT

Una vez que hemos abierto el programa en la parte superior izquierda del menú inicio, en el apartado de modelos, hacemos clic izquierdo en “Nuevo...”, para crear un proyecto nuevo. Ver **Imagen 4.1.5_01**.



Imagen 4.1.5_01. Recorte de pantalla menú inicio Revit 2020

En la ventana que se abre tenemos un desplegable en el apartado “Archivo de plantilla”, en el cuál seleccionaremos la “Plantilla arquitectónica”, ya que es la que se suele utilizar habitualmente en proyectos genéricos, la diferencia entre esta plantilla y el resto reside en las familias que vienen cargadas en el archivo por defecto, si se dispone de una plantilla personalizada recomiendo utilizarla ya que optimizaremos el trabajo. En este caso dejaremos marcada la opción por defecto en el apartado “Crear nuevo” de “Proyecto”, ya que estamos haciendo un proyecto nuevo. Clic izquierdo en aceptar para finalizar. Ver **Imagen 4.1.5_02**.

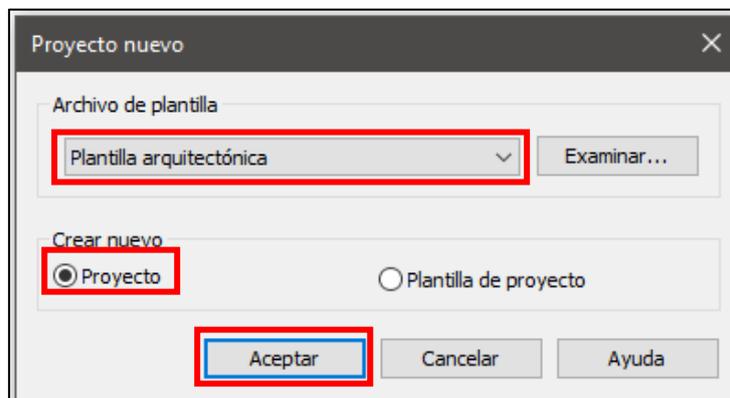


Imagen 4.1.5_02. Recorte de pantalla, crear nuevo proyecto

CREACIÓN DE NIVELES Y REJILLAS

Antes de empezar a trabajar es fundamental tener visibles las ventanas de “Propiedades” y del “Navegador de proyectos”, en el caso de que no estén abiertas o las cerremos accidentalmente, para volver a activarlas, en la cinta de opciones del programa en la parte superior, hacemos clic izquierdo en “Vista”, clic izquierdo en “Interfaz de usuario” y finalmente clic izquierdo para activar/desactivar el “Navegador de proyectos” y las “Propiedades”. Ver **Imagen 4.1.5_04**.

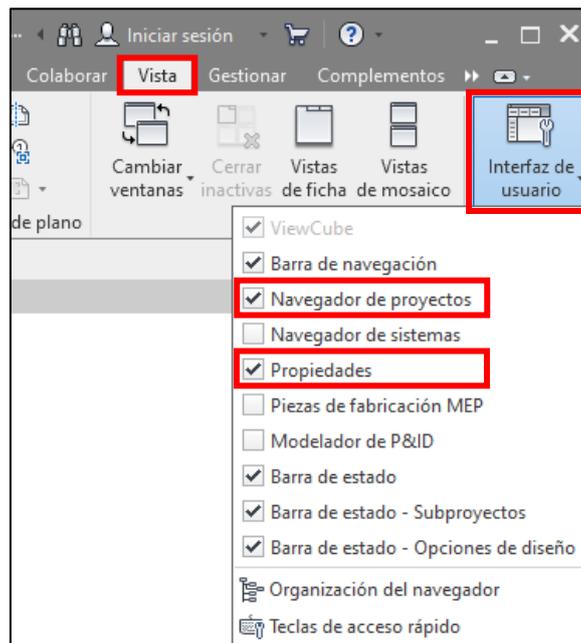


Imagen 4.1.5_04. Recorte de pantalla, Interfaz de usuario

Para crear los niveles abrimos la vista de cualquiera de los cuatro alzados desde el “Navegador de proyectos”. Es recomendable definir en cada planta dos niveles para diferenciar la cota de acabado de la estructura y la cota de acabado de la solería, de tal forma que en el modelo de Revit definiremos solo las capas entre la cota de acabado de la estructura y la de acabado de la solería. Para la cubierta solo será necesario definir un nivel de estructura ya que las cubiertas creadas en Revit se colocan por encima del nivel a partir del cual se generan. Recomiendo hacerlo así ya que Cypecad 2020d solo reconoce los perímetros de los suelos y de las cubiertas para utilizarlos como plantilla para crear los forjados, por lo que al importar los datos se importara solo el contorno de los suelos y los niveles de referencia que hayamos definido como niveles de acabado de la estructura. El objetivo es que cuando importemos la estructura calculada en Revit esta quede por debajo de las capas de solería.

Desde cualquier vista de alzado podemos crear niveles copiando alguno de los existentes o en la cinta de opciones del programa en la parte superior, hacemos clic izquierdo en “Arquitectura”, clic izquierdo en “Nivel” y lo dibujamos. Ver **Imagen 4.1.5_05**. En este caso hay que crear cinco niveles: dos por cada planta y uno para la cubierta.

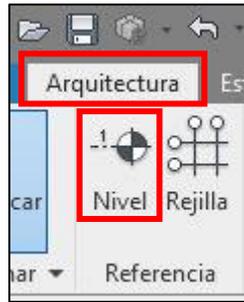


Imagen 4.1.5_05. Recorte de pantalla, Nuevo nivel

Antes de continuar es necesario renombrar cada nivel e introducir las cotas de cada nivel, para ello hacemos clic izquierdo en el nivel que queremos editar para seleccionarlo y haciendo clic izquierdo en el valor de la cota o en el nombre los podremos editar, que cada usuario nombre los niveles como considere oportuno, aunque es recomendable que los nombres sean sencillos y comprensibles para cualquiera usuario que utilice el archivo.

Para organizar los niveles en el “Navegador de proyectos”, desplegamos la pestaña “Planos de planta”, seleccionamos todos los niveles, excepto el de “Planimetría general”, hacemos clic derecho y seleccionamos “Suprimir” con clic izquierdo. Una vez que tenemos la pestaña vacía vamos a crear las vistas de Planos de planta y de Planos estructurales, para tener organizadas las vistas de cada nivel. Para ello en la Cinta de opciones en la parte superior hacemos clic izquierdo en la pestaña “Vista”, clic izquierdo en “Vistas de plano y clic izquierdo en “Plano de planta”. Ver **Imagen 4.1.5_06**.

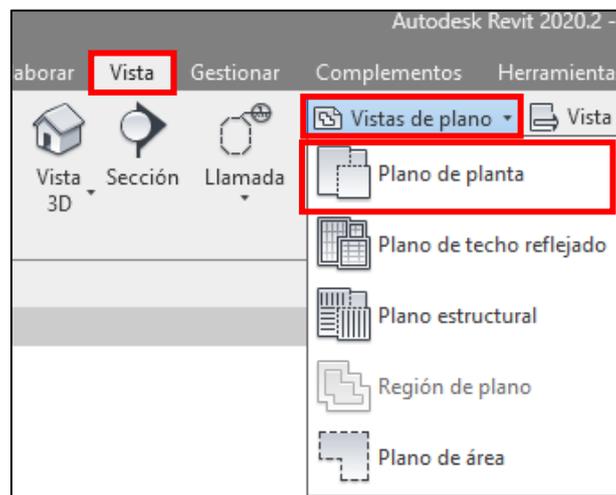


Imagen 4.1.5_06. Recorte de pantalla, Visas de plano, Plano de planta

En la ventana que se abre “Nuevo plano de planta”, seleccionaremos los niveles de acabado de la solería y haremos clic izquierdo en “Aceptar”. Ver **Imagen 4.1.5_07**.

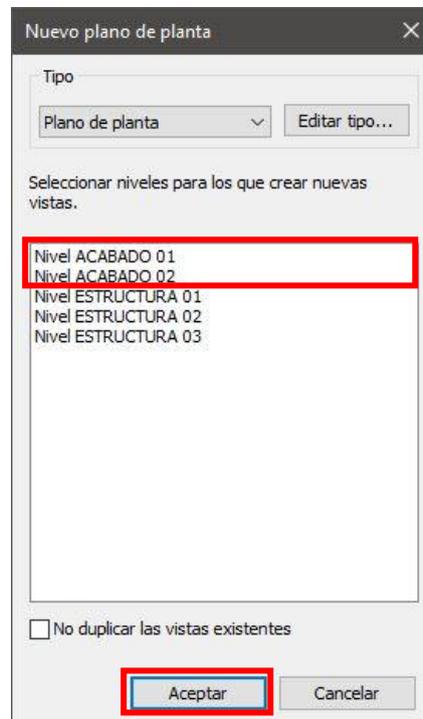


Imagen 4.1.5_07. Recorte de pantalla, Nuevo plano de planta

A continuación, en la Cinta de opciones en la parte superior hacemos clic izquierdo en la pestaña “Vista”, clic izquierdo en “Vistas de plano” y clic izquierdo en “Plano estructural”. Ver **Imagen 4.1.5_08**.

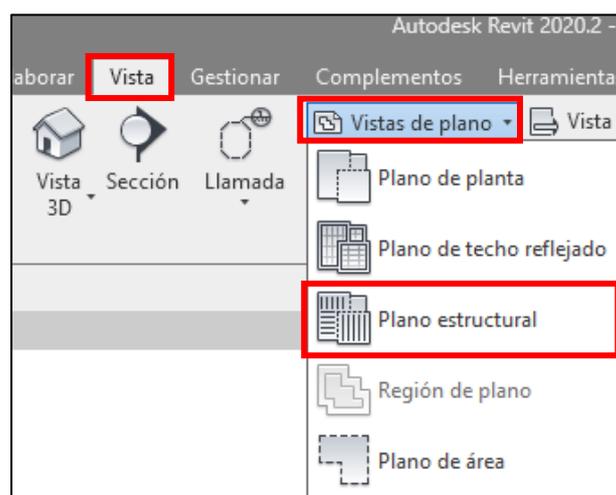


Imagen 4.1.5_08. Recorte de pantalla, Visas de plano, Plano estructural

En la ventana que se abre “Nuevo plano estructural”, seleccionaremos los niveles de acabado de la estructura y haremos clic izquierdo en “Aceptar”. Ver **Imagen 4.1.5_09**.

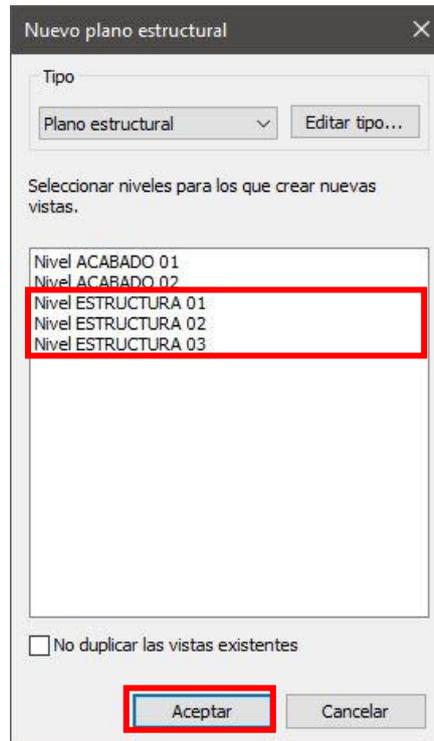


Imagen 4.1.5_09. Recorte de pantalla, Nuevo plano estructural

Una vez que hemos organizado los niveles por vistas de plano, podemos ver en el Navegador de proyectos que han quedado ordenados. Ver **Imagen 4.1.5_10**.

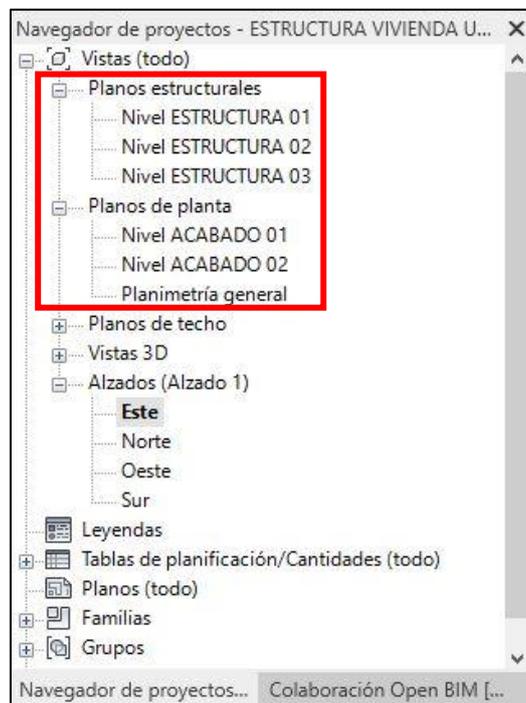


Imagen 4.1.5_10. Recorte de pantalla, Navegador de proyectos

Con objeto de que Cypecad reconozca exclusivamente los niveles que hemos nombrado como estructurales, tenemos que seleccionar los niveles que son de acabado para modificar sus propiedades. Ver **Imagen 4.1.5_11**.

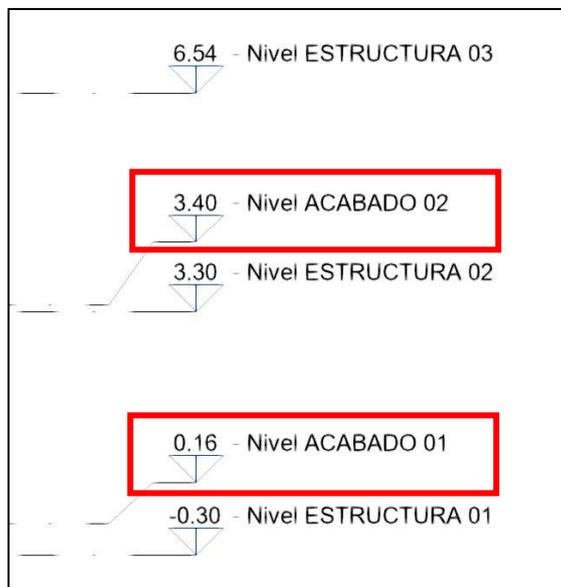


Imagen 4.1.5_11. Recorte de pantalla, Niveles

En el cuadro de “Propiedades” en el apartado “Datos de identidad” hay que desmarcar la palomilla “Planta del edificio”, para que así Cypecad no importe los niveles de acabado al proyecto de estructura. Ver **Imagen 4.1.5_12**. En el caso de los niveles de estructura verificar que dicha palomilla esta activada para que Cypecad pueda reconocer estos niveles.

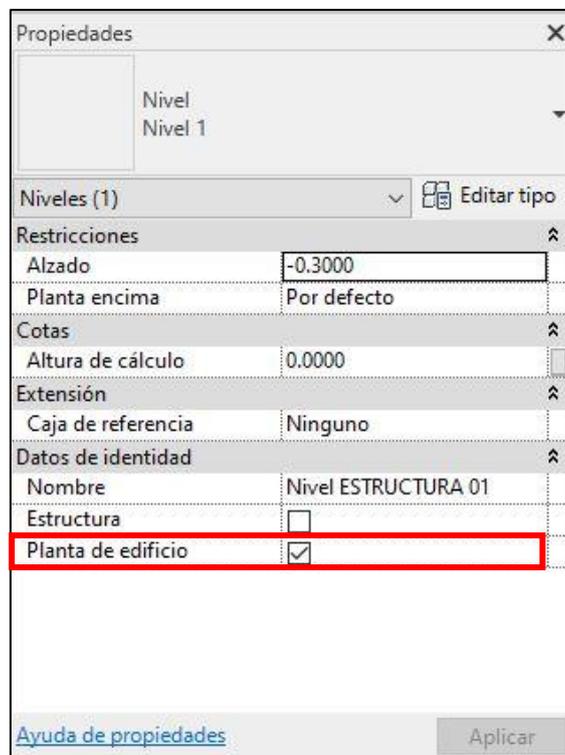


Imagen 4.1.5_12. Recorte de pantalla, Propiedades de nivel

El siguiente paso sería modelar los pilares de la estructura, para ello hay que abrir una vista de planta e introducirlos, recomiendo hacerlo desde la vista “Planimetría general”, ya que podemos visualizar el punto de reconocimiento del proyecto y modelar la estructura en relación a este, de esta forma nos aseguramos que al importarlo a Cypecad se visualizara todo correctamente.

Si los pilares están dispuestos siguiendo un patrón de retícula, es aconsejable crear una rejilla de referencia para ubicarlos, si la disposición de estos es más irregular y no responde a una geometría o alineación concreta no es necesario.

Es muy importante que los pilares arranquen en un nivel que sea estructural y acaben en un nivel que sea estructural, teniendo activada la propiedad de “Planta del edificio”, si el pilar sobresale por debajo o por encima de un nivel sin alcanzar el siguiente nivel Cypecad lo cortara desde el nivel más próximo.

Cypecad solo reconocerá pilares de hormigón con las dimensiones que asignemos en Revit, en el caso de que el pilar sea metálico, Cypecad dibujara una plantilla de la sección metálica en planta, pero no importará el pilar como una entidad que sea editable. En el caso de que haya algún pilar inclinado, lo reconocerá como si se tratara de un pilar que es vertical tomando como referencia la base de este para ubicarlo en planta.

Para introducir pilares hacemos clic izquierdo en la pestaña “Arquitectura” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Pilar” y clic izquierdo en pilar estructural. Ver **Imagen 4.1.5_13**. También podemos introducirlos desde la pestaña “Estructura”, seleccionando “Pilar”, el resultado será el mismo. Introduciremos pilares de hormigón de 250 x 250 mm, que es la dimensión mínima que hemos establecido para este proyecto, si es necesario se modificaran posteriormente en el programa de cálculo. Introduciremos los pilares desde el nivel más bajo de cimentación hasta el nivel superior de la estructura, excepto el pilar que esta sobre el muro de hormigón que arrancara desde el nivel de estructura de la planta primera y uno de los pilares de la terraza que arrancara en la cimentación y acabara en el nivel de estructura de planta primera.

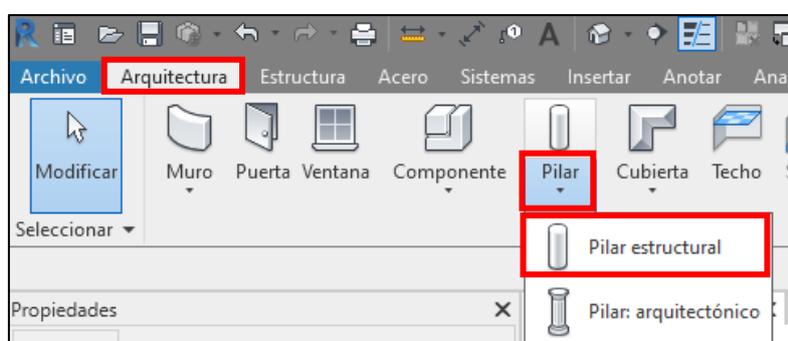


Imagen 4.1.5_13. Recorte de pantalla, Introducir nuevo pilar estructural

Una vez que se han introducido los pilares, podemos modelar las capas de solería no estructurales de cada planta y la cubierta inclinada de teja. Para introducir las capas que componen la solería de la planta baja y la primera, abrimos la vista de planta de acabado de cada planta, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Arquitectura” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Suelo” y clic izquierdo en “Suelo: arquitectónico”. Ver **Imagen 4.1.5_14**. Hay que definir el hueco de la escalera en planta primera para que al importar los datos en Cypecad el perímetro del hueco este definido.

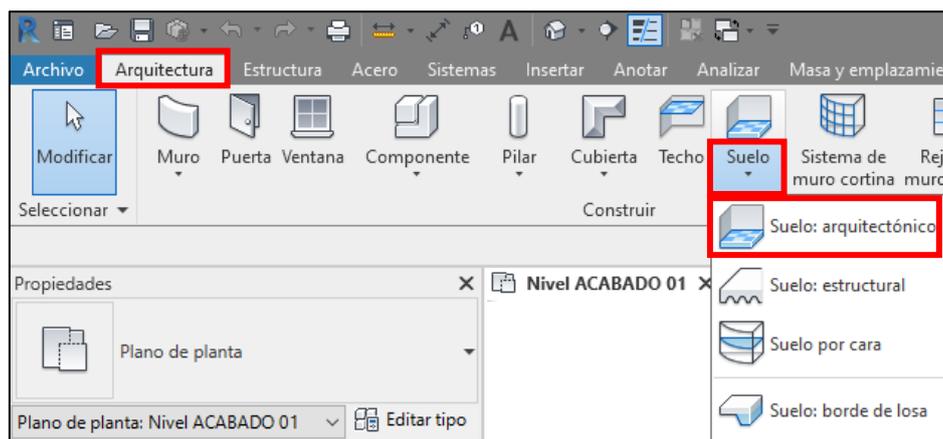


Imagen 4.1.5_14. Recorte de pantalla, Introducir Suelo

Para crear la cubierta inclinada, abrimos la vista de planta estructural de la cubierta, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Arquitectura” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Cubierta” y clic izquierdo en “Cubierta por perímetro”. Ver **Imagen 4.1.5_15**. Se ha seleccionado la “Cubierta por perímetro”, porque es la que mejor se adapta al caso de estudio.

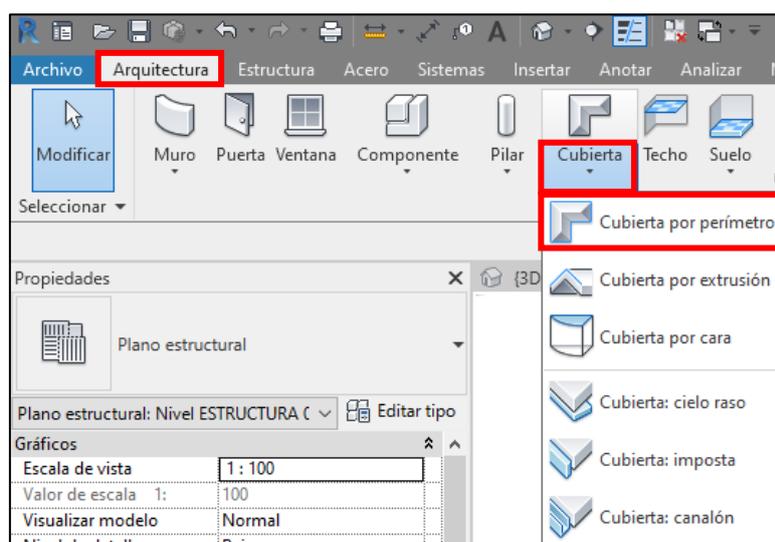


Imagen 4.1.5_15. Recorte de pantalla, Introducir Cubierta

Llegados a este punto el modelo estará listo para exportarlo a “Cypecad 2020d”, en este caso no se han definido ni las particiones interiores ni los cerramientos, ya que el objetivo de esta guía es definir la interoperabilidad entre Revit y Cypecad respecto a la estructura del caso de estudio, por lo que no son elementos relevantes. Si estuvieran definidos llegado el momento de realizar la importación en Cypecad el programa nos consultara si queremos que los muros y particiones se importen como cargas lineales, personalmente recomiendo, no importarlos como cargas e introducir las cargas en el modelo de cálculo según el CTE. En la **Imagen 4.1.5_16** se puede visualizar como quedaría la estructura antes de exportar el modelo.

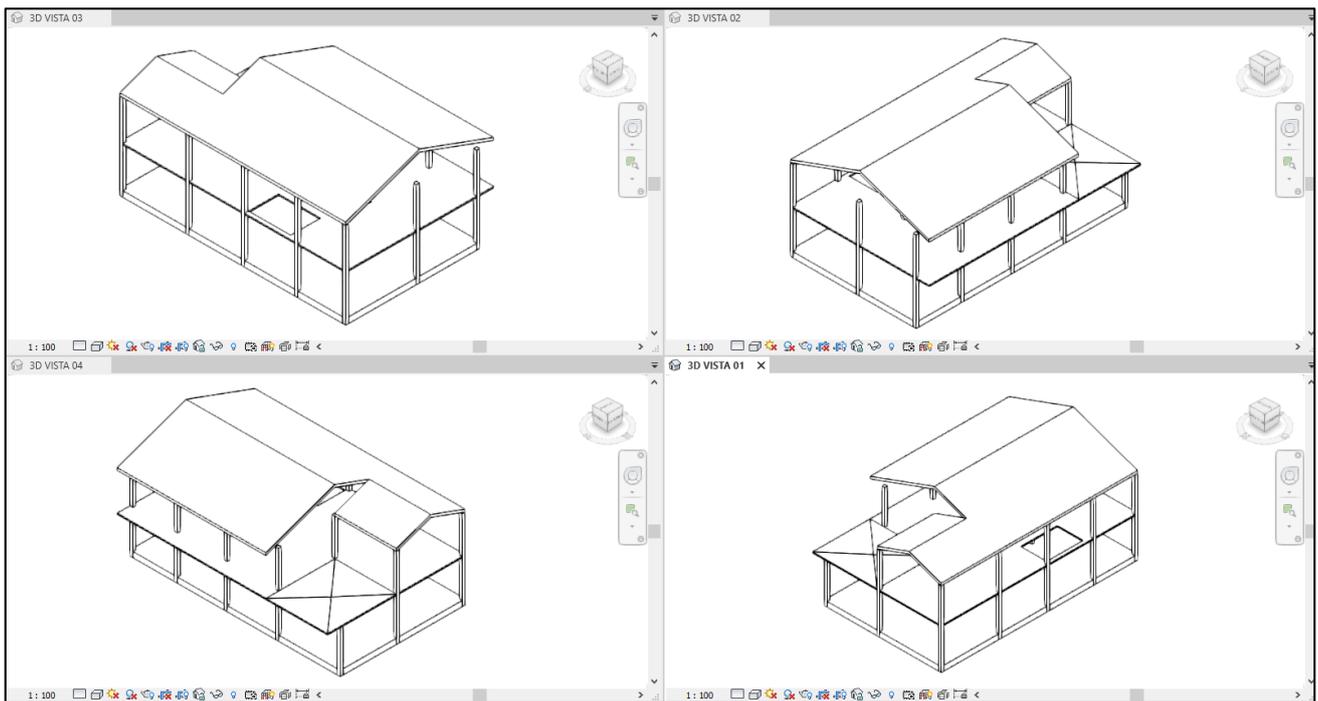


Imagen 4.1.5_16. Recorte de pantalla, Vistas 3D

4.1.6. EXPORTACIÓN DE DATOS A “CYPECAD 2020d”

INSTALACIÓN COMPLEMENTO OPEN BIM PARA REVIT

Para instalar el complemento Open BIM para Revit abrimos Cype 2020 y en la ventana de bienvenida hacemos clic izquierdo en “Instalar complemento Open BIM para Revit”, el complemento se instalará de forma automática, ver **Imagen 4.1.6_01**, Revit debe de estar cerrado durante la instalación del complemento, una vez que haya finalizado el proceso de instalación, la próxima vez que abramos Revit el complemento estará instalado. Este complemento facilita la exportación/importación de datos entre Revit y Cypecad 2020d, mediante el formato de intercambio de datos “IFC 4”, los archivos “IFC 4” se guardarán en un servidor en la nube de BIM Server Center, permitiendo la actualización de los mismos desde Revit y Cypecad 2020d. es necesario disponer de una conexión a internet para poder sincronizar los archivos.

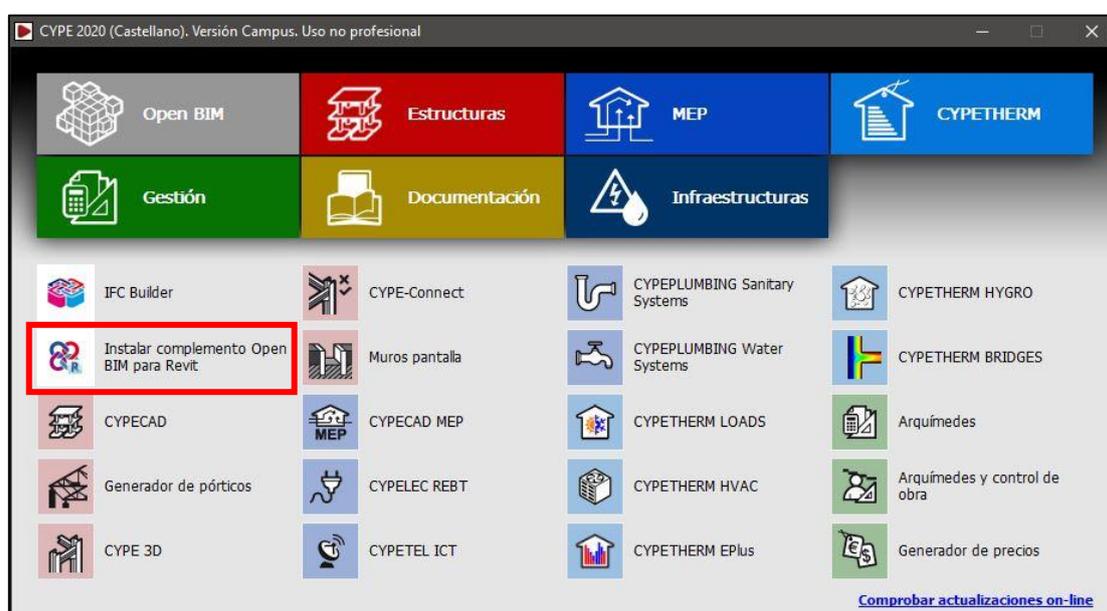


Imagen 4.1.6_01. Recorte de pantalla, Instalar complemento open BIM para Revit

INICIAR COLABORACIÓN OPEN BIM

Para iniciar la colaboración Open BIM hacemos clic izquierdo en la pestaña “Complementos” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y clic izquierdo en “Colaborar en proyecto Open BIM”. Ver **Imagen 4.1.6_02**.

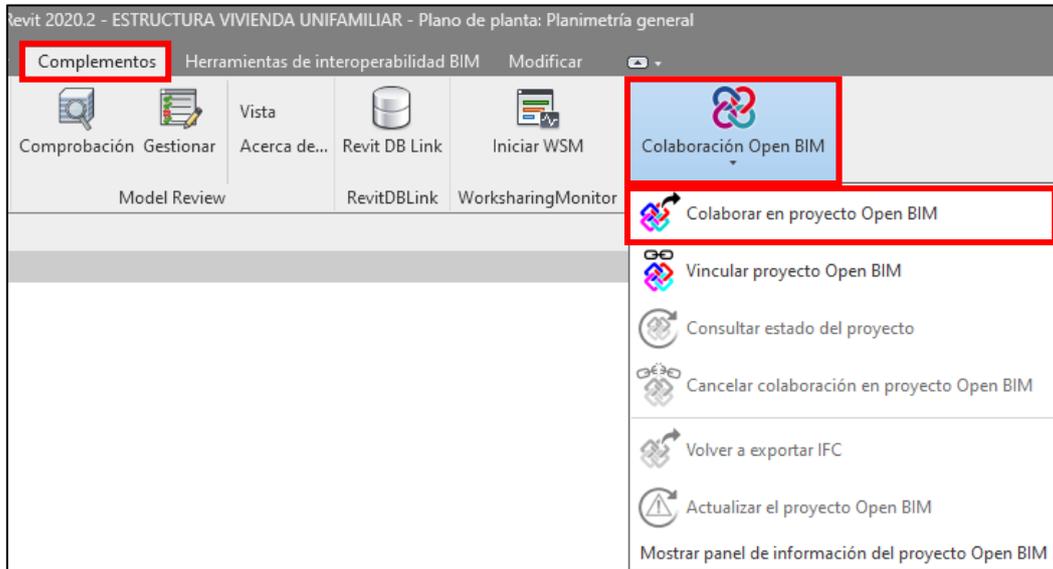


Imagen 4.1.6_02. Recorte de pantalla, Colaborar en proyecto Open BIM

Se abrirá una ventana llamada “Selección de proyecto Open BIM” y hacemos clic en “Crear nuevo proyecto”. Ver **Imagen 4.1.6_03**. En el caso de que no estemos registrados, nos pedirá que iniciemos sesión, para ello hay que crear un nuevo usuario y registrarse, el proceso de registro es similar al que se sigue para crear una cuenta en cualquier sitio web, el servicio es gratuito y los datos personales que se requieren son mínimos.



Imagen 4.1.6_03. Recorte de pantalla, Selección de proyecto Open BIM, Crear nuevo proyecto

En la ventana que se abre de “Nuevo proyecto”, debemos de rellenar obligatoriamente el campo “Nombre del proyecto”, con un nombre adecuado que identifique fácilmente el proyecto en cuestión, también es obligatorio definir los campos: “Tipo de proyecto”, “Opciones de visibilidad” y “Gestión de solicitudes de colaboración”; el campo “Descripción” no será obligatorio, todos estos campos se pueden modificar posteriormente desde la web de BIM Server Center accediendo con nuestro usuario y contraseña, tendremos acceso a los proyectos guardados en la nube. Para finalizar hacemos clic izquierdo en “Aceptar”. Ver **Imagen 4.1.6_04**.

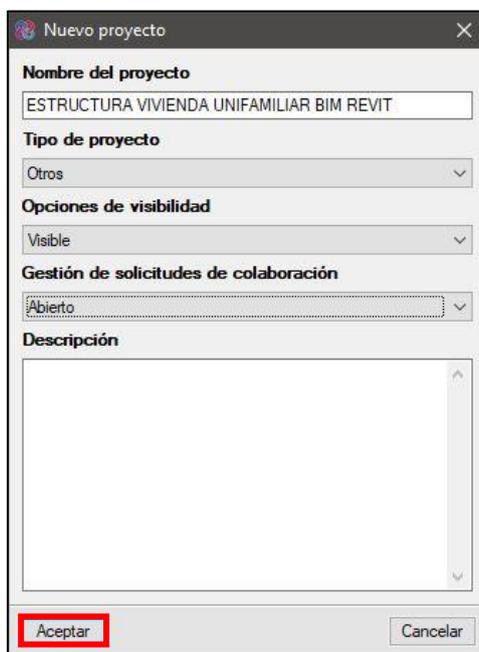


Imagen 4.1.6_04. Recorte de pantalla, Nuevo proyecto

En la ventana que se abre de “Selección de proyecto Open BIM”, aparecerá el nombre del proyecto que hemos creado en el campo “Proyecto”, clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.6_05**.



Imagen 4.1.6_05. Recorte de pantalla, Selección de proyecto Open BIM

En esta ventana hay que escribir el nombre para el archivo IFC que se va a crear, hacemos clic en “Aceptar”. Ver **Imagen 4.1.6_06**.



Imagen 4.1.6_06. Recorte de pantalla, Selección de proyecto Open BIM, Nombrar IFC

Se abrirá la ventana de “Opciones de exportación a IFC”, para exportar los datos a Cypecad no es necesario modificar las opciones que aparecen activadas por defecto, por lo que en esta ventana no sería necesario hacer ninguna modificación, solo recomiendo modificar los parámetros de exportación si vamos a utilizar el IFC para cálculo de instalaciones en alguno de los programas de la familia Cype. Para el caso de estudio de esta guía si hacemos clic izquierdo en “Config IFC export options” se nos abrirá una ventana en la que podemos marcar y desmarcar los datos que queremos exportar, recomiendo dejar activados los valores por defecto, ver **Imagen 4.1.6_08**. Una vez que hemos revisado los parámetros hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.6_07**.



Imagen 4.1.6_07. Recorte de pantalla, Opciones de exportación a IFC

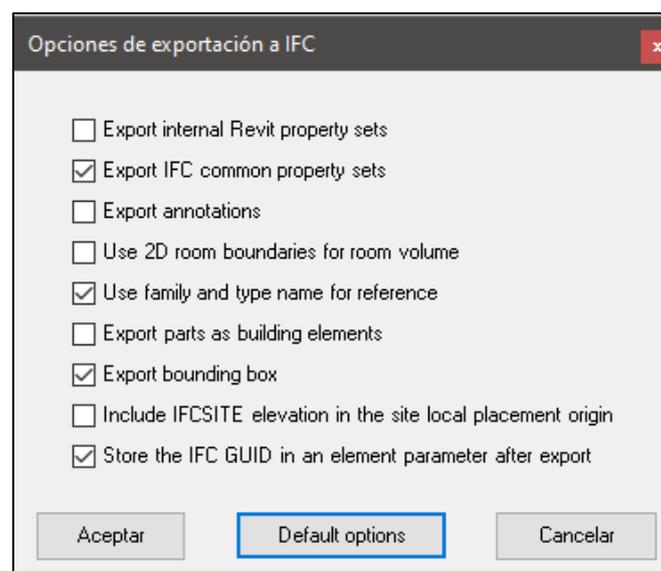


Imagen 4.1.6_08. Recorte de pantalla, Opciones de exportación a IFC detalladas

Cuando el proceso de exportación haya finalizado se abrirá una ventana asociada al navegador de proyectos llamada “Colaboración Open BIM”, en la cual se mostrará una lista de los archivos IFC vinculados al proyecto y en la parte inferior nos aparecerá el mensaje “IFC Export Complete” indicando que el proceso se ha realizado satisfactoriamente, ver **Imagen 4.1.6_09**.

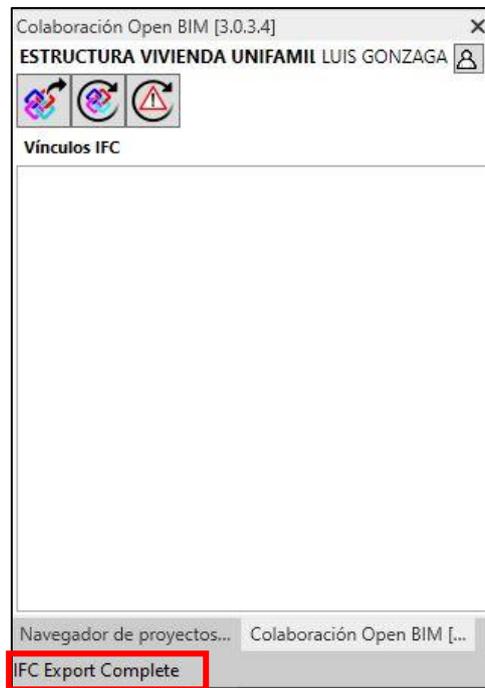


Imagen 4.1.6_09. Recorte de pantalla, Ventana Colaboración Open BIM

INICIAR PROYECTO EN CYPECAD MEDIANTE LA IMPORTACIÓN DE UN MODELO BIM

Abrimos el programa Cypecad y en la ventana de inicio hacemos clic izquierdo en “Nuevo”, para crear un archivo, ver **Imagen 4.1.6_10**. Sin no hemos iniciado sesión en BIM server center, nos conectamos con usuario y contraseña e iniciamos sesión para poder importar los archivos.

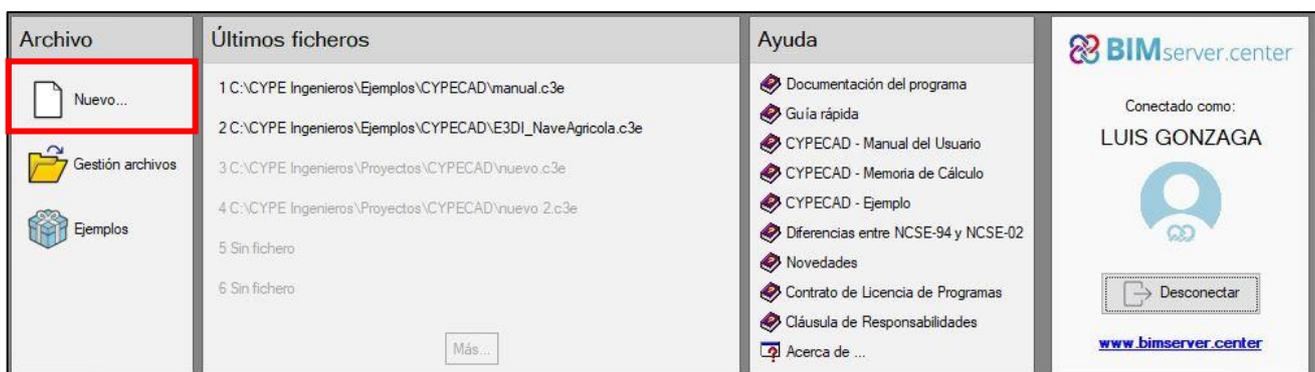


Imagen 4.1.6_10. Recorte de pantalla, Ventana inicio Cypecad

Escribimos el nombre que queremos darle al fichero, así como definimos su ubicación, para continuar clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.6_11**.

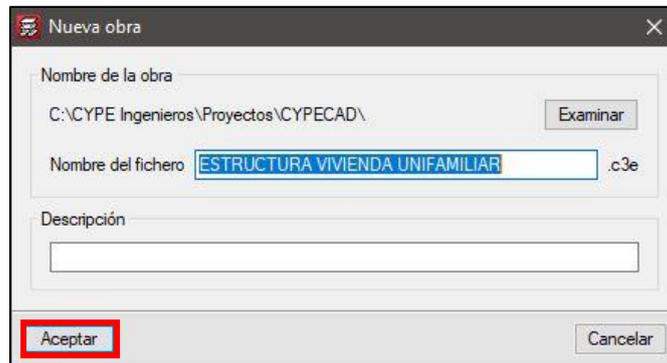


Imagen 4.1.6_11. Recorte de pantalla, Nueva obra

Se abrirá una nueva ventana en la que nos preguntaran si queremos iniciar el proyecto mediante la importación de un modelo BIM, hacemos clic izquierdo en “Sí”, ya que queremos iniciar la obra a partir de un modelo BIM, ver **Imagen 4.1.6_12**.



Imagen 4.1.6_12. Recorte de pantalla, Ventana Importación de modelos BIM

Hacemos clic izquierdo en “Seleccionar proyecto” para continuar, ver **Imagen 4.1.6_13**.



Imagen 4.1.6_13. Recorte de pantalla, Selección de proyecto

Se abrirá una lista con los proyectos que tenemos cargados en el servidor de BIM center, elegimos el archivo que queremos utilizar y clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.6_14**.

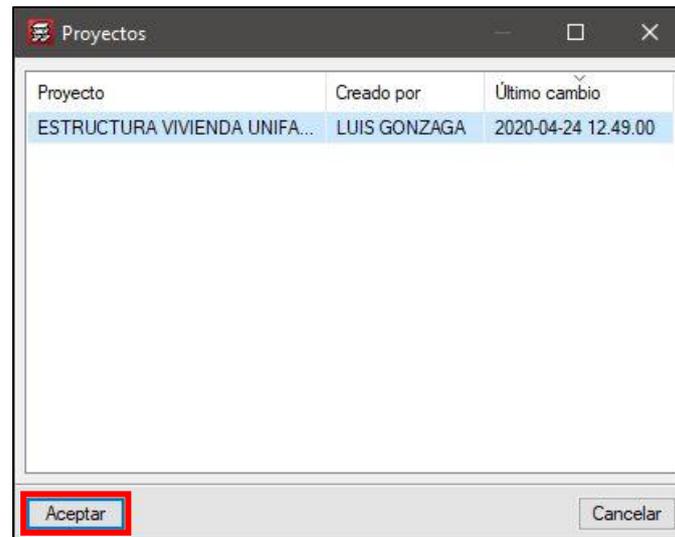


Imagen 4.1.6_14. Recorte de pantalla, Proyectos

Se abrirá la ventana “Selección del proyecto” y aparecerá el nombre del archivo que hemos seleccionado, clic izquierdo en “Aceptar” para que se cargue el archivo, ver **Imagen 4.1.6_15**.



Imagen 4.1.6_15. Recorte de pantalla, Selección de proyecto pendiente de confirmación

La ventana “Importación de modelos BIM” se divide en varios apartados, en el primer apartado de “Configuración” nos muestra los datos del proyecto que vamos a importar y una previsualización de los elementos del modelo BIM, de lo que podemos ver en la imagen solo se importaran los pilares como entidades que se pueden modificar en Cypecad, la cubierta y los forjados se importaran como contornos para usarlos como plantilla. Para pasar al siguiente apartado hacemos clic izquierdo en “Siguiente”, ver **Imagen 4.1.6_16**.

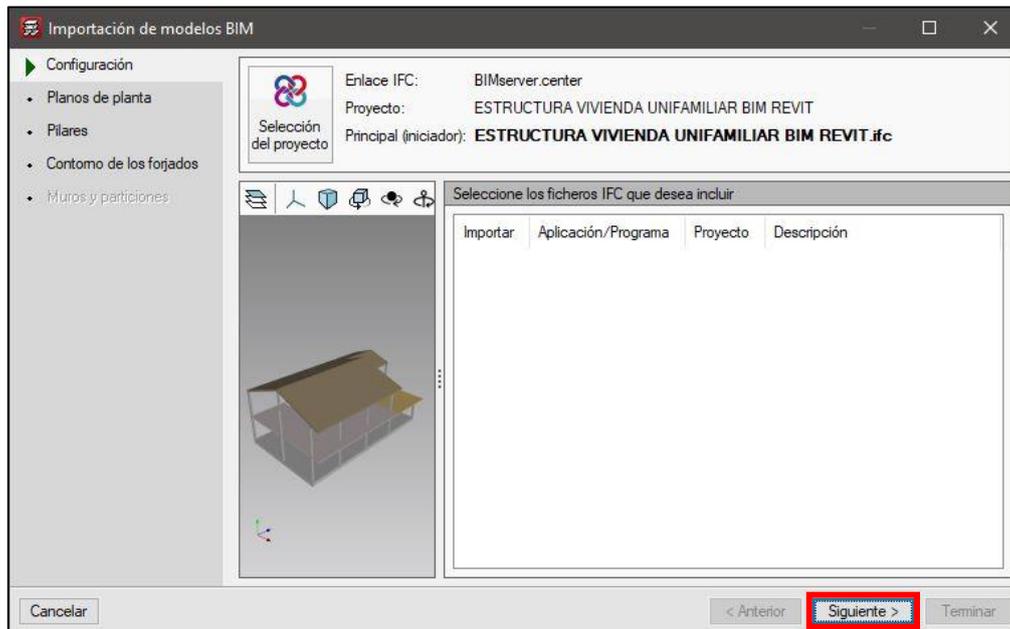


Imagen 4.1.6_16. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Configuración

En el apartado de “Planos de planta se muestran los niveles que hemos configurado previamente en Revit, si alguno de ellos no lo queremos importar se puede desmarcar, para continuar clic izquierdo en “Siguiente”, ver **Imagen 4.1.6_17**.

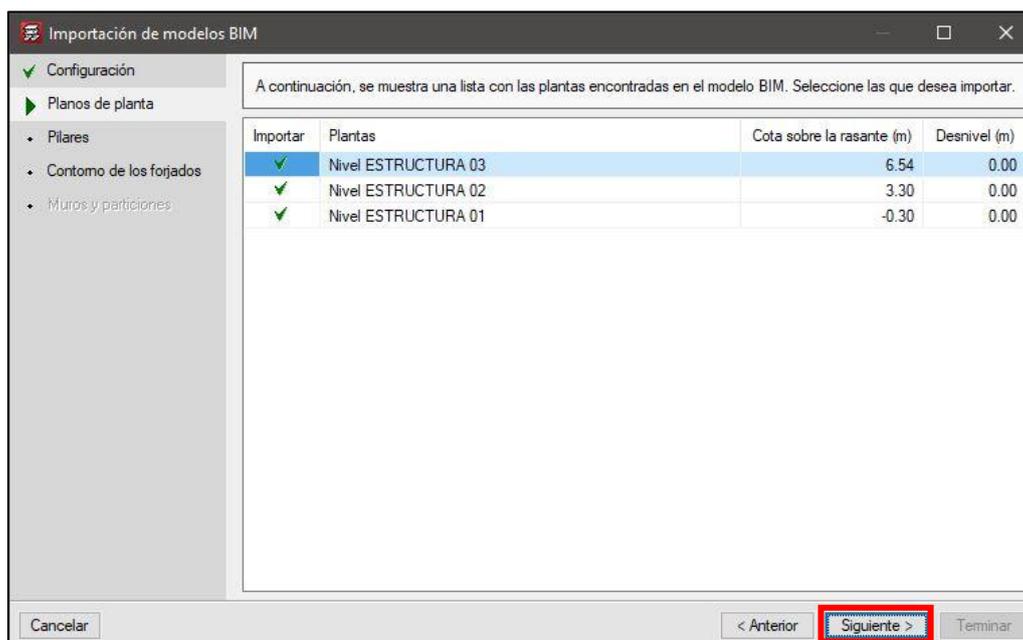


Imagen 4.1.6_17. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Planos de planta

En el apartado de “Pilares” se muestra una lista con los pilares agrupados en función de sus dimensiones, si algo de lo que aparece no queremos importarlo se desmarca. Como los pilares del caso de estudio arrancan en una losa de cimentación marcamos la opción “Sin vinculación exterior”, esto no es imprescindible ya que posteriormente se puede modificar editando los pilares, para continuar clic izquierdo en “Siguiente”, ver **Imagen 4.1.6_18**.

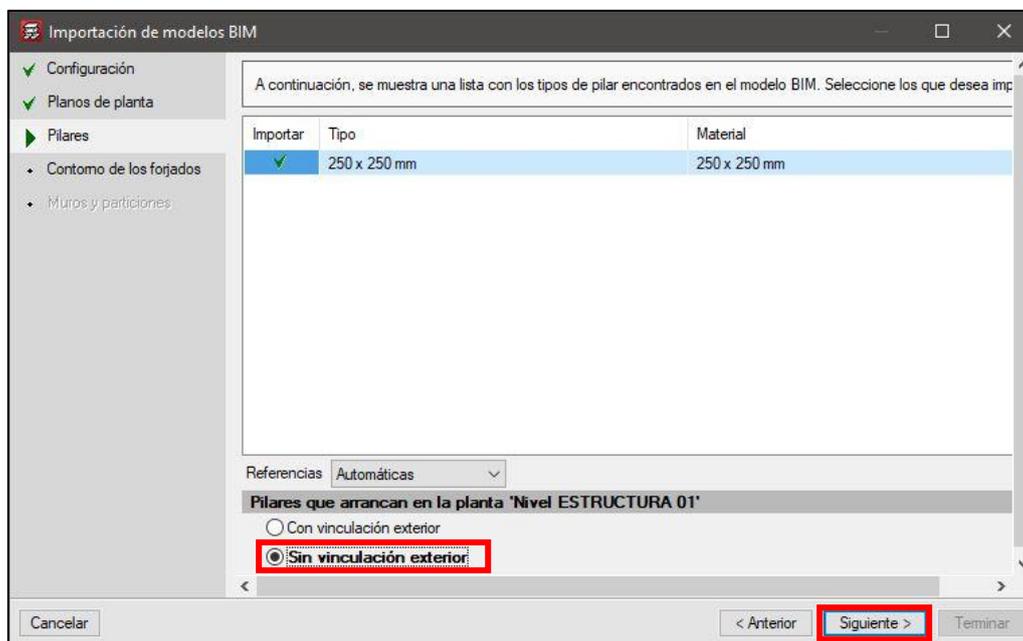


Imagen 4.1.6_18. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Pilares

En el apartado de “Contorno de los forjados” hay que verificar que está marcada la opción “Importar el contorno de los forjados”, si tuviéramos muros y particiones aparecería un nuevo apartado para marcar o desmarcar si queremos que importe los muros como cargas lineales sobre la estructura. Para finalizar clic izquierdo en “Terminar”, ver **Imagen 4.1.6_19**.

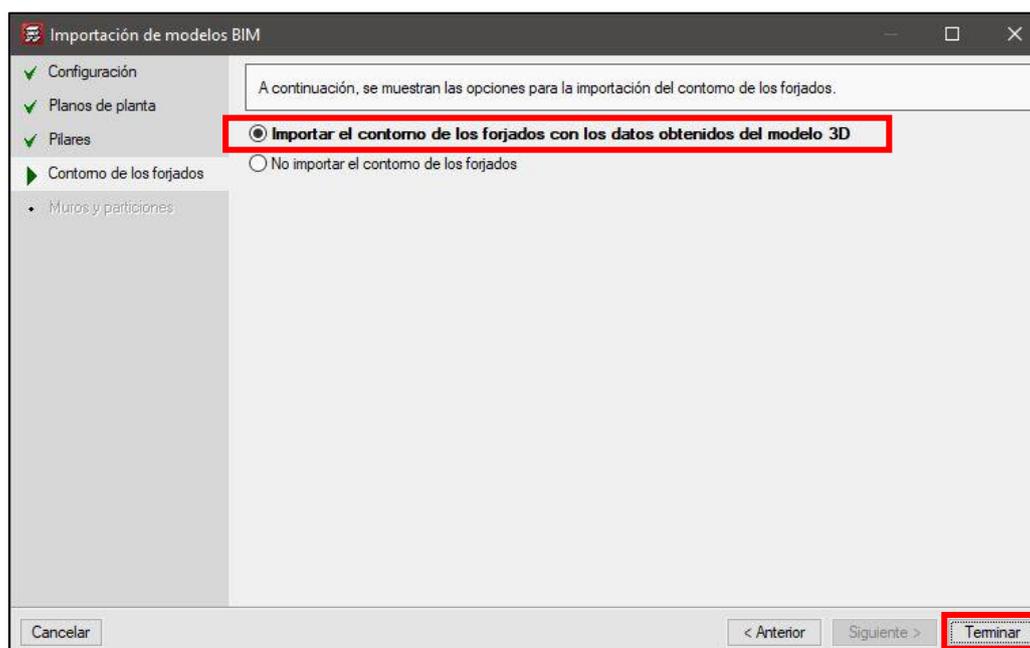


Imagen 4.1.6_19. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Contorno de los forjados

Se abrirá una ventana llamada “Resultados de la importación” en la que se muestra de forma resumida los elementos que se han importado y nos indica si hay algún tipo de incidencia que se haya producido durante la importación, para continuar clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.6_20**.

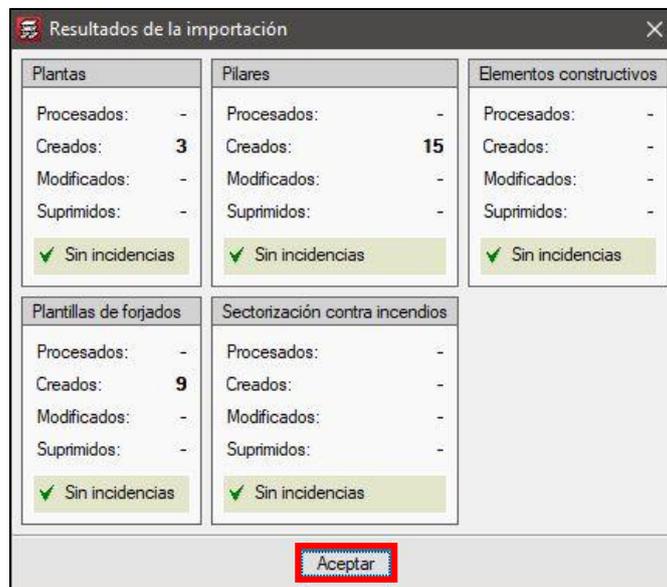


Imagen 4.1.6_20. Recorte de pantalla, Resultados de la importación

A continuación, se abrirá la ventana “Datos generales”, recomiendo hacer clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ya que estos datos se pueden modificar posteriormente, si invertimos tiempo en adecuarlos al proyecto y la importación no ha salido bien, tendremos que empezar de nuevo y será trabajo perdido, después se abrirá la ventana “Editar grupos”, igual que con la anterior recomiendo no modificar ningún parámetro, hasta que hayamos verificado la importación del proyecto. Debemos verificar todas las plantas, para comprobar que los contornos de los forjados se muestran correctamente, ver **Imagen 4.1.6_21**.

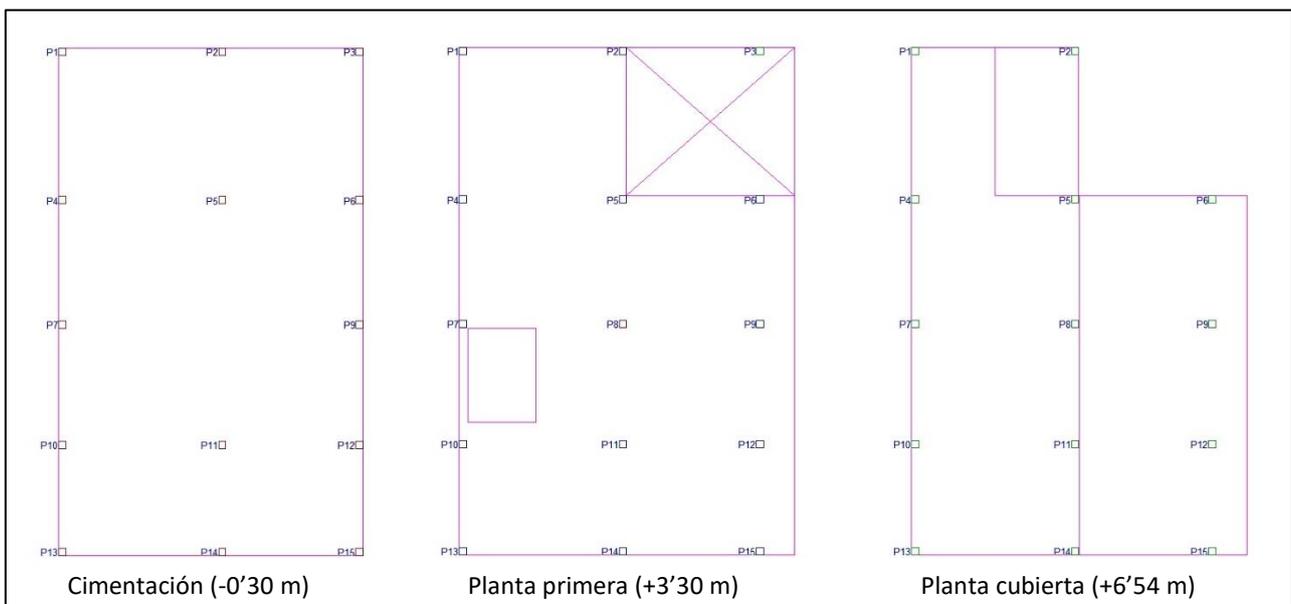


Imagen 4.1.6_21. Recorte de pantalla, Vistas plantas importadas en Cypecad

Es conveniente abrir la vista 3D de Cypecad para poder visualizar que los pilares se han importado correctamente, ver **Imagen 4.1.6_22**.

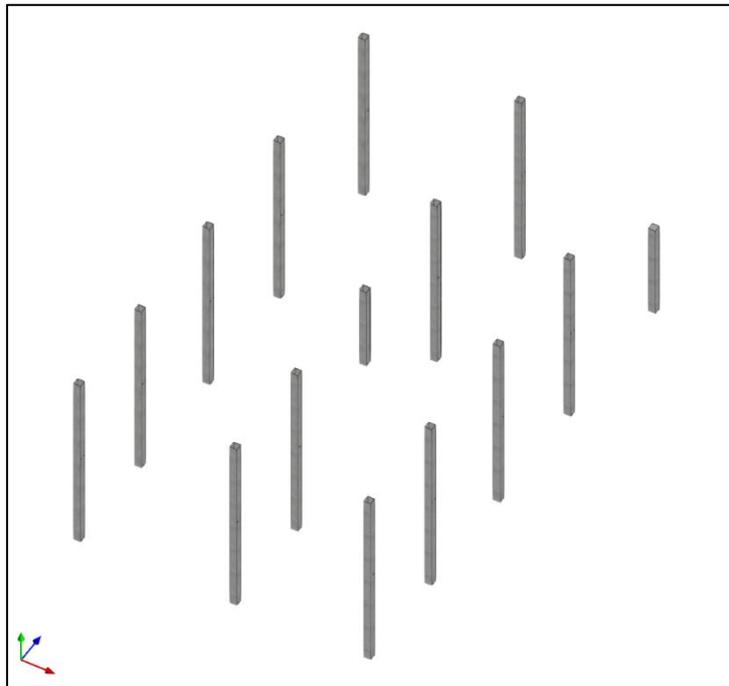


Imagen 4.1.6_22. Recorte de pantalla, Vista 3D de los pilares importados en Cypecad

Una vez que hemos comprobado que la importación se ha realizado satisfactoriamente, podemos proceder a modelar los elementos de la estructura, para su posterior calculo y comprobación.

4.1.7. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA EN “CYPECAD 2020d”

EDICIÓN DE PILARES

En primer lugar, abrimos la pestaña “Entrada de pilares” en la parte inferior del programa haciendo clic izquierdo en ella, haciendo esto en la cinta de opciones superior aparecerán las herramientas específicas de esta pestaña. En este caso los pilares están creados, ya que se han importado del modelo BIM, por lo que solo necesitamos verificar sus dimensiones y su geometría.

Para comprobar los pilares hacemos clic izquierdo en el icono “Editar pilar” y clic izquierdo en el pilar que queramos editar. Ver **Imagen 4.1.7_01**.



Imagen 4.1.7_01. Recorte de pantalla, Editar pilar

En la ventana “Editar pilar” verificamos que el pilar arranca correctamente desde el nivel de cimentación y acaba en el nivel de la cubierta, comprobamos las dimensiones de la sección y verificamos que está marcada la opción “Sin vinculación exterior”, ya que la cimentación es una losa. También podemos verificar el recubrimiento de la armadura en el icono “Recubrimiento”, por defecto es de 30 mm por lo que no habrá que modificar nada. Una vez que hemos revisado todo hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, si hemos definido la geometría de forma correcta en Revit, este paso será para verificar que no hay errores. Ver **Imagen 4.1.7_02**.

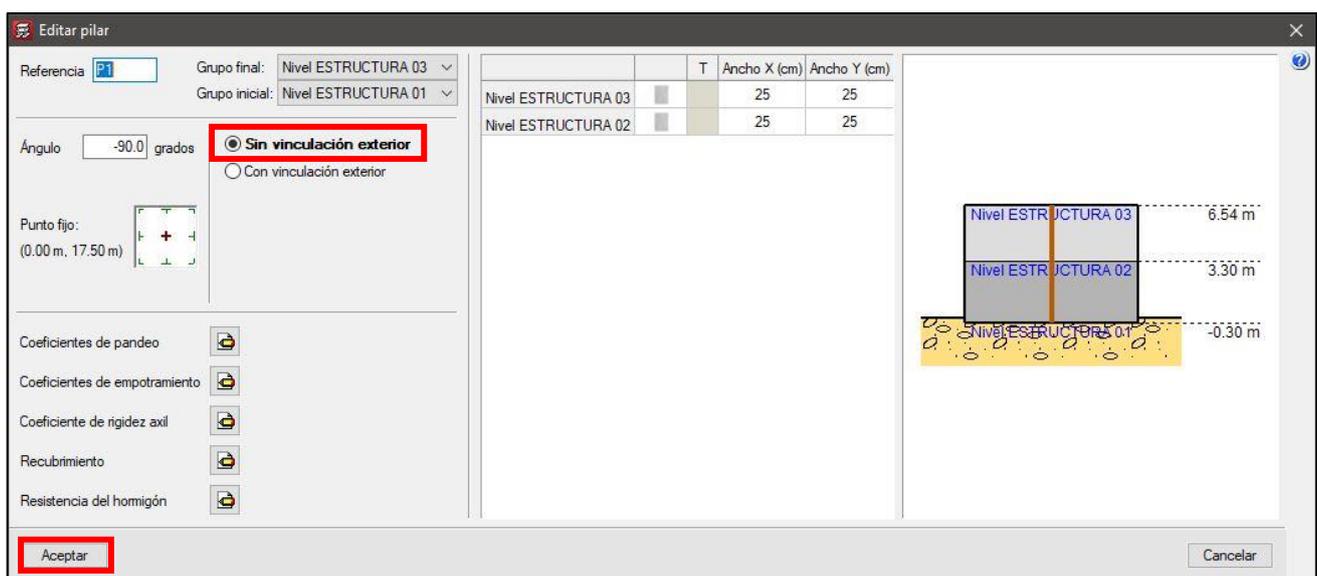


Imagen 4.1.7_02. Recorte de pantalla, Ventana Editar pilar

INTRODUCCIÓN DE MURO

Para introducir el muro de hormigón de planta baja, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Entrada de vigas” en la parte inferior del programa y colocamos la vista en el grupo que corresponde con el de cimentación que será el que está más abajo. Para introducir el muro hacemos clic izquierdo en “Muros” en la cinta de opciones superior, se desplegarán una serie de opciones y clic izquierdo en “Entrar muro”. Ver **Imagen 4.1.7_03**.

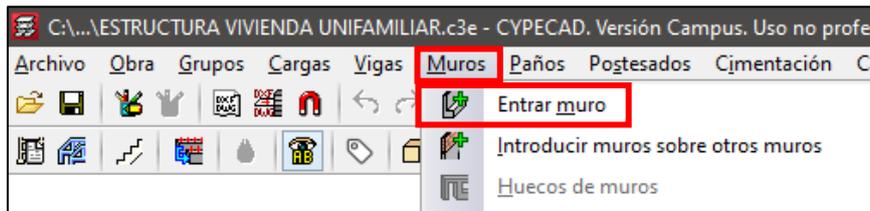


Imagen 4.1.7_03. Recorte de pantalla, Muros, Entrar muro

En la ventana “Entrar muro” que se ha abierto hacemos clic izquierdo en el icono de “Muro de hormigón armado”. Ver **Imagen 4.1.7_04**.



Imagen 4.1.7_04. Recorte de pantalla, Ventana Entrar muro

En la ventana “Muro de hormigón armado” hay que definir las características del muro que vamos a crear debemos verificar y modificar los siguientes campos:

- Verificar el nivel desde el que arranca el muro y el nivel en el que acaba la cabeza del muro.
- Modificar las dimensiones del muro, el muro de este proyecto es de 0'25 metros de espesor por lo que en el campo “Izquierda” y en el campo “Derecha” colocaremos el valor de 0'125 metros ya que estas dimensiones son respecto al eje del muro en planta.
- Marcar la opción “Sin vinculación exterior” ya que el muro arranca en una losa de cimentación, cuando marquemos esta opción se abra una nueva ventana llamada “Cimentación. Sin vinculación exterior”. Ver **Imagen 4.1.7_05**. En esta ventana debemos de marcar la opción “Viga de cimentación”, rellenar el campo “Canto” con el espesor de la losa que hemos predimensionado previamente, en este caso sera 0'4 metros, introducir los valores de tensiones admisibles del terreno según el estudio geotécnico (En situaciones persistentes: 0'195 MPa y en situaciones sísmicas y accidentales: 0'292 MPa) e introducir el coeficiente de balasto para la losa: 0'207 KN/m³ que hemos calculado anteriormente. Ver **Imagen 4.1.7_06**.
- Verificar que los valores introducidos son correctos y para acabar clic izquierdo en “Aceptar”. Procedemos a dibujar el muro en planta.

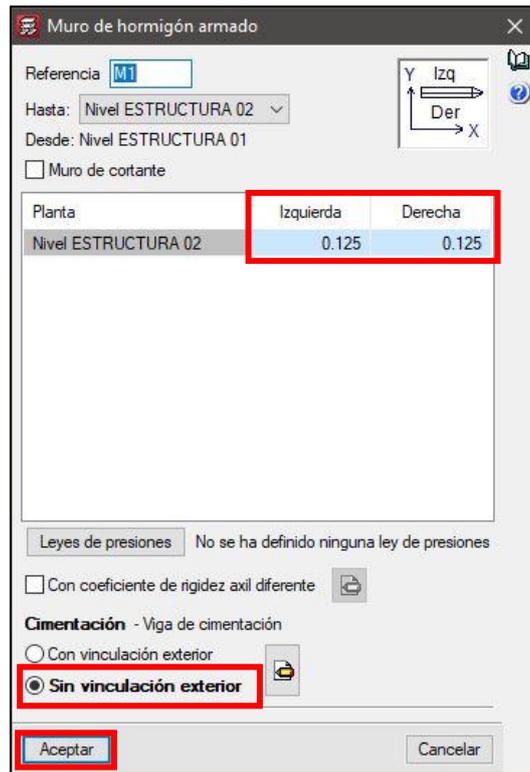


Imagen 4.1.7_05. Recorte de pantalla, Ventana Muro de hormigón armado

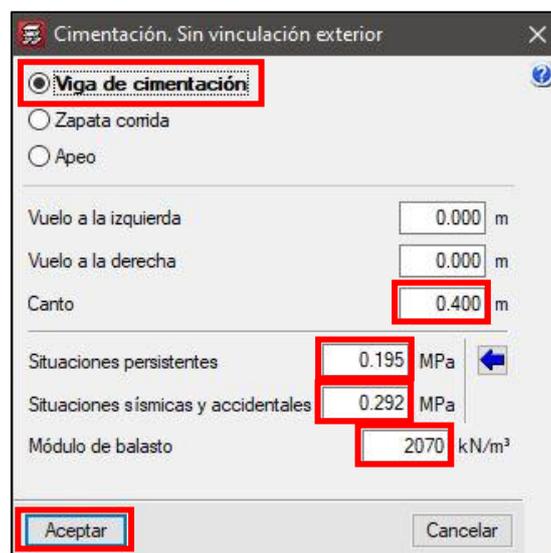


Imagen 4.1.7_06. Recorte de pantalla, Ventana Cimentación. Sin vinculación exterior

Verificamos en la Vista 3D que el muro se ha creado correctamente. Ver **Imagen 4.1.7_07**.

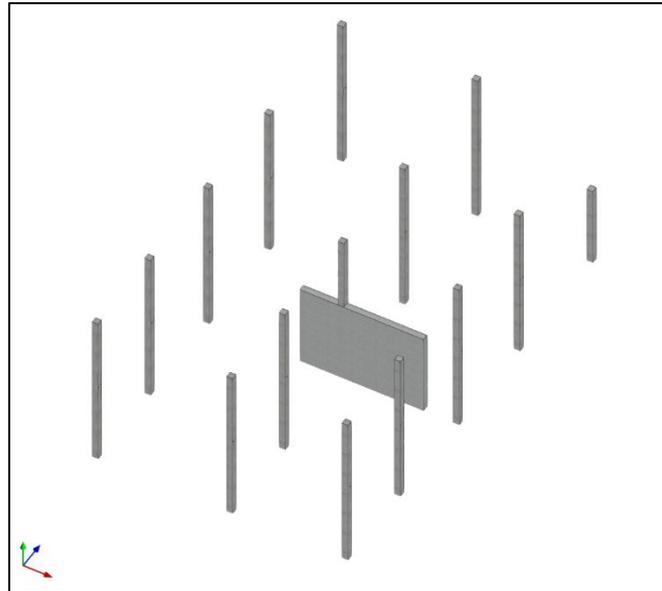


Imagen 4.1.7_07. Recorte de pantalla, Vista 3D de los pilares y del muro en Cypecad

INTRODUCCIÓN DE VIGAS

Los forjados de planta primera y de la planta de cubierta serán bidireccionales de tipo losa por lo que es necesario definir el perímetro de estos con elementos tipo viga, introduciremos las vigas en todo el perímetro exterior y en el hueco de escalera utilizando como referencia las plantillas que ha generado el programa a partir del archivo IFC 4 que importamos inicialmente. La visualización de las plantillas se puede activar o desactivar igual que si se tratase de una plantilla de CAD importada en el programa, para ello hacemos clic izquierdo en “Editar vistas”, para que se despliegue la ventana “selección de vistas” en la que podemos activar y desactivar la visualización de plantillas, ver **Imagen 4.1.7_08**.



Imagen 4.1.7_08. Recorte de pantalla, Editar vistas

Para introducir las vigas en la planta hacemos clic izquierdo en la pestaña “Entrada de vigas” en la parte inferior del programa y abrimos la vista de grupo de la planta primera. Para introducir una viga hacemos clic izquierdo en “Vigas” en la cinta de opciones superior, se desplegarán una serie de opciones y clic izquierdo en “Entrar viga”. Ver **Imagen 4.1.7_09**.

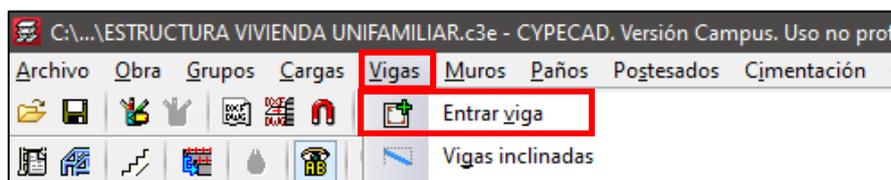


Imagen 4.1.7_09. Recorte de pantalla, Vigas, Entrar viga

Se abrirá la ventana “Viga actual”, seleccionamos la “Familia” de “vigas planas” y el “Tipo” de “Viga plana rectangular”, establecemos una “Anchura” de 30 cm ya que se trata de una viga plana y hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.7_10**, para comenzar a dibujar las vigas usando como referencia la plantilla. Al tratarse de vigas planas el canto de estas variara en función del canto del forjado que se establezca posteriormente, el ancho de la viga se ha establecido en 30 cm, algo más ancho que los pilares para facilitar el montaje de las armaduras que confluyen en la unión entre los pilares y las vigas.

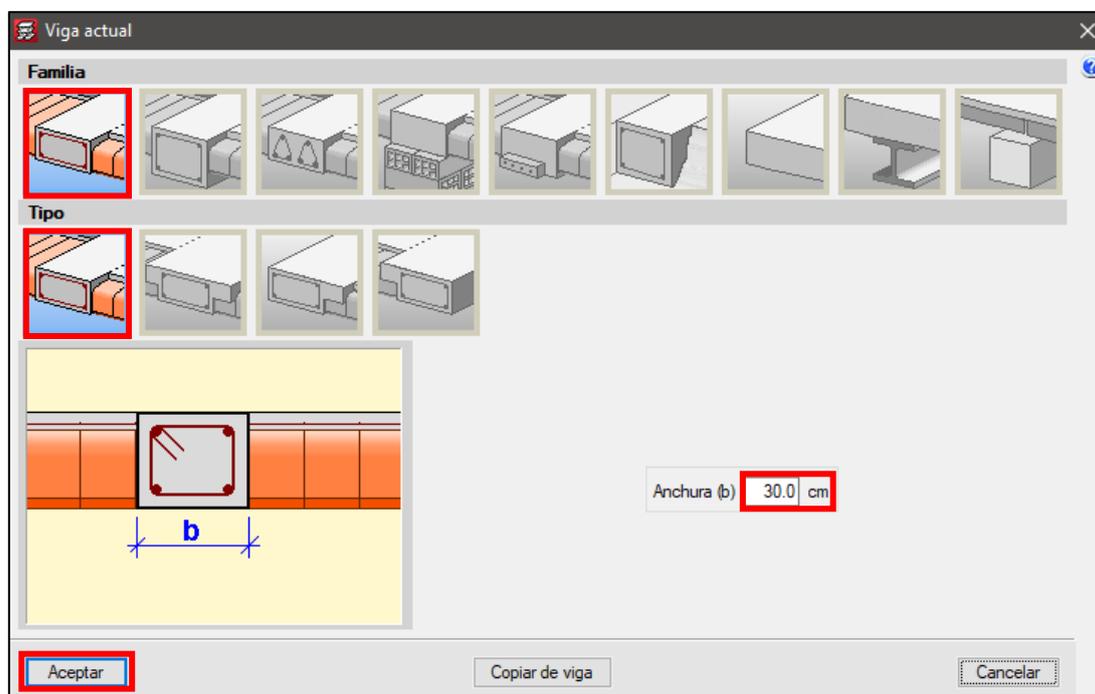


Imagen 4.1.7_10. Recorte de pantalla, Viga actual

Introduciremos las vigas en ambas plantas ya que los forjados serán del mismo tipo, una vez que las vigas estén dibujadas, quedarán delimitados los forjados, para poder introducirlos posteriormente, ver **Imagen 4.1.7_11** e **Imagen 4.1.7_12**.

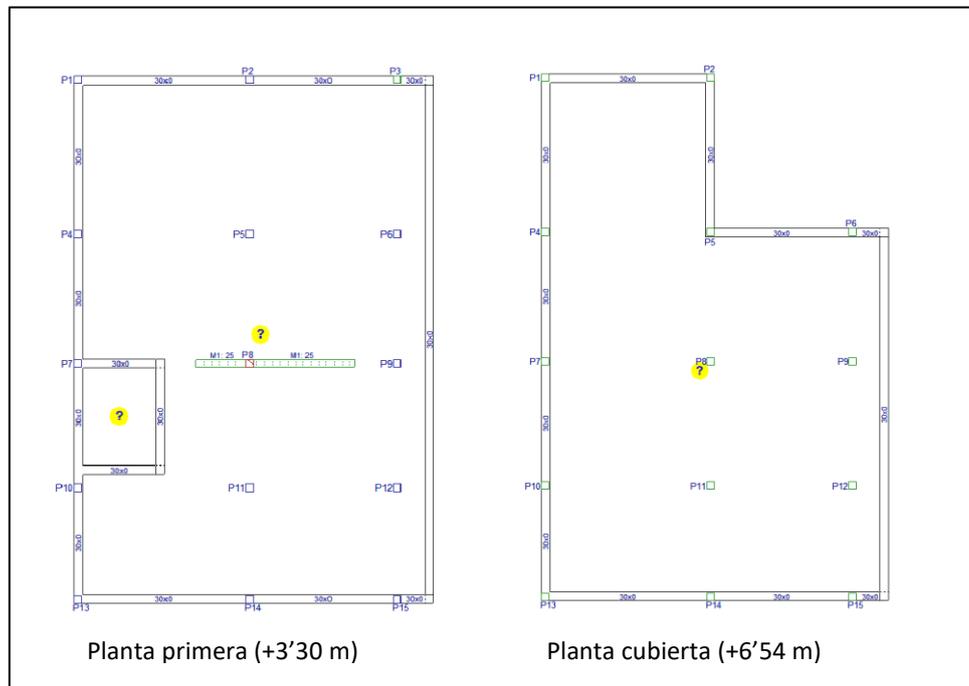


Imagen 4.1.7_11. Recorte de pantalla, Vistas plantas con vigas en Cypecad

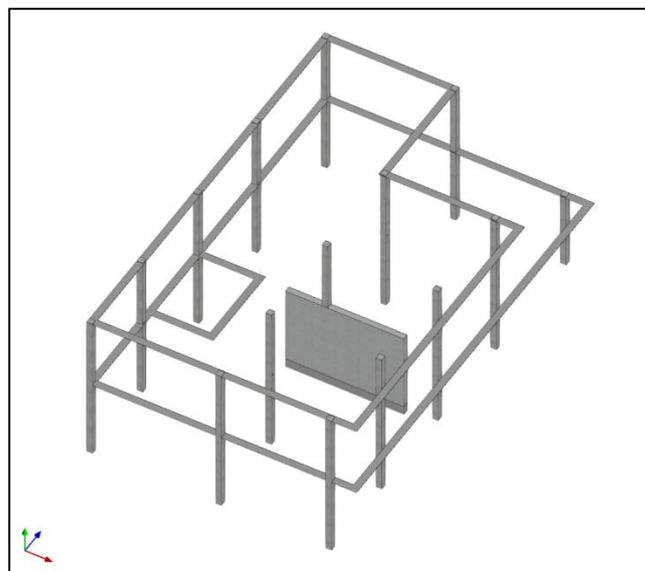


Imagen 4.1.7_12. Recorte de pantalla, Vista 3D elementos verticales y vigas en Cypecad

INTRODUCCIÓN DE FORJADOS

Previamente a introducir los forjados debemos de haber creado las vigas que delimitan el perímetro y los huecos. Para introducir los forjados hacemos clic izquierdo en “Paños” en la cinta de opciones superior, se desplegará un menú en el que seleccionamos con clic izquierdo “Gestión paños”, ver **Imagen 4.1.7_13**.

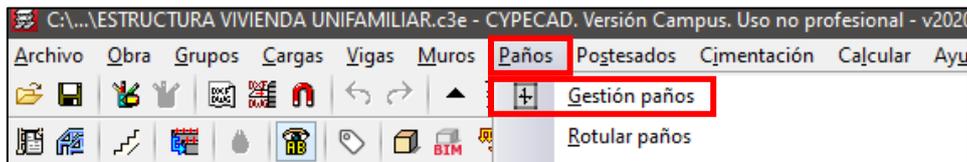


Imagen 4.1.7_13. Recorte de pantalla, Paños, Gestión paños

Se abrirá una ventana nueva llamada “Gestión paños” en la que hacemos clic izquierdo en el icono “Entrar paño”, ver **Imagen 4.1.7_14**.



Imagen 4.1.7_14. Recorte de pantalla, Gestión paños, Entrar paño

En la ventana “Gestión paños”, en la columna de la izquierda marcamos el tipo de forjado que vamos a crear, en este caso “Losas macizas”, establecemos el canto, que en este caso según el predimensionamiento que hemos realizado previamente será de 20 cm, la “Dirección del armado” la dejamos marcada por defecto como “Paralelo a una viga”, ya que la planta del edificio es un rectángulo regular, por lo que las armaduras de la losa deben de ir paralelas a las vigas perimetrales del forjado, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.7_15**, para introducir el forjado hacemos clic izquierdo dentro del paño y confirmamos su creación haciendo clic izquierdo de nuevo dentro del paño.

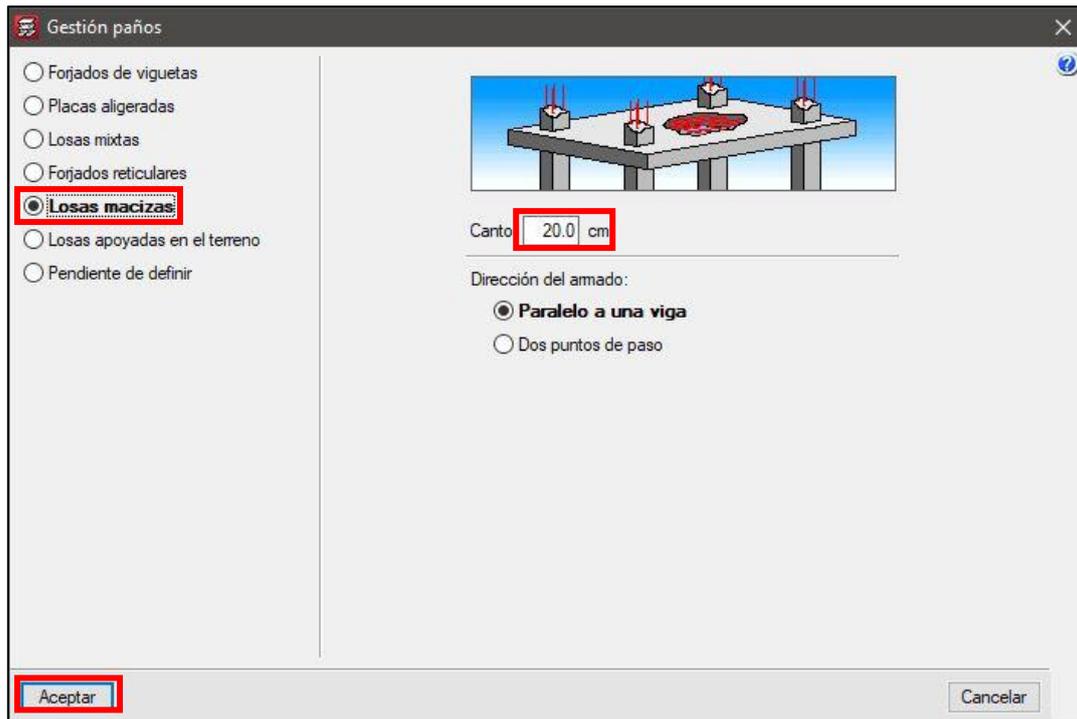


Imagen 4.1.7_15. Recorte de pantalla, Gestión de paños, Losas macizas

Hay que introducir los forjados en la planta primera y en la planta de cubierta, si lo hemos hecho correctamente podremos visualizarlos en la “Vista 3D”, ver **Imagen 4.1.7_16**. El paño que se forma de manera automática en el hueco de escalera hay que convertirlo en hueco con la herramienta “Borrar paño”.

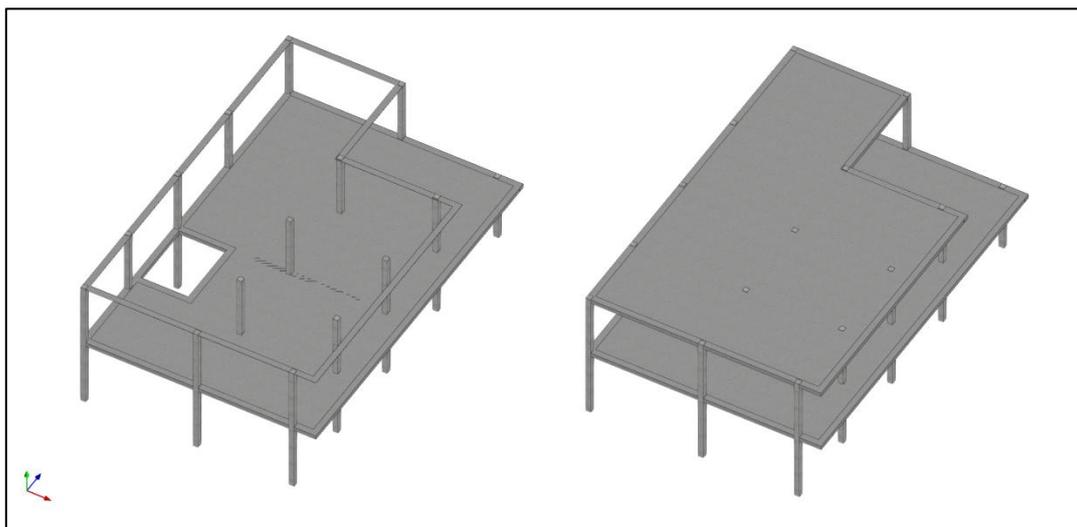


Imagen 4.1.7_16. Recorte de pantalla, Vistas 3D estructura en Cypecad

INTRODUCCIÓN DE LOSA DE CIMENTACIÓN

Para introducir una losa de cimentación en primer lugar hay que definir el perímetro de la losa, se puede definir de dos formas en función de la losa que vayamos a construir:

- Losa de cimentación de canto constante con viga de cimentación perimetral, se introducirá una “Viga de cimentación” en los bordes de la losa.
- Losa de cimentación de canto constante sin viga de cimentación perimetral, se introducirá un “Zuncho no estructural o límite de ancho cero” en los bordes de la losa.

En este caso la losa que vamos a construir es sin viga de cimentación perimetral, en función del proyecto se optara por una solución o por otra, en cualquier caso, si durante el cálculo fuese recomendable introducir una viga en el perímetro, se puede añadir posteriormente.

Hacemos clic izquierdo en la pestaña “Entrada de vigas” en la parte inferior del programa y abrimos la vista de grupo de la planta de cimentación. Para introducir una viga hacemos clic izquierdo en “Vigas” en la cinta de opciones superior, se desplegarán una serie de opciones y clic izquierdo en “Entrar viga”. Ver **Imagen 4.1.7_09**.

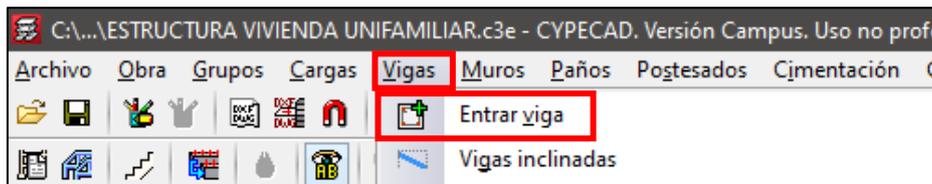


Imagen 4.1.7_09. Recorte de pantalla, Vigas, Entrar viga

Se abrirá la ventana “Viga actual”, seleccionamos la “Familia” de “Zuncho no estructural o límite” y el “Tipo” de “Zuncho no estructural o límite de ancho cero”, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.7_17**, para comenzar a dibujar las vigas usando como referencia la plantilla.

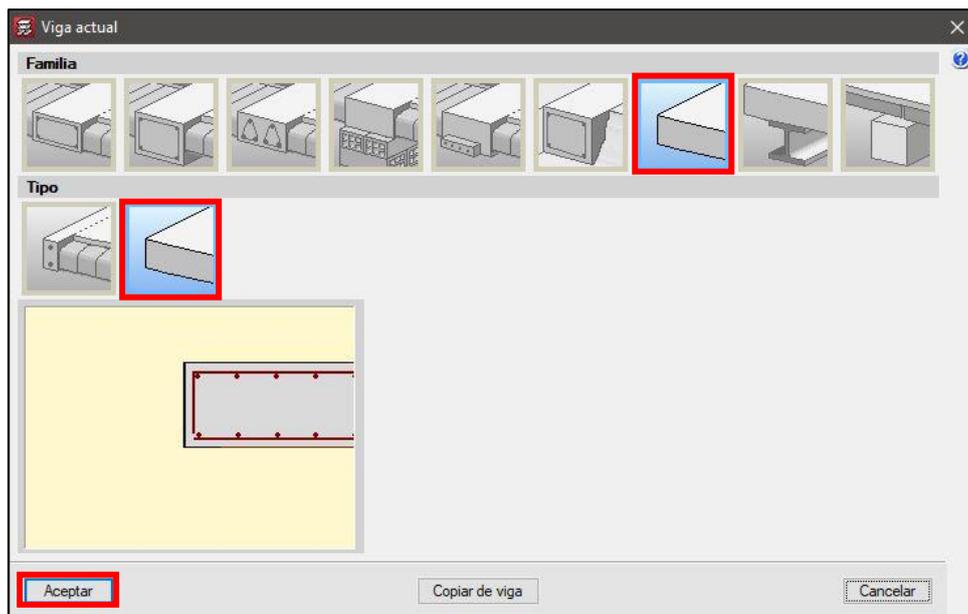


Imagen 4.1.7_17. Recorte de pantalla, Viga actual

La planta de cimentación quedara definida por una línea perimetral, ver **Imagen 4.1.7_18**.

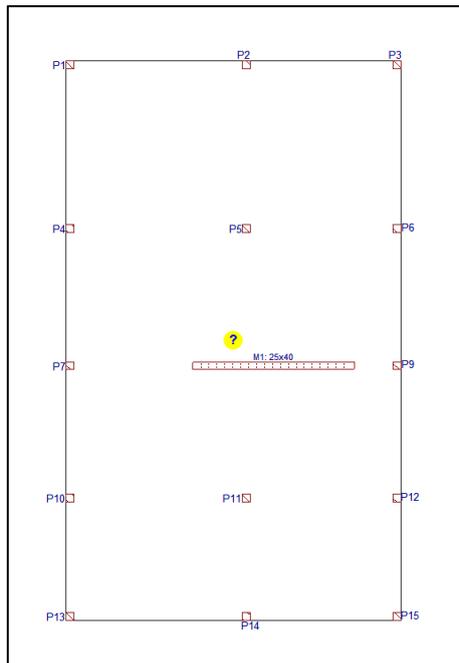


Imagen 4.1.7_18. Recorte de pantalla, Planta de cimentación de Cypecad

Para introducir la losa hacemos clic izquierdo en “Paños” en la cinta de opciones superior, se desplegará un menú en el que seleccionamos con clic izquierdo “Gestión paños”, ver **Imagen 4.1.7_13**.

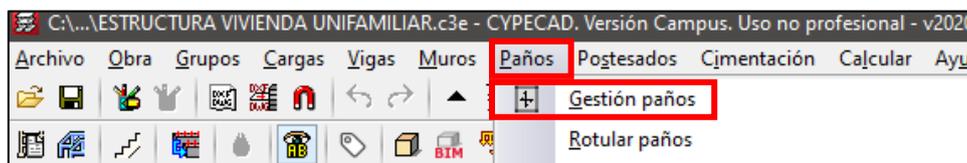


Imagen 4.1.7_13. Recorte de pantalla, Paños, Gestión paños

Se abrirá una ventana nueva llamada “Gestión paños” en la que hacemos clic izquierdo en el icono “Entrar paño”, ver **Imagen 4.1.7_14**.



Imagen 4.1.7_14. Recorte de pantalla, Gestión paños, Entrar paño

En la ventana “Gestión paños”, en la columna de la izquierda marcamos “Losas apoyadas en el terreno”, establecemos el canto, que en este caso según el predimensionamiento que hemos realizado previamente será de 40 cm, hay que introducir los valores de tensiones admisibles del terreno según el estudio geotécnico (En situaciones persistentes: 0’195 MPa y en situaciones sísmicas y accidentales: 0’292 MPa) e introducir el coeficiente de balasto para la losa: 0’207 kN/m³ que hemos calculado anteriormente, la “Dirección del armado” la dejamos marcada por defecto como “Paralelo a una viga”, ya que la planta del edificio es un rectángulo regular, por lo que las armaduras de la losa deben de ir paralelas a las vigas perimetrales del forjado, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.7_19**, para introducir la losa hacemos clic izquierdo dentro del paño y confirmamos su creación haciendo clic izquierdo de nuevo dentro del paño.

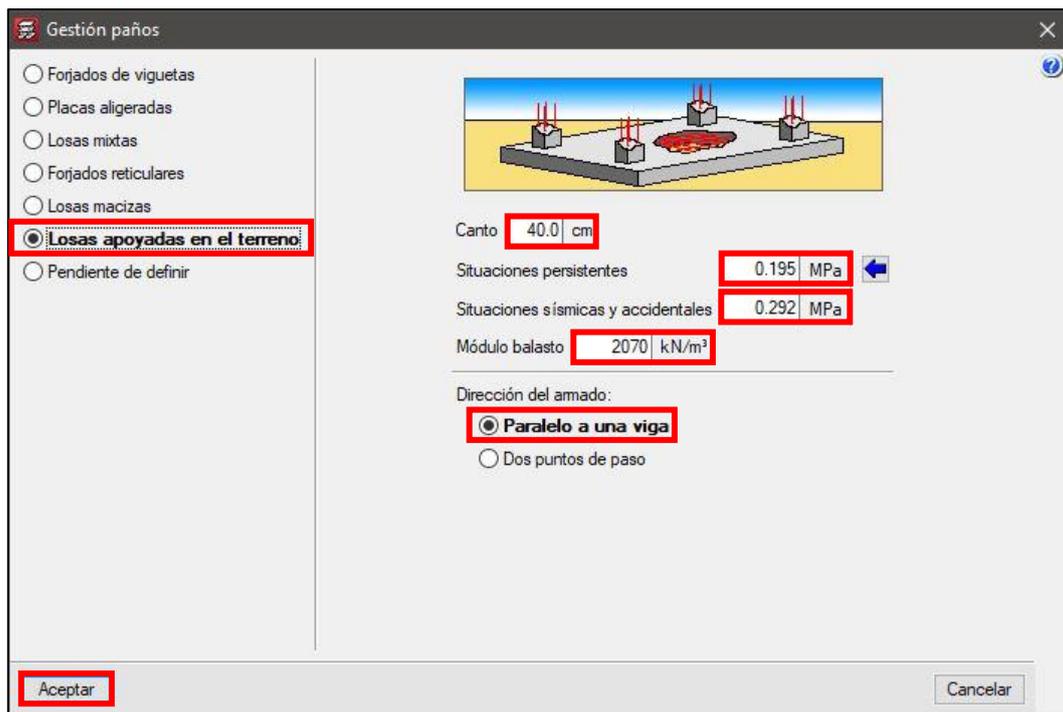


Imagen 4.1.7_19. Recorte de pantalla, Gestión de paños, Losas apoyadas en el terreno

Podemos verificar el resultado en la “Vista 3D” de Cypecad, ver **Imagen 4.1.7_20**.

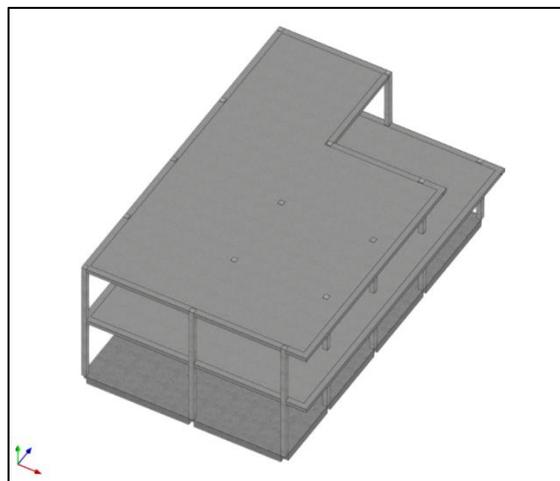


Imagen 4.1.7_20. Recorte de pantalla, Vista 3D estructura en Cypecad

INTRODUCCIÓN DE LOSA DE ESCALERA

Para introducir la escalera debemos de tener abierta la pestaña “Entrada de vigas” y en este caso la vista del grupo de cimentación, hacemos clic izquierdo en “Obra” en la cinta de opciones superior, se desplegara un menu en el que hacemos clic izquierdo en “Escaleras”, ver **Imagen 4.1.7_21**.

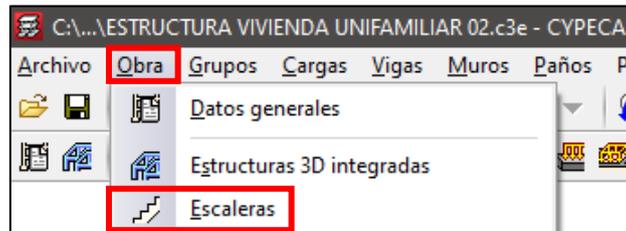


Imagen 4.1.7_21. Recorte de pantalla, Obra, Escaleras

Se abra la ventana “Escaleras” y hacemos clic izquierdo en el icono “Nuevo núcleo de escaleras”, ver **Imagen 4.1.7_22**.



Imagen 4.1.7_22. Recorte de pantalla, Escaleras, Nuevo núcleo de escaleras

Se abra la ventan “Nuevo núcleo de escaleras”, dentro de esta ventana en la pestaña “Datos del núcleo de escaleras” debemos definir algunos parametros de la escalera del proyecto, recomiendo que las dimensiones de los peldaños y la anchura de la escalera cumplan el CTE DB-SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad), para cumplir la normativa y además asegurar que la escalera sea cómoda, definir si la entrega de la escalera en el forjado forma el ultimo escalon, definir si los peldaños son de ladrillo u encofrados en la losa e introducir las cargas debemos que hemos determinado previamente, ver **Imagen 4.1.7_23**.

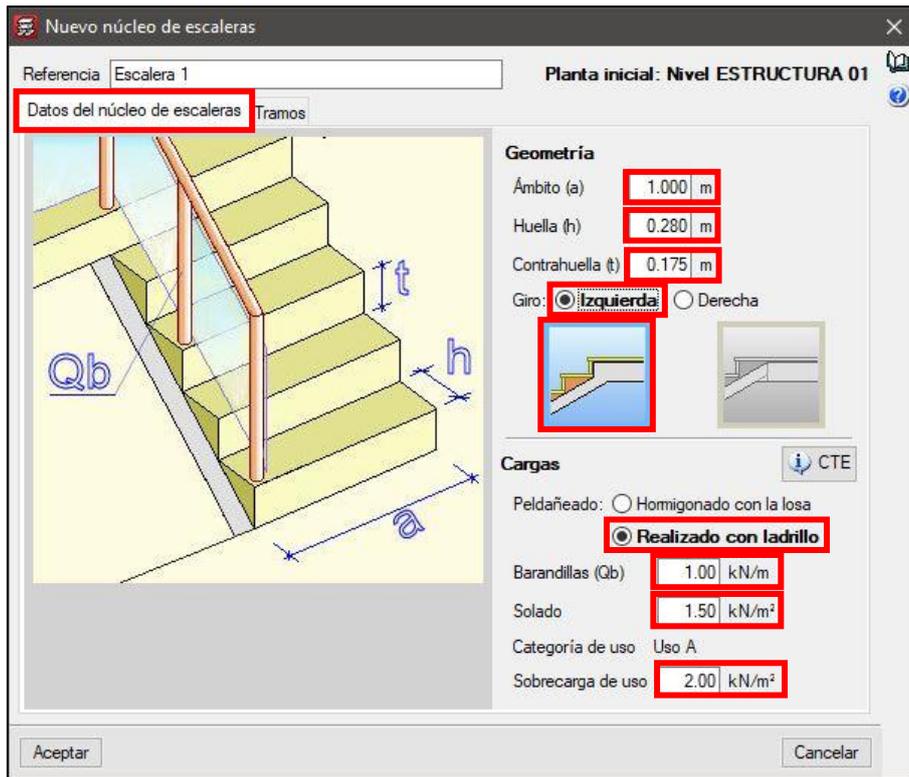


Imagen 4.1.7_23. Recorte de pantalla, Nuevo núcleo de escaleras

Dentro de la ventana “Nuevo núcleo de escaleras”, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Tramos” y clic izquierdo en el icono “Añadir”, ver Imagen 4.1.7_24.

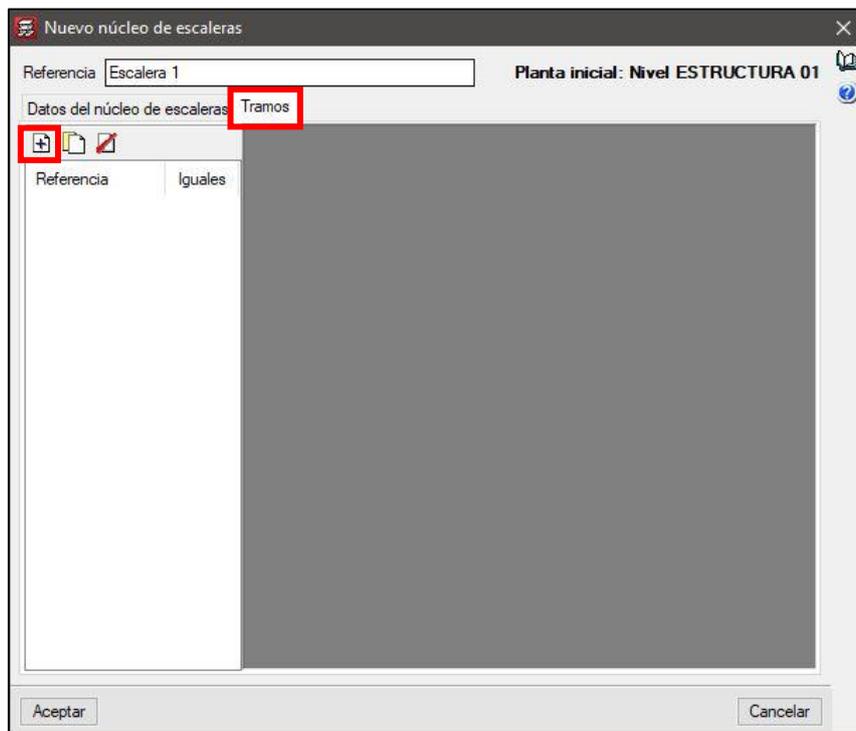


Imagen 4.1.7_24. Recorte de pantalla, Nuevo núcleo de escaleras, Añadir

Se abrirá la ventana “Tramo” y hacemos clic izquierdo en el icono “Crear”, ya que los tramos de escalera que vienen definidos por defecto no se adecuan al proyecto, por lo que vamos a crear una escalera personalizada, ver **Imagen 4.1.7_25**.

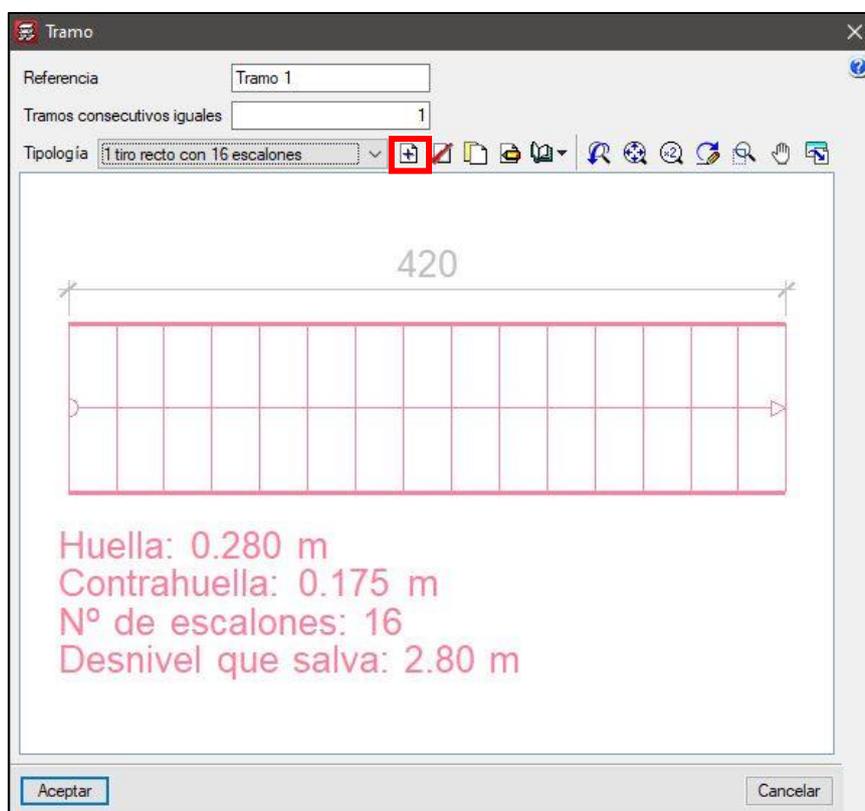


Imagen 4.1.7_25. Recorte de pantalla, Tramo, Crear

Se abrirá la ventana “Crear – [Tipologías de escaleras]”, en la que hay que definir parámetros más específicos de la escalera del proyecto:

- “Referencia”: Podemos definir el nombre de la escalera personalizada que vamos a crear.
- “Canto de la Losa”: Hay que marcarlo y definir el espesor de la losa que hemos predimensionado previamente.
- “Desnivel de arranque”: Marcarlo si hay un forjado sanitario o una cámara sanitaria del tipo “Cáviti” o similar, ya que la zanca de la escalera tendrá un tramo recto para arrancar desde la cota de cimentación, la medida dependerá de las cotas del proyecto.
- “Forma predefinida”: Debe de estar marcada si la escalera tiene una forma convencional.
- “Tiros rectos”: Debe de estar marcada si todos los tramos de la escalera son rectos.
- Marcar la imagen de la escalera que coincida con la forma de la escalera del proyecto, en este caso marcamos “Dos tiros rectos con meseta de media vuelta”.
- Introducir el número de escalones de cada tiro, hay que calcularlos previamente.
- Introducir el “Ancho del ojo de la escalera”, si no tiene, podemos poner un valor 0.
- Definir si la meseta es libre o se apoya en un muro, en este caso la hemos considerado libre.
- Hacemos clic en “Aceptar” en esta ventana y en las que aparezcan sucesivamente para colocar la escalera en planta.

Para realizar todos estos pasos, ver **Imagen 4.1.7_26**.

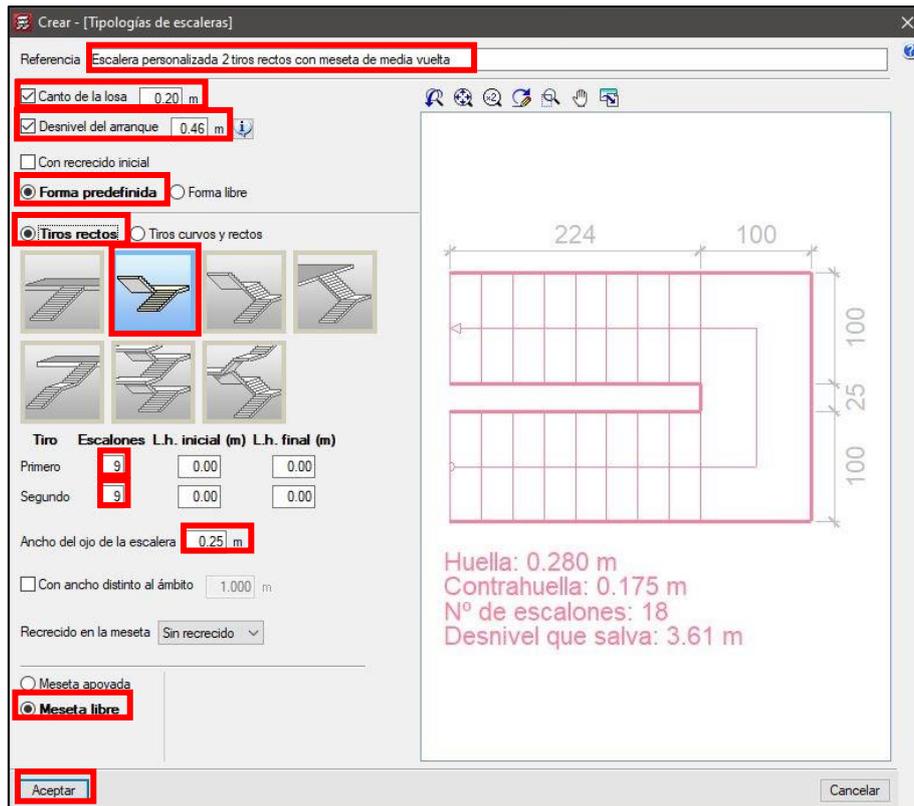


Imagen 4.1.7_26. Recorte de pantalla, Crear – [Tipologías de escaleras]

La escalera hay que ubicarla en la planta y ajustarla en planta primera, el borde del último escalón debe de colocarse cerca del borde de la viga en la que desembarca para que el programa reconozca la vinculación de la losa de escalera con el forjado, el arranque de la escalera como se realiza en la losa de cimentación no presentara problemas, la escalera se puede desplazar después de haberla creado para ajustarla a su ubicación definitiva, ver **Imagen 4.1.7_27**.

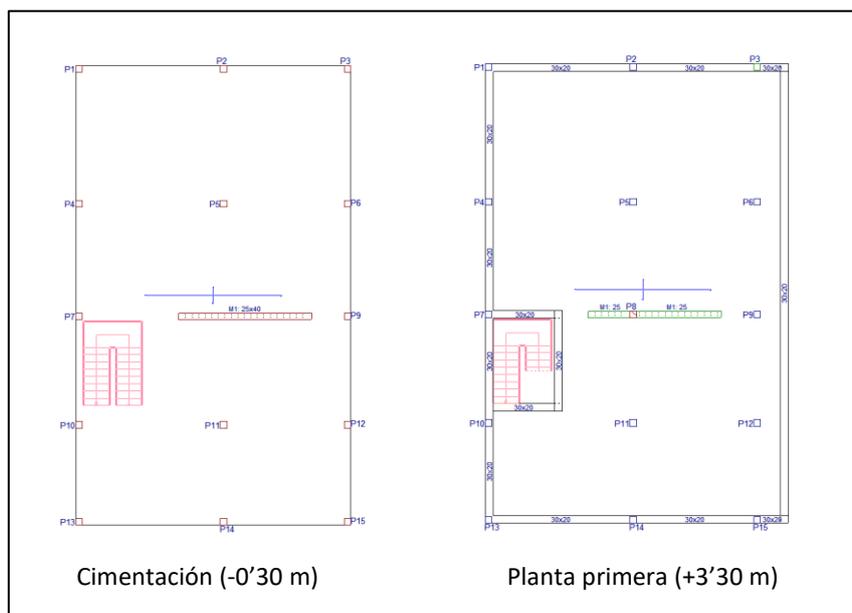


Imagen 4.1.7_27. Recorte de pantalla, Vistas plantas con núcleo de escaleras en Cypecad

En la vista 3D de Cypecad podemos verificar que la escalera se ha creado de forma correcta, ver **Imagen 4.1.7_28**.

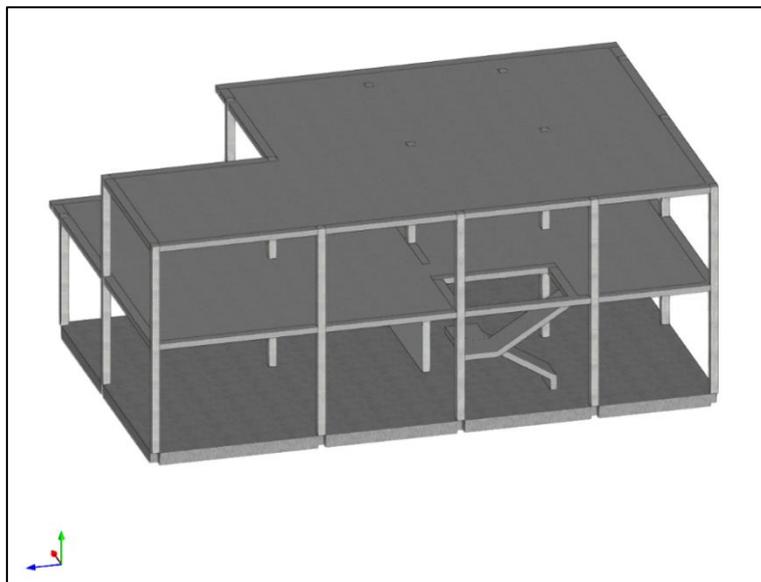


Imagen 4.1.7_28. Recorte de pantalla, Vista 3D núcleo de escaleras de Cypecad

COMPROBAR GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

Es recomendable guardar de vez en cuando el archivo con otro nombre por si se produce algún fallo en el programa y antes de realizar la verificación de la geometría es necesario guardarlo con otro nombre para que en caso de error o daño en el archivo no perdamos el trabajo realizado ya que Cypecad constantemente guarda las modificaciones de forma automática.

Antes de introducir las cargas y proceder al cálculo de la estructura es muy recomendable revisar que la geometría de la estructura no presenta errores que impidan el cálculo, hay que tener abierta la pestaña “Entrada de vigas”, hacer clic izquierdo en “Calcular” en la cinta de opciones de la parte superior, se abrirá un menú desplegable y hacemos clic izquierdo en “Comprobar geometría de todos los grupos”, ver **Imagen 4.1.7_29**. Se abrirá una ventana en la que el programa comenzara a realizar las comprobaciones pertinentes, cuando se cierre si hay errores mostrara un listado con los mismos, para que los arreglemos, si todo está bien no se abrirá ventana alguna y podremos continuar introduciendo las cargas en la estructura.

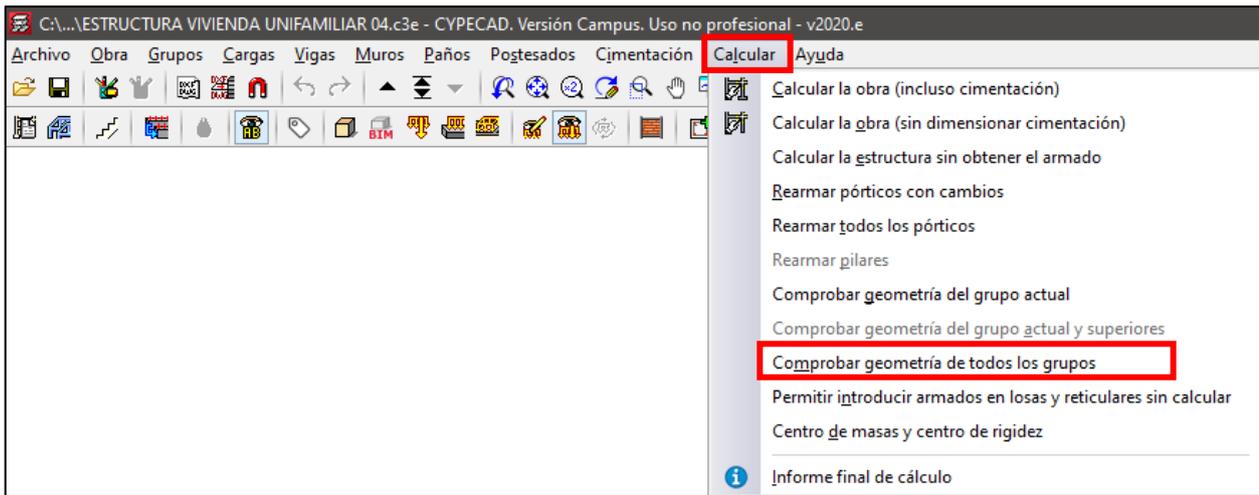


Imagen 4.1.7_29. Recorte de pantalla, Calcular, Comprobar geometría de todos los grupos

INTRODUCCIÓN DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA

Cuando la geometría de la estructura haya quedado definida correctamente procederemos a introducir las cargas en la estructura. Debemos de tener abierto el espacio de trabajo “Entrada de vigas”.

En primer lugar, hay que introducir las cargas superficiales que afecten por igual en cada planta o grupo, para ello hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas en grupos”, ver **Imagen 4.1.7_30**.



Imagen 4.1.7_30. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas en grupos

Se abre la ventana “Editar grupos”, debemos de introducir en la columna “Q (KN/m²)” las sobrecargas de uso de cada planta y en la columna “CM (KN/m²)” las cargas muertas de cada planta, para finalizar clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.7_31**. Tener en cuenta que en el nivel 2 las cargas muertas de solería las introduciremos más adelante de forma independiente ya que hay una zona de terraza en la que la carga es mayor. Las cargas quedan de la siguiente forma:

Nivel ESTRUCTURA 03 (Cubierta):

- Q = Sobrecarga de uso cubierta de teja con inclinación inferior a 20°: **1 KN/m²**
- CM = Carga superficial cubierta faldones de teja sobre tabiques palomeros: **3 KN/m²**

Nivel ESTRUCTURA 02 (Planta primera):

- Q = Sobrecarga de uso vivienda unifamiliar planta baja, planta primera y escalera: **2 KN/m²**
- CM = Carga superficial tabiquería planta baja y primera: **1 KN/m²**

Nivel ESTRUCTURA 01 (Cimentación):

- Q = Sobrecarga de uso vivienda unifamiliar planta baja, planta primera y escalera: **2 KN/m²**
- CM = Carga superficial cámara ventilada sistema “Cáviti” tipo “C-30”: 3 KN/m² + Carga superficial planta baja y primera solería con mortero de nivelación: 1 KN/m² = **4 KN/m²**

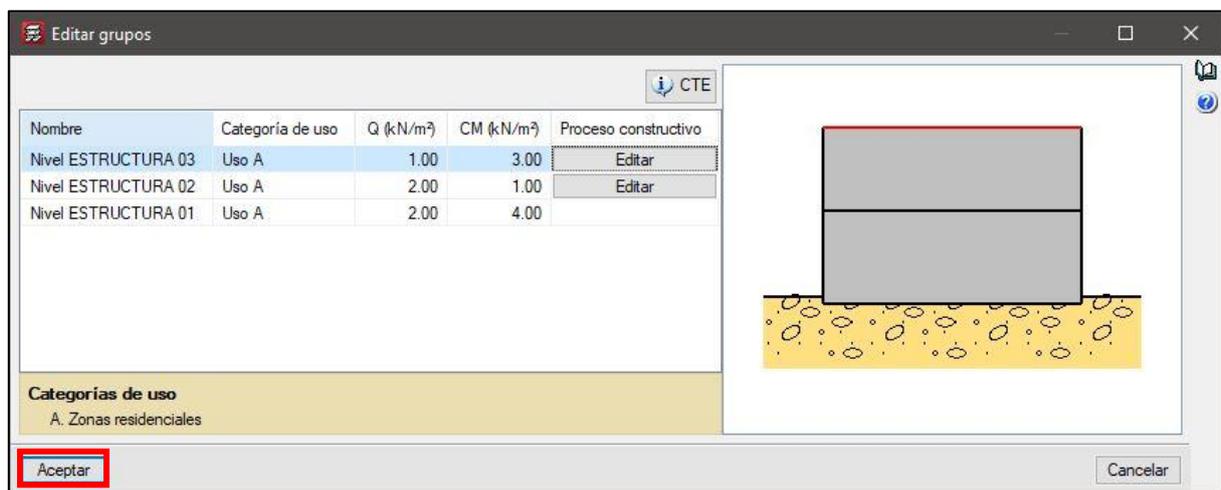


Imagen 4.1.7_31. Recorte de pantalla, Editar grupos

Para introducir las cargas muertas de la planta primera, las cuales no son las mismas en toda la planta ya que hay un espacio de terraza, abrimos la vista correspondiente dentro del área de trabajo “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas”, ver **Imagen 4.1.7_32**.



Imagen 4.1.7_32. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas

Se abre la ventana “Cargas”, marcamos la opción “Superficial”, introducimos el valor correspondiente (1 kN/m² para las zonas interiores de la planta primera y 2’5 kN/m² para la terraza), la “Hipótesis” debe estar en “Cargas muertas”, para introducir la carga clic izquierdo en “Nueva”, **Imagen 4.1.7_33**. Dibujamos el perímetro de la carga sobre el plano de planta y clic derecho para cerrarlo, debemos de hacer este proceso por cada una de las cargas superficiales de la planta, en este caso tenemos dos diferentes la interior de 1 kN/m² y la terraza de 2’5 kN/m².

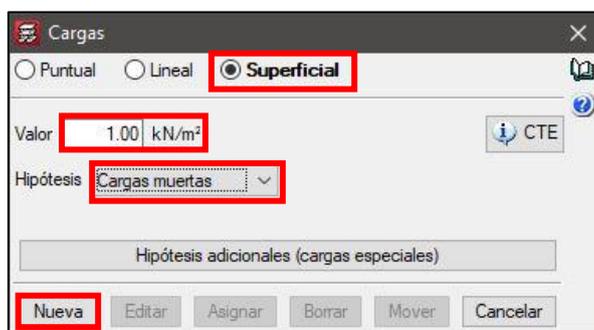


Imagen 4.1.7_33. Recorte de pantalla, Cargas, Superficial

Para introducir la sobrecarga de nieve en la planta de cubierta, abrimos la vista de planta correspondiente en el espacio de trabajo “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas superficiales en paños”, ver **Imagen 4.1.7_34**.



Imagen 4.1.7_34. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas superficiales en paños

Se abre la ventana “Cargas superficiales en paños”, en la cual hacemos clic izquierdo en “Hipótesis adicionales (cargas especiales)”, ver **Imagen 4.1.7_35**.

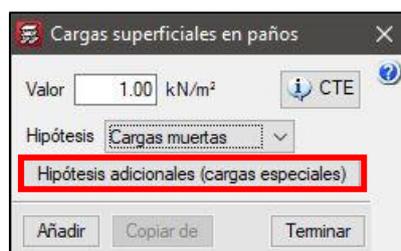


Imagen 4.1.7_35. Recorte de pantalla, Cargas superficiales en paños

En la ventana “Hipótesis adicionales (cargas especiales)”, hacemos clic izquierdo en el icono para añadir una hipótesis adicional de “Nieve”, ver **Imagen 4.1.7_36**.

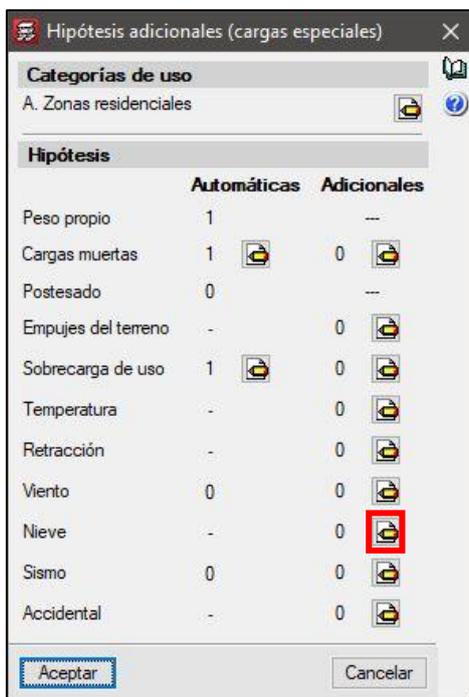


Imagen 4.1.7_36. Recorte de pantalla, Hipótesis adicionales (cargas especiales)

Se abre la ventana “Nieve”, hacemos clic izquierdo en “Nueva hipótesis adicional”, ver **Imagen 4.1.7_37**.

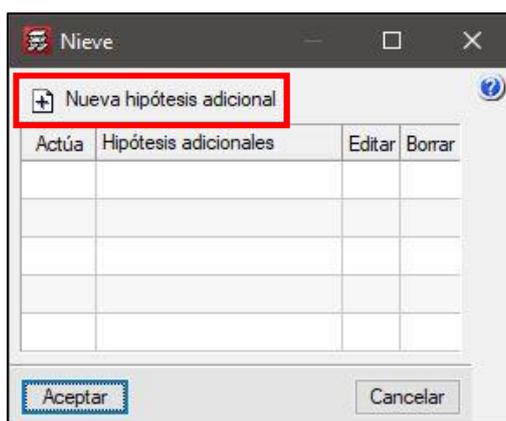


Imagen 4.1.7_37. Recorte de pantalla, Nieve

Se abre la ventana “Nueva hipótesis adicional”, clic izquierdo en “Aceptar”, para crear la hipótesis, ver **Imagen 4.1.7_38**.

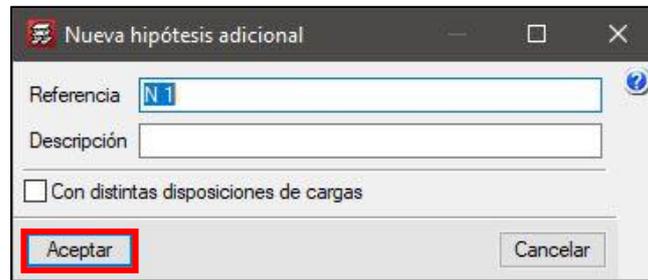


Imagen 4.1.7_38. Recorte de pantalla, Nueva hipótesis adicional

Se abre de nuevo la ventana “Nieve”, con la hipótesis nueva cargada, clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ver **Imagen 4.1.7_39**.

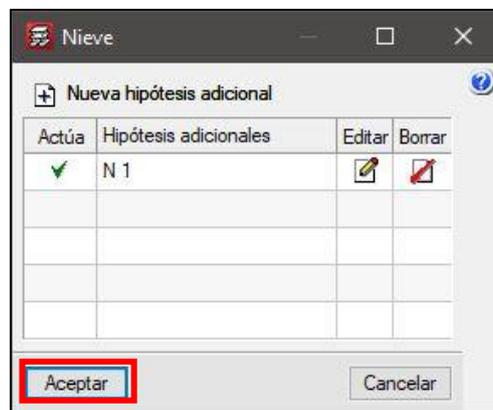


Imagen 4.1.7_39. Recorte de pantalla, Nieve

Se abre de nuevo la ventana “Cargas superficiales en paños”, introducimos el valor de la carga de nieve que en este proyecto es 1 kN/m², marcamos la “Hipótesis” N1 que sería la que hemos creado y clic izquierdo en “Añadir”, ver **Imagen 4.1.7_40**. Seleccionamos el paño con clic izquierdo y la carga queda asignada. Para introducir la carga de nieve en la terraza de la planta primera, debemos de hacerlo como se ha hecho anteriormente con las cargas muertas distintas en una misma planta solo que asignando la carga a la hipótesis de nieve (N1).

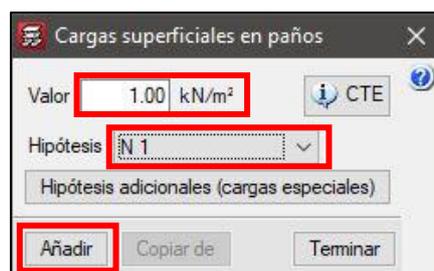


Imagen 4.1.7_40. Recorte de pantalla, Cargas superficiales en paños

Para introducir las cargas lineales de cerramiento, abrimos la vista de planta correspondiente en el espacio de trabajo “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas lineales en vigas”, ver **Imagen 4.1.7_41**.



Imagen 4.1.7_41. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas lineales en vigas

Se abre la ventana “Cargas lineales en vigas”, introducimos el valor de la carga del cerramiento que en este proyecto es de 7 kN/m, marcamos la “Hipótesis” Cargas muertas y hacemos clic izquierdo en “Añadir”, ver **Imagen 4.1.7_42**. Seleccionamos las vigas sobre las que va el cerramiento en cada planta para asignar la carga.

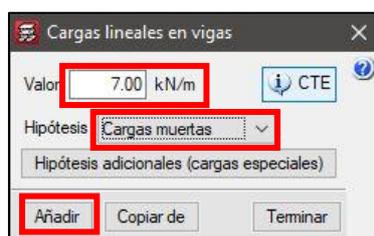


Imagen 4.1.7_42. Recorte de pantalla, Cargas lineales en vigas

Para introducir cargas lineales, que no están sobre vigas, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas”, ver **Imagen 4.1.7_32**.



Imagen 4.1.7_32. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas

Se abre la ventana “Cargas”, marcamos la opción “Lineal”, marcamos la opción “Uniforme”, introducimos el valor de la carga y la “Hipótesis”, para introducir la carga hacemos clic izquierdo en “Nueva”, **Imagen 4.1.7_43**. Dibujamos la carga en las zonas de la planta en las que en este caso el cerramiento está directamente sobre el forjado (7 KN/m en hipótesis de Carga muerta). La sobrecarga de uso del voladizo de la terraza hay que introducirla de la misma forma solo que con los parámetros de 2 KN/m en hipótesis de Nieve (N1).



Imagen 4.1.7_43. Recorte de pantalla, Cargas, Lineal

Para finalizar la introducción de cargas en el modelo, hacemos clic izquierdo en “Obra” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Datos generales”, ver **Imagen 4.1.7_44**.

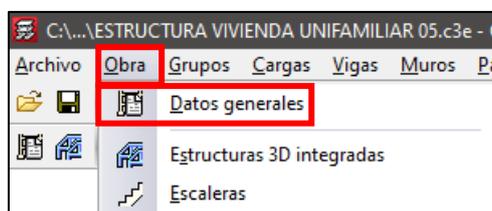


Imagen 4.1.7_44. Recorte de pantalla, Obra, Datos generales

Se abre la ventana “Datos generales”, en la que debemos verificar que la normas de cálculo aplicadas son el “Código Técnico de la Edificación y la EHE-08”, verificaremos que el hormigón y el acero de las armaduras se corresponde con el que hemos establecido en las condiciones del proyecto, debemos de activar “Con acción de viento” y “Con acción sísmica” (Ambas se explican a continuación), ver **Imagen 4.1.7_45**.

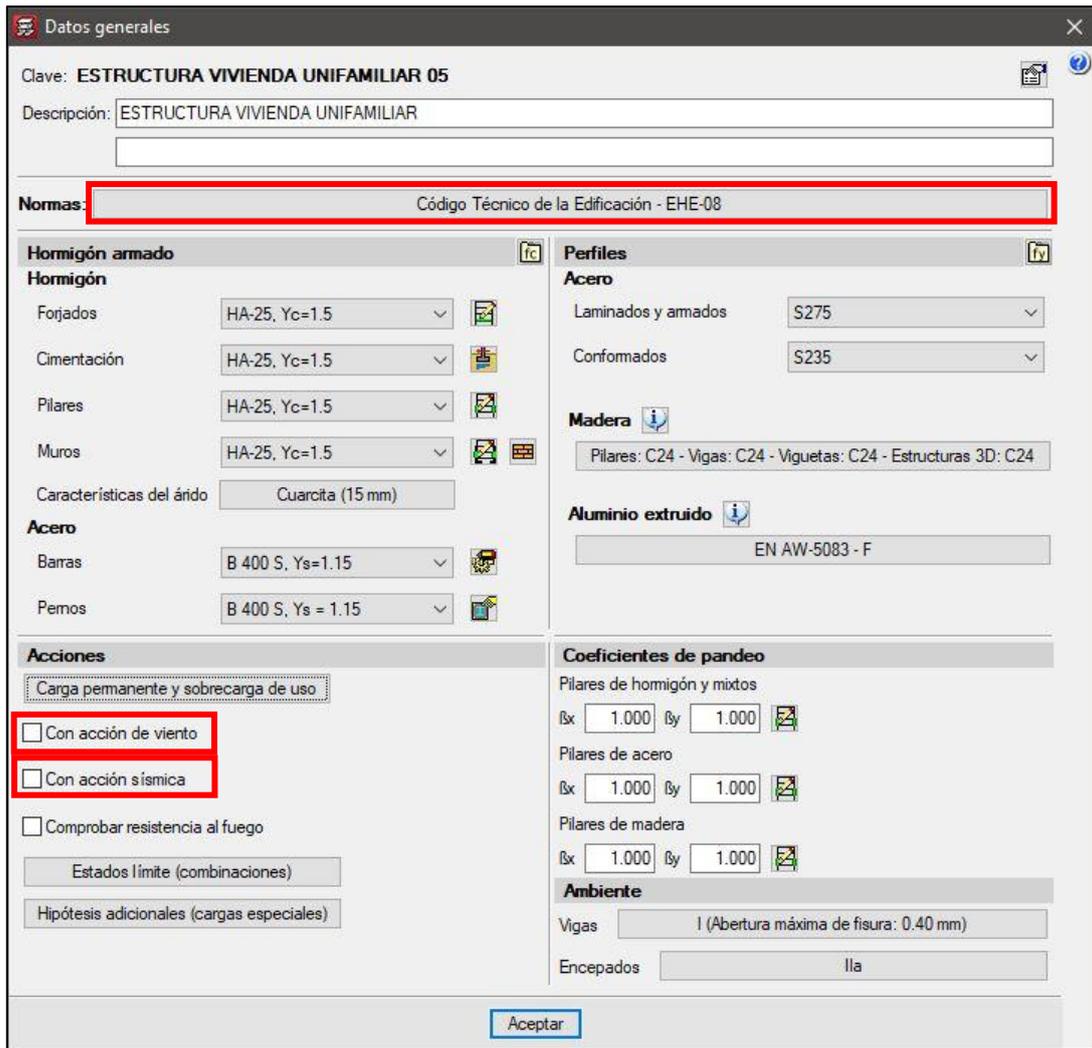


Imagen 4.1.7_45. Recorte de pantalla, Datos generales

Cuando activemos “Con acción de viento” se abra la ventana “Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento”, en esta ventana hay que:

- Marcar el país, en este caso España.
- Indicar la normativa para el cálculo en este caso el CTE DB SE-AE.
- Indicar los valores de anchos de banda para el proyecto en este caso: $Y = 17'50$ y $X = 11'50$.
- Indicar la zona eólica que en este caso es la A.
- Indicar el grado de aspereza del entorno que en este caso es IV.

Todos estos datos los debemos de tenerlos previamente y determinarlos según normativa vigente, para finalizar hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.7_46**.

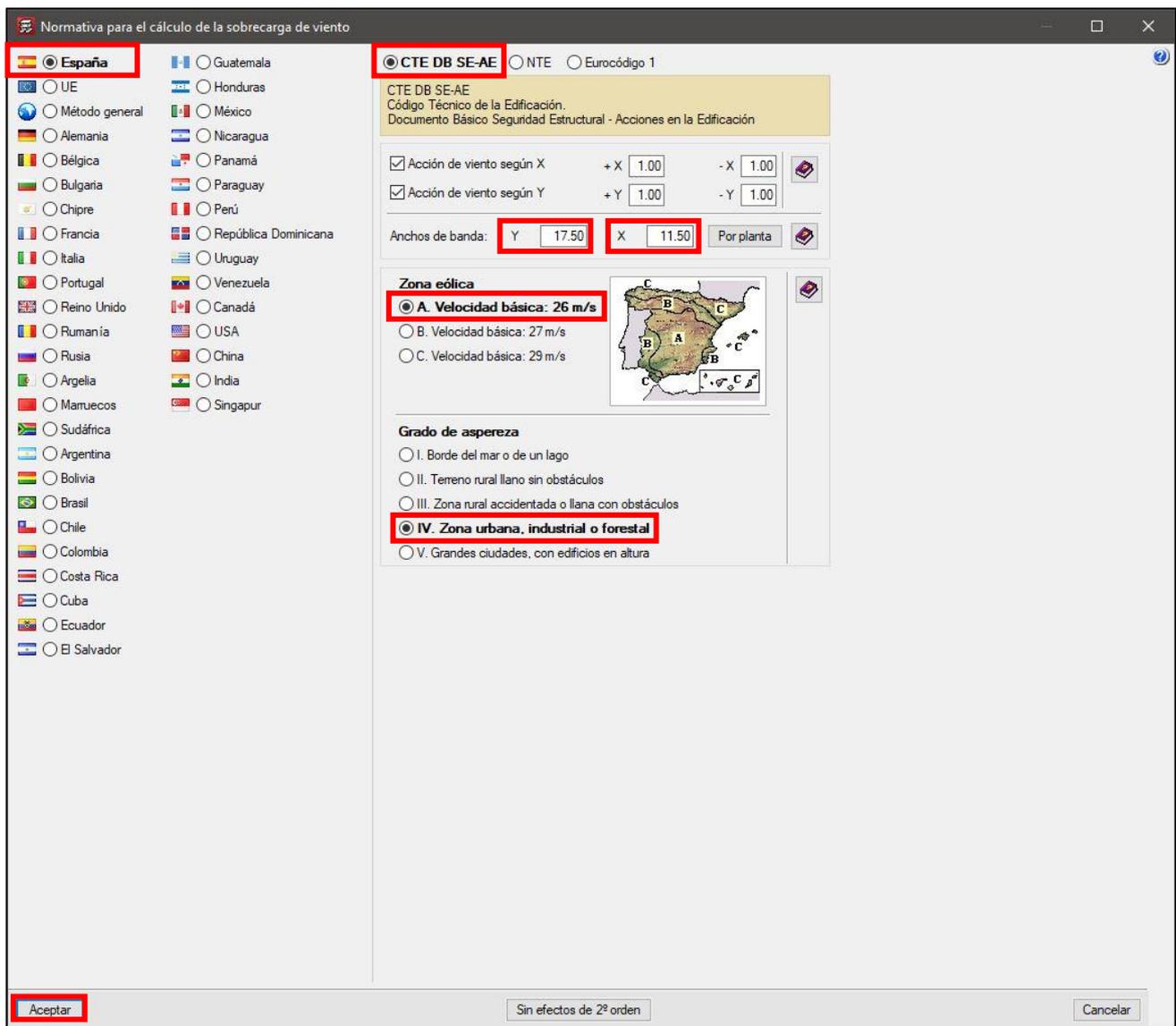


Imagen 4.1.7_46. Recorte de pantalla, Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento

Cuando activemos “Con acción de sísmica” se abra la ventana “Normativa para el cálculo de la acción sísmica”, en esta ventana hay que:

- Marcar el país, en este caso España.
- Indicar la normativa para el cálculo en este caso la NCSE-02.
- Indicar los valores de Aceleración básica = 0’06 y de Coeficiente de contribución = 1’00, estos valores los hemos calculado previamente, aunque también puede asignarlos Cypecad de forma automática indicando el municipio del proyecto.
- Indicar el coeficiente de amortiguamiento que será de 5 para estructuras de hormigón compartimentadas, si tenemos duda en el símbolo de ayuda junto al valor nos indica como determinarlo según el tipo de estructura.
- Marcar “Construcciones de importancia normal”.
- Tipo de terreno III según estudio geotécnico.

- Ductilidad baja según NCSE-02 por el tipo de estructura.

EL resto indicar “Según norma” y hacemos clic en “Aceptar” para finalizar, ver **Imagen 4.1.7_47**.

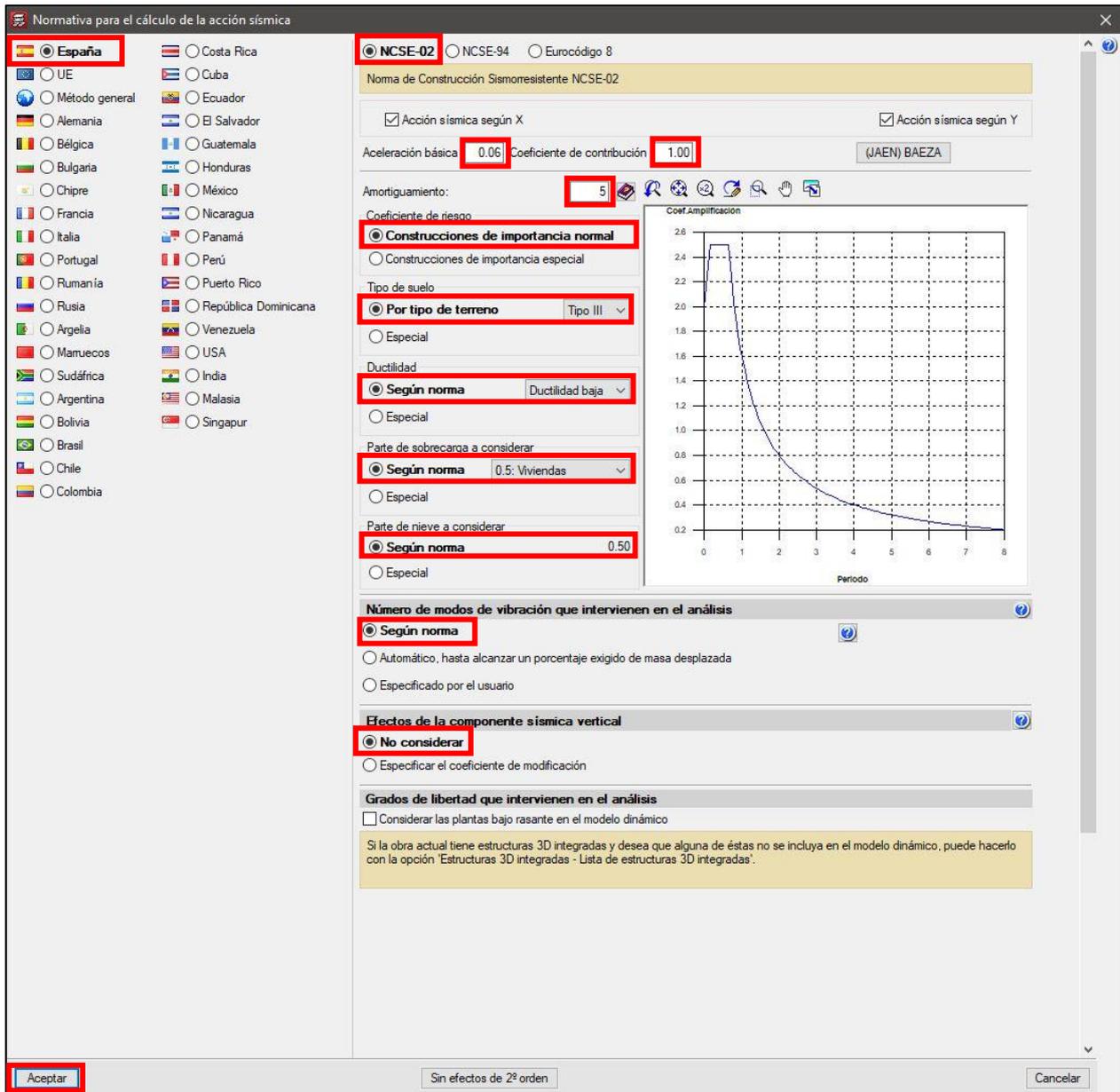


Imagen 4.1.7_47. Recorte de pantalla, Normativa para el cálculo de la acción sísmica

Quando estén introducidas las acciones de viento y sismo la ventana de “Datos generales” quedara tal y como se ve en la **Imagen 4.1.7_48**, hacemos clic izquierdo en “Aceptar” para guardar los cambios.

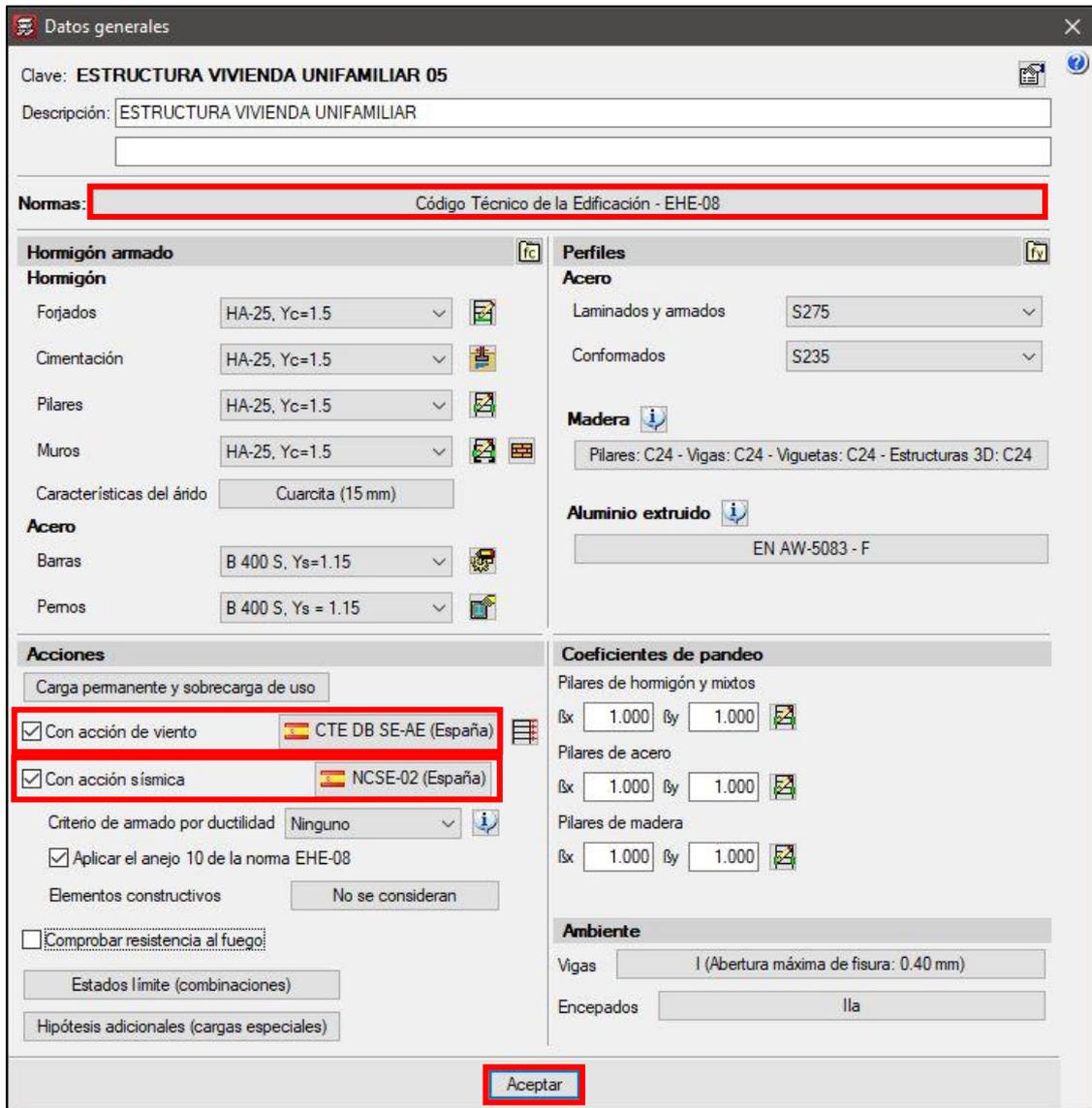


Imagen 4.1.7_48. Recorte de pantalla, Normativa para el cálculo de la acción sísmica

CÁLCULO DE LA OBRA

Cuando la obra este con todas las cargas asignadas y sin errores en la geometría de la misma es el momento de proceder al cálculo de la estructura (recomiendo guardar el archivo con otro nombre por si se produjeran errores del programa durante el cálculo), para ello debemos de estar en el espacio de trabajo de “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Calcular” en la cinta de opciones superior, se desplegara un menú en el que hacemos clic izquierdo en “Calcular la obra (incluso cimentación)”, ver **Imagen 4.1.7_49**, el programa comenzara el proceso de cálculo y al finalizar aportara un informe final de cálculo en el que se indicaran los problemas que presenta la estructura para cumplir con los requisitos de estado límite último y estado límite de servicio, así como la normativa de aplicación.

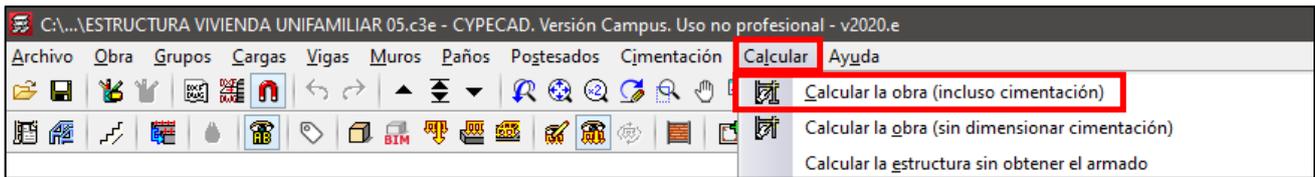


Imagen 4.1.7_49. Recorte de pantalla, Calcular, Calcular la obra (incluso cimentación)

Tened en cuenta que en forjados bidireccionales de tipo reticular y losa el programa no comprueba las flechas según normativa por lo que debemos comprobarlas manualmente verificando los valores que, si los da el programa, el resto de errores de armado y de dimensionamiento debemos de corregirlos modificando las armaduras y en algunos casos las dimensiones de los pilares y de los forjados.

La corrección de errores de armado y la optimización de la estructura es un proceso complejo y laborioso el cuál no he incluido en este manual.

4.1.8. INTEROPERABILIDAD CON EL MODELO BIM

GENERAR IFC CON BIMSERVER.CENTER DESDE CYPECAD

Para exportar la estructura en formato IFC 4 a Revit utilizaremos el plugin Open BIM. Desde Cypecad hacemos clic izquierdo en “Archivo”, se desplegara un menu y hacemos clic izquierdo en “BIMserver.center” y se desplegara otro menu en el que hacemos clic en “Exportar”, ver **Imagen 4.1.8_01.**

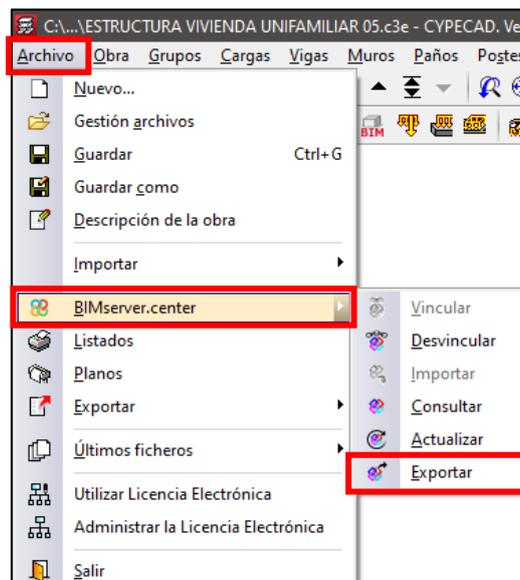


Imagen 4.1.8_01. Recorte de pantalla, Calcular, Archivo, BIMserver.center, Exportar

Se abrirá la ventana “Fichero para exportación en formato IFC”, hay que nombrar el archivo IFC que vamos a crear, el cual se guardara en la nube de “BIMserver center”, definir como queremos que se exporte la unión entre los extremos superiores de los pilares con el forjado, la opción que viene marcada por defecto es la que se adecua a este proyecto, por lo que no la modificamos, las opciones de “Modelo analítico” e “Hipótesis persistentes o transitorias” no es necesario que las marquemos, ya que Revit no leerá este tipo de información, finalizamos haciendo clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.8_02**.

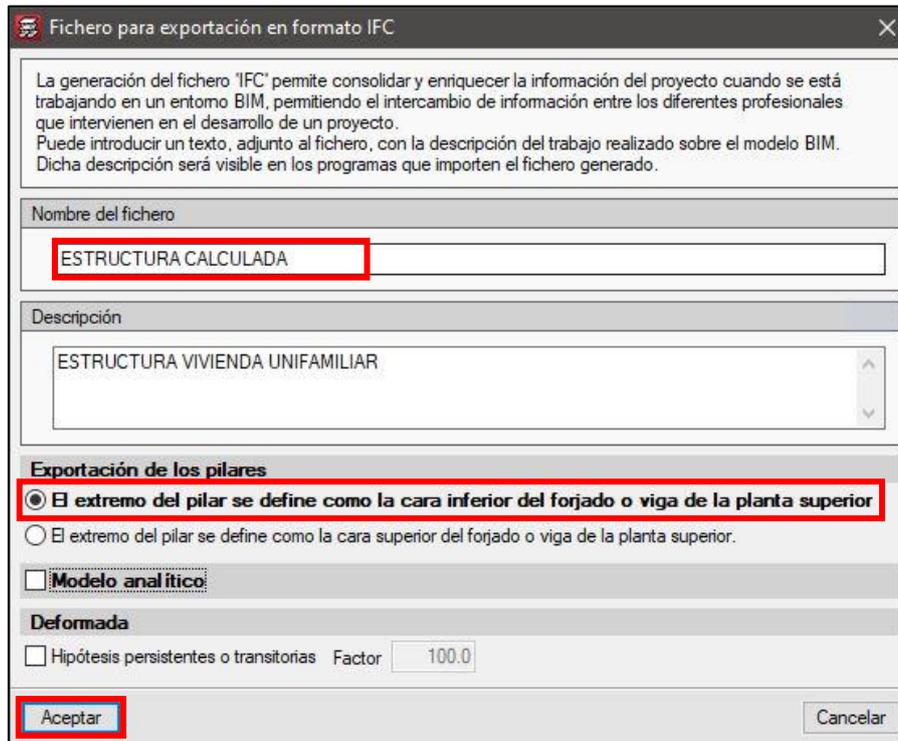


Imagen 4.1.8_02. Recorte de pantalla, Fichero para exportación en formato IFC

Si la exportación se ha realizado correctamente se abrirá la ventana “Información” indicando que la exportación ha finalizado, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.1.8_03**. El modelo en formato IFC 4 estará ya cargado en nuestra cuenta de “BIMserver Center”.

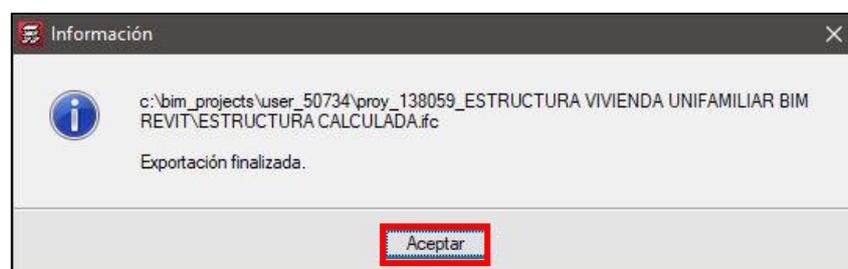


Imagen 4.1.8_03. Recorte de pantalla, Información

IMPORTAR IFC DE LA ESTRUCTURA EN REVIT

Abrimos el proyecto de Revit que creamos inicialmente y usamos como base para crear el archivo de calculo de estructura de Cypecad, para cargar en el modelo BIM el archivo IFC 4 de la estructura que hemos generado desde “Cypecad”. Hacemos clic izquierdo en “Complementos” en la cinta de opciones superior de Revit, hacemos clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y en el menu que se despliega hacemos clic izquierdo en “Consultar estado del proyecto”, ver **Imagen 4.1.8_04**.

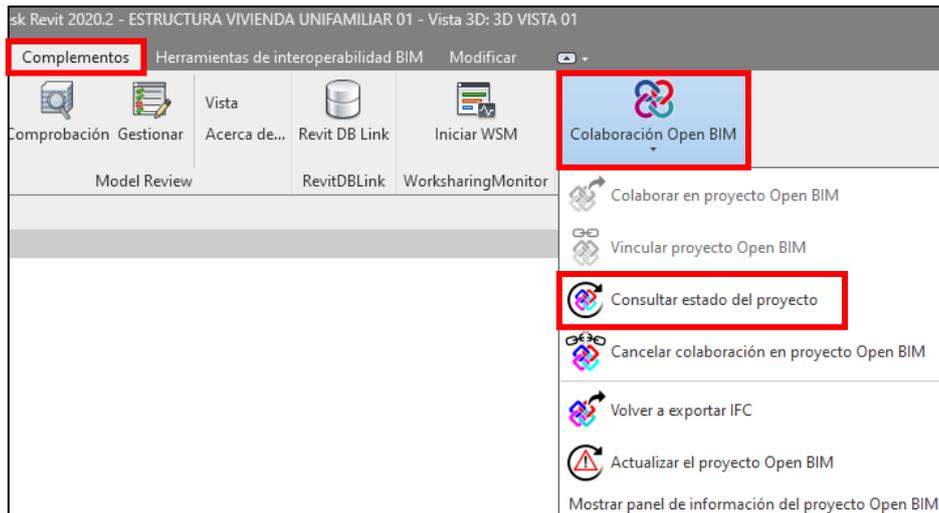


Imagen 4.1.8_04. Recorte de pantalla, Colaboración Open BIM, Consultar estado del proyecto

Se abrirá la ventana “Actualizar proyecto Open BIM” y aparecerá una lista de los archivos IFC que hay alojados en nuestra cuenta de BIMserver center, marcamos el archivo de la estructura del proyecto que ha sido creado con Cypecad y hacemos clic en “Aceptar” para cargar el archivo, ver **Imagen 4.1.8_05**.

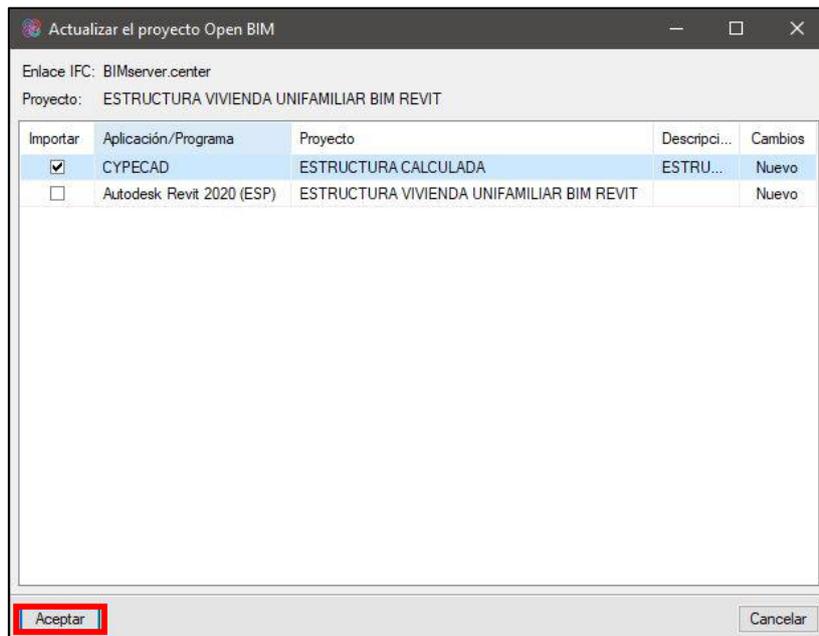


Imagen 4.1.8_05. Recorte de pantalla, Actualizar el proyecto Open BIM

Cuando el archivo se haya cargado totalmente en la ventana de “Colaboración Open BIM”, junto al “Navegador de proyectos” aparecerá en la lista de “Vínculos IFC” el nombre del archivo IFC que hemos cargado, ver **Imagen 4.1.8_06**.

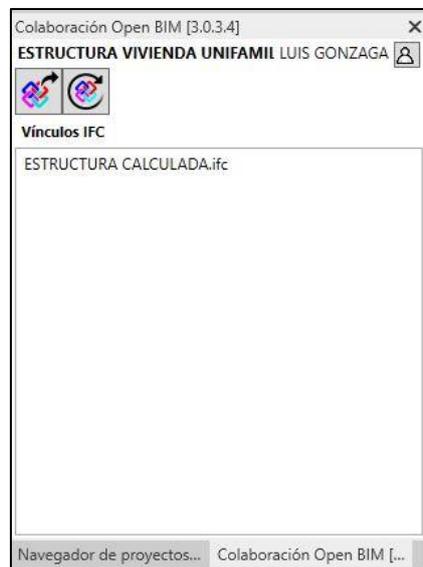


Imagen 4.1.8_06. Recorte de pantalla, Ventana colaboración Open BIM

En la vista 3D de Revit podemos ver la estructura junto con el resto de elementos del modelo BIM, llegados a este punto el siguiente paso sería verificar que los elementos estructurales y de acabado se relacionan de forma coherente sin interferencias, ver **Imagen 4.1.8_07**. Cuando se haya realizado este paso hay que suprimir los pilares que creamos inicialmente en el modelo BIM en Revit ya que si no quedarán solapados con la estructura que hemos importado al modelo.

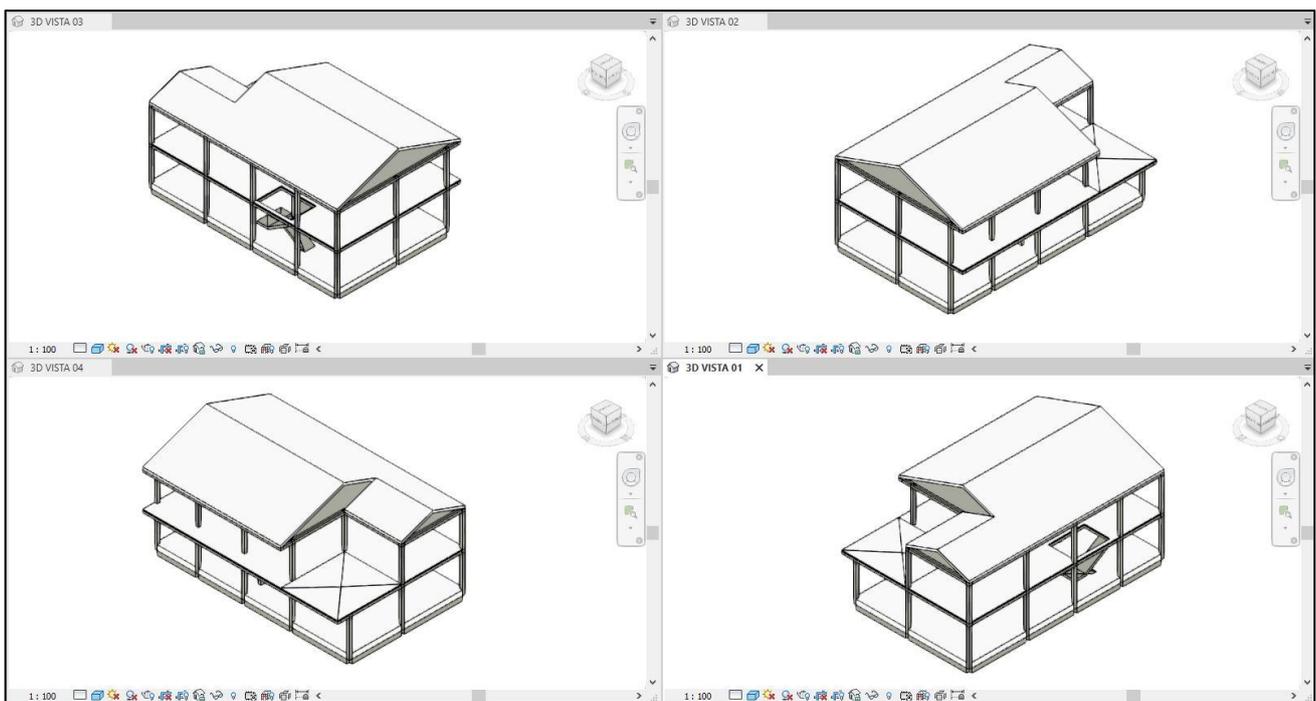


Imagen 4.1.8_07. Recorte de pantalla, Vistas 3D Revit de la estructura IFC importada de Cypecad

ACTUALIZAR MODIFICACIONES DEL MODELO BIM DE REVIT EN CYPECAD

En el caso de que realicemos alguna modificación en el proyecto en BIM desde Revit como podría ser por ejemplo un hueco en el forjado podemos actualizar el archivo que está cargado en la nube de BIMserver.center y volver a actualizarlo en Cypecad. Para ello en Revit hacemos clic izquierdo en la pestaña “Complementos” en la cinta de opciones superior, clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Volver a exportar IFC”, ver **Imagen 4.1.8_08**.

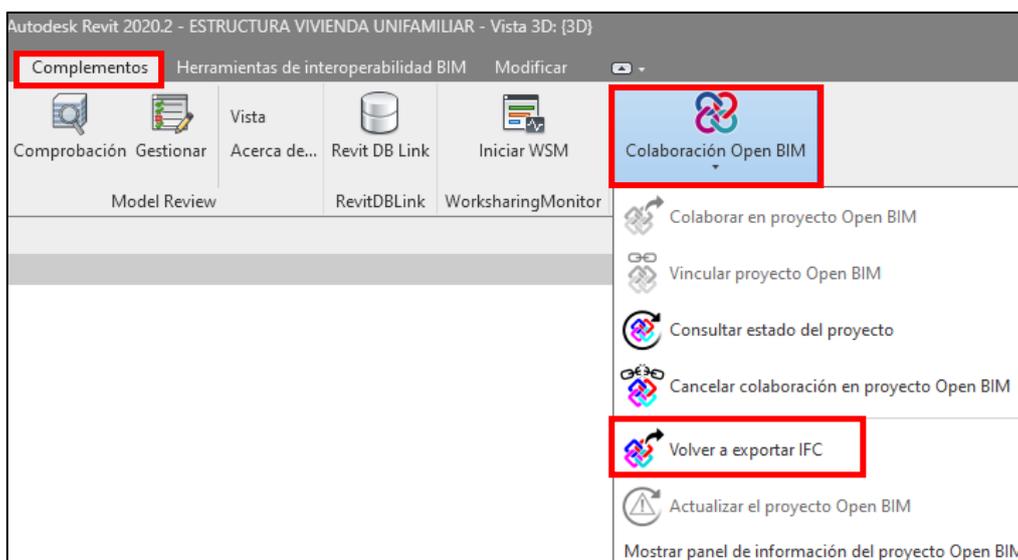


Imagen 4.1.8_08. Recorte de pantalla, Colaboración Open BIM, Volver a exportar IFC

Se abre la ventana de “Opciones de exportación a IFC” por sí queremos modificar los datos que se van a importar, para este caso recomiendo dejarlo todo por defecto, hacemos clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ver **Imagen 4.1.8_09**.



Imagen 4.1.8_09. Recorte de pantalla, Opciones de exportación a IFC

Se abrirá la ventana “Selección de vínculos a exportar a IFC” y aparecerá marcado el archivo que exportamos la primera vez, nos aseguramos de que este marcado y hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, después de eso el programa actualizará el archivo y lo cargará en la nube de BIMserver.center, ver **Imagen 4.1.8_10**.



Imagen 4.1.8_10. Recorte de pantalla, Selección de vínculos a exportar a IFC

Una vez que hemos actualizado el archivo desde Revit, abrimos el programa Cypecad y el archivo de la estructura hacemos clic izquierdo en “Archivo”, se desplegara un menu y hacemos clic izquierdo en “BIMserver.center” y se desplegara otro menu en el que hacemos clic en “Actualizar”, ver **Imagen 4.1.8_11**.

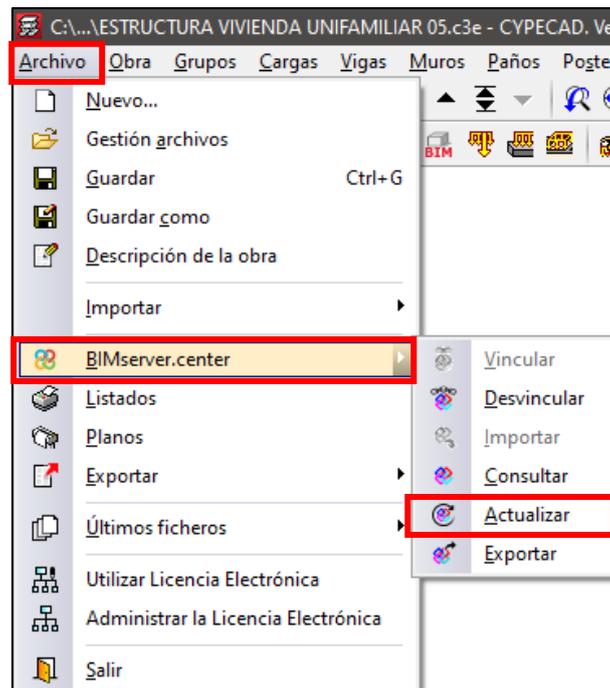


Imagen 4.1.8_11. Recorte de pantalla, BIMserver.center, Actualizar

Se abrirá la ventana “Actualizar el modelo BIM”, para avanzar hacemos clic izquierdo en “Siguiente”, al igual que hicimos al crear el archivo de la estructura al principio, en las ventanas que van apareciendo podemos indicar que elementos queremos importar, en la última ventana hacemos clic izquierdo en “Terminar”, para que el archivo se actualice, ver **Imagen 4.1.8_12**. Si por ejemplo

hemos modificado el contorno de los forjados con un hueco en Cypecad la plantilla del forjado correspondiente se modificará para que nos sirva de referencia a la hora de modificar la estructura del forjado.

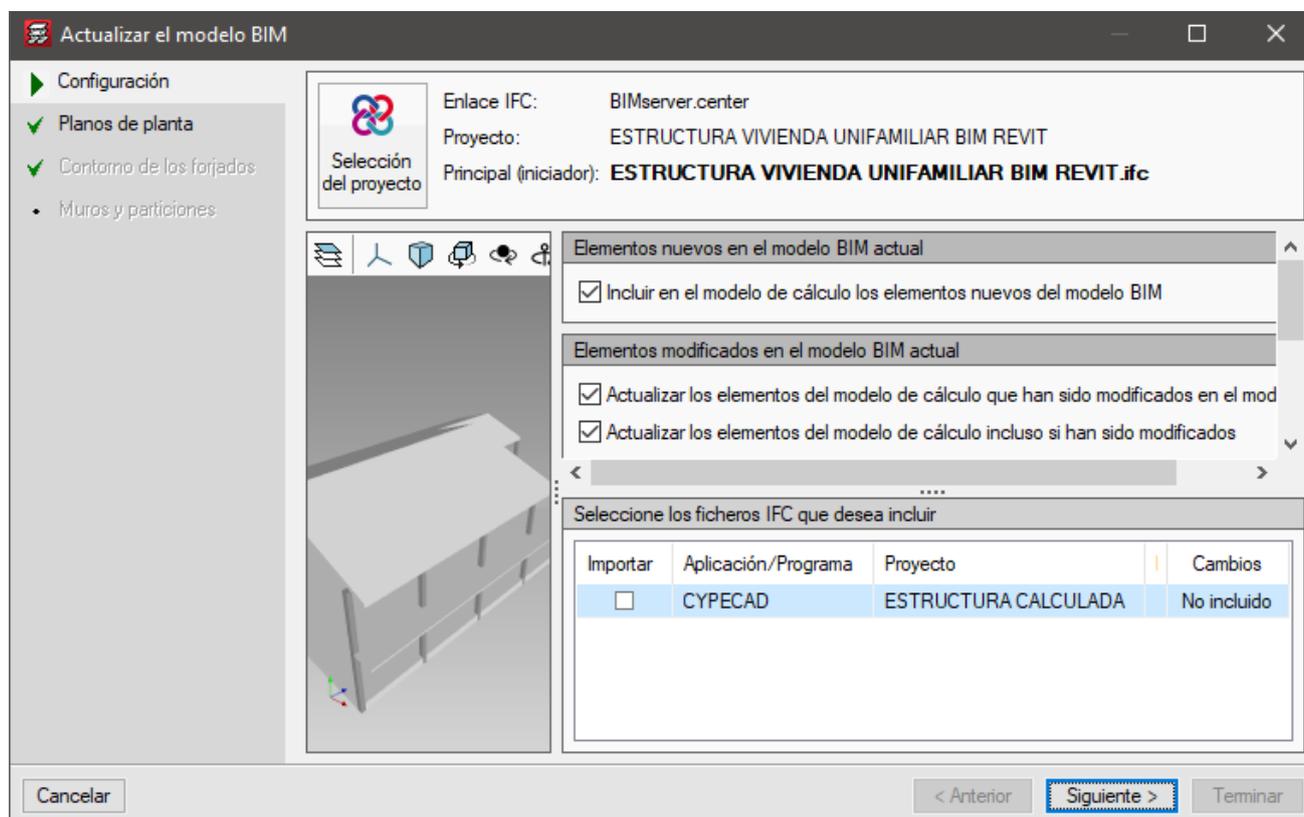


Imagen 4.1.8_12. Recorte de pantalla, Actualizar el modelo BIM

ACTUALIZAR MODIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA DE CYPECAD EN REVIT

En el caso de que realicemos alguna modificación en la estructura en Cypecad, para actualizar la estructura en Revit, desde el programa Cypecad hacemos clic izquierdo en "Archivo", se desplegará un menú y hacemos clic izquierdo en "BIMserver.center" y se desplegará otro menú en el que hacemos clic en "Exportar", ver **Imagen 4.1.8_01**.

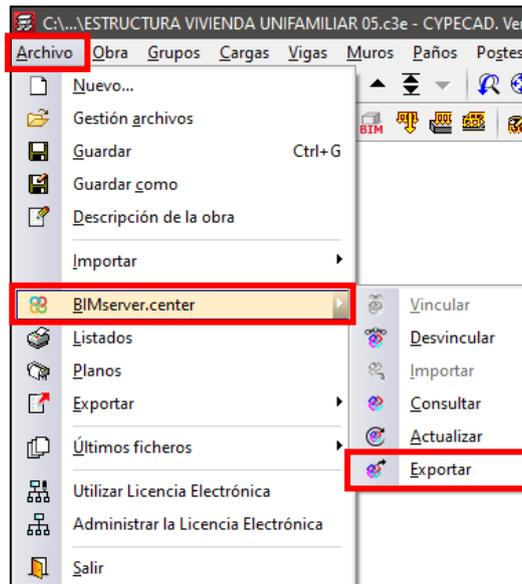


Imagen 4.1.8_01. Recorte de pantalla, Calcular, Archivo, BIMserver.center, Exportar

Se abre la ventana “Fichero para exportación en formato IFC”, hay que asegurarse que el nombre del fichero que introducimos coincide con el nombre que le dimos la primera vez que exportamos el archivo, hacemos clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ver Imagen 4.1.8_02.

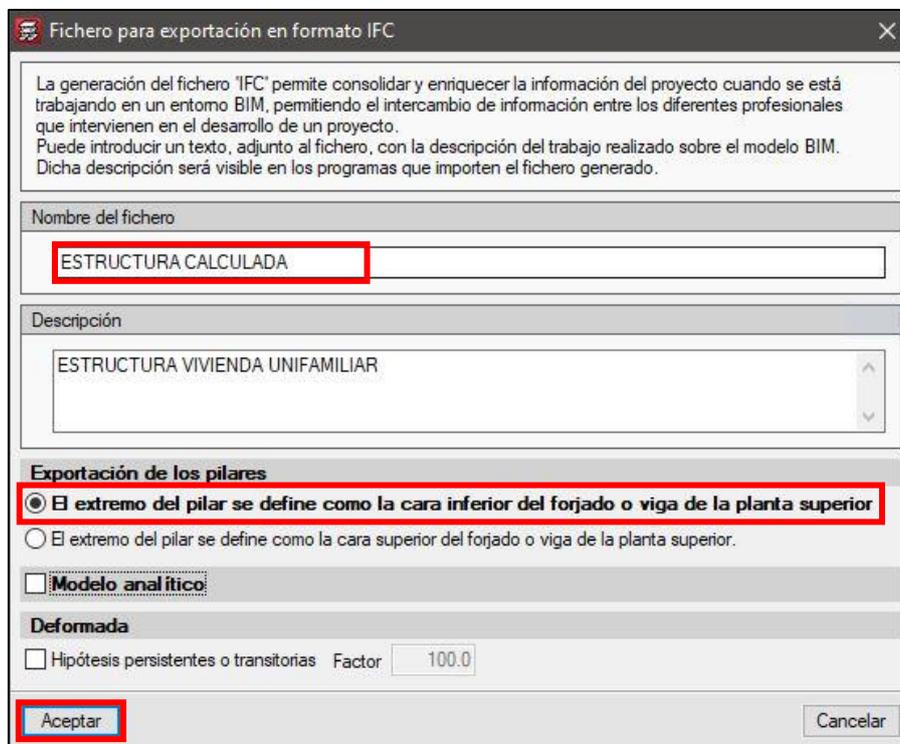


Imagen 4.1.8_02. Recorte de pantalla, Fichero para exportación en formato IFC

Si el nombre coincide nos preguntara si deseamos sobrescribir el archivo, hacemos clic izquierdo en “Sí”, ver **Imagen 4.1.8_13**.

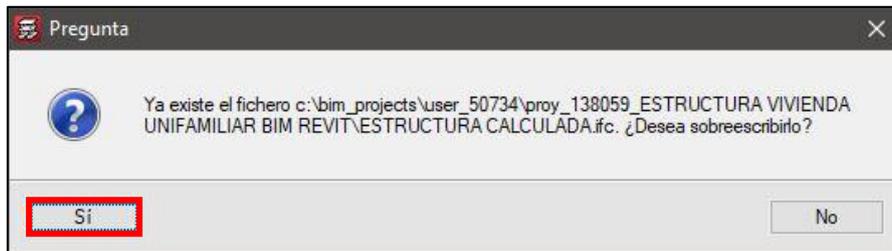


Imagen 4.1.8_13. Recorte de pantalla, Pregunta

Cuando finalice el proceso si se ha realizado correctamente aparecerá la ventana “Información”, hacemos clic en “Aceptar” para continuar, ver **Imagen 4.1.8_03**.

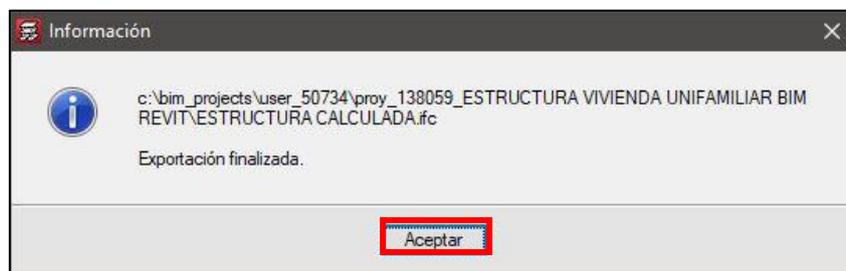


Imagen 4.1.8_03. Recorte de pantalla, Información

Cuando hayamos exportado el archivo abrimos el modelo BIM en Revit, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Complementos” en la cinta de opciones superior, clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Consultar estado del proyecto”, ver **Imagen 4.1.8_04**.

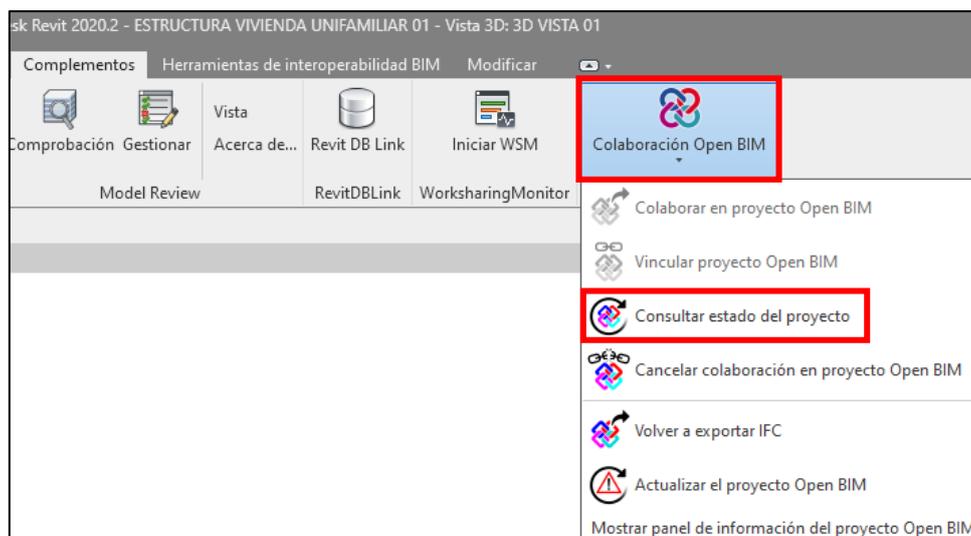


Imagen 4.1.8_04. Recorte de pantalla, Colaboración Open BIM, Consultar estado del proyecto

Se abre la ventana "Actualizar el proyecto Open BIM", debe de estar marcado el archivo de la estructura que está en el modelo, podemos observar que en la columna "Cambios" nos indica "Con cambios" porque lo hemos modificado en Cypecad, hacemos clic izquierdo en "Aceptar", el programa comenzara el proceso de carga y el archivo se actualizara con las modificaciones de la estructura, ver **Imagen 4.1.8_14**.

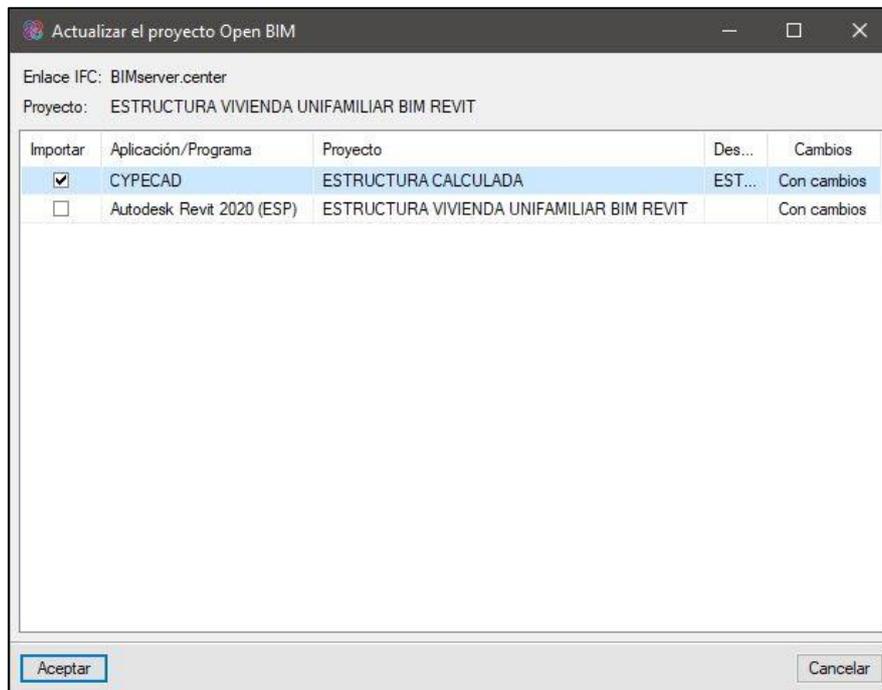


Imagen 4.1.8_14. Recorte de pantalla, Actualizar el proyecto Open BIM

4.1.9. LIMITACIONES

El programa Cypecad cuando importa los datos del archivo IFC 4 que se guarda en “BIM server center” obtiene la siguiente información:

- Generación automática de las plantas en base a los niveles creados en el archivo BIM.
- Generación automática de pilares de hormigón armado totalmente editables.
- Generación del contorno de las cubiertas y los forjados, para utilizarlos como plantillas.
- Generación de cargas lineales en forjados a partir de los muros y particiones.

El programa Cypecad no reconoce los siguientes elementos estructurales generados en el programa Revit:

- Los pilares metálicos los reconoce como un contorno en planta, pero no se pueden editar.
- Los pilares inclinados de hormigón los reconoce como si se tratara de pilares verticales, ya que Cypecad no puede calcular pilares inclinados.
- Las vigas modeladas en Revit, con independencia del material.
- Los muros modelados en Revit, aunque se designen como muro estructural.
- Los elementos de cimentación, modelados en Revit: Losas, zapatas, vigas y pilotes.
- Las escaleras modeladas en Revit.

4.1.10. CONCLUSIONES

Para el desarrollo completo de un proyecto en formato BIM, en el que el cálculo estructural se realice mediante el software de “Cypecad”, no es práctico modelar los elementos de la estructura en Revit, ya que el programa de cálculo solo reconocerá como elementos editables los pilares de hormigón. EL módulo de estructura integrado en Revit es un software de modelado y no de cálculo.

Solo es operativo modelar en Revit los elementos no estructurales del proyecto y los pilares para definir su ubicación en la planta, los elementos estructurales se definen en Cypecad y se importa el modelo a Revit para integrar la estructura en el proyecto.

5. METODOLOGÍA

5.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

Para el desarrollo de esta guía, la investigación se ha basado en el método “Prueba y error”, el cual consiste en probar el funcionamiento de algo a base de ensayos prácticos buscando diferentes soluciones. Este método permite testar el funcionamiento de los diferentes softwares que he utilizado en esta investigación, en base al caso de estudio de la misma.

El caso de estudio utilizados utilizado para el desarrollo de esta investigación es una estructura de hormigón armado de una vivienda unifamiliar. A partir de este modelo se pretende establecer las directrices básicas para el desarrollo de un proyecto de estructura convencional de hormigón armado y su integración en un modelo BIM, quedando el resultado plasmado en una guía de interoperabilidad entre los programas.

5.2. ESTUDIO

Para el desarrollo del caso de estudio el método de trabajo seguirá los pasos siguientes:

- 1º. Estudio bibliográfico.
- 2º. Definición del caso de estudio.
- 3º. Materiales, acciones y predimensionado de la estructura según normativa vigente.
- 4º. Modelado en formato BIM.
- 5º. Exportación de datos al programa de cálculo.
- 6º. Cálculo de la estructura con programa de cálculo específico.
- 7º. Importación de datos en el archivo BIM.
- 8º. Análisis de resultados.

5.3. CONCLUSIONES

Esta investigación basada en el método “Prueba y error” ha permitido el desarrollo de un método específico para el diseño y el cálculo de una estructura de hormigón armado de una vivienda unifamiliar en formato BIM en “Revit 2020” calculada con “Cypecad 2020d”, empleando el plugin “OpenBIM para Revit”, la metodología de trabajo que he aplicado probablemente no es el único sistema para realizar de forma efectiva el desarrollo de este trabajo, pero desde mi punto de vista es la más óptima teniendo en cuenta las capacidades del software actual, esto es algo que evoluciona rápidamente por lo que el proceso que presento en este documento puede variar en un futuro.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones principales a las que he llegado tras el desarrollo de esta investigación son:

- El módulo de estructura integrado en Revit es un software de modelado que no permite el cálculo.
- El plugin open BIM permite actualizar las modificaciones que se realizan a posteriori en ambos programas, permitiendo el intercambio de datos bidireccional entre ambos programas.
- Para un modelo BIM en el que el cálculo estructural se realiza con Cypecad, solo es operativo modelar en Revit:
 - Los niveles.
 - Los elementos constructivos de acabado.
 - Los pilares.

Finalmente, el objetivo de este trabajo se ha cumplido de forma satisfactoria, así como los objetivos secundarios derivados del mismo.

7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Hay que tener en cuenta que dado las múltiples tipologías estructurales que existen y los diferentes softwares que hay en el mercado para el desarrollo de proyectos BIM y el cálculo de estructuras, esta investigación se centra en una tipología de estructura y en el uso de los programas “Autodesk Revit 2020” y “Cypecad 2020d”, por lo que las futuras investigaciones relacionadas podrían ser:

- Cálculo y diseño de estructuras BIM en Revit con “SAP2000”.
- Cálculo y diseño de estructuras BIM en Revit con “Autodesk Robot Structural Analysis”.
- Cálculo y diseño de estructuras BIM en Revit con “Tricalc”.
- Cálculo y diseño de otras tipologías estructurales en BIM.

Aunque en el mercado existen otros softwares BIM, actualmente el uso de Revit está más extendido por lo que considero que las futuras investigaciones, deben de estar relacionadas con este software y otros softwares de cálculo de estructuras.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

LIBROS:

- Antonio Manuel reyes, 2014. CYPECAD 2014. **Cálculo de estructuras de hormigón.**
- Mallqui Saravia, Badin Heisen, 2017. **Revit Structure.**

NORMATIVA:

- **CTE DB SE-AE:** Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (abril 2009).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-AE.pdf>
- **CTE DB SE-C:** Documento Básico Seguridad Estructural cimientos (20 diciembre 2019).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf>
- **CTE DB SI:** Documento Básico Seguridad en caso de incendio (20 diciembre 2019).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf>
- **EHE-08:** Instrucción de Hormigón Estructural (2011).
URL: <http://www.ponderosa.es/docs/Norma-EHE-08.pdf>
- **NCSE-02:** Norma de construcción Sismorresistente. Parte general y edificación (2009).
URL: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf

8.2. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

DOCUMENTOS PDF:

- **Guía de interoperabilidad CYPE-REVIT:** <https://blog.bimserver.center/es/nueva-guia-de-interoperabilidad-cype-revit/>

8.3. FUENTES DE LAS IMÁGENES

- **Imagen 2.2.1_01:** <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51nO5wve7DL.jpg>
- **Imagen 2.2.1_02:** <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71Fh49JhRkL.jpg>
- **Imagen 2.2.2_01:** <https://blog.bimserver.center/es/nueva-guia-de-interoperabilidad-cype-revit/>

- Imagen 3.2_01: <https://seystic.com/wp-content/uploads/2018/03/infografia-historia-bim-seys-768x1650.jpg>
- Imagen 3.3_01: https://www.mecanoo.nl/Portals/_default/Mecanoo/PRProjects/100/20180110-165952.jpg
- Imagen 3.3_02: https://pinearq.es/storage/app/uploads/public/5aa/a50/c25/thumb_311_1170_654_0_0_crop.jpg
- Imagen 3.3_03: https://www.cruzyortiz.com/wp-content/uploads/2019/03/Estadio-futbol-Wanda-Metropolitano-Madrid-Espa%C3%B1a-Europa_Dise%C3%B1o-exterior_Cruz-y-Ortiz_FCC_04-X.jpg
- Imagen 4.1.1_01: Elaboración propia
- Imagen 4.1.1_02: Elaboración propia
- Imagen 4.1.1_03: Elaboración propia
- Imagen 4.1.1_04: Elaboración propia
- Imagen 4.1.1_05: Elaboración propia
- Imagen 4.1.1_06: Elaboración propia
- Imagen 4.1.2_01: Elaboración propia
- Imagen 4.1.2_02: EHE-08, Instrucción de Hormigón Estructural (2011), página 117
- Imagen 4.1.2_03: EHE-08, Instrucción de Hormigón Estructural (2011), página 147
- Imagen 4.1.2_04: CTE DB-SI, Seguridad en caso de incendio (20 diciembre 2019), página 62
- Imagen 4.1.2_05: CTE DB-SI, Seguridad en caso de incendio, Anejo C (20 diciembre 2019), página 89
- Imagen 4.1.3_01: CTE DB-SE-AE, Acciones en la edificación, Anejo C (abril 2009), página 20
- Imagen 4.1.3_02: CTE DB-SE-AE, Acciones en la edificación (abril 2009), página 5
- Imagen 4.1.3_03: CTE DB-SE-AE, Acciones en la edificación, Anejo E (abril 2009), página 42
- Imagen 4.1.3_04: CTE DB-SE-AE, Acciones en la edificación, Anejo E (abril 2009), página 42
- Imagen 4.1.3_05: CTE DB-SE-AE, Acciones en la edificación, Anejo D (abril 2009), página 23
- Imagen 4.1.3_06: CTE DB-SE-AE, Acciones en la edificación (abril 2009), página 8
- Imagen 4.1.3_07: Informe Geotécnico caso de estudio, página 26
- Imagen 4.1.3_08: NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente (2009), página 15
- Imagen 4.1.3_09: NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente (2009), página 29
- Imagen 4.1.3_10: CTE DB-SE-C, Cimientos, Anejo D (20 diciembre 2019), página 124
- Imagen 4.1.5_01: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_02: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_03: Recorte de pantalla

- Imagen 4.1.5_04: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_05: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_06: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_07: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_08: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_09: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_10: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_11: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_12: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_13: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_14: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_15: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.5_16: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_01: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_02: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_03: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_04: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_05: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_06: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_07: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_08: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_09: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_10: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_11: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_12: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_13: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_14: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_15: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_16: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_17: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_18: Recorte de pantalla
- Imagen 4.1.6_19: Recorte de pantalla

- **Imagen 4.1.6_20:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.6_21:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.6_22:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_01:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_02:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_03:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_04:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_05:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_06:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_07:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_08:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_09:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_10:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_11:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_12:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_13:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_14:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_15:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_16:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_17:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_18:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_19:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_20:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_21:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_22:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_23:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_24:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_25:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_26:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_27:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_28:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_29:** Recorte de pantalla

- **Imagen 4.1.7_30:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_31:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_32:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_33:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_34:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_35:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_36:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_37:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_38:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_39:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_40:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_41:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_42:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_43:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_44:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_45:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_46:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_47:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_48:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.7_49:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_01:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_02:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_03:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_04:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_05:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_06:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_07:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_08:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_09:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_10:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_11:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_12:** Recorte de pantalla

- **Imagen 4.1.8_13:** Recorte de pantalla
- **Imagen 4.1.8_14:** Recorte de pantalla

9. ANEXOS. MANUAL

El manual de elaboración propia que se muestra a continuación es el resultado de la investigación llevada a cabo en este Trabajo de Fin de Grado.

MANUAL CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO CON REVIT Y CYPECAD

ESTRUCTURA DE HORMIGÓN DE VIVIENDA
UNIFAMILIAR



LUIS GONZAGA LÓPEZ-OBREGÓN COBO

2020, JUNIO

CONSIDERACIONES PREVIAS

1.- AMBITO DE APLICACIÓN

Proyectos en formato BIM realizados con “Autodesk Revit 2020” o superior con estructura de hormigón armado calculada con “Cypecad 2020d” o superior.

2.- ¿A QUIÉN VA DIRIJIDO ESTE MANUAL?

Estudiantes y profesionales de arquitectura e ingeniería.

3.- INFORMACIÓN PREVIA

- ARQUITECTÓNICA: Definición a nivel de proyecto básico en BIM.
- ESTRUCTURAL: Características de la estructura: materiales, acciones, normativa de aplicación, estudio geotécnico.

4.- SOFTWARES REQUERIDOS

- Autodesk Revit 2020 o superior.
- Cypecad 2020d o superior.
- Plugin OpenBIM.

5.- CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Nivel básico Autodesk Revit 2020.
- Nivel básico Cypecad 2020d.

ÍNDICE

1. OBJETIVO Y DATOS PREVIOS	1
1.1. OBJETIVO	1
1.2. EL MARCO NORMATIVO	1
1.3. EL MODELO DE ANÁLISIS	2
1.4. PLANIMETRÍA.....	3
1.4. MATERIALES ESTRUCTURALES.....	7
1.5. ACCIONES EN LA ESTRUCTURA.....	7
1.6. PREDIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	8
2. MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN “AUTODESK REVIT 2020”	9
2.1. CONSIDERACIONES INICIALES.....	9
2.2. CREACIÓN DEL ARCHIVO RVT	11
2.3. CREACIÓN DE NIVELES Y REJILLAS	13
3. EXPORTACIÓN DE DATOS A “CYPECAD 2020d”	21
3.1. INSTALACIÓN COMPLEMENTO OPEN BIM PARA REVIT.....	21
3.2. INICIAR COLABORACIÓN OPEN BIM	22
3.3. INICIAR PROYECTO EN CYPECAD MEDIANTE LA IMPORTACIÓN DE UN MODELO BIM.....	25
4. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA EN “CYPECAD 2020d”	32
4.1. EDICIÓN DE PILARES	32
4.2. INTRODUCCIÓN DE MURO.....	33
4.3. INTRODUCCIÓN DE VIGAS	35
4.4. INTRODUCCIÓN DE FORJADOS	38
4.5. INTRODUCCIÓN DE LOSA DE CIMENTACIÓN	40
4.6. INTRODUCCIÓN DE LOSA DE ESCALERA	43
4.7. COMPROBAR GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA	47
4.8. INTRODUCCIÓN DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA	48
5. INTEROPERABILIDAD CON EL MODELO BIM	59
5.1. GENERAR IFC CON BIMSERVER.CENTER DESDE CYPECAD.....	59
5.2. IMPORTAR IFC DE LA ESTRUCTURA EN REVIT.....	61
5.3. ACTUALIZAR MODIFICACIONES DEL MODELO BIM DE REVIT EN CYPECAD	63
5.4. ACTUALIZAR MODIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA DE CYPECAD EN REVIT	65

1. OBJETIVO Y DATOS PREVIOS

1.1. OBJETIVO

Este manual establece las directrices básicas para la elaboración de un proyecto de estructura de hormigón armado en “Autodesk Revit 2020” y su cálculo con el programa “Cypecad 2020d”, permitiendo la transmisión de datos de forma bidireccional entre los programas.

1.2. EL MARCO NORMATIVO

Para el cálculo y diseño de una estructura debemos de cumplir una serie de normas, las normas que cito a continuación son válidas para el territorio español y hasta la fecha están vigentes, la normativa de aplicación se aplicara en relación al tipo de proyecto y a su ubicación:

- **CTE DB SE-AE:** Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (abril 2009).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-AE.pdf>
- **CTE DB SE-C:** Documento Básico Seguridad Estructural cimientos (20 diciembre 2019).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf>
- **CTE DB SI:** Documento Básico Seguridad en caso de incendio (20 diciembre 2019).
URL: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf>
- **EHE-08:** Instrucción de Hormigón Estructural (2011).
URL: <http://www.ponderosa.es/docs/Norma-EHE-08.pdf>
- **NCSE-02:** Norma de construcción Sismorresistente. Parte general y edificación (2009).
URL: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf

1.3. EL MODELO DE ANÁLISIS

El proyecto que se va a utilizar como ejemplo es una vivienda unifamiliar entre medianeras. La estructura que vamos a desarrollar en el modelo BIM incorporará los elementos de cimentación, los elementos verticales estructurales que en este caso serán los pilares y un muro, los elementos de estructura horizontales o forjados y la escalera. A continuación, se establecen las características propias de este proyecto:

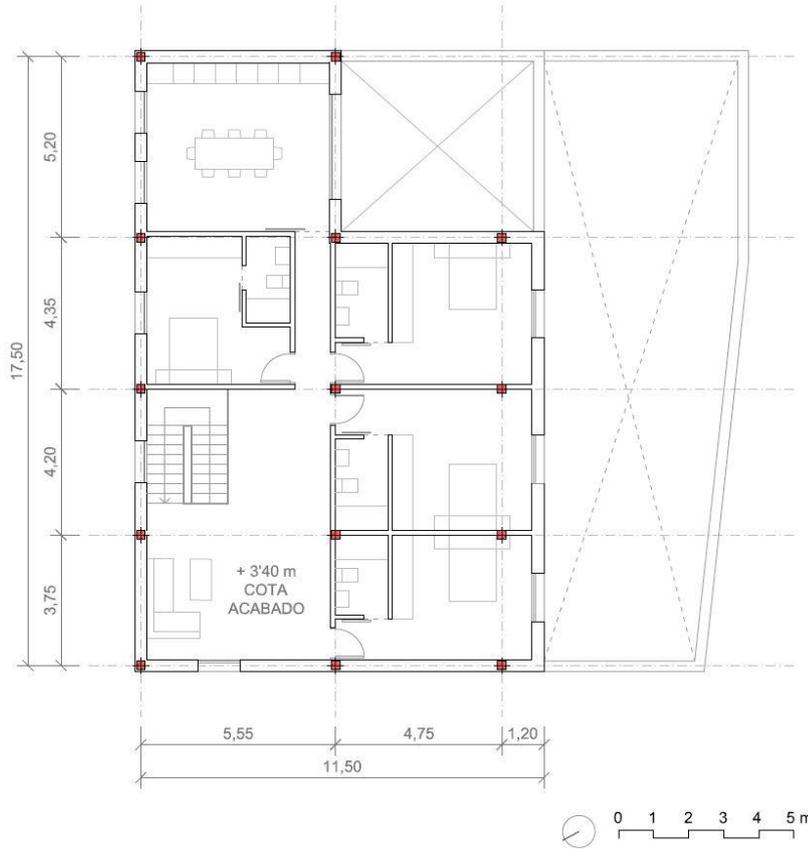
La estructura del edificio se resolverá con pilares y un muro de hormigón armado en planta baja, pilares de hormigón armado en planta primera y forjados bidireccionales de losa de hormigón armado, aunque la luz mayor es de 5'55 metros, la solución para los forjados será la losa, ya que actualmente para cumplir con los requisitos en materia de seguridad laboral, cuando se ejecuta un forjado es necesario construir una plataforma continua sobre puntales, para trabajar de forma segura, por lo que es factible la ejecución de un forjado bidireccional, en lugar de un forjado unidireccional tradicional. El muro visto de hormigón que se ubica en planta baja responde a una petición expresa del promotor, ya que lo incorpora como elemento separador del salón principal y el comedor, buscando resaltar los valores estéticos del material, en cualquier caso, también mejorará el comportamiento de la estructura frente a las acciones horizontales.

La estructura de la zanca de la escalera será de hormigón armado. La escalera será de ida y vuelta, arrancará desde la losa de cimentación y desembarcará en el forjado de planta primera.

La cimentación será por losa de hormigón armado, ya que según el estudio geotécnico es la opción más adecuada para el tipo de terreno, la cota de cimentación estará como mínimo 30 centímetros por debajo de la rasante, para eliminar el primer estrato del terreno blando, por lo que para alcanzar la cota de la planta baja de la vivienda se ejecutará una cámara sanitaria con el sistema "Cáviti".

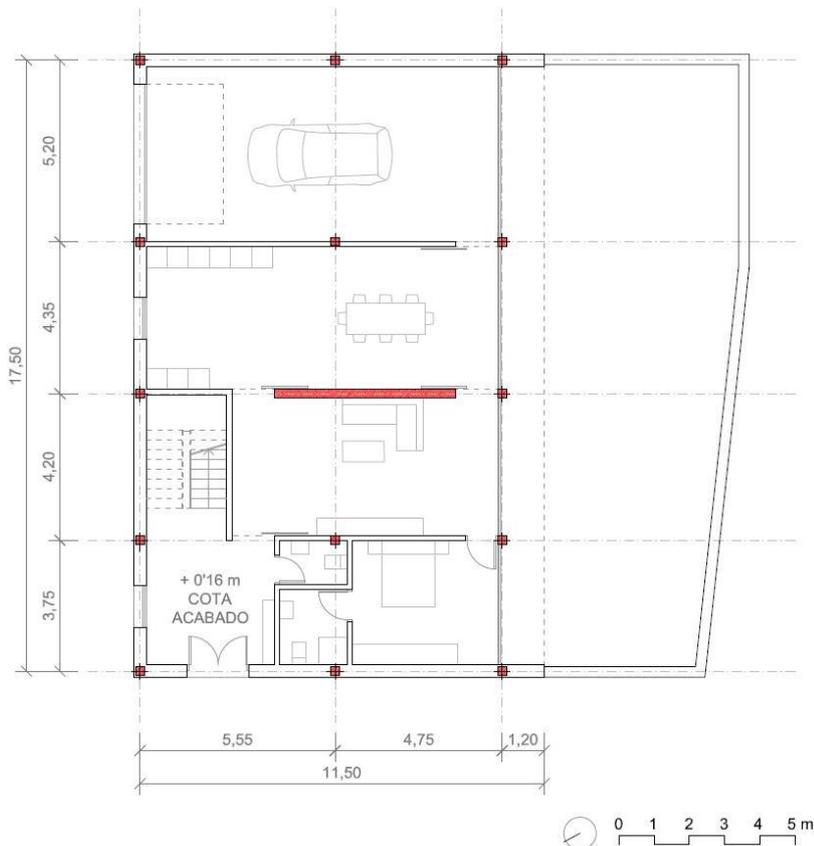
La vivienda en total dispone de 386'76 m² construidos en dos plantas: la planta baja con 208'39 m² construidos y la planta primera con 178'37 m² construidos.

1.4. PLANIMETRÍA



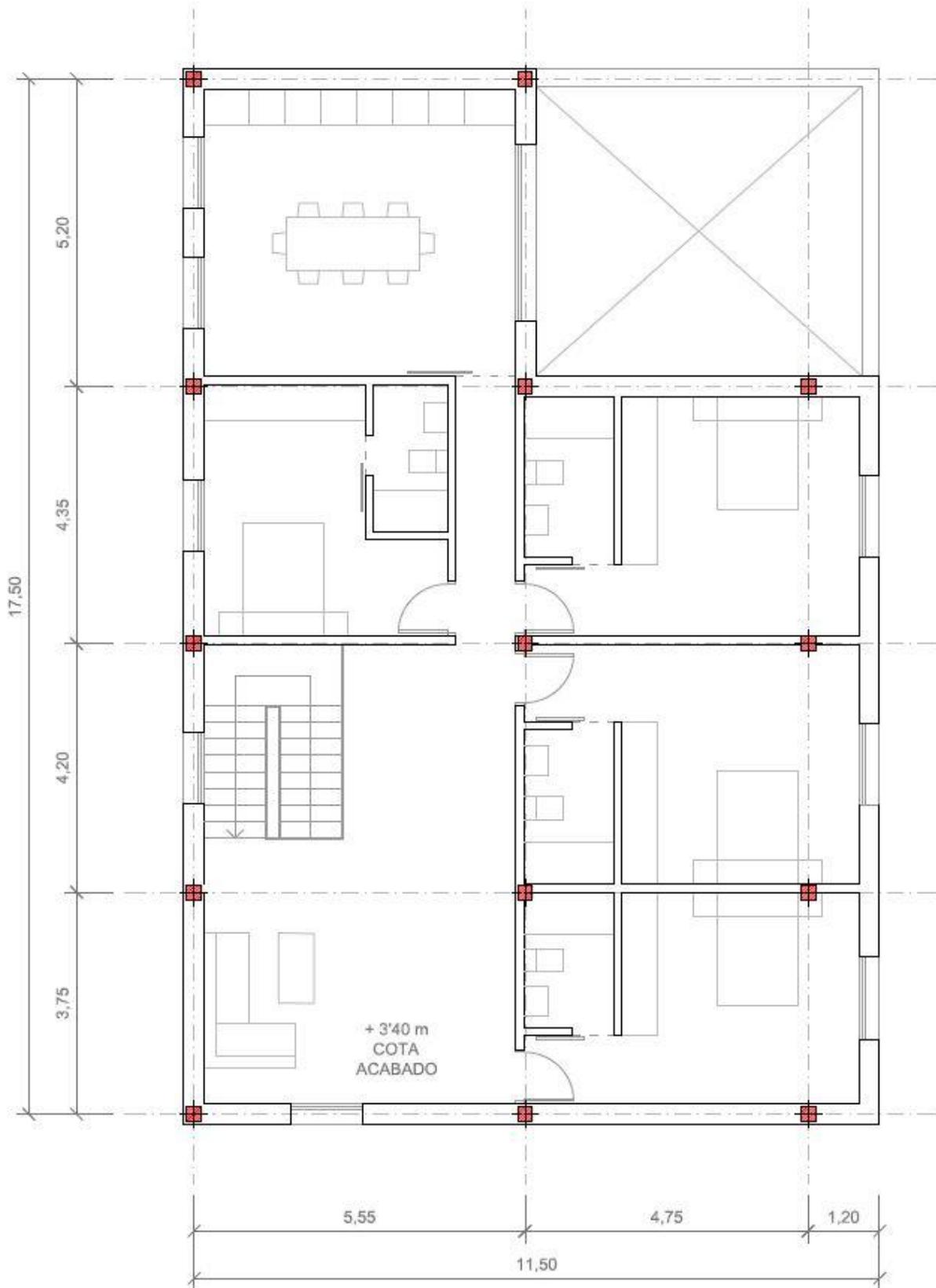
ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA PRIMERA
COTAS EN METROS
SUPERFICIE CONSTRUIDA: 178'37 m²

Imagen 1.1. Plano esquema estructura planta primera, elaboración propia



ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA BAJA
COTAS EN METROS
SUPERFICIE CONSTRUIDA: 208'39 m²

Imagen 1.2. Plano esquema estructura planta baja, elaboración propia



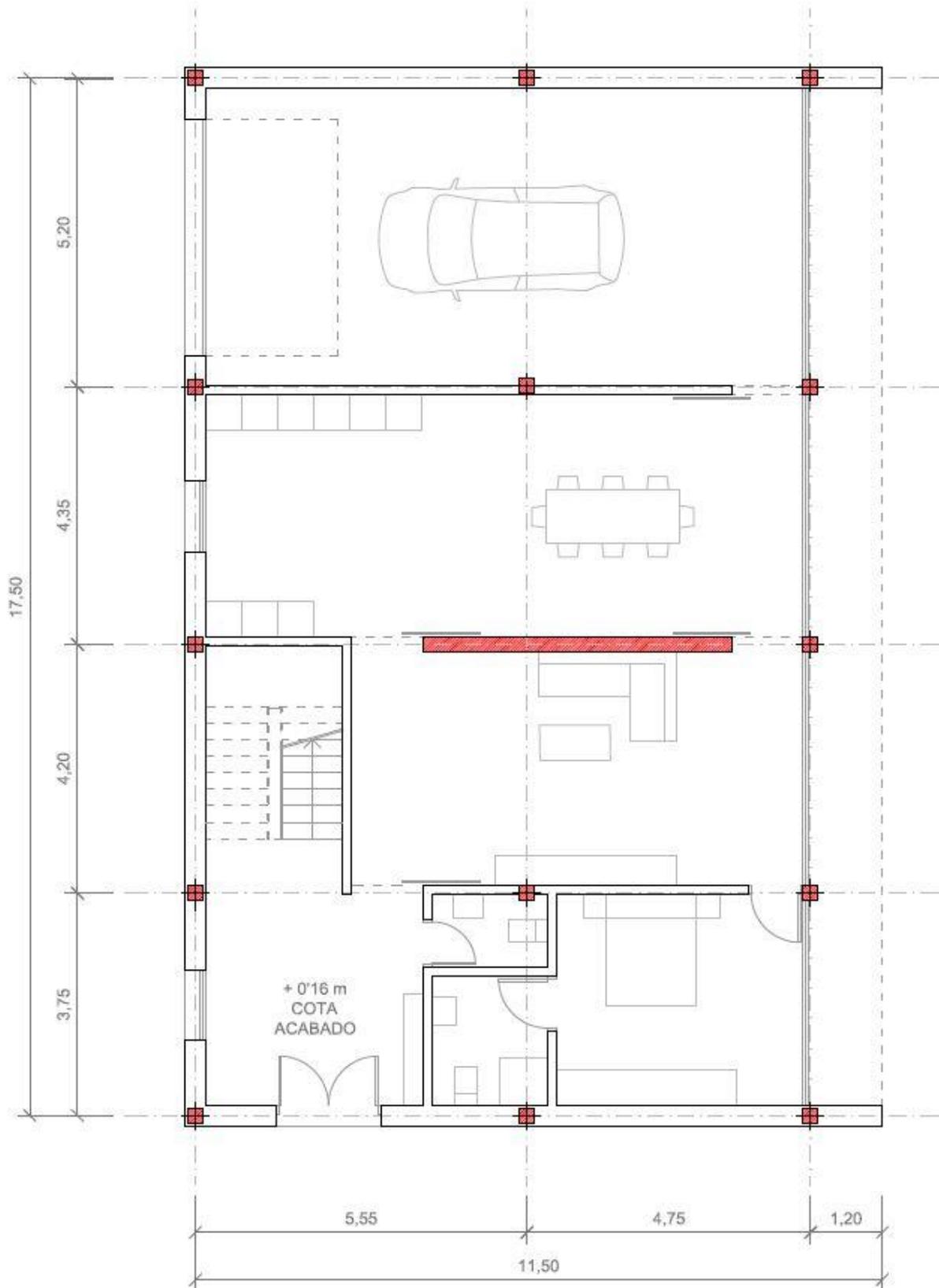
ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA PRIMERA

SUPERFICIE CONSTRUIDA: 178'37 m²

COTAS EN METROS



Imagen 1.3. Plano esquema estructura planta primera, elaboración propia



ESQUEMA ESTRUCTURA PLANTA BAJA
 SUPERFICIE CONSTRUIDA: 208'39 m² COTAS EN METROS

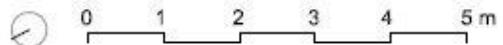


Imagen 1.4. Plano esquema estructura planta primera, elaboración propia

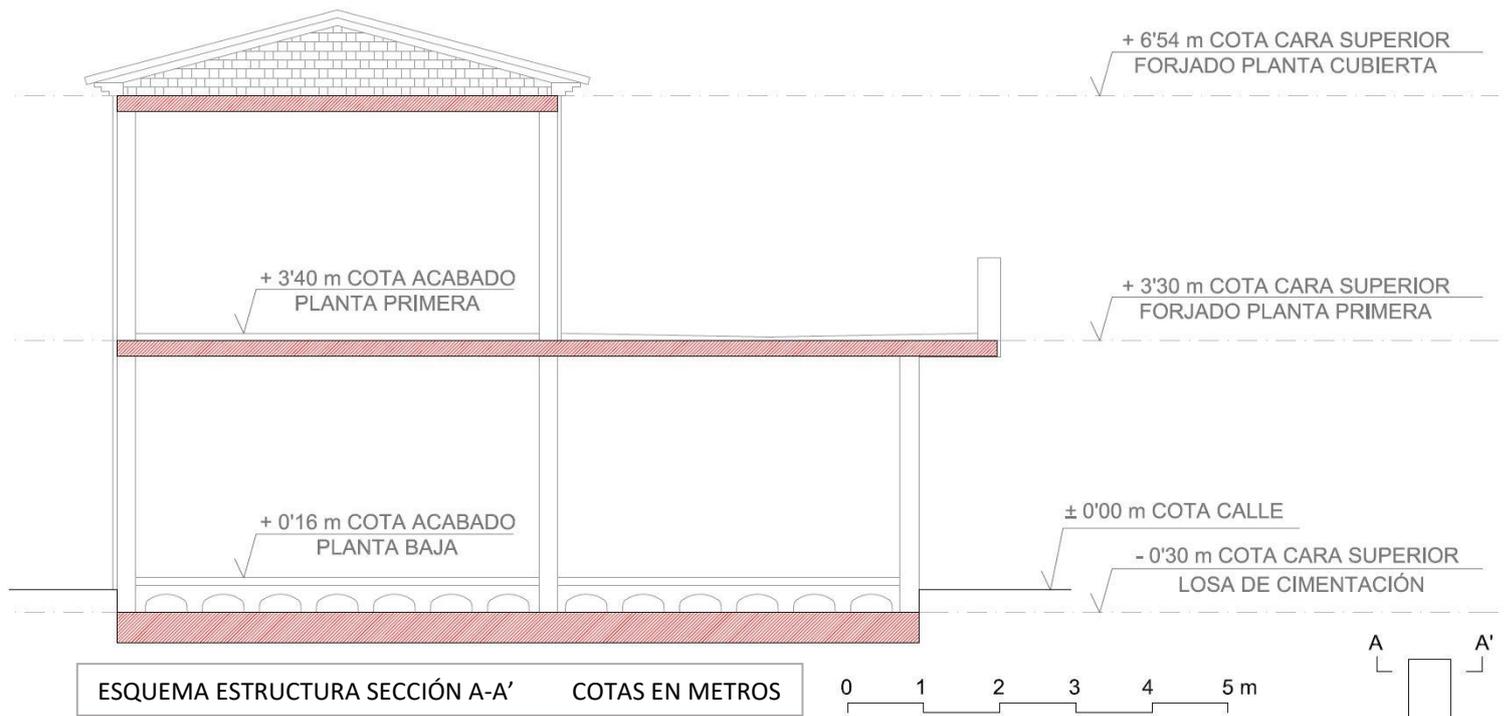


Imagen 1.5. Plano esquema estructura sección transversal A - A', elaboración propia

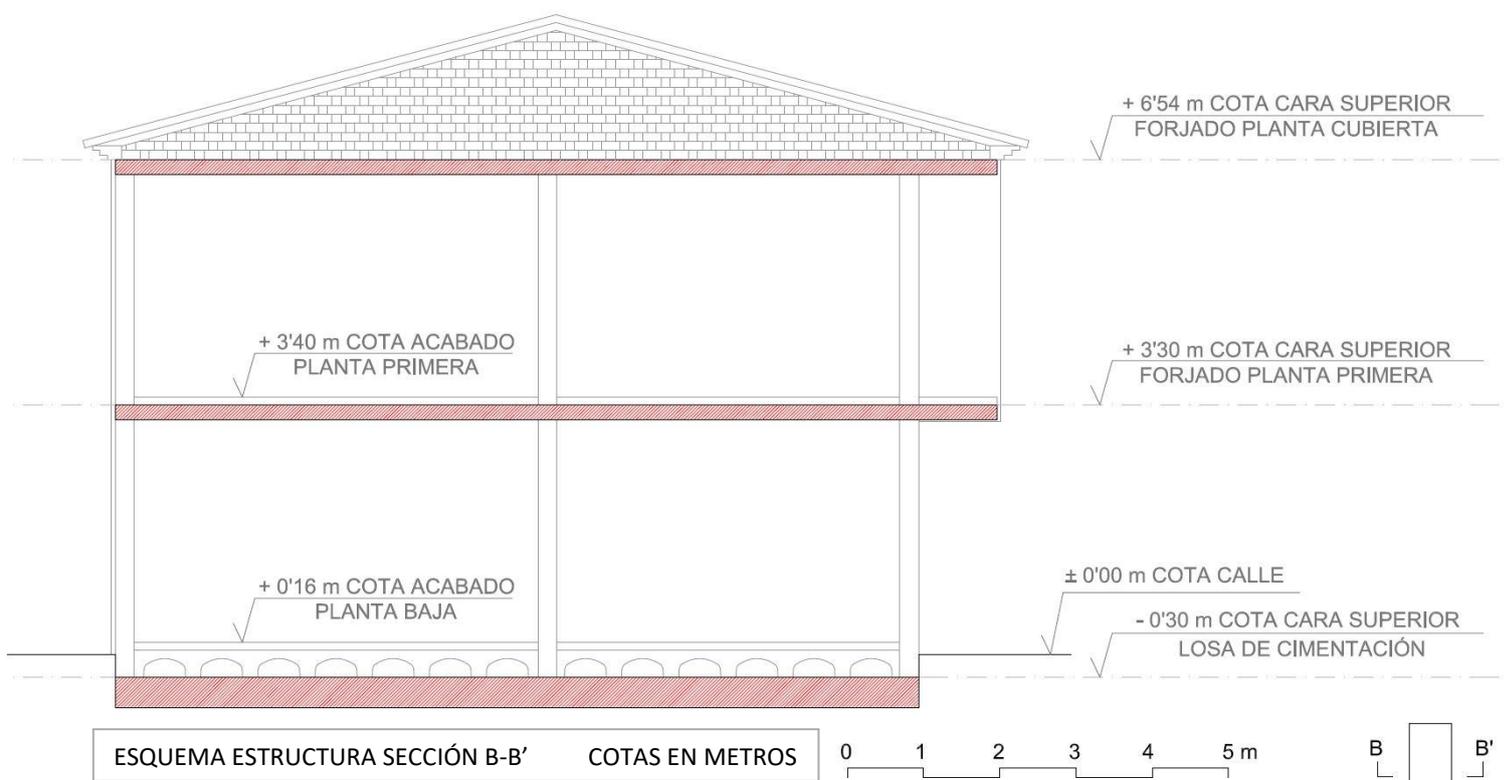


Imagen 1.6. Plano esquema estructura sección transversal B - B', elaboración propia

1.4. MATERIALES ESTRUCTURALES

Estas son las características de los materiales que va a tener la estructura del proyecto, según normativa:

- Hormigón: **HA-25/B/16/I**
- Acero corrugado: **B-400 S**
- Recubrimiento mínimo: **30 mm**

1.5. ACCIONES EN LA ESTRUCTURA

Las cargas que tiene que soportar la estructura se describen a continuación y están basadas en la normativa vigente:

CARGAS PERMANENTES:

- Carga lineal de cerramiento exterior: **7 KN/m**
- Carga superficial planta baja y primera solería con mortero de nivelación: **1 KN/m²**
- Carga superficial escalera peldaño incluido: **1'5 KN/m²**
- Carga superficial cubierta plana terraza planta primera: **2'5 KN/m²**
- Carga superficial cubierta faldones de teja sobre tabiques palomeros: **3 KN/m²**
- Carga superficial tabiquería planta baja y primera: **1 KN/m²**
- Carga superficial cámara ventilada sistema "Cáviti" tipo "C-30": **3 KN/m²**

SOBRECARGAS DE USO:

- Sobrecarga de uso vivienda unifamiliar planta baja, planta primera y escalera: **2 KN/m²**
- Sobrecarga de uso cubierta de teja con inclinación inferior a 20°: **1 KN/m²**
- Sobrecarga lineal en voladizo de terraza: **2 KN/m**

SOBRECARGA DE NIEVE:

- Sobrecarga de nieve en terraza y cubierta: **1 KN/m²**

DATOS PARA INTRODUCIR LAS CARGAS DE VIENTO:

- Zona: **A**
- Grado de aspereza del entorno: **IV**
- Ancho de banda X: **11'5 metros**
- Ancho de banda Y: **17'5 metros**

DATOS PARA INTRODUCIR CARGAS SÍSMICAS:

- Aceleración básica: **a_b = 0'06 g**

- Coeficiente de contribución: **$K = 1$**
- Terreno: Tipo III
- Aceleración sísmica de cálculo: **$a_c = 0'0768 g$**
- Coeficiente de comportamiento por ductilidad: **$\mu = 2$** (Ductilidad baja)

COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL:

- Coeficiente de balasto para la losa: **$K_{sBL} = 2'07 MN/m^3$**

TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO:

- En situaciones persistentes: **$0'195 MPa$**
- En situaciones sísmicas y accidentales: **$0'292 MPa$**

1.6. PREDIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

Los elementos estructurales se han dimensionado según normativa vigente:

- Pilares: **25 x 25 cm**
- Muro: **25 cm**
- Forjados: **20 cm**
- Losa de escalera: **20 cm**
- Losa de cimentación: **40 cm**

2. MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN “AUTODESK REVIT 2020”

2.1. CONSIDERACIONES INICIALES

En la importación de datos ya sea utilizando un fichero IFC 4 o el plugin Open BIM de Cypecad para Revit, Cypecad 2020d importa los niveles (IfcBuildingStory) y los pilares (IfcColumn) rectangulares y circulares de hormigón, pero no los metálicos. Reconoce los perímetros de los suelos (IfcSlab) o cubierta (IfcRoof), generando una plantilla de líneas de los mismos para utilizarla como referencia para colocar las vigas y generar los paños de los forjados en Cypecad. Puede interpretar los muros (IfcWall) como cargas lineales. No lee las vigas, las losas y las escaleras.

El plugin Open BIM de Cypecad que está integrado en la cinta de opciones de Revit una vez que se ha instalado, facilita la transmisión de datos entre Revit y Cypecad utilizando un fichero IFC 4, el cual se guarda en un servidor de archivos en la nube, permitiendo un flujo de trabajo colaborativo entre varios usuarios que participan en el proyecto.

Teniendo en cuenta que Cypecad 2020d solo reconoce los pilares de hormigón y el perímetro de los suelos, cuando estamos desarrollando un proyecto en Revit, en el cual vamos a calcular la estructura con Cypecad y a verificar que la estructura calculada se integra en el modelo, lo recomendable desde mi punto de vista sería en primer lugar definir los niveles de acabado de la estructura y de acabado de la solería de tal forma que en el modelo BIM podemos modelar exclusivamente las capas de suelo que están por encima de la cota de acabado de la estructura para que el perímetro nos sirva como plantilla en Cypecad y a la vez quede por encima de la estructura una vez que la integremos dentro del modelo BIM. Una vez que se han modelado las particiones interiores y los cerramientos exteriores, se puede plantear la ubicación de los elementos portantes de la estructura, puesto que Cypecad solo reconoce los pilares de hormigón, utilizaremos una familia de pilares de hormigón de Revit para que Cypecad nos permita editarlos. En el caso de que haya muros de hormigón estructurales en el proyecto, lo más recomendable es crearlos directamente en Cypecad, ya que, si los creamos en Revit, el programa de cálculo solo los reconocerá como cargas lineales. Las escaleras que se hayan creado en Revit no las reconoce el programa por lo que para incluirlas en el cálculo hay que modelarlas en Cypecad.

Es muy importante tener en cuenta que el programa Cypecad cuando importa los datos del archivo IFC 4 que se guarda en "BIM server center" obtiene la siguiente información:

- Generación automática de las plantas en base a los niveles creados en el archivo BIM.
- Generación automática de pilares de hormigón armado totalmente editables.
- Generación del contorno de las cubiertas y los forjados, para utilizarlos como plantillas.
- Generación de cargas lineales en forjados a partir de los muros y particiones.

El programa Cypecad no reconoce los siguientes elementos estructurales generados en el programa Revit:

- Los pilares metálicos los reconoce como un contorno en planta, pero no se pueden editar.
- Los pilares inclinados de hormigón los reconoce como si se tratara de pilares verticales, ya que Cypecad no puede calcular pilares inclinados.
- Las vigas modeladas en Revit, con independencia del material.
- Los muros modelados en Revit, aunque se designen como muro estructural.
- Los elementos de cimentación, modelados en Revit: Losas, zapatas, vigas y pilotes.
- Las escaleras modeladas en Revit.

2.2. CREACIÓN DEL ARCHIVO RVT

Una vez que hemos abierto el programa en la parte superior izquierda del menú inicio, en el apartado de modelos, hacemos clic izquierdo en “Nuevo...”, para crear un proyecto nuevo. Ver **Imagen 2.1**.



Imagen 2.1. Recorte de pantalla menú inicio Revit 2020

En la ventana que se abre tenemos un desplegable en el apartado “Archivo de plantilla”, en el cuál seleccionaremos la “Plantilla arquitectónica”, ya que es la que se suele utilizar habitualmente en proyectos genéricos, la diferencia entre esta plantilla y el resto reside en las familias que vienen cargadas en el archivo por defecto, si se dispone de una plantilla personalizada recomiendo utilizarla ya que optimizaremos el trabajo. En este caso dejaremos marcada la opción por defecto en el apartado “Crear nuevo” de “Proyecto”, ya que estamos haciendo un proyecto nuevo. Clic izquierdo en aceptar para finalizar. Ver **Imagen 2.2**.

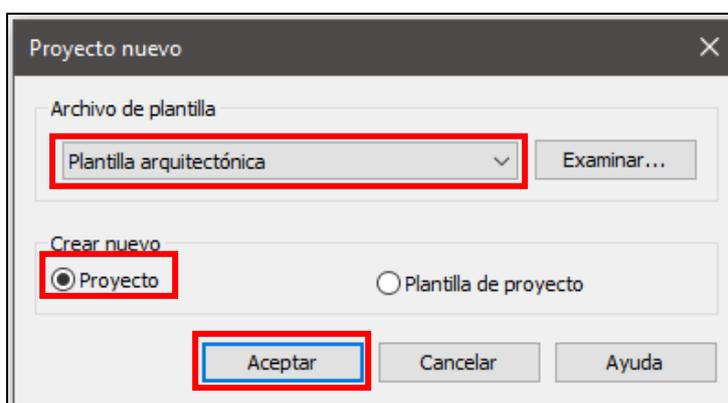


Imagen 2.2. Recorte de pantalla, crear nuevo proyecto

Conviene guardar por primera vez el archivo una vez lo hemos creado, ya que a partir de que lo guardemos una vez, el programa guardará una copia de seguridad según el intervalo de tiempo que tengamos programado, que por defecto será de 30 minutos. En la cinta de opciones del programa en la parte superior izquierda, hacemos clic izquierdo en “Archivo”, clic izquierdo en “Guardar como” y finalmente clic izquierdo en “Proyecto”. Ver **Imagen 2.3**.

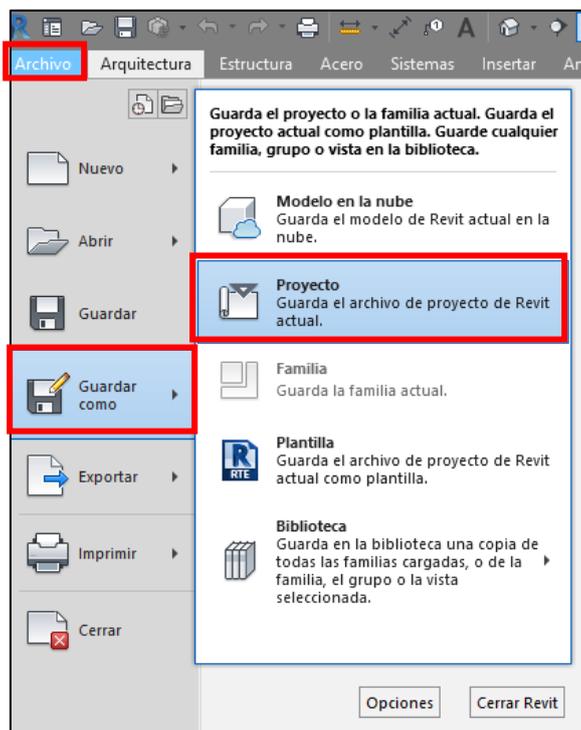


Imagen 2.4. Recorte de pantalla, guardar proyecto

Aparecerá una ventana “Guardar como”, en la que podremos elegir la carpeta en la que vamos a guardar el archivo y definir el nombre de éste, hacemos clic izquierdo en “Guardar”. A partir de este momento cada 30 minutos o el intervalo de tiempo que tengamos definido se guardara una copia de seguridad del archivo, no obstante, recomiendo guardar manualmente conforme avance el proyecto.

2.3. CREACIÓN DE NIVELES Y REJILLAS

Antes de empezar a trabajar es fundamental tener visibles las ventanas de “Propiedades” y del “Navegador de proyectos”, en el caso de que no estén abiertas o las cerremos accidentalmente, para volver a activarlas, en la cinta de opciones del programa en la parte superior, hacemos clic izquierdo en “Vista”, clic izquierdo en “Interfaz de usuario” y finalmente clic izquierdo para activar/desactivar el “Navegador de proyectos” y las “Propiedades”. Ver **Imagen 2.5**.

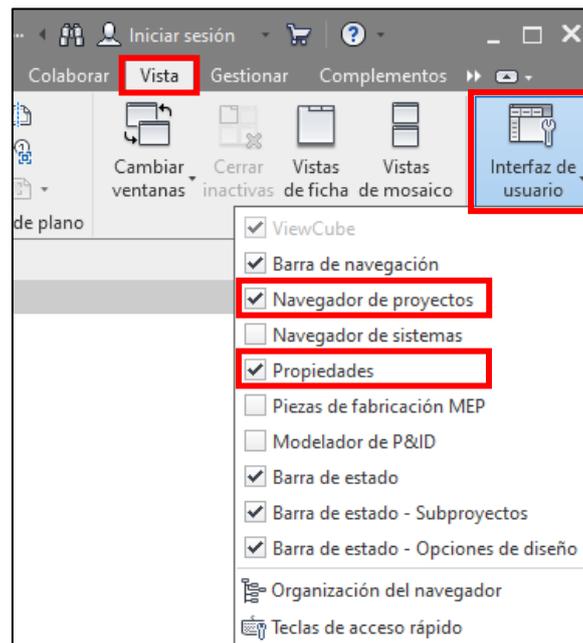


Imagen 2.5. Recorte de pantalla, Interfaz de usuario

Para crear los niveles abrimos la vista de cualquiera de los cuatro alzados desde el “Navegador de proyectos”. Es recomendable definir en cada planta dos niveles para diferenciar la cota de acabado de la estructura y la cota de acabado de la solería, de tal forma que en el modelo de Revit definiremos solo las capas entre la cota de acabado de la estructura y la de acabado de la solería. Para la cubierta solo será necesario definir un nivel de estructura ya que las cubiertas creadas en Revit se colocan por encima del nivel a partir del cual se generan. Recomiendo hacerlo así ya que Cypecad 2020d solo reconoce los perímetros de los suelos y de las cubiertas para utilizarlos como plantilla para crear los forjados, por lo que al importar los datos se importara solo el contorno de los suelos y los niveles de referencia que hayamos definido como niveles de acabado de la estructura. El objetivo es que cuando importemos la estructura calculada en Revit esta quede por debajo de las capas de solería.

Desde cualquier vista de alzado podemos crear niveles copiando alguno de los existentes o en la cinta de opciones del programa en la parte superior, hacemos clic izquierdo en “Arquitectura”, clic izquierdo en “Nivel” y lo dibujamos. Ver **Imagen 2.6**. En este caso hay que crear cinco niveles: dos por cada planta y uno para la cubierta.



Imagen 2.6. Recorte de pantalla, Nuevo nivel

Antes de continuar es necesario renombrar cada nivel e introducir las cotas de cada nivel, para ello hacemos clic izquierdo en el nivel que queremos editar para seleccionarlo y haciendo clic izquierdo en el valor de la cota o en el nombre los podremos editar, que cada usuario nombre los niveles como considere oportuno, aunque es recomendable que los nombres sean sencillos y comprensibles para cualquiera usuario que utilice el archivo.

Para organizar los niveles en el “Navegador de proyectos”, desplegamos la pestaña “Planos de planta”, seleccionamos todos los niveles, excepto el de “Planimetría general”, hacemos clic derecho y seleccionamos “Suprimir” con clic izquierdo. Una vez que tenemos la pestaña vacía vamos a crear las vistas de Planos de planta y de Planos estructurales, para tener organizadas las vistas de cada nivel. Para ello en la Cinta de opciones en la parte superior hacemos clic izquierdo en la pestaña “Vista”, clic izquierdo en “Vistas de plano y clic izquierdo en “Plano de planta”. Ver **Imagen 2.7**.

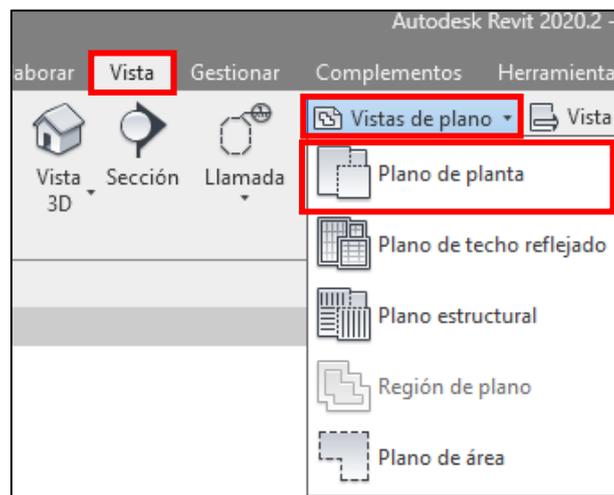


Imagen 2.7. Recorte de pantalla, Visas de plano, Plano de planta

En la ventana que se abre “Nuevo plano de planta”, seleccionaremos los niveles de acabado de la solería y haremos clic izquierdo en “Aceptar”. Ver **Imagen 2.8**.

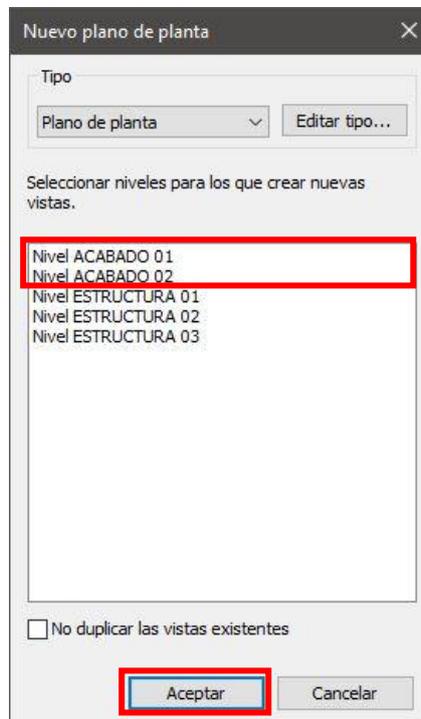


Imagen 2.8. Recorte de pantalla, Nuevo plano de planta

A continuación, en la Cinta de opciones en la parte superior hacemos clic izquierdo en la pestaña “Vista”, clic izquierdo en “Vistas de plano” y clic izquierdo en “Plano estructural”. Ver **Imagen 2.9**.

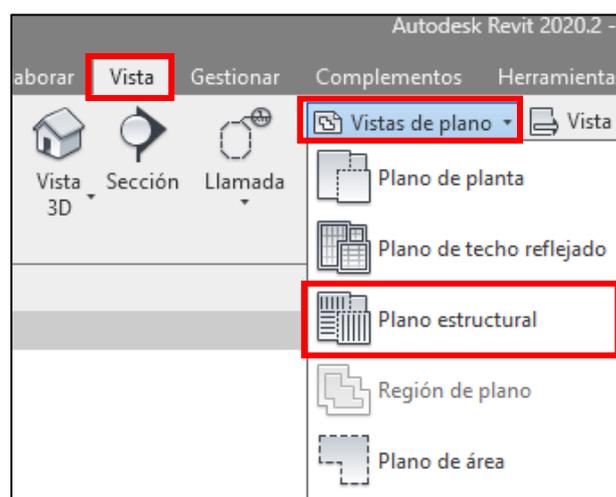


Imagen 2.9. Recorte de pantalla, Visas de plano, Plano estructural

En la ventana que se abre “Nuevo plano estructural”, seleccionaremos los niveles de acabado de la estructura y haremos clic izquierdo en “Aceptar”. Ver **Imagen 2.10**.

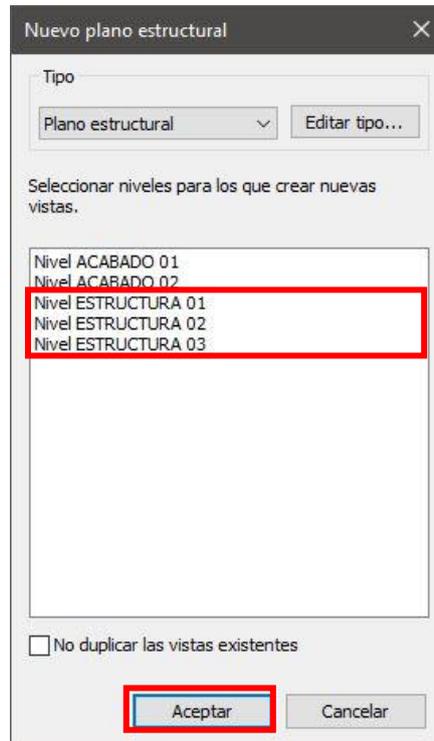


Imagen 2.10. Recorte de pantalla, Nuevo plano estructural

Una vez que hemos organizado los niveles por vistas de plano, podemos ver en el Navegador de proyectos que han quedado ordenados. Ver **Imagen 2.11**.

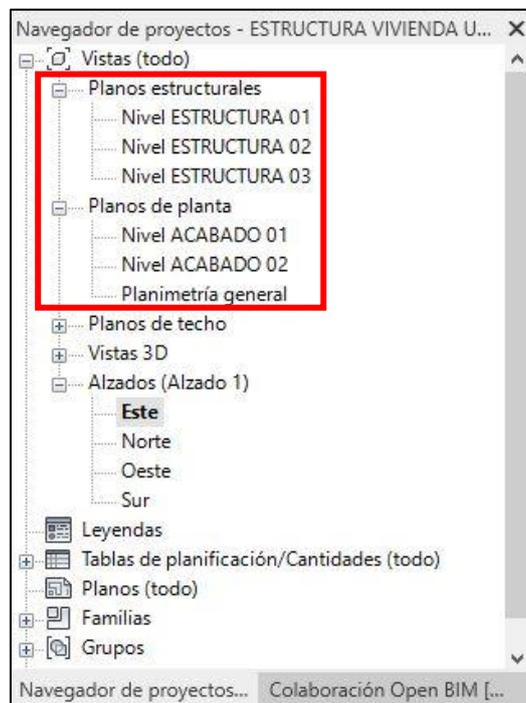


Imagen 2.11. Recorte de pantalla, Navegador de proyectos

Con objeto de que Cypecad reconozca exclusivamente los niveles que hemos nombrado como estructurales, tenemos que seleccionar los niveles que son de acabado para modificar sus propiedades. Ver **Imagen 2.12**.

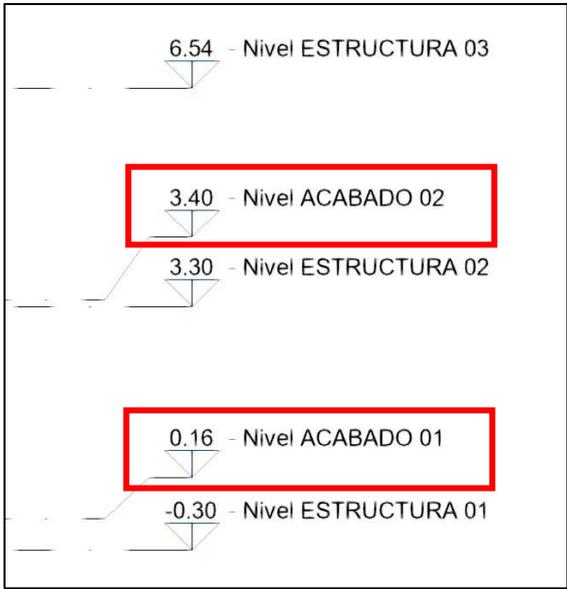


Imagen 2.12. Recorte de pantalla, Niveles

En el cuadro de “Propiedades” en el apartado “Datos de identidad” hay que desmarcar la palomilla “Planta del edificio”, para que así Cypecad no importe los niveles de acabado al proyecto de estructura. Ver **Imagen 2.13**. En el caso de los niveles de estructura verificar que dicha palomilla esta activada para que Cypecad pueda reconocer estos niveles.

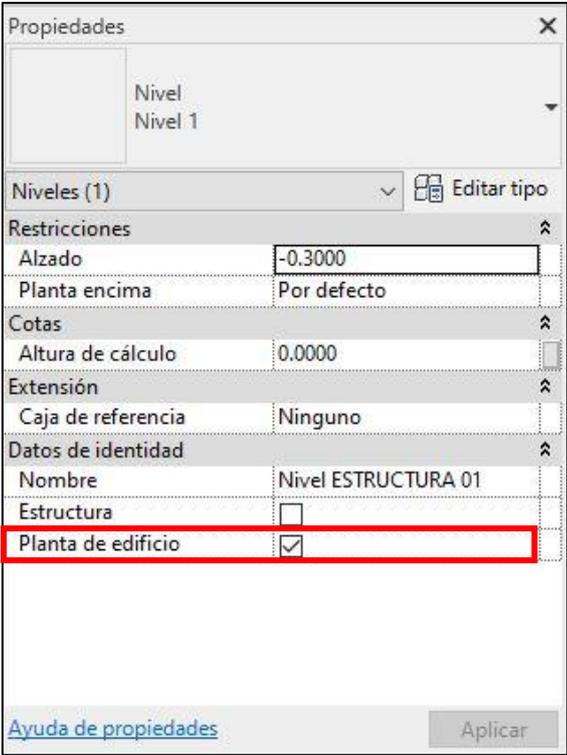


Imagen 2.13. Recorte de pantalla, Propiedades de nivel

El siguiente paso sería modelar los pilares de la estructura, para ello hay que abrir una vista de planta e introducirlos, recomiendo hacerlo desde la vista “Planimetría general”, ya que podemos visualizar el punto de reconocimiento del proyecto y modelar la estructura en relación a este, de esta forma nos aseguramos que al importarlo a Cypecad se visualizara todo correctamente.

Si los pilares están dispuestos siguiendo un patrón de retícula, es aconsejable crear una rejilla de referencia para ubicarlos, si la disposición de estos es más irregular y no responde a una geometría o alineación concreta no es necesario.

Es muy importante que los pilares arranquen en un nivel que sea estructural y acaben en un nivel que sea estructural, teniendo activada la propiedad de “Planta del edificio”, si el pilar sobresale por debajo o por encima de un nivel sin alcanzar el siguiente nivel Cypecad lo cortara desde el nivel más próximo.

Cypecad solo reconocerá pilares de hormigón con las dimensiones que asignemos en Revit, en el caso de que el pilar sea metálico, Cypecad dibujara una plantilla de la sección metálica en planta, pero no importará el pilar como una entidad que sea editable. En el caso de que haya algún pilar inclinado, lo reconocerá como si se tratara de un pilar que es vertical tomando como referencia la base de este para ubicarlo en planta.

Para introducir pilares hacemos clic izquierdo en la pestaña “Arquitectura” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Pilar” y clic izquierdo en pilar estructural. Ver **Imagen 2.14**. También podemos introducirlos desde la pestaña “Estructura”, seleccionando “Pilar”, el resultado será el mismo. Introduciremos pilares de hormigón de 250 x 250 mm, que es la dimensión mínima que hemos establecido para este proyecto, si es necesario se modificaran posteriormente en el programa de cálculo. Introduciremos los pilares desde el nivel más bajo de cimentación hasta el nivel superior de la estructura, excepto el pilar que esta sobre el muro de hormigón que arrancara desde el nivel de estructura de la planta primera y uno de los pilares de la terraza que arrancara en la cimentación y acabara en el nivel de estructura de planta primera.

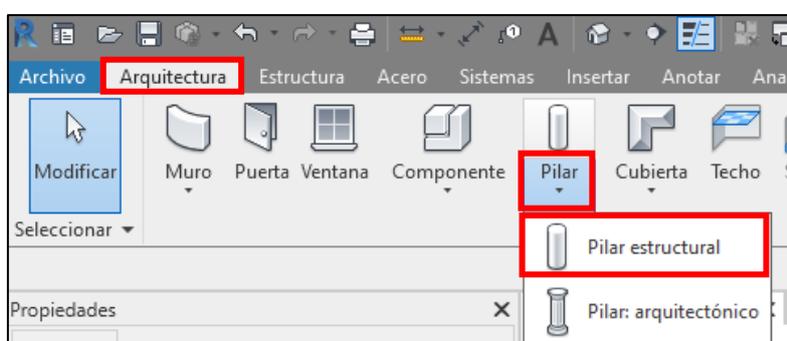


Imagen 2.14. Recorte de pantalla, Introducir nuevo pilar estructural

Una vez que se han introducido los pilares, podemos modelar las capas de solería no estructurales de cada planta y la cubierta inclinada de teja. Para introducir las capas que componen la solería de la planta baja y la primera, abrimos la vista de planta de acabado de cada planta, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Arquitectura” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Suelo” y clic izquierdo en “Suelo: arquitectónico”. Ver **Imagen 2.15**. Hay que definir el hueco de la escalera en planta primera para que al importar los datos en Cypecad el perímetro del hueco este definido.

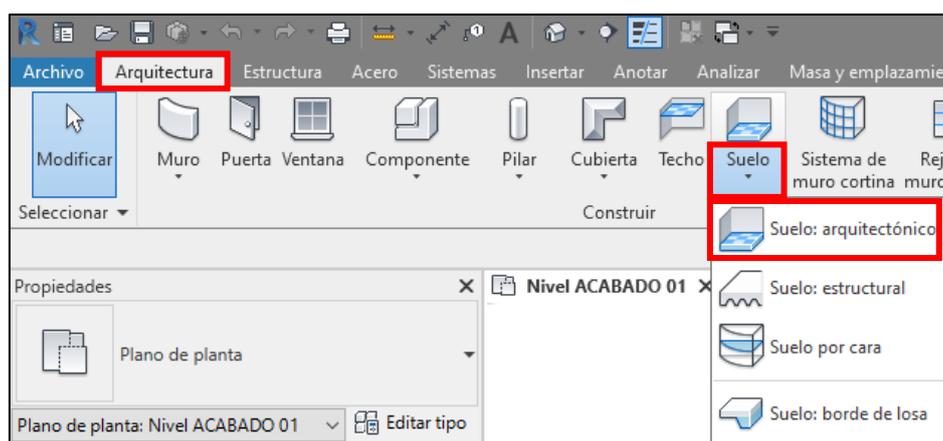


Imagen 2.15. Recorte de pantalla, Introducir Suelo

Para crear la cubierta inclinada, abrimos la vista de planta estructural de la cubierta, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Arquitectura” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Cubierta” y clic izquierdo en “Cubierta por perímetro”. Ver **Imagen 2.16**. Se ha seleccionado la “Cubierta por perímetro”, porque es la que mejor se adapta al caso de estudio.

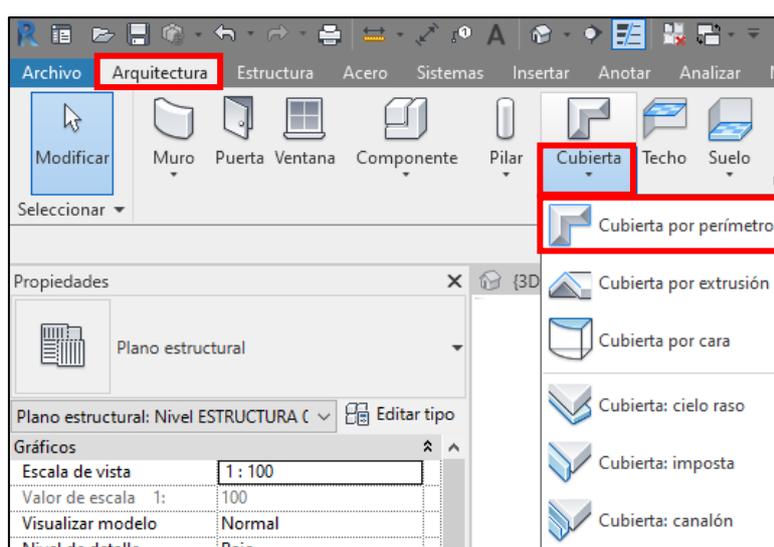


Imagen 2.16. Recorte de pantalla, Introducir Cubierta

Llegados a este punto el modelo estará listo para exportarlo a “Cypecad 2020d”, en este caso no se han definido ni las particiones interiores ni los cerramientos, ya que el objetivo de esta guía es definir la interoperabilidad entre Revit y Cypecad respecto a la estructura del caso de estudio, por lo que no son elementos relevantes. Si estuvieran definidos llegado el momento de realizar la importación en Cypecad el programa nos consultara si queremos que los muros y particiones se importen como cargas lineales, personalmente recomiendo, no importarlos como cargas e introducir las cargas en el modelo de cálculo según el CTE. En la **Imagen 2.17** se puede visualizar como quedaría la estructura antes de exportar el modelo.

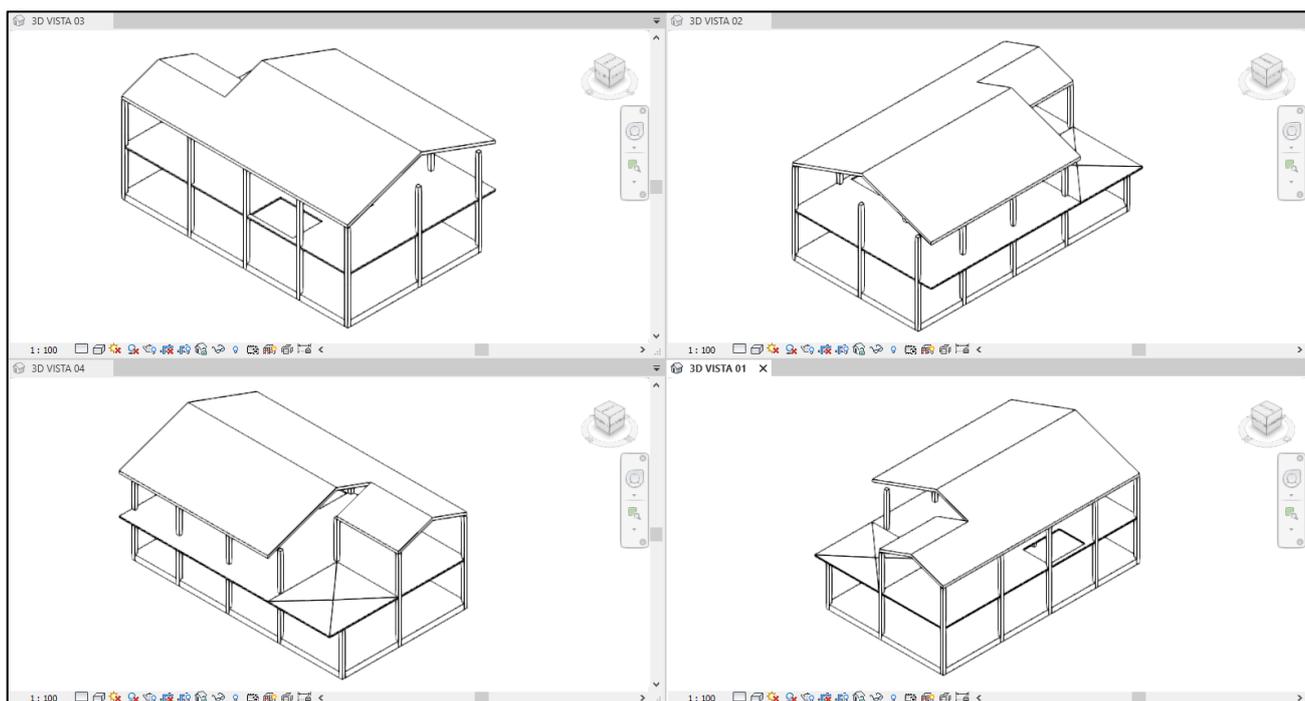


Imagen 2.17. Recorte de pantalla, Vistas 3D

3. EXPORTACIÓN DE DATOS A “CYPECAD 2020d”

3.1. INSTALACIÓN COMPLEMENTO OPEN BIM PARA REVIT

Para instalar el complemento Open BIM para Revit abrimos Cype 2020 y en la ventana de bienvenida hacemos clic izquierdo en “Instalar complemento Open BIM para Revit”, el complemento se instalará de forma automática, ver **Imagen 3.1**, Revit debe de estar cerrado durante la instalación del complemento, una vez que haya finalizado el proceso de instalación, la próxima vez que abramos Revit el complemento estará instalado. Este complemento facilita la exportación/importación de datos entre Revit y Cypecad 2020d, mediante el formato de intercambio de datos “IFC 4”, los archivos “IFC 4” se guardarán en un servidor en la nube de BIM Server Center, permitiendo la actualización de los mismos desde Revit y Cypecad 2020d. es necesario disponer de una conexión a internet para poder sincronizar los archivos.

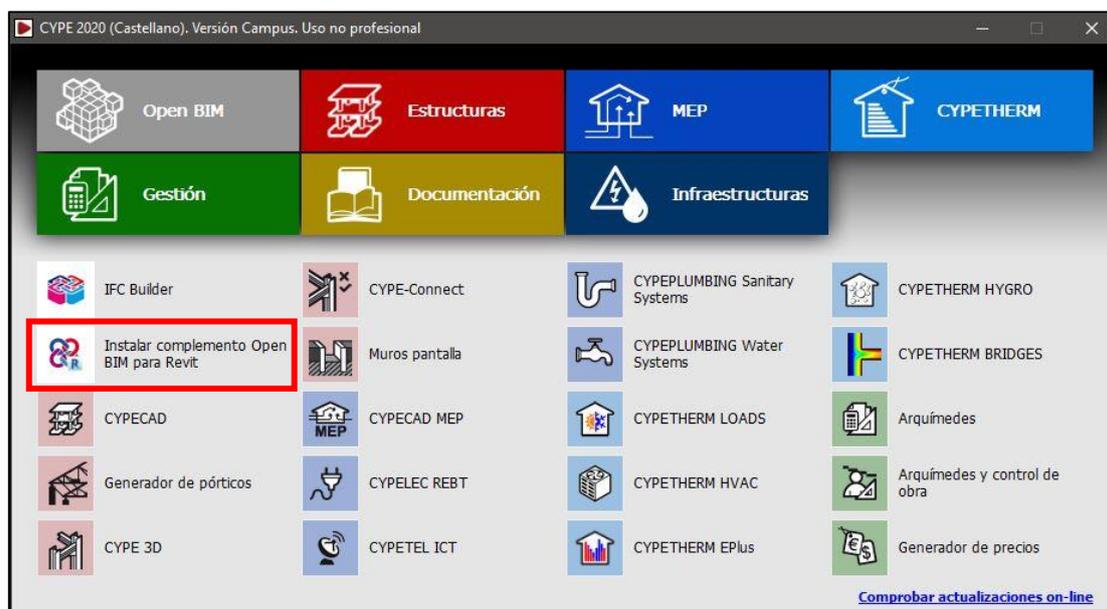


Imagen 3.1. Recorte de pantalla, Instalar complemento open BIM para Revit

3.2. INICIAR COLABORACIÓN OPEN BIM

Para iniciar la colaboración Open BIM hacemos clic izquierdo en la pestaña “Complementos” en la cinta de opciones, clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y clic izquierdo en “Colaborar en proyecto Open BIM”. Ver **Imagen 3.2**.

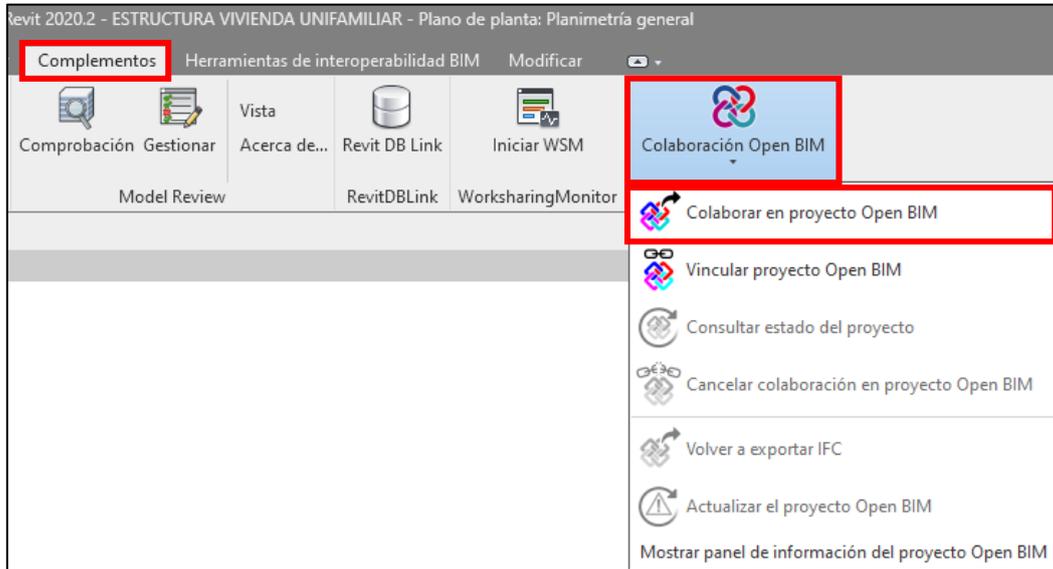


Imagen 3.2. Recorte de pantalla, Colaborar en proyecto Open BIM

Se abrirá una ventana llamada “Selección de proyecto Open BIM” y hacemos clic en “Crear nuevo proyecto”. Ver **Imagen 3.3**. En el caso de que no estemos registrados, nos pedirá que iniciemos sesión, para ello hay que crear un nuevo usuario y registrarse, el proceso de registro es similar al que se sigue para crear una cuenta en cualquier sitio web, el servicio es gratuito y los datos personales que se requieren son mínimos.



Imagen 3.3. Recorte de pantalla, Selección de proyecto Open BIM, Crear nuevo proyecto

En la ventana que se abre de “Nuevo proyecto”, debemos de rellenar obligatoriamente el campo “Nombre del proyecto”, con un nombre adecuado que identifique fácilmente el proyecto en cuestión, también es obligatorio definir los campos: “Tipo de proyecto”, “Opciones de visibilidad” y “Gestión de solicitudes de colaboración”; el campo “Descripción” no será obligatorio, todos estos campos se pueden modificar posteriormente desde la web de BIM Server Center accediendo con nuestro usuario y contraseña, tendremos acceso a los proyectos guardados en la nube. Para finalizar hacemos clic izquierdo en “Aceptar”. Ver **Imagen 3.4**.

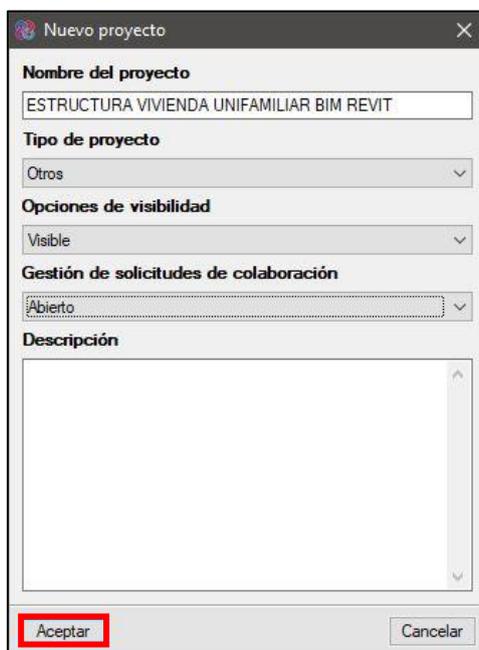


Imagen 3.4. Recorte de pantalla, Nuevo proyecto

En la ventana que se abre de “Selección de proyecto Open BIM”, aparecerá el nombre del proyecto que hemos creado en el campo “Proyecto”, clic izquierdo en “Aceptar”. Ver **Imagen 3.5**.



Imagen 3.5. Recorte de pantalla, Selección de proyecto Open BIM

En esta ventana hay que escribir el nombre para el archivo IFC que se va a crear, hacemos clic en “Aceptar”. Ver **Imagen 3.6**.



Imagen 3.6. Recorte de pantalla, Selección de proyecto Open BIM, Nombrar IFC

Se abrirá la ventana de “Opciones de exportación a IFC”, para exportar los datos a Cypecad no es necesario modificar las opciones que aparecen activadas por defecto, por lo que en esta ventana no sería necesario hacer ninguna modificación, solo recomiendo modificar los parámetros de exportación si vamos a utilizar el IFC para cálculo de instalaciones en alguno de los programas de la familia Cype. Para el caso de estudio de esta guía si hacemos clic izquierdo en “Config IFC export options” se nos abrirá una ventana en la que podemos marcar y desmarcar los datos que queremos exportar, recomiendo dejar activados los valores por defecto, ver **Imagen 3.8**. Una vez que hemos revisado los parámetros hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 3.7**.



Imagen 3.7. Recorte de pantalla, Opciones de exportación a IFC

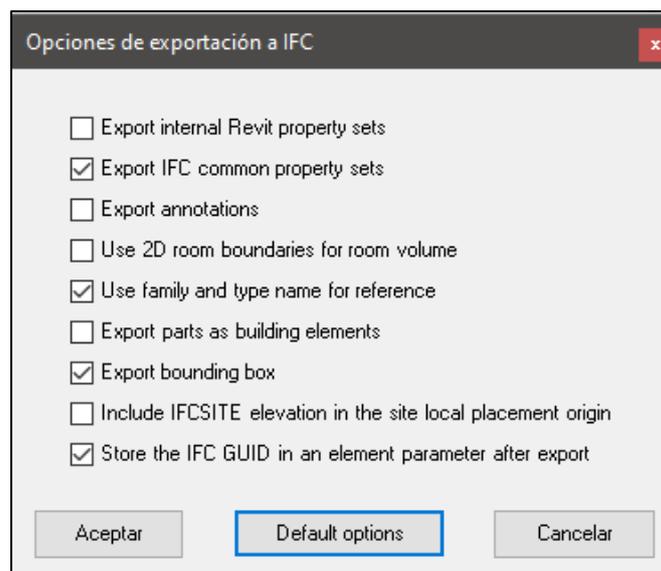


Imagen 3.8. Recorte de pantalla, Opciones de exportación a IFC detalladas

Cuando el proceso de exportación haya finalizado se abrirá una ventana asociada al navegador de proyectos llamada “Colaboración Open BIM”, en la cual se mostrará una lista de los archivos IFC vinculados al proyecto y en la parte inferior nos aparecerá el mensaje “IFC Export Complete” indicando que el proceso se ha realizado satisfactoriamente, ver **Imagen 3.9**.



Imagen 3.9. Recorte de pantalla, Ventana Colaboración Open BIM

3.3. INICIAR PROYECTO EN CYPECAD MEDIANTE LA IMPORTACIÓN DE UN MODELO BIM

Abrimos el programa Cypecad y en la ventana de inicio hacemos clic izquierdo en “Nuevo”, para crear un archivo, ver **Imagen 3.10**. Sin no hemos iniciado sesión en BIM server center, nos conectamos con usuario y contraseña e iniciamos sesión para poder importar los archivos.

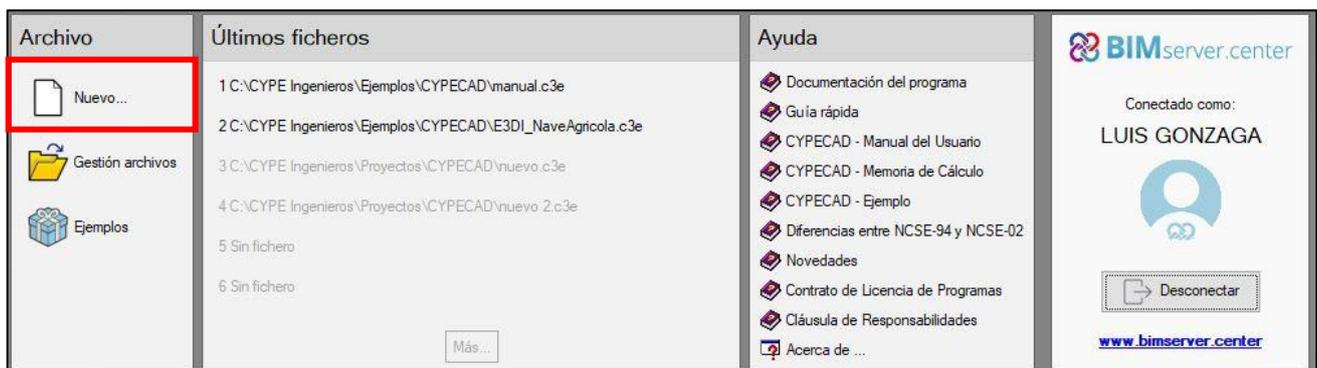


Imagen 3.10. Recorte de pantalla, Ventana inicio Cypecad

Escribimos el nombre que queremos darle al fichero, así como definimos su ubicación, para continuar clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 3.11**.

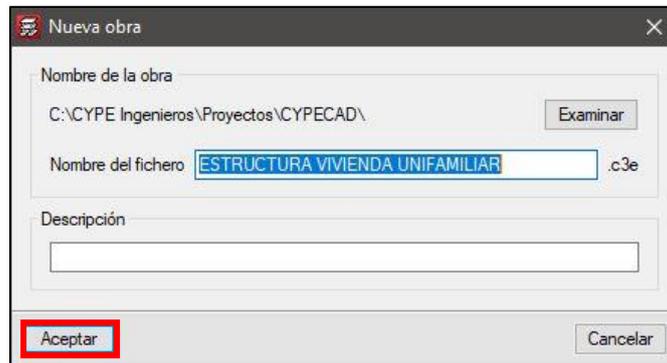


Imagen 3.11. Recorte de pantalla, Nueva obra

Se abrirá una nueva ventana en la que nos preguntaran si queremos iniciar el proyecto mediante la importación de un modelo BIM, hacemos clic izquierdo en “Sí”, ya que queremos iniciar la obra a partir de un modelo BIM, ver **Imagen 3.12**.



Imagen 3.12. Recorte de pantalla, Ventana Importación de modelos BIM

Hacemos clic izquierdo en “Seleccionar proyecto” para continuar, ver **Imagen 3.13**.



Imagen 3.13. Recorte de pantalla, Selección de proyecto

Se abrirá una lista con los proyectos que tenemos cargados en el servidor de BIM center, elegimos el archivo que queremos utilizar y clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 3.14**.

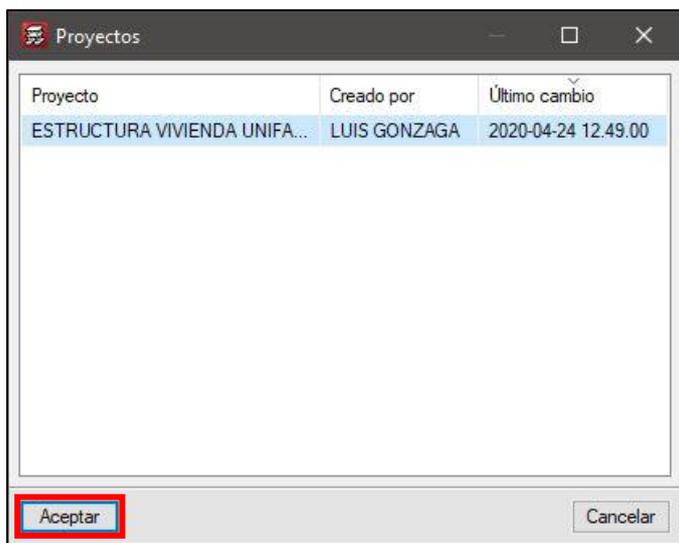


Imagen 3.14. Recorte de pantalla, Proyectos

Se abrirá la ventana “Selección del proyecto” y aparecerá el nombre del archivo que hemos seleccionado, clic izquierdo en “Aceptar” para que se cargue el archivo, ver **Imagen 3.15**.



Imagen 3.15. Recorte de pantalla, Selección de proyecto pendiente de confirmación

La ventana “Importación de modelos BIM” se divide en varios apartados, en el primer apartado de “Configuración” nos muestra los datos del proyecto que vamos a importar y una previsualización de los elementos del modelo BIM, de lo que podemos ver en la imagen solo se importaran los pilares como entidades que se pueden modificar en Cypecad, la cubierta y los forjados se importaran como contornos para usarlos como plantilla. Para pasar al siguiente apartado hacemos clic izquierdo en “Siguiente”, ver **Imagen 3.16**.

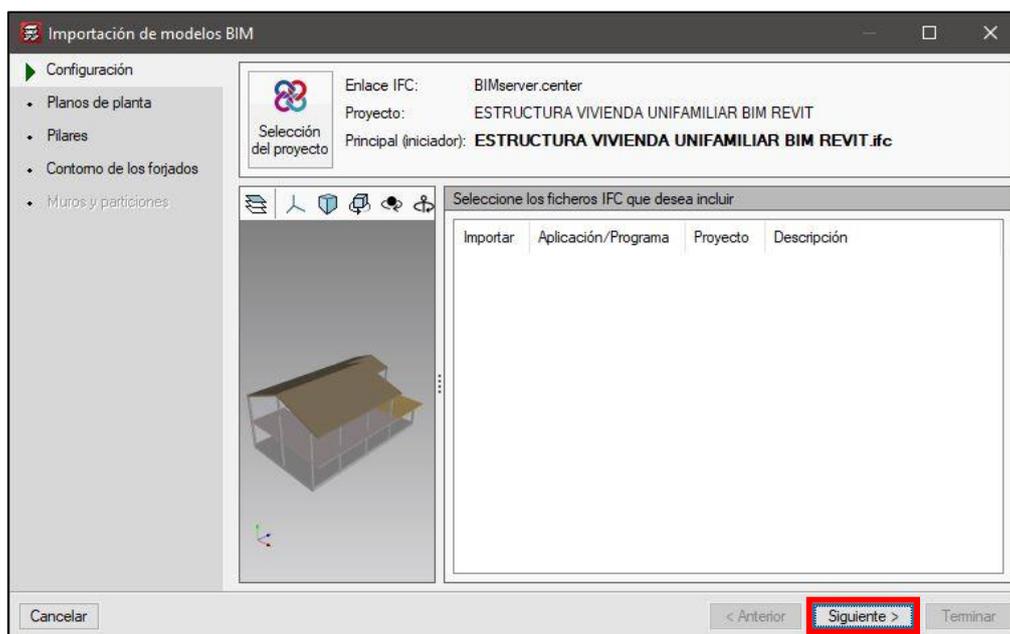


Imagen 3.16. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Configuración

En el apartado de “Planos de planta se muestran los niveles que hemos configurado previamente en Revit, si alguno de ellos no lo queremos importar se puede desmarcar, para continuar clic izquierdo en “Siguiente”, ver **Imagen 3.17**.

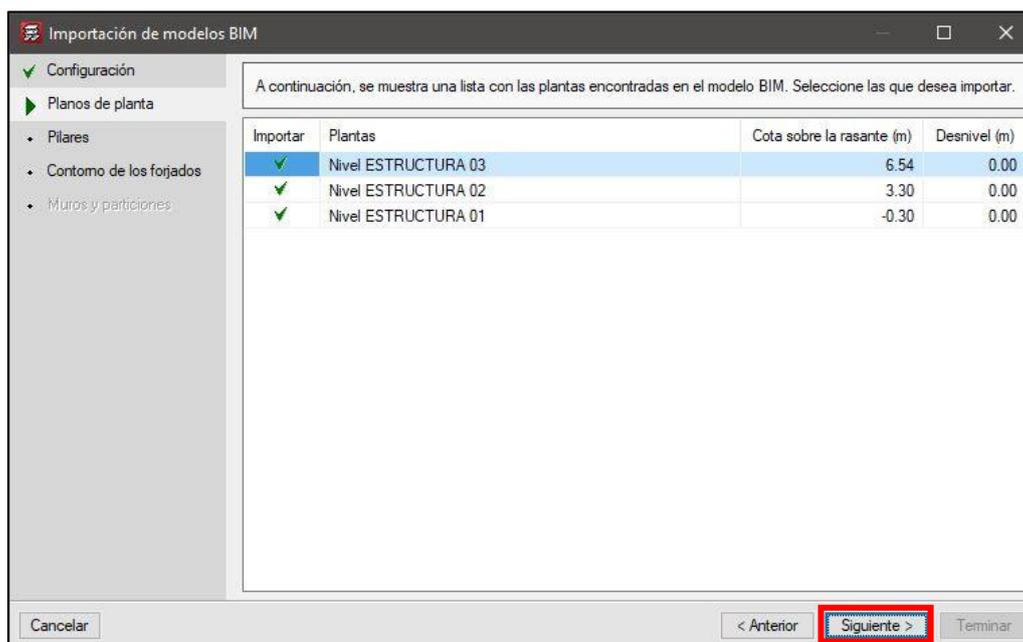


Imagen 3.17. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Planos de planta

En el apartado de “Pilares” se muestra una lista con los pilares agrupados en función de sus dimensiones, si algo de lo que aparece no queremos importarlo se desmarca. Como los pilares del caso de estudio arrancan en una losa de cimentación marcamos la opción “Sin vinculación exterior”, esto no es imprescindible ya que posteriormente se puede modificar editando los pilares, para continuar clic izquierdo en “Siguiente”, ver **Imagen 3.18**.

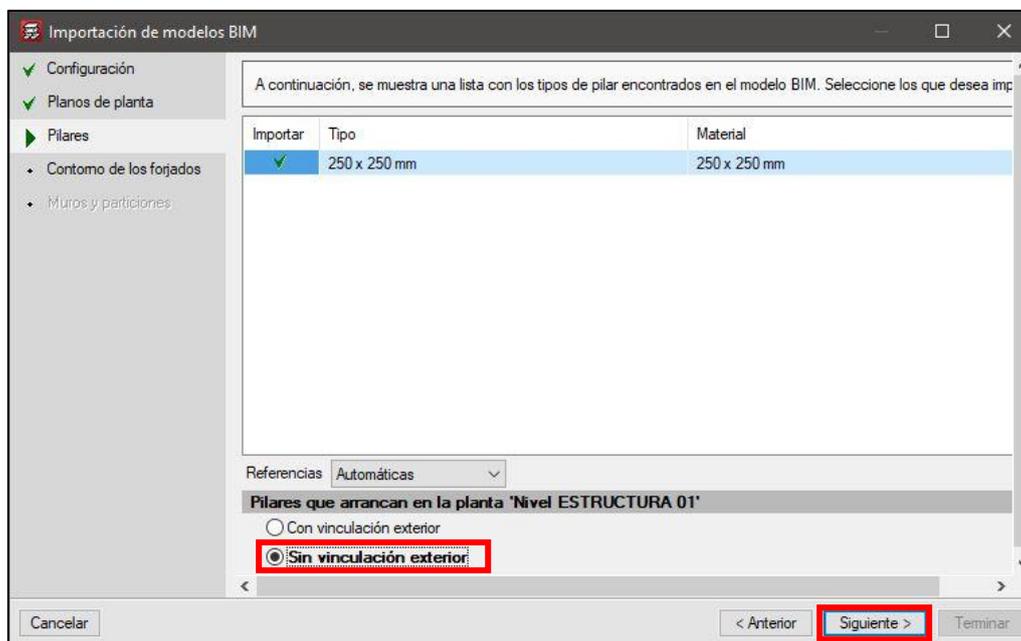


Imagen 3.18. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Pilares

En el apartado de “Contorno de los forjados” hay que verificar que está marcada la opción “Importar el contorno de los forjados”, si tuviéramos muros y particiones aparecería un nuevo apartado para marcar o desmarcar si queremos que importe los muros como cargas lineales sobre la estructura. Para finalizar clic izquierdo en “Terminar”, ver **Imagen 3.19**.

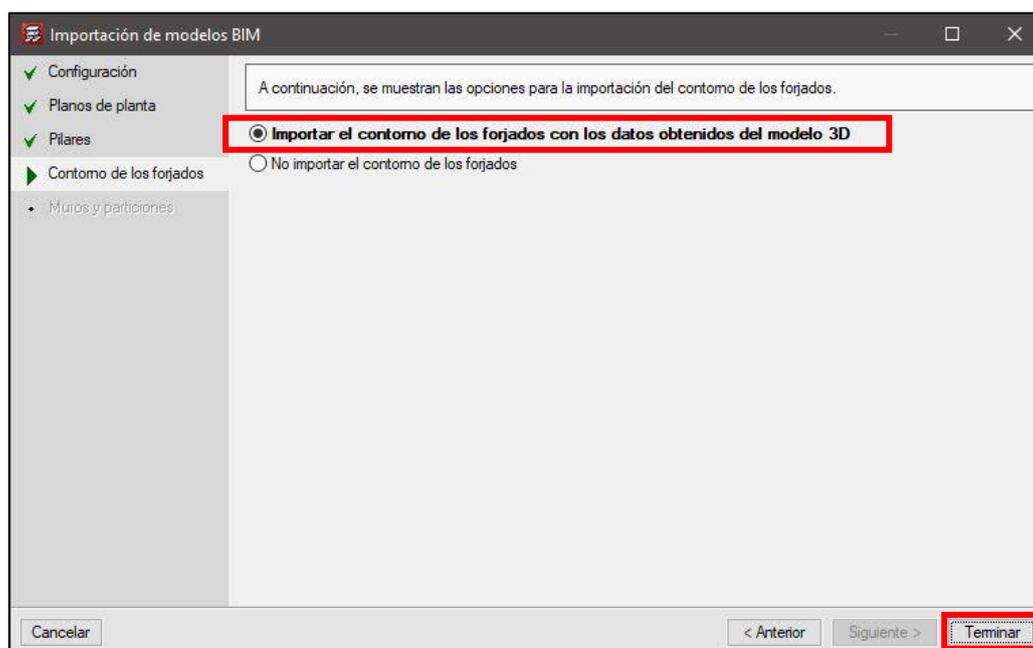


Imagen 3.19. Recorte de pantalla, Importación de modelos BIM, Contorno de los forjados

Se abrirá una ventana llamada “Resultados de la importación” en la que se muestra de forma resumida los elementos que se han importado y nos indica si hay algún tipo de incidencia que se haya producido durante la importación, para continuar clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 3.20**.

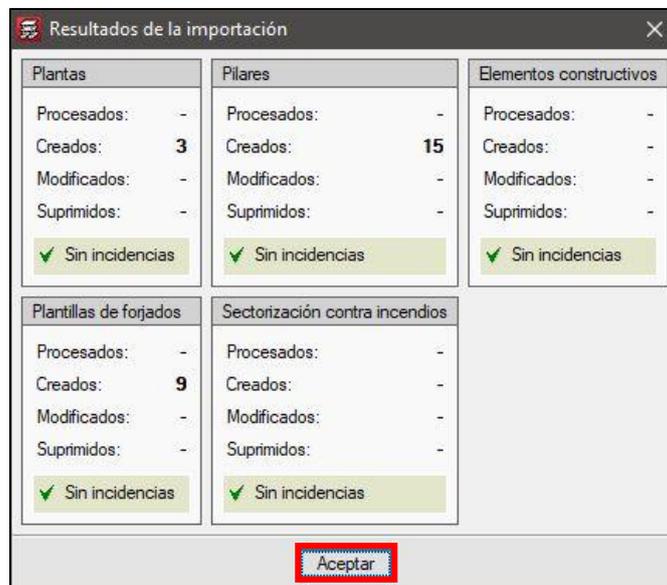


Imagen 3.20. Recorte de pantalla, Resultados de la importación

A continuación, se abrirá la ventana “Datos generales”, recomendando hacer clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ya que estos datos se pueden modificar posteriormente, si invertimos tiempo en adecuarlos al proyecto y la importación no ha salido bien, tendremos que empezar de nuevo y será trabajo perdido, después se abrirá la ventana “Editar grupos”, igual que con la anterior recomendando no modificar ningún parámetro, hasta que hayamos verificado la importación del proyecto. Debemos verificar todas las plantas, para comprobar que los contornos de los forjados se muestran correctamente, ver **Imagen 3.21**.

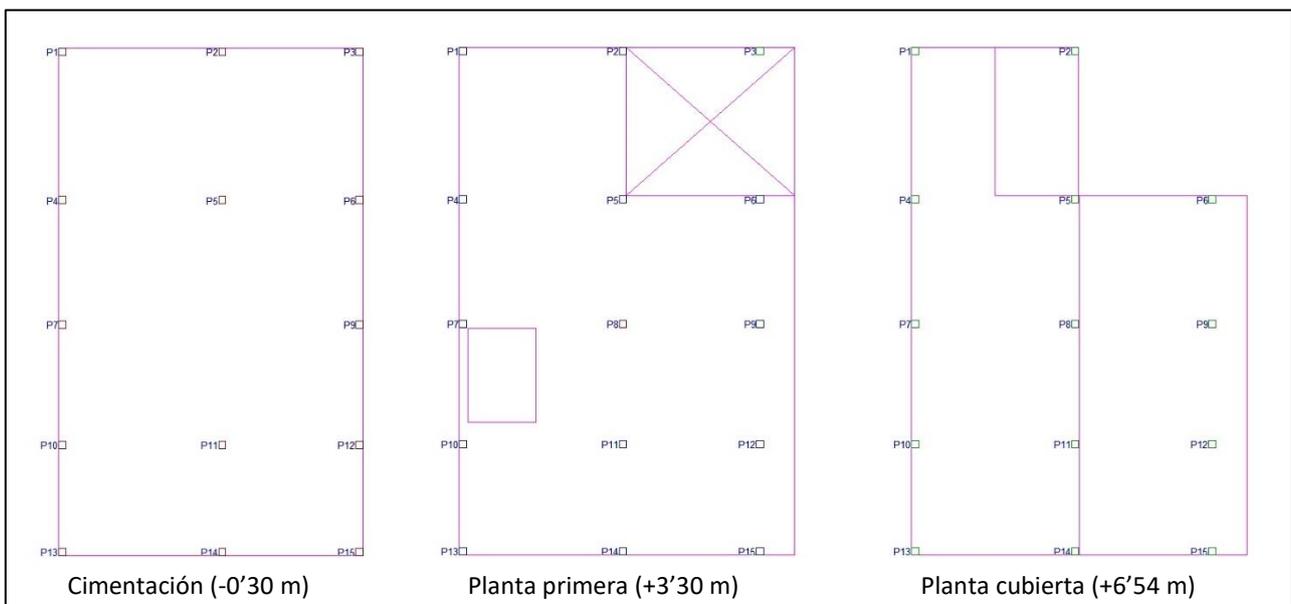


Imagen 3.21. Recorte de pantalla, Vistas plantas importadas en Cypecad

Es conveniente abrir la vista 3D de Cypecad para poder visualizar que los pilares se han importado correctamente, ver **Imagen 3.22**.

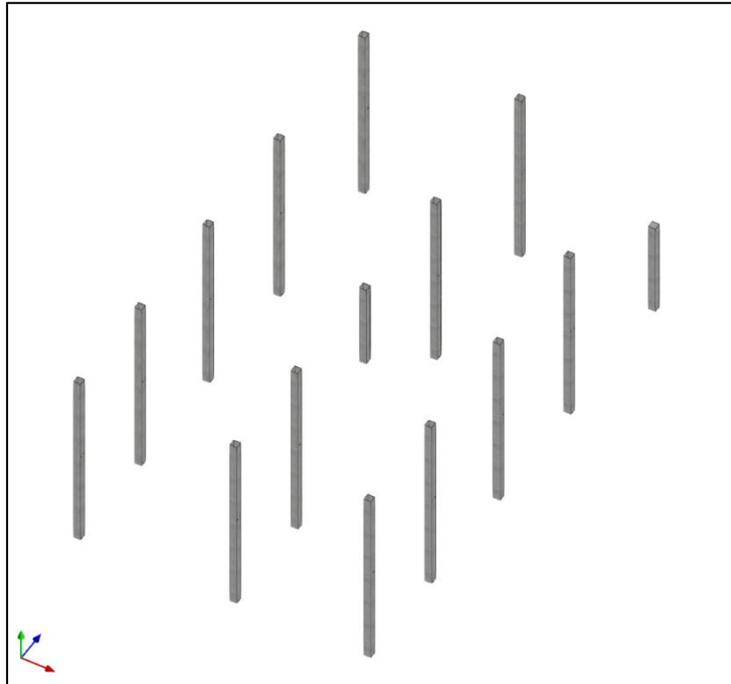


Imagen 3.22. Recorte de pantalla, Vista 3D de los pilares importados en Cypecad

Una vez que hemos comprobado que la importación se ha realizado satisfactoriamente, podemos proceder a modelar los elementos de la estructura, para su posterior calculo y comprobación.

4. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA EN “CYPECAD 2020d”

4.1. EDICIÓN DE PILARES

En primer lugar, abrimos la pestaña “Entrada de pilares” en la parte inferior del programa haciendo clic izquierdo en ella, haciendo esto en la cinta de opciones superior aparecerán las herramientas específicas de esta pestaña. En este caso los pilares están creados, ya que se han importado del modelo BIM, por lo que solo necesitamos verificar sus dimensiones y su geometría.

Para comprobar los pilares hacemos clic izquierdo en el icono “Editar pilar” y clic izquierdo en el pilar que queramos editar. Ver **Imagen 4.1**.



Imagen 4.1. Recorte de pantalla, Editar pilar

En la ventana “Editar pilar” verificamos que el pilar arranca correctamente desde el nivel de cimentación y acaba en el nivel de la cubierta, comprobamos las dimensiones de la sección y verificamos que está marcada la opción “Sin vinculación exterior”, ya que la cimentación es una losa. También podemos verificar el recubrimiento de la armadura en el icono “Recubrimiento”, por defecto es de 30 mm por lo que no habrá que modificar nada. Una vez que hemos revisado todo hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, si hemos definido la geometría de forma correcta en Revit, este paso será para verificar que no hay errores. Ver **Imagen 4.2**.

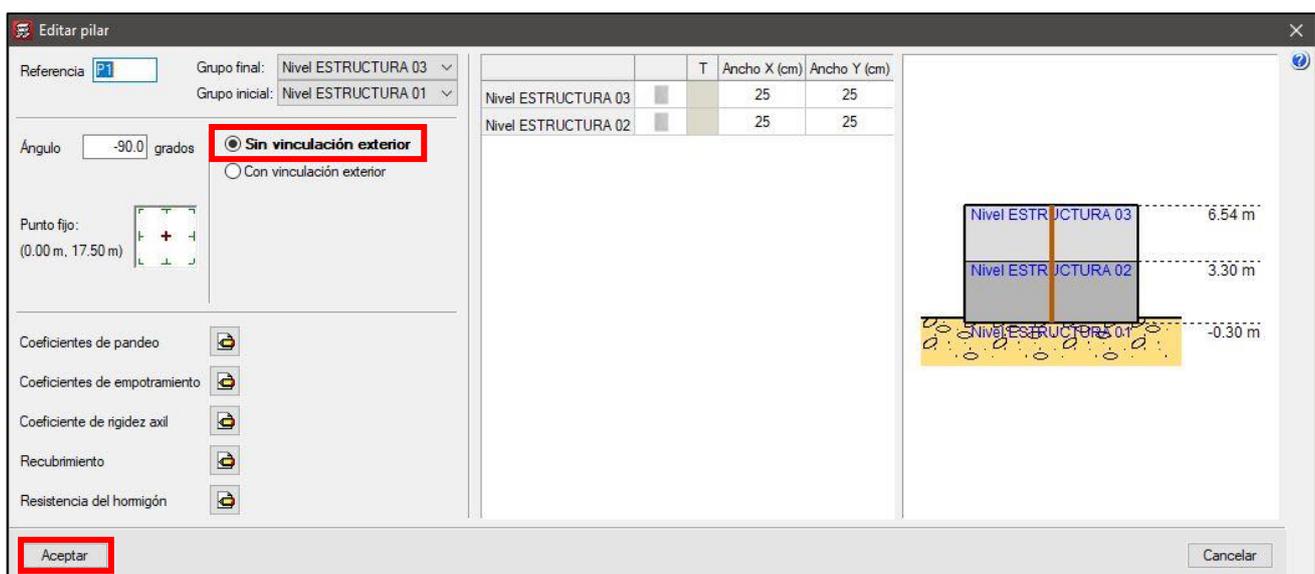


Imagen 4.2. Recorte de pantalla, Ventana Editar pilar

4.2. INTRODUCCIÓN DE MURO

Para introducir el muro de hormigón de planta baja, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Entrada de vigas” en la parte inferior del programa y colocamos la vista en el grupo que corresponde con el de cimentación que será el que está más abajo. Para introducir el muro hacemos clic izquierdo en “Muros” en la cinta de opciones superior, se desplegarán una serie de opciones y clic izquierdo en “Entrar muro”. Ver **Imagen 4.3**.

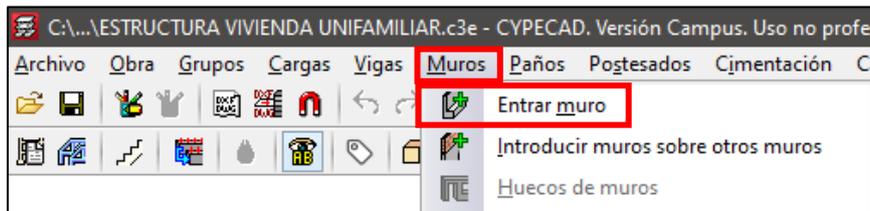


Imagen 4.3. Recorte de pantalla, Muros, Entrar muro

En la ventana “Entrar muro” que se ha abierto hacemos clic izquierdo en el icono de “Muro de hormigón armado”. Ver **Imagen 4.4**.



Imagen 4.4. Recorte de pantalla, Ventana Entrar muro

En la ventana “Muro de hormigón armado” hay que definir las características del muro que vamos a crear debemos verificar y modificar los siguientes campos:

- Verificar el nivel desde el que arranca el muro y el nivel en el que acaba la cabeza del muro.
- Modificar las dimensiones del muro, el muro de este proyecto es de 0'25 metros de espesor por lo que en el campo “Izquierda” y en el campo “Derecha” colocaremos el valor de 0'125 metros ya que estas dimensiones son respecto al eje del muro en planta.
- Marcar la opción “Sin vinculación exterior” ya que el muro arranca en una losa de cimentación, cuando marquemos esta opción se abra una nueva ventana llamada “Cimentación. Sin vinculación exterior”. Ver **Imagen 4.5**. En esta ventana debemos de marcar la opción “Viga de cimentación”, rellenar el campo “Canto” con el espesor de la losa que hemos predimensionado previamente, en este caso sera 0'4 metros, introducir los valores de tensiones admisibles del terreno según el estudio geotécnico (En situaciones persistentes: 0'195 MPa y en situaciones sísmicas y accidentales: 0'292 MPa) e introducir el coeficiente de balasto para la losa: 0'207 KN/m³ que hemos calculado anteriormente. Ver **Imagen 4.6**.
- Verificar que los valores introducidos son correctos y para acabar clic izquierdo en “Aceptar”. Procedemos a dibujar el muro en planta.

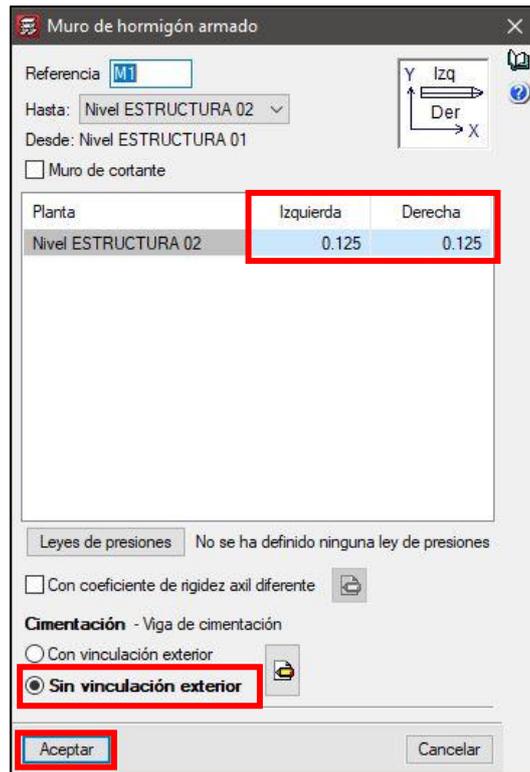


Imagen 4.5. Recorte de pantalla, Ventana Muro de hormigón armado

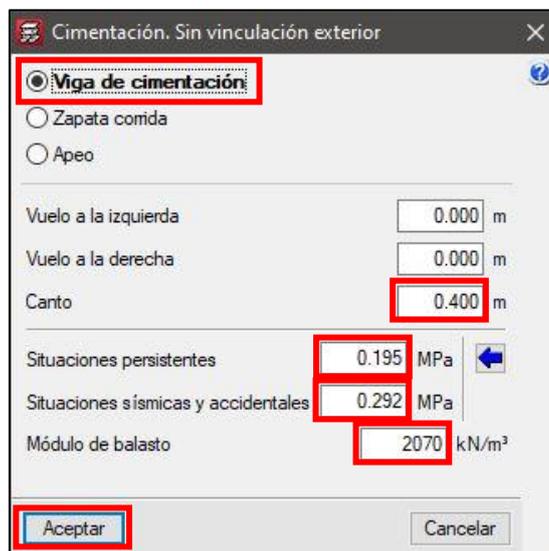


Imagen 4.6. Recorte de pantalla, Ventana Cimentación. Sin vinculación exterior

Verificamos en la Vista 3D que el muro se ha creado correctamente. Ver **Imagen 4.7**.

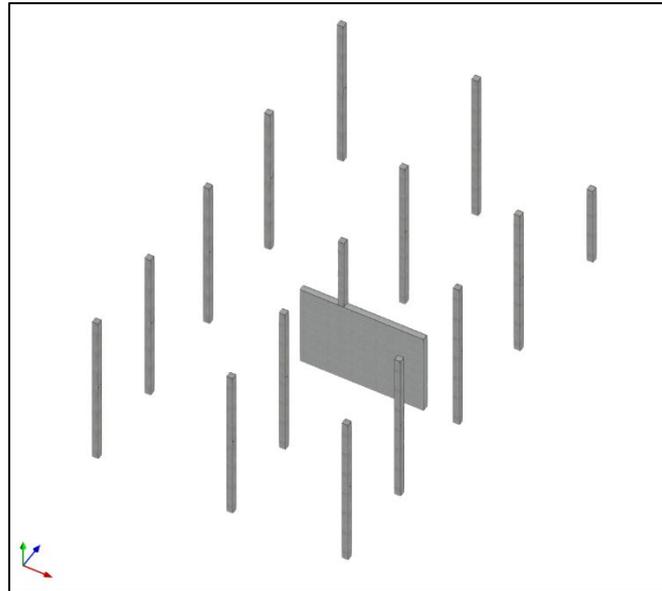


Imagen 4.7. Recorte de pantalla, Vista 3D de los pilares y del muro en Cypecad

4.3. INTRODUCCIÓN DE VIGAS

Los forjados de planta primera y de la planta de cubierta serán bidireccionales de tipo losa por lo que es necesario definir el perímetro de estos con elementos tipo viga, introduciremos las vigas en todo el perímetro exterior y en el hueco de escalera utilizando como referencia las plantillas que ha generado el programa a partir del archivo IFC 4 que importamos inicialmente. La visualización de las plantillas se puede activar o desactivar igual que si se tratase de una plantilla de CAD importada en el programa, para ello hacemos clic izquierdo en “Editar vistas”, para que se despliegue la ventana “selección de vistas” en la que podemos activar y desactivar la visualización de plantillas, ver **Imagen 4.8**.



Imagen 4.8. Recorte de pantalla, Editar vistas

Para introducir las vigas en la planta hacemos clic izquierdo en la pestaña “Entrada de vigas” en la parte inferior del programa y abrimos la vista de grupo de la planta primera. Para introducir una viga hacemos clic izquierdo en “Vigas” en la cinta de opciones superior, se desplegarán una serie de opciones y clic izquierdo en “Entrar viga”. Ver **Imagen 4.9**.

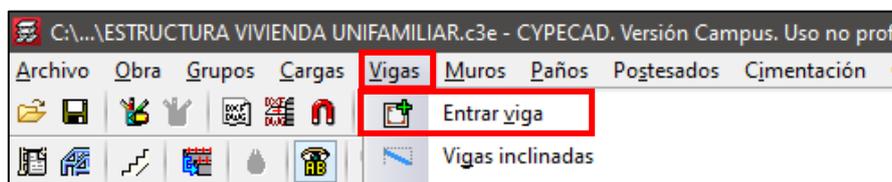


Imagen 4.9. Recorte de pantalla, Vigas, Entrar viga

Se abrirá la ventana “Viga actual”, seleccionamos la “Familia” de “vigas planas” y el “Tipo” de “Viga plana rectangular”, establecemos una “Anchura” de 30 cm ya que se trata de una viga plana y hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.10**, para comenzar a dibujar las vigas usando como referencia la plantilla. Al tratarse de vigas planas el canto de estas variara en función del canto del forjado que se establezca posteriormente, el ancho de la viga se ha establecido en 30 cm, algo más ancho que los pilares para facilitar el montaje de las armaduras que confluyen en la unión entre los pilares y las vigas.

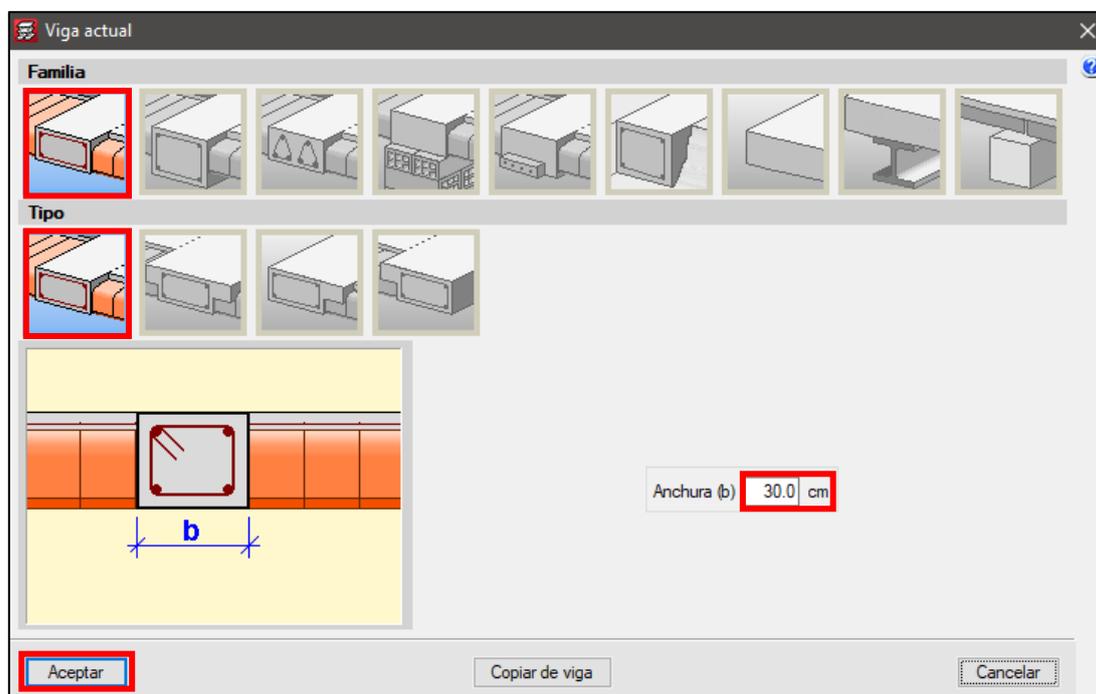


Imagen 4.10. Recorte de pantalla, Viga actual

Introduciremos las vigas en ambas plantas ya que los forjados serán del mismo tipo, una vez que las vigas estén dibujadas, quedarán delimitados los forjados, para poder introducirlos posteriormente, ver **Imagen 4.11** e **Imagen 4.12**.

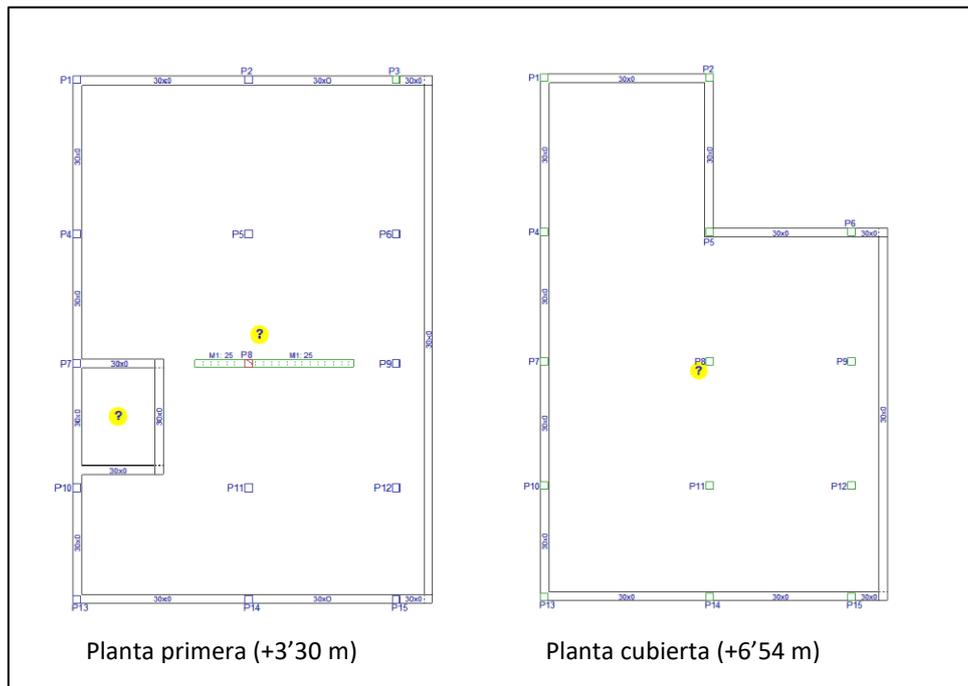


Imagen 4.11. Recorte de pantalla, Vistas plantas con vigas en Cypecad

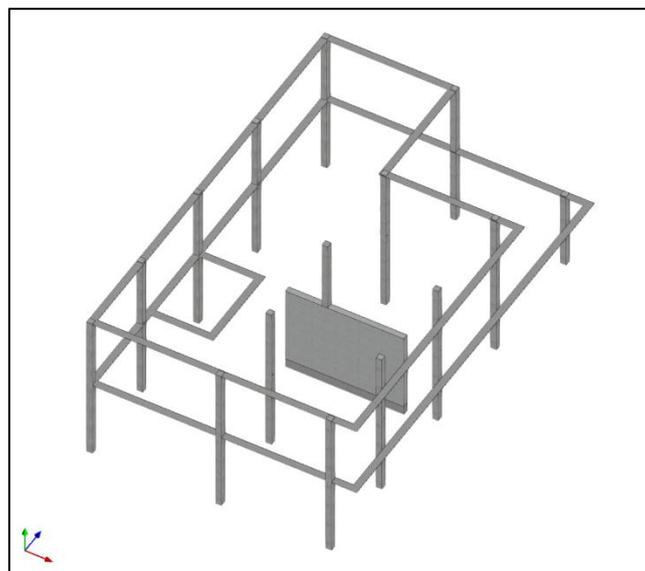


Imagen 4.12. Recorte de pantalla, Vista 3D elementos verticales y vigas en Cypecad

4.4. INTRODUCCIÓN DE FORJADOS

Previamente a introducir los forjados debemos de haber creado las vigas que delimitan el perímetro y los huecos. Para introducir los forjados hacemos clic izquierdo en “Paños” en la cinta de opciones superior, se desplegará un menú en el que seleccionamos con clic izquierdo “Gestión paños”, ver **Imagen 4.13**.

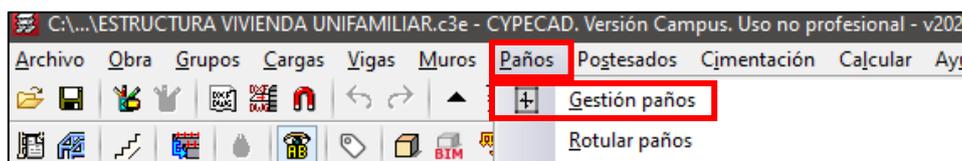


Imagen 4.13. Recorte de pantalla, Paños, Gestión paños

Se abrirá una ventana nueva llamada “Gestión paños” en la que hacemos clic izquierdo en el icono “Entrar paño”, ver **Imagen 4.14**.



Imagen 4.14. Recorte de pantalla, Gestión paños, Entrar paño

En la ventana “Gestión paños”, en la columna de la izquierda marcamos el tipo de forjado que vamos a crear, en este caso “Losas macizas”, establecemos el canto, que en este caso según el predimensionamiento que hemos realizado previamente será de 20 cm, la “Dirección del armado” la dejamos marcada por defecto como “Paralelo a una viga”, ya que la planta del edificio es un rectángulo regular, por lo que las armaduras de la losa deben de ir paralelas a las vigas perimetrales del forjado, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.15**, para introducir el forjado hacemos clic izquierdo dentro del paño y confirmamos su creación haciendo clic izquierdo de nuevo dentro del paño.

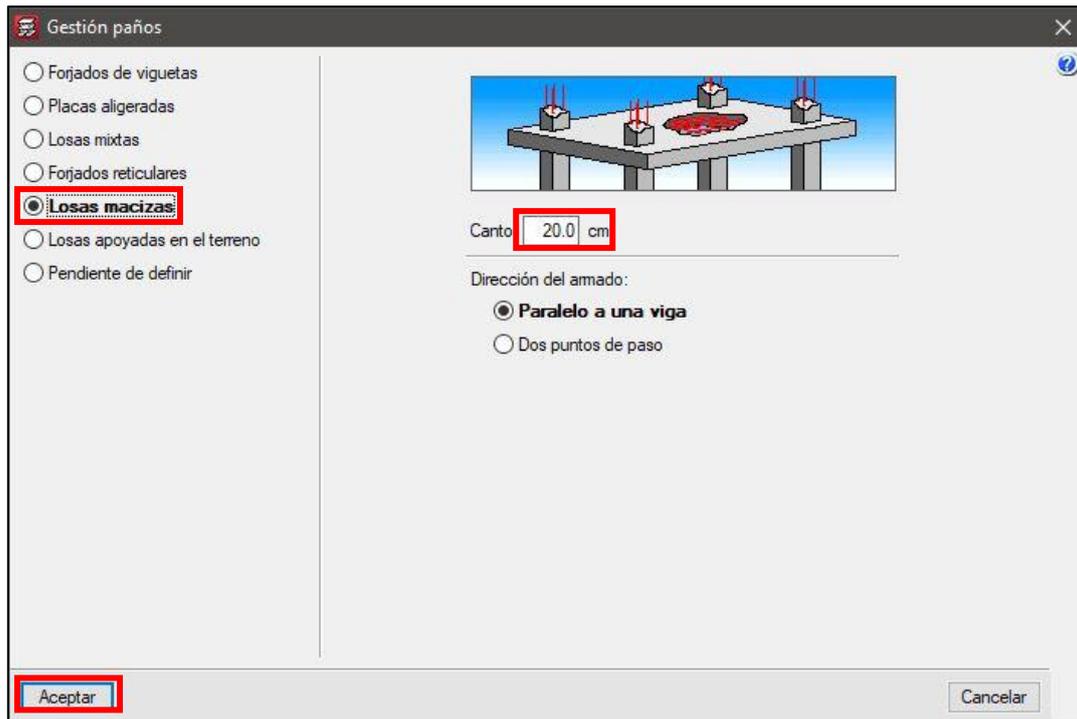


Imagen 4.15. Recorte de pantalla, Gestión de paños, Losas macizas

Hay que introducir los forjados en la planta primera y en la planta de cubierta, si lo hemos hecho correctamente podremos visualizarlos en la “Vista 3D”, ver **Imagen 4.16**. El paño que se forma de manera automática en el hueco de escalera hay que convertirlo en hueco con la herramienta “Borrar paño”.

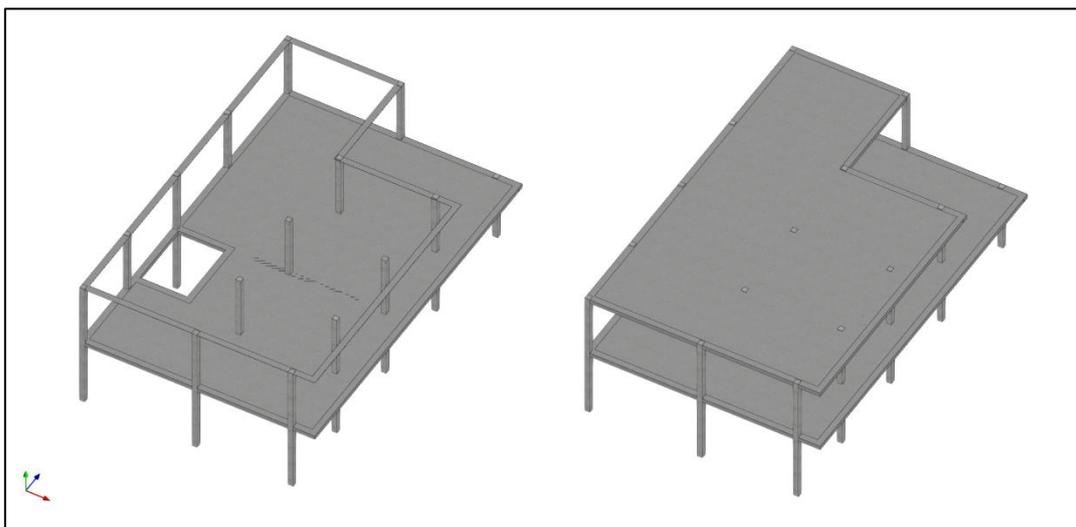


Imagen 4.16. Recorte de pantalla, Vistas 3D estructura en Cypecad

4.5. INTRODUCCIÓN DE LOSA DE CIMENTACIÓN

Para introducir una losa de cimentación en primer lugar hay que definir el perímetro de la losa, se puede definir de dos formas en función de la losa que vayamos a construir:

- Losa de cimentación de canto constante con viga de cimentación perimetral, se introducirá una “Viga de cimentación” en los bordes de la losa.
- Losa de cimentación de canto constante sin viga de cimentación perimetral, se introducirá un “Zuncho no estructural o límite de ancho cero” en los bordes de la losa.

En este caso la losa que vamos a construir es sin viga de cimentación perimetral, en función del proyecto se optara por una solución o por otra, en cualquier caso, si durante el cálculo fuese recomendable introducir una viga en el perímetro, se puede añadir posteriormente.

Hacemos clic izquierdo en la pestaña “Entrada de vigas” en la parte inferior del programa y abrimos la vista de grupo de la planta de cimentación. Para introducir una viga hacemos clic izquierdo en “Vigas” en la cinta de opciones superior, se desplegarán una serie de opciones y clic izquierdo en “Entrar viga”. Ver **Imagen 4.9**.

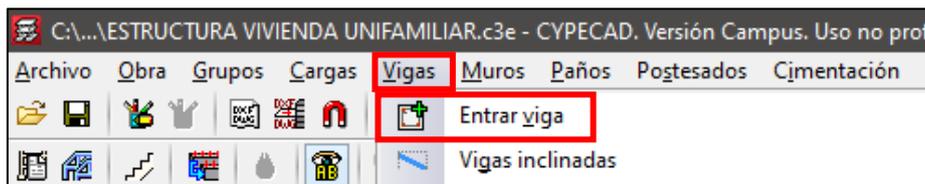


Imagen 4.9. Recorte de pantalla, Vigas, Entrar viga

Se abrirá la ventana “Viga actual”, seleccionamos la “Familia” de “Zuncho no estructural o límite” y el “Tipo” de “Zuncho no estructural o límite de ancho cero”, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.17**, para comenzar a dibujar las vigas usando como referencia la plantilla.

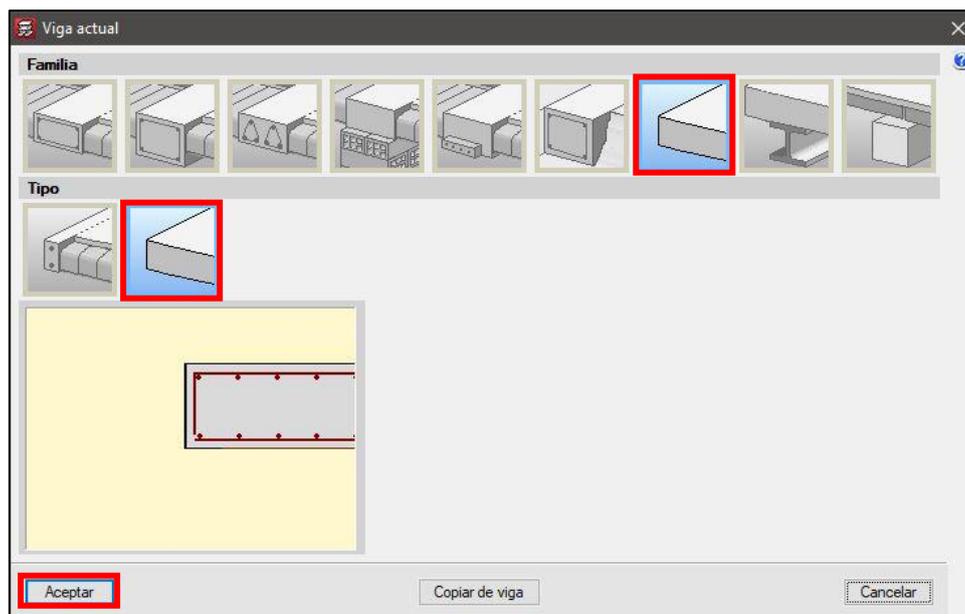


Imagen 4.17. Recorte de pantalla, Viga actual

La planta de cimentación quedara definida por una línea perimetral, ver **Imagen 4.18**.

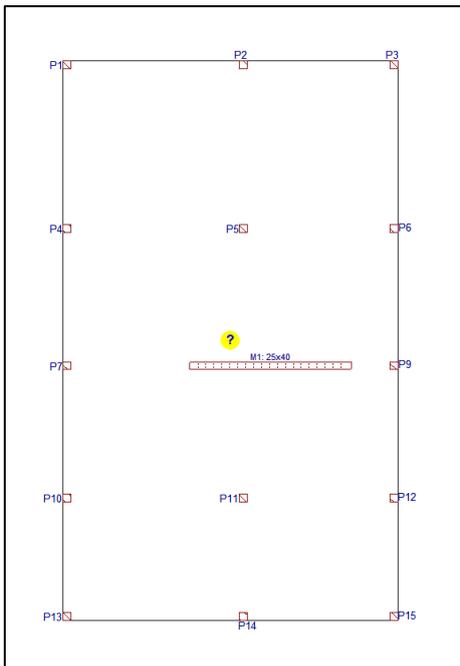


Imagen 4.18. Recorte de pantalla, Planta de cimentación de Cypecad

Para introducir la losa hacemos clic izquierdo en “Paños” en la cinta de opciones superior, se desplegará un menú en el que seleccionamos con clic izquierdo “Gestión paños”, ver **Imagen 4.13**.

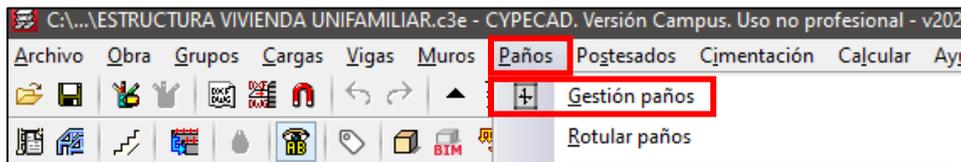


Imagen 4.13. Recorte de pantalla, Paños, Gestión paños

Se abrirá una ventana nueva llamada “Gestión paños” en la que hacemos clic izquierdo en el icono “Entrar paño”, ver **Imagen 4.14**.



Imagen 4.14. Recorte de pantalla, Gestión paños, Entrar paño

En la ventana “Gestión paños”, en la columna de la izquierda marcamos “Losas apoyadas en el terreno”, establecemos el canto, que en este caso según el predimensionamiento que hemos realizado previamente será de 40 cm, hay que introducir los valores de tensiones admisibles del terreno según el estudio geotécnico (En situaciones persistentes: 0’195 MPa y en situaciones sísmicas y accidentales: 0’292 MPa) e introducir el coeficiente de balasto para la losa: 0’207 kN/m³ que hemos calculado anteriormente, la “Dirección del armado” la dejamos marcada por defecto como “Paralelo a una viga”, ya que la planta del edificio es un rectángulo regular, por lo que las armaduras de la losa deben de ir paralelas a las vigas perimetrales del forjado, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.19**, para introducir la losa hacemos clic izquierdo dentro del paño y confirmamos su creación haciendo clic izquierdo de nuevo dentro del paño.

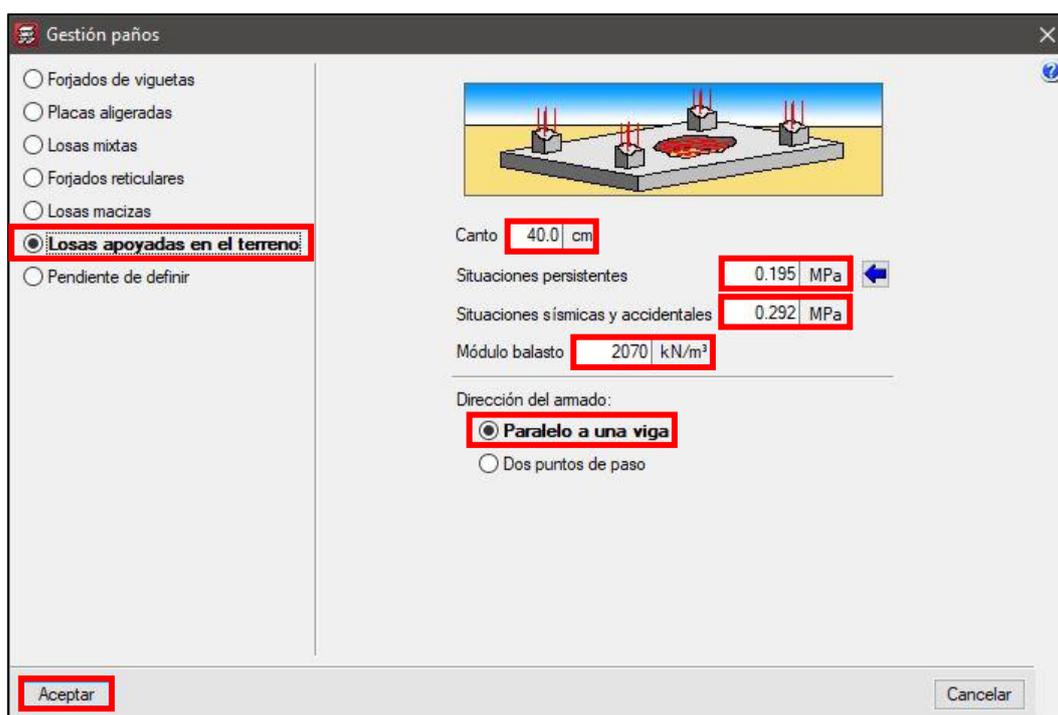


Imagen 4.19. Recorte de pantalla, Gestión de paños, Losas apoyadas en el terreno

Podemos verificar el resultado en la “Vista 3D” de Cypecad, ver **Imagen 4.20**.

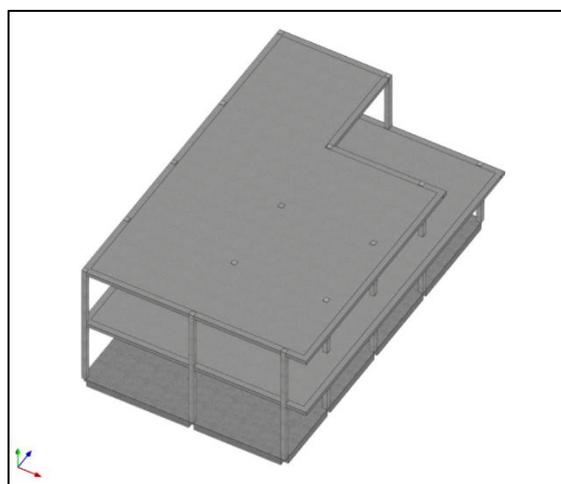


Imagen 4.20. Recorte de pantalla, Vista 3D estructura en Cypecad

4.6. INTRODUCCIÓN DE LOSA DE ESCALERA

Para introducir la escalera debemos de tener abierta la pestaña “Entrada de vigas” y en este caso la vista del grupo de cimentación, hacemos clic izquierdo en “Obra” en la cinta de opciones superior, se desplegara un menu en el que hacemos clic izquierdo en “Escaleras”, ver **Imagen 4.21**.

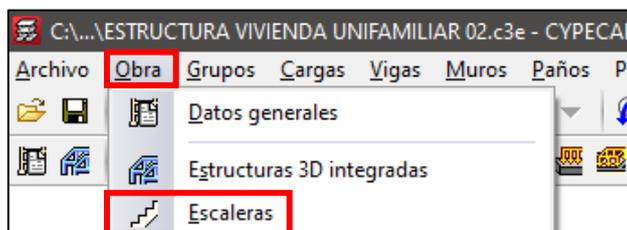


Imagen 4.21. Recorte de pantalla, Obra, Escaleras

Se abra la ventana “Escaleras” y hacemos clic izquierdo en el icono “Nuevo núcleo de escaleras”, ver **Imagen 4.22**.



Imagen 4.22. Recorte de pantalla, Escaleras, Nuevo núcleo de escaleras

Se abra la ventan “Nuevo núcleo de escaleras”, dentro de esta ventana en la pestaña “Datos del núcleo de escaleras” debemos definir algunos parametros de la escalera del proyecto, recomiendo que las dimensiones de los peldaños y la anchura de la escalera cumplan el CTE DB-SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad), para cumplir la normativa y además asegurar que la escalera sea cómoda, definir si la entrega de la escalera en el forjado forma el ultimo escalon, definir si los peldaños son de ladrillo u encofrados en la losa e introducir las cargas debemos que hemos determinado previamente, ver **Imagen 4.23**.

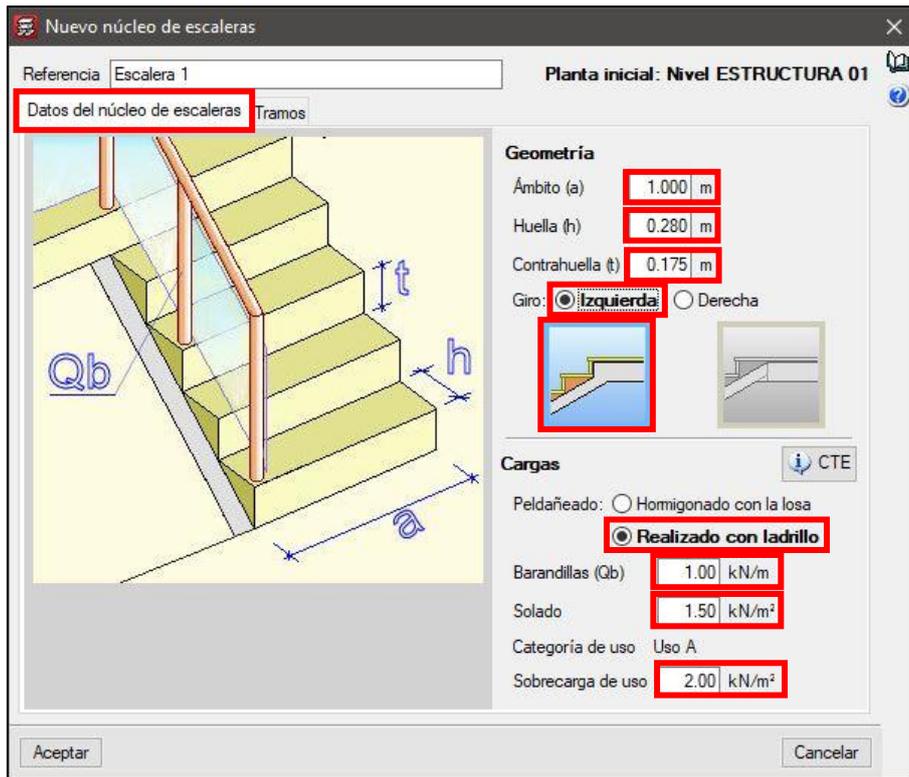


Imagen 4.23. Recorte de pantalla, Nuevo núcleo de escaleras

Dentro de la ventana “Nuevo núcleo de escaleras”, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Tramos” y clic izquierdo en el icono “Añadir”, ver **Imagen 4.24**.

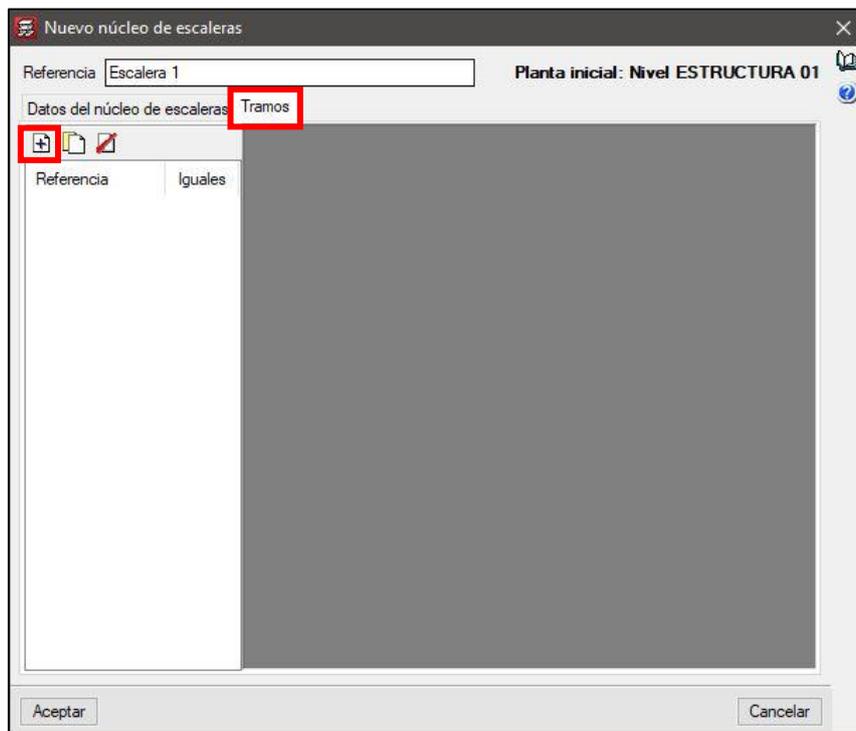


Imagen 4.24. Recorte de pantalla, Nuevo núcleo de escaleras, Añadir

Se abrirá la ventana “Tramo” y hacemos clic izquierdo en el icono “Crear”, ya que los tramos de escalera que vienen definidos por defecto no se adecuan al proyecto, por lo que vamos a crear una escalera personalizada, ver **Imagen 4.25**.

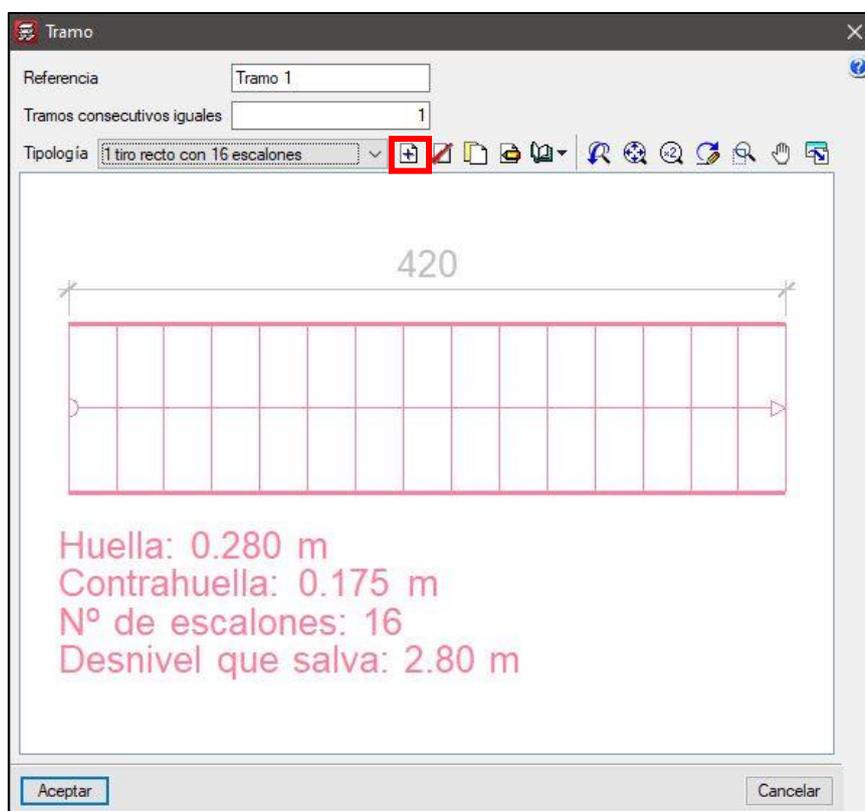


Imagen 4.25. Recorte de pantalla, Tramo, Crear

Se abrirá la ventana “Crear – [Tipologías de escaleras]”, en la que hay que definir parámetros más específicos de la escalera del proyecto:

- “Referencia”: Podemos definir el nombre de la escalera personalizada que vamos a crear.
- “Canto de la Losa”: Hay que marcarlo y definir el espesor de la losa que hemos predimensionado previamente.
- “Desnivel de arranque”: Marcarlo si hay un forjado sanitario o una cámara sanitaria del tipo “Caviti” o similar, ya que la zanca de la escalera tendrá un tramo recto para arrancar desde la cota de cimentación, la medida dependerá de las cotas del proyecto.
- “Forma predefinida”: Debe de estar marcada si la escalera tiene una forma convencional.
- “Tiros rectos”: Debe de estar marcada si todos los tramos de la escalera son rectos.
- Marcar la imagen de la escalera que coincida con la forma de la escalera del proyecto, en este caso marcamos “Dos tiros rectos con meseta de media vuelta”.
- Introducir el número de escalones de cada tiro, hay que calcularlos previamente.
- Introducir el “Ancho del ojo de la escalera”, si no tiene, podemos poner un valor 0.
- Definir si la meseta es libre o se apoya en un muro, en este caso la hemos considerado libre.
- Hacemos clic en “Aceptar” en esta ventana y en las que aparezcan sucesivamente para colocar la escalera en planta.

Para realizar todos estos pasos, ver **Imagen 4.26**.

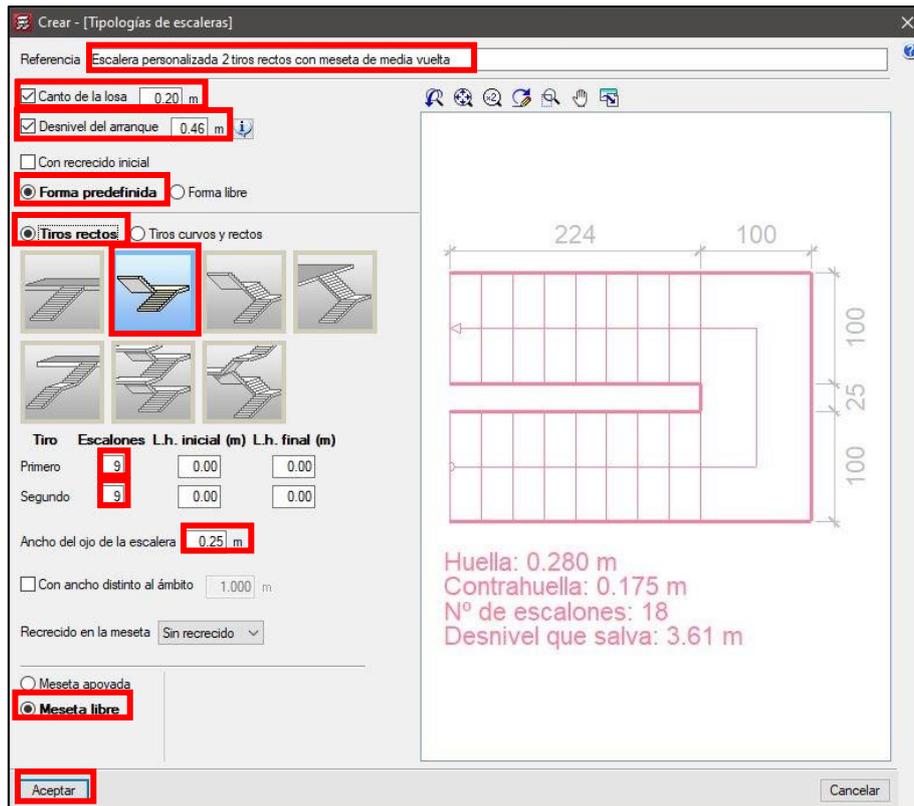


Imagen 4.26. Recorte de pantalla, Crear – [Tipologías de escaleras]

La escalera hay que ubicarla en la planta y ajustarla en planta primera, el borde del último escalón debe de colocarse cerca del borde de la viga en la que desembarca para que el programa reconozca la vinculación de la losa de escalera con el forjado, el arranque de la escalera como se realiza en la losa de cimentación no presentara problemas, la escalera se puede desplazar después de haberla creado para ajustarla a su ubicación definitiva, ver **Imagen 4.27.**

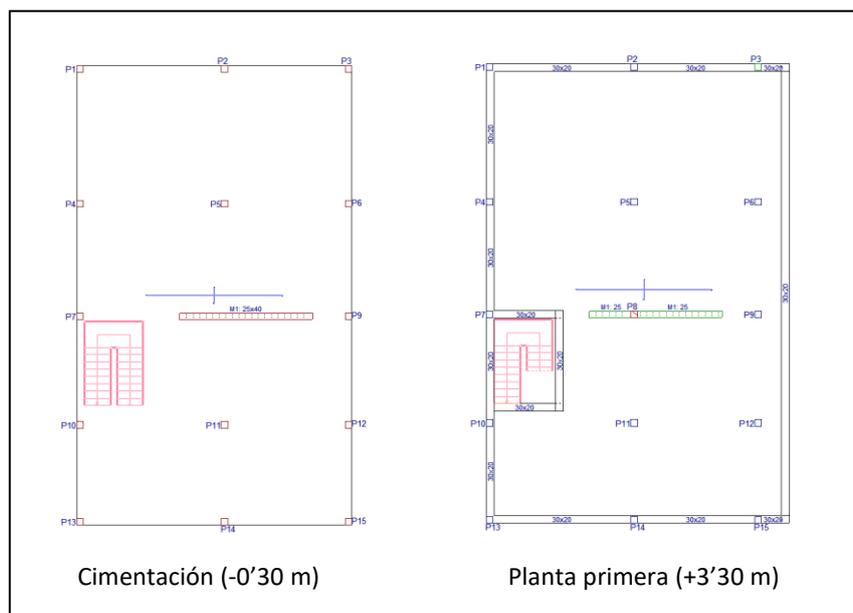


Imagen 4.27. Recorte de pantalla, Vistas plantas con núcleo de escaleras en Cypecad

En la vista 3D de Cypecad podemos verificar que la escalera se ha creado de forma correcta, ver **Imagen 4.28**.

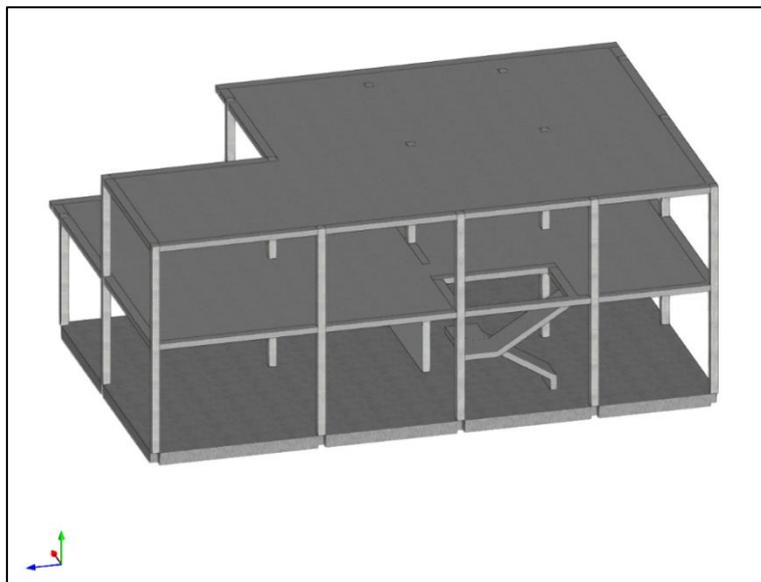


Imagen 4.28. Recorte de pantalla, Vista 3D núcleo de escaleras de Cypecad

4.7. COMPROBAR GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

Es recomendable guardar de vez en cuando el archivo con otro nombre por si se produce algún fallo en el programa y antes de realizar la verificación de la geometría es necesario guardarlo con otro nombre para que en caso de error o daño en el archivo no perdamos el trabajo realizado ya que Cypecad constantemente guarda las modificaciones de forma automática.

Antes de introducir las cargas y proceder al cálculo de la estructura es muy recomendable revisar que la geometría de la estructura no presenta errores que impidan el cálculo, hay que tener abierta la pestaña “Entrada de vigas”, hacer clic izquierdo en “Calcular” en la cinta de opciones de la parte superior, se abrirá un menú desplegable y hacemos clic izquierdo en “Comprobar geometría de todos los grupos”, ver **Imagen 4.29**. Se abrirá una ventana en la que el programa comenzara a realizar las comprobaciones pertinentes, cuando se cierre si hay errores mostrara un listado con los mismos, para que los arreglemos, si todo está bien no se abrirá ventana alguna y podremos continuar introduciendo las cargas en la estructura.

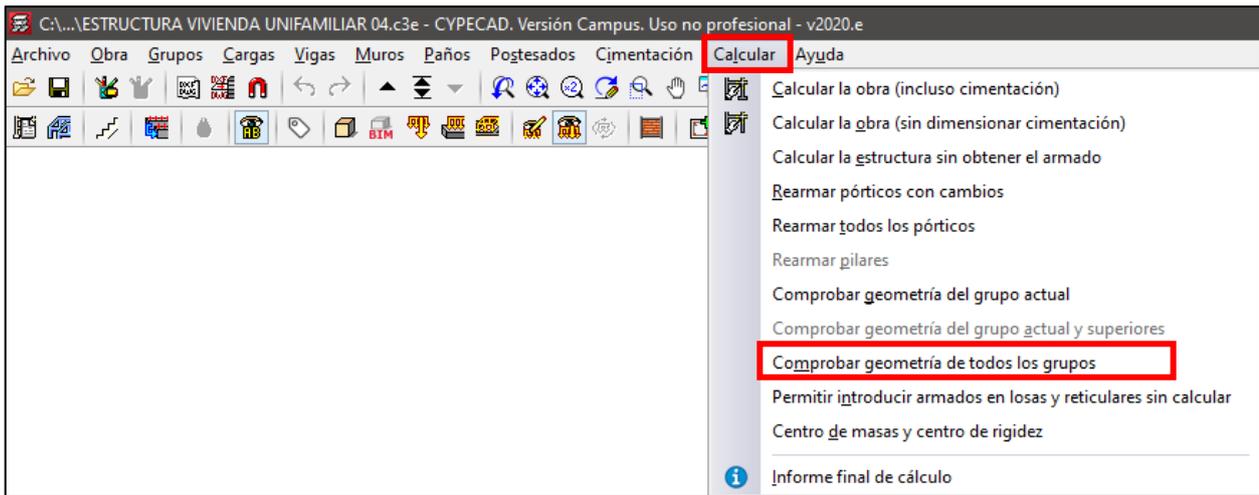


Imagen 4.29. Recorte de pantalla, Calcular, Comprobar geometría de todos los grupos

4.8. INTRODUCCIÓN DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA

Cuando la geometría de la estructura haya quedado definida correctamente procederemos a introducir las cargas en la estructura. Debemos de tener abierto el espacio de trabajo “Entrada de vigas”.

En primer lugar, hay que introducir las cargas superficiales que afecten por igual en cada planta o grupo, para ello hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas en grupos”, ver **Imagen 4.30**.



Imagen 4.30. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas en grupos

Se abre la ventana “Editar grupos”, debemos de introducir en la columna “Q (KN/m²)” las sobrecargas de uso de cada planta y en la columna “CM (KN/m²)” las cargas muertas de cada planta, para finalizar clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.31**. Tener en cuenta que en el nivel 2 las cargas muertas de solería las introduciremos más adelante ya que hay una zona de terraza en la que la carga es mayor. Las cargas quedan de la siguiente forma:

Nivel ESTRUCTURA 03 (Cubierta):

- Q = Sobrecarga de uso cubierta de teja con inclinación inferior a 20°: **1 KN/m²**
- CM = Carga superficial cubierta faldones de teja sobre tabiques palomeros: **3 KN/m²**

Nivel ESTRUCTURA 02 (Planta primera):

- Q = Sobrecarga de uso vivienda unifamiliar planta baja, planta primera y escalera: **2 KN/m²**
- CM = Carga superficial tabiquería planta baja y primera: **1 KN/m²**

Nivel ESTRUCTURA 01 (Cimentación):

- Q = Sobrecarga de uso vivienda unifamiliar planta baja, planta primera y escalera: **2 KN/m²**
- CM = Carga superficial cámara ventilada sistema “Cáviti” tipo “C-30”: 3 KN/m² + Carga superficial planta baja y primera solería con mortero de nivelación: 1 KN/m² = **4 KN/m²**

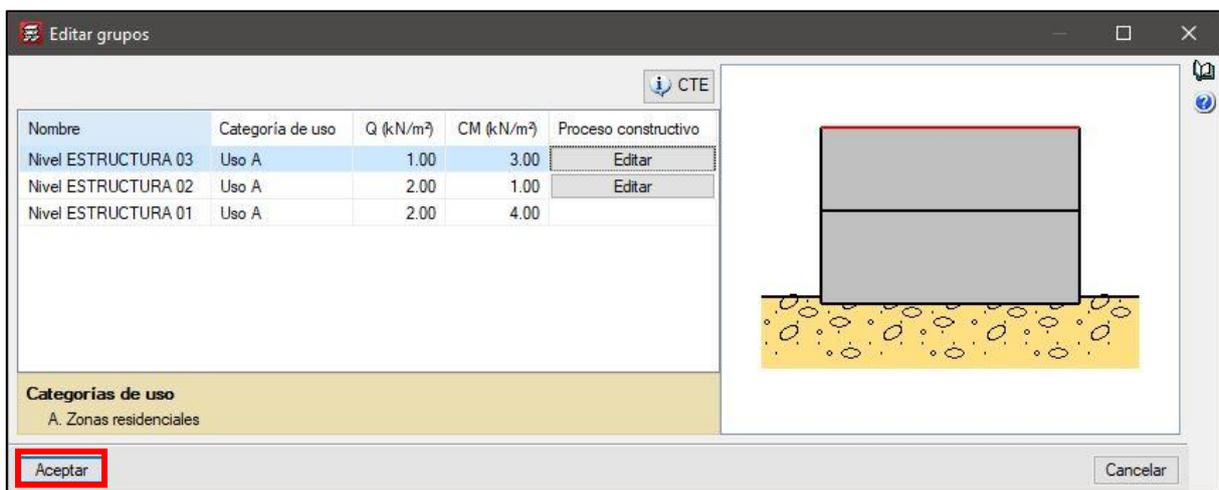


Imagen 4.31. Recorte de pantalla, Editar grupos

Para introducir las cargas muertas de la planta primera, las cuales no son las mismas en toda la planta ya que hay un espacio de terraza, abrimos la vista correspondiente dentro del área de trabajo “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas”, ver Imagen 4.32.



Imagen 4.32. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas

Se abre la ventana “Cargas”, marcamos la opción “Superficial”, introducimos el valor correspondiente (1 kN/m² para las zonas interiores de la planta primera y 2’5 kN/m² para la terraza), la “Hipótesis” debe estar en “Cargas muertas”, para introducir la carga clic izquierdo en “Nueva”, **Imagen 4.33**. Dibujamos el perímetro de la carga sobre el plano de planta y clic derecho para cerrarlo, debemos de hacer este proceso por cada una de las cargas superficiales de la planta, en este caso tenemos dos diferentes la interior de 1 kN/m² y la terraza de 2’5 kN/m².

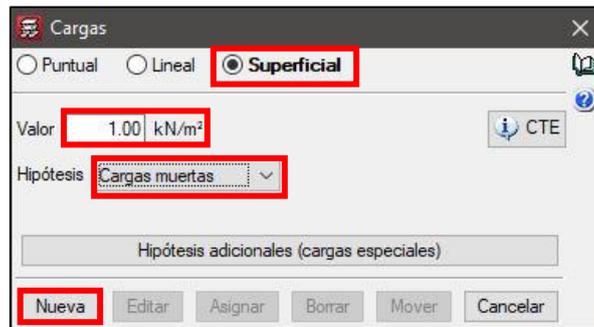


Imagen 4.33. Recorte de pantalla, Cargas, Superficial

Para introducir la sobrecarga de nieve en la planta de cubierta, abrimos la vista de planta correspondiente en el espacio de trabajo “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas superficiales en paños”, ver **Imagen 4.34**.



Imagen 4.34. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas superficiales en paños

Se abre la ventana “Cargas superficiales en paños”, en la cual hacemos clic izquierdo en “Hipótesis adicionales (cargas especiales)”, ver **Imagen 4.35**.

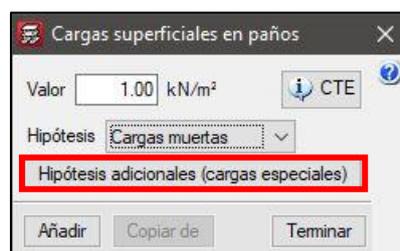


Imagen 4.35. Recorte de pantalla, Cargas superficiales en paños

En la ventana “Hipótesis adicionales (cargas especiales)”, hacemos clic izquierdo en el icono para añadir una hipótesis adicional de “Nieve”, ver **Imagen 4.36**.

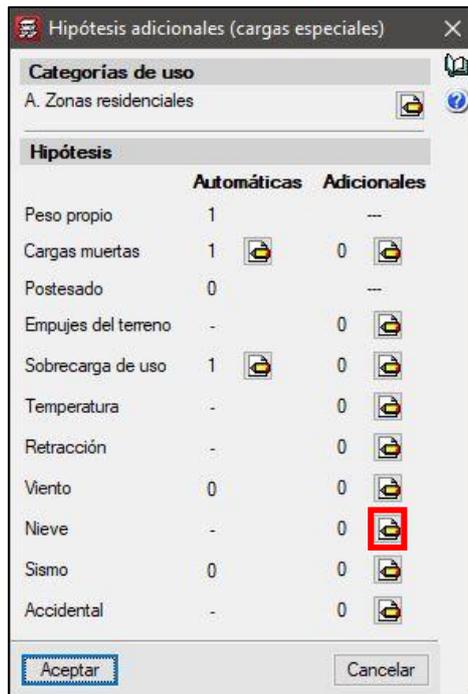


Imagen 4.36. Recorte de pantalla, Hipótesis adicionales (cargas especiales)

Se abre la ventana “Nieve”, hacemos clic izquierdo en “Nueva hipótesis adicional”, ver **Imagen 4.37**.

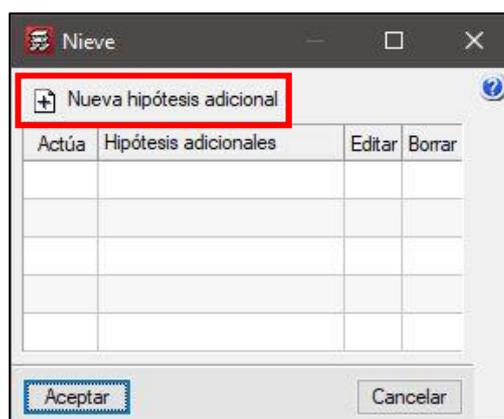


Imagen 4.37. Recorte de pantalla, Nieve

Se abre la ventana “Nueva hipótesis adicional”, clic izquierdo en “Aceptar”, para crear la hipótesis, ver **Imagen 4.38**.

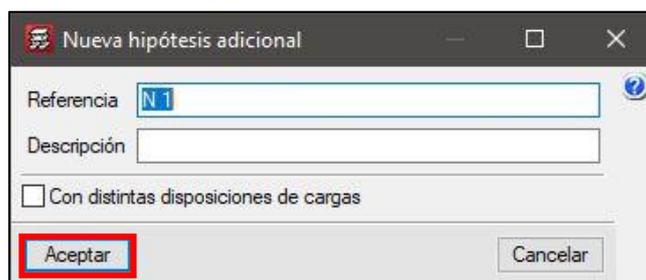


Imagen 4.38. Recorte de pantalla, Nueva hipótesis adicional

Se abre de nuevo la ventana “Nieve”, con la hipótesis nueva cargada, clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ver **Imagen 4.39**.

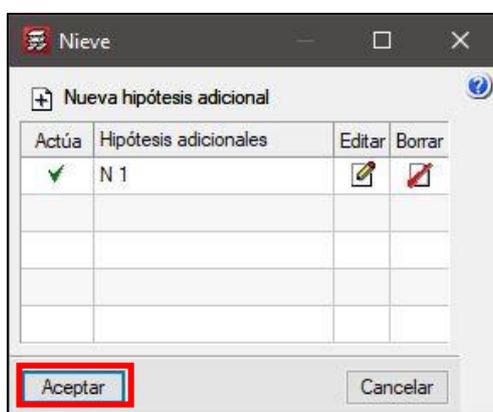


Imagen 4.39. Recorte de pantalla, Nieve

Se abre de nuevo la ventana “Cargas superficiales en paños”, introducimos el valor de la carga de nieve que en este proyecto es 1 kN/m², marcamos la “Hipótesis” N1 que sería la que hemos creado y clic izquierdo en “Añadir”, ver **Imagen 4.40**. Seleccionamos el paño con clic izquierdo y la carga queda asignada. Para introducir la carga de nieve en la terraza de la planta primera, debemos de hacerlo como se ha hecho anteriormente con las cargas muertas distintas en una misma planta solo que asignando la carga a la hipótesis de nieve (N1).

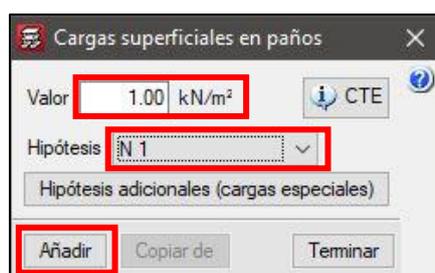


Imagen 4.40. Recorte de pantalla, Cargas superficiales en paños

Para introducir las cargas lineales de cerramiento, abrimos la vista de planta correspondiente en el espacio de trabajo “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas lineales en vigas”, ver **Imagen 4.41**.



Imagen 4.41. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas lineales en vigas

Se abre la ventana “Cargas lineales en vigas”, introducimos el valor de la carga del cerramiento que en este proyecto es de 7 kN/m, marcamos la “Hipótesis” Cargas muertas y hacemos clic izquierdo en “Añadir”, ver **Imagen 4.42**. Seleccionamos las vigas sobre las que va el cerramiento en cada planta para asignar la carga.

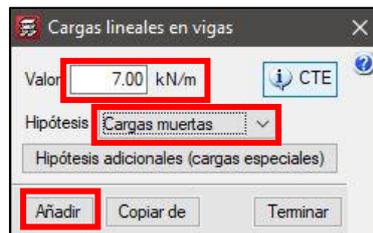


Imagen 4.42. Recorte de pantalla, Cargas lineales en vigas

Para introducir cargas lineales, que no están sobre vigas, hacemos clic izquierdo en “Cargas” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Cargas”, ver **Imagen 4.32**.



Imagen 4.32. Recorte de pantalla, Cargas, Cargas

Se abre la ventana “Cargas”, marcamos la opción “Lineal”, marcamos la opción “Uniforme”, introducimos el valor de la carga y la “Hipótesis”, para introducir la carga hacemos clic izquierdo en “Nueva”, **Imagen 4.43**. Dibujamos la carga en las zonas de la planta en las que en este caso el cerramiento esta directamente sobre el forjado (7 KN/m en hipótesis de Carga muerta). La sobrecarga de uso del voladizo de la terraza hay que introducirla de la misma forma solo que con los parámetros de 2 KN/m en hipótesis de Nieve (N1).



Imagen 4.43. Recorte de pantalla, Cargas, Lineal

Para finalizar la introducción de cargas en el modelo, hacemos clic izquierdo en “Obra” en la cinta de opciones de la parte superior, en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Datos generales”, ver **Imagen 4.44**.

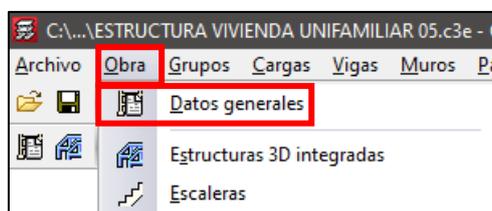


Imagen 4.44. Recorte de pantalla, Obra, Datos generales

Se abre la ventana “Datos generales”, en la que debemos verificar que las normas de cálculo aplicadas son el “Código Técnico de la Edificación y la EHE-08”, verificaremos que el hormigón y el acero de las armaduras se corresponde con el que hemos establecido en las condiciones del proyecto, debemos de activar “Con acción de viento” y “Con acción sísmica” (Ambas se explican a continuación), ver **Imagen 4.45**.

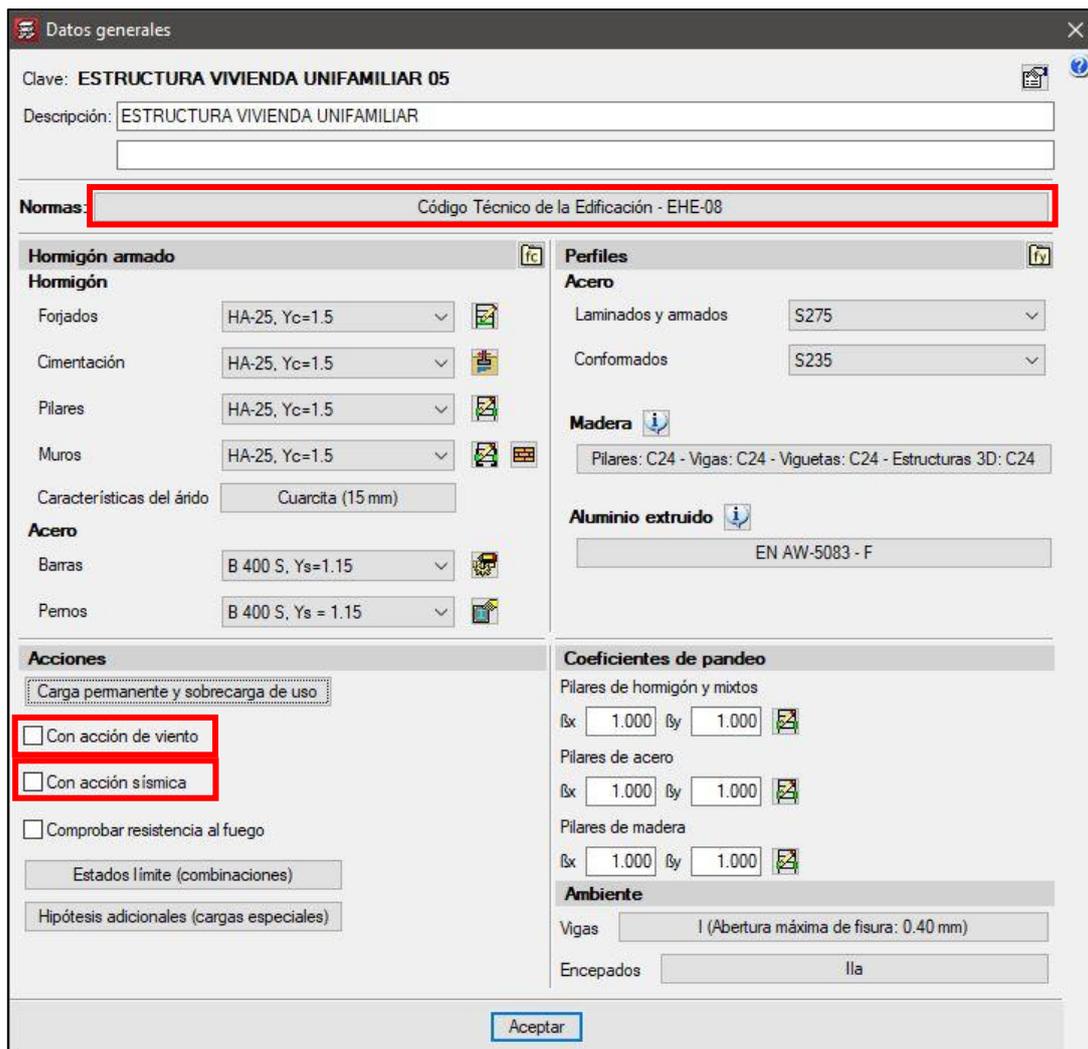


Imagen 4.45. Recorte de pantalla, Datos generales

Cuando activemos “Con acción de viento” se abra la ventana “Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento”, en esta ventana hay que:

- Marcar el país, en este caso España.
- Indicar la normativa para el cálculo en este caso el CTE DB SE-AE.
- Indicar los valores de anchos de banda para el proyecto en este caso: $Y = 17'50$ y $X = 11'50$.
- Indicar la zona eólica que en este caso es la A.
- Indicar el grado de aspereza del entorno que en este caso es IV.

Todos estos datos los debemos de tenerlos previamente y determinarlos según normativa vigente, para finalizar hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 4.46**.

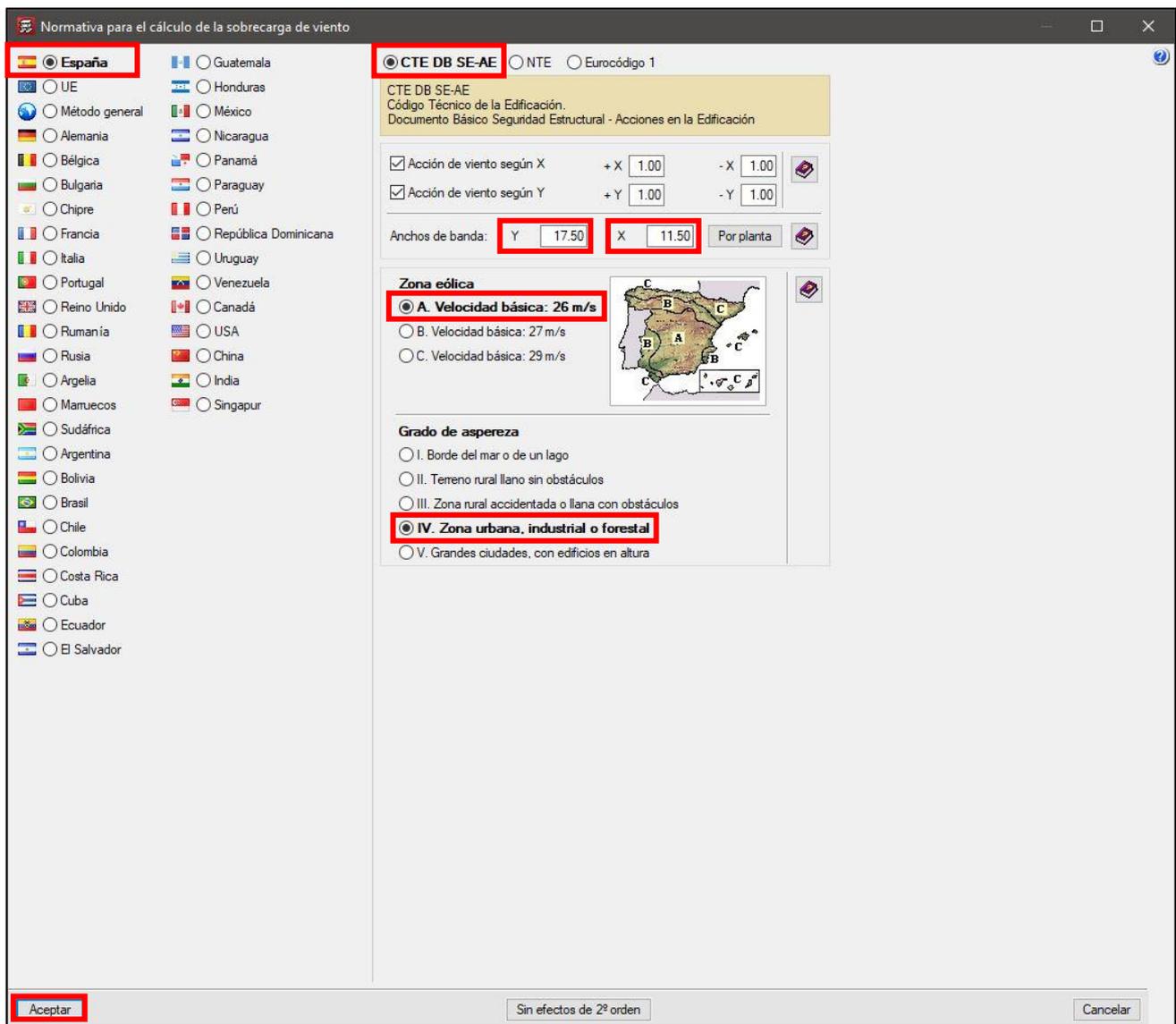


Imagen 4.46. Recorte de pantalla, Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento

Cuando activemos “Con acción de sísmica” se abra la ventana “Normativa para el cálculo de la acción sísmica”, en esta ventana hay que:

- Marcar el país, en este caso España.
- Indicar la normativa para el cálculo en este caso la NCSE-02.
- Indicar los valores de Aceleración básica = 0’06 y de Coeficiente de contribución = 1’00, estos valores los hemos calculado previamente, aunque también puede asignarlos Cypecad de forma automática indicando el municipio del proyecto.
- Indicar el coeficiente de amortiguamiento que será de 5 para estructuras de hormigón compartimentadas, si tenemos duda en el símbolo de ayuda junto al valor nos indica como determinarlo según el tipo de estructura.
- Marcar “Construcciones de importancia normal”.
- Tipo de terreno III según estudio geotécnico.

- Ductilidad baja según NCSE-02 por el tipo de estructura.

EL resto indicar “Según norma” y hacemos clic en “Aceptar” para finalizar, ver **Imagen 4.47**.

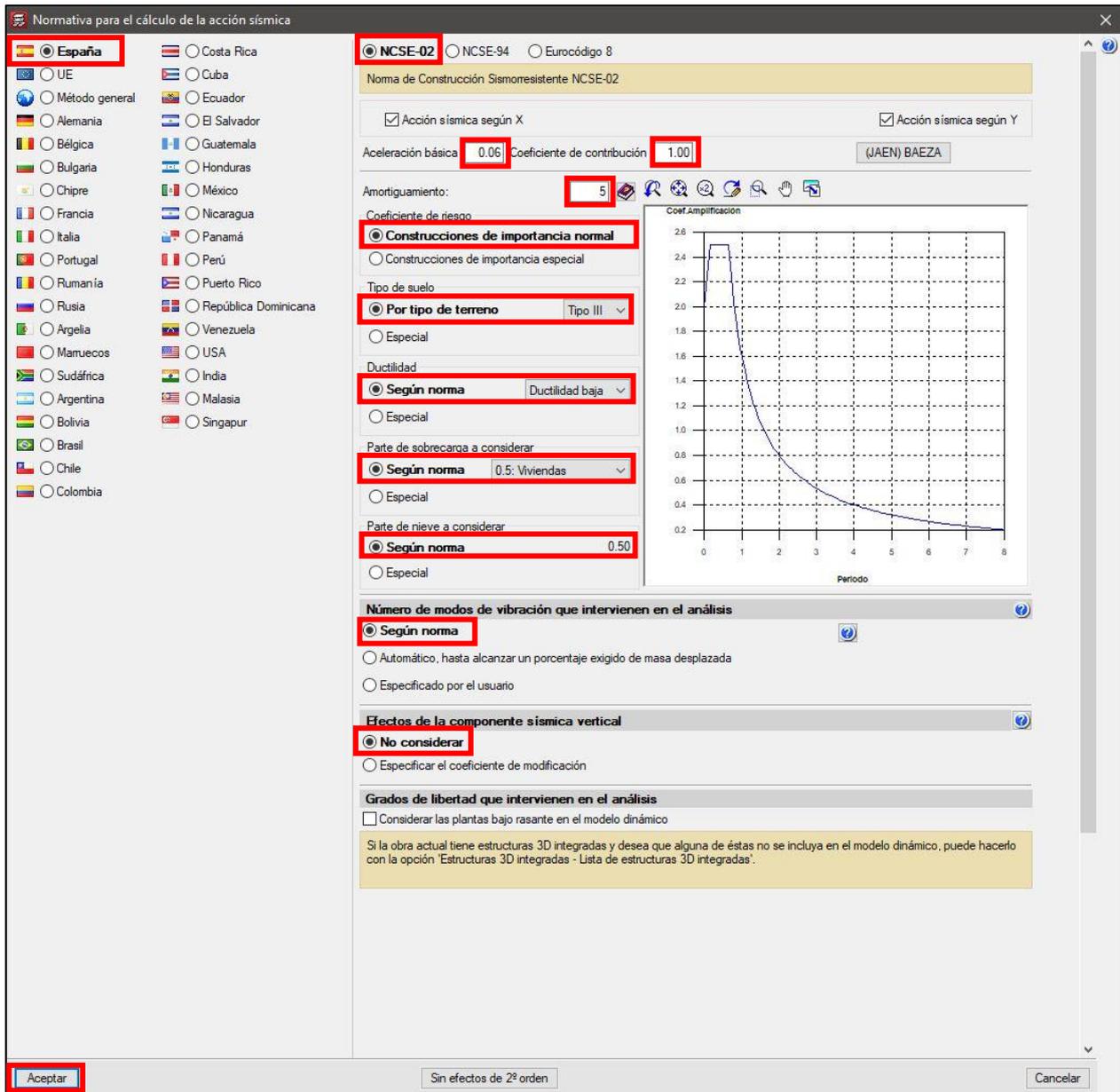


Imagen 4.47. Recorte de pantalla, Normativa para el cálculo de la acción sísmica

Cuando estén introducidas las acciones de viento y sismo la ventana de “Datos generales” quedara tal y como se ve en la **Imagen 4.48**, hacemos clic izquierdo en “Aceptar” para guardar los cambios.

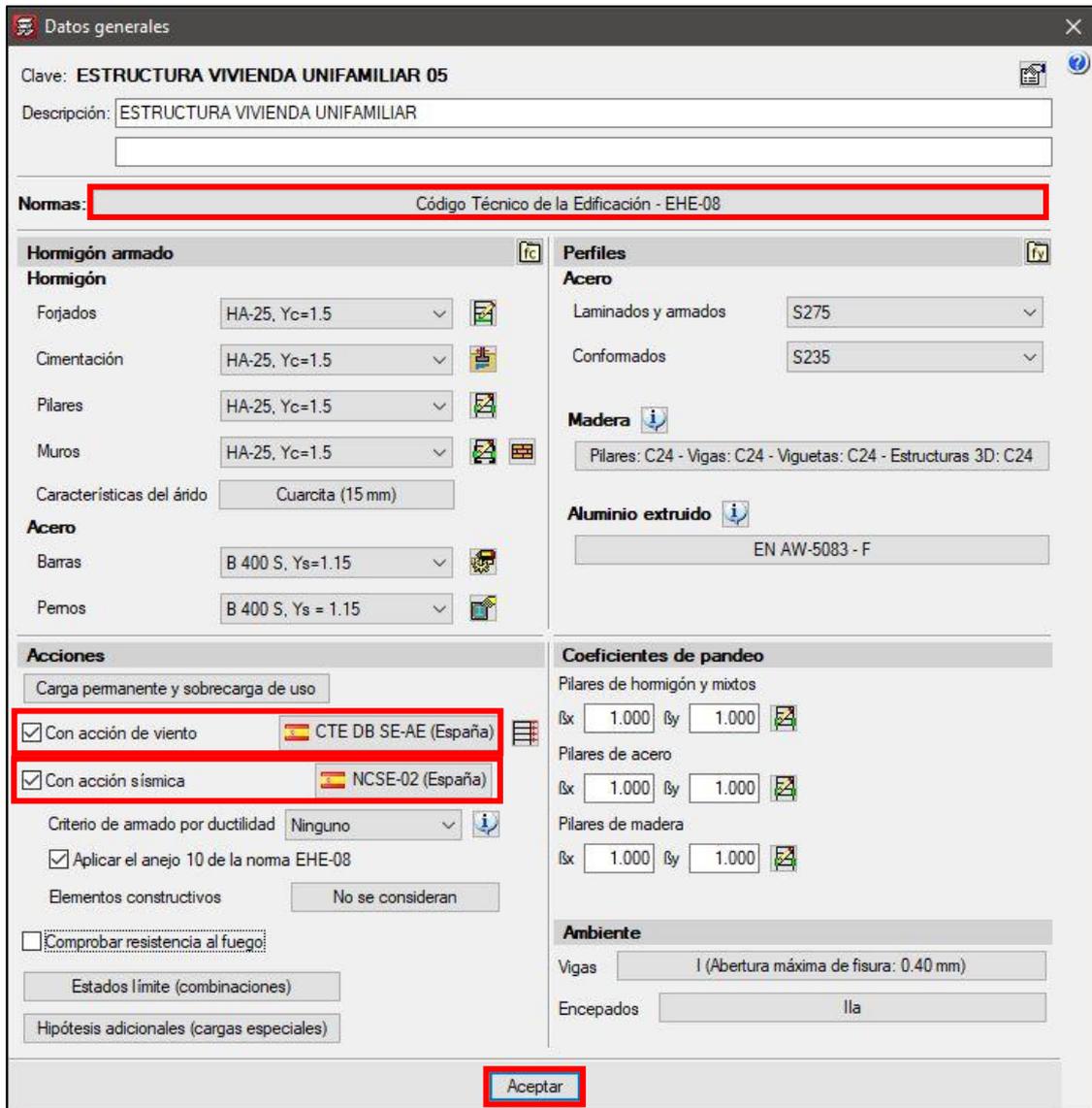


Imagen 4.48. Recorte de pantalla, Normativa para el cálculo de la acción sísmica

CÁLCULO DE LA OBRA

Cuando la obra este con todas las cargas asignadas y sin errores en la geometría de la misma es el momento de proceder al cálculo de la estructura (recomiendo guardar el archivo con otro nombre por si se produjeran errores del programa durante el cálculo), para ello debemos de estar en el espacio de trabajo de “Entrada de vigas”, hacemos clic izquierdo en “Calcular” en la cinta de opciones superior, se desplegara un menú en el que hacemos clic izquierdo en “Calcular la obra (incluso cimentación)”, ver **Imagen 4.49**, el programa comenzara el proceso de cálculo y al finalizar aportara un informe final de cálculo en el que se indicaran los problemas que presenta la estructura para cumplir con los requisitos de estado límite último y estado límite de servicio, así como la normativa de aplicación.

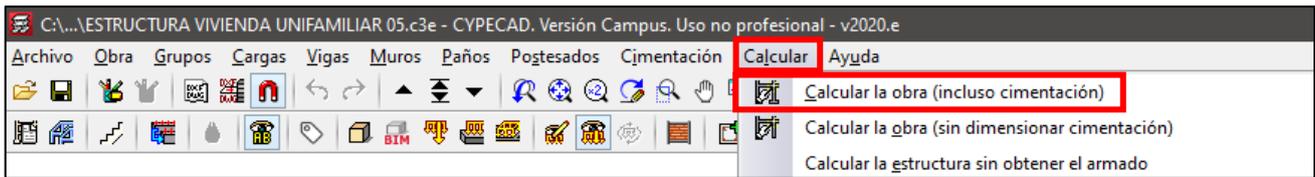


Imagen 4.49. Recorte de pantalla, Calcular, Calcular la obra (incluso cimentación)

Tened en cuenta que en forjados bidireccionales de tipo reticular y losa el programa no comprueba las flechas según normativa por lo que debemos comprobarlas manualmente verificando los valores que, si los da el programa, el resto de errores de armado y de dimensionamiento debemos de corregirlos modificando las armaduras y en algunos casos las dimensiones de los pilares y de los forjados.

La corrección de errores de armado y la optimización de la estructura es un proceso complejo y laborioso el cuál no he incluido en este manual.

5. INTEROPERABILIDAD CON EL MODELO BIM

5.1. GENERAR IFC CON BIMSERVER.CENTER DESDE CYPECAD

Para exportar la estructura en formato IFC 4 a Revit utilizaremos el plugin Open BIM. Desde Cypecad hacemos clic izquierdo en “Archivo”, se desplegara un menu y hacemos clic izquierdo en “BIMserver.center” y se desplegara otro menu en el que hacemos clic en “Exportar”, ver **Imagen 5.1**.

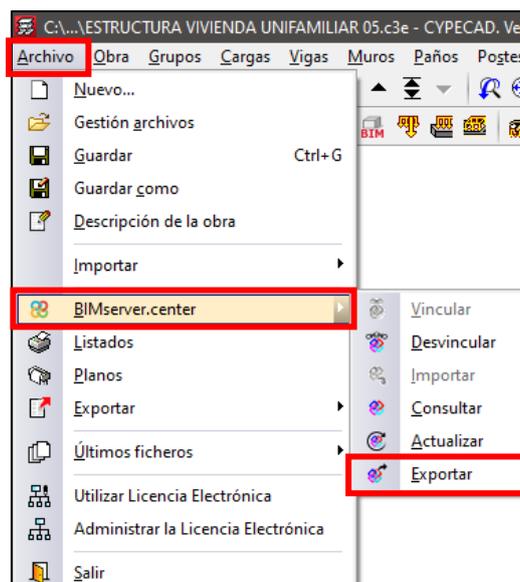


Imagen 5.1. Recorte de pantalla, Calcular, Archivo, BIMserver.center, Exportar

Se abrirá la ventana “Fichero para exportación en formato IFC”, hay que nombrar el archivo IFC que vamos a crear, el cual se guardara en la nube de “BIMserver center”, definir como queremos que se exporte la unión entre los extremos superiores de los pilares con el forjado, la opción que viene marcada por defecto es la que se adecua a este proyecto, por lo que no la modificamos, las opciones de “Modelo analítico” e “Hipótesis persistentes o transitorias” no es necesario que las marquemos, ya que Revit no leerá este tipo de información, finalizamos haciendo clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 5.2**.

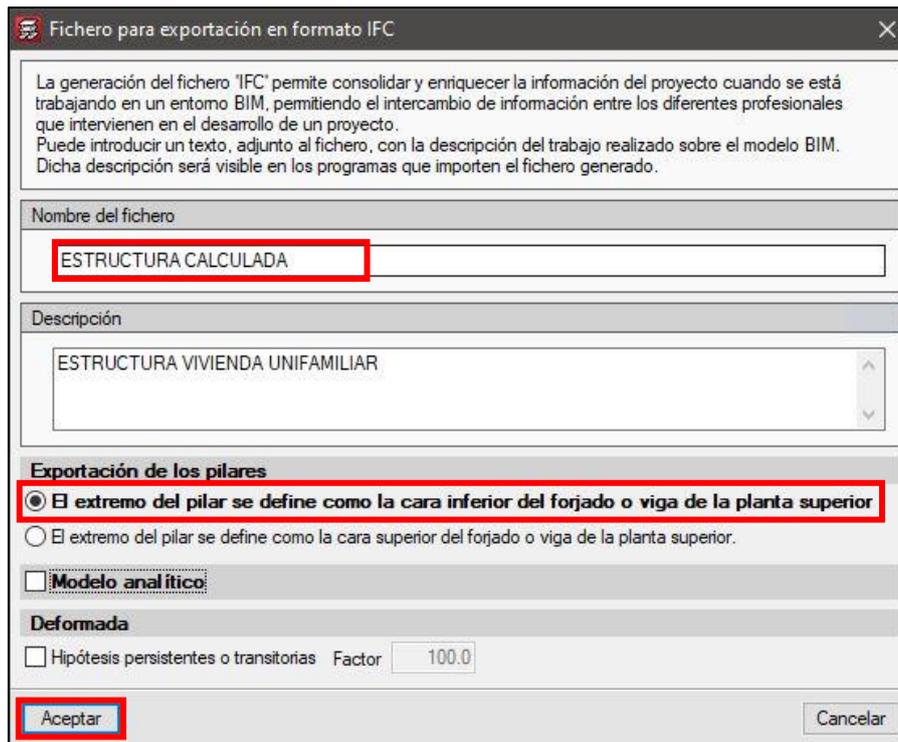


Imagen 5.2. Recorte de pantalla, Fichero para exportación en formato IFC

Si la exportación se ha realizado correctamente se abrirá la ventana “Información” indicando que la exportación ha finalizado, hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, ver **Imagen 5.3**. El modelo en formato IFC 4 estará ya cargado en nuestra cuenta de “BIMserver Center”.

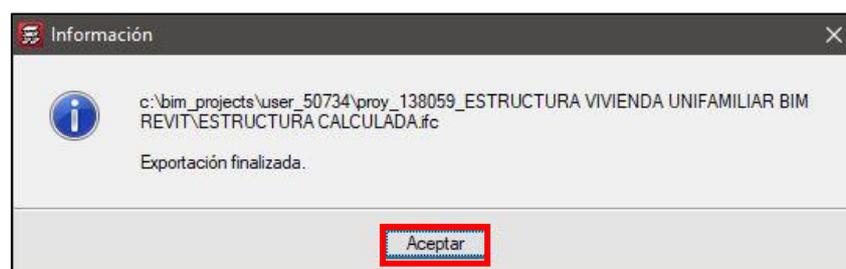


Imagen 5.3. Recorte de pantalla, Información

5.2. IMPORTAR IFC DE LA ESTRUCTURA EN REVIT

Abrimos el proyecto de Revit que creamos inicialmente y usamos como base para crear el archivo de calculo de estructura de Cypecad, para cargar en el modelo BIM el archivo IFC 4 de la estructura que hemos generado desde “Cypecad”. Hacemos clic izquierdo en “Complementos” en la cinta de opciones superior de Revit, hacemos clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y en el menu que se despliega hacemos clic izquierdo en “Consultar estado del proyecto”, ver **Imagen 5.4**.

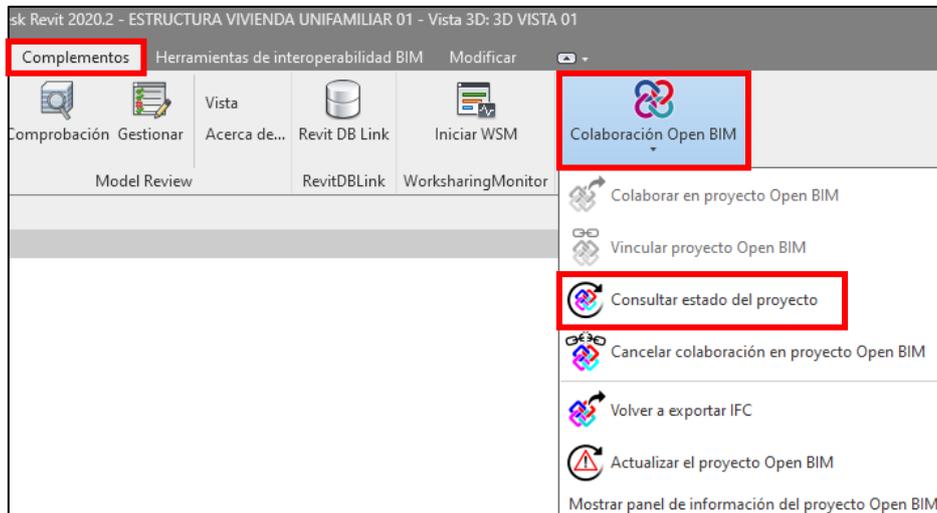


Imagen 5.4. Recorte de pantalla, Colaboración Open BIM, Consultar estado del proyecto

Se abrirá la ventana “Actualizar proyecto Open BIM” y aparecerá una lista de los archivos IFC que hay alojados en nuestra cuenta de BIMserver center, marcamos el archivo de la estructura del proyecto que ha sido creado con Cypecad y hacemos clic en “Aceptar” para cargar el archivo, ver **Imagen 5.5**.

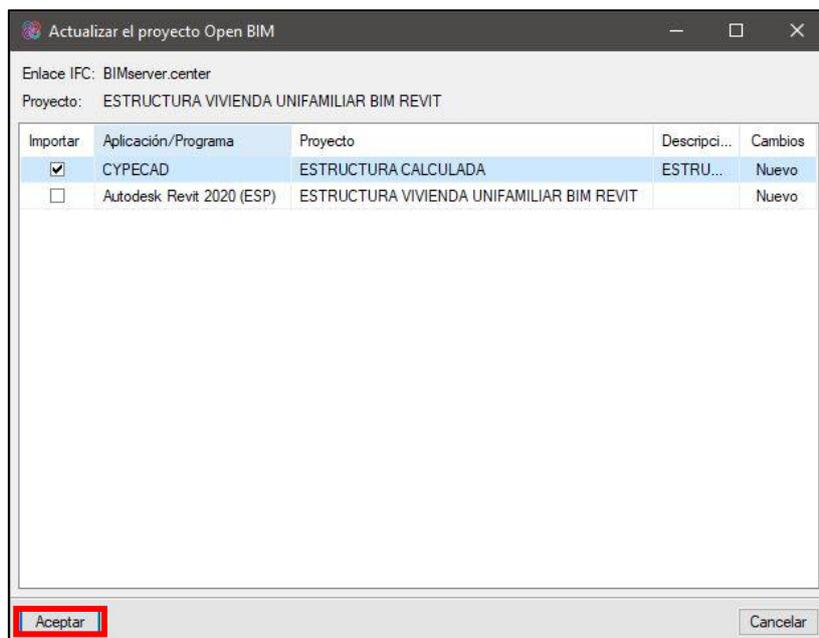


Imagen 5.5. Recorte de pantalla, Actualizar el proyecto Open BIM

Cuando el archivo se haya cargado totalmente en la ventana de “Colaboración Open BIM”, junto al “Navegador de proyectos” aparecerá en la lista de “Vínculos IFC” el nombre del archivo IFC que hemos cargado, ver **Imagen 5.6**.

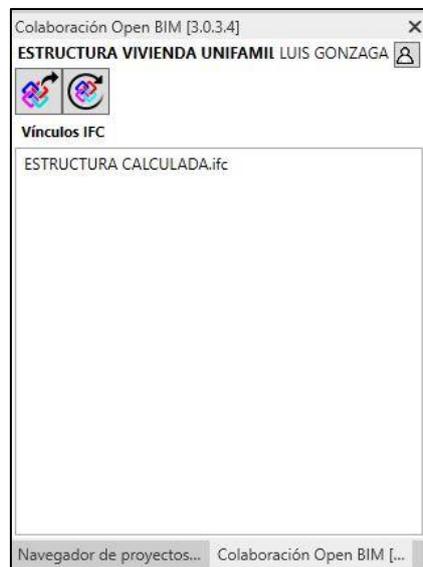


Imagen 5.6. Recorte de pantalla, Ventana colaboración Open BIM

En la vista 3D de Revit podemos ver la estructura junto con el resto de elementos del modelo BIM, llegados a este punto el siguiente paso sería verificar que los elementos estructurales y de acabado se relacionan de forma coherente sin interferencias, ver **Imagen 5.7**. Cuando se haya realizado este paso hay que suprimir los pilares que creamos inicialmente en el modelo BIM en Revit ya que sino quedarán solapados con la estructura que hemos importado al modelo.

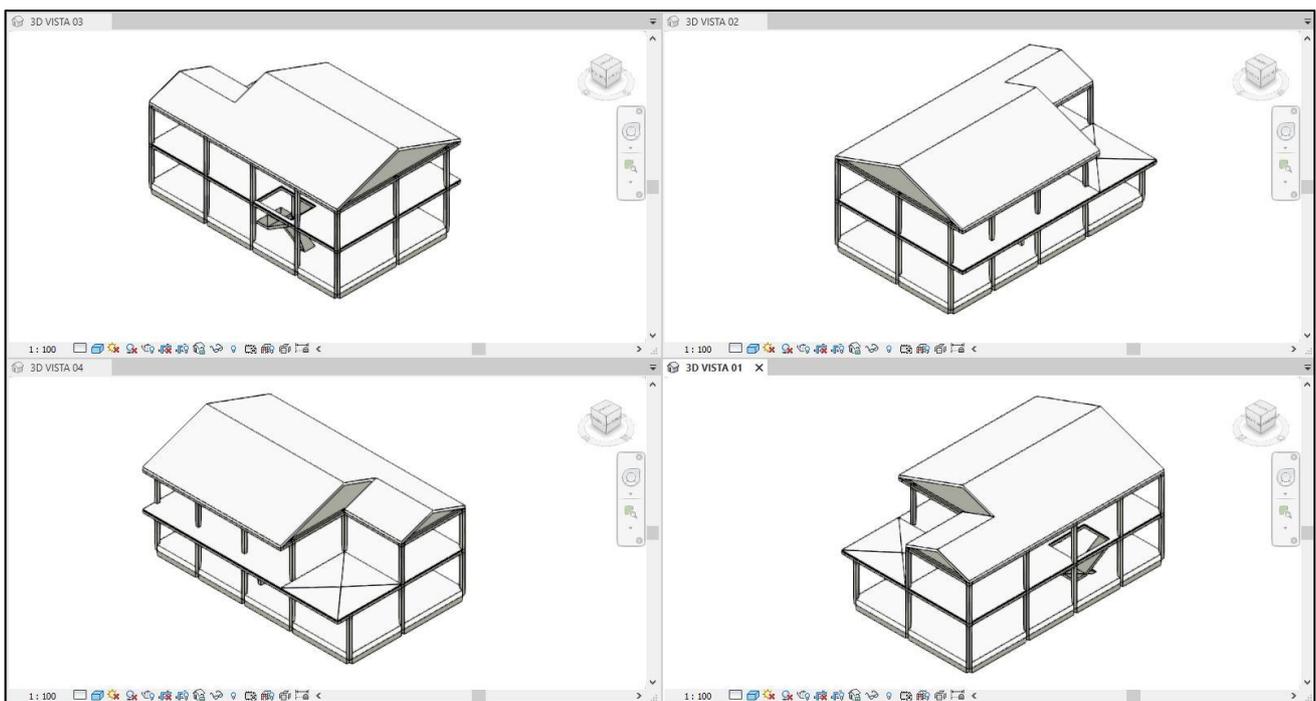


Imagen 5.7. Recorte de pantalla, Vistas 3D Revit de la estructura IFC importada de Cypecad

5.3. ACTUALIZAR MODIFICACIONES DEL MODELO BIM DE REVIT EN CYPECAD

En el caso de que realicemos alguna modificación en el proyecto en BIM desde Revit como podría ser por ejemplo un hueco en el forjado podemos actualizar el archivo que esta cargado en la nube de BIMserver.center y volver a actualizarlo en Cypecad. Para ello en Revit hacemos clic izquierdo en la pestaña “Complementos” en la cinta de opciones superior, clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Volver a exportar IFC”, ver **Imagen 5.8**.

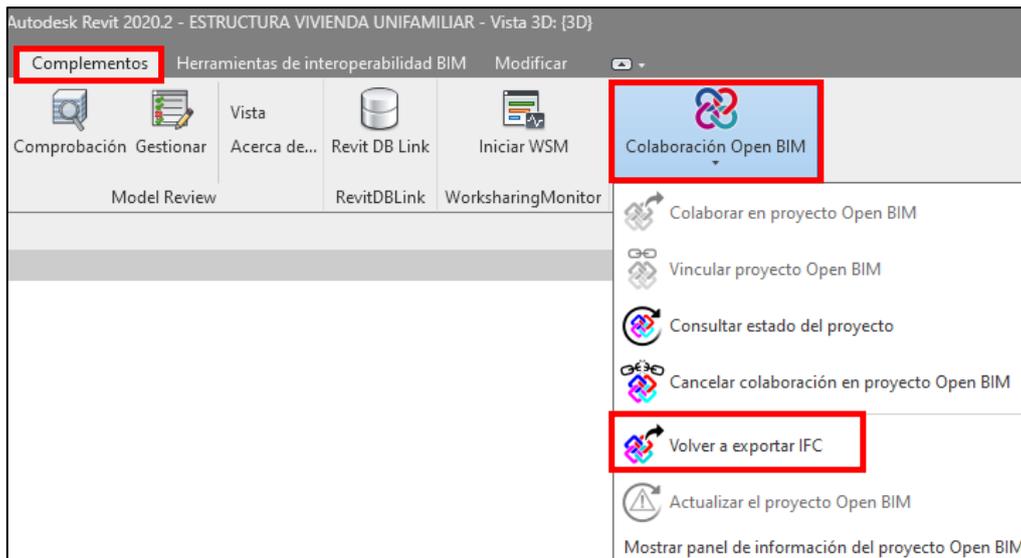


Imagen 5.8. Recorte de pantalla, Colaboración Open BIM, Volver a exportar IFC

Se abre la ventana de “Opciones de exportación a IFC por si que queremos modificar los datos que se van a importar para este caso recomiendo dejarlo todo por defecto, hacemos clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ver **Imagen 5.9**.



Imagen 5.9. Recorte de pantalla, Opciones de exportación a IFC

Se abrirá la ventana “Selección de vínculos a exportar a IFC” y aparecerá marcado el archivo que exportamos la primera vez, nos aseguramos de que este marcado y hacemos clic izquierdo en “Aceptar”, después de eso el programa actualizará el archivo y lo cargará en la nube de BIMserver.center, ver **Imagen 5.10**.

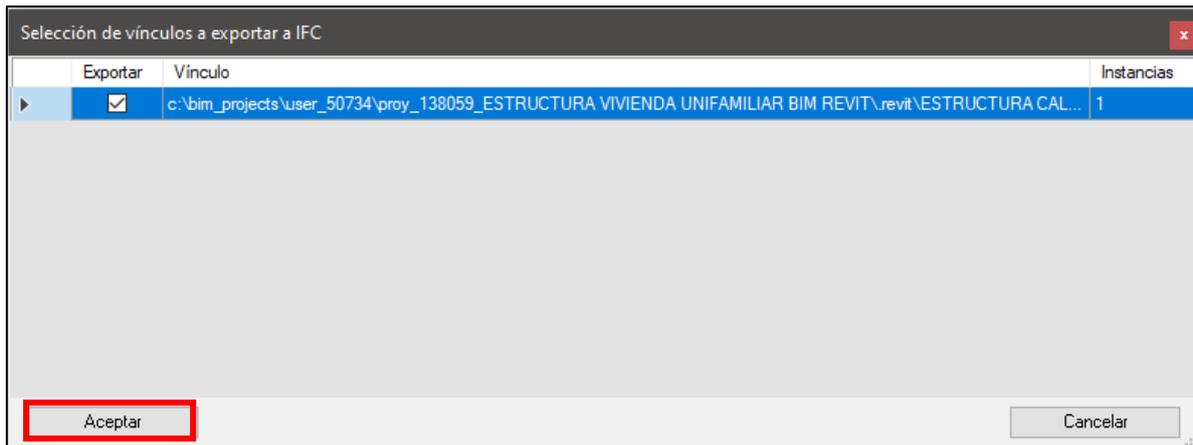


Imagen 5.10. Recorte de pantalla, Selección de vínculos a exportar a IFC

Una vez que hemos actualizado el archivo desde Revit, abrimos el programa Cypecad y el archivo de la estructura hacemos clic izquierdo en “Archivo”, se desplegara un menu y hacemos clic izquierdo en “BIMserver.center” y se desplegara otro menu en el que hacemos clic en “Actualizar”, ver **Imagen 5.11**.

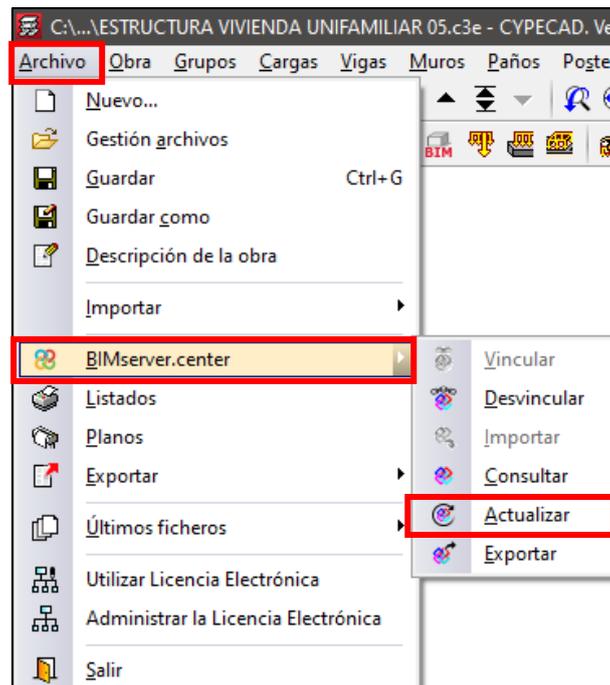


Imagen 5.11. Recorte de pantalla, BIMserver.center, Actualizar

Se abrirá la ventana “Actualizar el modelo BIM”, para avanzar hacemos clic izquierdo en “Siguiente”, al igual que hicimos al crear el archivo de la estructura al principio, en las ventanas que van apareciendo podemos indicar que elementos queremos importar, en la última ventana hacemos clic izquierdo en “Terminar”, para que el archivo se actualice, ver **Imagen 5.12**. Si por ejemplo hemos

modificado el contorno de los forjados con un hueco en Cypecad la plantilla del forjado correspondiente se modificará para que nos sirva de referencia a la hora de modificar la estructura del forjado.

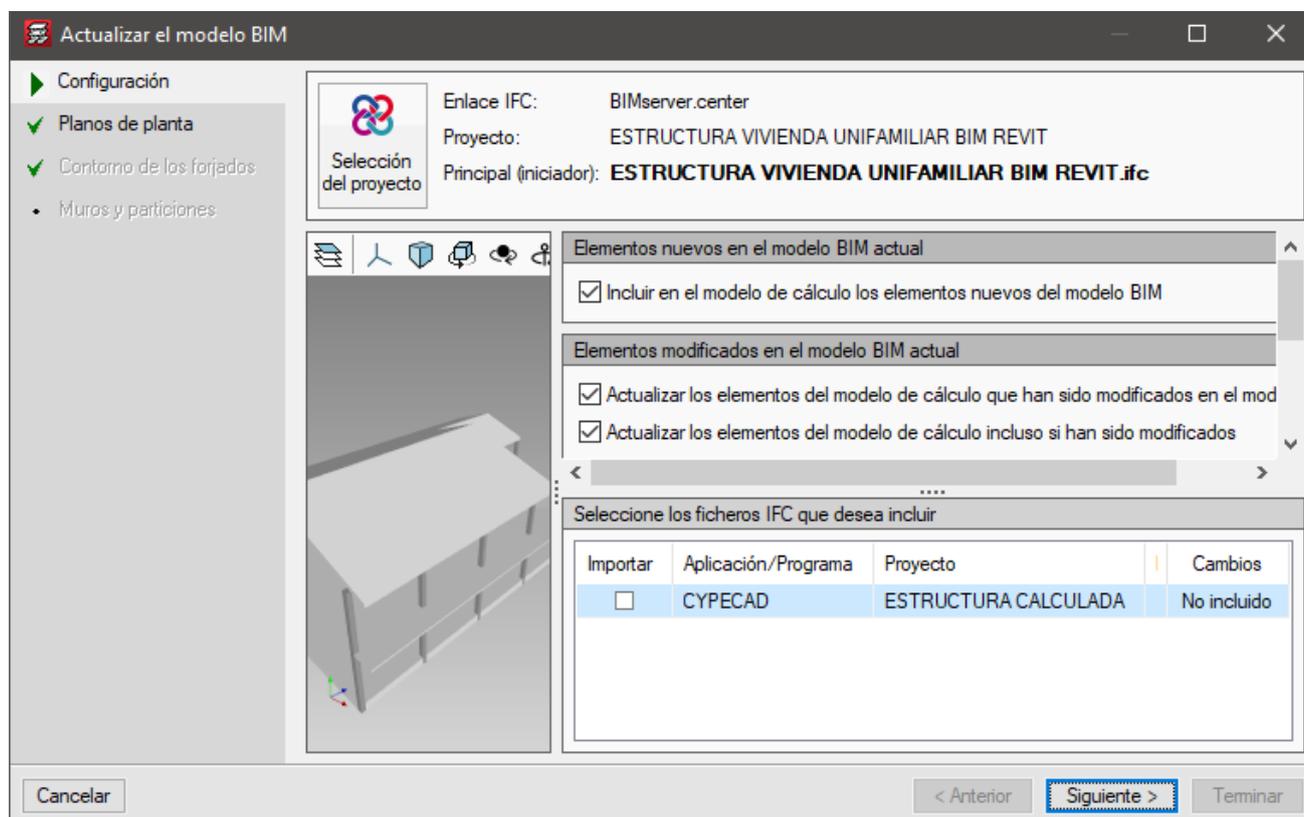


Imagen 5.12. Recorte de pantalla, Actualizar el modelo BIM

5.4. ACTUALIZAR MODIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA DE CYPECAD EN REVIT

En el caso de que realicemos alguna modificación en la estructura en Cypecad, para actualizar la estructura en Revit, desde el programa Cypecad hacemos clic izquierdo en “Archivo”, se desplegara un menu y hacemos clic izquierdo en “BIMserver.center” y se desplegara otro menu en el que hacemos clic en “Exportar”, ver **Imagen 5.1**.

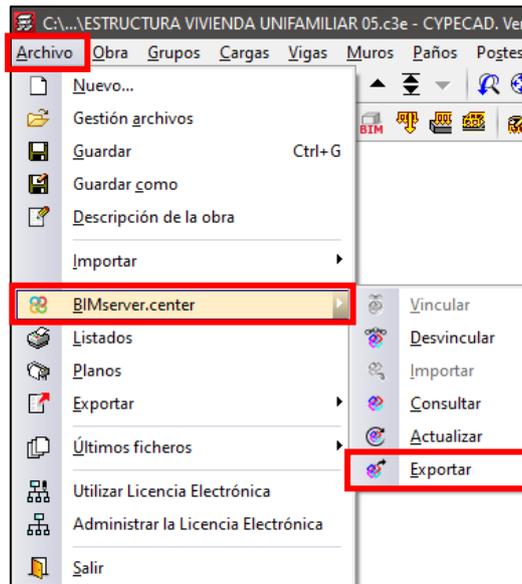


Imagen 5.1. Recorte de pantalla, Calcular, Archivo, BIMserver.center, Exportar

Se abre la ventana “Fichero para exportación en formato IFC”, hay que asegurarse que el nombre del fichero que introducimos coincide con el nombre que le dimos la primera vez que exportamos el archivo, hacemos clic izquierdo en “Aceptar” para continuar, ver Imagen 5.2.

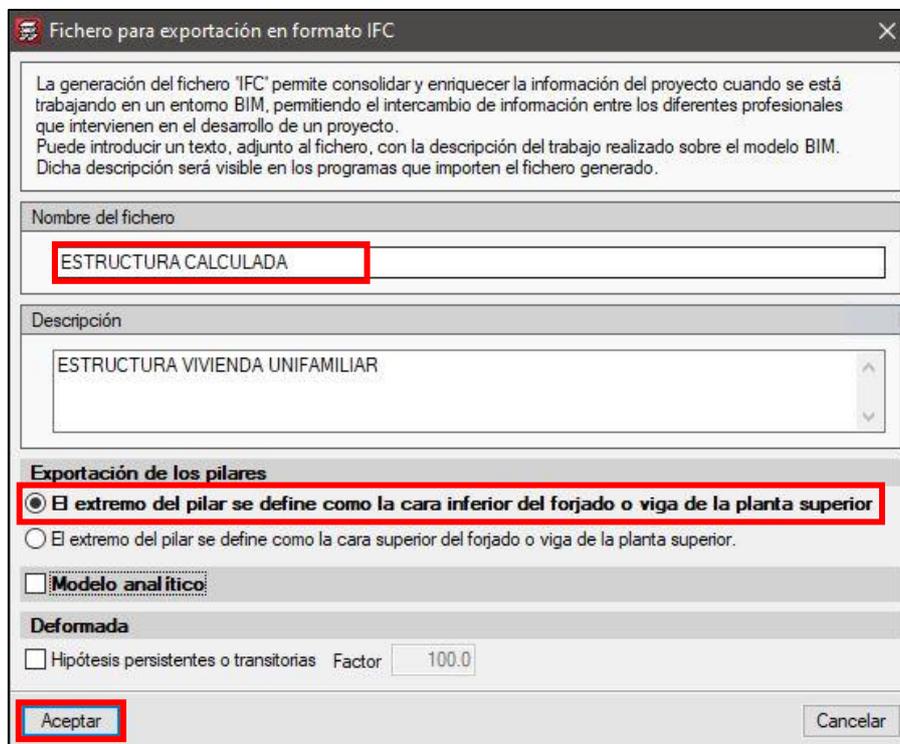


Imagen 5.2. Recorte de pantalla, Fichero para exportación en formato IFC

Si el nombre coincide nos preguntara si deseamos sobrescribir el archivo, hacemos clic izquierdo en “Sí”, ver **Imagen 5.13**.

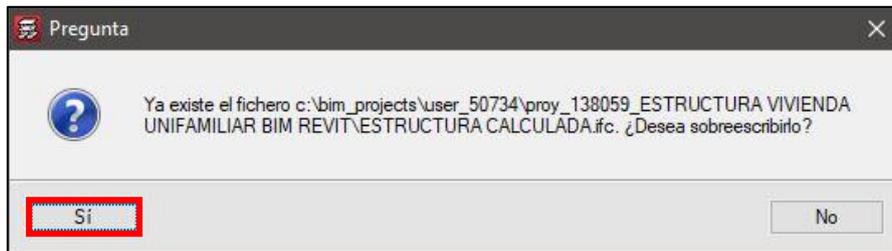


Imagen 5.13. Recorte de pantalla, Pregunta

Cuando finalice el proceso si se ha realizado correctamente aparecerá la ventana “Información”, hacemos clic en “Aceptar” para continuar, ver **Imagen 5.03**.

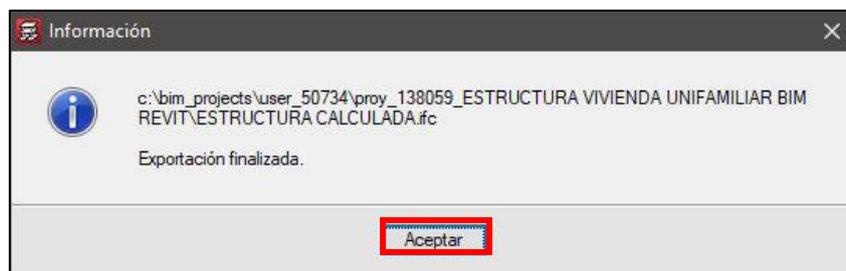


Imagen 5.3. Recorte de pantalla, Información

Cuando hayamos exportado el archivo abrimos el modelo BIM en Revit, hacemos clic izquierdo en la pestaña “Complementos” en la cinta de opciones superior, clic izquierdo en “Colaboración Open BIM” y en el menú que se despliega hacemos clic izquierdo en “Consultar estado del proyecto”, ver **Imagen 5.4**.

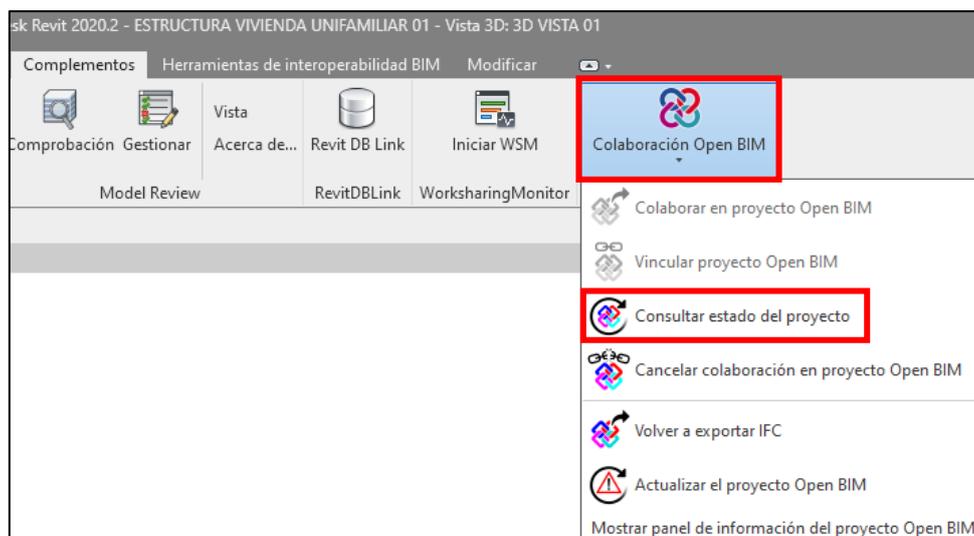


Imagen 5.4. Recorte de pantalla, Colaboración Open BIM, Consultar estado del proyecto

Se abre la ventana "Actualizar el proyecto Open BIM", debe de estar marcado el archivo de la estructura que esta en el modelo, podemos observar que en la columna "Cambios" nos indica "Con cambios" porque lo hemos modificado en Cypecad, hacemos clic izquierdo en "Aceptar", el programa comenzara el proceso de carga y el archivo se actualizara con las modificaciones de la estructura, ver **Imagen 5.14**.

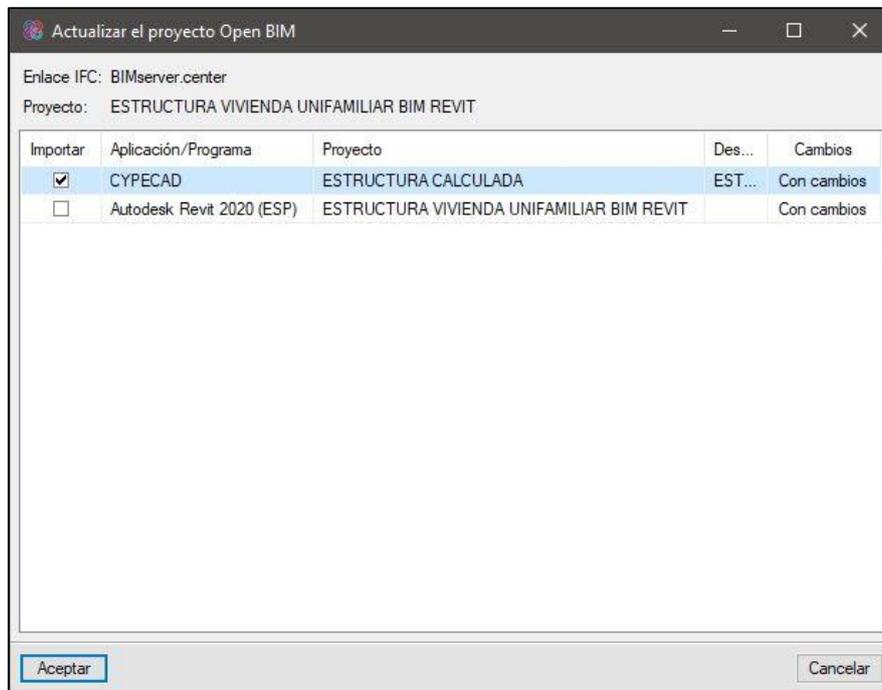


Imagen 5.14. Recorte de pantalla, Actualizar el proyecto Open BIM