



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Estudio previo del edificio de acceso a la Escuela Técnica  
Superior de Arquitectura de Valencia para su  
monitorización en tiempo real.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Romero Blanco, Jorge

Tutor/a: Gil Benso, Enrique

Cotutor/a: Garcia Borràs, Júlia

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

# Índice de contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>4</b>
1.1	Resumen y palabras clave	5
1.2	Objetivos y metodología	8
1.3	Reconocimientos	8
<b>2</b>	<b>L35 Arquitectos</b>	<b>9</b>
2.1	Equipo	10
2.2	Obras	11
<b>3</b>	<b>Contexto histórico y evolución</b>	<b>13</b>
3.1	Historia de la Universidad Politécnica de Valencia	14
3.1.1	Futuro	17
3.2	La construcción de la Universidad Politécnica de Valencia por L35	19
3.2.1	Sistema funcional	22
3.2.2	Sistema constructivo	26
3.2.3	Sistema urbanístico	28
<b>4</b>	<b>Proyecto de remodelación arquitectónico</b>	<b>30</b>
4.1	Estudio VVV	31
4.2	Remodelación de la ETSA	32
<b>5</b>	<b>Modelización de la estructura</b>	<b>37</b>
5.1	Evaluación de cargas	38
5.1.1	Acciones permanentes	38
5.1.2	Cargas variables	48
5.1.3	Cargas accidentales	50
5.2	Combinación de acciones	52
5.2.1	Combinación en estado limite ultimo (ELU)	52
5.2.2	Combinación en estado límite de servicio (ELS)	57
5.3	Modelos estructurales	60
<b>6</b>	<b>Análisis estructural</b>	<b>65</b>
6.1	Comportamiento estructural del primer modelo	66
6.2	Ajuste de la rigidez con respecto a sismo y del periodo propio fundamental en el segundo modelo	69
6.2.1	Periodo propio fundamental	69
6.2.2	Comportamiento estructural del segundo modelo	71
6.3	Análisis de los esfuerzos de los pilares 39, 40 y 41	74
<b>7</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>84</b>

<b>8 Bibliografía</b> .....	90
<b>8.1 Libros y revistas</b> .....	91
<b>8.2 Publicaciones web</b> .....	92
<b>8.3 Programa de cálculo</b> .....	93
<b>9 Referencias</b> .....	94
<b>9.1 Notas de texto</b> .....	95
<b>9.2 Referencias de imágenes</b> .....	97

# 1 Introducción

## 1.1 Resumen y palabras clave.

Anteriormente conocido como el *Instituto Politécnico Superior de Valencia*, fue construido tras salir a concurso por el estudio de arquitectos L35 en 1980. Se utilizaron una serie de sistemas que engloban la función constructiva y urbana desde su concepción sistemática, creando un campus modulado, lo cual permitiría su fácil expansión a futuro. Las obras, finalizaron en 1975. Para entonces, recibía el nombre de *Universidad Politécnica de Valencia*.

Posteriormente, en el año 2012, la *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia* fue restaurada y ampliada por el estudio de arquitectura VVV. El proyecto que conforma la escuela está compuesto de ocho módulos de hormigón prefabricado, todos con características muy similares. Para el trabajo se elige el módulo de fachada y acceso, más concretamente los pilares 39, 40 y 41 para su análisis y monitorización.

Debido a una reparación realizada por la Universidad, fue posible la colocación de galgas extensométricas en dichos pilares, incluso en las armaduras internas. Las galgas junto con un *Sistema IoT (Internet of Things)* permitirá realizar la monitorización de los soportes en tiempo real.

El primer paso necesario para el seguimiento de las lecturas es la modelización precisa del edificio y su estructura mediante programas informáticos, para poder caracterizar los esfuerzos previsible de los soportes ante las acciones de peso propio, uso, sismo y su envolvente. La modelización servirá para contrastar los posibles incrementos de deformación obtenidos con los cambios de temperatura y acciones del edificio.

En el proceso, se realizan dos modelos de cálculo diferentes. Un primer modelo que supone una aproximación, basado en una serie de barras que reciben las cargas. Un segundo modelo en el que se modeliza la rigidez de los forjados y de los elementos de fachada.

Ello permite realizar un estudio sobre la aportación de rigidez que supone el arrostramiento de la estructura no solo por su núcleo central sino también por los diferentes elementos estructurales y constructivos, los cuales aportan una rigidez al conjunto del modelo.

Se consigue, calibrar y ajustar el modelo reduciendo los periodos de vibración a tiempos mucho más ajustados con la realidad, además de normalizar los movimientos experimentados por la estructura en los diversos modos de vibración, acercando su periodo fundamental al cálculo realizado a mano siguiendo los procesos establecidos por la normativa sismorresistente.

Como resultado del trabajo se ha realizado un modelo de la estructura, ajustada a la realidad, que permite la obtención de esfuerzos de todos sus elementos. En la que además de comprobar su seguridad, permite comparar con los resultados de tensión deformación de la monitorización.

Palabras clave: Edificio de acceso a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, monitorización en tiempo real, sistema IoT, modelización precisa del edificio y su estructura, periodo propio fundamental.

Formerly known as the Instituto Politécnico Superior de Valencia, it was built after being put out to tender by architects L35 in 1980. A series of systems were used that encompassed the constructive and urban function from its systematic conception, creating a modulated campus, which allowed for easy future expansion. The works were completed in 1975. By then, it was called the Polytechnic University of Valencia.

Subsequently, in 2012, the Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia was restored and extended by the VVV architecture studio. The project that makes up the school is made up of eight prefabricated concrete modules, all with very similar characteristics. The façade and access module, more specifically pillars 39, 40 and 41, were chosen for analysis and monitoring.

Due to a repair carried out by the University, it was possible to place strain gauges on these pillars, including the internal reinforcements. The gauges together with an IoT (Internet of Things) system will allow the monitoring of the supports in real time.

The first step required to monitor the readings is the precise modelling of the building and its structure using computer programmes, in order to characterise the foreseeable stresses of the supports under the actions of their own weight, use, seismic activity and their envelope. The modelling will be used to contrast the possible increases in deformation obtained with changes in temperature and actions of the building.

In the process, two different calculation models are used. The first model is an approximation, based on a series of bars that receive the loads. A second model in which the stiffness of the slabs and façade elements is modelled.

This allows a study to be carried out on the contribution of stiffness provided by the bracing of the structure, not only by its central core but also by the different structural and construction elements, which provide stiffness to the model as a whole.

The model is calibrated and adjusted, reducing the vibration periods to times much more in line with reality, as well as normalising the movements experienced by the structure in the different vibration modes, bringing its fundamental period closer to the calculation carried out by hand following the processes established by the seismic-resistant regulations.

As a result of the work, a model of the structure has been made, adjusted to reality, which allows the stresses of all its elements to be obtained. In addition to checking its safety, it allows comparison with the results of stress deformation monitoring.

Keywords: Access building to the Valencia School of Architecture, real-time monitoring, IoT system, accurate modelling of the building and its structure, own fundamental period.

Anteriorment conegut com l'Institut Politècnic Superior de València, va ser construït després d'eixir a concurs per l'estudi d'arquitectes L35 en 1970. Es va utilitzar un sistema de quadricula basat en la teoria dels sistemes que va acabar creant un campus modulad, la qual cosa permetia la seua fàcil expansió a futur. Les obres, van finalitzar en 1975. Per a llavors, rebia el nom d'Universitat Politècnica de València.

Anteriorment conegut com l'Institut Politècnic Superior de València, va ser construït després d'eixir a concurs per l'estudi d'arquitectes L35 en 1980. Es van utilitzar una sèrie de sistemes que engloben la funció constructiva i urbana des de la seua concepció sistemàtica, creant un campus modulad, la qual cosa permetia la seua fàcil expansió a futur. Les obres, van finalitzar en 1975. Per a llavors, rebia el nom d'Universitat Politècnica de València

Posteriorment, l'any 2012, l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de València va ser restaurada i ampliada per l'estudi d'arquitectura VVV. El projecte que conforma l'escola està compost de huit mòduls de formigó prefabricat, tots amb característiques molt similars. Per al treball es tria el mòdul de façana i accés, més concretament els pilars 39, 40 i 41 per a la seua anàlisi i monitoratge.

A causa d'una reparació realitzada per la Universitat, va ser possible la col·locació de galgues extensomètriques en aquests pilars, fins i tot en les armadures internes. Les galgues juntament amb un Sistema IoT (Internet \*f Things) permetrà realitzar el monitoratge dels suports en temps real.

El primer pas necessari per al seguiment de les lectures és la modelització precisa de l'edifici i la seua estructura mitjançant programes informàtics, per a poder caracteritzar els esforços previsibles dels suports davant les accions de pes propi, ús, sisme i el seu envolupant. La modelització servirà per a contrastar els possibles increments de deformació obtinguts amb els canvis de temperatura i accions de l'edifici.

En el procés, es realitzen dos models de calcule diferents. Un primer model que suposa una aproximació, basat en una sèrie de barres que reben les càrregues. Un segon model en el qual es \*modeliza la rigidesa dels forjats i dels elements de façana.

Això permet realitzar un estudi sobre l'aportació de rigidesa que suposa el arrostramiento de l'estructura no sols pel seu nucli central sinó també pels diferents elements estructurals i constructius, els quals aporten una rigidesa al conjunt del model.

S'aconsegueix, calibrar i ajustar el model reduint els períodes de vibració a temps molt més ajustats amb la realitat, a més de normalitzar els moviments experimentats per l'estructura en les diverses maneres de vibració, acostant el seu període fonamental al calcule realitzat a mà seguint els processos establits per la normativa sismorresistente.

Com a resultat del treball s'ha realitzat un model de l'estructura, ajustada a la realitat, que permet l'obtenció d'esforços de tots els seus elements. En la qual a més de comprovar la seua seguretat, permet comparar amb els resultats de tensió deformació del monitoratge.

Paraules clau: Edifici d'accés a l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de València, monitoratge en temps real, sistema \*IoT, modelització precisa de l'edifici i la seua estructura, període propi fonamental."

## 1.2 Objetivos y metodología

El objetivo de este trabajo será la modelización precisa del edificio de acceso de la *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia* para su posterior monitorización mediante la utilización de galgas extensométricas y *sistemas IoT*.

Se estudiará el contexto histórico de la creación de la UPV y del impacto que supuso su establecimiento en la Comunidad Valenciana. Será analizado el proceso de creación del campus que llevo a cabo el estudio de arquitectura L35, así como la remodelación y ampliación posterior realizada por el estudio VVV.

En el proceso también se estudiarán las variaciones en los periodos de vibración de los dos modelos estructurales realizados, así como el cambio en los movimientos experimentados durante los diversos modos de vibración debido a la adición de los elementos de forjado y fachada, cuya rigidez ha sido modelizada en el programa informático Architrave©.

Por todo ello, se propone una metodología de trabajo consistente en recopilar toda la información del edificio a pie de campo, para posteriormente realizar un modelo virtual de su estructura, mediante programas informáticos de modelado y análisis estructural. A los modelos resultantes les serán aplicadas todas las cargas de peso propio, uso, sismo, y se estudiara su envolvente. Con este método será posible establecer un punto inicial de partida de la investigación de mayor tamaño que supone la monitorización en tiempo real de los pilares de planta baja del edificio de acceso a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

## 1.3 Reconocimientos

Agradecer en primer lugar al profesor Enrique Gil Benso, del Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras y a Júlia García Borràs, quienes han sido tutores de este trabajo de fin de grado. Su tutelaje y apoyo han sido fundamentales.

Se agradece también la colaboración de la empresa Architrave, que nos ha permitido realizar mediante su programa de cálculo una simulación precisa de la estructura, tanto de forma estática como dinámica.

En último lugar, agradecer la Universidad Politécnica de Valencia y a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia por los recursos que se brindan al estudiantado, han sido de vital importancia en este trabajo de final de grado.

## **2 L35 Arquitectos**

## 2.1 Equipo

El estudio de arquitectura L35 se fundó en Barcelona en el año 1967, por Juancho de Mendoza, Jos Galán y José Luís Martínez Honrubia. La firma comenzó ganando el concurso de la Universidad Politécnica de Valencia, lo que supuso el inicio de su extensa trayectoria profesional.

Se trata de un estudio de enorme valor internacional y con una gran cantidad de proyectos a su nombre. A lo largo de sus más de 50 años de vida, han realizado más de 200 obras en cuatro continentes diferentes. Desde el nuevo Estadio Santiago Bernabéu [Img.1] hasta el Proyecto de regeneración urbana en Fontvieille [Img.2]. Trabajan en todos los ámbitos de la ejecución de un proyecto, desde su concepción inicial y los desarrollos urbanísticos, hasta la dirección de obra, pasando por todas las etapas de gestión y de desarrollo.

Hoy en día disponen de un equipo formado por 38 socios y más de 200 profesionales con una actividad internacional y puntera, centrada en el desarrollo. Sus sedes se encuentran en Barcelona, Madrid, Paris, Milán, Ginebra, Miami, México, Bogotá, São Paulo, Santiago, Estambul y Abu Dhabi.



Img. 2: Modelo Digital del Nuevo Estadio Santiago Bernabéu, Madrid, España (2022) Autor: L35 Arquitectos



Img. 3: Modelo Digital del proyecto de regeneración urbana en Fontvieille, Mónaco, (2022) Autor: L35 Arquitectos



Img. 1: Parte del equipo de L35 Arquitectos. Autor: L35 Arquitectos

## 2.2 Obras

L35 es un estudio con una visión donde la arquitectura debe enfocarse desde una perspectiva de diversidad y libertad creativa. Se trata de una firma con un gran personal donde se fomenta el trabajo en equipo. Es este mismo trabajo en equipo lo que les permite ser pluridisciplinarios y versátiles a la hora de la concepción y ejecución de cualquier tipología de proyecto, escala, y localización.

Por todo ello han trabajado en más de 35 países, elaborando proyectos de todo tipo, comercio y ocio, equipamientos, hoteles, oficinas, residencial, salud, mixtos, etc.

**La Maquinista** [Img. 4] supuso un cambio en el paradigma de los centros comerciales, pasando de unidades cerradas a complejos totalmente relacionados e integrados con los espacios exteriores. Ubicado en Barcelona, España y con una superficie de 235.128 m<sup>2</sup>, se trata de un centro comercial innovador.

Con el proyecto de **El Estadio Santiago Bernabéu** [Img.1] el estudio se abre camino en un nuevo campo de la arquitectura. Con el modelo BIM como bandera se presentan al concurso con una obra cuya geometría relaciona forma y función de una manera singular. La envolvente metálica pese a su extravagante aspecto se amolda a las necesidades del programa. Se trata de un proyecto donde la piel adquiere una gran importancia, tratando de alcanzar innovaciones tecnológicas y constructivas.

**Campus ICAM** [Img.5], conformado por un programa mixto de oficinas, escuela de ingeniería y residencia estudiantil. Situado en Lieusaint, Francia, este proyecto se realiza con una tipología en peine donde la integración con el entorno formó parte principal de la ideación del conjunto. Se observa la preocupación del estudio por una arquitectura tecnológica y sostenible, centrada en la calidad de los materiales de construcción y su impacto, así como la aplicación de ecosistemas implementados desde su concepción. Recibe la certificación de BREEAM Good

**Fontvieille Urban Renovation** [Img.2], un proyecto basado en un conjunto inmobiliario de diversos usos desde el marco de la sostenibilidad y el respeto al entorno. Mediante la utilización de materiales sostenibles como el cemento bajo en carbono y la madera, incorporando sistemas de obtención energética mediante energías renovables, realizando labores de transporte ecológico de materiales o mediante la reutilización de las aguas pluviales.

Se trata, por tanto, de un estudio cuya arquitectura pretende mejorar la calidad de vida de los usuarios, situando al ciudadano en el centro a la vez que proponen la mejor solución constructiva. Como defiende Luisa Badia, Arquitecta Socia, Codirectora General de L35 Arquitectos en una entrevista realizada por "Barcelona Global Blog" el 8 de Julio de 2022 "Lograr esta dualidad requiere de la reflexión, análisis, experiencia y versatilidad que nos dan nuestros más de 50 años de trayectoria realizando proyectos que se enmarcan en los principios de valor social, solidez, funcionalidad, belleza, sostenibilidad y rentabilidad." <sup>1</sup>



Img. 4: La Maquinista. Barcelona, España (2021) Autor: Jose Hevia



Img. 5: Campus ICAM. Lieusaint, Francia (2019) Autor:K. Khalfi



### **3 Contexto histórico y evolución**

### 3.1 Historia de la Universidad Politécnica de Valencia

La **Universidad Politécnica de Valencia** es una institución pública destinada a la investigación y la docencia. Se remonta al año **1968** cuando por Decreto ley 5/1968 de 6 de junio de 1968 sobre Medidas Urgentes de Reestructuración Universitario fue fundada bajo el nombre de **Instituto Politécnico Superior de Valencia (IPSV)**. Cuatro meses más tarde bajo el Decreto 2731/1968 de 24 de octubre de 1968, se establecen los centros que formaran parte del IPSV: **La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, La Escuela Técnica Superior de Arquitectura, La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales** <sup>2</sup>.

La creación de estas escuelas se basaba en la necesidad de un cambio en el modelo educativo, así como de la situación político social de España en los años 60 y 70. La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (ETSECCP) de Valencia surge de la necesidad de crecimiento y mejora de las infraestructuras y del corredor mediterráneo. La Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) conforma la tercera escuela de arquitectura en España, después de la escuela de Madrid y la de Barcelona. Desde el año de su creación, la existencia de la escuela ha influido notoriamente en el desarrollo urbano de la ciudad de Valencia y su entorno. Del mismo modo, la presencia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSEA) era una necesidad urgente debido al enorme potencial de producción agrícola que posee la Comunidad Valenciana. La formación a pie de campo de los ingenieros encargados de la evolución de estos terrenos y su trabajo ha supuesto un gran reconocimiento tanto a nivel regional, como nacional e internacional <sup>3</sup>.



Img.6 : Antiguos Alumnos del Instituto Politécnico Superior de Valencia Autor: UPV\_50a Año: 1968

A partir de 1968 recién creado el IPSV, el 11 de octubre arrancó el primer curso académico con 600 alumnos matriculados que en aquel entonces recibían las clases en unas aulas provisionales ubicadas en la Avenida de Blasco Ibáñez, antiguamente conocida como Paseo de Valencia al Mar [Img. 6].

Se trataba de una época donde la presencia de las mujeres en carreras de ingeniería era muy escasa. Una vez más la aparición del IPSV supone un cambio

importante. En 1968 el número de alumnas matriculadas en la Escuela de Agrónomos era de 6 alumnas de un total de 200 estudiantes. Treinta años más tarde este valor se duplica. A finales de 1998, la ya conocida como UPV cuenta con 10 mujeres catedráticas por cada 166 catedráticos <sup>4</sup>. Aunque la situación cambia poco a poco, nos encontramos ante un punto de inflexión, de cambio de carácter social.



*Img. 6: Primeras Aulas. Autor: UPV\_50a Año: 1968*



*Img. 7: Primeros Bloques Campus de Vera. Autor: UPV\_50a Año: 1970*

Debido al elevado número de estudiantes que acudían al IPSV, surge la necesidad de contar con unas instalaciones de mayor tamaño, que sean capaces de alojar a todo el estudiantado y profesorado y con la capacidad de poder expandirse con el tiempo. Esta situación se mantiene durante 2 años, ya que en 1969 comienza el proceso de expansión del IPSV y a finales del mismo año, ya se cuenta con los primeros 4.600 metros cuadrados construidos en el camino de Vera, en medio de las huertas, realizados mediante bloques prefabricados <sup>5</sup> [Img.8,9].



*Img. 8: Campus de Vera, Valencia, España. Autor: UPV\_50a Año:1970*



*Img. 9: Primeros bloques Campus de Vera, Valencia, España. Autor: UPV\_50a Año:1970*

En el año 1970 entran en servicio las instalaciones del **campus de Vera**, donde se ubican las escuelas técnicas superiores de Caminos e Industriales y más tarde la ETS de Arquitectura. Se trasladan a estas instalaciones un total de mil alumnos.

El 11 de marzo de 1971, bajo el Decreto 495/1971, el Instituto Politécnico Superior se convierte en **Universidad Politécnica de Valencia**, lo cual no supone únicamente un cambio de nombre, sino un cambio total en la forma en la que funciona la institución. Lo que conlleva una mayor formalización y la aparición de mayores requisitos para el acceso de profesorado y alumnado, así como la regulación de las titulaciones. Se trata de un momento histórico, no solo para la Comunidad Valenciana sino para toda España, ya que es la primera vez que se

crean universidades politécnicas en nuestro país en Madrid, Barcelona y Valencia respectivamente.

La UPV tiene por tanto la responsabilidad de englobar las diversas escuelas universitarias que formaban el IPSV en la UPV. Este proceso comienza en el año 1972, donde la Universidad Politécnica de Valencia integra las cinco escuelas universitarias existentes en el territorio de la Comunitat: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Valencia, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Alcoy, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Valencia, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Valencia y la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Obras Públicas de Alicante.

En el año 1972, la Universidad Politécnica de Valencia queda formada por cuatro escuelas técnicas superiores y cinco escuelas universitarias. Es en ese mismo año cuando se gradúa la primera promoción de alumnos titulados UPV. También la primera promoción de mujeres UPV, como María José Pelufo Carbonell, titulada en Ingeniería de Caminos y Clara Pérez Fuster, la primera ingeniería industrial.

La primera Arquitecta UPV es Pilar De Insausti Machinandiarena nacida en Valencia en el año 1946. Se titula en Valencia en 1972 convirtiéndose en una de las primeras mujeres tituladas de la Escuela de Arquitectura de Valencia. A lo largo de su vida profesional ejerció la arquitectura tanto en el ámbito privado como en el público, desarrollando diversos planeamientos urbanos. Organizó diversas actividades de carácter cultural en el Colegio de Arquitectos de Valencia e impartió clases en la Escuela de Valencia <sup>6</sup>.

En los años posteriores la UPV y las escuelas que la forman sufren diversos cambios. Mientras que la mayoría de ETS mantienen su denominación, las escuelas universitarias cambian con las décadas, y por ende la actividad que en ellas se realiza. Del mismo modo, entre el año 1975 y el año 2000, la Universidad Politécnica de Valencia va creciendo, y se incorporan nuevos centros docentes que ofertan nuevas enseñanzas y titulaciones.

En la actualidad la UPV cuenta con tres campus diferentes, campus de Vera, campus de Alcoy y campus de Gandía. El campus de Vera está compuesto por los siguientes centros docentes: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Escuela Técnica Superior



Img. 10: Primera Promoción Escuela de Arquitectura de Valencia.

Imagen disponible en:  
<https://arquitectasvalencianas.home.blog/2018/11/16/pilar-de-insausti-machinandiarena/>

Autores: Eva Álvarez y Carlos Gómez

de Ingeniería Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Facultad de Administración y Dirección de Empresas, Facultad de Bellas Artes y Escuela de Doctorado.



Img. 11: Casa del Alumno. Autor: UPV  
Año:2018



Img. 12: Ágora de la UPV Autor: UPV Año: 2017

### 3.1.1 Futuro

En su continua reinención la UPV lanza un Plan Estratégico 2023-2027 denominado UPV\_SIRVE <sup>7</sup>. Con el que pretende afianzar los valores sociales de la universidad y contribuir a la transformación de la sociedad y su desarrollo. Simultáneamente, ayudar al desarrollo del potencial del alumnado, mejorando los sistemas de enseñanza y su experiencia durante el proceso de aprendizaje y finalmente convertirse en una Universidad **sostenible, internacional, relevante, vital y excelente**. Demostrando de esta manera el compromiso con la sociedad, y manteniendo el espíritu de innovación que caracteriza la universidad.

UPV Sostenible, contribuyendo al alcance del ODS 8: mediante un crecimiento económico inclusivo y sostenido que impulse el progreso. *“La UPV como universidad tecnológica debe, puede y quiere ser una referencia para las instituciones de nuestro entorno en materia de sostenibilidad económica. La UPV debe ser referente no sólo en lo que explica y en lo que investiga, sino en el modo en el que actuamos. Los egresados UPV estudiantes deben contar con las capacidades y conocimientos para ser líderes en la transformación positiva del entorno en el que trabajen.”*

UPV Internacional, posicionándose como un referente internacional en estudios STEAM. Una sociedad global requiere de una institución con una capacidad docente e investigadora a la altura, preparada para transmitir conocimientos a los alumnos que vienen del extranjero.

UPV Relevante, *“La UPV debe dar respuesta rápida a las actuales necesidades de su comunidad universitaria, así como a las de la sociedad, preservando el medioambiente, reafirmando los valores de igualdad en la diversidad, fomentando nuevas formas de creatividad, incentivando el sentimiento de pertenencia a la Universidad “*

UPV Vital, a lo largo de la vida de la Universidad Politécnica de Valencia, su en la Comunidad Valenciana y en el marco nacional ha supuesto grandes cambios y la creación de valor gracias a la preparación del alumnado, mediante este plan la UPV se compromete a continuar dicha tarea.

UPV Excelente, como indican rankings como el de Shanghái, Times Higher Education, Reuters Top 100, QS Subject Rankings, entre otros, la UPV se posiciona como una de las mejores universidades tecnológicas de España.

En conclusión, la Universidad Politécnica de Valencia es, por tanto, una universidad dinámica, que en la actualidad está formada por una comunidad de 28.000 estudiantes, 2.500 personal docente e investigador y 1.500 profesionales de administración y servicio repartidos entre los tres campus.

### 3.2 La construcción de la Universidad Politécnica de Valencia por L35

El campus de Vera fue diseñado y construido por el estudio de arquitectura L35, las obras comenzaron en el año 1970 y finalizaron en 1980. Desde las primeras horas de vida del proyecto, fue patente para el grupo de arquitectos la necesidad de generar un campus modular. Este debía de facilitar el desarrollo de la universidad a lo largo de su vida útil. La universidad siempre ha sido una institución que aboga por la evolución y la innovación. El proyecto requería soluciones tanto a los problemas actuales como a los venideros. Por ello L35 optó por aplicar una metodología a la hora de proyectar basada en el concepto de la teoría de los sistemas. El proyecto se debía entender como un sistema global formado por la interacción de tres subsistemas: la función, la construcción y lo urbano.

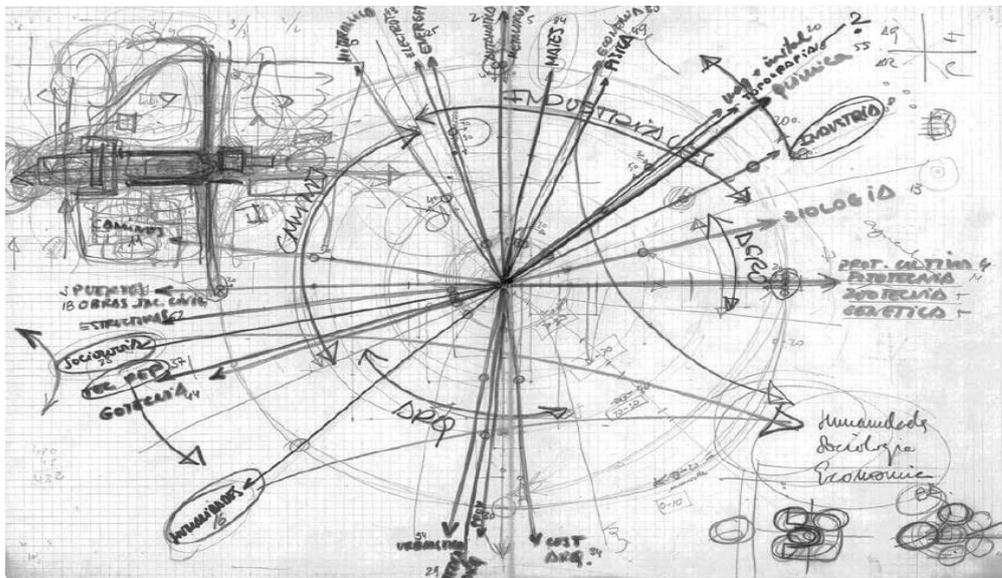


Img. 11: Perspectiva del proyecto del IPSV por L35 Arquitectos. Autor: L35 Arquitectos. Año:1970

En la arquitectura, forma y función son dos conceptos fundamentales presentes en la totalidad de las obras arquitectónicas. Como dijo el arquitecto de Chicago y padre de los rascacielos Louis Sullivan *“La forma sigue a la función”*<sup>8</sup>. En otras palabras, el diseño arquitectónico del edificio debía originarse en la función prevista para el mismo. En ocasiones, estos conceptos tienen una relación más estrecha mientras que otras se distancian. No obstante, sin importar cuán dinámica o estática sea la obra, esta debe de tener una funcionalidad y una relación entre sus partes.

En proyectos de menor escala, este tipo de conceptos pueden tener menor impacto. Puede ser el caso, de un pequeño edificio con un programa fijo y estático en el tiempo cuya funcionalidad no sufrirá cambios con el paso de los años. Sin embargo, a medida que aumenta la magnitud del proyecto, se introducen diversas variables, las cuales convierten la obra en un elemento cada vez más sofisticado, donde la interacción entre sus elementos alcanza mayor complejidad. Por ello, a medida que incrementa el tamaño del programa o la posibilidad de que este se vea modificado en el futuro, más eficiente resulta la aplicación de la teoría de sistemas<sup>9</sup>.

En 1962, Shadrach Woods, arquitecto estadounidense, urbanista y teórico afirma la necesidad de la aplicación de los sistemas a la hora de resolver los proyectos arquitectónicos. De forma que estos sean capaces de asumir las demandas de una sociedad en cambio que requiere de una “forma urbana” nueva, abierta, flexible y que se anticipe a los problemas del futuro. Defiende que se debía de crear un sistema para la arquitectura y el urbanismo que estuviera basado en “Un conjunto, el cual es superior a la suma de sus partes”<sup>10</sup>.



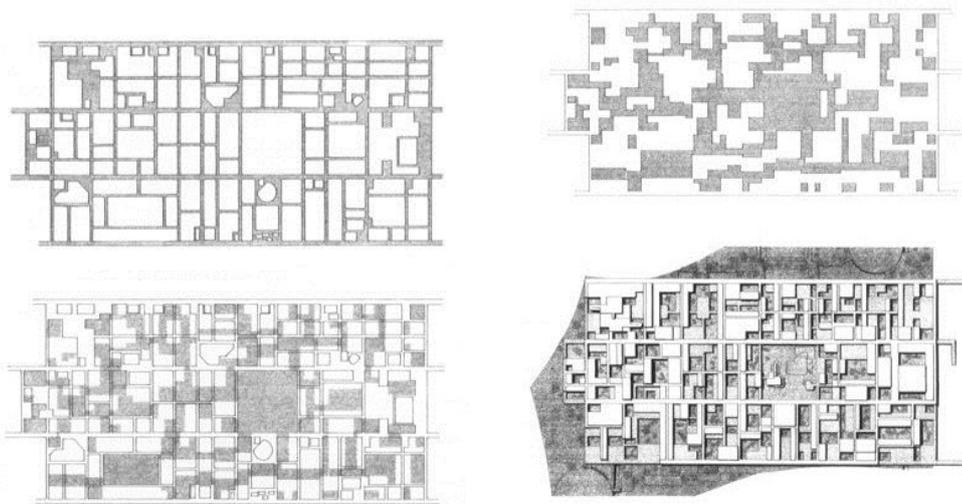
Img. 12: Primer plano topológico del IPSV por L35 Arquitectos. Autor: L35 Arquitectos. Año:1970

Era necesario crear nuevas herramientas que permitieran entender el diseño de la arquitectura y el urbanismo como un producto final y mejorado, formado por la suma de los diversos elementos que lo componen. Mediante esta metodología, se facilita la visión global del proyecto y por tanto el análisis de sus necesidades funcionales. Se obtiene así, una organización de los diferentes componentes que satisface las múltiples necesidades de la obra.

Esto supuso un cambio en la forma en la que los arquitectos debían de percibir el mundo. Christopher Alexander en la publicación “Systems Generating Systems” afirma que “The designer becomes a designer of generating systems – each capable of generating many objects – rather than a designer of individual objects”<sup>11</sup>. Se traducen las palabras de Christopher Alexander, “el diseñador se convierte en un diseñador de generación de sistemas, cada uno de los cuales es capaz de generar múltiples objetos, en lugar de ser un diseñador de objetos individuales.”

Ludwig von Bertalanffy biólogo y filósofo austriaco, fue reconocido por su teoría de sistemas “Understanding required not only the elements but also the relationships between them”<sup>12</sup>. Surge una creciente preocupación por la necesidad de entender la arquitectura no solo como una suma de varios elementos, sino también teniendo en cuenta la relación entre los mismos.

A su vez, la universidad como institución sufre un proceso de cambio. Las instalaciones evolucionan de un sistema en el cual estaban fragmentadas y diferenciadas por la docencia que se impartía en ellas, a un modelo basado en la educación interdisciplinar, donde las fronteras entre las diferentes disciplinas eran cada vez menos aparentes. Surge la necesidad de crear nuevas obras arquitectónicas capaces de garantizar las relaciones internas que van a suceder.



Img. 13: Dibujos originales del concurso para la Free University of Berlin. Autor: Candilis, Josic, Woods y Scheidhelm Año: 1970

Img. 14: Dibujos originales del concurso para la Free University of Berlin. Autor: Candilis, Josic, Woods y Scheidhelm Año: 1970

Es por tanto apreciable la efectividad que podría tener la aplicación de la teoría de sistemas a la hora de resolver el proyecto del IPSV. Es este hilo de pensamientos, el que lleva a la estructura formada por departamentos, característica de las universidades construidas en el año 1970, como la *Free University of Berlin*. [Img. 13,14]

Paralelamente y acorde al cambio que experimentaba la sociedad, las universidades europeas comienzan a acoger alumnos de un abanico mayor de la población. La reforma educativa se extendió por todo el continente, y con ello se convocan numerosos concursos para la creación de nuevas universidades, capaces de otorgar un servicio a la altura de las demandas de los usuarios. En España, se establecen las universidades autonómicas en Madrid, Bilbao y Barcelona, posteriormente nace el **Instituto Politécnico Superior de Valencia** <sup>13</sup>.

Se analizará el proceso de diseño e ideación, constructivo y urbanístico del proyecto realizado por el estudio L35 para la creación del **IPSV**. El proyecto final y ganador, no difiere en gran medida de las exigencias que se encontraban en el pliego del concurso público. No obstante, los diversos diagramas [Img. 12], dibujos [Img. 11] y planos realizados por el grupo de arquitectos demuestran una convicción firme desde los inicios del gran potencial de la metodología de sistemas. El pliego de exigencias del concurso cuenta con dos puntos a destacar. En primer lugar, la obligatoriedad en la utilización de un método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), una herramienta que se utiliza para programar, organizar y planificar en detalle las tareas de un proyecto <sup>14</sup>. En el caso del IPSV el proceso de creación de un calendario de trabajo duró 9 semanas, el resultado final dividió la tarea en dos fases, una primera fase de toma de decisiones y una segunda fase de ejecución de la obra.

En segundo lugar, la aplicación de un método de diseño basado en las iteraciones. El diseño iterativo es un proceso de desarrollo donde se experimenta, prueba y evalúa un producto con el objetivo de eliminar problemas o errores que afecten a las experiencias de los usuarios.

En el caso del IPSV son tres las principales interacciones entre sistemas que se tuvieron en cuenta. El sistema funcional, el cual surge de la necesidad social y de la revolución educativa que estaba experimentando España. El sistema constructivo, fundamentado en la optimización, la reducción de costes y la facilidad de puesta en obra. No es una sorpresa que el estudio L35 se decantase por la utilización de sistemas constructivos prefabricados, disminuyendo de esta manera la cantidad de labores que se realizan a pie de obra, y consiguiendo una mayor calidad en el resultado gracias a la fabricación en serie mediante procesos industrializados de las diferentes partes que componen el proyecto <sup>15</sup>.

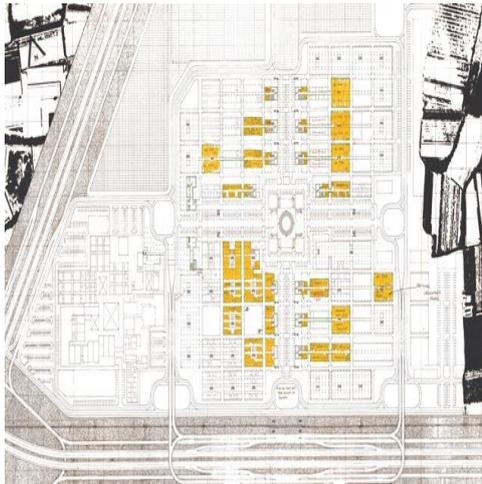
En último lugar, el sistema urbano. Debido a la magnitud del proyecto, la universidad comienza a visualizarse como una ciudad en miniatura. En ella se producirán multitud de encuentros y actividades sociales de diferente índole. Además, la universidad debe estar preparada para su futura expansión, sin que ello suponga un detrimento en las capacidades funcionales de los elementos preexistentes. De este modo el proyecto deberá estar dotado de viales rodados y peatonales, los cuales deberán estar claramente diferenciados. Se suma la necesidad de equipamientos e instalaciones suficientes para satisfacer las necesidades de los usuarios. Se analiza cada uno de estos sistemas en referencia al proyecto del IPSV por parte del estudio de arquitectura L35.

### **3.2.1 Sistema funcional**

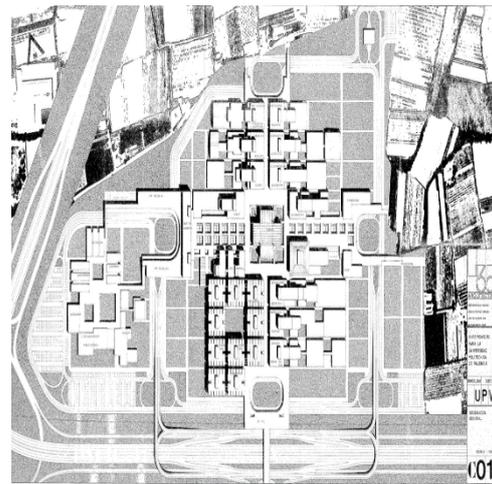
La universidad, entendida como un edificio aislado se consideró un concepto obsoleto en el momento en el que se comprende que el avance en los estudios superiores se produce precisamente en los límites entre las diversas disciplinas y el choque entre ellas <sup>16</sup>. Es en estas fronteras donde los alumnos se reúnen, intercambian conocimiento y llegan a diversas conclusiones. Al fin y al cabo, la universidad es un lugar en el que aprender y transmitir conocimiento, y por ende debe facilitar este proceso. La antigua organización basada en escuelas diferenciadas cambió rápidamente a un modelo en el que la división departamental cobraba mayor importancia.

Este cambio de paradigma provocó un considerable aumento en el programa. En un principio se manejaban únicamente cuatro escuelas. Al tomar protagonismo los departamentos, este número asciende a hasta 29 elementos. Y no solo esto, se debía de tener en cuenta el aumento de estos con el paso del tiempo. Se trataba de un proyecto complejo, que requería un enfoque diferente <sup>17</sup>.

El programa del IPSV se compone de una lista de relaciones entre los elementos, más que una lista de las funciones de dichos componentes. En un breve informe con fecha 22 de septiembre de 1972 el grupo de arquitectos L35, encargado de la construcción del IPSV explican como analizaron el programa y elaboraron un organigrama delimitado por zonas para la posible expansión de la universidad. Pretendían reducir al mínimo las distancias a pie que debían de recorrer los estudiantes. Tomaron una visión muy matemática, cuantificando numéricamente las similitudes entre los diversos departamentos, cuanto mayor similitud exista entre un departamento y otro más probable es que se produzca movimiento entre ellos, no teniendo sentido por tanto que se situasen en zonas opuestas del campus.



Img. 15: Plano organizativo de la Universidad Politécnica de Valencia. Autor: L35 Arquitectos Año: 1974



Img. 16: Anteproyecto de la Universidad Politécnica de Valencia. Autor: L35 Arquitectos Año: 1972

En palabras de los propios arquitectos, “El número de coincidencias entre dos departamentos en lo que respecta a una titulación determinada se define como el número de asignaturas de dicha titulación que imparten ambos departamentos en el mismo semestre”<sup>18</sup>.

Una vez realizado el análisis, la información se compiló en una tabla [Img. 17]. Los datos obtenidos se utilizaron para realizar un gráfico topográfico donde se mostraban las interacciones entre los diferentes departamentos y su posición en relación con las cuatro titulaciones y el centro de la universidad [Img. 18]. Cada titulación se asignó a uno de los cuatro ejes representados en el gráfico, y el número de coincidencias de un departamento se definió mediante las coordenadas de un punto. A continuación, se trazó una línea recta entre dicho punto y el centro. A menor distancia entre la recta y uno de los cuatro ejes, mayor es la afinidad de la titulación en cuestión. Gracias a este sistema, fue posible establecer la localización exacta de cada departamento dentro del sistema global que conformaban<sup>19</sup>.

Por último, los arquitectos elaboraron un organigrama zonal, que dividía los departamentos en cuatro zonas [Img. 19]. Los departamentos con mayor afinidad, o como lo definen L35, mayor número de coincidencias, se situarían cerca del centro, mientras que los departamentos más específicos estarían más alejados. De esta forma se generan una serie de circulaciones bien definidas y jerarquizadas, consiguiendo que las distancias recorridas por alumnado y profesorado de un departamento afín a otro sean mínimas.

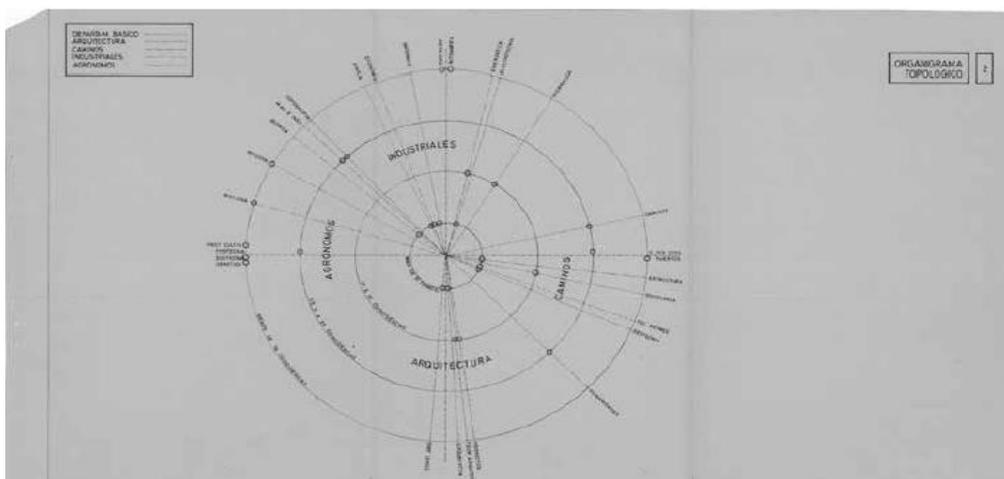
Sin embargo, esta jerarquización de las circulaciones presenta una contradicción. Pese a que ayuda a clarificar el proceso organizativo, dificulta la posibilidad e incluso en ciertas situaciones, imposibilita la relación entre algunos departamentos. Tratándose de una institución pública, y teniendo en cuenta el contexto social de España en los 70, la jerarquización de la universidad podía causar una sensación de clasismo, que no concuerda con el cambio social que se estaba produciendo en todo el continente europeo.

Una universidad concebida como un sistema de departamentos interrelacionados no puede dotarse de una estructura jerárquica sin poner en peligro su capacidad para funcionar como una red interconectada.

En conclusión, se observa que esta forma de resolver el proyecto del IPSV responde un método de diseño bastante mecanizado. Los arquitectos dejaron de lado la intuición propia de la profesión a la hora de relacionar los diversos programas, resultando en un proyecto muy metódico que no da pie a la sorpresa o la incertidumbre. Pero no cabe duda, que se trata de un mal menor, debido a la gran magnitud y complejidad del trabajo. La titánica tarea de movilizar de manera rápida y efectiva a más de doce mil personas en un campus de 100.000 m<sup>2</sup> no puede abordarse basándose en la intuición. En obras de tal envergadura, se requiere de un planteamiento sistemático, cuantificando y dividiendo los problemas, iterando las posibles soluciones de manera metódica, hasta alcanzar la solución correcta.

Img. 17: Tabla de coincidencias entre los departamentos del IPSV. Autor: L35 Arquitectos Año:1972.

Filas y columnas representan los diversos departamentos.



Img. 18: Organigrama topológico del IPSV Autor: L35 Arquitectos Año:1972

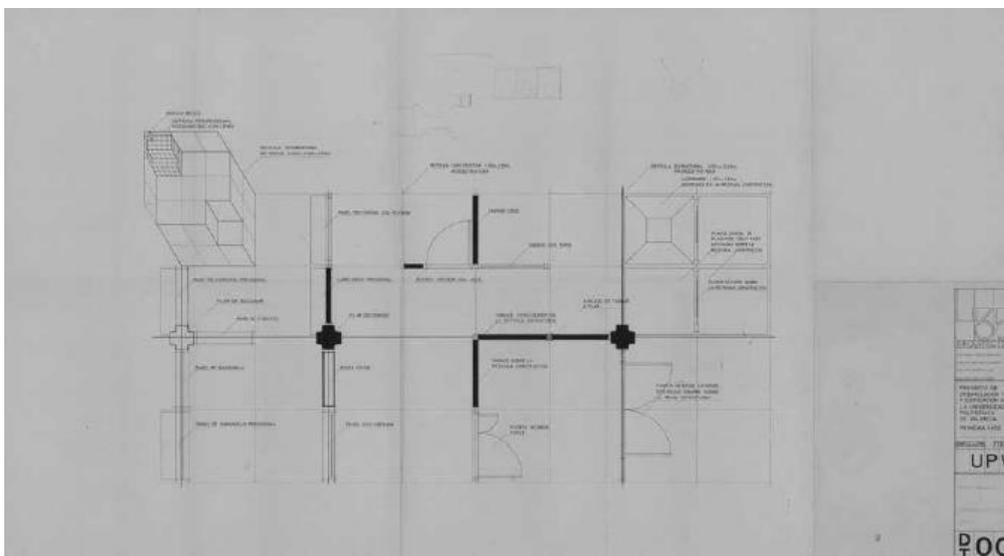
La leyenda muestra una tipología y valoración diferente de línea dependiendo de la titulación académica a la cual pertenece el departamento en cuestión. De arriba abajo, encontramos Departamento básico, Arquitectura, Caminos, Industriales y Agrónomos.



### 3.2.2 Sistema constructivo

Desde la concepción del proyecto, los arquitectos del IPSV entendieron la materialización de la obra como un ejercicio basado en la combinación de piezas prefabricadas de hormigón. Se optó por la prefabricación no solo porque simplificaba el proceso de producción, sino también por su impacto en el proceso creativo. Ayudaba a estandarizar la fase de diseño<sup>20</sup>.

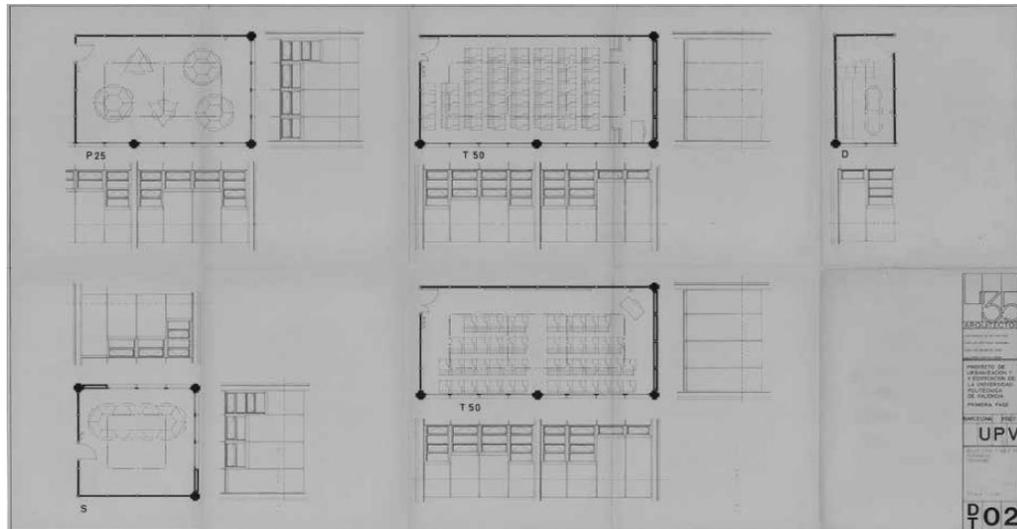
La utilización de procesos constructivos mediante la aplicación de piezas prefabricadas responde a una necesidad no solo de disponer de reglas para coordinar todas las piezas del sistema, sino a una mejora en la calidad constructiva de los productos debido a una mayor homogeneidad. Todos los procesos se realizaban en fábrica, con procedimientos de fabricación industrializada en serie. Una de las principales herramientas que acompaña este sistema constructivo es la aplicación del módulo, el cual permite estandarizar las medidas del proyecto y facilita la composición. El grupo de arquitectos de L35, en la fase de concurso del IPSV, ya presentó un producto modulado. En esta fase, consistía en dos series ortogonales basadas en el módulo industrial de 2,5m. Los submódulos de 1,25m y 0,83m dictaban la dimensión de los elementos constructivos más comunes, mientras que los múltiplos de 2,5m, 5,00m, y 7,50m dictaban el diseño estructural<sup>21</sup>. Sin embargo, en las siguientes fases de diseño el módulo final se cambió a un módulo de 3,00m, para adecuar la construcción del IPSV a las nuevas medidas constructivas<sup>22</sup>. El plano DT-00[*img.20*], “*Rejillas modulares y disposición de los módulos*” muestra como encajan los diferentes elementos en la cuadrícula. Se observa la métrica fija que compone tanto los elementos de partición interior, como la posición de los elementos de fachada y estructurales.



*Img. 20: Plano de rejillas modulares y disposición de los módulos Autor: L35 Arquitectos*

La aplicación de una metodología basada en la mecanización está presente en todos los aspectos del IPSV. Desde la utilización de la teoría de sistemas para la organización del conjunto de la universidad, pasando por la aplicación de un sistema PERT de organización de trabajo y finalmente la aplicación del sistema

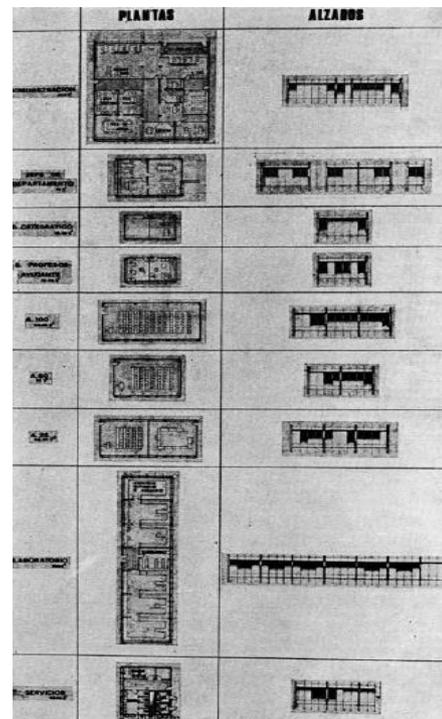
prefabricado modular. Los documentos muestran el gran conocimiento y habilidades técnicas de los arquitectos a la hora de trabajar de lo general, a lo particular, así como una convicción total en la sistematización del proceso de diseño.



Img. 21: Plano DT-02, proyecto de organización y edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. Autor: L35 Arquitectos

La sucesión de los diversos planos “DT” nos muestran el alcance del proceso seguido por L35. En el plano denominado “DT-02” [Img.21] *aparecen* los despieces de los elementos que componen la fachada y su relación con el interior, así como con el sistema estructural del edificio. Los planos, nos muestran una visión directa al pensamiento de los arquitectos. Entendiendo el proyecto como si de un puzzle se tratara, donde todas las piezas referentes a aulas, despachos, laboratorios, aseos, núcleos de servicio y comunicaciones están estandarizados y modulados, con los detalles correspondientes a las fachadas también grafiados [Img.22]. Recuerda, en cierta manera, a un manual de instrucciones.

La siguiente fase del proceso de ensamblaje son las secciones horizontales de estos módulos prefabricados, que se unirán formando los diferentes departamentos. [Img. 23]. La organización de estos responde a dos ejes principales, uno horizontal y otro vertical que dividen la superficie en sus diversos usos.



Img. 22: Plano de plantas y alzados de los módulos correspondientes a aulas, laboratorios, despachos, aseos, núcleos de servicio y comunicaciones. Autor: L35 Arquitectos

Siguiendo el eje horizontal, en un extremo se encuentra el acceso a través del eje peatonal y las oficinas administrativas, y en el otro, la conexión con los laboratorios de investigación. En el eje vertical, en planta baja se encuentran los laboratorios pesados, y en las plantas superiores, las pasarelas principales y las zonas docentes. Este diseño, no se corresponde con la capacidad creativa de los arquitectos sino de una serie de normas establecidas en el pliego del concurso y del proyecto. Esta organización sistematizada, continua vigente hoy en día en todas las escuelas que fueron fundadas en los inicios del IPSV.

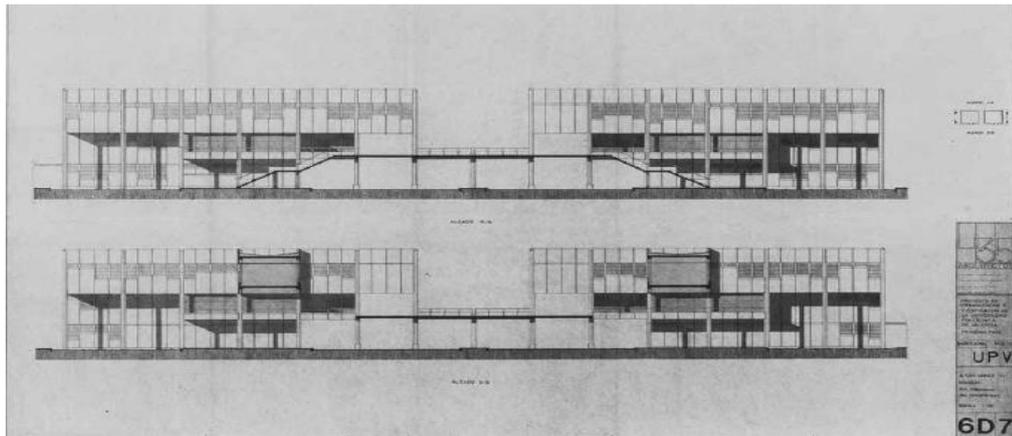
Para poder luchar contra la monotonía que supone un diseño de este estilo, los arquitectos combinaron paneles sólidos, con paneles con aberturas y paneles con diversas texturas, creando un ritmo exterior y rompiendo con la linealidad del diseño <sup>23</sup>. Esta elección, otorga el aspecto característico de la Universidad Politécnica de Valencia en la actualidad. No obstante, el paso de los años ha hecho mella en las fachadas de numerosas escuelas, siendo necesario los trabajos de reparación y mantenimiento.

### 3.2.3 Sistema urbanístico

El proyecto del IPSV se entendía no solo como una institución académica, sino como una pequeña ciudad, en la que se van a realizar actividades sociales y culturales. Un recinto de relación y transferencia de conocimiento. Su organización por tanto debe basarse por una parte en lo estrictamente académico y por otra, no solo facilitar las relaciones sociales sino intensificarlas.

En el caso del equipo de L35, entendieron desde el inicio del proyecto que este debía de ser concebido de esta manera. Ya en la fase de concurso presentaron un trabajo en el que se combinaban las actividades académicas con la vida urbana <sup>24</sup>. El entendimiento de la universidad como una ciudad conlleva a una serie de soluciones, como la separación diferenciada entre las vías rodadas y las peatonales, divididas en diferentes niveles. La solución adoptada, visible hoy en día en el campus de Vera, consistió en una pasarela peatonal elevada a la altura de la primera planta, mientras que las vías rodadas permanecían en planta baja . La conexión entre ambas plantas se realizó mediante escaleras, rampas y una gran cantidad de patios. Esta circulación además generaba una serie de espacios abiertos que no solo servían como elementos de comunicación, sino que generaban espacios de reunión al aire libre, favoreciendo y fomentando de esta manera las interacciones sociales.

Uno de estos espacios característicos es el *Ágora*, término que proviene de la Antigua Grecia, se utilizaba para designar a la plaza de las antiguas ciudades estado griegas, donde se solían congregarse los ciudadanos. Era un espacio abierto centro del comercio, la cultura y la política. Centro de la vida social de los griegos, normalmente rodeada de edificios privados y públicos. En la actualidad, en el *Ágora* de la UPV, se sitúa el acceso a la biblioteca central, así como a diferentes servicios tales como cafeterías, papelerías, librerías y farmacia.



*Img. 23: Alzados del proyecto de la Universidad Politécnica de Valencia Autor: L35 Arquitectos Año: 1972*

## **4 Proyecto de remodelación arquitectónica**

## 4.1 Estudio VVV

El estudio de Arquitectura y Paisaje, *Estudio VVV*, es un estudio de arquitectura familiar con más de cuarenta años de experiencia. El arquitecto fundador es un catedrático de Proyectos Arquitectónicos en la Universidad Politécnica de Valencia, Vicente Manuel Vidal Vidal (VVV).

Los proyectos generados por el grupo de arquitectos asumen la definición de “*Arquitectura de Autor*”, donde “*la Arquitectura de Diseño*” se desquita de lo superfluo y estilizado de las modas para convertirse en una “*Arquitectura ecológica y eficiente*”, y por tanto bien construida. Dentro de esta categoría de “*Arquitectura de Autor*” somos el estudio más competitivo, tanto en proyectos de obra nueva como de rehabilitación, teniendo gran experiencia en ambos campos<sup>25</sup>.

La firma realiza proyectos tanto de obra nueva como de rehabilitación de edificios históricos, trabajos de gran envergadura urbana hasta proyectos de arquitectura interior. Sus trabajos más habituales engloban obra pública, viviendas unifamiliares, viviendas plurifamiliares, edificios industriales y de oficinas, rehabilitación y consolidaciones estructurales<sup>26</sup>.

El equipo está formado por arquitectos y arquitectos técnicos. Entre sus miembros destacan:

**Vicente Manuel Vidal Vidal**, arquitecto desde 1973 y doctor en Arquitectura desde 1982. Profesor titular de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Catedrático de Proyectos (1995). Fue Vicerrector de Coordinación de Cultura y Territorio de la UPV entre 2000 y 2004. Ha sido autor de proyectos de: espacios públicos y de infraestructuras, rehabilitaciones, ampliaciones y obra nueva de viviendas, edificios administrativos, universitarios, industriales, escolares, sanitarios e institucionales como bancos y museos. Desde 2016 es *Profesor Ad Honorem* de la *Universidad Politécnica de Valencia*<sup>27</sup>.

**Ciro Manuel Vidal Climent** es arquitecto desde 1997 y profesor asociado de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia desde el año 2005. Actualmente da clases de Proyectos I en el Taller H. Es autor de proyectos de obra nueva de edificios culturales públicos, garajes y viviendas, junto a una actividad creciente en cuanto a la rehabilitación y refuerzo estructural de conjuntos fabriles de interés cultural y edificios de viviendas en casco urbano<sup>28</sup>.

**Ivo Vidal**, decidió ser arquitecto en 1988, años después ingreso en la Escuela de Arquitectura de Valencia. En 1998 se graduó como arquitecto titulado UPV. Desde entonces su actividad se ha desarrollado tanto en el campo del urbanismo, de la arquitectura como en el interiorismo, el diseño industrial y la dirección artística. Siempre con el convencimiento de que el urbanismo, la arquitectura y el diseño son la misma disciplina, pero a distinta escala. Desde el año 2000 compagina su trabajo profesional con la docencia y la investigación arquitectónica. Dirige el estudio de arquitectura VVV<sup>29</sup>.

Entre los proyectos realizados por el estudio destacan la reforma y ampliación de la Fabrica Jover [Img. 24], La casa de Piedra [Img. 25], o la remodelación de la facultad de Arquitectura de Valencia [Img. 26].



*Img. 24: Fabrica Jover, Alcoy, Alicante, España . Autor: Estudio VVV Año:2012*



*Img. 25: La Casa de Piedra, Cocentaina, Alicante, España. Autor: Estudio VVV Año: 2012*



*Img. 26: Remodelación ETSA, Valencia, España. Autor: Estudio VVV Año:2012*

## 4.2 Remodelación de la ETSA

La facultad de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, que nació del proyecto ganador de L35 Arquitectos, experimenta una remodelación en el año 2012, debido a la decisión de rectora de la UPV de convocar en el año 1999 tres concursos consecutivos.

Un primer concurso para la eliminación de las plantas de corta +4,00 conectaban entre si las cuatro escuelas originales. Otro concurso para la sede del Vicerrectorado de Cultura, que no se llevó a cabo. Y un último concurso para la remodelación y ampliación de la ETSA, que fallo a favor del proyecto presentado por el estudio VVV el cual se expone a continuación <sup>30</sup>.

En cuanto al proyecto, este tuvo que ser realizado en tres fases para no interrumpir el funcionamiento docente. Fue pensado de manera que siempre quedaran disponibles las aulas necesarias para la jornada estudiantil.

En la primera de las fases, se amplió toda la cota +8,00m con nuevas dotaciones, que consistían en 6 salas de proyectos, con 6 aulas teóricas que las servían más los despachos correspondientes al departamento de proyectos arquitectónicos. En la cota +4,00m se actúa de forma diferente. Los módulos utilizados por el estudio L35 para la creación de aulas conformaban aulas desproporcionadas, con un uso más eficiente del espacio, se consigue convertir las seis aulas existentes, en un total de doce aulas con una iluminación lateral continua <sup>31</sup>.

Al fragmentar el proceso de forma que siempre estuviera disponible una zona de la escuela, la siguiente fase se centra en el área Sur-Este. En esta zona de la ETSA se encuentra dirección y secretaria, los despachos y talleres de los departamentos de Construcción, Materiales, Mecánica del suelo, Instalaciones, Estructuras, Urbanismo y Matemática aplicada. Es en esta zona, donde se instaló también el Centro de Información Arquitectónica (CIA). En la cota +0,00m de esta zona, se recupera el espacio para utilización directa de alumnos y profesorado para impartir la docencia, eliminando los aparcamientos y creando así una zona

de aulas para la escuela de arquitectura y la escuela de caminos, con una calle ajardinada que las separa. [Img. 27].

La tercera fase consistió en la construcción del Aula Magna y la remodelación de la zona Noroeste, donde se sitúa la secretaría del departamento de Proyectos Arquitectónicos y los despachos del departamento de Expresión Gráfica <sup>32</sup>.



*Img. 27: Paseo interior ajardinado, Valencia, España. Autor: Estudio VVV Año: 2012*



*Img. 28: Nueva entrada a la ETSA, Valencia, España. Autor: Estudio VVV Año: 2012*

La escuela original surge de la metodología aplicada por el estudio L35 para la creación del complejo de la UPV. Esta metodología estaba basada en un realismo económico y técnico, inspirados en crear un conjunto de elementos que permitiera su fácil ampliación en el futuro. Para ello, se siguió una modulación estricta que permitió la ordenación clara y específica de los diversos departamentos. La remodelación de la ETSA supone interiorizar el módulo original y la composición resultante de su utilización, estableciendo nuevas normas que coexistan con el proyecto original.

Por ello la firma arquitectónica VVV establece una serie de reglas para elaborar el proyecto que les permitan actuar con la lógica interna de la construcción heredada y transformarla acorde a las nuevas exigencias utilizando un código arquitectónico preciso. Dichas reglas, son las siguientes <sup>33</sup>.

*“1. La aceptación de la linealidad de las circulaciones principales en sentido Este-Oeste y su desarrollo espacial, tanto horizontalmente a través de las enfiladas Este-Oeste que terminan en vistas hacia los jardines del campus, como verticalmente a través de la relación visual entre la planta de servicio a cota +4,00 y la superior.*

*2. Rescatar de las cesuras del proyecto original una estructura ya ausente de patios, con el fin de reintroducir la luz en los distintos niveles que actualmente carecen de ella, produciendo una atmósfera basada en la luz filtrada a través de la transformación de estos patios en jardines.*

*3. Asumir la envolvente de los prefabricados existentes de fachada para no perder la homogeneidad del conjunto formado por las cuatro escuelas. Esta cualidad pétreo existente nos aconseja introducir nuevos paramentos de piedra*

*tersos y lisos con el objetivo de ser fieles a la luz reflejada y no a las texturas preexistentes*

*4. Mostrar la transición entre la masa discontinua del prefabricado y los nuevos volúmenes aristados y continuos de piedra, a través de la separación con masas de vidrio de gran fricción o vacíos de aire y sombra.*

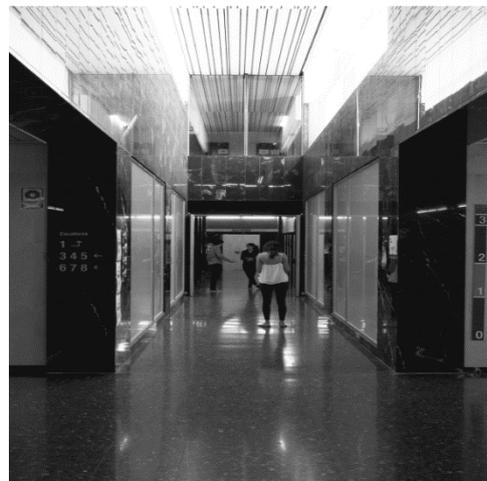
*5. Hacer perceptible internamente la estructura vertical asociada a escaleras, bloques de aseos y ascensores.*

*6. Emplear un armazón ligero de acero sobre la estructura pesada de hormigón eliminando la presencia reiterativa de los pilares de hormigón.”*

El estudio establece pues, una serie de normas que serán los pilares del proceso de diseño del proyecto, y gracias a las cuales podrán identificar qué elementos requieren intervención. En primer lugar, se trabaja la puesta en valor de las circulaciones [img.29], ya que no resultaban coherentes con la ordenación vertical de escaleras, servicios y aulas. Se eliminan los antiguos falsos techos y se dinamizan los pasillos otorgándoles iluminación natural a través de paramentos laterales transparentes de gran tamaño. La sección de los pasillos Este-Oeste se duplica en altura, estableciendo un patrón claro en la circulación, la cota +4,00m se convierte en el recorrido principal, a través de la cual se da acceso al resto de elementos que conforman la escuela. Se añade un nuevo acceso en el Este a cota +0,00m y la planta baja se libera completamente, localizando en ella laboratorios y talleres <sup>34</sup>.



*Img. 29: Intersección de pasillos cota +4,00m  
Autor: Estudio VVV Año: 2012*



*Img. 30: Comunicación horizontal cota +4,00m  
Autor: Estudio VVV Año: 2012*

El estudio genera nuevos patios interiores [img.31] en cota +8,00m de dimensiones 6x12 m en los cuales se sitúa vegetación autóctona. Estos patios no solo generan espacios abiertos en las cotas superiores que pueden ser utilizados como áreas de descanso, sino que iluminan tanto las aulas de las plantas a las que pertenecen como los pasillos de cota +4,00m gracias a la doble altura de estos.

Compuestas por una pasarela lateral que sirve de espacio de exposición, bajo la cual se sitúa una cristallera que recorre toda la longitud de esta, las aulas de proyectos [img.32], de dimensiones 9x45m se encuentran completamente iluminadas por luz natural. Estas aulas disponen de terraza en su misma cota, que las dilata visual y funcionalmente <sup>35</sup>.



Img. 31: Patios interiores cota +8,00 Autor:  
Estudio VVV Año: 2012



Img. 32: Aulas de proyectos Autor: Estudio VVV  
Año: 2012

Se llevó a cabo la creación del CIA [img.33], mediante una sala con un recorrido escalonado ascendente cuyo perímetro a un lado se encuentra repleto de estanterías con libros y al otro lado cubículos para el estudio individual de los alumnos. El aula magna [img.34] es concebida al estilo de las aulas académicas que Giuseppe Pagano proyecto para la universidad de Bocconi <sup>36</sup>.

Se avanza al tema constructivo, de vital importancia debido a la influencia que tiene respecto de la modelización en programas informáticos del bloque de acceso de la ETSA. El estudio VVV establece tras peritación, que la estructura es capaz de soportar una planta más en aquellas zonas donde únicamente se alcanzan dos alturas. Por ello, se generan nuevos espacios mediante la utilización de una estructura formada por perfiles de acero, superpuesta a la antigua estructura de hormigón. Este espacio se utiliza principalmente para despachos de profesorado.

La envolvente del edificio se construye mediante un muro de dos hojas solidarias entre sí, la interior de ladrillo, y la exterior de piedra, trabadas mediante montantes de piedra de 18x10x90cm solidarios a la fábrica de ladrillo, que permiten a través de galces laterales el ensamblaje en seco de lastras de 30x140x4 cm, formando un muro continuo terso, con aislamiento intermedio <sup>37</sup>.



*Img. 33: Fachada de la ETSA Autor: Estudio VVV  
Año: 2012*



*Img. 34: Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
de Valencia Autor: Estudio VVV Año: 2012*

Los núcleos de escaleras del proyecto preexistente se utilizan para remodelar y afirmar la posición de las nuevas escaleras. Éstas se construyen sobre la vertical de las anteriores, mediante una estructura sólida de acero sobre la que se montan los peldaños macizos y aristados de una sola pieza, de 18 x 28 cm, formando un paralelepípedo <sup>38</sup>.

La cobertura del edificio se realiza con una plancha sándwich sustentada por la estructura metálica. El sistema de recogida de pluviales se organiza con canalones de acero inoxidable drenados en múltiples puntos por una red de tuberías horizontales asegurando 1 metro de columna de agua para garantizar la uniformidad del drenaje. Esta red se conduce a los patinillos centralizados de instalaciones permitiendo así la existencia de grandes superficies sin las interrupciones de las bajantes <sup>39</sup>.



*Img. 35: Envoltente de la ETSA Autor: Estudio VVV Año: 2012*

## **5 Modelización de la estructura**

## 5.1 Evaluación de cargas

Para realizar la monitorización se crea un modelo virtual el edificio de acceso a la ETSA mediante el programa informático **Architrave**®. A la edificación informatizada se aplican las cargas establecidas en el *Código Técnico de la Edificación (CTE)*, específicamente del apartado **DB-SE-AE: Documento Básico de Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación**.

No se tendrán en cuenta acciones como el incendio o el impacto. En cuanto a los pesos propios de los elementos estructurales del edificio de acceso a la ETSA, el programa **Architrave**® los tiene en cuenta al modelizar el edificio, y por lo tanto no se colocan como una carga adicional.

### 5.1.1 Acciones permanentes

Los datos necesarios serán obtenidos del Anejo C del DB-SE-EA, donde se encuentran incluidos los pesos específicos de los elementos constructivos más habituales.

#### 5.1.1.1 Planta baja

##### **Pesos propios de elementos estructurales:**

Pese a que el programa informático **Architrave** tiene en cuenta el peso de los elementos estructurales que conforman el edificio, el forjado se compone de una losa de hormigón aligerada de 150mm de espesor y de un terrazo sobre mortero con un espesor total de 100mm. En el primer modelo estructural se representa en **Architrave**® mediante áreas de reparto.

Forjado de losa aligerada de hormigón prefabricado, espesor 150mm	
tipo H-150 .....	2,5kN/m <sup>2</sup>
Solado terrazo sobre mortero de 100mm de espesor .....	1kN/m <sup>2</sup>
<b>Total.....</b>	<b>3,50kN/m<sup>2</sup></b>

##### **Cargas de cerramientos:**

La compartimentación interior del edificio de acceso a la ETSA es muy ligera, compuesta principalmente por sistemas prefabricados a base de marquesinas. Se define la tabiquería como una carga superficial de 0,5kN/m<sup>2</sup> en toda la planta.

La fachada adquiere mayor complejidad debido a que en ella coexisten dos soluciones constructivas diferentes. Por un lado, el trabajo original de L35 y por otro la remodelación realizada por el estudio VVV. La fachada antigua está compuesta por unos paneles de hormigón prefabricado siguiendo una modulación clara entre los pórticos del edificio. No obstante, para evitar la monotonía L35 realizó diversas variaciones en dichos módulos y por tanto las piezas que los componen varían. Para mantener el modelo lo más cercano posible a la realidad, se analiza individualmente cada uno de los módulos y se le asigna el peso específico correspondiente a cada panel que los compone, representado mediante una carga uniformemente repartida en **Architrave**®.

Se realiza un desglose de los diversos módulos. Estos están conformados por paneles de hormigón prefabricado que tienen un espesor de 0,15m, una altura variable y un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>.

En la figura 1 se encuentran representados todos los módulos de la planta baja, para los pórticos de 3m y de 6m de longitud.

Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, una altura de 3,50m y un espesor de 0,15m ..... 13,125kN/m

Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, una altura de 2,50m y un espesor de 0,15m ..... 9,375kN/m

Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, una altura de 1m y un espesor de 0,15m ..... 3,75kN/m

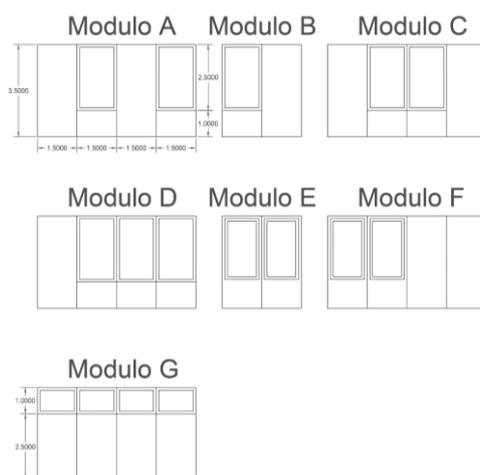


Fig. 1: Módulos planta baja edificio acceso ETSA.

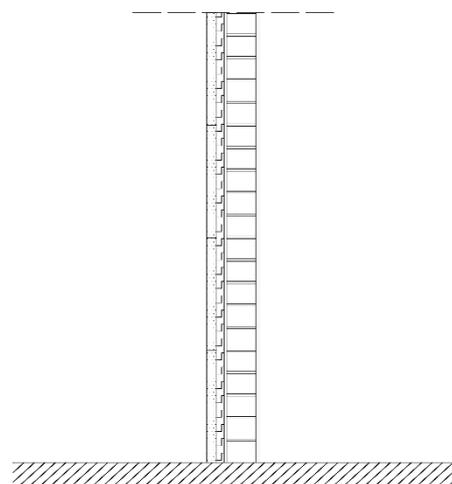


Fig. 2: Detalle muro envolvente fachada remodelada.

La nueva fachada realizada en el año 2012 se resuelve mediante un muro de dos hojas solidarias entre sí, la hoja interior de ladrillo, y la exterior de piedra. Para el modelo de Architrave© se simplifica la fachada y se establece una carga lineal en el perímetro de la planta.

El muro [Fig. 2] por tanto, se compone de los siguientes elementos. Desde el exterior al interior:

Una hoja exterior de piedra arenisca con un peso específico aparente de 22kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,04m y una altura de 4m ..... 3,52kN/m

Una capa de aislante intermedio, con un peso específico aparente de 0,025kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,03m y una altura de 4m ..... 0,003kN/m

Una hoja interior de ladrillo perforado con un peso específico aparente de 15kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,12m y una altura de 3,70m ..... 6,66kN/m

Un guarnecido y enlucido de yeso con un peso por unidad de superficie de 0,15kN/m<sup>2</sup>, y una altura de 3,70m ..... 0,555kN/m

**Total de la envolvente ..... 10,738kN/m**

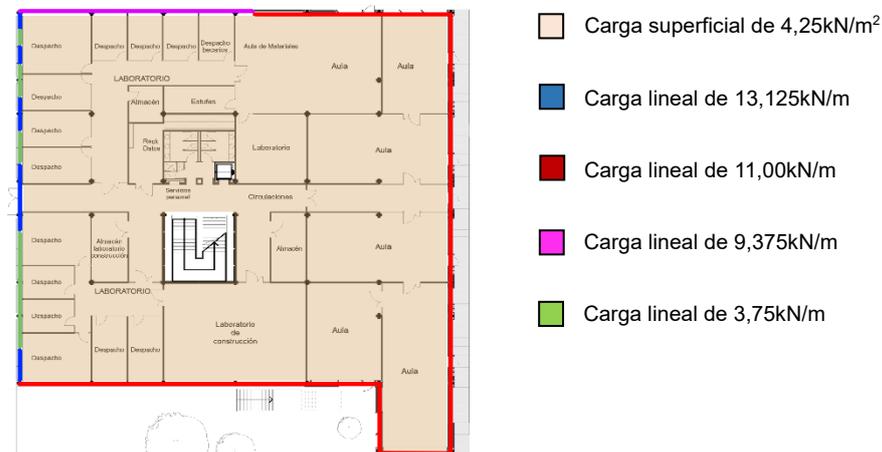
Se aproxima la carga a un valor final de **11,00kN/m**

Tabiquería ..... 0,5kN/m<sup>2</sup>

**Cargas adicionales:**

Falso techo más instalaciones..... 0,25kN/m<sup>2</sup>

La carga permanente superficial tendrá un valor de 4,25kN/m<sup>2</sup>.



Img. 36: Asignación de cargas planta baja.

**5.1.1.2 Primera planta**

**Pesos propios de elementos estructurales:**

Forjado de losa aligerada de hormigón prefabricado, espesor 150mm  
tipo H-150 ..... 2,5kN/m<sup>2</sup>  
Solado terrazo sobre mortero de 100mm de espesor ..... 1kN/m<sup>2</sup>  
**Total.....3,50kN/m<sup>2</sup>**

**Cargas de cerramientos:**

Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, una altura de 4m y un espesor de 0,15m..... 15kN/m  
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, una altura de 2,5m y un espesor de 0,15m..... 9,375kN/m  
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, una altura de 2m y un espesor de 0,15m..... 7,5kN/m  
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, una altura de 1,5m y un espesor de 0,15m..... 5,625kN/m

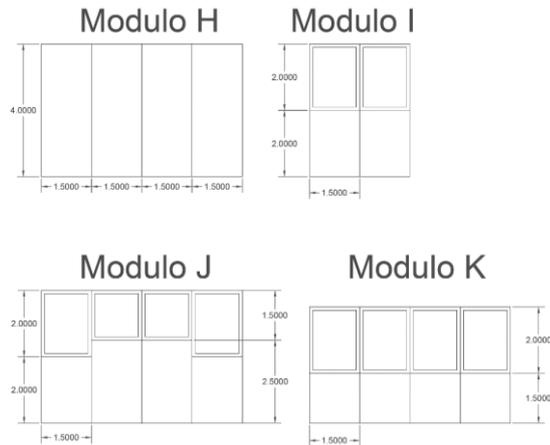


Fig. 3: Módulos planta primera edificio acceso ETSA

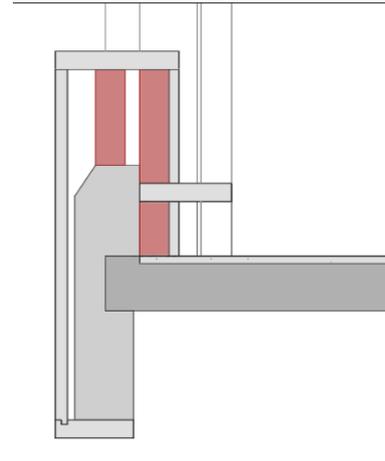


Fig. 4: Detalle antepecho cota +4,00m  
Autor: Estudio VVV

En planta primera, únicamente se encuentra remodelado el antepecho [Fig. 4] de la zona exterior de comunicación de cota +4,00m. Se coloca como una carga lineal en el perímetro.

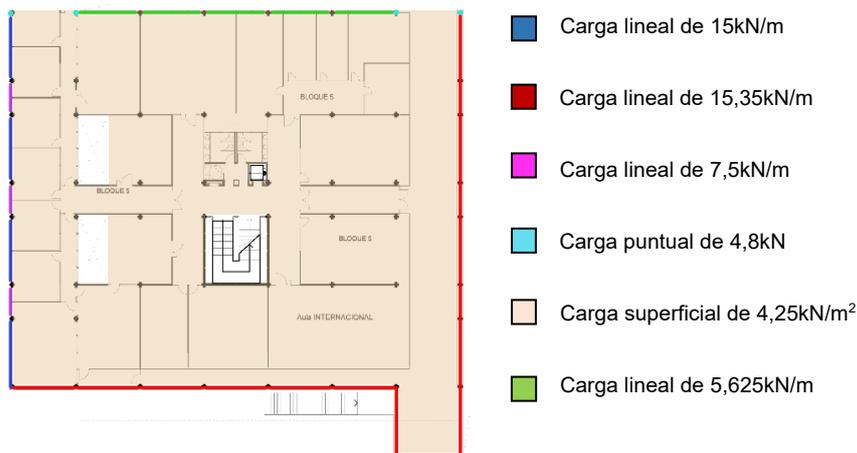
El antepecho [Fig. 4] desde el exterior al interior está compuesto por:

Una hoja exterior de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,04\text{m}$ y una altura de $1,9\text{m}$ .....	$1,672\text{kN/m}$
Un remate inferior de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,32\text{m}$ y una altura de $0,10\text{m}$ .....	$0,704\text{kN/m}$
Un remate superior de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,505\text{m}$ y una altura de $0,10\text{m}$ .....	$1,111\text{kN/m}$
Un montante de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,24\text{m}$ y una altura de $1,4\text{m}$ .....	$7,40\text{kN/m}$
Una hoja intermedia de ladrillo perforado con un peso específico aparente de $15\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,12\text{m}$ y una altura de $0,52\text{m}$ .....	$0,940\text{kN/m}$
Una capa de aislante con un peso específico aparente de $0,025\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,03\text{m}$ y una altura de $1\text{m}$ .....	$0,00075\text{kN/m}$
Una hoja interior de ladrillo perforado con un peso específico aparente de $15\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,12\text{m}$ y una altura de $1\text{m}$ .....	$1,80\text{kN/m}$
Una pieza horizontal de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,37\text{m}$ y una altura de $0,10\text{m}$ .....	$0,80\text{kN/m}$
Una hoja interior de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,04\text{m}$ y una altura de $1\text{m}$ .....	$0,9\text{kN/m}$
<b>Total del antepecho .....</b>	<b><math>15,35\text{kN/m}</math></b>
Tabiquería .....	$0,5\text{kN/m}^2$

#### Cargas adicionales:

Falso techo más instalaciones .....	$0,25\text{kN/m}^2$
-------------------------------------	---------------------

La carga permanente superficial tendrá un valor de  $4,25\text{kN/m}^2$ . En las zonas de conexión con el bloque contiguo se establece una carga puntual en cada pilar equivalente a la carga de forjado y fachada de su ámbito.



Img. 37: Asignación de cargas planta primera

### 5.1.1.3 Segunda planta

#### Pesos propios de elementos estructurales:

Forjado de losa aligerada de hormigón prefabricado, espesor 150mm tipo H-150 .....	2,5kN/m <sup>2</sup>
Solado terrazo sobre mortero de 100mm de espesor .....	1kN/m <sup>2</sup>
<b>Total.....</b>	<b>3,50kN/m<sup>2</sup></b>

#### Cargas de cerramientos:

Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m <sup>3</sup> , una altura de 4m y un espesor de 0,15m.....	15kN/m
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m <sup>3</sup> , una altura de 3,50m y un espesor de 0,15m.....	13,125kN/m
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m <sup>3</sup> , una altura de 3m y un espesor de 0,15m.....	11,25kN/m
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m <sup>3</sup> , una altura de 2,50m y un espesor de 0,15m.....	9,375kN/m
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m <sup>3</sup> , una altura de 2m y un espesor de 0,15m.....	7,50kN/m
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m <sup>3</sup> , una altura de 2,5m y un espesor de 0,15m.....	9,375kN/m
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m <sup>3</sup> , una altura de 2m y un espesor de 0,15m.....	7,5kN/m

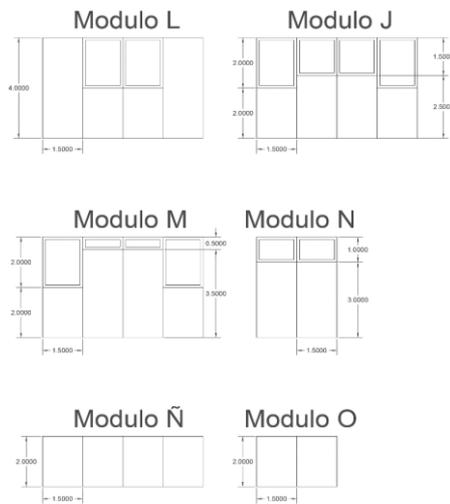


Fig. 5: Módulos planta segunda edificio acceso ETSA



Img. 38: Alzado Oeste del edificio de acceso a la ETSA  
Autor: Google Maps Año:2023

La fachada de segunda planta se encuentra remodelada en las orientaciones Oeste y Sur [Img.38]. En el alzado Sur [Img.40], la fachada de segunda planta está formada por la remodelación del estudio VVV y cuenta con un voladizo. En el alzado Oeste, la fachada de segunda planta está formada por ambas soluciones constructivas, es decir, la antigua solución de paneles de hormigón prefabricado y la remodelación del estudio VVV. Por ello en la memoria de cargas se realiza un desglose de ambas orientaciones, y se establece la carga lineal acorde.

Además, pese a que en la fachada original [Img.38] ambas cuentan con aberturas, para el cálculo en Architrave© se considera completamente opaca en ambos casos, eliminando los huecos [Fig.6]. De esta forma se simplifica el cálculo y al mismo tiempo se le exige un mejor comportamiento a la estructura. Se define la envolvente de exterior a interior, teniendo en cuenta la modificación.

**Fachada Oeste .....Cargas**

Panel de hormigón prefabricado de altura 2m

y espesor 0,15m .....7,5kN/m

Una hoja exterior de piedra arenisca con un peso específico aparente de 22kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,04m y una altura de 1,34m ..... 1,18kN/m

Una pieza horizontal de piedra arenisca con un peso específico aparente de 22kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,505m y una altura de 0,10m ..... 1,111kN/m

Una pieza horizontal de piedra arenisca con un peso específico aparente de 22kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,30m y una altura de 0,10m .....0,66kN/m

Una capa de aislante con un peso específico aparente de 0,025kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,03m y una altura de 2,65m .....0,002kN/m

Una hoja interior de ladrillo perforado con un peso específico aparente de 15kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,12m y una altura de 2,65m .....4,77kN/m

Un guarnecido y enlucido de yeso con un peso por unidad de superficie de 0,15kN/m<sup>2</sup>, y una altura de 2,65m .....0,4kN/m

**Total de la envolvente fachada Oeste..... 15,62kN/m**

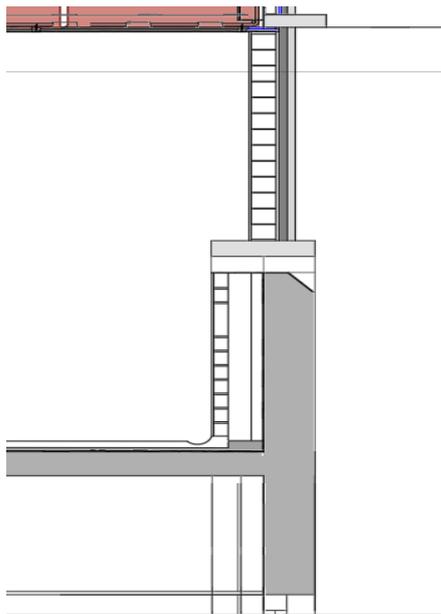


Fig. 6: *Modificación del detalle constructivo original de la fachada Oeste del edificio de acceso a la ETSA Autor: Detalle original del estudio VVV, modificación de elaboración propia.*

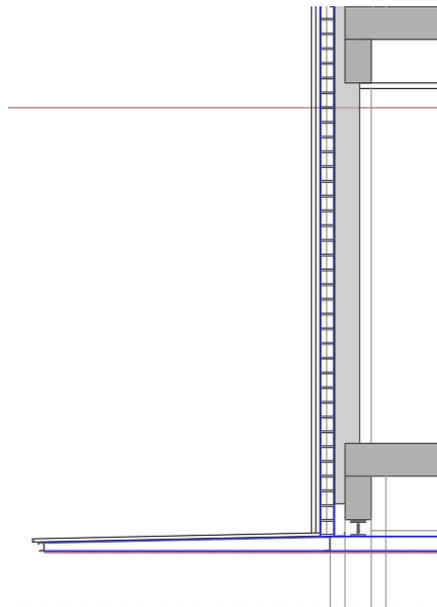


Fig. 7: *Detalle de fachada Sur, planta segunda. Autor: Estudio VVV*

#### *Fachada Sur* ..... *Cargas*

Una hoja exterior de piedra arenisca con un peso específico aparente de  $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de  $0,04\text{m}$  y una altura de  $4\text{m}$ ..... $3,52\text{kN/m}$

Una capa de aislante con un peso específico aparente de  $0,025\text{kN/m}^3$ , un espesor de  $0,03\text{m}$  y una altura de  $4\text{m}$  ..... $0,003\text{kN/m}$

Una hoja interior de ladrillo perforado con un peso específico aparente de  $15\text{kN/m}^3$ , un espesor de  $0,12\text{m}$  y una altura de  $4\text{m}$ ..... $7.2\text{kN/m}$

Panel de hormigón prefabricado de altura  $4\text{m}$   
y espesor  $0,15\text{m}$  .....  $15\text{kN/m}$

Un guarnecido y enlucido de yeso con un peso por unidad de superficie de  $0,15\text{kN/m}^2$ , y una altura de  $3.70\text{m}$  ..... $0,55\text{kN/m}$

Carga de voladizo ..... $6\text{kN/m}$

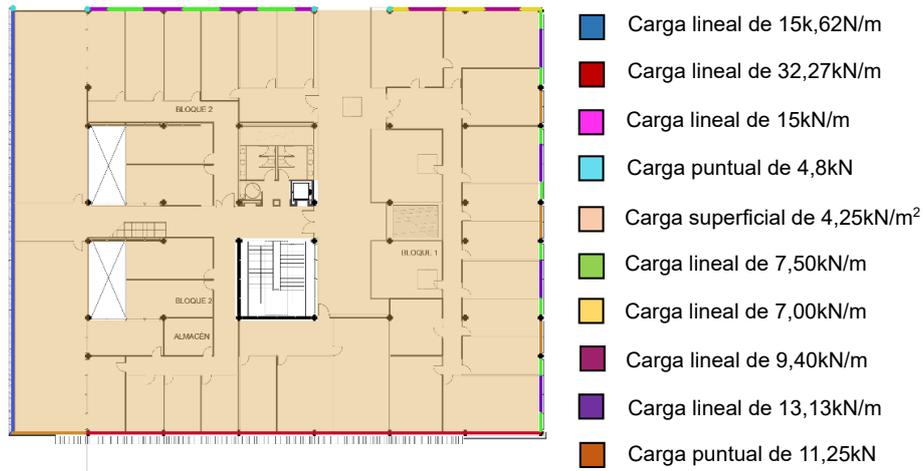
**Total de la envolvente fachada Oeste** .....  **$32,27\text{kN/m}$**

Tabiquería .....  $0,5\text{kN/m}^2$

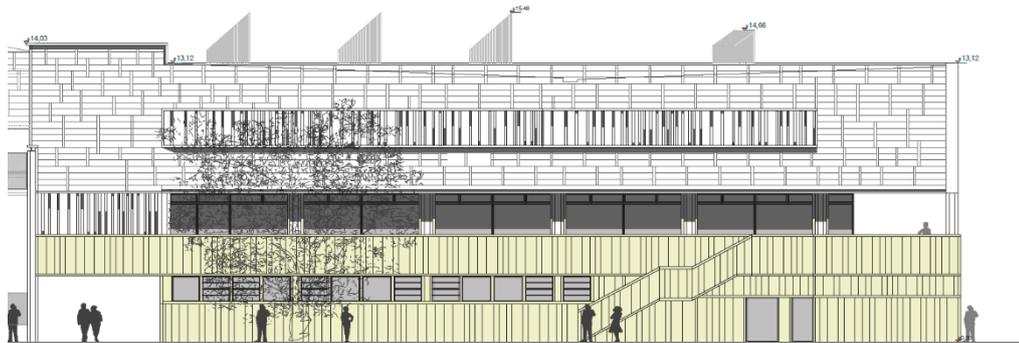
#### **Cargas adicionales:**

Falso techo más instalaciones..... $0,25\text{kN/m}$

La carga permanente superficial tendrá un valor de  $4,25\text{kN/m}^2$ . En las zonas de conexión con el bloque contiguo se establece una carga puntual en cada pilar equivalente a la carga de forjado y fachada de su ámbito.



Img. 39: Asignación de cargas planta segunda edificio de acceso a la ETSA



Img. 40: Alzado sur edificio de acceso a la ETSA Autor: Estudio VVV

#### 5.1.1.4 Tercera planta

##### **Pesos propios de elementos estructurales:**

Forjado colaborante de chapa grecada con capa de hormigón y un grueso total de 0,15m	2kN/m <sup>2</sup>
Solado terrazo sobre mortero de 100mm de espesor .....	1kN/m <sup>2</sup>
<b>Total .....</b>	<b>3,50kN/m<sup>2</sup></b>

### Cargas de cerramientos:

Solución constructiva formada únicamente por la remodelación del estudio VVV. Pese a las aberturas en fachada, en el programa Architrave© se diseña como una fachada completamente opaca. Se define el cerramiento de exterior a interior [Fig.8].

Una hoja exterior de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,04\text{m}$ y una altura de $2,70\text{m}$ .....	$2,380\text{kN/m}$
Una pieza horizontal de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,505\text{m}$ y una altura de $0,10\text{m}$ .....	$1,111\text{kN/m}$
Una pieza horizontal de piedra arenisca con un peso específico aparente de $22\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,505\text{m}$ y una altura de $0,10\text{m}$ .....	$1,111\text{kN/m}$
Una capa de aislante con un peso específico aparente de $0,025\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,03\text{m}$ y una altura de $2,70\text{m}$ .....	$0,002\text{kN/m}$
Una hoja interior de ladrillo perforado con un peso específico aparente de $15\text{kN/m}^3$ , un espesor de $0,12\text{m}$ y una altura de $2,70\text{m}$ .....	$4,86\text{kN/m}$
Un guarnecido y enlucido de yeso con un peso por unidad de superficie de $0,15\text{kN/m}^2$ , y una altura de $2,70\text{m}$ .....	$0,4\text{kN/m}$
<b>Total de la envolvente</b> .....	<b><math>9,86\text{kN/m}</math></b>
Tabiquería .....	$0,5\text{kN/m}^2$

### Cargas adicionales:

Falso techo más instalaciones.....	$0,25\text{kN/m}$
------------------------------------	-------------------

La carga permanente superficial tendrá un valor de  $4,25\text{kN/m}^2$ . En las zonas de conexión con el bloque contiguo se establece una carga puntual en cada pilar equivalente a la carga de forjado y fachada de su ámbito.



Img. 41: Asignación de cargas tercera planta edificio acceso ETSA

- Carga lineal de  $4,25\text{kN/m}$
- Carga lineal de  $9,86\text{kN/m}$

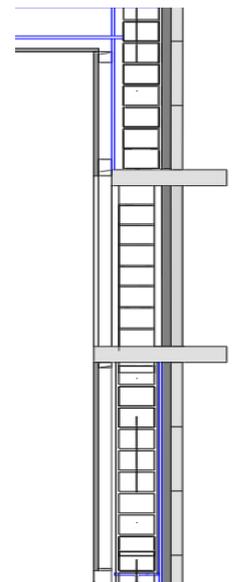


Fig. 8: Detalle envolvente fachada tercera planta Autor: Estudio VVV

### 5.1.1.4 Planta de cubierta

#### Pesos propios de elementos estructurales:

Forjado de losa aligerada de hormigón prefabricado, espesor 150mm tipo H-150 .....	2,5kN/m <sup>2</sup>
Cubierta con planchas de chapa .....	1kN/m <sup>2</sup>
<b>Total .....</b>	<b>3,50kN/m<sup>2</sup></b>

#### Cargas de cerramientos:

El antepecho [Fig.9] está formado, de exterior a interior de los siguientes elementos:

Una hoja exterior de piedra arenisca con un peso específico aparente de 22kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,04m y una altura de 1,12m .....0,985kN/m

Una pieza horizontal de piedra arenisca con un peso específico aparente de 22kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,60m y una altura de 0,10m ..... 1,32kN/m

Una capa de aislante con un peso específico aparente de 0,025kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,03m y una altura de 1,12m .....0,0008kN/m

Una hoja interior de ladrillo perforado con un peso específico aparente de 15kN/m<sup>3</sup>, un espesor de 0,12m y una altura de 1,12m .....2,01kN/m

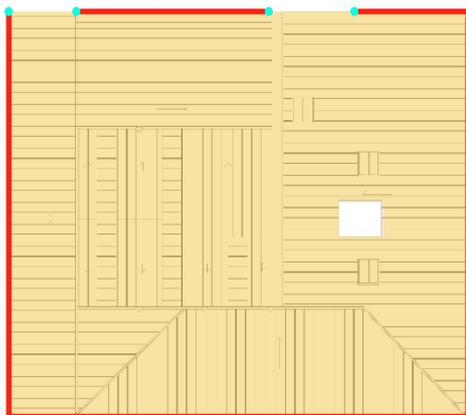
Panel de hormigón prefabricado con un peso específico aparente de 25kN/m<sup>3</sup>, con una altura de 1,12m y un espesor de 0,15m .....4,20kN/m

**Total de la envolvente ..... 8,51kN/m**

#### Cargas adicionales:

Instalaciones.....0,25kN/m

La carga permanente superficial tendrá un valor de 3,75kN/m<sup>2</sup>. En las zonas de conexión con el bloque contiguo se establece una carga puntual en cada pilar equivalente a la carga de forjado y fachada de su ámbito.



Img. 42: Asignación de cargas planta de cubiertas edificio de acceso a la ETSA

■ Carga lineal de 8,51kN/m    ■ Carga lineal de 3,75kN/m

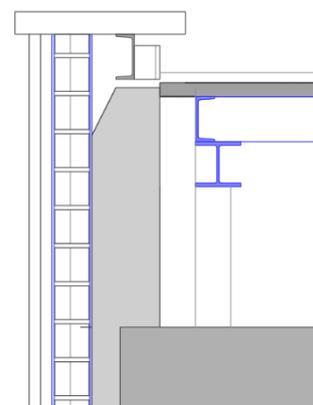


Fig. 9: Detalle antepecho de planta de cubierta edificio de acceso a la ETSA Autor: Estudio VVV

## 5.1.2 Cargas variables

### 5.1.2.1 Sobrecarga de uso

Se entiende por sobrecarga de uso los pesos de aquellos elementos que puedan gravitar sobre el edificio en función del uso de este. Los datos de la sobrecarga de uso están disponibles en la tabla 3.1 del apartado 3.1.1 del DBSE-AE.

**Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso**

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	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 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(6)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 1: Valores característicos de las sobrecargas de uso.

### Plantas tipo

Desde planta baja hasta tercera planta, todas responden al mismo uso y por lo tanto se les otorga la misma sobrecarga de uso. Las plantas se componen de diferentes subcategorías de uso tales como C1, C2, C3, etc. Se decide simplificar el modelo y se opta por aplicar una carga de 3,5kN/m<sup>2</sup> en la superficie de estas.

Sobrecarga de uso .....3,5kN/m<sup>2</sup>

### Planta de cubierta

La cubierta aloja algunos elementos de instalaciones y solo es accesible para conservación. Pertenece a una categoría G y subcategoría G1.

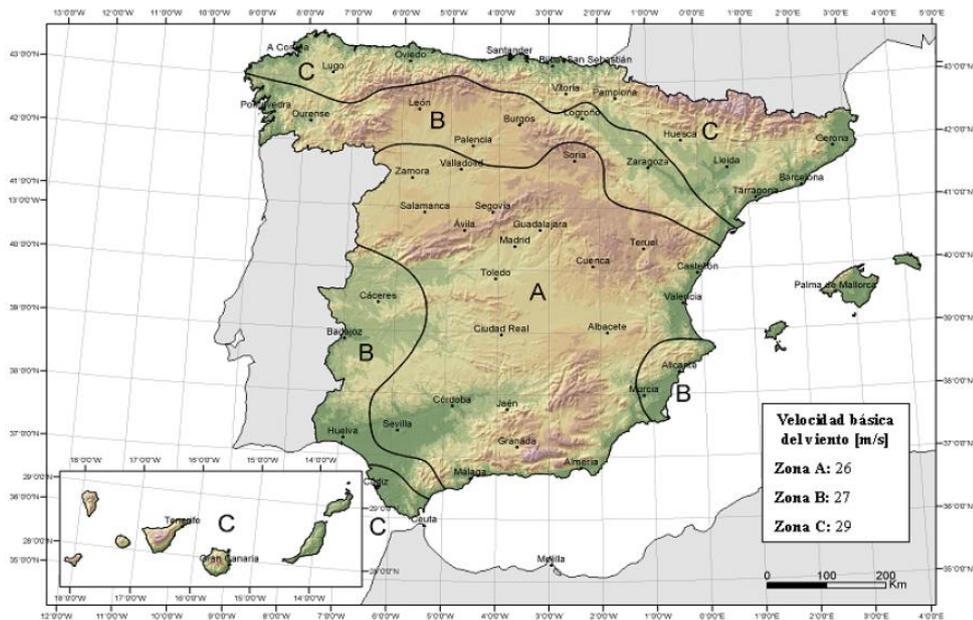
Sobrecarga de uso G1 .....1kN/m<sup>2</sup>

### 5.1.2.2 Carga de viento

Acorde al apartado 3.3.2 Acción del viento del DBSE-AE, la carga del viento se puede expresar como:  $q_e = q_b * c_e * c_p$

De acuerdo con la figura D.1 del anejo D del DBSE-AE, Valencia se encuentra en una zona A, por lo que la presión dinámica  $q_b$  tendrá un valor de  $0,42\text{kN/m}^2$ .

- 4 El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de  $0,42\text{ kN/m}^2$ ,  $0,45\text{ kN/m}^2$  y  $0,52\text{ kN/m}^2$  para las zonas A, B y C de dicho mapa.



Img. 43: Mapa de zonas para la obtención de la presión dinámica del viento.

El coeficiente de exposición  $c_e$  depende de la altura del punto a considerar y del grado de aspereza del entorno. Dado que el edificio de acceso a la ETSA no cuenta con una altura superior a los 30m, los datos del coeficiente se pueden obtener directamente de la *tabla 3.4 del apartado 3.3.3 Coeficiente de exposición del DBSE-AE*. Se encuentra a menos de 5km de la playa de la malvarrosa por lo tanto su grado de aspereza es 1.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$ .

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

Tabla 2: Valores del coeficiente de exposición.

El coeficiente eólico de presión  $c_p$  se obtiene de la *tabla 3.5 del apartado 3.3.4 Coeficiente eólico de edificios de pisos, del DBSE-AE*.

**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 3: Valores del coeficiente eólico.

Por lo tanto,  $q_e = 0,42 * 3,1 * 0,7 = 0,9114kN/m^2$

### 5.1.2.3 Carga de nieve

Acorde al apartado 3.5.1 Determinación de la carga de nieve del DBSE-AE, en cubiertas planas de edificios de pisos situados en localidades de altitud inferior a los 1.000m, es suficiente con considerar una carga de nieve de 1,0kN/m<sup>2</sup>.

### 5.1.3 Cargas accidentales

El código técnico de la edificación en su documento DBSE-AE establece 3 acciones accidentales: sismo, incendio e impacto. No obstante, para no exceder la carga de trabajo y simplificar el mismo, se opta por analizar únicamente la norma de construcción sismorresistente NCSE-02.

#### 5.1.3.1 Sobrecarga de sismo

En el *apartado 1.2.2 Clasificación de las construcciones del NCSE-02*, se establecen los diversos grados de importancia en los que se pueden clasificar las edificaciones. Siendo estos:

“1. De importancia moderada

*Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.*

2. De importancia normal

*Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.*

3. De importancia especial

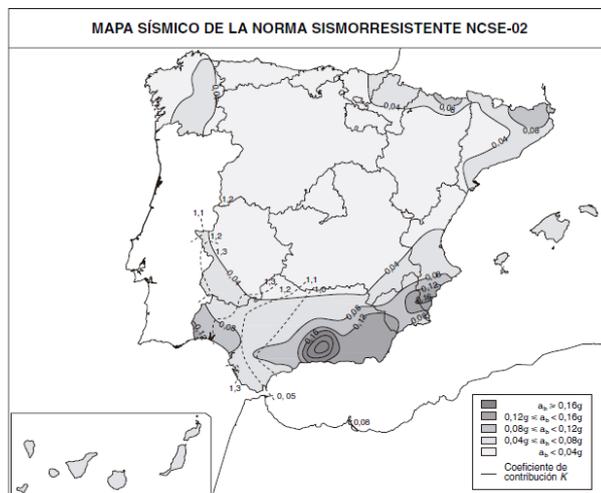
*Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planeamiento urbanístico y documentos públicos análogos, así como en reglamentaciones más específicas.”*

La universidad politécnica de Valencia se cataloga como una edificación de importancia normal. En el apartado 1.2.3 Criterios de aplicación de la norma del NCSE-02, se especifica la no obligatoriedad del cumplimiento de la norma en los siguientes casos:

En las construcciones de importancia moderada.

En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a  $0,04g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad.

En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a  $0,08g$ . No obstante, la Norma se aplicará en los edificios de más siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo  $a_c$  es igual o mayor de  $0,08g$ .



Municipio	$a_b/g$	K
Sollana	0,07	(1,0)
Sueca	0,07	(1,0)
Sumacàrcer	0,07	(1,0)
Tavernes Blanques	0,06	(1,0)
Tavernes de la Valldigna	0,07	(1,0)
Teresa de Cofrentes	0,07	(1,0)
Terrateig	0,07	(1,0)
Torrella	0,07	(1,0)
Torrent	0,07	(1,0)
Torres Torres	0,04	(1,0)
Tous	0,07	(1,0)
Turis	0,06	(1,0)
<b>Valencia</b>	<b>0,06</b>	<b>(1,0)</b>
Vallada	0,07	(1,0)
Vallés	0,07	(1,0)
Vilamarxant	0,05	(1,0)
Villalonga	0,07	(1,0)
Villanueva de Castellón	0,07	(1,0)
Vinalesa	0,06	(1,0)
Xàtiva	0,07	(1,0)
Xeraco	0,07	(1,0)
Xeresa	0,07	(1,0)
Xirivella	0,07	(1,0)
Yátova	0,06	(1,0)
Zarra	0,07	(1,0)

Img. 44: Mapa de peligrosidad sísmica del NCSE-02

Tabla 4: Valores de la aceleración sísmica básica. Anejo 1 del NCSE-02

Tanto en la imagen anterior [Img.44] correspondiente al mapa de peligrosidad sísmica del NCSE-02, como en la tabla 4 donde se muestran los valores de la aceleración sísmica básica, Valencia cuenta con un valor de  $a_b$  de  $0,06g$ , no siendo necesario la aplicación de la normativa sismorresistente para el edificio de acceso a la ETSA.

Se valoran los datos expuestos, y se decide pese a ello estudiar el efecto del sismo. Mediante el programa Architrave© se establecen las hipótesis sísmicas y se somete el modelo a una simulación. Se toma un valor de  $a_b/g$  de  $0,08$ .



Img. 45: Hipótesis de cálculo a sismo.

## 5.2 Combinación de acciones

La combinación de cargas se obtiene de manera automática por medio del programa informático Architrave© de acuerdo con los criterios establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE) y del apartado 4.2.2 del Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE).

### 5.2.1 Combinación en estado limite ultimo (ELU)

El DB-SE define las siguientes combinaciones para comprobar la resistencia:

Situaciones permanentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Siendo:

$G_{k,j}$	Valor característico de las acciones permanentes.
$G_{k,j}$	Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.
$P_k$	Valor característico de la acción del pretensado.
$Q_{k,1}$	Valor característico de la acción variable determinante.
$\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.
$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.
$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.
$A_k$	Valor característico de la acción accidental.
$A_{E,k}$	Valor característico de la acción sísmica.

Los coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones ELU son:

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	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

Tabla 5: Coeficientes parciales de seguridad ELU.

Los coeficientes de simultaneidad aplicados a las cargas variables son:

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
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
<b>Nieve</b>			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
<b>Viento</b>	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.

Tabla 6: Coeficientes de simultaneidad a aplicar en ELU y ELS

Se definen las siguientes combinaciones para la comprobación de resistencia en situaciones persistentes o transitorias en la estructura:

Combinación de acciones gravitatorias.

*ELU-01 Uso como variable principal:*

$$1,35 \cdot \text{HIP01} + 1,50 \cdot \text{HIP02} + 0,75 \cdot \text{HIP03}$$

*ELU-02 Nieve como variable principal:*

$$1,35 \cdot \text{HIP01} + 1,50 \cdot \text{HIP03} + 1,05 \cdot \text{HIP02}$$

Combinación de todas las acciones:

*ELU-03 Uso como variable principal:*

$$1,35 \cdot \text{HIP01} + 1,50 \cdot \text{HIP02} + 0,75 \cdot \text{HIP03} + 0,90 \cdot \text{HIP04}$$

*ELU-04 Nieve como variable principal:*

$$1,35 \cdot \text{HIP01} + 1,50 \cdot \text{HIP03} + 1,05 \cdot \text{HIP02} + 0,90 \cdot \text{HIP04}$$

*ELU-05 Viento como variable principal:*

$$1,35 \cdot \text{HIP01} + 1,5 \cdot \text{HIP04} + 1,05 \cdot \text{HIP02} + 0,75 \cdot \text{HIP03}$$

Combinación sísmica modal espectral:

*ELU-06 Sísmica +modal -espectral eje X 1:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + 1,00 \cdot \text{HIP05} + 0,30 \cdot \text{HIP06}$$

*ELU-07 Sísmica +modal -espectral eje X 2:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + 1,00 \cdot \text{HIP05} + (-0,30 \cdot \text{HIP06})$$

*ELU-08 Sísmica -modal -espectral eje X 1:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + (-1,00 \cdot \text{HIP05}) + 0,30 \cdot \text{HIP06}$$

**ELU-09 Sísmica -modal -espectral eje X 2:**

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + (-1,00 \cdot \text{HIP05}) + (-0,30 \cdot \text{HIP06})$$

**ELU-10 Sísmica +hipótesis espectral eje Y 1:**

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + 1,00 \cdot \text{HIP06} + 0,30 \cdot \text{HIP05}$$

**ELU-11 Sísmica + hipótesis espectral eje Y 2:**

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + 1,00 \cdot \text{HIP06} + (-0,30 \cdot \text{HIP05})$$

**ELU-12 Sísmica – hipótesis espectral eje Y 1:**

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + 0,30 \cdot \text{HIP05} + (-1,00 \cdot \text{HIP06})$$

**ELU-13 Sísmica – hipótesis espectral eje Y 2:**

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,30 \cdot \text{HIP02} + (-1,00 \cdot \text{HIP06}) + (-0,30 \cdot \text{HIP05})$$

Información de combinación

Nombre: Resistencia, Persistente: Gravitatoria Uso

$(1,35 \cdot \text{HIP01}) + (1,50 \cdot \text{HIP02}) + (0,75 \cdot \text{HIP03})$

Factor	Hipótesis
1,35	01. Peso propio
1,50	02. Uso
0,75	03. Nieve

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 8: Captura de Architrave combinación ELU-01

Información de combinación

Nombre: Resistencia, Persistente: Gravitatoria Nieve

$(1,35 \cdot \text{HIP01}) + (1,50 \cdot \text{HIP03}) + (1,05 \cdot \text{HIP02})$

Factor	Hipótesis
1,35	01. Peso propio
1,05	02. Uso
1,50	03. Nieve

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 9: Captura de Architrave combinación ELU-02

Información de combinación

Nombre: Resistencia, Persistente: Uso: Viento

$(1,35 \cdot \text{HIP01}) + (1,50 \cdot \text{HIP02}) + (0,75 \cdot \text{HIP03}) + (0,90 \cdot \text{HIP04})$

Factor	Hipótesis
1,35	01. Peso propio
1,50	02. Uso
0,75	03. Nieve
0,90	04. Viento

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 10: Captura de Architrave combinación ELU-03

Información de combinación

Nombre Resistencia, Persistente: Nieve: Viento

$(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP03}) + (1,05 \times \text{HIP02}) + (0,90 \times \text{HIP04})$

Factor	Hipótesis
1,35	01. Peso propio
1,05	02. Uso
1,50	03. Nieve
0,90	04. Viento

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 11: Captura de Architrave combinación ELU-04

Información de combinación

Nombre Resistencia, Persistente: Viento

$(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP04}) + (1,05 \times \text{HIP02}) + (0,75 \times \text{HIP03})$

Factor	Hipótesis
1,35	01. Peso propio
1,05	02. Uso
0,75	03. Nieve
1,50	04. Viento

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 12: Captura de Architrave combinación ELU-05

Información de combinación

Nombre Resistencia, Sísmica: +Modal-Espectral X: 1

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP05}) + (0,30 \times \text{HIP06})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
1,00	05. Modal-Espectral X
0,30	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 13: Captura de Architrave combinación ELU-06

Información de combinación

Nombre Resistencia, Sísmica: +Modal-Espectral X: 2

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP05}) + (-0,30 \times \text{HIP06})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
1,00	05. Modal-Espectral X
-0,30	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 14: Captura de Architrave combinación ELU-07

Información de combinación

Nombre Resistencia, Sísmica: -Modal-Espectral X: 1

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (-1,00 \times \text{HIP05}) + (0,30 \times \text{HIP06})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
-1,00	05. Modal-Espectral X
0,30	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 15: Captura de Architrave combinación ELU-08

Información de combinación

Nombre Resistencia, Sísmica: -Modal-Espectral X: 2

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (-1,00 \times \text{HIP05}) + (-0,30 \times \text{HIP06})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
-1,00	05. Modal-Espectral X
-0,30	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 16: Captura de Architrave combinación ELU-09

Información de combinación

Nombre Resistencia, Sísmica: +Hipótesis espectral Y: 1

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP06}) + (0,30 \times \text{HIP05})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
0,30	05. Modal-Espectral X
1,00	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 17: Captura de Architrave combinación ELU-10

Información de combinación

Nombre Resistencia, Sísmica: +Hipótesis espectral Y: 2

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (1,00 \times \text{HIP06}) + (-0,30 \times \text{HIP05})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
-0,30	05. Modal-Espectral X
1,00	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 18: Captura de Architrave combinación ELU-11

Información de combinación

Nombre

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (-1,00 \times \text{HIP06}) + (0,30 \times \text{HIP05})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
0,30	05. Modal-Espectral X
-1,00	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 19: Captura de Architrave combinación ELU-12

Información de combinación

Nombre

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02}) + (-1,00 \times \text{HIP06}) + (-0,30 \times \text{HIP05})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
-0,30	05. Modal-Espectral X
-1,00	06. Hipótesis espectral Y

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 20: Captura de Architrave combinación ELU-13

## 5.2.2 Combinación en estado límite de servicio (ELS)

El DE-SE define las siguientes combinaciones para las comprobaciones de estabilidad:

Combinación característica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación casi permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Siendo:

$G_{k,j}$	Valor característico de las acciones permanentes.
$\bar{G}_{k,j}$	Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.
$P_k$	Valor característico de la acción del pretensado.
$Q_{k,t}$	Valor característico de la acción variable determinante.
$\psi_{0,i} Q_{k,i}$	Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.
$\psi_{1,t} Q_{k,t}$	Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.
$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.
$A_k$	Valor característico de la acción accidental.
$A_{E,k}$	Valor característico de la acción sísmica.

Los coeficientes de simultaneidad para Estados Limite de Servicio son los mismos que en el apartado anterior [Tabla 6]. Los coeficientes parciales de seguridad y para las acciones en ELS si varían y se extraen de la *tabla 4.1 del DB-SE*.

		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	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

Tabla 21: Coeficientes parciales de seguridad para ELS.

Las combinaciones de acciones realizadas por el programa informático Architrave© para ELS son:

Combinaciones características.

*ELS-01 Gravitatoria, uso como variable principal:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 1,00 \cdot \text{HIP02} + 0,50 \cdot \text{HIP03}$$

*ELS-02 Gravitatoria, nieve como variable principal:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 1,00 \cdot \text{HIP03} + 0,70 \cdot \text{HIP02}$$

*ELS-03 Uso y viento:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 1,00 \cdot \text{HIP02} + 0,50 \cdot \text{HIP03} + 0,60 \cdot \text{HIP04}$$

*ELS-04 Nieve y viento:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 1,00 \cdot \text{HIP03} + 0,70 \cdot \text{HIP02} + 0,60 \cdot \text{HIP04}$$

*ELS-05 Viento como variable principal*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 1,00 \cdot \text{HIP04} + 0,70 \cdot \text{HIP02} + 0,50 \cdot \text{HIP03}$$

Combinación frecuente:

*ELS-06 Uso como variable principal:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,50 \cdot \text{HIP02}$$

*ELS-07 Nieve como variable principal:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,20 \cdot \text{HIP03} + 0,30 \cdot \text{HIP02}$$

*ELS-08 Viento como variable principal:*

$$1,00 \cdot \text{HIP01} + 0,50 \cdot \text{HIP04} + 0,30 \cdot \text{HIP02}$$

Combinación casi permanente:

*ELS-09 Uso como variable principal:*

$$1,00 \times \text{HIP01} + 0,30 \times \text{HIP02}$$

Información de combinación

Nombre

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
1,00	02. Uso
0,50	03. Nieve

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 22: Captura de Archtrave combinación ELS-01

Información de combinación

Nombre

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP03}) + (0,70 \times \text{HIP02})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,70	02. Uso
1,00	03. Nieve

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 23: Captura de Archtrave combinación ELS-02

Información de combinación

Nombre

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03}) + (0,60 \times \text{HIP04})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
1,00	02. Uso
0,50	03. Nieve
0,60	04. Viento

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 24: Captura de Archtrave combinación ELS-03

Información de combinación

Nombre

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP03}) + (0,70 \times \text{HIP02}) + (0,60 \times \text{HIP04})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,70	02. Uso
1,00	03. Nieve
0,60	04. Viento

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 25: Captura de Archtrave combinación ELS-04

Información de combinación

Nombre

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP04}) + (0,70 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,70	02. Uso
0,50	03. Nieve
1,00	04. Viento

Añadir hipótesis  
Eliminar hipótesis

Tabla 26: Captura de Archtrave combinación ELS-05

Información de combinación

Nombre: Frecuente: Uso

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP02})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,50	02. Uso

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 27: Captura de Architrave combinación ELS-06

Información de combinación

Nombre: Frecuente: Nieve

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,20 \times \text{HIP03}) + (0,30 \times \text{HIP02})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
0,20	03. Nieve

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 28: Captura de Architrave combinación ELS-07

Información de combinación

Nombre: Frecuente: Viento

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,50 \times \text{HIP04}) + (0,30 \times \text{HIP02})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso
0,50	04. Viento

Añadir hipótesis

Eliminar hipótesis

Tabla 29: Captura de Architrave combinación ELS-08

Información de combinación

Nombre: Casi Permanente

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (0,30 \times \text{HIP02})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
0,30	02. Uso

Añadir hipótesis

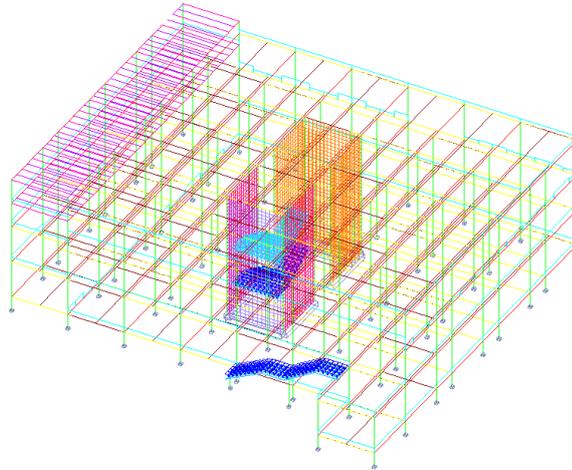
Eliminar hipótesis

Tabla 30: Captura de Architrave combinación ELS-09

## 5.3 Modelos estructurales

Se realizan dos modelos estructurales diferentes, que permiten estudiar el aumento de rigidez que experimenta la estructura.

Un primer modelo [img.46] donde el forjado está compuesto por losas alveolares aligeradas que se dejan caer sobre las vigas hormigonadas in situ. La primera solución lleva a realizar el modelo representando dichas losas alveolares mediante áreas de reparto, es decir, un modelo formado por un conjunto de barras que reciben las diversas cargas de los elementos prefabricados y constructivos. Se representa en el mismo tanto la obra original como la remodelación y ampliación realizada por el estudio VVV. El modelo se encuentra arriostrado en el punto central gracias a la caja de la escalera construida mediante HA-25 y por el muro de termo arcilla que compone los núcleos húmedos del proyecto.



Img. 46: Captura de Architrave, modelo básico inicial de barras que reciben las cargas de los elementos prefabricados y constructivos.

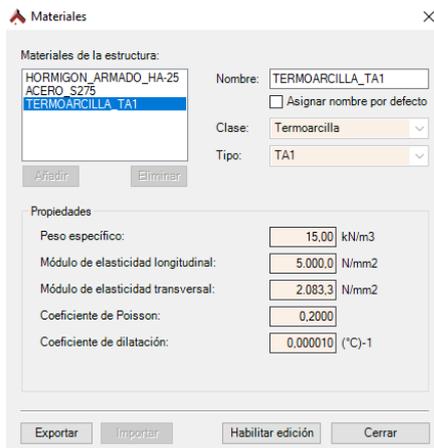
Este primer modelo está constituido por el número de barras, nudos, áreas de reparto, etc. Representados en la siguiente imagen [Img.47]. Del mismo modo los materiales que forman parte del primer modelo básico se encuentran representados en la imagen a pie de página [Img.48] [Img.49].

Información de la estructura	
Tipo:	Rígida espacial
Nudos:	4607
Barras:	1467
Pilares / Columnas:	303 / 69
Vigas / Pórticos:	513 / 107
Trenes de subsist. / Subsistemas:	0 / 0
EF 2D:	4008
Áreas de reparto:	450
Apoyos:	60
Balastos:	0
Vigas de cimentación:	0
Zapatas:	7
Cargas:	1029
Movimientos impuestos:	0

Img. 47: Información de la estructura del modelo básico.

Materiales de la estructura:			
<p> <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGÓN_ARMADO_HA-25  <input type="checkbox"/> ACERO_S275  <input type="checkbox"/> TERMOARCILLA_TA1                 </p> <p> <input type="button" value="Añadir"/> <input type="button" value="Eliminar"/> </p>	<p>Nombre: HORMIGÓN_ARMADO_HA-25</p> <p><input type="checkbox"/> Asignar nombre por defecto</p> <p>Clase: Hormigón armado</p> <p>Tipo: HA25</p>	<p> <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGÓN_ARMADO_HA-25  <input checked="" type="checkbox"/> ACERO_S275  <input type="checkbox"/> TERMOARCILLA_TA1                 </p> <p> <input type="button" value="Añadir"/> <input type="button" value="Eliminar"/> </p>	<p>Nombre: ACERO_S275</p> <p><input type="checkbox"/> Asignar nombre por defecto</p> <p>Clase: Acero</p> <p>Tipo: S275</p>
<p>Propiedades</p> <p>Peso específico: 25,00 kN/m3</p> <p>Módulo de elasticidad longitudinal: 27.264,0 N/mm2</p> <p>Módulo de elasticidad transversal: 11.360,0 N/mm2</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,2000</p> <p>Coefficiente de dilatación: 0,000012 (°C)-1</p>		<p>Propiedades</p> <p>Peso específico: 78,50 kN/m3</p> <p>Módulo de elasticidad longitudinal: 210.000,0 N/mm2</p> <p>Módulo de elasticidad transversal: 80.769,2 N/mm2</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,3000</p> <p>Coefficiente de dilatación: 0,000012 (°C)-1</p>	
<p> <input type="button" value="Exportar"/> <input type="button" value="Importar"/> <input type="button" value="Habilitar edición"/> <input type="button" value="Cerrar"/> </p>	<p> <input type="button" value="Exportar"/> <input type="button" value="Importar"/> <input type="button" value="Habilitar edición"/> <input type="button" value="Cerrar"/> </p>		

Img. 48: Materiales que conforman el modelo básico.



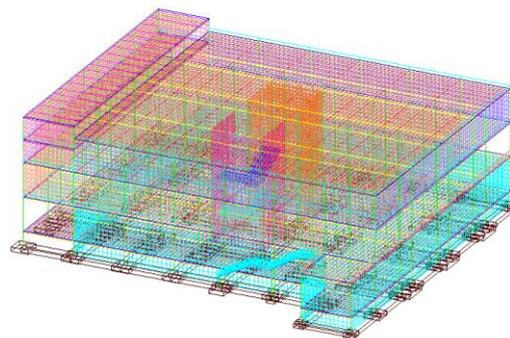
Img. 49: Materiales que componen el modelo básico.

Como se puede observar en la imagen de la página 59 [Img.46] el modelo básico no cuenta con la representación de los elementos de fachada. Sus pesos propios se encuentran representados mediante cargas sobre el perímetro del modelo.

La remodelación del estudio VVV está compuesta de un forjado colaborante de 0,15m de espesor. Los elementos estructurales, pilares y vigas, son perfiles de acero apoyados sobre la estructura de hormigón existente.

Se realiza un segundo modelo [Img.50] donde se entiende el forjado como una única losa de hormigón representada en Architrave© mediante una malla de elementos finitos. En este modelo, se incluyen los elementos de fachada representados también mediante una malla de elementos finitos, de manera que la estructura no se encuentra arriostrada únicamente por el núcleo central de comunicación vertical y muro de ladrillo, sino también por todos los elementos de fachada que le otorgan rigidez al conjunto. Se modelizan los encepados de cabeza de pilotes asimilándolos a una zapata cuadrada de la que salen vigas riostras.

Se realiza un segundo modelo [Img.50] donde se entiende el forjado como una única losa de hormigón representada en Architrave©



Img. 50: Segundo modelo estructural. Formado por barras y elementos finitos. Incluye todos los elementos constructivos y estructurales.

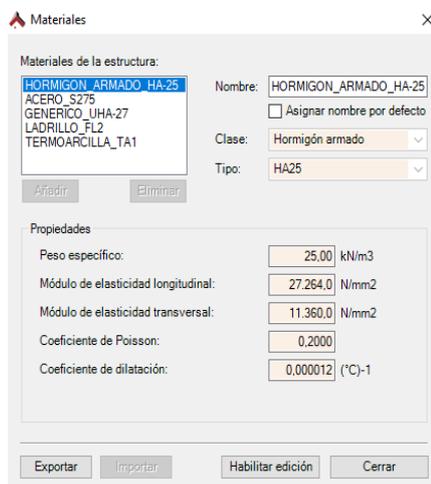
El segundo modelo está compuesto de los siguientes nudos, barras, elementos finitos, etc. Representados en la siguiente imagen [Img.51]

Información de la estructura		Áreas de reparto:	
Tipo:	Rígida espacial	Apoyos:	0
Nudos:	34828	Balastos:	0
Barras:	6878	Vigas de cimentación:	0
Pilares / Columnas:	302 / 69	Zapatas:	149
Vigas / Pórticos:	512 / 107	Cargas:	1037
Trenes de subsist. / Subsistemas:	0 / 0	Movimientos impuestos:	0
EF 2D:	34745		

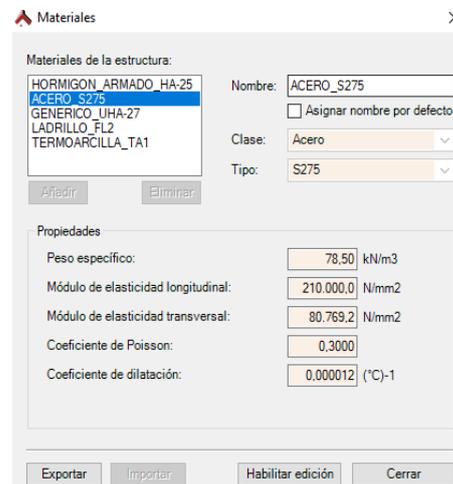
Img. 51: Información de la estructura del segundo modelo.

La malla de elementos finitos que compone el forjado de cada una de las plantas originales, se le otorga un espesor de 0,15m y una materialidad compuesta por un hormigón de menor densidad para paliar el efecto de representar los forjados mediante una única losa. En cuanto a los forjados colaborantes con los que se realizó la ampliación de la escuela, su malla de elementos finitos está compuesta por un espesor de 0,10m y el mismo hormigón de menor densidad aplicado en las otras plantas.

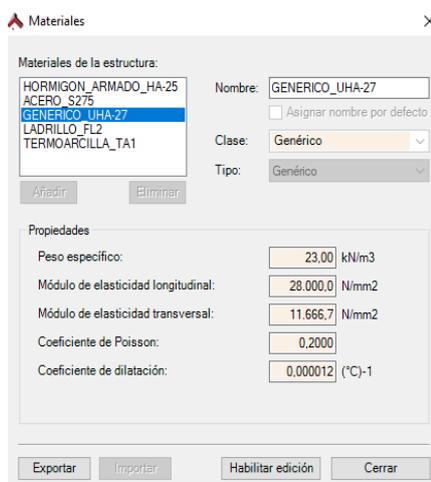
Las fachadas se modelizan mediante una malla de elementos finitos de 0,11m de espesor y la altura completa de cada planta a excepción de los antepechos de la zona de comunicación exterior de cota +4,00m que se les otorga una altura de 1m. A esta malla se le asigna una materialidad a base de ladrillo hueco con una resistencia equivalente a la solución real. Los elementos de hormigón prefabricado de la solución real están unidos a la estructura del edificio, de forma que el conjunto de todos ellos aporta una rigidez estructural. Tras ajustar la malla de esta manera, se consigue una colaboración similar a los elementos de hormigón de la solución real.



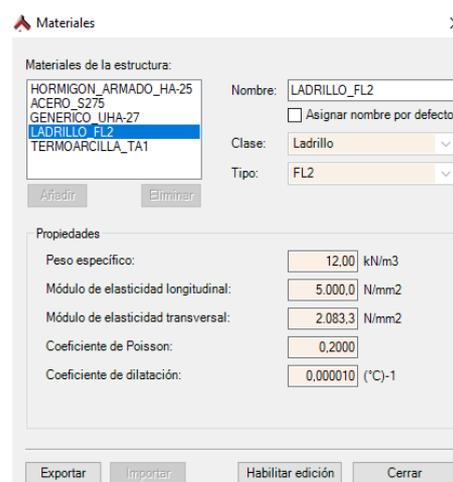
Img. 52: Materialidad segundo modelo.



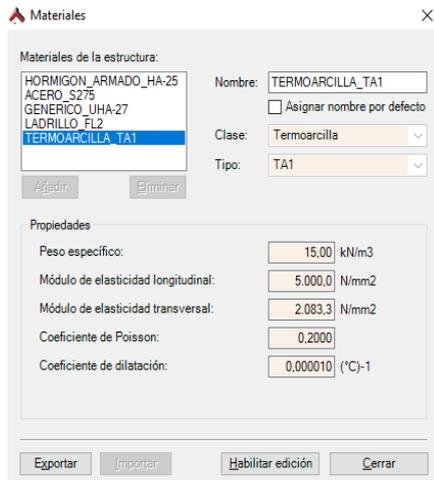
Img. 53: Materialidad segundo modelo.



Img. 54: Hormigón de menor densidad.



Img. 55: Materialidad de las fachadas del segundo modelo.



*Img. 56: Materialidad segundo modelo.*

Estudio previo del edificio de acceso a la  
ETSA para su monitorización.

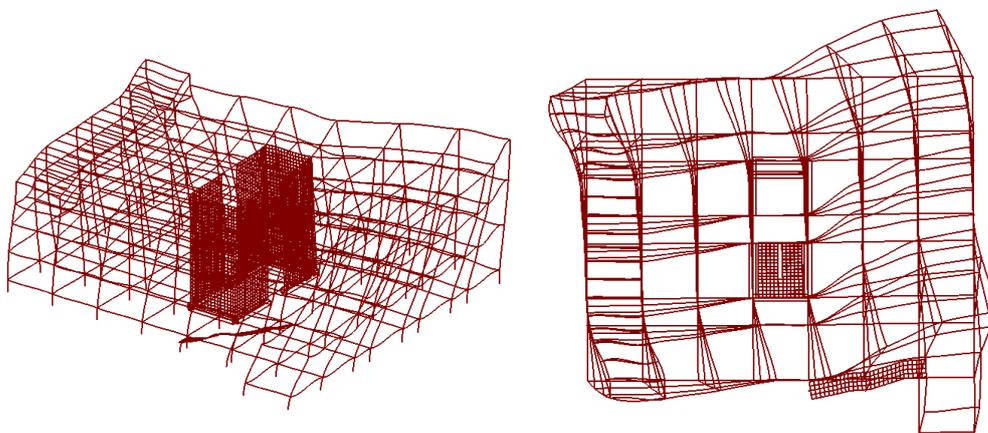
Universidad Politécnica de Valencia

## 6 Análisis estructural

## 6.1 Comportamiento estructural del primer modelo

El objetivo es analizar el comportamiento estructural del modelo sometido a cargas sísmicas mediante cálculo modal y espectral y estudiar su respuesta a los diversos modos de vibración a los que puede ser sometido. Este proceso se lleva a cabo mediante el programa informático Architrave©.

El primer modelo básico se modeliza como una estructura de barras que soportan las cargas de los elementos constructivos y prefabricados. En este primer modelo como se comenta anteriormente no se encuentran representados los elementos de fachada y por tanto no aportan rigidez alguna. Únicamente se encuentra arriostrado por el núcleo central de comunicación vertical y el muro de termo arcilla que compone los núcleos húmedos del edificio de acceso a la ETSA.

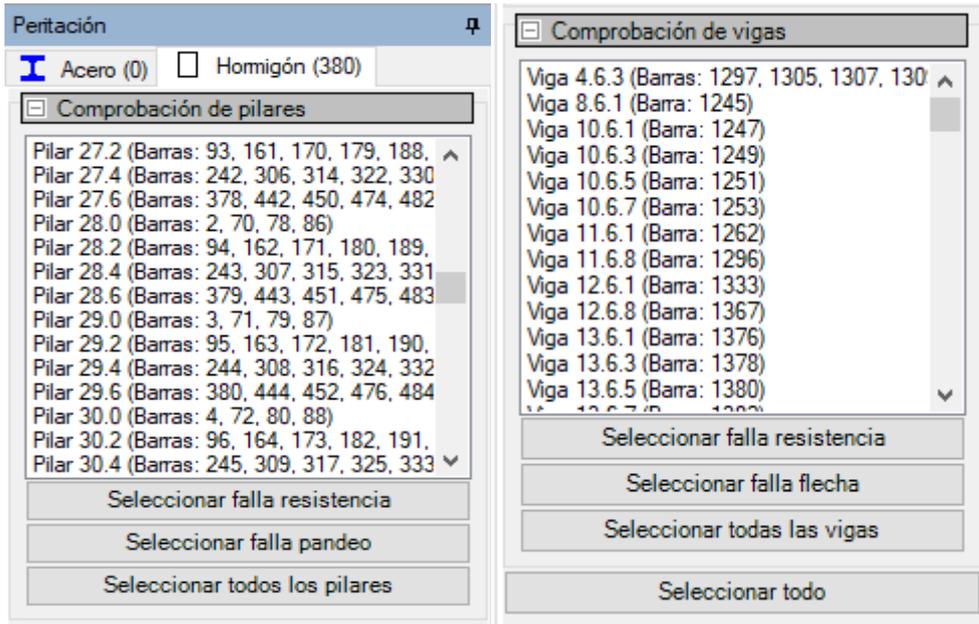


*Img. 57: Modelo básico. Primer modo natural de vibración. Periodo de 0,70 segundos. Torsión. Vista axonométrica y planta. Escalado 200.*

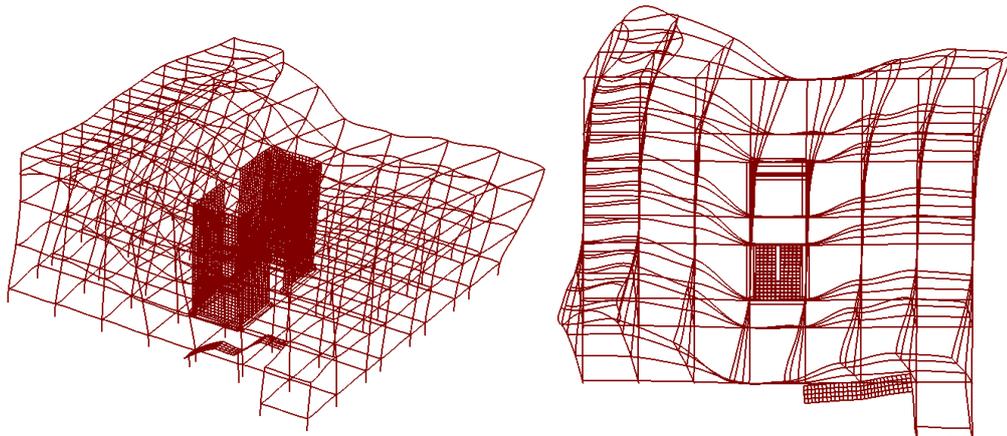
La imagen anterior [Img.57] representa el modo de vibración natural de la estructura. Es decir, la manera natural que tiene el modelo de deformar. Se observan resultados alejados de la norma ya que, para este primer modo natural de vibración, se genera un esfuerzo de torsión y un periodo excesivamente largo que no se corresponde con la realidad, de 0,70 segundos.

Al no tener los elementos de fachada, pese a estar arriostrado por el núcleo central, este esfuerzo de torsión rompe los pilares, y ocasiona que toda la estructura falle, como se puede apreciar en la siguiente imagen [Img.58].

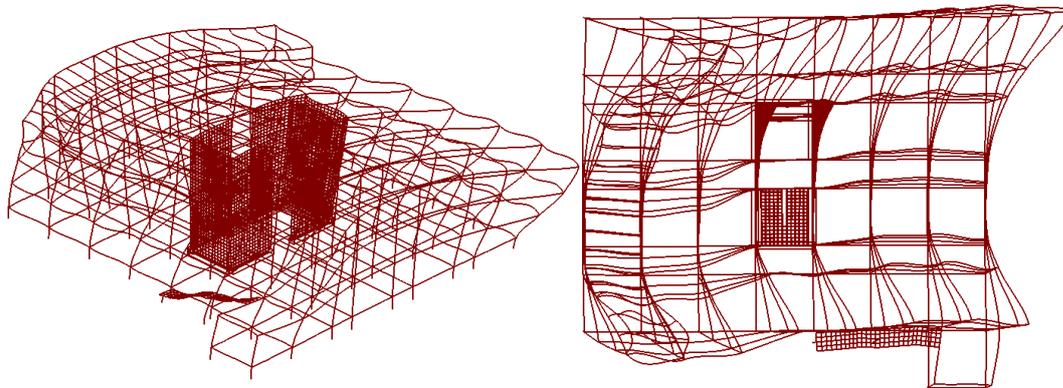
Pese a que queda claro que esta primera solución de barras que soportan las cargas de los elementos constructivos no resulta adecuada, pues dichas barras adquieren una capacidad de movimiento dentro de plano de forjado, se analizan los modos de vibración dos [Img.59], tres [Img.60] y cuatro [Img.61]. De esta manera se asegura el correcto entendimiento del modelo.



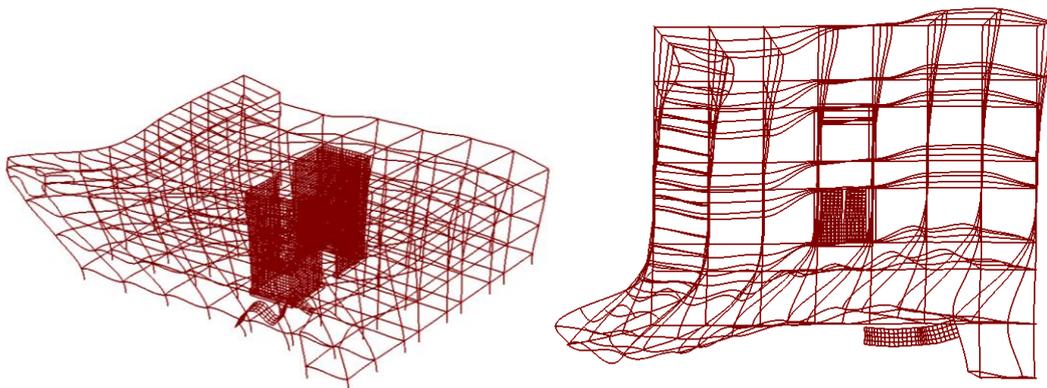
Img. 58: Captura de Architrave, fallo de los pilares y vigas debidos al esfuerzo de torsión generado den el modo de vibración natural.



Img.59 : Segundo modo de vibración, periodo 0,643 segundos. Desplazamiento lateral en la dirección de la escalera. Horizontal. Axonometría y planta. Escala 200



*Img. 60: Tercer modo de vibración, periodo 0,59 segundos. Dirección perpendicular a la escalera. Horizontal. Axonometría y planta. Escala 200*



*Img. 61: Cuarto modo de vibración, periodo 0,564 segundos. Torsión combinada. Axonométrica y planta. Escala 200*

Se puede observar en los diferentes modos de vibración que, al no disponer el modelo de tabiquería y elementos de fachada, los cuales aportan una rigidez al conjunto del edificio, unido a que el forjado se realiza con losa alveolar biapoyada sin capa de compresión, hace que el conjunto de barras baile de una forma anárquica, seguido de la deformación coherente de los muros de arriostramiento de la escalera.

Para facilitar el acceso a la información se realiza una tabla que contiene el tipo de modo, periodo y desplazamiento ocasionado en cada caso.

MODO	PERIODO	DESPLAZAMIENTO
Modo 1, natural.	0,70 segundos	Torsión
Modo 2	0,643 segundos	Desplazamiento lateral, horizontal dirección de la escalera.
Modo 3	0,59 segundos	Desplazamiento perpendicular a la escalera. Horizontal.
Modo 4	0,564 segundos	Torsión combinada.

Tabla 31: Resumen de los diversos modos de vibración, periodos y esfuerzos ocasionados en la estructura del primer modelo básico.

## 6.2 Ajuste de la rigidez con respecto a sismo y del periodo propio fundamental en el segundo modelo

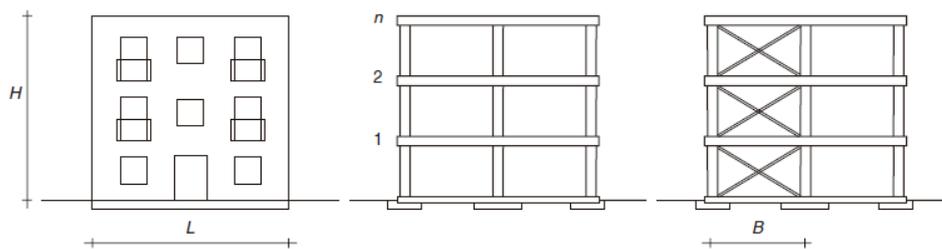
Se decide analizar el segundo modelo, para estudiar los resultados que conlleva aumentar el arriostramiento de la estructura añadiendo los elementos de fachada y el impacto que ello puede tener en la rigidez y en el periodo propio fundamental de la estructura.

### 6.2.1 Periodo propio fundamental

El periodo fundamental, o modo natural de vibración de un edificio entendido de forma simplificada, es la manera natural que tiene de moverse dicha estructura, siendo este modo de vibración específico de la misma. Se puede definir como el tiempo que tarda en realizar una vibración completa una estructura en la forma en la que moviliza la mayor parte de su masa, siendo el modo de vibración con el periodo más largo.

Es por ello, que el periodo fundamental de vibración de una edificación desempeña un papel muy importante dentro del diseño estructural del edificio para su resistencia a sismo. La respuesta dinámica de una edificación durante un sismo depende de la relación entre el periodo de vibración de las ondas sísmicas y el propio periodo de vibración de la estructura, es decir, su modo de vibración natural. En la medida en que los dos periodos igualen sus valores y su relación se acerque más a la unidad, la edificación entra en resonancia, aumentando significativamente las deformaciones y aceleraciones de la edificación y en consecuencia los esfuerzos en sus elementos estructurales.

La normativa sismorresistente (NCSE-02) en su apartado 3.7.2.2 *Calculo del periodo fundamental de los edificios*, establece diversas formas de calcular el periodo fundamental de una edificación de manera aproximada dependiendo del tipo de estructura que con la que se trabaja.



Img. 62: Esquema de los diferentes tipos de estructuras.

Edificios con muros de fábrica de ladrillo o bloques.

$$T_F = 0,06H\sqrt{H/(2L + H)} / \sqrt{L}$$

Edificios con pórticos de hormigón armado sin la colaboración de pantallas rigidizadoras.

$$T_F = 0,09n$$

Edificios con pórticos de hormigón armado con la colaboración de pantallas rigidizadoras.

$$T_F = 0,07n\sqrt{H/(B + H)}$$

Edificios de pórticos rígidos de acero laminado.

$$T_F = 0,11n$$

Edificios de pórticos de acero laminado con planos triangulados resistentes.

$$T_F = 0,085n\sqrt{H/(B + H)}$$

Siendo:

- H* Altura de la edificación, sobre rasante, en metros.
- n* Número de plantas sobre rasante.
- B* Dimensión de las pantallas rigidizadoras, o de los planos triangulados, en el sentido de la oscilación, en metros.
- L* Dimensión en planta de la edificación, en el sentido de la oscilación, en metros.

En el caso del edificio de acceso a la ETSA, que es el módulo que se analiza en este trabajo de final de grado, el edificio pertenece a la categoría de edificios con pórticos de hormigón armado con la colaboración de pantallas rigidizadoras, siendo estas pantallas los elementos prefabricados de fachada que se incluyen en la nueva modelización del edificio. Por lo tanto, el periodo fundamental se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$T_F = 0,07n * \sqrt{\frac{H}{(B + H)}}$$

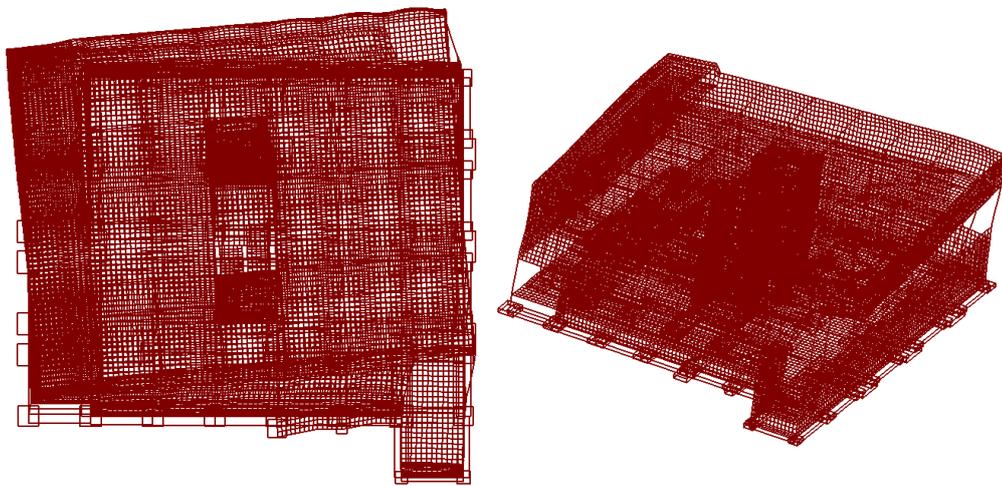
Siendo el número de plantas sobre rasante  $n=3$ , la altura de la edificación  $H=12m$  y la dimensión de las pantallas  $B=12m$ .

$$T_F = 0,07 * 3 * \sqrt{\frac{12}{(12 + 6)}} = 0,17146 \text{ segundos}$$

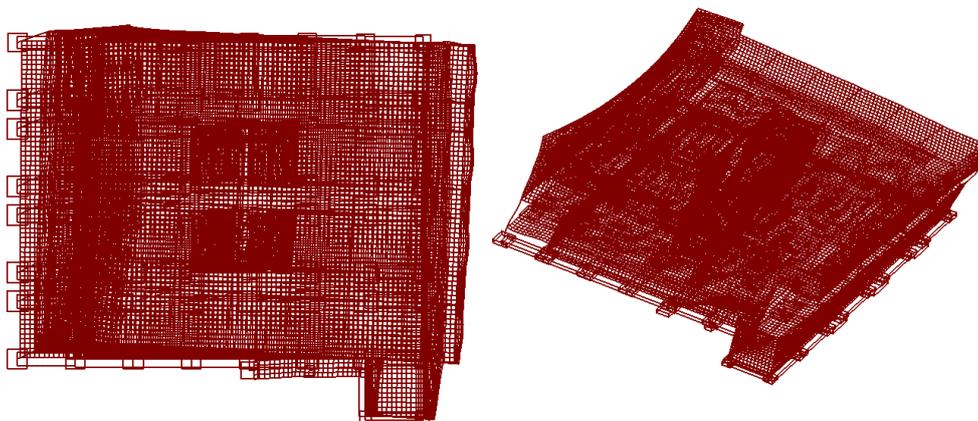
Una vez realizado a mano el cálculo del periodo fundamental de la estructura, se procede al cálculo mediante el programa informático Architrave© en el segundo modelo, el cual cuenta con todos los elementos estructurales, de fachada y forjados realizados mediante elementos finitos.

## 6.2.2 Comportamiento estructural del segundo modelo

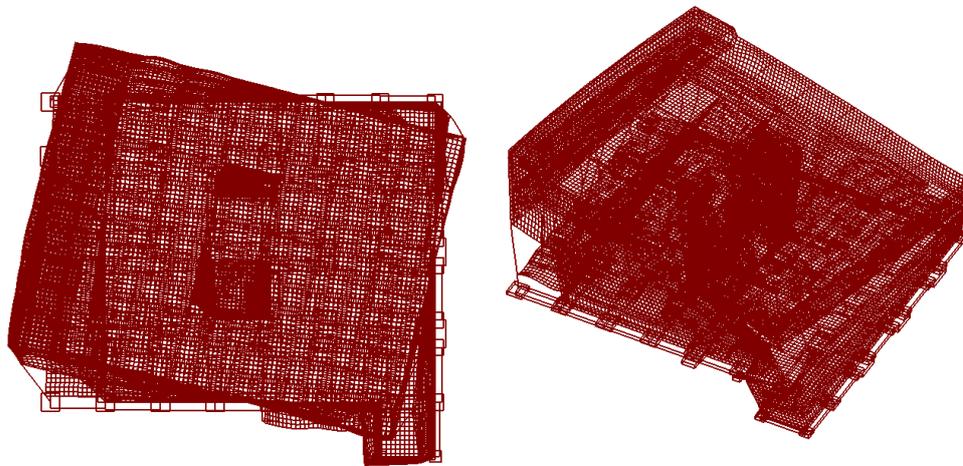
Como se comenta en apartados anteriores, para ajustar la rigidez con respecto a sismo y el periodo natural de este segundo modelo se decide añadir los elementos de fachada representados mediante elementos finitos, así como una modificación del forjado que se modela como una única losa de hormigón también mediante la utilización de elementos finitos.



*Img. 63: Modelo avanzado. Primer modo natural de vibración, periodo de 0,1893 segundos. Desplazamiento horizontal con respecto al eje X. Vista axonométrica y planta. Escalado 200*

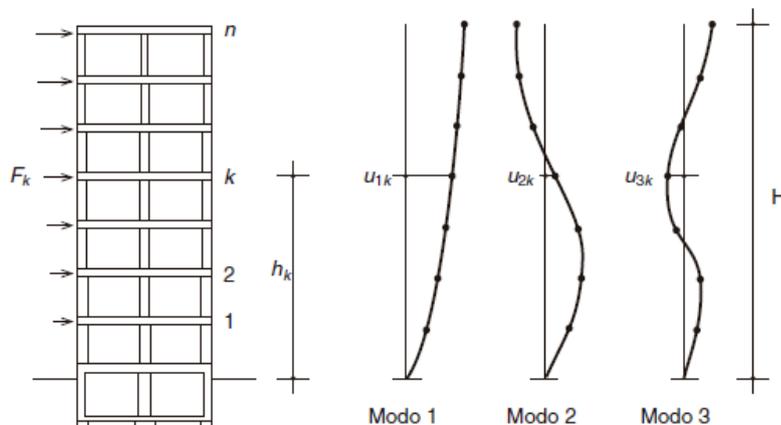


*Img. 64: Modelo avanzado. Segundo modo de vibración, periodo de 0,1738 segundos. Desplazamiento vertical con respecto al eje Y. Vista axonométrica y planta. Escalado 200*



Img. 65: Modelo avanzado. Tercer modo de vibración, periodo de 0,1556 segundos. Torsión. Vista axonométrica y planta. Escalado 200

Se observa que al arriostrar el modelo mediante el núcleo central y los elementos de fachada modelizados mediante fábrica de ladrillo hueco con una rigidez equivalente al del edificio real, el funcionamiento de la estructura adquiere modos de vibración dentro de la normalidad. Es decir, el esfuerzo soportado en los diversos modos de vibración se asemeja más a la representación de estos realizada en la normativa sismorresistente NCSE-02 [Img. 65].

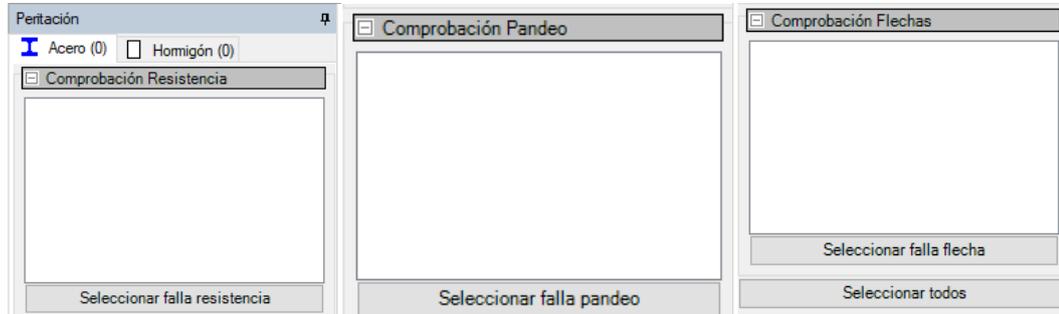


Img. 65: Modos de vibración en modelos planos de estructuras de pisos.

En el caso del modelo representado, el modo de vibración 1, o modo natural de vibración experimenta un movimiento horizontal en X, el modo 2 un movimiento vertical en Y, y el modo 3 un movimiento de torsión.

A ello se une la reducción considerable de los periodos, y la cercanía del periodo fundamental calculado a mano de valor 0,17146 segundos con el obtenido mediante el programa Architrave de valor 0,18931 segundos.

Para finalizar, en esta nueva modelización ninguno de los elementos estructurales falla [Img.66], siendo completamente favorable la peritación de vigas zunchos y pilares realizada por el programa Architrave. Resulta favorable, la nueva modelización del edificio de acceso a la ETSA y se consigue el objetivo de reducir el periodo de vibración y aumentar la rigidez con respecto a sismo del modelo.



Img. 66: Captura de Architrave. Peritación de los elementos estructurales positiva.

Para facilitar el acceso a la información, se realiza una tabla que contiene tanto los diversos modos estudiados en la estructura, así como el periodo de vibración y el desplazamiento ocasionado.

MODO	PERIODO	DESPLAZAMIENTO
Modo 1, natural.	0,1893 segundos.	Desplazamiento horizontal con respecto al eje X.
Modo 2.	0,1738 segundos.	Desplazamiento vertical con respecto al eje Y.
Modo 3	0,1556 segundos.	Torsión.

Tabla 32: Resumen de los diversos modos de vibración, periodos y desplazamientos ocasionados en la estructura del segundo modelo.

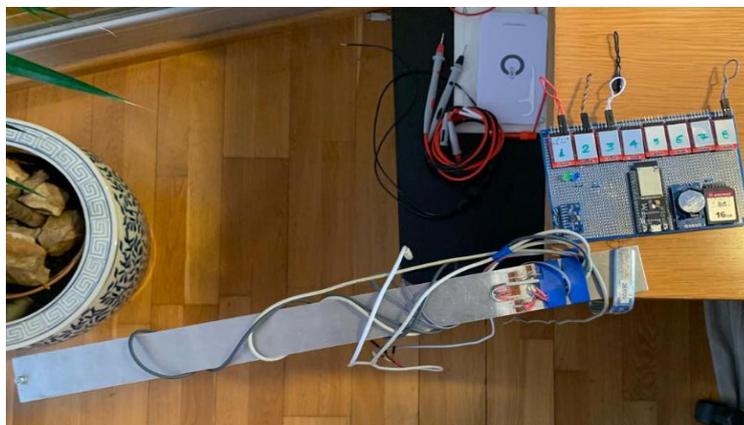
### 6.3 Análisis de los esfuerzos de los pilares 39, 40 y 41

Este trabajo de final de grado forma parte de una investigación de mayor magnitud, la monitorización de los tres últimos pilares [img.67] del soportal de planta baja del edificio de acceso a la ETSA, numerados 39, 40 y 41.



Img. 67: Pilares 39, 40 y 41 de planta baja del edificio de acceso a la ETSA. Autor: Google Maps

Debido a la corrosión de las armaduras en los pilares de la planta baja, en concreto de los soportes recayentes al jardín, se decidió por parte del rectorado de la Universidad acometer su reparación. La reparación consistió en remover el recubrimiento del hormigón de las zonas que presentaban deterioro y el granallado de las armaduras para eliminar el óxido. Al quedar expuestas las armaduras era posible la instalación de galgas extensométricas en las mismas, que posteriormente se recubrieron con mortero de reparación estructural.

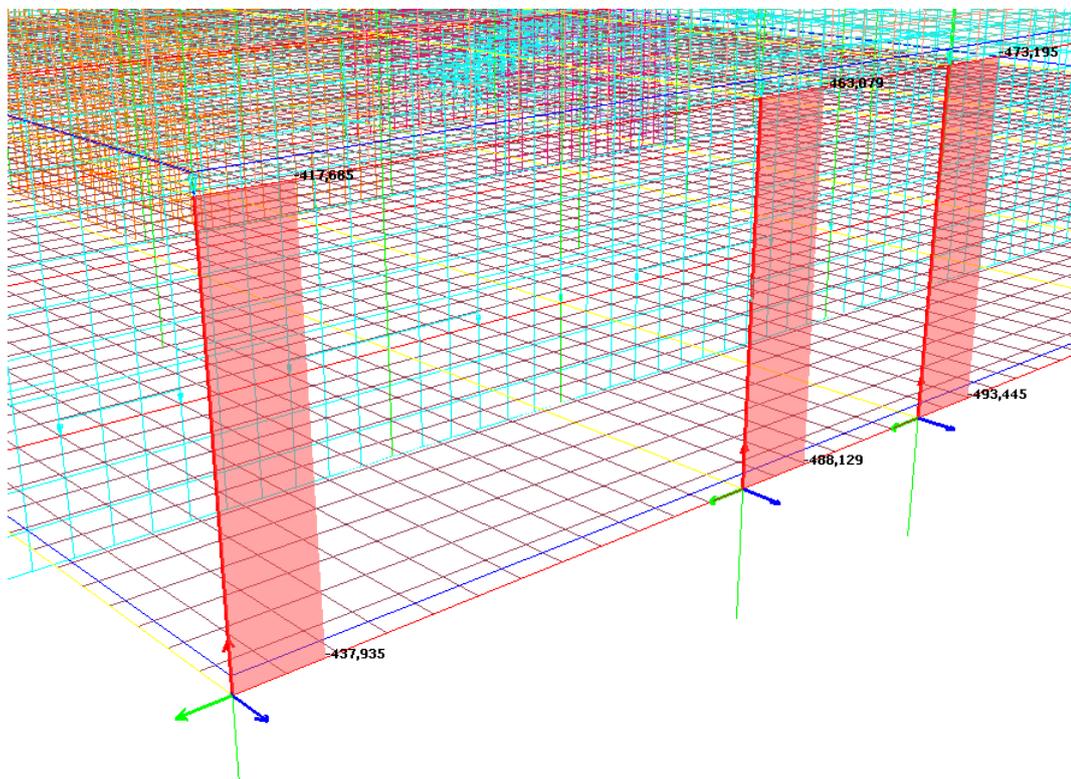


Img. 68: Modelo de galgas extensométricas para la monitorización de los pilares de planta baja.

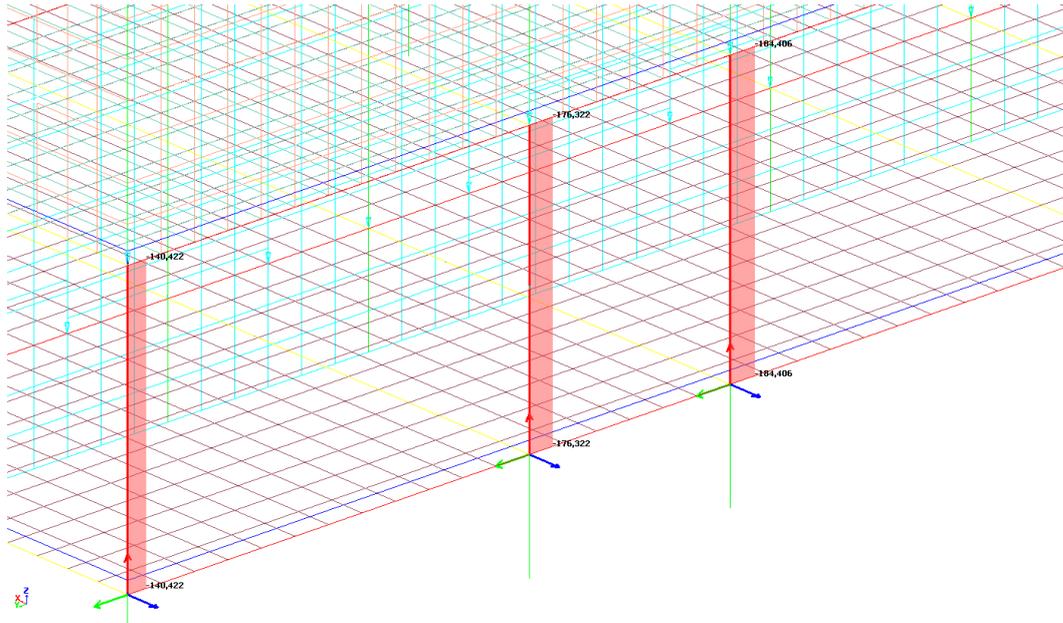
Se colocaron en tres pilares de planta baja dichas galgas extensométricas en los redondos de acero, tanto en la armadura principal como en los estribos. Esto permitirá conocer los incrementos de deformación interna reales en las armaduras. Estos datos son con base desde el instante de su colocación.

La monitorización se realizará mediante un *Sistema IoT (Internet of Things)*. Este sistema se basa en la interconexión de dispositivos y objetos a través de una red. Las galgas extensométricas cumplen un papel fundamental en el sistema pues son los sensores encargados de medir las tensiones, es decir, las deformaciones por tracción y compresión que sufren los pilares. Estos sensores son capaces de convertir diversos parámetros como fuerza, presión, tensión, etc., en un cambio de resistencia eléctrica, el cual es medible y cuantificable.

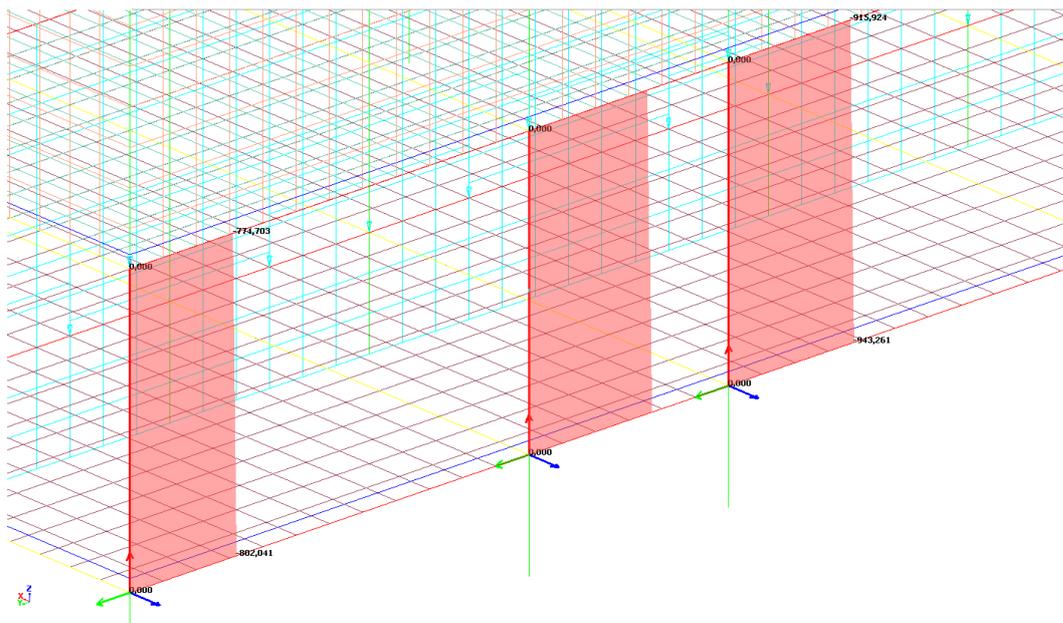
Es por tanto necesario, realizar el estudio de estos pilares en el segundo modelo, de forma que se puedan caracterizar los esfuerzos previsible de estos soportes ante las acciones de peso propio, uso, sismo y su envolvente.



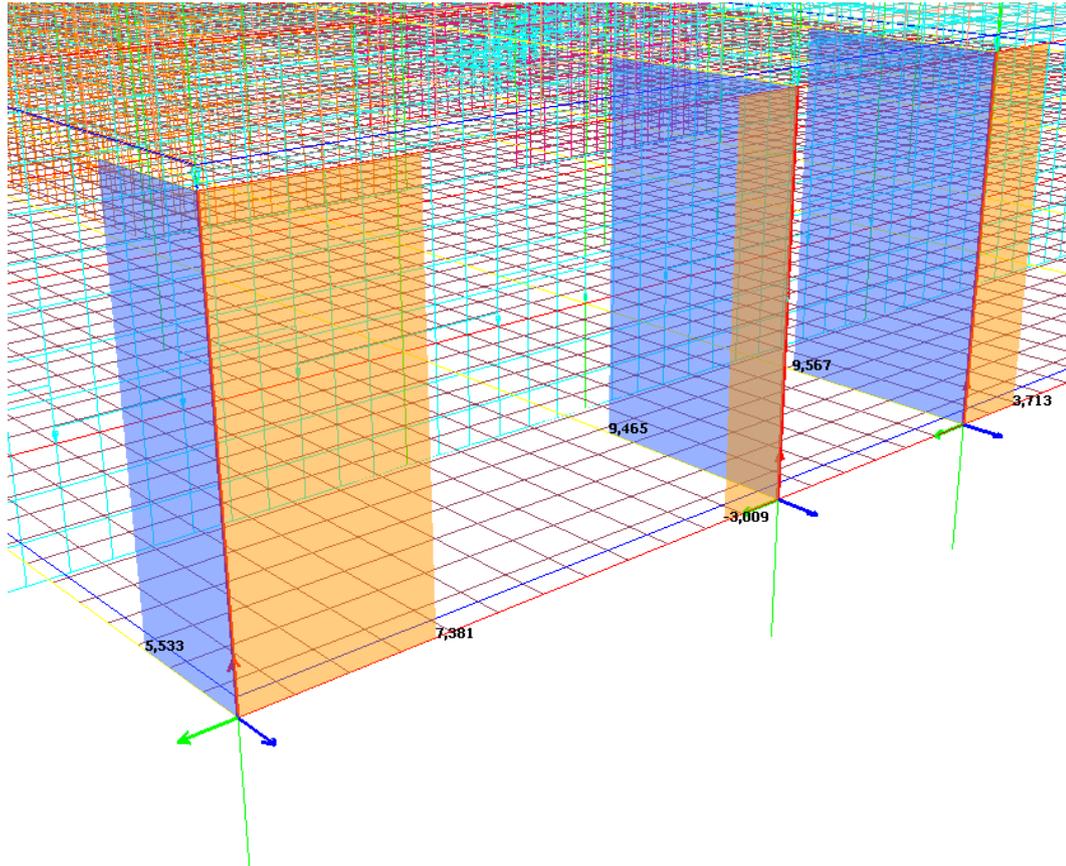
Img. 69: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Esfuerzo axial. Peso propio.



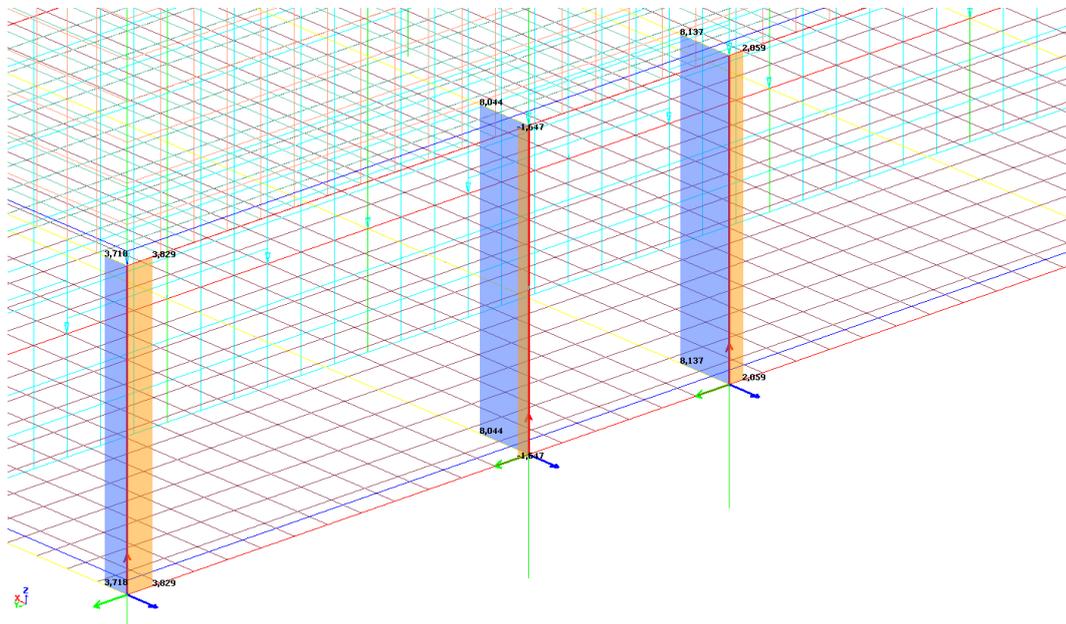
Img. 70: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Esfuerzo axial. Uso.



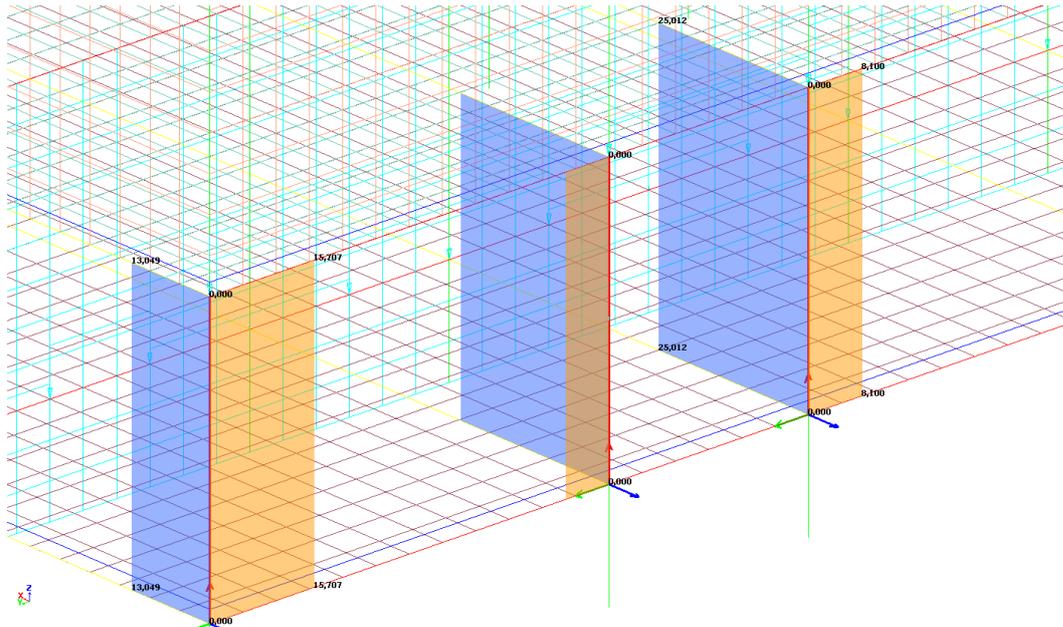
Img. 71: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Envoltete ELU.



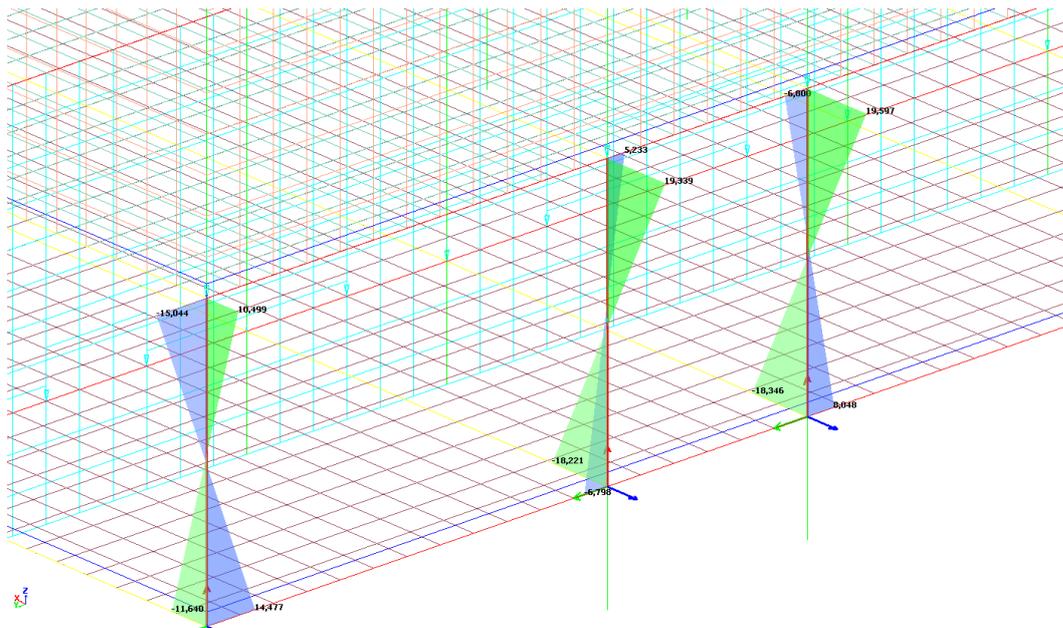
Img. 72: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Cortante Vx y Vy. Peso propio.



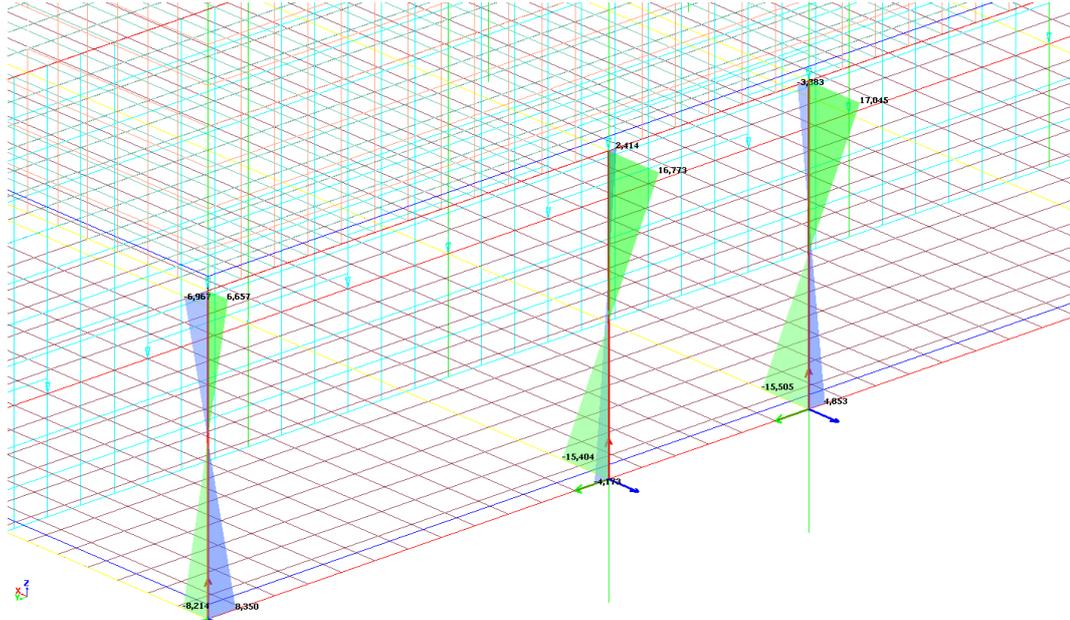
Img. 73: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Cortante Vx y Vy. Uso.



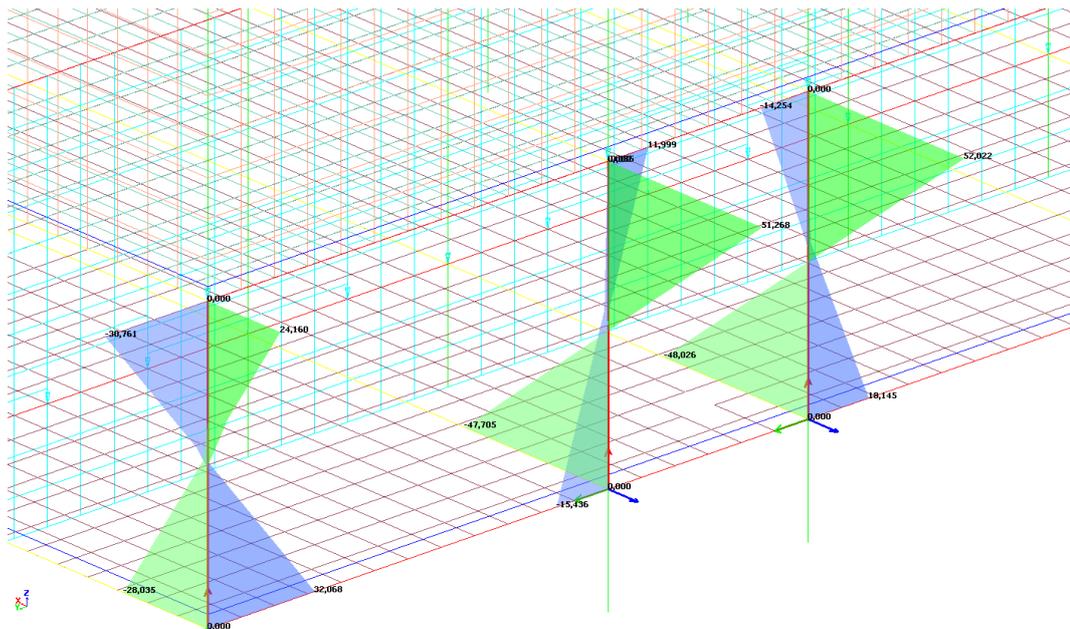
Img. 74: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Envoltura ELU.



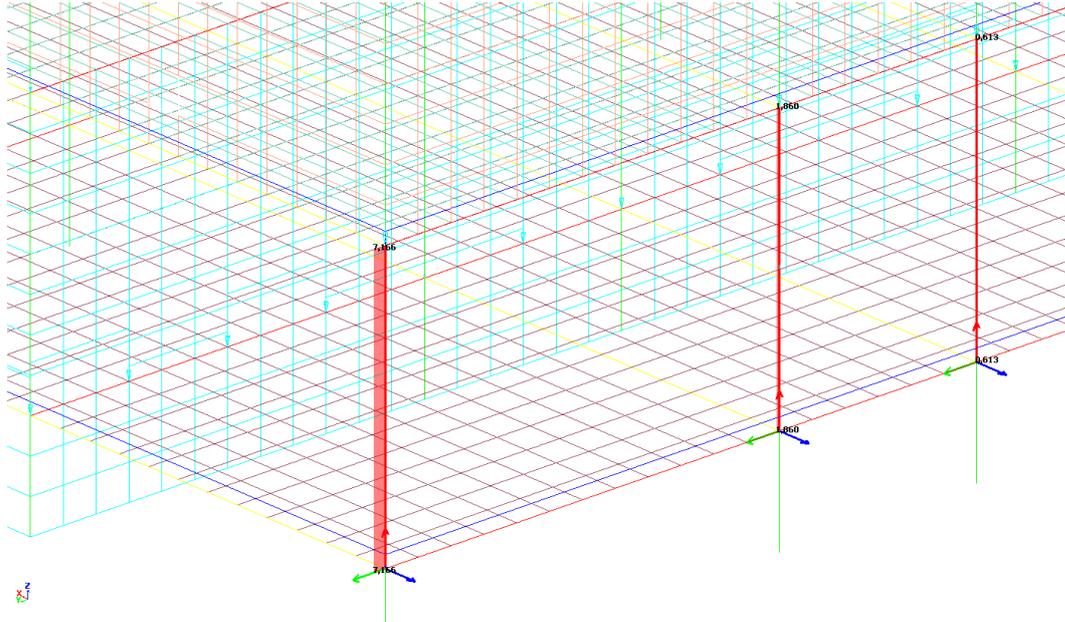
Img. 75: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Flector My (verde), flector Mz (azul). Peso propio.



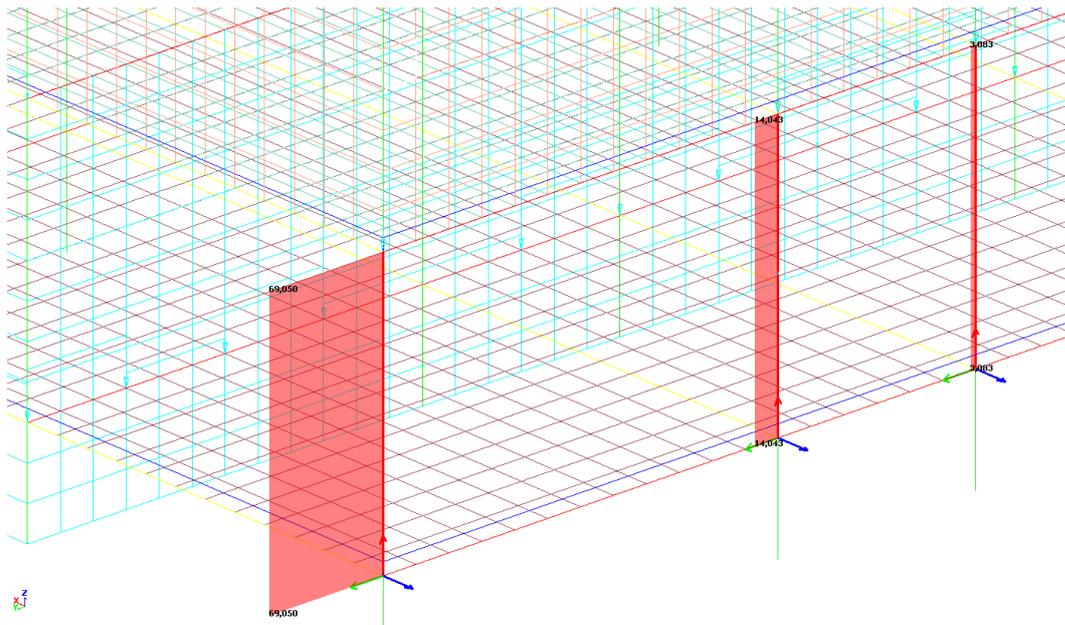
Img. 76: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Flector My (verde), flector Mz (azul). Uso.



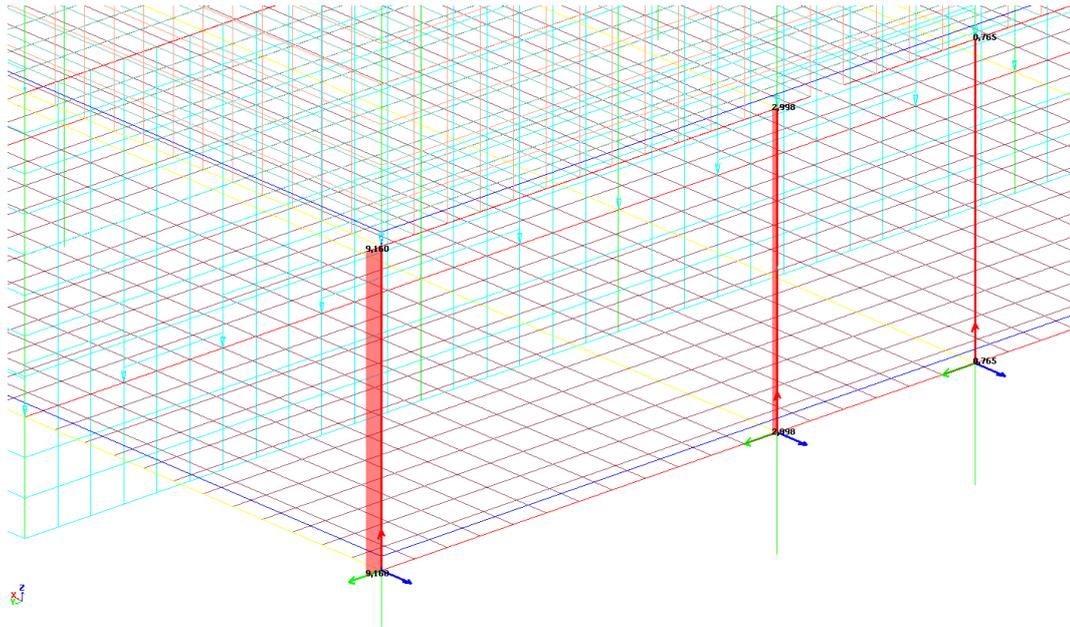
Img. 77: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Flector My (verde), flector Mz (azul). Envolvente ELU.



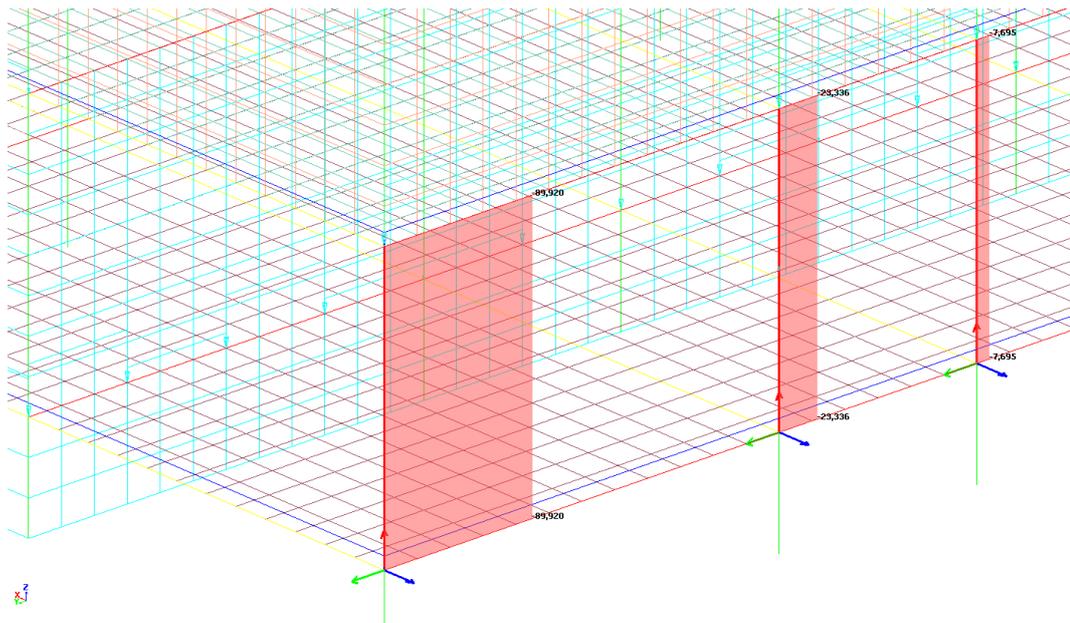
Img. 78: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje X modo natural de vibración 1.



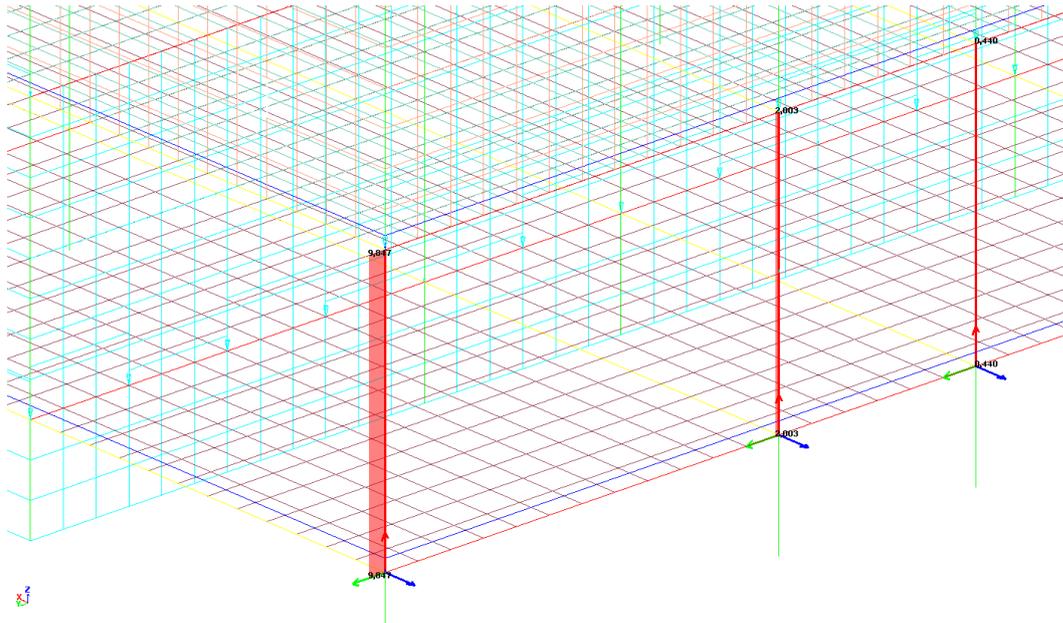
Img. 79: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje X modo de vibración 2.



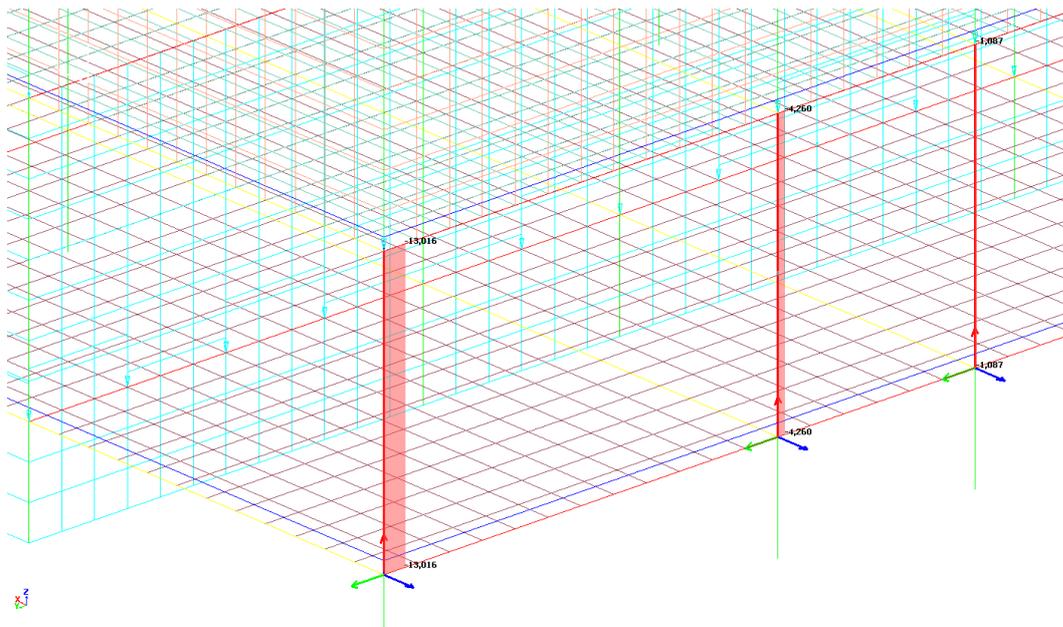
Img. 80: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje X modo de vibración 3.



Img. 81: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje Y modo natural de vibración 1.



Img. 82: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje Y modo de vibración 2.



Img. 83: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje Y modo de vibración 3.

Acorde a la normativa sismorresistente NCSE-02, la ciudad de Valencia cuenta con una aceleración básica  $a_b/g$  de valor 0,06. Para el cálculo mediante el programa Architrave© se establece un espectro [Img.79] con una aceleración básica de 0,08. Pese a ello, los datos obtenidos para los diferentes modos de vibración en el esfuerzo axil de los pilares 39, 40 y 41 no muestran valores elevados.

Para acceder de manera más rápida y eficaz a todos los valores anteriormente expuestos, se realizan tablas informativas donde se recogen todos datos de los esfuerzos a los que han sido sometidos dichos pilares.

Pilares	Axil. Peso propio	Axil. Uso	Axil. Envolvente
<b>Cabeza 39</b>	-417,685	-140,422	-774,703
<b>Base 39</b>	-437,935	-140,422	-802,041
<b>Cabeza 40</b>	-463,879	-176,322	890,089
<b>Base 40</b>	-488,129	-176,322	-923,907
<b>Cabeza 41</b>	-473,195	-184,406	-915,924
<b>Base 41</b>	-493,445	-184,406	-943,261

Tabla 33: Esfuerzos Axiales de los pilares. kN.

Pilares	Cortante. Peso Propio Vx	Cortante. Peso propio Vy	Cortante. Uso Vx	Cortante. Uso Vy	Cortante. Envolvente Vx	Cortante. Envolvente Vy
<b>Cabeza 39</b>	5,535	7,38	3,718	3,829	13,049	15,707
<b>Base 39</b>	5,535	7,37	3,718	3,829	13,049	15,707
<b>Cabeza 40</b>	9,39	-3,008	8,044	-1,647	24,743	-6,53
<b>Base 40</b>	9,39	-3,008	8,044	-1,647	24,743	-6,53
<b>Cabeza 41</b>	9,486	3,712	8,137	2,059	25,012	8,1
<b>Base 41</b>	9,486	3,712	8,137	2,059	25,012	8,1

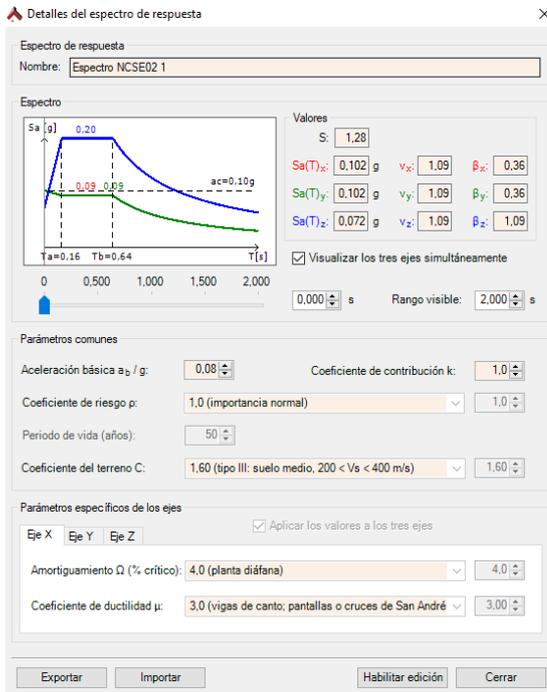
Tabla 34: Esfuerzos Cortantes de los pilares. kN.

Pilares	Momentos. Peso propio Mz	Momentos. Peso propio My	Momentos. Uso Mz	Momentos. Uso My	Momentos. Envolvente Mz	Momentos. Envolvente My
<b>Cabeza 39</b>	-15,044	10,499	-6,967	6,657	-30,761	24,16
<b>Base 39</b>	14,477	-11,64	8,35	-8,214	32,068	-28,035
<b>Cabeza 40</b>	5,233	19,339	2,414	16,773	14,999	51,268
<b>Base 40</b>	-6,798	-18,221	-4,179	-15,404	-15,436	-47,705
<b>Cabeza 41</b>	-6,8	19,597	-3,383	17,045	-14,254	52,022
<b>Base 41</b>	8,048	-18,346	4,653	-15,505	18,145	-48,026

Tabla 35: Esfuerzos Flectores de los pilares. kN.

Pilares	Modo 1 Eje X	Modo 1 Eje Y	Modo 2 Eje X	Modo 2 Eje Y	Modo 3 Eje X	Modo 3 Eje Y
<b>Cabeza 39</b>	7,166	-89,92	69,05	9,847	9,16	-13,016
<b>Base 39</b>	7,166	-89,92	69,05	9,847	9,16	-13,016
<b>Cabeza 40</b>	1,86	-23,336	14,043	2,003	2,998	-4,26
<b>Base 40</b>	1,86	-23,336	14,043	2,003	2,998	-4,26
<b>Cabeza 41</b>	0,613	-7,695	3,083	0,44	0,765	-1,087
<b>Base 41</b>	0,613	-7,695	3,083	0,44	0,765	-1,087

Tabla 36: Valores modos de vibración.



Img. 84: Captura de Architrave. Espectro sísmico.

## **7 Conclusiones**

El proceso llevado a cabo para la construcción de la Universidad Politécnica de Valencia por parte del estudio de arquitectura L35 refleja la profesionalidad de la firma arquitectónica. El grupo de arquitectos realizó un gran trabajo analítico y organizativo desde las primeras horas de vida del proyecto. Se fundamentaron en un profundo análisis de los diferentes problemas que podían presentarse tanto en el momento de su construcción como en los años futuros. Se utilizaron diferentes herramientas para los múltiples procesos que requiere un proyecto de esta envergadura, como la utilización de un sistema PERT para la creación del calendario de trabajo.

Demostraron también un profundo interés por la arquitectura de innovación y las preocupaciones y tendencias que recorrían el continente europeo. Se habla del sistema organizativo en el que se fundamenta la UPV, una manera de organizar el proyecto basada en la teoría de sistemas que permitiría una fácil y efectiva expansión del campus en los años venideros. Sistema que ya había sido utilizado en otras universidades como la Free University of Berlín.

L35 fue un ejemplo no solo de organización, sino también de la utilización de elementos constructivos prefabricados como las losas alveolares aligeradas de hormigón prefabricado que conforman los forjados o los paneles de hormigón, también prefabricado, que componen las fachadas de la universidad. Siendo los pilares, vigas y zunchos de hormigón in situ. La tipología estructural utilizada se corresponde con módulos prefabricados pesados, sustentados por las vigas de hormigón in situ que creaban pórticos entre pilares de 3m y 6m de luz.



*Img. 85: Vista del proceso constructivo del campus de vera. Año:1973 Autor: Estudio L35*

La composición de los diferentes módulos que conforman las escuelas de la Universidad Politécnica de Valencia refleja monotonía. Ello responde a la manera analítica y casi matemática con la que el estudio resolvió el proyecto. Los numerosos planos que realizaron muestran la profundidad con la que se llevo a cabo el proceso de prefabricación, en ellos se puede observar como el grupo de arquitectos había realizado organizaciones estandarizadas de estancias tales como aulas, laboratorios, despachos, zonas de comunicación y baños.

La remodelación realizada posteriormente por el estudio de arquitectura VVV rompe con esta monotonía y se adapta a los avances técnicos de nuestra época. No obstante, en determinadas zonas de la fachada del edificio de acceso, la remodelación supuso la creación de una envolvente de piedra sobre los paneles prefabricados de hormigón existentes, añadiendo mas peso a la fachada.

No quedó atrás la aproximación urbanística. En L35 entendieron desde un inicio que la universidad debía de comportarse como una pequeña ciudad y, por lo tanto, debía de solucionar los problemas habituales de las urbes, así como satisfacer las diversas necesidades de los usuarios.

La universidad debía de ser un lugar de intercambio de conocimientos y de relación entre los seres humanos. No solo debía de permitir que estas se llevaran a cabo, sino que debía de acentuar estos procesos. Por ello se crearon espacios de reunión como el ágora, y se organizó el campus de forma que aquellas escuelas que resultasen mas afines unas con otras estuvieran lo más cercanas posible.



*Img. 86: Vista del ágora. Autor: L35 Arquitectos*

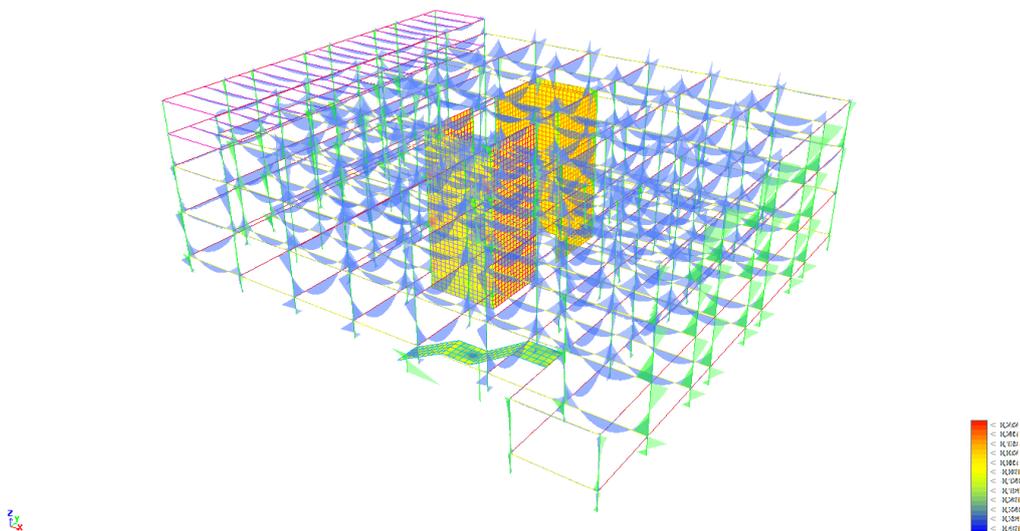
El trabajo no se ha centrado en el conjunto de los diversos edificios que componen la universidad, sino en el edificio de acceso a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Se realiza una modelización exhaustiva de todos los elementos constructivos y estructurales, dado que los programas de análisis estructural permiten la modelización espacial con todo tipo de detalle con elementos finitos y barras.

Se han peritado las cargas, tanto de peso propio, uso y de análisis sísmico. Para el análisis del sismo se ha considerado una aceleración máxima de 0,08 pese a que la normativa sismorresistente establece que la ciudad de Valencia tiene un valor  $a_b/g$  de 0,06, sin embargo, para un edificio de importancia como lo es la UPV, la norma también establece no utilizar un valor de  $a_b/g$  menor a 0,08.

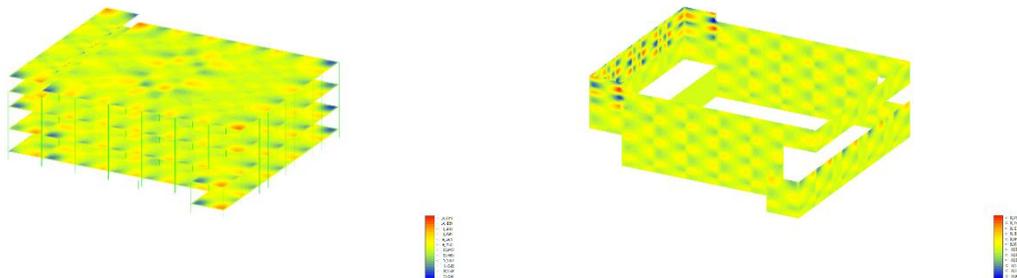
Durante la realización del trabajo se observan otras ramas de investigación interesantes como el ajuste de la rigidez del modelo de calculo estructural respecto a sismo y la reducción de su periodo de vibración fundamental mediante la modelización de la rigidez del forjado y de los diversos componentes de fachada.

En una primera lectura, dado que el forjado es por losas alveolares prefabricadas de 0,15m que se dejan caer sobre las vigas hormigonadas in situ y la existencia de capa de compresión, el modelo más adecuado sería el de barras que reciben las cargas de los elementos prefabricados y constructivos, representado el forjado mediante áreas de reparto, que no aportan ningún tipo de rigidez al conjunto de la estructura. Quedando, por lo tanto, estas barras con una capacidad de movimiento dentro del plano del forjado, que como se ve luego no es real, puesto que las fachadas y el propio rozamiento de losas y solado rigidizan el conjunto de la estructura.



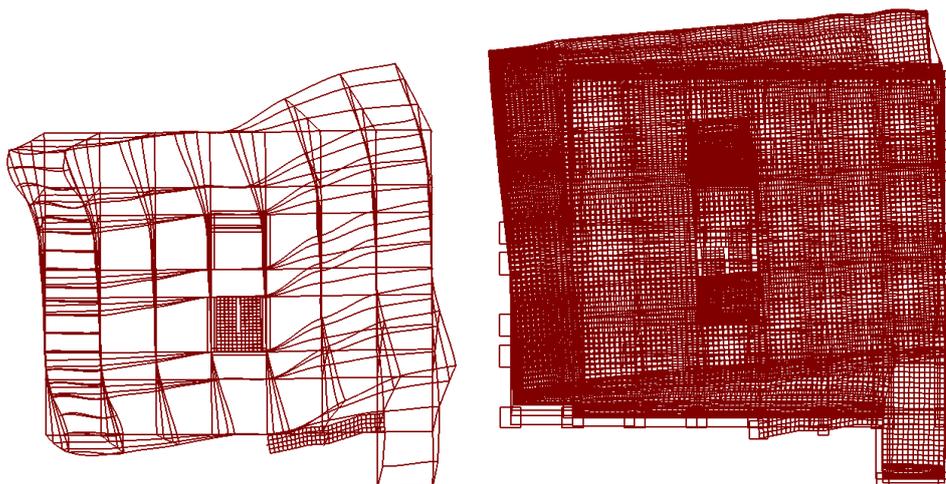
Img. 87: Primera aproximación al modelo de calculo estructural basado en barras que reciben las cargas.

Se realiza entonces un segundo modelo donde se representa la rigidez del forjado modelizándolo como una gran losa de hormigón, así como la fachada, modelizada mediante elementos finitos con una materialidad de muro de ladrillo con una resistencia equivalente a la solución constructiva original.



Img. 88: Modelización de la rigidez de los elementos de forjado y fachada para el segundo modelo.

La creación de estos dos modelos y su estudio diferenciado por partes, permiten entender el grado de colaboración del forjado y de los elementos de fachada en la resistencia de la estructura al someterla a acciones sísmicas. En apartados anteriores se comenta que, en el primer modelo, tras aplicar mediante el programa informático Architrave una acción sísmica la totalidad de los pilares y vigas fallaban, no siendo así en el segundo modelo. Además, los modos de vibración del primer modelo se alejaban de la normalidad, es decir, no eran en absoluto similares a los expuestos en la normativa sismorresistente. En la siguiente imagen se puede ver la comparativa del movimiento de deformación de ambos modelos en su modo de vibración natural 1. Mientras que el primer modelo situado a la izquierda experimenta un movimiento de torsión en su modo de vibración fundamental, el segundo modelo, situado a la derecha responde mediante un desplazamiento horizontal con respecto del eje X.



Img. 89: Imagen comparativa del movimiento experimentado por ambos modelos en su modo de vibración natural 1. Vista en planta. A la izquierda modelo 1 a la derecha modelo 2.

Se consigue también reducir los periodos de vibración del segundo modelo con respecto del primer modelo. Acercándose los datos obtenidos mediante calculo informático del periodo fundamental del segundo modelo a los cálculos realizados a mano mediante las fórmulas y métodos aproximados expuestos en la normativa sismorresistente. Se realiza una tabla comparativa en la que se puede observar la diferencia existente en ambos modelos en cada uno de los modos de vibración estudiados.

	<b>MODO</b>	<b>PERIODO</b>	<b>DESPLAZAMIENTO</b>
<b>Primer modelo</b>	Modo 1, natural	0,70 segundos	Torsión.
	Modo 2	0,643 segundos	Lateral horizontal dirección de la escalera.
	Modo 3	0,59 segundos	Perpendicular a la escalera, horizontal.
	Modo 4	0,564 segundos	Torsión combinada.
<b>Segundo modelo</b>	Modo 1, natural	0,1893 segundos	Horizontal con respecto al eje X.
	Modo 2	0,1738 segundos	Vertical con respecto al eje Y.
	Modo 3	0,1556 segundos	Torsión.

*Tabla. 37: Tabla comparativa de los periodos y desplazamientos de ambos modelos en los diferentes modos de vibración.*

Con la modelización de fachada y forjado se ha conseguido ajustar el modelo, que siempre es una abstracción, pero dada la cercanía con los valores predichos mediante los cálculos manuales realizados acorde a la NCSE-02, se garantiza una precisión adecuada para comprar con la monitorización, tanto por acelerómetros como por extensometría.

Es de recalcar que este aporte de la rigidez evita la incongruencia del modelo de barras, que de forma errónea mostraba barras con falta de armado o sección, y que tras ajustar la rigidez de fachadas y forjados pasan a encontrarse con un armado más que suficiente.

Este trabajo final de grado forma parte de una investigación mayor que es la monitorización en tiempo real de los pilares de planta baja del módulo de acceso. En este primer paso el objetivo es caracterizar los esfuerzos previsibles de estos pilares ante las acciones de peso propio, uso, sísmica y su envolvente.

Se toma por tanto la decisión de considerar los esfuerzos del modelo que tiene en cuenta la rigidez de los elementos de fachada y una rigidez relativa de los forjados. Se alcanza pues el objetivo del análisis de peritación de los esfuerzos de los pilares 39, 40 y 41.

En líneas futuras de investigación se colocarán unos acelerómetros de forma que se monitorizarán los movimientos naturales del edificio obteniéndose tanto el periodo natural de vibración como su amortiguamiento. Los modos de vibración de una estructura son fundamentales pues definen a la misma. Definen tanto su rigidez como su peso y sus ejes de inercia.

## **8 Bibliografía**

## 8.1 Libros y revistas

(AA.VV, 2009b, 2009a, 2010, 2019; Alexander, 1968; Batllori et al., 1970; «Concurso de anteproyectos para el Instituto Politécnico Superior de Valencia», 1970; Domínguez Caicedo, 2014; Gómez & Calabuig, 2016a, 2016b; Juliá Igual et al., 2008; Rodríguez Ramírez, 2016; Vidal & Climent, 2010)

AA.VV. (2009a). Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.

AA.VV. (2009b). Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).

AA.VV. (2010). N1 el espacio y la enseñanza de la arquitectura. [http://estudiovvv.com/downloads/N1\\_09\\_VICENTE\\_MANUEL VIDAL.pdf](http://estudiovvv.com/downloads/N1_09_VICENTE_MANUEL VIDAL.pdf)

AA.VV. (2019). Documento Básico Seguridad Estructural. DBSE.

Alexander, C. (1968). Systems Generating Systems. *Architectural Desing*, 38, 605-610.

Batllori, A., José Ianacio Galán Martínez José Martínez Honrubia Juan Fernando de Mendoza Sans Guillermo Murtra Ferré Arquitectos colaboradores Gonzalo García Muñoz Ignacio Paricio Ansuategui, A. L., Ma Soler Dulón Jesús Ma Bermejo Miguel Donada José Rambn Fernández Julio Laviña Fabián Llisterri José Luis Parés Juan Rovira Antonio Solanas Enrique Serra Pilar de la Villa Maqueta Jos, J., Díaz -M, M., & Juan Núñez, R. (1970). CONCURSO DE ANTEPROYECTOS PARA EL INSTITUTO POLITECNICO SUPERIOR DE VALENCIA PRIMER Estudiantes de Arquitectura PREMIO EQUIPO.

Concurso de anteproyectos para el Instituto Politécnico Superior de Valencia. (1970). *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, ISSN 1133-8857, No. 76-77, 1970, págs. 117-120, 76, 117-120. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7207603>

Domínguez Caicedo, M. (2014). Periodo de vibración de las edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 8, 1-13.

Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En *Architectural Research Quarterly* (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016b). Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En *Architectural Research Quarterly* (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Juliá Igual, J., Bonet Solves, V. E., Rubio Garrido, A., Blanes Nadal, G., Estruch, V. D., Montalvá Conesa, J., López Galarza, S., Benito Beorlegui, Á., Hervás Jorge, A., Moreno, N., Bonet, V., Martínez Rubio, J. M., Ramos Ramis, F., Del Valle Villanova, J. M., Palop Jorge, L., Ferraz Español, M. T., & Mora Mas, F. (2008). UPV 40 anys. En *Publicación UPV* (pp. 19-33). Universitat Politècnica de València.

Rodríguez Ramírez, F. (2016). Shadrach Woods y el nacimiento de una arquitectura infraestructural. *Revista europea de investigación en arquitectura: REIA*, ISSN-e 2340-9851, No. 5, 2016, págs. 171-187, 5, 171-187. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5647674&info=resumen&idioma=ENG>

Vidal, V. M. V., & Climent, C. M. V. (2010). LA PUESTA AL DÍA DE UNA ESCUELA DE ARQUITECTURA/UPDATING A SCHOOL OF ARCHITECTURE [Article]. *Revista proyecto, progreso, arquitectura*, 1, 112-121.

## 8.2 Publicaciones web

(AA.VV, s. f.-a, s. f.-b, s. f.-d, s. f.-c, s. f.-e, 2018, 2022, 2023; Álvarez & Gómez, 2018; Asana, 2021; David Ing, 2014; Domingo Calabuig, s. f., 2017, 2019; L35 Arquitectos, 2023a, 2023b; Mehaffy et al., 2015; Vidal Climent & Vidal Climent, s. f.; VVV, s. f.)

AA.VV. (s. f.-a). Entrevistamos a Ivo E Vidal Climent del estudio VVV. Recuperado 24 de julio de 2023, de <https://www.encuentra-tu-arquitecto.com/es/es/actualites/entrevistamos-a-ivo-e-vidal-climent-del-estudio-vvv>

AA.VV. (s. f.-b). La forma sigue a la función, la frase más famosa de la Arquitectura. Recuperado 24 de julio de 2023, de <https://www.arquitecturapura.com/arquitectura/la-forma-sigue-a-la-funcion-4507/>

AA.VV. (s. f.-c). Noticia UPV: La Universitat Politècnica de València cumple 50 años. Envíanos tu mensaje de felicitación | Universitat Politècnica de València. Recuperado 24 de julio de 2023, de <http://www.upv.es/noticias-upv/noticia-10745-50-aniversario-es.html>

AA.VV. (s. f.-d). Shadrach Woods y el nacimiento de una arquitectura infraestructural - Dialnet. Recuperado 24 de julio de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5647674>

AA.VV. (s. f.-e). un aniversario... Recuperado 24 de julio de 2023, de [http://50a.upv.es/historia\\_c.html](http://50a.upv.es/historia_c.html)

AA.VV. (2018). Historia de la UPV | UPV - Universitat Politècnica de València. <https://www.upv.es/organizacion/la-institucion/historia/index-es.html>

AA.VV. (2022, julio 8). Made in Barcelona | L35: Más de 50 años apostando por una arquitectura al servicio del ciudadano. <https://www.barcelonaglobal.org/blog/made-in-barcelona/l35-mas-de-50-anos-al-servicio-del-ciudadano/>

AA.VV. (2023). UPV\_SIRVE : Propósito, Visión, Valores, Metas y Objetivos | VPT | UPV. <https://www.upv.es/entidades/vpt/estrategia-upv-2027/>

Álvarez, E., & Gómez, C. (2018, noviembre 16). PILAR DE INSAUSTI MACHINANDIARENA – Arquitectas en Comunidad Valenciana. <https://arquitectasvalencianas.home.blog/2018/11/16/pilar-de-insausti-machinandiarena/>

Asana, T. (2021, octubre 14). El diagrama de PERT: qué es y cómo crearlo. <https://asana.com/es/resources/pert-chart>

David Ing. (2014, abril 10). Systems generating systems — architectural design theory by Christopher Alexander (1968) – Coevolving Innovations. <https://coevolving.com/blogs/index.php/archive/systems-generating-systems-architectural-design-theory-by-christopher-alexander-1968/>

Domingo Calabuig, D. (s. f.). The Strategies of Mat-building - Architectural Review. Recuperado 21 de julio de 2023, de <https://www.architectural->

review.com/essays/the-strategies-of-mat-building?fbclid=iwar19orfoom7ecajnmzk8yz1nzguqu8vkvqzxfwkoq75ht142mg09gr40x8

Domingo Calabuig, D. (2017). En huelga: Revisión de la enseñanza de la arquitectura en España tras 1968. 231-246. <https://doi.org/10.5821/jida.2017.5233>

Domingo Calabuig, D. (2019, febrero 16). 'Instituto Politécnico Superior de Valencia' by L35 arquitectos (1970-1975) – Architecture-DesignStudio 5. <https://architecturedesignstudio5.wordpress.com/2019/02/16/instituto-politecnico-superior-de-valencia-by-l35-arquitectos-1970-1975/>

L35 Arquitectos. (2023a). Equipo | L35 Arquitectos. <https://www.l35.com/nosotros/equipo/>

L35 Arquitectos. (2023b). Quiénes somos | L35 Arquitectos. <https://www.l35.com/nosotros/quienes-somos/>

Mehaffy, M., Salingaros, N., Salingaros, N., Salingaros, N., Salingaros, N., & Salingaros, N. (2015). Design for a Living Planet: Settlement, Science, & the Human Future. En Architectural Design (Vol. 38, Número December 1968). Levellers/Sustasis Press and Vajra Publications. <https://patterns.architecturez.net/doc/az-cf-173046>

Vidal Climent, I., & Vidal Climent, C. (s. f.). Vicente Manuel Vidal Vidal OFICIO Y MEDIDA | Agenda Cultural ETSA-UPV Arquitectura Valencia. Recuperado 24 de julio de 2023, de <https://cultura.arq.upv.es/cultura/vicente-manuel-vidal-vidal-oficio-y-medida/>

VVV, E. (s. f.). Facultad de Arquitectura de Valencia - Estudio VVV. Recuperado 24 de julio de 2023, de <http://estudiovvv.com/facultad-arquitectura-valencia/>

### 8.3 Programa de cálculo

Architrave 2019. Versión profesional Avanzada v2.20

<https://www.architrave.es/index.php>

Autores:

Grupo de Investigación en Grid y Computación de Altas Prestaciones (GRyCAP)

HERNÁNDEZ GARCÍA, Vicente.

ALONSO ÁBALOS, José Miguel.

CAMPOS BERGA, Francisco Javier.

LOZANO LLORET, Pau.

DE LA FUENTE ARAGÓN, Pedro.

Grupo de Investigación CiD

PÉREZ GARCÍA, Agustín. Doctor Arquitecto.

ALONSO DURÁ, Adolfo. Doctor Arquitecto.

GUARDIOLA VÍLLORA, Arianna. Doctor Arquitecto.

GÓMEZ MARTÍNEZ, Fernando. Arquitecto.

## **9 Referencias**

## 9.1 Notas de texto

1. Entrevista realizada a Luisa Badia. Para acceder a la entrevista completa visitar <https://www.barcelonaglobal.org/blog/made-in-barcelona/135-mas-de-50-anos-al-servicio-del-ciudadano/>
2. Información obtenida de la publicación "UPV 40 anys", capítulo "Historia de la institución", pp. 19-33.
3. Ibid., pp. 19-33.
4. Ibid., pp. 101-121.
5. Ibid., pp. 19-33.
6. Ibid., pp. 19-33.
7. Para más información sobre el futuro de la UPV y el programa UPV\_SIRVE, acceder a <https://www.upv.es/entidades/vpt/estrategia-upv-2027/>
8. Para más información sobre la famosa frase "La forma sigue la función" acceder a <https://www.arquitecturapura.com/arquitectura/la-forma-sigue-a-la-funcion-4507/>
9. Para una discusión sobre la metodología de sistemas y su complejidad, ver : *Royston Landau, "Complexity and Complexing", Architectural Design, 10 (1972), pp. 608-610.*
10. *Shadrach Woods, "Web", Le Carré Bleu, 3 (1962), 3.*
11. Christopher Alexander, "Systems Generating Systems", *Architectural Desing, 12 (1968), 610.*
12. Von Bertalanffy, *General System Theory*, p. xiii.
13. Para más información sobre el proyecto del IPSV ver: Gómez, R C., y Calabuig, D. D. (2016) "Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia". En "Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, p. 358). Cambridge University Press.
14. Para más información sobre la concepción y funcionamiento de los sistemas PERT, acceder a: <https://asana.com/es/resources/pert-chart>
15. Para más información sobre el proyecto del IPSV ver: Gómez, R C., y Calabuig, D. D. (2016) "Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia". En "Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, p. 359). Cambridge University Press.
16. Para más información sobre el proceso de creación de la Free University of Berlín acceder a : <https://www.architectural-review.com/essays/the-strategies-of-mat-building?fbclid=iwar19orfoom7ecajnmzk8yz1nzgugu8vkvqfzxfwkoq75ht142mq09gr40x8>
17. Para más información sobre el proyecto del IPSV ver: Gómez, R C., y Calabuig, D. D. (2016) "Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia". En "Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, p. 359). Cambridge University Press.
18. L35 Arquitectos, *Anteproyecto para la Universidad Politécnica de Valencia: memoria C00*
19. Para más información sobre el proyecto del IPSV ver: Gómez, R C., y Calabuig, D. D. (2016) "Project and system: Instituto Politécnico Superior de

Valencia". En *"Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 360-361)*. Cambridge University Press.

20. Ibid., p, 361.

21. "Concurso de anteproyecto para el Instituto Politécnico Superior de Valencia" p. 119.

22. Para más información sobre el proyecto del IPSV ver: Gómez, R C., y Calabuig, D. D. (2016) *"Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia"*. En *"Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, p. 361)*. Cambridge University Press.

23. Información obtenida de la publicación "Anteproyecto para el Instituto Politécnico Superior de Valencia" p.120.

24. Para más información sobre el proyecto del IPSV ver: Gómez, R C., y Calabuig, D. D. (2016) *"Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia"*. En *"Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, p. 365)*. Cambridge University Press.

25. Información obtenida de la entrevista realizada al estudio VVV. Para la entrevista completa acceder a: <https://www.encuentra-tu-arquitecto.com/es/es/actualites/entrevistamos-a-ivo-e-vidal-climent-del-estudio-vvv>

26. Ibid.

27. Biografía de Vicente Manuel Vidal Vidal, acceder a: <https://cultura.arg.upv.es/cultura/vicente-manuel-vidal-vidal-oficio-y-medida/>

28. Biografía de Ciro Manuel Vidal Climent, disponible en Vidal, V. M. V., y Climent, C. M. V. (2010) *"La puesta al día de una escuela de arquitectura/Updating a school of Architecture"*. Revista: *Proyecto, progreso, arquitectura*, 1, p. 121.

29. Biografía de Ivo Vidal, acceder a: <http://estudiovvv.com/estudio/>

30. Para más información sobre el proceso de selección del proyecto de segunda fase de la UPV, Vidal, V. M. V., y Climent, C. M. V. (2010) *"La puesta al día de una escuela de arquitectura/Updating a school of Architecture"*. Revista: *Proyecto, progreso, arquitectura*, 1, p. 113.

31. Ibid., p. 113.

32. Ibid., p. 113.

33. Ibid., p. 115.

34. Ibid., p. 115.

35. Ibid., p. 118.

36. Ibid., p. 119.

37. Ibid., p. 120.

38. Ibid., p. 120.

39. Ibid., p. 120.

## 9.2 Referencias de imágenes

### Imágenes

Img. 5: Modelo Digital del Nuevo Estadio Santiago Bernabéu, Madrid, España (2022) Autor: L35 Arquitectos.

<https://www.l35.com/>

Img. 6: Modelo Digital del proyecto de regeneración urbana en Fontvieille, Mónaco. (2022) Autor: L35 Arquitectos

<https://www.l35.com/>

Img. 7: Parte del equipo de L35 Arquitectos. Autor: L35 Arquitectos

<https://www.l35.com/>

Img. 8: La Maquinista. Barcelona, España (2021) Autor: Jose Hevia

<https://www.l35.com/>

Img. 5: Campus ICAM. Lieusaint, Francia (2019) Autor:K. Khalfi

<https://www.l35.com/>

Img.6 : Antiguos Alumnos del Instituto Politécnico Superior de Valencia Autor: UPV 50a Año: 1968

[http://50a.upv.es/galeria\\_c.html](http://50a.upv.es/galeria_c.html)

Img. 7: Primeros Bloques Campus de Vera. Autor: UPV 50a Año: 1970

[http://50a.upv.es/galeria\\_c.html](http://50a.upv.es/galeria_c.html)

Img. 8: Campus de Vera, Valencia, España. Autor: UPV 50a Año:1970

[http://50a.upv.es/galeria\\_c.html](http://50a.upv.es/galeria_c.html)

Img. 9: Primeros bloques Campus de Vera, Valencia, España. Autor: UPV 50a Año:1970

[http://50a.upv.es/galeria\\_c.html](http://50a.upv.es/galeria_c.html)

Img. 10: Primera Promoción Escuela de Arquitectura de Valencia.

<https://arquitectasvalencianas.home.blog/2018/11/16/pilar-de-insaustimachinandiaarena/>

Img. 11: Casa del Alumno. Autor: UPV Año:2018

<https://arquitecturaviva.com/obras/casa-del-alumno-de-la-upv-valencia>

Img. 12: Ágora de la UPV Autor: UPV Año: 2017

<http://www.upv.es/contenidos/SIEFORO/infoweb/sieforo/info/819349normalc.html>

Img. 11: Perspectiva del proyecto del IPSV por L35 Arquitectos. Autor: L35 Arquitectos. Año:1970

*Concurso de anteproyectos para el Instituto Politécnico Superior de Valencia. (1970). Quaderns d'arquitectura i urbanisme, ISSN 1133-8857, No. 76-77, 1970, págs. 117-120, 76, 117-120.*

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7207603>

Img. 12: Primer plano topológico del IPSV por L35 Arquitectos. Autor: L35 Arquitectos. Año:1970

*Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20,*

Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Img. 13: Dibujos originales del concurso para la Free University of Berlín. Autor: Candilis, Josic, Woods y Scheidhelm Año: 1970

<https://www.architectural-review.com/essays/the-strategies-of-mat-building?fbclid=iwar19orfoom7ecajnmzk8yz1nzguqu8vkvqfzxfwkoq75ht142mg09gr40x8>

Img. 14: Dibujos originales del concurso para la Free University of Berlín. Autor: Candilis, Josic, Woods y Scheidhelm Año: 1970

<https://www.architectural-review.com/essays/the-strategies-of-mat-building?fbclid=iwar19orfoom7ecajnmzk8yz1nzguqu8vkvqfzxfwkoq75ht142mg09gr40x8>

Img. 15: Plano organizativo de la Universidad Politécnica de Valencia. Autor: L35 Arquitectos Año: 1974

<https://www.architectural-review.com/essays/the-strategies-of-mat-building?fbclid=iwar19orfoom7ecajnmzk8yz1nzguqu8vkvqfzxfwkoq75ht142mg09gr40x8>

Img. 16: Anteproyecto de la Universidad Politécnica de Valencia. Autor: L35 Arquitectos Año: 1972

<https://www.architectural-review.com/essays/the-strategies-of-mat-building?fbclid=iwar19orfoom7ecajnmzk8yz1nzguqu8vkvqfzxfwkoq75ht142mg09gr40x8>

Img. 17: Tabla de coincidencias entre los departamentos del IPSV. Autor: L35 Arquitectos Año:1972.

Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). *Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press.*  
<https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Img. 18: Organigrama topológico del IPSV Autor: L35 Arquitectos Año:1972

Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). *Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press.*  
<https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Img. 19: Esquema de organización de los departamentos del IPSV Autor: L35 Arquitectos Año: 1972

Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). *Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press.*  
<https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Img. 20: Plano de rejillas modulares y disposición de los módulos Autor: L35 Arquitectos

Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). *Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press.*  
<https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Img. 21: Plano DT-02, proyecto de organización y edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. Autor: L35 Arquitectos

*Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>*

Img. 22: Plano de plantas y alzados de los módulos correspondientes a aulas, laboratorios, despachos, aseos, núcleos de servicio y comunicaciones. Autor: L35 Arquitectos

*Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>*

Img. 23: Alzados del proyecto de la Universidad Politécnica de Valencia Autor: L35 Arquitectos Año: 1972

*Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>*

Img. 24: Fabrica Jover, Alcoy, Alicante, España . Autor: Estudio VVV Año:2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 25: La Casa de Piedra, Cocentaina, Alicante, España. Autor: Estudio VVV Año: 2012

<http://estudiovvv.com/>

Img. 26: Remodelación ETSA, Valencia, España. Autor: Estudio VVV Año:2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 27: Paseo interior ajardinado, Valencia, España. Autor: Estudio VVV Año: 2012

<http://estudiovvv.com/>

Img. 28: Nueva entrada a la ETSA, Valencia, España. Autor: Estudio VVV Año: 2012

<http://estudiovvv.com/>

Img. 29: Intersección de pasillos cota +4,00m Autor: Estudio VVV Año: 2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 30: Comunicación horizontal cota +4,00m Autor: Estudio VVV Año: 2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 31: Patios interiores cota +8,00 Autor: Estudio VVV Año: 2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 32: Aulas de proyectos Autor: Estudio VVV Año: 2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 33: Fachada de la ETSA Autor: Estudio VVV Año: 2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 34: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia Autor: Estudio VVV Año: 2012

<http://estudiovvv.com/>

Img. 35: Envolvente de la ETSA Autor: Estudio VVV Año: 2012  
<http://estudiovvv.com/>

Img. 36: Asignación de cargas planta baja.

*Elaboración propia*

Img. 37: Asignación de cargas planta primera

*Elaboración propia*

Img. 38: Alzado Oeste del edificio de acceso a la ETSA Autor: Google Maps  
Año:2023

<https://www.google.es/maps/@39.4803574,-0.3449702,3a,60y,78.6h,119.32t/data=!3m6!1e1!3m4!1sVdd4HsoBxFcKiG2O1n0OSw!2e0!7i13312!8i6656?entry=ttu>

Img. 39: Asignación de cargas planta segunda edificio de acceso a la ETSA

*Elaboración propia*

Img. 40: Alzado sur edificio de acceso a la ETSA Autor: Estudio VVV

<http://estudiovvv.com/>

Img. 41: Asignación de cargas tercera planta edificio acceso ETSA

*Elaboración propia*

Img. 42: Asignación de cargas planta de cubiertas edificio de acceso a la ETSA

*Elaboración propia*

Img. 43: Mapa de zonas para la obtención de la presión dinámica del viento.

AA.VV. (2009a). *Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.*

Img. 44: Mapa de peligrosidad sísmica del NCSE-02

AA.VV. (2009b). *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).*

Img. 45: Hipótesis de cálculo a sismo.

[https://www.architrave.es/producto/manual/2011-1/2-Architrave\\_Disenio.pdf](https://www.architrave.es/producto/manual/2011-1/2-Architrave_Disenio.pdf)

Img. 46: Captura de Architrave, modelo básico inicial de barras que reciben las cargas de los elementos prefabricados y constructivos.

*Elaboración propia*

Img. 47: Información de la estructura del modelo básico.

*Elaboración propia*

Img. 48: Materiales que conforman el modelo básico.

*Elaboración propia*

Img. 49: Materiales que componen el modelo básico.

*Elaboración propia*

Img. 50: Segundo modelo estructural. Formado por barras y elementos finitos. Incluye todos los elementos constructivos y estructurales.

*Elaboración propia*

Img. 51: Información de la estructura del segundo modelo.

*Elaboración propia*

Img. 52: Materialidad segundo modelo.

*Elaboración propia*

Img. 53: Materialidad segundo modelo.

*Elaboración propia*

Img. 54: Hormigón de menor densidad.

*Elaboración propia*

Img. 55: Materialidad de las fachadas del segundo modelo.

*Elaboración propia*

Img. 56: Materialidad segundo modelo.

*Elaboración propia*

Img. 57: Modelo básico. Primer modo natural de vibración. Periodo de 0,70 segundos. Torsión. Vista axonométrica y planta. Escalado 200.

*Elaboración propia*

Img. 58: Captura de Architrave, fallo de los pilares y vigas debidos al esfuerzo de torsión generado den el modo de vibración natural.

*Elaboración propia*

Img.59 : Segundo modo de vibración, periodo 0,643 segundos. Desplazamiento lateral en la dirección de la escalera. Horizontal. Axonometría y planta. Escala 200

*Elaboración propia*

Img. 60: Tercer modo de vibración, periodo 0,59 segundos. Dirección perpendicular a la escalera. Horizontal. Axonometría y planta. Escala 200

*Elaboración propia*

Img. 61: Cuarto modo de vibración, periodo 0,564 segundos. Torsión combinada. Axonométrica y planta. Escala 200

*Elaboración propia*

Img. 62: Esquema de los diferentes tipos de estructuras.

AA.VV. (2009b). *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)*.

Img. 63: Modelo avanzado. Primer modo natural de vibración, periodo de 0,1893 segundos. Desplazamiento horizontal con respecto al eje X. Vista axonométrica y planta. Escalado 200

*Elaboración propia*

Img. 64: Modelo avanzado. Segundo modo de vibración, periodo de 0,1738 segundos. Desplazamiento vertical con respecto al eje Y. Vista axonométrica y planta. Escalado 200

*Elaboración propia*

Img. 65: Modelo avanzado. Tercer modo de vibración, periodo de 0,1556 segundos. Torsión. Vista axonométrica y planta. Escalado 200

*Elaboración propia*

Img. 65: Modos de vibración en modelos planos de estructuras de pisos.

AA.VV. (2009b). *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)*.

Img. 66: Captura de Architrave. Peritación de los elementos estructurales positiva.

*Captura de Architrave*

Img. 67: Pilares 39, 40 y 41 de planta baja del edificio de acceso a la ETSA. Autor: Google Maps

<https://www.google.es/maps/@39.4803574,-0.3449702,3a,60y,70.09h,97.11t/data=!3m6!1e1!3m4!1sVdd4HsoBxFcKiG2O1n0QSw!2e0!7i13312!8i6656?entry=ttu>

Img. 68: Modelo de galgas extensométricas para la monitorización de los pilares de planta baja.

*Elaboración propia*

Img. 69: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Esfuerzo axil. Peso propio.

*Elaboración propia*

Img. 70: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Esfuerzo axil. Uso.

*Elaboración propia*

Img. 71: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Envolverte ELU.

*Elaboración propia*

Img. 72: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Cortante Vx y Vy. Peso propio.

*Elaboración propia*

Img. 73: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Cortante Vx y Vy. Uso.

*Elaboración propia*

Img. 74: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Envolverte ELU.

*Elaboración propia*

Img. 75: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Flector My (verde), flector Mz (azul). Peso propio.

*Elaboración propia*

Img. 76: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Flector My (verde), flector Mz (azul). Uso.

*Elaboración propia*

Img. 77: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Flector My (verde), flector Mz (azul). Envolverte ELU.

*Elaboración propia*

Img. 78: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje X modo natural de vibración 1.

*Elaboración propia*

Img. 79: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje X modo de vibración 2.

*Elaboración propia*

Img. 80: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje X modo de vibración 3.

*Elaboración propia*

Img. 81: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje Y modo natural de vibración 1.

*Elaboración propia*

Img. 82: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje Y modo de vibración 2.

*Elaboración propia*

Img. 83: Captura de Architrave. Pilares 39, 40 y 41. Axil. Hipótesis modal espectral eje Y modo de vibración 3.

*Elaboración propia*

Img. 84: Captura de Architrave. Espectro sísmico.

*Captura de Architrave*

Img. 85: Vista del proceso constructivo del campus de vera. Año:1973 Autor: Estudio L35

Gómez, R. C., & Calabuig, D. D. (2016a). *Project and system: Instituto Politécnico Superior de Valencia. En Architectural Research Quarterly (Vol. 20, Número 4, pp. 357-369). Cambridge University Press.*  
<https://doi.org/10.1017/S1359135517000045>

Img. 86: Vista del ágora. Autor: L35 Arquitectos

[http://50a.upv.es/galeria\\_c.html](http://50a.upv.es/galeria_c.html)

Img. 87: Primera aproximación al modelo de cálculo estructural basado en barras que reciben las cargas.

*Elaboración propia*

Img. 88: Modelización de la rigidez de los elementos de forjado y fachada para el segundo modelo.

*Elaboración propia*

Img. 89: Imagen comparativa del movimiento experimentado por ambos modelos en su modo de vibración natural 1. Vista en planta. A la izquierda modelo 1 a la derecha modelo 2.

*Elaboración propia*

## **Figuras**

Fig. 1: Módulos planta baja edificio acceso ETSA.

*Elaboración propia*

Fig. 2: Detalle muro envolvente fachada remodelada.

*Elaboración propia*

Fig. 3: Módulos planta primera edificio acceso ETSA

*Elaboración propia*

Fig. 4: Detalle antepecho cota +4,00m Autor: Estudio VVV

*Planos proporcionados por Estudio VVV*

Fig. 5: Módulos planta segunda edificio acceso ETSA

*Elaboración propia*

Fig. 6: Modificación del detalle constructivo original de la fachada Oeste del edificio de acceso a la ETSA Autor: Detalle original del estudio VVV, modificación de elaboración propia.

*Planos proporcionados por Estudio VVV*

Fig. 7: Detalle de fachada Sur, planta segunda. Autor: Estudio VVV

*Planos proporcionados por Estudio VVV*

Fig. 8: Detalle envolvente fachada tercera planta Autor: Estudio VVV

*Planos proporcionados por Estudio VVV*

Fig. 9: Detalle antepecho de planta de cubierta edificio de acceso a la ETSA Autor: Estudio VVV

*Planos proporcionados por Estudio VVV*

## Tablas

### Tabla 1: Valores característicos de las sobrecargas de uso.

AA.VV. (2009a). *Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.*

### Tabla 2: Valores del coeficiente de exposición.

AA.VV. (2009a). *Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.*

### Tabla 3: Valores del coeficiente eólico.

AA.VV. (2009a). *Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.*

### Tabla 4: Valores de la aceleración sísmica básica. Anejo 1 del NCSE-02

AA.VV. (2009b). *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).*

### Tabla 5: Coeficientes parciales de seguridad ELU.

AA.VV. (2009a). *Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.*

### Tabla 6: Coeficientes de simultaneidad a aplicar en ELU y ELS

AA.VV. (2009a). *Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.*

### Tabla 8: Captura de Architrave combinación ELU-01

*Elaboración propia*

### Tabla 9: Captura de Architrave combinación ELU-02

*Elaboración propia*

### Tabla 10: Captura de Architrave combinación ELU-03

*Elaboración propia*

### Tabla 11: Captura de Architrave combinación ELU-04

*Elaboración propia*

### Tabla 12: Captura de Architrave combinación ELU-05

*Elaboración propia*

### Tabla 13: Captura de Architrave combinación ELU-06

*Elaboración propia*

### Tabla 14: Captura de Architrave combinación ELU-07

*Elaboración propia*

### Tabla 15: Captura de Architrave combinación ELU-08

*Elaboración propia*

### Tabla 16: Captura de Architrave combinación ELU-09

*Elaboración propia*

### Tabla 17: Captura de Architrave combinación ELU-10

*Elaboración propia*

### Tabla 18: Captura de Architrave combinación ELU-11

*Elaboración propia*

Tabla 19: Captura de Architrave combinación ELU-12

*Elaboración propia*

Tabla 20: Captura de Architrave combinación ELU-13

*Elaboración propia*

Tabla 21: Coeficientes parciales de seguridad para ELS.

AA.VV. (2009a). Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. DBSE-AE.

Tabla 22: Captura de Architrave combinación ELS-01

*Elaboración propia*

Tabla 23: Captura de Architrave combinación ELS-02

*Elaboración propia*

Tabla 24: Captura de Architrave combinación ELS-03

*Elaboración propia*

Tabla 25: Captura de Architrave combinación ELS-04

*Elaboración propia*

Tabla 26: Captura de Architrave combinación ELS-05

*Elaboración propia*

Tabla 27: Captura de Architrave combinación ELS-06

*Elaboración propia*

Tabla 28: Captura de Architrave combinación ELS-07

*Elaboración propia*

Tabla 29: Captura de Architrave combinación ELS-08

*Elaboración propia*

Tabla 30: Captura de Architrave combinación ELS-09

*Elaboración propia*

Tabla 31: Resumen de los diversos modos de vibración, periodos y esfuerzos ocasionados en la estructura del primer modelo básico.

*Elaboración propia*

Tabla 32: Resumen de los diversos modos de vibración, periodos y desplazamientos ocasionados en la estructura del segundo modelo.

*Elaboración propia*

Tabla 33: Esfuerzos Axiales de los pilares. kN.

*Elaboración propia*

Tabla 34: Esfuerzos Cortantes de los pilares. kN.

*Elaboración propia*

Tabla 35: Esfuerzos Flectores de los pilares. kN.

*Elaboración propia*

Tabla 36: Valores modos de vibración.

*Elaboración propia*

Tabla. 37: Tabla comparativa de los periodos y desplazamientos de ambos modelos en los diferentes modos de vibración.

*Elaboración propia*