

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público.

Autor: Rafael Mensua Santisteban

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha

Miguel Ángel López López

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Industrial

Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público.

Autor:

Rafael Mensua Santisteban

Tutores:

Miguel Ángel López López

Cotutor

María Gloria del Río Cidoncha

Profesora titular

Dpto. Ingeniería Gráfica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021

Trabajo Fin de Máster: Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público.

Autor: Rafael Mensua Santisteban

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha
Miguel Ángel López López

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

*A todo aquel que un día me animó
con una simple sonrisa, porque
los pequeños detalles hacen
grandes rasgos.*

Agradecimientos

Estas palabras son los agradecimientos finales que realizo como estudiante universitario. Han sido más de 7 años maravillosos en los que la experiencia del camino ha sido el mayor recuerdo personal que me llevo.

Por otro lado, estaré eternamente agradecido a mis amigos, pilar fundamental a lo largo de mi vida y más especialmente en los momentos amargos, donde han estado conmigo en todo momento. Tampoco quería olvidarme de la familia que he formado aquí viviendo en Sevilla en el Colegio Mayor San Juan Bosco, compañeros y amigos con los que he vivido la mayor parte de mi vida universitaria y con los que he disfrutado esta bonita ciudad, guardando recuerdos que estarán grabados en mi retina para el resto de mis días. No me quiero dejar tampoco a todas esas personas que escucharon la palabra “TFM” tantas veces de mi boca durante este último año, a mis compañeros de piso estos años y a mis amigos de Padova, de los cuales me llevo recuerdos imborrables de la experiencia Erasmus.

Agradecimiento a los maestros que han hecho que esté aquí hoy, especialmente en este caso a Miguel Ángel López López por ayudarme tantísimas horas en el desarrollo y aprendizaje durante este proyecto, siendo paciente y siempre atento.

Mi agradecimiento final y más importante va dirigido a mi familia, por enseñarme la importancia de los valores cristianos y la actitud, haciéndome en última instancia ser quien soy hoy día gracias a sus decisiones tomadas con acierto en los momentos importantes. Ellos siempre han confiado en mí, especialmente en los momentos más duros y de debilidad durante esta etapa, dándolo todo por mi mejor futuro, dándolo todo a sus hijos. No existen palabras suficientes para explicar la gratitud y grandeza de mis padres, de mi familia.

Siempre agradecido de corazón a todos vosotros.

Rafael.

Resumen

Este trabajo fin de máster está enfocado en el desarrollo de la arquitectura y estructura de un colegio público ya construido, elaborándolo desde cero con la metodología BIM. A través de este camino se realizará un estudio y aprendizaje de diversas herramientas que utilizan esta filosofía de trabajo y metodología, exponiendo en esta memoria sus puntos fuertes, sus aportaciones al mundo y como se implementa actualmente.

Para ello se ha focalizado el trabajo en dos softwares de la empresa Autodesk como son el Revit y el Robot structural para realizar los modelos pertinentes. Además, se ha seguido las normativas pertinentes para realizar los análisis estructurales del proyecto, principalmente utilizando el Código técnico para la edificación para el cálculo estructural de las cargas, con el fin de cumplir las exigencias de seguridad estructural.

En esta memoria se contará con cuatro tomos diferenciados en la memoria descriptiva del proyecto, la memoria del cálculo estructural, la memoria del modelado BIM y finalmente los planos finales elaborados en los programas ya nombrados anteriormente.

Abstract

This master's thesis is focused on the development of the architecture and structure of a public school already built, developing it from scratch with the BIM methodology. Through this path will be a study and learning of various tools that use this philosophy of work and methodology, exposing in this memory its strengths, its contributions to the world and how it is currently implemented.

For this purpose, the work has been focused on two Autodesk softwares such as Revit and Robot structural to make the models. In addition, the relevant regulations have been followed to perform the structural analysis of the project, mainly using the Technical Building Code for the structural calculation of loads, in order to meet the requirements of structural safety.

In this report there will be four different volumes: the descriptive report of the project, the structural calculation report, the BIM modeling report and finally the final drawings elaborated in the previously mentioned programs.

ÍNDICE

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Documento 1 – Memoria Descriptiva	D1
Documento 2 – Memoria de Cálculo Estructural	D2
Documento 3 – Memoria del modelado BIM	D3
Documento 4 – Planos	D4

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

DOCUMENTO I – Memoria Descriptiva.

Autor: Rafael Mensua Santisteban

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha

Miguel Ángel López López

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Índice	iii
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vii
1 Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos y alcance del proyecto.....	2
1.3 Antecedentes y datos previos	2
2 Introducción a la metodología BIM.....	3
2.1 Contexto histórico	4
2.2 De CAD a BIM.....	5
2.2.1 Detalle y Desarrollo en BIM.....	6
2.2.2 Utilidades y ventajas de la metodología BIM	7
2.2.3 Inconvenientes del uso de BIM	9
2.3 Fases de la metodología BIM.....	10
2.3.1 Fase de diseño	10
2.3.2 Fase de ejecución	10
2.3.3 Fase de operaciones	10
3 Requisitos de diseño	13
3.1 Situación y emplazamiento.....	13
3.2 Funcionalidad y Dimensionado	15
3.3 Normativa	18
3.4 Descripción de la arquitectura	18
3.4.1 Características de diseño	18
3.4.1.1 Espacios exteriores	18
3.4.1.2 Espacios interiores	18
3.4.1.3 Acabados.....	19
3.4.1.3.1 Pavimentación	19
3.4.1.3.2 Revestimientos verticales	20
3.4.1.3.3 Revestimientos horizontales.....	20
3.5 Descripción de la estructura.....	20
3.5.1 Cimentaciones	20
3.5.2 Estructura	21
3.5.3 Cerramientos y tabiquería.....	21
3.5.4 Cubierta	22
3.5.5 Forjados	22
Referencias	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Comparación entre CAD y BIM[4]	5
Tabla 2 – Cuadro de superficies en el edificio administrativo	16
Tabla 3 - Cuadro de superficies en el edificio del Aulario y total del proyecto	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 – Ciclo de vida de un edificio desde el punto de vista de la metodología BIM [2]	3
Ilustración 2 – Duración de las etapas de un proyecto en BIM y CAD [6]	6
Ilustración 3 – Gráfica coste-tiempo de un flujo de trabajo BIM y uno CAD [7]	6
Ilustración 4 – Niveles de desarrollo LOD presentes en BIM [8]	7
Ilustración 5 – Render del Nuevo Santiago Bernabeu realizado con software BIM [12]	8
Ilustración 6 – Estructura y cerchas del proyecto del Nuevo Santiago Bernabeu [13]	8
Ilustración 7 – Ejemplo de un proyecto en el que se está realizando una instalación MEP [14]	9
Ilustración 8 – Fases de la metodología BIM [9]	10
Ilustración 9 – Parcela donde se encuentra el Colegio “Garcí Méndez”	13
Ilustración 10 – Fachada principal del Colegio en Google StreetView	13
Ilustración 11 – Situación del Solar del colegio en el año 2000 [10]	14
Ilustración 12 - Fotografías aéreas del solar [10]	14
Ilustración 13 - Fotografías del solar antes de la construcción del colegio [10]	14
Ilustración 14 – Distribución en planta del colegio en el solar	15
Ilustración 15 – Ejemplo de forjado con bobedillas cerámicas como las del proyecto [15]	22

1 INTRODUCCIÓN

Este documento de memoria descriptiva tiene como objetivo la introducción, enmarque y breve desarrollo del proyecto que se ha realizado, con todas las herramientas explicadas para que el lector sea capaz de comprender todo lo que se desarrollará en las memorias de cálculo estructural y de modelado. Es por ello por lo que en ocasiones los documentos posteriores “beberán” de la información que se ofrece en esta memoria descriptiva.

1.1 Motivación

La tecnología es una realidad que en ocasiones nos abrumba con sus avances, haciéndonos pequeños ante tantas posibilidades y nuevas oportunidades que ofrece en pleno siglo XXI. Desde que existe la profesión del Ingeniero, éste siempre ha estado a la vanguardia de estas tecnologías, sabiendo interpretarlas e integrarlas en diversos proyectos y profesiones. Todas las generaciones han tenido que adaptarse y adoptar las nuevas tecnologías para tener una nueva y mayor forma de trabajar. Por ejemplo, mi padre, arquitecto, tuvo que adaptarse y abarcar el cambio del cambio de la mesa de dibujo al diseño asistido por ordenador, CAD, cambiando la forma de trabajar de forma notable, aunque ese cambio supuso el cambio de dibujo a mano por dibujo a ordenador. Con esta aparición, como la de las hojas de cálculo o la de programas de cálculo estructural como CYPE, la anterior generación pudo conseguir un avance tecnológico que cambió sus puestos de trabajos y su forma de trabajar, siempre con el objetivo de optimizar y mejorar el producto final que ofrecen.

Cada vez son más los puestos de trabajo especialistas, que buscan la adaptación de procesos que son de gran complejidad sean abarcables de forma ágil, requiriendo el completo dominio de cierto programa, como puede ser Catia, Java o Autodesk Revit, la herramienta principal de este Proyecto.

Autodesk Revit es una herramienta BIM, metodología que ha supuesto una revolución en el sector de la construcción, permitiendo un nuevo concepto en la forma de diseñar y modelar más allá del dibujo, en la que se reducen al mínimo los errores entre departamentos de construcción y por tanto la reducción de costes de un proyecto respecto a la tecnología anterior.

Y es aquí donde a título personal, pienso que un Ingeniero Industrial tiene que estar siempre a esa vanguardia, en mi caso esta metodología BIM me interesa mucho, para ampliar a otra rama de conocimiento que desgraciadamente no he estudiado tanto como es la construcción. Pienso que un proyecto fin de Máster es una oportunidad para aprender a utilizar una nueva tecnología, ya que se dedicand muchas horas a este tipo de proyectos. Ayudan a tener una vision global como Ingeniero Industrial haber aprendido, dentro de mi especialidad mecánica, programas de cálculo estructural mediante mallados como ANSYS en mi trabajo fin de grado, haber realizado unas prácticas en las que aprender como funciona el sector público, o ahora en este caso, acercarme al mundo de la construcción que tan presente está en mi familia, ya que mi hermano es Ingeniero de Caminos, y mi padre, motivación principal de haber elegido este proyecto, es arquitecto. Me parece que el trabajo fin de master es una oportunidad de acercarme al mundo de la arquitectura para ver en primera persona, con admiración, el trabajo que lleva mi padre años desarrollando.

Todo lo comentado me lleva a haber realizado este proyecto, el que sin duda, supone para mi persona un valor añadido a nivel profesional.

1.2 Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo principal de este proyecto fin de master no es otro que el de aprender a realizar tanto la arquitectura como la estructura de un edificio de uso escolar, un colegio público situado en el municipio de El Carpio, Córdoba. Para poder realizar este proyecto, por tanto, se necesitará un software que permita realizar el modelado y diseño arquitectónico y estructural, así como el cálculo y análisis estructural del diseño. Para ello se ha recurrido al software más utilizado en el mundo profesional de la construcción como son los proporcionados por Autodesk: Revit, Autocad y Robot.

Es por ello, que para llegar a este objetivo final, hay que pasar por diversas etapas con sus respectivos objetivos intermedios como son el aprendizaje de autocad, aprendizaje de lectura de planos ya realizados así como aprender a saber la filosofía y la metodología BIM para así poder ejecutar con conocimiento los softwares ya comentados anteriormente.

Por último, y no menos importante, existe el objetivo de aprender a leer, comprender y aplicar la normativa existente, tanto el CTE como la normativa concreta de la junta de Andalucía respecto a colegios públicos.

Por tanto, el alcance del proyecto abarca todo lo respectivo al proyecto arquitectónico y estructural, dejando fuera del alcance del proyecto todo lo relacionado a las instalaciones, ya sea saneamiento, eléctrico, protección contra incendios etc.

1.3 Antecedentes y datos previos

El edificio que se desarrollará en este proyecto es el del colegio público “Garcí Méndez” situado en la localidad de El Carpio, construido en el año 2000 por los arquitectos Juan Luis Mensua Oriol, Marina Vila Izquierdo, Francisco Ragel Ruiz y Julio L. Roldán Atenciano. Los colegios públicos tienen una normativa concreta proporcionada por la junta de Andalucía en este caso en los que la arquitectura y estructura tienen unos objetivos concretos como son los de accesibilidad, mantenimiento fácil y dudadero, larga vida útil, funcionalidad y economía. Más adelante en la presente memoria se explicará en detalle la normativa competente de los colegios públicos y de como afecta a la arquitectura y estructura del proyecto.

Al estar realizando un proyecto ya ejecutado en el pasado, se posee todos los datos previo a través de los planos del proyecto para realizar el modelo BIM, así como estudios geotécnico, datos de cimentación, etc.

2 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM

En el presente apartado del proyecto se contestará a la pregunta ¿Qué es la metodología BIM? y todo lo que abarca esto.

Las siglas de BIM corresponden a las palabras anglosajonas *Building Information Modeling*, y corresponden a la metodología de trabajo digital con modelos 3D que se utilizan como base para proyectar, diseñar, gestionar, construir y realizar proyectos, no solo proporcionando la documentación gráfica, sino integrándose en los softwares siendo capaces de almacenar toda la información referente a cualquier objeto (Material, tipología, coste, densidad, etc) y consiguiendo la interconectividad entre los participantes del proyecto en tiempo real, supervisados por un BIM Manager.

Aunque existen personas que confunden el concepto de BIM, este no es un software en concreto como es Revit, sino la metodología y la forma de gestión de la información en proyectos, principalmente constructivos. BIM refleja la ideología colaborativa de los proyectos y a través de ello la integran diversos softwares, siendo partícipes en este proyecto la integración entre Revit y robot.

En BIM, se puede acaparar todo el ciclo de vida de un edificio y tenerlo todo unido, permitiendo no ser tan solo útil cuando se está proyectando, sino durante todo su ciclo de vida, mantenimiento, restauración o renovación e incluso la demolición del mismo. En la ilustración 1 que se muestra a continuación se puede observar todo el ciclo de vida de un edificio y de como diversos softwares (en este caso de la empresa Autodesk) intervienen en su ciclo de vida completo, pudiendo monitorizar todo lo referente al edificio.

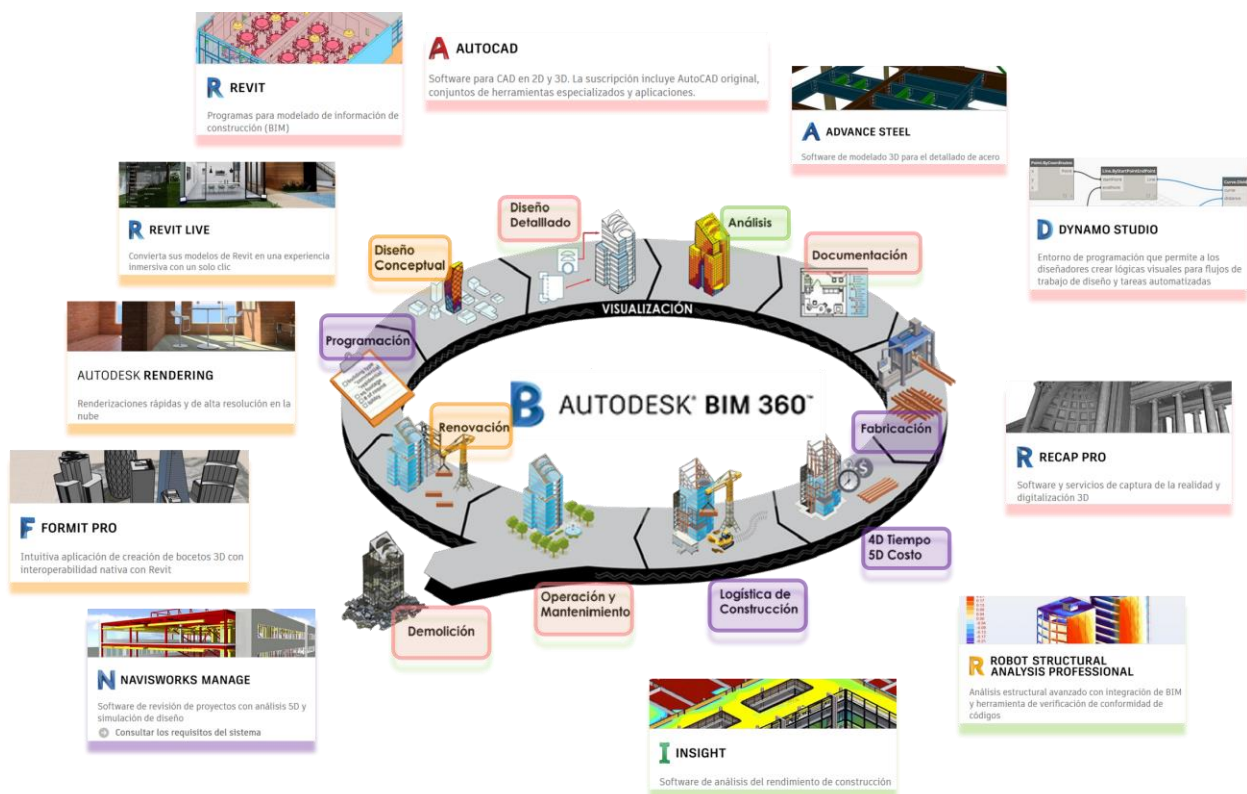


Ilustración 1 – Ciclo de vida de un edificio desde el punto de vista de la metodología BIM [2]

2.1 Contexto histórico

En un principio, el BIM se constituye más como una idea que como una tecnología real, todo debido a la limitación de los ordenadores de la época, así como la adaptación hasta conseguir unas interfaces correctas debido a todo lo que abarcaba esta idea, por lo que en la época de revolución tecnológica con los ordenadores, esta idea se quedó a mitad de camino, solo abarcando el cambio del dibujo en mesa por el dibujo 2D mediante ordenador.

Hay que remontarse a 1974 cuando Charles Eastman publica la primera propuesta del modelo virtual de edificio a través de la Universidad Carnegie-Mellon en USA titulada “*An outline of the building description system*” donde asentaba los pilares de la metodología BIM, ya que muchos de los costos de diseño, realización y funcionamiento de las construcciones derivan por el hecho de que se recurre a los dibujos para reportar anotaciones del edificio. Como alternativa, Eastman propone un diseño de un sistema informático útil para almacenar y manipular la información de proyecto en un detalle que permite el diseño, la construcción y el análisis operativo.

Fue más adelante cuando en la década de los 80, con el avance tecnológico, se pudo crear el primer software BIM, ArchiCAD, que permitió crear modelos tanto 2D como 3D.

Más adelante, en 1996 fue cuando se instauró la IAI (*Industry alliance of interoperability*) conocida hoy en día como *BuildingSmart*, alianza entre países para el desarrollo de los softwares de la construcción. También es en este año en el que se crea el formato IFC (*International Foundation Class*) que permitió la conectividad entre programas, por lo tanto un gran avance en la metodología BIM.

En el año 2000 se crea Revit, y 2 años después es comprado por la empresa Autodesk. A partir de aquí, el BIM se vuelve cada vez más interesante de aplicar debido al avance de la tecnología y el software y es por ello que el 2002 se crea el primer proyecto BIM integrado en Finlandia y en 2007 las primeras guías para llevar a cabo un proyecto con metodología BIM.

A partir de este momento, el cambio de paradigma es imparable y los países empiezan a trazar sus hojas de ruta para que la implantación sea total. En España llega en 2018 para el uso obligatorio en licitaciones públicas de edificación [2][3].

En la actualidad, los softwares BIM permiten hacer todo tipo de análisis, renders y la capacidad de realidad aumentada, permitiendo proyectar cualquier tipo de edificación previa construcción.

2.2 De CAD a BIM

Como ya se ha comentado, el CAD supone más un cambio del dibujo físico al dibujo asistido por ordenador y el BIM supone la integración mediante un software de la ejecución real de un proyecto en 3D.

La transición de CAD a BIM es siempre positiva, como se puede comprobar en la siguiente tabla:

CAD	BIM
Cuando hablamos de CAD nos referimos básicamente a un programa de dibujo asistido por ordenador.	BIM, en cambio, es mucho más, ya que permite realizar una representación tridimensional de la obra, calculando tiempos y costes del proyecto.
En CAD, la cooperación entre los distintos agentes implicados en el proyecto (ingenieros, empresas encargadas de la construcción, proveedores, etc.) no es posible debido a las limitaciones del software.	Esta nueva metodología permite que todos los implicados puedan trabajar sobre un mismo modelo. Tanto ingenieros como las empresas encargadas de la construcción o proveedores de materiales trabajan en el mismo entorno.
En lo referente a la gestión de la información, en el caso de CAD el peso principal de los archivos creados son planos independientes unos de otros.	Todo lo generado puede ser administrado mediante bases de datos dentro del propio modelo. De ese modo es más fácil compartir documentación entre los trabajadores y tener una gestión de la información más eficiente.

Tabla 1 – Comparación entre CAD y BIM [4]

El cambio de CAD a BIM supone en si mismo la mayor ventaja, ya que una vez implantado, la optimización del tiempo es total, como se muestra en la ilustración 2, en la que una gráfica muestra el gasto de tiempo de CAD respecto a metodología BIM.

Los proyectos BIM tienen como inconveniente principal la gran cantidad de tiempo necesario para comenzar a diseñar, pero una vez se tiene la experiencia, el tiempo dedicado al diseño y gestión de la construcción disminuye a medida que avanza el proyecto. Los proyectos trabajados en CAD requieren en línea general pocos recursos durante la elaboración del básico, pero el tiempo dedicado para la elaboración de la documentación final del proyecto ejecutivo se incrementa considerablemente [5].

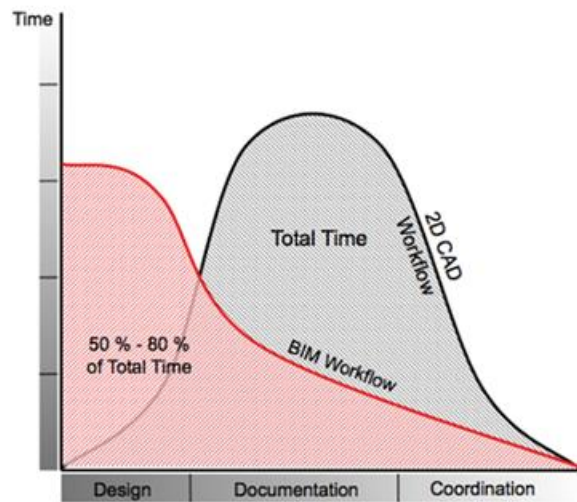


Ilustración 2 – Duración de las etapas de un proyecto en BIM y CAD [6]

A su vez, se puede observar en la ilustración 3 que el esfuerzo y el costo del cambio es mayor conforme avanza un proyecto, es decir, que se produce un impacto económico mayor con los cambios realizados.

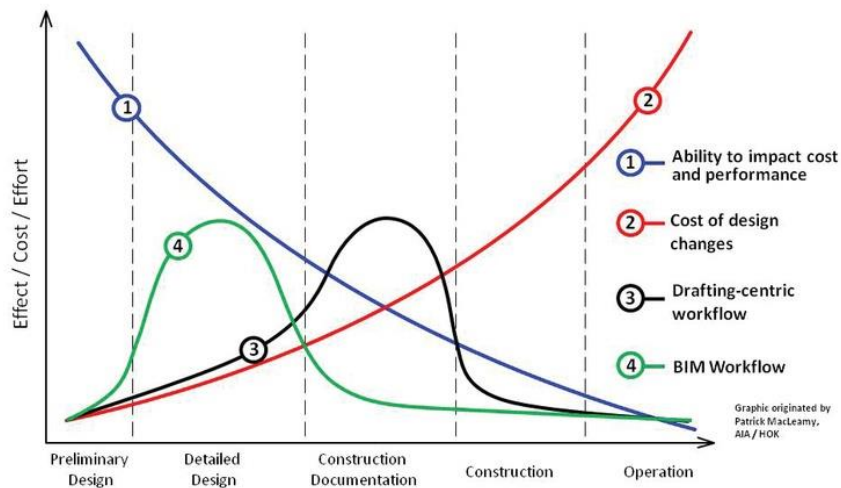


Ilustración 3 – Gráfica coste-tiempo de un flujo de trabajo BIM y uno CAD [7]

2.2.1 Detalle y Desarrollo en BIM

Para manejar de una forma más óptima y sencilla estos softwares, se trabaja en diferentes niveles de detalle que serán útiles dependiendo de para que se esté proyectando o trabajando en cualquier momento, ya que, por ejemplo, trabajar en modo render solo sirve para tomar capturas o un video del proyecto en detalle pero es inútil si se está elaborando parte del proyecto o no se necesitará un nivel detallado si se está realizando un plano.

Con el nivel de detalle y desarrollo se elabora la escala LOD (*Level of development*) y que se traduce literalmente como nivel de desarrollo y se agrupan por grados de madurez de la información. Los niveles LOD que existen son los que se muestran en la ilustración 4 [8].

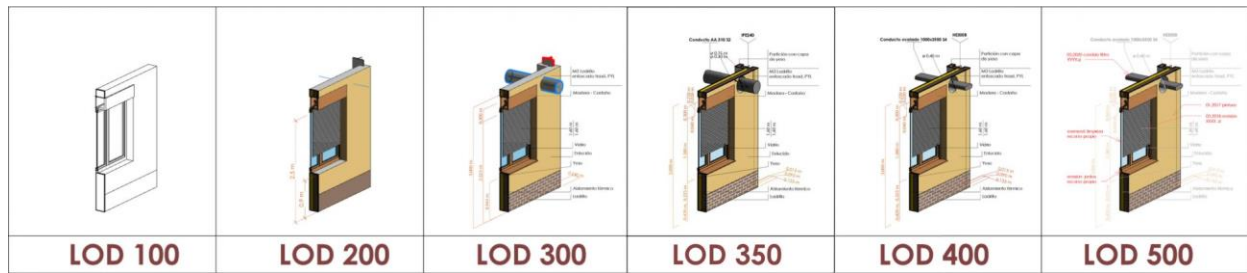


Ilustración 4 – Niveles de desarrollo LOD presentes en BIM [8]

- LOD 100: Se trata de un nivel de aspecto físico con una puesta visual de concepto de diseño.
- LOD 200: Es el nivel básico de esquematizado, en el que se incluyen datos gráficos como dimensiones de espesor, pero no otros datos.
- LOD 300: Aquí ya se incluyen funciones determinadas como capas, materiales y comportamientos.
- LOD 350: Nivel intermedio entre LOD300 y LOD400 en el que se permite observar el comportamiento entre encuentros.
- LOD 400: Aquí se puede realizar el desarrollo de replanteos, planos de montaje y todo lo referido a la fabricación y coste.
- LOD 500: Nivel “As built”, referenciando que es una réplica digital completa de la que es real, con toda la información relativa al mantenimiento, sostenibilidad, ficha técnica, etc.

2.2.2 Utilidades y ventajas de la metodología BIM

La primera ventaja y quizás la más importante ya que es por la cual es concebida la idea de BIM que es la del trabajo colaborativo a través de una Plataforma en la que trabajan todos los implicados en el proceso constructivo.

Otra de las ventajas es que al ser colaborativo, cualquier cambio que se realice tiene un impacto en todos los modelos que se hayan asociado al central, es decir, un cambio en la instalación por ejemplo o en el movimiento de un pilar, automáticamente se refleja en todos los planos y cálculos asociados que existan en el proyecto. Esto supone que nunca se pueda extraviar o perder la información de un cambio en el proyecto, ya que se trabaja desde un modelo central operado y dirigido por un BIM manager, persona con un cargo que permite o no permite realizar cambios en el proyecto central del que se nutren los trabajadores de cada área del proyecto. Al ser esto posible, se puede conseguir interceptar tempranamente muchos conflictos de proyecto típicos de metodología CAD debido al seguimiento que se realiza de esta forma con el BIM Manager.

Más ventajas existentes y que son una utilidad grande en la elaboración de proyectos de construcción es la del aumento de la productividad, ya que existen muchos inputs que están ya incorporados en el software, como por ejemplo la elaboración de presupuestos u otros tipos de documentación.



Ilustración 5 – Render del Nuevo Santiago Bernabeu realizado con software BIM [12]

Hablando de las utilidades que se permiten gracias a la incorporación del BIM, la visualización 3D es una de ellas. Con esto se consigue unas vistas tridimensionales que sirven para atraer clientes potenciales y poder generar renders y vídeos con los que visualizar el proyecto que se quiere realizar. Esto es muy atractivo e importante, ya que cuando se trabajaba en 2 dimensiones no se podía realizar muchas vistas tridimensionales y había que dibujarlas, siendo más complicado y tedioso hacer ver al público general o a un potencial cliente una vista sencilla y real del proyecto que se quiere realizar. Un ejemplo actual es la realización del Nuevo Santiago Bernabeu, una obra faraónica que se puede saber como va a ser su modelo final gracias a los softwares BIM que permiten realizar renders y figuras 3D para poder imaginar la envergadura del proyecto como se observa en las ilustraciones 5 y 6.

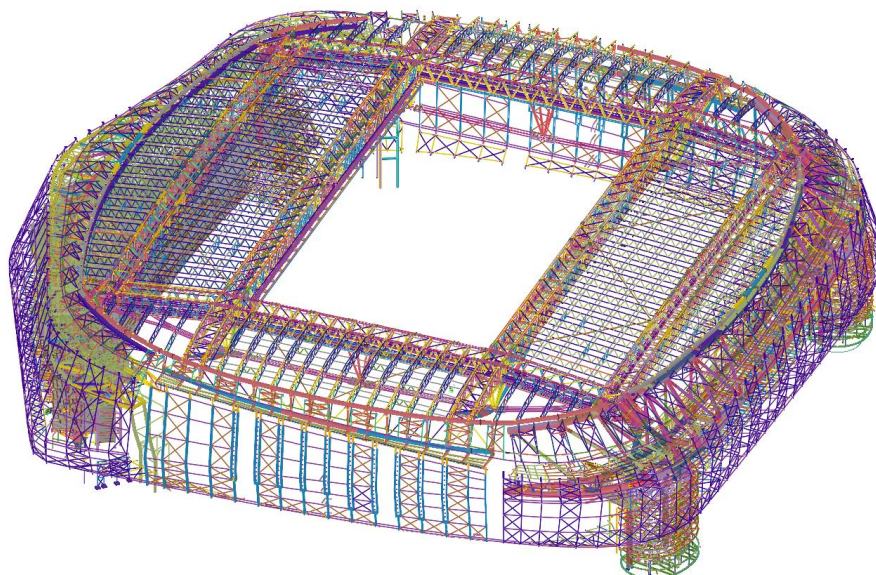


Ilustración 6 – Estructura y cerchas del proyecto del Nuevo Santiago Bernabeu [13]

También es muy útil el cambio a BIM en el entorno MEP (siglas anglosajonas de Instalaciones Mecánicas, Eléctricas e Hidrosanitarias) ya que permite simulaciones de los proyectos por adelantado, ya sea desde la luminaria necesaria para satisfacer las necesidades del uso del edificio, como la eficiencia energética del mismo, así como los caudales hidrosanitarios que se realizan, canales de expulsión de agua, riesgo contra incendios, etc.

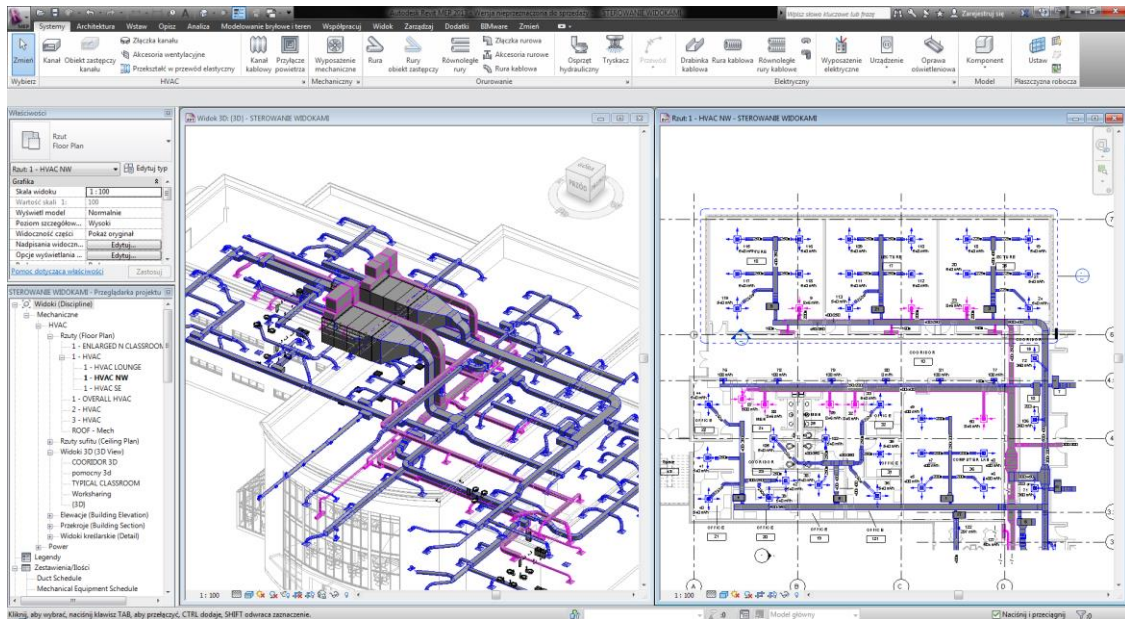


Ilustración 7 – Ejemplo de un proyecto en el que se está realizando una instalación MEP [14]

Ya comentado en la introducción de que es BIM, es que esta metodología está presente durante todo el ciclo de vida del proyecto. A esto se le llama entorno 7D como las 7 etapas del BIM, 7 dimensiones en la que esta metodología está inversa: La idea, el boceto, el modelo gráfico tridimensional, el tiempo (simulaciones), el coste, el análisis de sostenibilidad (medidas medioambientales) y la gestión del ciclo de vida (mantenimiento).

2.2.3 Inconvenientes del uso de BIM

Como se ha expuesto anteriormente, la primera etapa una vez implantada la metodología BIM es la más obstusa y complicada, ya que requiere de una gran inversión económica, ya que es necesaria en toda empresa que quiera realizar el cambio de CAD a BIM la compra de software BIM y de compra de equipos ya que los programas BIM requieren una gran cantidad de recursos debido a toda la información que procesan en la actualidad.

Por otro lado esta el periodo de aprendizaje de los trabajadores, ya que masterizar el uso de estos programas requiere tiempo y uso diario.

En conclusión, todo cambio requiere un esfuerzo que hay que considerar como un inconveniente durante un periodo de tiempo, pero que como se ha mostrado en las ilustraciones 3 y 4, es cuestión de tiempo que desaparezca y por tanto que tan solo sea algo temporal.

2.3 Fases de la metodología BIM



Ilustración 8 – Fases de la metodología BIM [9]

2.3.1 Fase de diseño

Primera y más costosa de las fases. En ella se realiza todos los primeros conceptos e ideas como cimentación donde estará el proyecto, así como el reparto de roles dentro del equipo de trabajo. Es en esta fase en la que se hace una estimación de costes y un estudio de viabilidad antes de profundizar para ver la rentabilidad del proyecto.

Una vez se consiga que sea rentable y por tanto se inicie a elaborar el proyecto, el primer paso sería el de realizar el modelo arquitectónico, base y proyecto central del que se nutrirán todos los demás modelos, tanto el estructural como MEP. En este proyecto, se ha comentado que MEP queda fuera del alcance, por tanto se elaborará primero el modelo arquitectónico para posteriormente realizar el modelo estructural y su cálculo y análisis. Para esto último se utilizará otro software de la empresa autodesk, Robot structural.

Durante toda la fase de diseño, se realizará continuamente una coordinación entre departamentos y personal, todo con el objetivo de realizar correctamente el proyecto.

2.3.2 Fase de ejecución

Comienza con la generación de los planos finales a partir de los modelos generados en la fase de diseño.

Con esto se organiza la fase de ejecución con el control de planificar como serán las entregas de los materiales de construcción, el uso de la maquinaria, etc. Posteriormente se realiza la puesta en marcha de la construcción del proyecto según como se ha estipulado en los planos.

Aquí también es donde se crean los documentos *As-Built*, para tener constancia de como se ha construido el proyecto, ya que en obra se pueden realizar cambios, con respecto a los planos iniciales, si así el jefe de obra lo justifica.

2.3.3 Fase de operaciones

Es la fase más larga de las tres. En ella se comienza por la ocupación y operación de la edificación a partir del modelo transferido, debido a la importancia de llevar a cabo un control de como funciona todo.

Es aquí donde se encuentran todos los errores que se han ido ejecutando durante las anteriores etapas, sobre todo en la construcción de la edificación y en especial en las instalaciones, que son más propensas a diversos errores.

Es por tanto que es necesario que en esta fase actual el mantenimiento de la construcción, pudiéndose llevar a cabo mediante la metodología BIM, lo cual es una gran ventaja, el acceso en tiempo real a los datos reales de la infraestructura.

3 REQUISITOS DE DISEÑO

En este capítulo se desarrollará toda la documentación referente y utilizada en la realización del proyecto. Al ser un proyecto real ya realizado, toda esta información es real y existente, y con el detalle de que, al ser un edificio construido en el año 2000, es susceptible de haber sido realizado con una normativa anterior a la vigente y por tanto con datos o situaciones constructivas que hoy día serían ilegales o que quedarían fuera de la norma.

3.1 Situación y emplazamiento

El colegio público de educación secundaria “Garcí Méndez” está situado en la localidad de El Carpio, en la provincial de Córdoba, en concreto en la calle Cádiz.

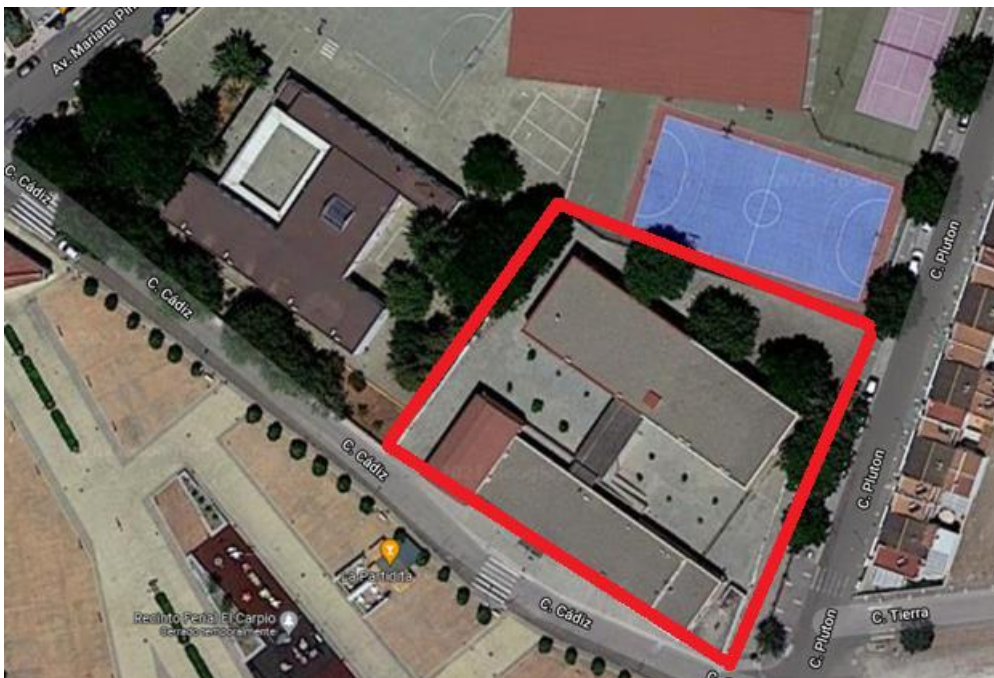


Ilustración 9 – Parcela donde se encuentra el Colegio “Garcí Méndez” [16]



Ilustración 10 – Fachada principal del Colegio en Google StreetView [16]

Gracias a los planos en AutoCAD proporcionados por los arquitectos encargados del proyecto, se puede observar en la ilustración 11 como era la superficie urbanizable, además de contar con unas imágenes aéreas tomadas por helicóptero de cómo era el solar previo a la construcción del colegio (ilustraciones 12 y 13). En el documento de planos se encuentra en detalle este plano de la situación del solar previo a la construcción del colegio.

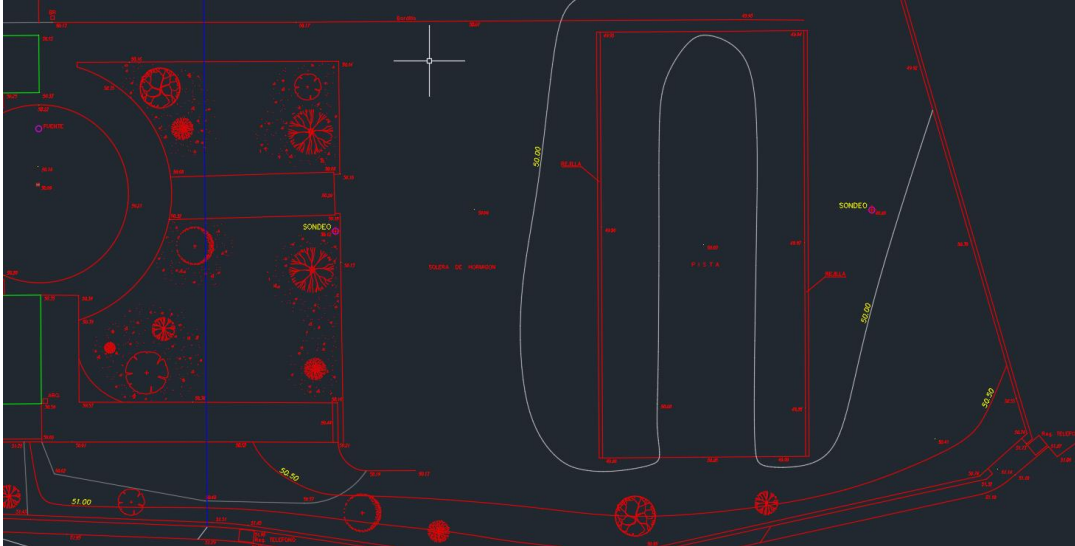


Ilustración 11 – Situación del Solar del colegio en el año 2000 [10]



Ilustración 12 - Fotografías aéreas del solar [10]



Ilustración 13 - Fotografías del solar antes de la construcción del colegio [10]

3.2 Funcionalidad y Dimensionado

Este proyecto está ante la construcción de un colegio público, por lo tanto la construcción se enfoca en 2 edificios conectados por un pasillo con un patio en el centro. Uno de los edificios se centra en todo lo administrativo-uso de oficina, incluyendo la biblioteca y la casa del guarda y el otro edificio es el Aulario, que cuenta con 2 plantas.

La distribución del colegio en el solar es la que se muestra en la ilustración 14.

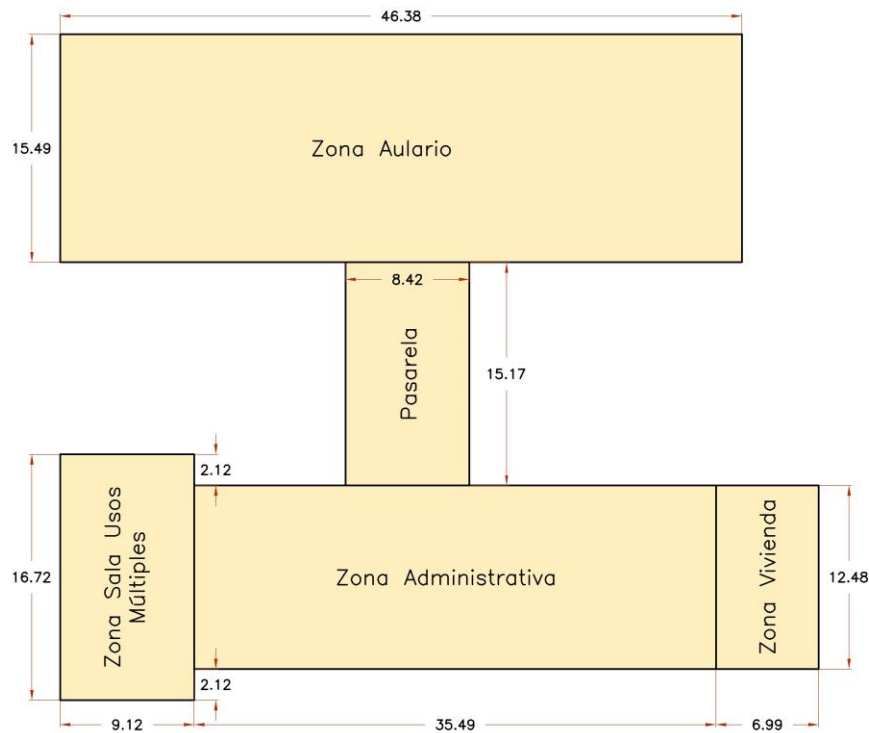


Ilustración 14 – Distribución en planta del colegio en el solar

En la ilustración 14 se distinguen 4 zonas diferenciadas:

- Zona Aulario: Conectada con la zona administrativa mediante un pasillo abierto cubierto. En sus dos planta se encuentran todas las aulas polivalentes, talleres, seminarios y aula de informática.
- Zona Administrativa: Contempla tanto la secretaría y demás servicios administrativos del colegio como la cafetería, biblioteca sin el salón de actos múltiples Cuenta únicamente con planta baja y con la entrada principal al colegio.
- Zona SUM: Contempla el salón de actos múltiples, edificio junto a la zona administrativa únicamente separado por la junta de dilatación.
- Casa del Conserje: Este colegio cuenta con Casa del conserje y por tanto debe estar anexada al colegio pero con partes diferenciadas, acorde con la normativa.

Para la delimitación de áreas y superficies mínimas también establece la norma andaluza sobre edificación de colegios públicos una tabla de valores recomendados que serán tomados en cuenta para los requerimientos mínimos y recomendados para un colegio de educación secundaria con 1 línea en primer ciclo y 2 líneas en segundo ciclo.

Los resultados que se han dado para la separación de áreas en este proyecto son lás que vienen en las siguientes tablas 2 y 3 que se muestran a continuación, desglosadas por edificios, zonas y salas de cada zona.

Vestíbulo	40,64						
Pasillo	33,83						
Secretaria	31,01						
Conserjería y reprografía	10,45						
Alumnos	14,96						
APA	15,01						
Orientación	15,1						
Secretario	14,96	Baño	4,39				
Jefe de estudios	14,96	Aseo	3,53				
Director	19,97	Vestibulo	5,27				
Sala profesores	40,11	Cocina	7,69				
Archivo	9,99	Lavadero	2,45				
Cafeteria	40,8	Salón comedor	17,26				
Baños patio	11,23	Pasillo	2,57				
Baños profesores	10,78	Dormitorio 3	9,3				
Biblioteca	73,55	Dormitorio 2	10,61				
Sala limpieza	2,81	Dormitorio 1	11,19	Salón de actos	139,51	EDIFICIO ADMINISTRATIVO	
Total Zona Administrativa Útil [m2]	400,16	Total Zona vivienda Útil [m2]	74,26	Total SUM Útil [m2]	139,51	SUPERFICIE TOTAL ÚTIL [m2]	613,93
Total Zona Administrativa Construida [m2]	442,91	Total Zona vivienda Construida [m2]	87,24	Total SUM Construida [m2]	152,63	SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA [m2]	682,78

Tabla 2 – Cuadro de superficies en el edificio administrativo

Pasillo	117,89						
Escaleras 1	14,3	Pasillo	159,96				
Escaleras 2	15,46	Caldera	18,36				
Aula 7	50,19	Taller	100,1				
Aula 8	50,67	Archivo	19,1				
Seminario 5	14,73	baños	28,35				
Sala musica	57,49	Aula 1	50,6				
Sala Informatica	58,89	Aula 2	50,18				
Plastica	58,81	Aula 3	50,67				
Seminario 2	14,87	Aula 4	50,19				
Seminario 3	14,94	Seminario 1	14,73				
Seminario 4	14,94	Zona Ascensor	9,7				
Sala Apoyo	30,78	Mantenimiento	3,78				
Baños	28,63	Vestuarios	12,4				
Aula 5	50,63	Aula Plástica	60,03				
Aula 6	50,15	Cuarto limpieza	4,49	EDIFICIO AULARIO		TOTAL PROYECTO	
Total Aulario planta Primera Útil [m2]	643,37	Total Aulario Planta Baja Útil [m2]	632,63	SUPERFICIE TOTAL ÚTIL [m2]	1275,00	SUPERFICIE TOTAL ÚTIL [m2]	1889,93
Total Aulario planta Primera Construida [m2]	718,19	Total Aulario Planta Baja Construida [m2]	717,84	SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA [m2]	1436,03	SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA [m2]	2118,81

Tabla 3 - Cuadro de superficies en el edificio del Aulario y total del proyecto

3.3 Normativa

Es necesario establecer la normativa que se ha utilizado en este proyecto, aunque durante los documentos de las memorias se hará alusión que normativa se está utilizando en cada momento.

Este proyecto está iniciado en 2020 cuando la normativa vigente del hormigón era la EHE-08, pero durante el transcurso del proyecto se elaboró el BOE que establece la nueva normativa del hormigón y del acero a través del Real Decreto 470/2021, de 29 de junio. Esta normativa establece numerosos cambios y deroga la actual normativa de instrucción de hormigón estructural (EHE-08) y la instrucción de acero estructural (EAE), pero no será de uso en este proyecto, se utilizará la EHE-08 que estaba vigente al inicio de este proyecto.

A continuación en los siguientes apartados, se tratará en profundidad la aplicación de la norma andaluza en la ejecución del proyecto que se estudia en este trabajo fin de master.

3.4 Descripción de la arquitectura

Para realizar el diseño de la arquitectura de un colegio público en Andalucía, se usará la norma andaluza para la proyección de colegios públicos (Normas de diseño y constructivas para los edificios de uso docente”, Orden del 24 de enero de 2003 de la consejería de educación y ciencia, BOJA nº43 5/03/2003) [11].

A continuación rescataremos las características de diseño más importantes y que son relevantes en el caso que se estudiará en este trabajo fin de master.

3.4.1 Características de diseño

El diseño de colegios públicos en Andalucía se basan en el principio de funcionalidad y economía, evitándose superficies superfluas y seleccionando materiales y sistemas constructivos de forma que se garantice la óptima calidad que corresponde a edificios como colegios.

Otra característica que es requerimiento de diseño es que sea accesible para personas discapacitadas en todas las plantas del edificio y se proyectarán rampas como mínimo en la zona principal y de juegos.

Una característica importante en este tipo de construcciones es que son de uso intensivo, por lo tanto se debe garantizar la estabilidad y durabilidad del edificio en el tiempo.

3.4.1.1 Espacios exteriores

Respecto a los accesos al recinto, se debe separar la entrada de personas a la de vehículos. En el caso del colegio de El Carpio que abarca este trabajo, existen 3 entradas: De vehículos, de personas y otra de vehiculos-personas que es para la casa del guarda.

Por otro lado, el porche que se realiza en este proyecto en el pasillo del patio que conecta los dos edificios, nunca deberá tener un ancho inferior a 4 metros, con una altura mayor que en el interior del edificio.

Por otro lado, una característica especial del proyecto que concierne en este trabajo es que no hay polideportivo ni pistas deportivas en el proyecto debido a que ya existen previamente en la parcela anexa. Por lo tanto, tan solo será necesaria una verja para poder entrar en dichas instalaciones deportivas.

3.4.1.2 Espacios interiores

Existen muchas exigencias a nivel de espacios interiores que se han de cumplir en la proyección de un colegio público, como son las siguientes:

- Todos los espacios locales deberán tener luz y ventilación natural directa, excepto los cuartos de limpieza y almacenes.
- La zona de administración y biblioteca se ubicarán en planta baja, además de que la secretaría se situará inmediata al vestíbulo y dispondrá de archive para documentación.

- La biblioteca tendrá acceso interior y exterior, por el posible uso público de la misma.
- La altura libre en espacios docentes será de 3 metros, mientras que la de seminarios, despachos y demás locales de dimensiones reducidas se admite una altura mínima de 2,8 metros.
- A efectos de dimensionamiento de aulas, la longitud libre del lado menor ha de ser igual o superior a 6 metros, y como norma general, en estas aulas se situará la iluminación natural en el parámetro de mayor longitud. La disposición de la pizarra permitirá la entrada de luz natural a la izquierda de los alumnos.
- Las escaleras principales se situarán próximas al vestíbulo de entrada y fácilmente visibles desde el mismo. Poseerán una anchura no inferior a 1,5 metros y no superior a los 2,4 metros, estando prohibidas las escaleras helicoidales.
- Los parámetros interiores de circulación tendrán una protección hasta mínimo 1,65 metros para evitar roces, golpes y arañazos, ya que en un colegio son propensos a este tipo de desperfectos y hay que evitar los mantenimientos.
- Los pasillos tendrán una anchura mínima de 1,5 metros cuando solo existan aulas a un lado y de 2 metros cuando se sitúen aulas a ambos lados del pasillo. Si solo existen zonas de administración, este pasillo podrá tener un ancho reducido de 1,2 metros.
- Las rampas tendrán un relleno de 1,5 metros cada 15 metros de rampa como máximo, siendo recomendables no más de 10 metros de rampa.
- En los institutos de educación secundaria se proyectarán aseos para alumnos con la dotación de 2 inodoros y 1 lavabo-pileta por aula polivalente, con una distribución en cada planta del colegio en proporción al número de alumnos, segregando estos aseos por sexos. En los aseos masculinos, la mitad de inodoros se sustituirán por el doble de urinarios murales. Los baños de planta baja deberán estar situados cercanos al área de juegos.
- En el caso de existir casa de conserje, deberá esta tener un acceso desde el exterior con absoluta independencia para no intervenir en las labores docentes, pero esta deberá estar anexa al centro y con comunicación directa para garantizar la vigilancia. La Vivienda de conserje estándar tendrá tres dormitorios, cocina-lavadero, sala de estar y baño, además de poseer un patio privado de 30 metros cuadrados libres de vistas.

3.4.1.3 Acabados

Los acabados en los colegios públicos de Andalucía se eligen en función de la característica y uso del suelo además de por el climal local. Todos los acabados se verán reflejados en la memoria del modelo arquitectónico en revit.

3.4.1.3.1 Pavimentación

En este proyecto se escogió los siguientes tipos de pavimentación dependiendo del uso del suelo:

- Baldosa hidráulica de cemento de 40x40 cm, tomada con mortero de cemento bastardo, para la acera peatonal exterior al colegio.
- Granito nacional para huellas y contrahuellas de escalera interior con mamperlán antideslizante tomado con mortero de cemento bastardo.
- Baldosas de terrazo micrograno de 40x40 cm y 3 cm de espesor tomado con mortero de cemento, elegido para todas las aulas del colegio, incluidas las del edificio administrativo (exceptuando baños).
- Baldosas de gres antideslizante de 30x30 cm, tomado con mortero de cemento, elegido para baños.
- Pavimento exterior de piezas de granito natural gris, para el pasillo exterior y para las escaleras situadas en el exterior.
- Pavimento continuo de hormigón fratasado, para el patio exterior o sala de juegos.

3.4.1.3.2 Revestimientos verticales

- Para las paredes de todas las aulas y servicios administrativos, simplemente se tendrá un enfoscado con mortero de cemento y pintura plástica lisa mate blanca.
- Como se ha comentado anteriormente, los pasillos de circulación poseerán obligatoriamente una protección como mínimo de 1,65 metros para evitar roces, golpes y arañazos, ya que en un colegio son propensos a este tipo de desperfectos y hay que evitar los mantenimientos. Es por ello que los pasillos del colegio habrá un alicatado con baldosa cerámica de gres de 30x30 cm tomado con cemento-cola hasta una altura de 1,65 metros, siendo acabados por piezas cerámicas de gres de 30x10 cm. Por encima de esta altura, simplemente se tendrá un enfoscado y pintado estándar como en las aulas.
- En los aseos, también existe alicatado, esta vez hasta una altura de 2,05 metros, también con baldosa cerámica de gres de 30x30 cm y rematada por piezas cerámicas de gres de 30x10 cm tomadas con cemento-cola y enfoscadas con mortero de cemento. En las paredes interiores del aseo, solo se tendrá alicatado con baldosa cerámica de gres de 30x30 cm tomada con cemento-cola.

3.4.1.3.3 Revestimientos horizontales

Aquí es sencillo, las instalaciones del colegio son a cara vista por cuestiones económicas por lo que apenas se tendrán falsos techos. Únicamente existen falsos techos en el pasillo del edificio administrativo y en el salón de actos múltiples, en el que se utiliza un falso techo de placas de cartón yeso con un espesor de 13 mm, atornillado sobre estructura suelta de chapa de acero galvanizado.

En los demás techos se realiza un tendido de yeso negro y enlucido de yeso blanco sin maestrear.

3.5 Descripción de la estructura

A partir del modelo arquitectónico, se realiza el modelo estructural que supone el grueso de este proyecto. El handicap es que el colegio ya está construido y el objetivo principal de este apartado no será el propio diseño de la estructura, ya que esta ya está creada, sino el aprendizaje de la norma y del software (Revit y Robot) para posteriormente comprobar que todo está correcto en los planos del proyecto del colegio del año 2000.

El marco normativo es el Código Técnico de la Edificación, pero en concreto, este proyecto se empapa de la norma andaluza para la construcción de colegios públicos, ya comentada en el subcapítulo de la arquitectura.

En esta norma está descrita toda la hoja de ruta y marco normativo que hay que cumplir en los proyectos constructivos de colegios públicos en la comunidad autónoma de Andalucía, desde el movimiento de tierras, pavimentación, pasando por la calefacción y las instalaciones.

A continuación, por apartados, se desarrollará la aplicación de la norma para los elementos estructurales del mismo y como se han solucionado en el proyecto.

3.5.1 Cimentaciones

La norma contempla que las cimentaciones se proyectarán conforme a datos del estudio geotécnico, atándose todos los elementos de cimentación del perímetro en las dos direcciones y los interiores en al menos una dirección, sin embargo, en el proyecto real y por tanto en el que se realizará en el modelo estructural, se escogió atar las cimentaciones con vigas en ambas direcciones como requerimiento de obra.

A través de un estudio geotécnico de la zona se plantea una cimentación directa en el nivel II, el cual se ha reconocido en la parcela a cotas que oscilan entre 1 y 2 metros.

Por último, el tipo de cimentación que propone el estudio geotécnico es el de zapatas arriostradas mediante vigas de atado. Dicha cimentación será hormigonada in situ y, además, se recomienda que se construya a una profundidad de entre 1 y 2 metros, escogiendo una cantidad mayor a la hora de realizar el proyecto, en concreto serán 1,62 m de profundidad.

Por último, se determina a través de este estudio el valor de la tensión admisible del terreno, cuyo valor es de:

$$\sigma_{adm} = 1,3 \text{ kg/cm}^2$$

Debido a la profundidad a la que se sitúan las zapatas, será necesario en gran parte del perímetro de la zona administrativa un muro de contención para detener la masa de tierra y así conformar una cámara de aire entre las zapatas y el forjado sanitario. El muro de contención estará calculado en la memoria de cálculo estructural.

En este proyecto se ha solucionado la cimentación con zapatas centradas, zapatas corridas, zapatas combinadas, las cuales se verán en profundidad posteriormente.

3.5.2 Estructura

Los centros docentes deben proyectarse en base a una retícula estructural modular que permita una redistribución de locales si fuese necesario. Dicha estructura será realizada en edificios de uso docente con hormigón armado, siendo permitido los perfiles metálicos en grandes luces con pocas cargas, como puede ser en el salón de actos múltiples anexo al colegio en este proyecto.

- Como medida térmica, deberán realizarse juntas de dilatación cada 40 metros como máximo.
- Como medida económica, se aconseja el uso de forjados unidireccionales en los que los vanos de porticos y las luces de forjados guarden una proporción razonable, evitándose forjados de más de 5 metros de luz.
- Se realizarán vigas de cuelgue, no siendo partícipe su longitud de cuelgue en la medida de altura libre de los centros docentes. Además, no es necesario ocultar estas vigas de cuelgue con falsos techos.
- Se debe tener en cuenta en el cálculo las cargas lineales debidas a las divisiones entre aulas y de éstos con los pasillos, resueltas con citara de ladrillo macizo.
- En los forjados superiores y de cubierta son convenientes las semiviguetas de hormigón armado empotradas en las jácenas. Se desaconseja el uso de viguetas pretensadas por las vibraciones que producen al pateo.
- En todos los suelos de las plantas bajas de la edificación que sean estancias de permanencia habitual de personas, se proyectará un forjado sanitario que quede separado del terreno un mínimo de 0.20 m. Se exceptúa el espacio destinado a gimnasio. La cámara resultante deberá quedar debidamente ventilada. Este forjado de viguetas autoportantes de hormigón armado se proyectará apoyado.

3.5.3 Cerramientos y tabiquería

Los cerramientos tendrán que tener en cuenta la localización y el clima, además de tener que cumplir la normativa acústica y térmica. Las hojas exteriores de los cerramientos deben pasar por delante de los pilares para evitar fisuraciones y problemas de humedades.

Los cerramientos exteriores, según la normativa, deberán estar apoyados en el forjado o en elementos estructurales en todas las plantas.

Con respecto a la tabiquería, la norma recomienda:

- Revestimiento exterior con mortero monocapa o pinturas pétreas con acabado rugoso sobre enfoscado maestreado exterior.
- Citara de ladrillo perforado, o bloque de hormigón de doble cámara.
- Embarrado con mortero hidrófugo.
- Aislamiento térmico de espuma de poliuretano proyectado o plancha rígida.
- Cámara de aire.
- Tabicón de espesor mínimo 7 cm (ladrillo hueco doble o bloque de hormigón aligerado). No se admitirán tabiques de ladrillo hueco sencillo.

También recomienda un muro con más espesor para aislar la sala de caldera y de música.

Los cerramientos y tabiquería utilizados en este proyecto son los siguientes:

- Para cerramientos exteriores se usará un cerramiento de tipo CELP, compuesto de las siguientes capas de exterior a interior: Ladrillo cerámico perforado (11,5 cm espesor), Mortero de cemento (1,5 cm espesor), Capa térmica de espuma de poliuretano (3 cm espesor), Capa de aire (1 cm espesor), Ladrillo de cerámica de hueco doble (6 cm espesor) y mortero de cemento (2 cm espesor).
- Para los cerramientos interiores se utilizarán diversos tipos de cerramientos dependiendo del uso habitacional. Entre ellas estará el muro de ladrillo macizo 1 pie formato métrico para uso de aislamiento acústico, el ladrillo hueco doble para separar habitaciones del edificio administrativo y de la casa del conserje, así como de los aseos. Por último, está el cerramiento de ladrillo macizo de ½ pie formato métrico usado para la separación de aulas del edificio de aula.

En el documento del modelado de revit se entrará en detalle a comentar todos los cerramientos utilizados en el proyecto.

3.5.4 Cubierta

Para la construcción de la cubierta se tendrá que tener en cuenta desde su punto de vista del diseño con una durabilidad y facilidad de mantenimiento, evitando zonas complejas que requieran limpieza, siendo por lo general siempre presente un forjado bajo cubierta.

En la normativa contempla el caso de cubiertas transitables y no transitables, siendo el criterio de los arquitectos para este proyecto el uso de una cubierta no transitable, por lo tanto la normativa andaluza contempla que en ese caso estas cubiertas serán planas de tipo invertido, es decir, con el aislamiento térmico por encima de la tela asfáltica, para prolongar la durabilidad de ésta.

3.5.5 Forjados

En el apartado general de estructura ya se ha explicado todas las características referentes a los forjados que la normativa contempla, dejando para este apartado simplemente la característica de diseño que ha sido elegida por los arquitectos para este proyecto, que no es otra que la de forjados unidireccionales con bovedilla cerámica.

Hay que aclarar que en la norma vigente actualmente es necesario 25 cm de forjado más 5 cm de capa de compresión, cuando en el año 2000 de ejecución del proyecto, no eran necesarios 5 cm de capa de compresión y por lo tanto se proyectó 4 cm de capa de compresión.

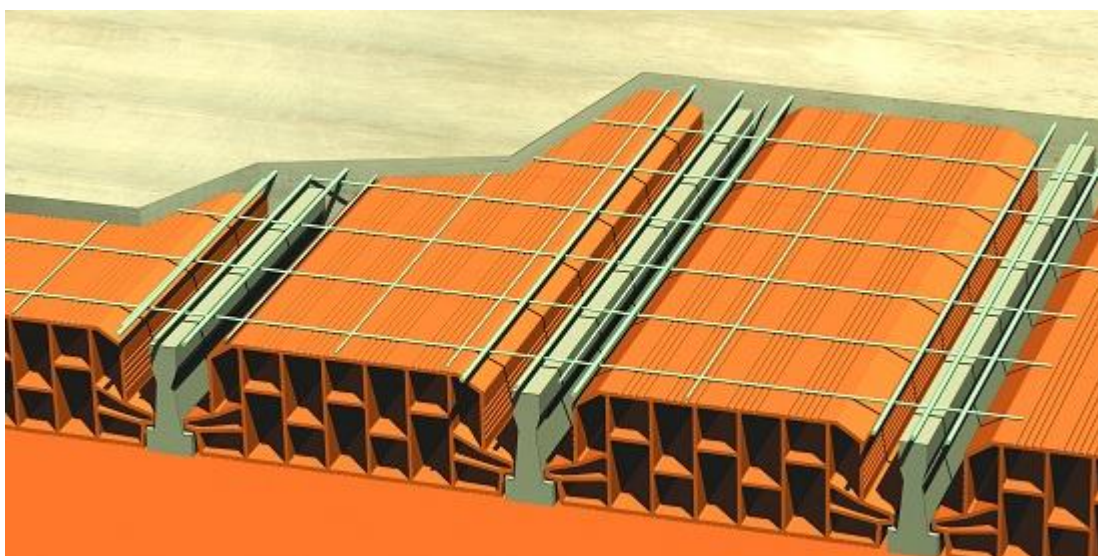


Ilustración 15 – Ejemplo de forjado con bovedillas cerámicas como las del proyecto [15]

REFERENCIAS

- [1] Ciclo de vida de la edificación, 2acad, <https://www.2acad.es/ciclo-de-vida-de-la-edificacion-con-la-aec-collection/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [2] Nacimiento del BIM, Biblus, <https://biblus.accasoftware.com/es/nacimiento-del-bim-eastman/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [3] ¿Qué es BIM y cuál es la historia del Building Information Modelling?, Seystic, <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [4] Porqué pasar de CAD a BIM, Datech, <https://www.datech.es/software/del-cad-al-bim/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [5] CAD vs BIM ¿Quién ganará esta guerra?, Arquiparados, <https://www.arquiparados.com/t583-cad-vs-bim-quien-ganara-esta-guerra> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [6] BIM versus CAD: Workflow, Aplicaciones y Beneficios, Bimnd, <https://www.bimnd.es/bim-versus-cad-workflow-aplicaciones-beneficios/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [7] Foto gráfica BIM, Bimcommunity, shorturl.at/gotEU [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [8] <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [9] ¿Qué es BIM?, SGS, <https://leansisproductividad.com/bim-que-es> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [10] Planos del proyecto básico y de ejecución de centro de enseñanza secundaria. J.L Mensua Oriol, F. Ragel Ruiz, J.L Roldán Atenciano, M. Vila Izquierdo.
- [11] “*Normas de diseño y constructivas para los edificios de uso docente*”, Orden del 24 de enero de 2003 de la consejería de educación y ciencia, BOJA nº43 5/03/2003.
- [12] Real Madrid, <https://www.youtube.com/watch?v=aBIpPXIFBCs> [vídeo en línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [13] Foto BIM bernabeu, <https://construsoftbimawards.com/es/remodelacion-estadio-santiago-bernabeu/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [14] Foto MEP Revit, shorturl.at/qsFN2 [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]

[15] Foto Bovedillas cerámicas, shorturl.at/iwJ47 [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]

[16] Google maps, shorturl.at/eiuHX [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

DOCUMENTO II – Memoria del Cálculo Estructural.

Autor: Rafael Mensua Santisteban

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha

Miguel Ángel López López

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Índice	iii
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	xi
1 Introducción	1
1.1 Objetivo.....	1
1.2 Alcance.....	1
2 Acciones permanentes	3
2.1 Acciones permanentes en el Aulario.....	3
2.1.1 Planta baja	3
2.1.2 Planta primera	4
2.1.3 Cubierta	5
2.2 Acciones permanentes en el SUM.....	5
2.3 Acciones permanentes en el edificio administrativo.....	5
2.3.1 Planta baja	5
2.3.2 Cubierta	6
2.4 Acciones permanentes en la casa del conserje	6
2.4.1 Planta baja	6
2.4.2 Cubierta	6
2.5 Acción permanente en el muro de contención.....	7
3 Acciones Variables	9
3.1 Sobrecarga de uso.....	9
3.2 Viento.....	12
3.2.1 Presión dinámica del viento	12
3.2.2 Coeficiente de exposición.....	13
3.2.3 Coeficiente eólico de presión exterior	15
3.2.3.1 Coeficiente eólico de presión exterior o eólico de las cubiertas	15
3.2.3.2 Coeficiente eólico de presión exterior o eólico de los laterales	38
3.3 Acciones térmicas.....	48
3.4 Sobrecarga por nieve	49
4 Acciones accidentales: Sismos.....	53
4.1 Modos de vibración.....	54
4.2 Aceleración sísmica de cálculo	54
4.2.1 Aceleración sísmica básica	55
4.2.2 Coeficiente adimensional de riesgo	55
4.2.3 Coeficiente de amplificación del terreno	55
4.3 Cálculo de las fuerzas sísmicas.....	56
4.3.1 Coeficiente α_i	57
4.3.2 Coeficiente de respuesta β	57
4.3.2.1 Zona Aulario.....	58
4.3.2.2 Zona Administrativa.....	58
4.3.2.3 Zona Casa del conserje.....	58
4.3.2.4 Zona SUM.....	58
4.3.3 Factor de distribución η_{ik}	58
4.3.3.1 Zona Aulario.....	59
4.3.3.2 Zona Administrativa.....	59
4.3.3.3 Zona Casa del Conserje	60

4.3.3.4	Zona SUM	60
4.3.4	Fuerza sísmica del Aulario.....	60
4.3.5	Fuerza sísmica del área Administrativa	60
4.3.6	Fuerza sísmica de la casa del Conserje	61
4.3.7	Fuerza sísmica del Salón de Actos.....	61
4.4	<i>Reparto de las fuerzas sísmicas equivalentes</i>	61
4.4.1	Reparto de fuerza sísmica equivalente en el Aulario.....	62
4.4.1.1	Planta baja.....	62
4.4.1.2	Planta primera.....	64
4.4.1.3	Cubierta	65
4.4.2	Reparto de fuerza sísmica equivalente en la zona Administrativa	66
4.4.2.1	Planta baja.....	66
4.4.2.2	Cubierta	67
4.4.3	Reparto de fuerza sísmica equivalente en la casa del Conserje	68
4.4.3.1	Planta baja.....	68
4.4.3.2	Cubierta	69
4.4.4	Reparto de fuerza sísmica equivalente en el Salón de actos.....	70
4.4.4.1	Planta baja.....	70
4.4.4.2	Cubierta	71
Referencias		73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Acciones permanentes sobre la planta baja del aula	4
Tabla 2 - Acciones permanentes sobre la planta primera del aula	4
Tabla 3 - Acciones permanentes sobre la cubierta del aula	5
Tabla 4 - Acciones permanentes sobre el salón de actos	5
Tabla 5 - Acciones permanentes sobre la planta baja del edificio administrativo	5
Tabla 6 – Acciones permanentes sobre la cubierta del edificio administrativo	6
Tabla 7 - Acciones permanentes sobre la planta baja de la casa del conserje	6
Tabla 8 Acciones permanentes sobre la cubierta de la casa del conserje	6
Tabla 9 – Tabla de distribución de la zona administrativa	10
Tabla 10 – Tabla de distribución del aula y total del proyecto	11
Tabla 11 – Sobrecarga de uso en el aula	11
Tabla 12 – Sobrecarga de uso en las zonas administrativas	12
Tabla 13 – Resultados de todos los coeficientes de exposición	15
Tabla 14 – Medidas de la cubierta plana para el caso de viento norte sobre aula	18
Tabla 15 – Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento norte sobre aula	18
Tabla 16 – Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento norte sobre aula	18
Tabla 17 - Cargas superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento norte sobre aula	19
Tabla 18 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento norte sobre aula	19
Tabla 19 - Resultados distribuidos por vigas para el caso viento norte sobre aula	19
Tabla 20 – Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre aula	20
Tabla 21 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento sur sobre aula	20
Tabla 22 - Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento sur sobre aula	21
Tabla 23 - Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento sur sobre aula	21
Tabla 24 - Cargas superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento sur sobre aula	21
Tabla 25 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento sur sobre aula	21
Tabla 26 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre aula	22
Tabla 27 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre aula	22
Tabla 28 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento este sobre aula	23
Tabla 29 - Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento este sobre aula	23
Tabla 30 - Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento este sobre aula	23
Tabla 31 - Carga superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento este sobre aula	23
Tabla 32 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento este sobre aula	23
Tabla 33 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento este sobre aula	23

Tabla 34 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento este sobre aulario	24
Tabla 35 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento oeste sobre aulario	24
Tabla 36 - Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario	24
Tabla 37 - Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario	25
Tabla 38 - Carga superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario	25
Tabla 39 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario	25
Tabla 40 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre aulario	25
Tabla 41 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre aulario	26
Tabla 42 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento norte sobre zona administrativa	26
Tabla 43 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento norte sobre zona administrativa	26
Tabla 44 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento norte sobre zona administrativa	26
Tabla 45 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre zona administrativa	26
Tabla 46 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre zona administrativa	27
Tabla 47 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre zona administrativa	27
Tabla 48 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre zona administrativa	27
Tabla 49 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento sur sobre zona administrativa	28
Tabla 50 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento sur sobre zona administrativa	28
Tabla 51 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento sur sobre zona administrativa	28
Tabla 52 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre zona administrativa	28
Tabla 53 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre zona administrativa	28
Tabla 54 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre zona administrativa	29
Tabla 55 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre zona administrativa	29
Tabla 56 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento oeste sobre zona administrativa	29
Tabla 57 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre zona administrativa	30
Tabla 58 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre zona administrativa	30
Tabla 59 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre zona administrativa	30
Tabla 60 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre zona administrativa	30
Tabla 61 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre zona administrativa	30
Tabla 62 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre zona administrativa	31
Tabla 63 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento norte sobre casa del conserje	31
Tabla 64 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento norte sobre casa del conserje	31
Tabla 65 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento norte sobre casa del conserje	31
Tabla 66 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre casa del conserje	31

Tabla 67 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre casa del conserje	32
Tabla 68 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre casa del conserje	32
Tabla 69 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre casa del conserje	32
Tabla 70 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento sur sobre casa del conserje	32
Tabla 71 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento sur sobre casa del conserje	33
Tabla 72 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento sur sobre casa del conserje	33
Tabla 73 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre casa del conserje	33
Tabla 74 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre casa del conserje	33
Tabla 75 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre casa del conserje	33
Tabla 76 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre casa del conserje	34
Tabla 77 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento oeste sobre casa del conserje	34
Tabla 78 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre casa del conserje	34
Tabla 79 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre casa del conserje	34
Tabla 80 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre casa del conserje	34
Tabla 81 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre casa del conserje	35
Tabla 82 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre casa del conserje	35
Tabla 83 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre casa del conserje	35
Tabla 84 - Medidas de la cubierta cilíndrica para el caso de viento oeste sobre salón de actos	36
Tabla 85 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre salón de actos	37
Tabla 86 - Coeficientes eólico y cargas superficiales por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre salón de actos	37
Tabla 87 - Medidas de la cubierta cilíndrica para el caso de viento este sobre salón de actos	37
Tabla 88 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento este sobre salón de actos	37
Tabla 89 - Coeficientes eólico y cargas superficiales por zona de influencia para el caso de viento este sobre salón de actos	37
Tabla 90 - Coeficientes eólicos para edificios con forjados [3]	38
Tabla 91 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre aula	40
Tabla 92 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre aula	40
Tabla 93 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento este sobre aula	41
Tabla 94 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre aula	41
Tabla 95 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre zona administrativa	42
Tabla 96 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre zona administrativa	43
Tabla 97 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre zona administrativa	44
Tabla 98 - Cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre casa del conserje	44
Tabla 99 - Cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre casa del conserje	45
Tabla 100 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre casa del conserje	45

Tabla 101 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre el SUM	46
Tabla 102 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre el SUM	47
Tabla 103 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre el SUM	47
Tabla 104 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento este sobre el SUM	48
Tabla 105 - Temperatura mínima del aire exterior en °C [3]	49
Tabla 106 – Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas	50
Tabla 107 -Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal [3]	51
Tabla 108 – Coeficiente de respuesta en función del tipo de estructura y del coeficiente de comportamiento por ductilidad [1]	57
Tabla 109 – Obtención del factor de distribución en el aula	59
Tabla 110 - Obtención del factor de distribución en la zona administrativa	59
Tabla 111 - Obtención del factor de distribución en la casa del conserje	60
Tabla 112 - Obtención del factor de distribución en el SUM	60
Tabla 113 – Obtención de la fuerza sísmica equivalente en el aula	60
Tabla 114 - Obtención de la fuerza sísmica equivalente en la zona administrativa	60
Tabla 115 - Obtención de la fuerza sísmica equivalente en la casa del conserje	61
Tabla 116 - Obtención de la fuerza sísmica equivalente en el SUM	61
Tabla 117 – Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta primera del aula en dirección Norte-Sur	64
Tabla 118 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta primera del aula en dirección Este-Oeste	64
Tabla 119 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta del aula en dirección Norte-Sur	65
Tabla 120 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta del aula en dirección Este-Oeste	65
Tabla 121 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja en zona administrativa en dirección N-Sur	66
Tabla 122 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja en zona administrativa en dirección Norte-Sur	67
Tabla 123 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en cubierta en zona administrativa en dirección Norte-Sur	67
Tabla 124 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en cubierta en zona administrativa en dirección Este-Oeste	67
Tabla 125 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja de la vivienda en dirección Norte-Sur	68
Tabla 126 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja de la vivienda en dirección Este-Oeste	69
Tabla 127 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta de la vivienda en dirección Norte-Sur	69
Tabla 128 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta de la vivienda en dirección Este-Oeste	69
Tabla 129 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja del SUM en dirección Norte-Sur	70
Tabla 130 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja del SUM en dirección Este-Oeste	71
Tabla 131 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta del SUM en dirección Norte-Sur	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 – Parámetros para la obtención del empuje activo en un muro de contención [10]	7
Ilustración 2 – Tabla de valores característicos de las sobrecargas de uso [3]	9
Ilustración 3 – Mapa de España con la velocidad básica del viento por zonas [3]	13
Ilustración 4 – Tabla de coeficientes para tipo de entorno [3]	13
Ilustración 5 – Vista en planta de la distribución por zonas del colegio acotada, orientado al norte del proyecto	14
Ilustración 6 – Croquis en planta del proyecto con medidas y alturas	16
Ilustración 7 – Tabla de coeficiente eólico de presión para cubiertas planas [3]	17
Ilustración 8 – Tabla para la obtención del coeficiente eólico de presión en cubiertas cilíndricas [3]	36
Ilustración 9 – Croquis con las medidas del proyecto y sus alturas	38
Ilustración 10 – Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (Tmax en °C) [3]	48
Ilustración 11 – Mapa de España con las zonas climáticas [3]	49
Ilustración 12 – Croquis de vista en planta acotada con las medidas y alturas del proyecto	53
Ilustración 13 – Modos de vibración en modelos planos de estructuras de pisos [1].	54
Ilustración 14 – Mapa de España de peligrosidad sísmica [1]	55
Ilustración 15 – Coeficiente α respecto al periodo de oscilación [1]	57
Ilustración 16 – Vista en planta de los pilares del aulario y la distancia entre ellos	62
Ilustración 17 - Vista en planta de los pilares del la zona administrativa y la distancia entre ellos	66
Ilustración 18 - Vista en planta de los pilares de la casa del conserje y la distancia entre ellos	68
Ilustración 19 - Vista en planta de los pilares del salón de actos y la distancia entre ellos	70

1 INTRODUCCIÓN

Este documento de la memoria tiene como propósito el determinar todas las cargas que afectan a la estructura del proyecto a través de la normativa actual que lo abarca.

1.1 Objetivo

El objetivo no es otro que el de calcular todas las cargas justificandolas con la normativa correspondiente con el propósito final de aplicar estas cargas calculadas en la memoria del modelo BIM, para así calcular la estructura final necesaria en el proyecto.

1.2 Alcance

Se utilizará para realizar el cálculo las cargas de los edificios para el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad cortante y durabilidad) y aptitud de servicio, en el que se utilizara el documento del código técnico DB-SE-AE.

El documento divide todas las acciones de cargas en 3 conjuntos según su variación en el tiempo y son los siguientes:

- Acciones permanentes, que son aquellas que actúan en todo momento y son constantes en magnitud y posición. Dentro de este grupo se engloban el peso propio de la estructura, de los elementos embebidos, accesorios y del equipamiento fijo.
- Acciones variables, las cuales engloban todas las acciones que actúan en todo momento pero su magnitud no es constante. Dentro de este grupo se incluyen aquellas acciones cuya variación es función del tiempo transcurrido y se producen en un único sentido teniendo a un valor límite, tales como las acciones del viento. El pretensado se puede considerar una acción variable.
- Acciones accidentales, las cuales son las que tienen posibilidad de actuar sobre la estructura, con un muy bajo porcentaje pero con una magnitud muy importante. En este grupo se incluyen los impactos, las explosiones y los movimientos sísmicos.

Es en este documento en el que se calculará los valores de todas estas cargas por separado, para posteriormente aplicarlas en el modelo estructural que se elaborará en Revit.

Las acciones son consideradas como hipótesis simples, pero habrá que estudiar las combinaciones de cargas para realizar simulaciones acordes a la realidad. Esto será un trabajo posterior que se elaborará con el software Robot.

2 ACCIONES PERMANENTES

En este capítulo se detallan todas las acciones permanentes que actúan sobre los edificios del proyecto. Se tendrán en cuenta el peso propio de todos los elementos estructurales así como el de los cerramientos exteriores e interiores y condiciones de uso.

Los valores son los siguientes:

- Forjados con bovedilla cerámica: 322 kg/m^2 .
- Solería y falsos techos considerados en el proyecto real como una carga muerta de un valor de 100 kg/m^2 para todos los forjados.
- Tabiquería, ya que un colegio naturalmente no cambiará nunca sus tabiques durante su vida útil (sino sería considerada sobrecarga de uso), dependiendo del tipo de cerramiento tendrá un valor determinado que se muestra a continuación:
 - CLM, con una carga de $2,599 \text{ kN/m}^2$.
 - MLM, con una carga de $4,805 \text{ kN/m}^2$.
 - LHD8, con una carga de $1,47 \text{ kN/m}^2$.
 - LHD6, con una carga de $1,177 \text{ kN/m}^2$.
- Cerramiento exterior: Tipo CELP, con una carga de $2,854 \text{ kN/m}^2$.
- Escaleras con losa de hormigón, con una carga de $6,5 \text{ kN/m}^2$.

Una vez desglosadas todas las acciones permanentes, se podría calcular todas las acciones permanentes totales por zonas, cosa que es útil para posteriormente hallar las acciones accidentales por sismos. Además, todos estos cálculos que se realizan ahora para calcular las acciones permanentes por zonas servirán para posteriormente para introducirlos en el proyecto estructural en Revit, ya que el software solo tiene en cuenta el peso propio de los elementos estructurales y no de los elementos arquitectónicos.

2.1 Acciones permanentes en el Aulario

A continuación se mostrarán las acciones permanentes que afectan a cada forjado que compone el aulario, que está compuesto por tres: Planta baja, planta primera y cubierta.

2.1.1 Planta baja

Se cuenta en la planta baja de un forjado que ocupa toda la planta baja menos los huecos correspondientes a la sala del ascensor y de mantenimiento que tiene un total de $16,51 \text{ m}^2$, por lo que el total de superficie del forjado es de $701,92 \text{ m}^2$.

Por otro lado, el cerramiento exterior abarca todo el perímetro exterior ($46,38 \times 15,49$), por lo tanto cuenta con un total de $123,74 \text{ m}$ con una altura de $3,05 \text{ m}$. Los cerramientos interiores o tabiquería de la planta posee la misma altura y hay varios tipos de cerramiento interior para cada planta, teniendo cada uno un perímetro.

Por último comentar que este es el único forjado que soporta la acción de unas escaleras, que se tienen en cuenta para el cálculo total de acciones permanentes,

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	701,92	2217,24
Solería	100	0,981	701,92	677,58
Cerramiento Exterior	290,93	2,854	377,407	1077,12
Tabiquería MLM	489,8	4,805	48,922	235,070
Tabiquería CLM	264,934	2,599	397,446	1032,961
Tabiquería LDH8	149,847	1,470	73,170	107,559
Escaleras	662,59	6,5	32,24	209,560
				5557,09

Tabla 1 – Acciones permanentes sobre la planta baja del aulario

2.1.2 Planta primera

La planta primera tiene forjado sobre todo el perímetro del aulario menos por donde están ubicadas las escaleras y el hueco del ascensor, contando entonces con un total de

Para los demás cálculos, se procede igual que anteriormente con la planta baja.

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	625,51	1799,3
Solería	100	0,981	625,51	558,76
Cerramiento Exterior	290,93	2,854	377,407	1077,12
Tabiquería MLM	489,8	4,805	69,296	332,967
Tabiquería CLM	264,934	2,599	399,367	1037,955
Tabiquería LDH8	149,847	1,470	73,017	107,335
				4913,34

Tabla 2 - Acciones permanentes sobre la planta primera del aulario

2.1.3 Cubierta

En este caso solo se posee de acción permanente el propio peso de la cubierta.

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	625,51	1799,3
Solería	100	0,981	625,51	558,76
				2358,06

Tabla 3 - Acciones permanentes sobre la cubierta del aulaio

2.2 Acciones permanentes en el SUM

Las acciones permanentes sobre el forjado son las siguientes:

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	126,11	398,38
Solería	100	0,981	133,82	131,28
Cerramiento Exterior	290,93	2,854	255,816	1077,12
				1342,23

Tabla 4 - Acciones permanentes sobre el salón de actos

Para obtener el resultado de acción permanente de la cubierta del salón de actos se acude al CTE DB SE-AE en el anejo C que resuelve con que la cubierta de chapa contará con un peso propio de $1 kN/m^2$ y por tanto, el total en la superficie será de 152,63 kN.

2.3 Acciones permanentes en el edificio administrativo

2.3.1 Planta baja

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	381,42	1204,91
Solería	100	0,981	381,42	374,176
Ceramiento CELP	290,93	2,854	359,775	1026,798
Tabiquería LDH6	119,980	1,177	328,538	386,689
Tabiquería CLM	264,934	2,599	151,688	394,236
Tabiquería LDH8	149,847	1,470	51,038	75,025
				3461,838

Tabla 5 - Acciones permanentes sobre la planta baja del edificio administrativo

Como se puede observar en la tabla 5, la planta baja contiene un forjado en todo el área de la zona, un cerramiento exterior, así como tabiquería interna. En la siguiente tabla a continuación se desglosa todas las acciones permanentes, en las que el cerramiento exterior está formado por tipo CELP para las fachadas norte y sur y CLM para las oeste y este, que están junto a las otras dos zonas SUM y Casa del conserje.

2.3.2 Cubierta

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	381,42	1204,91
Solería	100	0,981	381,42	374,176
				1579,09

Tabla 6 – Acciones permanentes sobre la cubierta del edificio administrativo

2.4 Acciones permanentes en la casa del conserje

A continuación se mostrarán las acciones permanentes que afectan a cada forjado que compone la casa del conserje.

2.4.1 Planta baja

Sobre la planta baja estas son las acciones permanentes que actúan:

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	68,418	216,13
Solería	100	0,981	68,418	67,12
Ceramiento CELP	290,93	2,854	83,349	237,878
Tabiquería LDH6	119,980	1,177	112,235	132,100
Tabiquería CLM	264,934	2,599	39,312	102,172
				755,4

Tabla 7 - Acciones permanentes sobre la planta baja de la casa del conserje

2.4.2 Cubierta

Tipo de Carga	kg/m^2	kN/m^2	m^2	kN
Forjado	322	3,159	68,418	216,13
Solería	100	0,981	68,418	67,12
				283,25

Tabla 8 Acciones permanentes sobre la cubierta de la casa del conserje

2.5 Acción permanente en el muro de contención

Para calcular la acción permanente que efectúa el terreno sobre el muro de contención es necesario acudir al código técnico de la edificación en su apartado para cimentaciones (CTE DB-C) en el que se encuentra recogido como se calcula este tipo de acción para estos muros.

En primer lugar, es necesario establecer los parámetros necesarios para este cálculo que no son otros que los que se muestran en la ilustración 1, extraída del código técnico.

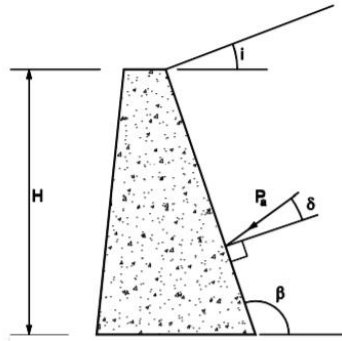


Ilustración 1 – Parámetros para la obtención del empuje activo en un muro de contención [10]

La norma establece el caso general para un muro de contención con una geometría genérica, en el que el coeficiente de empuje activo tiene una fórmula dependiente de todos los ángulos que se muestran en la ilustración 1, pero para el caso de muro de contención plano la fórmula para hallar el coeficiente de empuje activo es:

$$P_a = \gamma \cdot K_A \cdot H^2 / 2$$

Siendo γ el peso específico aparente del terreno y P_a , el empuje activo puntual, pese a que la carga es triangular con valor máximo $\gamma \cdot K_A \cdot H$.

La fórmula para calcular el coeficiente de empuje activo es la siguiente:

$$K_A = tg^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Siendo φ el ángulo de rozamiento interno del terreno.

Lo mismo ocurre para el cálculo del empuje pasivo, cambiando el coeficiente activo por el pasivo.

Se procede a calcular los valores del empuje activo y pasivo del terreno, teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- La altura del muro de contención es de $H=1,91$ metros.
- El terreno es arcilloso y por tanto tendrá un peso específico aparente $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ y un ángulo de rozamiento interno de 20° , según la tabla D27 del CTE DB SE-C [7].
- La tensión admisible del terreno es $\sigma_{adm} = 1,3 \text{ kg/cm}^2$ como se comentó en la memoria descriptiva.
- El valor del coeficiente de empuje activo del terreno tiene el valor de 0,49.

Por tanto, el valor de $P_a = 16,84 \text{ kN/m}^2$.

3 ACCIONES VARIABLES

A continuación en este capítulo se realizan los cálculos referentes a las acciones variables que actúan sobre los edificios del proyecto.

Se tendrán en cuenta y por tanto se calcularán las sobrecargas de uso, las acciones del viento (que serán el grueso de cálculo debido a que hay que calcular todas las opciones posibles de viento), las acciones térmicas y las de nieve que pueden ser más o menos posibles dependiendo de la ubicación geográfica.

3.1 Sobrecarga de uso

Según el CTE DB-SE-AE la sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por su razón de uso. El uso de los edificios los cuales se quieren calcular la estructura es la de un colegio.

Es necesario para este caso recoger el punto 2 de las sobrecargas de uso es que no contempla dentro del documento básico los materiales que están en bibliotecas, o almacenes, debiéndose calcular de acuerdo a valores estándar o que te proporciona el suministrador.

La sobrecarga de uso se simula como una carga distribuida uniformemente con los valores característicos que se observan en la siguiente tabla (ilustración 1) exportada del documento básico.

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
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
				0	2

Ilustración 2 – Tabla de valores característicos de las sobrecargas de uso [3]

Para el proyecto que se va a llevar a cabo el estudio estructural, se está ante un colegio que entra en la categoría C1 que es la de zona con mesas y sillas, cuya sobrecarga de uso uniforme es de 3 kN/m^2 pero solo en el caso de todas las salas administrativas, vivienda y todas las aulas. Sin embargo, El salón de actos, debido a su mobiliario de asientos fijos se tomará como una zona tipo C2, con una sobrecarga de uso uniforme de 4 kN/m^2 . Por último están todos los pasillos, tanto el principal de entrada de la zona administrativa como todos los pasillos del aulario incluido también la pasarela, que se toman como zonas sin obstáculos en las cuales podría existir aglomeraciones. En estas zonas se toman por tanto un tipo C3 para valorar la sobrecarga

de uso y por tanto se contabiliza según la norma con el valor de 5 kN/m^2 .

Se utilizará la tabla expuesta en la memoria descriptiva del estudio de la superficie total útil y construida desglosada coloreada con naranja para las zonas C3, verde para la zona C2 y azul para la zona C1.

Vestíbulo	40,64						
Pasillo	33,83						
Secretaria	31,01						
Conserjería y reprografía	10,45						
Alumnos	14,96						
APA	15,01						
Orientación	15,1						
Secretario	14,96	Baño	4,39				
Jefe de estudios	14,96	Aseo	3,53				
Director	19,97	Vestibulo	5,27				
Sala profesores	40,11	Cocina	7,69				
Archivo	9,99	Lavadero	2,45				
Cafeteria	40,8	Salón comedor	17,26				
Baños patio	11,23	Pasillo	2,57				
Baños profesores	10,78	Dormitorio 3	9,3				
Biblioteca	73,55	Dormitorio 2	10,61				
Sala limpieza	2,81	Dormitorio 1	11,19	Salón de actos	139,51	EDIFICIO ADMINISTRATIVO	
Total Zona Administrativa Útil [m2]	400,16	Total Zona vivienda Útil [m2]	74,26	Total SUM Útil	139,51	SUPERFICIE ÚTIL [m2]	TOTAL 613,93
Total Zona Administrativa Construida [m2]	442,91	Total Zona vivienda Construida [m2]	87,24	Total SUM Construida	152,63	SUPERFICIE CONSTRUIDA [m2]	TOTAL 682,78

Tabla 9 – Tabla de distribución de la zona administrativa

Pasillo	117,89						
Escaleras 1	14,3	Pasillo	159,96				
Escaleras 2	15,46	Caldera	18,36				
Aula 7	50,19	Taller	100,1				
Aula 8	50,67	Archivo	19,1				
Seminario 5	14,73	baños	28,35				
Sala musica	57,49	Aula 1	50,6				
Sala Informatica	58,89	Aula 2	50,18				
Plastica	58,81	Aula 3	50,67				
Seminario 2	14,87	Aula 4	50,19				
Seminario 3	14,94	Seminario 1	14,73				
Seminario 4	14,94	Zona Ascensor	9,7				
Sala Apoyo	30,78	Mantenimiento	3,78				
Baños	28,63	Vestuarios	12,4				
Aula 5	50,63	Aula Plástica	60,03				
Aula 6	50,15	Cuarto limpieza	4,49	EDIFICIO AULARIO		TOTAL PROYECTO	
Total Aulario planta Primera Útil [m ²]	643,37	Total Aulario Planta Baja Útil [m ²]	632,63	SUPERFICIE TOTAL ÚTIL [m²]	1275,00	SUPERFICIE TOTAL ÚTIL [m²]	1889,93
Total Aulario planta Primera Construida [m ²]	718,19	Total Aulario Planta Baja Construida [m ²]	717,84	SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA [m²]	1436,03	SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA [m²]	2118,81

Tabla 10 – Tabla de distribución del aulario y total del proyecto

Con esta tabla se puede construir la siguiente tabla 11 en la que ya una vez calculadas las áreas de influencia para cada sobrecarga de uso, se pueden calcular las cargas totales por sobrecarga de uso en cada planta de cada zona, incluyendo para este caso, las cubiertas.

	Aulario Planta Baja		Aulario Planta Primera	
Superficie [m ²]	472,68	159,96	495,72	147,65
Carga [kN]	1418,04	799,8	1487,16	738,25
Carga Total	2217,84		2225,41	

Tabla 11 – Sobrecarga de uso en el aulario

	Zona Administrativa		Zona SUM	Casa del conserje
Superficie [m^2]	325,69	74,47	139,51	74,26
Carga [kN]	977,07	372,35	558,04	222,78
Carga Total	1349,42		558,04	222,78

Tabla 12 – Sobrecarga de uso en las zonas administrativas

Por otro lado, la sobrecarga de uso para las cubiertas planas pertenece según la ilustración 1 al grupo G1 “cubiertas con inclinación inferior a 20°” y por tanto tienen una carga de 1 kN/m².

3.2 Viento

El marco normativo determina que la distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento, dejando fuera del marco normativo edificio con una altura superior a 2000 metros de altitud, cosa que en el caso de estudio no se aplica.

Recogiendo lo que explica la norma, la acción del viento se expresa como una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e , que se expresa mediante la siguiente fórmula :

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

- q_b , la presión dinámica del viento.
- c_e , el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Es una constante, ya que la norma indica que hasta edificios de 8 plantas, se considera así con un valor de 2,0.
- c_p , el coeficiente eólico o de presión exterior, que depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, en el que un valor negativo indica succión.

3.2.1 Presión dinámica del viento

La presión dinámica del viento, de forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, se adopta el valor de 0,5 kN/m², aunque se puede obtener un valor más adecuado como explicamos a continuación.

Se calcula por la siguiente fórmula el valor exacto de la presión dinámica del viento, siendo δ la densidad del aire que se calcula con la altura, temperatura ambiental y fracción del agua en suspensión y se toma como valor fijo 1,25 kg/m³ y v_b el valor básico de la velocidad del viento.

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

El valor de la velocidad del viento se plantea por zonas geográficas de España, como se observa en la Ilustración 2. En ella se observa que la localidad de El Carpio pertenece a la zona A, donde la velocidad del viento tiene un valor de 26 m/s.



Ilustración 3 – Mapa de España con la velocidad básica del viento por zonas [3]

El valor final por tanto de la presión dinámica es el siguiente:

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2 Coeficiente de exposición

Este coeficiente para alturas inferiores a 200 metros de altitud se puede determinar con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7k)$$

Siendo $F = k \ln(\max(z, Z)/L)$

Con los valores k , Z y L parámetros característicos según el grado de aspereza del entorno, recogido en el anejo D del documento del código técnico CTE-DB-SE-AE.

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
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	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Ilustración 4 – Tabla de coeficientes para tipo de entorno [3]

En este proyecto, la construcción se realiza en un terreno de zona urbana general como es un colegio, por tanto los valores son los de grado IV:

- $k=0,22$
- $L(m)=0,3$
- $Z(m)=5,0$.

El siguiente paso es calcular la altura de cada fachada de los edificios sobre el terreno. Para ello se calculará cada fachada por edificios separados con la ayuda del siguiente croquis del proyecto (ilustración 4):

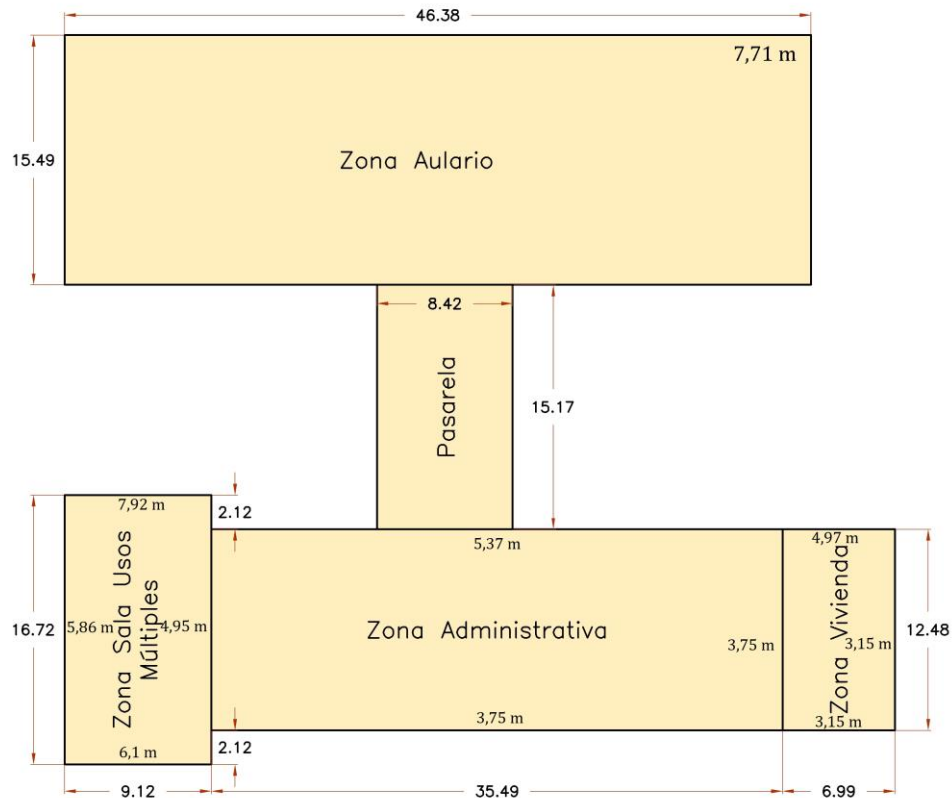


Ilustración 5 – Vista en planta de la distribución por zonas del colegio acotada, orientado al norte del proyecto

Una vez representado el croquis de la ilustración 4, se disponen las alturas de cada fachada de todas las zonas:

- Zona SUM: Es necesario destacar que hay un desnivel en la parte inferior en el que se planteará cálculo de la base para la fachada oeste, ya que tendrá en su fachada oeste una rampa de acceso al patio, por lo que se realizará una media entre la cota del inicio de la rampa (50,02) y el final de la rampa (51,84), por lo que se cogerá 50,93 de cota media, por lo tanto la altura de la fachada oeste es de 5,86 metros. Mientras, la fachada norte que parte desde la altura del patio, consigue una altura hasta culminar la cubierta de 7,92 metros de altitud, la fachada sur 6,1 metros y la fachada este 4,95 metros de altitud.
- Zona aulario, cuenta con dos plantas y la parte visible de la mureta que protege el forjado sanitario, con un total de 7,71 metros de altura todas las fachadas.
- Zona Casa del Conserje, cuenta con todas las mismas alturas, 3,15 metros de altitud, menos la fachada norte, ya que cuenta con más altura debido a que parte del patio, logrando un total de 4,97 metros de altitud.
- Zona administrativa, con una altura igual para las 4 fachadas de 3,75 metros de altitud excepto la fachada norte que también parte desde la altura del patio en las zonas más desfavorables, alcanzando

un total de 5,37 metros de altitud.

Por tanto, ya con todos los datos sobre la mesa, se procede a calcular los valores de los coeficientes de exposición de todas las fachadas de los edificios, siendo única para el aulario y variable según la orientación del proyecto para los demás, que por tanto en su codificación tendrán un sobrenombre con la orientación sobre la que se está calculando el coeficiente de exposición para calcular el impacto del viento.

Cabe destacar que tanto para las fachadas norte y sur del aulario y la fachada norte del edificio administrativo no están completamente a la misma cota, pero para simplificar se ha tomado el caso más desfavorable, es decir, en el que el coeficiente de exposición es mayor.

En la siguiente tabla 13 se muestran los resultados finales.

Código	Altura sobre el terreno [m]	F	Coefficiente de exposición
Ce.Aulario	7,71	0,71	1,61
Ce.Casa	3,15	0,62	1,34
Ce.Casa Norte	4,97	0,62	1,34
Ce.Admin	3,75	0,62	1,34
Ce.Admin.Norte	5,37	0,64	1,38
Ce.SUM.Norte	7,92	0,72	1,63
Ce.SUM.Sur	6,1	0,66	1,46
Ce.SUM.Oeste	5,86	0,65	1,44
Ce.SUM.Este	4,95	0,62	1,34

Tabla 13 – Resultados de todos los coeficientes de exposición

Es necesario aclarar que para esta notación cuando se lleva el sobrenombre con la orientación se habla de la fachada, no de la dirección del viento. Por tanto, cuando se utilicen más adelante para calcular las presiones que el viento ejerce sobre las fachadas y cubiertas de los edificios habrá que tener esto en cuenta.

3.2.3 Coeficiente eólico de presión exterior

Este cálculo del coeficiente eólico depende de la dirección del viento. Es por tanto que habrá que calcular todas las casualísticas que puedan existir en los edificios y dirección del viento, y por tanto se tendrá que estudiar el cálculo por separado de las acciones del viento en los edificios.

3.2.3.1 Coeficiente eólico de presión exterior o eólico de las cubiertas

Se vuelve de nuevo al anejo D del CTE-DB-SE-AE para calcular el coeficiente eólico de presión exterior sobre las fachadas de los edificios del proyecto, ya que este coeficiente es dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento.

La normativa recoge que en todos los edificios se comprobará la acción del viento en todas las direcciones independientemente de la existencia de construcciones contiguas medianeras, por lo que todas las cubiertas tendrán que ser analizadas. Por un lado estará la cubierta cilíndrica del salón de actos, con un tipo de análisis y por otro lado estarán las demás cubiertas de las diferentes zonas, que pese a que son de succión y ayudan en la carga total que soporta la estructura (por lo que la norma establece que se puede suprimir su cálculo) se deciden calcular en esta memoria de cálculo estructural.

Como apoyo se vuelve a tener el croquis ya mostrado anteriormente de la distribución en planta con las medidas y las alturas de las fachadas de los edificios, orientados al norte del proyecto (ilustración 5).

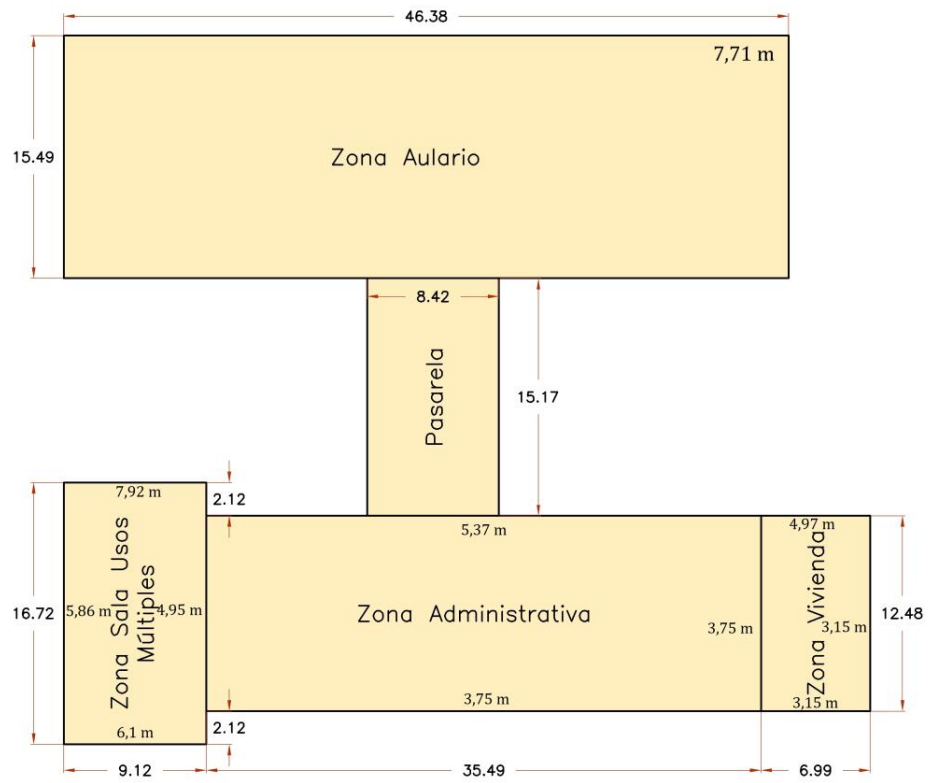
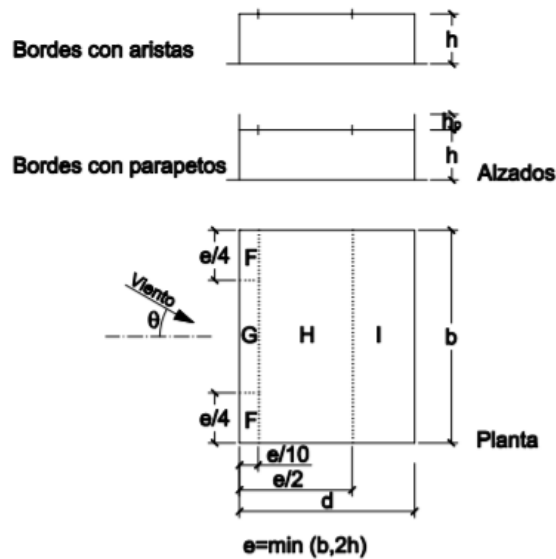


Ilustración 6 – Croquis en planta del proyecto con medidas y alturas

Teniendo todo en orden ya se podrá calcular los coeficientes de presión exterior, c_p , se utilizarán tablas aportadas por la norma para distintos tipos de cubiertas, las cuales dan valores de presión en las cuales la A refiere al área de influencia del elemento y en el que si en una misma casilla da dos valores de signo distinto significa que la acción del viento en la zona considerada puede variar de presión a succión y que deben considerarse ambas posibilidades. Para cubiertas planas se utilizará la siguiente tabla de la ilustración 6.



	h_p/h	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
			F	G	H	I
Bordes con aristas		≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	0,2 -0,2
Con parapetos	0,025	≥ 10	-1,6	-1,1	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,2	-1,8	-1,2	0,2 -0,2
	0,05	≥ 10	-1,4	-0,9	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,0	-1,6	-1,2	0,2 -0,2
	0,10	≥ 10	-1,2	-0,8	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-1,8	-1,4	-1,2	0,2 -0,2

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5°

Ilustración 7 – Tabla de coeficiente eólico de presión para cubiertas planas [3]

Se observa en la ilustración 6 que en la tabla solo se da solución de coeficientes para áreas de influencia menores de 1 m² o para mayores de 10 m². Para elementos con área de influencia, A, entre 1 m² y 10 m², el coeficiente de presión exterior se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

Donde:

$C_{pe,A}$, es el coeficiente eólico para un área de influencia entre 1 m² y 10 m².

$C_{pe,1}$, es el coeficiente eólico para un área de influencia $A \leq 1 \text{ m}^2$.

$C_{pe,10}$, es el coeficiente eólico para un área de influencia $A \geq 10 \text{ m}^2$.

Dado que se puede observar en la ilustración 6 que la tabla para la zona I da 2 valores, se conseguirán dos resultados finales para cada viento en una dirección sobre una cubierta, que se llamarán a para coeficiente positivo y b para negativo en I.

Los parapetos que se colocarán en la cubiertas planas de los edificios del proyecto tienen todas una altura de 0,45 metros, dato que se tiene que tener en cuenta a la hora de tabular los datos correspondientes a cubiertas planas según la norma para conseguir calcular el valor del coeficiente eólico de presión sobre las cubiertas.

Se procede a analizar a continuación todas las cubiertas planas a través de tablas calculadas con excel para facilitar el orden y optimizar tiempo:

3.2.3.1.1 Viento Norte sobre Aulario

El primer paso para conseguir calcular las cargas de viento sobre la cubierta cuando existe viento en dirección norte en el aulario es el de obtener los parámetros que se observan en la ilustración 6 de la norma.

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
46,38	15,49	7,71	0,45	15,42	0,058	718,426

Tabla 14 – Medidas de la cubierta plana para el caso de viento norte sobre aulario

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la Ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	3,855	1,542	38,67	1,542	46,38	6,168	46,38	7,78
Área [m ²]	5,944		59,629		286,072		360,836	

Tabla 15 – Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento norte sobre aulario

Con las tablas 14 y 15 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I cuando existe viento en dirección norte. Para ello se ha tenido que proceder interpolando la tabla de la ilustración 6 para tener un resultado más preciso para el cociente de hp/h. Esto se ha realizado para las zonas de influencia F y G ya que tanto la zona H como la I no cambian sus valores respecto al cociente de la altura del parapeto y la altura de la fachada.

Poniendo el foco en la obtención de los valores para F y G, por una parte G al tener un área $A \geq 10 \text{ m}^2$, se ha introducido el dato interpolado directamente, mientras que para la zona F se ha tenido que realizar la fórmula para interpolar resultados ya descrita anteriormente para áreas entre 1 y 10 m^2 .

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
C _{pe} , A	-1,502	-0,883	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 16 – Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento norte sobre aulario

Es necesario aclarar que para el área I existen 2 resultados, uno positivo de presión y otro negativo de succión para cada dirección del viento, dando dos resultados finales.

Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas para este caso mediante la fórmula introducida al inicio de este apartado:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Donde se utilizará el resultado para el coeficiente de exposición codificado como C_e.Aulario, que es el mismo en todas las direcciones del viento. En la siguiente tabla se exponen los resultados de esta expresión para el caso calculado:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Qe [kN/m ²]	-1,016	-0,597	-0,473	0,135	-0,135

Tabla 17 - Cargas superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento norte sobre aulario

Por último, en esta memoria de cálculo se determinarán las presiones lineales sobre las correas de la cubierta, ya que posteriormente a este estudio de cálculo estructural se realizará un modelo BIM en Revit y se tendrán que introducir estas cargas de viento como cargas lineales sobre las correas.

Se tendrá que hacer en este caso un estudio para determinar en que áreas de influencia están las correas, estableciendo en primer lugar cual es la carga total sobre cada área de influencia de las presiones y luego posteriormente calcular el área de influencia de cada zona sobre cada viga.

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-6,037	-35,612	-135,412	48,801	-48,801

Tabla 18 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento norte sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	1,542	Área	Carga total [kN]	1,542
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga AA	1,94	30,051	2,991	-3,038	-1,970	0	0	0,000
Viga AB	3,78	58,552	2,953	-2,999	-1,945	2,876	-1,718	-1,114
Viga AC	4,215	65,290	0	0	0	6,500	-3,882	-2,517
Viga AD	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AE	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AF	3,64	56,384	0	0	0	5,613	-3,352	-2,174
Viga AG	1,665	25,791	0	0	0	2,567	-1,533	-0,994
Viga AH	2,81	43,527	0	0	0	4,333	-2,588	-1,678
Viga AI	4,775	73,965	0	0	0	7,363	-4,397	-2,852
Viga AJ	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AK	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AL	4,215	65,290	2,352	-2,388	-1,549	4,148	-2,477	-1,607
Viga AM	2,33	36,092	3,593	-3,649	-2,366	0	0	0

Tabla 19 - Resultados distribuidos por vigas para el caso viento norte sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	6,168	Área	Carga total [kN]	7,78
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga AA	1,94	30,051	11,966	-5,664	-0,918	15,093	2,041	0,262
Viga AB	3,78	58,552	23,315	-11,036	-1,789	29,408	3,977	0,511
Viga AC	4,215	65,290	25,998	-12,306	-1,995	32,793	4,435	0,570
Viga AD	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AE	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AF	3,64	56,384	22,452	-10,627	-1,723	28,319	3,830	0,492
Viga AG	1,665	25,791	10,270	-4,861	-0,788	12,954	1,752	0,225
Viga AH	2,81	43,527	17,332	-8,204	-1,330	21,862	2,957	0,380
Viga AI	4,775	73,965	29,452	-13,941	-2,260	37,150	5,024	0,646
Viga AJ	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AK	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AL	4,215	65,290	25,998	-12,306	-1,995	32,793	4,435	0,570
Viga AM	2,33	36,092	14,371	-6,803	-1,103	18,127	2,452	0,315

Tabla 20 – Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre aulaio

3.2.3.1.2 Viento Sur sobre Aulaio

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
46,38	15,49	7,71	0,45	15,42	0,0584	718,426

Tabla 21 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento sur sobre aulaio

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	3,855	1,542	38,67	1,542	46,38	6,168	46,38	7,78
Área [m ²]	5,944		59,629		286,072		360,836	

Tabla 22 - Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento sur sobre aulario
Con las tablas 21 y 22 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Cpe,A	-1,502	-0,883	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 23 - Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento sur sobre aulario
Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Qe [kN/m ²]	-1,016	-0,597	-0,4733	0,135	-0,135

Tabla 24 - Cargas superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento sur sobre aulario
Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-6,037	-35,612	-135,412	48,801	-48,801

Tabla 25 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento sur sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	1,542	Área	Carga total [kN]	1,542
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga AA	1,94	30,051	2,991	-3,038	-1,970	0	0	0
Viga AB	3,78	58,552	2,953	-2,999	-1,945	2,876	-1,718	-1,114
Viga AC	4,215	65,290	0	0	0	6,500	-3,882	-2,517
Viga AD	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AE	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AF	3,64	56,384	0	0	0	5,613	-3,352	-2,174
Viga AG	1,665	25,791	0	0	0	2,567	-1,533	-0,994
Viga AH	2,81	43,527	0	0	0	4,333	-2,588	-1,678

Viga AI	4,775	73,965	0	0	0	7,363	-4,397	-2,852
Viga AJ	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AK	4,25	65,833	0	0	0	6,554	-3,914	-2,538
Viga AL	4,215	65,290	2,352	-2,388	-1,549	4,148	-2,477	-1,607
Viga AM	2,33	36,092	3,593	-3,649	-2,366	0	0	0

Tabla 26 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	6,168	Área	Carga total [kN]	7,78
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga AA	1,94	30,051	11,966	-5,664	-0,918	15,093	2,041	0,262
Viga AB	3,78	58,552	23,315	-11,036	-1,789	29,408	3,977	0,511
Viga AC	4,215	65,290	25,998	-12,306	-1,995	32,793	4,435	0,570
Viga AD	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AE	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AF	3,64	56,384	22,452	-10,627	-1,723	28,319	3,830	0,492
Viga AG	1,665	25,791	10,270	-4,861	-0,788	12,954	1,752	0,225
Viga AH	2,81	43,527	17,332	-8,204	-1,330	21,862	2,957	0,380
Viga AI	4,775	73,965	29,452	-13,941	-2,260	37,150	5,024	0,646
Viga AJ	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AK	4,25	65,833	26,214	-12,408	-2,012	33,065	4,472	0,575
Viga AL	4,215	65,290	25,998	-12,306	-1,995	32,793	4,435	0,570
Viga AM	2,33	36,092	14,371	-6,803	-1,103	18,127	2,452	0,315

Tabla 27 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre aulario

3.2.3.1.3 Viento Este sobre Aulario

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
15,49	46,38	7,71	0,45	15,42	0,058	718,426

Tabla 28 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento este sobre aulario

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	3,855	1,542	7,78	1,542	15,49	6,168	15,49	38,67
Área [m ²]	5,944		11,997		95,542		598,998	

Tabla 29 - Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento este sobre aulario

Con las tablas 28 y 29 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Cpe,A	-1,502	-0,883	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 30 - Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento este sobre aulario

Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Qe [kN/m ²]	-1,016	-0,597	-0,473	0,135	-0,135

Tabla 31 - Carga superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento este sobre aulario

Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-6,037	-7,165	-45,225	81,010	-81,010

Tabla 32 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento este sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	7,71	Área	Carga total [kN]	7,78
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga AA	30,051	30,051	11,889	-12,075	-1,566	11,997	-7,165	-0,921

Tabla 33 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento este sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	15,49	Área	Carga total [kN]	15,49
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga AA	1,94	30,051	6,165	-2,918	-0,188	0	0	0
Viga AB	3,78	58,552	58,552	-27,716	-1,789	0	0	0
Viga AC	4,215	65,290	30,825	-14,591	-0,942	34,465	4,661	0,301
Viga AD	4,25	65,833	0	0	0	65,833	8,903	0,575
Viga AE	4,25	65,833	0	0	0	65,833	8,903	0,575
Viga AF	3,64	56,384	0	0	0	56,384	7,625	0,492
Viga AG	1,665	25,791	0	0	0	25,791	3,488	0,225
Viga AH	2,81	43,527	0	0	0	43,527	5,887	0,380
Viga AI	4,775	73,965	0	0	0	73,965	10,003	0,646
Viga AJ	4,25	65,833	0	0	0	65,833	8,903	0,575
Viga AK	4,25	65,833	0	0	0	65,833	8,903	0,575
Viga AL	4,215	65,290	0	0	0	65,290	8,830	0,570
Viga AM	2,33	36,092	0	0	0	36,092	4,881	0,315

Tabla 34 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento este sobre aulario

3.2.3.1.4 Viento Oeste sobre Aulario

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
15,49	46,38	7,71	0,45	15,42	0,058	718,426

Tabla 35 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento oeste sobre aulario

Una vez calculado el parámetro e, se calculan las áreas definidas por la norma para cubiertas planas:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	3,855	1,542	7,78	1,542	15,49	6,168	15,49	38,67
Área [m ²]	5,944		11,997		95,542		598,998	

Tabla 36 - Resultados de dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario

Con las tablas 33 y 34 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
C _{pe,A}	-1,502	-0,883	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 37 - Resultados de coeficiente eólico por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario
Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Q _e [kN/m ²]	-1,016	-0,597	-0,473	0,135	-0,135

Tabla 38 - Carga superficial sobre áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario
Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-6,037	-7,165	-45,225	81,010	-81,010

Tabla 39 - Carga total sobre áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
					7,71			7,78
			Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]	Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]
Viga AM	2,33	36,092	11,889	-12,075	-1,566	11,997	-7,165	-0,921

Tabla 40 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre aulario

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
					15,49			15,49
			Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]	Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]
Viga AA	1,94	30,051	0	0	0	30,051	4,064	0,262
Viga AB	3,78	58,552	0	0	0	58,552	7,919	0,511
Viga AC	4,215	65,290	0	0	0	65,290	8,830	0,570
Viga AD	4,25	65,833	0	0	0	65,833	8,903	0,575
Viga AE	4,25	65,833	0	0	0	65,833	8,903	0,575
Viga AF	3,64	56,384	0	0	0	56,384	7,625	0,492

Viga AG	1,665	25,791	0	0	0	25,791	3,488	0,225
Viga AH	2,81	43,527	0	0	0	43,527	5,887	0,380
Viga AI	4,775	73,965	0	0	0	73,965	10,003	0,646
Viga AJ	4,25	65,833	0	0	0	65,833	8,903	0,575
Viga AK	4,25	65,833	18,046	-8,542	-0,551	47,787	6,463	0,417
Viga AL	4,215	65,290	65,290	-30,905	-1,995	0	0	0
Viga AM	2,33	36,092	12,206	-5,778	-0,373	0	0	0

Tabla 41 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre aula

Cabe destacar antes de calcular los coeficientes para las demás cubiertas del proyecto, que los resultados han sido iguales 2 a 2 (Norte-Sur, Este-Oeste) debido a que las condiciones geométricas son exactamente las mismas.

3.2.3.1.5 Viento Norte sobre Zona administrativa

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
35,49	12,48	3,75	0,45	7,5	0,1200	442,915

Tabla 42 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento norte sobre zona administrativa

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	1,875	0,75	31,74	0,75	35,49	3	35,49	8,73
Área [m ²]	1,406		23,805		106,47		309,828	

Tabla 43 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento norte sobre zona administrativa

Con las tablas 42 y 43 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
C _{pe,A}	-1,711	-0,8	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 44 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento norte sobre zona administrativa

Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Q _e [kN/m ²]	-0,960	-0,449	-0,393	0,112	-0,112

Tabla 45 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre zona administrativa

Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-1,351	-10,688	-41,829	34,777	-34,777

Tabla 46 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre zona administrativa

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
					3,75			31,74
			Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]	Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]
Viga O1	2,74	85,625	2,813	-2,701	-0,720	20,625	-9,260	-0,337
Viga O2	3,515	109,844	0	0	0	0	0	0
Viga O3	3,515	109,844	0	0	0	0	0	0
Viga O4	2,71	84,688	0	0	0	0	0	0
Viga OD	2,12	26,458	0	0	0	1,59	-0,714	-0,952
Viga OE	2,12	26,458	0	0	0	1,59	-0,714	-0,952

Tabla 47 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre zona administrativa

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
					35,49			35,49
			Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]	Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]
Viga O1	62,188	-24,431	-0,782	0	0	0	62,188	-24,431
Viga O2	31,563	-12,400	-0,397	78,281	8,787	0	31,563	-12,400
Viga O3	0	0	0	109,844	12,330	0,395	0	0
Viga O4	0	0	0	84,688	9,506	0,304	0	0
Viga OD	6,36	-2,499	-0,833	18,508	2,077	0,238	6,36	-2,499
Viga OE	6,36	-2,499	-0,833	18,508	2,077	0,238	6,36	-2,499

Tabla 48 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre zona administrativa

3.2.3.1.6 Viento Sur sobre Zona administrativa

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
35,49	12,48	5,37	0,45	10,74	0,084	442,915

Tabla 49 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento sur sobre zona administrativa

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	2,685	1,074	30,12	1,074	35,49	4,296	35,49	7,11
Área [m ²]	2,884		32,349		152,465		252,334	

Tabla 50 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento sur sobre zona administrativa

Con las tablas 49 y 50 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
C _{pe,A}	-1,524	-0,8	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 51 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento sur sobre zona administrativa

Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Q _e [kN/m ²]	-0,883	-0,464	-0,406	0,116	-0,116

Tabla 52 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre zona administrativa

Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-2,548	-15,001	-61,865	29,254	-29,254

Tabla 53 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre zona administrativa

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	5,37	Área	Carga total [kN]	30,12
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga O1	2,74	85,625	0	0	0	0	0	0
Viga O2	3,515	109,844	0	0	0	0	0	0
Viga O3	3,515	109,844	0	0	0	0	0	0
Viga O4	2,71	84,688	5,767	-5,539	-1,031	27,795	-12,890	-0,498
Viga OD	2,12	26,458	0	0	0	2,277	-1,056	-1,408
Viga OE	2,12	26,458	0	0	0	2,277	-1,056	-1,408

Tabla 54 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre zona administrativa

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	35,49	Área	Carga total [kN]	35,49
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga O1	2,74	85,625	0	0	0	85,625	9,927	0,318
Viga O2	3,515	109,844	0	0	0	109,844	12,735	0,408
Viga O3	3,515	109,844	83,125	-33,729	-1,079	26,719	3,098	0,099
Viga O4	2,71	84,688	51,125	-20,745	-0,664	0	0	0
Viga OD	2,12	26,458	9,108	-3,696	-0,860	15,073	1,747	0,246
Viga OE	2,12	26,458	9,108	-3,696	-0,860	15,073	1,747	0,246

Tabla 55 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre zona administrativa

3.2.3.1.7 Viento Oeste sobre Zona administrativa

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
12,48	35,49	3,75	0,45	7,5	0,120	442,915

Tabla 56 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento oeste sobre zona administrativa

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	1,875	0,75	8,73	0,75	12,48	3	12,48	31,74
Área [m ²]	1,406		6,548		37,44		396,115	

Tabla 57 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre zona administrativa

Con las tablas 56 y 57 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
C _{pe,A}	-1,711	-0,910	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 58 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre zona administrativa

Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Q _e [kN/m ²]	-0,960	-0,511	-0,393	0,112	-0,112

Tabla 59 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre zona administrativa

Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-1,351	-3,345	-14,709	44,463	-44,463

Tabla 60 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre zona administrativa

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	0,75	Área	Carga total [kN]	0,75
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga O1	2,74	85,625	1,406	-1,351	-1,801	0,649	-0,623	-0,831
Viga O2	3,515	109,844	0	0	0	2,636	-2,532	-3,376
Viga O3	3,515	109,844	0	0	0	2,636	-2,532	-3,376
Viga O4	2,71	84,688	1,406	-1,351	-1,801	0,626	-0,601	-0,802
Viga OD	2,12	26,458	0	0	0	0	0	0
Viga OE	2,12	26,458	0	0	0	0	0	0

Tabla 61 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre zona administrativa

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	3	Área	Carga total [kN]	Carga lineal [kN/m]
					31,74			
Viga O1	2,74	85,625	8,220	-3,229	-1,076	75,35	8,458	0,308
Viga O2	3,515	109,844	10,545	-4,143	-1,381	96,663	10,850	0,395
Viga O3	3,515	109,844	10,545	-4,143	-1,381	96,663	10,850	0,395
Viga O4	2,71	84,688	8,130	-3,194	-1,065	74,525	8,365	0,304
Viga OD	2,12	26,458	0	0	0	26,458	2,970	0,108
Viga OE	2,12	26,458	0	0	0	26,458	2,970	0,108

Tabla 62 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre zona administrativa

3.2.3.1.8 Viento Norte sobre Casa del conserje

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
6,99	12,48	3,15	0,45	6,3	0,143	87,235

Tabla 63 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento norte sobre casa del conserje

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	1,875	0,75	8,73	0,75	12,48	3	12,48	31,74
Área [m ²]	1,406		6,548		37,44		396,115	

Tabla 64 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento norte sobre casa del conserje

Con las tablas 63 y 64 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Cpe,A	-1,8	-1,170	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 65 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento norte sobre casa del conserje

Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Qe [kN/m ²]	-1,010	-0,657	-0,393	0,112	-0,112

Tabla 66 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre casa del conserje

Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-1,002	-1,588	-6,920	7,320	-7,320

Tabla 67 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento norte sobre casa del conserje

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	0,63	Área	Carga total [kN]	0,63
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga CA	2,04	25,459	0,992	-1,002	-1,591	0,293	-0,192	-0,305
Viga CB	3,325	41,496	0	0	0	2,095	-1,375	-2,183
Viga CD	1,625	20,280	0,992	-1,002	-1,591	0,032	-0,021	-0,033

Tabla 68 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre casa del conserje

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	2,52	Área	Carga total [kN]	9,33
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga CA	2,04	25,459	5,141	-2,020	-0,801	19,033	2,136	0,229
Viga CB	3,325	41,496	8,379	-3,292	-1,306	31,022	3,482	0,373
Viga CD	1,625	20,280	4,095	-1,609	-0,638	15,161	1,702	0,182

Tabla 69 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento norte sobre casa del conserje

3.2.3.1.9 Viento Sur sobre Casa del conserje

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
6,99	12,48	4,97	0,45	6,99	0,091	87,235

Tabla 70 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento sur sobre casa del conserje

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	1,875	0,75	8,73	0,75	12,48	3	12,48	31,74
Área [m ²]	1,406		6,548		37,44		396,115	

Tabla 71 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento sur sobre casa del conserje
Con las tablas 70 y 71 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Cpe,A	-1,786	-1,198	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 72 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento sur sobre casa del conserje
Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Qe [kN/m ²]	-1,002	-0,672	-0,393	0,112	-0,112

Tabla 73 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre casa del conserje
Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-1,224	-1,642	-7,68	7,050	-7,050

Tabla 74 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento sur sobre casa del conserje

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	0,699	Área	Carga total [kN]	0,699
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga CA	2,04	25,459	1,222	-1,224	-1,752	0,204	-0,137	-0,218
Viga CB	3,325	41,496	0,086	-0,086	-0,123	2,239	-1,505	-2,389
Viga CD	1,625	20,280	1,136	-1,138	-1,629	0	0	0

Tabla 75 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre casa del conserje

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	2,796	Área	Carga total [kN]	8,985
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga CA	2,04	25,459	5,704	-2,241	-0,801	18,329	2,057	0,229
Viga CB	3,325	41,496	9,297	-3,652	-1,306	29,875	3,353	0,373
Viga CD	1,625	20,280	4,544	-1,785	-0,638	14,601	1,639	0,182

Tabla 76 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento sur sobre casa del conserje

3.2.3.1.10 Viento Oeste sobre Casa del conserje

Las medidas necesarias para el cálculo son las que se adjuntan en la siguiente tabla:

b [m]	d [m]	h [m]	hp [m]	e [m]	hp/h [m]	A [m ²]
12,48	6,99	3,15	0,45	6,3	0,1429	87,235

Tabla 77 - Medidas de la cubierta plana para el caso de viento oeste sobre casa del conserje

Una vez calculado el parámetro e, se pueden calcular las áreas definidas anteriormente por la norma para cubiertas planas en la ilustración 6:

ZONAS	F		G		H		I	
Largo y Ancho [m]	1,575	0,63	9,33	0,63	12,48	2,52	12,48	3,84
Área [m ²]	0,992		5,878		31,450		47,923	

Tabla 78 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre casa del conserje

Con las tablas 77 y 78 ya se puede obtener el coeficiente eólico de la cubierta para las áreas F, G, H e I:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
C _{pe,A}	-1,8	-0,938	-0,7	0,2	-0,2

Tabla 79 - Coeficientes eólico por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre casa del conserje

Hallados los valores del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta, ya se puede calcular la presión en las determinadas zonas:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Q _e [kN/m ²]	-1,010	-0,527	-0,393	0,112	-0,112

Tabla 80 - Cargas superficiales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre casa del conserje

Las presiones totales de las diferentes zonas de influencia son:

ZONAS	F	G	H	I	I (neg)
Carga Total	-1,002	-3,096	-12,356	5,379	-5,379

Tabla 81 - Cargas totales en las áreas de influencia en el caso de viento oeste sobre casa del conserje

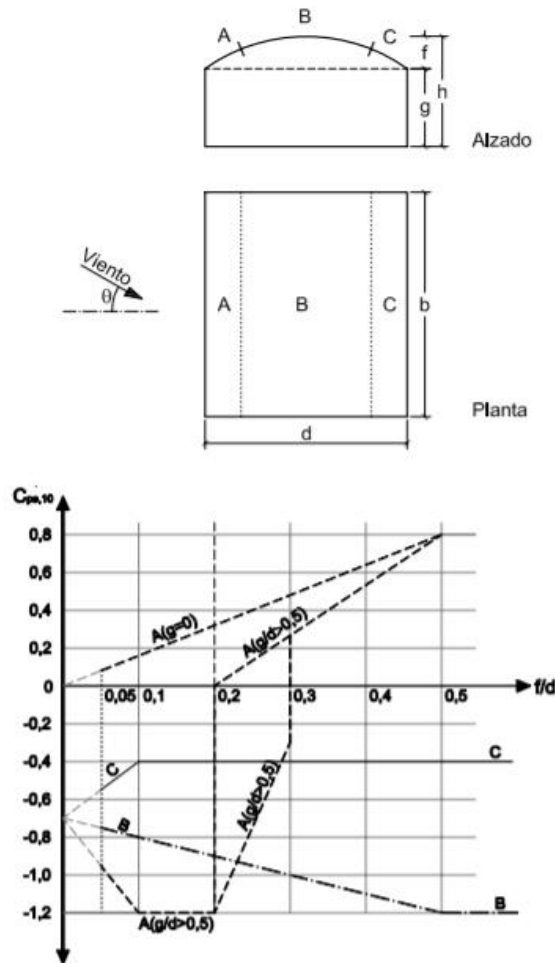
	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	F		Longitud	G		Longitud
			Área	Carga total [kN]	3,15	Área	Carga total [kN]	9,33
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga CA	2,04	25,459	0	0	0	0	0	0
Viga CB	3,325	41,496	0	0	0	0	0	0
Viga CD	1,625	20,280	1,985	-2,005	-0,636	5,878	-3,096	-0,332

Tabla 82 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre casa del conserje

	Distancia de influencia [m]	Área de influencia para cada viga [m ²]	H		Longitud	I		Longitud
			Área	Carga total [kN]	12,48	Área	Carga total [kN]	12,48
					Carga lineal [kN/m]			Carga lineal [kN/m]
Viga CA	2,04	25,459	0	0	0	25,459	2,858	0,229
Viga CB	3,325	41,496	19,032	-7,477	-0,599	22,464	2,522	0,202
Viga CD	1,625	20,280	12,418	-4,878	-0,391	0	0	0

Tabla 83 - Resultados distribuidos por vigas para el caso de viento oeste sobre casa del conserje

Tabla D.12 Cubiertas cilíndricas



Notas:

- Para $0 < g/d < 0,5$, el coeficiente de presión exterior, $C_{pe,10}$, correspondiente a la superficie A, se obtendrá mediante interpolación lineal.
- Para $0,2 \leq f/d \leq 0,3$ y $g/d \geq 0,5$, se adoptará el más desfavorable de los dos posibles valores del coeficiente de presión exterior, $C_{pe,10}$, correspondiente a la zona A.

Ilustración 8 – Tabla para la obtención del coeficiente eólico de presión en cubiertas cilíndricas [3]

3.2.3.1.11 Viento Oeste sobre SUM

Para este caso al igual que lo será para el viento este sobre la cubierta del salón de actos se procede de forma distinta al existir una cubierta cilíndrica, escogiendo la ilustración 7 que se extrae de la norma al igual que para el caso de cubierta plana. Es necesario recalcar que, después de acudir a algún foro de arquitectura e ingeniería, se obtendrá el área de cada zona estipulando que el ancho de A y C son iguales y corresponde al 25% para cada uno del ancho total.

En este caso se tendrán en cuenta tanto el ancho del salón de acto como la altura de la fachada sobre la que incide el viento y la altura total de la cubierta.

d [m]	f [m]	g [m]	g/d	f/d
12,48	1,15	4,95	0,40	0,09

Tabla 84 - Medidas de la cubierta cilíndrica para el caso de viento oeste sobre salón de actos

Con estos datos se podrá entrar en el ábaco y obtener el valor del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta.

Se necesitarán las áreas para calcular el área lineal sobre la cubierta.

ZONAS	A		B		C	
Largo y Ancho [m]	16,72	2,28	16,72	4,56	16,72	2,28
Área [m^2]	38,121		76,243		38,121	

Tabla 85 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento oeste sobre salón de actos

ZONAS	A	B	C
C _{pe,A}	-1	-0,8	-0,4
Q _e [kN/m ²]	-0,6	-0,48	-0,24

Tabla 86 - Coeficientes eólico y cargas superficiales por zona de influencia para el caso de viento oeste sobre salón de actos

3.2.3.1.12 Viento Este sobre SUM

Se tienen en cuenta las dimensiones para este caso que son las siguientes:

d [m]	f [m]	g [m]	g/d	f/d
12,48	1,15	5,86	0,47	0,09

Tabla 87 - Medidas de la cubierta cilíndrica para el caso de viento este sobre salón de actos

También se tendrán en cuenta las áreas sobre las que se ejercen la presión:

ZONAS	A		B		C	
Largo y Ancho [m]	16,72	2,28	16,72	4,56	16,72	2,28
Área [m^2]	38,121		76,243		38,121	

Tabla 88 - Dimensiones de áreas de influencia para el caso de viento este sobre salón de actos

Con estos datos se podrá entrar en el ábaco y obtener el valor del coeficiente eólico de presión sobre la cubierta.

ZONAS	A	B	C
C _{pe,A}	-1,2	-0,8	-0,4
Q _e [kN/m ²]	-0,676	-0,45	-0,22

Tabla 89 - Coeficientes eólico y cargas superficiales por zona de influencia para el caso de viento este sobre salón de actos

3.2.3.2 Coeficiente eólico de presión exterior o eólico de los laterales

La norma completa este coeficiente eólico con el cálculo de la presión en los laterales de los edificios que contienen fachadas a intervalos regulares. La normativa indica que basta con considerar los coeficientes eólicos a barlovento y sotavento, aplicando la acción de viento a la superficie proyección del volumen edificado en un plano perpendicular a la acción de viento. La norma indica que se aplica el coeficiente eólico como en la siguiente tabla 90:

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla 90 – Coeficientes eólicos para edificios con forjados [3]

Para realizar los cálculos se han dividido las fachadas por zonas como anteriormente se ha realizado, siendo nombradas por la orientación del proyecto, no la real. Se procede con el primer ejemplo de forma detallada para continuar con los demás de forma más breve.

Para realizar los cálculos de la esbeltez, será necesario el siguiente croquis con las alturas y anchos acotados de los edificios (ilustración 8).

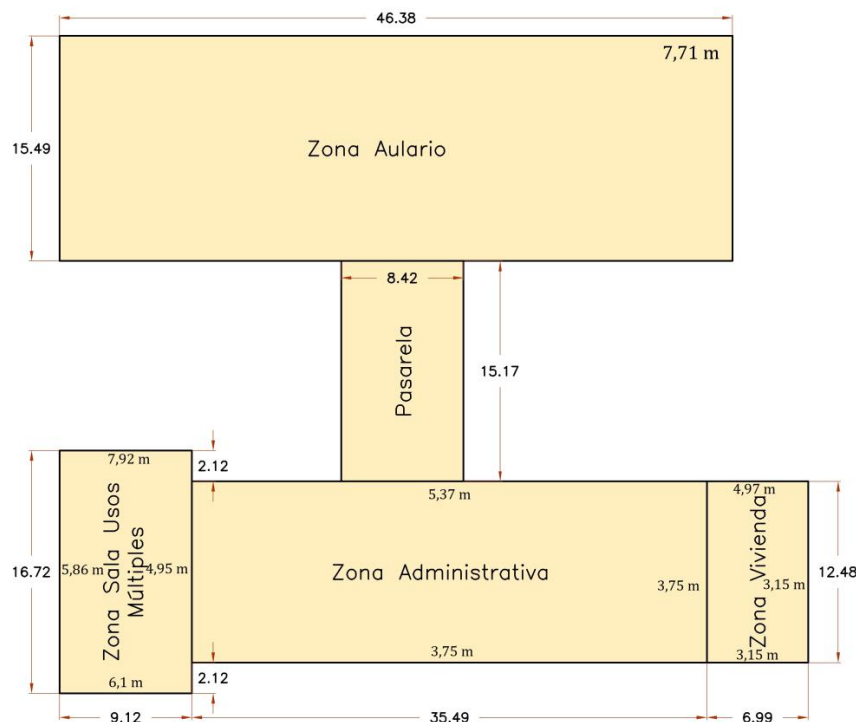


Ilustración 9 – Croquis con las medidas del proyecto y sus alturas

3.2.3.2.1 Caso Viento norte Aulario

Para calcular los coeficientes será necesario calcular la esbeltez del plano paralelo al viento. En el caso del aulario, los lados al ser paralelos dos a dos, el resultado del viento sobre la cara norte y la cara sur dará como resultado los mismos coeficientes.

Calculando la esbeltez, se obtiene:

$$Esbeltez = h/d = \frac{7,71}{15,49} = 0,497 \approx 0,5$$

Con la tabla 90 del documento básico se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,4$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,61 \cdot 0,7 = 0,473 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,61 \cdot (-0,4) = -0,27 \text{ kN/m}^2$$

Donde c_e es el coeficiente de exposición ya hallado anteriormente. Este coeficiente de exposición

Cuando se realice el modelo BIM de la estructura las cargas estarán dispuestas de forma lineal sobre los pilares de cada lado correspondiente, por lo que es necesario calcular las distancias de influencia para cada pilar.

Estos resultados de distancias tan solo tendrán que multiplicar al resultado de la presión estática para resolver las cargas de presión y succión lineales sobre los pilares expuestos cuando existe viento norte sobre el aluario (fachada sur).

Se explicará en este caso como se ha aplicado la distancia entre pilares y en los casos posteriores se aplicará de la misma forma. Para calcular estas distancias se ha ido a los planos del proyecto real del cual se obtendrán las rejillas de revit para calcular la distancia entre pilares y así poder calcular el área de influencia sobre cada pilar. En los pilares de la esquina se sumará la distancia entre el corazón del pilar al final del muro.

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar AA-A1	1,94	0,918	-0,525
Pilar AB-A1	3,78	1,789	-1,022
Pilar AC-A1	4,215	1,995	-1,140
Pilar AD-A1	4,25	2,012	-1,150
Pilar AE-A1	4,25	2,012	-1,150
Pilar AF-A1	3,64	1,723	-0,985
Pilar AG-A1	1,665	0,788	-0,450
Pilar AH-A1	2,81	1,330	-0,760
Pilar AI-A1	4,775	2,260	-1,292
Pilar AJ-A1	4,25	2,012	-1,150
Pilar AK-A1	4,25	2,012	-1,150
Pilar AL-A1	4,215	1,995	-1,140
Pilar AM-A1	2,33	1,103	-0,630

Tabla 91 – Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre aulario

3.2.3.2.2 Caso Viento sur Aulario

Como ya se ha comentado, al poseer el aulario la misma altura en todas sus fachadas y tener una distribución rectangular, los resultados dos a dos serán los mismos, es decir, que se obtienen los mismos resultados que para el caso del Viento sobre la cara Norte del Aulario:

$$Esbeltez = h/d = \frac{7,71}{15,49} = 0,497 \approx 0,5$$

Con la tabla 90 del documento básico se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,4$

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,61 \cdot 0,7 = 0,473 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,61 \cdot (-0,4) = -0,27 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar AA-A4	1,94	0,918	-0,525
Pilar AB-A4	3,78	1,789	-1,022
Pilar AC-A4	4,215	1,995	-1,140
Pilar AD-A4	4,25	2,012	-1,150
Pilar AE-A4	4,25	2,012	-1,150
Pilar AF-A4	3,64	1,723	-0,985
Pilar AG-A4	1,665	0,788	-0,450
Pilar AH-A4	2,81	1,330	-0,760
Pilar AI-A4	4,775	2,260	-1,292
Pilar AJ-A4	4,25	2,012	-1,150
Pilar AK-A4	4,25	2,012	-1,150
Pilar AL-A4	4,215	1,995	-1,140
Pilar AM-A4	2,33	1,103	-0,630

Tabla 92 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre aulario

3.2.3.2.3 Caso Viento este Aulario

Para este caso, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{7,71}{46,38} = 0,166$$

Con la tabla 90 del documento básico se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada para valores por debajo de 0,25:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,3$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,61 \cdot 0,7 = 0,473 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,61 \cdot (-0,3) = -0,203 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar AA-A1	3,25	1,538	-0,659
Pilar AA-A2	4,49	2,125	-0,911
Pilar AA-A3	4,49	2,125	-0,911
Pilar AA-A4	3,26	1,543	-0,661

Tabla 93 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento este sobre aulario

3.2.3.2.4 Caso Viento oeste Aulario

Ocurre el mismo caso que con el viento Norte y Sur, pero esta vez con el caso calculado anteriormente para el viento Este. Los resultados son los mismos:

$$Esbeltez = h/d = \frac{7,71}{46,38} = 0,166$$

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,61 \cdot 0,7 = 0,473 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,61 \cdot (-0,3) = -0,203 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar AM-A1	3,25	1,538	-0,659
Pilar AM-A2	4,49	2,125	-0,911
Pilar AM-A3	4,49	2,125	-0,911
Pilar AM-A4	3,26	1,543	-0,661

Tabla 94 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre aulario

3.2.3.2.5 Caso Viento norte Zona Administrativa

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{3,75}{12,48} = 0,3$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,32$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,34 \cdot 0,7 = 0,394 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,38 \cdot (-0,32) = -0,185 \text{ kN/m}^2$$

Donde el coeficiente de exposición para el caso de succión es el de la fachada norte de la zona administrativa, que es algo mayor debido a la altura que parte desde la cota del patio.

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar OA-O1	1,4575	0,573	-0,270
Pilar OB-O1	3,3775	1,327	-0,627
Pilar OC-O1	4,1	1,611	-0,761
Pilar OD-O1	3,995	1,570	-0,741
Pilar OE-O1	4,03	1,583	-0,748
Pilar OF-O1	4,135	1,625	-0,767
Pilar OG-O1	4,05	1,591	-0,751
Pilar OH-O1	4,05	1,591	-0,751
Pilar OI-O1	4,135	1,625	-0,767
Pilar OJ-O1	2,21	0,868	-0,410

Tabla 95 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre zona administrativa

3.2.3.2.6 Caso Viento sur Zona Administrativa

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{5,37}{12,48} = 0,43$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,372$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,38 \cdot 0,7 = 0,406 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,34 \cdot (-0,372) = -0,209 \text{ kN/m}^2$$

Aquí ocurre lo contrario al caso anterior con el coeficiente de exposición, ya que para la presión se utilizará el de la fachada norte y para la succión el de la fachada sur.

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar OA-O4	1,4575	0,591	-0,304
Pilar OB-O4	3,3775	1,370	-0,705
Pilar OC-O4	4,1	1,664	-0,856
Pilar OD-O4	3,995	1,621	-0,834
Pilar OE-O4	4,03	1,635	-0,841
Pilar OF-O4	4,135	1,678	-0,863
Pilar OG-O4	4,05	1,643	-0,846
Pilar OH-O4	4,05	1,643	-0,846
Pilar OI-O4	4,135	1,678	-0,863
Pilar OJ-O4	2,21	0,897	-0,461

Tabla 96 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre zona administrativa

3.2.3.2.7 Caso Viento oeste Zona Administrativa

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{3,75}{35,49} = 0,106$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,3$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,34 \cdot 0,7 = 0,393 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,34 \cdot (-0,3) = -0,168 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar OJ-O1	2,74	1,076	-0,461
Pilar OJ-O2	3,515	1,381	-0,592
Pilar OJ-O3	3,515	1,381	-0,592
Pilar OJ-O4	2,71	1,065	-0,456

Tabla 97 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre zona administrativa

3.2.3.2.8 Caso Viento norte Casa

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{3,15}{12,48} = 0,252$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,3$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,34 \cdot 0,7 = 0,394 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,34 \cdot (-0,3) = -0,169 \text{ kN/m}^2$$

El coeficiente de exposición para todas las fachadas de la Casa del conserje es la misma, ya que ninguna supera los 5 metros de altura. El cálculo de la presión estática distribuida en los pilares de la estructura es:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar CA-C1	2,04	0,801	-0,343
Pilar CC-C1	3,325	1,306	-0,560
Pilar CD-C1	1,625	0,638	-0,274

Tabla 98 - Cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre casa del conserje

3.2.3.2.9 Caso Viento sur Casa

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{4,97}{12,48} = 0,4$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada y obtenidos estos coeficientes ya se podrá calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$

- Coeficiente de succión $c_s = -0,36$

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,34 \cdot 0,7 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,34 \cdot (-0,36) = -0,241 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar CA-C4	2,135	0,839	-0,431
Pilar CB-C4	3,325	1,306	-0,672
Pilar CD-C4	1,53	0,601	-0,309

Tabla 99 – Cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre casa del conserje

3.2.3.2.10 Caso Viento oeste Casa

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{3,15}{6,99} = 0,45$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,38$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,34 \cdot 0,7 = 0,394 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,34 \cdot (-0,38) = -0,214 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar CD-C1	1,7	0,668	-0,363
Pilar CD-C2	3,88	1,524	-0,827
Pilar CD-C3	4,555	1,790	-0,971
Pilar CD-C4	2,245	0,882	-0,479

Tabla 100 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre casa del conserje

3.2.3.2.11 Caso Viento norte SUM

Para este caso de viento sobre la fachada norte del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{6,1}{16,72} = 0,365$$

Con la tabla 90 del documento básico se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez

calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,346$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,46 \cdot 0,7 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,62 \cdot (-0,346) = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

En este caso, no se tiene en cuenta el mismo coeficiente de exposición, c_e , ya que se han de tomar los coeficientes referentes a la superficie debido a que la fachada norte parte desde la cota del patio y se tomará este coeficiente de exposición para calcular la carga en succión.

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar SA-S1	2,38	1,021	-0,563
Pilar SB-S1	4,33	1,858	-1,024
Pilar SC-S1	2,405	1,032	-0,569

Tabla 101 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento norte sobre el SUM

3.2.3.2.12 Caso Viento sur SUM

Para este caso de viento sobre la fachada sur del salón de actos, la esbeltez es:

$$\text{Esbeltez} = h/d = \frac{7,92}{16,72} = 0,473 \approx 0,5$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,4$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,63 \cdot 0,7 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,46 \cdot (-0,4) = -0,245 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar SA-S3	2,38	1,139	-0,505
Pilar SB-S3	4,33	2,072	-0,919
Pilar SC-S3	2,405	1,151	-0,510

Tabla 102 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento sur sobre el SUM

3.2.3.2.13 Caso Viento oeste SUM

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{4,95}{9,12} = 0,493 \approx 0,5$$

Con la tabla 90 del documento básico e interpolando linealmente se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,4$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,34 \cdot 0,7 = 0,394 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,43 \cdot (-0,4) = -0,24 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar SC-S5	2,3085	0,907	-0,556
Pilar SC-S4	4,0525	1,592	-0,977
Pilar SC-S3	4,0525	1,592	-0,977
Pilar SC-S2	4,0525	1,592	-0,977
Pilar SC-S1	2,276	0,894	-0,549

Tabla 103 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento oeste sobre el SUM

3.2.3.2.14 Caso Viento este SUM

Para este caso de viento sobre la fachada este del salón de actos, la esbeltez es:

$$Esbeltez = h/d = \frac{5,86}{52,10} = 0,112$$

Cabe destacar, que debido a que, aunque para nombrar a todo el conjunto de los tres edificios (SUM, Casa del Conserje y zona administrativa) se utiliza “zona administrativa”, cada uno de estos edificios está construido independientemente y separados por una junta de dilatación.

Con la tabla 90 del documento básico se obtienen los siguientes valores para coeficientes para la esbeltez calculada:

- Coeficiente de presión $c_p = 0,7$
- Coeficiente de succión $c_s = -0,3$

Obtenidos estos coeficientes ya se puede calcular la presión estática a partir de la siguiente expresión:

$$q_{e,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,43 \cdot 0,7 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_s = 0,42 \cdot 1,34 \cdot (-0,3) = -0,169 \text{ kN/m}^2$$

Con todos estos datos, se puede calcular la presión estática distribuida en los pilares de la estructura:

	Distancia [m]	$q_{e,p}$ [kN/m]	$q_{e,s}$ [kN/m]
Pilar SA-S5	2,3085	0,974	-0,389
Pilar SA-S4	4,0525	1,709	-0,682
Pilar SA-S3	4,0525	1,709	-0,682
Pilar SA-S2	4,0525	1,709	-0,682
Pilar SA-S1	2,276	0,960	-0,383

Tabla 104 - Resultados de las cargas distribuidas en los pilares para el caso de viento este sobre el SUM

3.3 Acciones térmicas

La normativa establece que los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos, y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislamiento térmico. Es por ello que las variaciones de la temperatura pueden afectar en deformaciones de todos los elementos constructivos, produciendo tensiones que pueden ser indeseadas. Aquí aparecen las juntas de dilatación dispuestas para disminuir los efectos de las variaciones de temperatura, estableciendo cada 40 metros como máximo una junta de dilatación para edificios de hormigón o acero.

Las acciones térmicas se calculan según el anejo E del CTE-DB-SE-AE para calcular las temperaturas extremas del territorio en el que se encuentra la construcción, que se puede observar en las ilustraciones 9 y 10.

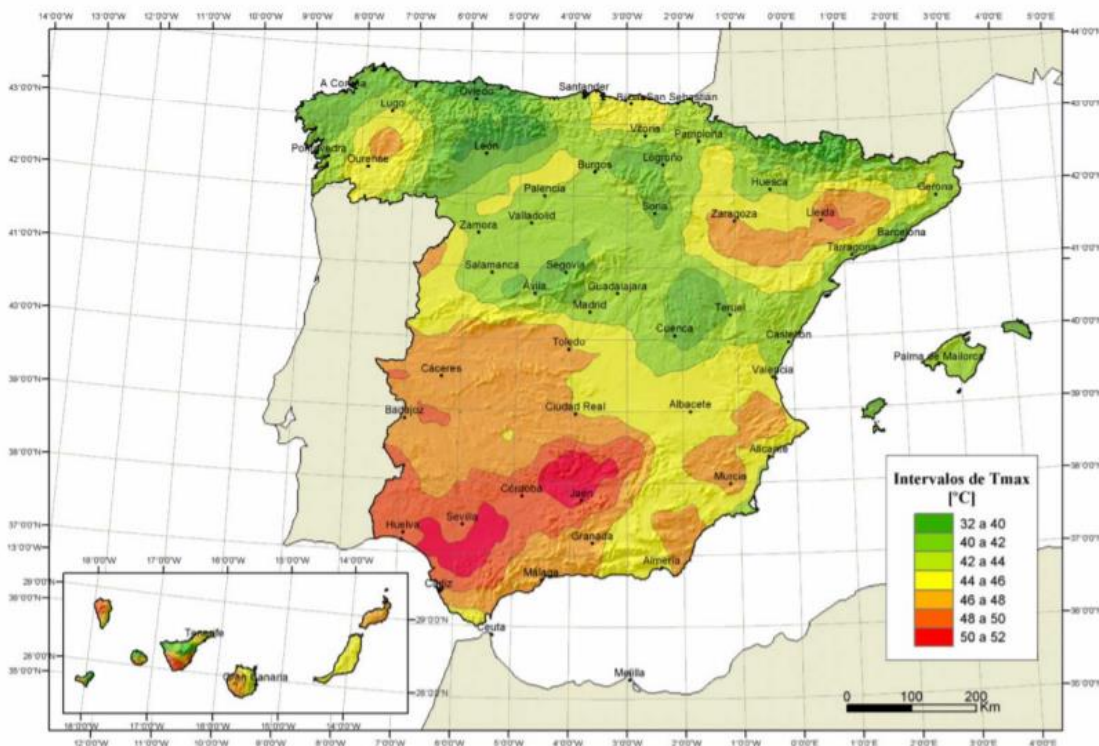


Ilustración 10 – Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (T_{max} en °C) [3]

La temperatura máxima del aire para la localidad de El Carpio se sitúa en la frontera entre el intervalo naranja y rojo, pero se tomará Tmax como 50 °C de valor característico.



Ilustración 11 – Mapa de España con las zonas climáticas [3]

La localidad de El Carpio se encuentra en la ZONA 6, por lo tanto el cálculo según la tabla 105 que proporciona el documento básico puede otorgar la temperatura mínima del aire exterior para el estudio del edificio.

Tabla E.1 Temperatura mínima del aire exterior (°C)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

Tabla 105 - Temperatura mínima del aire exterior en °C [3]

La localidad de El Carpio está a las orillas del río Guadalquivir en la provincia de Córdoba y tiene una altitud media de 138 metros y por tanto se interpola un resultado de -7 °C de valor característico para la temperatura mínima del aire exterior.

3.4 Sobrecarga por nieve

El documento básico solo cubren los casos del depósito natural de la nieve. En cubiertas accesibles para personas o vehículos, deben considerarse las posibles acumulaciones debidas a redistribuciones artificiales de

la nieve. Asimismo, deben tenerse en cuenta las condiciones constructivas particulares que faciliten la acumulación de nieve.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

El valor de S_k se obtiene de la siguiente tabla 106 que adjunta el documento básico para calcular la sobrecarga de nieve según las capitales de provincia.

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	S_k kN/m ²	Capital	Altitud m	S_k kN/m ²	Capital	Altitud m	S_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,4	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	690	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	520	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	1.010	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	70	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	690	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Tabla 106 – Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Se puede observar que para Córdoba, el valor de S_k es de 0,2 kN/m².

Por otro lado, la norma establece el cálculo del coeficiente de forma en un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el coeficiente de forma tiene el valor de 1 para cubiertas con inclinación menor o igual que 30° como es la cubierta del salón de actos. Si hay impedimento, que es el caso de todas las demás cubiertas (Administrativo, aulario y casa del conserje), se tomará $\mu = 1$ sea cual sea la inclinación.

Por tanto el valor de la carga por sobrecarga de nieve es:

$$q_n = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

En el Anejo E también se encuentra la tabla que dependiendo de la zona de clima invernal y la altitud, se puede calcular el valor de la carga de nieve por unidad de superficie a partir de la zona de clima invernal que se visualizaba anteriormente en la ilustración 10 cuando se calculaban las acciones térmicas.

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	-	-	-	-	-

Tabla 107 -Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal [3]

Según esta tabla 107, el resultado para el cálculo de la sobrecarga de nieve por unidad de superficie es de $q_n = 0,2 \text{ kN/m}^2$, mismo valor que al que se había llegado a través del mapa anteriormente.

4 ACCIONES ACCIDENTALES: SISMOS

Se tratará a continuación todos los tipos de acciones accidentales que están presentes en la normativa para tener en cuenta a la hora de calcular posteriormente la estructura de los edificios del colegio, que en este caso será únicamente la acción sísmica.

Este tipo de acción accidental está regido por la normativa NSCE-02, la normativa de construcción sismorresistente para la edificación. Siguiendo los pasos que proporciona la norma, se podrá analizar y calcular la acción accidental debida a los sismos.

Para realizar este estudio sismológico habrá que dividir el proyecto en diferentes zonas como ya se ha mencionado anteriormente.

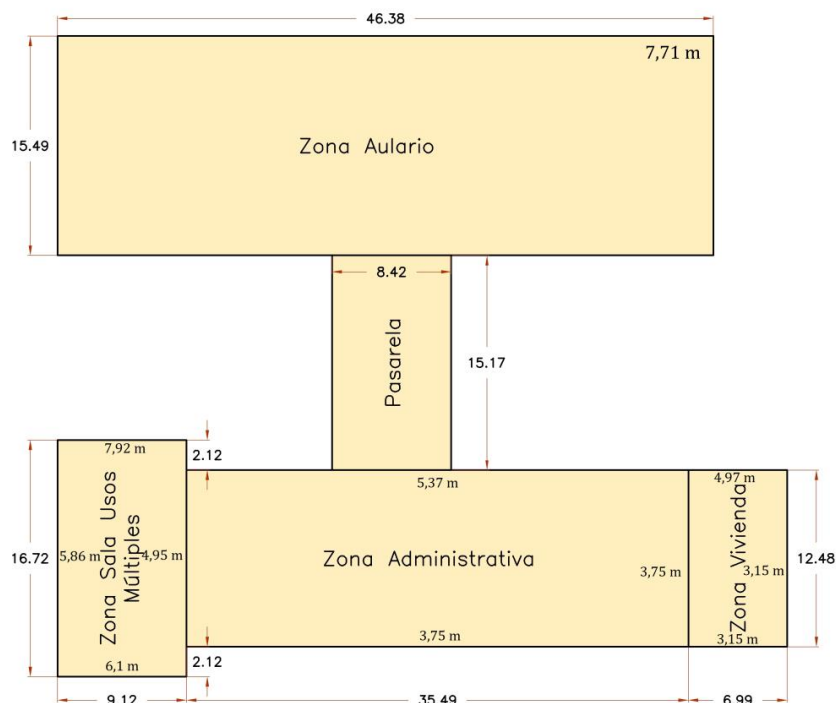


Ilustración 12 – Croquis de vista en planta acotada con las medidas y alturas del proyecto

Cada zona tendrá un modelo unidimensional independiente constituido por un oscilador múltiple de un solo grado de libertad de desplazamiento por planta.

Al final de este estudio se hallarán unas cargas horizontales equivalentes a un terremoto, siguiendo los apartados correspondientes a la normativa NSCE-02.

4.1 Modos de vibración

Para realizar el cálculo de los modos de vibración de los edificios, primero hay que establecer cuantos modos de vibración hacen falta calcular según la normativa que establece que se deben calcular 3 modos de vibración para el caso de modelos planos de estructuras de pisos.

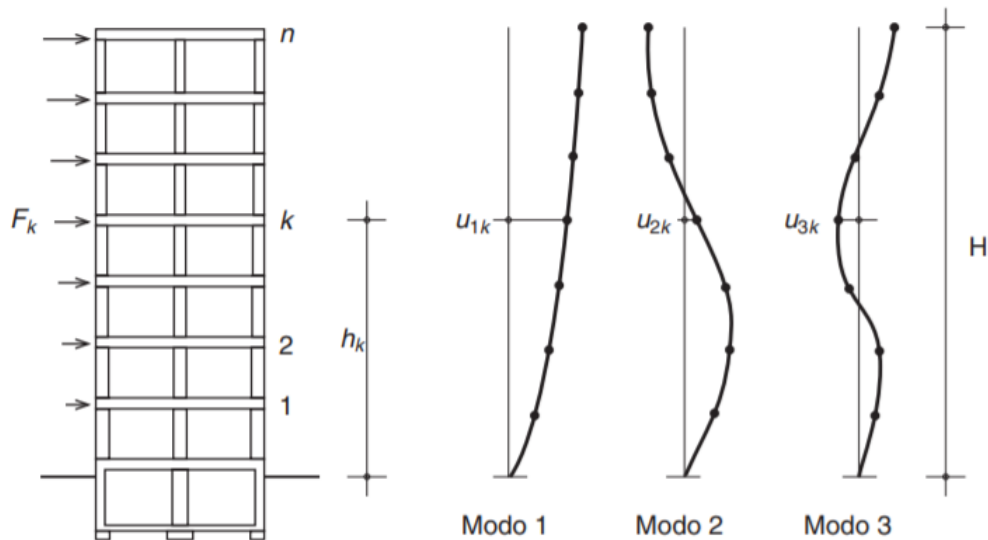


Ilustración 13 – Modos de vibración en modelos planos de estructuras de pisos [1].

Para calcular los modos de vibración será necesario saber el valor del periodo fundamental de la construcción, T_F . Para el caso de la edificación que se lleva a cabo, que es un edificio con pórticos de hormigón armado sin la colaboración de pantallas rigidizadoras, la normativa indica que el periodo fundamental de la construcción viene definido por la siguiente expresión:

$$T_F = 0,09n$$

Donde n es el número de plantas sobre rasante, por lo que para el edificio del aula $n=2$ y para los demás edificios de la zona administrativa (SUM, administrativa y casa del conserje) $n=1$.

Por tanto:

$$T_{F,aulario} = 0,18$$

$$T_{F,admin} = 0,09$$

En ambos casos el periodo fundamental es menor de 0,75 segundos, por lo que solo se considerará el primer modo de vibración siguiendo los puntos de la norma para realizar los cálculos sísmicos pertinentes.

4.2 Aceleración sísmica de cálculo

La norma establece que la aceleración sísmica de cálculo, a_c , se define por la siguiente fórmula:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

- a_b , es la aceleración sísmica básica.
- ρ , es el coeficiente adimensional de riesgo.
- S , es el coeficiente de amplificación del terreno.

A continuación en los siguientes subapartados se analizará la norma para calcular estos parámetros y así obtener finalmente la aceleración sísmica de cálculo.

4.2.1 Aceleración sísmica básica

La aceleración sísmica básica es, según la norma, un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, y está expresado en función de la gravedad, g . Para calcular esta aceleración básica en función de g se recurre al mapa sísmico (ilustración 13), donde se observa que para la localidad de El Carpio el valor de la aceleración es un valor entre 0,08 y 0,04, escogiendo el valor intermedio:

$$a_b = 0,06 g$$

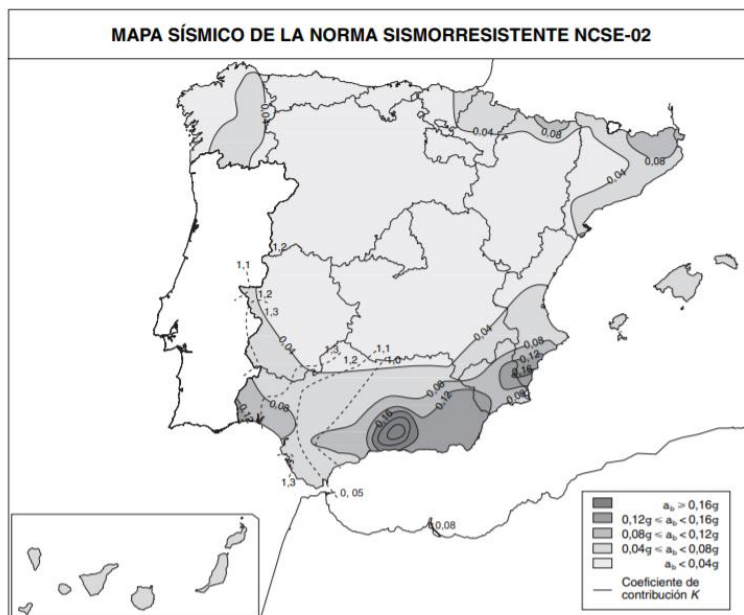


Ilustración 14 – Mapa de España de peligrosidad sísmica [1]

En esta misma ilustración 13 se observa unas líneas para delimitar el valor del coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto. Para la localidad de El Carpio, se escoge el valor de $K=1,0$.

4.2.2 Coeficiente adimensional de riesgo

El coeficiente adimensional de riesgo tiene un valor en función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. En el caso de construcciones de importancia normal el valor es 1 y en construcciones de importancia especial es 1,3.

En este caso, para la construcción de un colegio se toma como importancia normal, por lo que el valor es $\rho=1,0$.

4.2.3 Coeficiente de amplificación del terreno

El coeficiente de amplificación del terreno es el último dato que se necesita calcular para obtener el valor de la aceleración sísmica de cálculo. Este valor (S) depende del producto de la aceleración sísmica básica y el coeficiente adimensional de riesgo, ambos ya calculados previamente. Hay 3 rangos del valor de $\rho \cdot a_b$, pero para este proyecto con los datos ya calculados, se calcula dentro del rango de $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$.

Para este rango, el valor del coeficiente de amplificación del terreno se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{C}{1,25}$$

Siendo C el coeficiente de terreno, que es dependiente de las características geotécnicas del terreno de cimentación. A partir del estudio geotécnico se puede establecer que tipo de terreno será en el que estará

situado la cimentación del proyecto. Según la norma viene dado por las características del terreno, distinguiéndose 4 tipos de terreno:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla entre 400 y 750 m/s.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla entre 200 y 400 m/s.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación menor a 250 m/s.

Para cada tipo de terreno la norma establece un coeficiente C del terreno, en este caso el terreno del solar de El Carpio es de tipo III según el estudio geotécnico y por tanto el coeficiente C tiene un valor de 1,6.

Por tanto, el coeficiente de amplificación del terreno:

$$S = \frac{1,6}{1,25} = 1,28$$

Una vez calculado el valor de C y por tanto el valor del coeficiente de amplificación del terreno se puede ya obtener el valor final de la aceleración sísmica de cálculo con la fórmula ya descrita anteriormente.

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1,28 \cdot 1 \cdot 0,06 \cdot 9,81 = 0,0768g \text{ m/s}^2 = 0,7534 \text{ m/s}^2$$

4.3 Cálculo de las fuerzas sísmicas

La fuerza sísmica equivalente F_{ik} , correspondiente al modo de vibración i y la planta k viene descrito mediante la siguiente expresión:

$$F_{ik} = s_{ik} \cdot P_k$$

Donde:

P_k , es el peso correspondiente a la masa m_k de la planta k.

s_{ik} , es el coeficiente sísmico adimensional correspondiente a la planta k en el modo de vibración i y que tiene la siguiente expresión para calcular su valor es compleja y larga, teniendo que calcular cada valor para cada caso:

$$s_{ik} = \left(\frac{a_c}{g}\right) \cdot \alpha_i \cdot \beta \cdot \eta_{ik}$$

Siendo:

a_c , la aceleración sísmica de cálculo, la cual se determinó anteriormente.

g , la aceleración de la gravedad.

β , el coeficiente de respuesta.

η_{ik} , el factor de distribución correspondiente a la planta k en el primer modo de vibración.

α_i , el coeficiente de valor que depende de la siguiente ilustración 14:

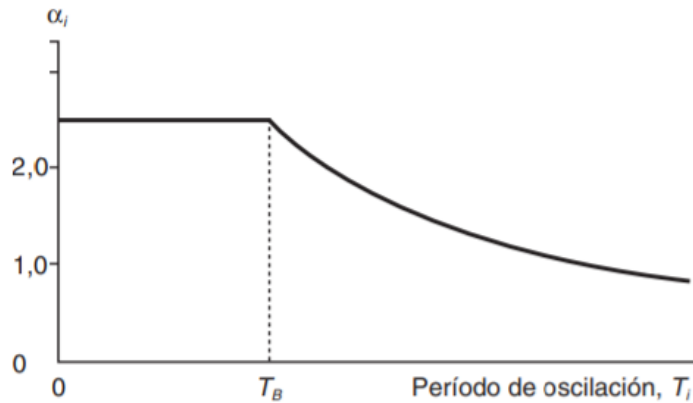


Ilustración 15 – Coeficiente α respecto al periodo de oscilación [1]

Donde para $T_i > T_B$ se calcula mediante la expresión: $\alpha_i = 2,5(T_B/T_i)$

siendo a su vez:

- T_i , el periodo del modo i a considerar, el cual será el primero en este caso.

- T_B , el periodo característico del espectro.

En los siguientes subapartados de esta memoria de cálculo se procede a calcular todos estos factores para poder así calcular finalmente las fuerzas sísmicas.

4.3.1 Coeficiente α_i

Según lo establecido previamente en la ilustración 14, para calcular este coeficiente, según la norma es necesario calcular previamente el periodo característico del espectro y dividirlo entre el periodo fundamental de cada modo de vibración.

El periodo característico del espectro se calcula mediante la formula siguiente:

$$T_B = \frac{K \cdot C}{2,5} = \frac{1 \cdot 1,6}{2,5} = 0,64.$$

Como se ha calculado anteriormente, $T_{F,aulario} = 0,18$ y $T_{F,admin} = 0,09$, por lo que para cada caso como ambos valores son menores que el periodo característico del espectro, T_B , el valor del coeficiente $\alpha_i = 2,5$.

4.3.2 Coeficiente de respuesta β

Para establecer el valor del coeficiente de respues es necesario recurrir a la norma de nuevo, la cual establece una tabla 108 en la cual aparecen los casos más frecuentes de edificación y los valores asociados a ellos del coeficiente de respuesta β en función de la estructura, de la compartimentación de las plantas, del amortiguamiento, Ω , y del coeficiente de comportamiento por ductilidad.

Tipo de estructura	Compartimentación de las plantas	Ω (%)	Coeficiente de comportamiento por ductilidad			Sin ductilidad ($\mu = 1$)
			$\mu = 4$	$\mu = 3$	$\mu = 2$	
Hormigón armado o acero laminado	Diáfana	4	0,27	0,36	0,55	1,09
	Compartimentada	5	0,25	0,33	0,50	1,00
Muros y tipo similares	Compartimentada	6	—	—	0,46	0,93

Tabla 108 – Coeficiente de respuesta en función del tipo de estructura y del coeficiente de comportamiento por ductilidad [1]

Para calcular este coeficiente se verá una por una las zonas existentes en el edificio:

4.3.2.1 Zona Aulario

Para esta zona, al igual que se tendrá para todas las zonas, el tipo de estructura escogida ha sido de hormigón armado y en el caso del aulario (así como lo será de la zona administrativa y de la casa del conserje) existe compartimentación de las plantas, por lo que el amortiguamiento será del 5%.

Por otro lado, para establecer el coeficiente de comportamiento por ductilidad, la normativa establece distintos valores según la organización estructural y los materiales. En este caso se escoge el valor de $\mu = 4$, ya que la resistencia a las acciones horizontales se obtienen mediante pórticos planos.

Por lo tanto según la tabla 108, el valor del coeficiente β es:

$$\beta = 0,25$$

4.3.2.2 Zona Administrativa

Este caso es exactamente igual que la zona del aulario, ya que la organización estructural y la resistencia a las acciones horizontales se obtienen de la misma forma que para el aulario, es decir, mediante pórticos planos.

Por lo tanto según la tabla 108 el valor del coeficiente β es:

$$\beta = 0,25$$

4.3.2.3 Zona Casa del conserje

Este caso es exactamente igual que la zona del aulario, ya que la organización estructural y la resistencia a las acciones horizontales se obtienen de la misma forma que para el aulario, es decir, mediante pórticos planos.

Por lo tanto según la tabla 108, el valor del coeficiente β es:

$$\beta = 0,25$$

4.3.2.4 Zona SUM

Este caso es diferente a los anteriores debido a que tiene una compartimentación de la planta diáfana, entonces el amortiguamiento es del 4%. Por lo tanto, el valor del coeficiente β no es el mismo según la tabla 108, aunque tenga el mismo coeficiente de comportamiento por ductilidad.

En este caso, el coeficiente β es:

$$\beta = 0,27$$

4.3.3 Factor de distribución η_{ik}

El valor del factor de distribución, η_{ik} , correspondiente a la planta k en el modo de vibración i tiene el valor:

$$\eta_{ik} = \Phi_{ik} \frac{\sum_{k=1}^n m_k \cdot \Phi_{ik}}{\sum_{k=1}^n m_k \cdot \Phi_{ik}^2}$$

Fórmula que se puede simplificar la masa simplificando por g para que la fórmula sea dependiente del peso.

$$\eta_{ik} = \Phi_{ik} \frac{\sum_{k=1}^n P_k \cdot \Phi_{ik}}{\sum_{k=1}^n P_k \cdot \Phi_{ik}^2}$$

Donde:

n es el número de plantas.

m_k , es la masa de la planta k .

P_k , el peso de la planta k.

Φ_{ik} , es el coeficiente de forma correspondiente a la planta k en el modo i, para el que la norma permite que se adopte la siguiente expresión aproximada:

$$\Phi_{ik} = \text{sen} [(2i - 1)\pi \cdot h_k/2H]$$

En el que h_k es la altura sobre rasante de la planta k y H es la altura total del edificio.

A partir de aquí se comienza a elaborar por tablas para cada edificación por separado todos los cálculos para llegar al valor del factor de distribución de cada zona, teniendo en cuenta que solo es necesario calcularlo con el primer modo de vibración.

Para realizar el cálculo del valor del factor de distribución, es necesario saber en primer lugar, para cada zona el peso de cada planta que lo contiene, incluyendo la cubierta. Para calcular el peso de cada planta, se tomarán en cuenta los pesos de: El propio forjado, de las escaleras internas, de los cerramientos de la fachada y de los cerramientos interiores, además de las sobrecargas de uso, que según la norma NSCE-02 se establece que existe una fracción de las masas restantes a las de la estructura que intervienen desfavorablemente sobre la estructura.

Para el aulario, zona administrativa y salón de actos este coeficiente es de 0,6 mientras que para la vivienda es 0,5.

4.3.3.1 Zona Aulario

A continuación se muestran los resultados para el aulario en la siguiente tabla:

Planta	P_k	h_k	Φ_{1k}	Φ_{1k}^2	$P_k \Phi_{1k}$	$P_k \Phi_{1k}^2$	η_{1k}
Planta Baja	6827,854	1,070	0,212	0,045	1447,127	306,711	0,280
Planta Primera	6248,586	4,470	0,778	0,606	4864,163	3786,470	1,029
Cubierta	2789,116	7,870	1,000	1,000	2789,116	2789,116	1,322
					9100,407	6882,297	

Tabla 109 – Obtención del factor de distribución en el aulario

4.3.3.2 Zona Administrativa

A continuación se muestran los resultados para la zona administrativa en la siguiente tabla:

Planta	P_k	h_k	Φ_{1k}	Φ_{1k}^2	$P_k \Phi_{1k}$	$P_k \Phi_{1k}^2$	η_{1k}
Planta Baja	4271,490	1,980	0,517	0,267	2206,334	1139,628	0,701
Cubierta	1844,839	5,730	1,000	1,000	1844,839	1844,839	1,357
					4051,173	2984,467	

Tabla 110 - Obtención del factor de distribución en la zona administrativa

4.3.3.3 Zona Casa del Conserje

A continuación se muestran los resultados para la casa del conserje en la siguiente tabla:

Planta	P_k	h_k	Φ_{1k}	Φ_{1k}^2	$P_k \Phi_{1k}$	$P_k \Phi_{1k}^2$	η_{1k}
Planta Baja	866,790	1,980	0,570	0,325	493,904	281,430	0,769
Cubierta	326,868	5,130	1,000	1,000	326,868	326,868	1,349
					820,772	608,298	

Tabla 111 - Obtención del factor de distribución en la casa del conserje

4.3.3.4 Zona SUM

A continuación se muestran los resultados para el salón de actos en la siguiente tabla:

Planta	P_k	h_k	Φ_{1k}	Φ_{1k}^2	$P_k \Phi_{1k}$	$P_k \Phi_{1k}^2$	η_{1k}
Planta Baja	1677,054	1,98	0,446	0,199	747,733	333,385	0,826
Cubierta	152,63	6,73	1,000	1,000	152,630	152,630	1,853
					900,363	486,015	

Tabla 112 - Obtención del factor de distribución en el SUM

Finalizado el cálculo del factor de distribución ya se han obtenido todos los factores de los que depende las fuerzas sísmicas, por lo que tan solo queda realizar una sustitución en la fórmula de la fuerza sísmica por los valores calculados en estos subapartados y se hallará el valor final de la fuerza sísmica por edificios y por plantas.

4.3.4 Fuerza sísmica del Aulario

Planta	a_c/g	α	β	η_{1k}	s_{1k}	P_k	F_{1k}
Planta Baja	0,0768	2,5	0,25	0,280	0,013	6827,854	91,848
Planta Primera	0,0768	2,5	0,25	1,029	0,049	6248,586	308,725
Cubierta	0,0768	2,5	0,25	1,322	0,063	2789,116	177,023

Tabla 113 – Obtención de la fuerza sísmica equivalente en el aulario

4.3.5 Fuerza sísmica del área Administrativa

Planta	a_c/g	α	β	η_{1k}	s_{1k}	P_k	F_{1k}
Planta Baja	0,0768	2,5	0,25	0,701	0,034	4271,490	143,755
Cubierta	0,0768	2,5	0,25	1,357	0,065	1844,839	120,201

Tabla 114 - Obtención de la fuerza sísmica equivalente en la zona administrativa

4.3.6 Fuerza sísmica de la casa del Conserje

Planta	a_c/g	α	β	η_{1k}	s_{1k}	P_k	F_{1k}
Planta Baja	0,0768	2,5	0,25	0,769	0,037	866,790	31,988
Cubierta	0,0768	2,5	0,25	1,349	0,066	326,868	21,170

Tabla 115 - Obtención de la fuerza sísmica equivalente en la casa del conserje

4.3.7 Fuerza sísmica del Salón de Actos

Planta	a_c/g	α	β	η_{1k}	s_{1k}	P_k	F_{1k}
Planta Baja	0,0768	2,5	0,27	0,826	0,043	1677,054	71,808
Cubierta	0,0768	2,5	0,27	1,853	0,096	152,63	14,658

Tabla 116 - Obtención de la fuerza sísmica equivalente en el SUM

4.4 Reparto de las fuerzas sísmicas equivalentes

En este apartado se procederá a repartir las fuerzas sísmicas calculadas en el anterior apartado, las cuales se pueden repartir, en función de las rigideces, entre los elementos resistentes de cada pórtico en cada una de las direcciones.

Para calcular este reparto, será necesario tener la rigidez de los elementos resistentes (los pilares) en las direcciones consideradas, además de realizar un reparto para que exista un equilibrio en todas las plantas, calculando una fuerza horizontal en cada uno de los elementos:

$$f_{kj} = F_k \cdot \frac{K_{kj}}{\sum_{j=1}^n K_{kj}}$$

Teniendo en cuenta un ejemplo de la UPV [2], se realiza un reparto en los que se consideran que los elemento de la esquina tienen una inercia de valor I, los de la fachada 2I, los del interior 3I. Así, sin hacer un calculo extensivo de las inercias se calcula un valor muy aproximado.

La norma NCSE-02 [1] establece que con una distribución homogénea se puede tener en cuenta la excentricidad adicional, multiplicando las fuerzas por el siguiente factor:

$$\gamma_a = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e}$$

Siendo:

- x , es la distancia del elemento resistente al centro del edificio, perpendicular a la dirección de la acción sísmica considerada.
- L_e , es la distancia entre los dos elementos resistentes más extremos.

Una vez explicado todo esto, se puede proceder a realizar el cálculo del reparto de fuerzas sísmicas equivalentes en las dos direcciones (Norte-Sur y Este-Oeste).

A continuación en los siguientes apartados vendrá explicado el cálculo para los primeros casos y las tablas con las soluciones de los cálculos para los demás casos que conciernen en el proyecto.

4.4.1 Reparto de fuerza sísmica equivalente en el Aulario

4.4.1.1 Planta baja

Para realizar el reparto de las fuerzas sísmicas se apoyarán estos cálculos en la siguiente ilustración 15:

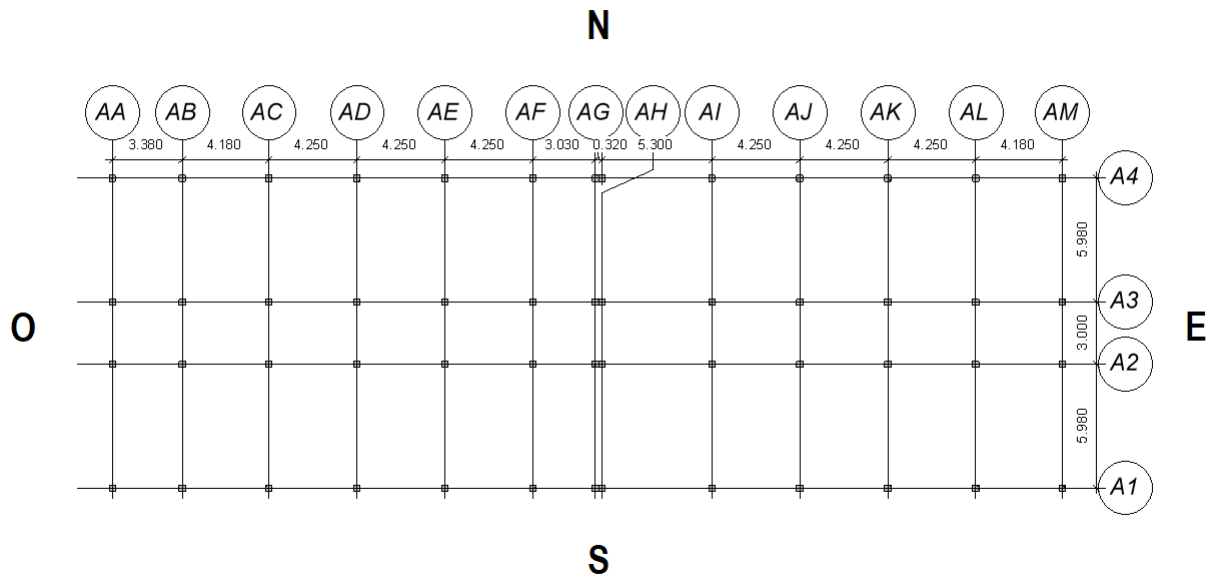


Ilustración 16 – Vista en planta de los pilares del aulario y la distancia entre ellos

Como se necesitarán cálculos en las dos direcciones anteriormente descritas, se dividirá este apartado en dos subapartados: Dirección Norte-Sur y Dirección Este-Oeste.

4.4.1.1.1 Dirección Norte-Sur

Existirán tanto pórticos exteriores como interiores, siendo un total de 13 pórticos, de los cuales se le calcula la excentricidad con la fórmula anteriormente descrita que proporciona la norma:

- Pórtico AA y pórtico AM: $\gamma_{AA} \equiv \gamma_{AM} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{22,945}{45,89} = 1,3$
- Pórtico AB: $\gamma_{AB} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{19,565}{45,89} = 1,2558$
- Pórtico AC: $\gamma_{AC} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{15,385}{45,89} = 1,2058$
- Pórtico AD: $\gamma_{AD} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{11,135}{45,89} = 1,1456$
- Pórtico AE: $\gamma_{AE} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{6,885}{45,89} = 1,009$
- Pórtico AF: $\gamma_{AF} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{2,635}{45,89} = 1,0345$
- Pórtico AG: $\gamma_{AG} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{0,395}{45,89} = 1,0052$
- Pórtico AH: $\gamma_{AH} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{0,715}{45,89} = 1,0093$
- Pórtico AI: $\gamma_{AI} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{6,015}{45,89} = 1,0786$
- Pórtico AJ: $\gamma_{AJ} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{10,265}{45,89} = 1,1342$

- Pórtico AK: $\gamma_{AK} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{14,515}{45,89} = 1,1898$
- Pórtico AL: $\gamma_{AL} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{18,765}{45,89} = 1,2453$

Por otro lado, estos pórticos tendrán una determinada inercia total como ya se ha comentado anteriormente, siendo el valor para los pórticos externos de 6I (2 pilares de fachada y 2 de esquina) y de 10I en el caso de los pórticos interiores (2 pilares interiores y 2 de fachada). La inercia total de la planta es de 122I.

Con estos datos ya se puede calcular la fuerza repartida en cada pilar para este caso:

- $f_{AA} \equiv f_{AM} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AA} \cdot \frac{6I}{122I} = 91,545 \cdot 1,3 \cdot \frac{6}{122} = 5,872$
- $f_{AB} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AB} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,2558 \cdot \frac{10}{122} = 9,454$
- $f_{AC} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AC} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,2012 \cdot \frac{10}{122} = 9,043$
- $f_{AD} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AD} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,1456 \cdot \frac{10}{122} = 8,625$
- $f_{AE} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AE} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,09 \cdot \frac{10}{122} = 8,206$
- $f_{AF} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AF} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,0345 \cdot \frac{10}{122} = 7,788$
- $f_{AG} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AG} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,0052 \cdot \frac{10}{122} = 7,567$
- $f_{AH} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AH} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,0093 \cdot \frac{10}{122} = 7,599$
- $f_{AI} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AI} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,0786 \cdot \frac{10}{122} = 8,121$
- $f_{AJ} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AJ} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,1342 \cdot \frac{10}{122} = 8,539$
- $f_{AK} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AK} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,1898 \cdot \frac{10}{122} = 8,957$
- $f_{AL} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{AL} \cdot \frac{10I}{122I} = 91,545 \cdot 1,2453 \cdot \frac{10}{122} = 9,376$

4.4.1.1.2 Dirección Este-Oeste

Existirán tanto pórticos exteriores como interiores, siendo un total de 4 pórticos, los cuales se le calcula la excentricidad:

- Pórtico A1 y Pórtico A4: $\gamma_{A1} \equiv \gamma_{A4} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{7,48}{14,96} = 1,3$
- Pórtico A2 y A3: $\gamma_{A2} \equiv \gamma_{A3} = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} = 1 + 0,6 \cdot \frac{1,5}{14,96} = 1,06$

Los pórticos exteriores tendrán una inercia de 24I (2 pilares de esquina y 11 de fachada) y los dos pórticos interiores tendrán 37I de inercia (2 pilares de fachada y 11 interiores).

- $f_{A1} \equiv f_{A4} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{A1} \cdot \frac{24I}{122I} = 91,545 \cdot 1,3 \cdot \frac{24}{122} = 23,489$
- $f_{A2} \equiv f_{A3} = F_{plantabaja} \cdot \gamma_{A3} \cdot \frac{37I}{122I} = 91,545 \cdot 1,06 \cdot \frac{37}{122} = 29,531$

4.4.1.2 Planta primera

Para realizar el reparto de las fuerzas sísmicas se apoyarán estos cálculos en la ilustración 15, ya que para este caso se poseen los mismos pórticos que para la planta baja.

4.4.1.2.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
AA	3,38	22,945	1,3	6	19,738
AB	4,18	19,565	1,2558	10	31,779
AC	4,25	15,385	1,2012	10	30,396
AD	4,25	11,135	1,1456	10	28,989
AE	4,25	6,885	1,0900	10	27,583
AF	3,03	2,635	1,0345	10	26,177
AG	0,32	0,395	1,0052	10	25,436
AH	5,3	0,715	1,0093	10	25,542
AI	4,25	6,015	1,0786	10	27,295
AJ	4,25	10,265	1,1342	10	28,702
AK	4,25	14,515	1,1898	10	30,108
AL	4,18	18,765	1,2453	10	31,514
AM	0	22,945	1,3	6	19,738

Tabla 117 – Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta primera del aulario en dirección Norte-Sur

4.4.1.2.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
A1=A4	5,98	7,48	1,3	24	78,953
A2=A3	3	1,5	1,060	37	99,263

Tabla 118 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta primera del aulario en dirección Este-Oeste

4.4.1.3 Cubierta

Para realizar el reparto de las fuerzas sísmicas se apoyarán estos cálculos en la ilustración 15, ya que para este caso se poseen los mismos pórticos que para la planta baja.

4.4.1.3.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
AA	3,38	22,945	1,3	6	11,318
AB	4,18	19,565	1,2558	10	18,222
AC	4,25	15,385	1,2012	10	17,429
AD	4,25	11,135	1,1456	10	16,623
AE	4,25	6,885	1,0900	10	15,816
AF	3,03	2,635	1,0345	10	15,010
AG	0,32	0,395	1,0052	10	14,585
AH	5,3	0,715	1,0093	10	14,646
AI	4,25	6,015	1,0786	10	15,651
AJ	4,25	10,265	1,1342	10	16,458
AK	4,25	14,515	1,1898	10	17,264
AL	4,18	18,765	1,2453	10	18,070
AM	0	22,945	1,3	6	11,318

Tabla 119 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta del aulario en dirección Norte-Sur

4.4.1.3.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
A1=A4	5,98	7,48	1,3	24	45,272
A2=A3	3	1,5	1,060	37	56,917

Tabla 120 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta del aulario en dirección Este-Oeste

4.4.2 Reparto de fuerza sísmica equivalente en la zona Administrativa

En este caso se calcularán las fuerzas sísmicas equivalentes repartidas en la zona administrativa, que cuenta con la siguiente vista en planta de los pilares tanto para la plata baja como para la cubierta:

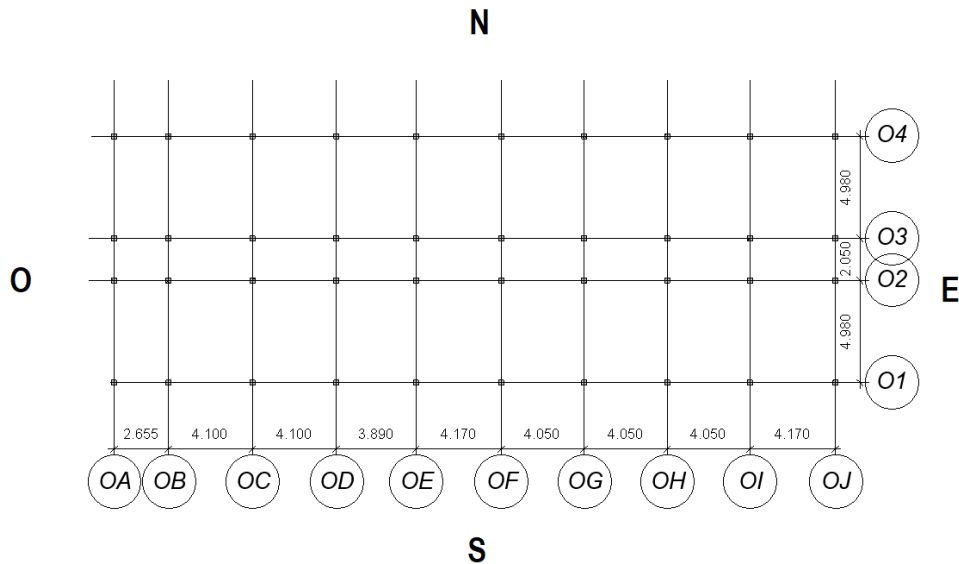


Ilustración 17 - Vista en planta de los pilares del la zona administrativa y la distancia entre ellos

4.4.2.1 Planta baja

4.4.2.1.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
OA	2,655	17,6175	1,3	6	12,188
OB	4,1	14,9625	1,2548	10	19,607
OC	4,1	10,8625	1,1850	10	18,516
OD	3,89	6,7625	1,1152	10	17,425
OE	4,17	2,8725	1,0489	10	16,390
OF	4,05	1,2975	1,0221	10	15,971
OG	4,05	5,3475	1,0911	10	17,048
OH	4,05	9,3975	1,1600	10	18,126
OI	4,17	13,4475	1,2290	10	19,204
OJ	0	17,6175	1,3	6	12,188

Tabla 121 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja en zona administrativa en dirección N-Sur

4.4.2.1.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
O1=O4	4,98	6,005	1,3	18	36,564
O2=O3	2,05	1,025	1,051	28	45,992

Tabla 122 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja en zona administrativa en dirección Norte-Sur

4.4.2.2 Cubierta

4.4.2.2.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
OA	2,655	17,6175	1,3	6	10,191
OB	4,1	14,9625	1,2548	10	16,394
OC	4,1	10,8625	1,1850	10	15,482
OD	3,89	6,7625	1,1152	10	14,570
OE	4,17	2,8725	1,0489	10	13,704
OF	4,05	1,2975	1,0221	10	13,354
OG	4,05	5,3475	1,0911	10	14,255
OH	4,05	9,3975	1,1600	10	15,156
OI	4,17	13,4475	1,2290	10	16,057
OJ	0	17,6175	1,3	6	10,191

Tabla 123 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en cubierta en zona administrativa en dirección Norte-Sur

4.4.2.2.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
O1=O4	4,98	6,005	1,3	18	30,573
O2=O3	2,05	1,025	1,051	28	38,456

Tabla 124 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en cubierta en zona administrativa en dirección Este-Oeste

4.4.3 Reparto de fuerza sísmica equivalente en la casa del Conserje

En este caso se calcularán las fuerzas sísmicas equivalentes repartidas en la casa del conserje, que cuenta con la siguiente vista en planta de los pilares tanto para la plata baja como para la cubierta:

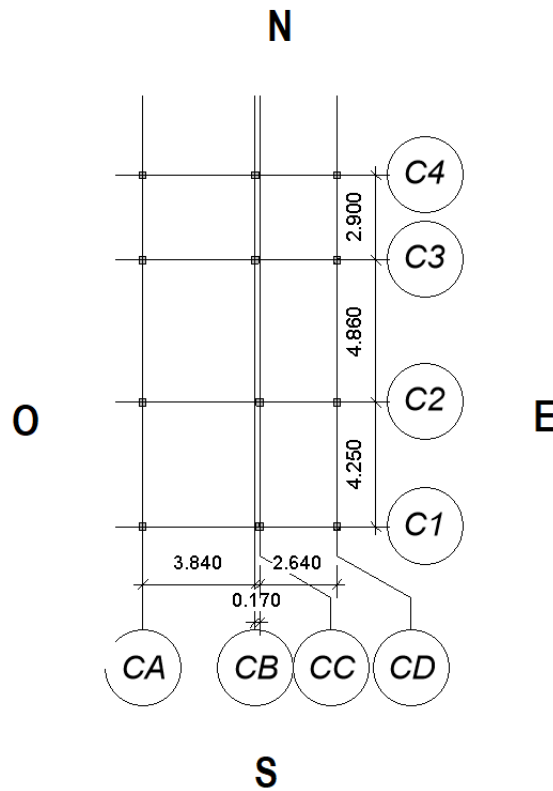


Ilustración 18 - Vista en planta de los pilares de la casa del conserje y la distancia entre ellos

4.4.3.1 Planta baja

4.4.3.1.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
CA	3,84	3,325	1,3	6	7,797
CB	0,17	0,515	1,046	10	10,461
CC	2,64	0,685	1,062	10	10,614
CD	0	3,325	1,3	6	7,797

Tabla 125 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja de la vivienda en dirección Norte-Sur

4.4.3.1.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
C1	4,25	6,005	1,3	6	11,341
C2	4,86	1,755	1,0877	5	7,907
C3	2,9	3,105	1,1551	5	8,398
C4	0	6,005	1,3	6	11,341

Tabla 126 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja de la vivienda en dirección Este-Oeste

4.4.3.2 Cubierta

4.4.3.2.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
CA	3,84	3,325	1,3	6	5,160
CB	0,17	0,515	1,046	10	6,923
CC	2,64	0,685	1,062	10	7,024
CD	0	3,325	1,3	6	5,160

Tabla 127 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta de la vivienda en dirección Norte-Sur

4.4.3.2.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
C1	4,25	6,005	1,3	6	7,506
C2	4,86	1,755	1,0877	5	5,233
C3	2,9	3,105	1,1551	5	5,558
C4	0	6,005	1,3	6	7,506

Tabla 128 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta de la vivienda en dirección Este-Oeste

4.4.4 Reparto de fuerza sísmica equivalente en el Salón de actos

En este caso se calcularán las fuerzas sísmicas equivalentes repartidas en el Salón de actos, que cuenta con la siguiente vista en planta de los pilares tanto para la plata baja como para la cubierta:

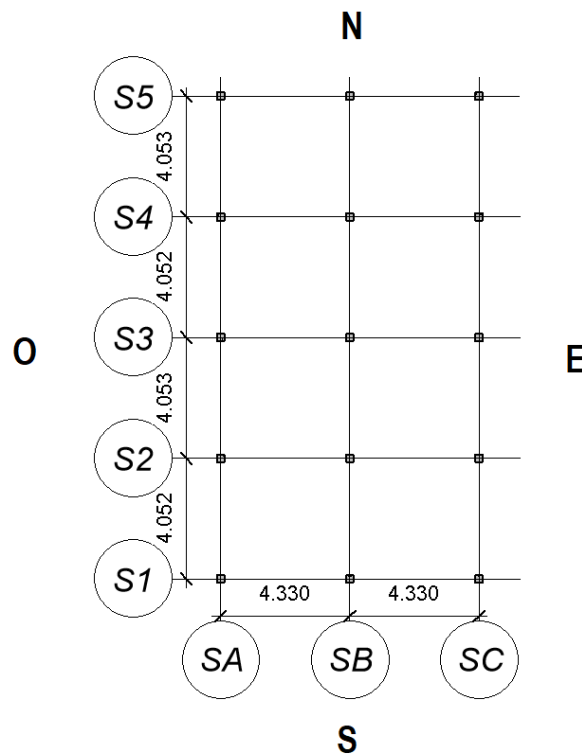


Ilustración 19 - Vista en planta de los pilares del salón de actos y la distancia entre ellos

4.4.4.1 Planta baja

4.4.4.1.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
SA	4,33	4,33	1,3	8	25,752
SB	4,33	0	1	13	32,190
SC	0	4,33	1,3	8	25,752

Tabla 129 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja del SUM en dirección Norte-Sur

4.4.4.1.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
S1	4,052	8,105	1,3	4	12,876
S2	4,053	4,053	1,2	7	19,933
S3	4,052	0	1,0	7	17,333
S4	4,053	4,053	1,2	7	19,933
S5	0	8,105	1,3	4	12,876

Tabla 130 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la planta baja del SUM en dirección Este-Oeste

4.4.4.2 Cubierta

4.4.4.2.1 Dirección Norte-Sur

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
SA	4,33	4,33	1,3	8	5,257
SB	4,33	0	1	13	6,571
SC	0	4,33	1,3	8	5,257

Tabla 131 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta del SUM en dirección Norte-Sur

4.4.4.2.2 Dirección Este-Oeste

Pórtico	Distancia al siguiente pórtico [m]	Distancia a F_a [m]	Excentricidad γ_a	Rigidez del pórtico [I]	Fuerza f_{kj} [kN]
S1	4,052	8,105	1,3	4	2,628
S2	4,053	4,053	1,2	7	4,069
S3	4,052	0	1,0	7	3,538
S4	4,053	4,053	1,2	7	4,069
S5	0	8,105	1,3	4	2,628

Tabla 132 - Fuerza sísmica equivalente distribuida en la cubierta del SUM en dirección Este-Oeste

REFERENCIAS

[1] *Norma de construcción Sismorresistente: Parte general y edificación*, Norma NSCE-02.

[2] “*Aplicación de la NCSE-02 a un edificio con 1 modo de vibración*”, Luisa Basset Salom, Universidad Politécnica de Valencia.

Otros documentos y normativas de referencia para la elaboración de esta memoria:

[3] *Documento Básico de Seguridad Estructural: Acciones en la edificación*. Norma CTE DB SE-AE.

[4] *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Cargas de viento*, Norma UNE EN 1991-1-1=2007.

[5] TFG: “*Proyecto Estructural de un hangar para el mantenimiento de aviones*”, José Daniel Andrades del Águila, Universidad de Sevilla, 2019.

[6] TFG: “*Diseño y Cálculo de la estructura de una capilla mediante metodología BIM*”, Antonio Pineda Márquez, Universidad de Sevilla, 2021.

[7] *Documento básico de seguridad estructural: Cimientos*, Norma CTE DB SE-C.

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

DOCUMENTO III – Modelado arquitectónico y estructural mediante metodología BIM.

Autor: Rafael Mensua Santisteban

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha

Miguel Ángel López López

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Departamento de
Ingeniería Gráfica ETSI

Índice	iii
Índice de Figuras	v
1 Trabajar en metodología BIM	1
1.1 <i>Objetivo y alcance</i>	1
1.2 <i>Introducción a Revit</i>	1
1.2.1 Revit permite diseñar	1
1.2.2 Revit permite colaborar	1
1.2.3 Revit permite visualizar	2
2 Diseño arquitectónico en BIM	3
2.1 <i>Creación del proyecto arquitectónico</i>	3
2.2 <i>Referencias para el diseño arquitectónico</i>	6
2.2.1 Niveles	6
2.2.2 Rejillas	7
2.2.3 Secciones	8
2.2.4 Familias	9
2.3 <i>Pilares arquitectónicos</i>	11
2.4 <i>Cerramientos y carpintería</i>	14
2.4.1 Cerramientos exteriores	15
2.4.2 Cerramientos interiores	16
2.4.3 Ventanas	19
2.4.4 Puertas	22
2.5 <i>Rampas y escaleras</i>	27
2.6 <i>Suelos y Cubiertas</i>	31
2.7 <i>Mobiliario, entorno y acabados</i>	33
2.8 <i>Resultado final: Generación de planos y renders</i>	36
2.8.1 Planos	36
2.8.2 Renders	38
3 Diseño y cálculo estructural en BIM	41
3.1 <i>Modelo estructural en Revit</i>	41
3.1.1 Preparación del proyecto	41
3.1.2 Materiales	43
3.1.3 Configuración del proyecto	43
3.1.4 Posicionamiento de los pilares	44
3.1.5 Cimentación	48
3.1.6 Armazón estructural	49
3.1.7 Apoyos	54
3.1.8 Introducción de cargas en Revit	59
3.2 <i>Modelo estructural en Robot</i>	64
3.2.1 Introducción a Robot Structural	64
3.2.2 Exportación de Revit a Robot	65
3.2.3 Proyecto en Robot	66
3.2.4 Cálculo de la estructura	76
3.2.5 Resultados	77
3.2.6 Integración Robot-Revit	91
4 Conclusiones	93
Referencias	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 – Ventana para crear proyecto nuevo	3
Ilustración 2 – Panel de modificaciones de visibilidad para la vista 3D	4
Ilustración 3 – Vista en satélite del colegio público de El Carpio	4
Ilustración 4 – Propiedad orientación del plano de planta	5
Ilustración 5 – Vista en planta con camino de sol activado con norte real	5
Ilustración 6 – Niveles del proyecto para el Aulario	6
Ilustración 7 – Niveles del proyecto para la zona administrativa	7
Ilustración 8 – Navegador de proyectos con los planos de planta creados	7
Ilustración 9 – Rejillas creadas para el aulario y para el pasillo que lo une con la zona administrativa	8
Ilustración 10 – Rejillas creadas para el SUM, zona administrativa y casa del conserje	8
Ilustración 11 – Ubicación de la sección en la interfaz de Revit	9
Ilustración 12 – Secciones A-A y B-B creadas	9
Ilustración 13 – Carpetas de familias cargables que te proporciona Revit	10
Ilustración 14 – Diferencia en unión de muro entre pilar arquitectónico y estructural [4]	11
Ilustración 15 – Propiedades de los pilares de los edificios	12
Ilustración 16 – Propiedades de los pilares del patio y de entrada	12
Ilustración 17 – Vista en planta con los diferentes tipos de pilares distinguidos por colores según tipología	13
Ilustración 18 – Vista 3D de los pilares en el modelo arquitectónico	14
Ilustración 19 – Interfaz “Insertar” de Revit	14
Ilustración 20 – Vista en planta con CAD importado del proyecto real para la creación de cerramientos	15
Ilustración 21 – Propiedades del cerramiento CELP	16
Ilustración 22 - Propiedades del cerramiento CLM	17
Ilustración 23 - Propiedades del cerramiento MLM	17
Ilustración 24 - Propiedades del cerramiento LHD8	18
Ilustración 25 - Propiedades del cerramiento LHD6	18
Ilustración 26 – Resultado realista en Revit al introducir las lamas para las ventanas	19
Ilustración 27 – Plano de Carpintería metálica en Autocad del proyecto real	20
Ilustración 28 – Tipos de familia de ventanas necesarias en el proyecto	20
Ilustración 29 – Resultado final de las ventanas con lamas y resultado sin lamas	21
Ilustración 30 – Visión 3D del resultado final de las ventanas	21
Ilustración 31 – Resultado general en 3D de como quedan las ventanas en el proyecto	22
Ilustración 32 – Plano de carpintería de madera del proyecto real en AutoCAD.	22
Ilustración 33 – Vista en planta de una puerta y sus posibles cambios de orientación	23

Ilustración 34 – Resultado en una sección de los pasillos del aula y sus puertas	23
Ilustración 35 – Plano de carpintería metálica con cancelas del proyecto antes de obra	24
Ilustración 36 – Vista en Google StreetView de la fachada principal del colegio	24
Ilustración 37 – Vista en perspectiva del resultado realista de la fachada en el proyecto arquitectónico	25
Ilustración 38 – Render con el resultado de la fachada principal y la puerta de entrada al colegio	25
Ilustración 39 – Propiedades del Muro cortina	26
Ilustración 40 – Resultado en revit de las escaleras interiores del aula	27
Ilustración 41 – Resultado tridimensional de las escaleras de salida trasera del aula así como de la rampa de acceso para minusválidos trasera al aula	27
Ilustración 42 – Resultado final del complejo de rampas y escaleras que conectan los dos edificios del proyecto y el patio	28
Ilustración 43 – Vista en planta de la creación de rampas exteriores en el proyecyo de Revit	29
Ilustración 44 – Vista en planta de la creación de rampas exteriores con contrahuellas en Revit	29
Ilustración 45 – Vista en planta de la edición del camino de barandillas en la rampa en Revit	30
Ilustración 46 – Interfaz de creación de barandillas en Revit	30
Ilustración 47 – Propiedades de tipo de las escaleras en Revit	31
Ilustración 48 – Propiedades del suelo arquitectónico escogido	31
Ilustración 49 – Capas de las cubiertas del Aula, zona administrativa y casa del conserjee	32
Ilustración 50 – Ventana de edición del perfil de la cubierta cilíndrica en Revit	33
Ilustración 51 – Resultado final en 3D de la cubierta en Revit	33
Ilustración 52 – Vista con la cubierta ocultada del resultado de colocar mobiliario en la zona adiministrativa en el proyecto arquitectónico	34
Ilustración 53 – Vista con la cubierta ocultada del resultado de colocar mobiliario en el Aula en el proyecto arquitectónico	34
Ilustración 54 – Detalle de la arbadilla para coronar la cubierta del aula	35
Ilustración 55 – Detalle de la arbadilla para coronar la cubierta en la zona administrativa	35
Ilustración 56 – Ejemplo de plano con formato métrico A3	36
Ilustración 57 – Plano A1 de distribución en planta baja con tabla de contenido	37
Ilustración 58 – Leyenda en plano del muro CELP	37
Ilustración 59 – Resultado al generar un render en la cafetería del colegio	38
Ilustración 60 – Render de un aula	39
Ilustración 61 – Perspectiva del resultado final del proyecto renderizado	39
Ilustración 62 - Ventana de creación de proyecto estructural en Revit	41
Ilustración 63 – Ventana de vinculación del modelo arquitectónico	42
Ilustración 64 – Ventana de limpieza de elementos no utilizados	42
Ilustración 65 – Interfaz superior “Instertar” en Revit	43
Ilustración 66 – Interfaz de coordinación dentro de colaborar en Revit	43
Ilustración 67 – Interfaz de creación de vistas de plano	44
Ilustración 68 – Alzado oeste con la cota de los pilares	45
Ilustración 69 – Vista 3D de los pilares que van hasta la altura de forjado de planta baja de zona administrativa	

	45
Ilustración 70 – Propiedades de pilar estructural	46
Ilustración 71 – Rejillas con Pilares estructurales sobre ellas	47
Ilustración 72 – Resultado de la colocación de los pilares con el proyecto arquitectónico subyacente	47
Ilustración 73 – Resultado en vista 3D del posicionamiento de los pilares en el proyecto	48
Ilustración 74 – Vista en planta de la cimentación del Aulario y suentrada desde el patio	49
Ilustración 75 – Vista en planta de la cimentación de la zona administrativa y salida al patio	49
Ilustración 76 – Vista 3D de las vigas de la zona administrativa	50
Ilustración 77 – Vista en planta del forjado de la planta baja del Aulario	51
Ilustración 78 – Vista en planta del forjado de la planta primera del Aulario	51
Ilustración 79 – Vista en planta del forjado de planta baja de la zona Administrativa	52
Ilustración 80 – Cubierta del Aulario	53
Ilustración 81 – Cubierta del edificio administrativo	53
Ilustración 82 – Cubierta de la casa del conserje	54
Ilustración 83 – Interfaz “Analizar” en revit	55
Ilustración 84 – Modelo físico y modelo analítico creado a partir de él [9]	55
Ilustración 85 – Modelo analítico formado a partir de la creación del modelo estructural	56
Ilustración 86 – Panel de propiedades de alineación analítica de pilares y vigas	56
Ilustración 87 – Ventana de edición de filtros	57
Ilustración 88 – Visualización en la herramienta ajustar modelo analítico	57
Ilustración 89 – Modelo analítico con las condiciones de contorno impuestas	58
Ilustración 90 – Vista en planta de la versión de las zapatas del proyecto real	58
Ilustración 91 – Vista en planta de la solución propuesta para realiarle el análisis estructural	59
Ilustración 92 – Vista 3D del modelo analítico con las cargas de nieve	60
Ilustración 93 - Vista 3D del modelo analítico con los pesos propios (Cargas permanentes)	61
Ilustración 94 – Vista 3D del modelo analítico con las cargas de los cerramientos exteriores	61
Ilustración 95 - Vista 3D del modelo analítico con las sobrecargas de uso interiores	61
Ilustración 96 - Vista 3D del modelo analítico con las sobrecargas de uso de cubiertas	62
Ilustración 97 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas sísmicas	62
Ilustración 98 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento este sobre cubierta	62
Ilustración 99 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento norte sobre cubierta	63
Ilustración 100 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento oeste sobre cubierta	63
Ilustración 101 Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento sur sobre cubierta	63
Ilustración 102 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento lateral	64
Ilustración 103 – Bidireccionalidad Revit-Robot [11]	65
Ilustración 104 – Pestaña de integración con Robot	65
Ilustración 105 – Ventana de lista de avisos de exportación a robot	66
Ilustración 106 – Menú Gestionar – Selección elementos ID en Revit	67
Ilustración 107 – Visión en planta de una de las vigas que provocaban el warning	67

Ilustración 108 – Menú de avisos y errores al exportar a Robot	67
Ilustración 109 – Primera vista 3D de robot	68
Ilustración 110 – Ventana del menú de mostrar en vista	68
Ilustración 111 – Vista 3D en Robot con las secciones visibles	69
Ilustración 112 – Detalle de las secciones mal situadas en Robot	69
Ilustración 113 – Ventana de tipo de estructura en Robot	70
Ilustración 114 – Ventana de preferencias del proyecto en Robot	70
Ilustración 115 – Ventana de preferencias del proyecto en cuestión de cargas en robot.	71
Ilustración 116 – Unidades del proyecto en Robot	71
Ilustración 117 – Ventana de advertencias en robot	72
Ilustración 118 – Ejemplo de carga no introducida correctamente sobre viga	72
Ilustración 119 – Ejemplo de carga introducida correctamente y erróneamente sobre pilar	73
Ilustración 120 – Tabla de coeficientes de seguridad para las acciones [12]	74
Ilustración 121 – Tabla de coeficientes de simultaneidad para las acciones [12]	74
Ilustración 122 – Ventana de combinaciones según norma	75
Ilustración 123 – Ventana de las relacione entre cargas de viento en Robot	76
Ilustración 124 – Ventana de tipo de análisis en Robot	76
Ilustración 125 – Ventana de elección de vista de los resultados	77
Ilustración 126 – Vista de la estructura con el momento flector M_y en cada barra para el ELU	77
Ilustración 127 – Vista de la estructura con el diagrama de esfuerzos F_z en cada barra para el ELU	78
Ilustración 128 – Vista de la estructua con las deformaciones exactas en cada barra para el ELS	78
Ilustración 129 – Ventana con los parámetros para la creación de armaduras en pilares	79
Ilustración 130 – Menú de los resultados y errores de transferencia de elementos a RC	79
Ilustración 131 – Ventana emergente de errores de cálculo de las armaduras	80
Ilustración 132 – Menú del inspector de componentes de hormigón armado después de los cálculos de armaduras	80
Ilustración 133 – Ventana de robot para la vista de armaduras	81
Ilustración 134 – Ventana general de opciones de cálculo para la armadura en vigas	81
Ilustración 135 – Ventana de armadura longitudinal para el cálculo de la armadura en vigas	82
Ilustración 136 – Ventana general para la disposición de armadura en vigas	83
Ilustración 137 – Pestaña de opciones de armadura transversal para el cálculo de la armadura en vigas	83
Ilustración 138 – Vista 3D de la armadura realizada para un pórtico en concreto	84
Ilustración 139 – Diagrama de momentos flectores y de esfuerzo cortante para el ELU del pórtico	84
Ilustración 140 – Inicio del informe de cálculo para un pórtico de vigas	85
Ilustración 141 – Configuración de la disposición de las barras longitudinales en los pilares	86
Ilustración 142 - Configuración de la disposición de las barras transversales en los pilares	86
Ilustración 143 - Configuración del modelo de pandeo de los pilares	87
Ilustración 144 – Ventana de cuadro de resultados para los pilares en robot	87
Ilustración 145 – Ventana de edición de las dimensiones de la cimentación	88

Ilustración 146 – Ventana de configuración de la disposición de armaduras en zapatas	88
Ilustración 147 – Ventana emergente para la selección de zapata combinada	89
Ilustración 148 – Vista 3D de la armadura para la zapata combinada	89
Ilustración 149 – Vista 3D de la armadura para zapata aislada	89
Ilustración 150 – Pestaña de resultados para la cimentación combinada	90
Ilustración 151 – Pestaña de resultados para la cimentación aislada	90

1 TRABAJAR EN METODOLOGÍA BIM

En este documento se tratará todo el proceso que se ha ido realizando para la elaboración del proyecto mediante metodología BIM y por lo tanto supone el grueso de la memoria completa.

1.1 Objetivo y alcance

El objetivo de este documento es plasmar en la memoria todo el proceso de elaboración del proyecto en metodología BIM, por tanto, el diseño arquitectónico en Revit del colegio y el diseño y cálculo estructural con Robot, todo esto de un edificio ya construido. Como objetivo del proyecto está el aprendizaje y uso de estas herramientas, para adentrarse en el mundo de la metodología BIM.

Es por tanto que el alcance de este documento abarca desde todo lo referente al diseño arquitectónico del modelo hasta conseguir una gran fidelidad al proyecto original incluyendo la elaboración de renders, pasando por el diseño y diseño estructural en Revit y posterior introducción en Robot del modelo para calcular la estructura de hormigón, hasta llegar a los planos de todo lo elaborado. Esta memoria se nutre para ello del documento de cálculo estructural para introducir las cargas en los softwares.

Por tanto, queda fuera del marco de alcance de este documento todo lo referido a instalaciones (MEP) o análisis de ciclo de vida. A parte, queda fuera del proyecto, debido a que se realiza de forma individual, de un aprendizaje práctico de como se utiliza la coordinación y supervisión de proyectos en revit, quedando simplemente en una forma superficial y teórica de como funciona este software en su forma más profesional.

Para conseguir todo esto se utilizará, como ya se ha comentado en alguna ocasión, los softwares de la empresa Autodesk, Inc, Revit y Robot, en sus versiones de 2020.

1.2 Introducción a Revit

Autodesk Revit es un software de diseño inteligente de modelado con metodología BIM que facilita las tareas de diseño de proyecto y los procesos de trabajo, siendo una herramienta con modelado paramétrico y un trabajo colaborativo. Usando Revit, uno se da cuenta de que no está dibujando, sino diseñando y construyendo virtualmente en 3 dimensiones.

En los posteriores apartados se profundiza en como se utiliza el software en su apartado arquitectónico y estructural [1].

1.2.1 Revit permite diseñar

Permite la elaboración de un proyecto desde cero, modificación del mismo, representar, dentro de un mismo archivo, diferentes fases del proyecto, simulaciones energéticas, cambios in situ, etc.

Permite no solo la colocación de elementos sino calcular áreas por pisos, por habitaciones, por plantas, mostrar varias opciones de diseño del mismo edificio en el mismo archivo, etc, por lo que resulta muy útil y ventajoso respecto al diseño CAD.

1.2.2 Revit permite colaborar

Revit cuenta con funcionalidades propias para todas las disciplinas y agentes implicados en el proceso de creación de un proyecto de construcción, trabajando todos de manera unificada en una única plataforma, por

tanto se fomenta el trabajo colaborativo tan importante para la metodología BIM. Además, coordina las distintas versiones trabajadas para ofrecer siempre a todos los participantes la última versión, actualizada, por tanto permite el trabajo de forma simultánea de varios profesionales sobre un mismo archivo al mismo tiempo. Todo este trabajo en un gran proyecto debe tener a un grupo de trabajo con su BIM manager y saber como se utiliza la coordinación y supervisión del proyecto.

Dentro de esta herramienta colaborativa, existen tres procesos principales que facilitan la elaboración de proyectos con este software:

- Manejo de archivos, ubicándose todos en un lugar.
- Registro de datos y cumplimiento de tareas, ya que el software no permite ingresar inconsistencias o dejar tareas de lado.
- Actualización por cambios: Al introducir un cambio y ser comprobado por el manager, se ejecutan automáticamente todas las modificaciones en todas las vistas y archivos no centrales.

1.2.3 Revit permite visualizar

Debido a su simulación en 3D permite visualizar de una manera más real el conjunto del trabajo y obtener una visión más realista del proyecto y de su consecución final. Además permite la realización de renders para visualizar de una forma realista y fiel como podría ser el proyecto ya final.

2 DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN BIM

En este apartado se desarrollará todo lo referente a la arquitectura del proyecto del colegio en gran detalle y de como, a partir de todos los planos proporcionados por los arquitectos del proyecto real, se ha ido construyendo el modelo BIM en Revit. Para el desarrollo de este apartado se ha usado exclusivamente de Revit, aunque en paralelo para agilizar el proceso se ha utilizado AutoCAD para la visualización de los planos oficiales, esto no sería realmente necesario ya que revit permite importar archivos .dwg para visualizarlos en planos de planta de los niveles del proyecto.

A continuación en los subapartados se presenta paso a paso como se ha elaborado el proyecto arquitectónico en revit, parando a explicar cada concepto nuevo que se vaya explicando para que quede claro su uso.

2.1 Creación del proyecto arquitectónico

El primer paso, es la creación del archivo en el que se desarrollará todo el proceso hasta completar el proyecto arquitectónico. Para ello hay que abrir el software Revit y clicar en “nuevo”. Una vez allí se abre una ventana en la que habrá que elegir una plantilla arquitectónica, seleccionando la casilla proyecto, como se puede observar en la ilustración 1.

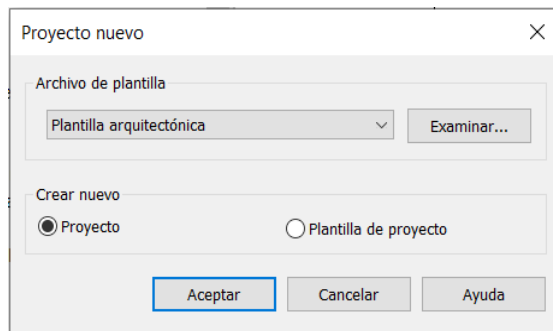


Ilustración 1 – Ventana para crear proyecto nuevo

Según la propia página de autodesk [2], una plantilla de proyecto proporciona el punto de partida para un nuevo proyecto, como plantillas de vista, familias cargadas, parámetros definidos (por ejemplo, unidades, patrones de relleno, estilos de línea, grosores de línea, escalas de vista, etc.) y geometría, si lo desea.

Las plantillas predeterminadas que ofrece revit acondicionan todo lo visual y plantillas para que sea optimizado para un uso arquitectónico, al igual que cuando se realice el proyecto estructural, se utilizará una plantilla estructural en la que sea visible el modelo analítico y se utilicen planos de estructura. Igualmente, esto se podrá cambiar manualmente, eligiendo siempre que tipo de elementos se pueden ver y que elementos no, en cada vista del proyecto y en cada plano del mismo se podrán establecer distintos tipos de vista, ocultando o visualizando tipos de elementos (ilustración 2). Esto es muy útil porque puedes tener en un mismo archivo distintos tipos de vistas y planos dependiendo de las necesidades del mismo.

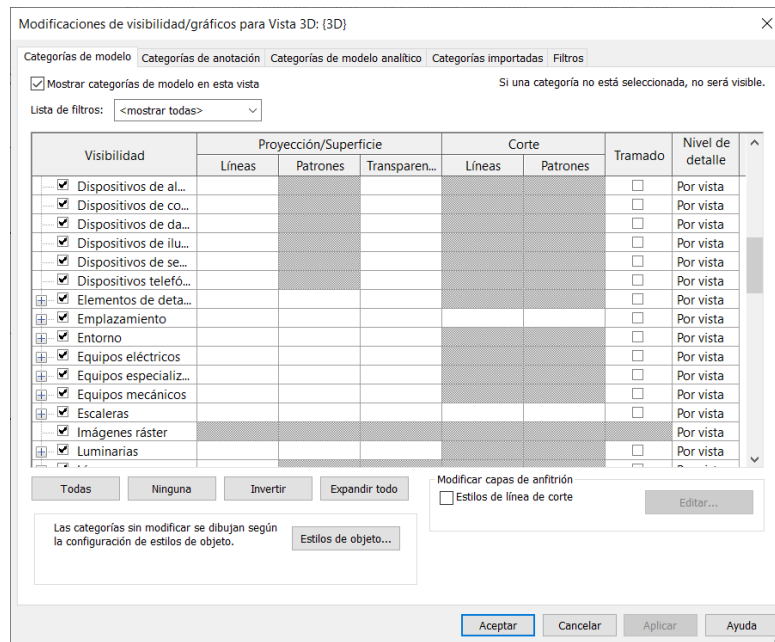


Ilustración 2 – Panel de modificaciones de visibilidad para la vista 3D

Por último, también se ha de comentar que se puede visualizar y esconder un elemento en concreto, esto se realiza mediante la herramienta “ocultar/aislar temporalmente”, con un simbolito de gafas en la interfaz inferior de revit, que avisará al usuario mediante un marco azul celeste si en la vista actual existe algún elemento oculto, para poder reestablecer la vista normal. Esto es útil para realizar algún tipo de revisión o vista especial en la que algún elemento estorba en la visualización correcta.

Una vez en el proyecto, lo primero es establecer las unidades del mismo en la herramienta “Gestionar” situada en la interfaz superior del programa, en las que se utilizarán las correspondientes al sistema internacional. Después se establecerá la ubicación del proyecto, vinculando las coordenadas del colegio al proyecto, así como su orientación real.

Lo primero que se ha de comprobar es la situación de la parcela y, en este caso del colegio también porque ya está contruido en la realidad, con respecto al norte geográfico para diferenciar el norte del proyecto y el norte geográfico y así poder orientar respecto al sol para poder comprobar la luz natural que entraría en el proyecto.

Rescatando la ilustración 3 proveniente del documento I que se vuelve a mostrar a continuación, se comprueba que la fachada norte del colegio es la salida trasera del aula, que está orientada al noreste geográfico, en concreto 37° girado.

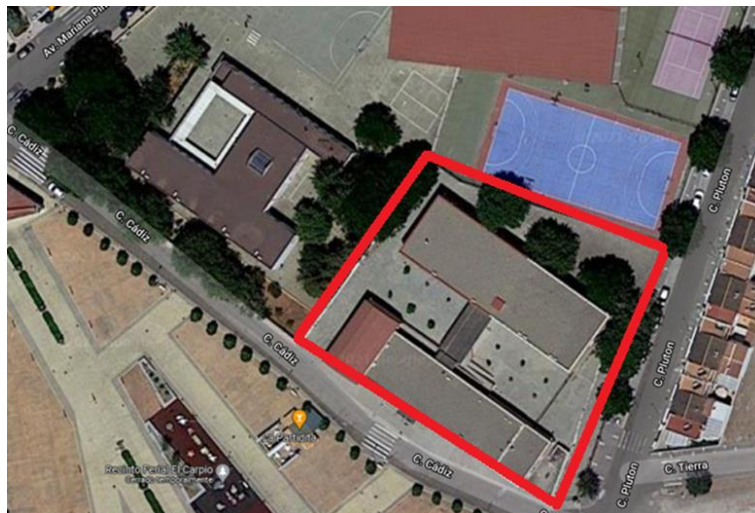


Ilustración 3 – Vista en satélite del colegio público de El Carpio [12]

Para realizar este cambio en revit será necesario mostrar el camino del sol, situado en la interfaz inferior de revit con un dibujo de un sol. Una vez realizado esto, será necesario situar las cordenadas del proyecto, que se realiza en configuración de sol y definiendo ubicación por ciudades por defecto para introducir las cordenadas de El Carpio, que según Google Maps son (40.400001526° N, -3.683300018°E).

Para cambiar la orientación distinguimos el norte del proyecto y el norte real, y se debe colocar el plano en planta según el norte real, a través del panel de propiedades de plano de planta como se observa en la ilustración 4.

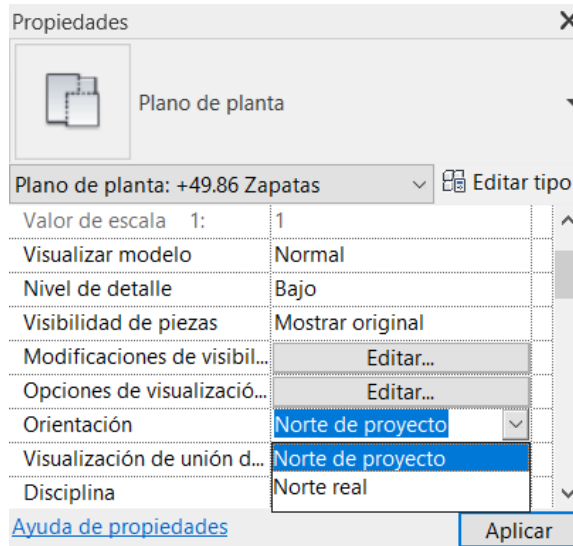


Ilustración 4 – Propiedad orientación del plano de planta

A continuación, en la interfaz de gestionar, posición, se encuentra la opción de Rotar norte real, el que se rotará 37° para situar el norte del proyecto al noreste, volver a situar el plano de planta orientado al norte del proyecto, para finalizar tal y como se observa en la ilustración 5.

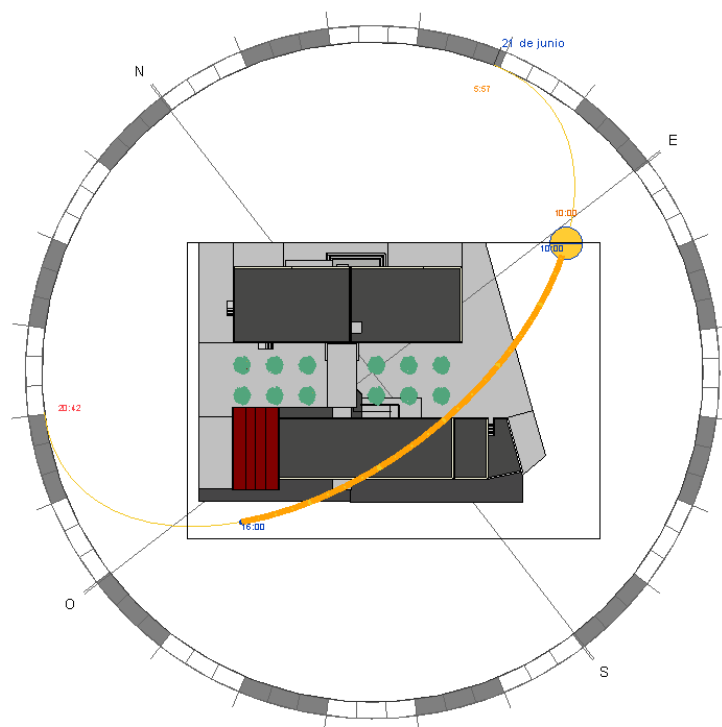


Ilustración 5 – Vista en planta con camino de sol activado con norte real

2.2 Referencias para el diseño arquitectónico

Estos primeros pasos en el proyecto son muy importantes que estén correctamente realizados, ya que forman, por así decirlo, el esqueleto de la construcción del proyecto en revit, ya que a partir de ellos se conformará toda la construcción.

A continuación se explicarán los niveles y rejillas que se han utilizado y cómo se han utilizado.

2.2.1 Niveles

Los niveles de este proyecto corresponden a todas las cotas importantes de este proyecto, siendo algunas de ellas planos que posteriormente se podrán utilizar para imprimir. La notación que se ha elegido para este proyecto es la de anteponer al nombre la cota real a la que se sitúa, como por ejemplo “+51,84 O_Suelo1ºPlanta”. Las siglas de O y C hacen referencia al edificio de oficinas-administrativo y C al colegio en sí (aulario).

Para crear los niveles tan solo hay que situarse en un alzado del proyecto y en la interfaz superior en el apartado de referencia están los niveles. Se les nombra a todos y se le introduce su cota.

El resultado final para el proyecto teniendo en cuenta las cotas existentes en los planos de autoCAD proporcionados por los arquitectos son los que se muestran en la ilustraciones 6 y 7.

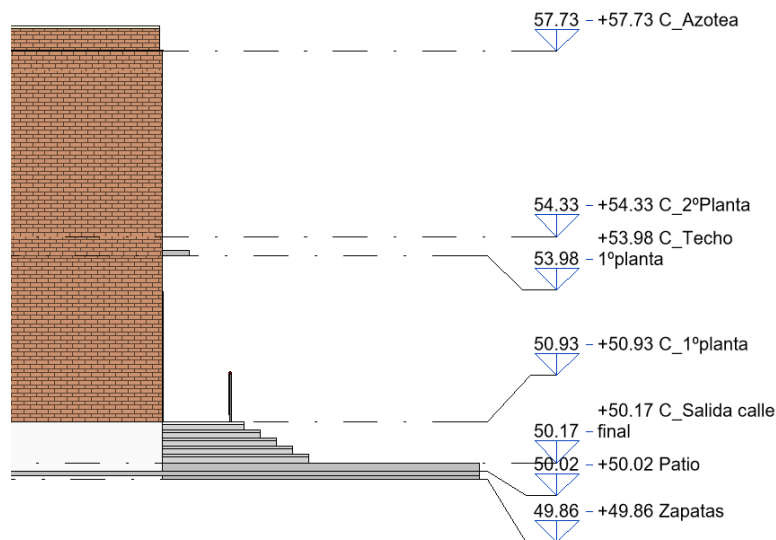


Ilustración 6 – Niveles del proyecto para el Aulario

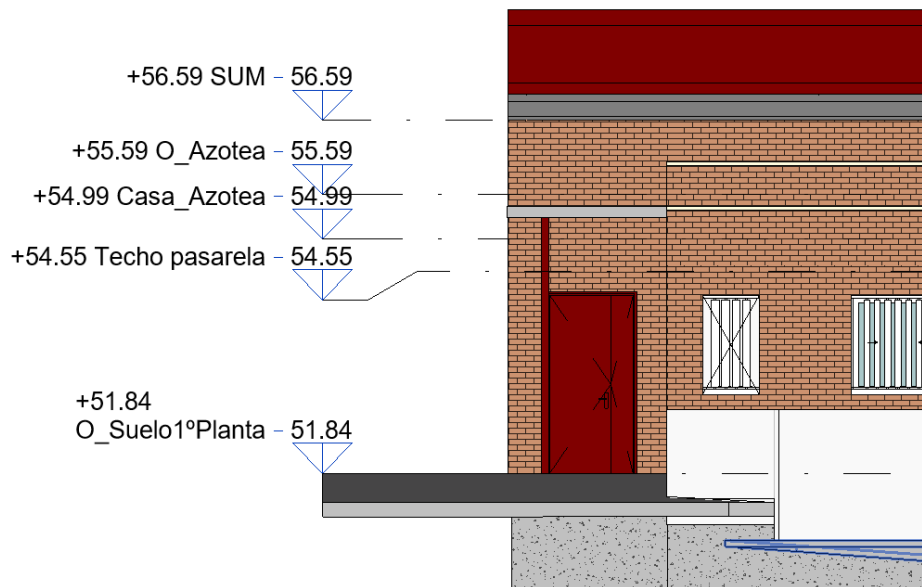


Ilustración 7 – Niveles del proyecto para la zona administrativa

Una vez creados los niveles, se procede a crear los planos de ellos, que se realiza en el apartado Vista – Vistas de plano – Plano de planta, y se selecciona todos los niveles para crear un plano de planta de cada uno, saliendo en el navegador de proyectos como se muestra en la ilustración 8. En la misma imagen se puede observar, como detalle, que al nombrar anteponiendo la cota al nombre, se obtiene en el navegador de proyecto todas las vistas de plano de planta en orden de cotas.

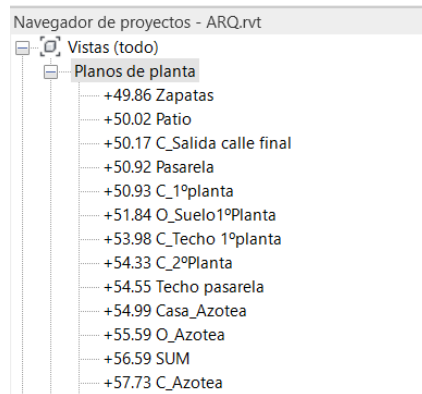


Ilustración 8 – Navegador de proyectos con los planos de planta creados

2.2.2 Rejillas

Las rejillas son elementos de anotación que ayudan a organizar los diseños. Tanto para un proyecto arquitectónico como uno estructural, las rejillas son fundamentales para posteriormente situar todos los pilares y algunos cerramientos. Al estar posteriormente ligados los pilares arquitectónicos a las rejillas, si una rejilla se mueve, se moverán todos los pilares asociados a esas rejillas.

Para este proyecto existen dos formas viables para realizar las rejillas: Midiendo en autoCAD la distancia entre corazones de pilares o bien, más sencillo, importando un archivo CAD .dwg del proyecto porque ya existe en este caso en un plano de planta y al importarlo (hay que tener cuidado con las unidades con las que se importa y la escala) poder realizar con facilidad todas las rejillas y hacer que sean visibles en todos los planos de planta.

A continuación se observa el resultado final de todas las rejillas del aulario en la ilustración 9 y del edificio administrativo y casa del conserje en la ilustración 10.

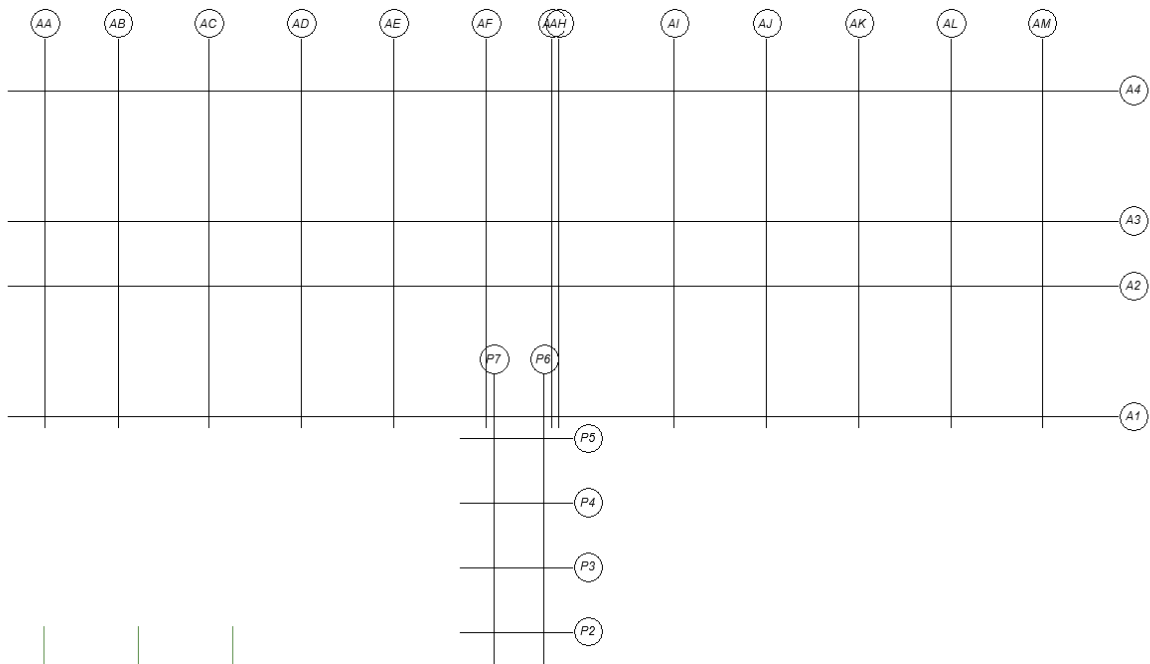


Ilustración 9 – Rejillas creadas para el aula y para el pasillo que lo une con la zona administrativa

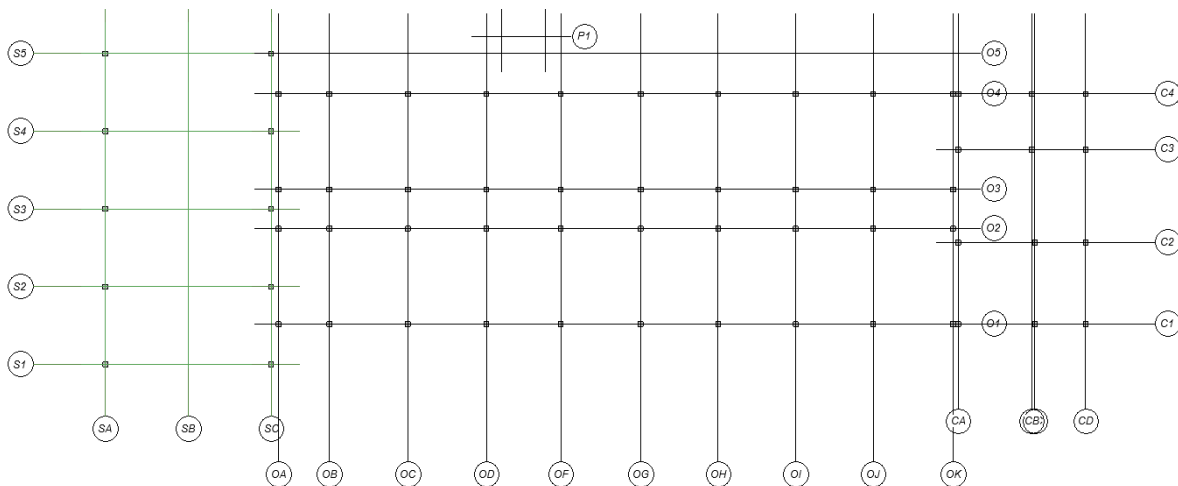


Ilustración 10 – Rejillas creadas para el SUM, zona administrativa y casa del conserje

2.2.3 Secciones

En el proyecto en revit se realizarán dos secciones como en el proyecto real para mostrar de una mejor manera algunas partes internas de los edificios.

Para realizar secciones en Revit se va a realizar desde planos en planta donde “bocetar” las líneas de las secciones. Se podría hacer desde alzado pero va a existir una sección dividida y es más sencillo realizarla desde una planta.

Para crear la sección se puede hacer desde la interfaz superior “vista”, el apartado crear contiene la sección (Ilustración 11), aunque también existe un botón de acceso rápido en la interfaz superior con el símbolo de la sección junto a la de medir. Una vez seleccionada solo hace falta dibujarla.

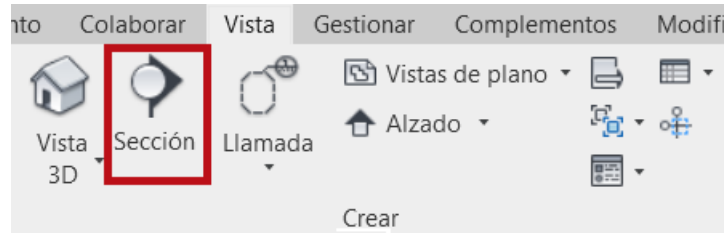


Ilustración 11 – Ubicación de la sección en la interfaz de Revit

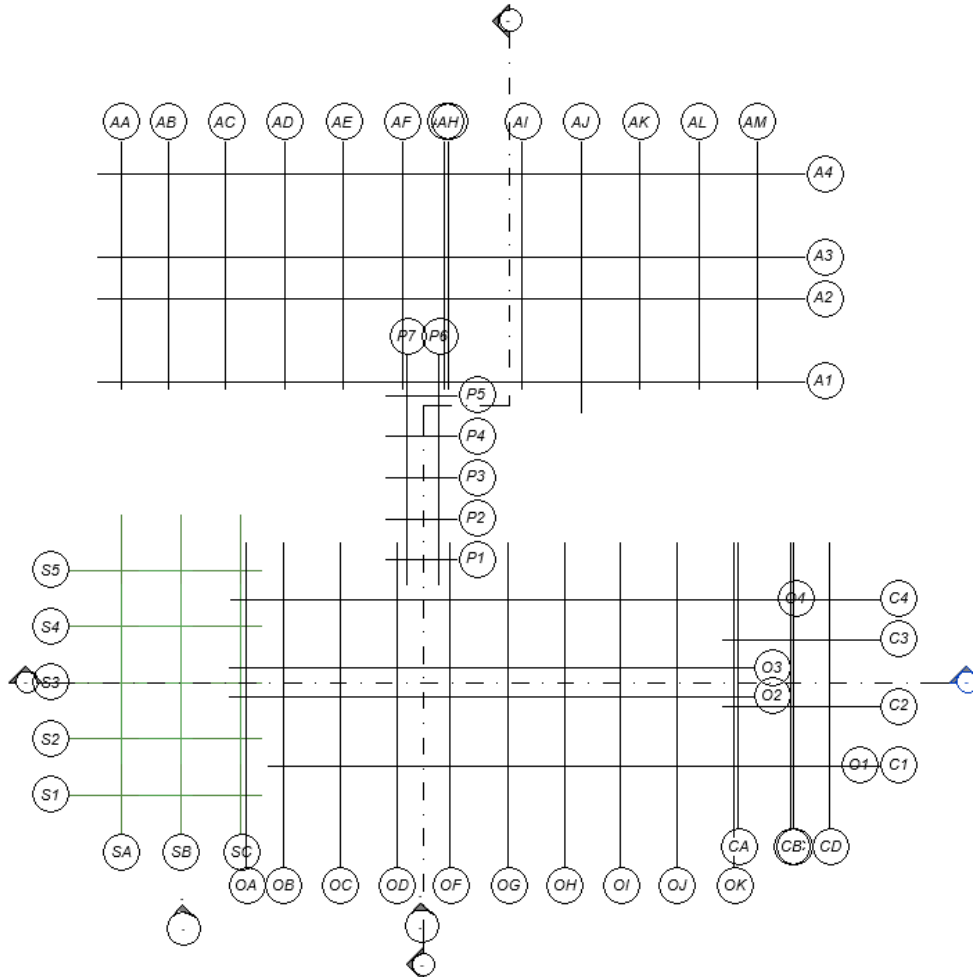


Ilustración 12 – Secciones A-A y B-B creadas

En la ilustración 12 se puede observar el resultado de ambas secciones A-A (Transversal en ambos edificios y con división para mostrar tanto el pasillo principal del edificio administrativo y el patio como el tramo de escaleras del aulario) y B-B con una sección longitudinal colocada a la altura del pasillo de las salas administrativas para tener una visión interna del edificio administrativo junto a la sala de usos múltiples y la casa del conserje. Para realizar la división de la sección A-A se ha clicado en la sección y se ha clicado en la opción “Dividir segmento” en la interfaz superior de modificar sección que aparece al clicado en la sección.

El resultado final de estas secciones se mostrará en los planos finales del proyecto, que más adelante en este apartado se explicará como se han realizado.

2.2.4 Familias

Todos los elementos que se añaden a los proyectos de Revit se crean con familias.

Por ejemplo, los elementos estructurales, muros, cubiertas, puertas y ventanas que utiliza para ensamblar un modelo de construcción, así como las llamadas, instalaciones, etiquetas y componentes de detalle con que lo documenta, se crean con familias. Las familias puede están predefinidas o pueden ser creadas. De hecho, hay muchos fabricantes y páginas web con sus modelos que venden en formato revit (.rfa).

En este proyecto, muchas de las familias, por ejemplo la de los cerramientos huecos (puertas, ventanas, lamas verticales, mobiliario, etc) vienen de descargas de internet y están disponibles en la bibliografía de esta memoria.

Existen varios tipos de familia que son: Las familias de sistema, las familias cargables y las familias in situ, que se desarrollan a continuación [3]:

2.2.4.1 Familias de sistema

Las familias de sistema crean elementos básicos, como los que se pueden ensamblar en un emplazamiento de construcción. Ejemplos: Muros, cubiertas, suelos, conductos, tuberías, etc.

Los parámetros de sistema, que afectan al entorno del proyecto e incluyen tipos para niveles, rejillas, planos de dibujo y ventanas gráficas, también son familias de sistema. Las familias de sistema están predefinidas en Revit. No se cargan en los proyectos desde archivos externos, ni se guardan en ubicaciones externas al proyecto.

2.2.4.2 Familias cargables

Las familias cargables se utilizan para crear:

- Componentes de edificación que normalmente se adquieren e instalan en un edificio y sus inmediaciones, como ventanas, puertas, muebles de obra, instalaciones, mobiliario y vegetación
- Componentes del sistema que normalmente se adquieren e instalan en un edificio, como calderas, calentadores de agua, unidades de tratamiento del aire y aparatos sanitarios
- Ciertos elementos de anotación que se suelen personalizar, como símbolos y cuadros de rotulación

Al ser tan personalizables, las familias cargables son las que se crean y modifican con mayor frecuencia en Revit. A diferencia de las familias de sistema, las cargables se crean en archivos RFA externos y se importan a los proyectos o se cargan en ellos. Para las familias cargables que contienen muchos tipos, puede crear y utilizar catálogos de tipos a fin de cargar únicamente los tipos que se necesitan para un proyecto.

Para cargar una familia solo debes clicar en construir cualquier tipo de elemento y en la interfaz superior la ventana cambia y arriba a la derecha se sitúa el botón de “cargar familia” el cual si no cargas el tipo de elemento que estas construyendo, no te permitirá porque es otro tipo de elemento.

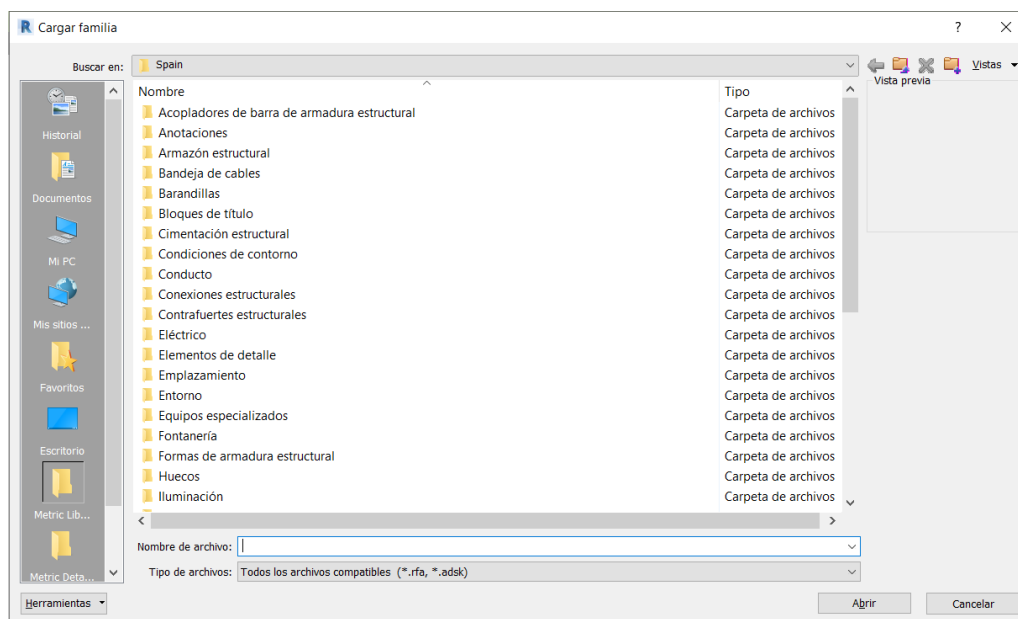


Ilustración 13 – Carpetas de familias cargables que te proporciona Revit

2.2.4.3 Familias in situ

Los elementos in situ son elementos exclusivos que el usuario crea cuando necesita un componente exclusivo y específico de un proyecto. Puede crear geometría in situ de modo que haga referencia a otra geometría de proyecto y que cambie de tamaño o se ajuste a los cambios que se produzcan en la geometría a la que haga referencia.

2.3 Pilares arquitectónicos

Una vez generada la rejilla correctamente y todos los niveles necesarios en el modelo arquitectónico (ya que para el modelo estructural se necesitarán otros niveles de forjado), se pueden generar los pilares arquitectónicos.

La diferencia entre un pilar arquitectónico y uno estructural se asienta en que los pilares estructurales se utilizan para modelar elementos portantes verticales en una construcción. Aunque los pilares estructurales comparten muchas de las propiedades de los pilares arquitectónicos, tienen propiedades adicionales definidas por su configuración y las normas del sector. Los pilares estructurales también difieren de los arquitectónicos en su comportamiento, ya que los pilares arquitectónicos heredan el material de otros elementos a los que están unidos. Las capas compuestas en muros se ajustan en los muros arquitectónicos [4].

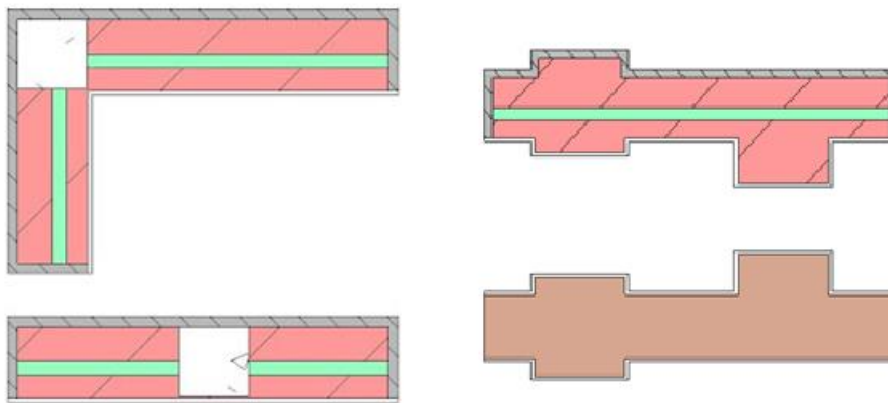


Ilustración 14 – Diferencia en unión de muro entre pilar arquitectónico y estructural [4]

Para el modelo arquitectónico se utilizarán varios perfiles de pilar arquitectónico de hormigón para los edificios y de perfil de acero para el pasillo cubierto del patio.

A continuación se muestran en las siguientes imágenes (ilustración 15 y 16) los perfiles de pilares que se han utilizado en el modelo arquitectónico. Entre sus propiedades, al ser solo un modelo arquitectónico, se encuentran el que estén fijadas por las rejillas, su nivel base y su nivel superior, pudiéndose crear desfases para no tener que crear planos de techo como se observa en la ilustración 16 con el pilar circular.

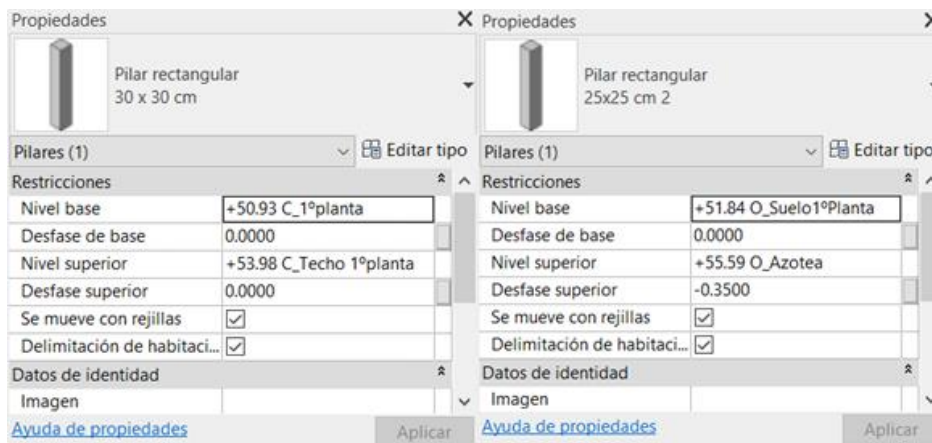


Ilustración 15 – Propiedades de los pilares de los edificios

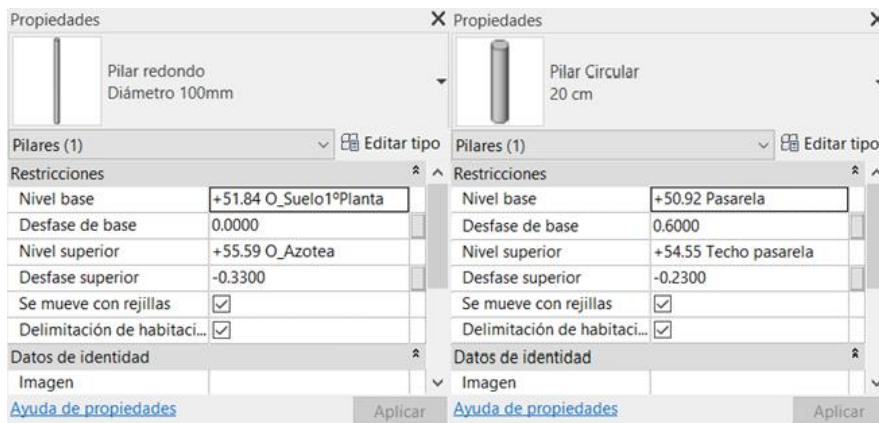


Ilustración 16 – Propiedades de los pilares del patio y de entrada

Una vez definidos los tipos de pilares, se sitúan en las rejillas correctamente según el proyecto original, tal y como se muestra en la ilustración 17, en la que cada color refleja el tipo de pilar que ha sido colocado en la rejilla:

- Color Rojo para los pilares de hormigón de 25x25 cm, correspondientes a los pilares del edificio administrativo, con diferentes alturas dependiendo si es el SUM, que llega hasta una altura de +56,59, o si es al techo del edificio administrativo, que en este caso sería hasta la planta techo o hasta la planta azotea del edificio administrativo pero con un desfase de -0,35 centímetros.
- Color Lila para los pilares de hormigón de 30x30 cm para las 2 plantas correspondientes al edificio del aulario, las cuales van de suelo a techo.
- Color Verde para para los pilares de acero de 20 cm de diámetro, simulando lo que serán posteriormente en el proyecto estructural los pilares de acero hueco de diámetro 20 centímetros. Están situados en el pasillo de la sala de juegos que une los dos edificios y van desde la cota +50,92 referente a la pasarela hasta la cota del techo de la pasarela con un desfase para que no se sobreponga con el techo, en este caso de 23 centímetros.
- Color Azul para para los pilares de acero de 10 cm de diámetro para la entrada y salida principal del edificio administrativo, y que van desde las cotas del suelo de la planta de administración hasta la cota de la azotea pero con unos desfases para colocar el techado de los porches de entrada y salida.

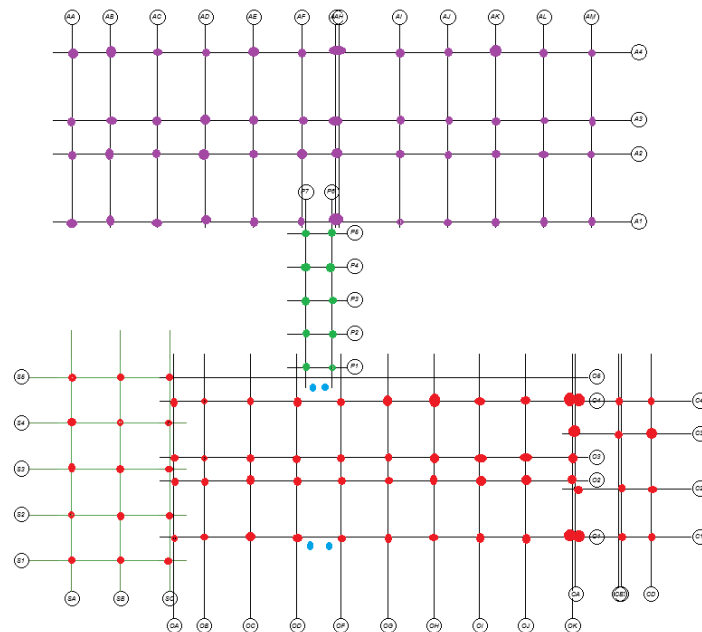


Ilustración 17 – Vista en planta con los diferentes tipos de pilares distinguidos por colores según tipología

El resultado final es el que se muestra en la ilustración 18, en la que se observa los dobles pilares debido a la junta de dilatación obligatoria y se puede observar las distintas alturas de los pilares y donde se ubican los suelos de cada planta del aulario.

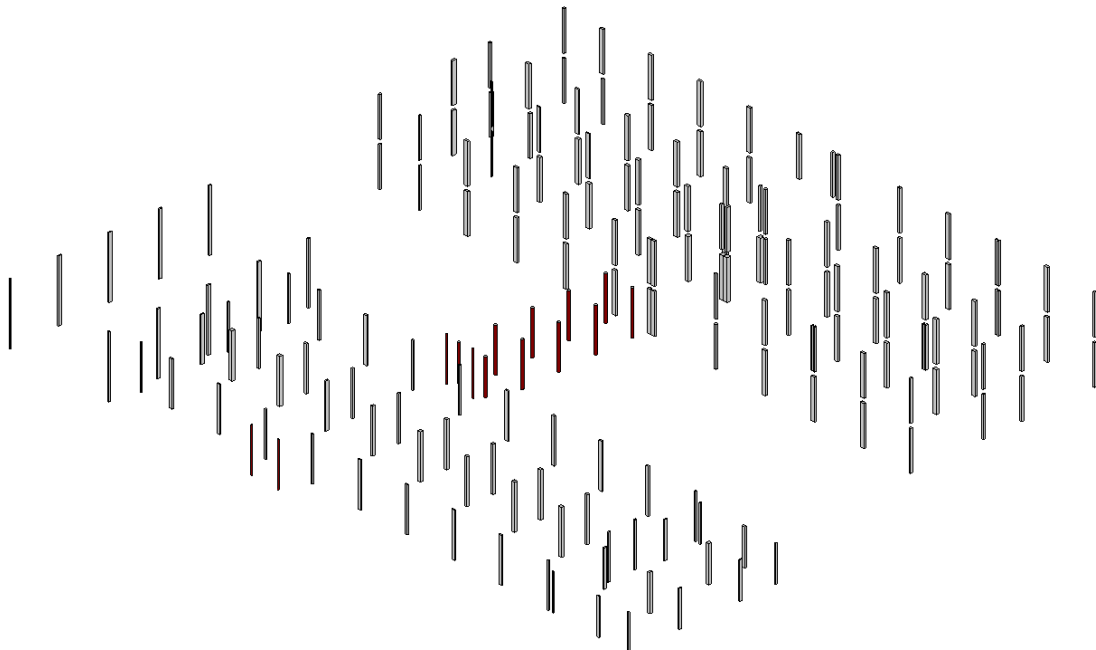


Ilustración 18 – Vista 3D de los pilares en el modelo arquitectónico

2.4 Cerramientos y carpintería

A continuación se va a comentar como se ha procedido para realizar los cerramientos del proyecto. Para ello se ha procedido a importar los CAD del proyecto real, para que sea más sencillo la elaboración de los cerramientos,

Para ello hay que ir, como se puede observar en la ilustración 19 al apartado de la interfaz superior de “insertar”, insertar CAD.

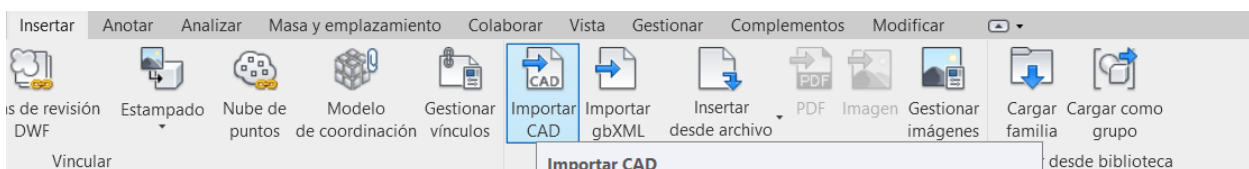


Ilustración 19 – Interfaz “Insertar” de Revit

Con esto y con la documentación de los planos de carpintería y albañilería del proyecto se procede a elaborar todos los cerramientos que se utilizan en el proyecto, tanto los interiores como los exteriores. En los siguientes apartados se explicará como se han elaborado y cuales son los cerramientos que se han utilizado en el proyecto en revit, así como la carpintería metálica y de madera utilizada para los distintos tipos de ventanas y puertas.

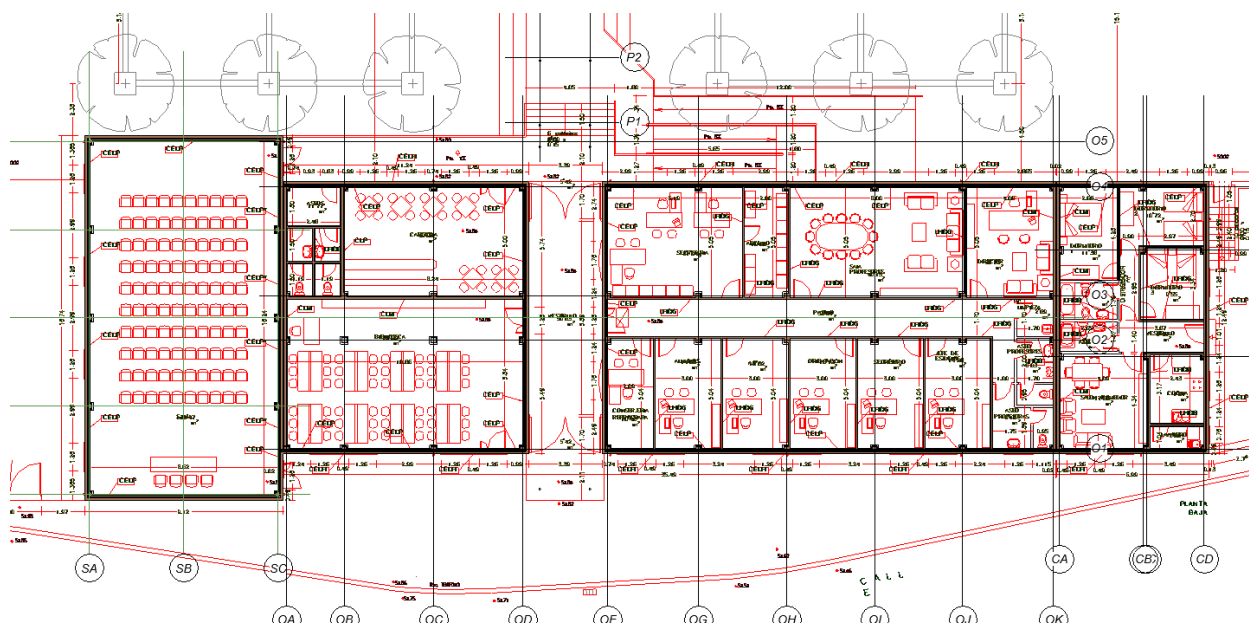


Ilustración 20 – Vista en planta con CAD importado del proyecto real para la creación de cerramientos

En el documento de planos se anexa un plano generado con revit con todos los tipos de cerramientos utilizados, así como de una leyenda.

2.4.1 Cerramientos exteriores

Para los cerramientos exteriores, solo existen 2 tipos de cerramientos que se insertarán en el proyecto con la herramienta arquitectónica “muro” que tiene unas propiedades sencillas que tampoco hace falta aclarar: El muro de contención y el muro del colegio, pero se crean tres tipos de muro por que existirá un muro más sencillo para rellenar el hueco entre plantas.

Para el muro de contención, simplemente se introduce un muro de hormigón con el grosor necesario para satisfacer visualmente lo que es el muro, terminado en pintura blanca. Se hace así ya que el muro de contención es competencia del modelo estructural.

Los otros 2 cerramientos son de ladrillo a cara vista, tal y como la norma indica. El de relleno del hueco se realiza con un centímetro de mortero y 4 de ladrillo a cara vista. El cerramiento principal externo y el que es necesario explicar es el normal de todo el edificio.

El cerramiento es CELP, de ladrillo a cara vista y con un grosor de 25 centímetros. Para crear un muro simplemente, dentro del apartado arquitectura en la interfaz, se selecciona “muro” y se edita uno duplicando e introduciendo las capas necesarias. En la ilustración 21 se puede observar sus capas, las cuales son las siguientes ordenadas de exterior a interior:

- Ladrillo cerámico perforado con 11,5 centímetros de grosor.
- Revestimiento continuo de Mortero de cemento y arena, con 1,5 centímetros de grosor.
- Capa térmica de espuma de poliuretano, con 3 centímetros de grosor.
- Capa de aire, con 1 centímetro de grosor.
- Ladrillo de cerámica de hueco doble, con 6 centímetros de grosor.
- Revestimiento continuo de Mortero de cemento y arena, con 2 centímetros de grosor.

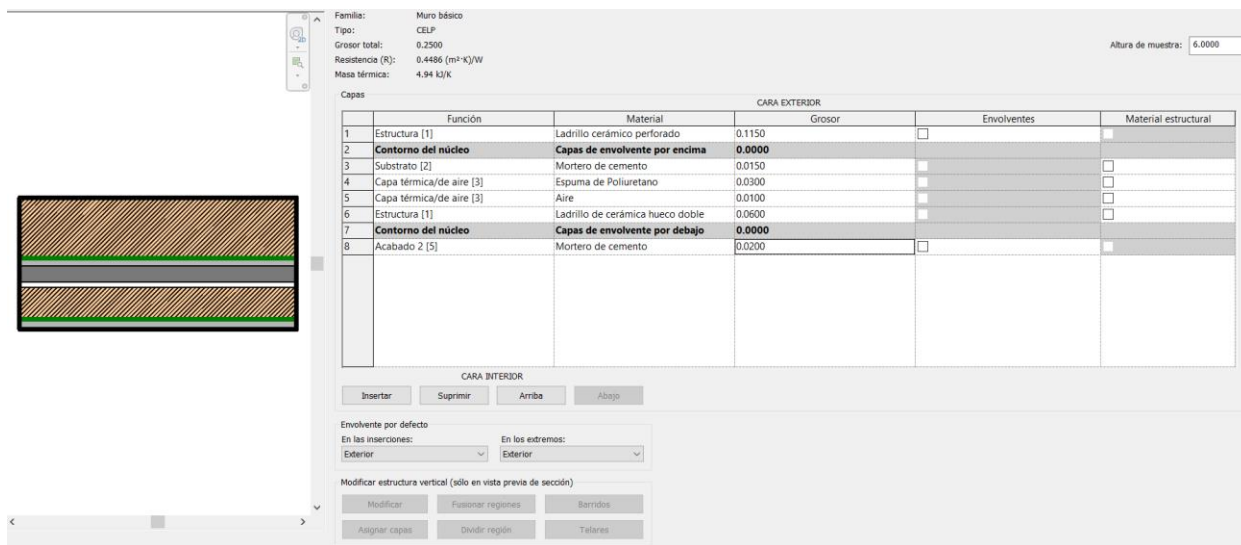


Ilustración 21 – Propiedades del cerramiento CELP

Antes de continuar con los cerramientos interiores, es necesario comentar que este tipo de cerramiento también tiene un uso “interior” si se considera el pasillo central del edificio administrativo.

2.4.2 Cerramientos interiores

Aquí en los cerramientos interiores si que existe una diferencia dependiendo del uso que tenga en el proyecto, como por ejemplo si es un cuarto de baño o si se necesita un aislamiento acústico extra como puede ser la sala de la caldera y de música.

Los cerramientos son los siguientes:

2.4.2.1 Cerramiento CLM

Cerramiento interior de usode 15,5 centímetros de grosor y es el tipo de cerramiento utilizado en todas las delimitaciones de salas del edificio del aulario, así como en algunas del edificio administrativo como puede ser la de la cafetería y la biblioteca y también 2 muros de este tipo para la delimitación entre la casa del conserje y el edificio administrativo, unidas por una junta de dilatación.

El cerramiento está compuesto de las siguientes capas:

- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetro de grosor.
- Ladrillo cerámico macizo (1/2 pie formato métrico), con 11,5 centímetros de grosor.
- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetros de grosor.

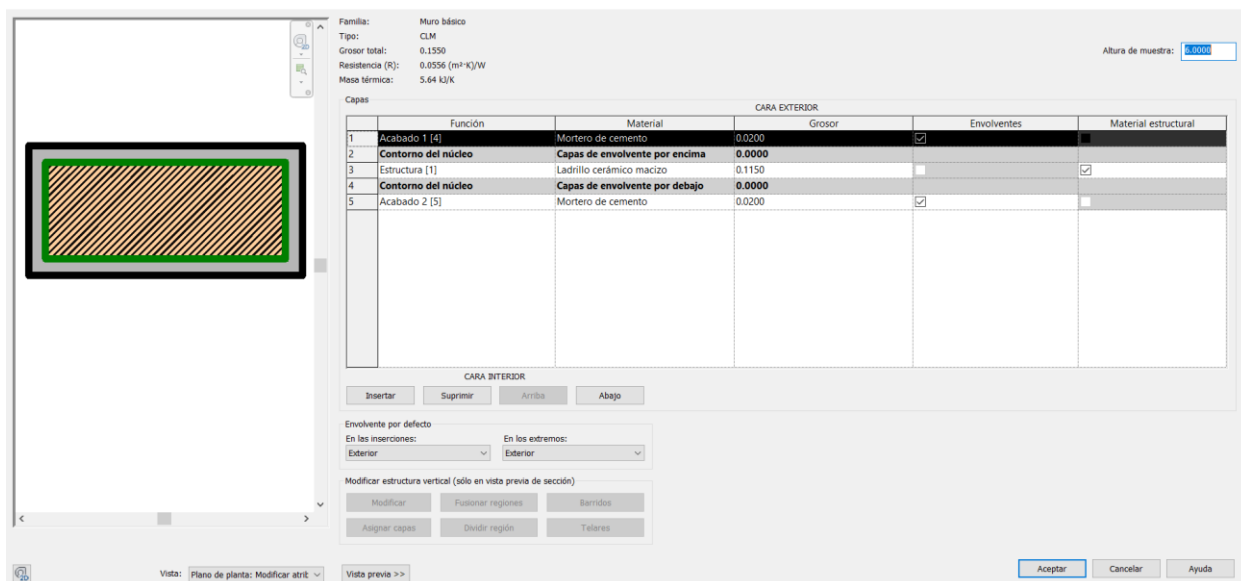


Ilustración 22 - Propiedades del cerramiento CLM

2.4.2.2 Cerramiento MLM

Este cerramiento es el que tiene un uso de aislante acústico y por tanto tendrá un mayor grosor, en concreto de 28 centímetros. Su uso es exclusivo de la sala de la caldera y de la sala de música, las dos habitaciones que forman parte del edificio del aula.

El cerramiento está compuesto de las siguientes capas:

- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetros de grosor.
- Ladrillo cerámico macizo (1 pie formato métrico), con 24 centímetros de grosor.
- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetros de grosor.

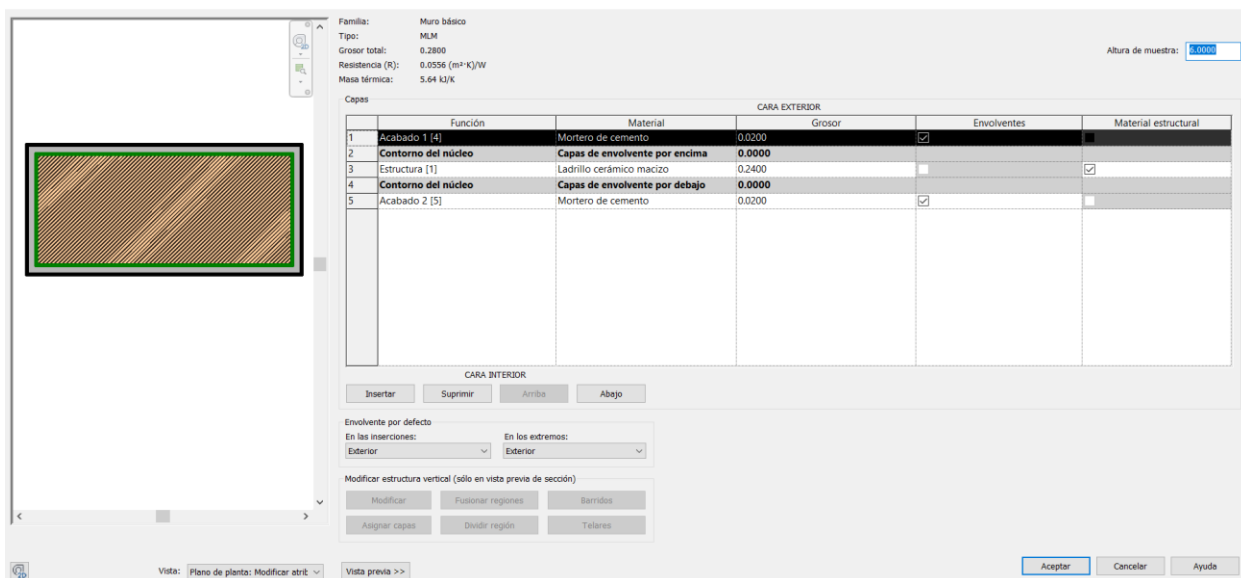


Ilustración 23 - Propiedades del cerramiento MLM

2.4.2.3 Cerramiento LHD8

Este cerramiento tiene un uso para todos los baños de ambos edificios, así como para alguna delimitación de la casa del conserje, como la de la cocina y la sala de estar. Posee un total de 12 centímetros de grosor.

Este cerramiento está compuesto por las siguientes capas:

- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetro de grosor.
- Ladrillo cerámico hueco doble tomado con mortero, con 8 centímetros de grosor.
- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetro de grosor.

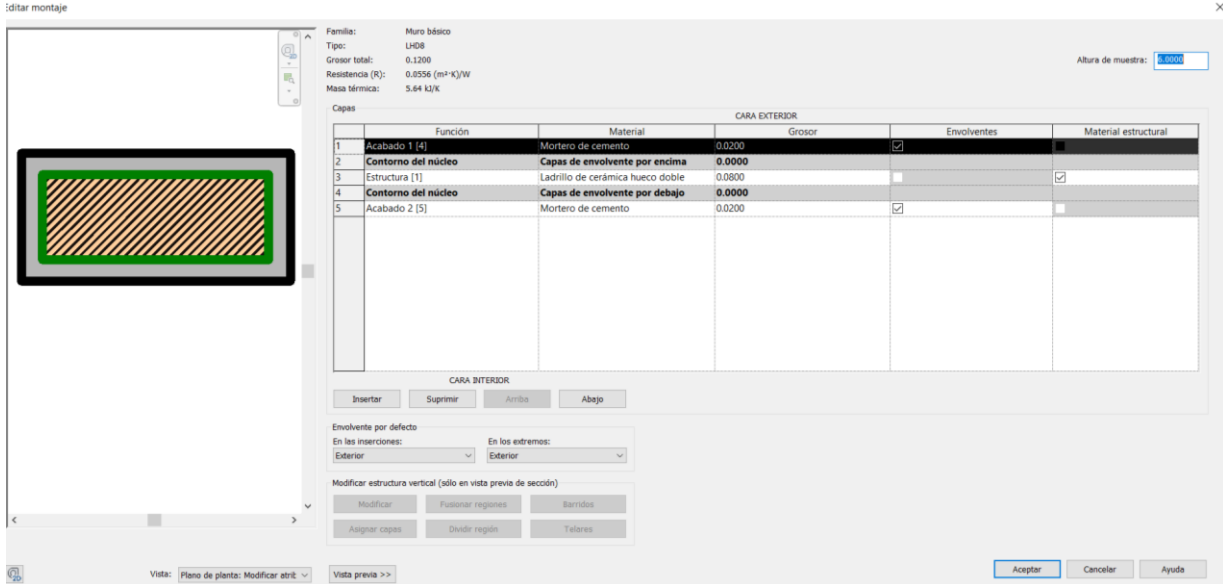


Ilustración 24 - Propiedades del cerramiento LHD8

2.4.2.4 Cerramiento LHD6

Este cerramiento tiene un uso de delimitación de habitaciones y despachos del edificio administrativo, así como de algunos cerramientos interiores de la casa del conserje.

Tiene un total de 10 centímetros de grosor y está compuesto por las siguientes capas:

- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetro de grosor.
- Ladrillo cerámico hueco doble tomado con mortero, con 6 centímetros de grosor.
- Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena, con 2 centímetro de grosor.

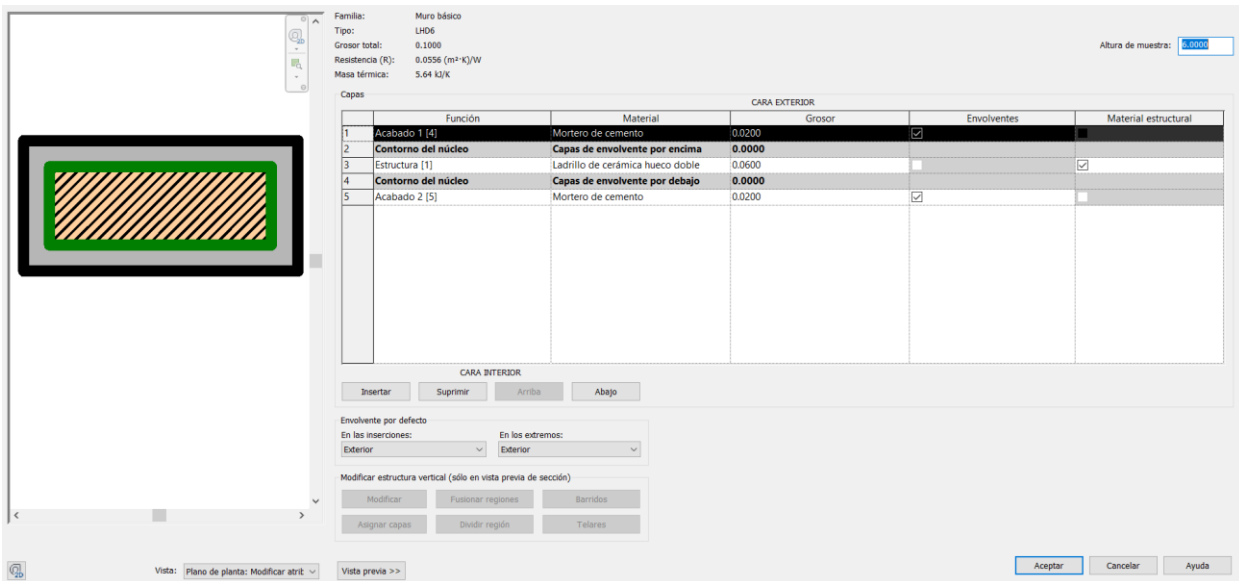


Ilustración 25 - Propiedades del cerramiento LHD6

Por último, sería necesario recalcar que había otro cerramiento detallado en el proyecto original de los arquitectos pero ha sido desechado tras ver que en la obra final no fue utilizado.

2.4.3 Ventanas

Este subapartado se centrará en la carpintería metálica referente a las ventanas y a las lamas de las ventanas, ya que no se usa persianas debido a la facilidad de romperse por uso y por mantenimiento.

Para las lamas se ha importado una familia industrial de strugal, la cual ha sido modificada para este proyecto con el fin de que no tenga límites ni inferior ni superior de ancho y así pueda satisfacer las necesidades del proyecto. En todo el proyecto se utiliza por tanto el mismo tipo de lamas pero con diferentes geometrías de ancho y largo. En la siguiente imagen (ilustración 26) se muestra el resultado en revit de introducir las lamas en el proyecto.

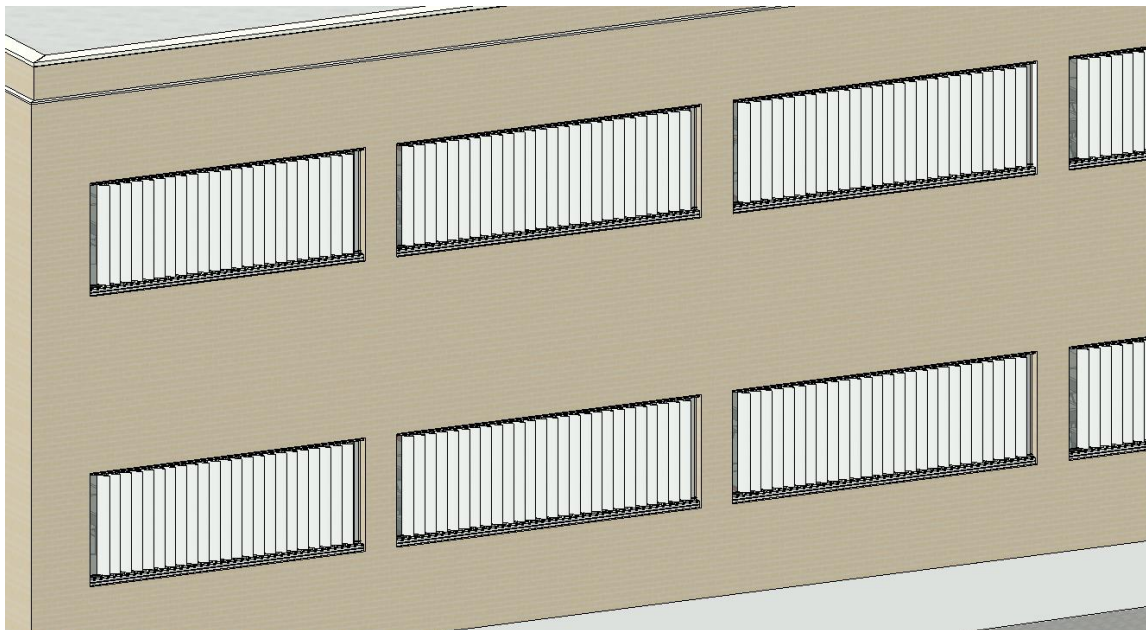


Ilustración 26 – Resultado realista en Revit al introducir las lamas para las ventanas

Estas lamas se colocan donde están situadas las ventanas o los huecos de los baños (que no existe ventana, tan solo las lamas para tener continua ventilación).

Por otro lado están las ventanas, que existen muchos tipos de ellas en este proyecto, todas ellas reflejadas en los planos de carpintería metálica del proyecto real (Ilustración 27), por lo tanto se ha procedido a reflejar en el proyecto de revit todas ellas. Para ello se han importado familias de ventanas acorde a las necesidades del proyecto para realizarlas.

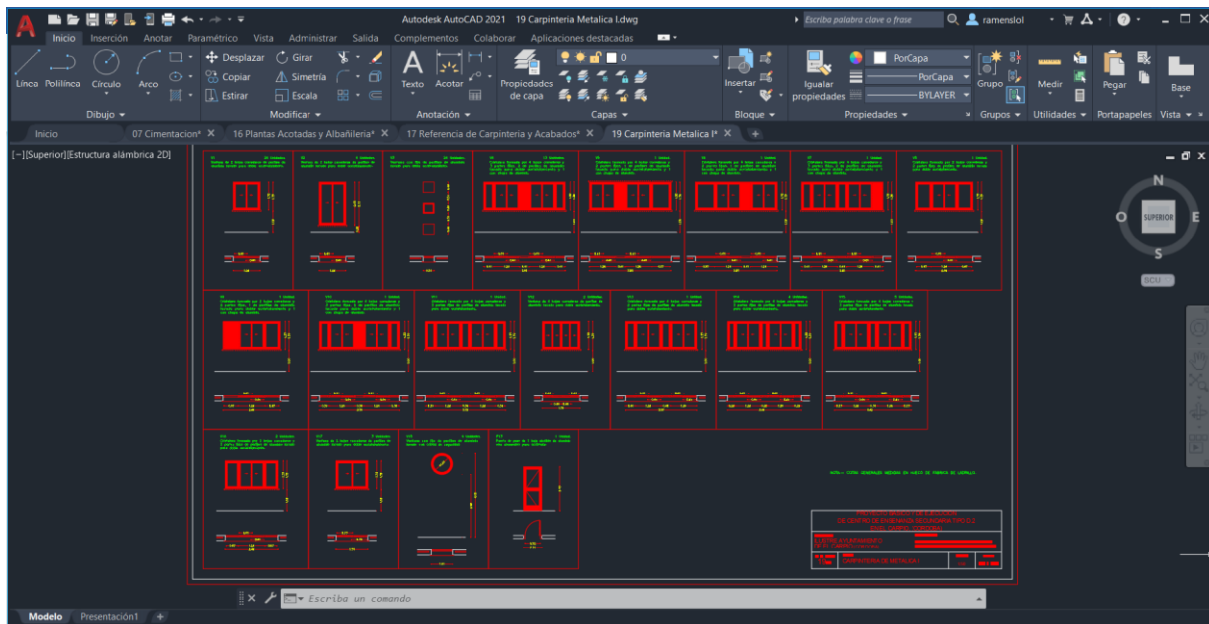


Ilustración 27 – Plano de Carpintería metálica en Autocad del proyecto real

Conociendo todos los tipos de ventana presentes en este proyecto no queda otra que buscar familias que sean compatibles con estas ventanas/sistemas de ventanas e importarlas a revit architecture. Para luego colocar estas ventanas será necesario duplicar las familias y ponerle el nombre que le otorga el proyecto real para la carpintería metálica, como se observa en la ilustración 28.

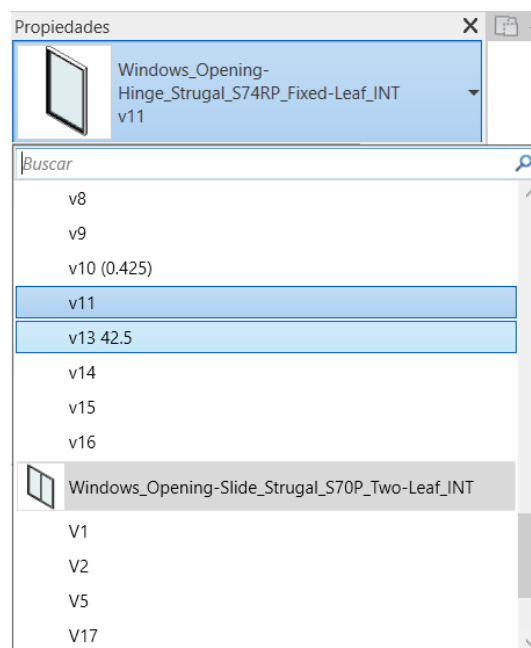


Ilustración 28 – Tipos de familia de ventanas necesarias en el proyecto

También, a la hora de colocar estas ventanas se ha procedido a importar el cad referente a la carpintería para saber donde colocar las ventanas en los planos de planta que se tomen como referencia para la altura de antepecho, que son los planos del suelo de las plantas, que normalmente como se observa en la ilustración 27 anteriormente expuesta, la altura de antepecho, opción que se puede modificar para la ventana es de 1 metro.

El resultado final es el que se puede observar en las siguientes imágenes (Ilustraciones 29, 30 y 31), aunque más adelante se detallará en los planos finales, alzados y demás los resultados finales.



Ilustración 29 – Resultado final de las ventanas con lamas y resultado sin lamas

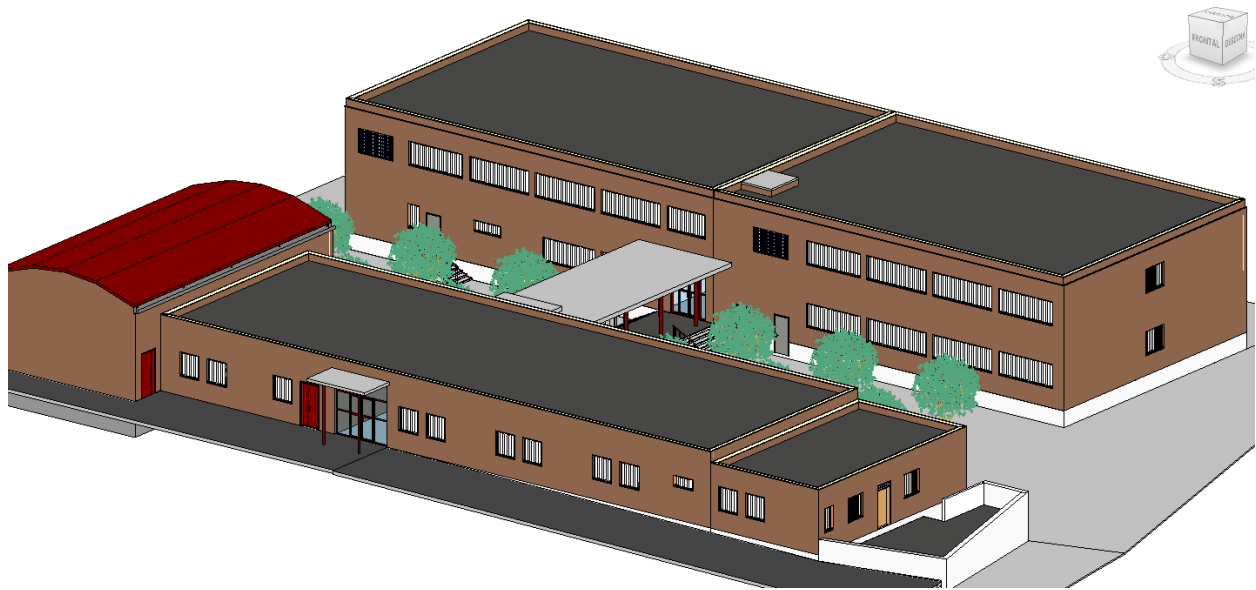


Ilustración 30 – Visión 3D del resultado final de las ventanas

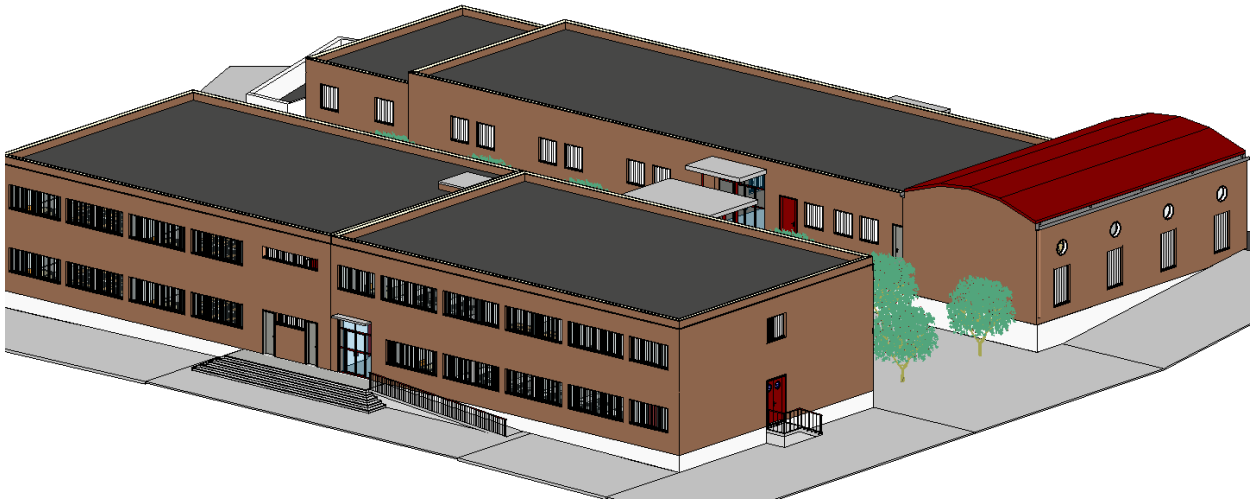


Ilustración 31 – Resultado general en 3D de como quedan las ventanas en el proyecto

2.4.4 Puertas

Para realizar las puertas se ha procedido de la misma forma que con las ventanas, es decir, comprobando el proyecto original y replicándolo en el proyecto de revit para que sea lo más fiel posible al original.

Por tanto se han intentado buscar todas las puertas de la carpintería de madera y metálica (las puertas que dan al patio son puertas metálicas) del proyecto original en familias de revit (Ilustración 32).

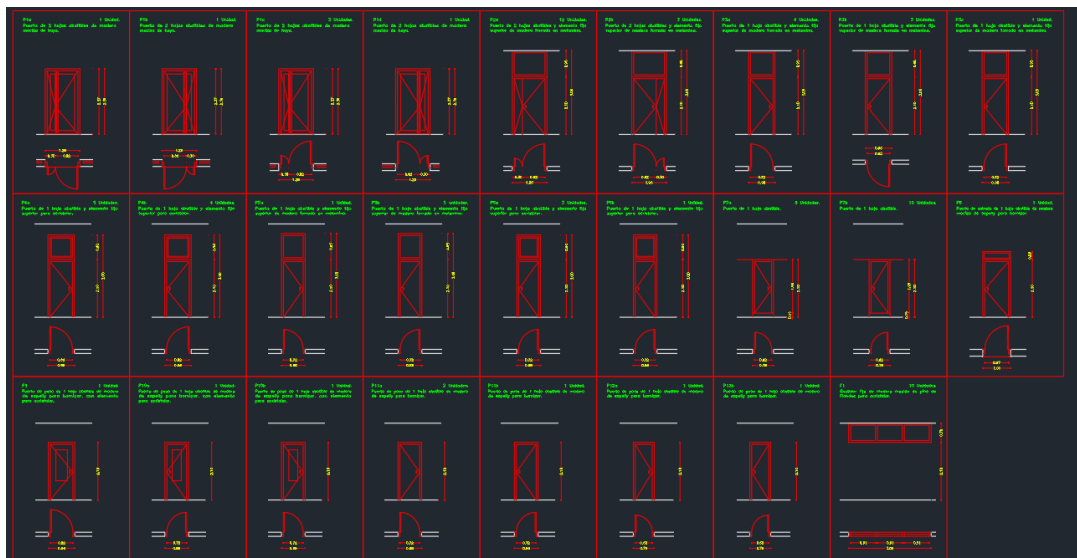


Ilustración 32 – Plano de carpintería de madera del proyecto real en AutoCAD.

Una vez encontradas e importadas en el proyecto, se procede a importar el CAD de la carpintería en planta en los planos de planta de los suelos de los edificios para colocar correctamente todas las puertas. Una de las características de las puertas, que también tienen las ventanas es poder cambiar la orientación, es decir, poder elegir fácilmente que orientación es la interior y cual la exterior. En las puertas en este caso también se puede realizar el abatimiento de las puertas en una dirección y en la otra como se observa al clicar sobre la puerta en un plano de planta como el de la ilustración 33.

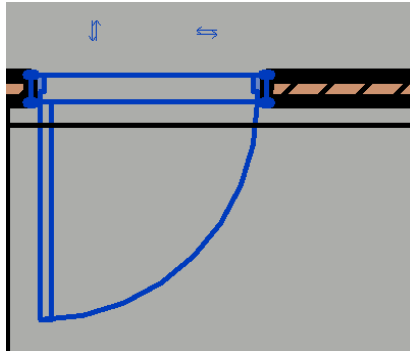


Ilustración 33 – Vista en planta de una puerta y sus posibles cambios de orientación

Cabe destacar que posteriormente, gracias a la opción de pintura que está en la interfaz superior, todas las puertas de madera se han pintado de rojo burdeos.

Por poner un ejemplo de una puerta característica, es la que se coloca en el aulario, ya que tiene la peculiaridad de ser una puerta con un elemento superior que en este caso es una cristalera, con el objetivo de dar luz natural a los pasillos junto a los ventanales que se sitúan en algunas aulas. Esto se puede observar en la ilustración 34.

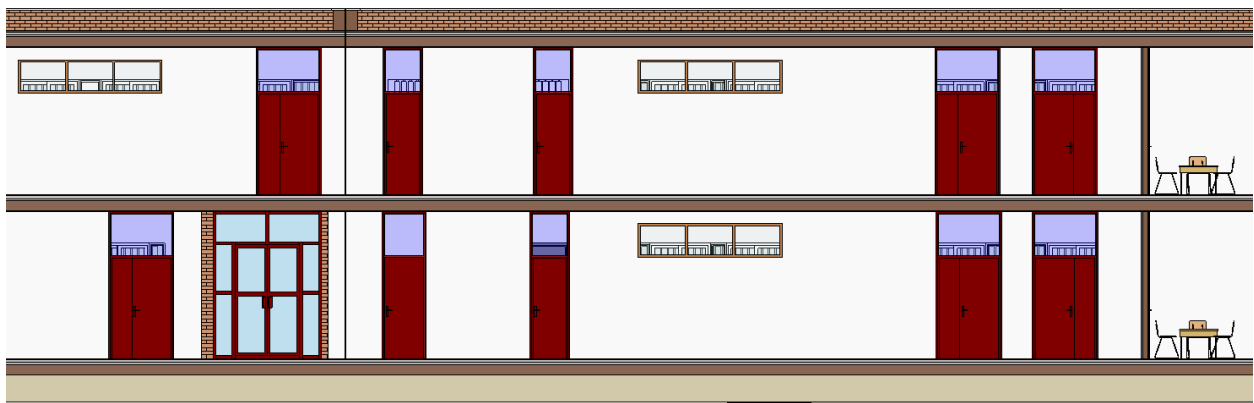


Ilustración 34 – Resultado en una sección de los pasillos del aulario y sus puertas

Por último, es necesario comentar como se han realizado los muros cortina de las puertas de entrada y salida de los edificios, intentando ser fieles al proyecto de obra, ya que se ejecutó de manera diferente al proyecto en cad para estas puertas.

Los arquitectos originalmente proyectan unas cancelas, como las que se muestran a continuación en la ilustración 35.

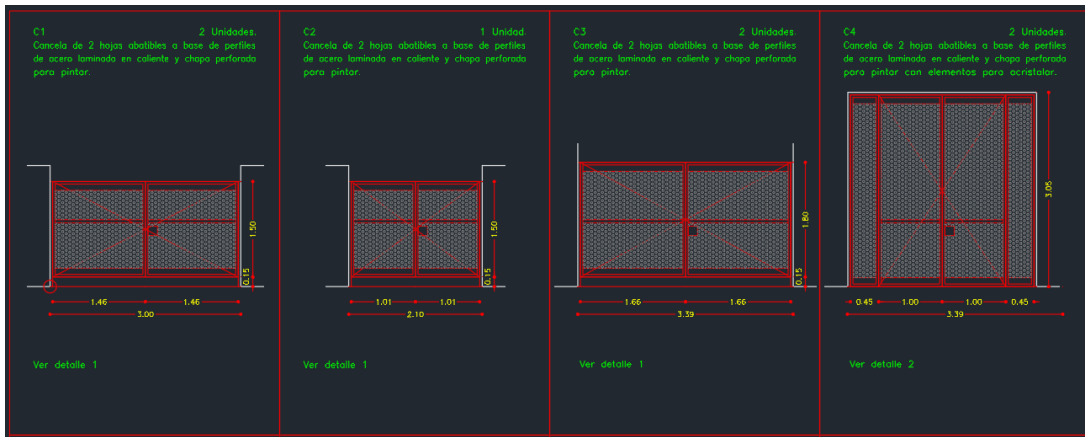


Ilustración 35 – Plano de carpintería metálica con cancelas del proyecto antes de obra

Sin embargo, observando en StreetView de Google Maps, se observa que se ha realizado en obra finalmente otro tipo de puertas, más estilo muro cortina, como se muestra en las ilustraciones 36 y 37, se puede observar que el resultado final realizando un muro cortina se asemeja mucho a la realidad.



Ilustración 36 – Vista en Google StreetView de la fachada principal del colegio



Ilustración 37 – Vista en perspectiva del resultado realista de la fachada en el proyecto arquitectónico

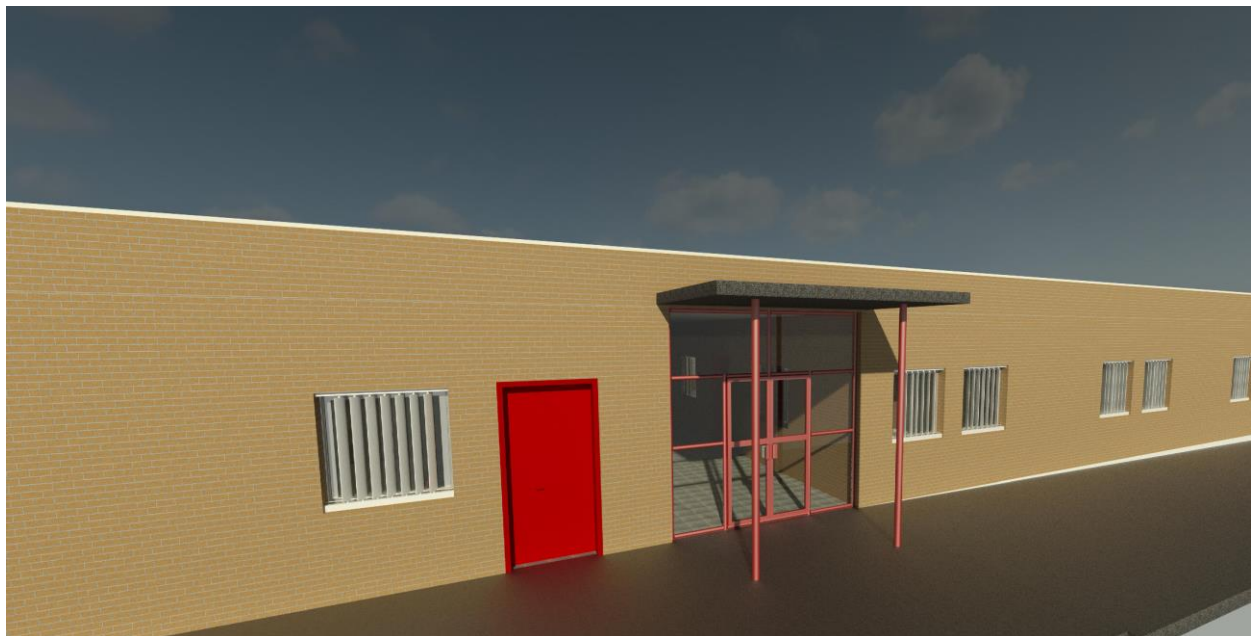


Ilustración 38 – Render con el resultado de la fachada principal y la puerta de entrada al colegio

¿Pero como se ha realizado el muro cortina? Se explica a continuación.

Un sistema de muro cortina se puede catalogar dentro de la familia de muros, pero una vez creado, se puede modificar y crear puertas por ejemplo como se observa en el resultado final de la ilustración 37 mostrada anteriormente.

Una vez creado el muro cortina desde un plano de planta, se pueden modificar las rejillas al antojo del proyectante, dentro de las propiedades del muro cortina (Ilustración 39).

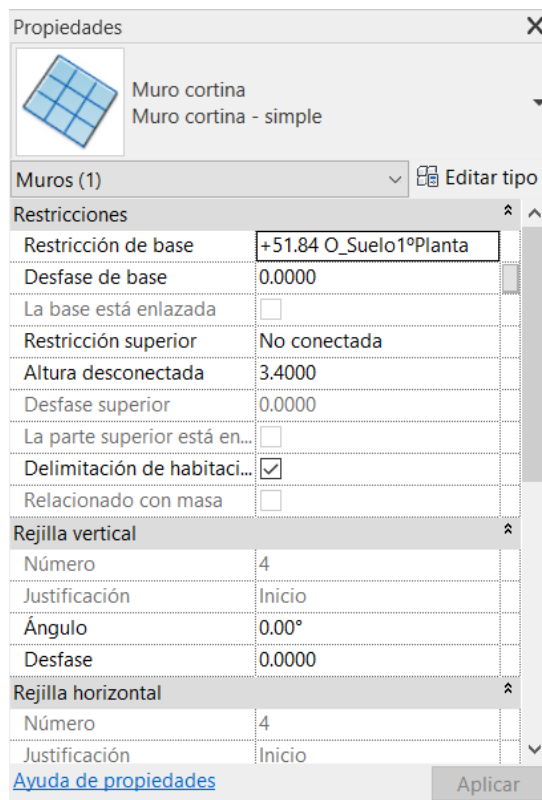


Ilustración 39 – Propiedades del Muro cortina

En el caso del proyecto se introduce una puerta de dos hojas y se modifican la altura de las rejillas para que estén a la altura que se requieren. La puerta de dos hojas abatibles del muro cortina es una familia en sí y se introduce de la siguiente forma como indica la ayuda de Autodesk [5]:

- Abra una vista de plano, alzado o 3D del muro cortina.
- Coloque el cursor sobre el borde del panel de muro cortina que desee personalizar hasta que uno de sus montantes o el muro cortina aparezca resaltado.
- Pulse Tab hasta que se resalte el panel y, a continuación, haga clic para seleccionarlo y mostrar el icono de bloqueo.
- Haga clic en el icono de bloqueo para desbloquear el grupo.
- En el selector de tipo, seleccione la puerta de muro cortina con la que desee reemplazar el panel. Sólo las puertas de muro cortina pueden reemplazar un panel de muro cortina.
- Si es necesario, puede cargar una puerta de muro cortina haciendo clic en la ficha Insertar-grupo Cargar desde biblioteca-Cargar familia. En el cuadro de diálogo Cargar familia, abra la carpeta Puertas, seleccione cualquier familia de puertas cuyo nombre incluya "muro cortina" y haga clic en Abrir para cargar la familia en el proyecto.
- Seleccione el montante situado debajo de la puerta y haga clic para mostrar su icono de bloqueo.
- Haga clic en el icono de bloqueo para desbloquear el montante y, a continuación, pulse Supr.

El resultado final es el que se había ya mostrado en la ilustración 37.

2.5 Rampas y escaleras

Debido a como está realizado el proyecto, a los desniveles del terreno y a como está aplicada la norma para la accesibilidad total de discapacitados, este proyecto cuenta con una gran cantidad de rampas y escaleras.

- Por un lado están las escaleras interiores del aulaio para acceder a la segunda planta, que en este caso hay 2 accesos a la planta superior. Estas escaleras poseen un descansillo a mitad de planta, teniendo una forma de C. En la ilustración 40 se puede observar como quedaría una de las escaleras interiores del aulaio.



Ilustración 40 – Resultado en revit de las escaleras interiores del aulaio

- Existen 3 escaleras exteriores simples que no requieren más atención que comentarlas, sin mamperlán que están situadas para la conexión entre el patio del conserje y el patio del colegio, otra para la entrada en la sala de calderas desde el patio y la tercera entre el patio y la entrada lateral al aulaio.
- Por otro lado hay 2 rampas de acceso al colegio, una a cada lado de la fachada principal que conectan la calle con el patio del colegio, teniendo la de la izquierda una pendiente de 13,6% y la de la derecha con un 11% de pendiente.
- Además está la salida trasera del aulaio, en la fachada norte del proyecto, que cuenta tanto con escalera abierta en forma de L como de una rampa de acceso para minusválidos que una forma de entrada en el aulaio por parte de ellos. En la ilustración 41 se ve el resultado final en tres dimensiones.

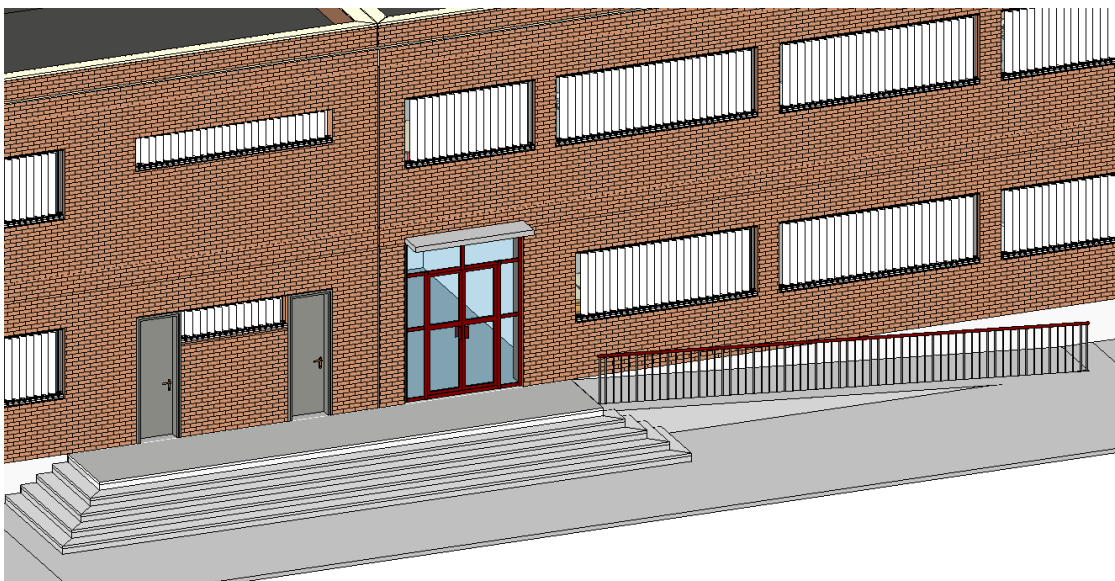


Ilustración 41 – Resultado tridimensional de las escaleras de salida trasera del aulaio así como de la rampa de

acceso para minusválidos trasera al aula

- Por último esta todo el “complejo” de rampas y escaleras situadas en el patio, conectando los dos edificios principales del proyecto (el administrativo con el aula), como se puede observar en la ilustración 42 con el resultado en 3 dimensiones.

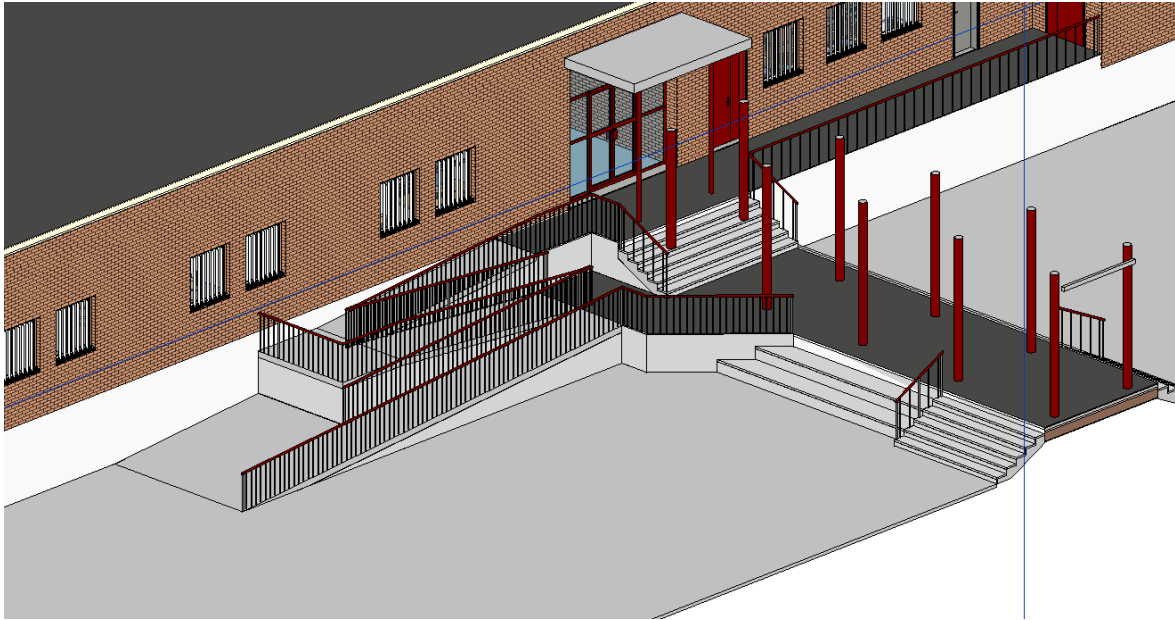


Ilustración 42 – Resultado final del complejo de rampas y escaleras que conectan los dos edificios del proyecto y el patio

Se utilizará este último complejo para explicar el procedimiento de creación de escaleras y rampas en Autodesk Revit.

Por un lado están las rampas, que se crean a partir de sus extremos y de la dirección de la inclinación. Se pueden realizar a partir de saber el límite inferior y el límite superior o a través de la inclinación sobre el terreno. En los ejemplos de las rampas del patio se ha procedido de la siguiente forma: Lo primero a comentar es que obligatoriamente se ha de estar en un plano de planta. En segundo lugar, se realiza el boceto mediante contorno, que son las líneas verdes que se observan en la ilustración 43.

En la misma figura se observa las líneas negras que son las contrahuellas, que son de obligatorio boceto para poder finalizar la rampa, y que por ejemplo se puede observar en la ilustración 44 que se pueden realizar descansillos si se realiza correctamente la consecución de contrahuellas.

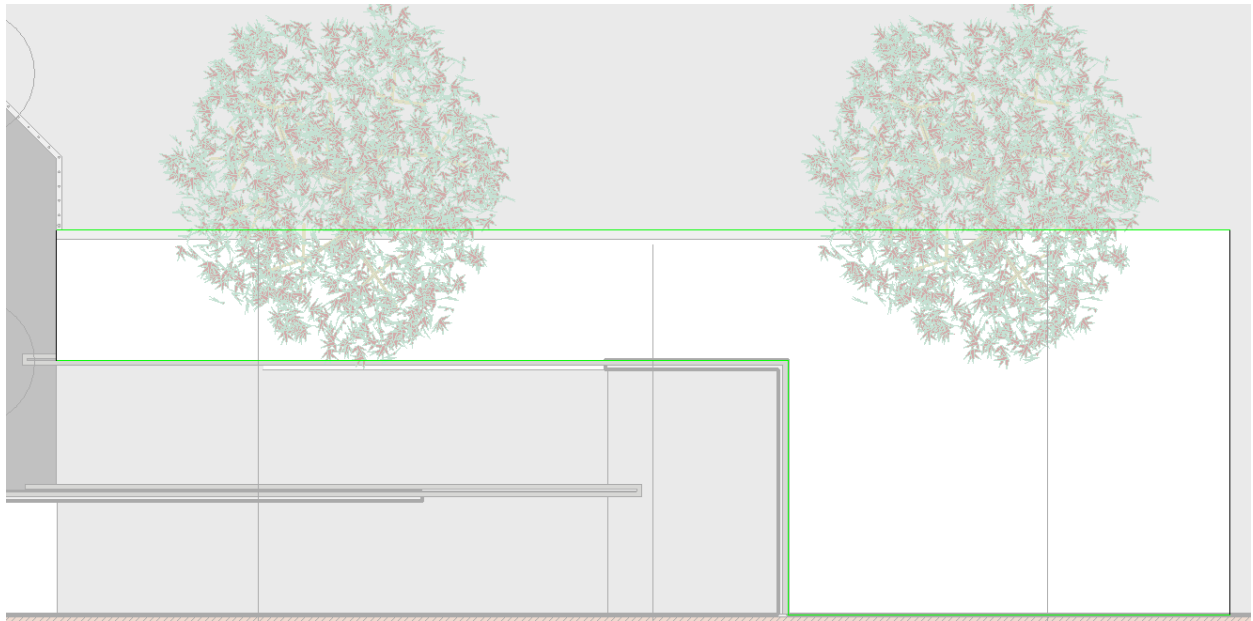


Ilustración 43 – Vista en planta de la creación de rampas exteriores en el proyeco de Revit

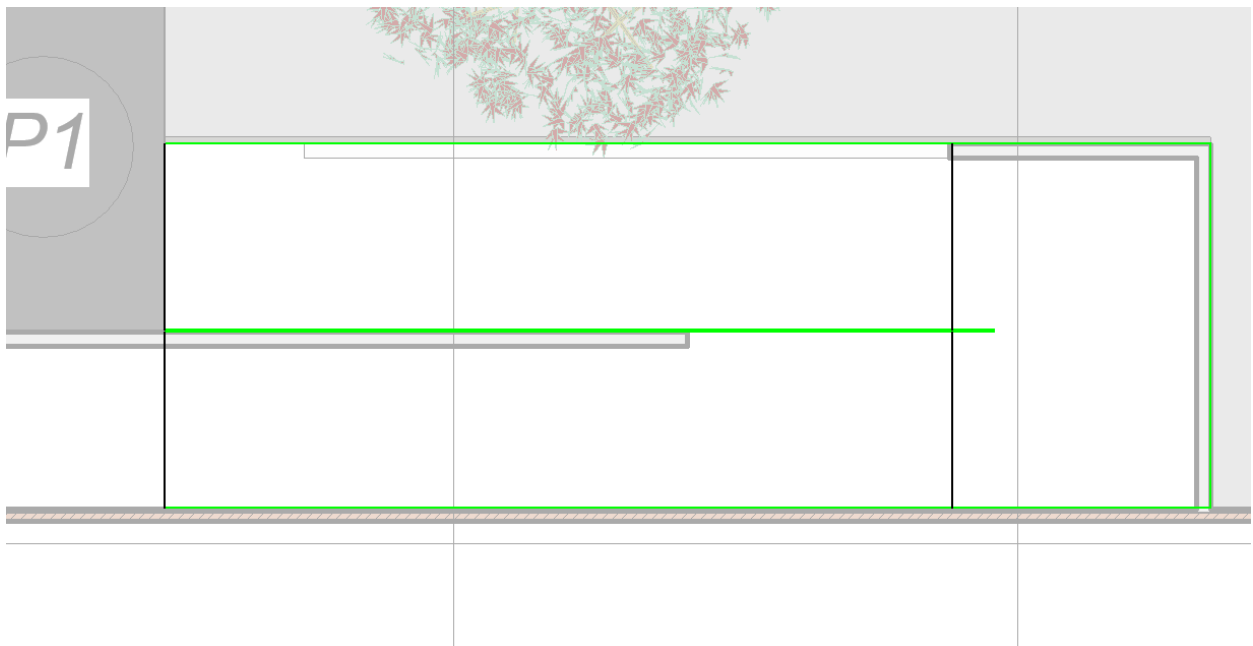


Ilustración 44 – Vista en planta de la creación de rampas exteriores con contrahuellas en Revit

Es importante que después de realizar correctamente las rampas, teniendo en cuenta los requerimientos del proyecto real, su pendiente, longitud y niveles, están las barandillas de las rampas. Por defecto, dependiendo del tipo de rampa, se generaran barandillas a ambos lados, las cuales se pueden cambiar de tipo o borrar. En la ilustración 45 se observa como se edita el camino de una barandilla, cumpliendo las necesidades del proyecto, entre ellas que tenga la barandilla un desfase de 0,254 cm para que no esté muy al borde de la rampa.

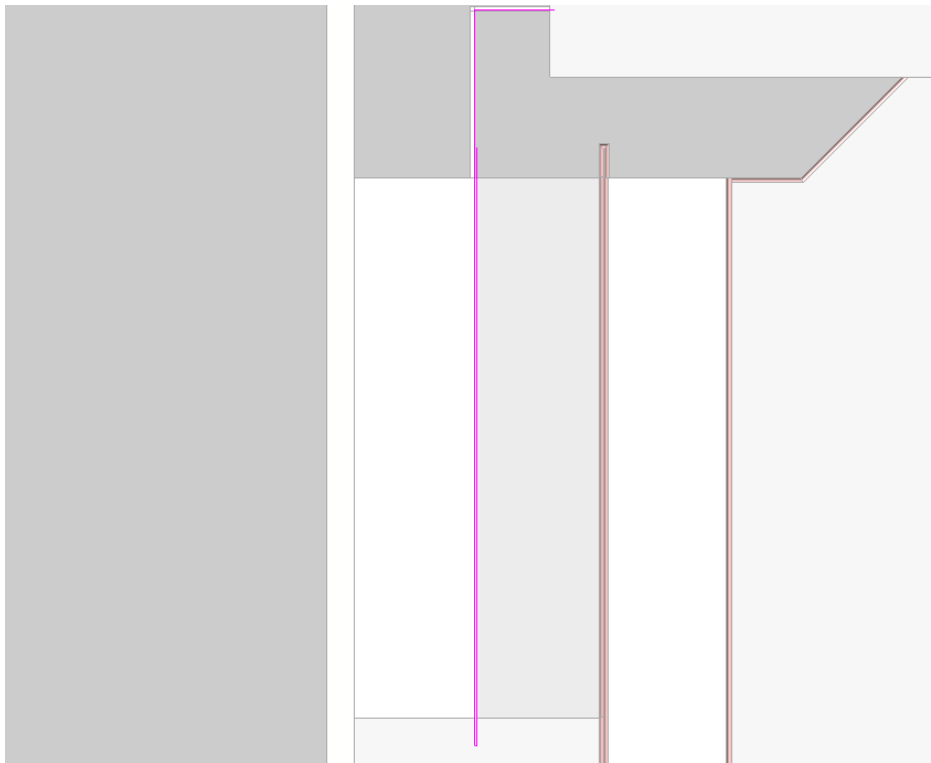


Ilustración 45 – Vista en planta de la edición del camino de barandillas en la rampa en Revit

También se pueden añadir barandillas manualmente, con la herramienta barandilla (Ilustración 46) dentro de la interfaz de arquitectura y situado junto a las rampas y escaleras. Dentro de las barandillas, se pueden editar de la forma que sea necesaria, ya que tiene un panel de propiedades totalmente amplio que permite crear cualquier tipo de barandilla que sea necesaria.

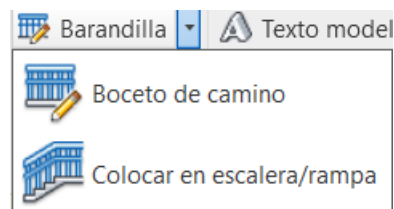


Ilustración 46 – Interfaz de creación de barandillas en Revit

Por otro lado estaban las escaleras, que tienen un procedimiento parecido a la de la rampa en lo que respecta al contorno y a la contrahuella. La diferencia principal está en añadir la orientación y en que también tiene un cuadro de propiedades amplio en el que se puede cambiar diferentes aspectos como el material, las longitudes de huella y contrahuella, el mamperlán, etc. En la ilustración 47 se muestra el panel de propiedades de una escalera en Revit y a su vez las propiedades de tramo, en las que se omite el mamperlán para que no tenga saliente las escaleras.

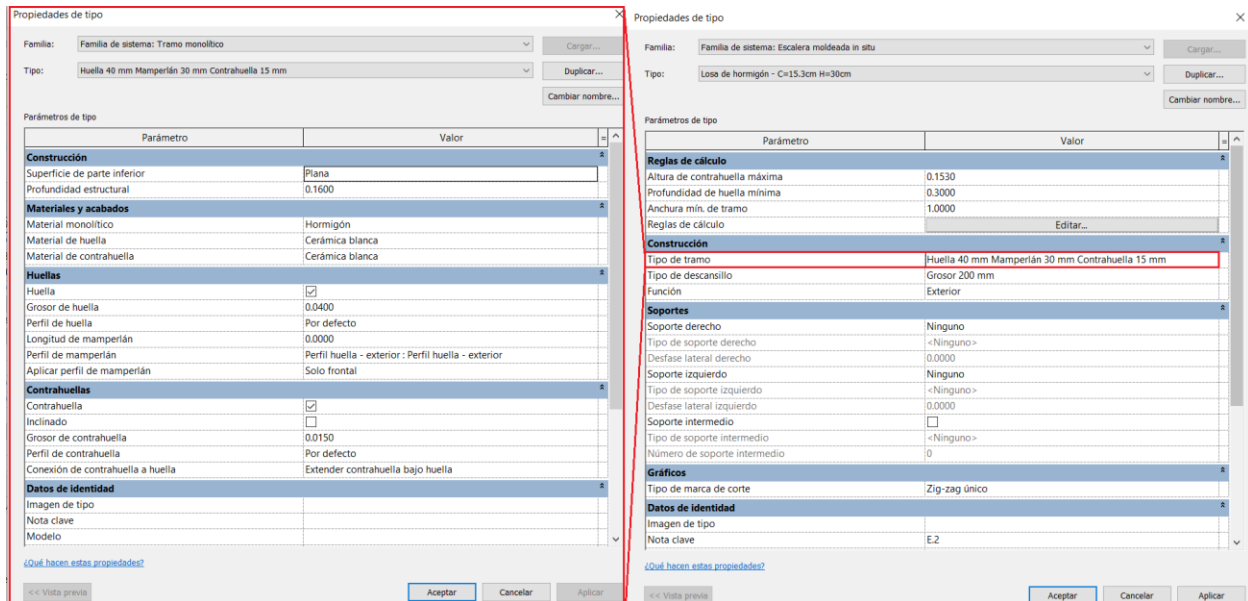


Ilustración 47 – Propiedades de tipo de las escaleras en Revit

2.6 Suelos y Cubiertas

Para realizar los suelos en el modelo arquitectónico, simplemente se ha de seleccionar un suelo acorde a lo que posteriormente se realizará en el proyecto estructural, tanto si tienen bovedillas como en el grosor total. Por tanto, se utilizarán suelos con bovedilla cerámica de 35 centímetros de grosor, preintroducido en la plantilla arquitectónica de Revit (ilustración 48).

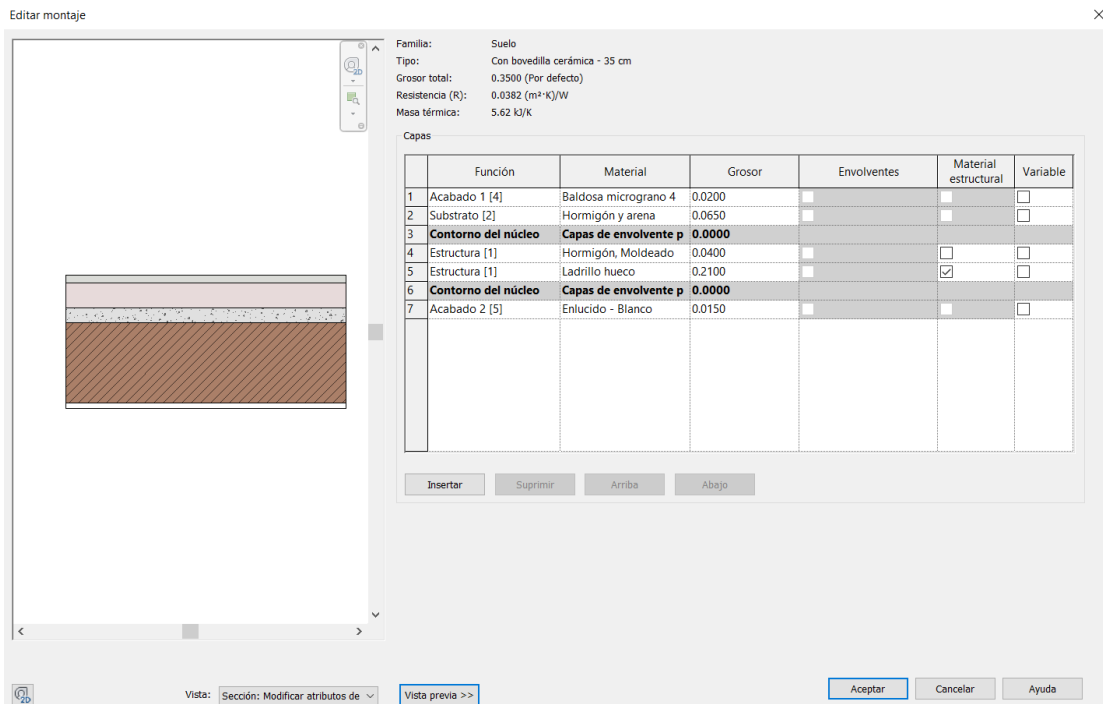


Ilustración 48 – Propiedades del suelo arquitectónico escogido

El único cambio que se realizará en este sentido será el de separar el suelo referente a las salas normales y al cuarto de baño, editando perfiles y añadiendo otro igual en los baños, con el fin de cambiar la capa de acabado e introducir el pavimento correspondiente a los baños ya comentado en la memoria descriptiva.

Los demás suelos externos a los edificios serán solerías de hormigón o suelos de aceras, todos suelos ya preintroducidos en la plantilla arquitectónica de Revit.

En cuanto a las cubiertas, existen solo 2 tipos de cubiertas: La del salón de actos y las de los edificios. Las de los edificios se ha realizado como un suelo, pero cambiando el acabado superior, añadiéndole granito (ilustración 49).

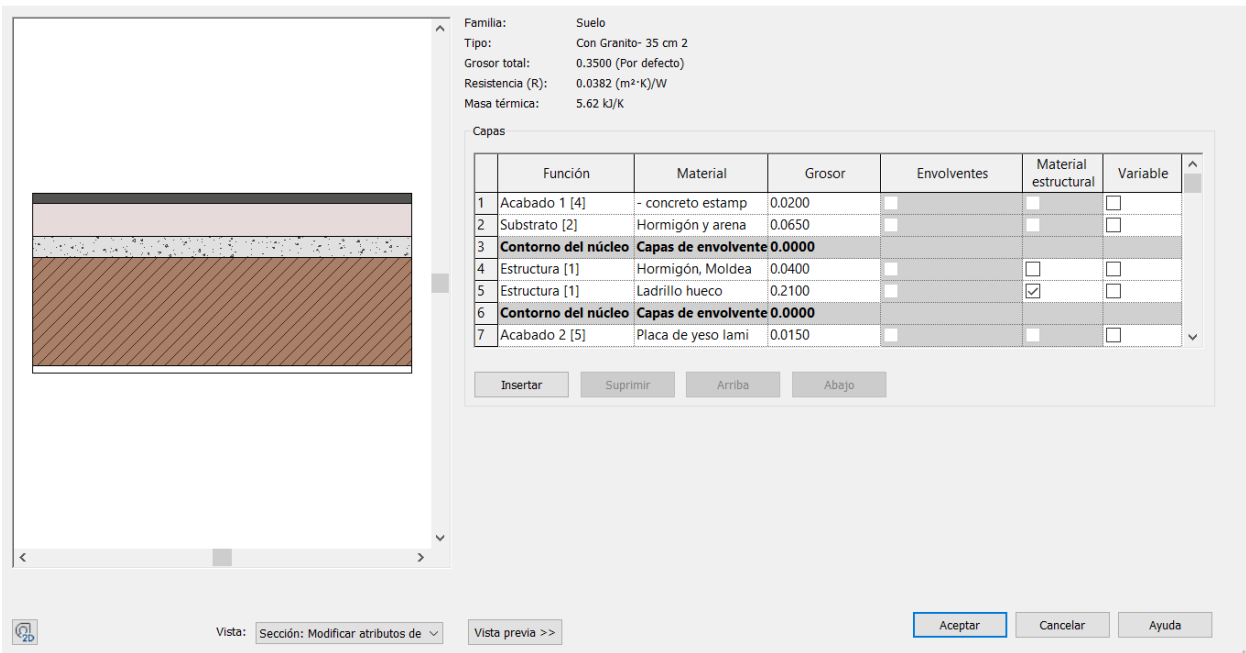


Ilustración 49 – Capas de las cubiertas del Aulario, zona administrativa y casa del conserje

En cuanto a la cubierta del salón de actos, se ha intentado replicar de forma fiel el resultado de este tipo de cubierta, creando una familia que simula la celosía de acero que estará formando la cubierta de una forma fiel, ya que en este modelo arquitectónico tampoco es necesario ni conveniente entrar a diseñar fielmente esta celosía como si lo será necesario posteriormente en el modelo estructural, pero si es conveniente tener un modelo que lo simule en la posición ya que, por ejemplo, se verá en la sección B-B.

Por otro lado está el falso techo que oculta este entramado de celosías de la cubierta del salón de actos, situado un poco por debajo de éste, que también oculta los conductos de ventilación que estarían situados en esta sala.

Y por último está la cubierta en sí, que sin entrar en muchos detalles, se ha realizado desde el apartado de la interfaz superior de Arquitectura-Cubiertas, eligiendo una cubierta básica de pizarra sobre rastreles de 15 centímetros de grosor. Posteriormente se ha modificado su perfil como se muestra en la ilustración 50, haciéndolo de forma cilíndrica acorde a lo que es el proyecto real. Esta cubierta está situada sobre la celosía de acero y con ello se recubre toda la cubierta. Queda por último que revisar el perfil de los muros anterior y posterior del Salón de actos, ya que se tienen que adecuar a la forma de la cubierta y con el resultado que se obtiene en las ilustraciones 50 y 51.

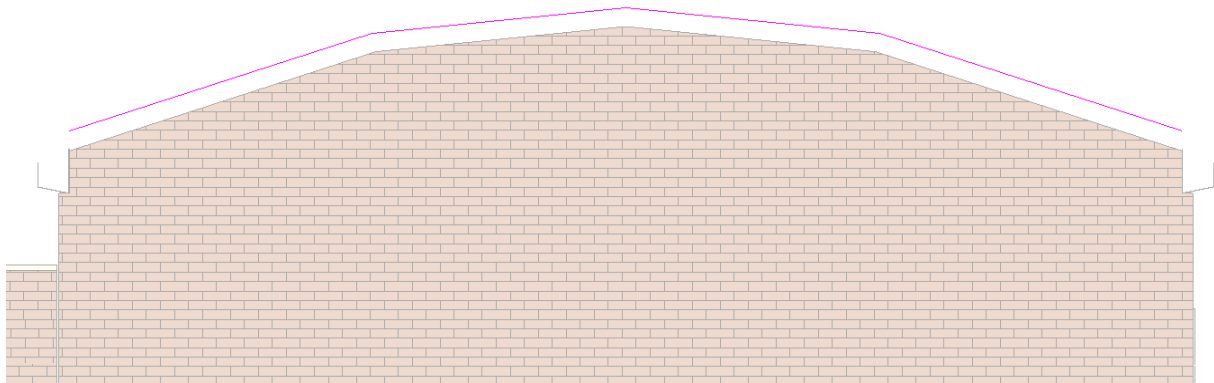


Ilustración 50 – Ventana de edición del perfil de la cubierta cilíndrica en Revit

Por último, a modo de acabado, se le añade unas canaletas a los dorsales de las cubiertas simulando la evacuación de agua a través de la creación de una familia simple extruyendo el perfil del canal.

El resultado final es el que se muestra en la siguiente ilustración 51.

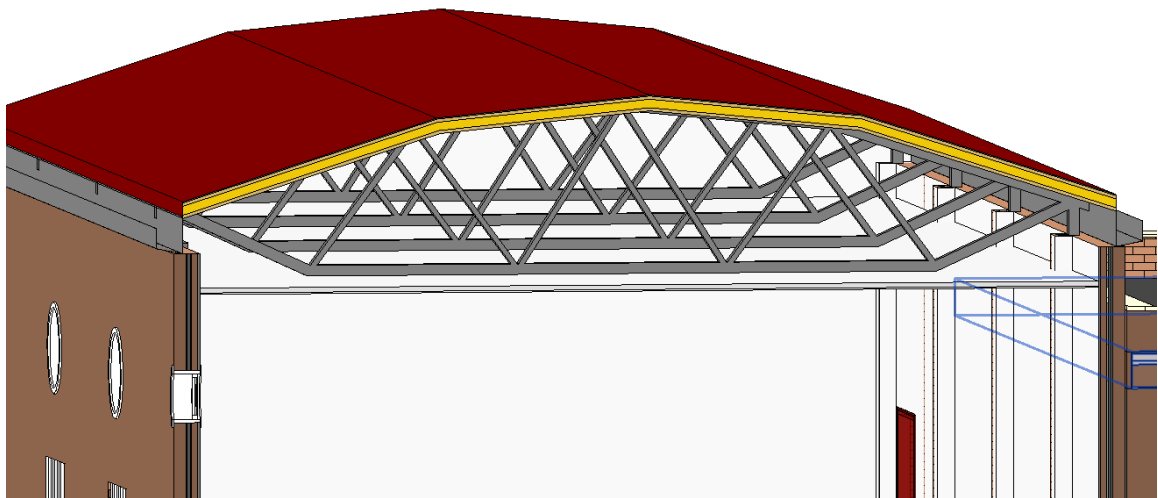


Ilustración 51 – Resultado final en 3D de la cubierta en Revit

2.7 Mobiliario, entorno y acabados

Para realizar un diseño fiel del colegio para generar los renders y los planos de planta en la que salgan los objetos de forma esquemática, es necesario añadir el mobiliario que es típico de un colegio como pueden ser los pupitres, las pizarras, mesas de profesor, biblioteca, despachos, etc. Para ello es necesario recabar información de familias que están en la red ya que Revit no posee todo los objetos que se nombran, estando todas estas referenciadas en la memoria para libre descarga, así como en la carpeta en la nube con los archivos de revit y de las familias utilizadas que se anexa con esta memoria.

Para ubicar este mobiliario se tiene en cuenta la normativa respecto a la pizarra y la luz natural y a los planos de distribución en planta proporcionados por los arquitectos.

En las siguientes imágenes ilustraciones 52 y 53 se muestra el resultado en planta y en 3 dimensiones de algunos de los resultados generados en el proyecto de revit.



Ilustración 52 – Vista con la cubierta oculta del resultado de colocar mobiliario en la zona administrativa en el proyecto arquitectónico

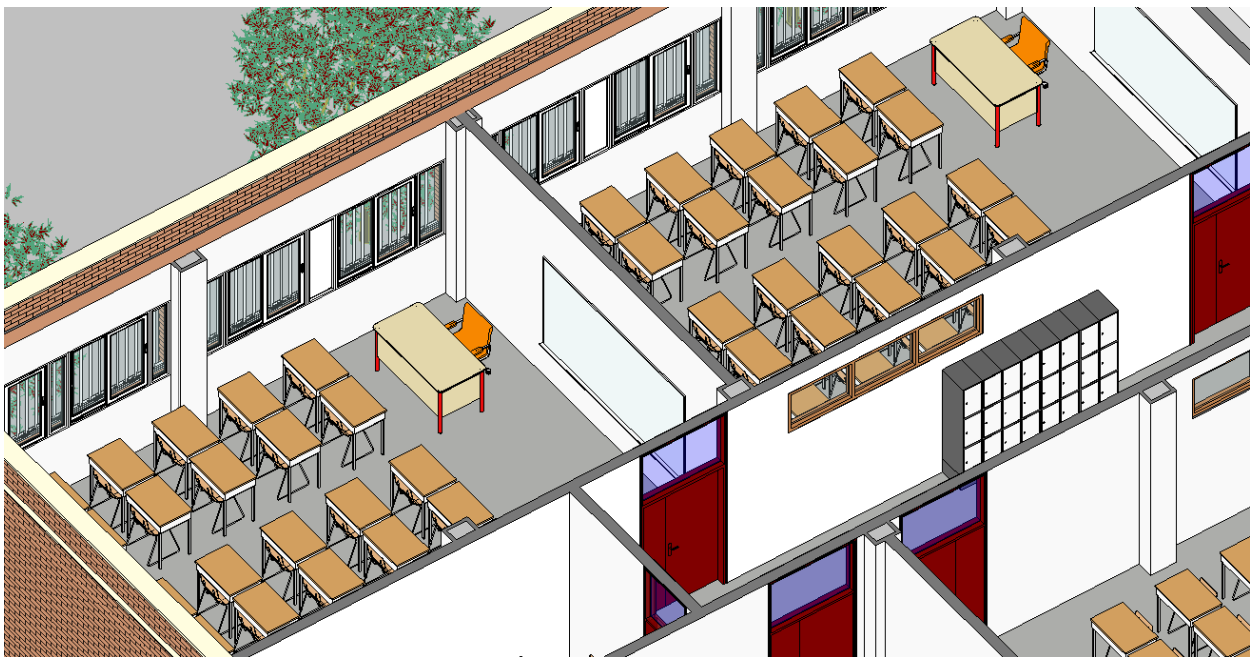


Ilustración 53 – Vista con la cubierta oculta del resultado de colocar mobiliario en el Aula en el proyecto arquitectónico

Por otro lado, están los parapetos de las cubiertas, así como la arbadilla que corona estas cubiertas y parapetos. Esta arbadilla se ha realizado creando una familia con una extrusión, realizando un pico en 45° para poder encajar las esquinas en el proyecto arquitectónico. El resultado es el que se muestra en detalle en las ilustraciones 54 y 55.

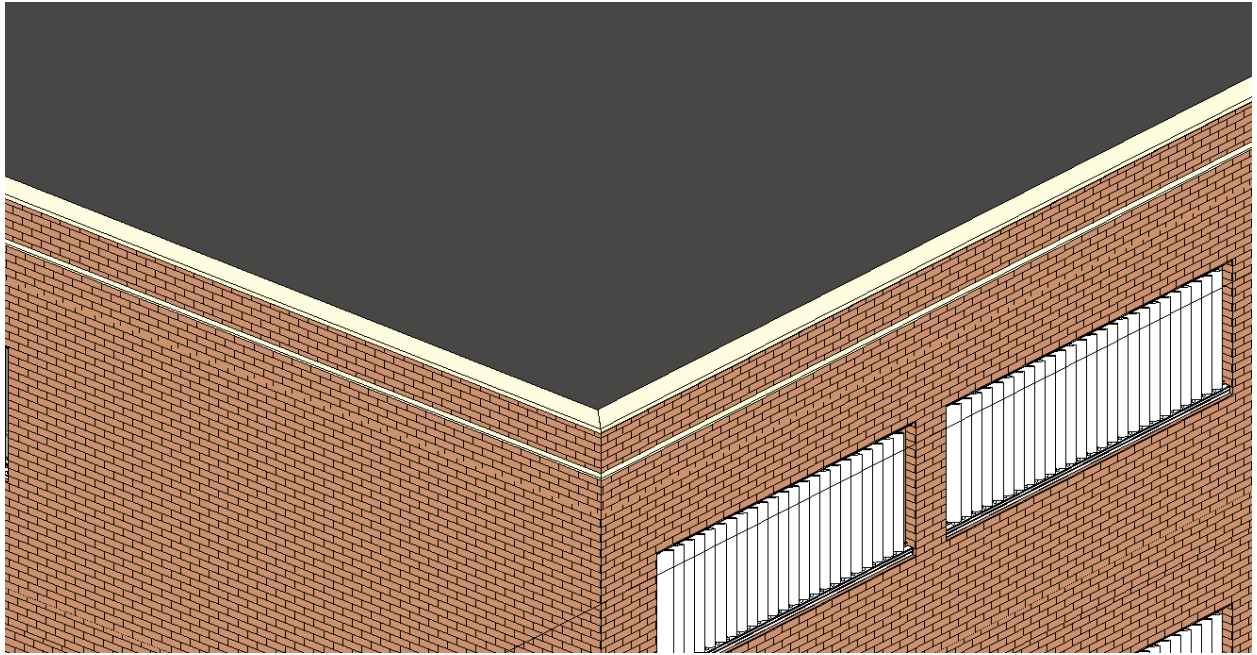


Ilustración 54 – Detalle de la arbadilla para coronar la cubierta del aulario

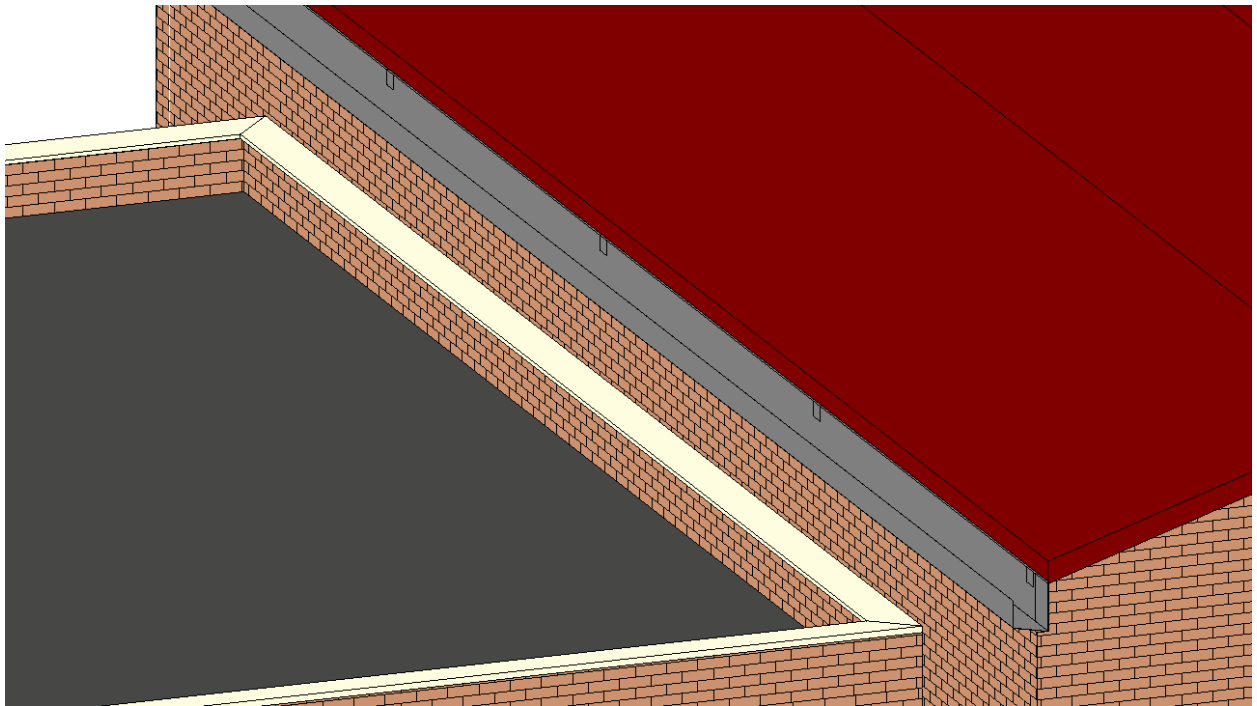


Ilustración 55 – Detalle de la arbadilla para coronar la cubierta en la zona administrativa

2.8 Resultado final: Generación de planos y renders

En este apartado de la memoria arquitectónica se explicará como se han realizado los planos y renders que aparecen en la memoria de planos, para saber paso a paso como han sido generados y como es útil la herramienta de planos y renders dentro del software e interfaz de Revit.

2.8.1 Planos

En primer lugar, para realizar los planos dentro de revit se ha de crear una plantilla de símbolos de anotación con un cajetín conforme a este proyecto fin de máster. Se crearán formatos A3 métrico y A1 métrico como el que se muestra a continuación en la ilustración 56.

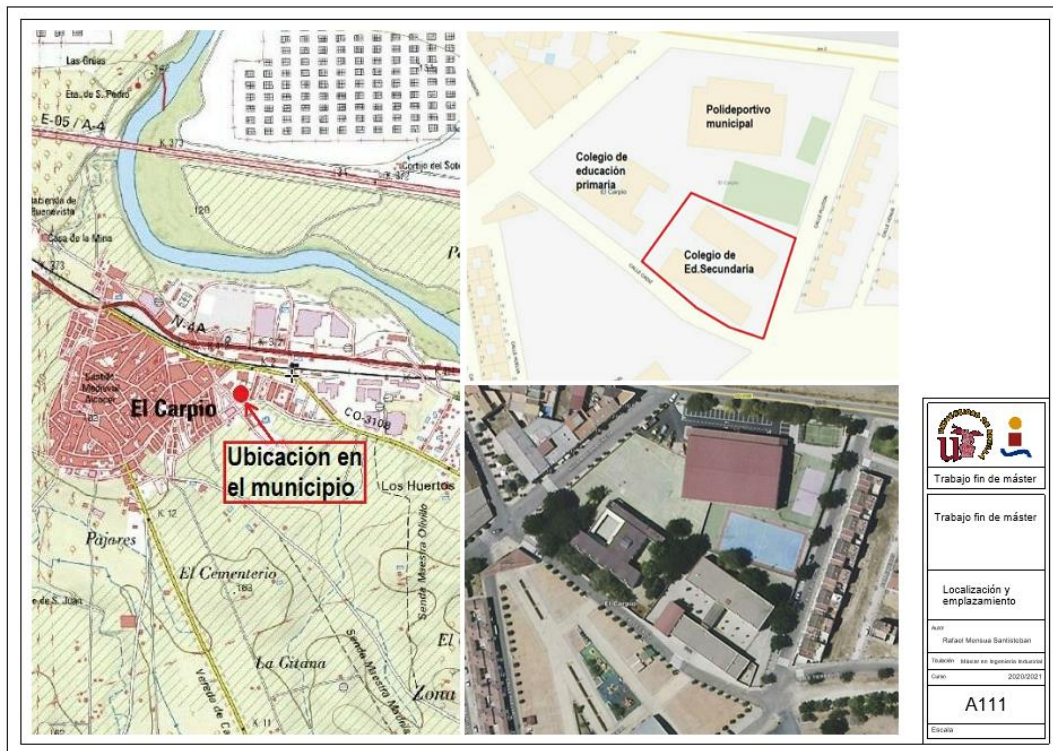


Ilustración 56 – Ejemplo de plano con formato métrico A3

En estos planos se pueden introducir imágenes como se puede observar en la imagen previa, así como importar cualquier tipo de archivo. La forma de proceder en este proyecto para realizar cada plano en primer lugar es la de crear una plantilla de vista para que todos los planos tengan el mismo formato y sea así más visual. En cuanto a la escala, se escogerá para cada plano una escala para la correcta visualización y lectura de los planos en forma física, que por defecto será una escala 1:100 normalmente.

Por otro lado, estarán los planos acotados, que estarán generalmente representados en un formato A1 métrico (ilustración 57), en el que se contará con una distribución de habitaciones así como una tabla de contenido que representa los metros cuadrados de las habitaciones nombradas, además de tener una leyenda con separación por colores según el uso de la habitación.

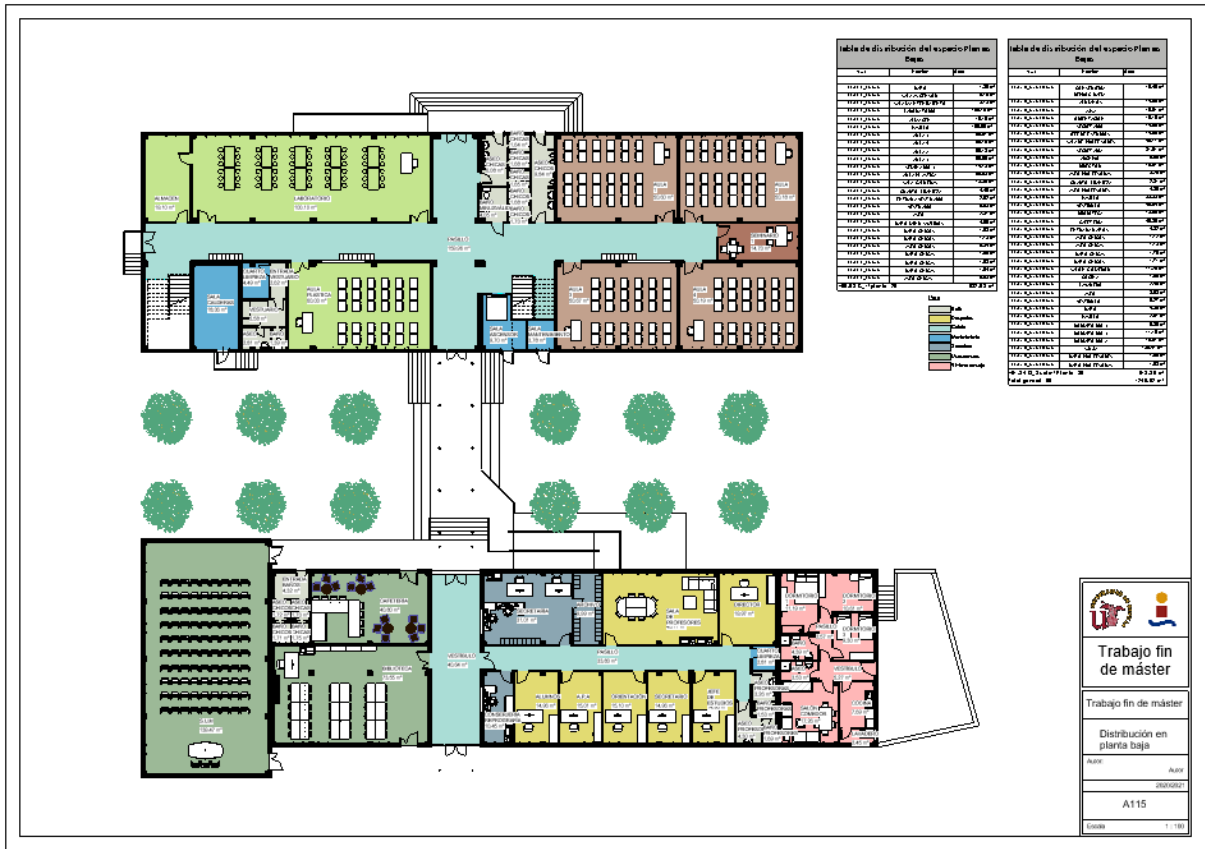


Ilustración 57 – Plano A1 de distribución en planta baja con tabla de contenido

La tabla de contenido se tiene que crear antes del plano, seleccionando en el navegador de proyectos una nueva tabla de planificación, seleccionando las columnas necesarias, así como luego la visualización de la tabla de planificación. Por otro lado, para que esa tabla de planificación tenga el contenido, en el plano de planta duplicado para introducirlo en el plano A1, se ha de crear las habitaciones necesarias en la herramienta de la interfaz Arquitectura llamada “etiquetar habitación”. Después de esos pasos y perfilar para que la presentación del plano sea óptima, se obtendrá el resultado final como el ejemplo de la ilustración 57.

Otra de las herramientas que se deberán utilizar para la creación de planos es la de leyendas dentro del navegador de proyectos, para así crear leyendas de las secciones de los muros para que queden en constancia en los planos, teniendo resultados como el de la ilustración 58.



Ilustración 58 – Leyenda en plano del muro CELP

Los planos son necesarios para entender todo el proyecto y por tanto existirán tantos planos como sean necesarios para la correcta ejecución del mismo.

2.8.2 Renders

En la memoria descriptiva ya se comentó la importancia de los renders, ya que permiten utilizar vistas 3D realistas para visualizar fielmente el proyecto en el que se está trabajando antes de su ejecución.

Para realizar renders sobre vistas 3D en Revit se ha de, en primer lugar, realizar la vista 3D que se quiera renderizar a través de la propia vista 3D o de la herramienta cámara, dentro de la interfaz de vista, la cual te permite generar una perspectiva más realista en cónica. Después de preparar la vista 3D y utilizar el cuadro de diálogo “Renderización” para seleccionar la configuración deseada, haga clic en Renderizar para renderizar la imagen.

Revit comienza el proceso de renderización, que procesa la imagen completa de forma progresiva. Revit muestra un cuadro de diálogo de progreso con información sobre el proceso de renderización.

Cuando el proceso se completa, Revit muestra la imagen renderizada en el área de dibujo, la cual se puede modificar ajustando su exposición, brillo, calor etc [6].

Una vez se tenga el render ya como se quiere, se puede exportar y guardar la imagen. Un ejemplo de render es el que se muestra a continuación en la ilustración 59.



Ilustración 59 – Resultado al generar un render en la cafetería del colegio

En esta ilustración 59 se puede mostrar un render de la cafetería del colegio y por tanto le faltan algunos elementos como pueden ser las luminarias para poder tener luz artificial, al igual que en la ilustración 60 en la que se muestra un aula. En estos renders se pueden modificar la luz cambiando la hora y el día del año para ver como influye en el resultado antes de realizar el proyecto para así poder realizar algún cambio si es necesario.



Ilustración 60 – Render de un aula

Por último se muestra una vista general renderizada del proyecto en la ilustración 61, en la que se puede ver en modo realista como es el colegio como resultado final de la parte arquitectónica del proyecto.

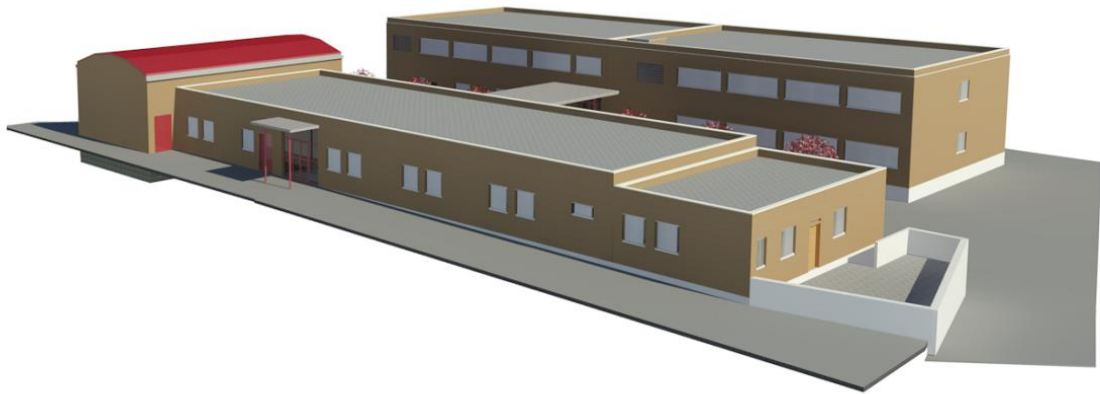


Ilustración 61 – Perspectiva del resultado final del proyecto renderizado

3 DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL EN BIM

En este apartado de la memoria de modelado se va a explicar como se ha procedido para diseñar y calcular la estructura del proyecto arquitectónico ya realizado mediante los softwares Revit y Robot.

3.1 Modelo estructural en Revit

Tras terminar en el apartado anterior todo lo referente a la arquitectura del proyecto, se procede ahora a explicar todo lo referente a la estructura del proyecto en Revit.

3.1.1 Preparación del proyecto

Es necesario acondicionar algunos aspectos antes de iniciar el proyecto estructural. En primer lugar, se creará otro archivo de proyecto de revit distinto al ya existente de la arquitectura. A partir del menú de revit se creará en este lugar un proyecto con una plantilla estructural, la predefinida por revit, en la que serán visibles los modelos analíticos de toda la estructura que se vaya diseñando.

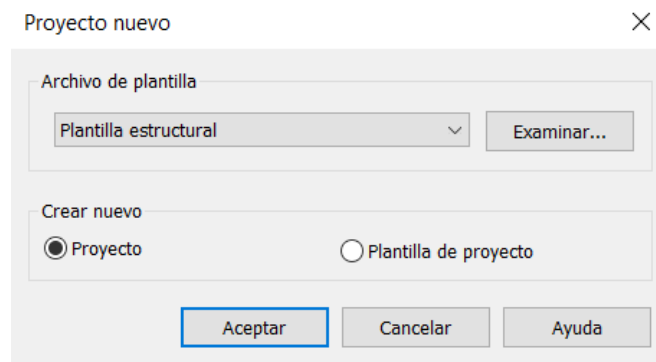


Ilustración 62 - Ventana de creación de proyecto estructural en Revit

Una vez ya se posee del archivo en formato de proyecto con plantilla estructural se puede iniciar a preparar todo lo referente a la vinculación del archivo arquitectónico.

3.1.1.1 Vinculación con el modelo arquitectónico

Para vincular el modelo arquitectónico al nuevo proyecto estructural creado se ha de ir a la interfaz superior al apartado de insertar-Vincular Revit y seleccionar el archivo con el modelo arquitectónico final, configurando la posición en la que se encontrará el archivo vinculado siempre eligiendo la opción “Automático – Origen a origen” simplemente por una cuestión de ahorro y eficiencia del trabajo, además de respetar todo lo que se ha ya realizado en el modelo arquitectónico.

Antes de realizar esté vínculo, se puede limpiar el modelo arquitectónico que se vaya a vincular para que pese menos y sea más rápido a la hora de trabajar, ya que existen muchos tipos de elementos y familias que serán inútiles que formen parte de la vinculación, como pueden ser el mobiliario, el entorno o las luminarias.

Por último, aunque no es necesario en este proyecto, dentro de las propiedades del tipo de vínculo se tiene que configurar como tipo de referencia “enlace” ya que a su vez el proyecto arquitectónico puede estar vinculado a otro archivo, para que se pueda ver en este nuevo proyecto estructural.

3.1.1.2 Preparación de la plantilla estructural

Una vez realizado todo este proceso, ya se puede guardar el proyecto e iniciar a trabajar sobre él.

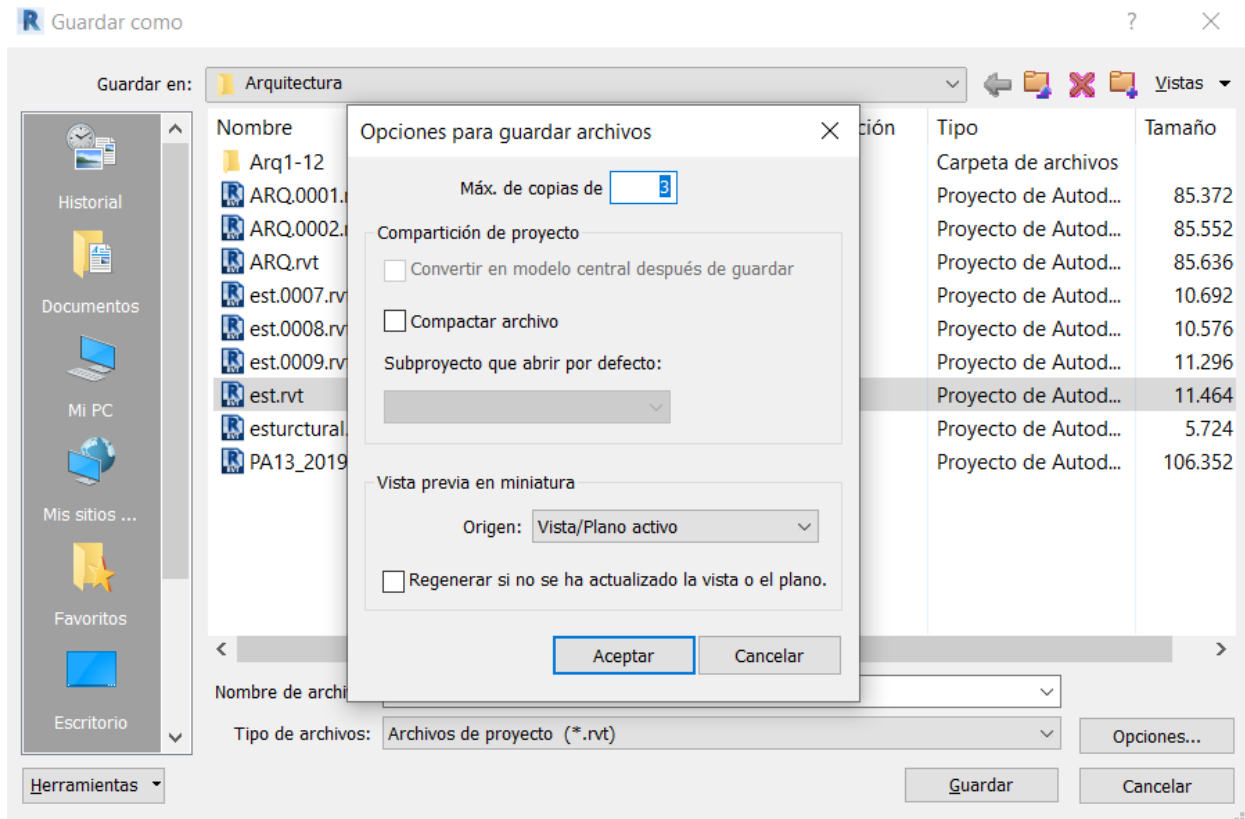


Ilustración 63 – Ventana de vinculación del modelo arquitectónico

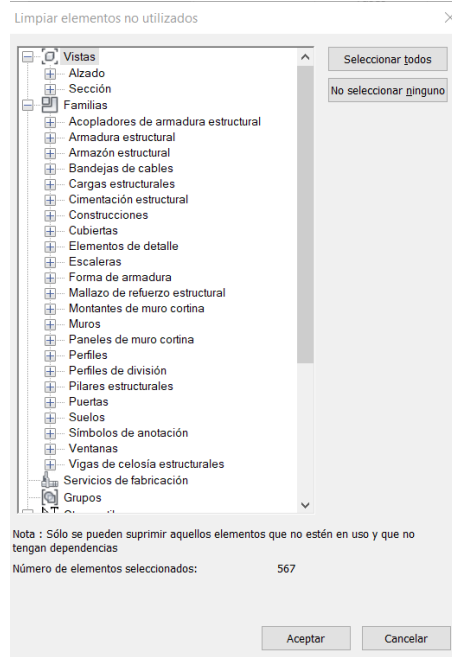


Ilustración 64 – Ventana de limpieza de elementos no utilizados

Se aplicarán las mismas unidades del proyecto que al modelo arquitectónico al que está ligado este modelo estructural.

Es en este momento en el que en la interfaz de “Gestionar” está la pestaña para poder observar los materiales

que revit tiene en su biblioteca y si es necesario agregar algún material nuevo manualmente.

También se procederá de la misma forma que con el modelo arquitectónico para añadir las cordenadas y su orientación real, consiguiendo diferenciar también en este modelo entre norte real y norte del proyecto.

3.1.2 Materiales

Los materiales que se utilizarán en este proyecto son los materiales típicos que se utilizan en este tipo de construcciones para la estructura: Hormigón y armaduras de acero. Además también existirá una celosía de vigas de acero para la cubierta del salón de actos.

Por un lado estará el hormigón armado, que se escoge el tipo HA-25 utilizado en este tipo de estructuras para edificios y por otro lado se utilizará una armadura de acero B 500 S corrugada.

3.1.3 Configuración del proyecto

Todo este proceso que se va a explicar se podría realizar de nuevo como se ha ejecutado en el proyecto arquitectónico previamente explicado, pero existe una manera más sencilla de hacerlo a través del vínculo de Revit.

3.1.3.1 Importación de niveles, rejillas y secciones del proyecto arquitectónico

En un equipo de trabajo para realizar un proyecto normalmente cada uno se encarga de una parte en concreto como puede ser la electricidad, red sanitaria, arquitectura, etc.

Aunque en este proyecto solo es una persona la que realiza el proyecto y por tanto no es tan necesario porque posee todo en el mismo ordenador, la herramienta Coordinar-supervisar sirve para vincular archivos BIM para que se trabaje de forma paralela y eficaz.

En este proyecto se realiza de la siguiente forma la importación de niveles, rejillas y secciones:

- En primer lugar una vez creado el archivo de proyecto de revit con plantilla estructural, se procede a vincular el archivo revit donde se ha realizado toda la arquitectura a través de la interfaz “insertar”- “Vincular revit” como se muestra en la ilustración 65.

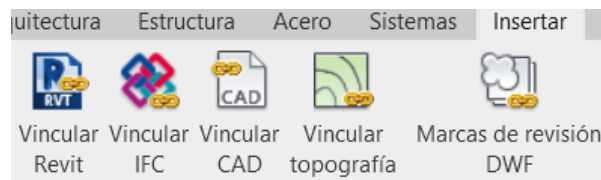


Ilustración 65 – Interfaz superior “Instertar” en Revit

- Una vez vinculado el archivo con el proyecto arquitectónico, a través de la herramienta coordinar-supervisar, situada en la interfaz superior dentro del apartado “colaborar”, se pueden copiar los elementos correspondientes que se necesiten, que serán los niveles y las rejillas, de tal forma de que de este modo, cuando el arquitecto o el ingeniero estructural mueven o cambian un nivel o una rejilla, el otro integrante del equipo recibe una notificación del cambio, aunque en este caso no será necesario porque todo lo realiza una misma persona [7].

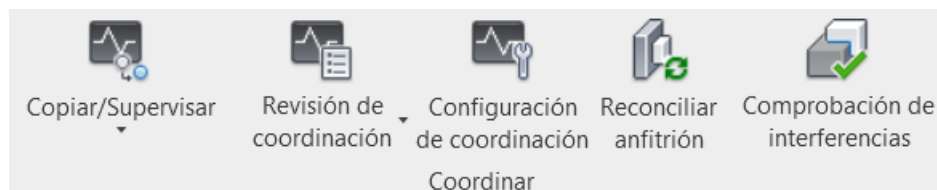


Ilustración 66 – Interfaz de coordinación dentro de colaborar en Revit

- De esta forma ya se obtienen las mismas rejillas y niveles que se habían creado en el archivo arquitectónico. Una vez realizado esto se crean más niveles estructurales si fuesen necesarios, como pueden ser los niveles de forjado.

- Por último pero no menos importante, en el proyecto estructural se trabaja con planos estructurales, por tanto se tendrán que crear vistas de planta de planos estructurales a través de la interfaz superior en el apartado “Vista”- Vista de plano- Plano estructural, tal y como se muestra en la ilustración 67.

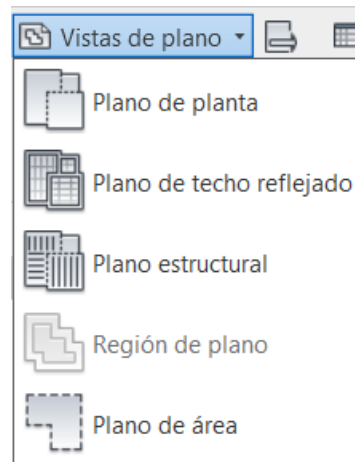


Ilustración 67 – Interfaz de creación de vistas de plano

3.1.3.2 Familias

Explicado anteriormente en el apartado del modelo arquitectónico, tan solo añadir que en concreto para la estructura existe la carpeta de armazón estructural, que podría ser útil añadir ciertas familias de esta carpeta si fuese necesario para un proyecto estructural.

En este proyecto las familias que se utilizarán serán las de vigas y pilares estructurales de hormigón, así como muros estructurales referentes a las muretas y para el muro de contención.

3.1.4 Posicionamiento de los pilares

Para realizar el posicionamiento de los pilares estructurales no se actuará como se ha hecho copiando del modelo arquitectónico como se ha realizado con las rejillas, niveles y secciones, sino que se realizarán de la misma forma a la que se han realizado en el modelo arquitectónico: A través de las rejillas, que al estar coordinadas al modelo central, si hay algún movimiento de cualquier rejilla del modelo arquitectónico central, también repercutirá en la posición de los pilares estructurales de este modelo estructural.

En este procedimiento, los pilares arrancan siempre desde el nivel de las zapatas como nivel inferior, llegando hasta las cubiertas correspondientes, que serán de diferentes niveles, ya que no tienen la misma altura los pilares del edificio administrativo, que los de la casa del conserje o los del aulario, que serán continuos desde la altura de zapata hasta la azotea del edificio del aulario.

En la siguiente ilustración 68 se puede observar hasta que altura llegan los pilares.

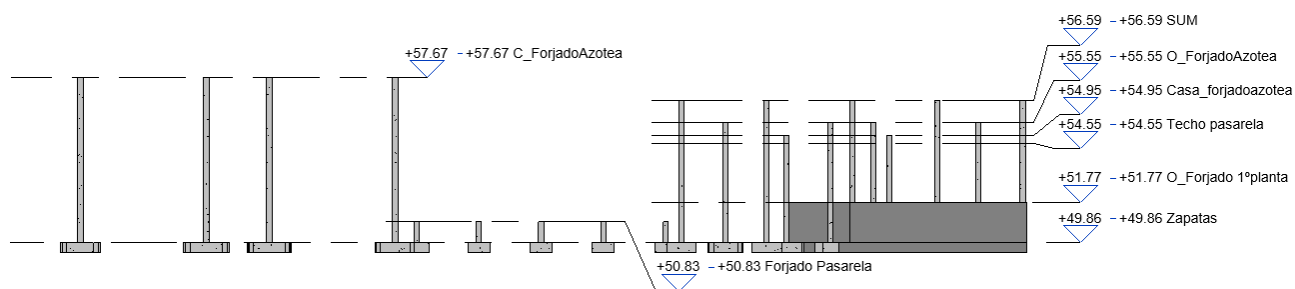


Ilustración 68 – Alzado oeste con la cota de los pilares

Es necesario mencionar que existen pilares rectangulares que parten de la cimentación hasta la altura de la pasarela que son correspondientes a los pilares de perfil tubular de acero situados en la pasarela para cargar con el techado de la pasarela entre edificios. También, como se observa en detalle en la ilustración 69 hay pilares que llegan hasta la altura del forjado del edificio administrativo que son para mantener la cámara de aire entre la salida del salon de actos en unión con los baños y la salida del edificio administrativo.

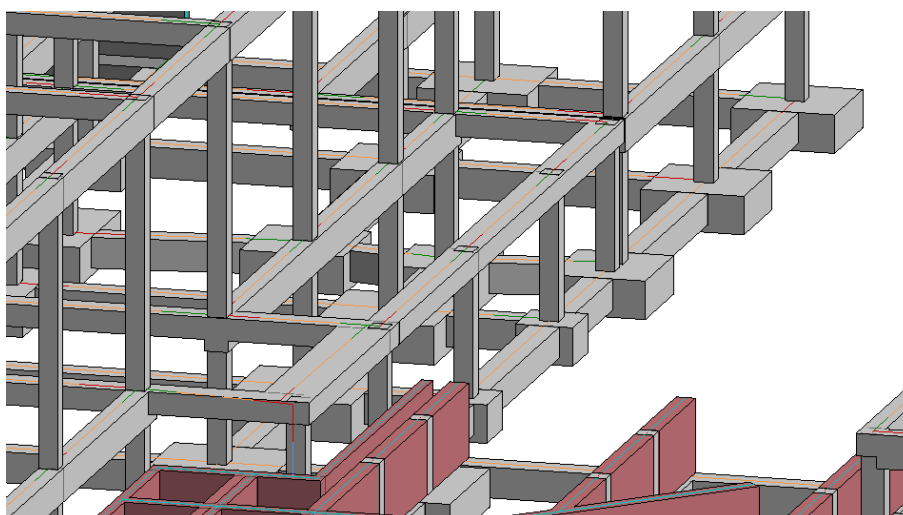


Ilustración 69 – Vista 3D de los pilares que van hasta la altura de forjado de planta baja de zona administrativa

Cabe destacar que, comparado con los pilares arquitectónicos, los pilares estructurales tienen más propiedades como puede ser la elección del material estructural o propiedades con respecto a la estructura como pueden ser los recubrimientos o si se necesita activar su modelo analítico. Todo esto se observa en la ilustración 70 a continuación.

En dicha imagen se pueden ver todas las opciones del pilar estructural:

- Marca de ubicación del pilar: Ubicación en coordenadas de las rejillas (según se haya nombrado a las rejillas). Sirve para poder nombrar los pilares.
- Nivel base: Cota desde la que parte el pilar estructural y su modelo analítico.
- Desfase de base: Distancia que se puede cambiar para ubicar el pilar a una cota distinta a la del nivel de base, teniendo éste como referencia. Es útil porque hay algunas cotas que no merecer la pena tener niveles y son necesarias porque pueden partir desde ahí algunos pilares.
- Nivel superior: Cota final del pilar y su modelo analítico.
- Desfase superior: Mismo concepto que el de desfase de base.
- Material estructural: Material del que está compuesto el pilar. En el caso de este proyecto, pilares de hormigón.

- Apartados de estructura: Dependiendo si el pilar estructural es de perfil de acero o es de hormigón se observarán apartados distintos. En el caso de un perfil de acero se pueden elegir las conexiones de base y de parte superior del pilar y en el caso de hormigón se observa en la ilustración 70 que se puede modificar los recubrimientos de armadura de las caras.

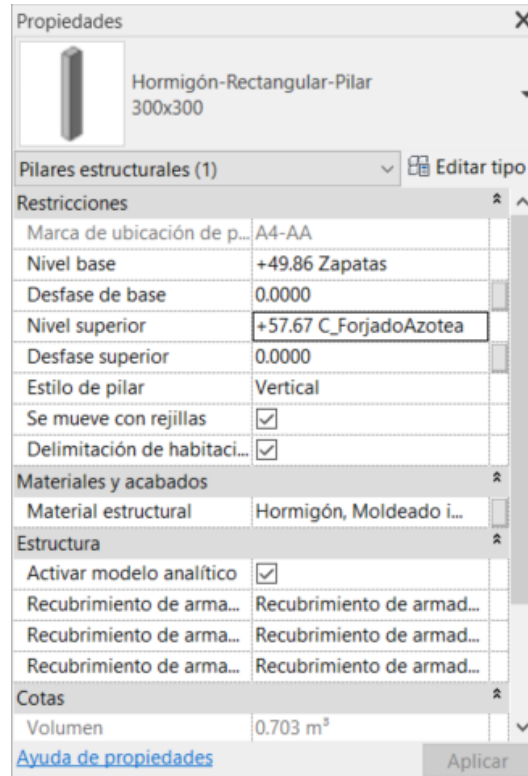


Ilustración 70 – Propiedades de pilar estructural

En la ilustración 71 se observa como quedan los pilares situados conforme a las rejillas y en la ilustración 72 como es el resultado de los pilares con el proyecto arquitectónico subyacente.

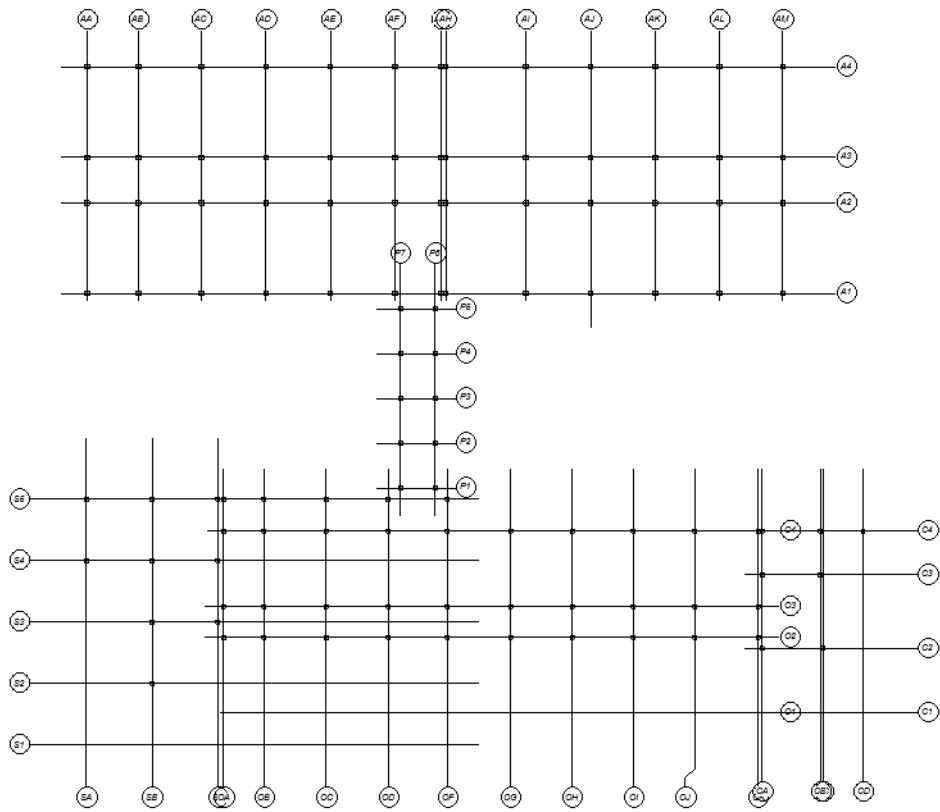


Ilustración 71 – Rejillas con Pilares estructurales sobre ellas

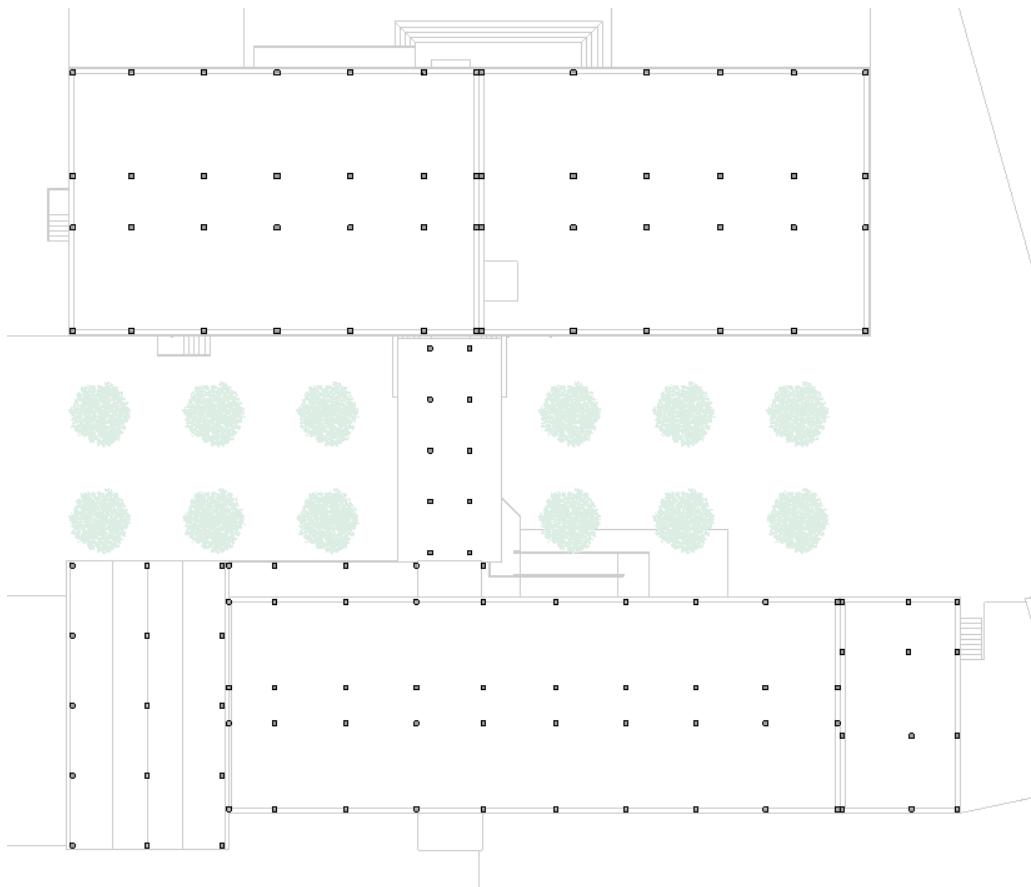


Ilustración 72 – Resultado de la colocación de los pilares con el proyecto arquitectónico subyacente

El resultado final se puede observar en la ilustración 73, la cual se ha realizado después de realizar otros pasos como son los de realizar el muro de contención, pero esto sirve para poder ver que aunque esté el muro de contención, el modelo analítico del pilar sigue llegando hasta la cimentación, donde se encuentra la unión con la zapata.

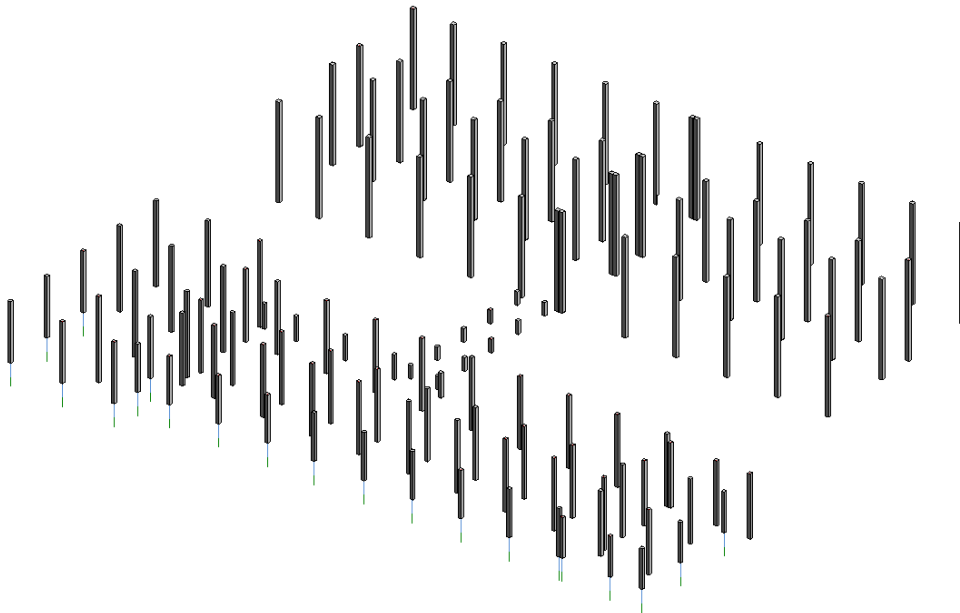


Ilustración 73 – Resultado en vista 3D del posicionamiento de los pilares en el proyecto

3.1.5 Cimentación

En este apartado se procede a realizar la cimentación y todo lo que ello conlleva, con las zapatas, muro de contención y las vigas de atado. Una vez terminado este apartado se podrá observar todo el cuerpo estructural general del proyecto. Para trabajar con la cimentación se tiene a cota a 49,86 el nivel “+49,86 Zapatas”.

3.1.5.1 Zapatas

Como ya se ha comentado en la memoria descriptiva, el tipo de cimentación depende del estudio geotécnico. Con los resultados obtenidos y expuestos anteriormente en la memoria descriptiva se requerirá por tanto 1,62 de profundidad sobre el forjado para forjado sanitario con cámara de aire.

3.1.5.2 Muro de contención

Debido a la profundidad sobre el terreno de las cimentaciones para tener un forjado sanitario, será necesario tener en algunos tramos de la estructura un muro de contención que tendrá unas fuerzas de empuje debido al terreno. Este muro de contención se ha calculado previamente en la memoria de cálculo estructural.

Para crearlo en revit, simplemente se crea un muro estructural con una altura que va desde el nivel de la base que es el de la cimentación a cota +49,86 hasta el nivel del forjado de planta baja a cota +51,77.

3.1.5.3 Vigas de atado

Estos elementos estructurales están hechos también de hormigón con sus armaduras para unir las zapatas de cada pilar del proyecto, con el objetivo de absorber las acciones horizontales que pueda sufrir la construcción. Para realizar la unión de estas zapatas se ha recurrido al proyecto original en el que se ha copiado los perfiles de estas vigas para el modelo que se está realizando en revit. La forma en la que se ha ejecutado esto

correctamente ha sido, como en otras ocasiones, importando el CAD referente a las cimentaciones del proyecto real.

El requerimiento de la norma para colegios en la Comunidad autónoma de Andalucía es el de que las cimentaciones internas solo tienen que estar atadas en una dimensión pero se escogió en el modelo real que estuviesen atadas en las dos direcciones por requerimientos de los proyectistas.

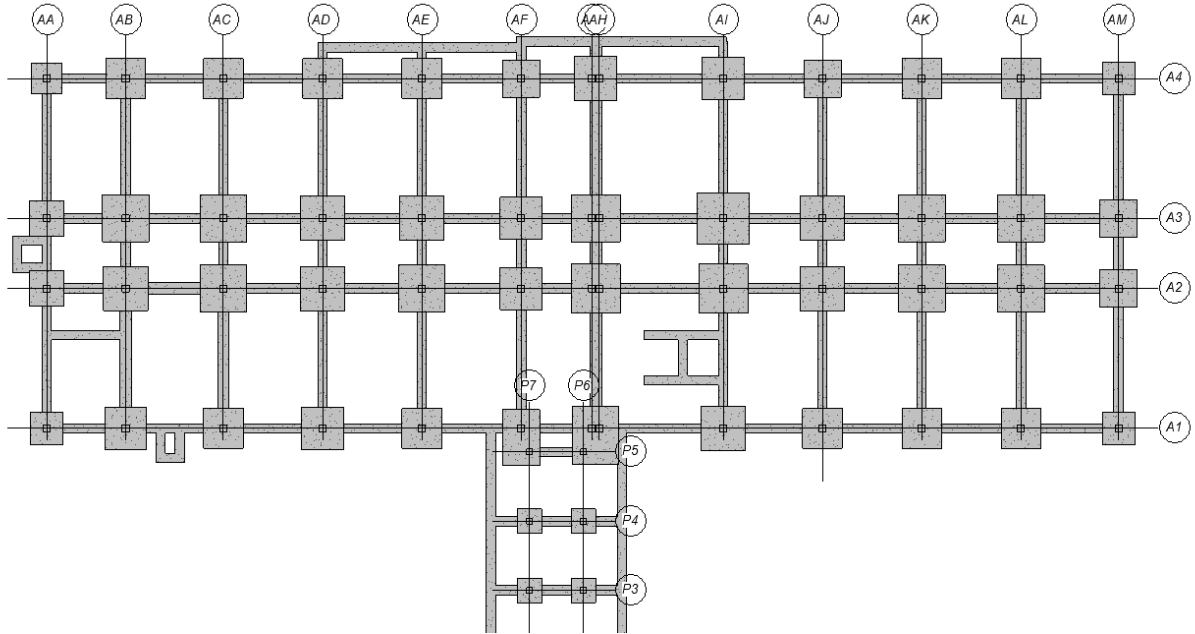


Ilustración 74 – Vista en planta de la cimentación del Aulario y suentrada desde el patio

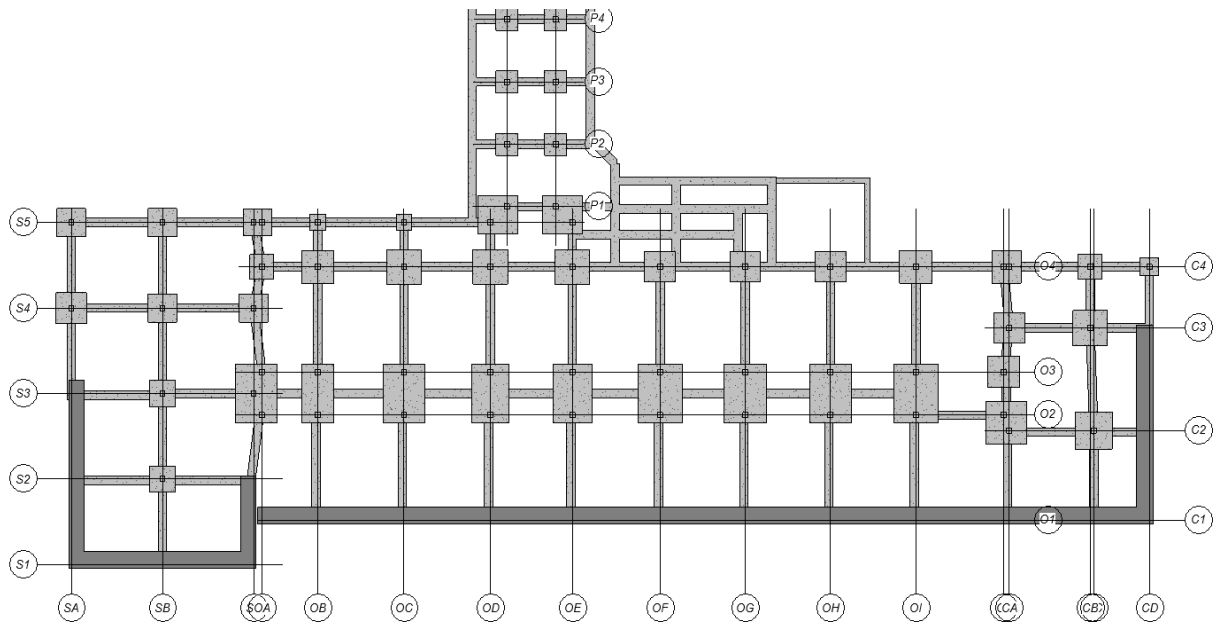


Ilustración 75 – Vista en planta de la cimentación de la zona administrativa y salida al patio

3.1.6 Armazón estructural

El posicionamiento del armazón estructural es el siguiente paso importante a realizar para ir completando el modelo estructural del proyecto. En el modelo estructural se ha escogido situar las vigas de la misma forma que se hizo con los muros en el proyecto arquitectónico, es decir, importando el CAD del proyecto real y colocándolo sobre los pilares ya colocados y bocetando las vigas sobre esta. En este CAD también está el tipo de perfil que tiene cada viga, teniendo que crear dentro de la familia de vigas de hormigón las diferentes dimensiones de los mismos.

Estas vigas creadas tendrán diferentes usos, desde vigas de atado como vigas de carga.

En los casos del proyecto en los que hay que salvar una luz mayor, en el proyecto original se optó por utilizar vigas descolgadas con un mayor perfil para soportar las cargas y que hubiese un menor desplazamiento, por lo tanto también se ejecutará de la misma forma en este proyecto estructural. Estas vigas descolgadas están situadas en todos los forjados y son las vigas de carga de los forjados y las cubiertas que tienen una mayor luz a salvar, como ya se ha comentado. En la ilustración 76 se muestra como las vigas descolgadas de la zona administrativa son las que tienen una mayor luz y la del pasillo no es descolgada.

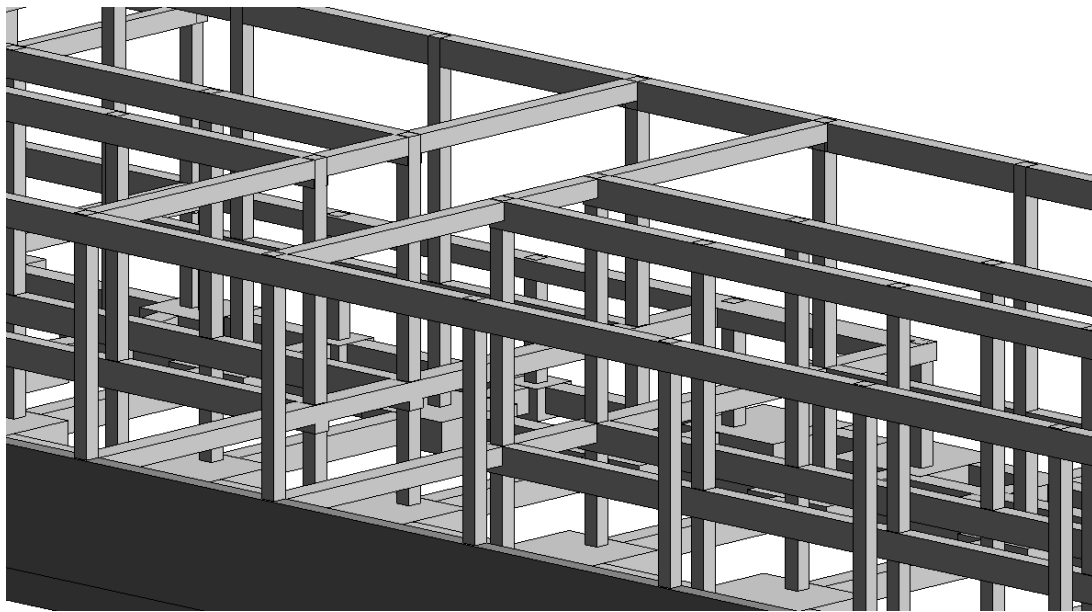


Ilustración 76 – Vista 3D de las vigas de la zona administrativa

3.1.6.1 Forjados

Los forjados del proyecto real son forjados unidireccionales en el que soportan la carga o bien muros de carga o vigas de carga. Estos elementos estructurales soportan la carga de todo el forjado, que será repartida por viguetas unidireccionales con bovedillas cerámicas.

Los elementos estructurales que se crearán y mostrarán en revit son únicamente las vigas para así tener claro las cotas y el esqueleto del forjado, quedando fuera del modelo físico estructural de revit las viguetas para simplificar el modelo y que se pueda observar de manera más fácil y limpia.

En la memoria de cálculo estructural ya se calculó las cargas lineales que soportarán estas vigas en los casos de carga, también simplificando los cálculos de cargas estructurales para no tener que tener en cuenta cada vigueta.

Dentro de estos cálculos se identificó por el proyecto real la dirección de las viguetas para el reparto de las cargas, y ahora en el modelo de revit se tiene que tener en cuenta visualmente estas viguetas, quedando los resultados de vista en planta para todos los forjados que se muestran a continuación:

3.1.6.1.1 Forjado de la planta baja del Aulario

Este forjado tiene la peculiaridad de que son muros de carga los que soportan el peso del forjado, siendo estos los longitudinales, ya que las viguetas tienen la dirección este-oeste del proyecto. Otras de las peculiaridades de este forjado son los muros para las rampas y entradas al aulario y del hueco provocado por la sala de mantenimiento y del ascensor, que está a cota del terreno. Por último es necesario comentar que una de las peculiaridades de este forjado no es otra que la de las vigas que están situadas para soportar el peso de las escaleras.

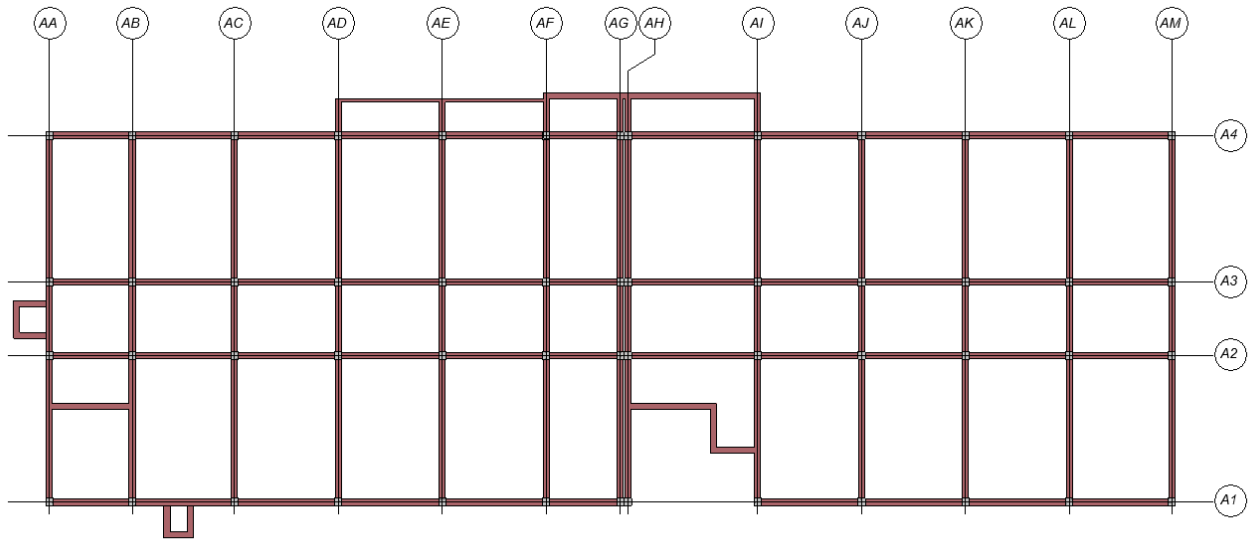


Ilustración 77 – Vista en planta del forjado de la planta baja del Aulario

Ante la posterior imposibilidad de realizar correctamente un estudio de las cargas, se eliminan las muretas y estas serán introducidas como una carga adicional sobre las vigas de atado de las zapatas.

3.1.6.1.2 Forjado de la planta primera del Aulario

En este caso, respecto al anterior de la planta baja del Aulario se muestran bastantes cambios y alguna similitud, entre ellas la separación AG-AH debido a la junta de dilatación. Al igual que en la planta baja, también se cuenta con las vigas que soportarán las escaleras y las viguetas tienen la misma dirección por lo que las vigas de carga son las longitudinales.

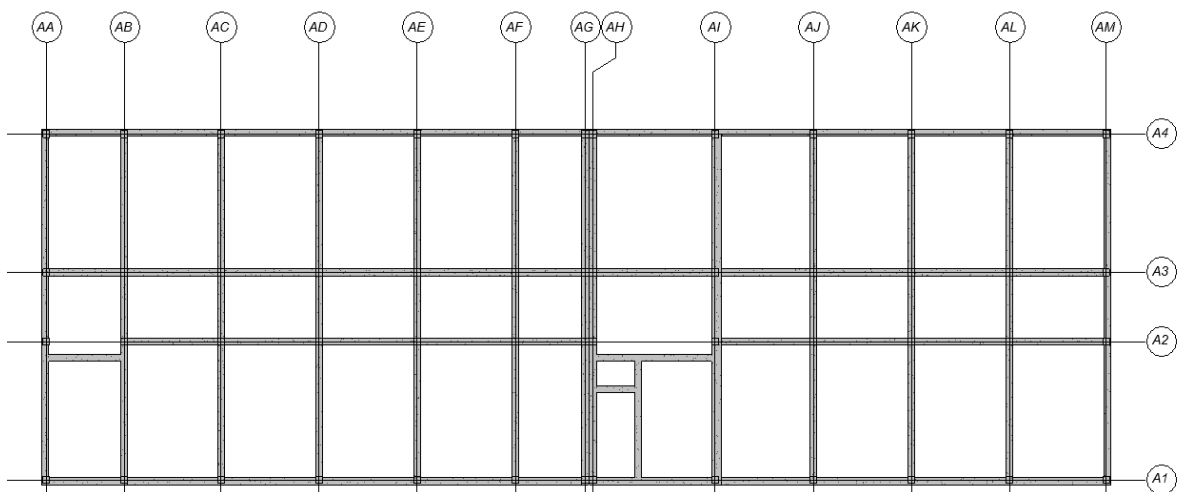


Ilustración 78 – Vista en planta del forjado de la planta primera del Aulario

3.1.6.1.3 Forjado de la planta baja de la zona Administrativa

Por partes, este forjado se contempla con más diferencias entre las áreas que lo componen. Por un lado, la casa del conserje tiene unas vigas de carga en dirección longitudinal y por lo tanto las viguetas serán transversales. Esta dirección de las viguetas también es la misma en el pasillo principal de entrada del colegio, pero solo en esa zona en concreto, ya que tanto en el salón de actos como toda la zona administrativa excepto el pasillo, las viguetas tienen una dirección longitudinal (dirección norte-sur) y por tanto las vigas de carga son las transversales (S1-S5, O1-O4).

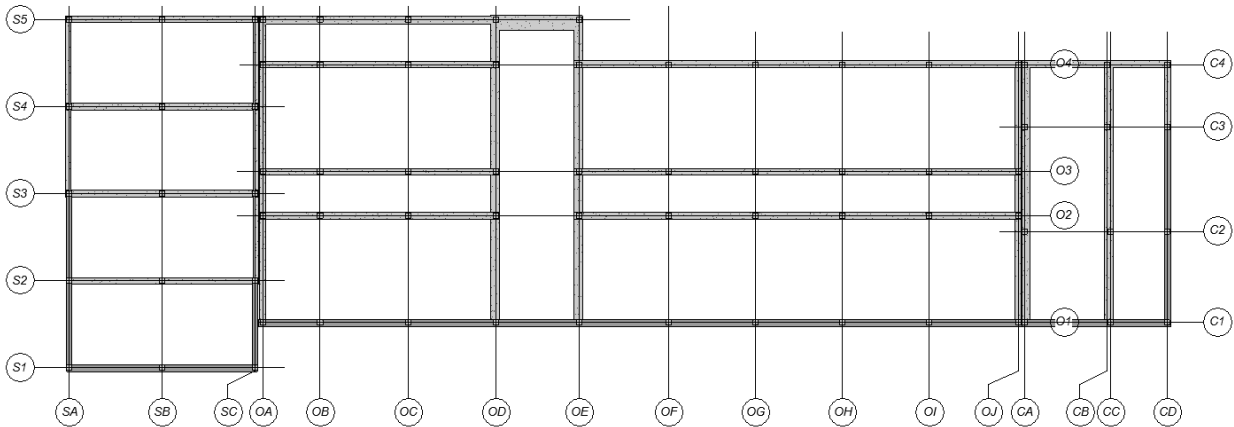


Ilustración 79 – Vista en planta del forjado de planta baja de la zona Administrativa

3.1.6.2 Cubiertas

Excepto la cubierta del salón de actos, todas las demás cubiertas tendrán el mismo comportamiento y son similares a los forjados anteriormente comentados. Las cubiertas de cada zona son:

3.1.6.2.1 Cubierta del Aulario

Esta cubierta, al igual que los forjados del aulario, tendrá unas viguetas en dirección transversal, siendo las vigas de carga las vigas (AA-AM) con la única peculiaridad de las vigas que soportan los muros del hueco del ascensor.

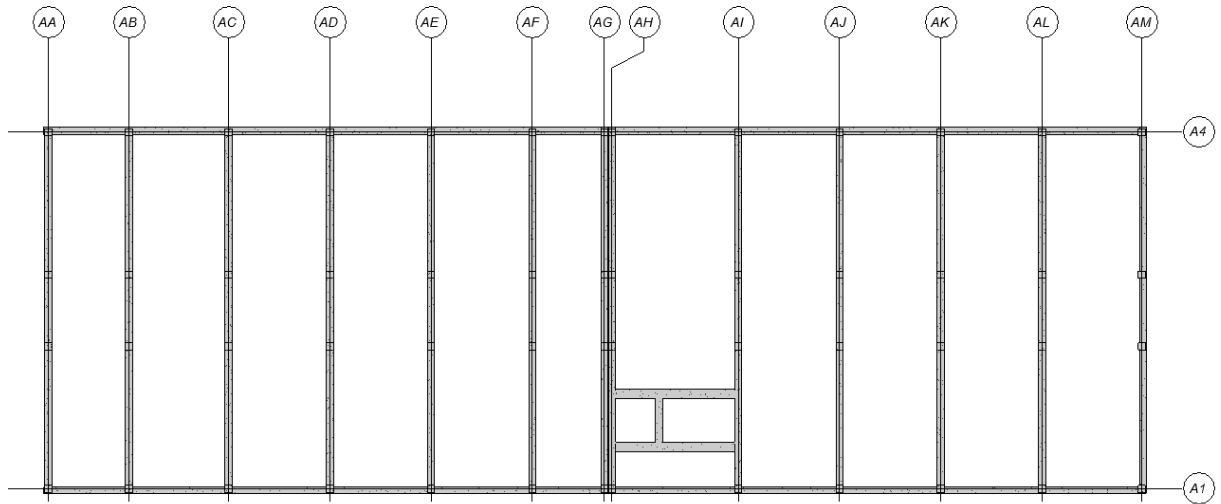


Ilustración 80 – Cubierta del Aulario

3.1.6.2.2 Cubierta de la Zona Administrativa

Esta cubierta se comporta exactamente igual que el forjado de planta baja de esta zona, que como ya se ha comentado, tiene la peculiaridad del pasillo.

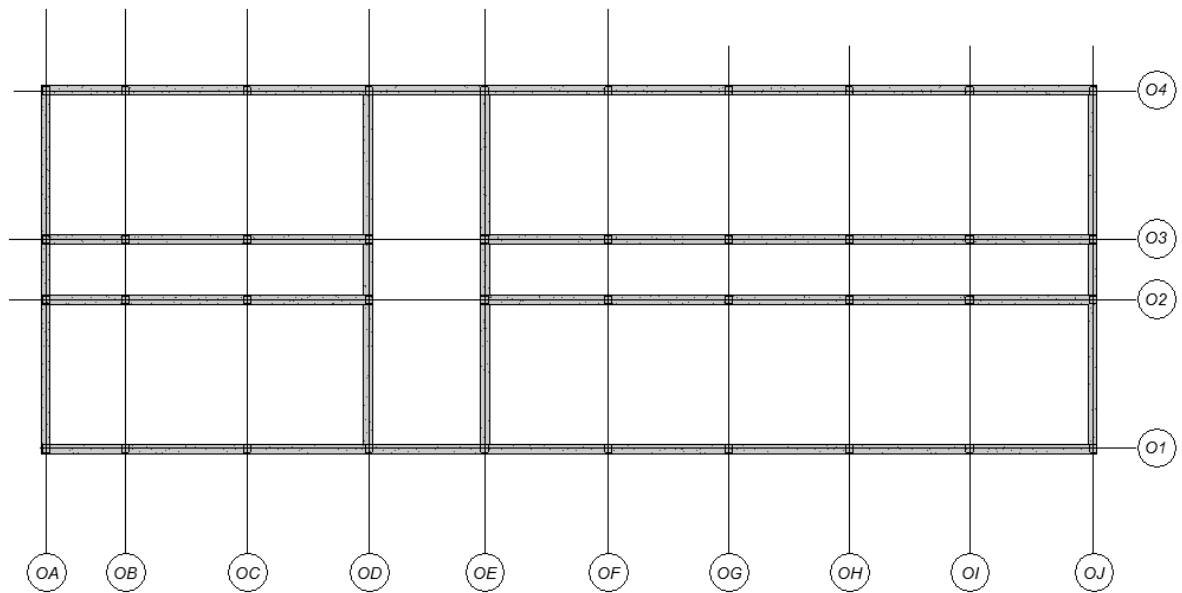


Ilustración 81 – Cubierta del edificio administrativo

3.1.6.2.3 Cubierta de la Casa del Conserje

Esta cubierta se comporta exactamente igual que el forjado de esta zona, quedando el siguiente resultado:

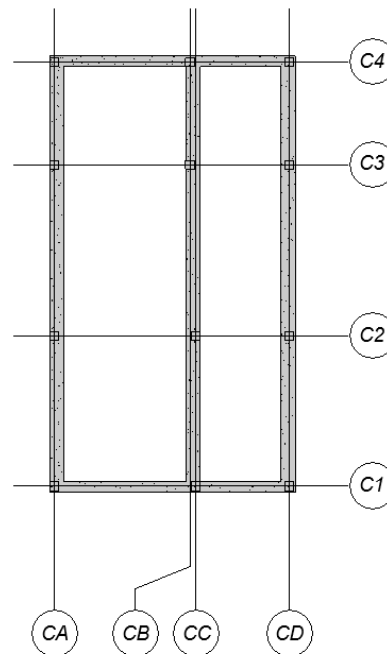


Ilustración 82 – Cubierta de la casa del conserje

3.1.7 Apoyos

Una vez definida toda el entramado de la estructura y la cimentación se tiene que proceder a definir los apoyos en Revit. El apoyo es una condición de contorno la cual se define como un sistema que restringe movimientos, generando unos esfuerzos y reacciones en los elementos que componen el apoyo. En el proyecto se ubican estas uniones entre los elementos estructurales o entre los elementos estructurales y el terreno.

Existen los siguientes tipos de condiciones de contorno para aplicar en Revit [8]:

- Condición de contorno de punto: aplicada en un punto en concreto del modelo analítico, las condiciones de contorno para un punto son las de empotramiento, que impiden todas las traslaciones y rotaciones, articulación, que impide todas las traslaciones pero permite todas las rotaciones y articulación deslizante, que solo impide la traslación en una o dos direcciones y deja libre tanto las otras direcciones de traslación como las rotaciones.
- Condición de contorno de línea: En este caso se aplica sobre una línea 2D como podría ser un pilar, existiendo dos tipos de condición de contorno para este caso: El empotramiento, que impide todas las traslaciones y la rotación, y la articulación que impide todas las traslaciones pero permite la rotación respecto a una dirección.
- Condición de contorno de área: En este caso solo existe la posibilidad de articulación para impedir todas las traslaciones.

Para añadir una condición de contorno en revit, se debe escoger un soporte de la estructura y abrir el modelo analítico para posteriormente en la interfaz superior de analizar, se escoja la opción “condiciones de contorno” (ilustración 83), y seleccionando el soporte elegir la condición de contorno oportuna.

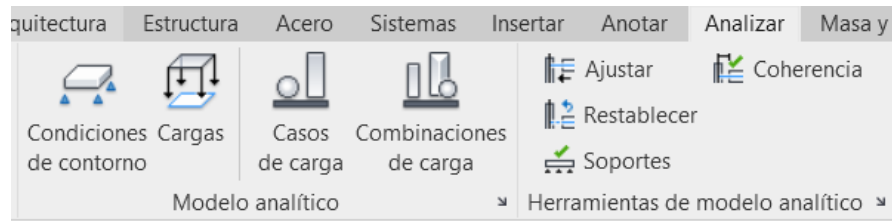


Ilustración 83 – Interfaz “Analizar” en revit

Este modelo analítico mencionado anteriormente es la representación 3D simplificada de la descripción de ingeniería completa de un modelo físico estructural. El modelo analítico está formado por los componentes, la geometría, las propiedades de los materiales y las cargas estructurales que constituyen un sistema de ingeniería [9].

Este modelo analítico se crea en paralelo al modelo estructural, teniendo una vista 3D en el navegador de proyectos siempre disponible para poder verlo. Un ejemplo que proporciona autodesk es el que se muestra en la ilustración 84.

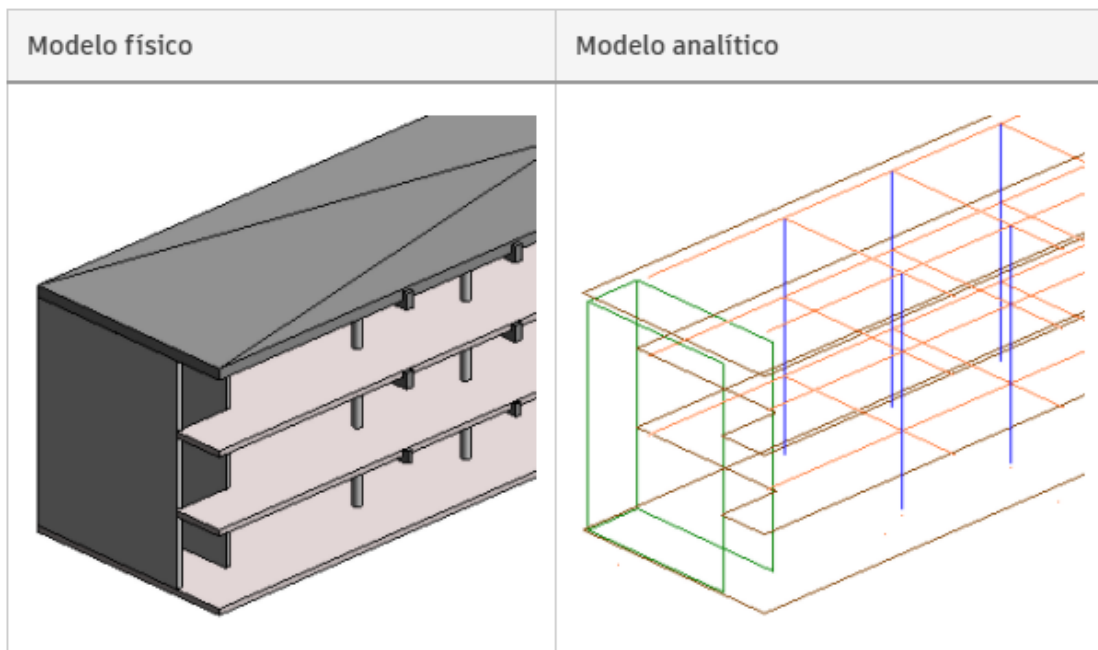


Ilustración 84 – Modelo físico y modelo analítico creado a partir de él [9]

El modelo analítico que se crea en paralelo a todos los pasos realizados previamente en el modelo físico es el que se muestra en la siguiente ilustración 85:

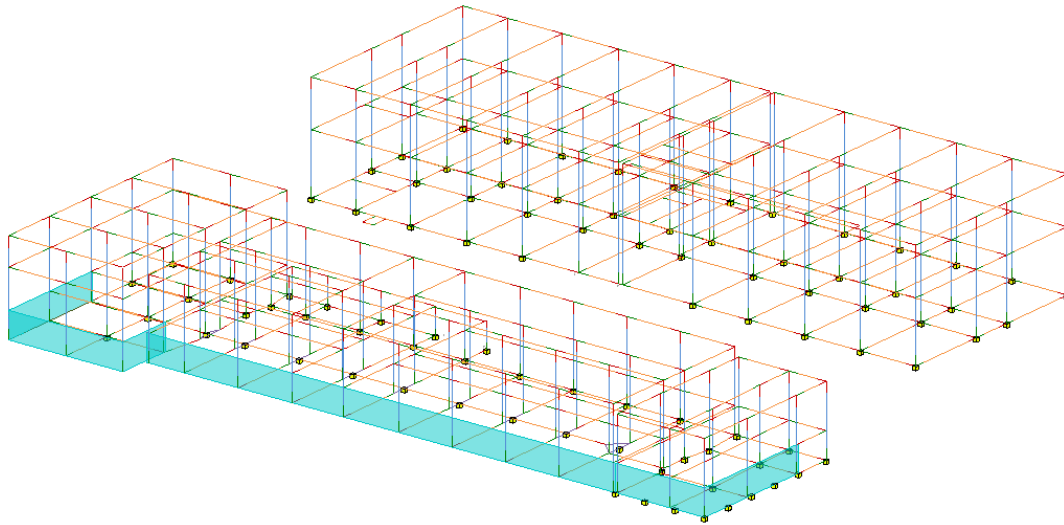


Ilustración 85 – Modelo analítico formado a partir de la creación del modelo estructural

Este modelo analítico al crearse sus uniones y su situación espacial, no tiene porque ser la correcta. Es por ello que se revisa en este modelo todos los nudos y todos los ejes sobre los que las vigas analíticas y pilares analíticos están situados, todo esto a través de la herramienta de propiedades de los propios elementos, los cuales permiten situar los puntos inicial y final en determinado nivel y rejillas, como se ilustra a continuación.

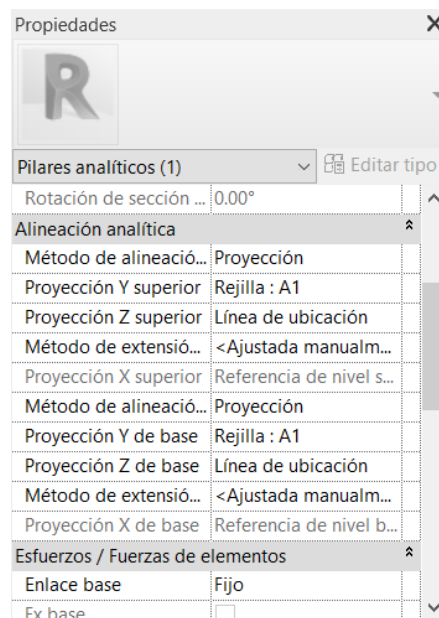


Ilustración 86 – Panel de propiedades de alineación analítica de pilares y vigas

Tras establecer correctamente todo el modelo analítico, se procede a comprobar los nudos y uniones de toda la estructura. Para ello se creará un filtro dentro de las opciones de modificaciones de visibilidad de la vista 3D analítica en la que se añaden los nodos analíticos conectados con un color verde y los no conectados con un color rojo para de esta manera ver visualmente bien el resultado en el modelo analítico, hasta conseguir todos los nodos en color verde.









Categorías de modelo								Categorías de anotación		Categorías de modelo analítico			Categorías importadas		Filtros		Vínculos de Revit	
Nombre	Visibilidad	Proyección/Superficie			Corte		Tramado											
		Líneas	Patrones	Transparen...	Líneas	Patrones												
Nodos analíticos conecta...	<input checked="" type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>										
Nodos analíticos no con...	<input checked="" type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>										

Ilustración 87 – Ventana de edición de filtros

El resultado final es el que se muestra en la siguiente ilustración tras activar el modo de ajuste del modelo analítico:

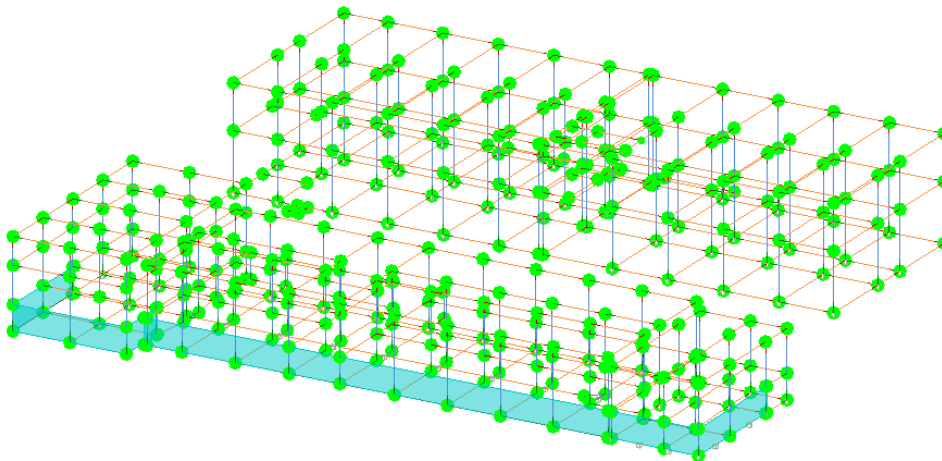


Ilustración 88 – Visualización en la herramienta ajustar modelo analítico

En la memoria se ha comentado el uso de muretas y que finalmente no estarían en el modelo estructural debido a que en el modelo analítico se mostraba erróneamente y porque no son como tal elementos estructurales. Por lo tanto se ha decidido sustituir las muretas por su carga lineal en las vigas de atado y todas las acciones del forjado de la planta baja del aulario irán directamente a las vigas de carga de cimentación. Se considera una carga de las muretas de $2,5 \text{ kN/m}^2$ y como cuentan con una altura de 1,72 metros, la carga lineal será de $4,3 \text{ kN/m}^2$.

Por último es necesario comentar como se ha procedido finalmente con las zapatas y los empotramientos de las mismas.

En el proyecto real existen zapatas aisladas, de corrido y combinadas pero se opta por simplificación y por comodidad en la ejecución del modelo analítico por tener solo zapatas aisladas con una pequeña viga de atado entre ellas como sustitución de las combinadas.

Una vez realizado todo esto, se debe de imponer las condiciones de contorno de empotramiento en los nudos correspondientes a la unión de la zapata con el pilar. Esto se realiza desde la interfaz superior de analizar- Condiciones de contorno, en las que el menú te otorga diferentes opciones de condiciones de contorno: Condición de contorno de punto, línea y área.

Se selecciona en este proyecto para todas las zapatas la condición de contorno de punto “fijo”, realizando un empotramiento y de igual manera se realiza una condición de contorno de línea “fijo” para todas las zapatas corridas que están la zona de los muros de contención.

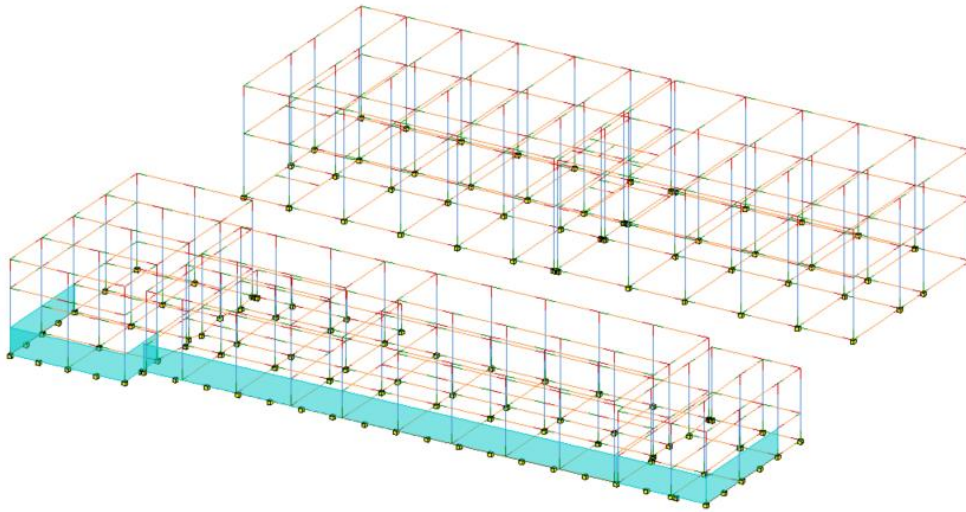


Ilustración 89 – Modelo analítico con las condiciones de contorno impuestas

En la ilustración 89 se muestra el resultado final de la vista 3D tras aplicar las condiciones de contorno, que se muestran como un cubo amarillo para detectar fácilmente si en algún punto no se ha aplicado la condición de contorno correctamente.

3.1.7.1 Solución para las zapatas

Es necesario aclarar que durante el transcurso de la elaboración de este proyecto, a la hora de realizar los puntos de aplicación de las cargas y de exportación a robot, debido a diversos problemas se decidió eliminar todas las zapatas combinadas a excepción de las de las juntas de dilatación, que se mantienen y se realizarán así en Robot, proceso que más adelante en esta memoria se explicará en detalle.

En la siguientes ilustraciones 90 y 91 se muestra el cambio que se ha elegido para las zapatas.

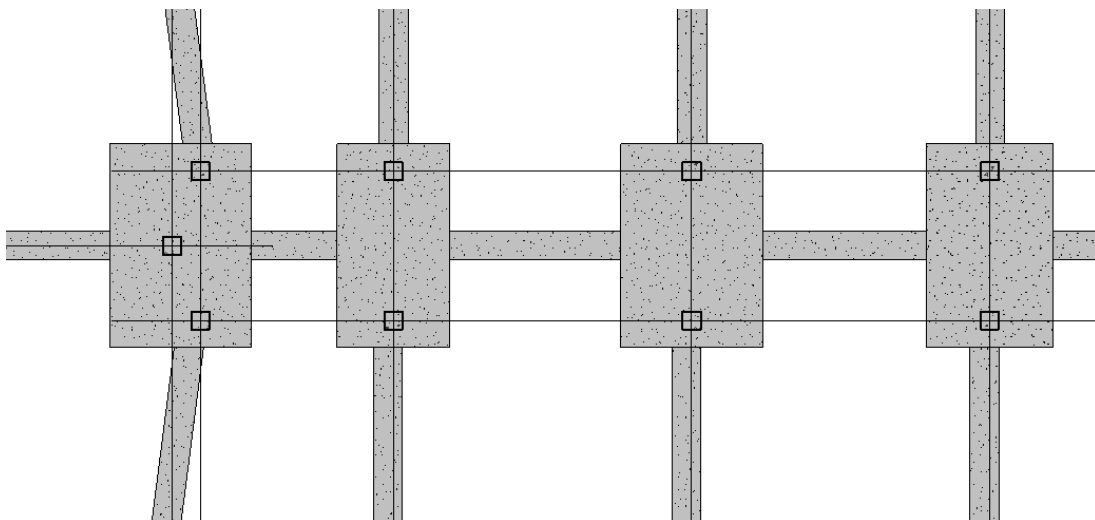


Ilustración 90 – Vista en planta de la versión de las zapatas del proyecto real

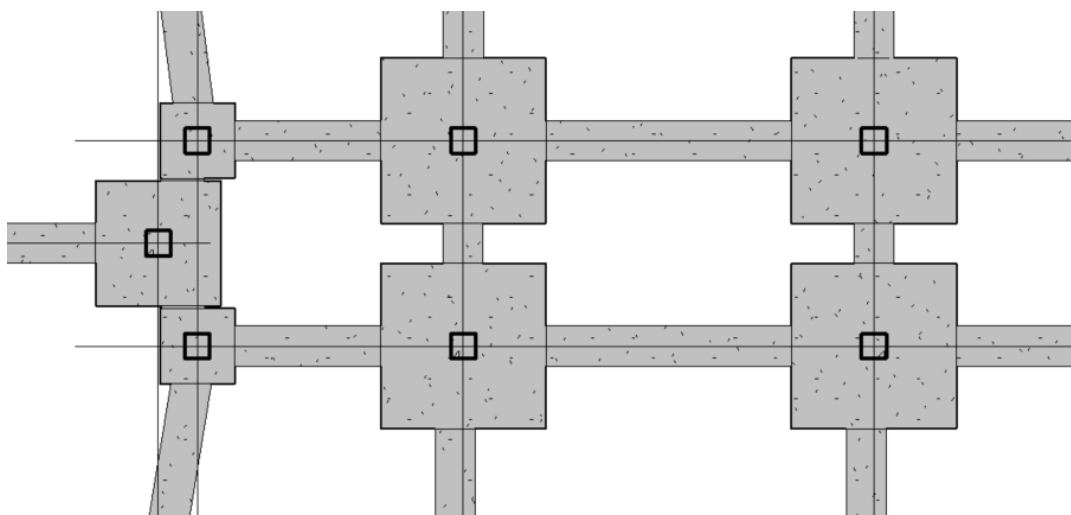


Ilustración 91 – Vista en planta de la solución propuesta para realiarle el análisis estructural

3.1.8 Introducción de cargas en Revit

El último paso a realizar en Revit antes de exportar el modelo a Robot para hacer el análisis estructural es el de aplicar las cargas a las que la estructura está sometida, cuyos valores ya han sido calculados previamente en la memoria de Cálculo estructural.

Las cargas se aplicarán desde el modelo analítico comentado anteriormente, introduciendo cargas lineales en su mayoría (menos en el muro de contención y sísmicas) ya calculadas en la memoria de cálculo estructural. Las cargas se introducen desde la interfaz de Analizar- Cargas. Al clicar, se despliega el menú de cargas en el que se puede escoger si una carga es hospedada o no (si está ligada al elemento donde se aplica o no) y el tipo de carga a elegir entre puntual, lineal y superficial, pudiendo realizar cargas triangulares o con carga variable para adaptarse a las necesidades de los proyectos.

Cada carga tendrá su naturaleza, las cuales están divididas en este caso entre “muertas”, que son las cargas permanentes, “vivas”, que son las sobrecargas de uso, “vivas de cubierta”, que son las sobrecargas de uso en cubierta, “viento”, que son las cargas de viento, “sísmicas”, que son las cargas sísmicas y “nieve”, referentes a las cargas de nieve.

Estas distinciones y todas las categorías que se mostrarán a continuación servirán para aplicar la normativa del documento básico para la combinación de cargas. Esto se comenta posteriormente en la memoria en la parte referente a Robot.

Las categorías de las cargas que han sido creadas para posteriormente realizar la combinación de cargas son las siguientes:

- PP, Categoría para el peso propio y de naturaleza “muerta”.
- LL(pasillos), Categoría para la sobrecarga de uso en pasillos, de naturaleza “viva”.
- LL(Aulas), Categoría para la sobrecarga de uso en pasillos, de naturaleza “viva”.
- LR1, Categoría para la sobrecarga de uso en cubierta, de naturaleza “viva de cubierta”.
- SNOW1, Categoría para las cargas de nieve, de naturaleza “nieve”.
- Sísmica Norte, Pertenece a la categoría cargas sísmicas y de naturaleza “sísmica”.
- Sísmica Sur, Pertenece a la categoría cargas sísmicas y de naturaleza “sísmica”.
- Sísmica Este, Pertenece a la categoría cargas sísmicas y de naturaleza “sísmica”.
- Sísmica Oeste, Pertenece a la categoría cargas sísmicas y de naturaleza “sísmica”.
- Viento Norte, Pertenece a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.

- Viento Sur, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Este, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Oeste, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Norte I pos, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Norte I neg, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Sur I pos, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Sur I neg, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Este I pos, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Este I neg, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Oeste I pos, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.
- Viento Oeste I neg, Pertenciente a la categoría cargas de viento y de naturaleza “Viento”.

Las cargas aplicadas de forma lineal son sacadas de la memoria de cálculo estructural tomando como hipótesis que siempre es que la carga superficial se transmite sobre las vigas de carga de forma equitativa (50% de luz para cada viga).

A continuación en las siguientes ilustraciones se muestra una vista 3D analítica para cada caso de carga. Esto es importante realizarlo de esta forma y ocultando las demás cargas existentes para poder solucionar posibles errores y para que visualmente se puedan observar las cargas de forma “limpia”, ya que en total se han aplicado un total de más de 1000 cargas.

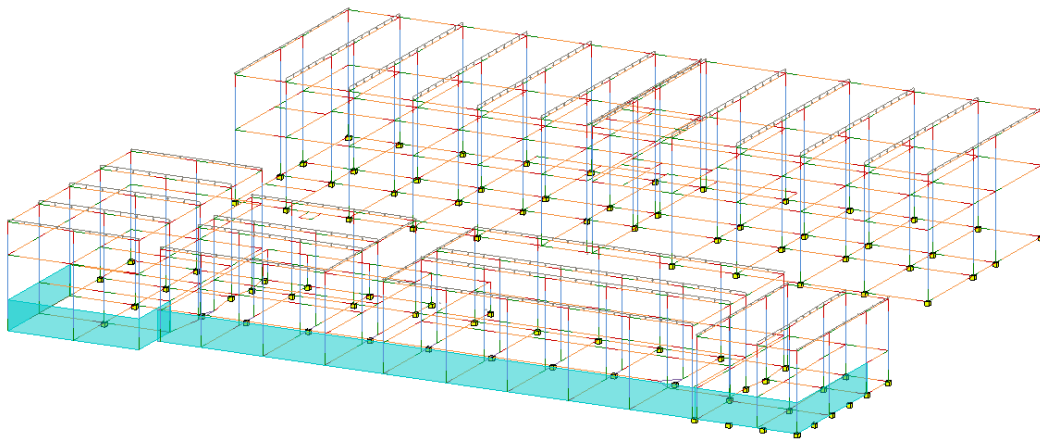


Ilustración 92 – Vista 3D del modelo analítico con las cargas de nieve

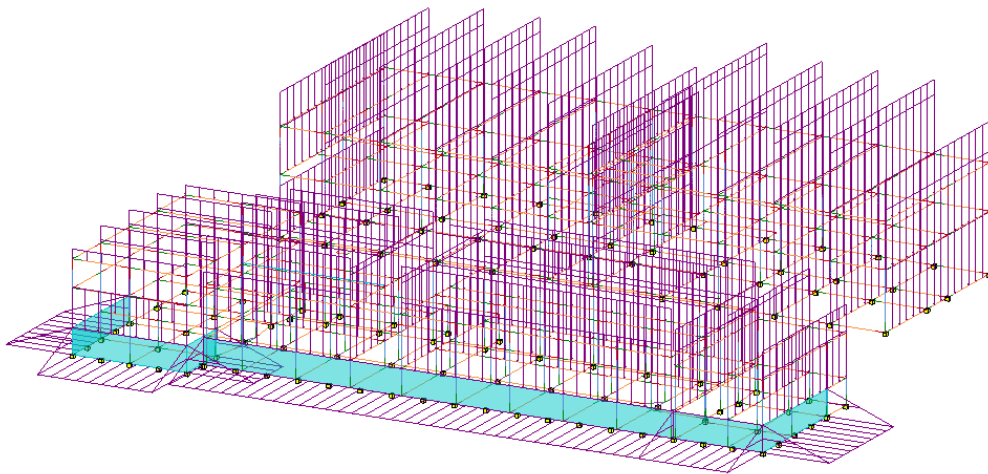


Ilustración 93 - Vista 3D del modelo analítico con los pesos propios (Cargas permanentes)

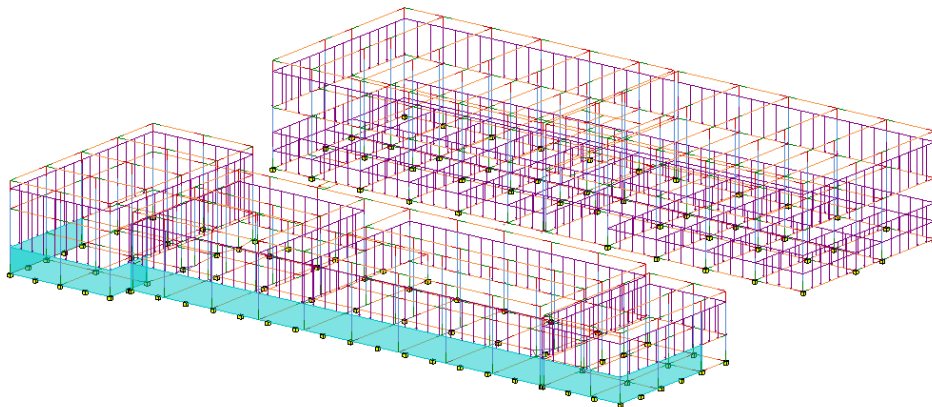


Ilustración 94 – Vista 3D del modelo analítico con las cargas de los cerramientos exteriores

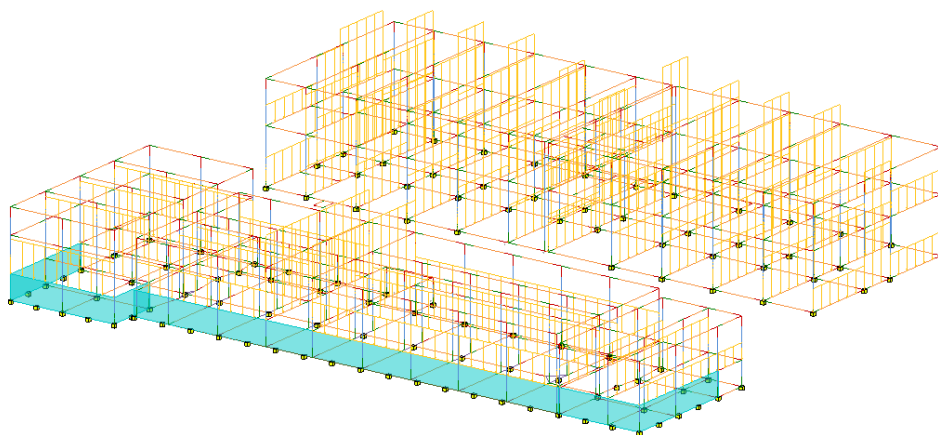


Ilustración 95 - Vista 3D del modelo analítico con las sobrecargas de uso interiores

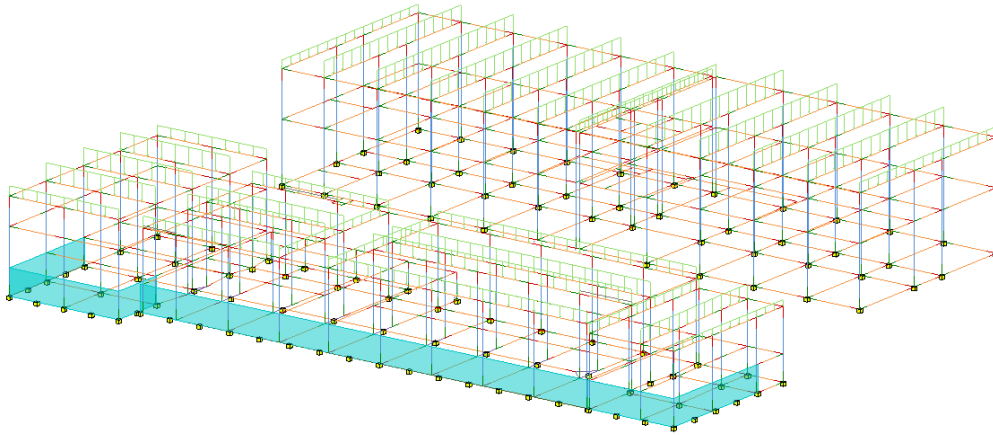


Ilustración 96 - Vista 3D del modelo analítico con las sobrecargas de uso de cubiertas

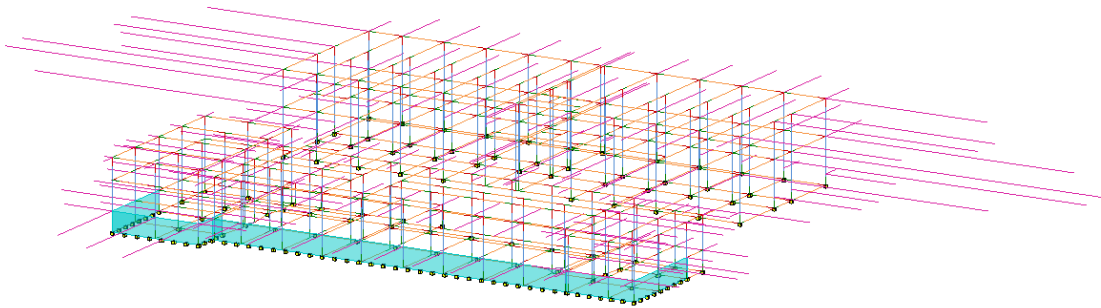


Ilustración 97 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas sísmicas

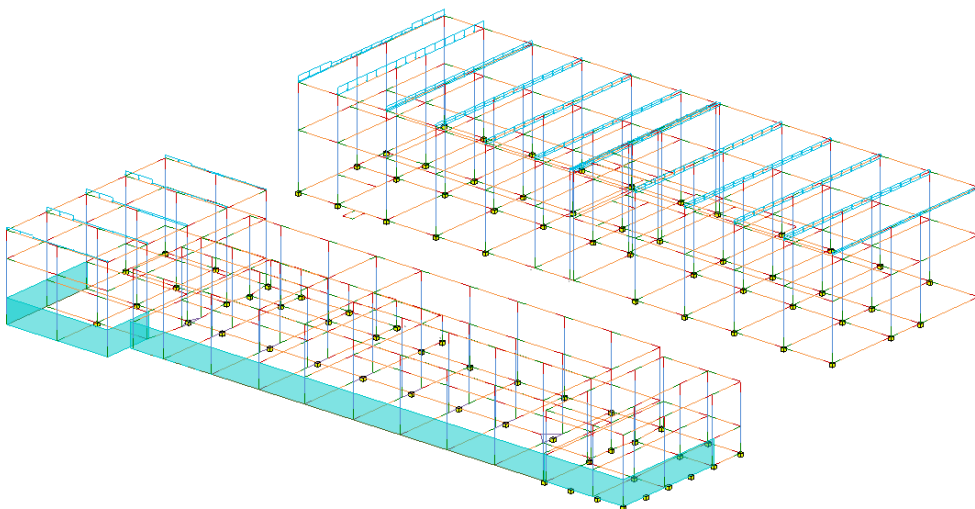


Ilustración 98 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento este sobre cubierta

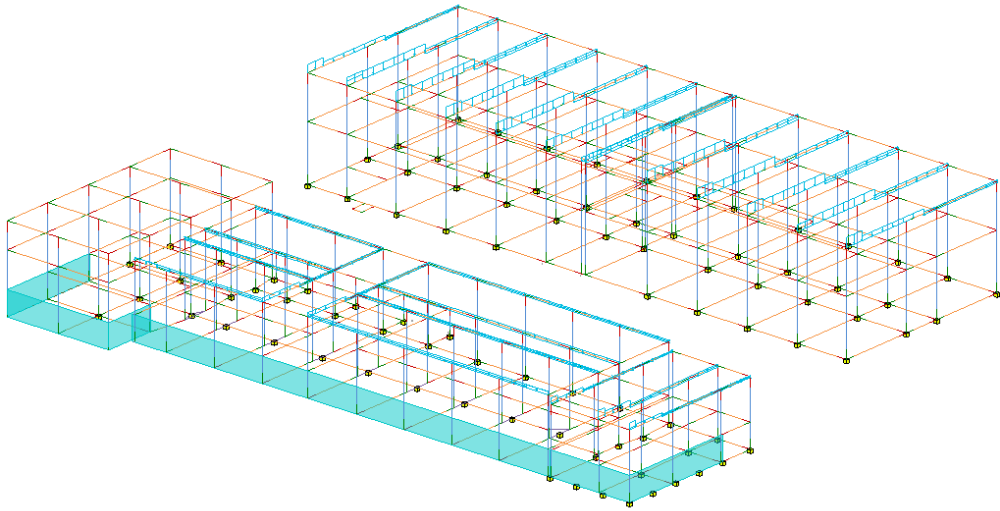


Ilustración 99 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento norte sobre cubierta

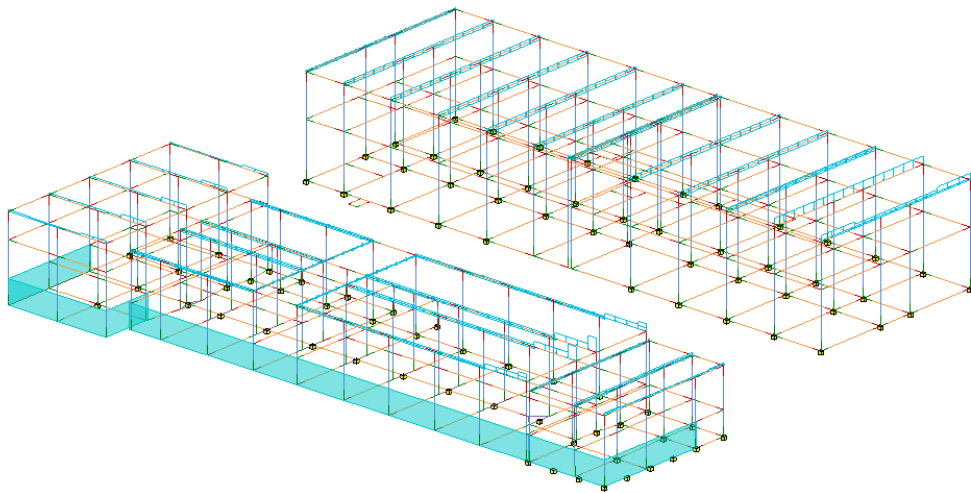


Ilustración 100 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento oeste sobre cubierta

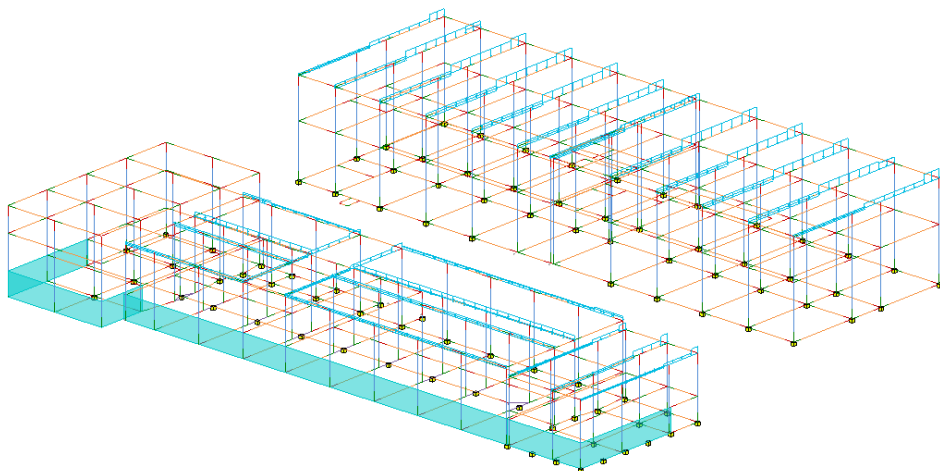


Ilustración 101 Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento sur sobre cubierta

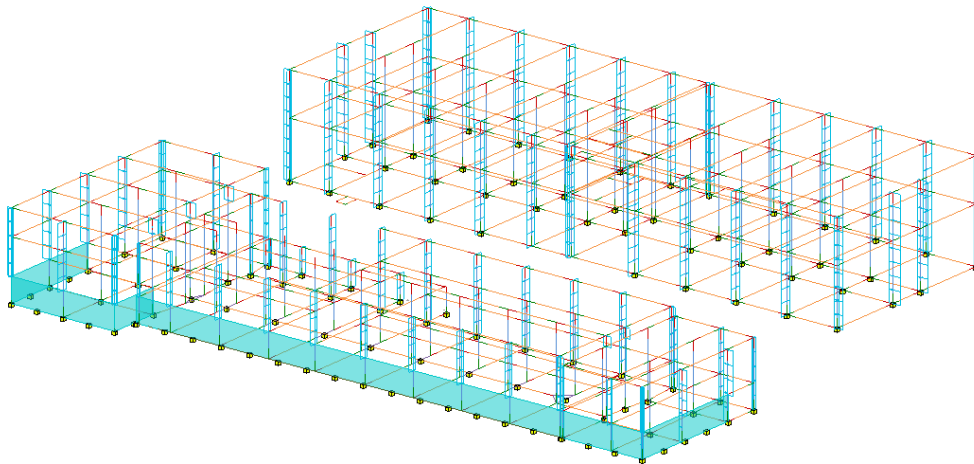


Ilustración 102 - Vista 3D del modelo analítico con las cargas de viento lateral

3.2 Modelo estructural en Robot

Recogiendo todo lo elaborado en el apartado estructural en Revit se exportará a este software para iniciar el análisis de la estructura para sacar de él unos resultados finales así como las armaduras que estarán presentes en la estructura final.

Para ello, en primer lugar se explicará como funciona este software ejemplificando para el proyecto que se está llevando a cabo en esta memoria.

3.2.1 Introducción a Robot Structural

Robot Structural Analysis Professional, conocido como “Robot” a secas, es un software de análisis de carga estructural que verifica el cumplimiento de la normativa y utiliza flujos de trabajo integrados con BIM para intercambiar datos con Revit. Autodesk Robot te puede ayudar a crear diseños más resistentes y construibles que sean precisos, coordinados y conectados siempre a la metodología BIM [10].

Algunas de las características de Robot son:

- Flujos de trabajo integrados con BIM: Intercambia datos con Revit y otras herramientas de diseño (mas adelante te cuento más).
- Simulación de carga de viento: Prueba las cargas de viento durante el diseño para evitar cambios costosos.
- Amplias capacidades de análisis: Prueba el comportamiento de estructuras estáticas, modales y no lineales.
- Malla automática de elementos finitos: Crea una malla de elementos finitos avanzada de alta calidad para obtener resultados de análisis más precisos.
- Estándares de diseño específicos del país: Trabaja con formas de sección específicas del país y normativa de construcción en imperial o métrico para la verificación de normativa.
- API abierta y flexible: Crea estructuras paramétricas personalizadas, extrae resultados directamente y amplía las capacidades de análisis y verificación de código.

Para realizar en este proyecto este software se dispone de una licencia de estudiante otorgada por Autodesk para estudiantes universitarios, utilizando el software de 2020.

3.2.2 Exportación de Revit a Robot

Como ya se ha comentado en las características de este software, se realizan intercambios de datos con otros programas BIM, como entre otros, Revit que es con el que se realiza la exportación. Esta exportación permite una bidireccionalidad de intercambio de datos, pudiendo trabajar en paralelo con ambos softwares.

Con estos dos programas instalados se puede trabajar entre ellos, permitiendo ejecutar el primer paso en Revit que es el de la exportación del modelo a Robot, a través de la pestaña de la interfaz superior “analizar” en la que saldrá a la derecha el icono de Robot.

Una vez se tenga el modelo en Robot también se podrá transferir los resultados obtenidos de los análisis estructurales a otros programas de entorno bim, por ejemplo, de vuelta a Revit, consiguiendo un archivo final más completo como lo que se realizará en este proyecto, en el que las armaduras obtenidas en robot se introducirán de vuelta en revit para conseguir el resultado final de los elementos estructurales una vez ya analizados.

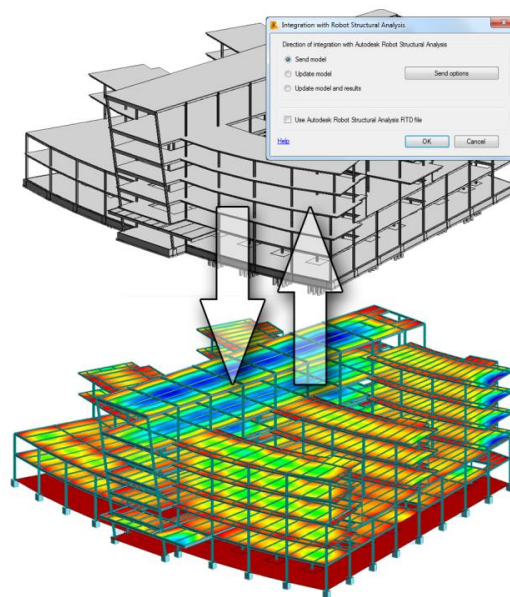


Ilustración 103 – Bidireccionalidad Revit-Robot [11]

Una vez explicado esto se clic en el icono de robot nombrado anteriormente “Robot Structural Analysis” y entre las dos opciones existentes se selecciona la de “Robot structural Analysis Link”. La pestaña emergente que aparece es la que se muestra en la ilustración 104.

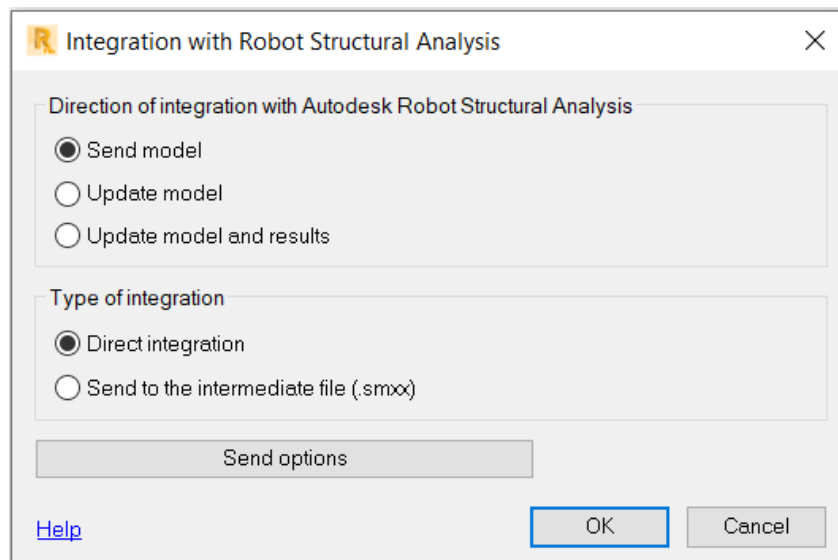


Ilustración 104 – Pestaña de integración con Robot

En esta pestaña se debe escoger entre tres opciones diferentes para el tratamiento de la direccionalidad de los datos con revit y como se quiere trabajar entre los dos programas. Estas tres opciones son:

- Enviar modelo, para poder enviar el modelo de Revit a Robot.
- Actualizar el modelo, que permite actualizar el modelo una vez se han realizado cambios en el Robot.
- Actualizar el modelo y resultados, para actualizar el modelo y los resultados obtenidos del mismo en Robot previamente.

Como en este momento se está ejecutando por primera vez este programa, es necesario escoger la primera opción ya que no hay otra alternativa posible. También se puede realizar esta integración de los programas de dos formas diferentes:

- Integración directa: Para realizar directamente esta integración. Al ejecutarla se abrirá la pestaña de avisos y el programa Autodesk robot.
- Enviar a un archivo intermedio (.smxx), una alternativa para poder realizar la integración mediante un archivo intermedio que se podrá también introducir en otros programas del entorno BIM.

Dentro del apartado de opciones está el decir que nombre tiene el tipo de carga de peso propio y si opcionalmente se quieren exportar uniones de acero u otras opciones.

3.2.3 Proyecto en Robot

Una vez se pulsa “OK” en las opciones de exportación de Revit a Robot, comienza el proyecto en robot. En primer lugar es necesario tener atención en los avisos y advertencias que puedan surgir en la pestaña que se abre al exportar a Robot, por si se produce algún error. En la siguiente ilustración se muestra la ventana de avisos que se produjo en la primera exportación que se hizo en el proyecto.

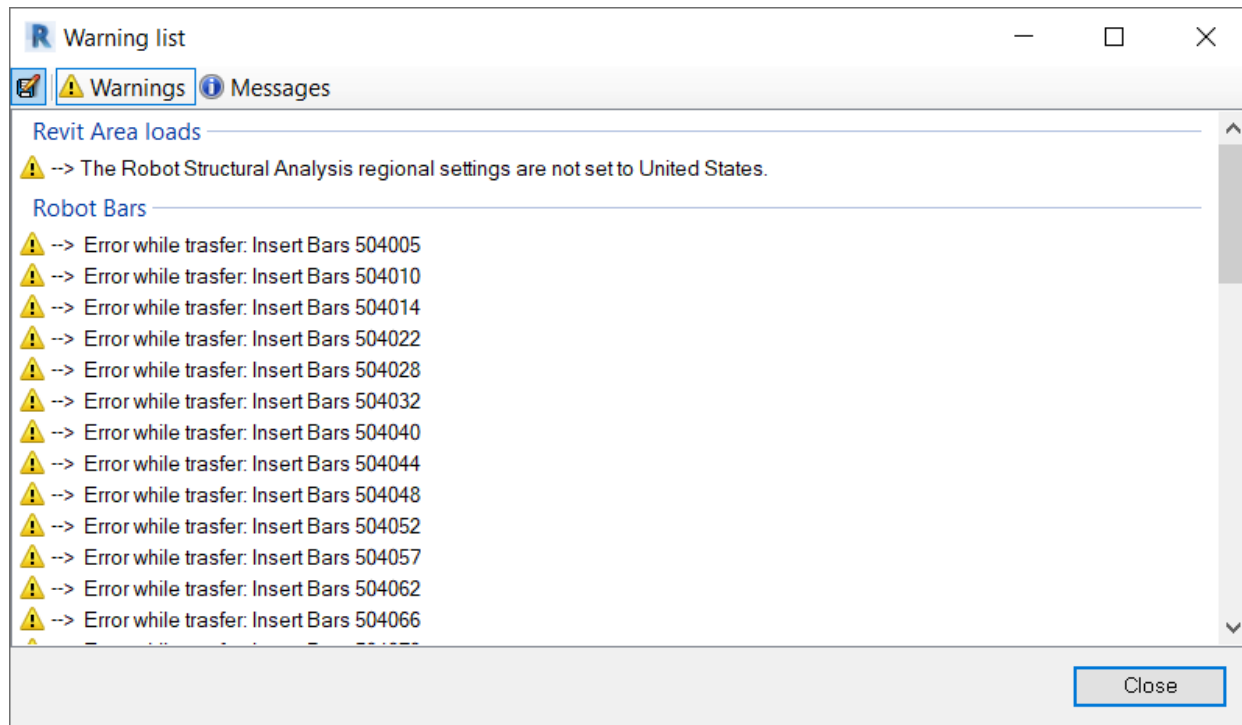


Ilustración 105 – Ventana de lista de avisos de exportación a robot

Durante muchos intentos se realiza una investigación sobre por qué se puede producir este error, no encontrando solución en los foros de autodesk. La solución se encuentra gracias a introducir en el menú de la interfaz superior “Gestionar”- “Consultar”- “Selección elementos ID” e introduciendo todos los números resulta que el warning se refería a vigas mal creadas de longitudes ínfimas (Algunas en Revit de 0,000), casi con total seguridad creadas al realizar el crear viga mediante rejillas.

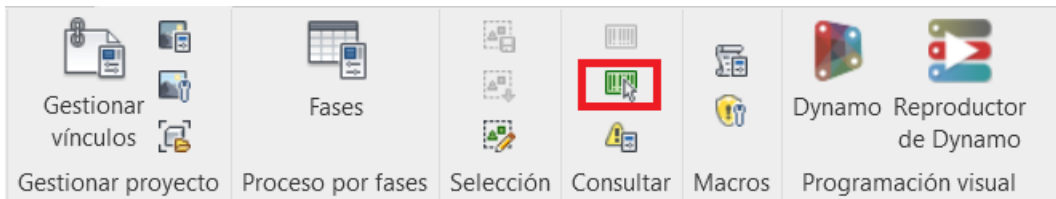


Ilustración 106 – Menú Gestionar – Selección elementos ID en Revit

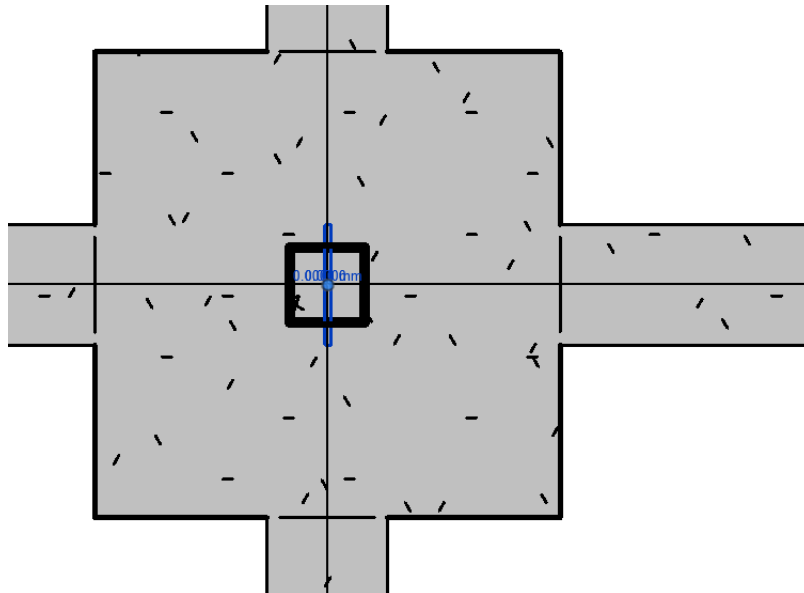


Ilustración 107 – Visión en planta de una de las vigas que provocaban el warning

Una vez borradas todas las vigas que daban error, se vuelve a exportar a Robot, ya solo teniendo el siguiente warning que se puede ver en la ilustración 108.

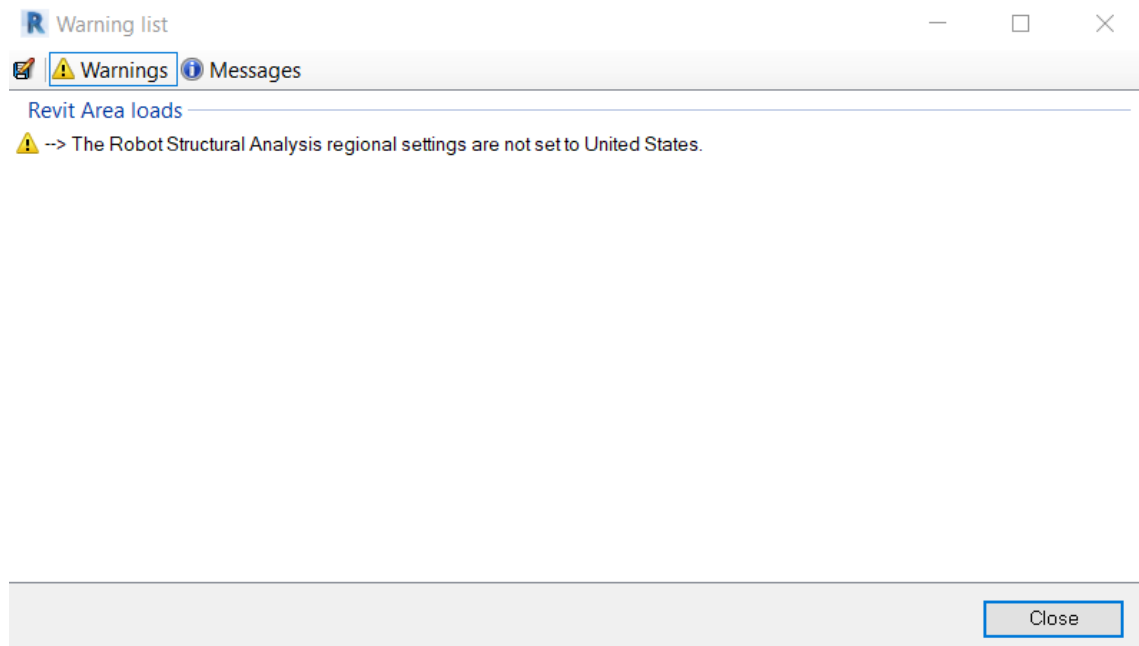


Ilustración 108 – Menú de avisos y errores al exportar a Robot

Una vez realizado esto, ya se realiza las acciones en Autodesk Robot, realizando la configuración inicial.

3.2.3.1 Configuración inicial

La configuración inicial por defecto al inicial el análisis en robot es la que se muestra en la ilustración 109, en la que se observa el modelo analítico en 3D.

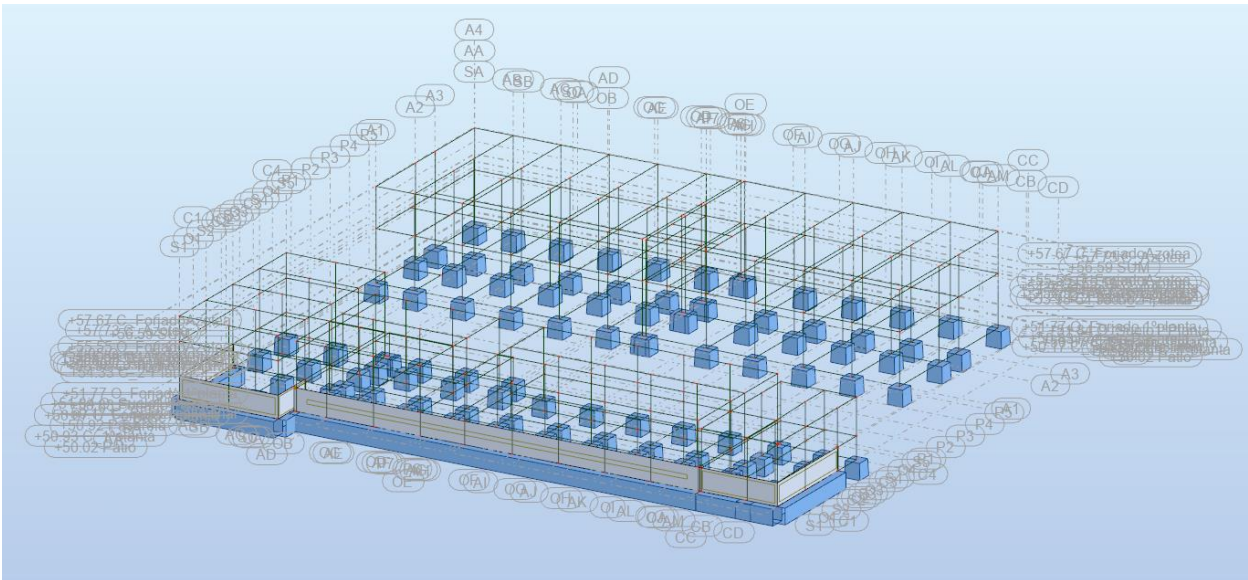


Ilustración 109 – Primera vista 3D de robot

Será necesario limpiar la interfaz ocultando los niveles y las rejillas que también fueron importadas de revit.

Las propiedades de la vista se modifica realizando click derecho en la vista, menu mostrar y en favoritos se encuentran las líneas de construcción que hay que quitar.

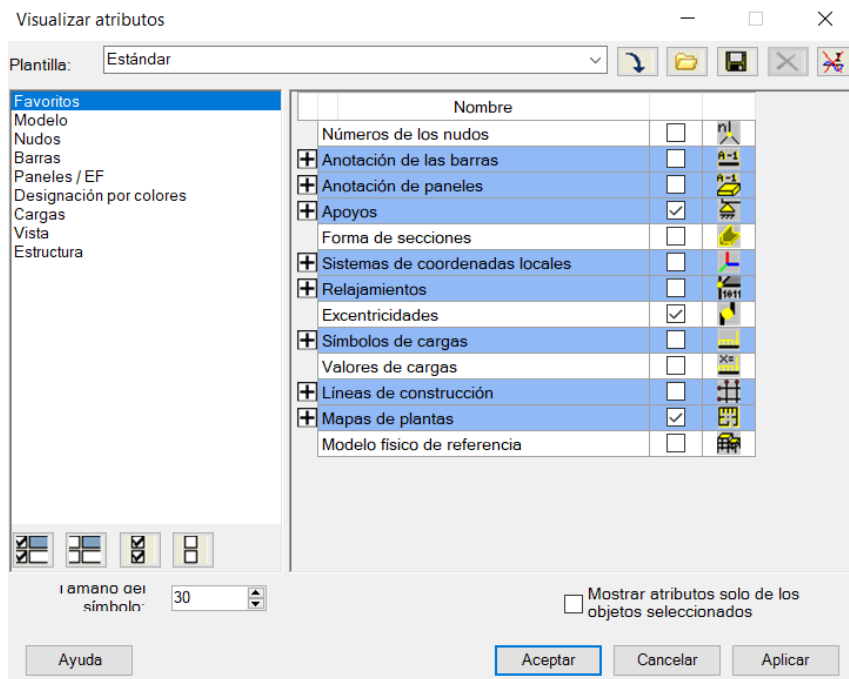


Ilustración 110 – Ventana del menú de mostrar en vista

Una vez hecho esto ya se tiene una vista limpia del modelo analítico en robot. Si se quiere ver el modelo 3D con las secciones se debe seleccionar en la interfaz inferior la 5ª opción llamada “forma de secciones” y para

poder ver la sección del muro de contención será necesario volver al menú de mostrar y en la parte de paneles seleccionar la opción de espesor de paneles.

El resultado con las secciones en robot es el que se muestra en la ilustración 111.

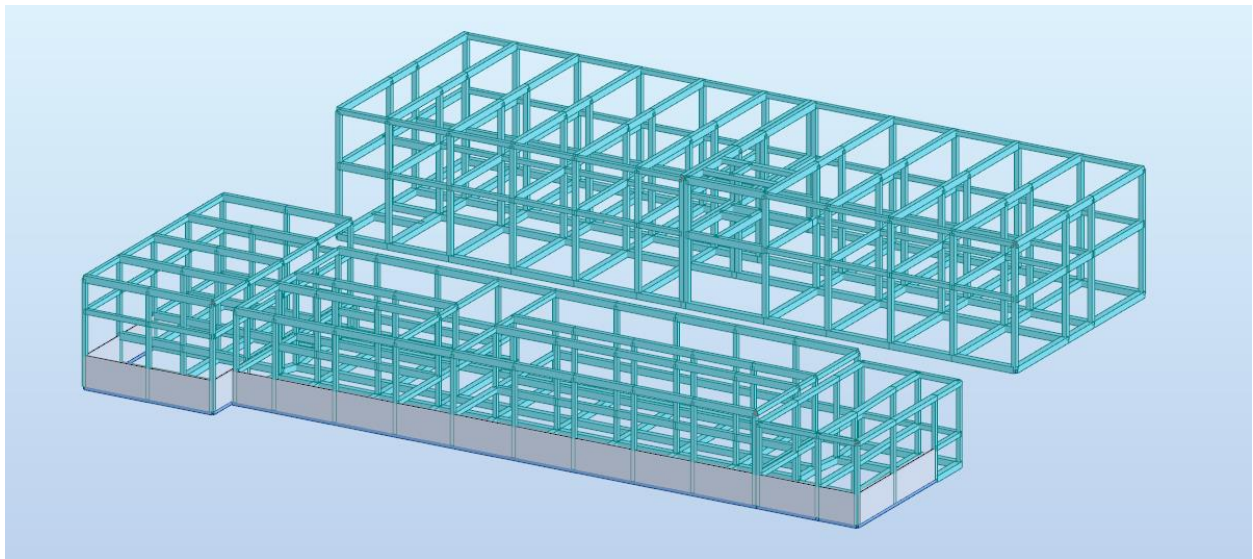


Ilustración 111 – Vista 3D en Robot con las secciones visibles

En esta vista en detalle se puede observar que hay vigas (las vigas de carga) que no están correctamente colocadas ya que se utiliza la posición a través del modelo analítico y no tiene porque ser así. Como este software solo es para realizar el estudio analítico de la estructura no supone ningún problema a la hora de continuar con el análisis de la estructura.

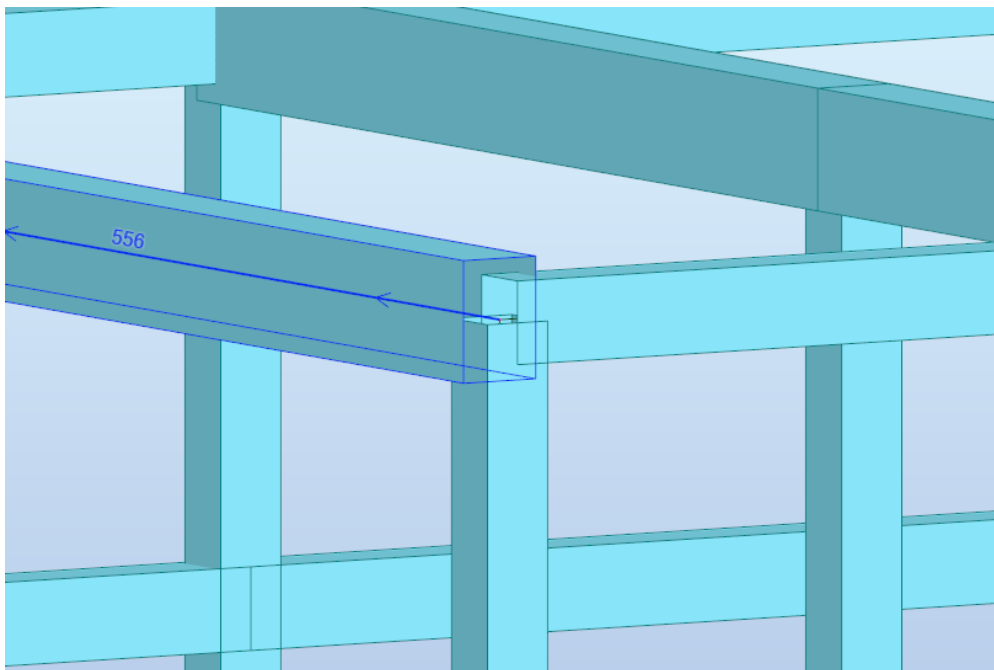


Ilustración 112 – Detalle de las secciones mal situadas en Robot

Prosiguiendo con la configuración de la estructura en robot, se ha de seleccionar el tipo de estructura que se va a analizar. En la pestaña estructura, se puede seleccionar el tipo de estructura, seleccionando la primera opción “Edificio” ya que se está realizando un proyecto de hormigón.



Ilustración 113 – Ventana de tipo de estructura en Robot

Una de las características que posee este software es que ya contiene todo lo referido a normas de diseño, toda la normativa que ha sido utilizada en el cálculo estructural y que valdrá para realizar el análisis de la misma está contenida en este programa.

A través de la interfaz superior, en Herramientas se encuentra la opción de preferencias para el proyecto, saltando la siguiente ventana emergente que se observa en la ilustración 114, en la que se puede observar toda la norma elegida para realizar este análisis.

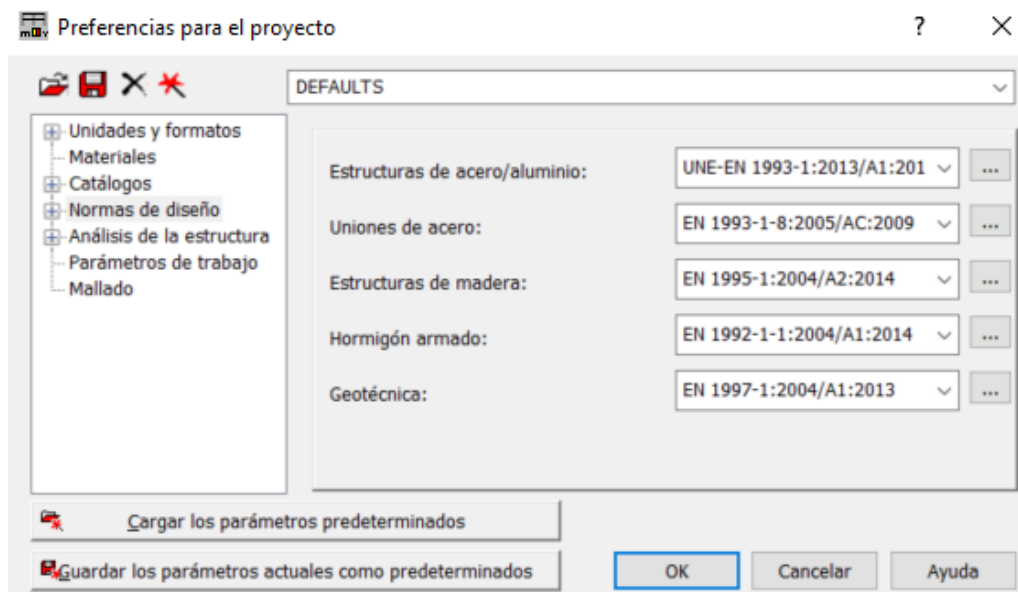


Ilustración 114 – Ventana de preferencias del proyecto en Robot

Aquí se puede observar que el hormigón armado viene dada por el eurocódigo (EN 1992-1-1:2004/A1:2014). Esto se debe a que en el programa solo aparecerá la opción de zapata combinada si seleccionamos esta opción, por lo que no ha quedado otra que utilizar esta norma para el diseño del hormigón armado.

Comentar que la normativa escogida es la que se muestra en esta ilustración, que es la que viene por defecto en el programa, menos la norma geotécnica para la sismorresistencia, que tiene un error de nomenclatura, ya que oficialmente se llama NCSE-02 y no NSCR-02.

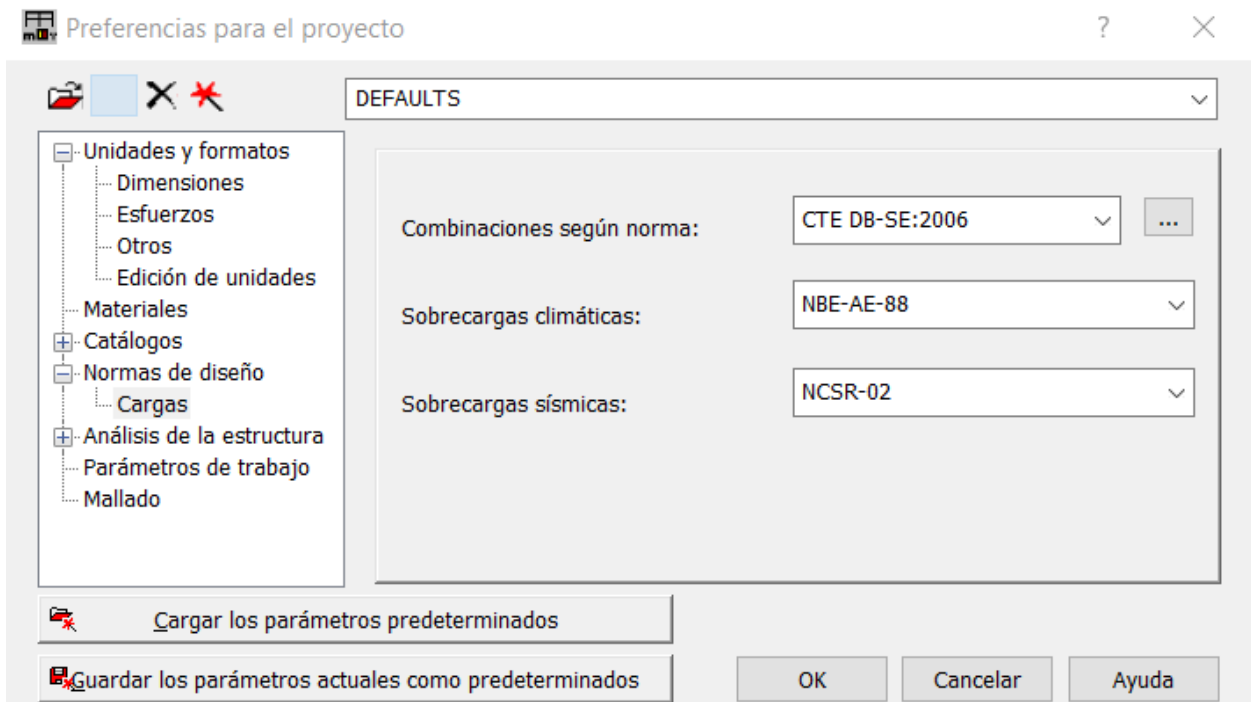


Ilustración 115 – Ventana de preferencias del proyecto en cuestión de cargas en robot.

Por otro lado, dentro de la misma ventana, se puede escoger las unidades del proyecto, que siempre es necesario chequear para que no haya ningún despiste. Las unidades son las que se muestran en la ilustración 116.

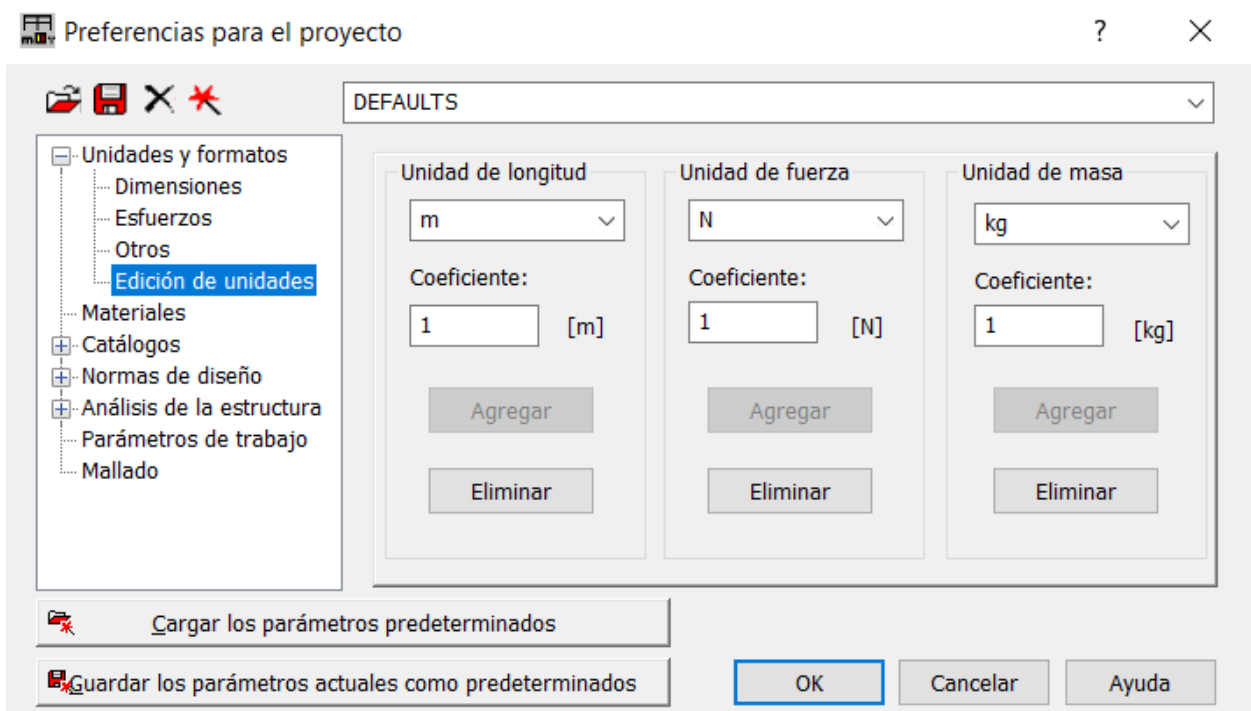


Ilustración 116 – Unidades del proyecto en Robot

Antes de avanzar en la memoria, ha resultado conveniente especificar en la memoria los errores que se han estado cometiendo en el transcurso de la elaboración del proyecto en revit. Esto se ha conseguido solucionar realizando primeros análisis estructurales en robot, en los que surgieron algunas notificaciones y errores que se han tenido que ir solucionando.

En la siguiente ilustración 177 se muestran los mensajes de advertencias en el cálculo y las cargas lineales que no están bien establecidas sobre el modelo analítico. Las demás advertencias existen por diversos motivos. El

caso de estructura disyunta es porque se analizan dos edificios que no están unidos, la inestabilidad en un nodo no es un error sino una advertencia de que se permite el desplazamiento en ese nudo al no contrarrestar el giro y no supone ningún problema según la información de los foros oficiales de ayuda de Autodesk. Por último, robot trabaja por plantas y no todos los elementos están determinados en una planta, como pueden ser los pilares, que van desde el nivel de zapatas hasta el del forjado de las cubiertas.

Comentado esto se puede proceder a solucionar las cargas que están erróneamente colocadas.

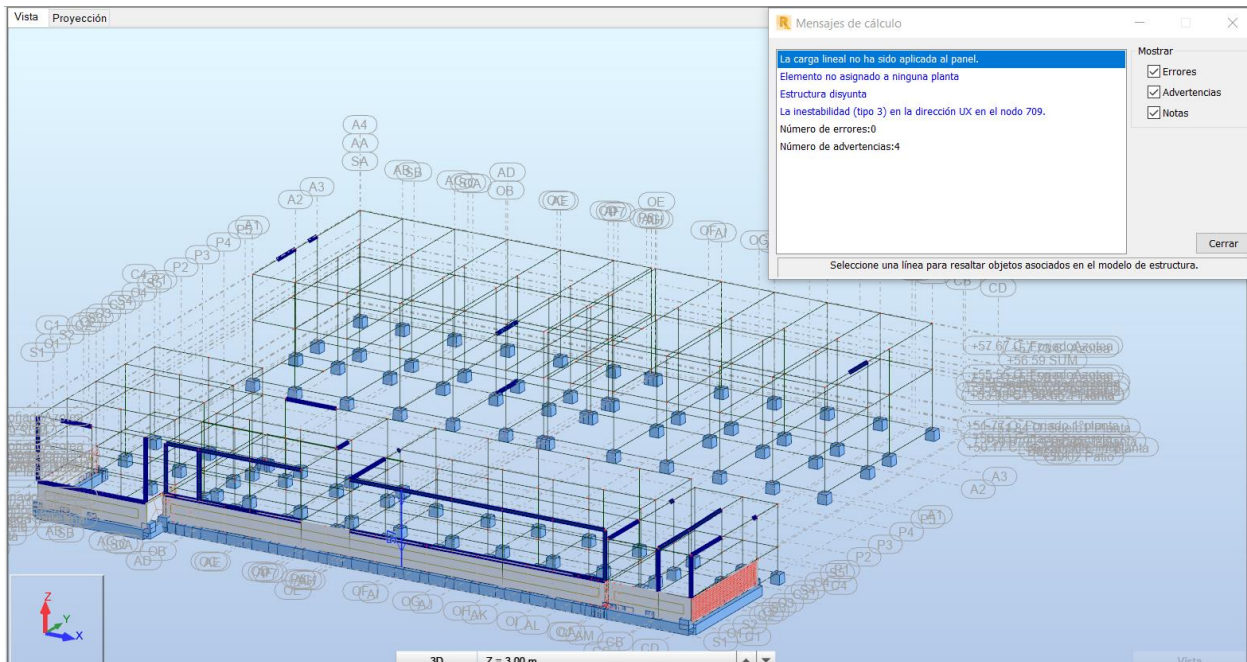


Ilustración 117 – Ventana de advertencias en robot

Uno de ellos es el que existen muchas cargas que no se han aplicado correctamente. Rápidamente se localizan estos errores en las cargas que no estaban hospedadas. Para localizar el error en revit se tuvo que realizar un gran zoom y establecer una escala 1:1 en el modelo analítico para analizar los errores microscópicos de cargas no centradas en el modelo analítico. En las siguientes ilustraciones se muestran algunos ejemplos.

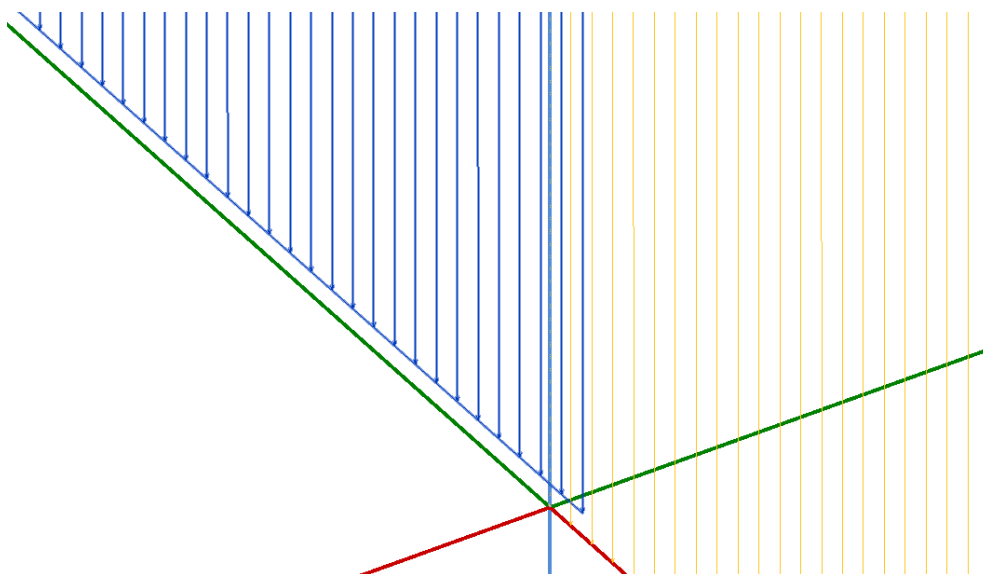


Ilustración 118 – Ejemplo de carga no introducida correctamente sobre viga

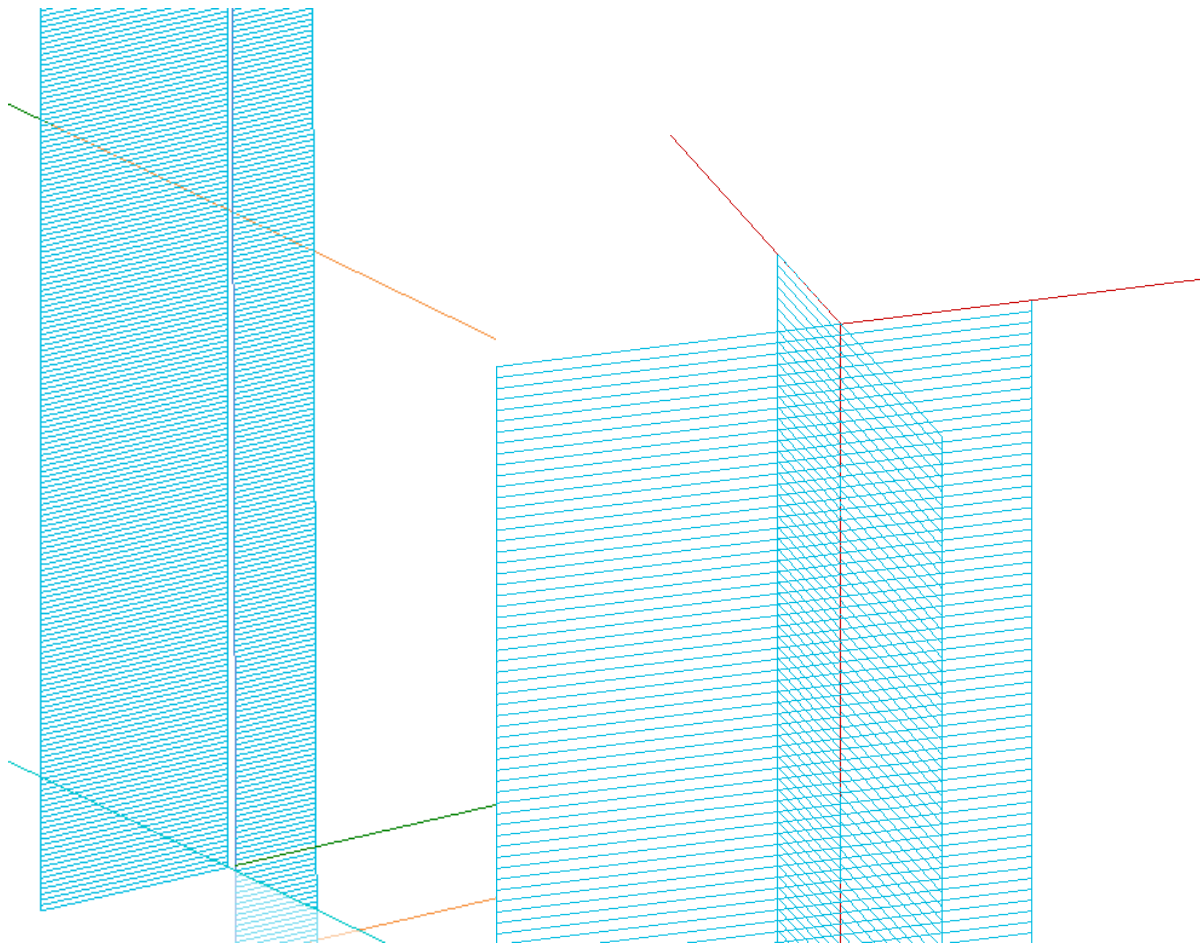


Ilustración 119 – Ejemplo de carga introducida correctamente y erróneamente sobre pilar

3.2.3.2 Combinaciones de los casos de cargas

Como se podía observar en la ilustración 115 mostrada anteriormente, la combinación de cargas vendrá regulada por la normativa del documento básico CTE DB-SE-AE:2006, del cual se extrae todas las combinaciones de cargas de las que se realizarán en el análisis estructural.

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación de combinación de acciones se determina a través de la siguiente ecuación:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde se establece la actuación simultánea de todas las acciones permanentes multiplicados por un coeficiente de seguridad ($\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$) y una acción variable junto a su coeficiente de seguridad ($\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$) y un cómputo de simultaneidad del resto de acciones variables ($\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$).

Los coeficientes parciales de seguridad para las acciones combinadas se recogen en la tabla 4.1 del CTE DB-SE-AE que se adjunta en la siguiente ilustración, junto a la tabla 4.2 que establece los coeficientes de simultaneidad de los tipos de carga.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Ilustración 120 – Tabla de coeficientes de seguridad para las acciones [12]

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Ilustración 121 – Tabla de coeficientes de simultaneidad para las acciones [12]

El software Robot realiza estas combinaciones de forma automática con las cargas ya realizadas. Genera automáticamente todas las combinaciones (ELS, ELU, ACC).

Una vez seleccionada la opción de Combinaciones automáticas completas, es necesario especificar las modificaciones y restricciones que deben tener estas combinaciones, ya no todas las acciones pueden existir simultáneamente, es decir, no puede haber viento o acción sísmica en dos direcciones a la vez. Es por ello que se necesita realizar restricciones manuales con las cargas introducidas anteriormente desde Revit.

En la ventana de combinaciones según norma hay que clicar en más> y en la ventana de combinaciones aparece lo que se muestra en la ilustración 122.

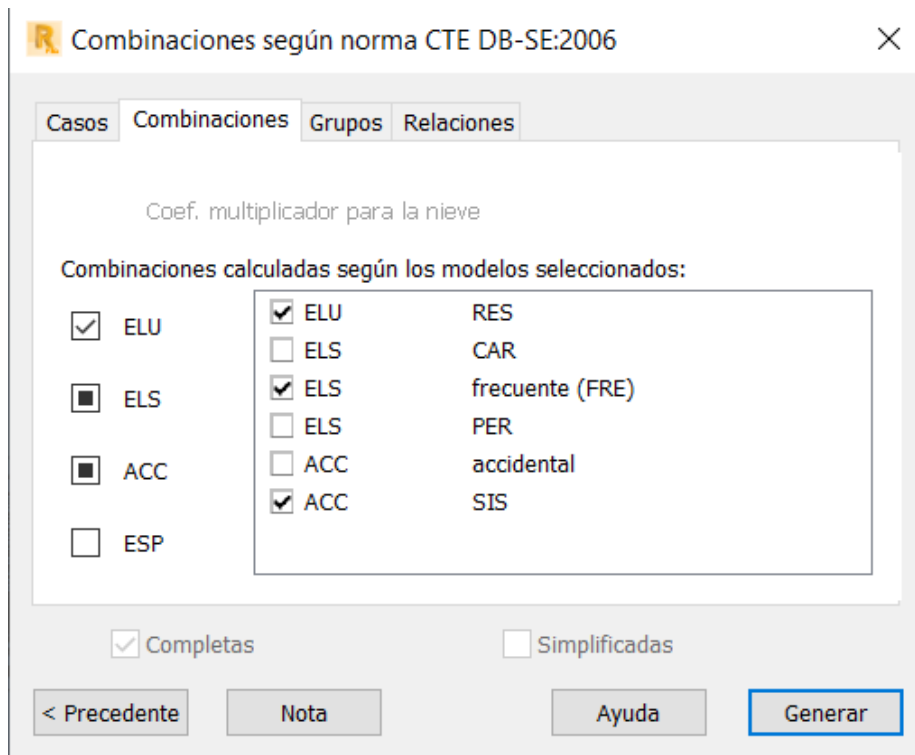


Ilustración 122 – Ventana de combinaciones según norma

Las combinaciones escogidas han sido:

- Estado límite último (ELU), que representa la capacidad resistente de la estructura y que en el caso de que pase el valor de este estado límite, colapse la misma. Es necesario realizar esta combinación porque es el objetivo de realizar una estructura.
- Estado límite de servicio (ELS), que representa la capacidad de la estructura para un valor el cual si se supera, la funcionalidad del edificio para el que está construida la estructura se pierde total o parcialmente. En el programa existen 3 tipos de ELS que hacen referencia a la Característica (CAR) que coincide con la combinación de ELU y no es utilizada, la frecuente (FRE), para situaciones ELS reversibles y que será seleccionado para la realización del análisis de la estructura. Por último está el permanente (PER), que hace referencia a evaluar los efectos diferidos, pero como esto también se estudia en el estado límite último, no se selecciona.
- Acciones Accidentales (ACC), que representa la capacidad de la estructura frente a impactos y otras acciones accidentales. Hay dos tipos de combinaciones accidentales en el programa, accidental hace referencia a las acciones por impactos y no se escoge, mientras que la combinación SIS, hace referencia a la combinación de acciones sísmicas que si se han recogido en este proyecto y si se estudiarán.

Realizado esto, ya se puede realizar un análisis estructural, en el que se observa que el programa realizará un total de 2654 combinaciones, número muy grande, debido a que hay que tomar aún las restricciones convenientes.

3.2.3.3 Creación de grupos de cargas

Las restricciones se realizan desde el panel de combinación de acciones, en la pestaña “Grupos”, en la que se tendrá que reaiar estos grupos para las cargas de viento, ya que las cargas sísmicas ya están realizadas las restricciones.

Para crear los grupos y las restricciones están los operadores y, o (incl) y o(excl) que cada uno tiene un significado:

- Y. Operador que activa todas las cargas que se relacionen entre este operador.
- O (excl), que permite que cargas o grupos de cargas se excluyan entre ellas.

- O (incl), que permite todas las combinaciones posibles entre grupos de carga.

Se crean un grupo por tipo de carga de viento para posteriormente realizar una relación entre las cargas de viento, que no será otra que la de que solo puede haber 1 tipo de relación de viento a través de las exclusiones como se puede observar en la siguiente ilustración.

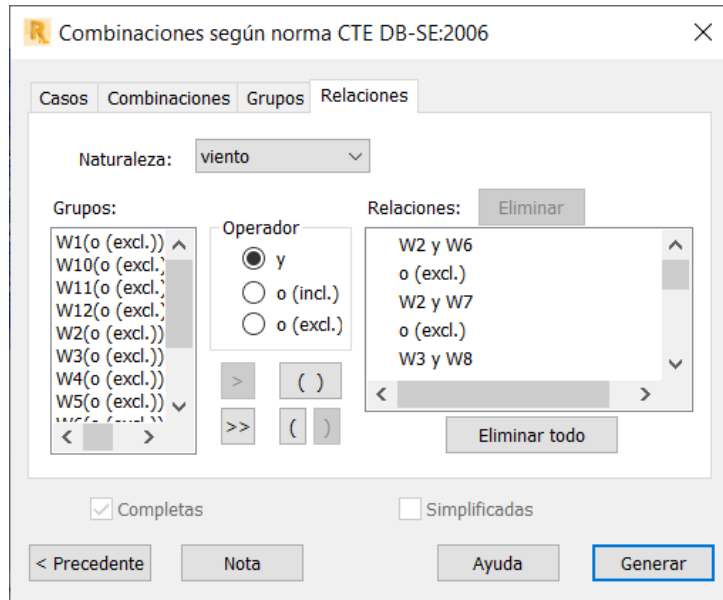


Ilustración 123 – Ventana de las relaciones entre cargas de viento en Robot

Esto hace disminuir el número de combinaciones estimado a 208 combinaciones.

3.2.4 Cálculo de la estructura

Una vez realizadas todos los grupos de cargas y restricciones correspondientes se puede realizar el cálculo de la estructura. Para ello se procede a comprobar el tipo de análisis.

Esto se realiza a través de la interfaz superior, en análisis – Tipo de análisis, se puede observar que todos los grupos de cargas son elástico lineales, por lo cual ya se puede realizar el cálculo de la estructura.

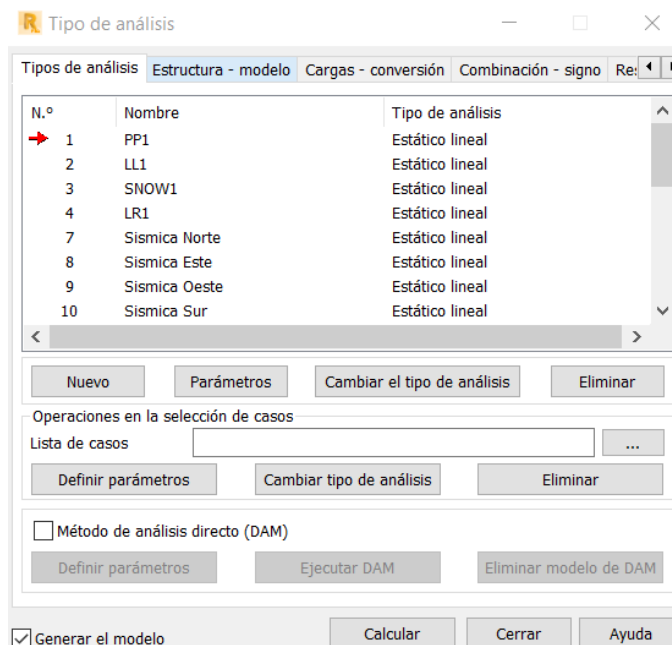


Ilustración 124 – Ventana de tipo de análisis en Robot

Una vez realizado todo lo comentado hasta el momento, ya se puede realizar el cálculo y análisis de la estructura, que se realiza mediante el menú analizar, la opción Calcular. Saldrán los mensajes de cálculo ya comentados todas las advertencias anteriormente y ya se podrán mostrar todos los resultados, pudiendo proceder a analizarlos.

3.2.5 Resultados

Realizado este proceso de cálculo ya se pueden mostrar diagramas de los distintos casos de carga para ver representado en 3D los esfuerzos de cada barra a través de la barra de herramientas desplegable donde se puede cambiar la vista entre modelo, resultados y diversos dimensionamientos del modelo.

Una vez ahí se despliega una ventana para elegir que tipo de esfuerzos se quieren mostrar, así como las deformaciones.



Ilustración 125 – Ventana de elección de vista de los resultados

A continuación en las siguientes ilustraciones se muestran varios resultados para el caso del estado límite último y de servicio.

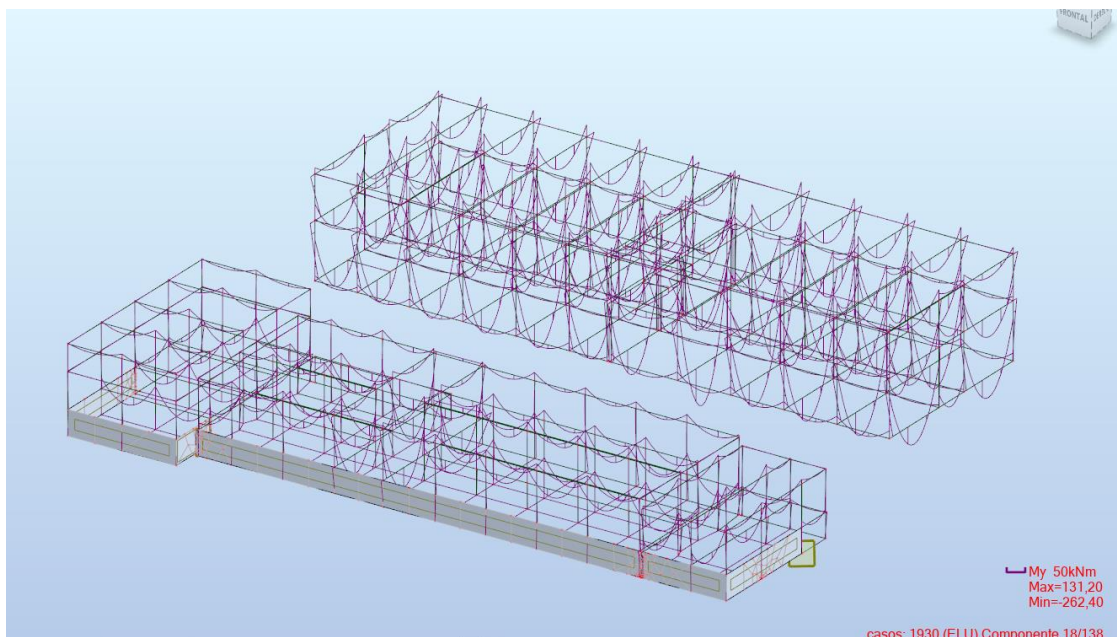


Ilustración 126 – Vista de la estructura con el momento flector My en cada barra para el ELU

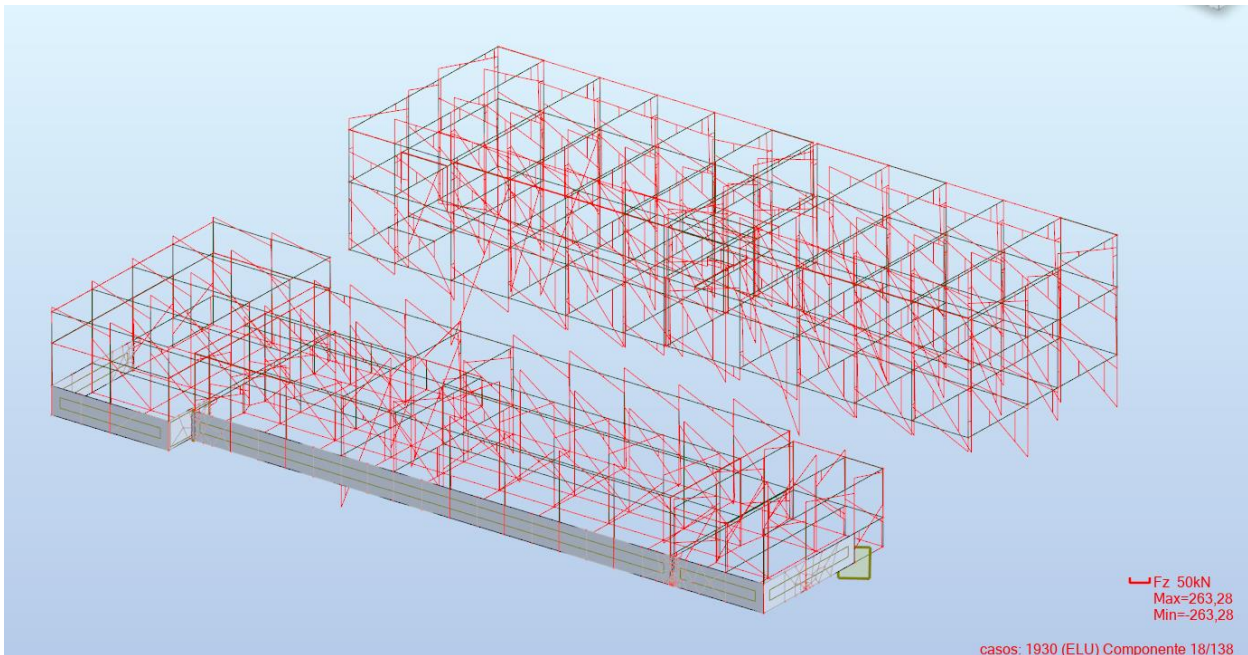


Ilustración 127 – Vista de la estructura con el diagrama de esfuerzos Fz en cada barra para el ELU

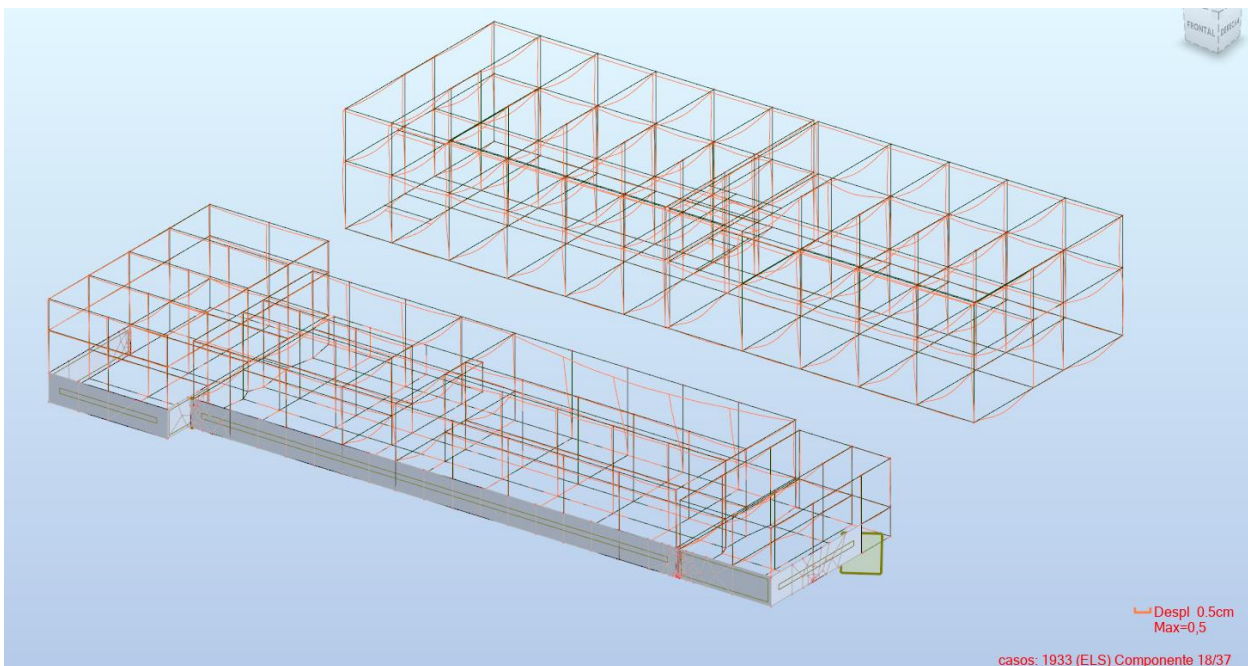


Ilustración 128 – Vista de la estructura con las deformaciones exactas en cada barra para el ELS

3.2.5.1 Dimensionado de los elementos: Armaduras

Una vez realizado el cálculo de la estructura, se debe continuar con el armado de la misma, que se debe crear dentro de robot para que la estructura cumpla con los requerimientos de los estados límite. Para ello se debe ir al menú dimensionado de la interfaz de robot y seleccionar la opción de “Refuerzo proporcionado de elementos RC” habiendo seleccionado con el ratón toda la estructura.

Una vez hecho este paso saldrán 3 ventanas, una para cada tipo de elemento al que se le va a realizar el estudio de la armadura: Vigas, pilares y cimentaciones.

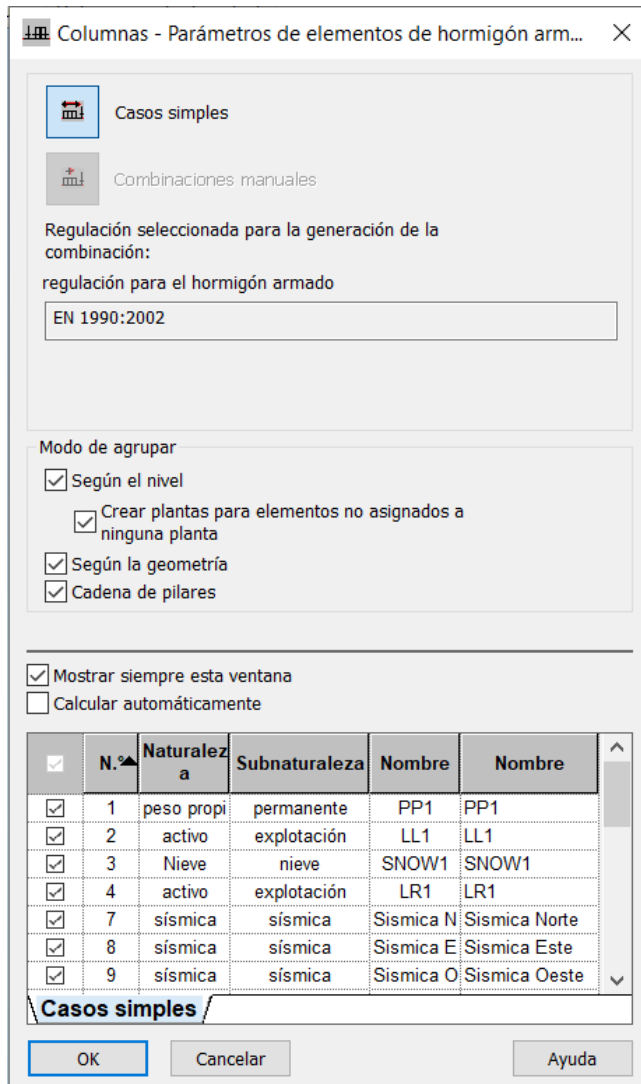


Ilustración 129 – Ventana con los parámetros para la creación de armaduras en pilares

La ventana que se muestra en la ilustración 129 es la del estado de cálculo una vez terminado el proceso. En ella se muestra el error para los muros de contención, los cuales no están disponibles para realizar la armadura en este programa y por tanto quedarán fuera del alcance del proyecto.

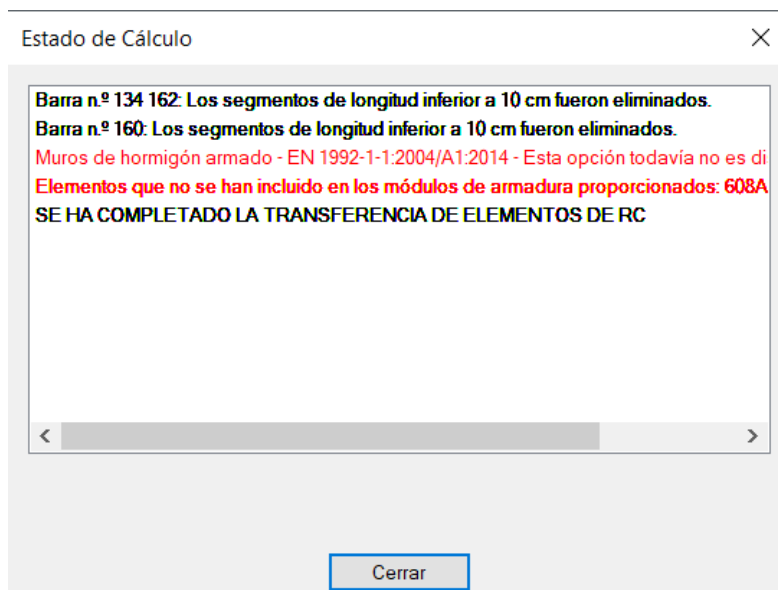


Ilustración 130 – Menú de los resultados y errores de transferencia de elementos a RC

Ahora se puede observar otra interfaz en el inspector de elementos, en el que se muestran todos los pórticos de vigas, pilares y cimentación repartidos por plantas (que es como trabaja el software como ya se comentó), pudiendo realizar los cálculos y ver la armadura de cada viga seleccionandola desde este menú de inspector de componentes de hormigón armado.

Cuando se vayan calculando estas armaduras pueden surgir errores de configuración de la armadura que se desplegarán como una ventana emergente como la que se muestra en la ilustración 131. Finalmente se muestra en el propio menú ticks verdes y amarillos refiriendose a si está bien realizada la armadura o posee errores.

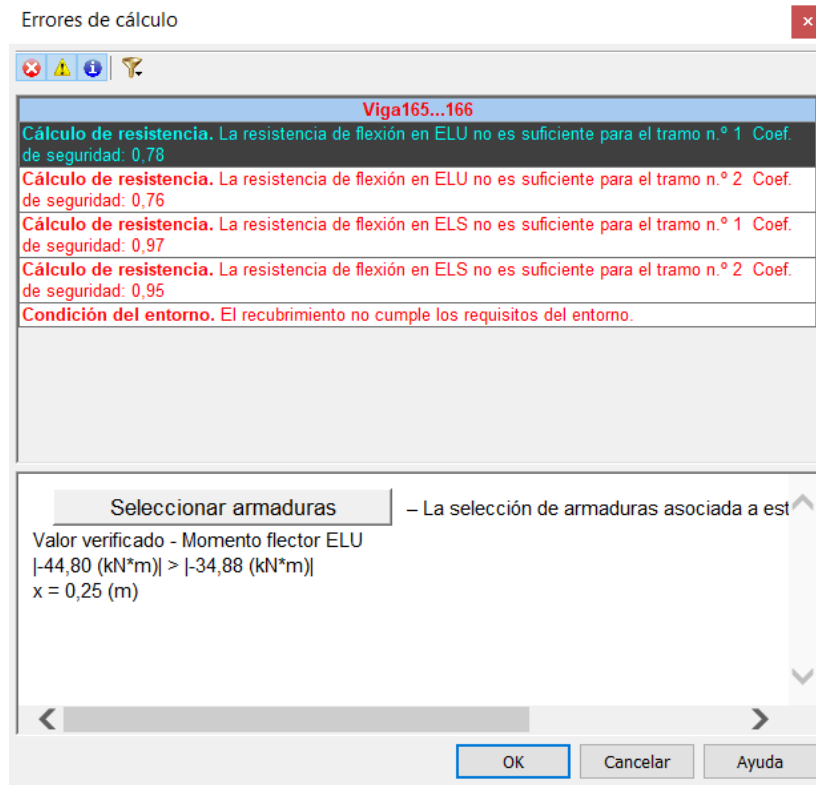


Ilustración 131 – Ventana emergente de errores de cálculo de las armaduras

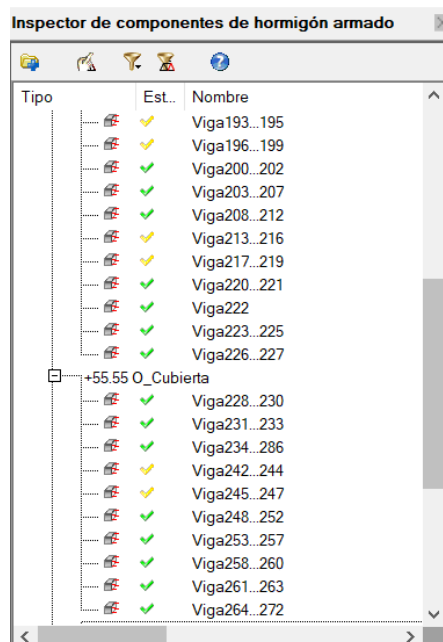


Ilustración 132 – Menú del inspector de componentes de hormigón armado después de los cálculos de armaduras

Antes de realizar estos cálculos de armadura se debe modificar las opciones de cálculo predeterminadas por las que se quieran introducir que cumplan la norma. Para ello se deberá utilizar la interfaz derecha que tiene diversas opciones, que son las que se muestra en la ilustración 133.

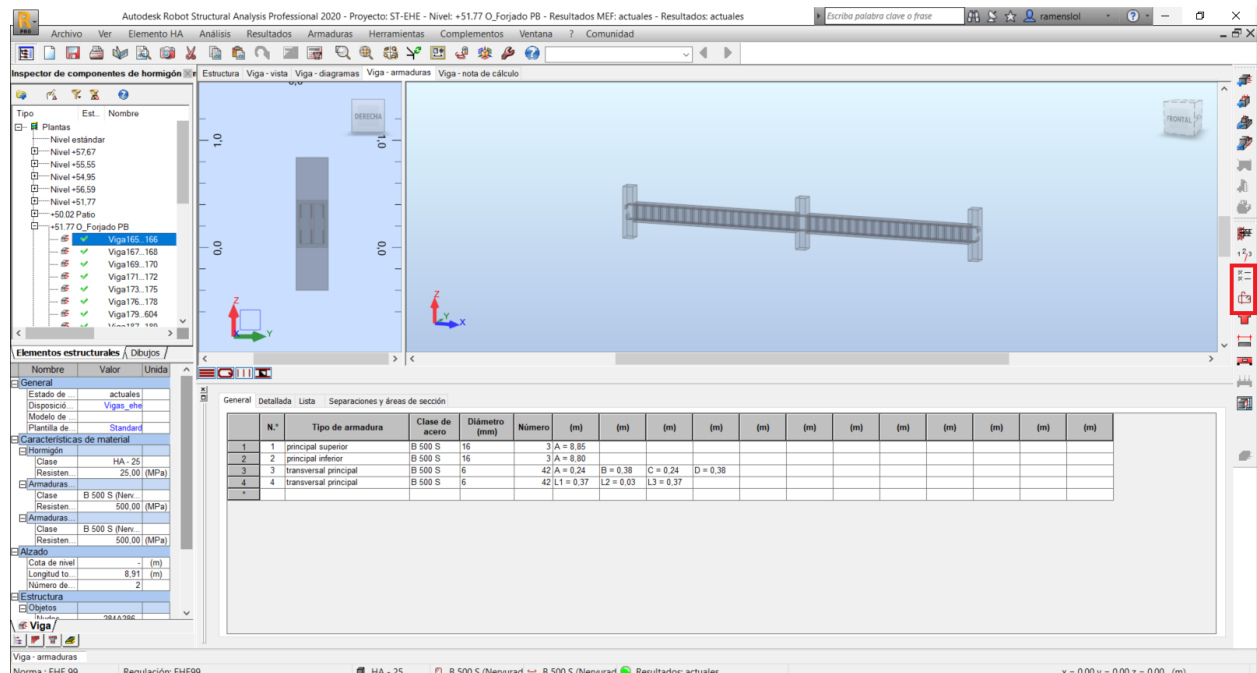


Ilustración 133 – Ventana de robot para la vista de armaduras

La primera de las opciones se llama opciones de cálculo, en las que se tienen que introducir diversas opciones del cálculo de la armadura. Pulsando en ella se muestran 5 pestañas: General, Hormigón, Arm.longitudinal, Arm.transversales y Armado adicional.

Para la pestaña general, se otorgará un recubrimiento de 2,5 centímetros en todas las direcciones a la armadura transversal como indica la norma, además de imponer una flecha menor a L/500 para la geometría de la viga.

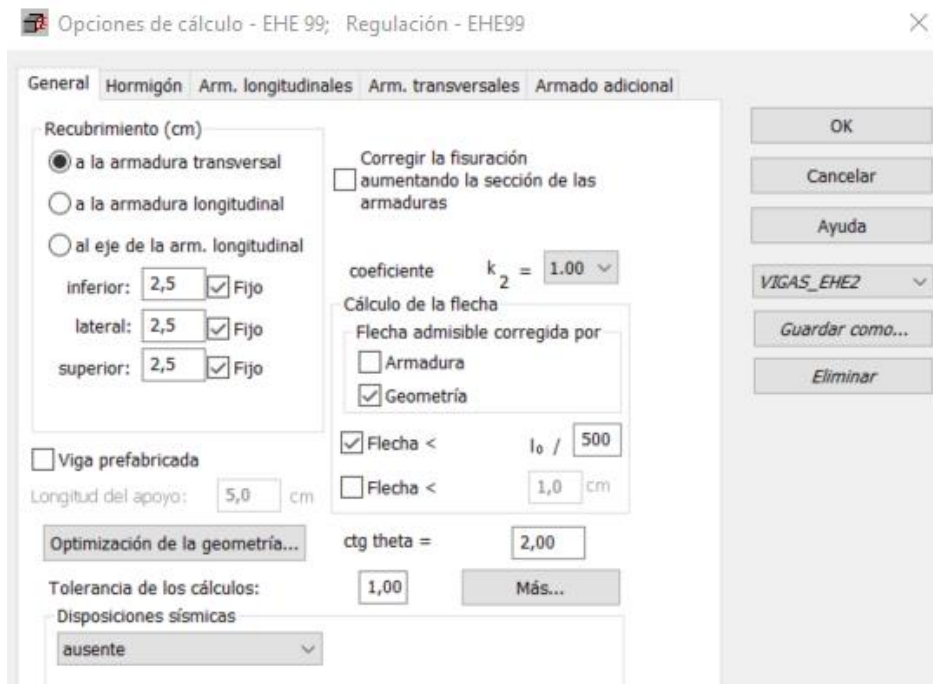


Ilustración 134 – Ventana general de opciones de cálculo para la armadura en vigas

Para la ventana de hormigón simplemente hay que seleccionar el material que es el hormigón HA-25 y sus características mecánicas. Lo mismo ocurre para las armaduras longitudinales, transversales y adicionales, que

se selecciona la clase de armadura B 500 S de barras corrugadas y los diámetros a tener en cuenta, que son 10, 12, 16, 20 mm para las longitudinales, 6,8 y 10 mm para las transversales y 10 y 12 mm para los armados adicionales.

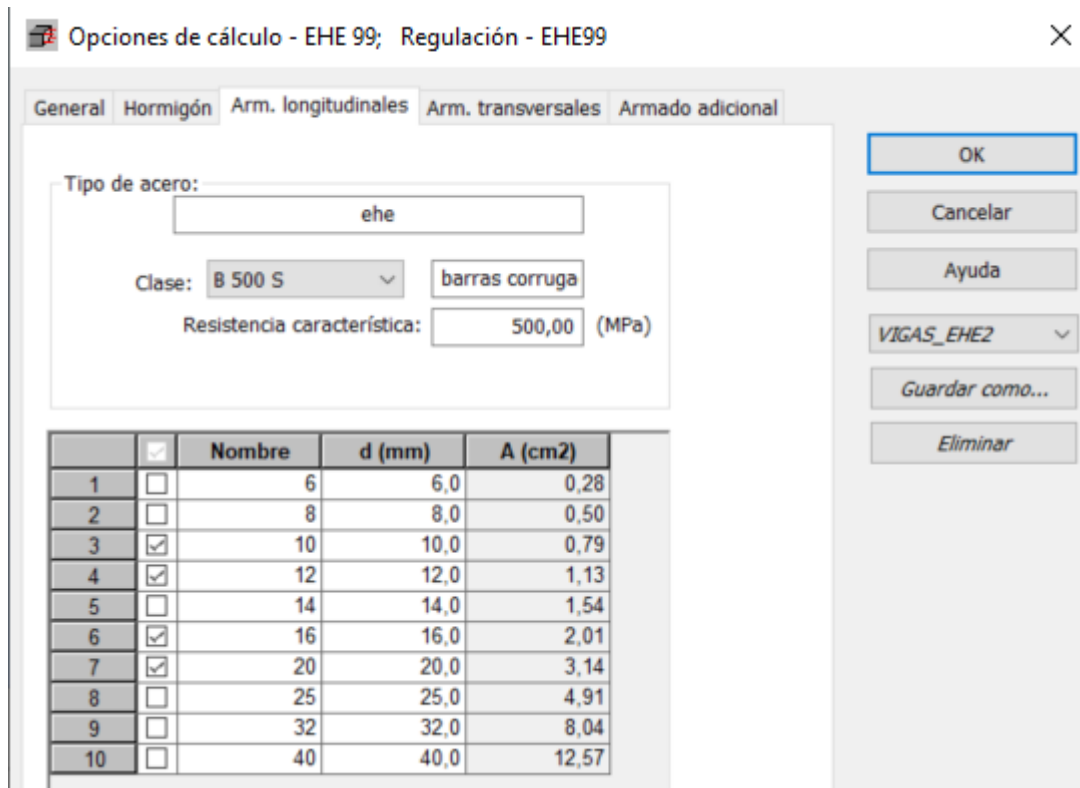


Ilustración 135 – Ventana de armadura longitudinal para el cálculo de la armadura en vigas

La segunda de las opciones es la de disposiciones de armadura, la cual tiene diferentes pestañas de opciones que son: General, Arm.inferior, Arm.superior, Arm.transversal, Arm.secundaria y formas, para conseguir la disposición de armaduras más deseada.

Dentro de la pestaña general se han seleccionado y puesto las opciones que aparecen en la ilustración 136. Para las opciones de armadura inferior y superior se ha decidido que el número de capas sea 1. Para el armado transversal se selecciona las opciones que se observan en la ilustración 137, que presentan la posición de los estribos extremos respecto a los apoyos y las separaciones disponibles entre estribos posibles para el cálculo de la misma. Por último, en el apartado de formas se realizará ganchos de 90°.

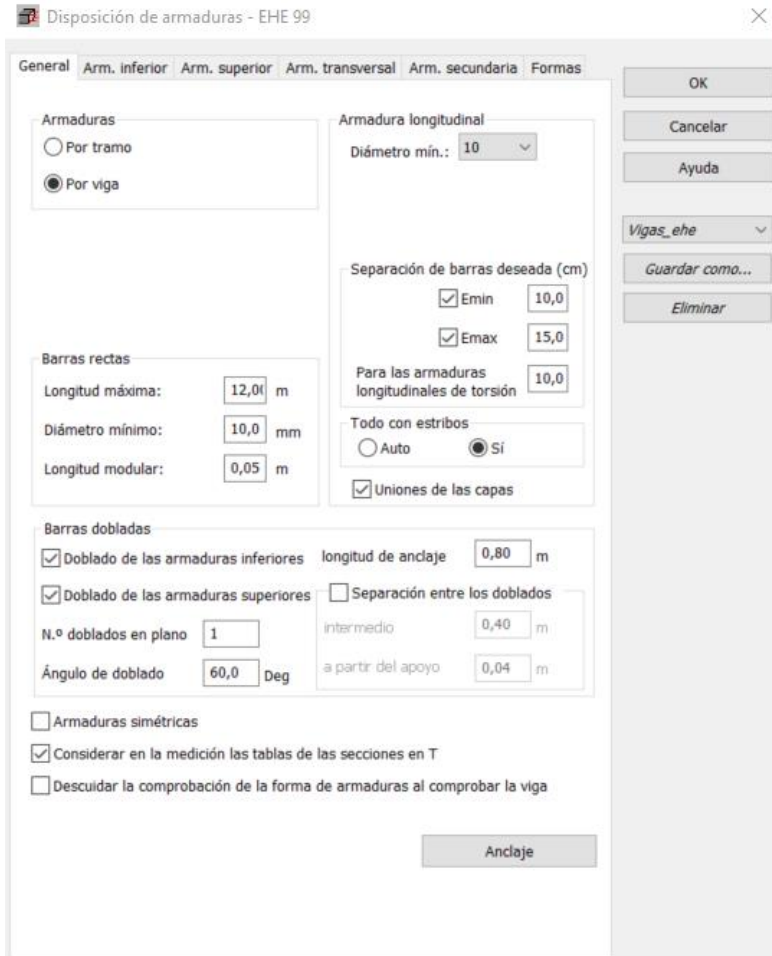


Ilustración 136 – Ventana general para la disposición de armadura en vigas

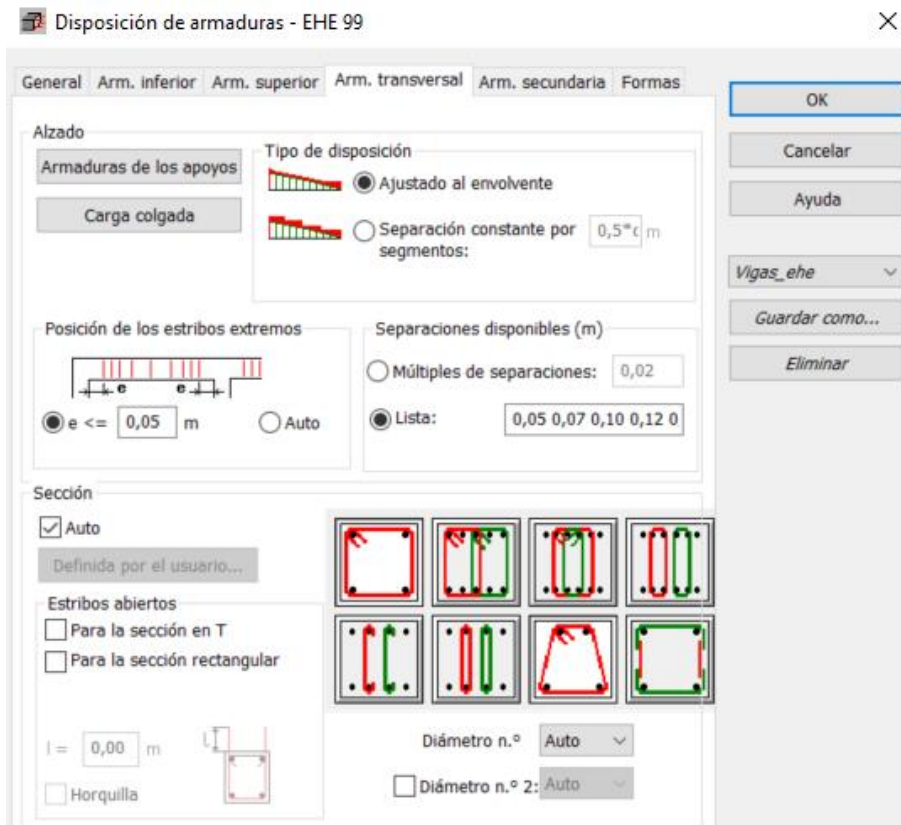


Ilustración 137 – Pestaña de opciones de armadura transversal para el cálculo de la armadura en vigas

Una vez realizadas estas opciones se pulsa el botón de “guardar como” y dándole un nombre, para guardar esta configuración para usarla en todas las vigas de la estructura.

Los resultados para una viga cualquiera es la que se muestran en las siguientes ilustraciones, en las que se observa dos pestañas de resultados: Diagramas de momentos flectores para el ELU y la vista tridimensional de las vigas armadas. Esto se puede realizar para todas las vigas armadas, así como realizar un plano de ejecución y un informe de cálculo en el que estarán todos los datos y diagramas de este pórtico de forma detallada.

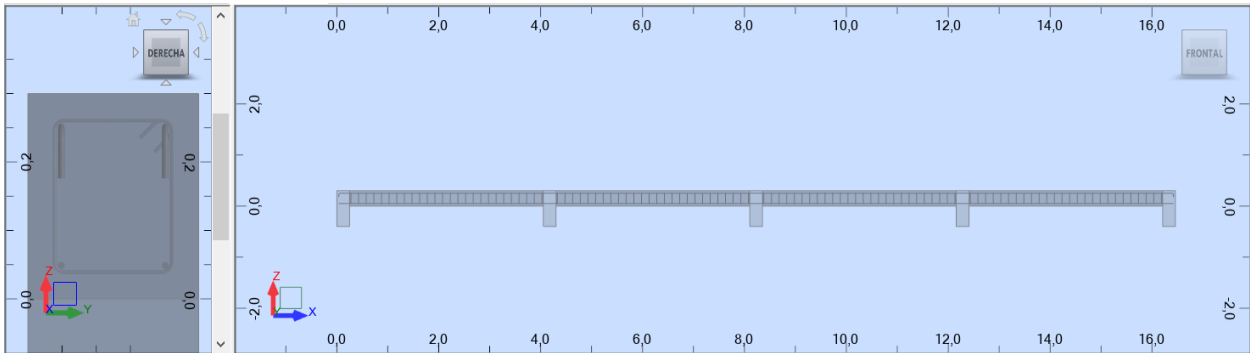


Ilustración 138 – Vista 3D de la armadura realizada para un pórtico en concreto

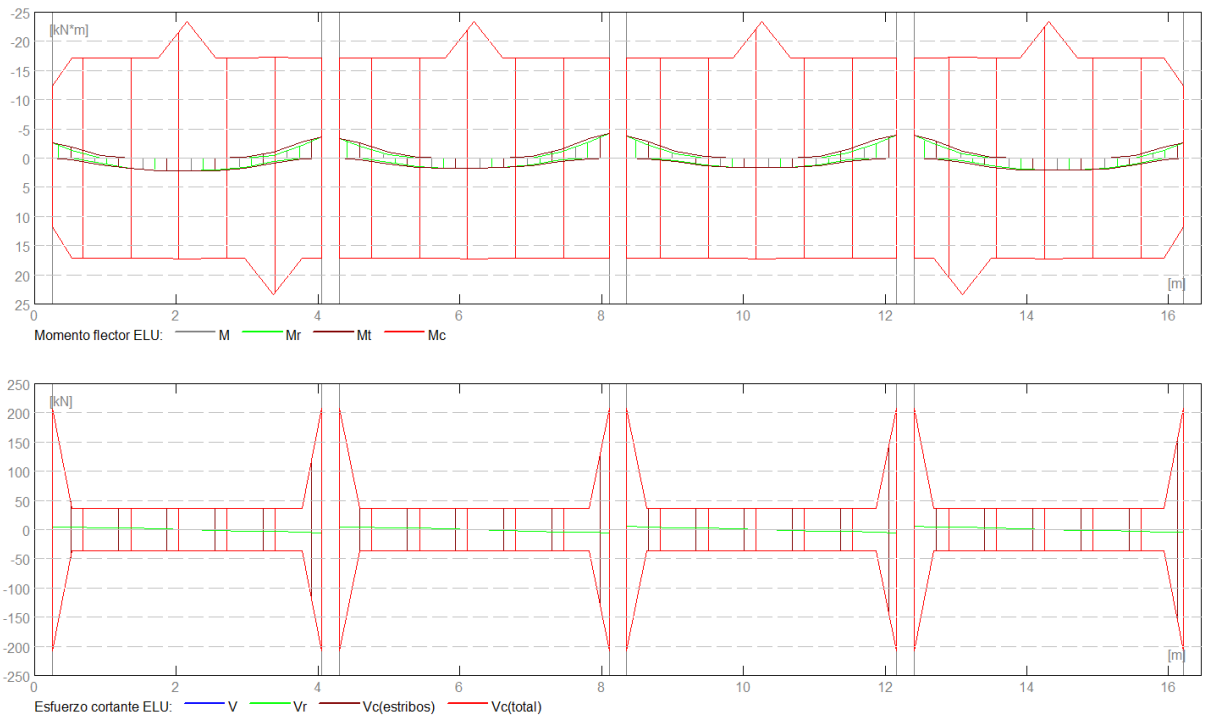


Ilustración 139 – Diagrama de momentos flectores y de esfuerzo cortante para el ELU del pórtico

jun

1 Nivel:

- Nombre : +57.67 C_Cubierta
- Cota de nivel : ---
- Resistencia al fuego : 0 (h)
- Abertura de fisuras admisible : 0,40 (mm)
- Tipo de ambiente : I
- Coeficiente de fluencia del hormigón : ϕ_p = No hay resultados
- Disposiciones sísmicas : ausente

2 Viga: Viga295...541

Número de elementos idénticos: 1

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: :HA - 25 $f_{ck} = 25,00$ (MPa)
- Densidad :2501,36 (KG/m3)
- Armaduras longitudinales :B 500 S $f_{yk} = 500,00$ (MPa)
- Armaduras transversales :B 500 S $f_{yk} = 500,00$ (MPa)

• **Armadura adicional: :B 500 S $f_{yk} = 500,00$ (MPa)**

2.2 Geometría:

2.2.1	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P1	Tramo	0,30	5,00	0,30
	Longitud de cálculo: $L_0 = 5,30$ (m)				
	Sección de 0,00 a 5,00 (m)				
	49,0 x 44,0 (cm)				
	Sin losa izquierda				
	Sin losa izquierda				

2.2.2	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P2	Tramo	0,30	3,95	0,30
	Longitud de cálculo: $L_0 = 4,25$ (m)				
	Sección de 0,00 a 3,95 (m)				
	49,0 x 29,0, Excentricidad (+ arriba, - abajo): 0,0 x +15,0 (cm)				
	Sin losa izquierda				
	Sin losa izquierda				

Ilustración 140 – Inicio del informe de cálculo para un pórtico de vigas

Esto se realiza con todas las vigas/ pórticos de vigas del proyecto, consiguiendo como resultado todos los informes de cálculo y planos de ejecución, que una vez pasados a .dwg y juntarlos se obtendrá el plano de armaduras de vigas del proyecto.

Lo mismo ocurre con los pilares y con la cimentación. En el caso de los pilares, se realizará del mismo modo las opciones de cálculo, seleccionando los mismos diámetros que para las vigas en los casos de armadura longitudinal y transversal y por supuesto mismos materiales. Las demás opciones de armadura longitudinal y transversal escogidas son las que se ven en la ilustraciones 141 y 142.

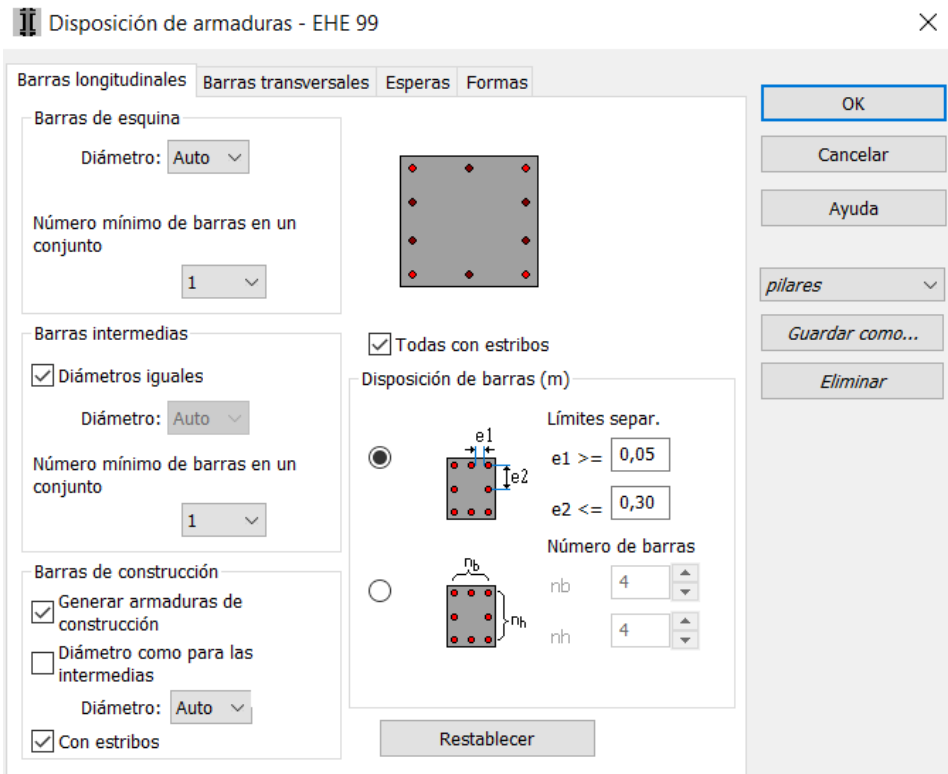


Ilustración 141 – Configuración de la disposición de las barras longitudinales en los pilares

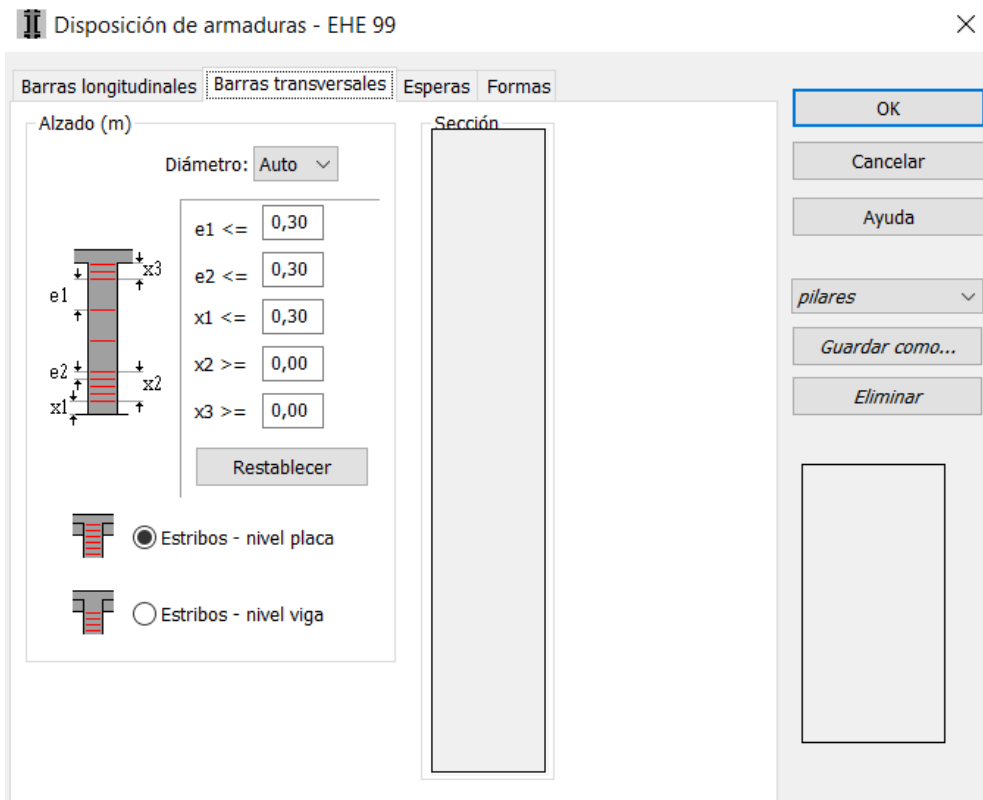


Ilustración 142 - Configuración de la disposición de las barras transversales en los pilares

Además de estas configuraciones, en el caso de los pilares es necesario señalar el modelo de pandeo, escogiendo los parámetros para más seguridad que se ven en la ilustración 143.



Ilustración 143 - Configuración del modelo de pandeo de los pilares

El diagrama de resultados en el caso de los pilares es distinto, teniendo como resultado lo que se muestra en la ilustración 144, en el que se pueden ver que robot muestra una superficie de interacción (Flexión Biaxial) con la cual ha diseñado las armaduras, además de los valores máximos para cada combinación de carga en estado límite último. Presenta además los coeficientes de seguridad para cada caso de análisis.

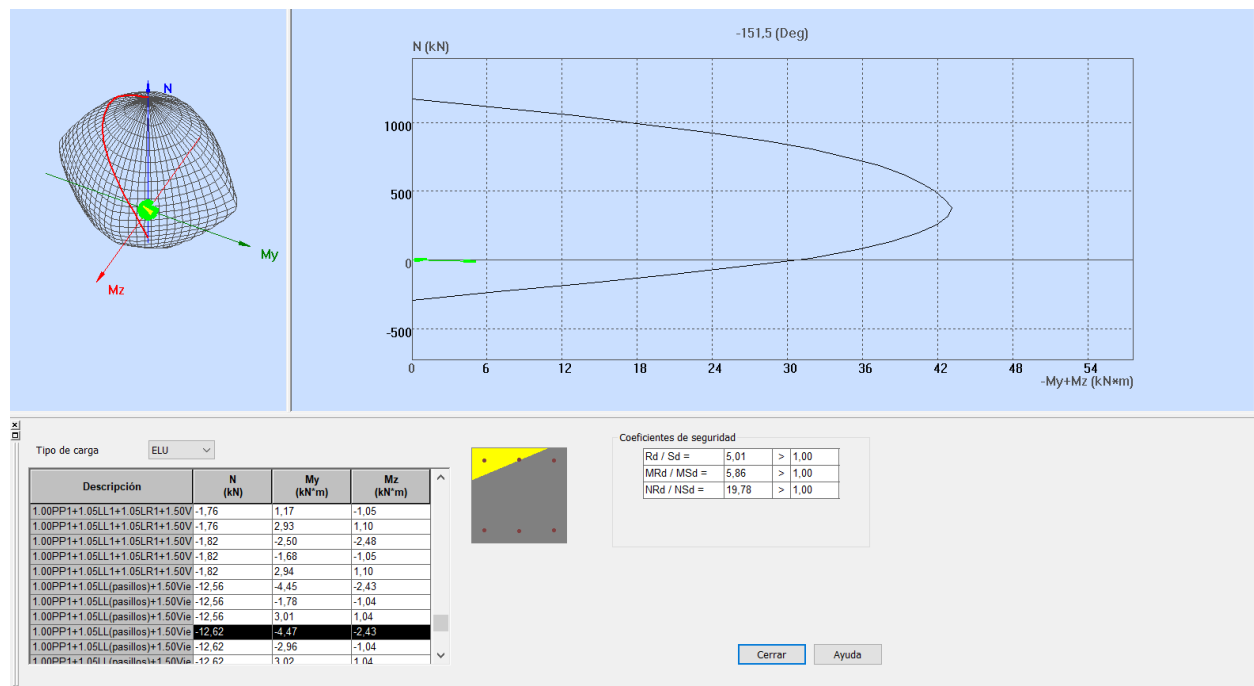


Ilustración 144 – Ventana de cuadro de resultados para los pilares en robot

Por último, además de con las vigas, se realiza un informe de cálculo y una vista tridimensional de la armadura, pudiendo ver claramente el resultado final.

Por último, es necesario también realizar la cimentación, la cual también se le realiza el estudio de la armadura para cada tipo de ellas. En este caso es necesario pulsar en cada una de ellas y manualmente introducir las dimensiones de las mismas que se desean que sean fijas, dejando libres tanto el ancho como el largo de la zapata, para así tener un dimensionamiento más preciso, cuyos cambios serán reflejados en el modelo de Revit. Cabe destacar que no se ha realizado el cálculo de la armadura de la zapata corrida debido a que robot no realiza la armadura del muro de contención.

Al pulsar en el navegador sobre la cimentación que se quiere dimensionar, salta directamente la ventana de dimensionamiento de la cimentación, con todas las cotas, como se puede observar en la ilustración 145. Dentro de la ventana de optimización se elige que todas las zapatas sean cuadradas.

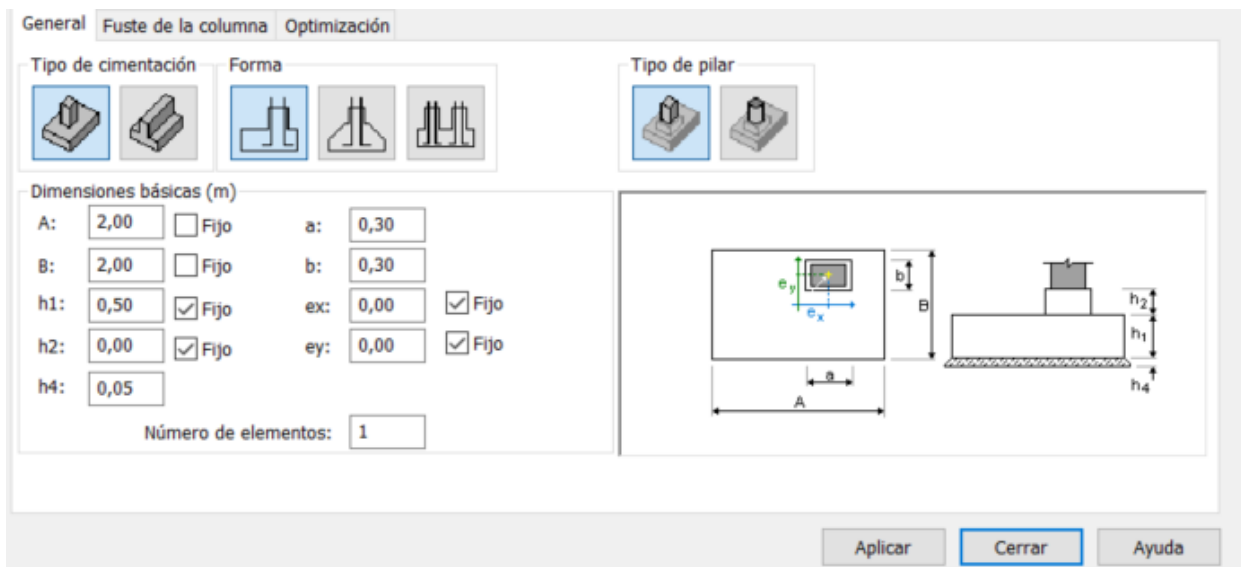


Ilustración 145 – Ventana de edición de las dimensiones de la cimentación

Conforme a las opciones de cálculo es similar a las anteriores, escogiendo los mismos materiales, un recubrimiento de 5 centímetros y que en este caso las armaduras longitudinales y transversales si pueden tener el mismo diámetro.

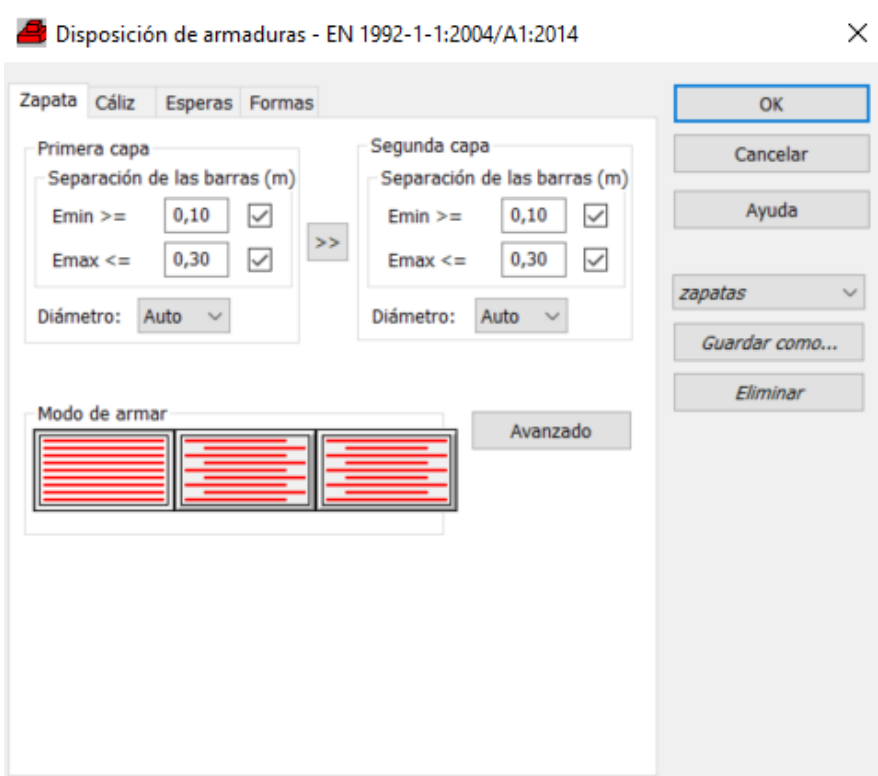


Ilustración 146 – Ventana de configuración de la disposición de armaduras en zapatas

Las opciones seleccionadas para las capas de la zapata son fijas y son las que se observan en la ilustración 146, donde en el botón de avanzado se decide no realizar un recubrimiento superior para todas las zapatas aisladas que no son combinadas.

De las siguientes pestañas tan solo se ha modificado la longitud de las esperas a 0,5 metros para el empalme de 4 barras con esa longitud mínima, con unas formas de gancho de 90°.

Por último, en este caso especial es necesario definir el suelo y las opciones geotécnicas, que se dejarán las que establece la norma que están introducidas en el programa.

Para el caso concreto de las zapatas combinadas se debe realizar un proceso distinto y manual. En este caso concreto se han de seleccionar los 2 nudos que conforman la zapata combinada en el modelo analítico de la estructura en robot y seleccionar el botón de refuerzo proporcionado de elementos RC dentro del menú de dimensionamiento. Una vez ahí se seleccionan los casos y al aceptar saldrá una ventana emergente para decidir si se quiere realizar una sola zapata para los dos nudos (ilustración 147). Aceptando y dimensionando como una zapata combinada (3ª opción en la forma de la geometría de la ilustración 145) se consigue dimensionar la zapata combinada.

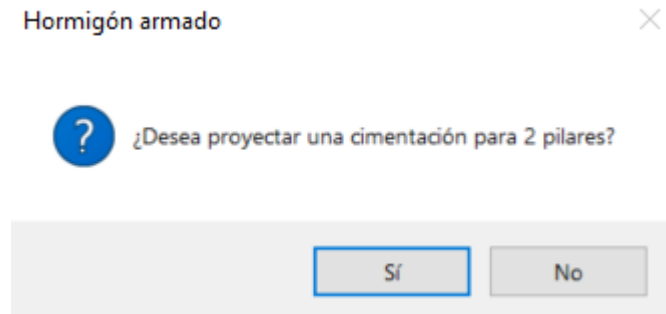


Ilustración 147 – Ventana emergente para la selección de zapata combinada

Realizado este proceso para todas las zapatas, algunas con dimensiones similares se agrupan (redondeando a la de dimensiones mayores) se consiguen los resultados finales, dando como resultado un informe de cálculo de las zapatas, la visualización de los esfuerzos y las armaduras de las zapatas. Algún ejemplo se puede observar en las siguientes ilustraciones a continuación.

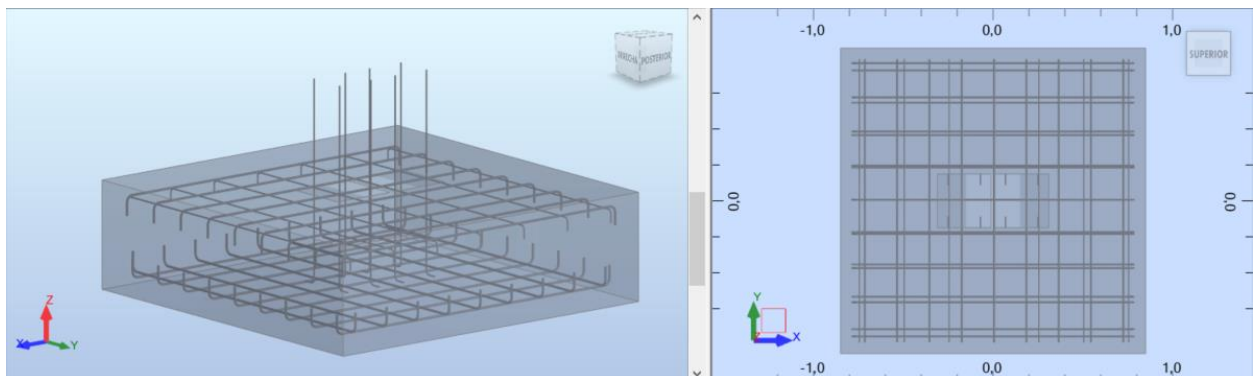


Ilustración 148 – Vista 3D de la armadura para la zapata combinada

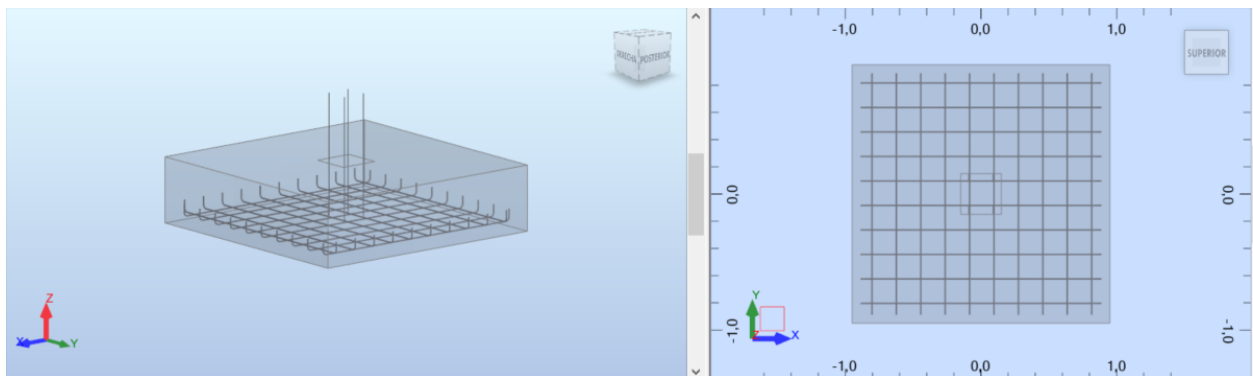


Ilustración 149 – Vista 3D de la armadura para zapata aislada

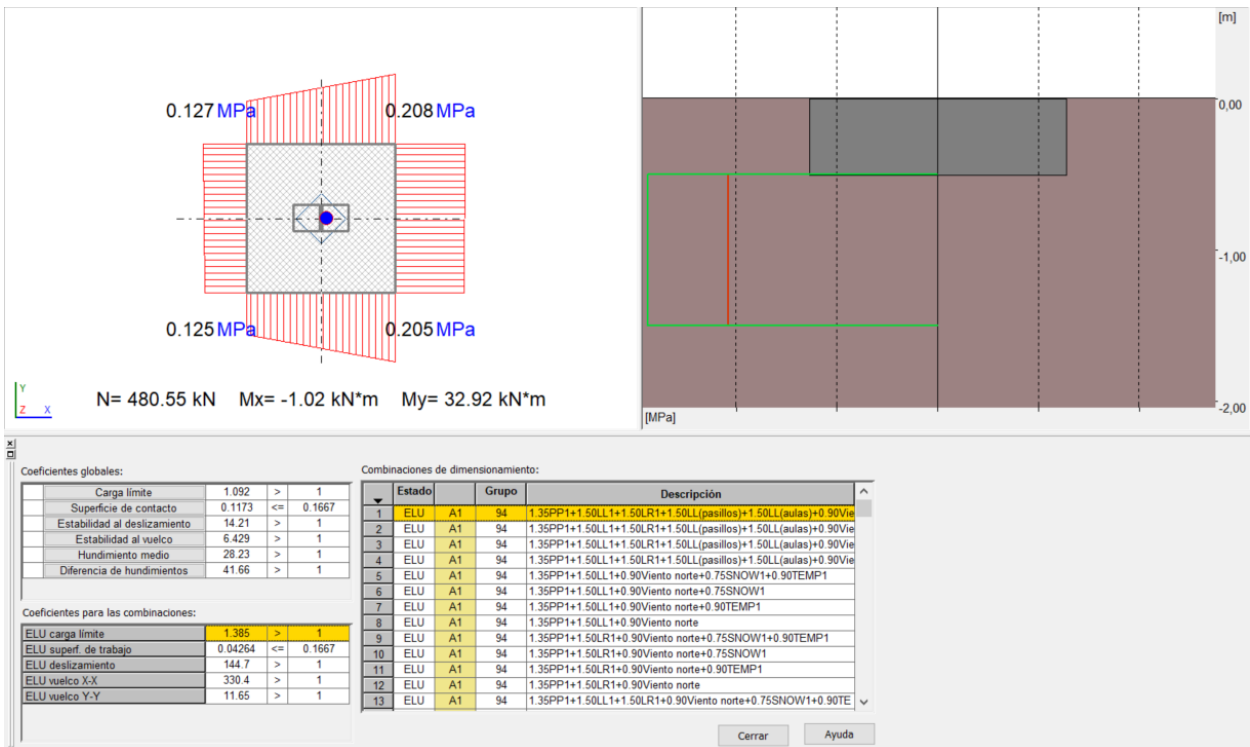


Ilustración 150 – Pestaña de resultados para la cimentación combinada

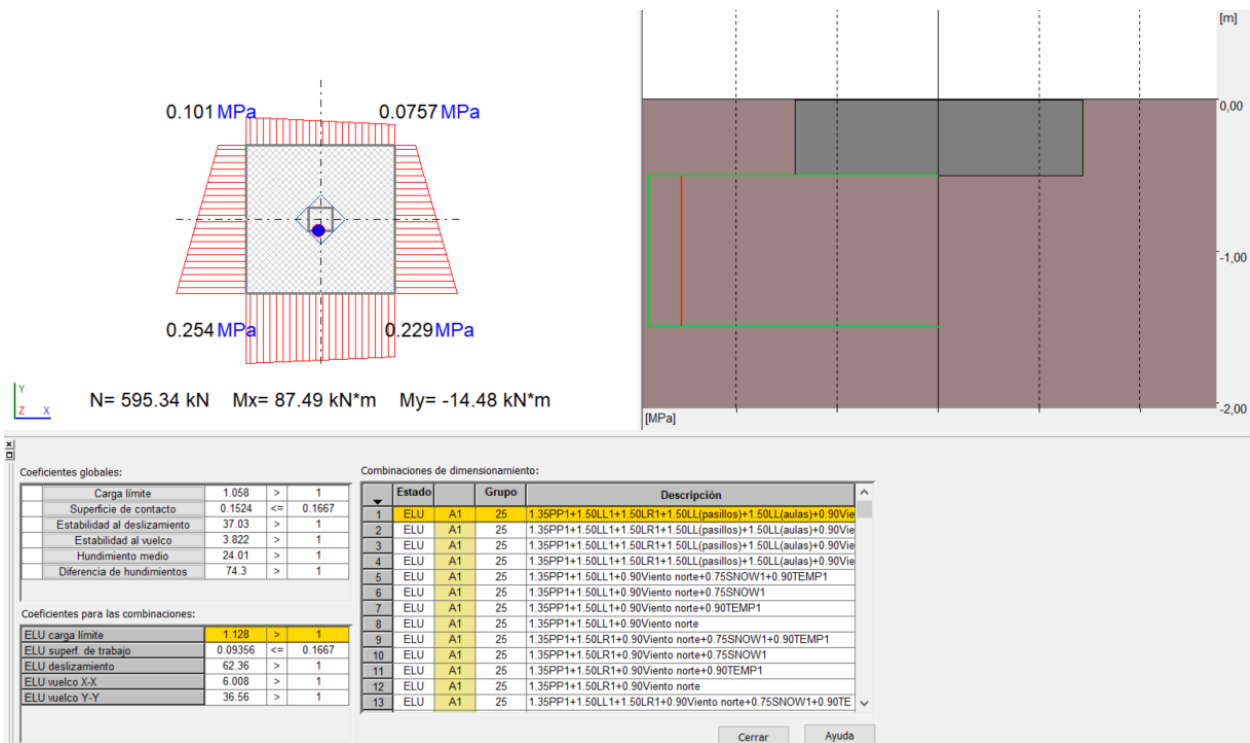


Ilustración 151 – Pestaña de resultados para la cimentación aislada

Finalizado todo el proceso de cálculo de armaduras, solo queda plamar resultados conjuntos en un plano del proyecto. Para ello, debido a que los planos de ejecución son creados para cada viga, pilar o zapata, se copiarán los datos en un .dwg en el que se agruparán y se presentarán de forma conjunta.

3.2.5.2 Informe de cálculo

De todo lo calculado en el programa se puede exportar de forma escrita un informe completo de cálculo que

contenga todo el contenido que seleccione el usuario. Este proceso se realiza desde el apartado de “componer impresión” en la interfaz superior. Seleccionando todas las opciones y pulsando en el botón de imprimir se genera un documento pdf de más de 900 páginas con toda la información tabulada del proyecto. No se ha visto conveniente adjuntarlo a esta memoria debido a la cantidad de páginas y numeración existente, debido a que todas las barras y nudos del programa están numerado de una forma y sin el propio programa de robot no sería legible.

3.2.6 Integración Robot-Revit

Realizar una integración entre Robot y Revit de un proyecto estructural completo de hormigón armado es algo complicado, debido al gran peso del archivo, puede llegar a ser un trabajo computacional de muchas horas. Es por ello que finalmente se descarta realizar este paso para volver a revit ya que las propias vistas de la armadura y los planos de ejecución de la armadura si son transferidos a revit para crear planos de armaduras de la estructura.

4 CONCLUSIONES

Haciendo un repaso, durante el transcurso de este proyecto durante los últimos meses se ha ido aprendiendo todo lo expuesto en esta memoria, cumpliendo con todos los objetivos que se planteaban al principio.

El trabajo fin de máster tenía como objetivo principal el modelado arquitectónico y la estructura en BIM de un colegio, aprendiendo a utilizar todo el software y conceptos arquitectónicos y estructurales durante el camino. El objetivo ha sido cumplido de forma notable, siempre sabiendo que podría ser más completo realizando instalaciones o más estudios como el análisis medioambiental. En resumidas cuentas, este trabajo fin de máster sería dos partes importantes de un proyecto completo de Ingeniería-Arquitectura.

Este proyecto ha tenido durante todo su transcurso mucha retroalimentación, analizando errores, modificandolos y siempre realizando todo con mucho mimo y detalle, dejando como resultado final palpable unos planos A1 completos y detallados.

A parte de aprender el uso de los softwares, se ha aprendido y alcanzado los objetivos de aprender a realizar planos correctamente y a leerlos, se ha aprendido más sobre la normativa vigente que se ha aplicado en este proyecto y se han madurado conceptos ya aprendidos durante la carrera universitaria.

En lo que a mi persona respecta, estoy enormemente orgulloso del trabajo realizado y de que trabajo ha sido realizado, ya que es un proyecto real realizado por mi padre en su día. Pese a todos los contratiempos, el número de horas invertidas en este proyecto y todos los esfuerzos que han sido realizados para terminar este trabajo, toda la recompensa final vale la pena. Por un lado está el aprendizaje a un nivel intermedio de softwares que están a la orden del día como son los de la empresa Autodesk (Revit, Robot y AutoCad) y por otro lado está todo el crecimiento personal de habilidades que no están presentes nunca en un proyecto, sino que están detrás, como es la disciplina, el trabajo, la paciencia y otras cualidades que son imprescindibles para tener un buen futuro profesional.

Me llevaré un gran recuerdo de este proyecto y de todo lo aprendido durante toda mi etapa profesional.

REFERENCIAS

- [1] ¿Qué es autodesk Revit y para que sirve?, RFAECO, <https://www.rfaeco.com/que-es-revit-de-autodesk-y-para-que-sirve/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [2] Plantilla de proyecto, Ayuda Autodesk, shorturl.at/hvOT4 [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [3] Tipos de familias revit, IP21Ingeniería, shorturl.at/iorzD [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [4] Foto pilar estructural-pilar arquitectónico, Venado revit, <http://venadorevit.blogspot.com/2012/12/pilares-cual-elegir.html> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [5] Añadir una puerta a un muro cortina, Ayuda autodesk, shorturl.at/yBHOP [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [6] Crear la imagen renderizada, Ayuda Autodesk, shorturl.at/gtFIN [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [7] Acerca de copiar/supervisar, Ayuda Autodesk, shorturl.at/mqBIJ [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [8] Añadir una condición de contorno, Ayuda Autodesk, shorturl.at/cqwU5 [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [9] Acerca del modelo analítico estructural, Ayuda Autodesk, shorturl.at/cpCUV [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [10] ¿Qué es autodesk robot?, Espacio BIM, <https://www.espaciobim.com/autodesk-robot> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [11] Ventajas uso Autodesk robot, ITC, <https://itcformacionyconsultoria.com/ventajas-autodesk-robot/> [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]
- [12] Google maps, shorturl.at/eiuHX [En línea] [Accedido 2-Nov-2021]

Consultas y guías a lo largo del proyecto:

- [13] *Documento Básico de Seguridad Estructural: Acciones en la edificación*. Norma CTE DB SE-AE.
- [14] Libro: “*Análisis y Diseño de Estructuras con Autodesk Robot Structural Analysis 2016*”, Carlos Enrique Villaroel Bejarano, 2016.
- [15] TFG “*Diseño y Cálculo de la estructura de una capilla mediante metodología BIM*”, Antonio Pineda Márquez, Universidad de Sevilla, 2021.
- [16] TFG “*Proyecto Estructural de un hangar para el mantenimiento de aviones*”, José Daniel Andrades del Águila, Universidad de Sevilla, 2019.
- [17] TFG: “*Modelización y cálculo de un edificio de hormigón con programas del entorno BIM*”, Javier Bentué Bueno, Universidad de Zaragoza, 2017.

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

DOCUMENTO IV – Planos.

Autor: Rafael Mensua Santisteban

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha

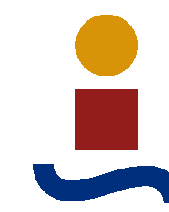
Miguel Ángel López López

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



PLANO A01 – Localización y emplazamiento
PLANO A02 – Distribución en planta baja
PLANO A03 – Distribución Planta Primera
PLANO A04 – Alzados Aulario
PLANO A05 – Alzados y Secciones AA y BB
PLANO A06 – Acotación Planta Baja
PLANO A07 – Acotación Planta Primera
PLANO S01 - Cimentación
PLANO S02 – Forjados Planta Baja y Planta primera
PLANO S03 - Cubiertas
PLANO S04 – Alzados Este y Oeste
PLANO S05 – Alzados Norte y Sur
PLANO S06 - Armadura Zapatas
PLANO S07 – Armadura Pilares
PLANO S08 – Armadura Vigas Casa conserje
PLANO S09 – Armadura Vigas SUM
PLANO S10 – Armadura Vigas Planta Baja Administración
PLANO S11 – Armadura Vigas cubierta Administración
PLANO S12 – Armadura Vigas Planta 1 Aulario
PLANO S13 – Armadura Vigas cubierta Aulario



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

Localización y emplazamiento

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

A01

Escala



Tabla de distribución del espacio Plantas Bajas

Nivel	Nombre	Área
+50.93 C_1ªplanta	BAÑO	1.39 m ²
+50.93 C_1ªplanta	SALA ASCENSOR	9.70 m ²
+50.93 C_1ªplanta	SALA MANTENIMIENTO	3.78 m ²
+50.93 C_1ªplanta	LABORATORIO	100.10 m ²
+50.93 C_1ªplanta	ALMACEN	19.10 m ²
+50.93 C_1ªplanta	GALERÍA	159.96 m ²
+50.93 C_1ªplanta	AULA3	50.67 m ²
+50.93 C_1ªplanta	AULA4	50.19 m ²
+50.93 C_1ªplanta	AULA2	50.18 m ²
+50.93 C_1ªplanta	AULA1	50.60 m ²
+50.93 C_1ªplanta	SEMINARIO1	14.73 m ²
+50.93 C_1ªplanta	AULA PLASTICA	60.03 m ²
+50.93 C_1ªplanta	SALA CALDERAS	18.36 m ²
+50.93 C_1ªplanta	CUARTO LIMPIEZA	4.49 m ²
+50.93 C_1ªplanta	ENTRADA VESTUARIO	2.62 m ²
+50.93 C_1ªplanta	VESTUARIO	5.58 m ²
+50.93 C_1ªplanta	ASEO	2.81 m ²
+50.93 C_1ªplanta	BAÑO MINUSVÁLIDOS	4.05 m ²
+50.93 C_1ªplanta	BAÑO CHICOS	1.68 m ²
+50.93 C_1ªplanta	BAÑO CHICOS	1.73 m ²
+50.93 C_1ªplanta	ASEO CHICOS	9.84 m ²
+50.93 C_1ªplanta	BAÑO CHICAS	1.65 m ²
+50.93 C_1ªplanta	BAÑO CHICAS	1.68 m ²
+50.93 C_1ªplanta	BAÑO CHICAS	1.64 m ²
+50.93 C_1ªplanta	ASEO CHICAS	6.08 m ²
+50.93 C_1ªplanta: 25		632.63 m ²

Usos

- Baño
- Despachos
- Galería
- Mantenimiento
- Secretaría
- Usos comunes
- Vivienda conserje

Tabla de distribución del espacio Plantas Bajas

Nivel	Nombre	Área
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	CONSERJERÍA	10.45 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ALUMNOS	14.96 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	A.P.A	15.01 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ORIENTACIÓN	15.10 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	SECRETARIO	14.96 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	J.ESTUDIOS	14.96 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	SALA PROFESORES	40.11 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	SECRETARÍA	31.01 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ARCHIVO	9.99 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	DIRECTOR	19.97 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ASEO MUJERES	3.26 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	CUARTO LIMPIEZA	2.81 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ASEO HOMBRES	4.30 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	PASILLO	33.83 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	VESTÍBULO	40.64 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	BIBLIOTECA	73.55 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	CAFETERÍA	40.80 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ENTRADA BAÑOS	4.32 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ASEO	1.72 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ASEO	1.73 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	BAÑO	1.75 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	BAÑO	1.71 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	SALÓN COMEDOR	17.26 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	COCINA	7.69 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	LAVADERO	2.45 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	ASEO	3.53 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	VESTÍBULO	5.27 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	BAÑO	4.39 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	PASILLO	2.57 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	DORMITORIO3	9.30 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	DORMITORIO1	11.19 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	DORMITORIO2	10.61 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	S.U.M	139.47 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	BAÑO	1.69 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta	BAÑO	1.53 m ²
+51.84 O_Suelo1ªPlanta: 35		613.89 m ²
Total general: 60		1246.52 m²



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

Distribución en planta baja

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

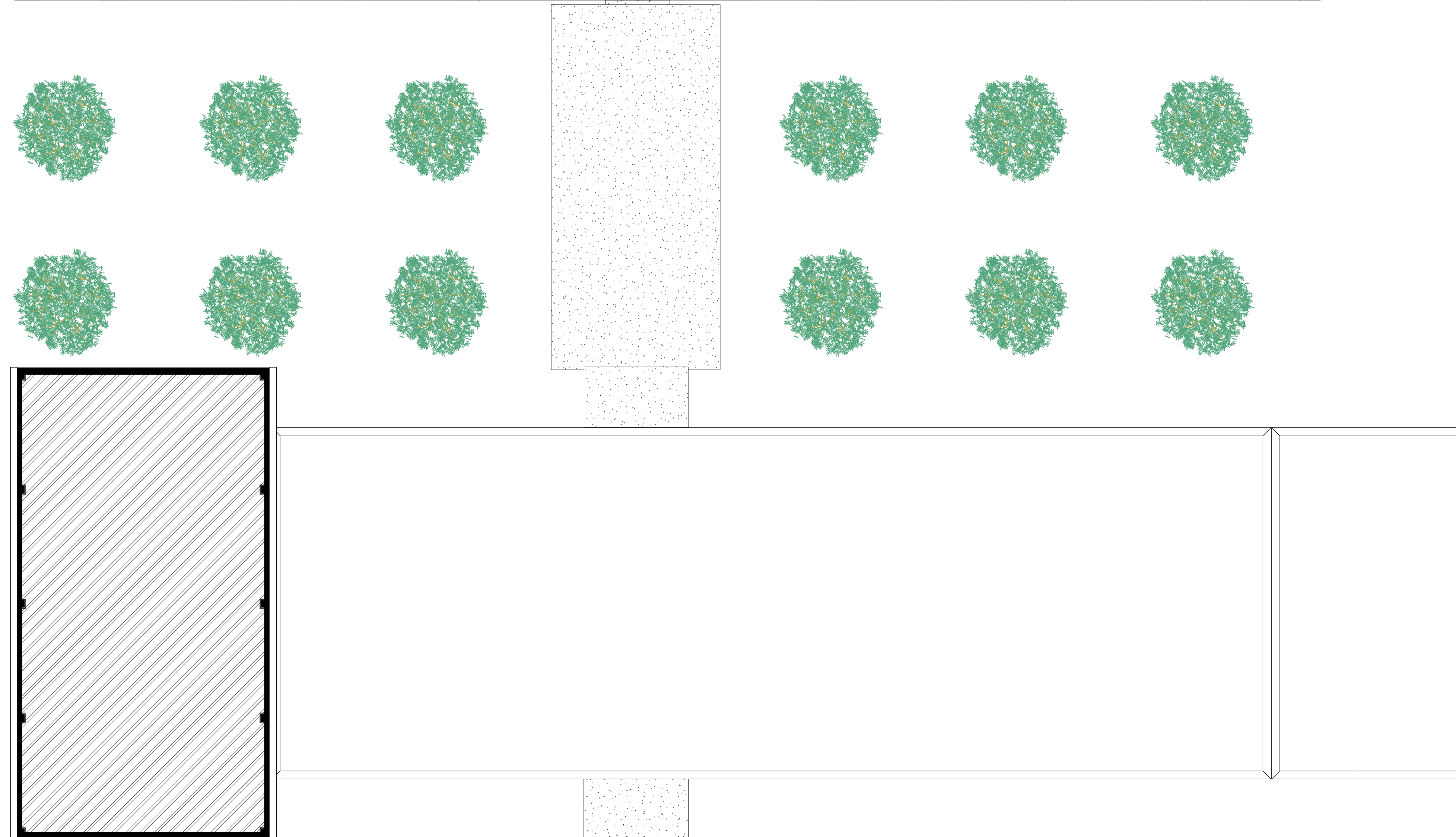
2020/2021



A02

Escala 1 : 100

- Usos**
- Aulas
 - Baño
 - Galería
 - Seminarios
 - Taller

Tabla de distribución del espacio Planta primera		
Nivel	Nombre	Área
+54.33 C_2ªPlanta	GALERÍA	117.89 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	AULA8	50.67 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	AULA7	50.19 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	SEMINARIOS5	14.73 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	AULA6	50.15 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	AULA5	50.63 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	ASEO CHICOS	9.90 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	BAÑO	1.68 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	BAÑO	1.73 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	BAÑO	1.65 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	BAÑO	1.69 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	BAÑO	1.64 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	AULA INFORMATICA	58.89 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	SEMINARIO2	14.87 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	SEMINARIO3	14.94 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	SEMINARIO4	14.94 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	SALA APOYO	30.78 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	LABORATORIO	58.81 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	ASEO CHICAS	10.34 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	AULA MÚSICA	57.49 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	ESCALERAS 1	14.30 m ²
+54.33 C_2ªPlanta	ESCALERAS 2	15.46 m ²
Total general: 22		643.35 m²



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

Distribución planta primera

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

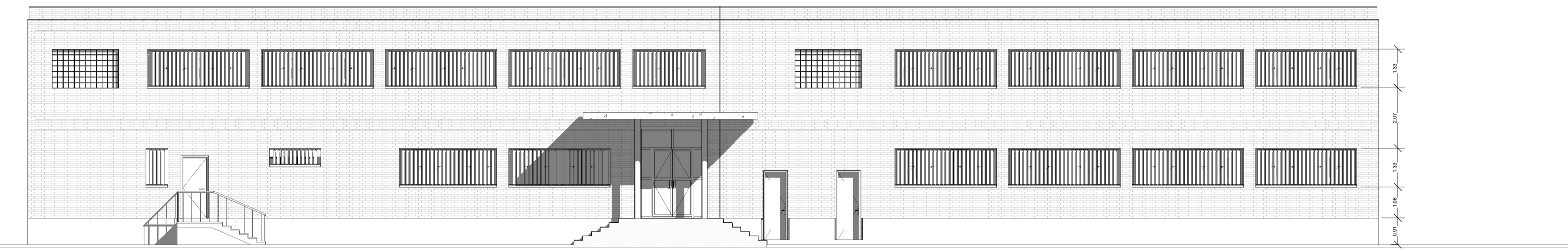
A03

Escala 1 : 100

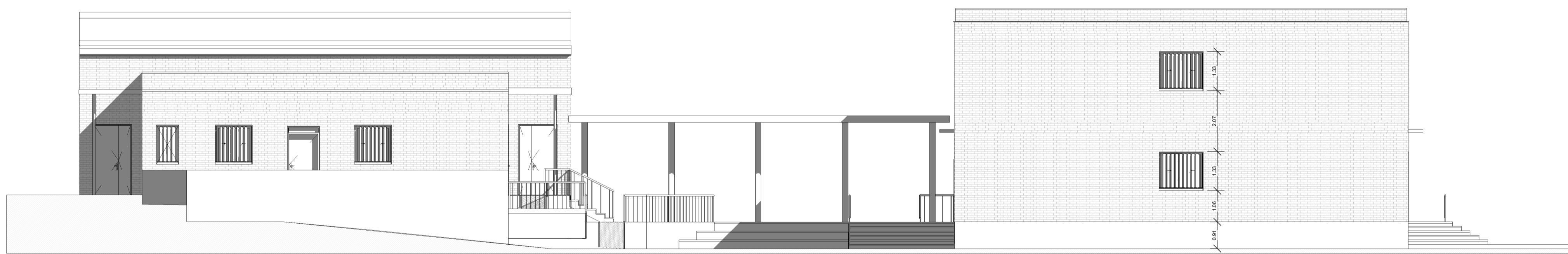
1 Alzado Norte Aulario
A04 1:100



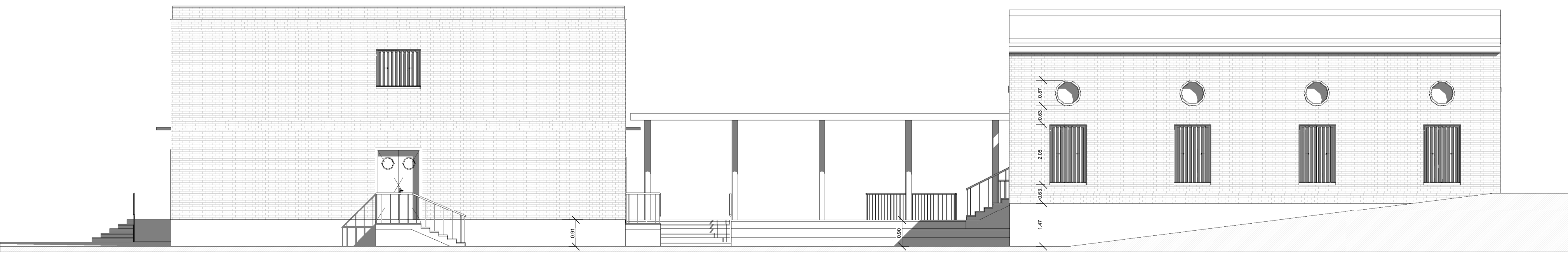
2 Alzado Sur Aulario
A04 1:100



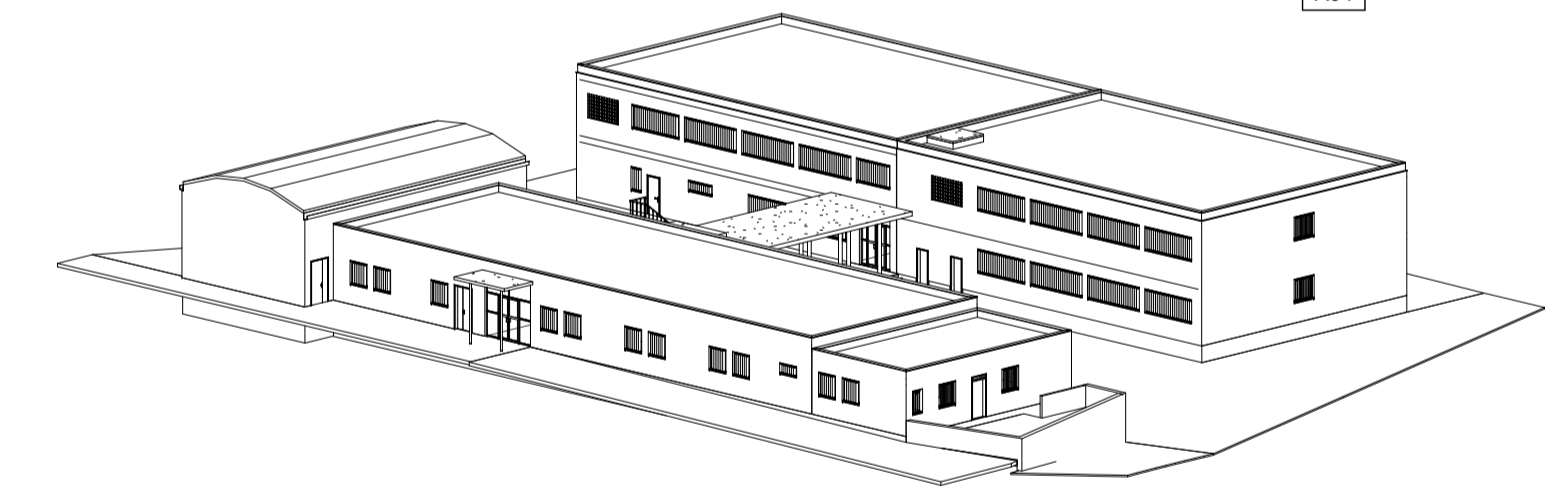
3 Este
A04 1:100



4 Oeste
A04 1:100



5 Vista 3D
A04



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

Alzados Aulario

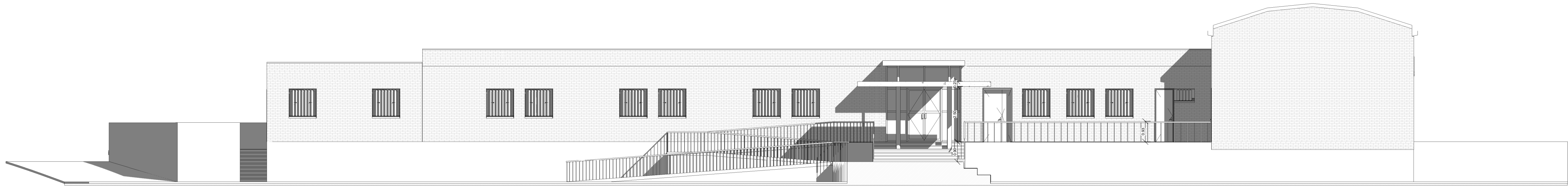
Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

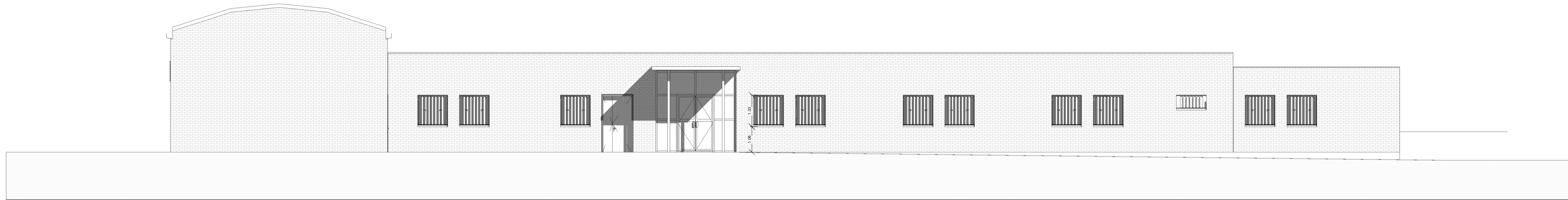
A04

Escala 1:100

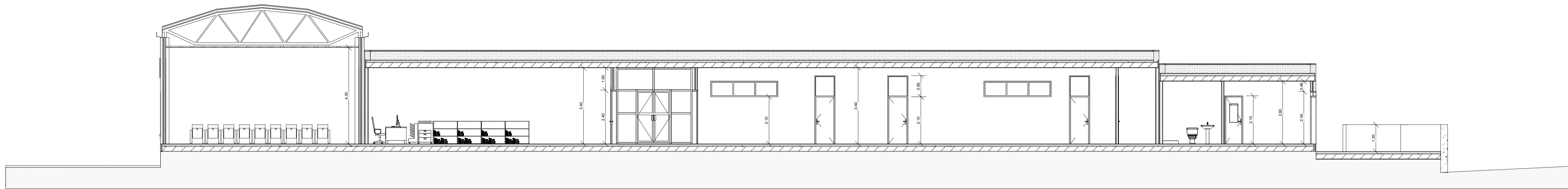
4 Alzado Norte Admin
A05 1:100



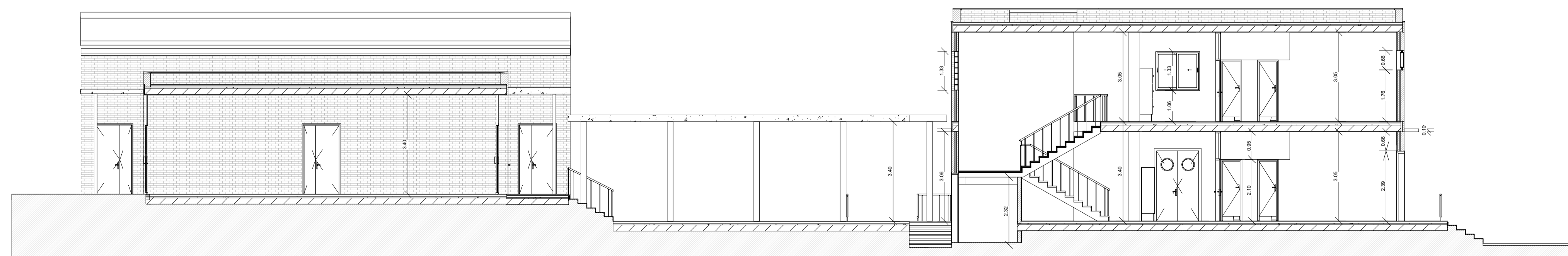
3 Alzado Sur Admin
A05 1:100



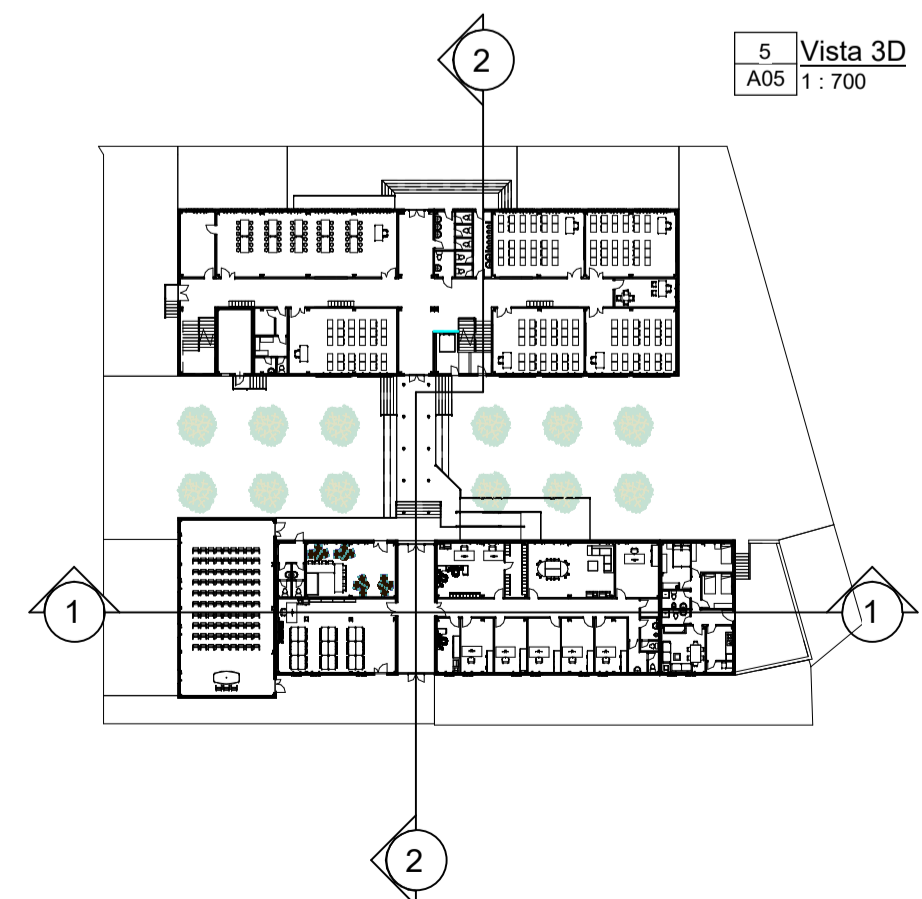
1 Sección B-B
A05 1:100



2 Sección A-A
A05 1:100



5 Vista 3D
A05 1:700



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

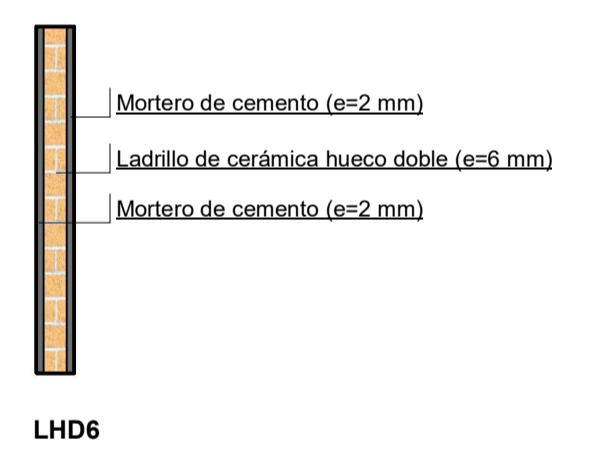
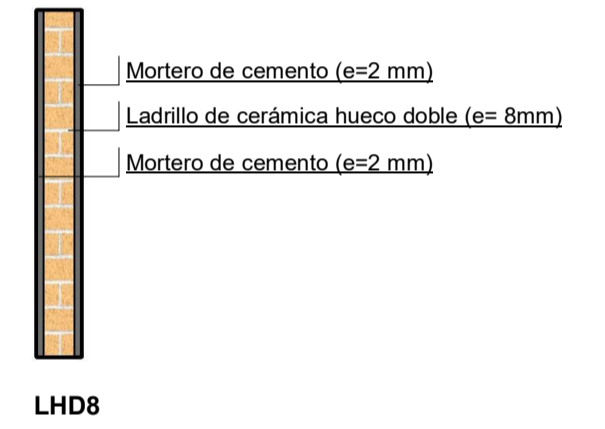
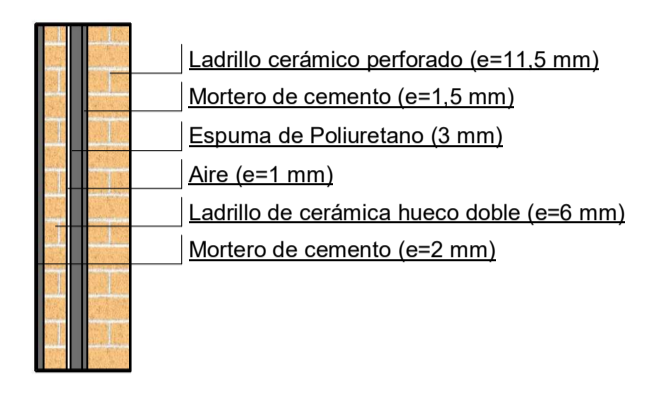
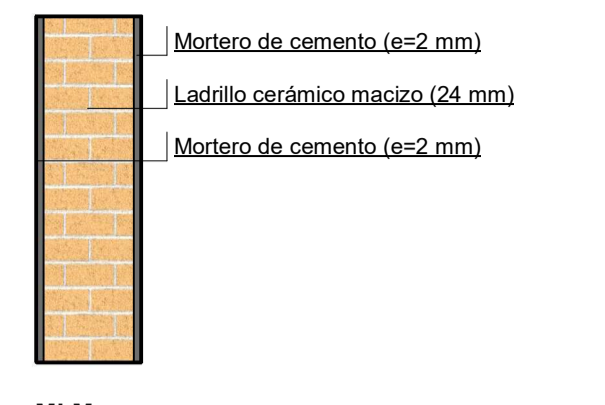
Alzados y Secciones AA y BB

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

A05

Escala Como se indica



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

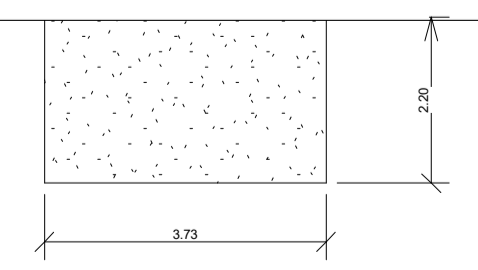
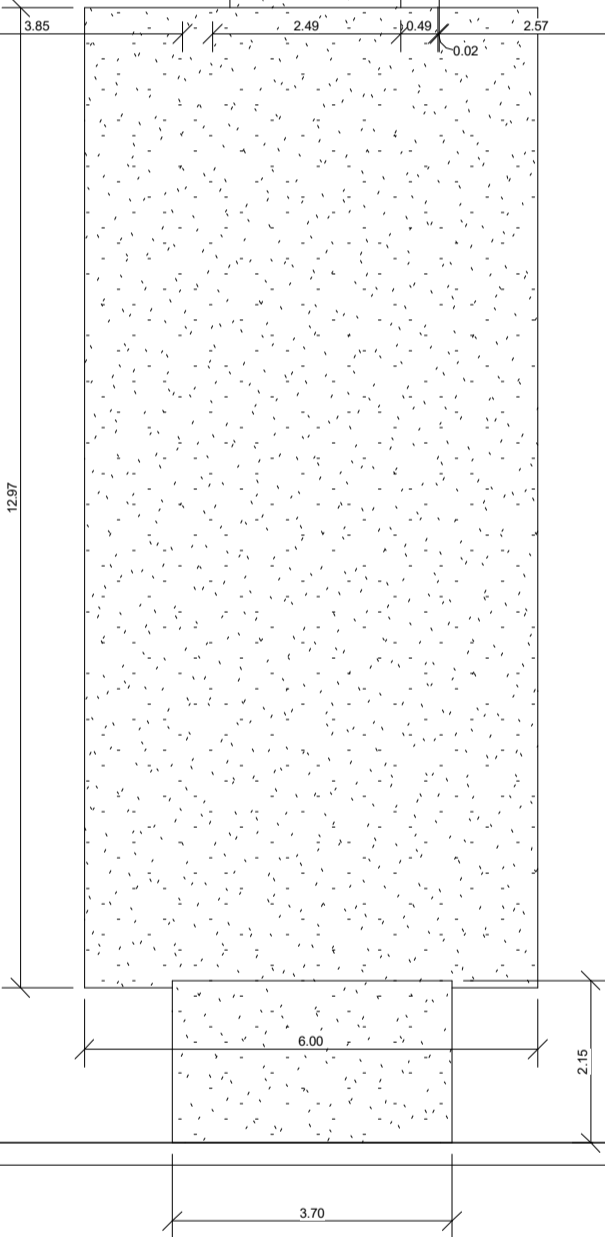
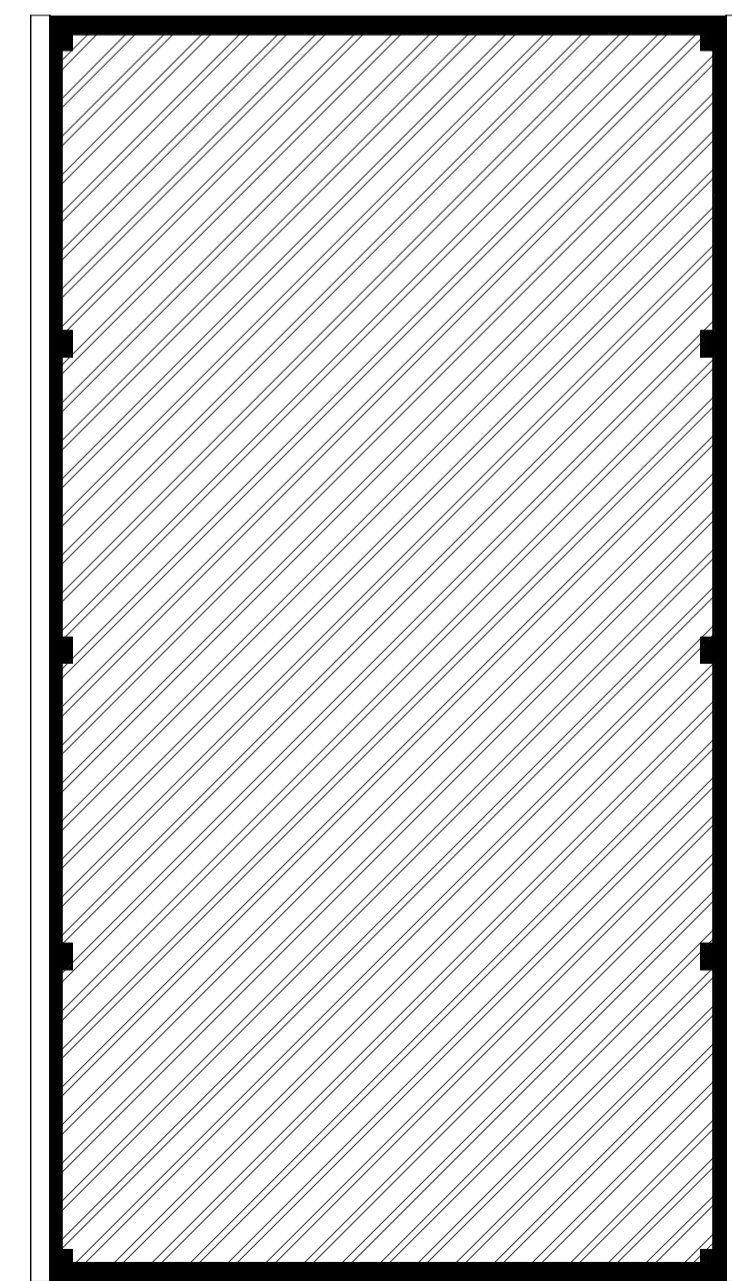
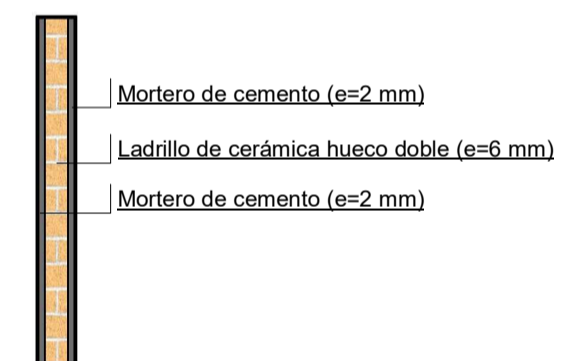
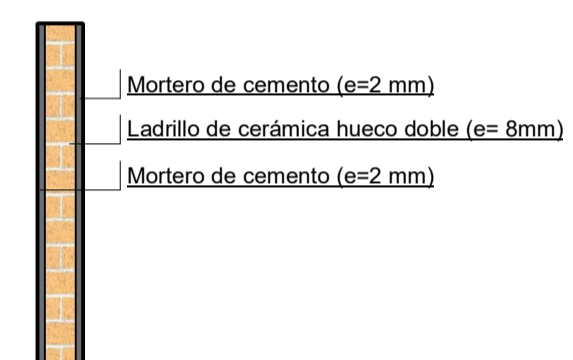
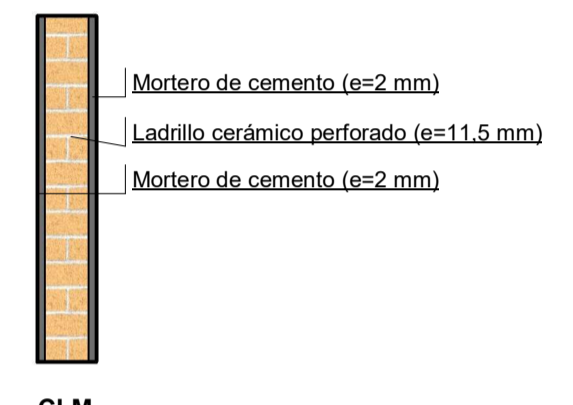
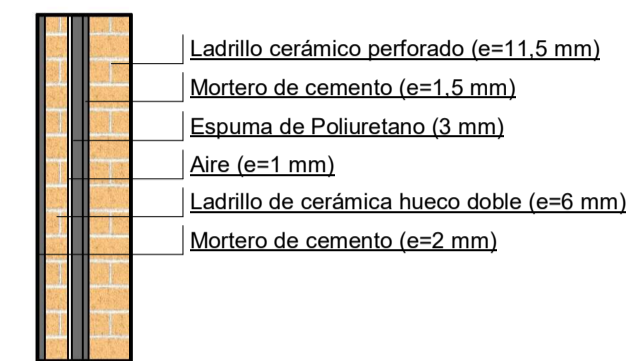
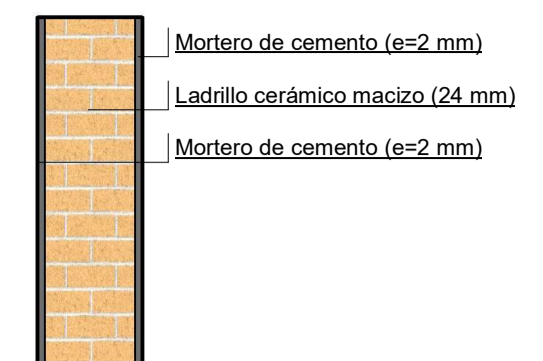
Acotación PB

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

A06

Escala Como se indica



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

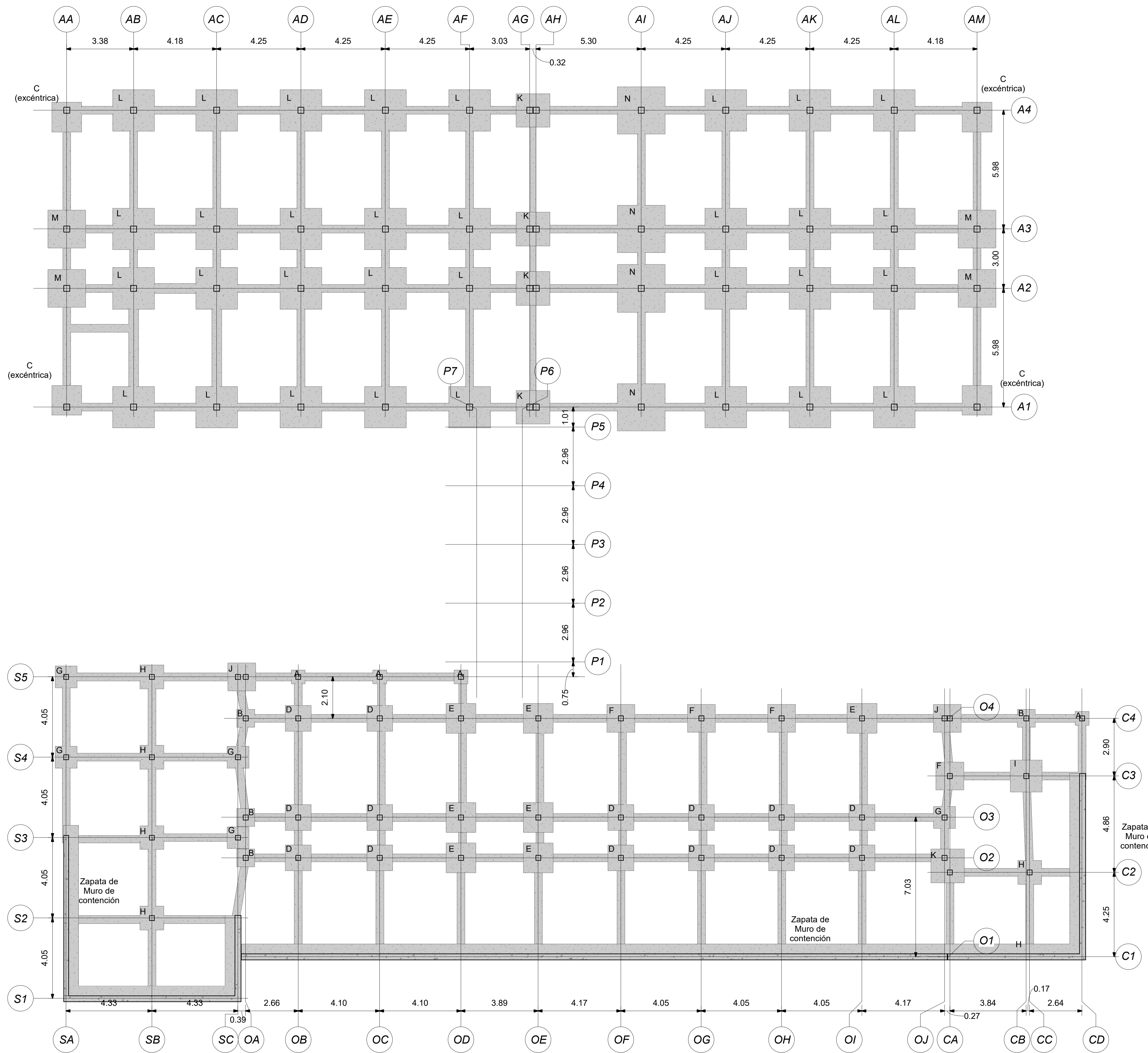
Acotación P1

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

A07

Escala Como se indica



Zapatas			
Tipo	Cantidad	Longitud (m)	Ancho (m)
A	4	0.700	0.700
B	4	0.900	0.900
C (excéntrica)	4	1.500	1.500
D	14	1.300	1.300
E	7	1.500	1.500
F	4	1.400	1.400
G	5	1.100	1.100
H	5	1.200	1.200
I	1	1.600	1.600
J	2	1.400	1.400
K	5	1.700	1.700
L	32	2.100	2.100
M	4	1.900	1.900
N	4	2.400	2.400

1 Cimentación
1 : 100

Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

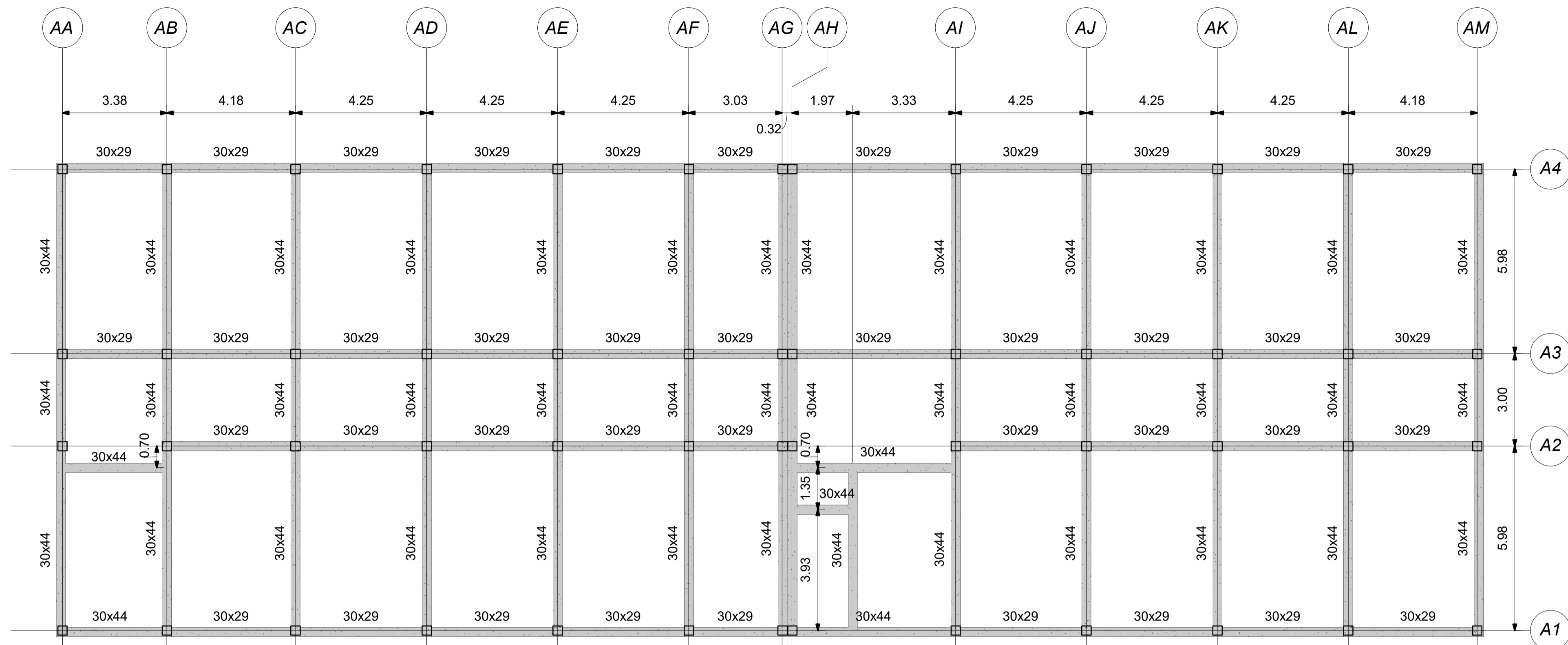
Cimentación

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

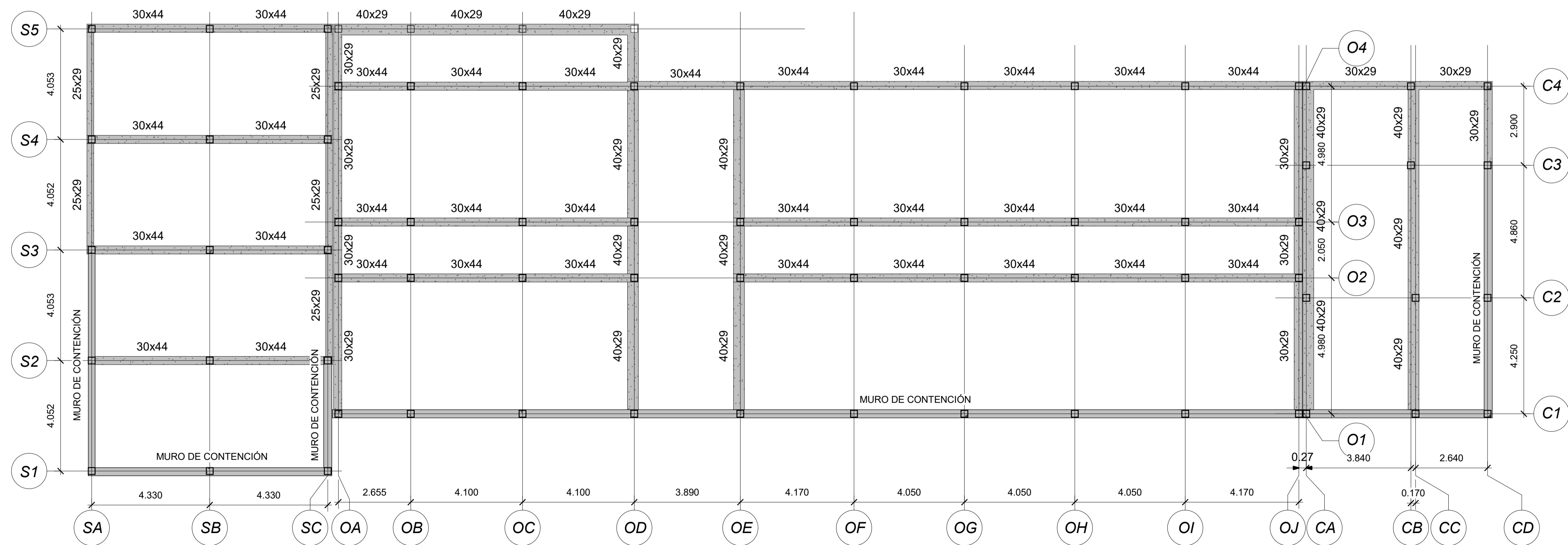
2020/2021

S01

Escala 1 : 100



1 +54.33 Zona Aulario P1
1 : 100



2 +51.77 Zona Admin PB
1 : 100



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

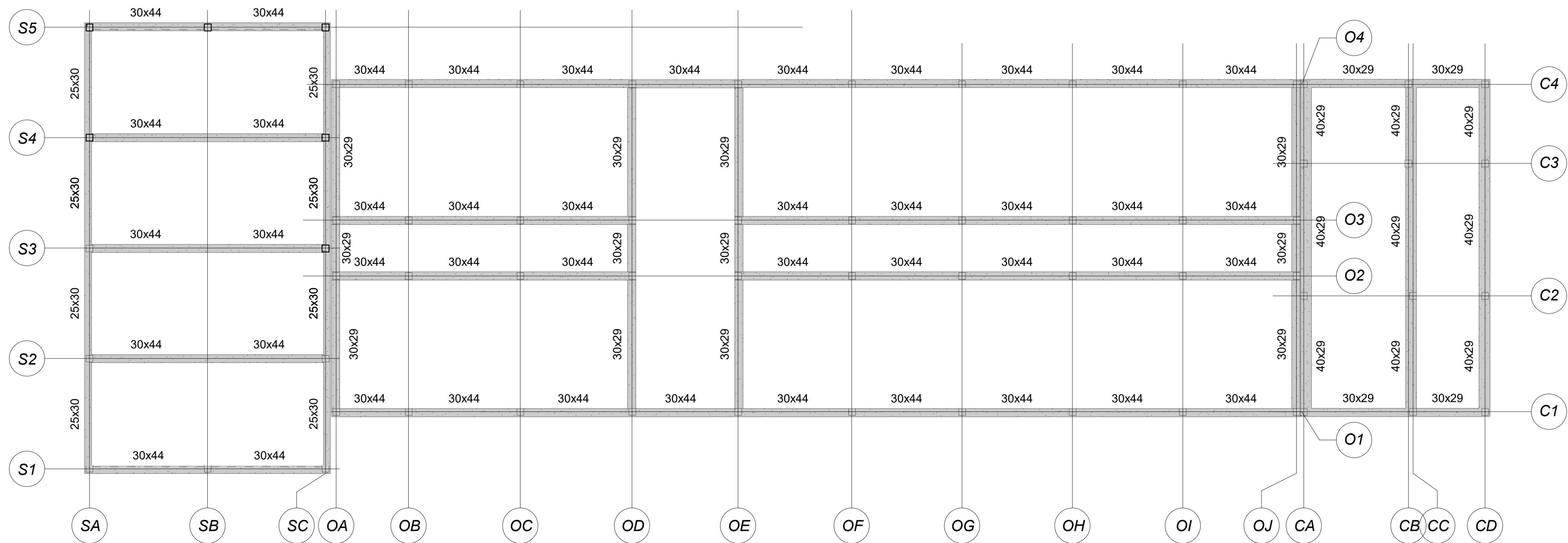
Forjados PB y P1

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S02

Escala 1 : 100



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

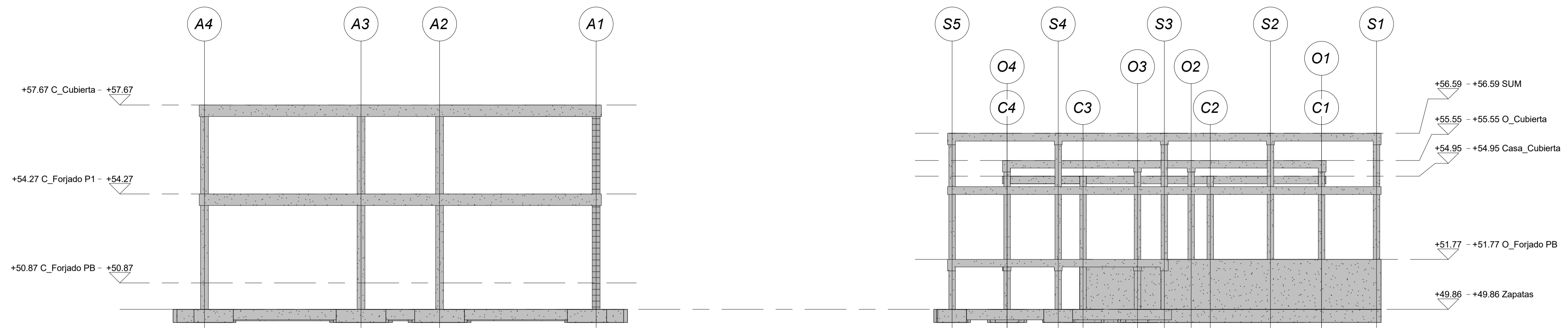
Cubiertas

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

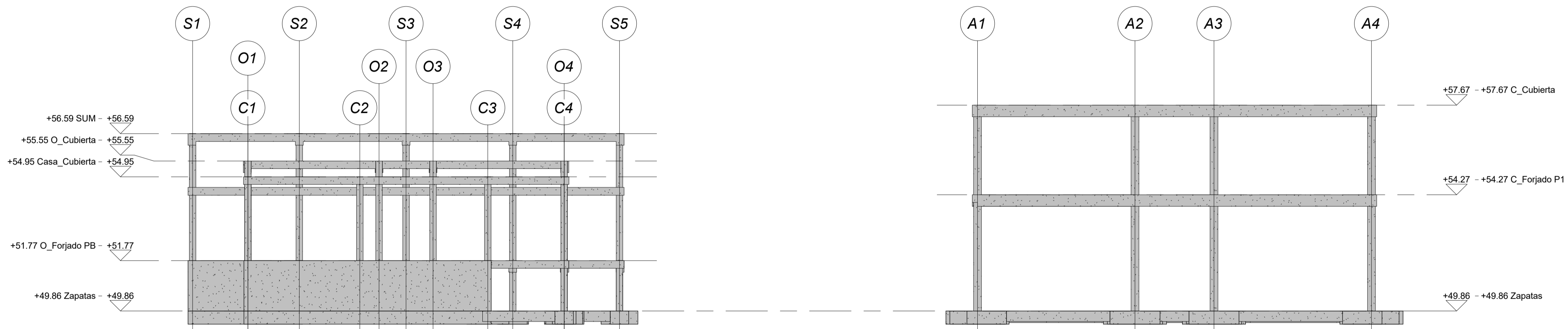
2020/2021

S03

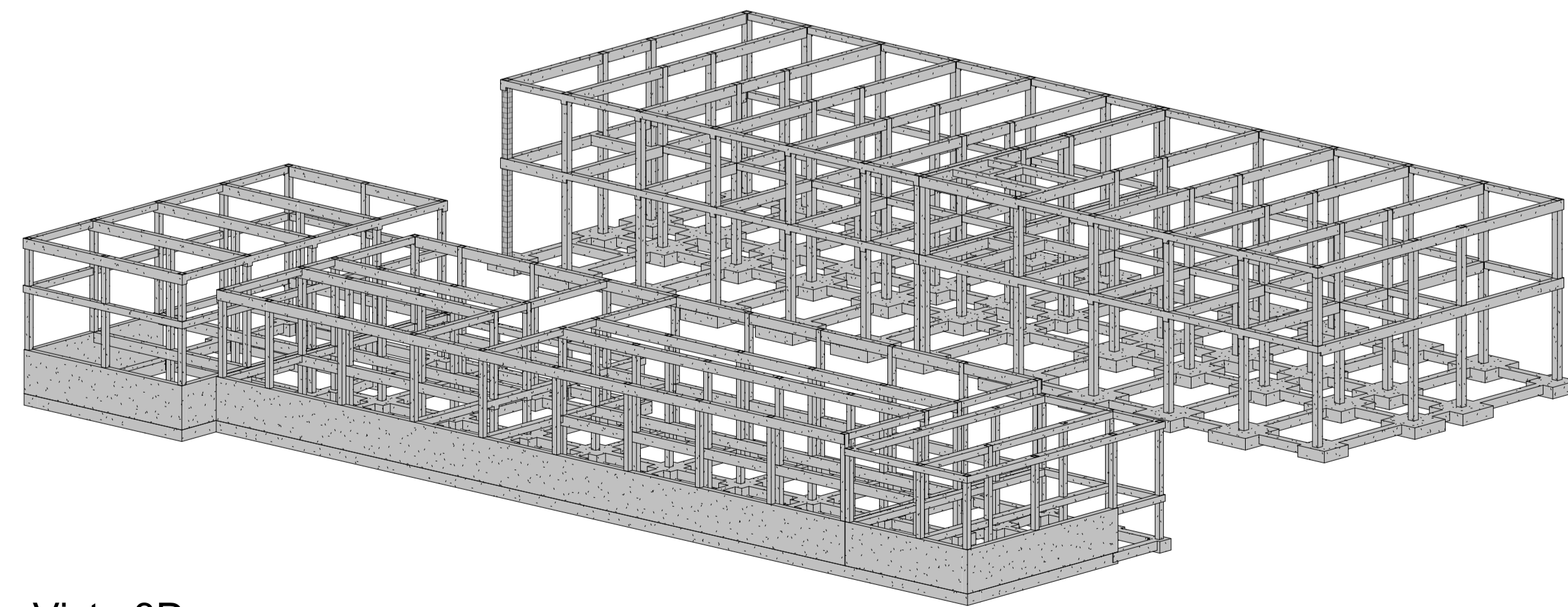
Escala 1 : 100



1 Oeste
1 : 100



2 Este
1 : 100



3 Vista 3D



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

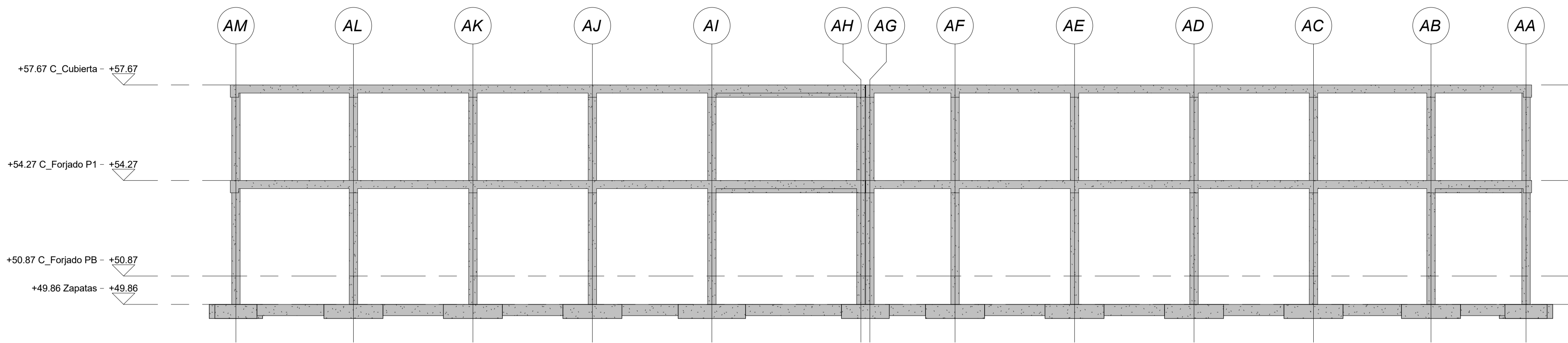
Alzados Este y Oeste

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

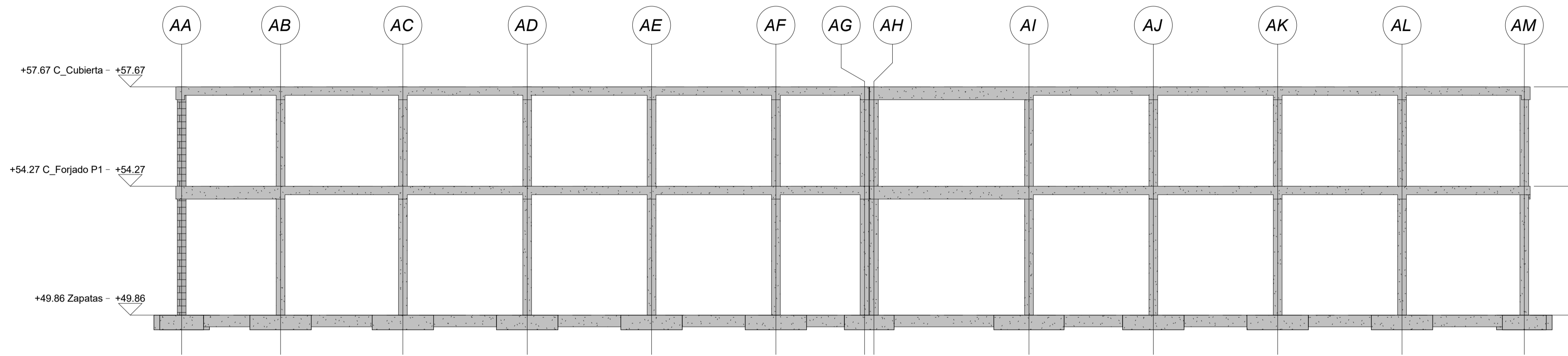
2020/2021

S04

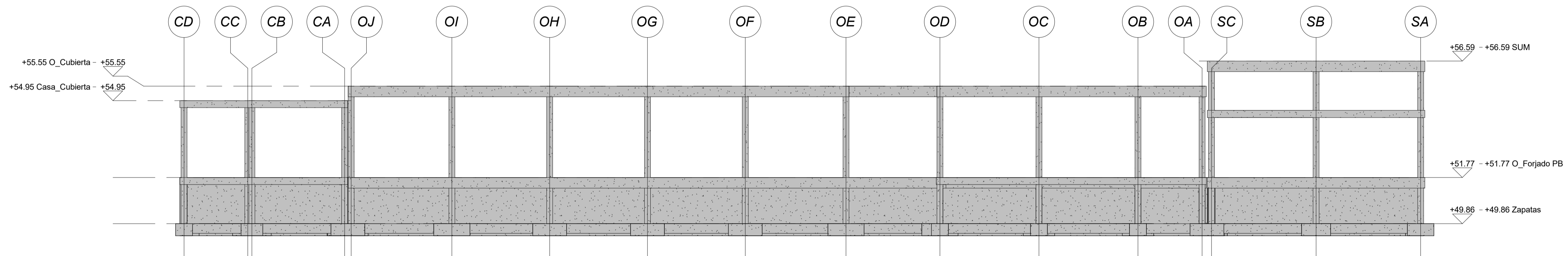
Escala 1 : 100



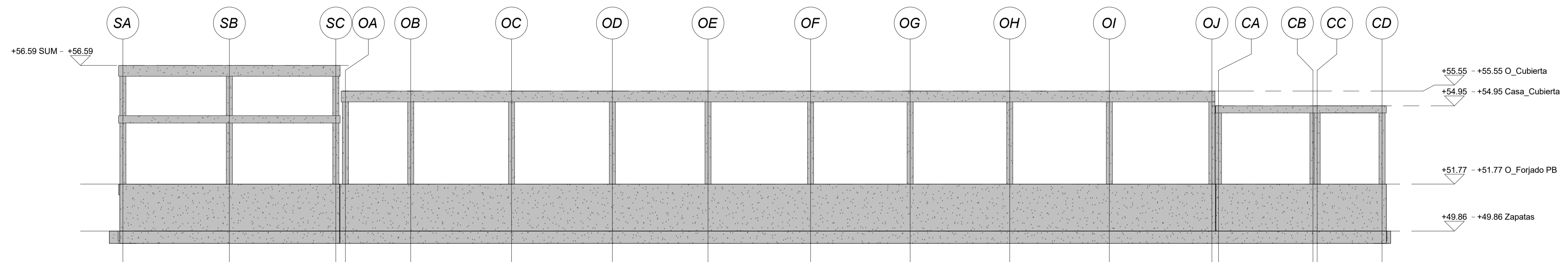
1 Alzado Norte Aulario
1 : 100



2 Alzado Sur Aulario
1 : 100



3 Alzado Norte Admin
1 : 100



4 Alzado Sur Admin
1 : 100



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

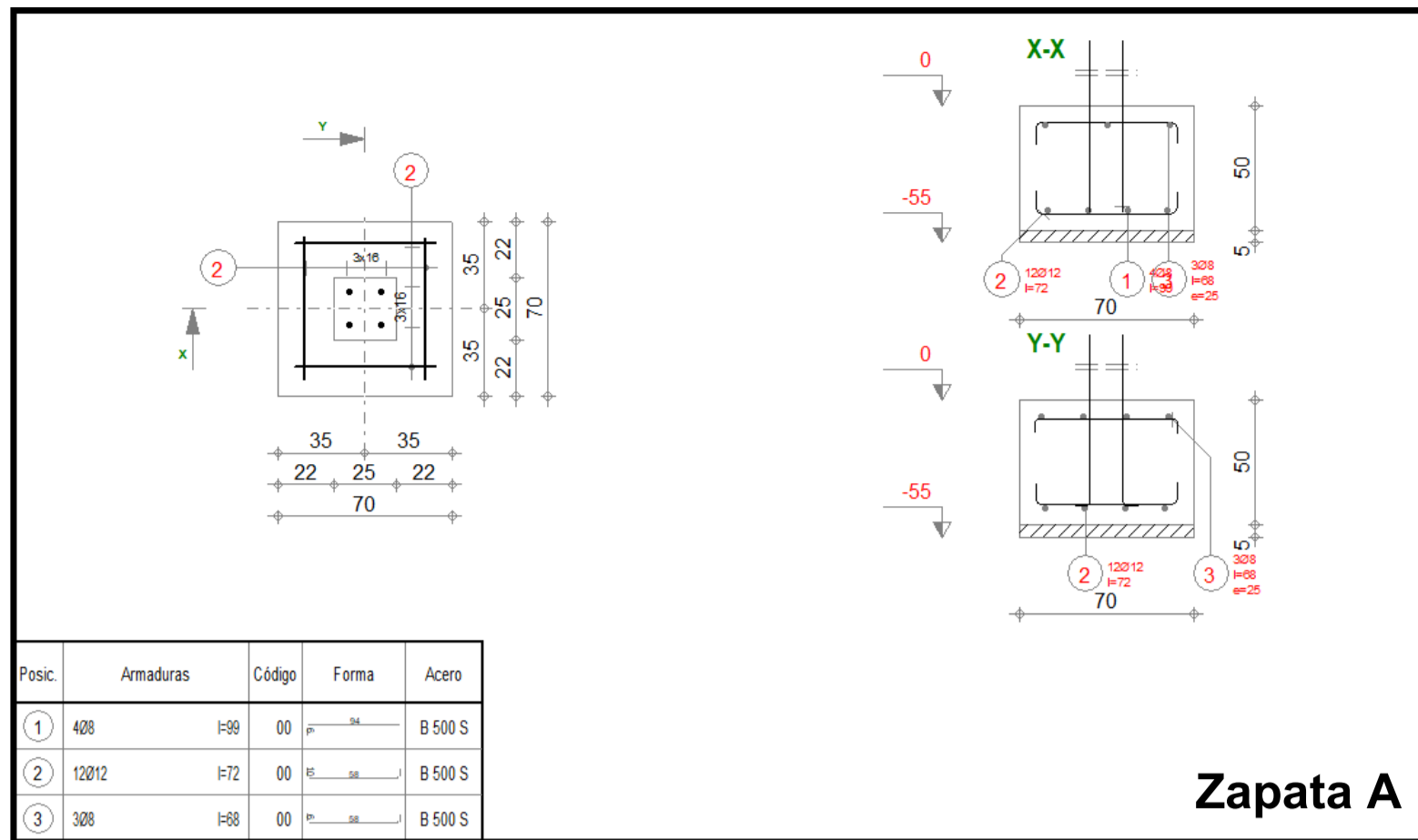
Alzados Norte y Sur

Autor:
Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

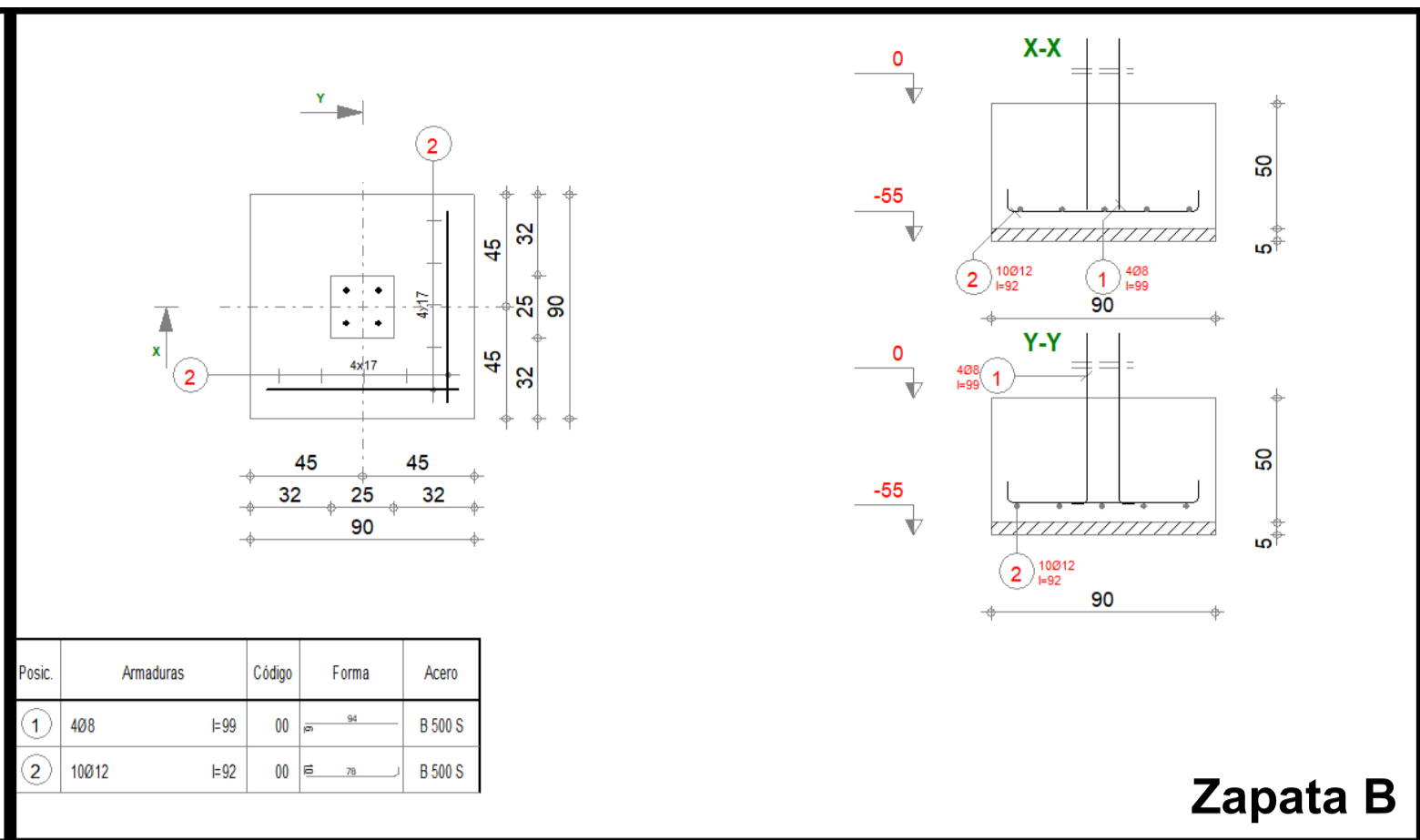
S05

Escala 1 : 100



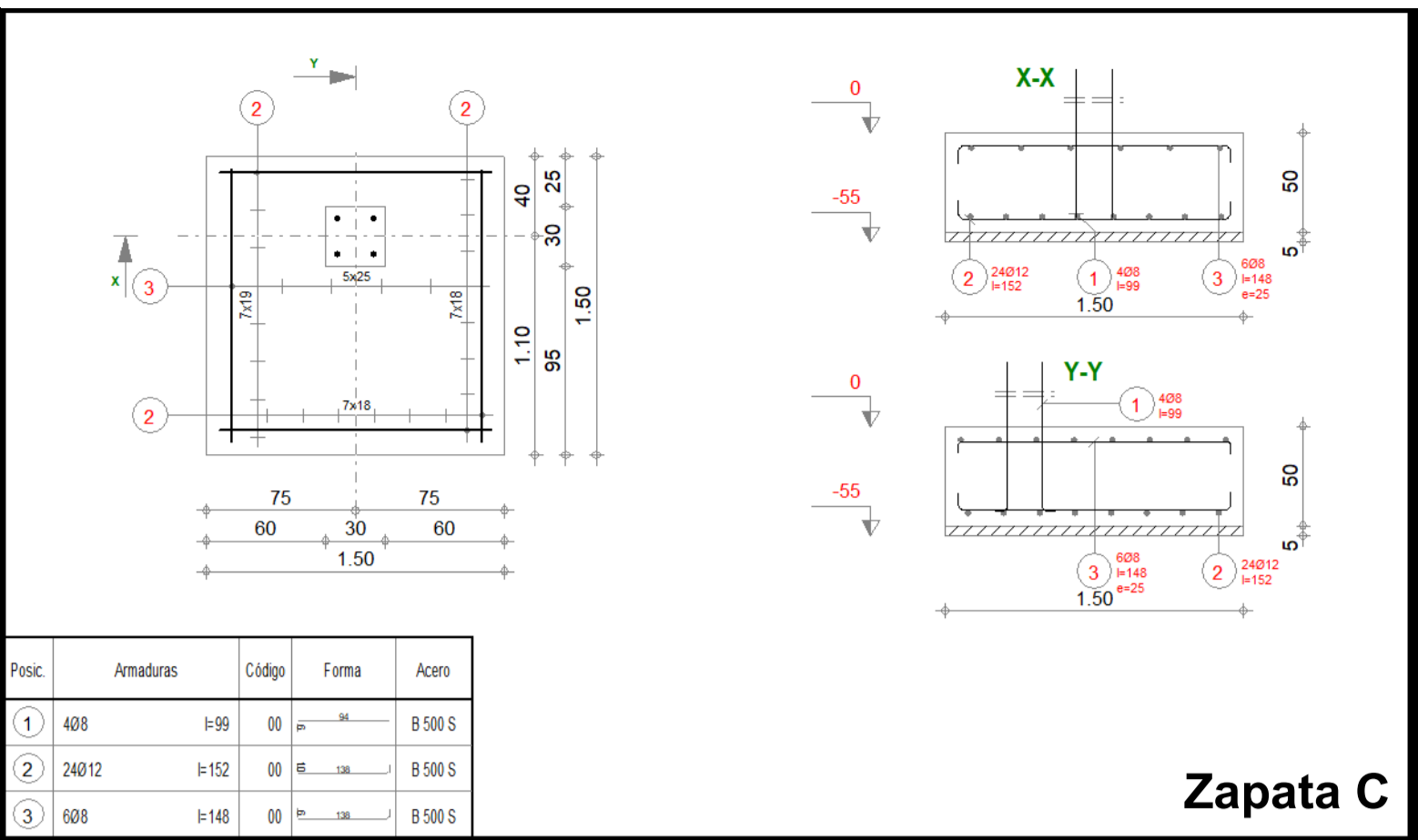
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-12	00	B 500 S
3	3B8	I-98	00	B 500 S

Zapata A



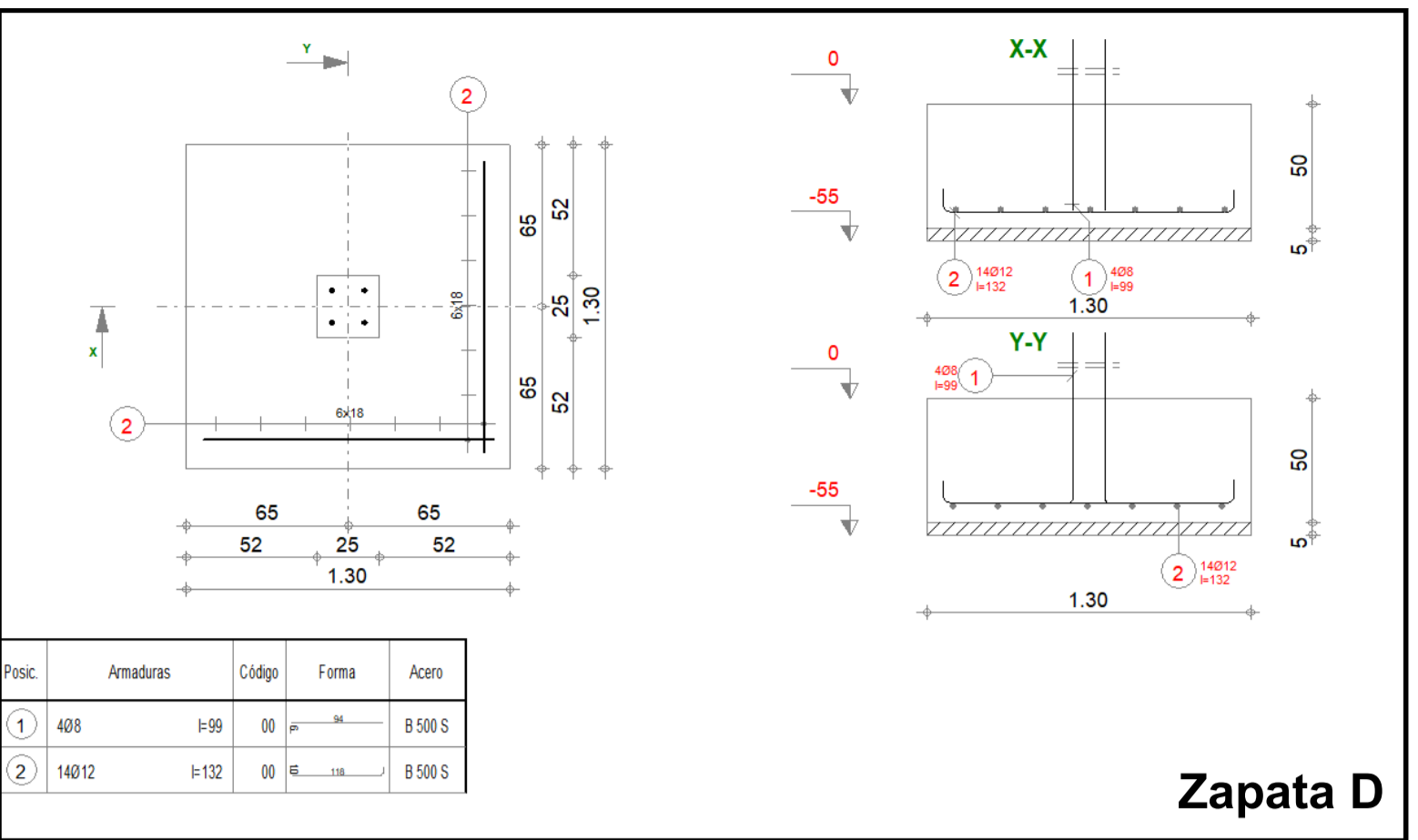
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-12	00	B 500 S

Zapata B



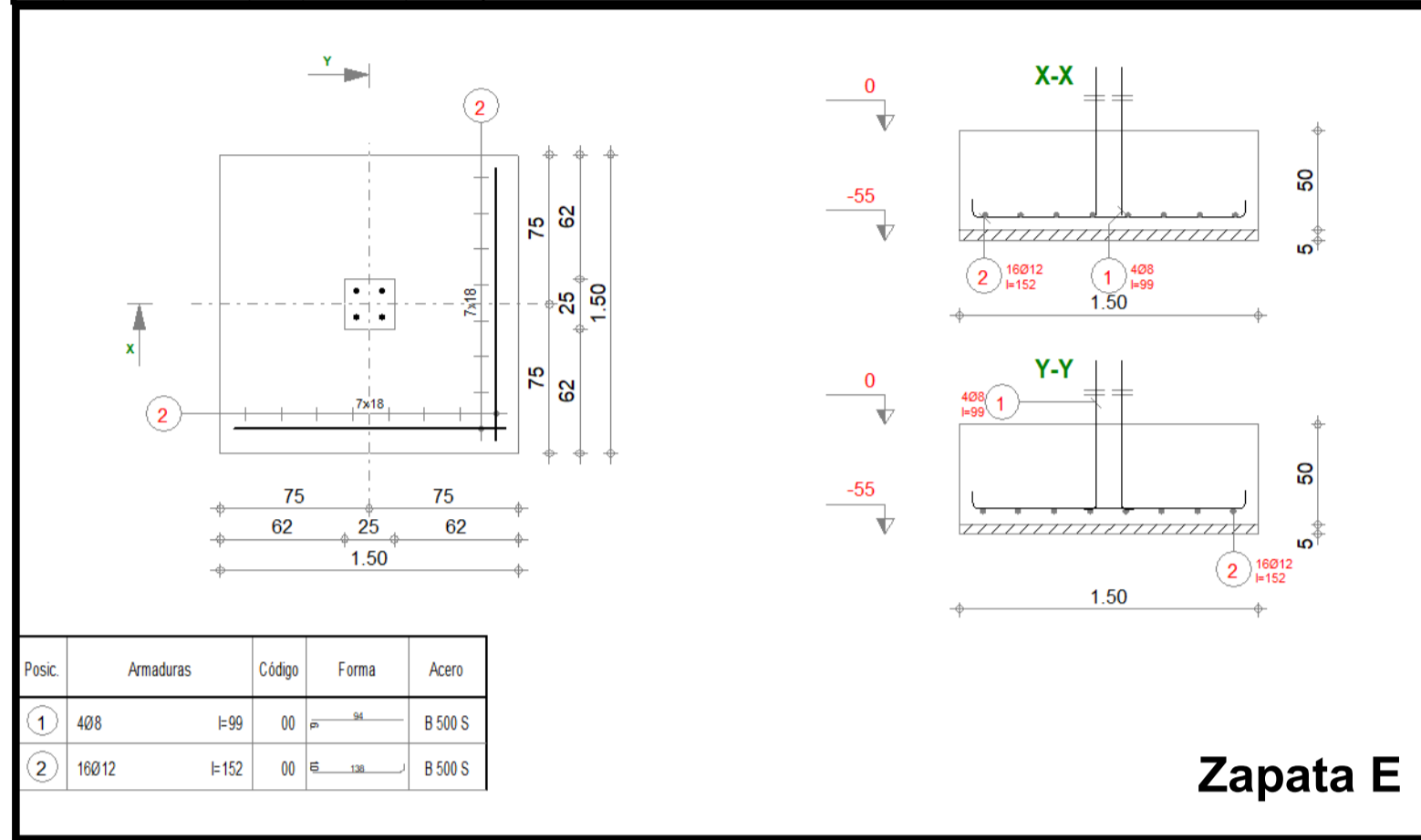
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-12	00	B 500 S
3	4B8	I-146	00	B 500 S

Zapata C



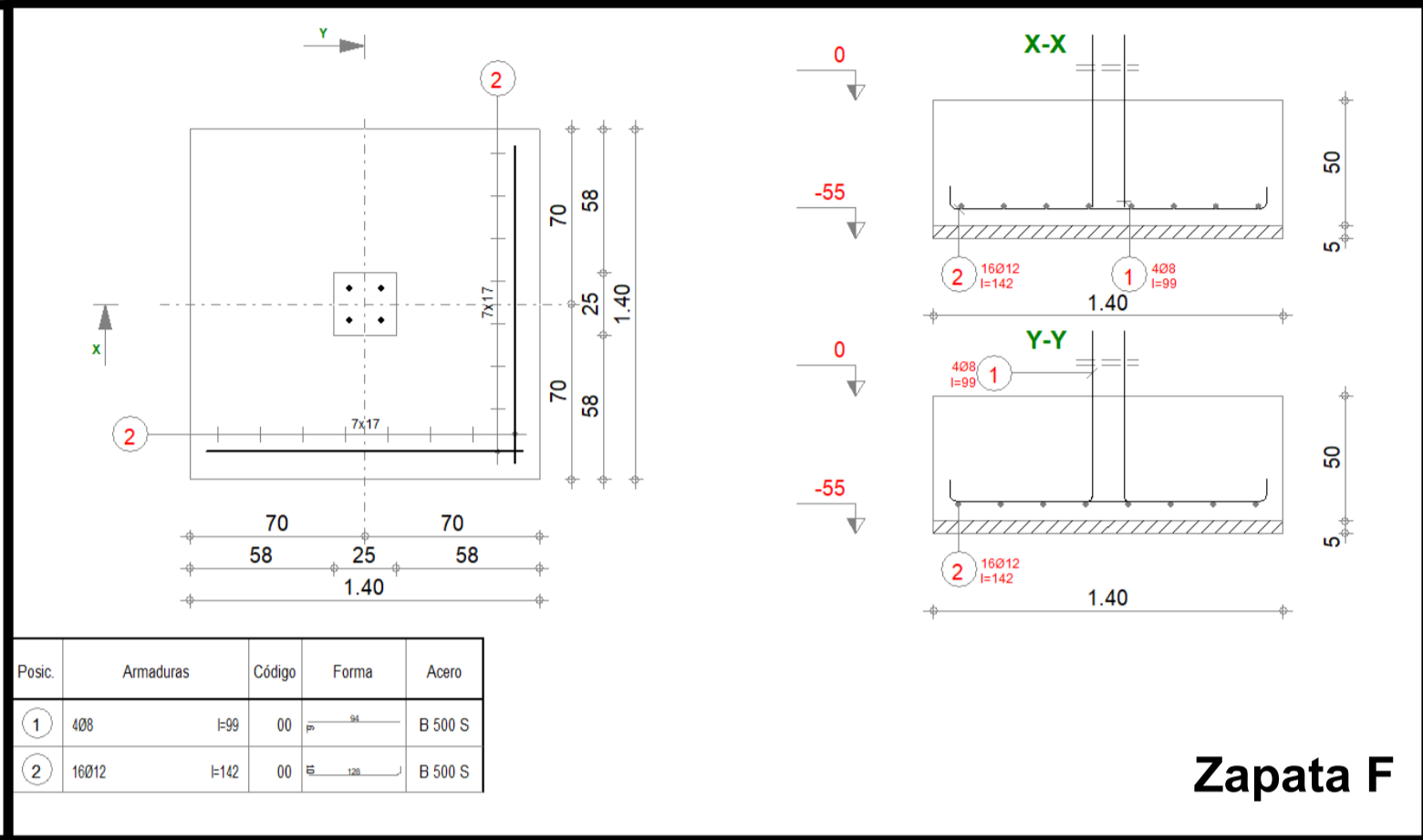
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-112	00	B 500 S

Zapata D



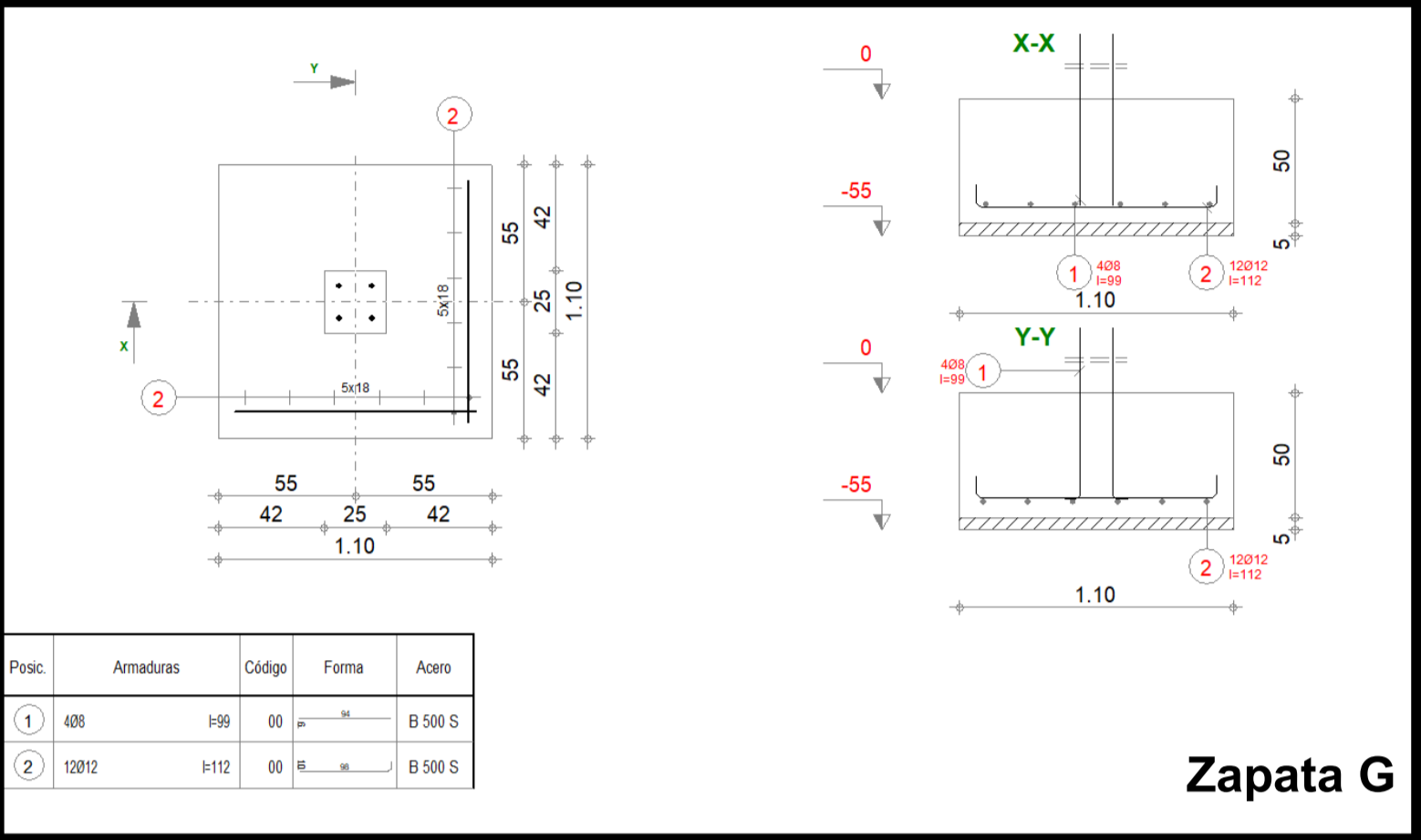
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-152	00	B 500 S

Zapata E



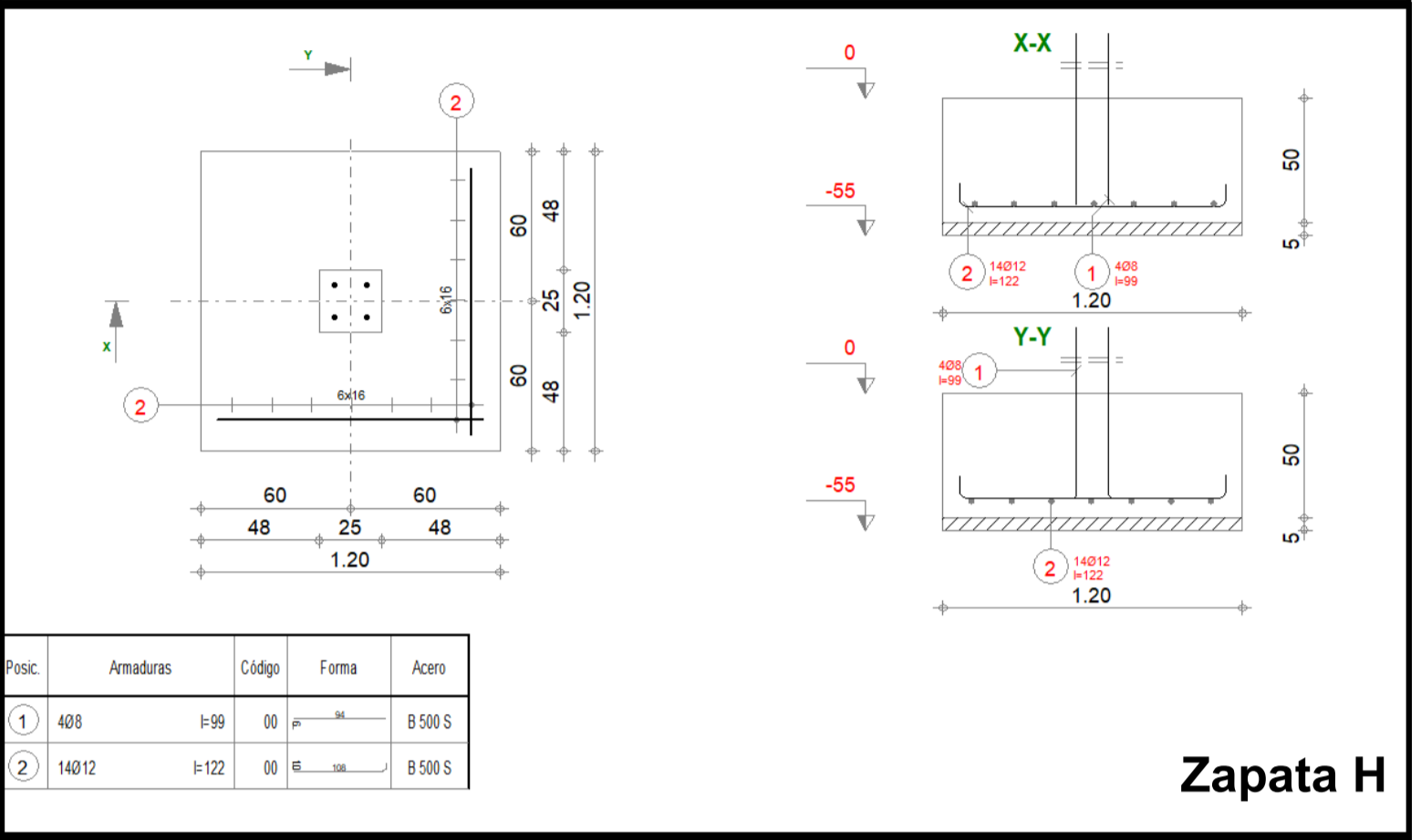
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-142	00	B 500 S

Zapata F



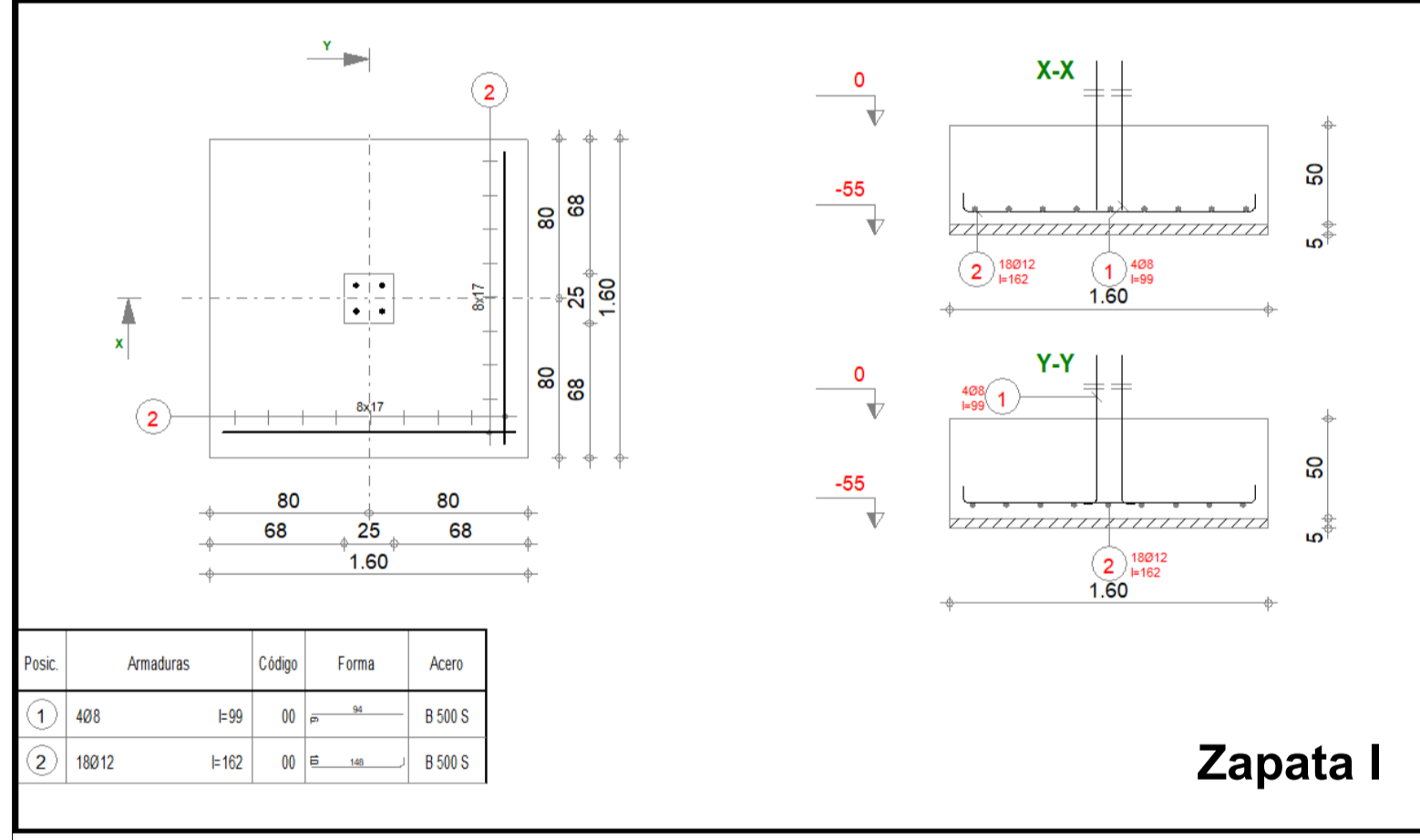
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-112	00	B 500 S

Zapata G



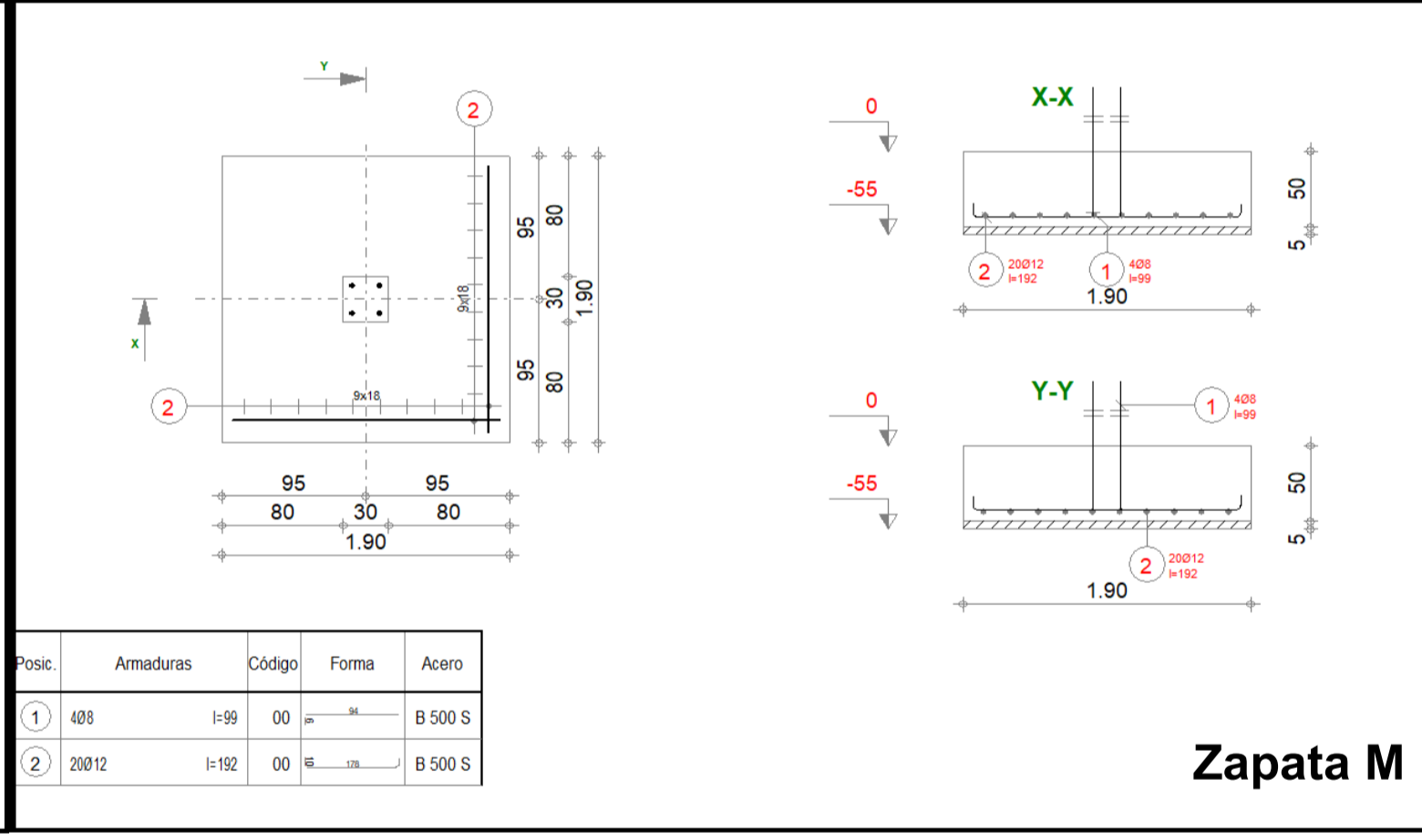
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-122	00	B 500 S

Zapata H



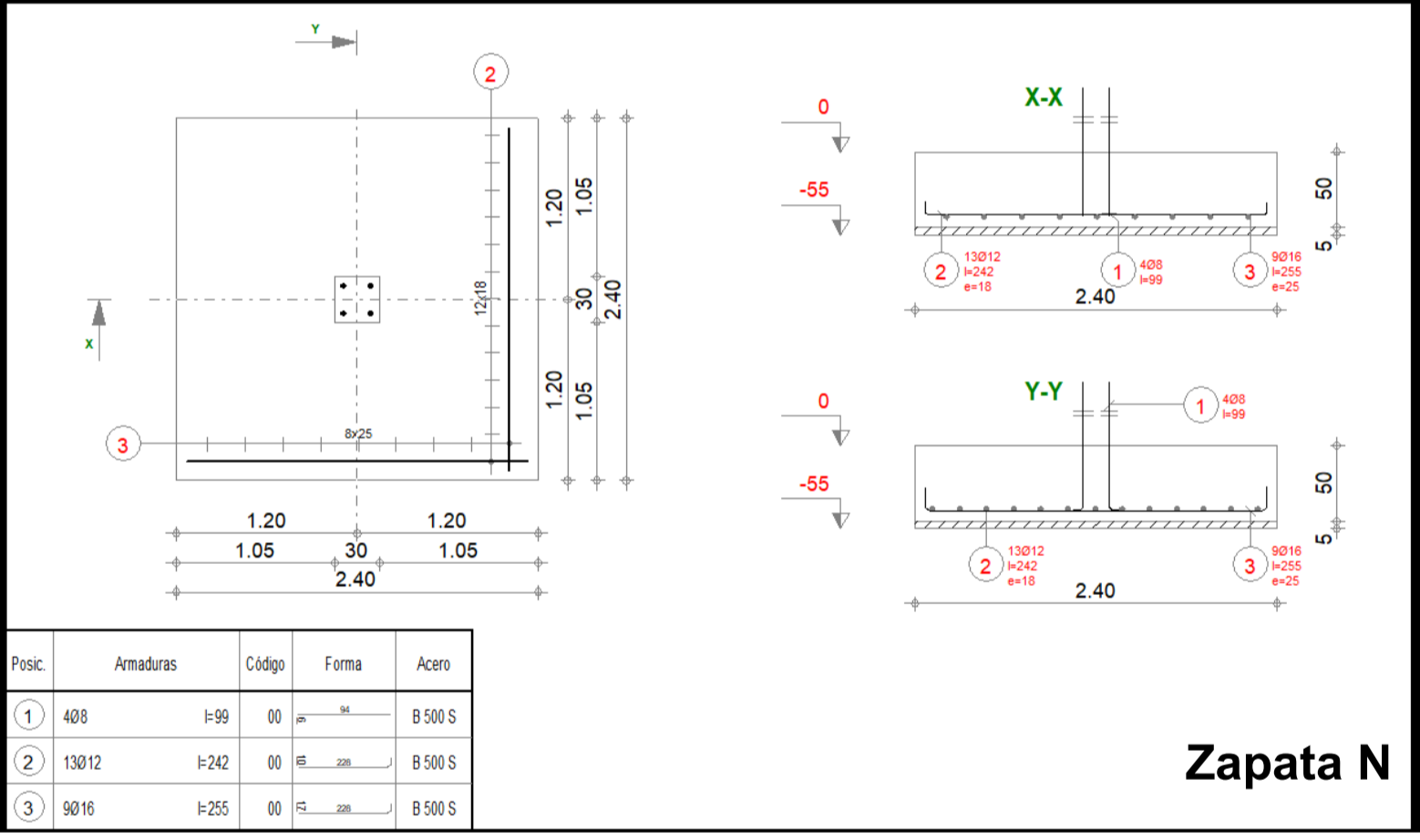
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-152	00	B 500 S

Zapata I



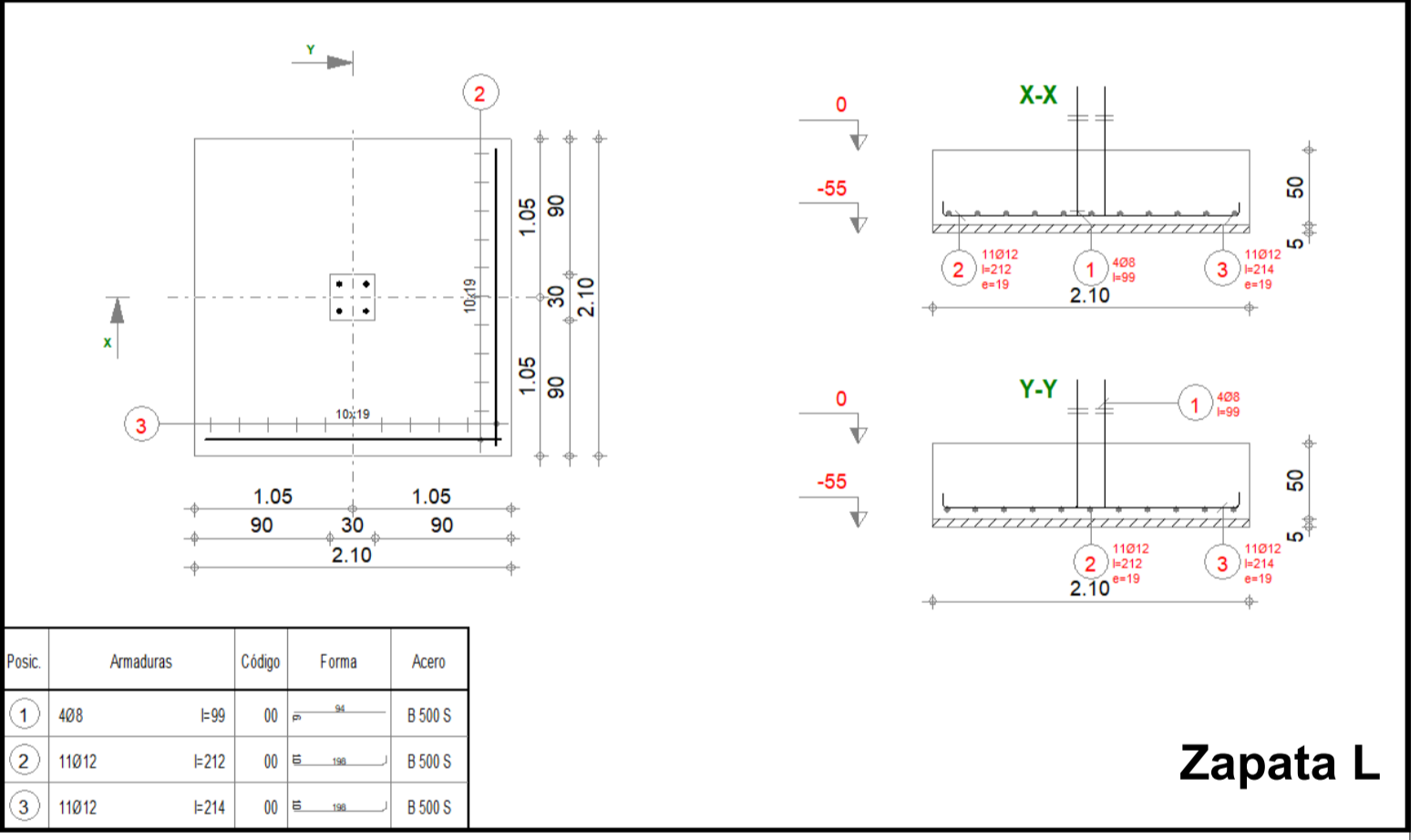
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-192	00	B 500 S

Zapata M



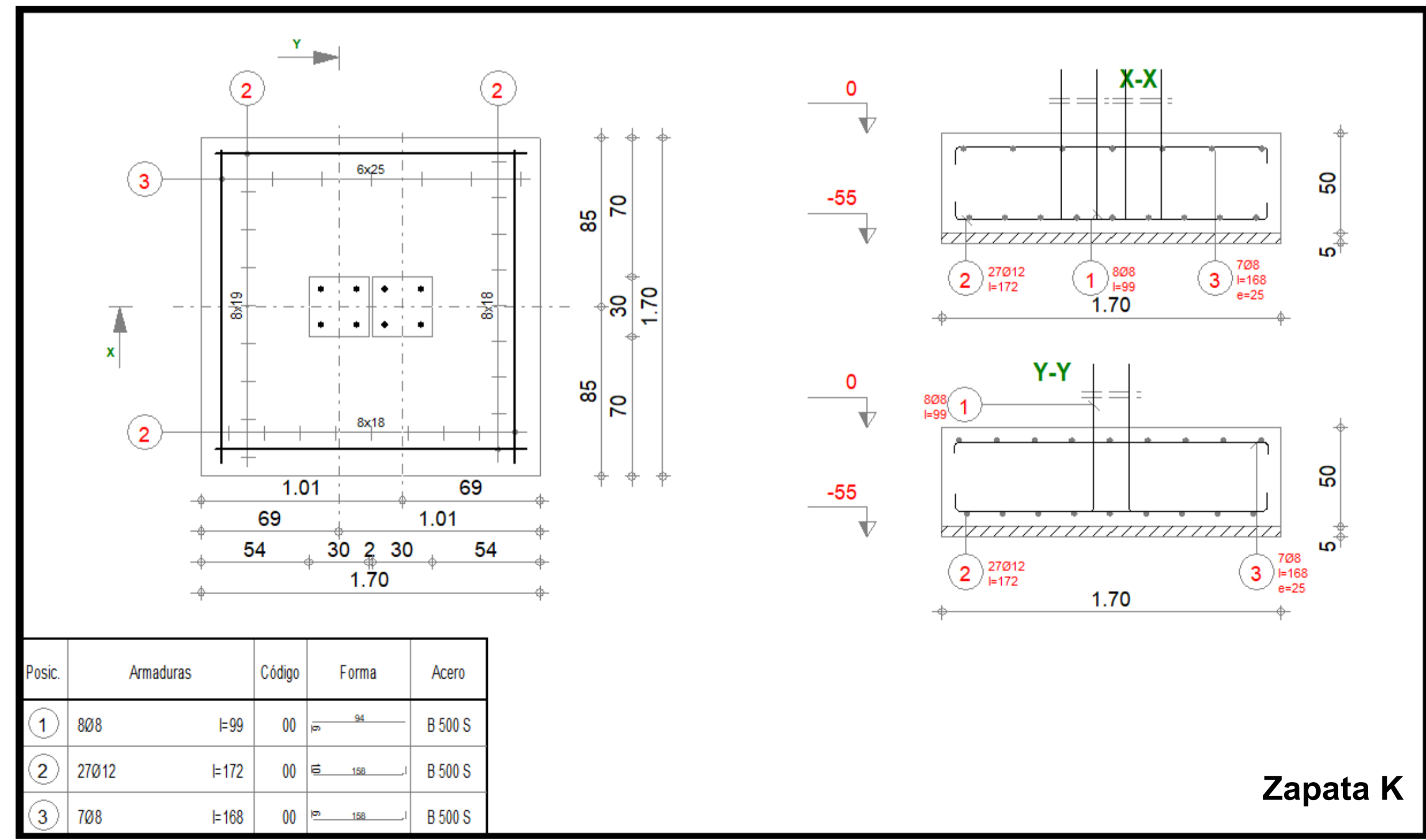
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-242	00	B 500 S
3	4B16	I-255	00	B 500 S

Zapata N



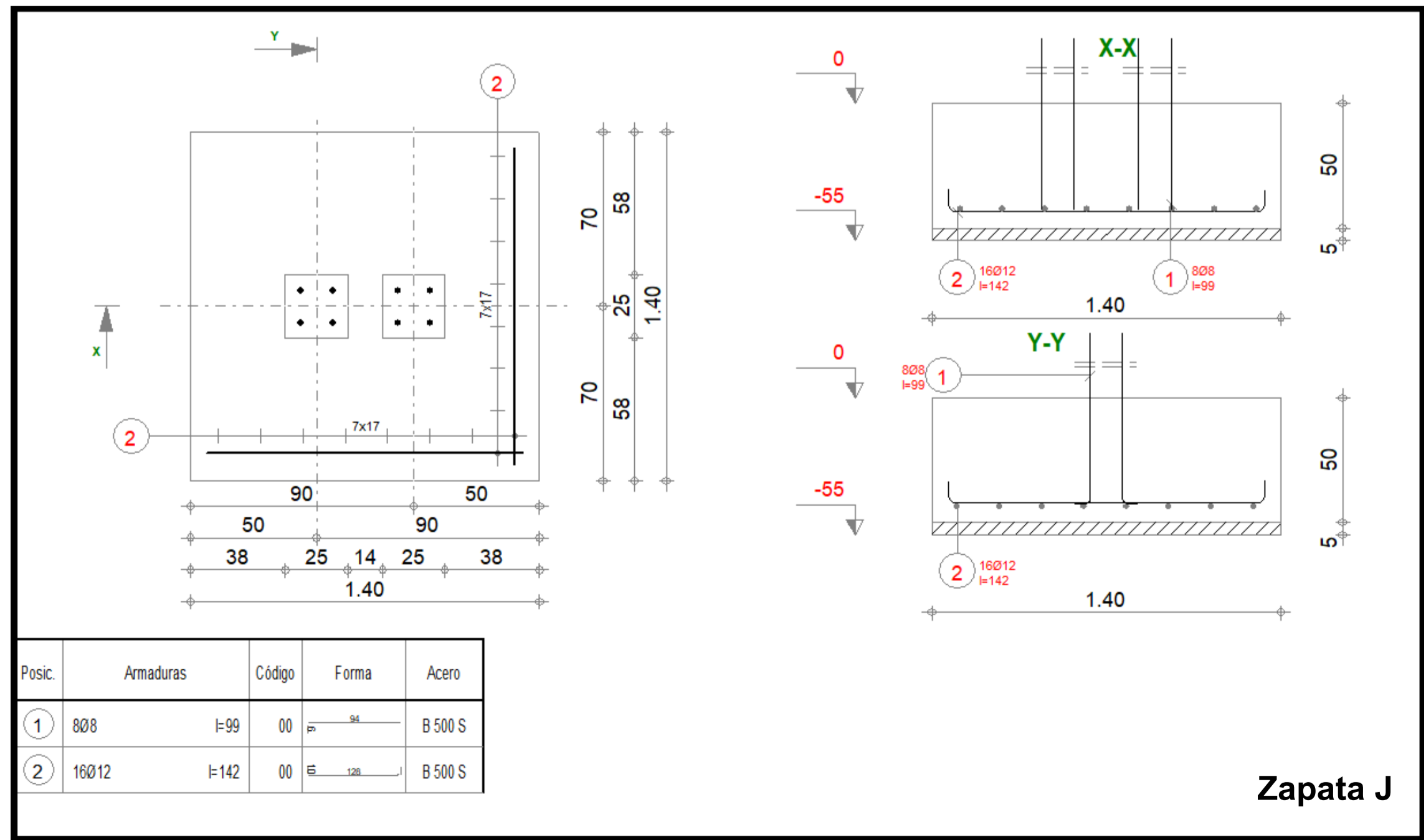
Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-212	00	B 500 S
3	4B16	I-214	00	B 500 S

Zapata L



Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-172	00	B 500 S
3	4B8	I-168	00	B 500 S

Zapata K



Posic.	Armaduras	Código	Forma	Acero
1	4B8	I-99	00	B 500 S
2	4B12	I-142	00	B 500 S

Zapata J



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

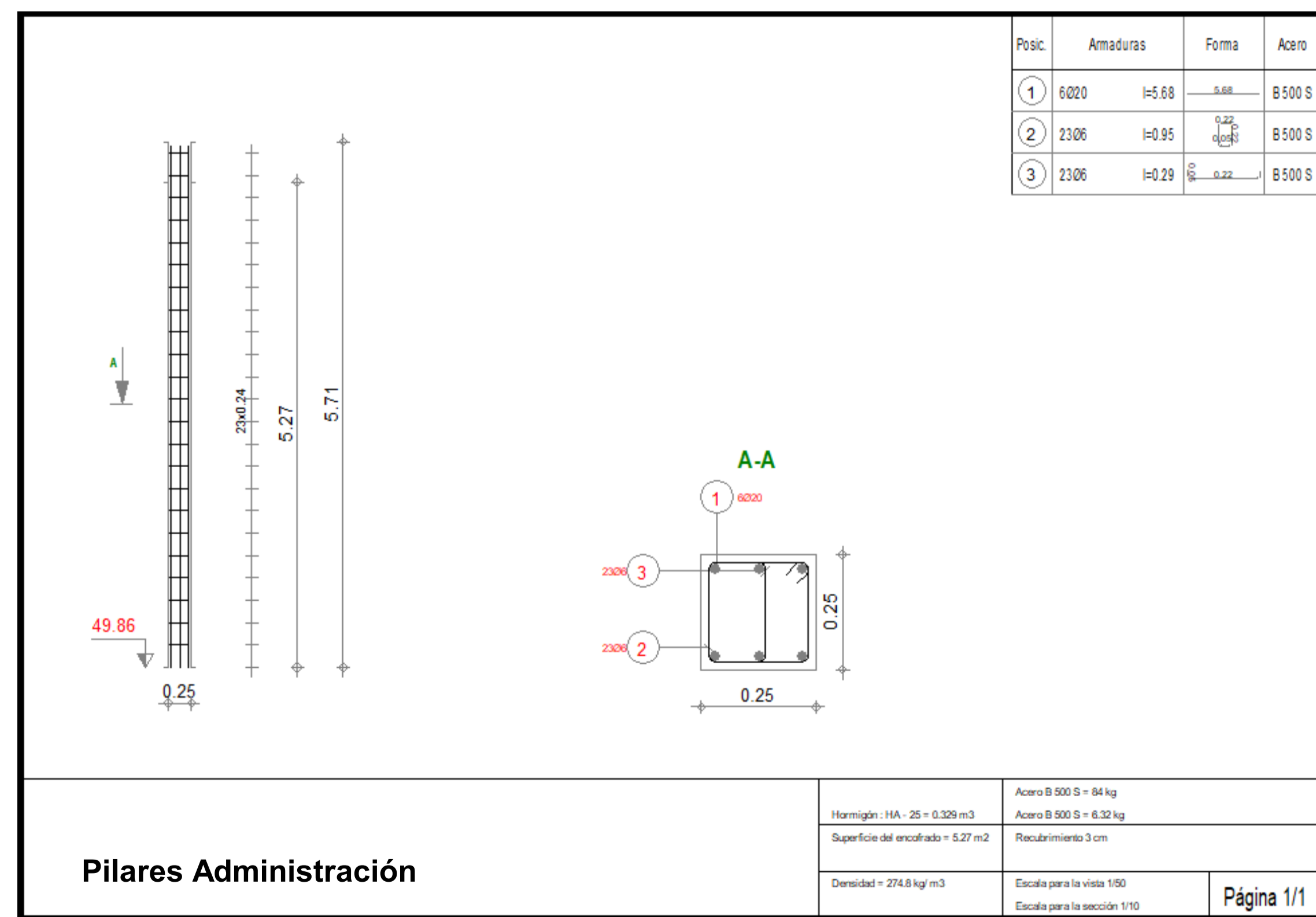
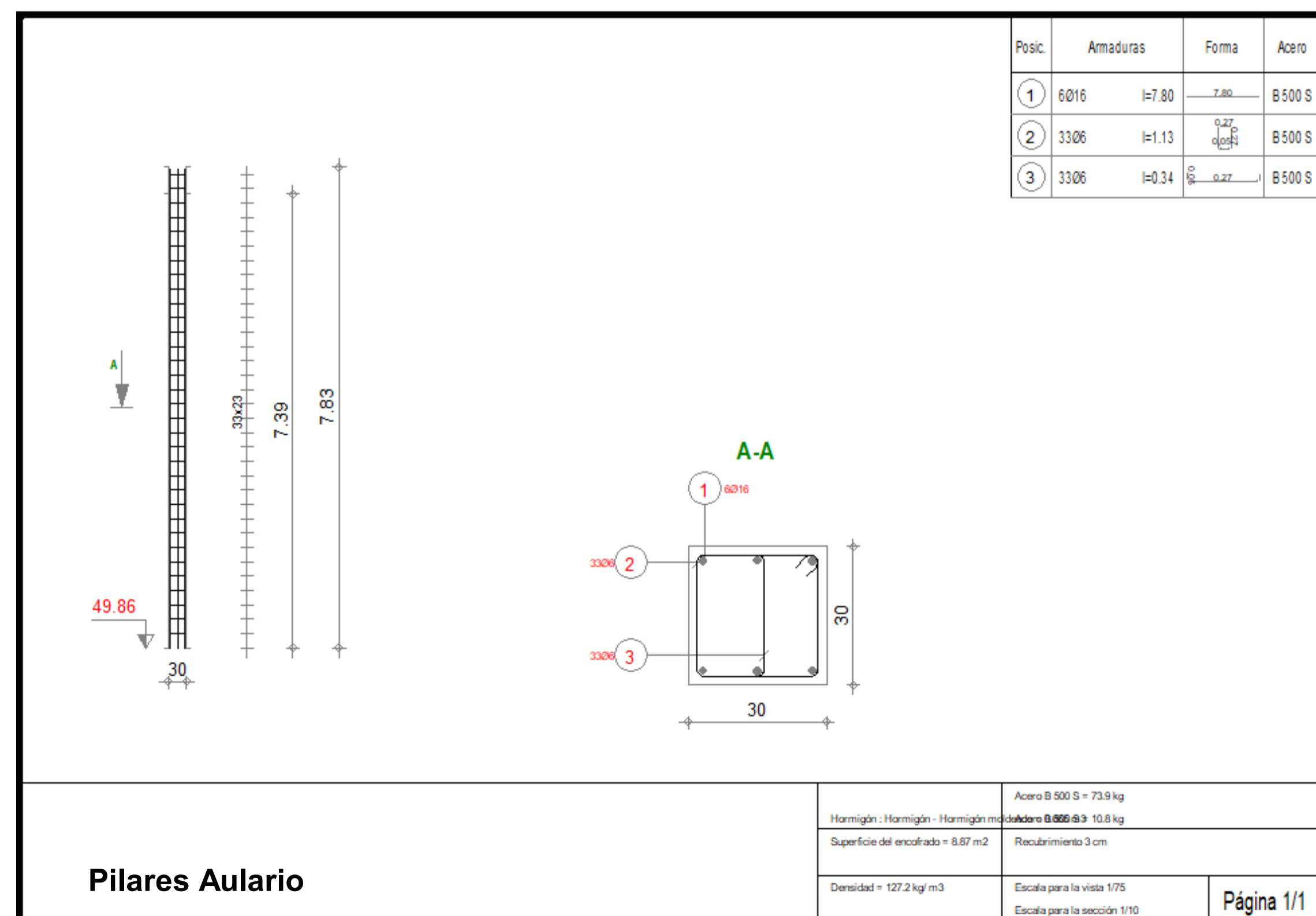
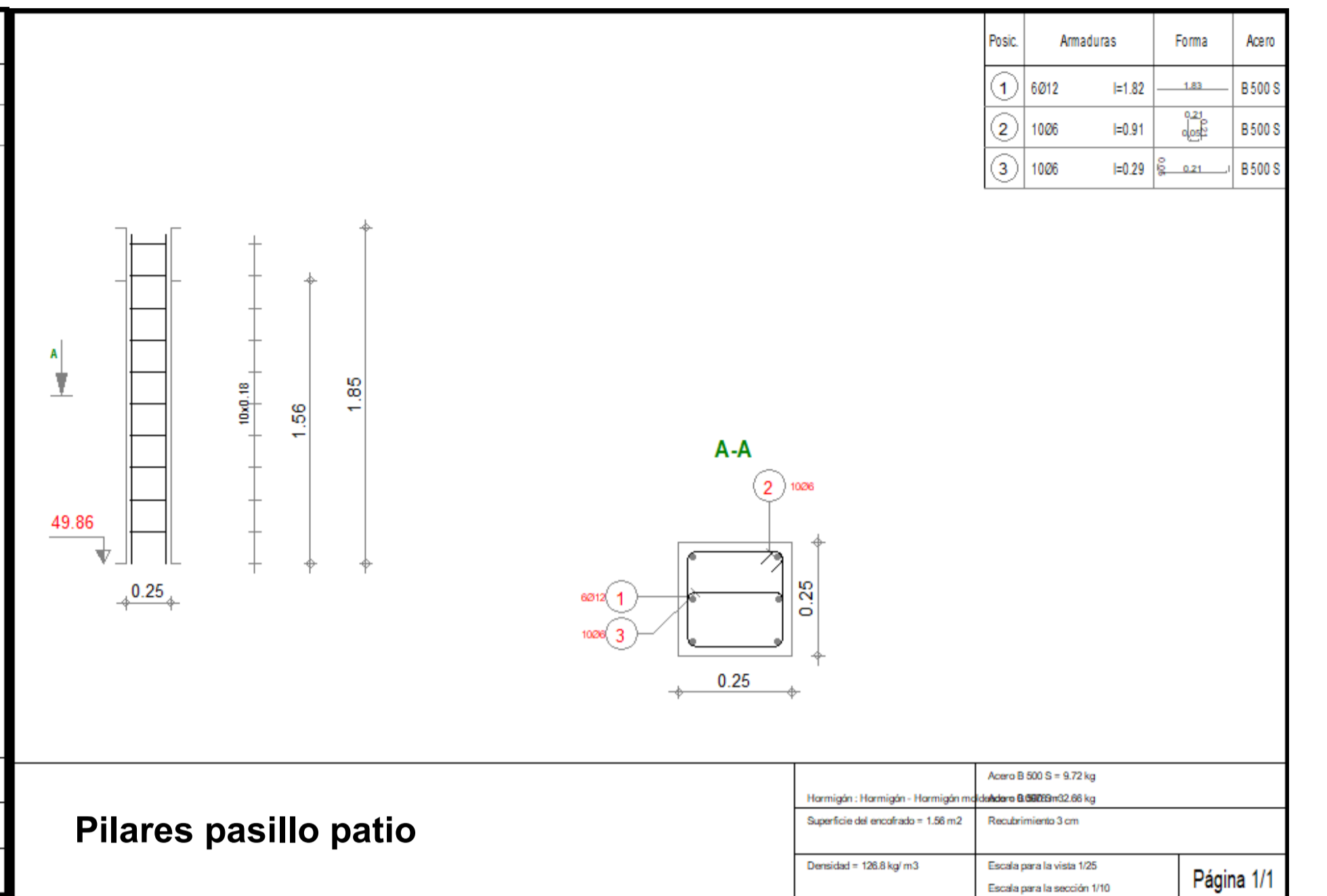
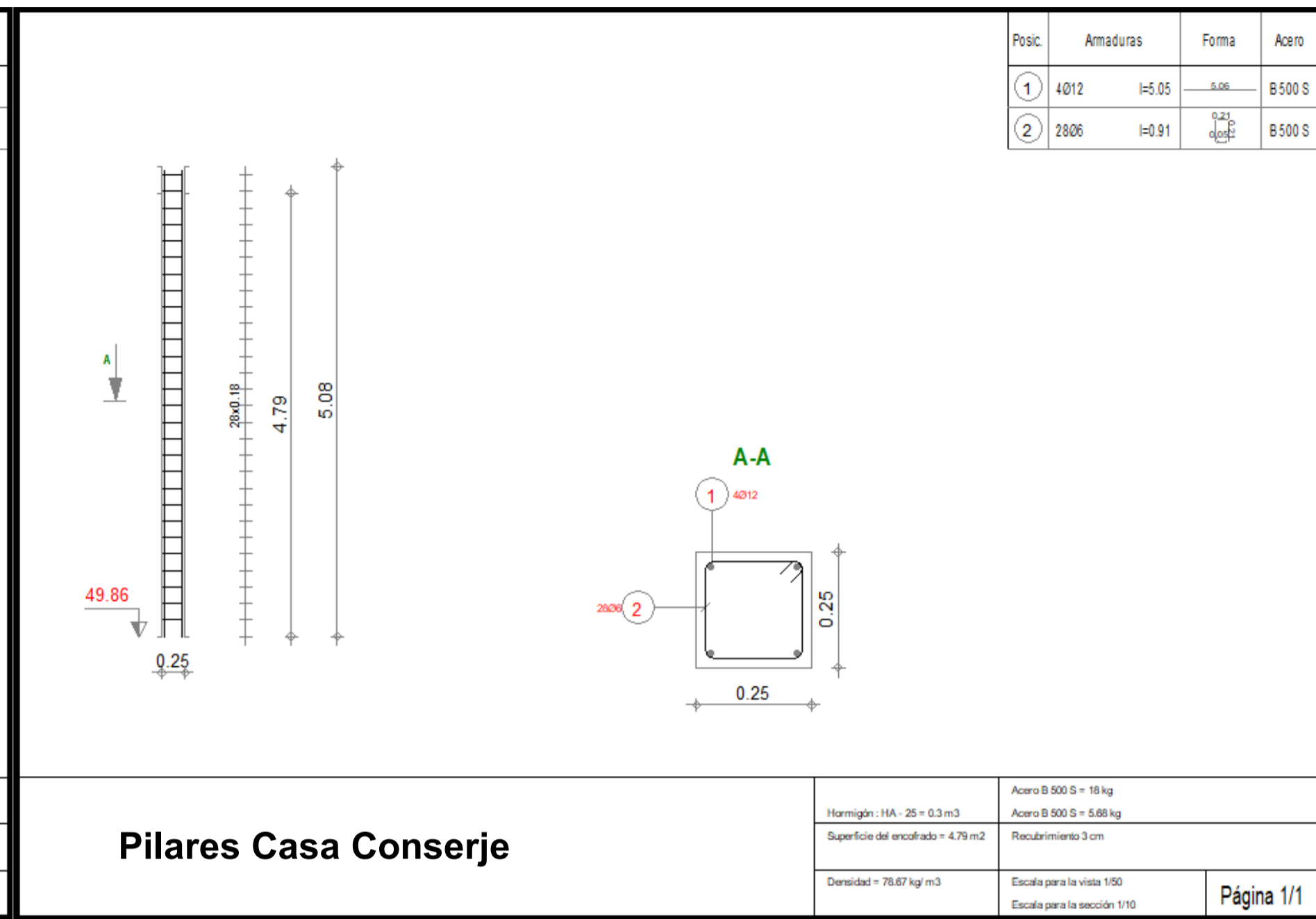
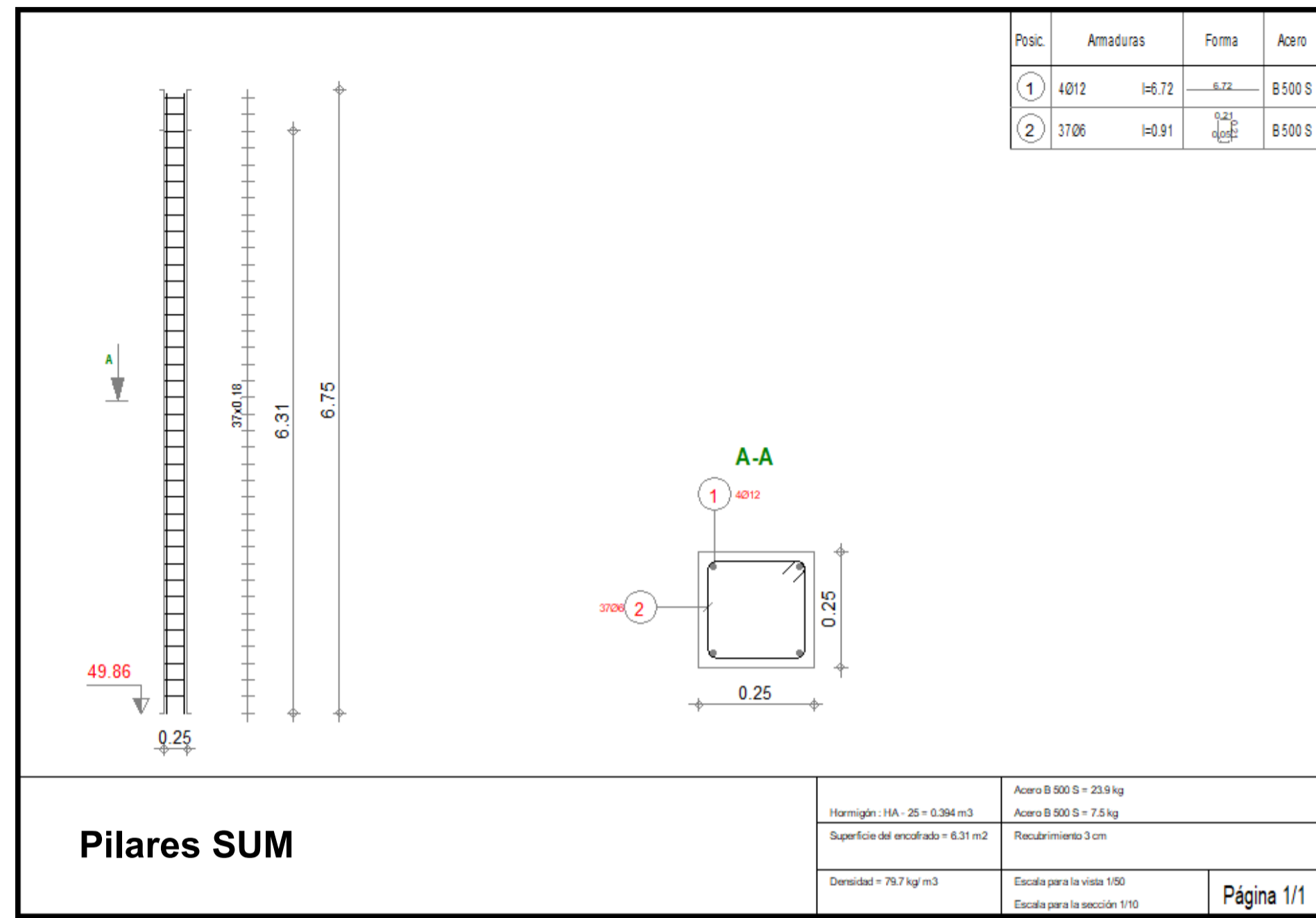
Armadura Zapatas

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S06

Escala



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

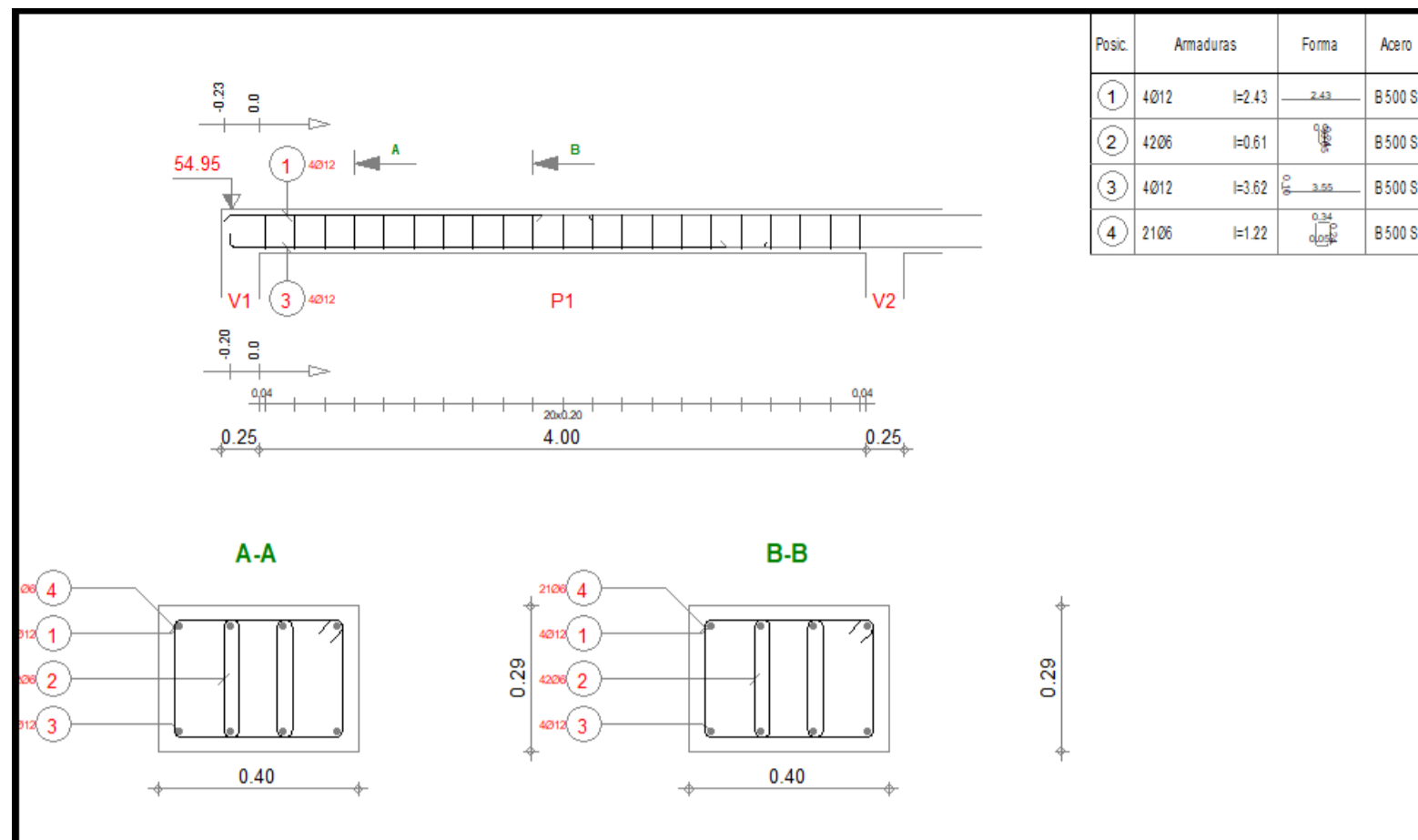
Armadura Pilares

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

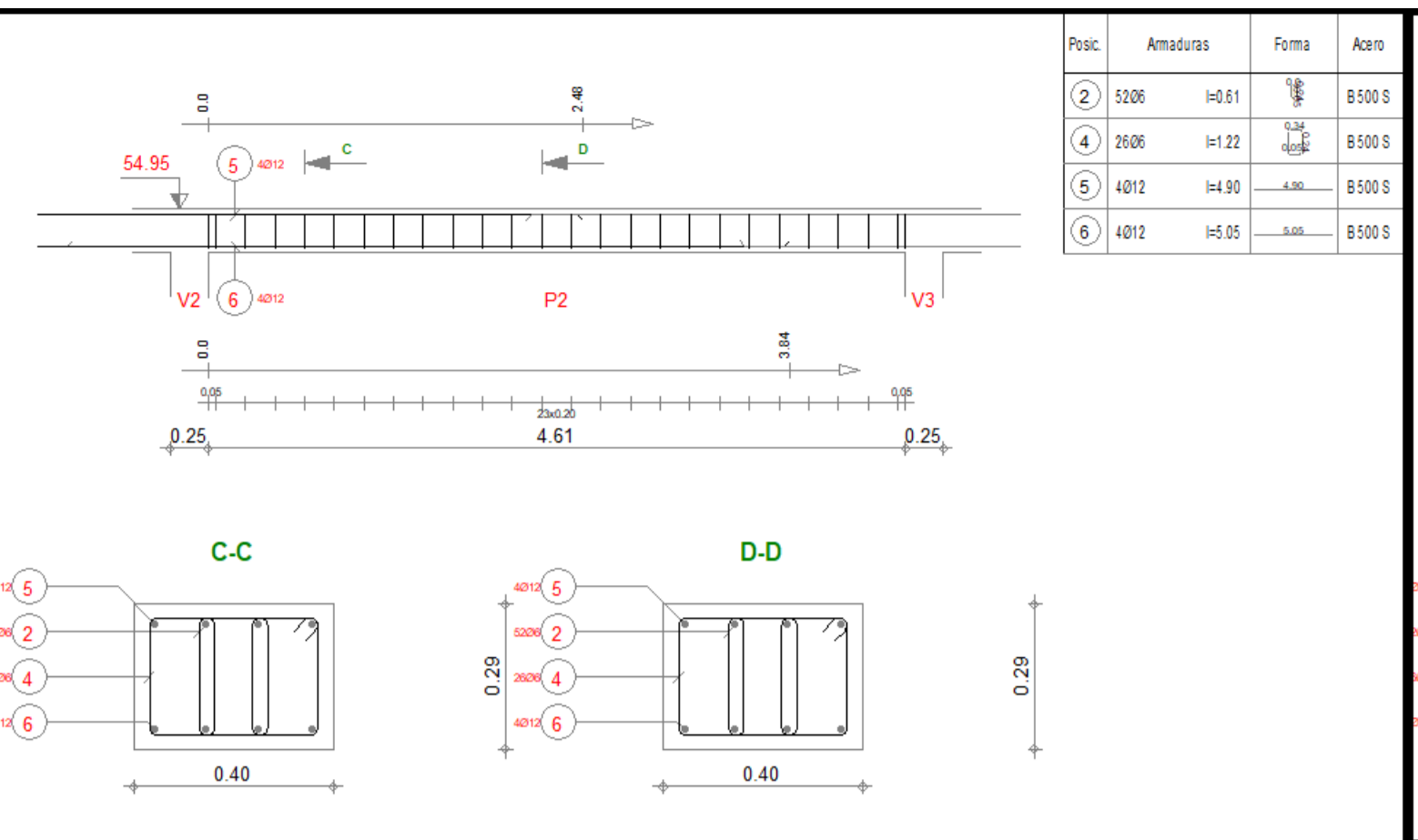
S07

Escala



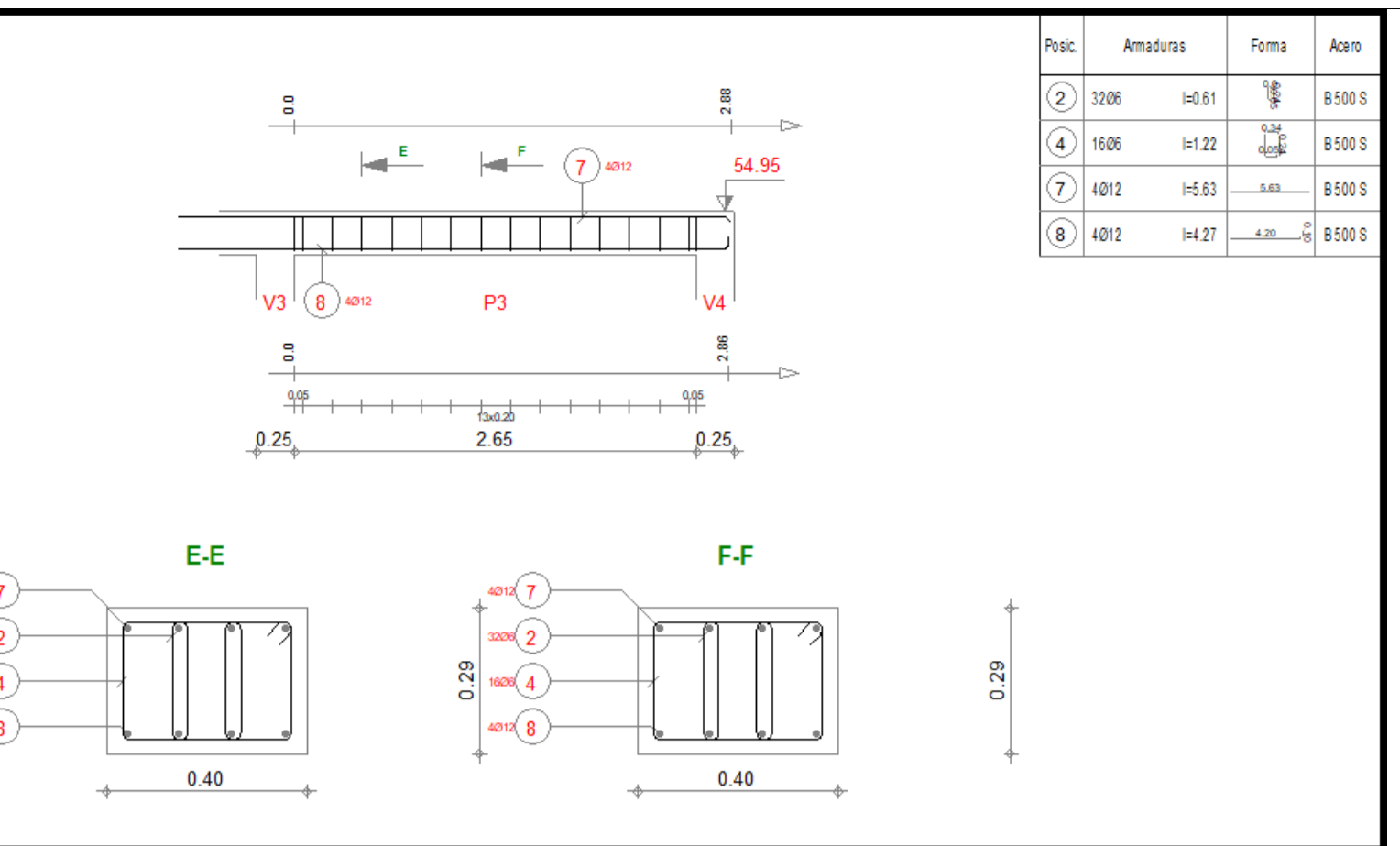
Viga cubierta largo 1

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 21.6 kg
Superficie del encofrado = 4.26 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 66.07 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 7.50 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/3	Escala para la sección 1/10
Página 1/3	



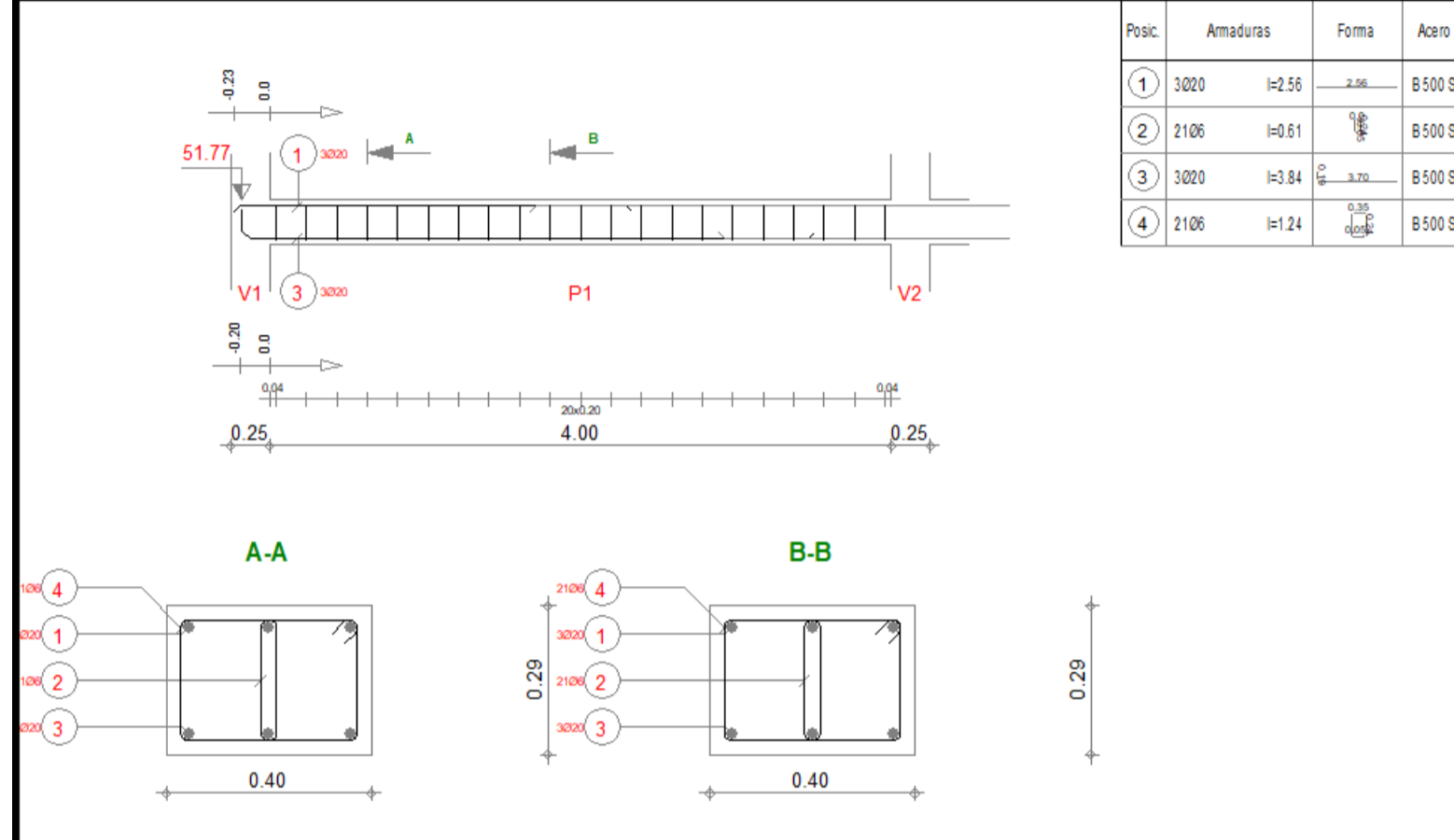
Viga cubierta largo 2

Hormigón: HA - 25 + 0.56m ³	Acero B 500 S = 35.3 kg
Superficie del encofrado = 4.98 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 67.58 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 8.33 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/3	Escala para la sección 1/10
Página 2/3	



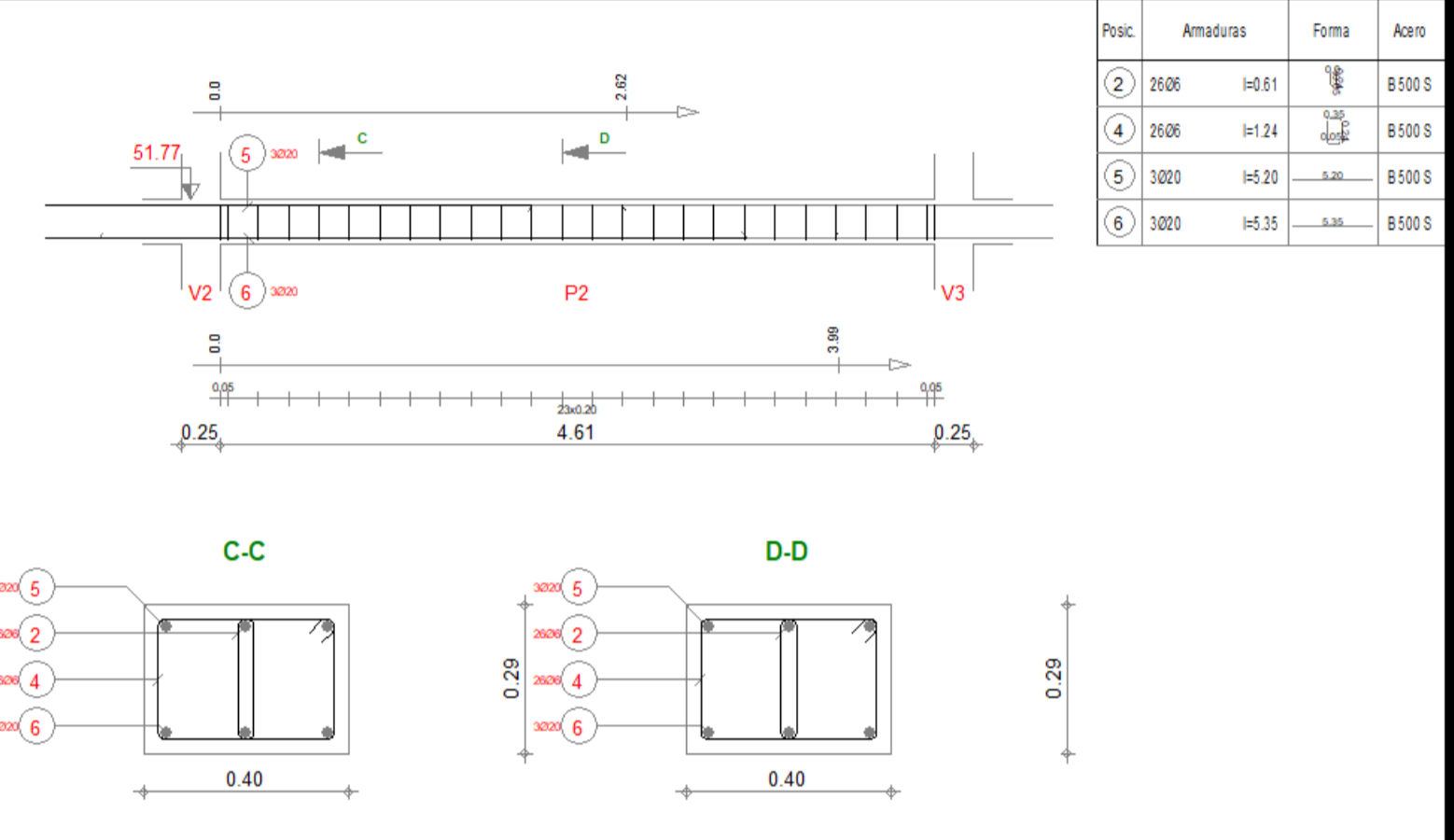
Viga cubierta largo 3

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 35.2 kg
Superficie del encofrado = 2.50 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 54.8 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 8.00 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/3	Escala para la sección 1/10
Página 3/3	



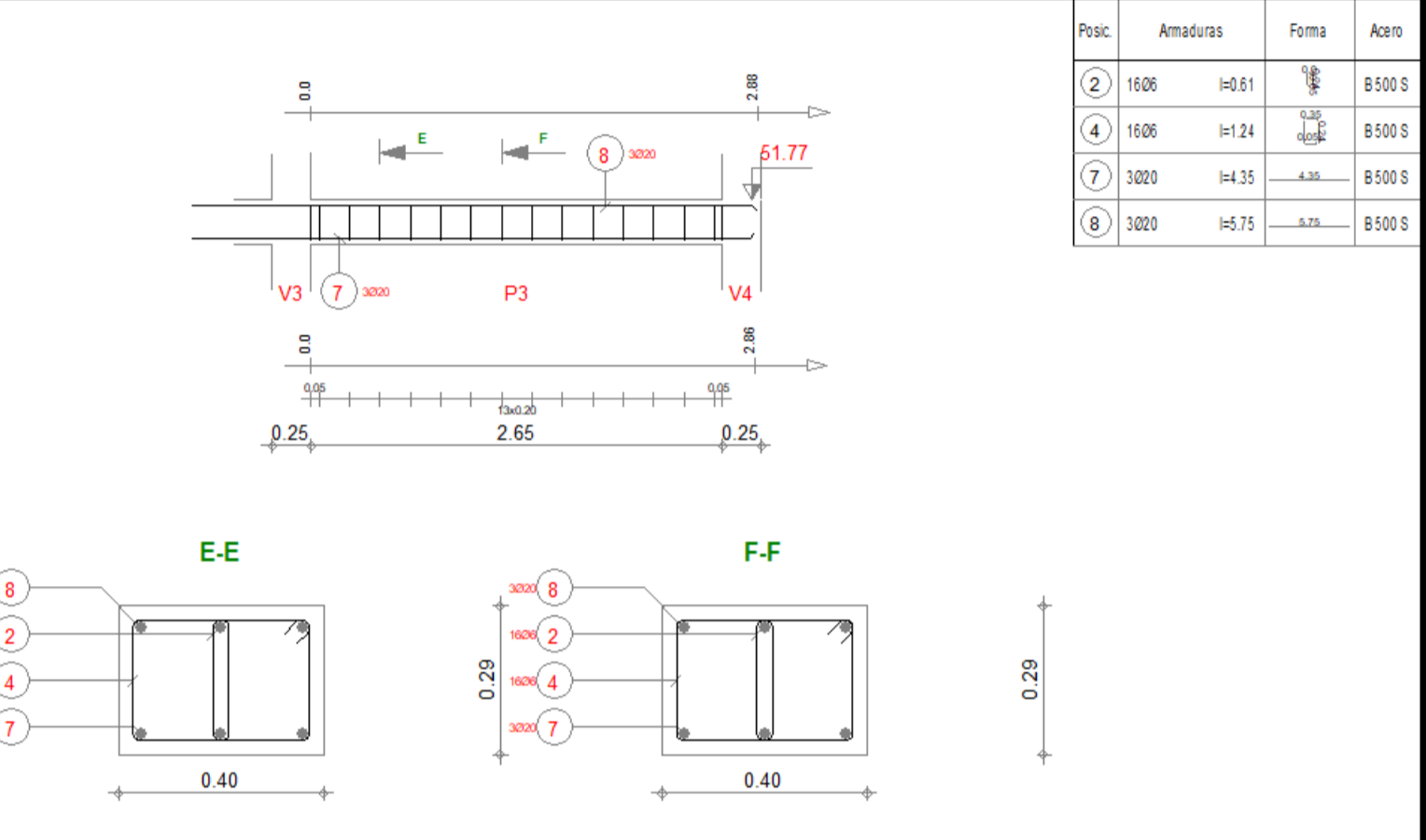
Viga planta baja largo 1

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 47.3 kg
Superficie del encofrado = 4.26 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 116.8 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 10.00 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/3	Escala para la sección 1/10
Página 1/3	



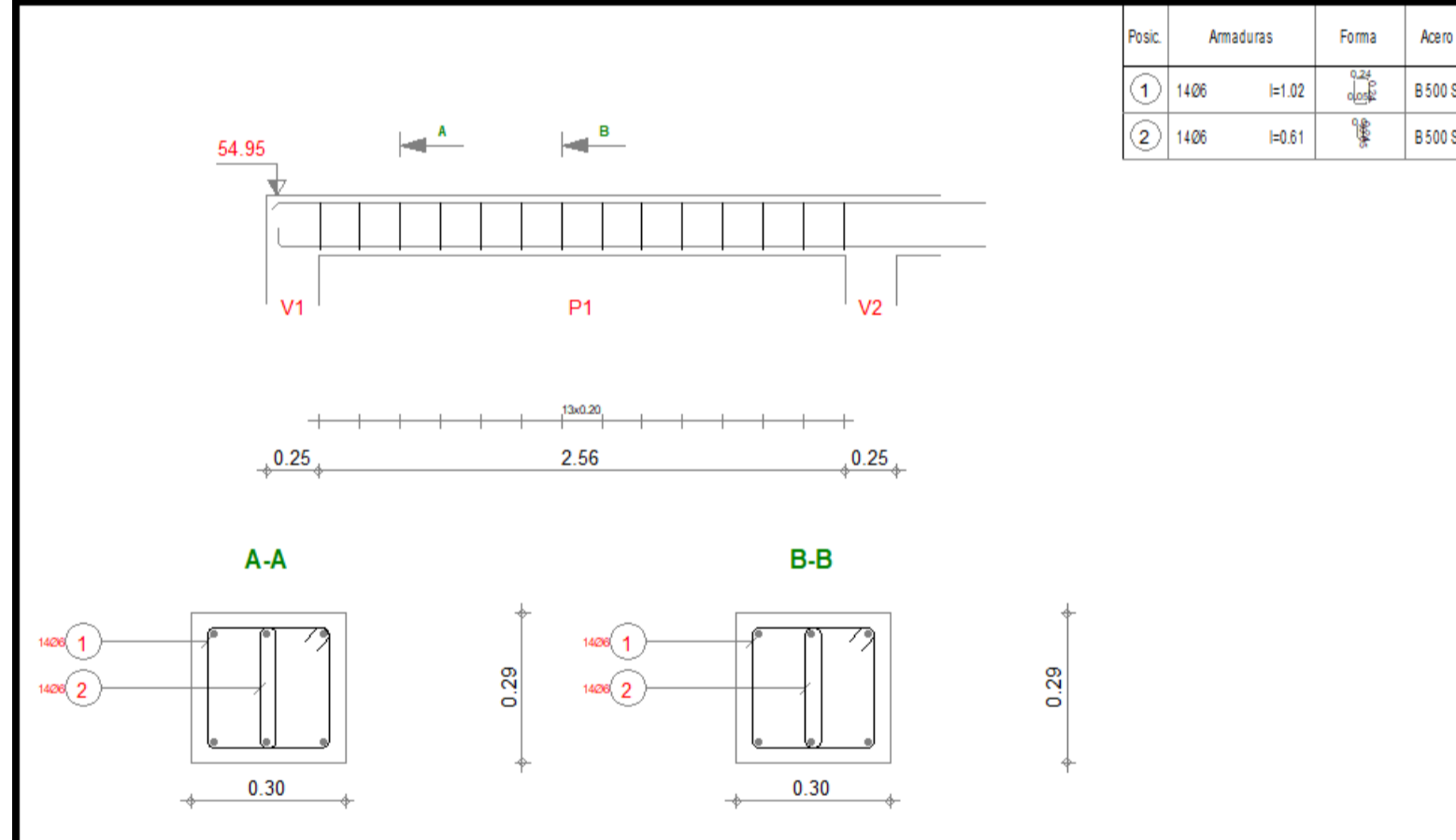
Viga planta baja largo 2

Hormigón: HA - 25 + 0.56m ³	Acero B 500 S = 78 kg
Superficie del encofrado = 4.98 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 107.3 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 8.33 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/3	Escala para la sección 1/10
Página 2/3	



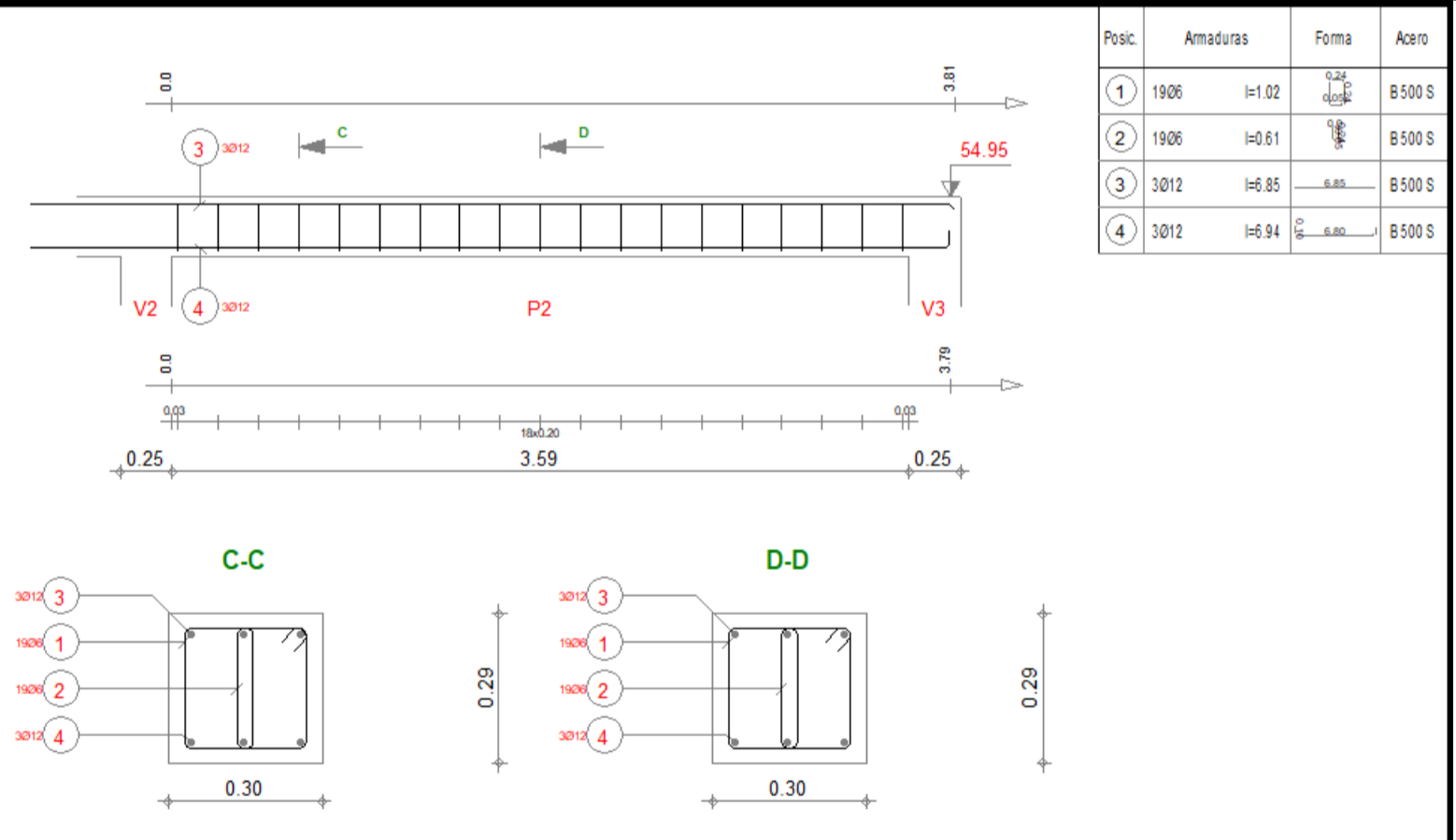
Viga planta baja largo 3

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 74.7 kg
Superficie del encofrado = 2.50 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 201.6 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 13.00 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/3	Escala para la sección 1/10
Página 3/3	



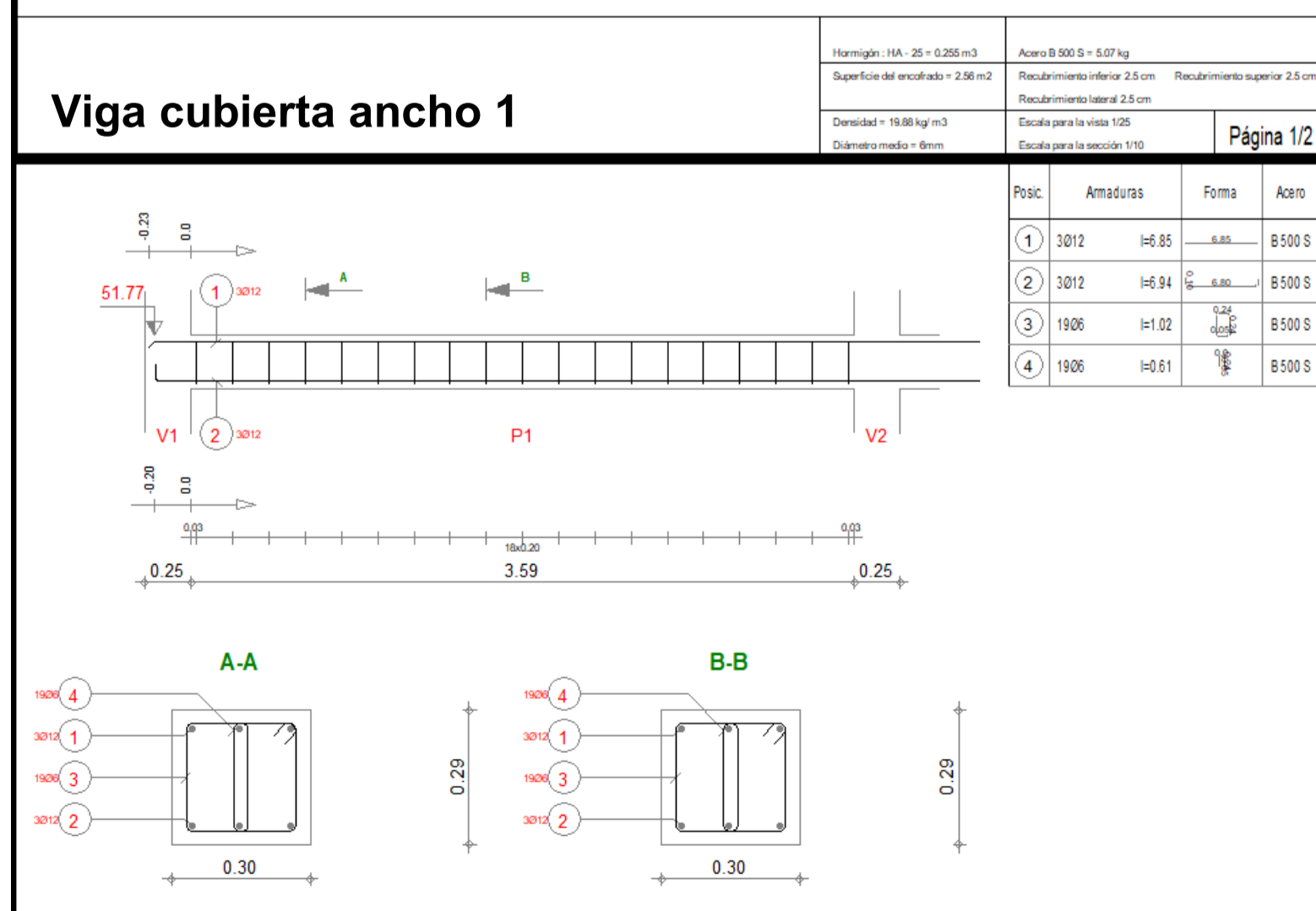
Viga cubierta ancho 1

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 50.7 kg
Superficie del encofrado = 2.56 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 19.86 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 8.00 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/2	Escala para la sección 1/10
Página 1/2	



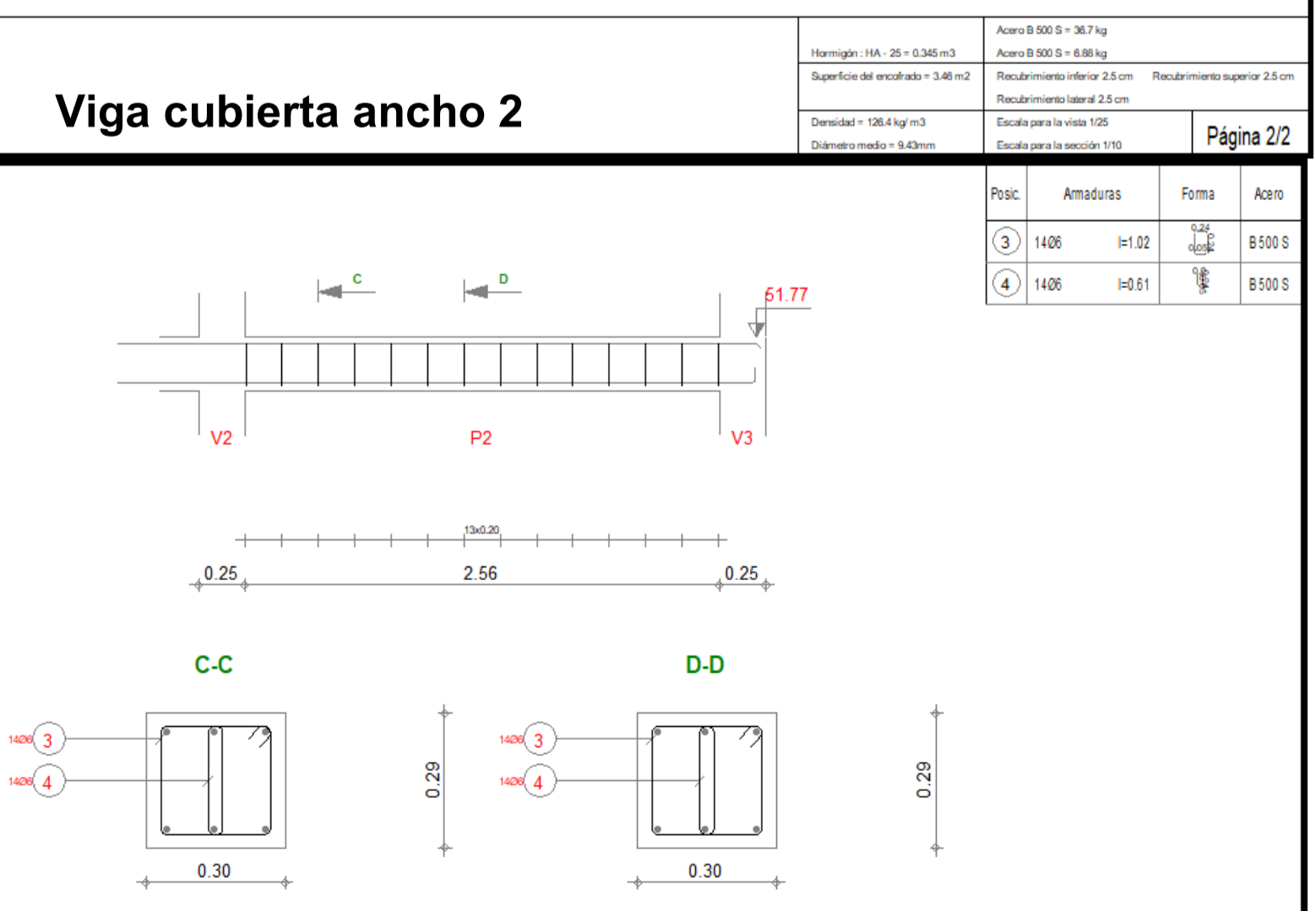
Viga cubierta ancho 2

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 36.7 kg
Superficie del encofrado = 3.46 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 126.4 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 9.43 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/2	Escala para la sección 1/10
Página 2/2	



Viga planta baja ancho 1

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 36.7 kg
Superficie del encofrado = 3.46 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 126.4 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 9.43 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/2	Escala para la sección 1/10
Página 1/2	



Viga planta baja ancho 2

Hormigón: HA - 25 + 0.36m ³	Acero B 500 S = 50.7 kg
Superficie del encofrado = 2.56 m ²	Recubrimiento inferior 2.5 cm
Densidad = 19.86 kg/m ³	Recubrimiento lateral 2.5 cm
Díametro medio = 8.00 mm	Recubrimiento superior 2.5 cm
Escala para la vista 1/2	Escala para la sección 1/10
Página 2/2	



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

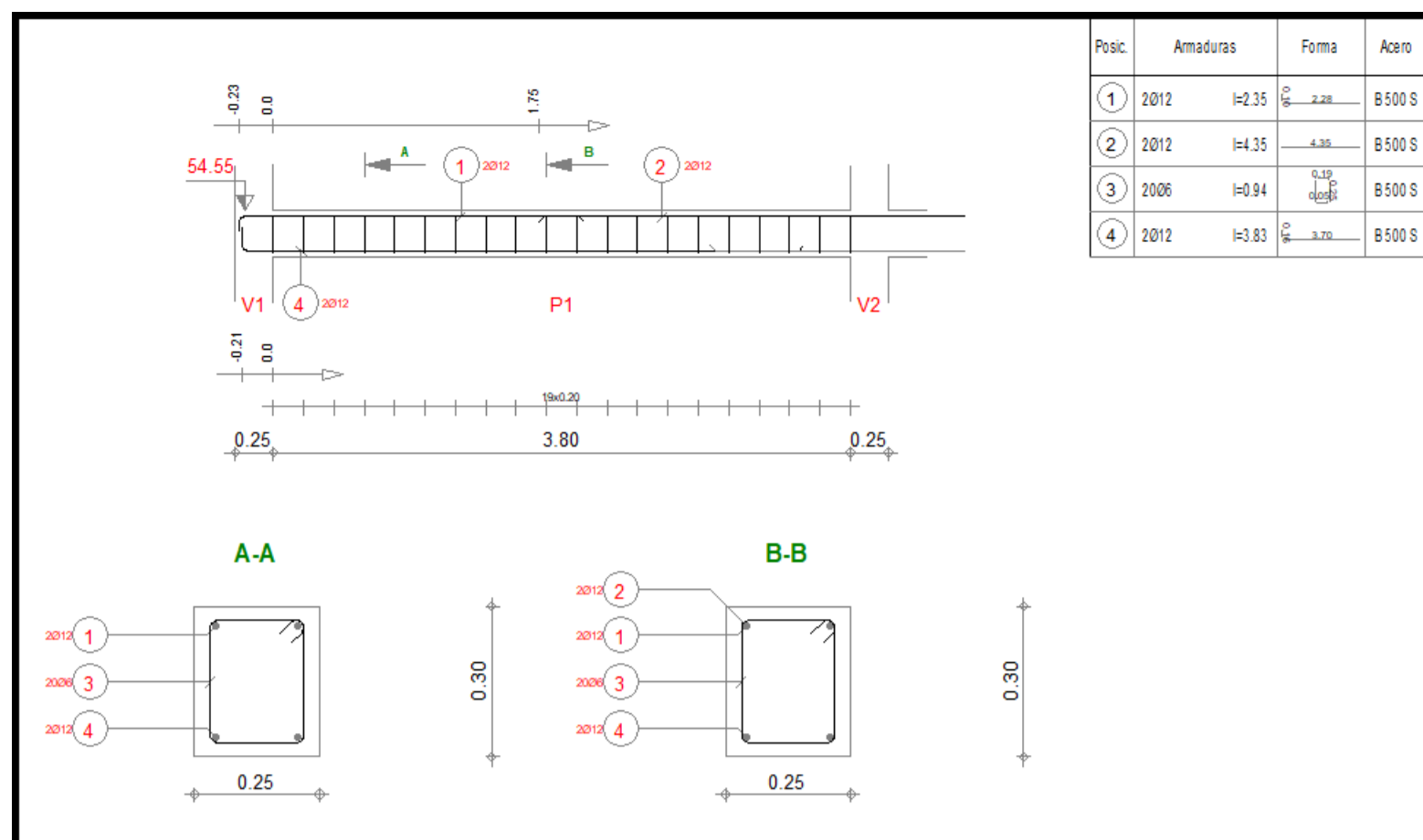
Armatura Vigas Casa

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S08

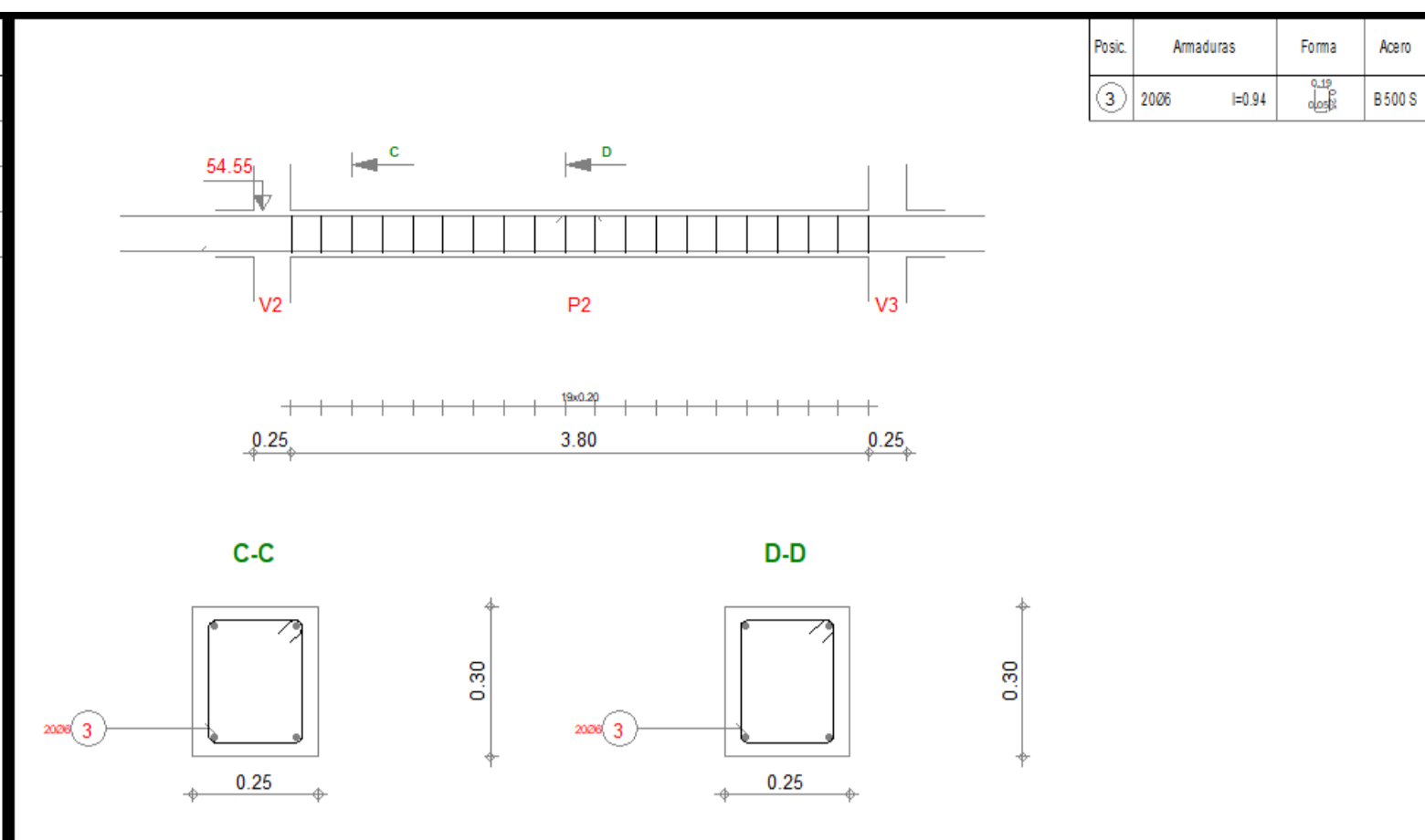
Escala



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	2012	h=25	B 500 S
2	2012	h=25	B 500 S
3	2006	h=34	B 500 S
4	2012	h=33	B 500 S

Viga cubierta largo 1

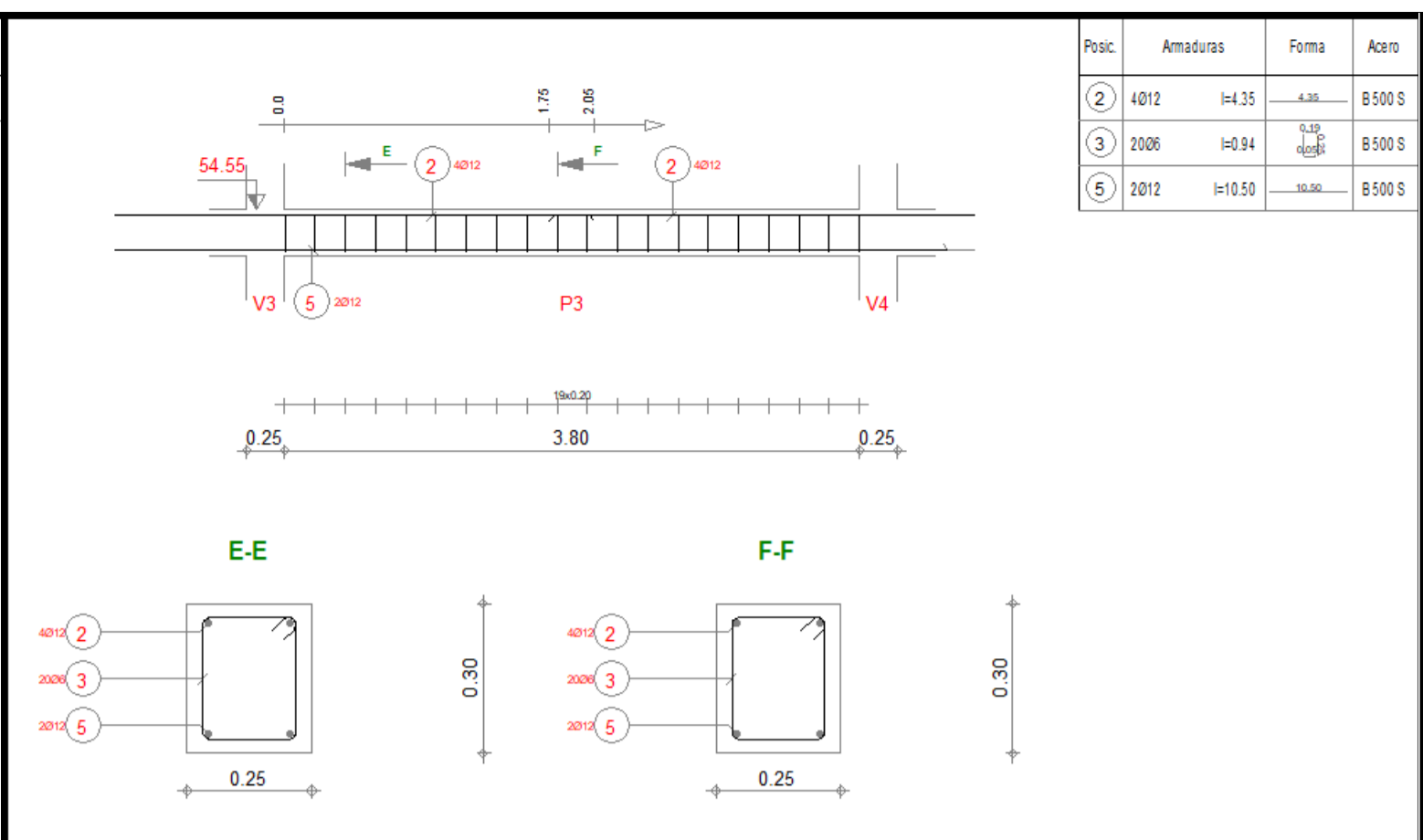
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 16.7 kg
Superficie del encofrado = 3.52 m ²	Acero B 500 S = 4.16 kg
Densidad = 75.16 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 9.50 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 1/4



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	2006	h=34	B 500 S

Viga cubierta largo 2

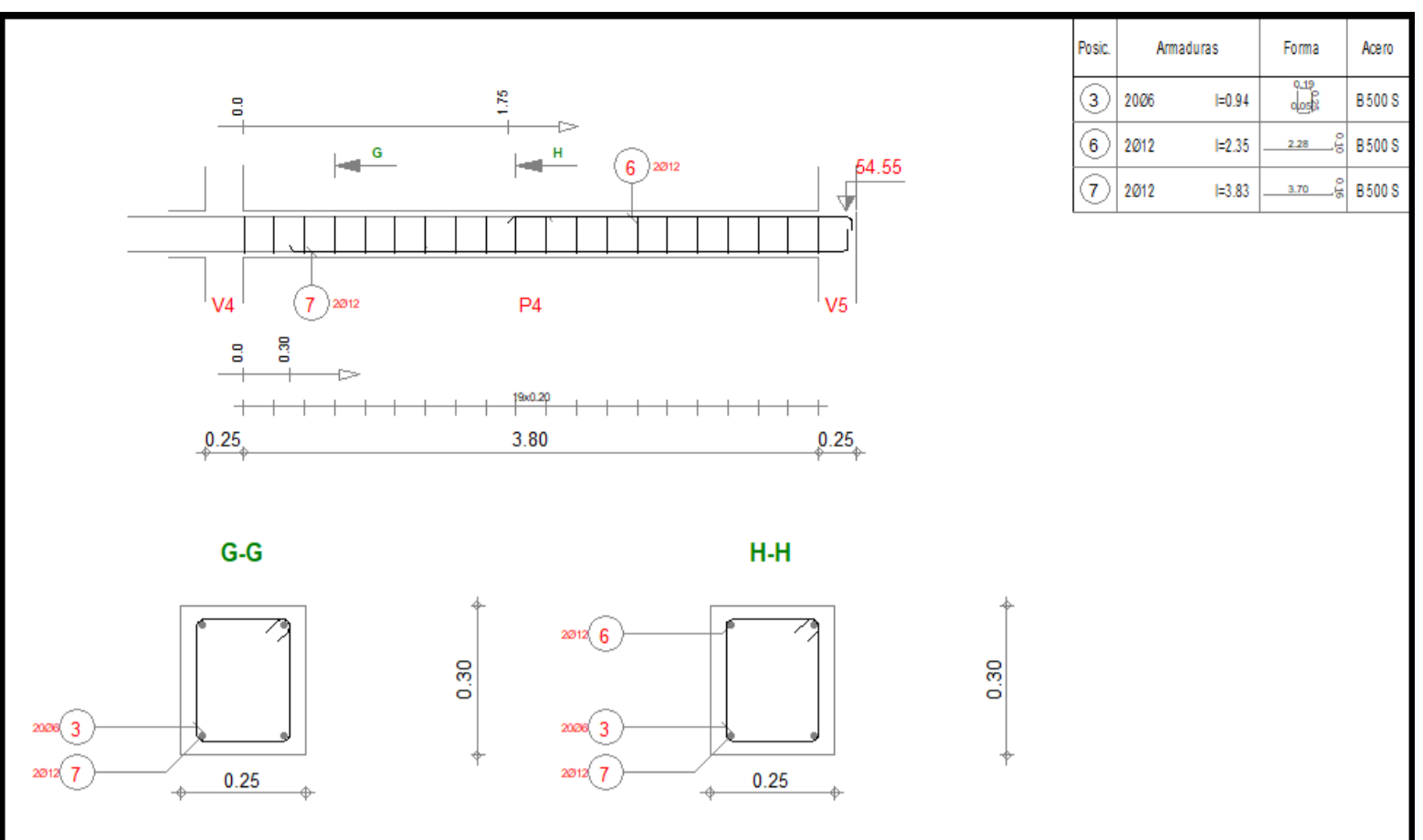
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 4.16 kg
Superficie del encofrado = 3.26 m ²	Acero B 500 S = 4.16 kg
Densidad = 13.75 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 8 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 2/4



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	4012	h=25	B 500 S
3	2006	h=34	B 500 S
5	2012	h=10.50	B 500 S

Viga cubierta largo 3

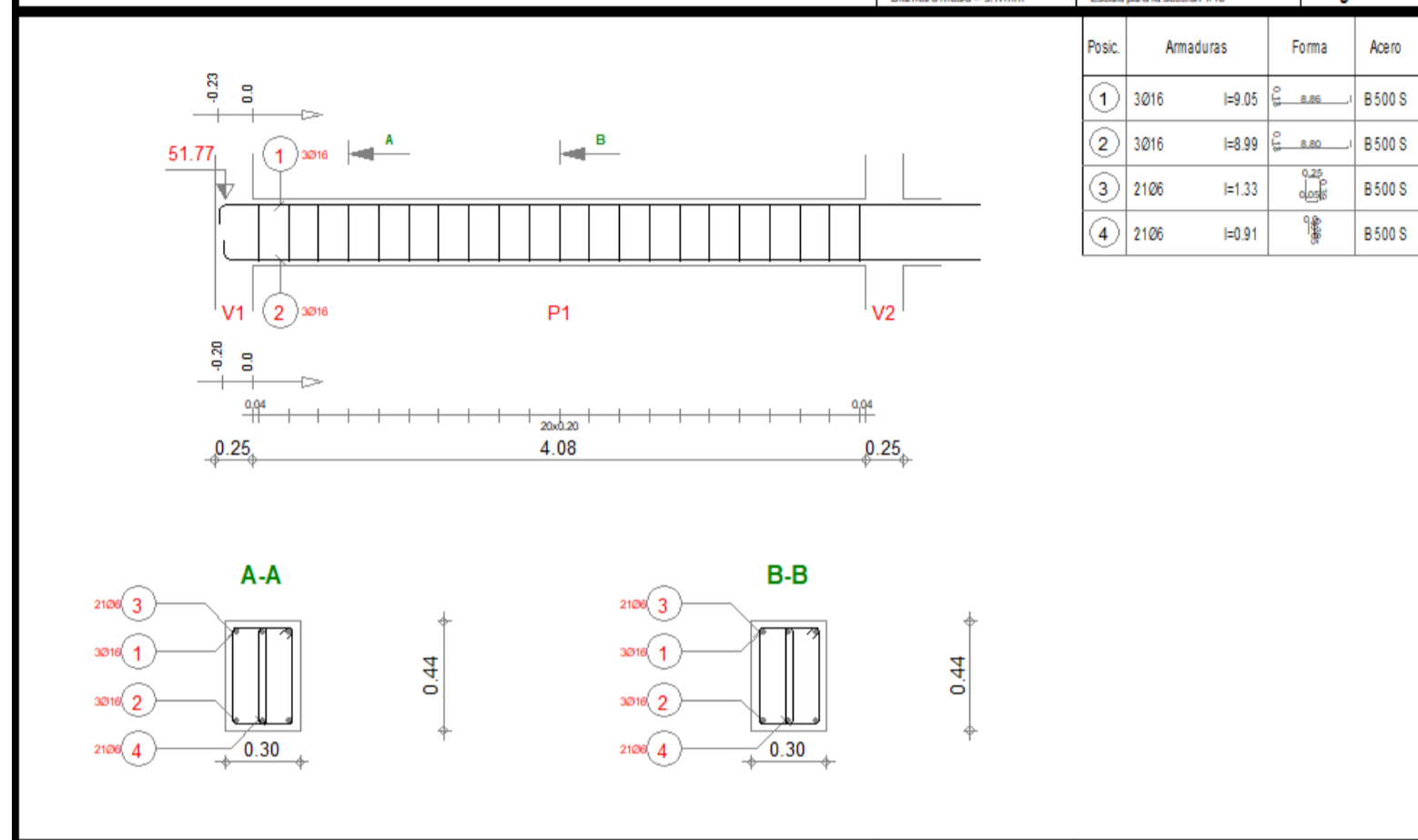
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 34.1 kg
Superficie del encofrado = 7.26 m ²	Acero B 500 S = 4.16 kg
Densidad = 128 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 10 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 3/4



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	2006	h=34	B 500 S
6	2012	h=25	B 500 S
7	2012	h=33	B 500 S

Viga cubierta largo 4

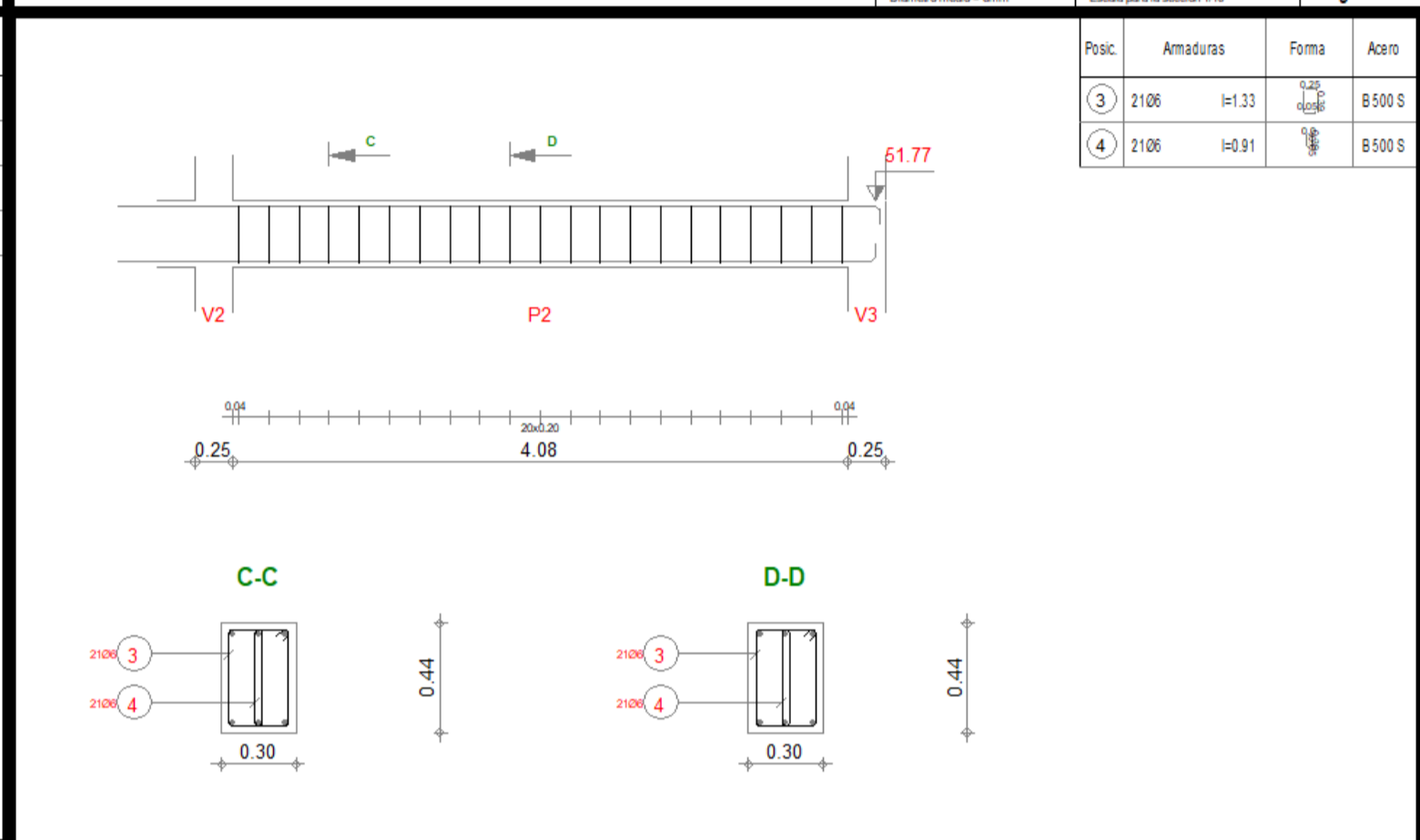
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 11 kg
Superficie del encofrado = 3.52 m ²	Acero B 500 S = 4.16 kg
Densidad = 68.56 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 9.50 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 4/4



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3016	h=8.05	B 500 S
2	3016	h=8.99	B 500 S
3	2106	h=1.33	B 500 S
4	2106	h=0.91	B 500 S

Viga planta baja ancho 1

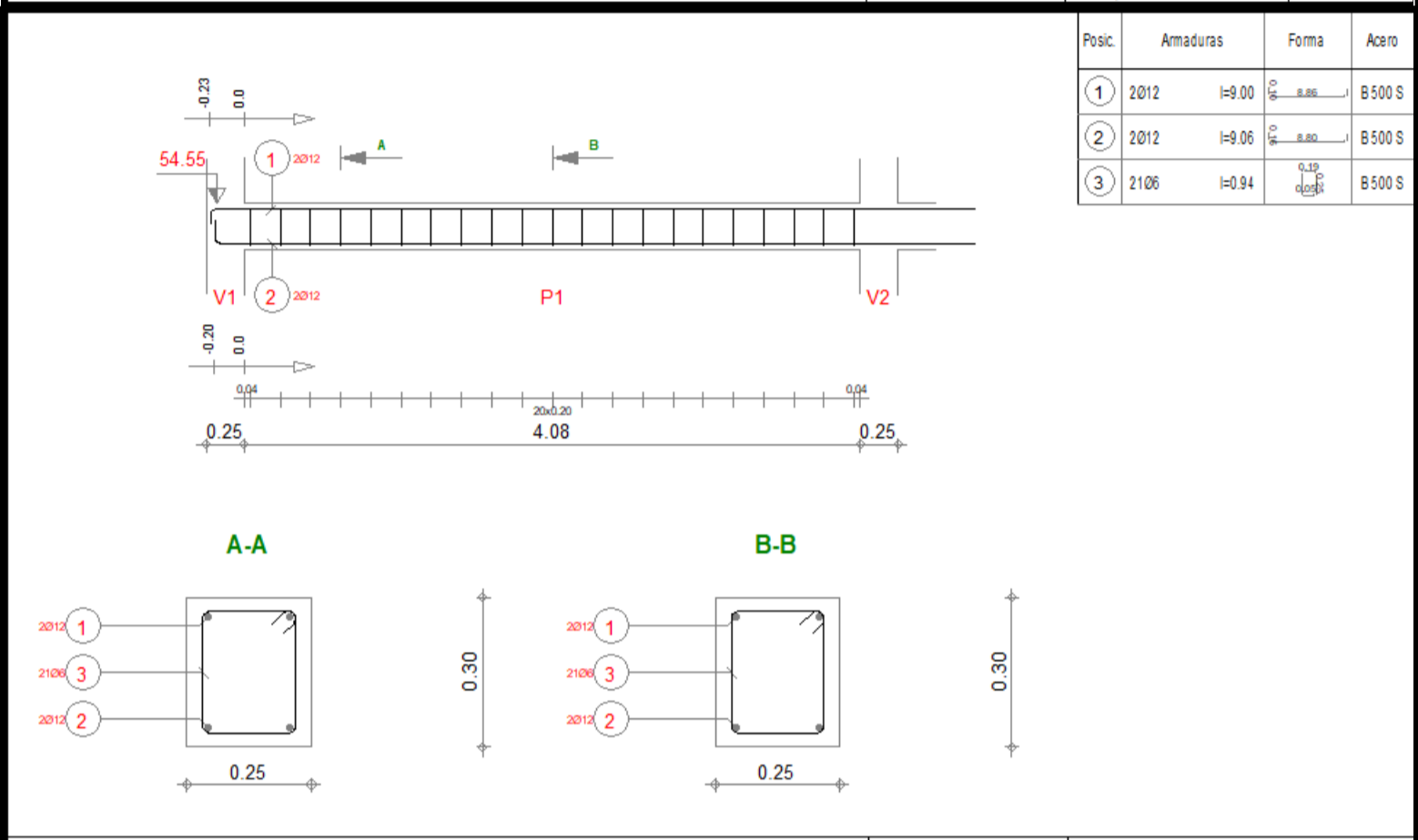
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 85.4 kg
Superficie del encofrado = 3.26 m ²	Acero B 500 S = 16.6 kg
Densidad = 163.1 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 11.50 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 1/2



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	2106	h=1.33	B 500 S
4	2106	h=0.91	B 500 S

Viga planta baja ancho 2

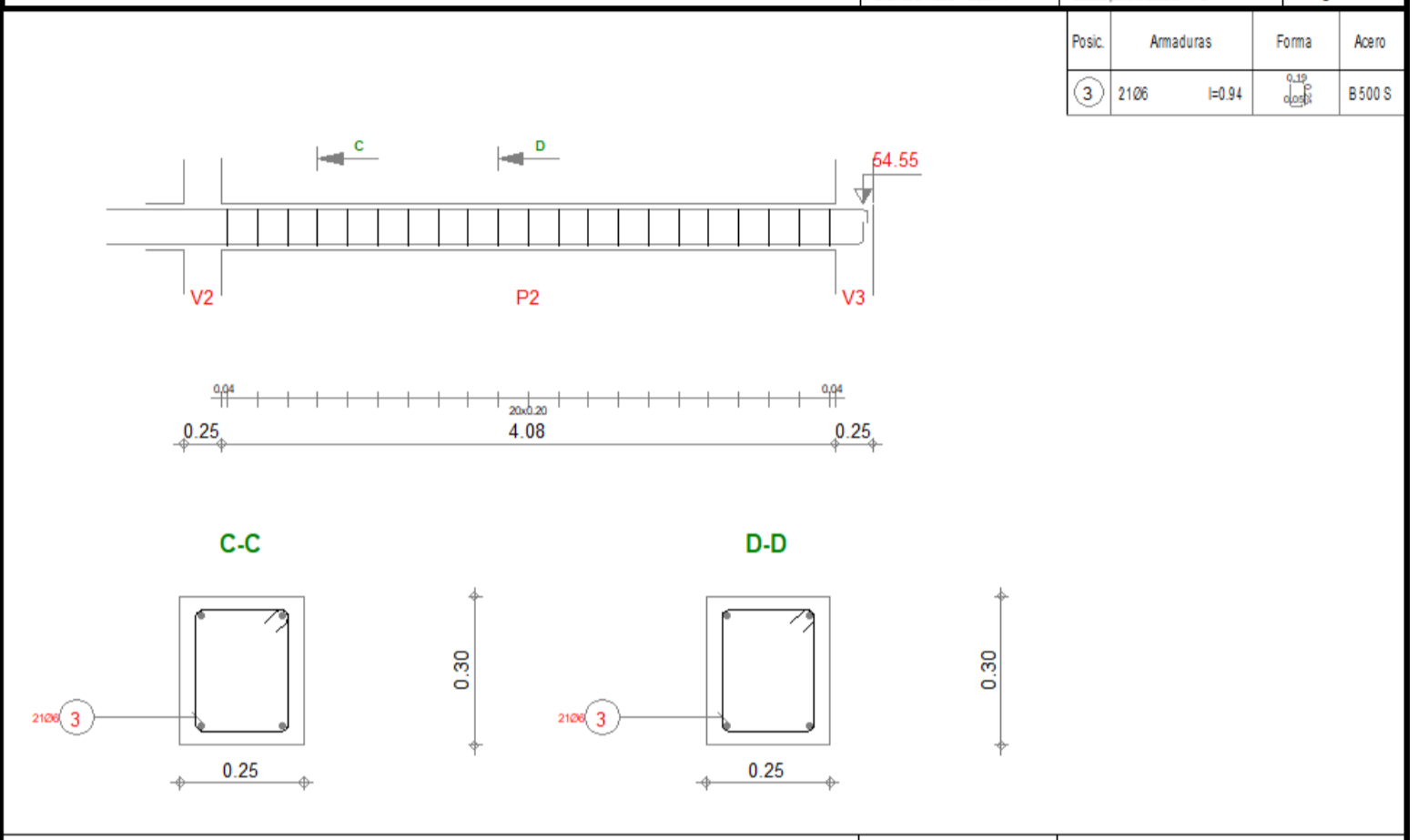
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 15.4 kg
Superficie del encofrado = 3.26 m ²	Acero B 500 S = 4.37 kg
Densidad = 12.78 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 8 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 2/2



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	2012	h=8.05	B 500 S
2	2012	h=8.99	B 500 S
3	2106	h=0.94	B 500 S

Viga cubierta ancho 1

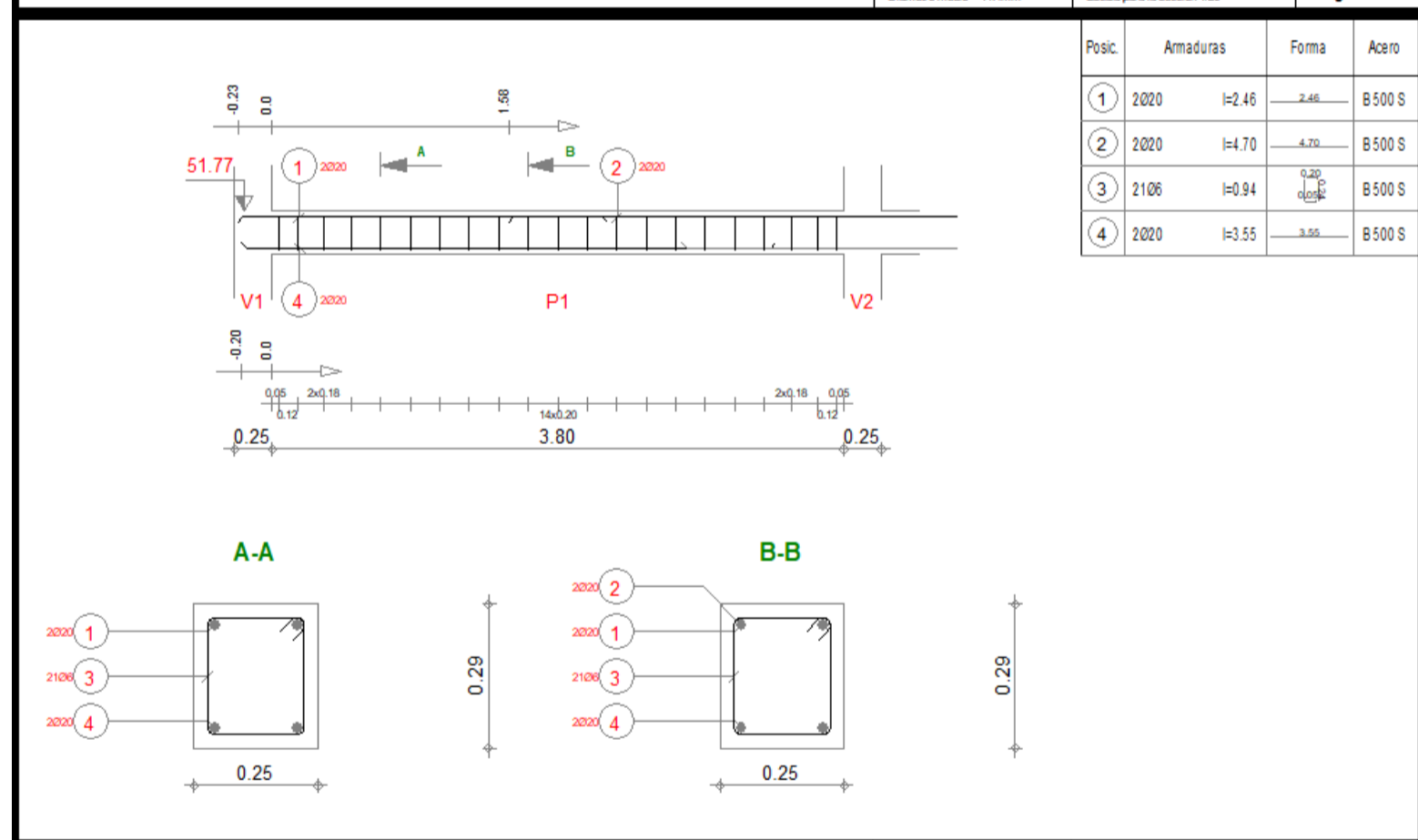
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 25.1 kg
Superficie del encofrado = 3.77 m ²	Acero B 500 S = 4.37 kg
Densidad = 109.3 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 10 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 1/2



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	2106	h=0.94	B 500 S

Viga cubierta ancho 2

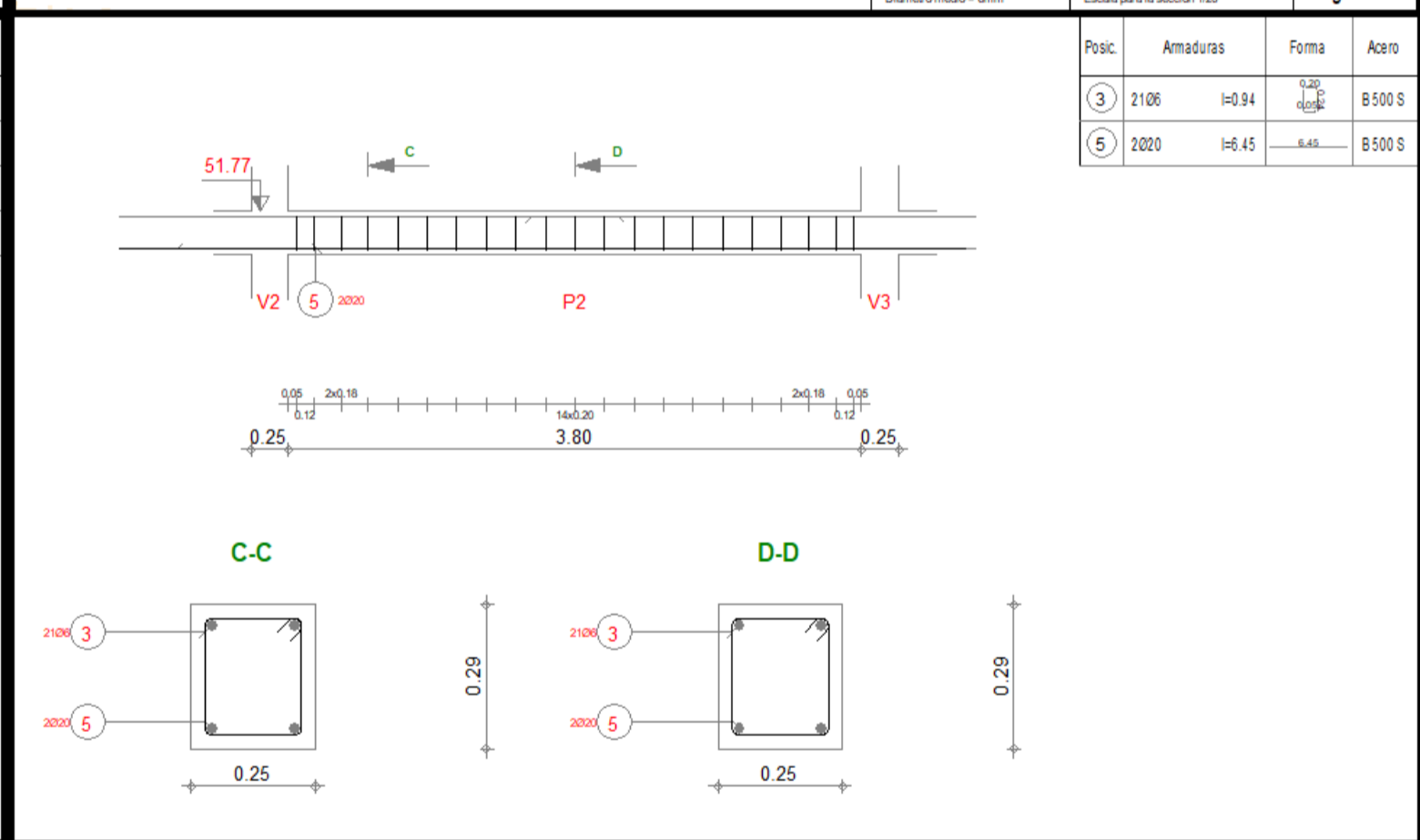
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 4.39 kg
Superficie del encofrado = 3.27 m ²	Acero B 500 S = 4.39 kg
Densidad = 13.14 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 8 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 2/2



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	2000	h=2.46	B 500 S
2	2000	h=4.70	B 500 S
3	2106	h=0.94	B 500 S
4	2000	h=1.55	B 500 S

Viga planta baja largo izquierda 1

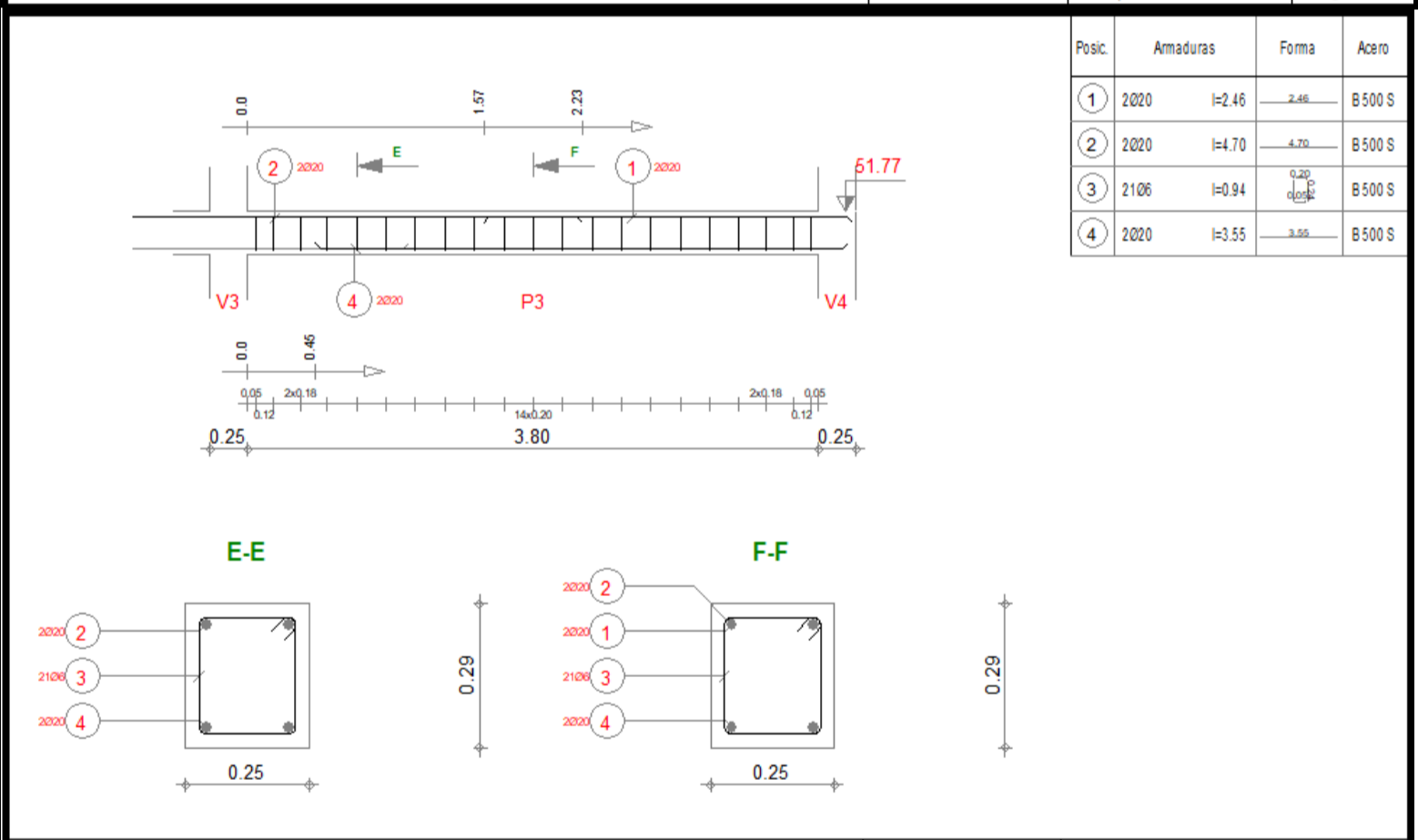
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 62.8 kg
Superficie del encofrado = 3.45 m ²	Acero B 500 S = 4.37 kg
Densidad = 188.4 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 13.50 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 1/3



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	2106	h=0.94	B 500 S
5	2000	h=4.45	B 500 S

Viga planta baja largo izquierda 2

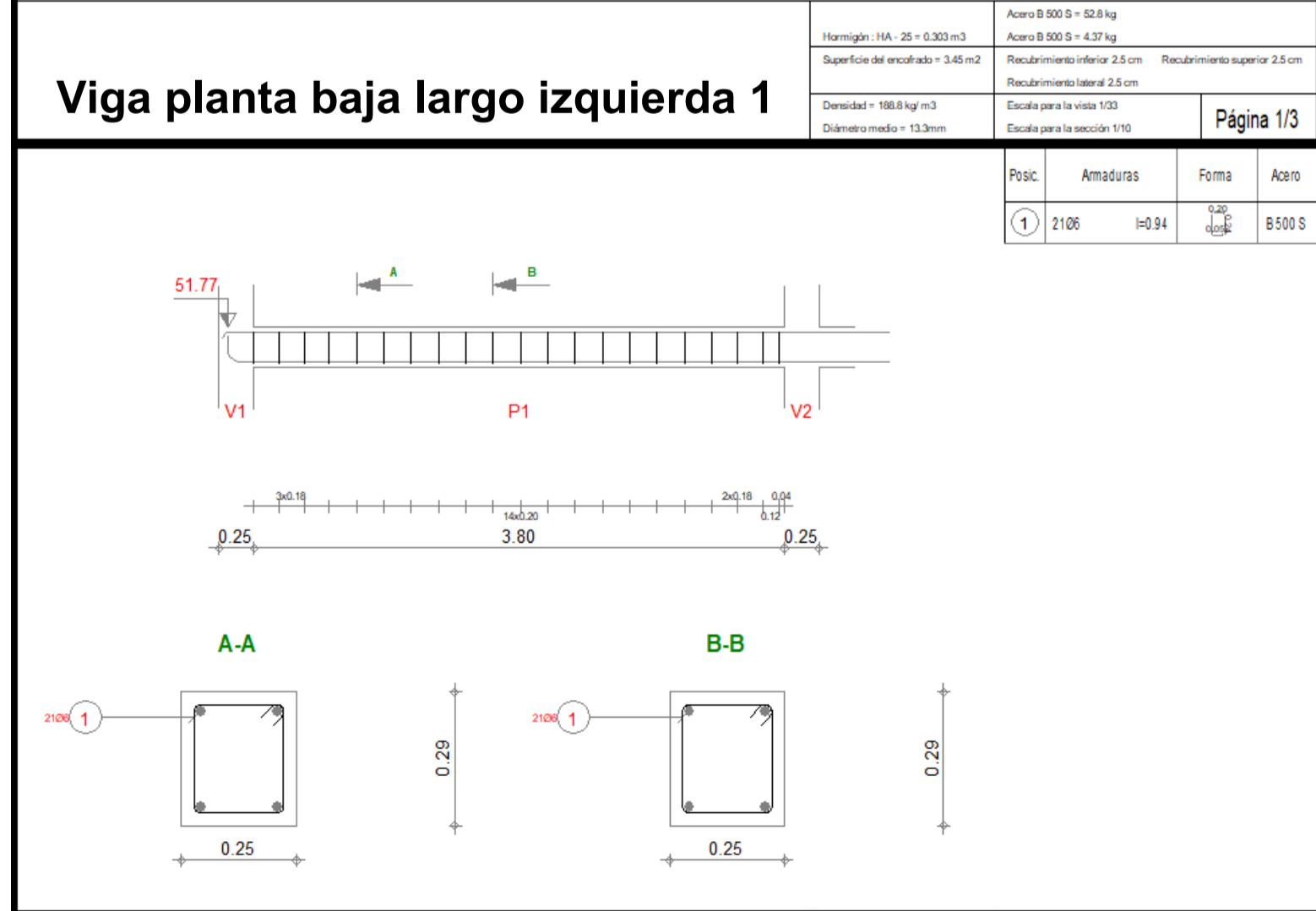
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 31.8 kg
Superficie del encofrado = 3.23 m ²	Acero B 500 S = 4.37 kg
Densidad = 123.1 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 11.50 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 2/3



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	2000	h=2.46	B 500 S
2	2000	h=4.70	B 500 S
3	2106	h=0.94	B 500 S
4	2000	h=1.55	B 500 S

Viga planta baja largo izquierda 3

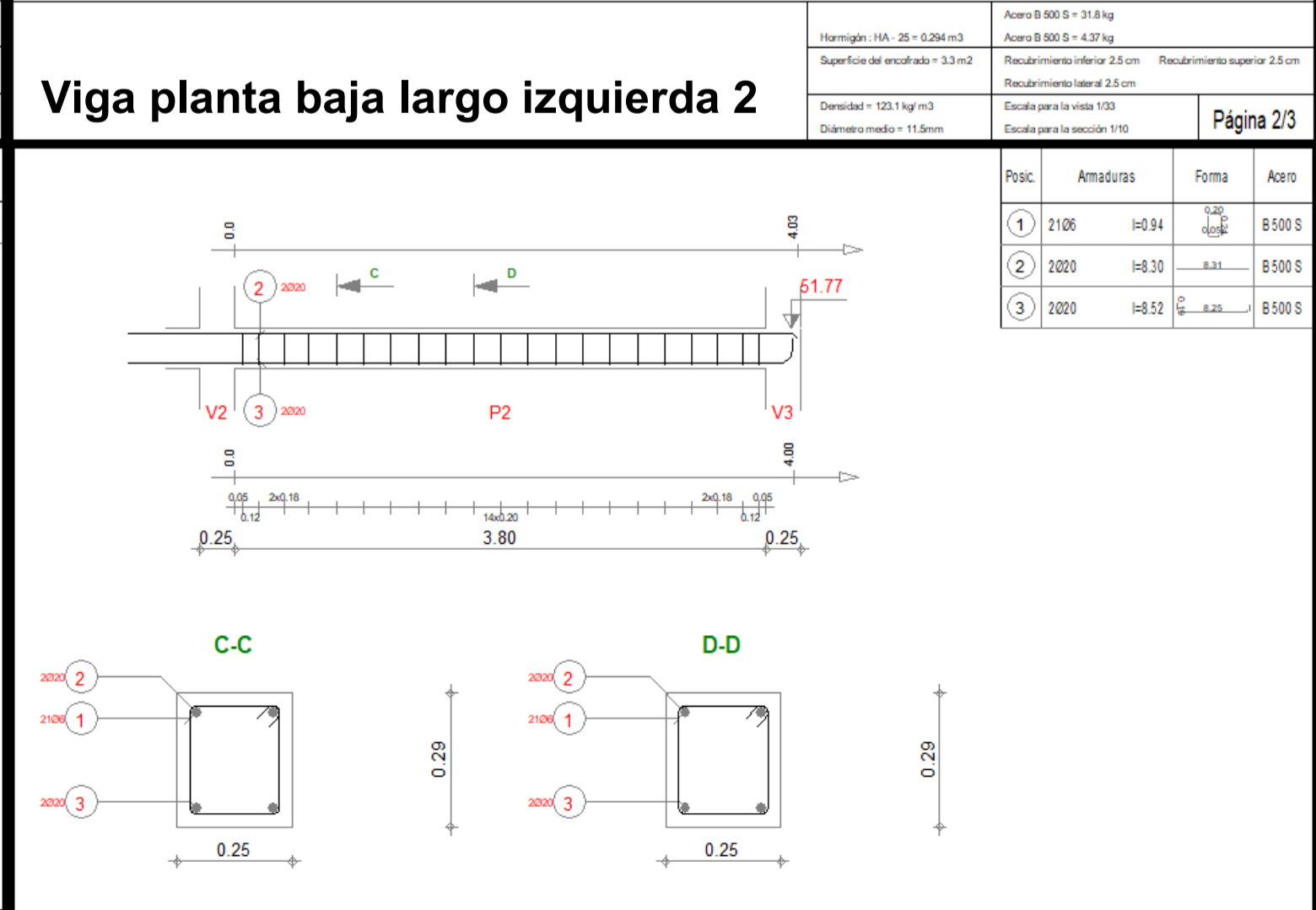
Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 52.8 kg
Superficie del encofrado = 3.45 m ²	Acero B 500 S = 4.37 kg
Densidad = 188.4 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 13.50 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 3/3



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	2106	h=0.94	B 500 S

Viga planta baja largo derecha 1

Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 4.37 kg
Superficie del encofrado = 3.45 m ²	Acero B 500 S = 4.37 kg
Densidad = 14.42 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 8 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 1/2



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	2106	h=0.94	B 500 S
2	2000	h=8.30	B 500 S
3	2000	h=8.52	B 500 S

Viga planta baja largo derecha 2

Hormigón: HA_25 = 0.324 m ³	Acero B 500 S = 63 kg
Superficie del encofrado = 3.45 m ²	Acero B 500 S = 4.37 kg
Densidad = 261.1 kg/m ³	Recurrimiento inferior 2.5 cm
Diámetro medio = 14.50 mm	Recurrimiento lateral 2.5 cm
	Recurrimiento superior 2.5 cm
	Escala para la vista 1/30
	Escala para la sección 1/10
	Página 2/2



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

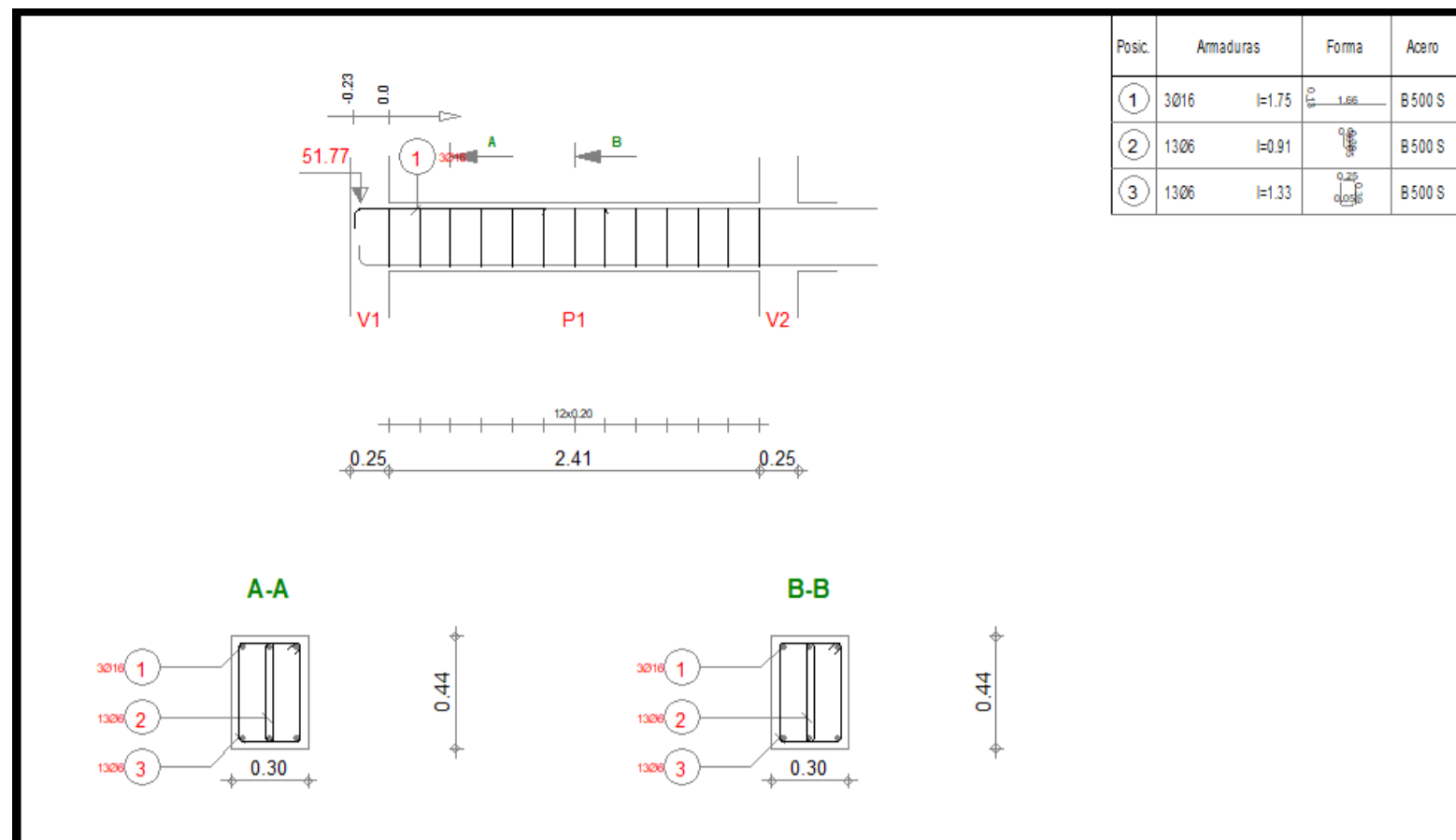
Armadura Vigas SUM

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S09

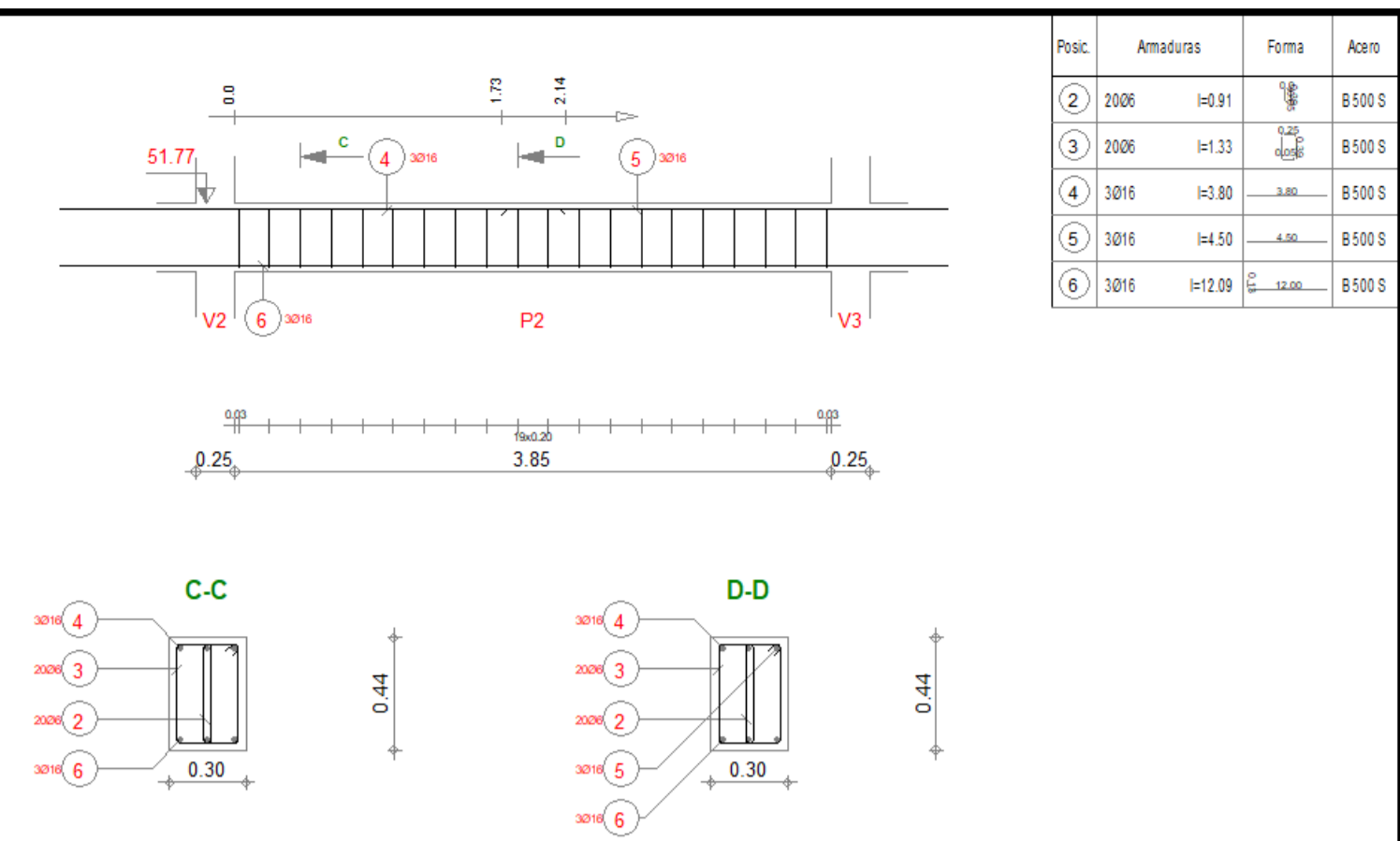
Escala



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3016	h=1.75	B 500 S
2	1306	h=0.81	B 500 S
3	1306	h=1.33	B 500 S

Viga ancho 1

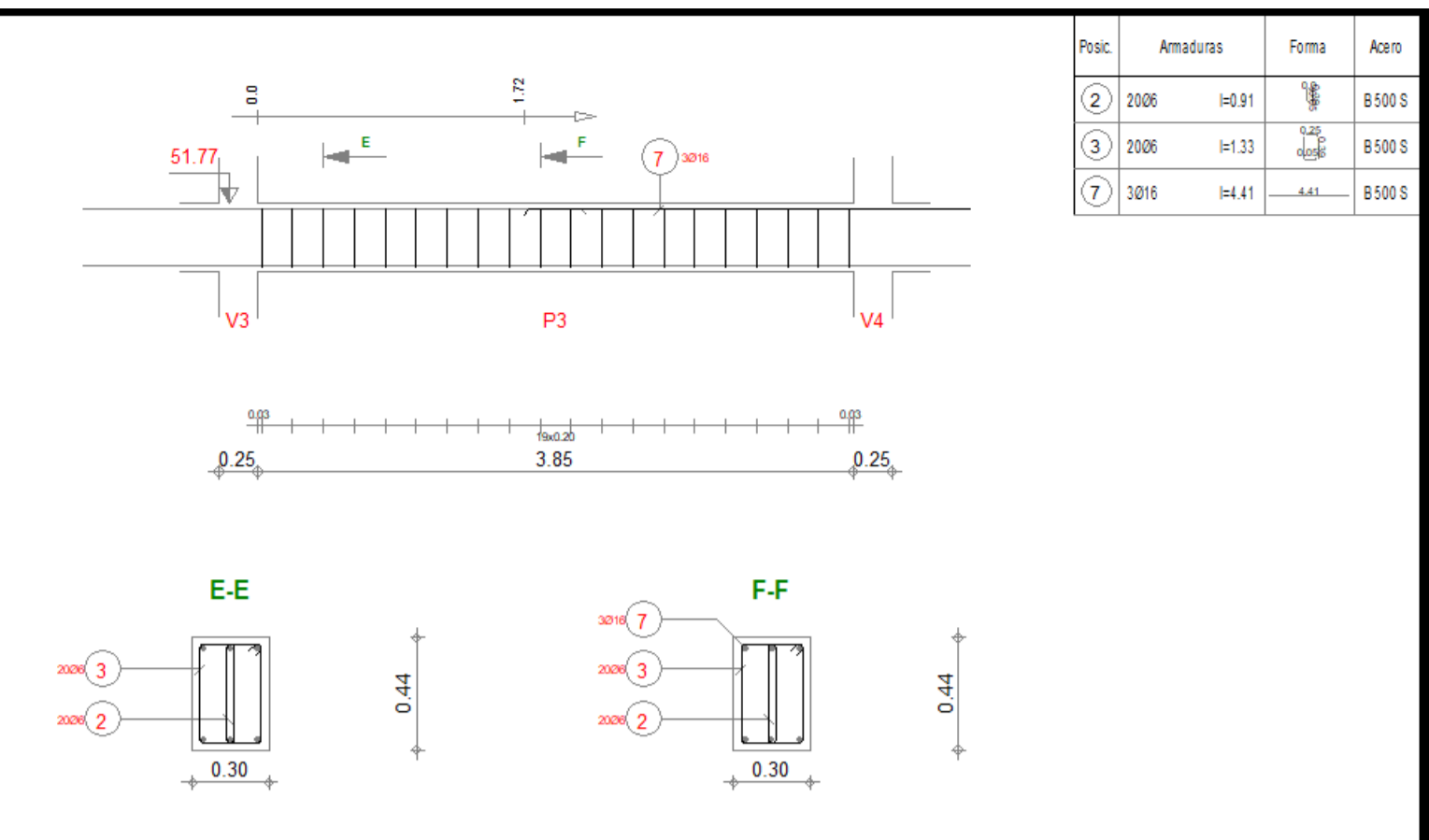
Hormigón: HA_25 = 0.367 m ³	Acero B 500 S = 6.3 kg	Acero B 500 S = 6.44 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 3.31 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 40.33 kg/m ³	Diámetro medio = 7.53 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2006	h=0.91	B 500 S
3	2006	h=1.33	B 500 S
4	3016	h=3.80	B 500 S
5	3016	h=4.50	B 500 S
6	3016	h=12.09	B 500 S

Viga ancho 2

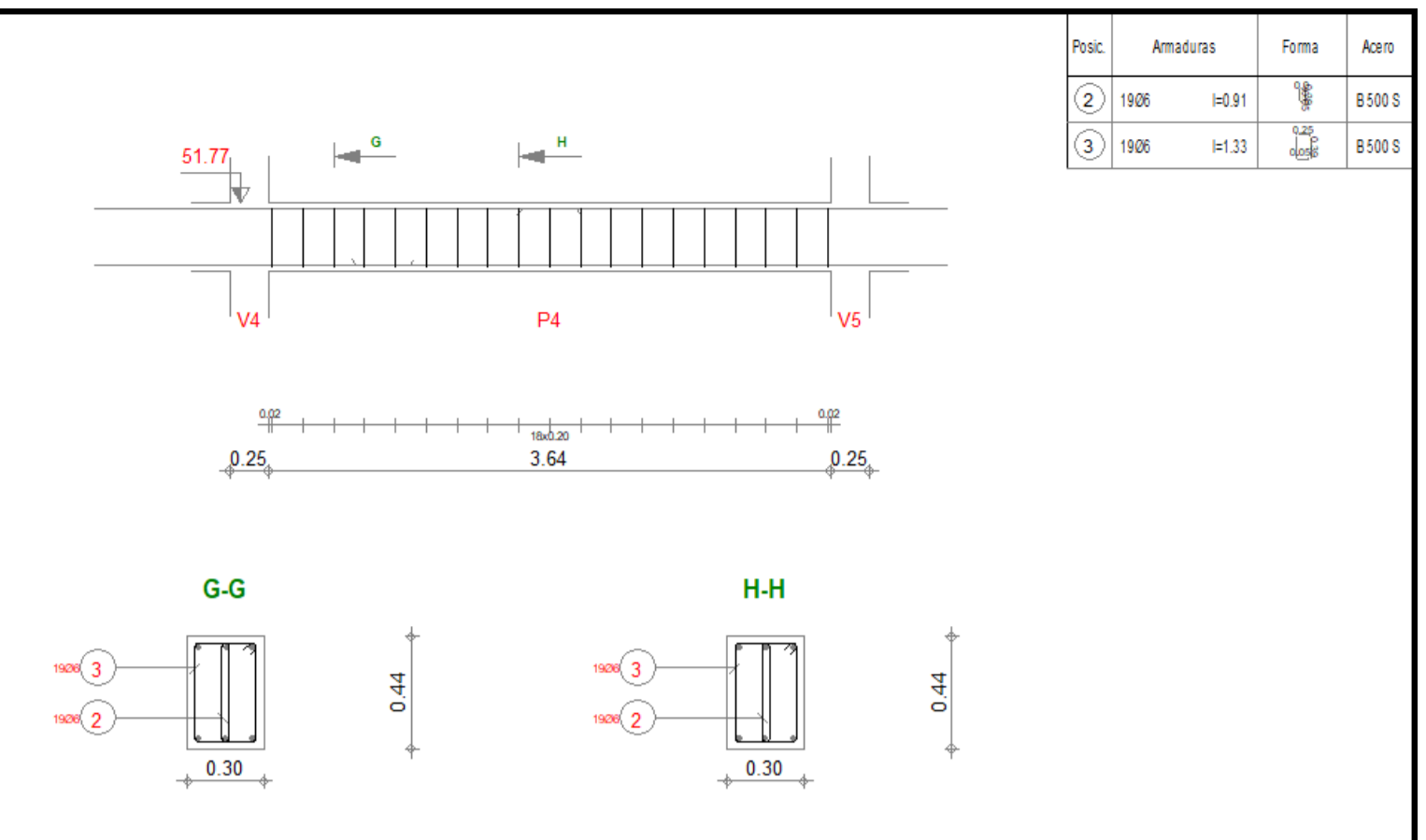
Hormigón: HA_25 = 0.547 m ³	Acero B 500 S = 16.3 kg	Acero B 500 S = 6.84 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.76 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 196.6 kg/m ³	Diámetro medio = 11.8 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2006	h=0.91	B 500 S
3	2006	h=1.33	B 500 S
4	3016	h=4.1	B 500 S
7	3016	h=4.1	B 500 S

Viga ancho 3

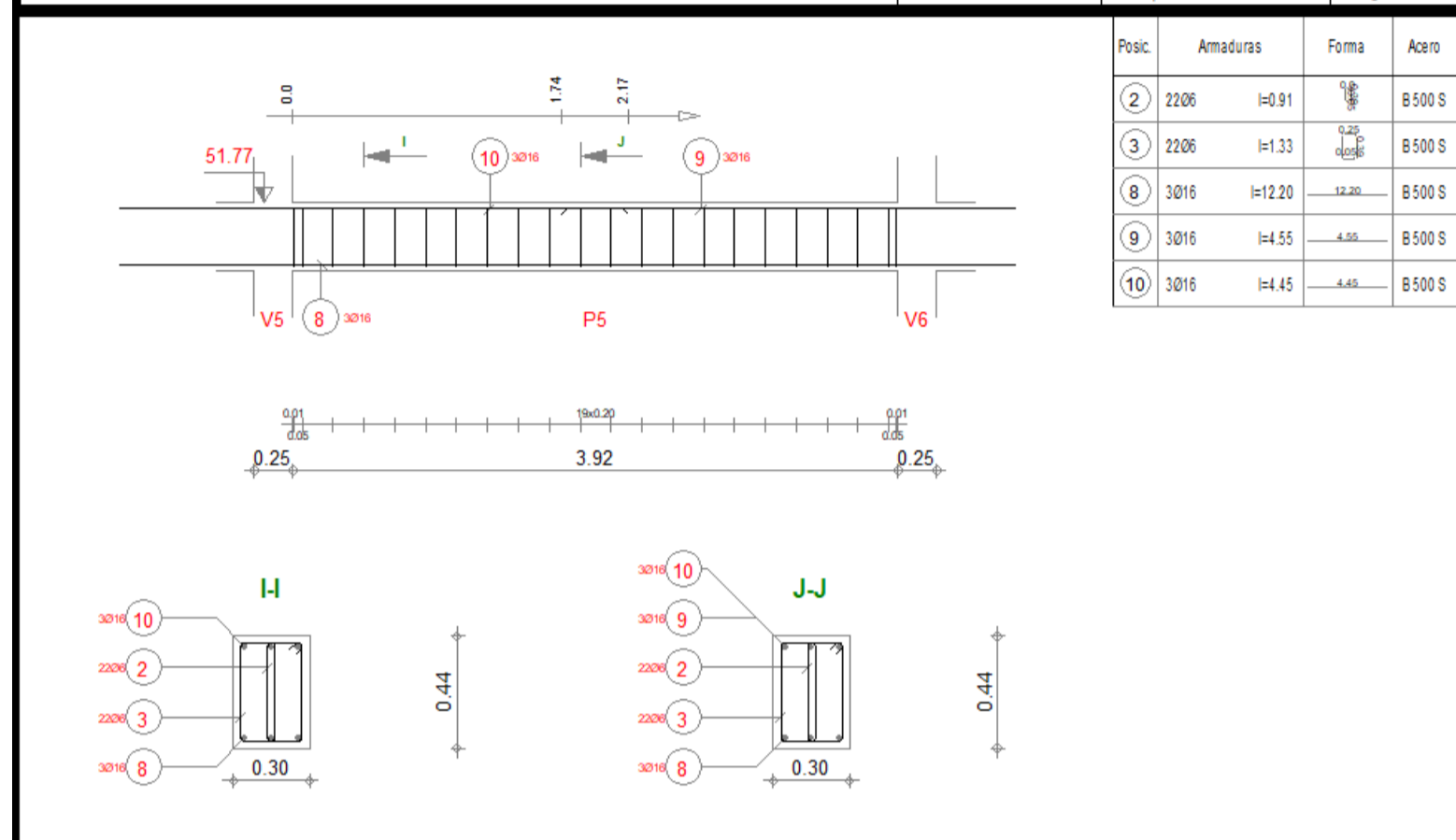
Hormigón: HA_25 = 0.547 m ³	Acero B 500 S = 26.8 kg	Acero B 500 S = 6.84 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.76 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 96.63 kg/m ³	Diámetro medio = 8.23 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	1906	h=0.91	B 500 S
3	1906	h=1.33	B 500 S
6	3016	h=12.09	B 500 S

Viga ancho 4

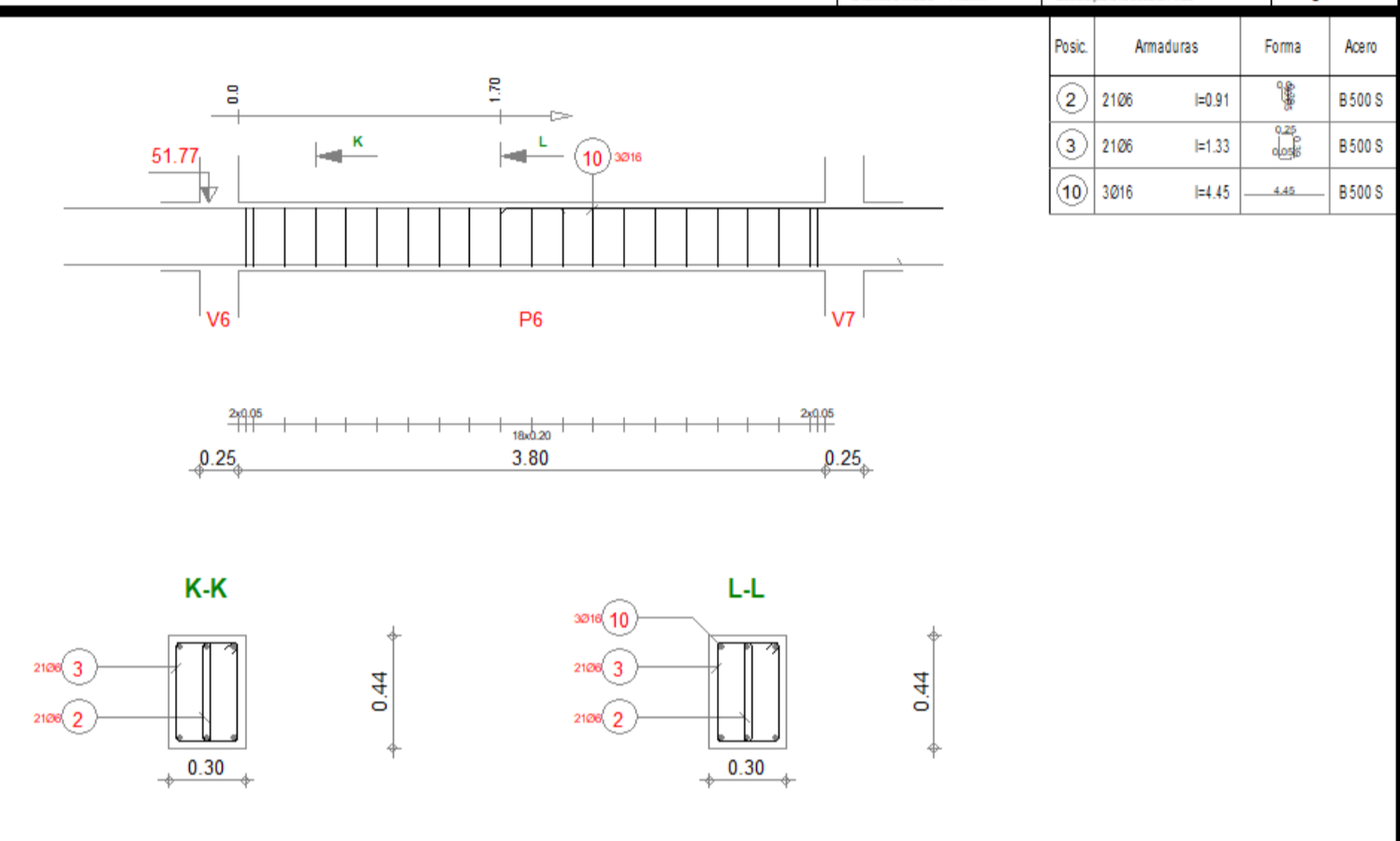
Hormigón: HA_25 = 0.973 m ³	Acero B 500 S = 8.84 kg	Acero B 500 S = 8.84 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.92 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 19.4 kg/m ³	Diámetro medio = 6 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2206	h=0.91	B 500 S
3	2206	h=1.33	B 500 S
8	3016	h=12.09	B 500 S
9	3016	h=4.55	B 500 S
10	3016	h=4.45	B 500 S

Viga ancho 5

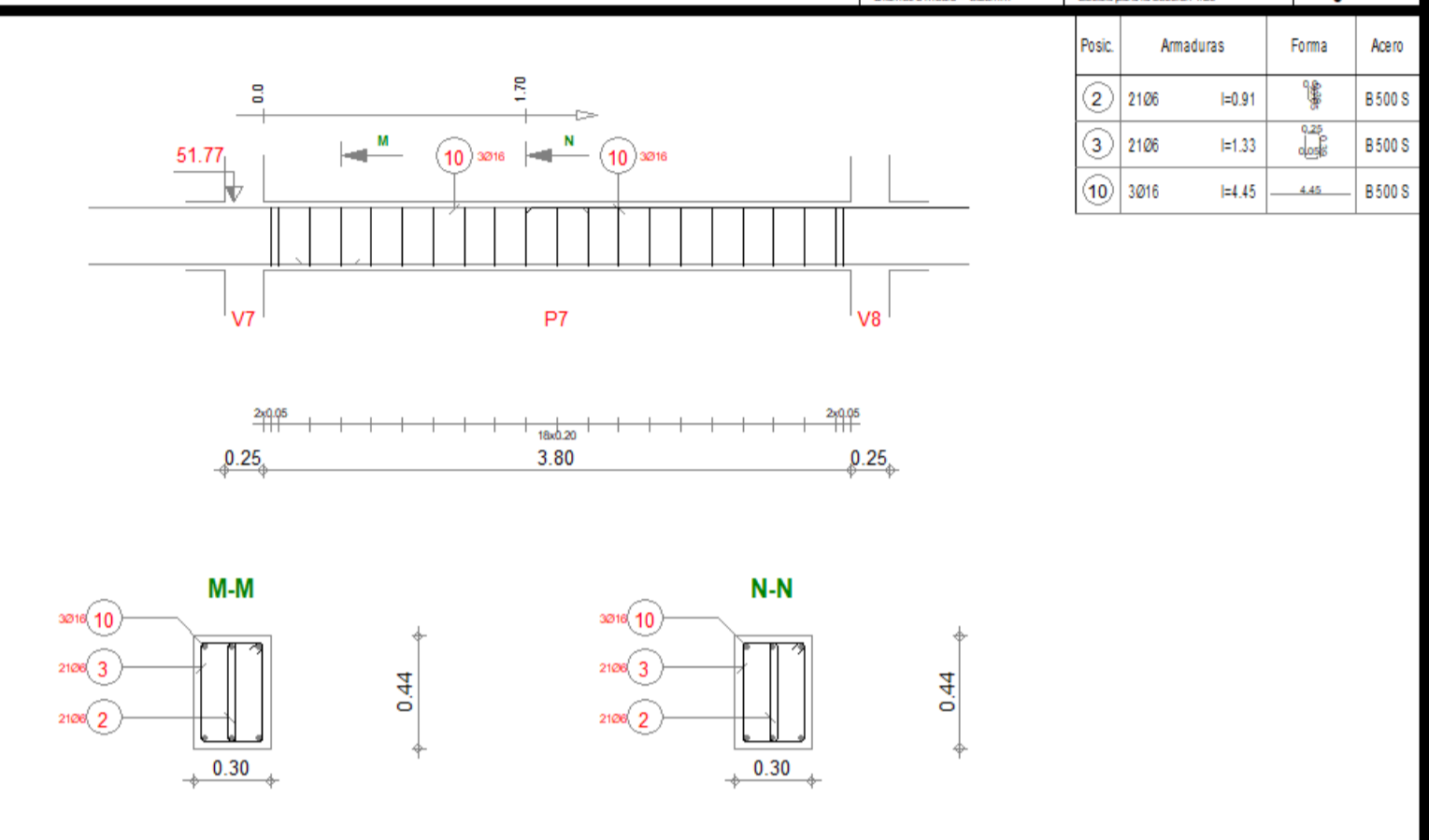
Hormigón: HA_25 = 0.557 m ³	Acero B 500 S = 100 kg	Acero B 500 S = 103 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.82 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 201.8 kg/m ³	Diámetro medio = 11.8 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2106	h=0.91	B 500 S
3	2106	h=1.33	B 500 S
10	3016	h=4.45	B 500 S
11	3016	h=4.45	B 500 S

Viga ancho 6

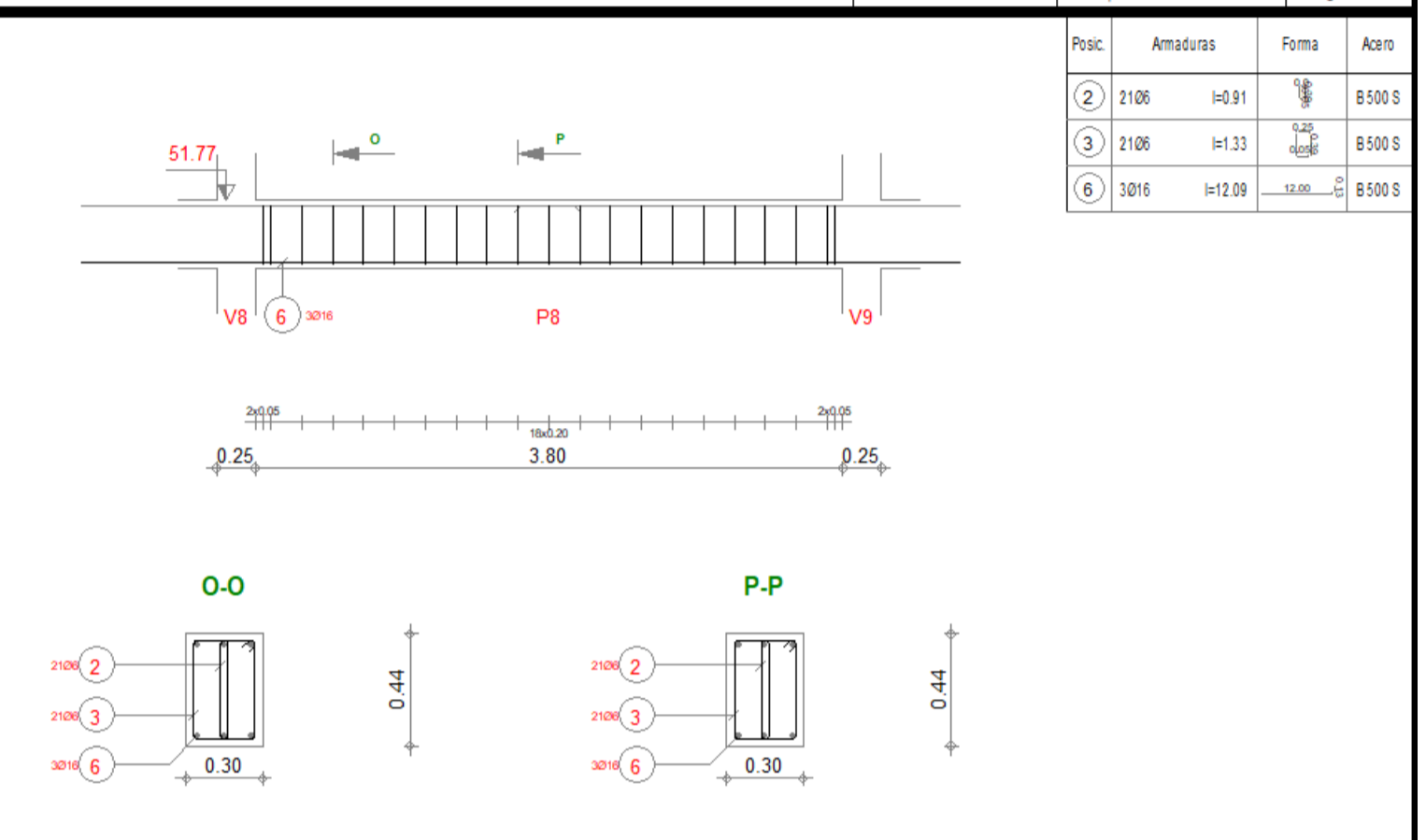
Hormigón: HA_25 = 0.625 m ³	Acero B 500 S = 21.1 kg	Acero B 500 S = 15.4 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.7 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 98.8 kg/m ³	Diámetro medio = 8.23 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2106	h=0.91	B 500 S
3	2106	h=1.33	B 500 S
10	3016	h=4.45	B 500 S
11	3016	h=4.45	B 500 S
12	3016	h=4.45	B 500 S

Viga ancho 7

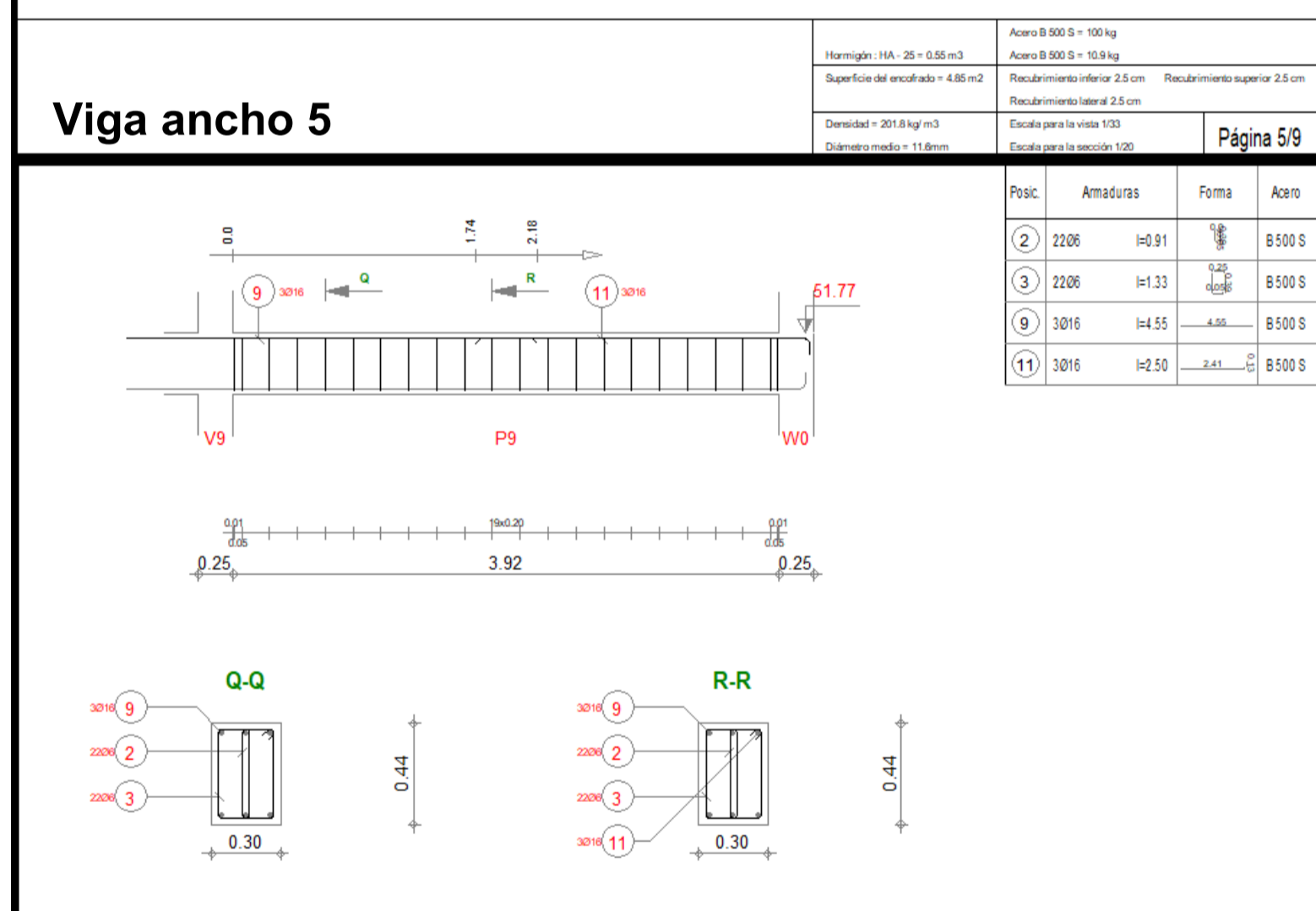
Hormigón: HA_25 = 0.625 m ³	Acero B 500 S = 21.1 kg	Acero B 500 S = 15.4 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.7 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 98.83 kg/m ³	Diámetro medio = 8.23 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2106	h=0.91	B 500 S
3	2106	h=1.33	B 500 S
6	3016	h=12.09	B 500 S

Viga ancho 8

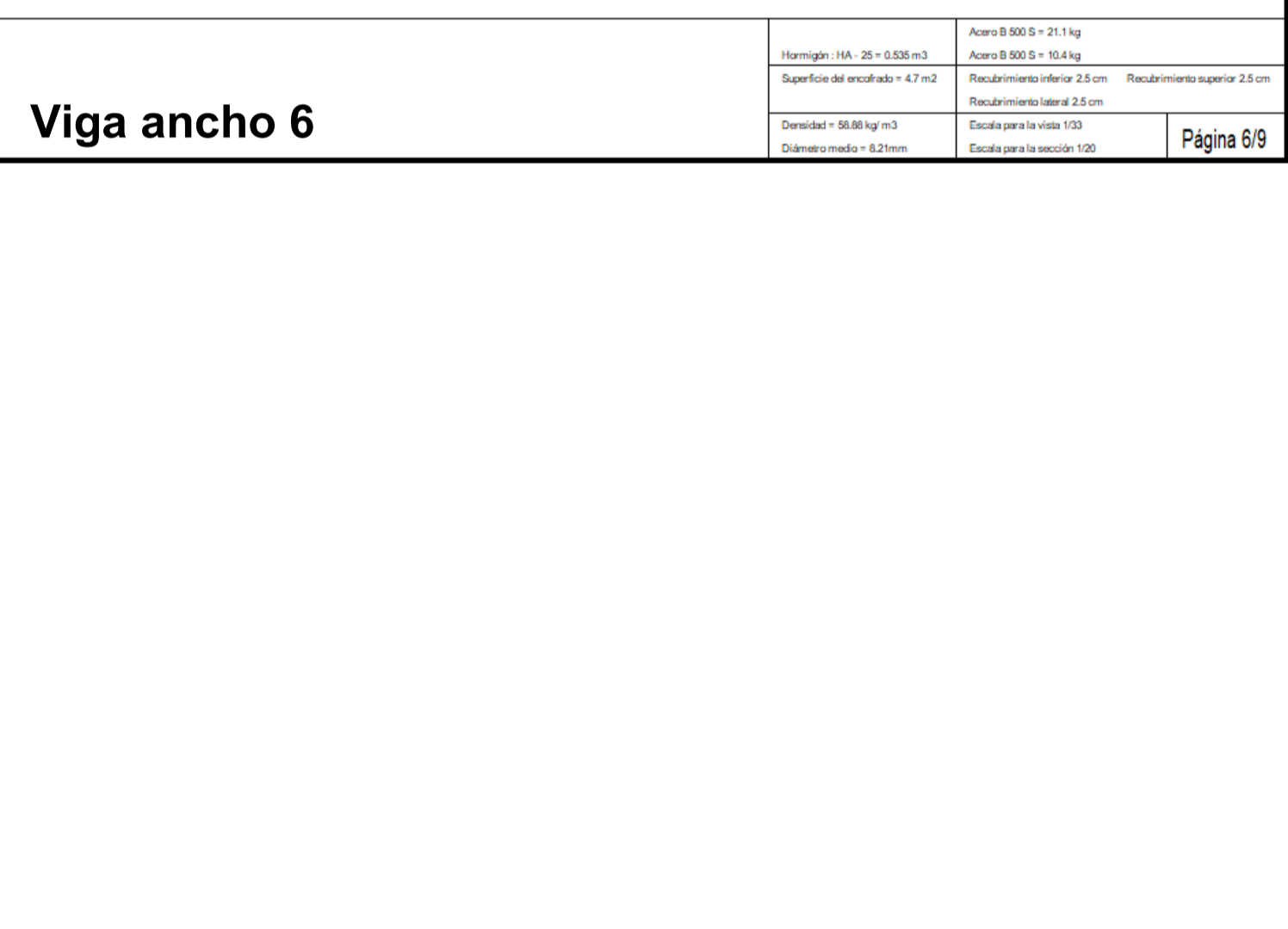
Hormigón: HA_25 = 0.973 m ³	Acero B 500 S = 8.84 kg	Acero B 500 S = 8.84 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.92 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 19.4 kg/m ³	Diámetro medio = 6 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2206	h=0.91	B 500 S
3	2206	h=1.33	B 500 S
9	3016	h=4.55	B 500 S
10	3016	h=4.50	B 500 S
11	3016	h=4.50	B 500 S
12	3016	h=4.50	B 500 S

Viga ancho 9

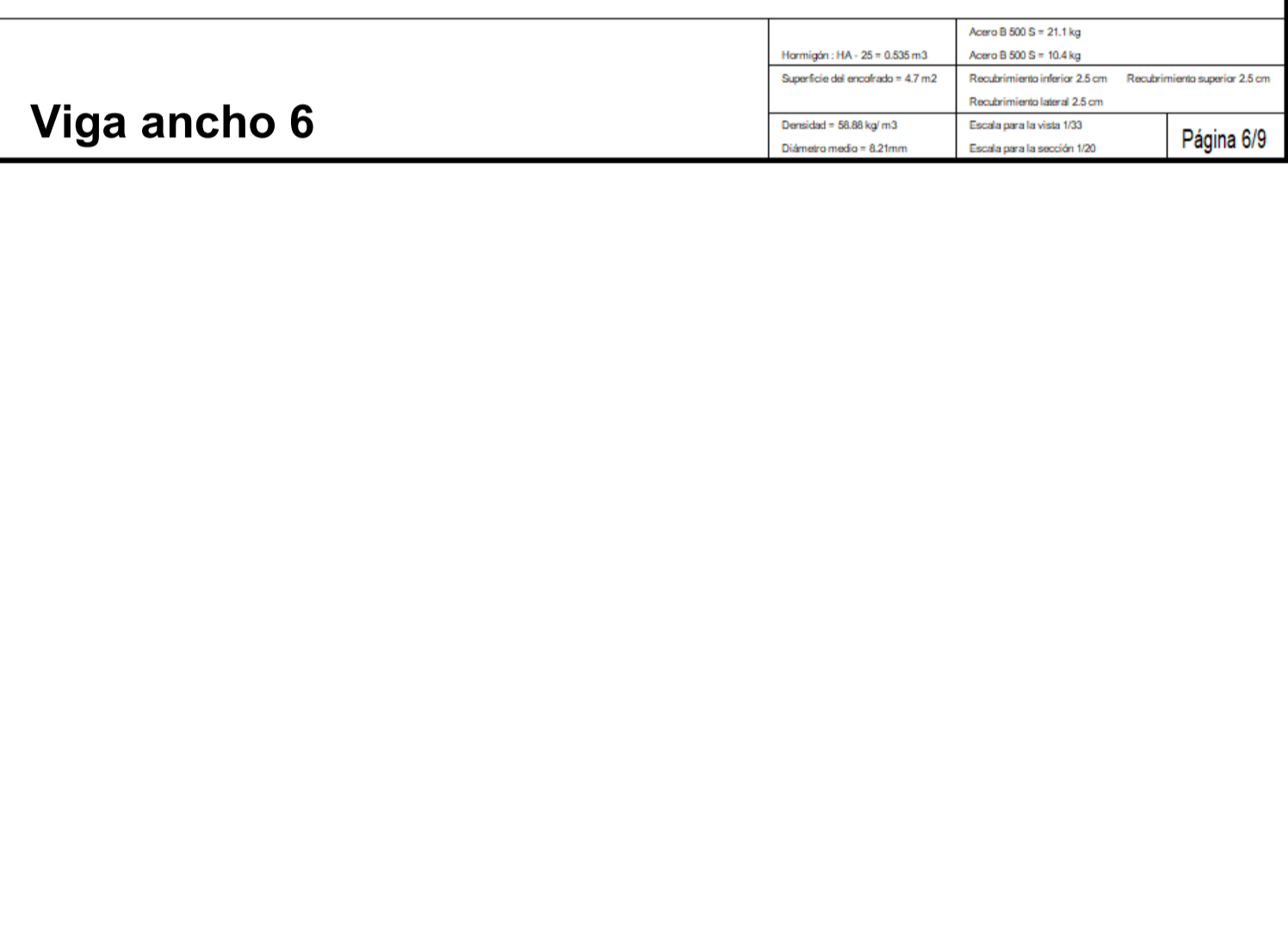
Hormigón: HA_25 = 0.567 m ³	Acero B 500 S = 33.4 kg	Acero B 500 S = 15.9 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.92 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 76.13 kg/m ³	Diámetro medio = 9 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/20



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3020	h=2.90	B 500 S
2	3020	h=4.16	B 500 S
3	2506	h=0.81	B 500 S
4	3020	h=4.30	B 500 S
5	2506	h=1.04	B 500 S

Viga largo 1

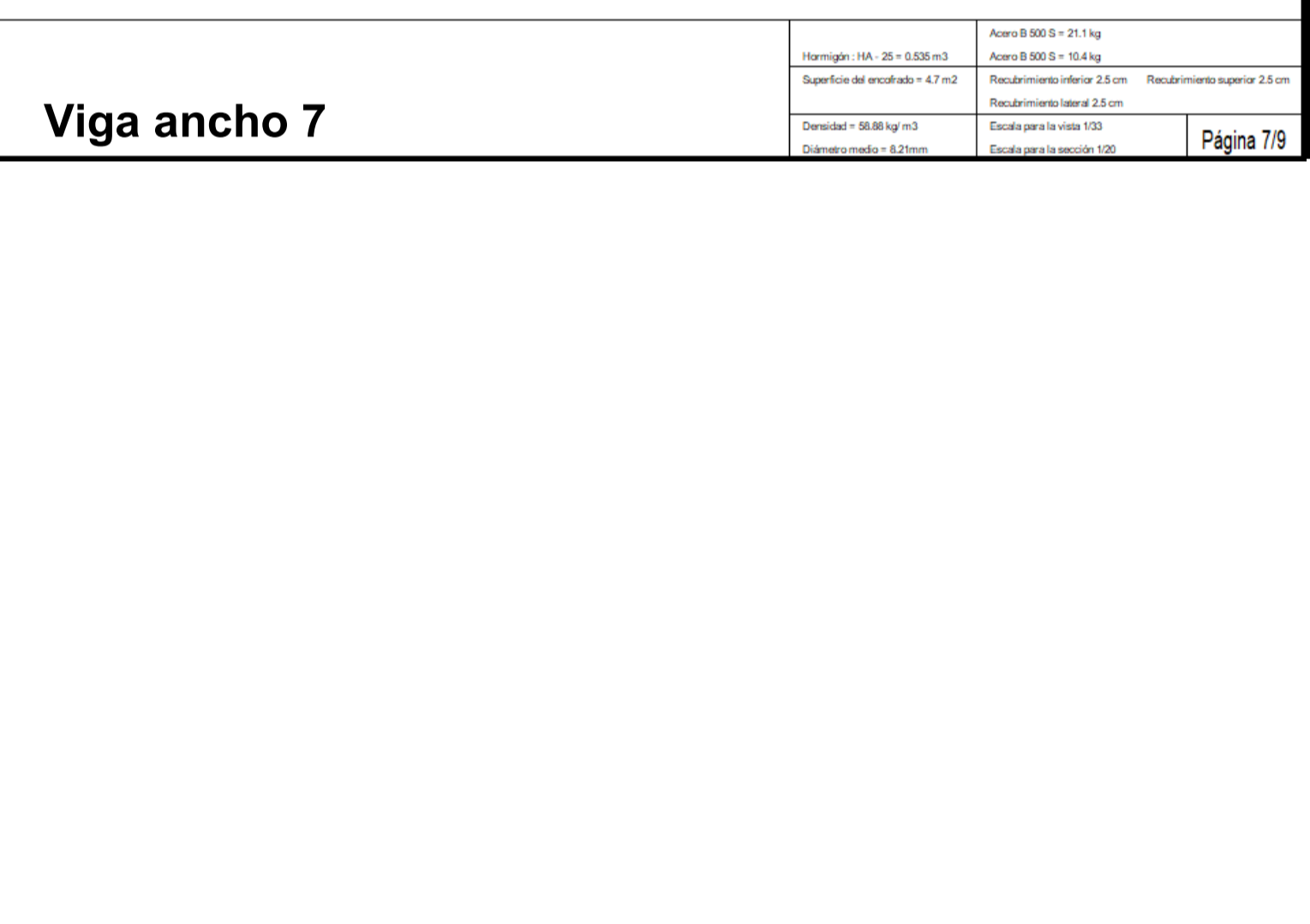
Hormigón: HA_25 = 0.688 m ³	Acero B 500 S = 84 kg	Acero B 500 S = 6.14 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.47 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 206.8 kg/m ³	Diámetro medio = 12.3 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/10



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
5	1006	h=0.81	B 500 S
6	1006	h=1.04	B 500 S
3	3020	h=4.80	B 500 S

Viga largo 2

Hormigón: HA_25 = 0.179 m ³	Acero B 500 S = 26.5 kg	Acero B 500 S = 1.66 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 1.73 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 233.2 kg/m ³	Diámetro medio = 12.3 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/10



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	2506	h=0.81	B 500 S
5	2506	h=1.04	B 500 S
7	3020	h=4.30	B 500 S
8	3020	h=2.90	B 500 S
9	3020	h=4.15	B 500 S
10	3020	h=4.15	B 500 S

Viga largo 3

Hormigón: HA_25 = 0.688 m ³	Acero B 500 S = 84 kg	Acero B 500 S = 6.14 kg	Recurrimiento superior 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.47 m ²	Recurrimiento inferior 2.5 cm	Recurrimiento lateral 2.5 cm	
Densidad = 205.7 kg/m ³	Diámetro medio = 12.3 mm	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/10



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

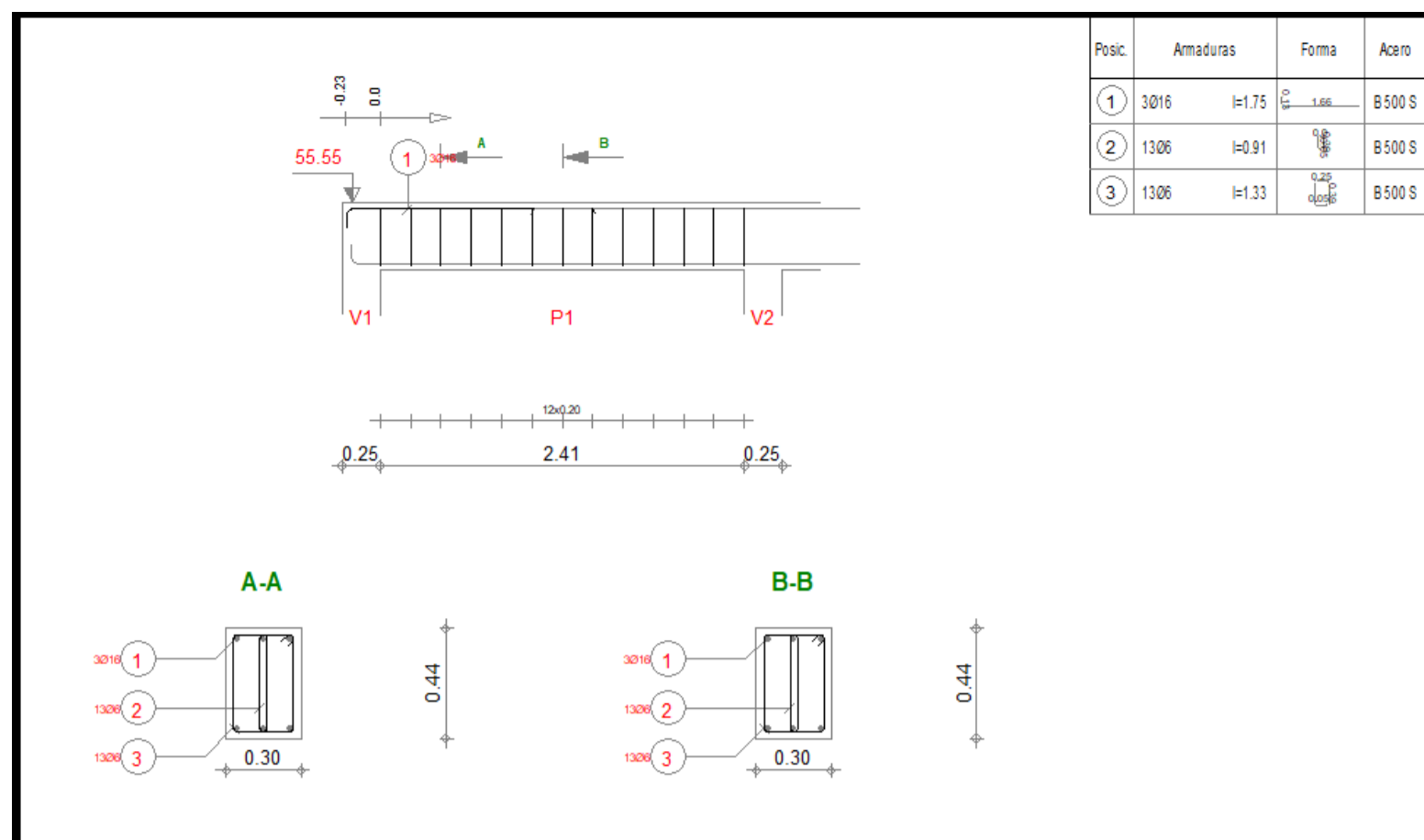
Armadura Vigas PB Admin

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S10

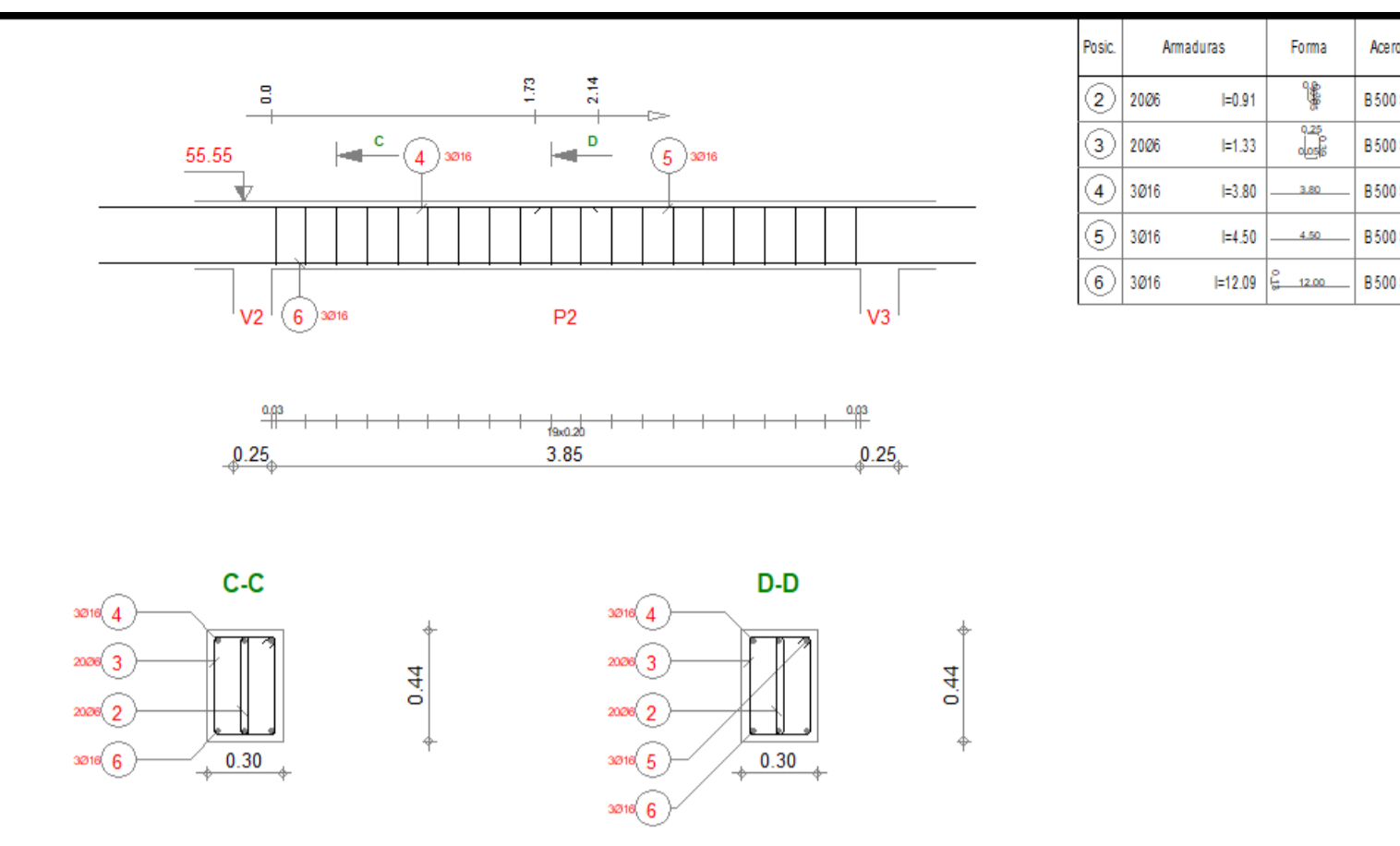
Escala



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3016	h=1.75	B 500 S
2	1306	h=0.91	B 500 S
3	1306	h=1.33	B 500 S

Viga ancho 1

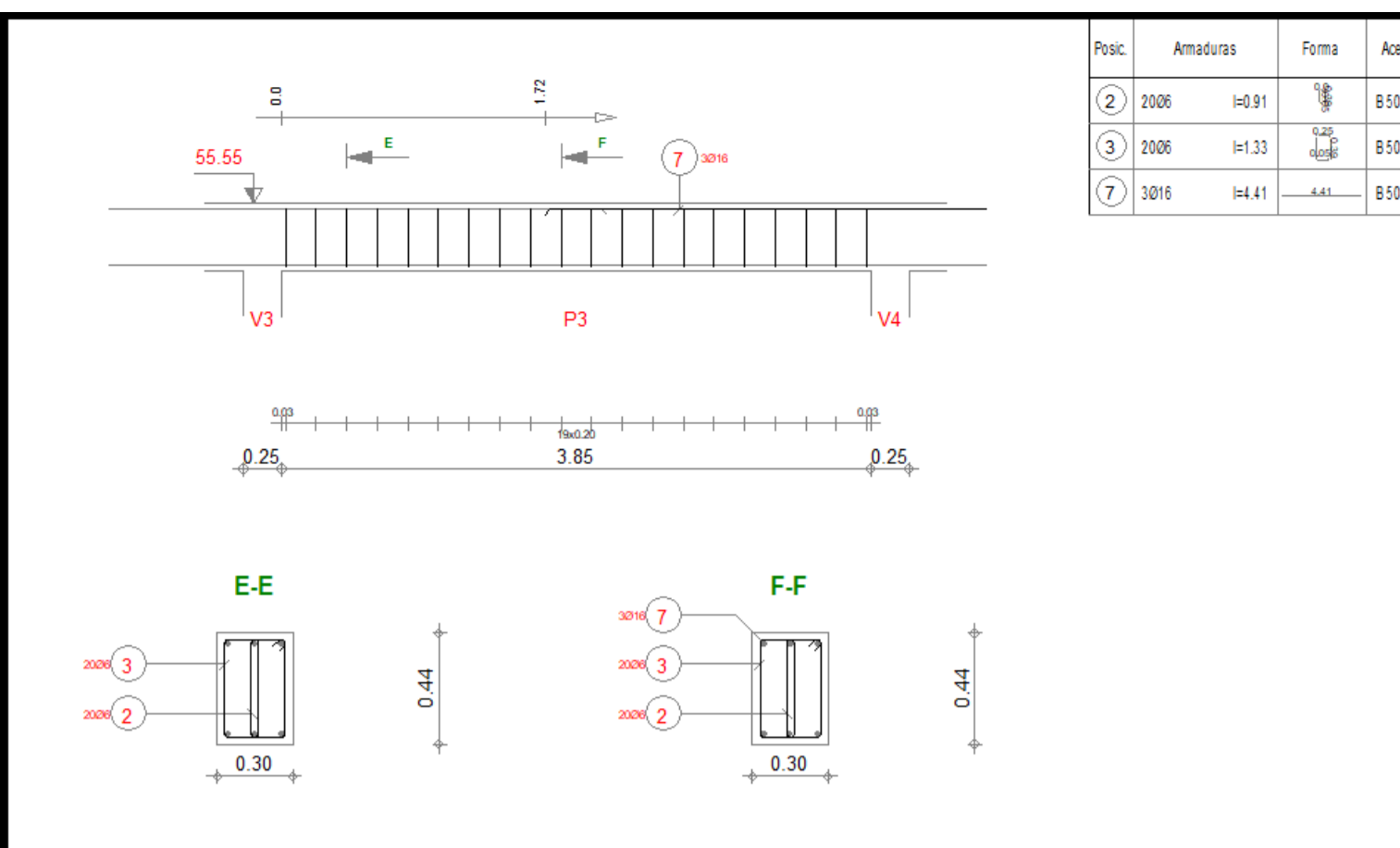
Hormigón: HA_25 = 0.987 m ³	Acero B 500 S = 8.3 kg	Acero B 500 S = 4.84 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 3.31 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 46.33 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 1/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2006	h=0.91	B 500 S
3	2006	h=1.33	B 500 S
4	3016	h=0.80	B 500 S
5	3016	h=4.50	B 500 S
6	3016	h=12.09	B 500 S

Viga ancho 2

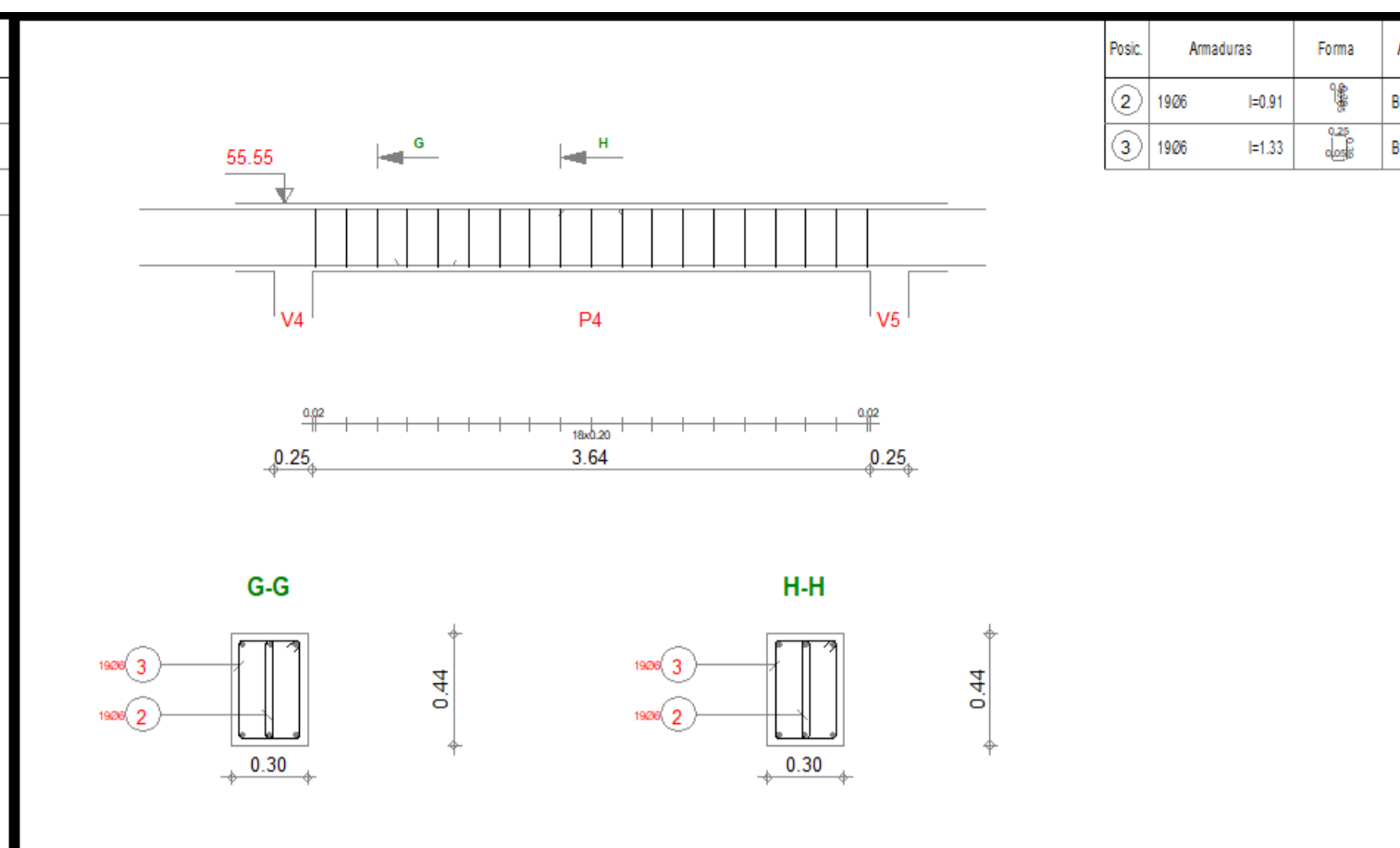
Hormigón: HA_25 = 0.987 m ³	Acero B 500 S = 96.9 kg	Acero B 500 S = 6.84 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.76 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 196.9 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 2/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2006	h=0.91	B 500 S
3	2006	h=1.33	B 500 S
7	3016	h=4.41	B 500 S

Viga ancho 3

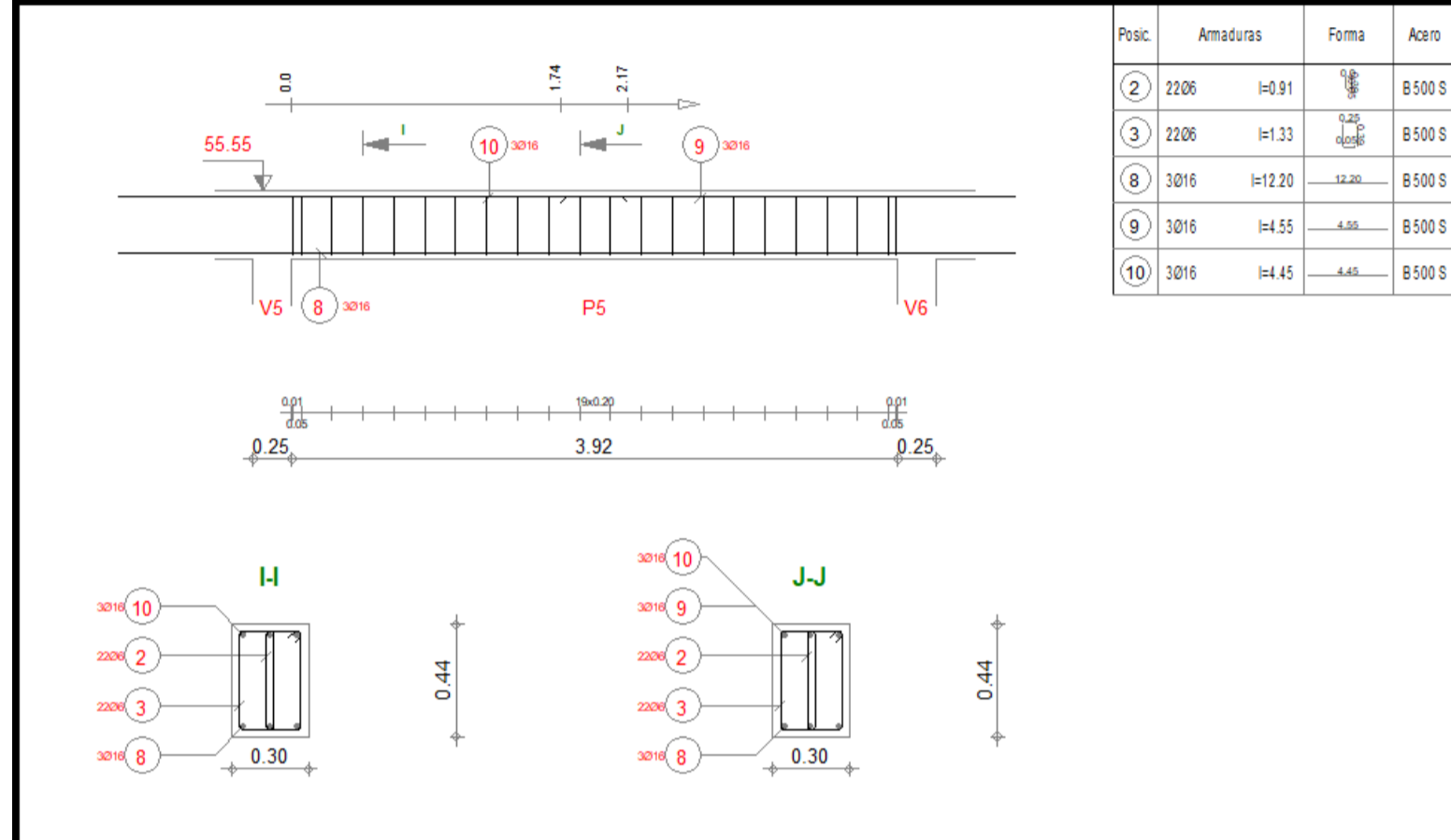
Hormigón: HA_25 = 0.987 m ³	Acero B 500 S = 26.4 kg	Acero B 500 S = 6.84 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.76 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 96.9 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 3/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	1906	h=0.91	B 500 S
3	1906	h=1.33	B 500 S

Viga ancho 4

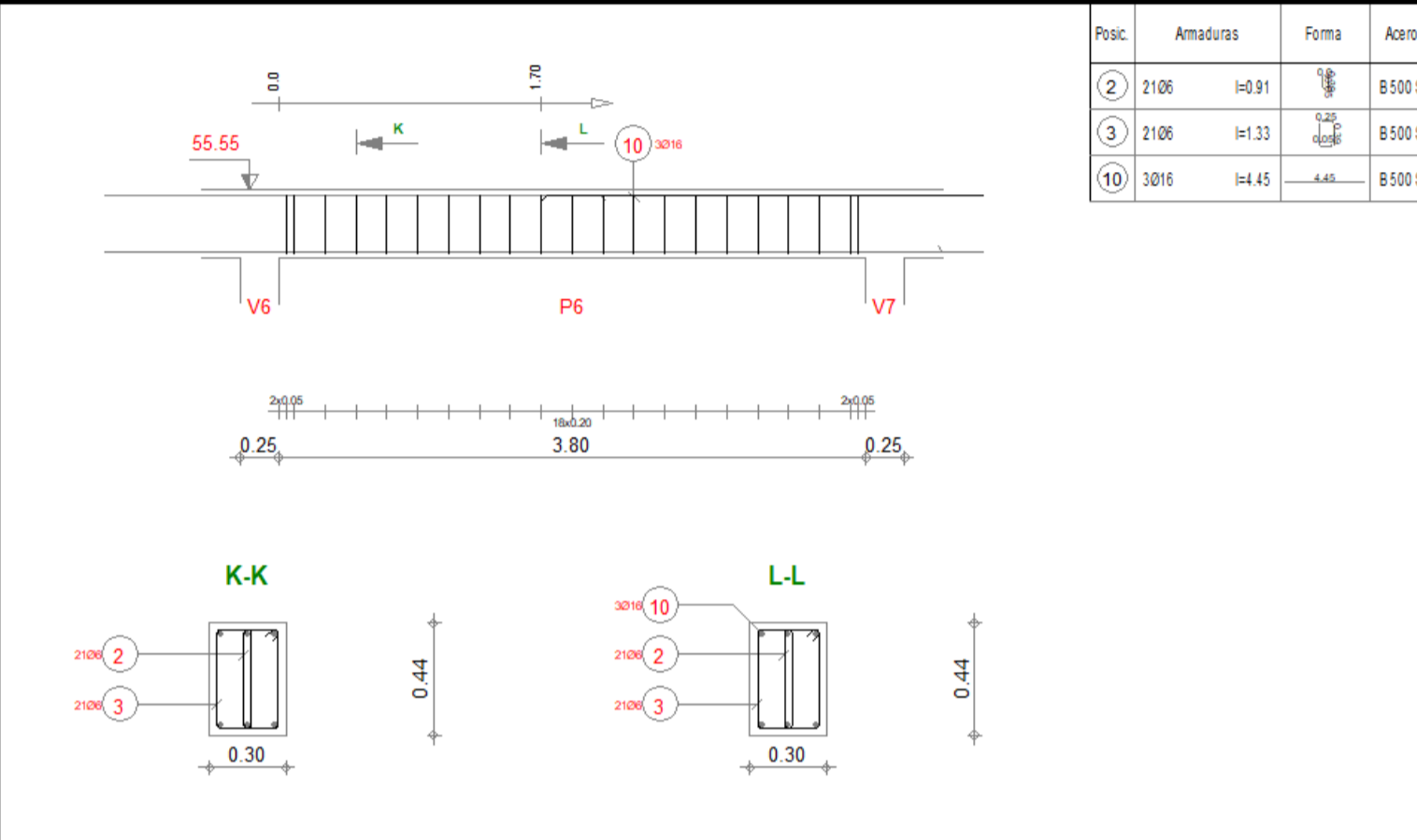
Hormigón: HA_25 = 0.913 m ³	Acero B 500 S = 8.44 kg	Acero B 500 S = 8.44 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.92 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 18.4 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 4/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2206	h=0.91	B 500 S
3	2206	h=1.33	B 500 S
8	3016	h=12.20	B 500 S
9	3016	h=4.55	B 500 S
10	3016	h=4.45	B 500 S

Viga ancho 5

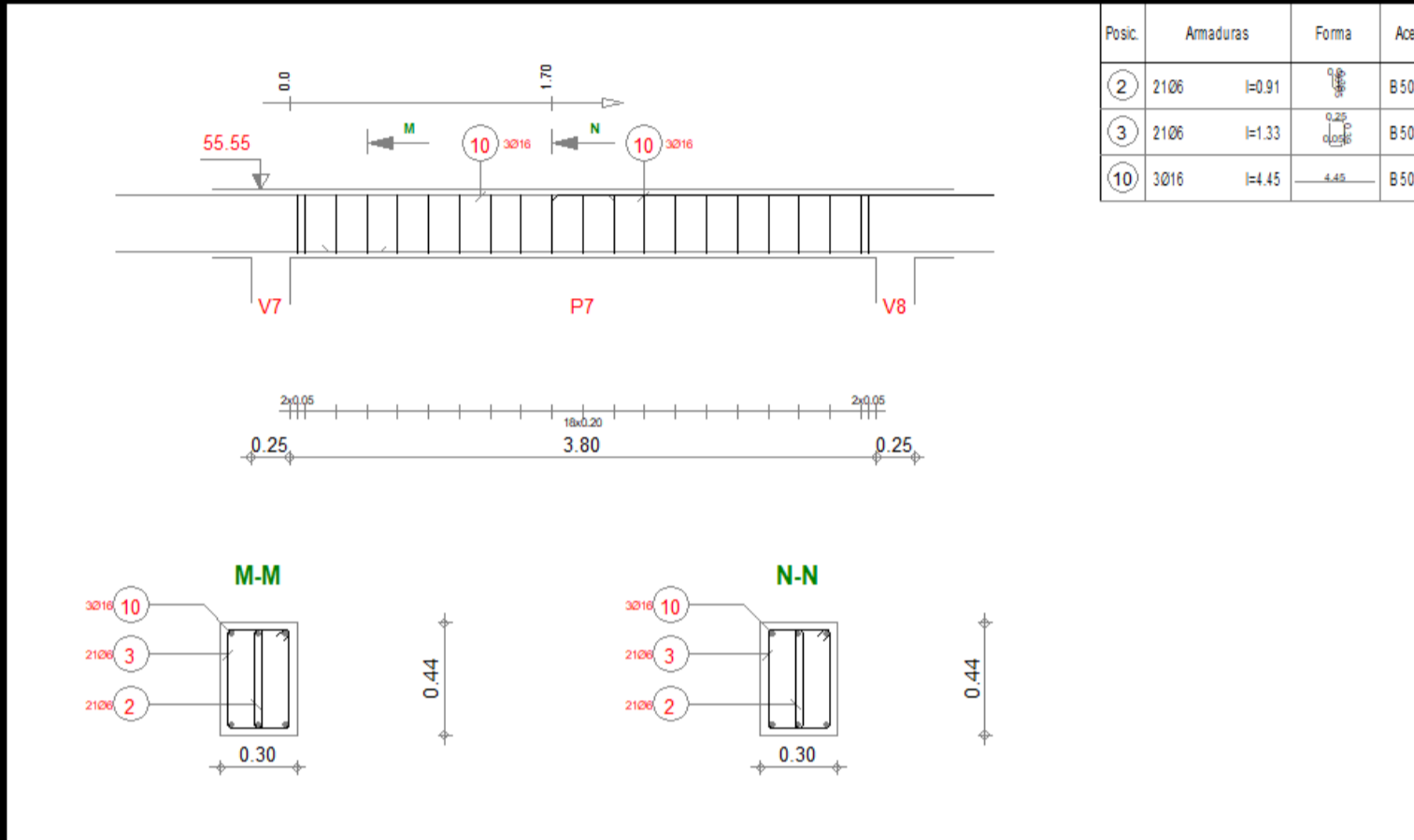
Hormigón: HA_25 = 0.935 m ³	Acero B 500 S = 100 kg	Acero B 500 S = 10.9 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.65 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 201.8 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 5/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2106	h=0.91	B 500 S
3	2106	h=1.33	B 500 S
10	3016	h=4.45	B 500 S

Viga ancho 6

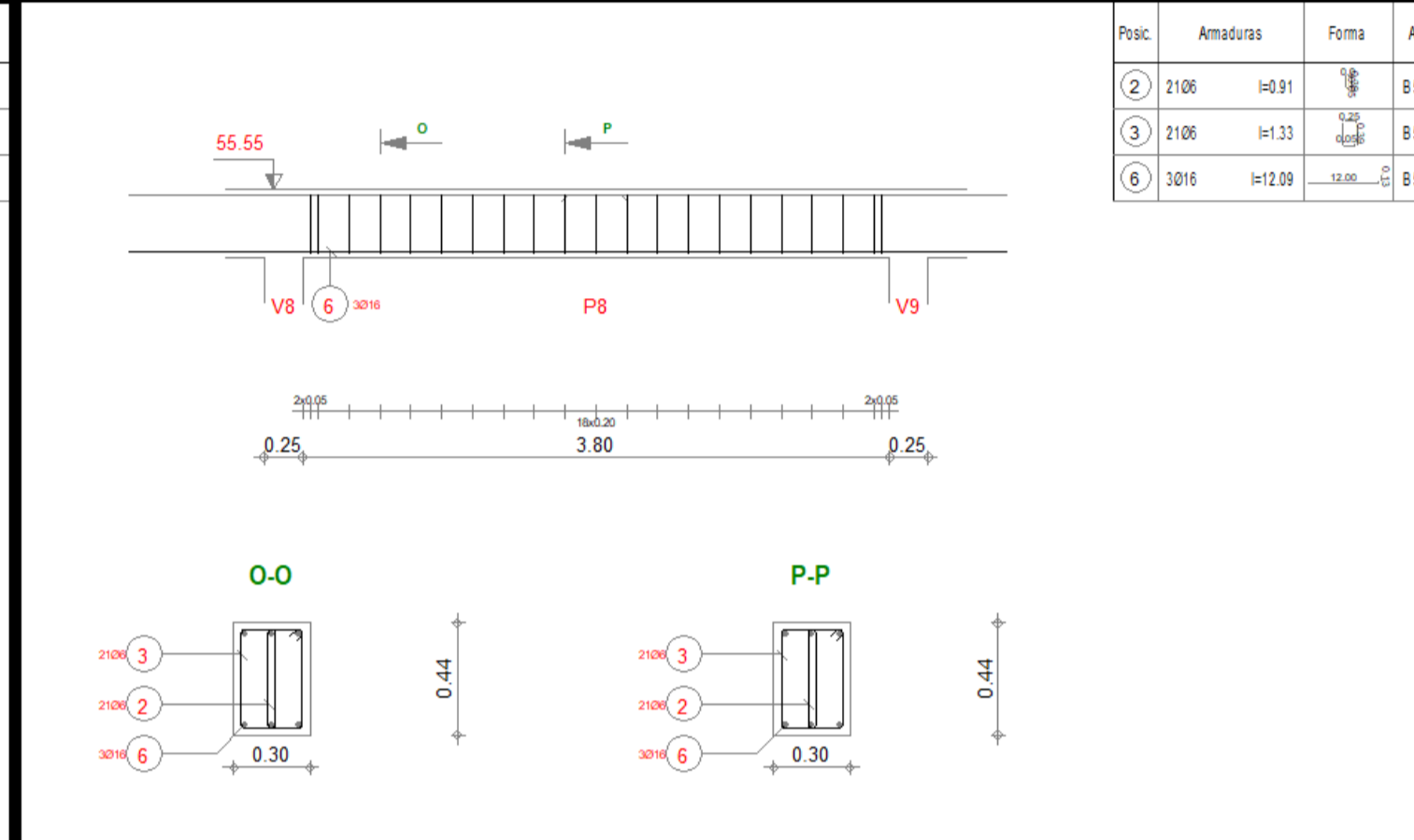
Hormigón: HA_25 = 0.935 m ³	Acero B 500 S = 21.1 kg	Acero B 500 S = 10.4 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.7 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 98.8 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 6/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2106	h=0.91	B 500 S
3	2106	h=1.33	B 500 S
10	3016	h=4.45	B 500 S

Viga ancho 7

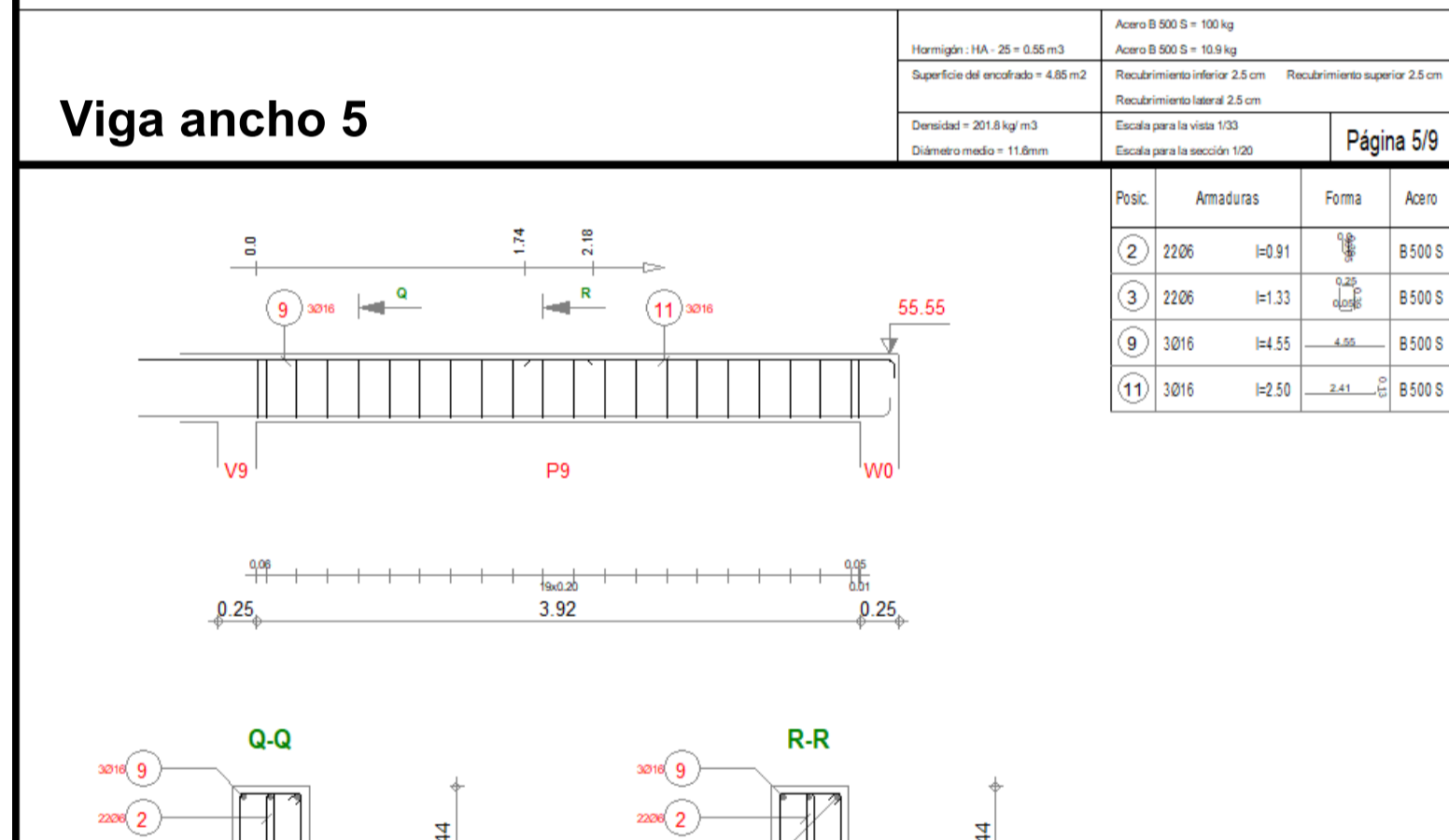
Hormigón: HA_25 = 0.935 m ³	Acero B 500 S = 21.1 kg	Acero B 500 S = 10.4 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.7 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 98.8 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 7/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2106	h=0.91	B 500 S
3	2106	h=1.33	B 500 S
6	3016	h=12.09	B 500 S

Viga ancho 8

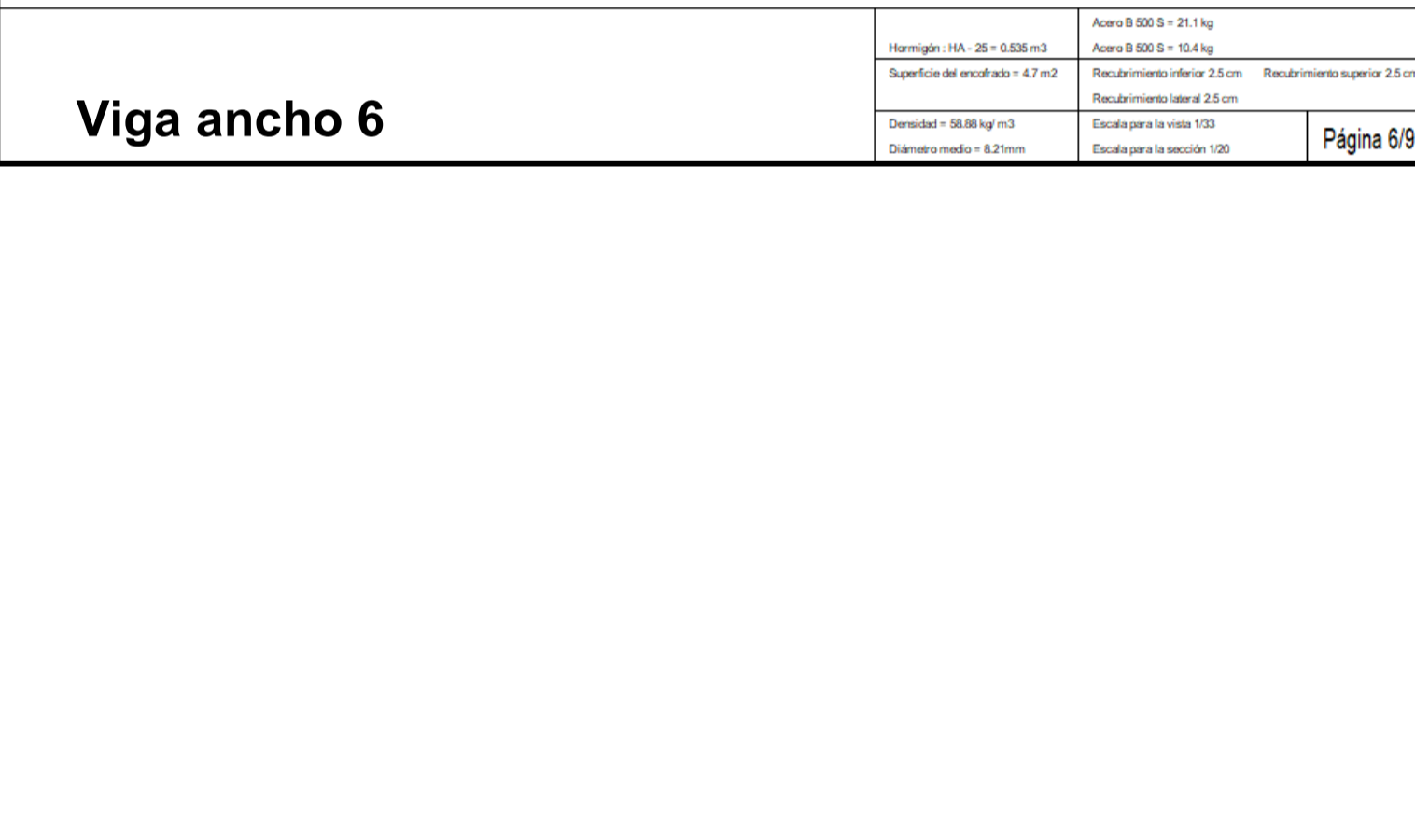
Hormigón: HA_25 = 0.935 m ³	Acero B 500 S = 10.9 kg	Acero B 500 S = 10.4 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.7 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 128.5 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 8/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	2206	h=0.91	B 500 S
3	2206	h=1.33	B 500 S
9	3016	h=4.55	B 500 S
11	3016	h=2.50	B 500 S

Viga ancho 9

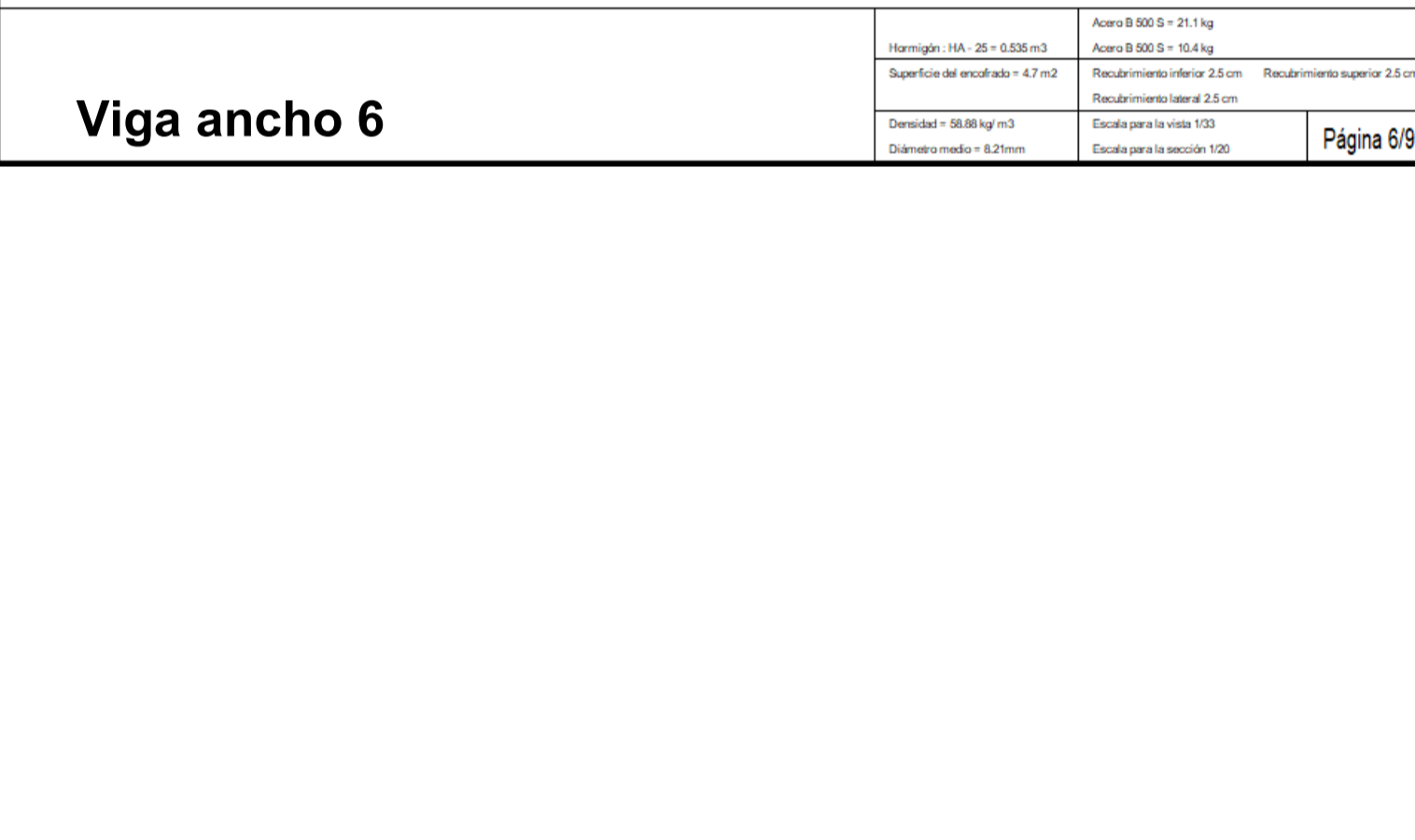
Hormigón: HA_25 = 0.987 m ³	Acero B 500 S = 33.4 kg	Acero B 500 S = 16.9 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.65 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 76.13 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/20
Página 9/9				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3012	h=2.70	B 500 S
2	3012	h=3.85	B 500 S
3	2506	h=0.61	B 500 S
4	3012	h=4.22	B 500 S
5	2506	h=1.02	B 500 S

Viga largo 1

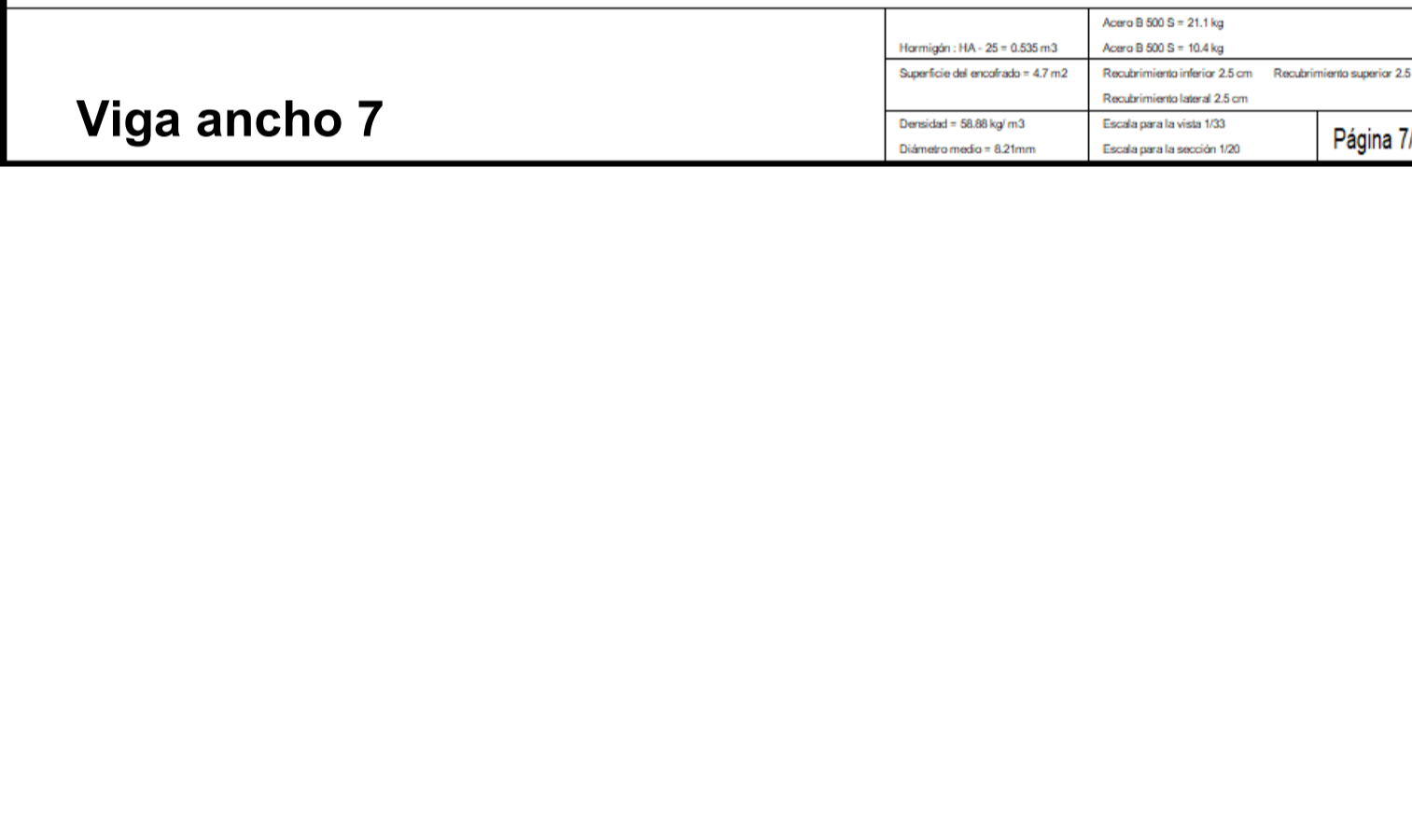
Hormigón: HA_25 = 0.844 m ³	Acero B 500 S = 26.4 kg	Acero B 500 S = 0.93 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.47 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 87.64 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/10
Página 1/3				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	1906	h=0.91	B 500 S
5	1906	h=1.02	B 500 S
6	3012	h=4.50	B 500 S

Viga largo 2

Hormigón: HA_25 = 0.138 m ³	Acero B 500 S = 12 kg	Acero B 500 S = 0.92 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 1.73 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 87.64 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/10
Página 2/3				



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3012	h=2.70	B 500 S
2	3012	h=3.85	B 500 S
3	2506	h=0.61	B 500 S
4	3012	h=4.22	B 500 S
5	2506	h=1.02	B 500 S

Viga largo 3

Hormigón: HA_25 = 0.844 m ³	Acero B 500 S = 26.4 kg	Acero B 500 S = 0.93 kg	Recubrimiento inferior: 2.5 cm	Recubrimiento superior: 2.5 cm
Superficie del encofrado = 4.47 m ²			Recubrimiento lateral: 2.5 cm	
Densidad = 86.36 kg/m ³			Escuela para la vista 1/30	Escuela para la sección 1/10
Página 3/3				



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

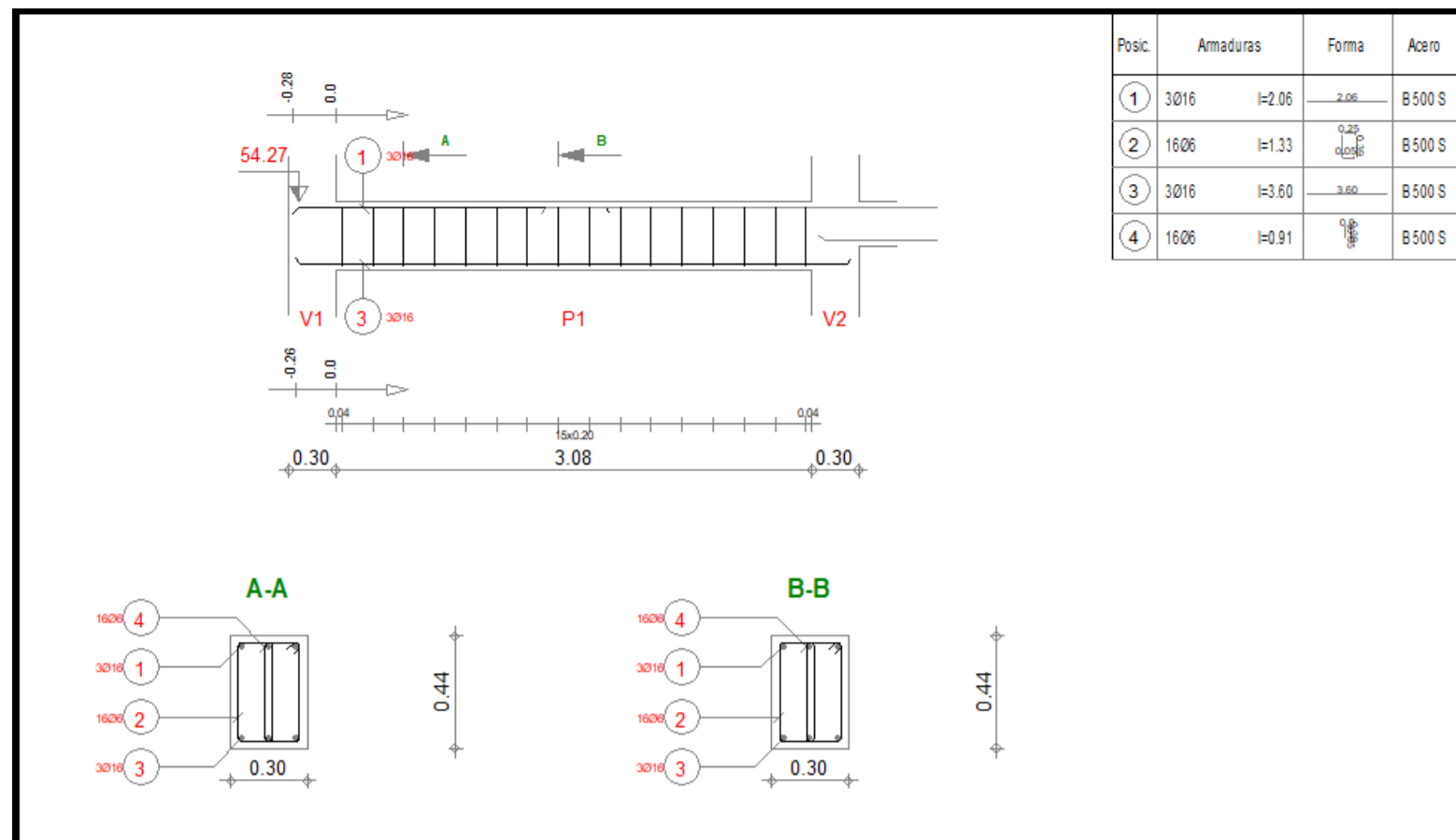
Armatura Vigas Cubierta Admin

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S11

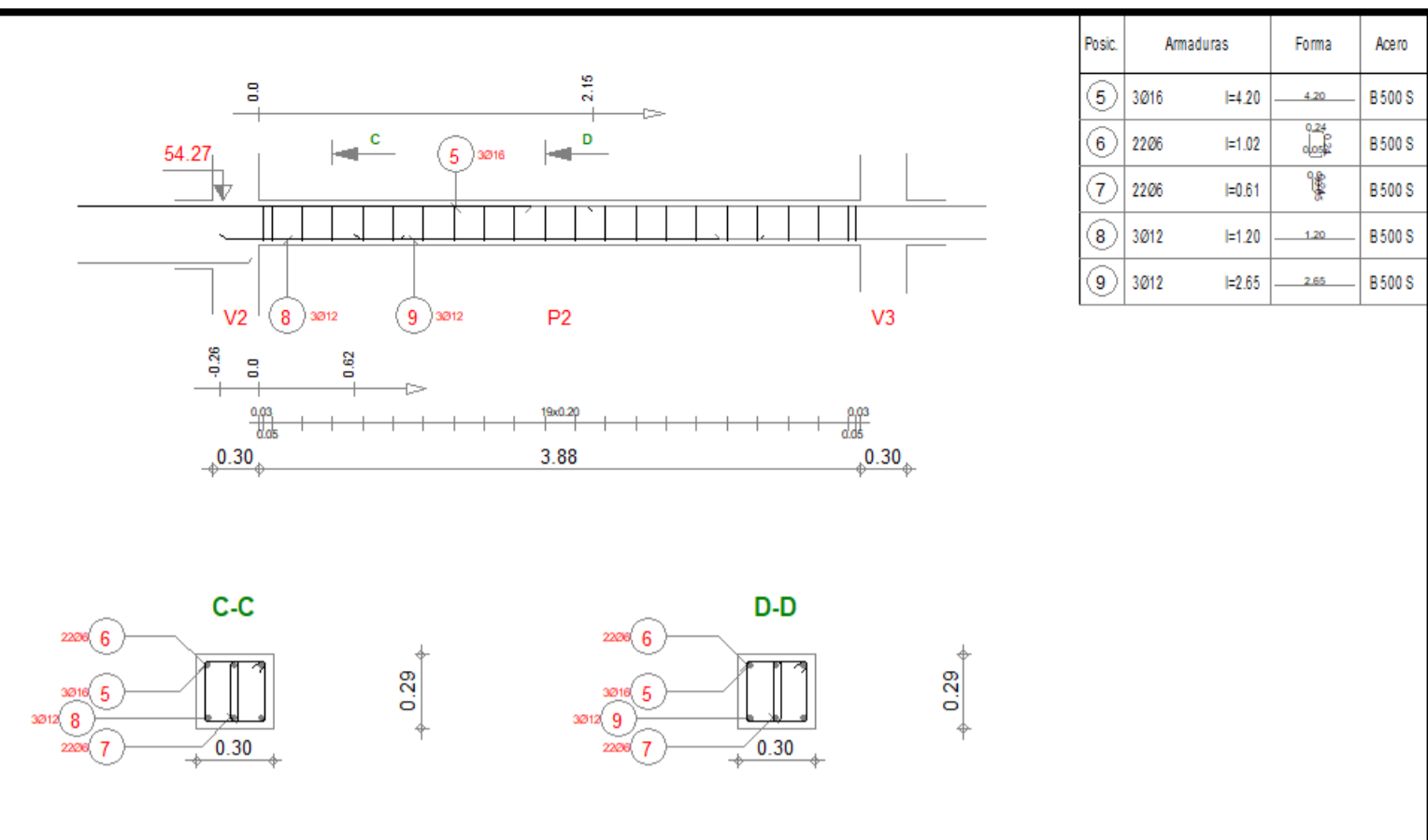
Escala



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3016	h=0.06	B500 S
2	1606	h=1.33	B500 S
3	3016	h=3.60	B500 S
4	1606	h=0.91	B500 S

Viga ancho 1

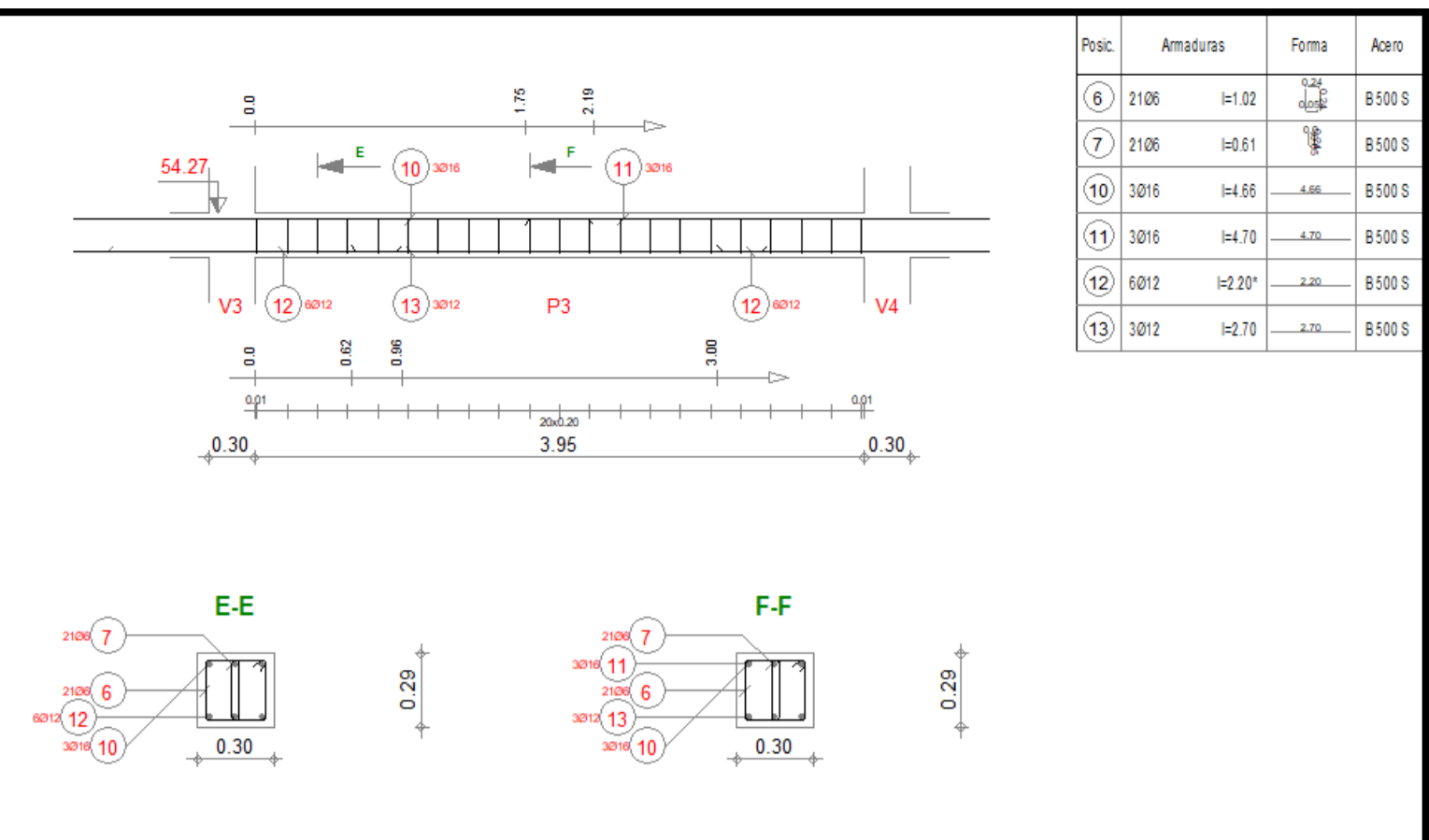
Acero B 500 S = 36.8 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 4.16 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 74.88 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 1/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
5	3016	h=4.20	B500 S
6	2206	h=1.02	B500 S
7	2206	h=0.61	B500 S
8	3012	h=1.20	B500 S
9	3012	h=2.65	B500 S

Viga ancho 2

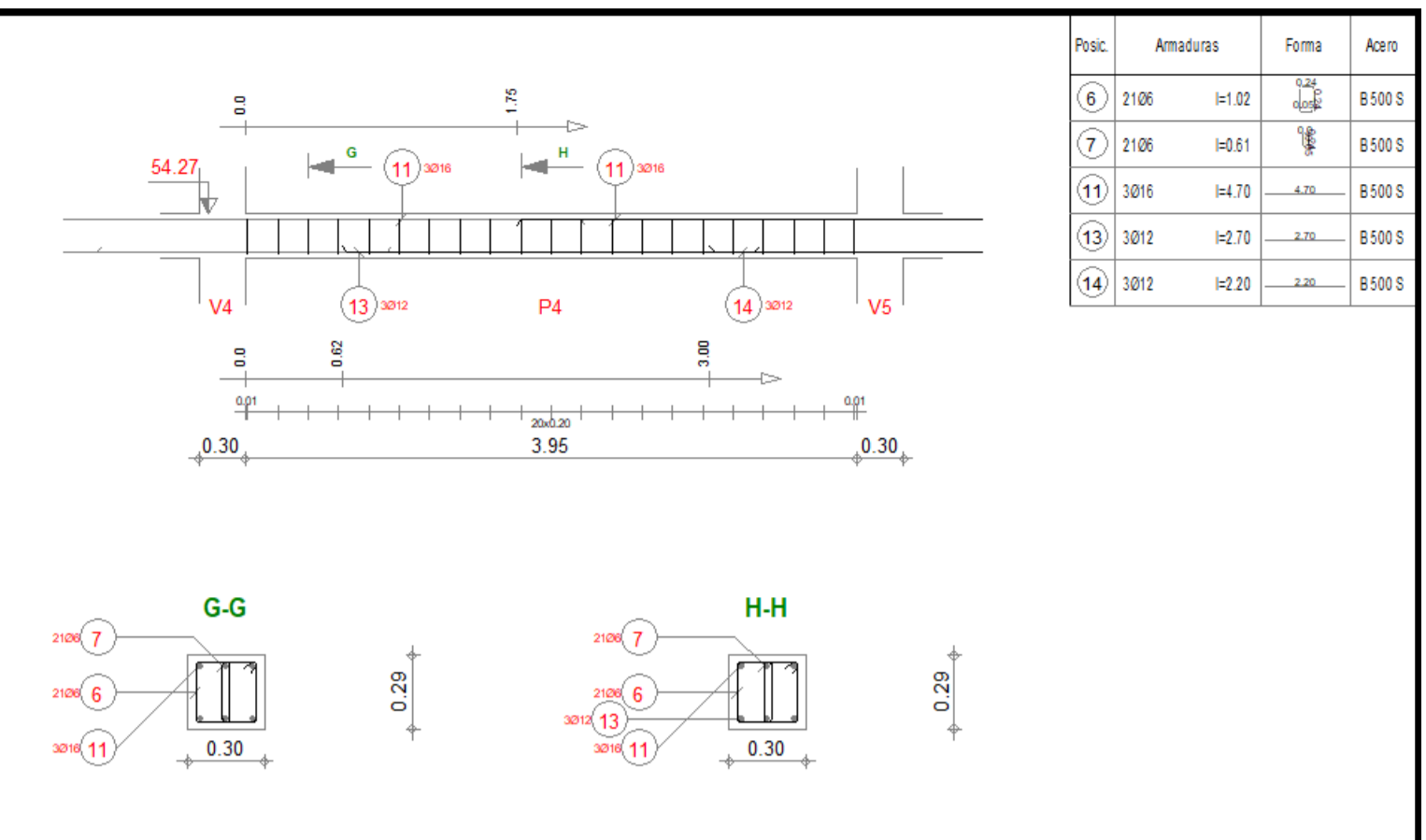
Acero B 500 S = 36.1 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.85 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 72.82 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 2/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
10	3016	h=4.65	B500 S
11	3016	h=4.70	B500 S
12	6012	h=2.00	B500 S
13	3012	h=2.70	B500 S

Viga ancho 3

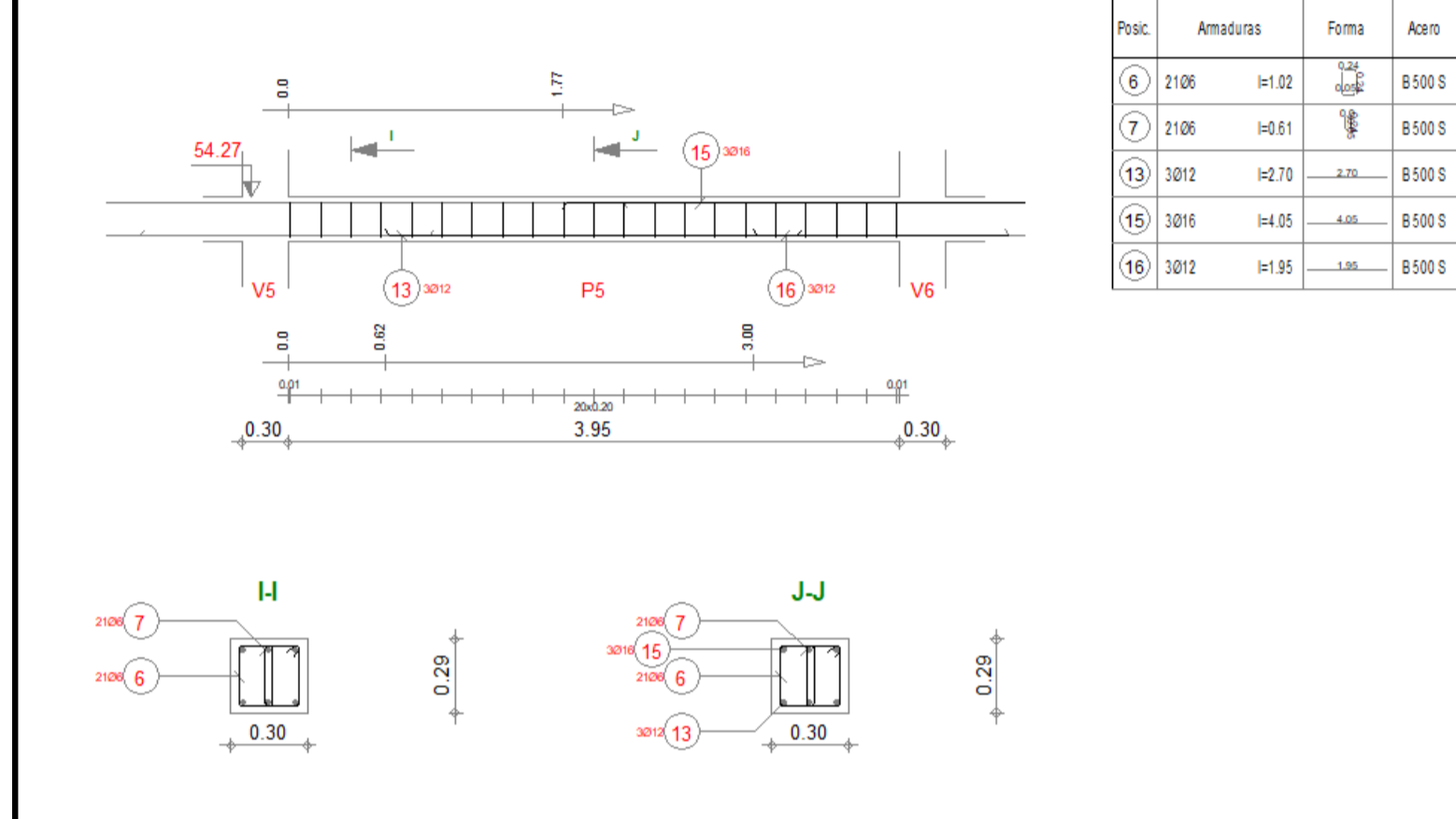
Acero B 500 S = 63.2 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.85 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 95.4 kg/m³
Diámetro medio = 10.5 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 3/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
11	3016	h=0.61	B500 S
12	3016	h=4.70	B500 S
13	3012	h=2.70	B500 S
14	3012	h=2.20	B500 S

Viga ancho 4

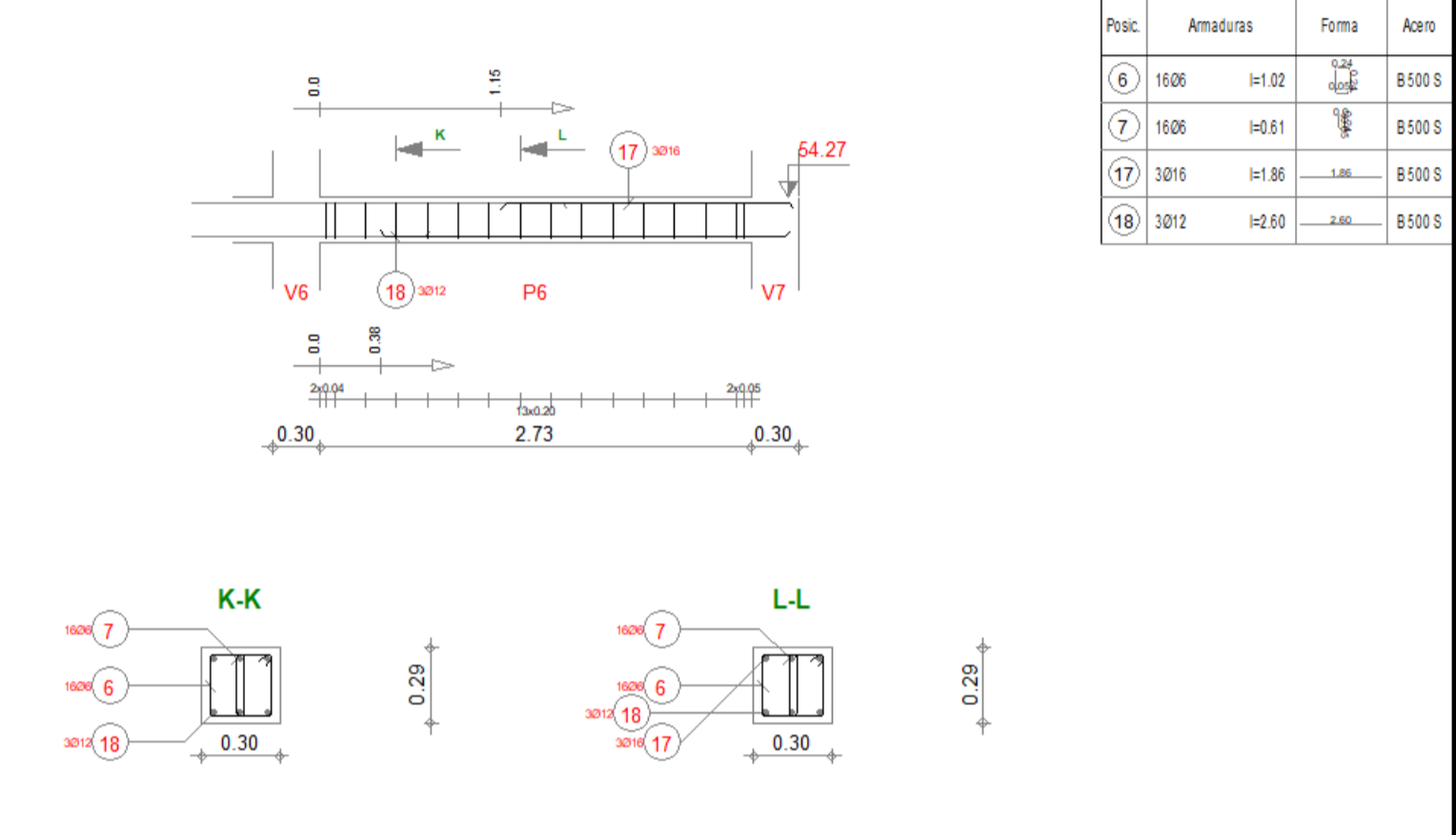
Acero B 500 S = 36.3 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.85 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 115.8 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 4/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
13	3012	h=2.70	B500 S
15	3016	h=4.05	B500 S
16	3012	h=1.95	B500 S

Viga ancho 5

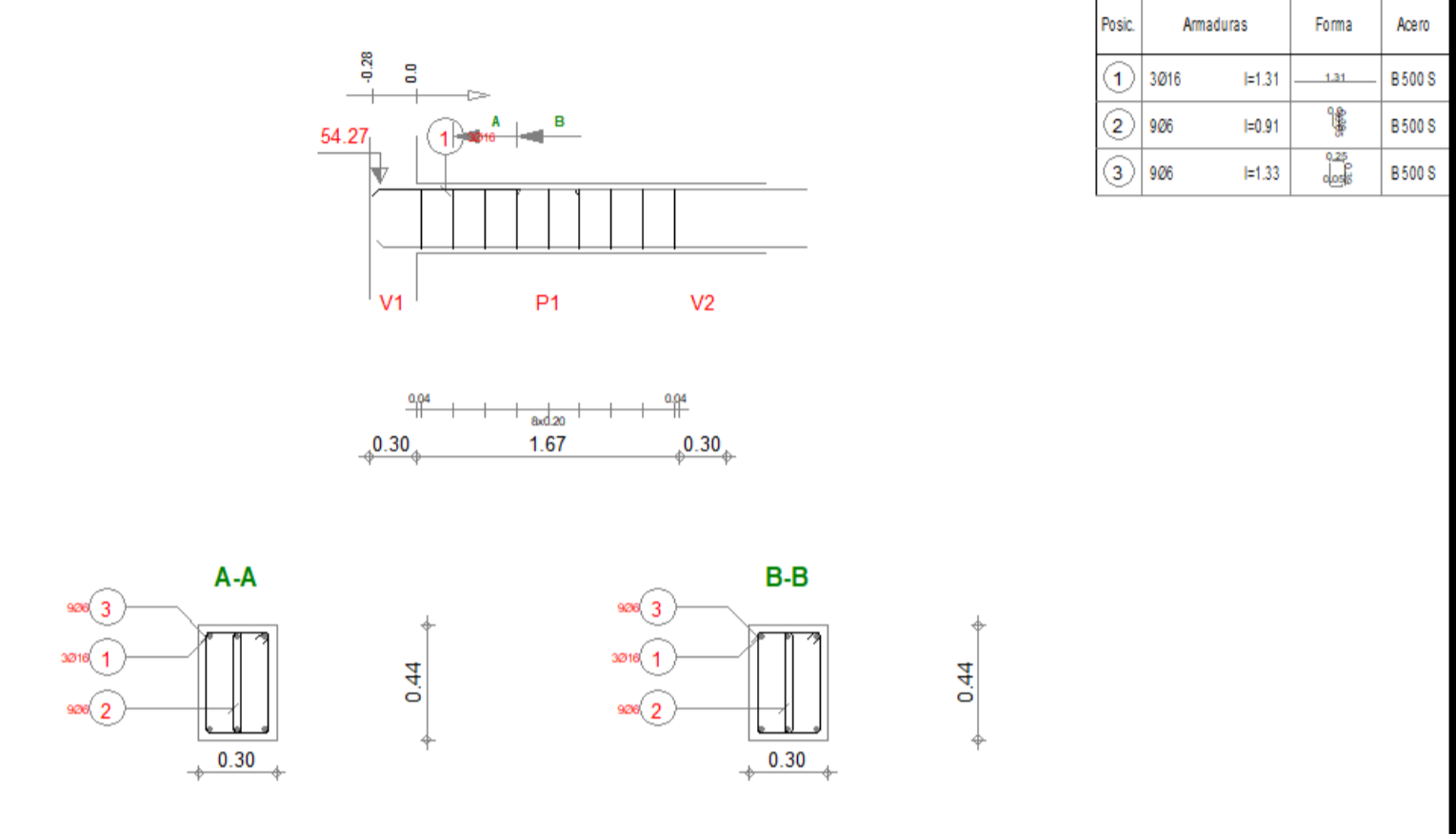
Acero B 500 S = 31.4 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.85 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 105.8 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 5/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
17	1606	h=1.02	B500 S
18	3012	h=2.60	B500 S

Viga ancho 6

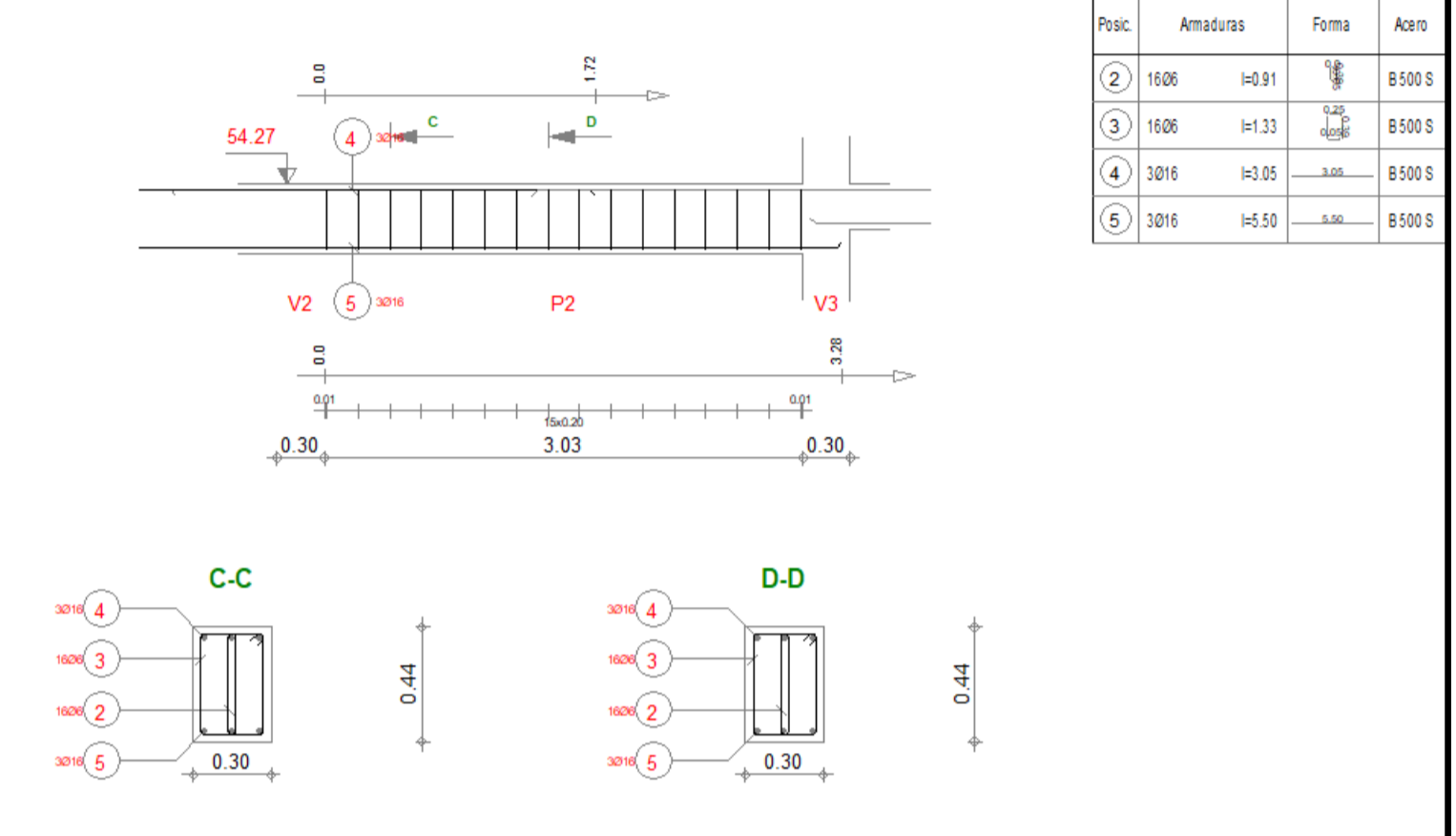
Acero B 500 S = 16.7 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 2.75 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 77.62 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 6/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3016	h=1.31	B500 S
2	906	h=0.91	B500 S
3	906	h=1.33	B500 S

Viga ancho 7

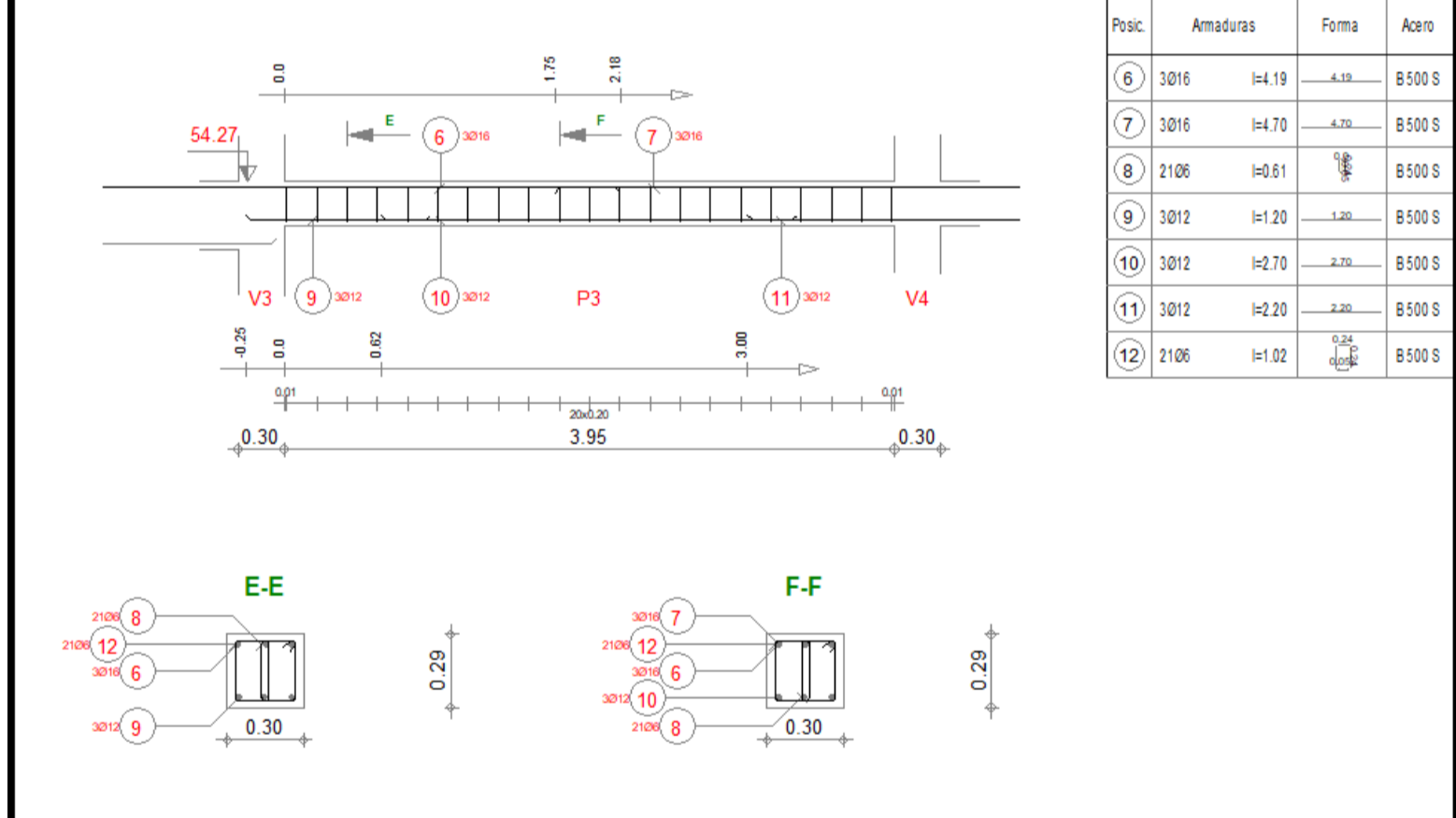
Acero B 500 S = 6.3 kg
Acero B 500 S = 4.67 kg
Superficie del encochado = 2.5 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 36.21 kg/m³
Diámetro medio = 7.62 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 1/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	1606	h=0.91	B500 S
3	1606	h=1.33	B500 S
4	3016	h=3.05	B500 S
5	3016	h=5.50	B500 S

Viga ancho 8

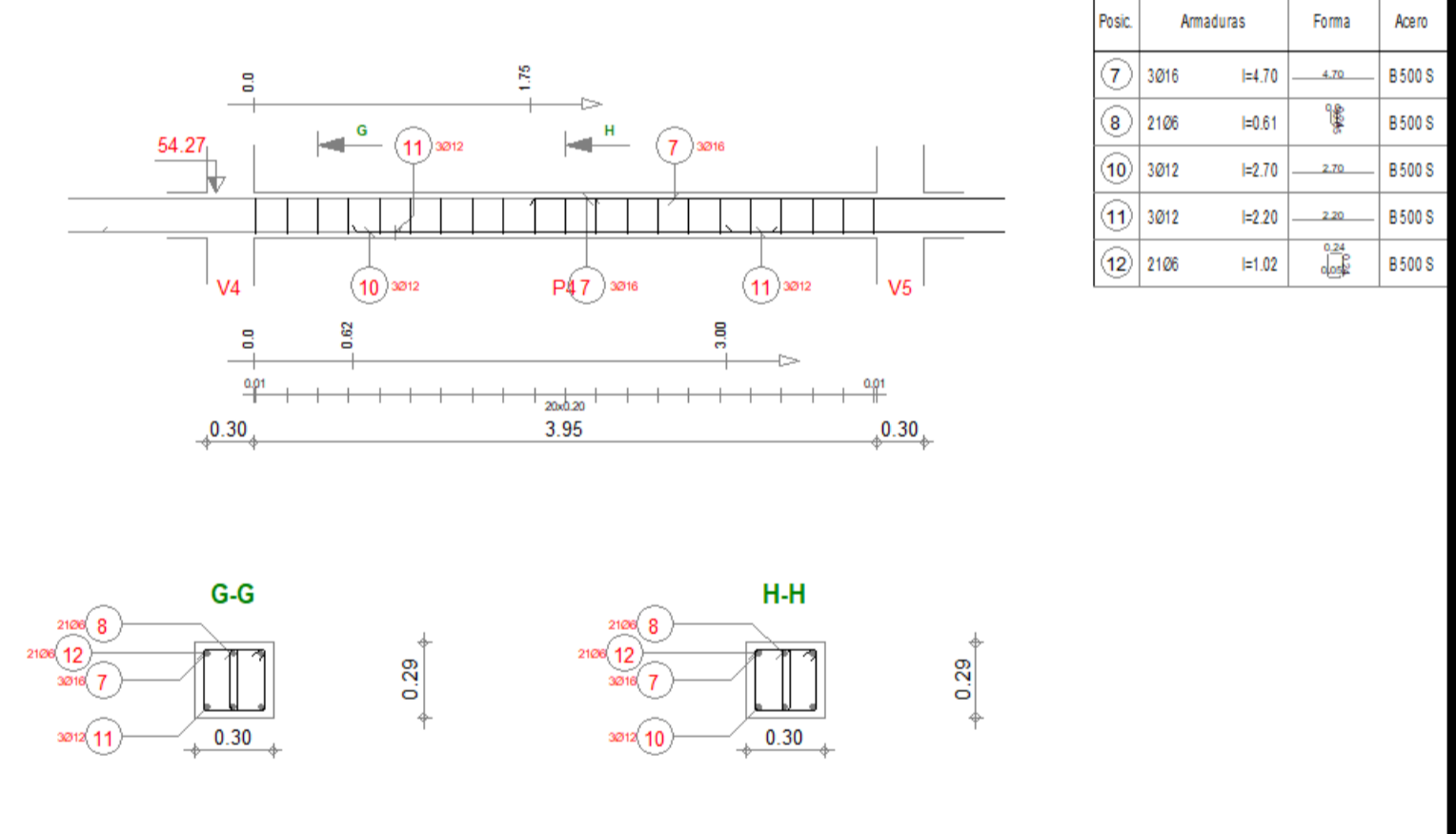
Acero B 500 S = 48.3 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.04 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 110 kg/m³
Diámetro medio = 10.5 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 2/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
6	3016	h=4.19	B500 S
7	3016	h=4.70	B500 S
8	2106	h=0.61	B500 S
9	3012	h=1.20	B500 S
10	3012	h=2.70	B500 S
11	3012	h=2.20	B500 S
12	2106	h=1.02	B500 S

Viga ancho 9

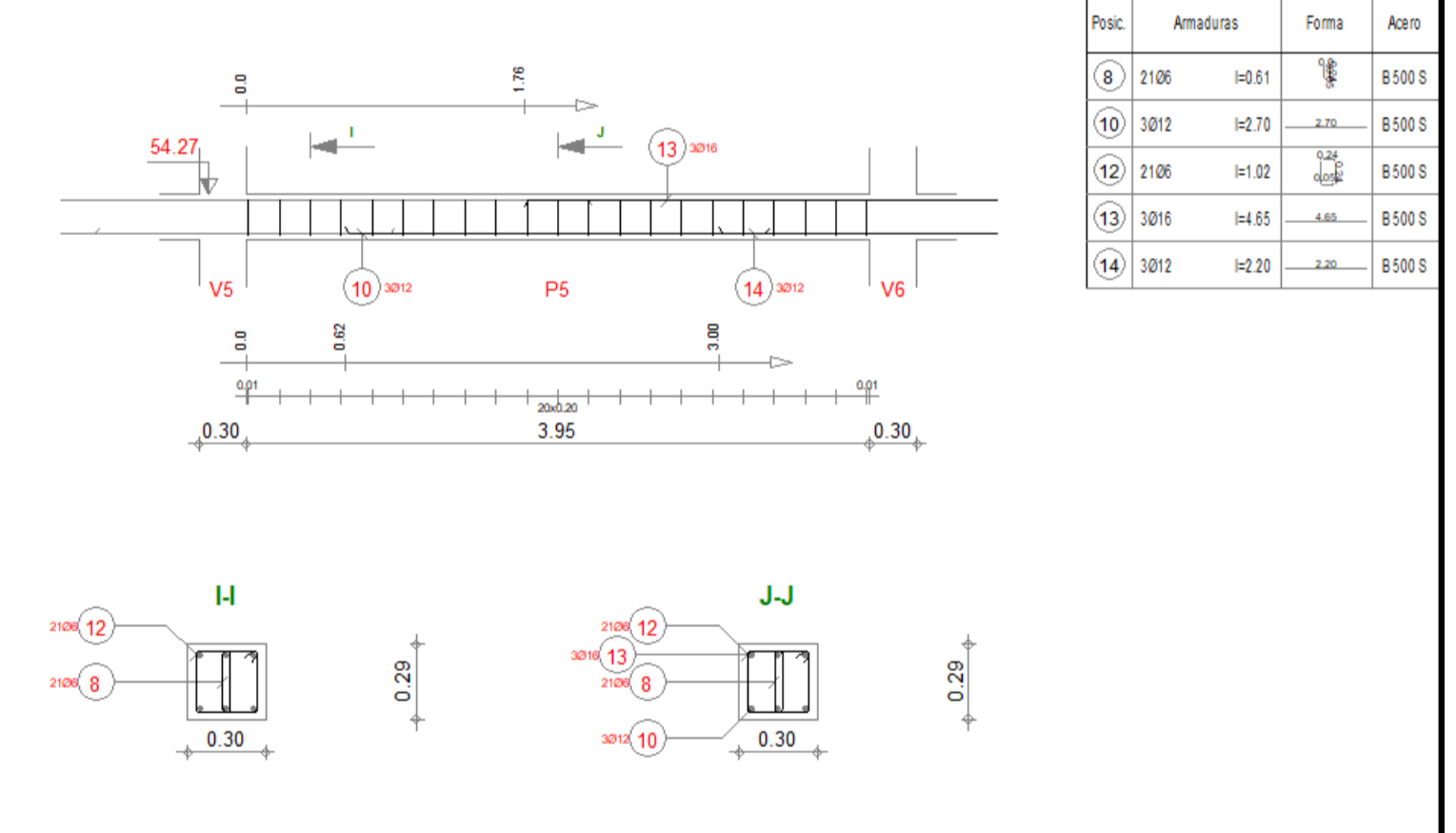
Acero B 500 S = 36.3 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.7 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 116.8 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 3/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
7	3016	h=4.70	B500 S
8	2106	h=0.61	B500 S
10	3012	h=2.70	B500 S
11	3012	h=2.20	B500 S
12	2106	h=1.02	B500 S

Viga ancho 10

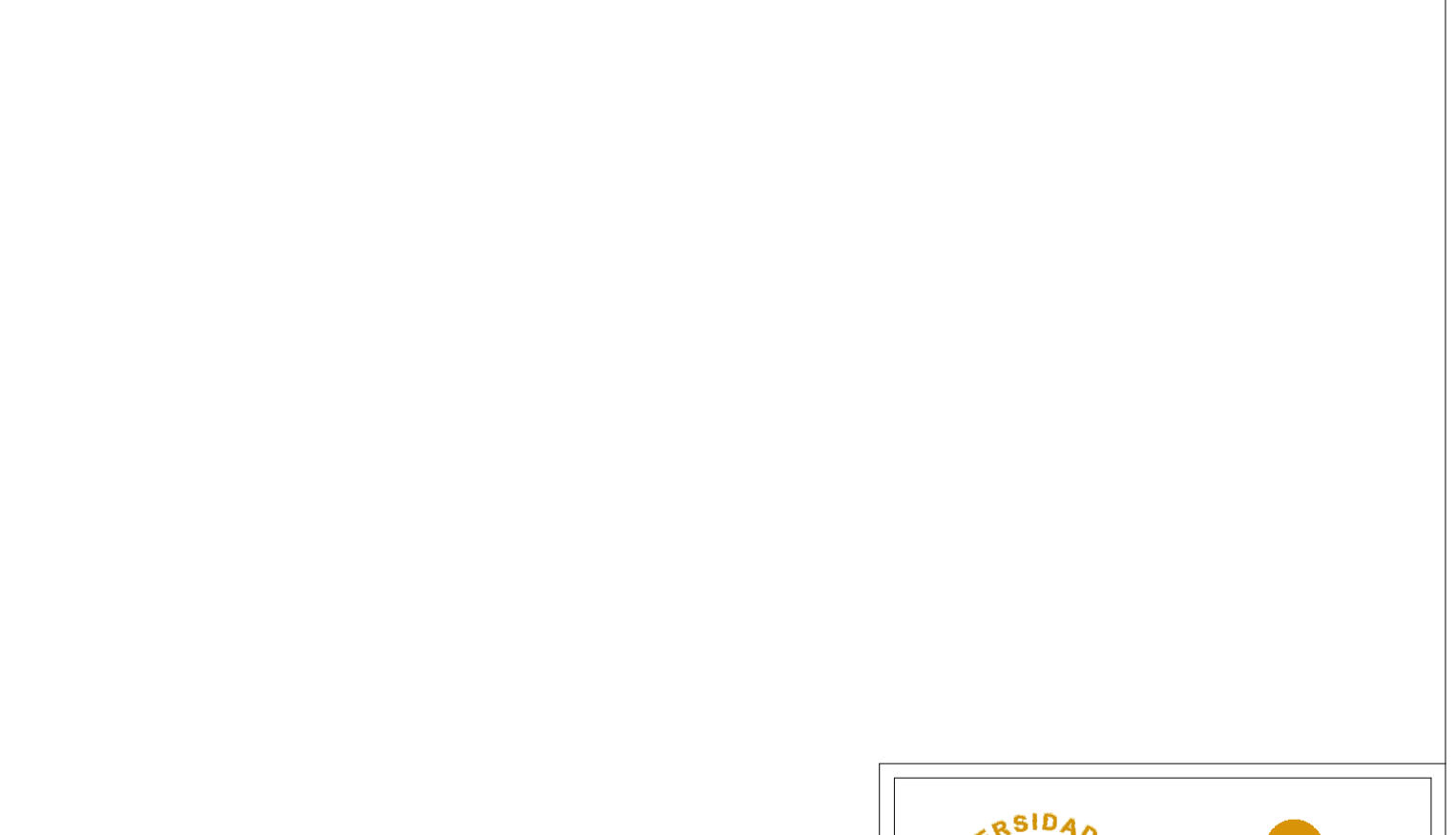
Acero B 500 S = 36.3 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.65 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 115.8 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 4/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
8	2106	h=0.61	B500 S
12	2106	h=2.70	B500 S
13	3016	h=4.65	B500 S
14	3012	h=2.20	B500 S

Viga ancho 11

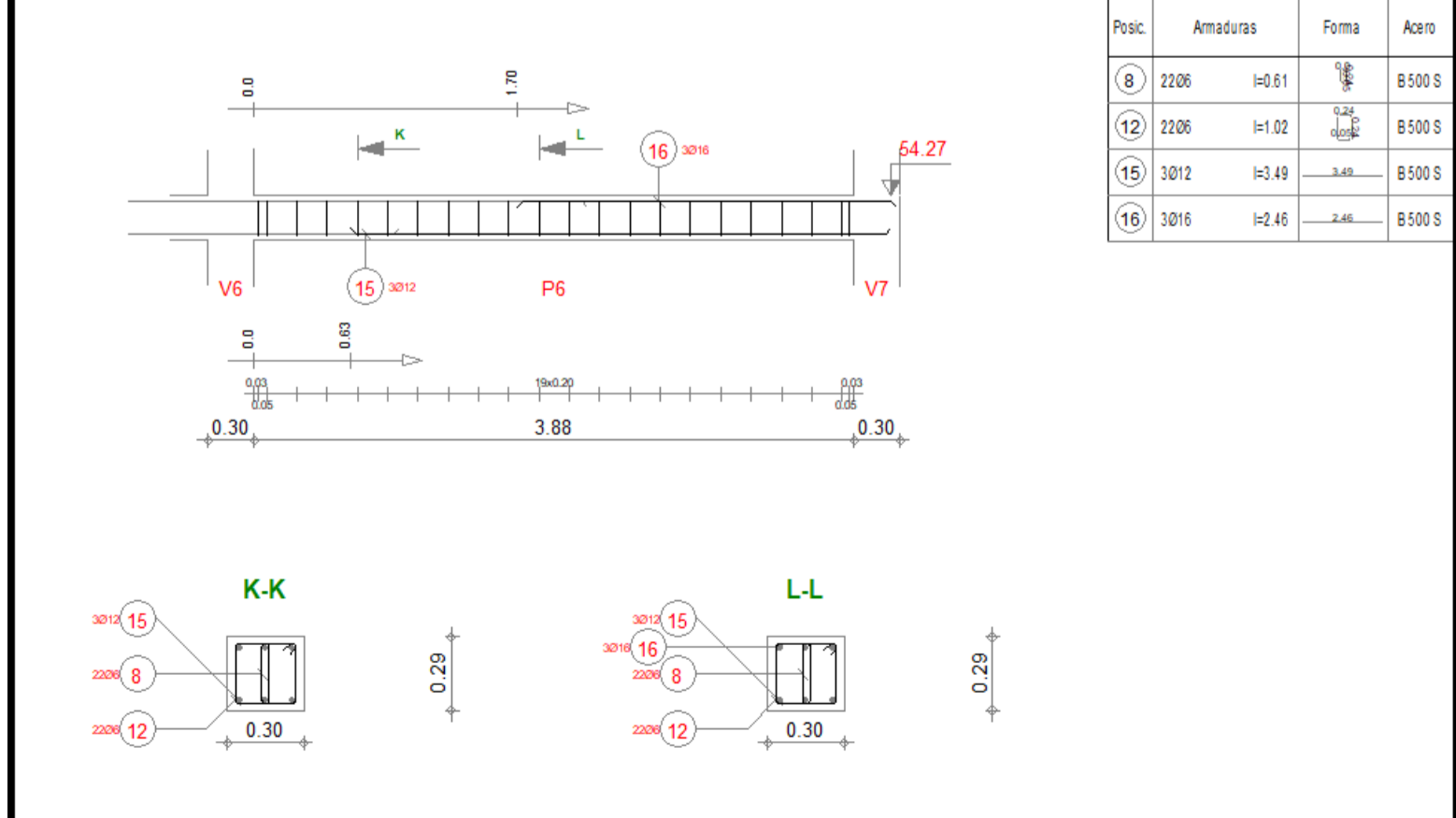
Acero B 500 S = 50 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.65 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 105.8 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 5/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
15	2206	h=0.61	B500 S
16	2206	h=1.02	B500 S
17	3012	h=3.45	B500 S
18	3016	h=4.40	B500 S

Viga ancho 12

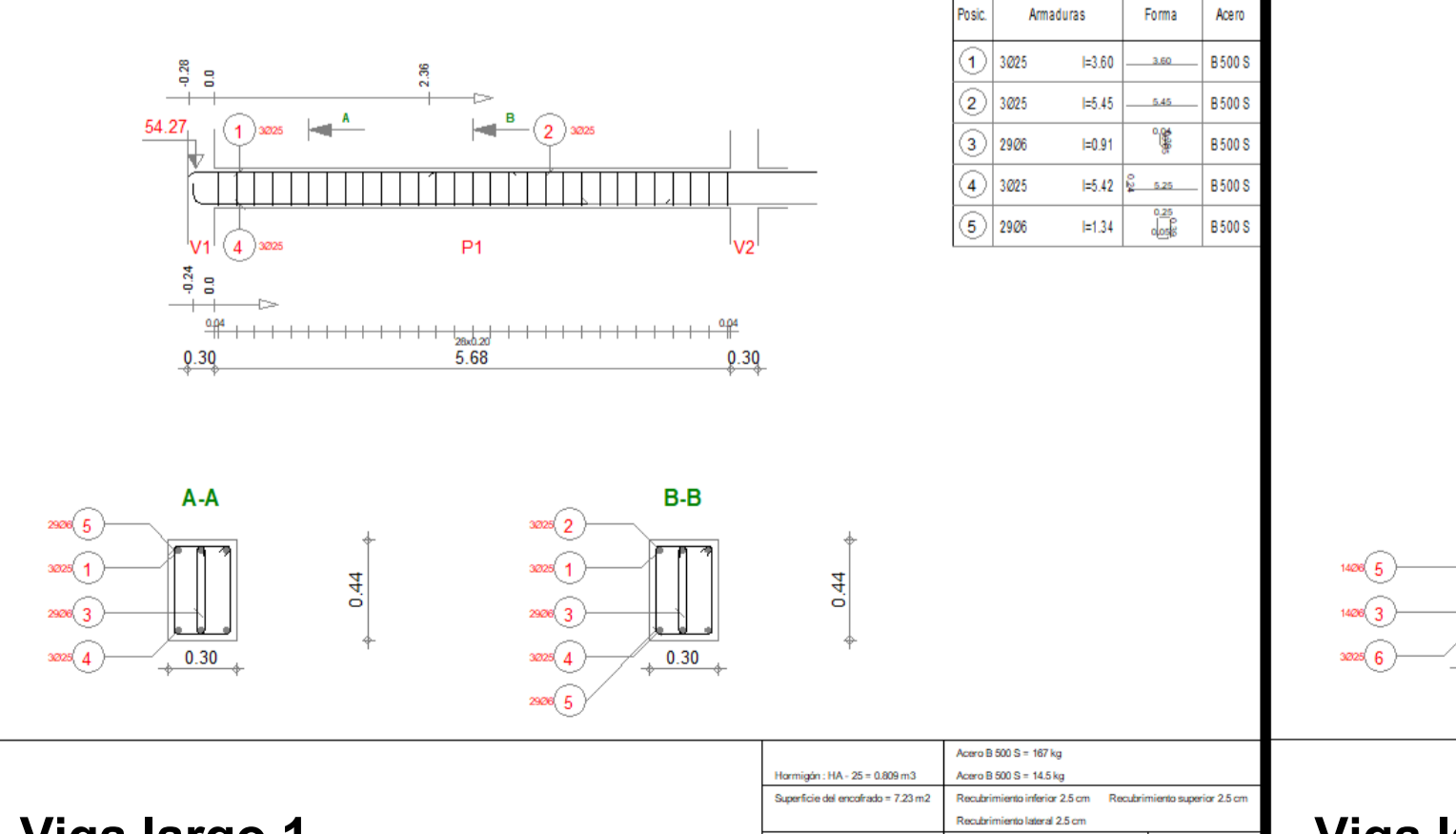
Acero B 500 S = 36.3 kg
Acero B 500 S = 7.96 kg
Superficie del encochado = 3.76 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 76.88 kg/m³
Diámetro medio = 8.56 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 6/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3025	h=3.60	B500 S
2	3025	h=4.45	B500 S
3	2906	h=0.91	B500 S
4	3025	h=4.42	B500 S
5	2906	h=1.34	B500 S

Viga largo 1

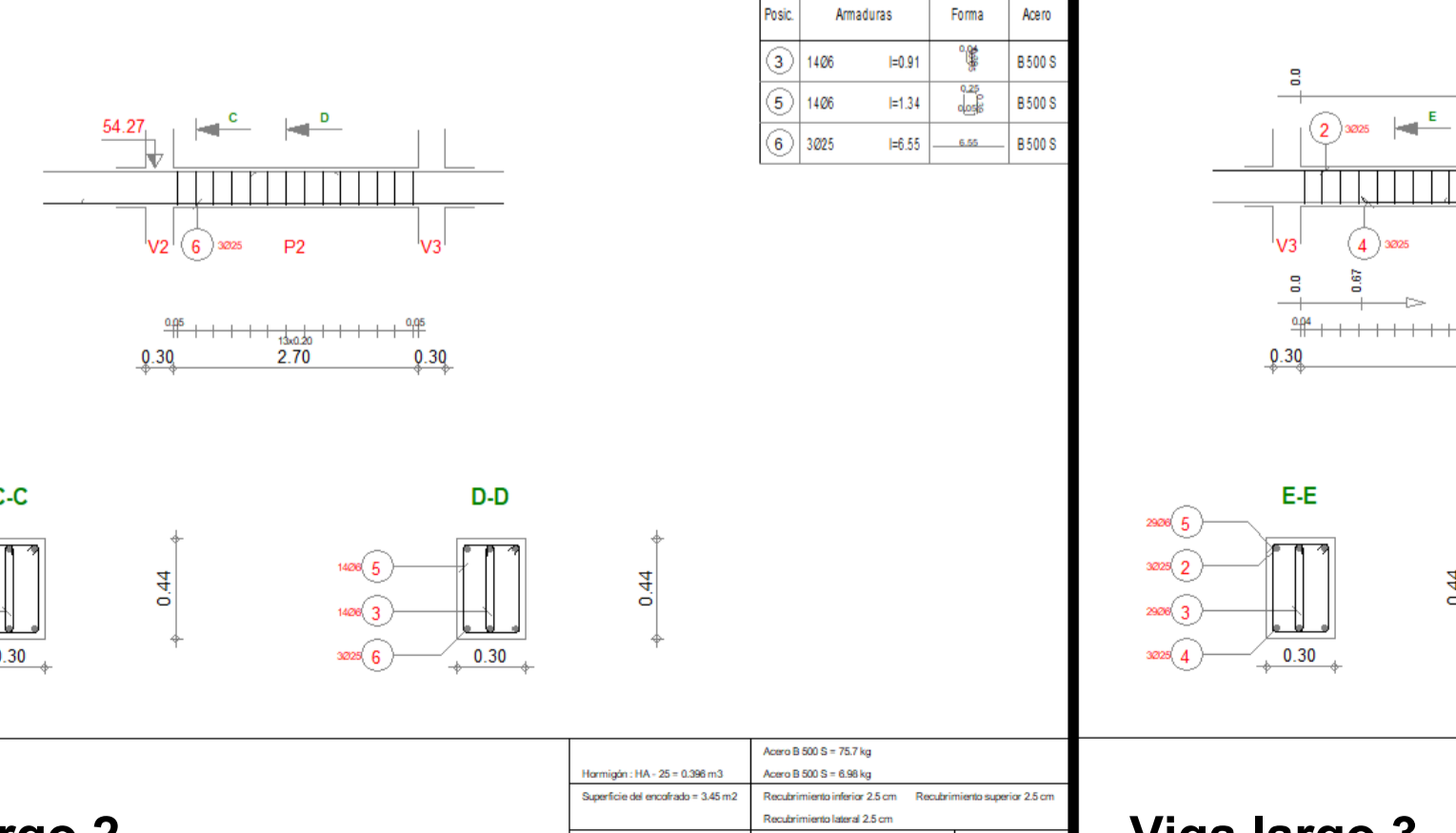
Acero B 500 S = 197 kg
Acero B 500 S = 14.6 kg
Superficie del encochado = 2.22 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 201 kg/m³
Diámetro medio = 10.5 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 1/3



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
5	1406	h=0.91	B500 S
6	1406	h=1.34	B500 S
7	3025	h=6.55	B500 S

Viga largo 2

Acero B 500 S = 7.97 kg
Acero B 500 S = 14.6 kg
Superficie del encochado = 3.45 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 206 kg/m³
Diámetro medio = 10.5 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 2/3



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	3025	h=3.60	B500 S
2	3025	h=4.45	B500 S
3	2906	h=0.91	B500 S
4	3025	h=4.42	B500 S
5	2906	h=1.34	B500 S

Viga largo 3

Acero B 500 S = 197 kg
Acero B 500 S = 14.6 kg
Superficie del encochado = 7.22 m²
Recubrimiento inferior 2.5 cm
Recubrimiento lateral 2.5 cm
Recubrimiento superior 2.5 cm
Densidad = 201 kg/m³
Diámetro medio = 10.5 mm
Escuela para la vista 100
Escuela para la sección 100
Página 3/3



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

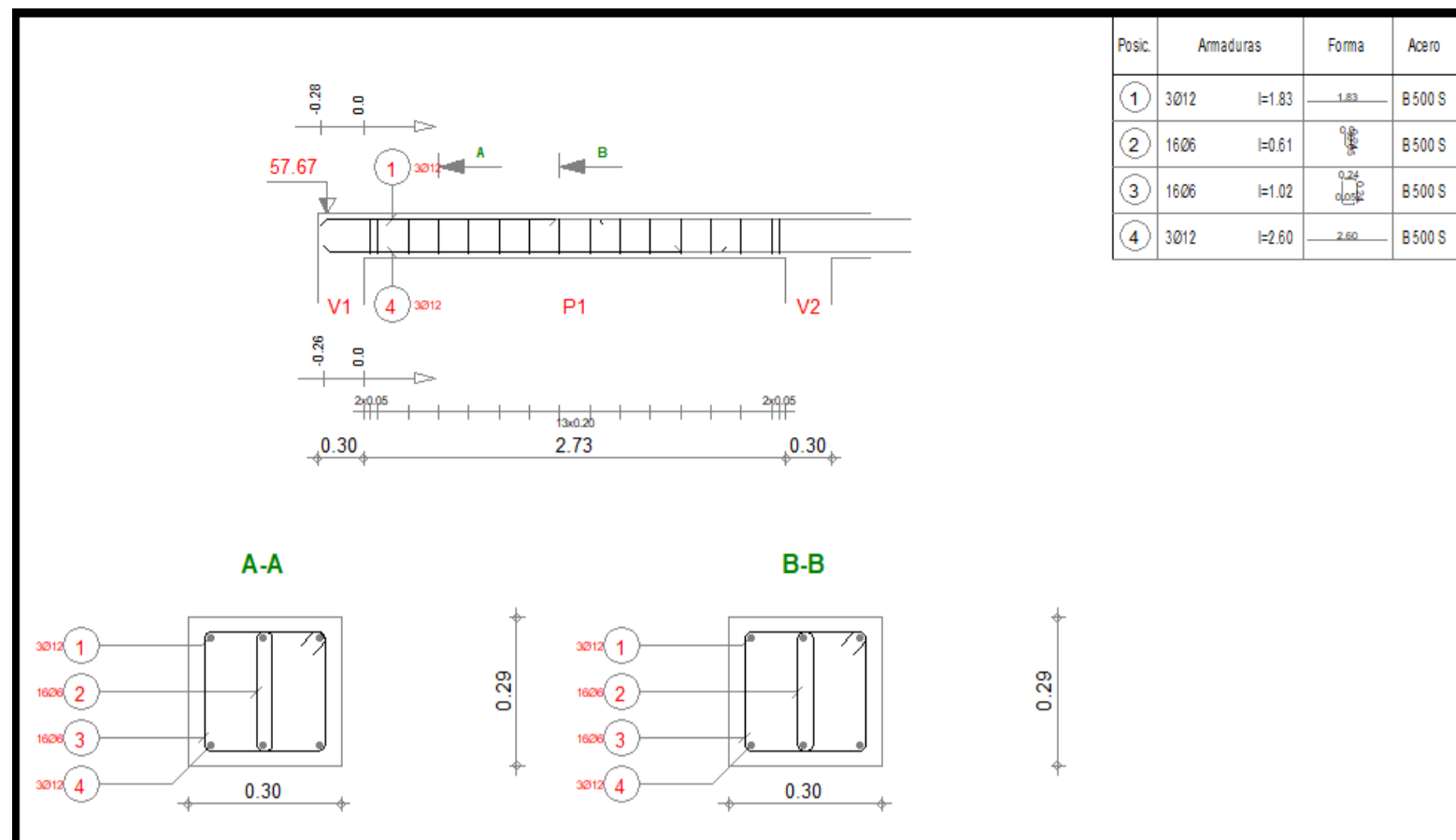
Armadura Vigas P1 Aulario

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S12

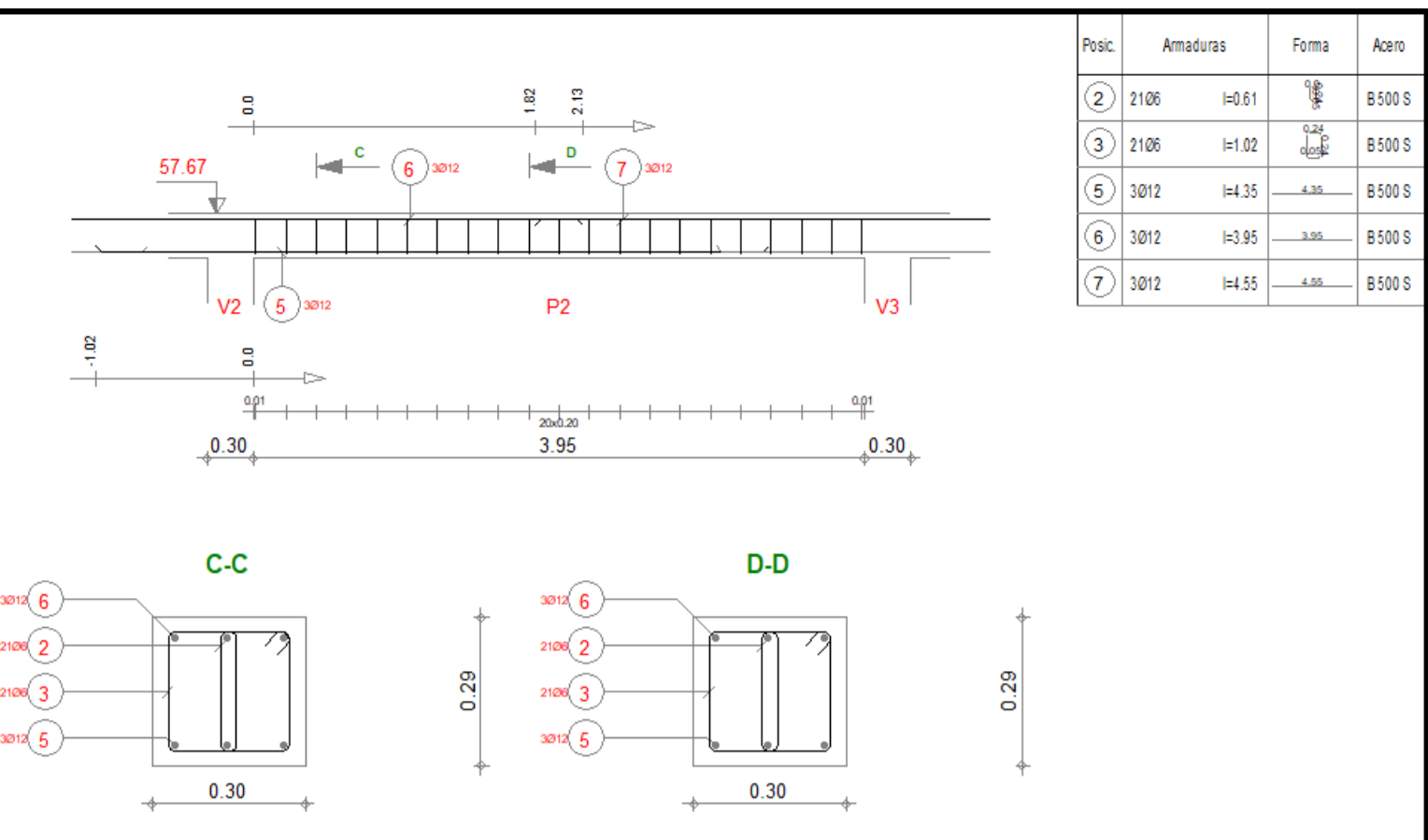
Escala



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	30/12	h=0.81	B 500 S
2	16/06	h=0.61	B 500 S
3	16/06	h=1.02	B 500 S
4	30/12	h=2.60	B 500 S

Viga ancho 1

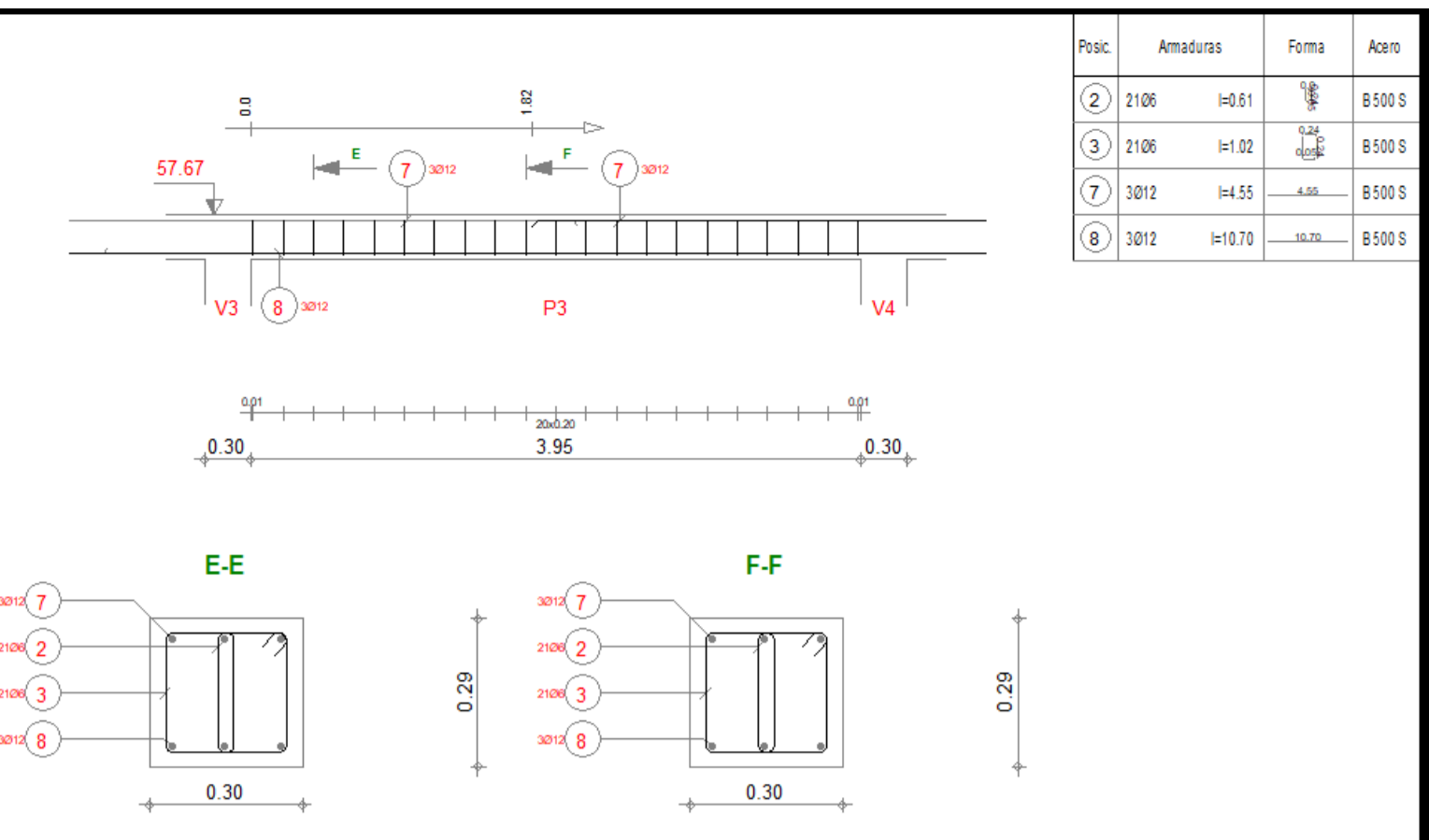
Armadura superior: 30/12
 Armadura inferior: 16/06
 Armadura lateral: 16/06
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 2.73 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.54 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/10
 Página 1/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	21/06	h=0.61	B 500 S
3	21/06	h=1.02	B 500 S
5	30/12	h=2.35	B 500 S
6	30/12	h=3.95	B 500 S
7	30/12	h=4.55	B 500 S

Viga ancho 2

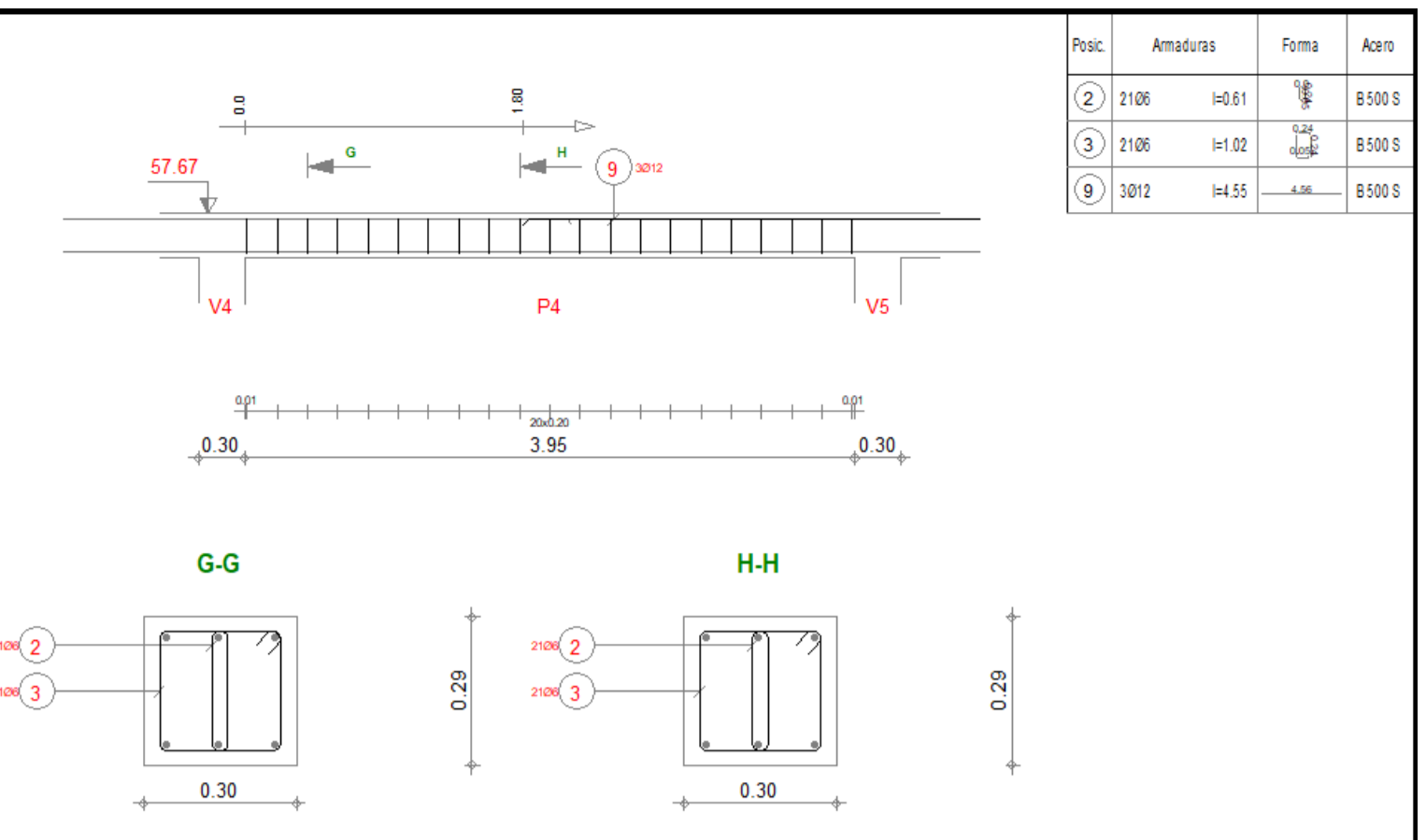
Armadura superior: 21/06
 Armadura inferior: 21/06
 Armadura lateral: 21/06
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.95 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.54 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/10
 Página 2/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	21/06	h=0.61	B 500 S
3	21/06	h=1.02	B 500 S
7	30/12	h=4.55	B 500 S
8	30/12	h=10.70	B 500 S

Viga ancho 3

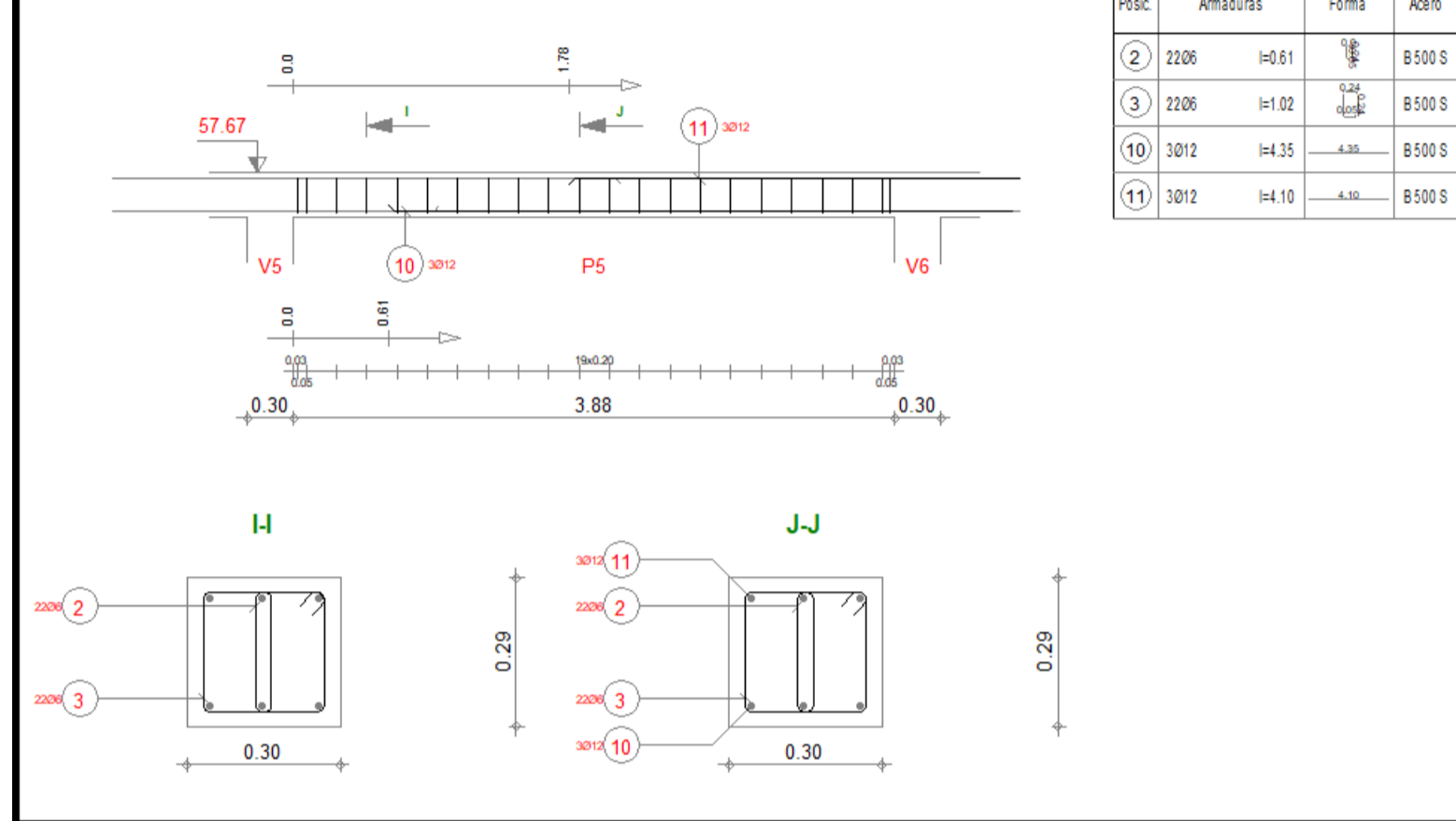
Armadura superior: 21/06
 Armadura inferior: 21/06
 Armadura lateral: 21/06
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.95 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.54 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/10
 Página 3/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	21/06	h=0.61	B 500 S
3	21/06	h=1.02	B 500 S
9	30/12	h=4.55	B 500 S

Viga ancho 4

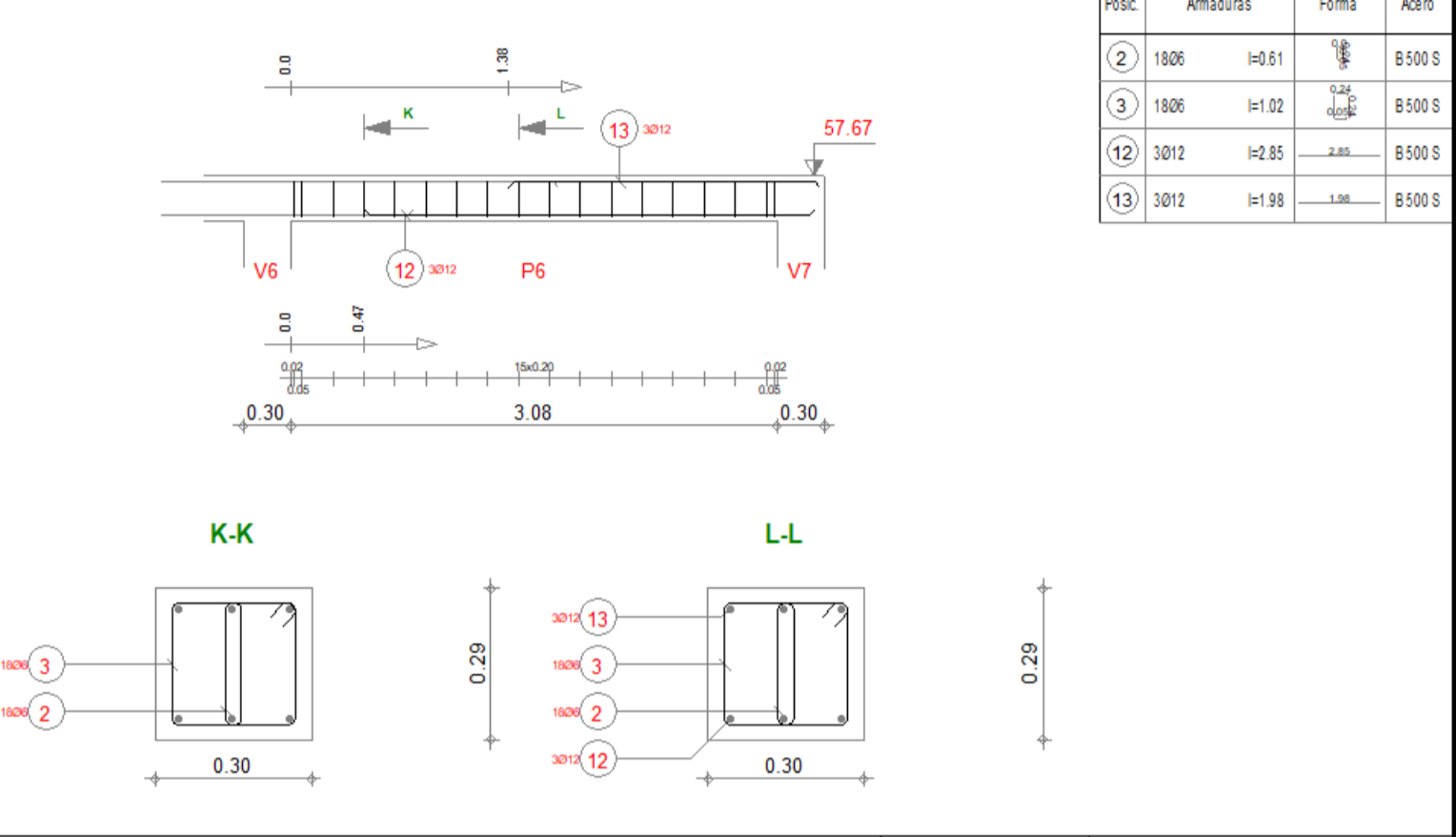
Armadura superior: 21/06
 Armadura inferior: 21/06
 Armadura lateral: 21/06
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.95 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.54 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/10
 Página 4/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	22/06	h=0.61	B 500 S
3	22/06	h=1.02	B 500 S
10	30/12	h=4.35	B 500 S
11	30/12	h=4.10	B 500 S

Viga ancho 5

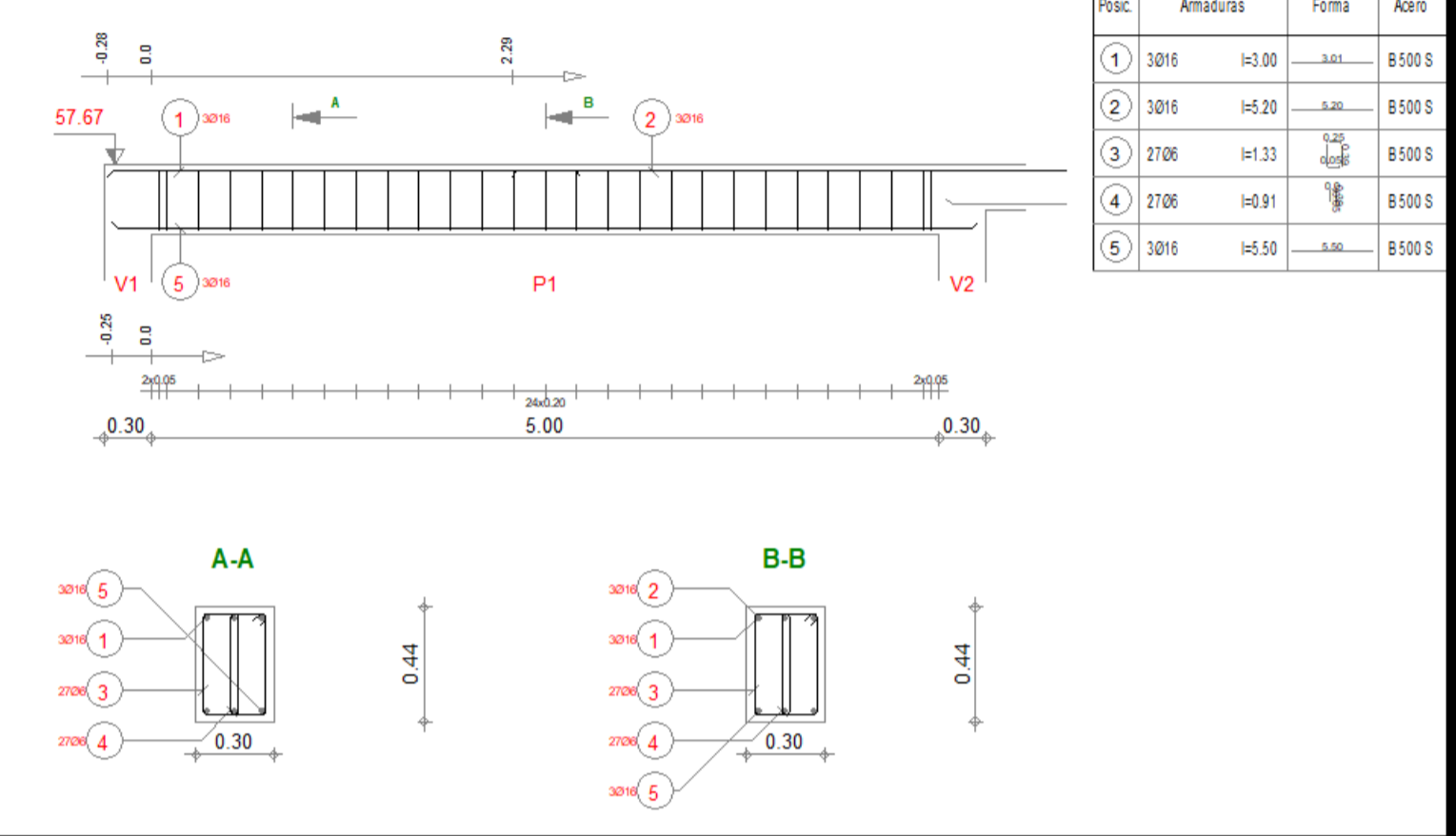
Armadura superior: 22/06
 Armadura inferior: 22/06
 Armadura lateral: 22/06
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.88 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.79 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/10
 Página 5/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
2	18/06	h=0.61	B 500 S
3	18/06	h=1.02	B 500 S
13	30/12	h=2.85	B 500 S
13	30/12	h=1.98	B 500 S

Viga ancho 6

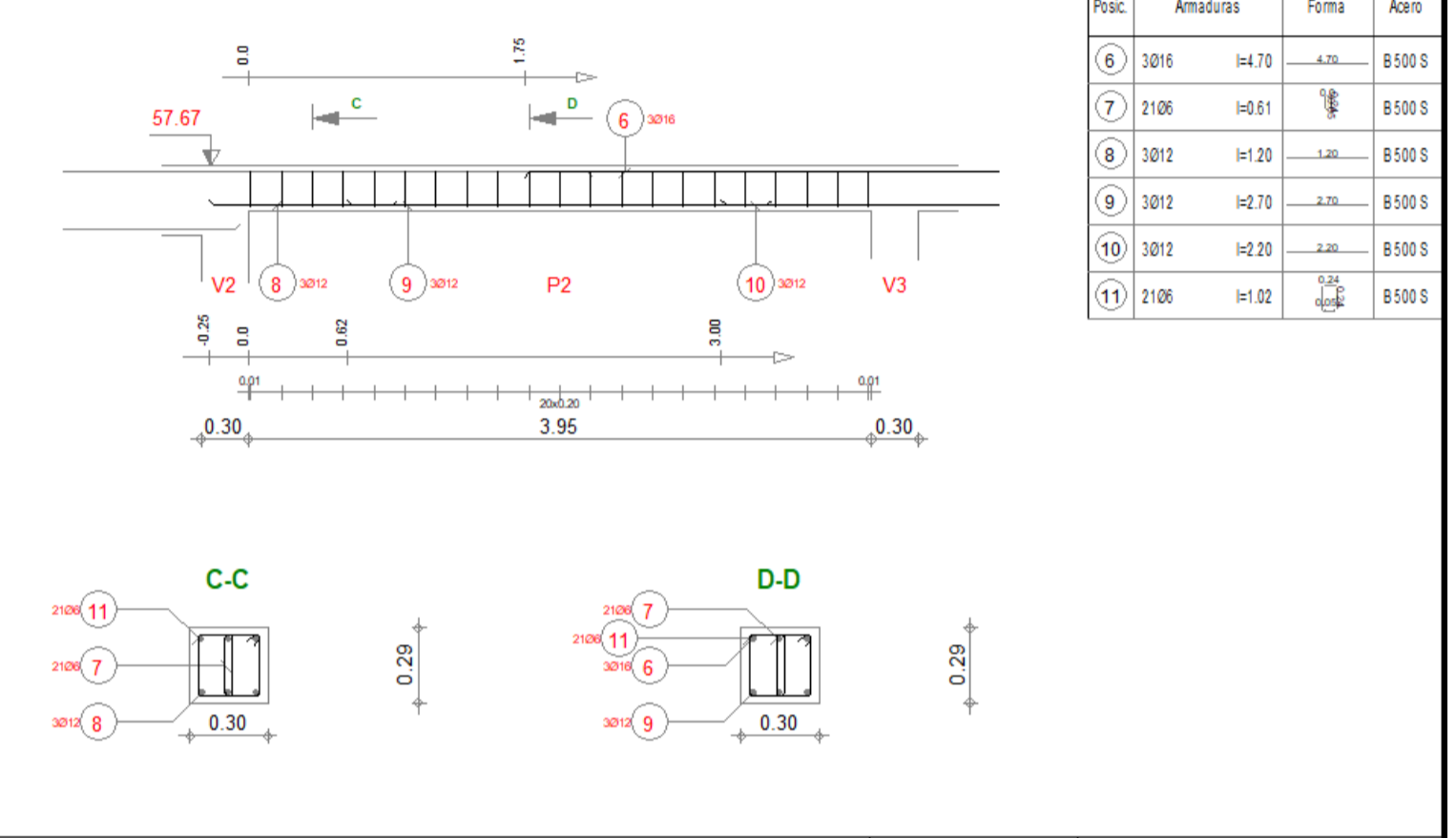
Armadura superior: 18/06
 Armadura inferior: 18/06
 Armadura lateral: 18/06
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.08 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.19 kg/m³
 Diámetro medio: 7.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/10
 Página 6/6



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	30/16	h=3.00	B 500 S
2	30/16	h=5.20	B 500 S
3	27/06	h=1.33	B 500 S
4	27/06	h=0.91	B 500 S
5	30/16	h=5.50	B 500 S

Viga ancho 7

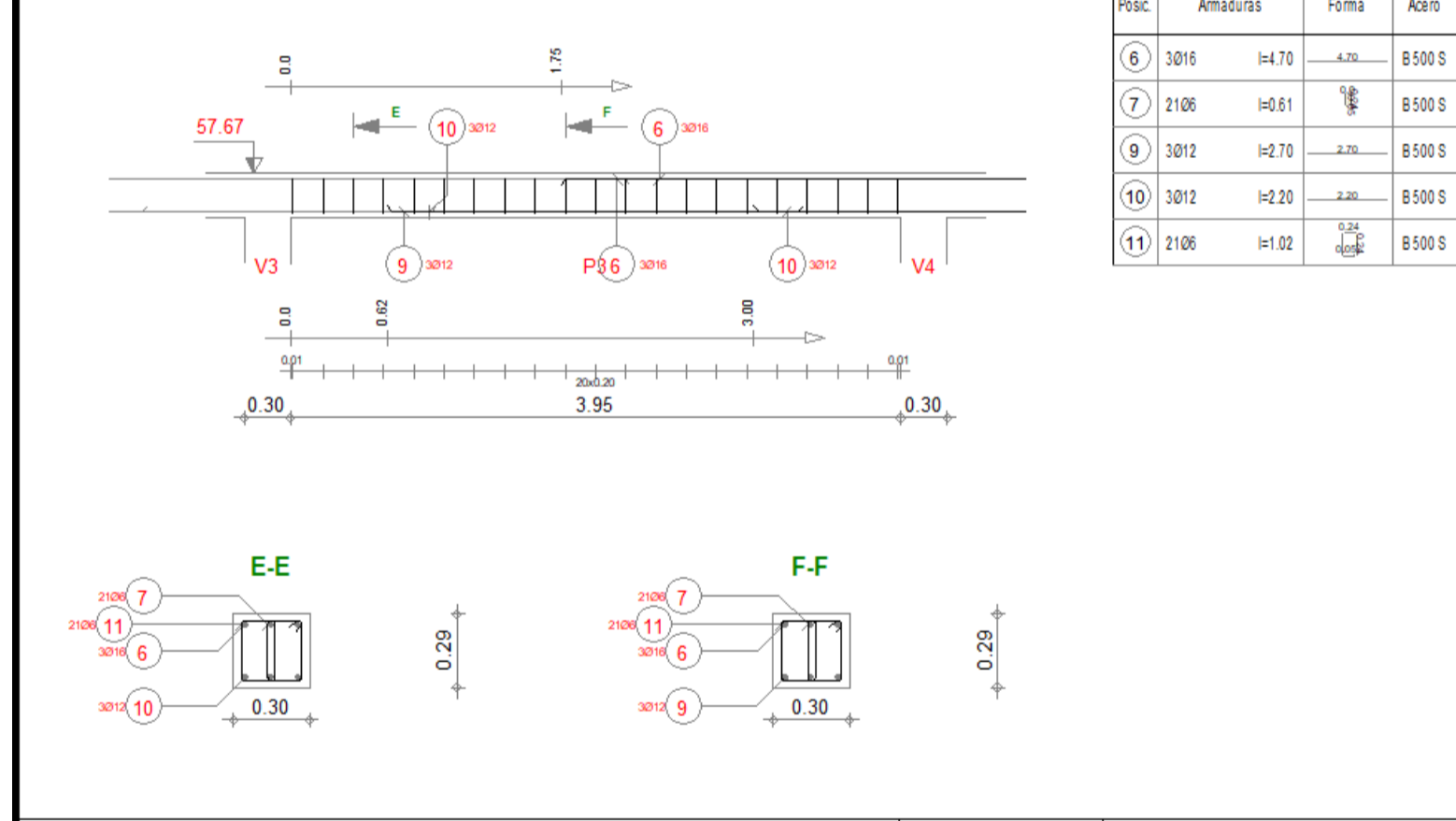
Armadura superior: 30/16
 Armadura inferior: 30/16
 Armadura lateral: 27/06
 Armadura vertical: 27/06
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 5.00 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.79 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/10
 Página 1/5



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
6	30/16	h=4.70	B 500 S
7	21/06	h=0.61	B 500 S
8	30/12	h=1.20	B 500 S
9	30/12	h=2.70	B 500 S
10	30/12	h=2.20	B 500 S
11	21/06	h=1.02	B 500 S

Viga ancho 8

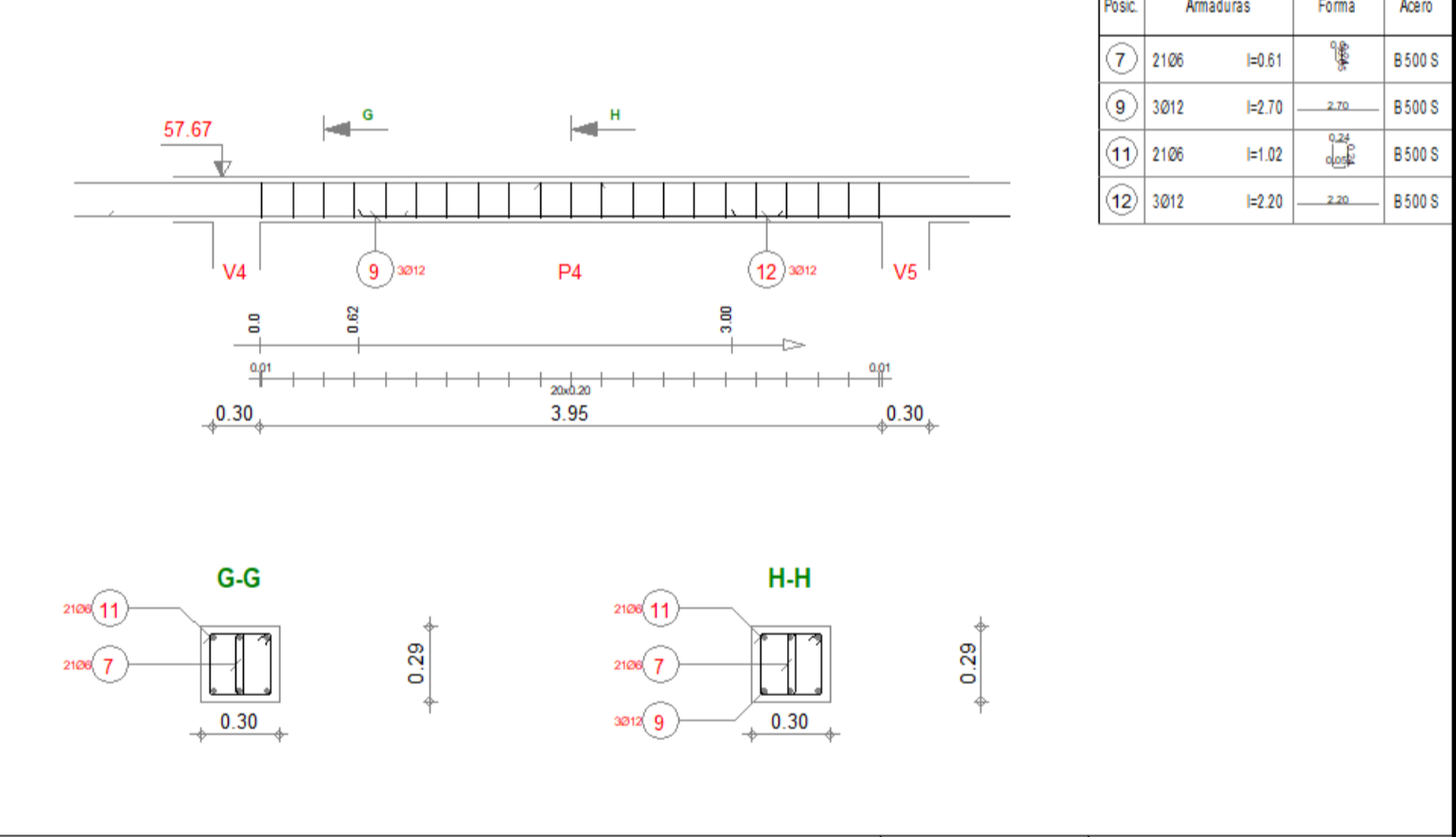
Armadura superior: 30/16
 Armadura inferior: 21/06
 Armadura lateral: 30/12
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.95 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.23 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/20
 Página 2/5



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
6	30/16	h=4.70	B 500 S
7	21/06	h=0.61	B 500 S
9	30/12	h=2.70	B 500 S
10	30/12	h=2.20	B 500 S
11	21/06	h=1.02	B 500 S

Viga ancho 9

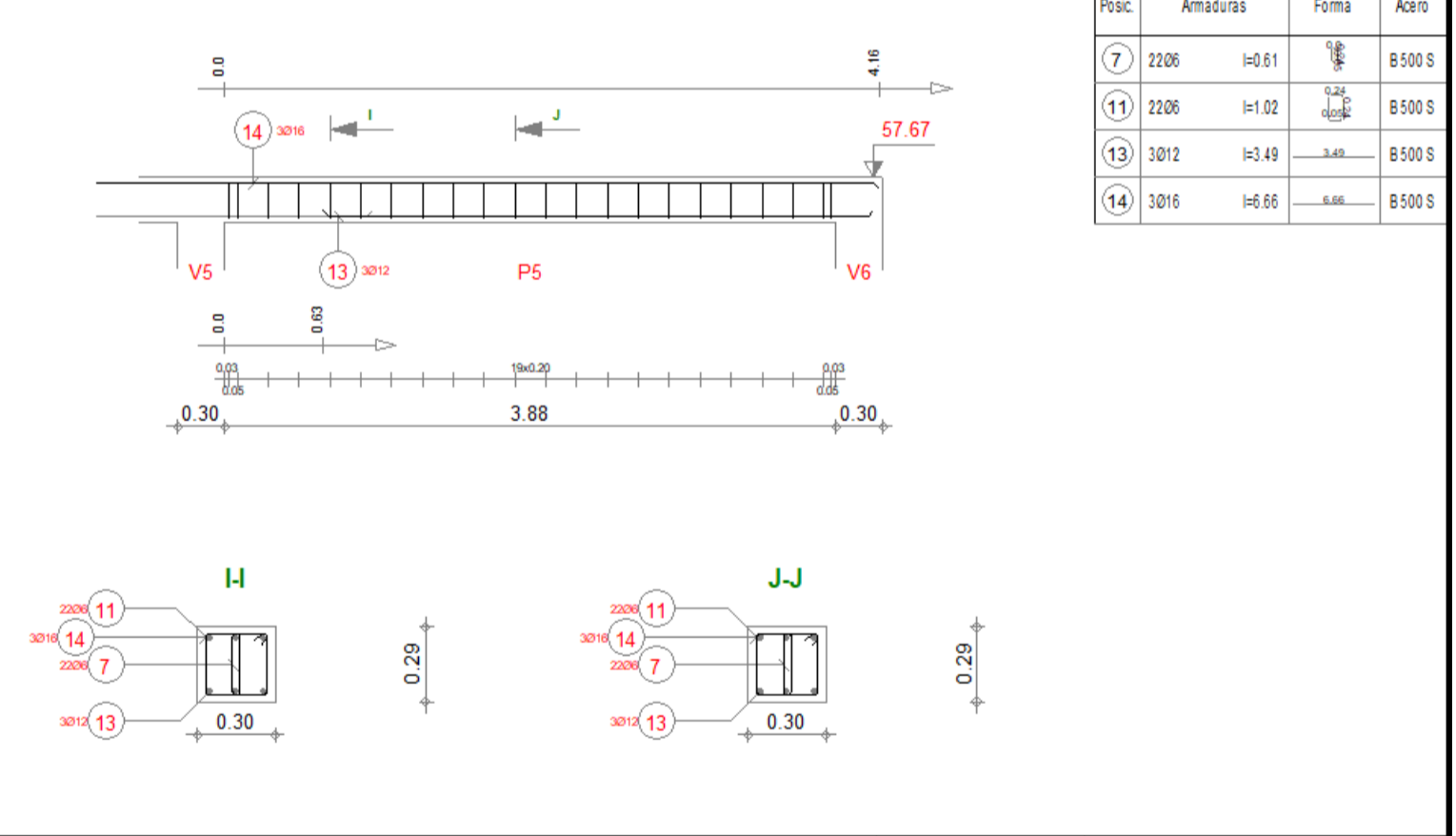
Armadura superior: 30/16
 Armadura inferior: 21/06
 Armadura lateral: 30/12
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.95 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.79 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/20
 Página 3/5



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
7	21/06	h=0.61	B 500 S
9	30/12	h=2.70	B 500 S
11	21/06	h=1.02	B 500 S
12	30/12	h=2.20	B 500 S

Viga ancho 10

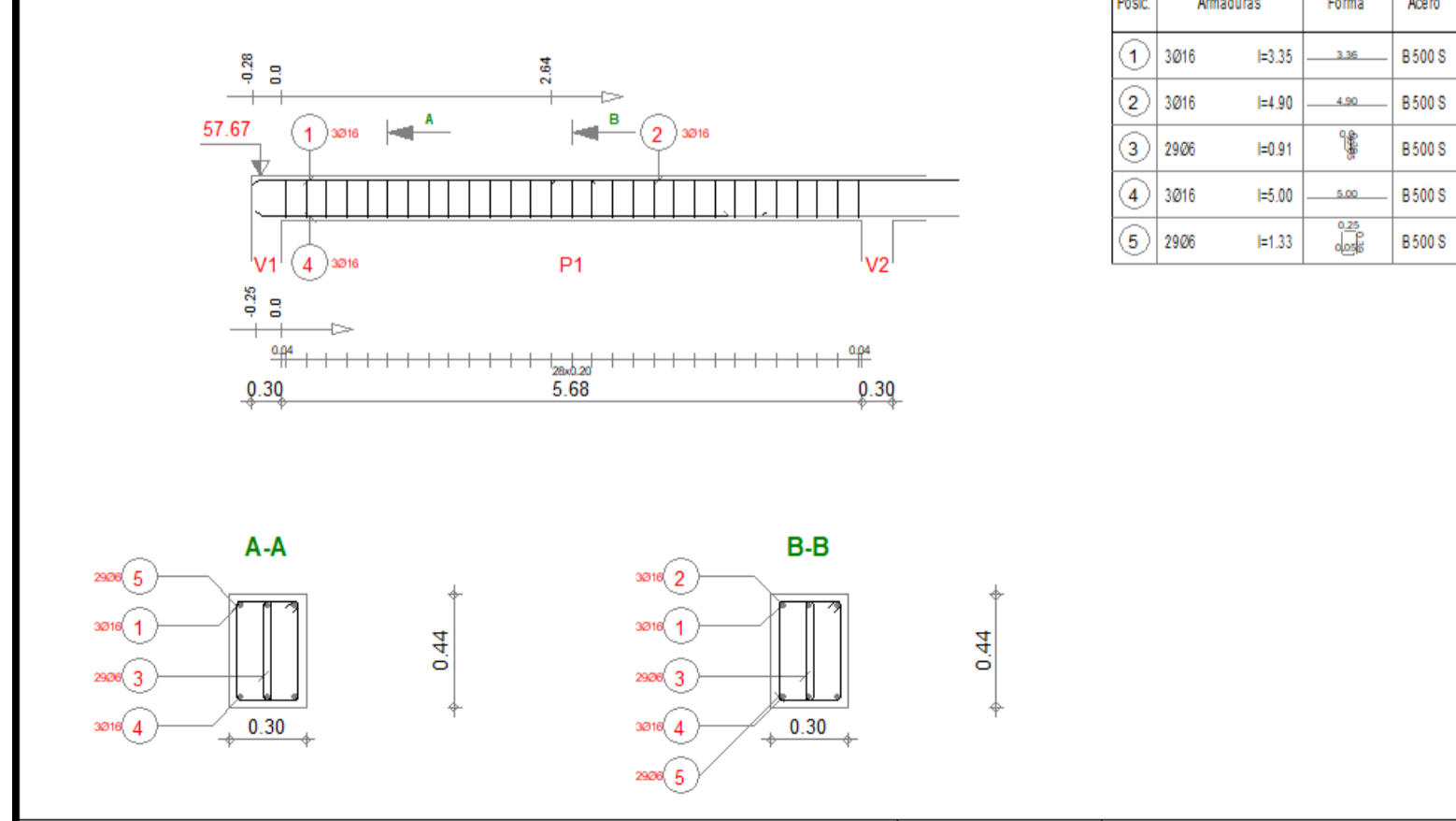
Armadura superior: 21/06
 Armadura inferior: 21/06
 Armadura lateral: 30/12
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.95 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.19 kg/m³
 Diámetro medio: 7.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/20
 Página 4/5



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
7	22/06	h=0.61	B 500 S
11	22/06	h=1.02	B 500 S
13	30/12	h=3.40	B 500 S
14	30/16	h=6.60	B 500 S

Viga ancho 11

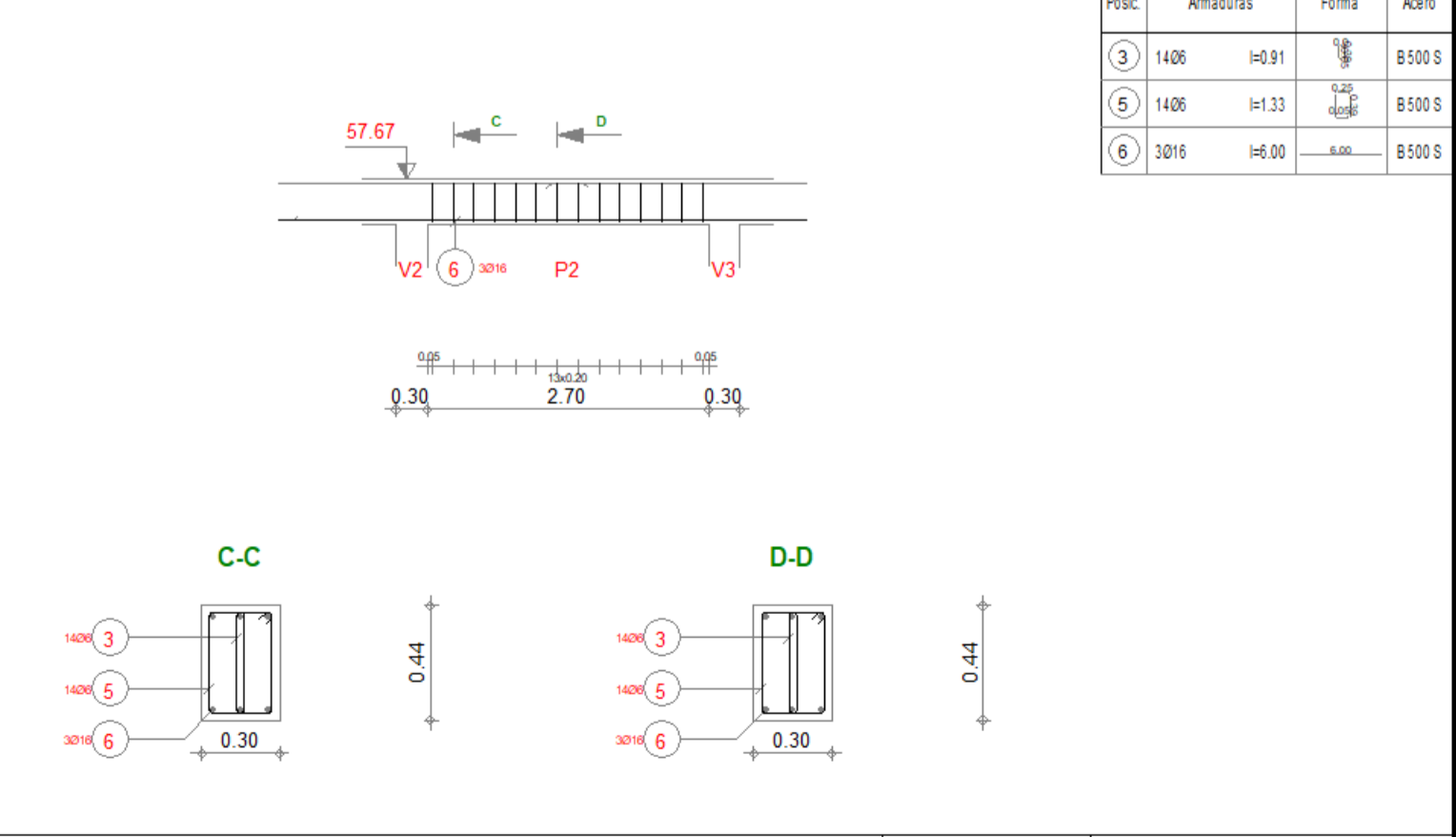
Armadura superior: 22/06
 Armadura inferior: 22/06
 Armadura lateral: 22/06
 Armadura vertical: 30/12
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.78 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 63.79 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/20
 Página 5/5



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	30/16	h=3.35	B 500 S
2	30/16	h=4.90	B 500 S
3	29/06	h=0.91	B 500 S
4	30/16	h=5.00	B 500 S
5	29/06	h=1.33	B 500 S

Viga largo 1

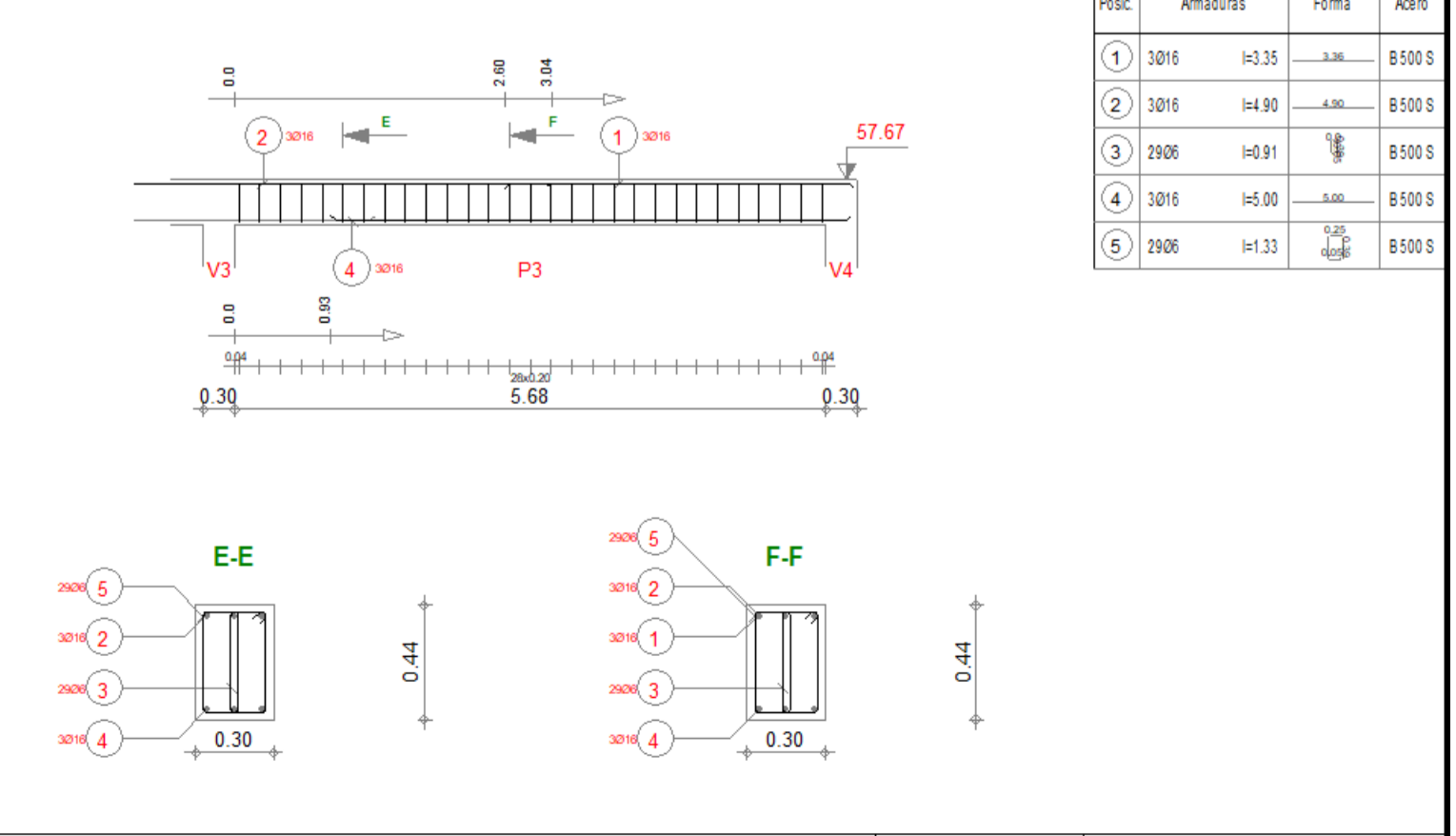
Armadura superior: 30/16
 Armadura inferior: 30/16
 Armadura lateral: 29/06
 Armadura vertical: 30/16
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 7.23 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 66.43 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/20
 Página 1/3



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
3	14/06	h=0.91	B 500 S
5	14/06	h=1.33	B 500 S
6	30/16	h=4.00	B 500 S

Viga largo 2

Armadura superior: 14/06
 Armadura inferior: 14/06
 Armadura lateral: 14/06
 Armadura vertical: 30/16
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 3.45 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 66.36 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/20
 Página 2/3



Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	30/16	h=3.35	B 500 S
2	30/16	h=4.90	B 500 S
3	29/06	h=0.91	B 500 S
4	30/16	h=5.00	B 500 S
5	29/06	h=1.33	B 500 S

Viga largo 3

Armadura superior: 30/16
 Armadura inferior: 30/16
 Armadura lateral: 29/06
 Armadura vertical: 30/16
 Espesor de hormigón: 25 cm
 Superficie del encofrado: 7.23 m²
 Recubrimiento superior: 2.5 cm
 Recubrimiento lateral: 2.5 cm
 Recubrimiento inferior: 2.5 cm
 Densidad: 66.43 kg/m³
 Diámetro medio: 9.85 mm
 Escala para la vista 1/30
 Escala para la sección 1/20
 Página 3/3



Aplicación de la metodología BIM en la arquitectura y estructura de un colegio público

Trabajo fin de máster

Armadura Vigas Cubierta Aulario

Autor: Rafael Mensua Santisteban

2020/2021

S13

Escala