



# CENTRO DE INNOVACIÓN DOCENTE

memoria descriptiva | memoria gràfica | memoria constructiva

**Proyecto Final de Grado** Andrea Pérez Cortell

Universitat Politècnica de València  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia  
tutor taller 4 | Vicente Corell Farinós

Valencia, Enero 2017

# MEMORIA DESCRIPTIVA

**Proyecto Final de Grado** Centro de innovación docente

<b>01</b>	El lugar	02
<b>02</b>	El programa	06
<b>03</b>	El proyecto	07
<b>A1</b>	Anexo. Referencias	11
<b>A2</b>	Anexo. Evolución del proyecto	12



## 01 EL LUGAR

### 01.1 CONDICIONANTES GEOGRÁFICOS

Granada está situada en la comunidad autónoma de Andalucía y es capital de la provincia que lleva su mismo nombre. Está situada a 680 metros de altura, entre el piedemonte de Sierra Nevada y el río Genil.

Esta situación es realmente privilegiada, pues el macizo le aporta suministro de agua (y protección en tiempos donde era necesaria) a la vez que se beneficia de la proximidad del litoral. No obstante esta misma condición condiciona a la ciudad con grandes gradientes pluviométricos y térmicos y condiciona su clima: mediterráneo continental.

Así pues, el invierno es frío, con temperaturas inferiores a los 10°C, y el verano es largo y caluroso, sobrepasando los 30°C. Por otra parte, las precipitaciones son escasas a lo largo del año pero su irregularidad crea tanto sequías como lluvias torrenciales.

En lo que nos concierne, Granada está muy bien comunicada mediante ferrocarril con sus alrededores y con el centro del estado. Se prevé la construcción de una estación de AVE en los alrededores de nuestra parcela, por lo que se tratará de un punto de alta concurrencia.





## 01.2 CONDICIONANTES HISTÓRICOS

El origen de Granada se remonta a una tribu ibérica, la de los túrdulos; ésta fue una de las primeras pobladoras de la Península Ibérica.

Más tarde, en los siglos I y II aC, los romanos la conquistaron y convirtieron en municipio, llamándola Iliberis (íbero) o Florentia (latino), nombre que podría interpretarse por "ciudad florida/ fructífera". En esta época se ocupaban principalmente los actuales barrios de la Alcazaba y el Albaicín, y la ciudad se extendía hasta la colina de la Alhambra.

En el año 745 llegan los musulmanes y Iliberis se convierte en Elvira, la cual fue destruida en 1010 y sus habitantes comenzaron a trasladarse al Albaicín. A finales del siglo XV se funda la dinastía nazarí, que será la que construya la Alhambra.

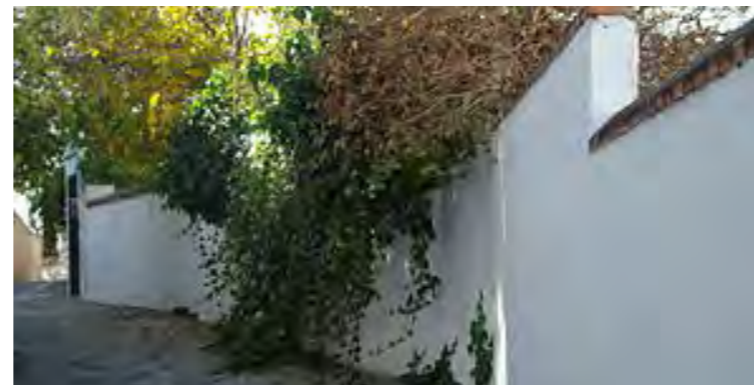
En 1492, entran las tropas cristianas, culminando la Reconquista con la rendición del último de los reyes nazaríes. A partir de este momento la ciudad empieza a cristianizarse y reconstruirse, manteniendo la importancia que tuvo durante la época musulmana, aunque empieza a perder aquellas raíces árabes frente al Renacimiento y posteriormente, el Barroco.

Con la expulsión de los moriscos se experimenta un declive económico y poblacional, al caer los negocios como la seda o el regadío. En el siglo XVIII empieza una leve recuperación y se potencia la Universidad de Granada. Ya en el siglo XX experimenta una fuerte bajada demográfica durante la guerra y la postguerra que terminará con la expansión del sector turístico terciario en la ciudad.

Granada hoy en día es muy importante debido a su sector turístico, siendo Patrimonio de la Humanidad la Alhambra, y también debido a su actividad universitaria.

### El carmen granadino

Arquitectura vernácula de la ciudad; se encuentra principalmente en las colinas de la ciudad, en el Realejo y en el Albaicín. Se trata de una tipología de vivienda urbana con un espacio verde cerrado al exterior con tapias blanqueadas y con vegetación rastrera.



### La Alhambra

Entre la arquitectura histórica más relevante de la Ciudad se encuentra la Alhambra, declarada Patrimonio de la Humanidad al año 1984, así como el Albaicín y el jardín del Generalife. "Qa'lat al-Hamra" significa fortaleza roja, siendo referencia clara al color de sus muros. Está formada por palacios, jardines y la fortaleza. Se sitúa en lo alto de una colina, cerca del Albaicín y la Alcazaba, junto al río Darro. Así, su valor reside, entre otras muchas cosas, en su integración en el paisaje y en la belleza y trabajo de sus interiores.



### Casas moriscas y nazaríes

Las casas nazaríes se reforman en el siglo XVI por los moriscos, las cuales siguen manteniendo sus características: planta baja distribuida alrededor de un patio con vegetación y lámina de agua, con entrada en recodo y fachada sin decoración.



### 01.3 CONDICIONANTES URBANOS

Granada está compuesta por barrios muy dispares, fruto de épocas de fuertes crecimientos y decrecimientos demográficos y económicos. Además, debido a la topografía, la ciudad crece hacia el oeste con una densidad cada vez menor en contraposición a la compacidad de las zonas históricas más consolidadas en la falda de la montaña.

Nuestra parcela se sitúa en un terreno destinado a parque según el planeamiento, dentro del Parque Universitario de Fuentenueva, uno de los campus de Granada. También se encuentra la estación de trenes de Granada, así como varias instalaciones deportivas y de ocio.

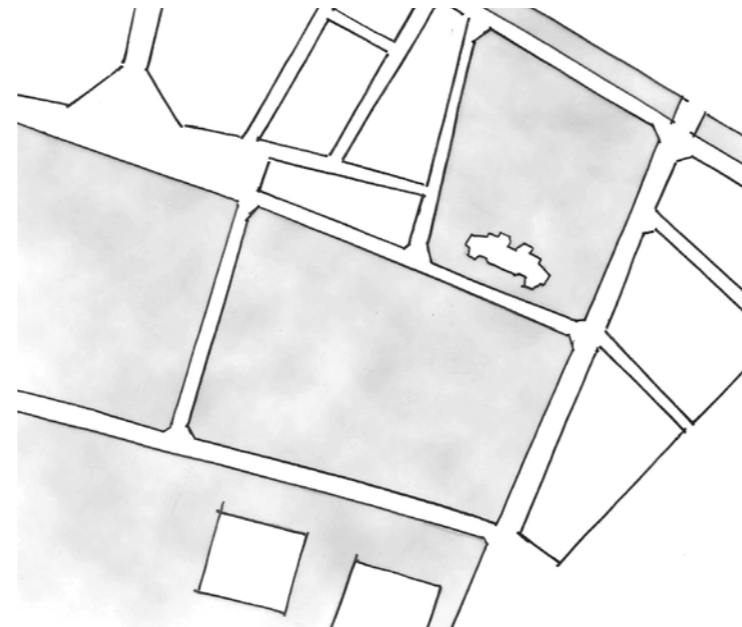
Así pues, se trata de una zona clave en cuanto a dotaciones y caracterizada por un gran espacio abierto pensado para establecer un pulmón verde en la ciudad. A continuación se expondrán los dos puntos que se han considerado más importantes desde el punto de vista de la implantación.

#### Naturaleza y conexión

La carencia de espacio verde es una problemática significativa en el entorno del proyecto. Además, en el estado actual de la parcela, el desnivel constituye una barrera física importante.

Por otra parte, la presencia de la universidad y la posibilidad crear una comunicación de espacios verdes entre el norte y el sur de la parcela le dan a ésta una importancia estratégica.

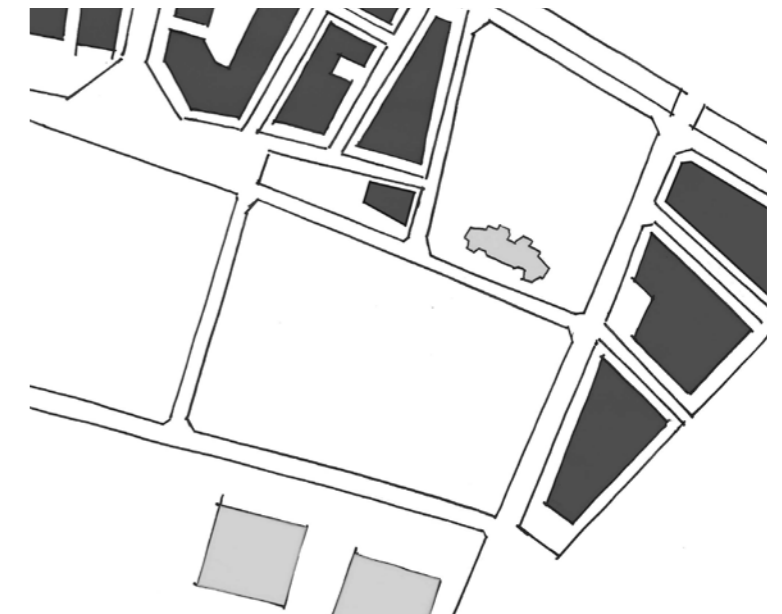
Se propone la recuperación de la continuidad del suelo para que pueda ser no sólo un conector de espacios verdes, sino también un lugar de tránsito entre la futura estación de trenes, la universidad y la ciudad.



#### Descontextualización

La parcela se sitúa en un espacio descontextualizado: al este la ciudad caótica, con un eje rodado importante y edificios altos que constituyen un límite visual en el paisaje; al norte, al sur y al oeste las dotaciones, espacios de baja densidad con edificios de baja altura que se camuflan en la vegetación.

El Educatorium resulta ser un edificio introvertido a la vez que deja que el espacio público superior lo atraviese y forme parte de él en la parte baja del terreno. Así pues, el edificio se va desenterrando hasta abrirse a la zona de la universidad, de la que forma parte.



## 02 EL PROGRAMA

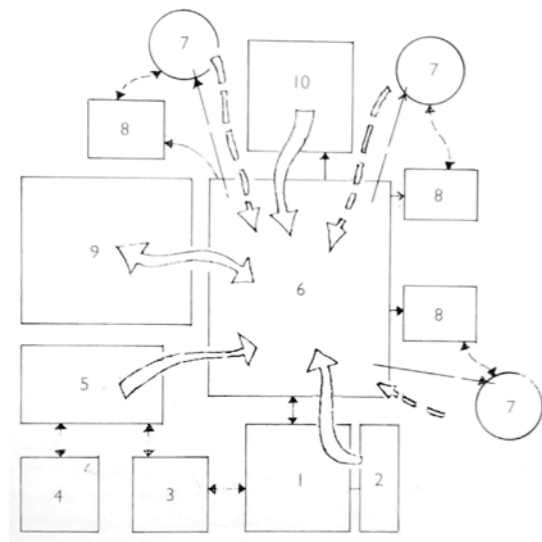
### 02.1 PEDAGOGÍA Y ARQUITECTURA

La educación es una base fundamental en el desarrollo de una sociedad y de sus individuos; por ello, diversos intelectuales han fijado su atención en esta disciplina a lo largo de la historia moderna y contemporánea.

En la actualidad, el impacto de la tecnología y de los nuevos medios de comunicación -y por tanto, de relación e información- demandan una reflexión sobre los modelos pedagógicos establecidos.

Las nuevas tendencias apuestan por un modelo bastante distinto al actual, basado en la unidireccionalidad, la disciplina y en el desarrollo meramente intelectual del alumno; frente a esto se pretende potenciar la flexibilidad, la experiencia sensorial y la capacidad propia de cada individuo. Por otra parte, aparecen en la conversación algunos valores ya sugeridos en el pasado siglo, como el retorno a la naturaleza, de la disolución de los límites cognitivos y la libertad.

La arquitectura, por su parte, reflexiona sobre su impacto en esta disciplina y propone espacios variables, ligados a su entorno y que permitan a sus ocupantes la interrelación y la experimentación.

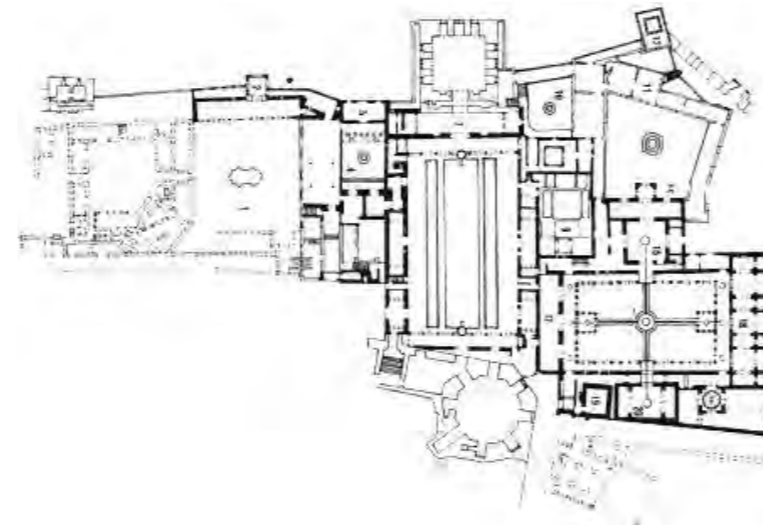


#### Simbolismo

Estructura muraria, patios y celosía; un reclamo al método constructivo y espacial de la arquitectura árabe.

#### Flexibilidad

Volúmenes que jerarquizan el programa pero no lo fragmentan; flexibles y diáfanos en su interior.



#### Espacios de transición

Un espacio central une el diverso programa que acoge el centro educativo.

#### Espacios comunes

Desaparición de pasillos, el espacio común une el programa; el espacio común es gran parte del programa.

#### Naturaleza

La parcela deviene un espacio verde donde emerge el educatorium.

#### Luz

Un recorrido marcado por la sucesión de patios, que iluminan las estancias dentro de su jerarquía.

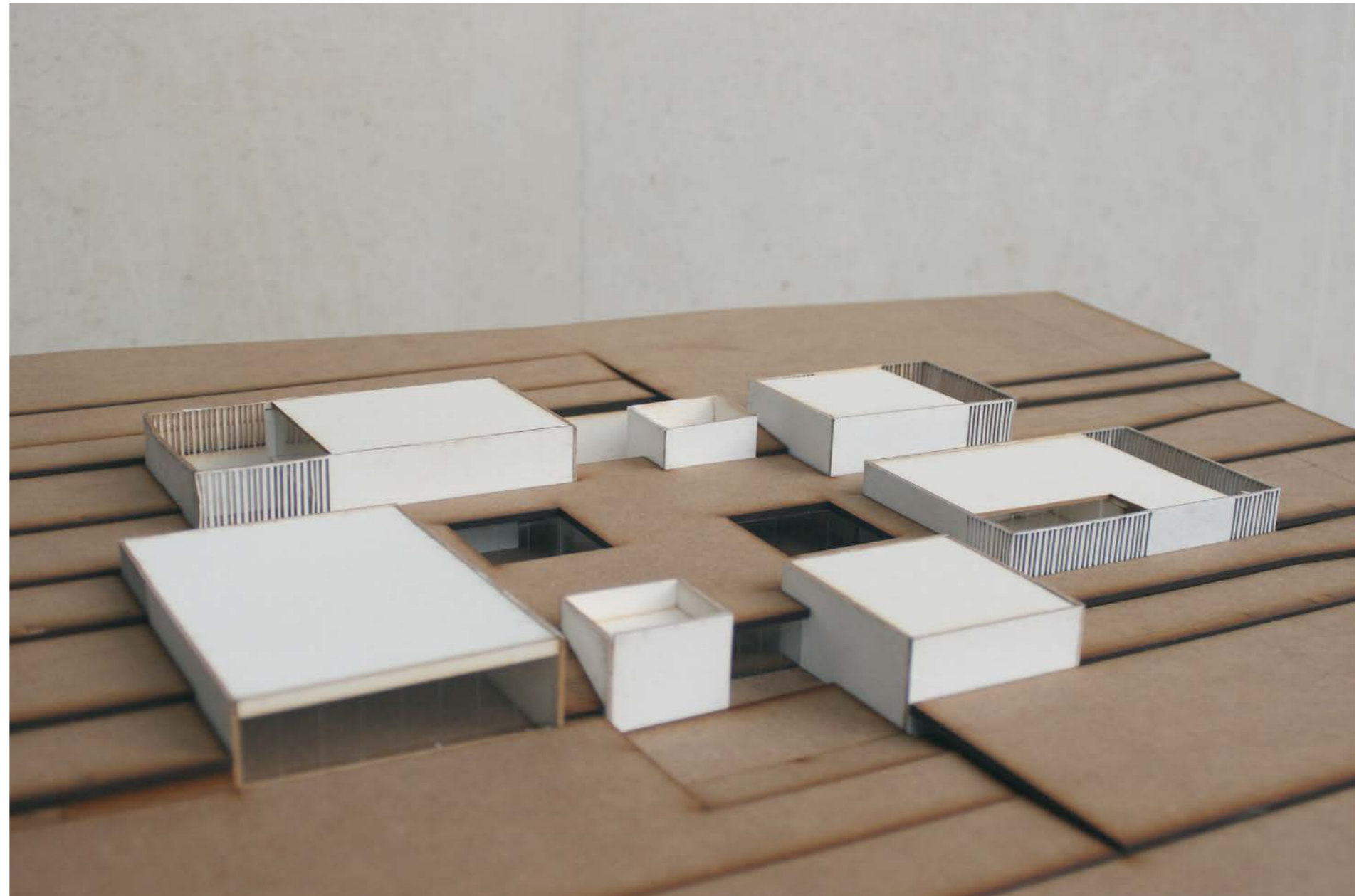
#### Ecología

Un edificio blanco que se desentierra; la inercia térmica del terreno y la captación de luz como recurso energético.



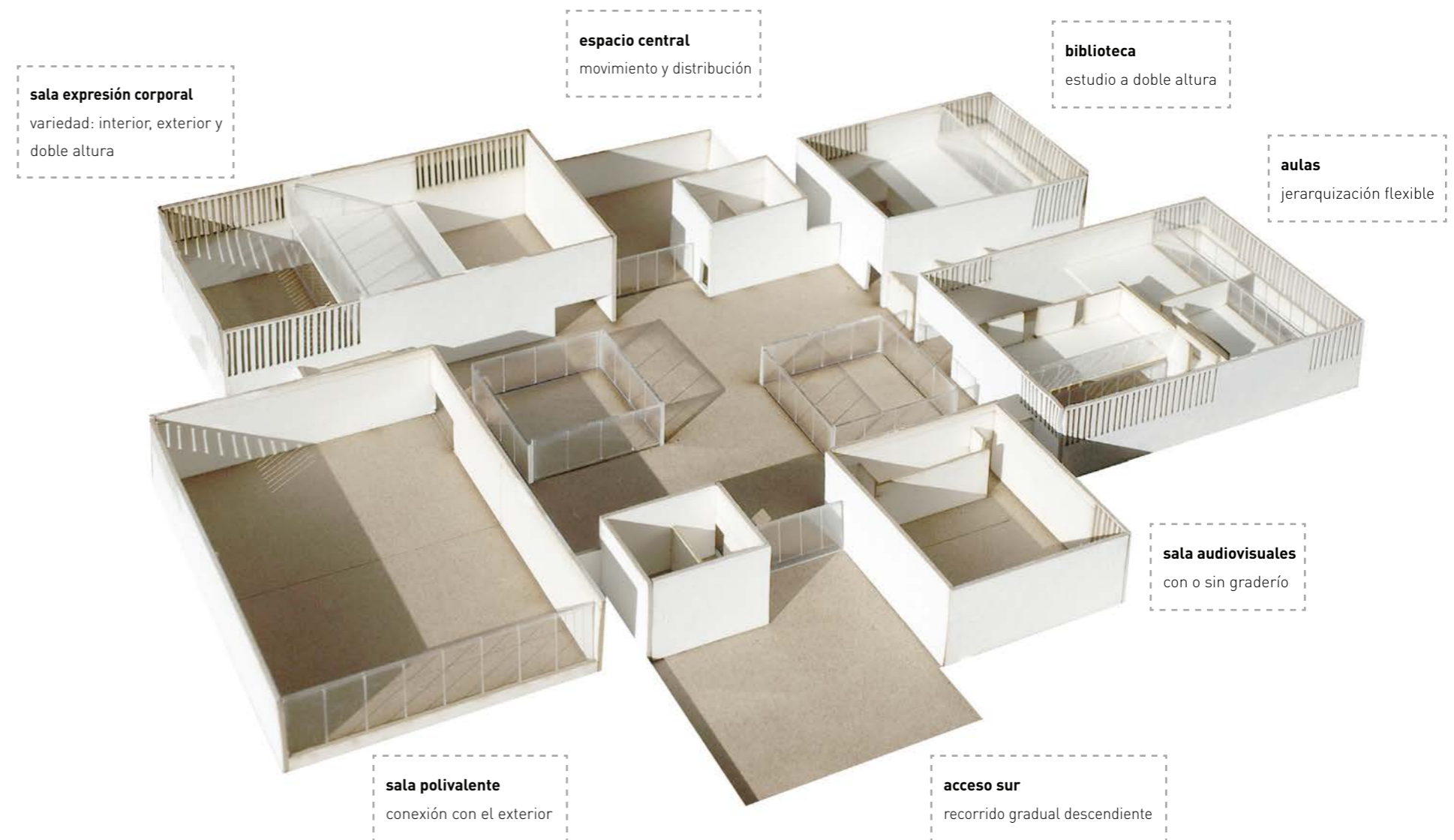


## 03 EL PROYECTO



### 03.1 RESPUESTA AL ENTORNO

Ante la descontextualización volumétrica se decide mantener el carácter de espacio abierto y de parque que el planeamiento le otorga a la parcela, pasando el centro desapercibido. Por otra parte recuperamos el desnivel gradual para favorecer la conexión física, desde un punto de vista tanto urbano como ecológico y social. El resultado es un edificio integrado, que se desentierra para abrirse a la universidad.



### 03.2 RESPUESTA AL PROGRAMA

El proyecto que desarrollaremos a continuación no tiene unos antecedentes. Se trata de un centro para la formación de educadores, con el acento puesto en las posibilidades de experimentación docente que puede propiciar su diseño arquitectónico.

Es por eso que se desarrolla un programa un tanto diverso, donde el protagonista principal es el espacio común y las distintas relaciones entre espacios. Veremos como el espacio se va jerarquizando desde un espacio completamente abierto hasta espacios más reducidos y privados.

Así pues, el programa queda dividido en cinco grandes bloques. Físicamente separamos estas unidades para que ellas en sí se organicen jerárquicamente siempre pasando de un espacio más público a uno más privado. El edificio queda conformado de esta manera por cajas de hormigón y de vidrio que atraviesan el terreno.

### 03.3 IDEACIÓN

## 1

#### Un edificio que aparece

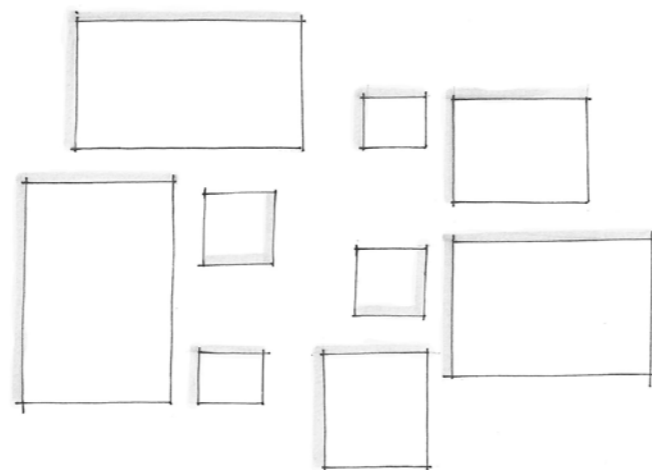
La recuperación de la parcela como espacio físico conector y como corredor verde es fundamental. Por otra parte, debido a la descontextualización volumétrica del edificio, se apuesta por un edificio discreto que emerge del suelo para protegerse de vía urbana y abrirse a la universidad.



## 2

#### Un programa fragmentado

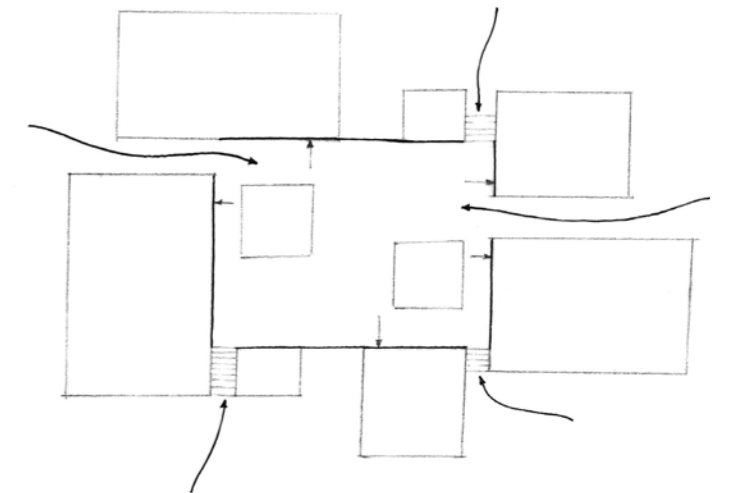
Cada unidad principal de programa se materializa como un volumen independiente, que emerge al exterior. La superficie del programa y la relación entre sus partes da pie a la composición del edificio.



## 3

#### Un espacio público que une

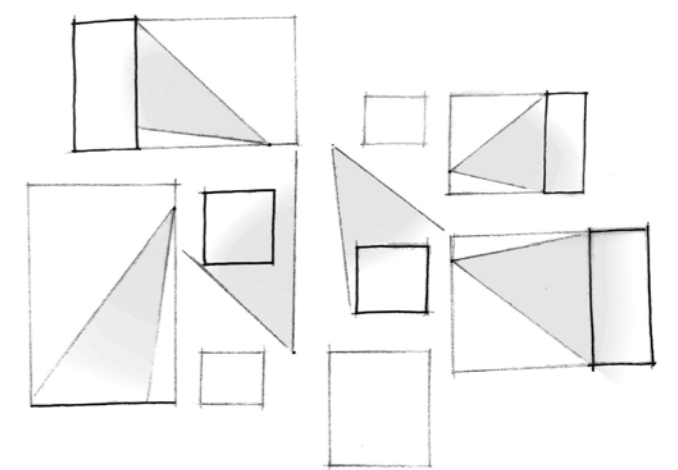
El espacio público exterior atraviesa el edificio, uniendo los volúmenes y creando un espacio central público inferior, cuya horizontalidad contrasta con la tridimensionalidad de las unidades de programa. En su parte inferior distribuye las circulaciones.



## 4

#### Un recorrido de luz

Volúmenes unidos cuyo recorrido interior viene marcado por patios. Desde el exterior se accede a un espacio horizontal con dos grandes patios; desde aquí se nos conduce a los patios más íntimos en los volúmenes, que sirven a su programa.









## A1 REFERENTES

### Ideación



Oakland Museum of California | Kevin Roche



Museum in Kanazawa | SANAA



Botanical Research Institute of Texas | Allied Works Architecture



Souloges Musée | RCR Arquitectes

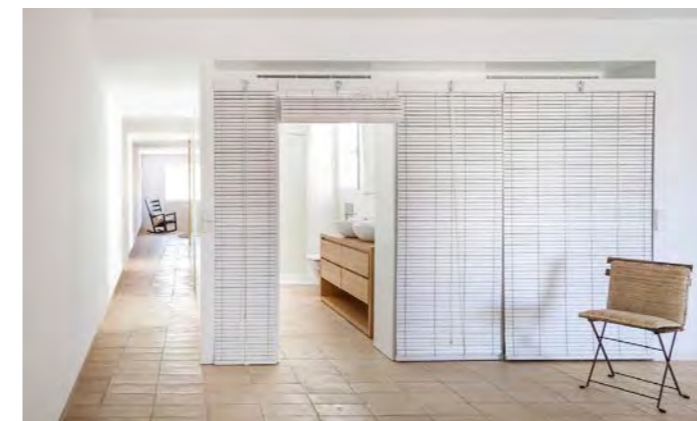
### Materialidad



Meadowbrook Residence | Atherton + Keener



Museum in Kanazawa | SANAA

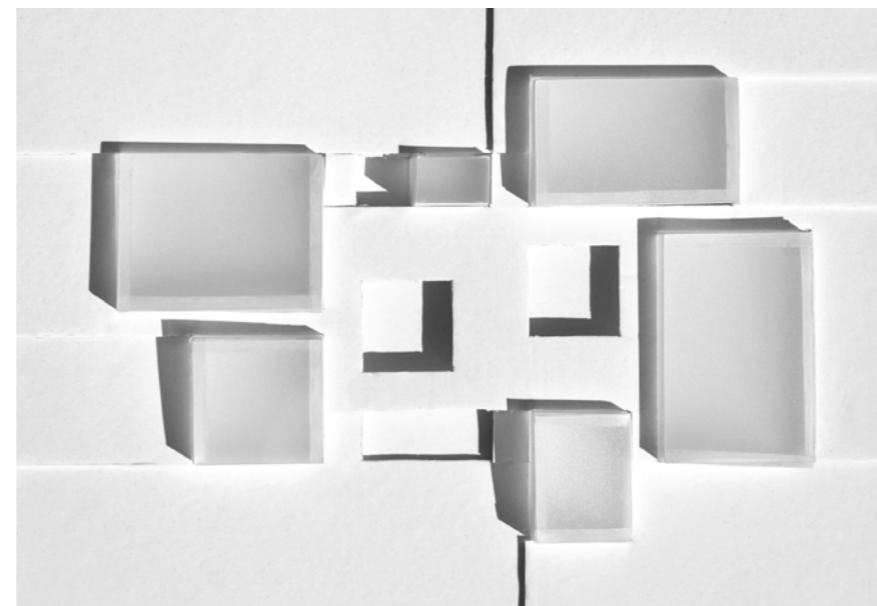
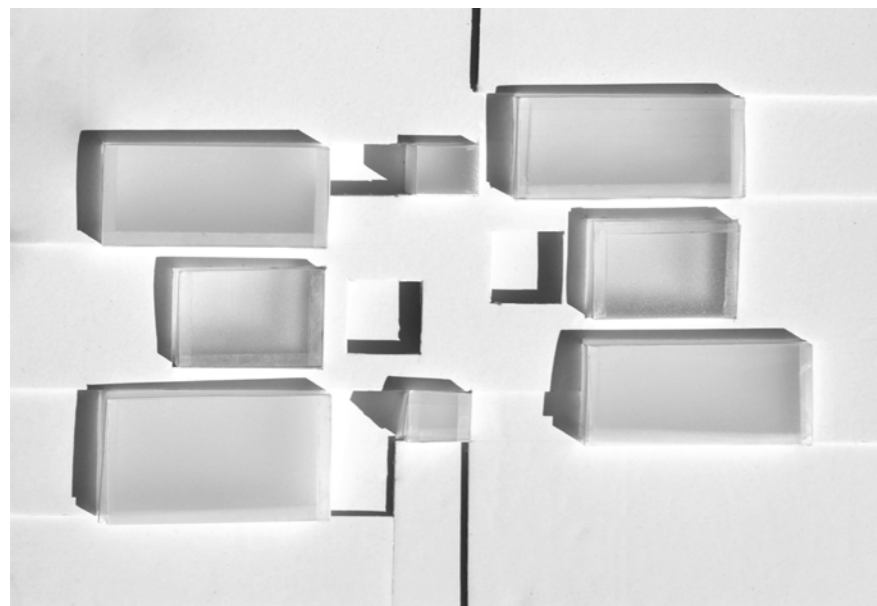
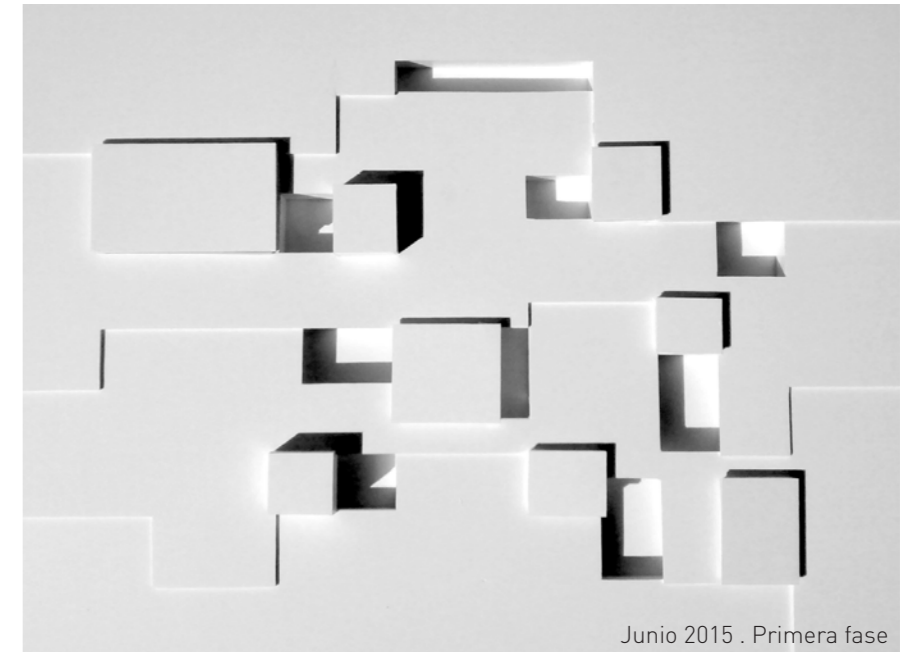


Àtic Vernacle a València | El fabricante de Esferas



The Park of the Buried Houses | Kostas Manolidis

## A2 EVOLUCIÓN DEL PROYECTO



# MEMORIA GRÁFICA

**Proyecto Final de Grado** Centro de innovación docente


<b>01</b>	Situación	14
<b>02</b>	Emplazamiento	16
<b>03</b>	Plantas y acotación	18
<b>04</b>	Secciones y alzados	26
<b>05</b>	Vistas	33









60m   
implantación en el entorno escala 1/1500





676 m

675 m

674 m

673 m

672 m

30m

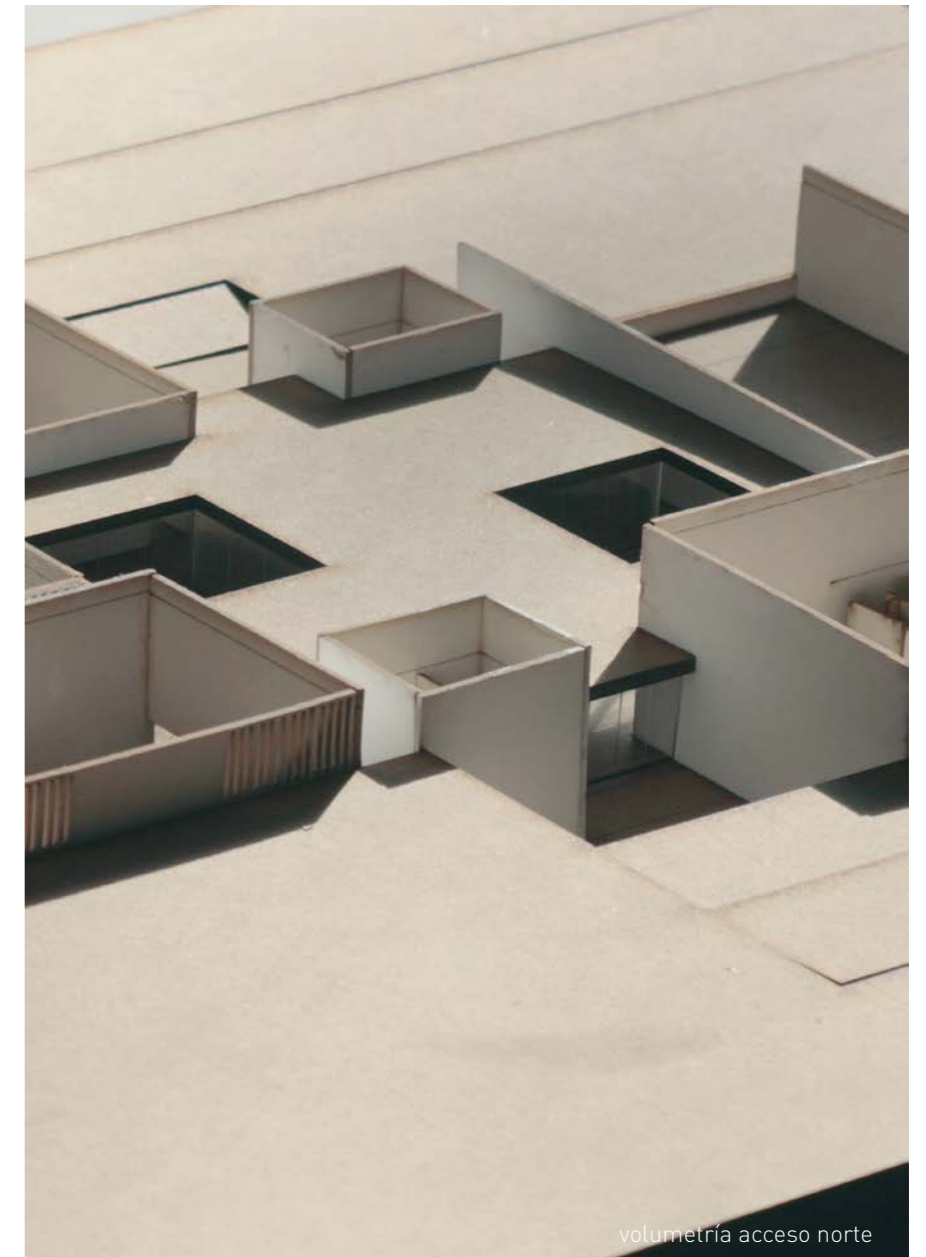
implantación en la parcela escala 1/750

02 Emplazamiento





volumetría acceso sur



volumetría acceso norte



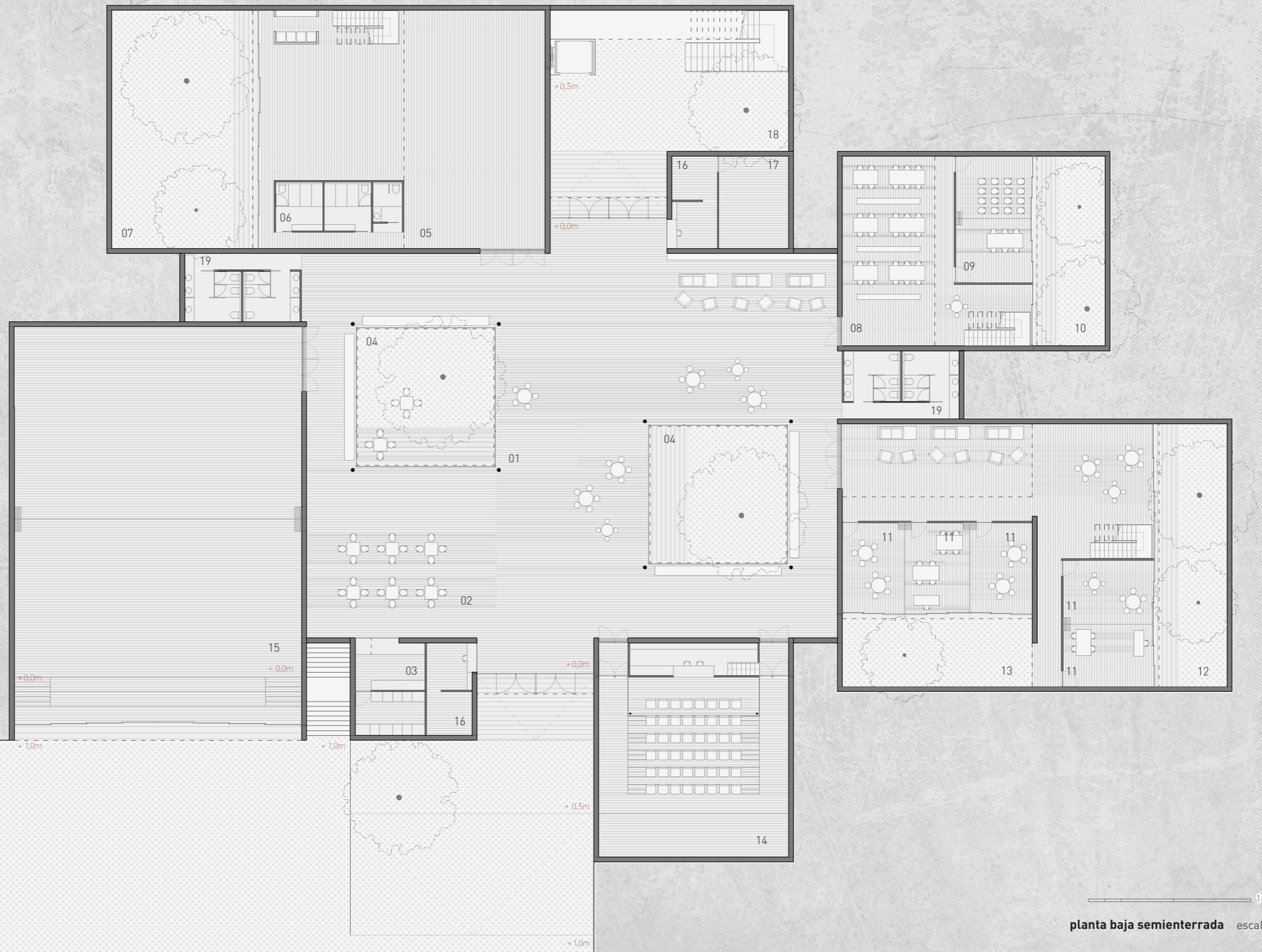
10m  
planta cubiertas escala 1/350



01	espacio central	580,45 m <sup>2</sup>
02	cafetería	78,75 m <sup>2</sup>
03	cocina	24,50 m <sup>2</sup>
04	patio central	72,25 m <sup>2</sup>
05	expresión corporal PB	216,45 m <sup>2</sup>
06	vestuarios	34,90 m <sup>2</sup>
07	patio expr. corporal	127,90 m <sup>2</sup>
08	biblioteca PB	93,85 m <sup>2</sup>
09	seminarios/ profesorado	35,90 m <sup>2</sup>
10	patio biblioteca	49,15 m <sup>2</sup>
11	aulas PB	22,40 m <sup>2</sup>
12	patio este aulas	68,05 m <sup>2</sup>
13	patio sur aulas	49,15 m <sup>2</sup>

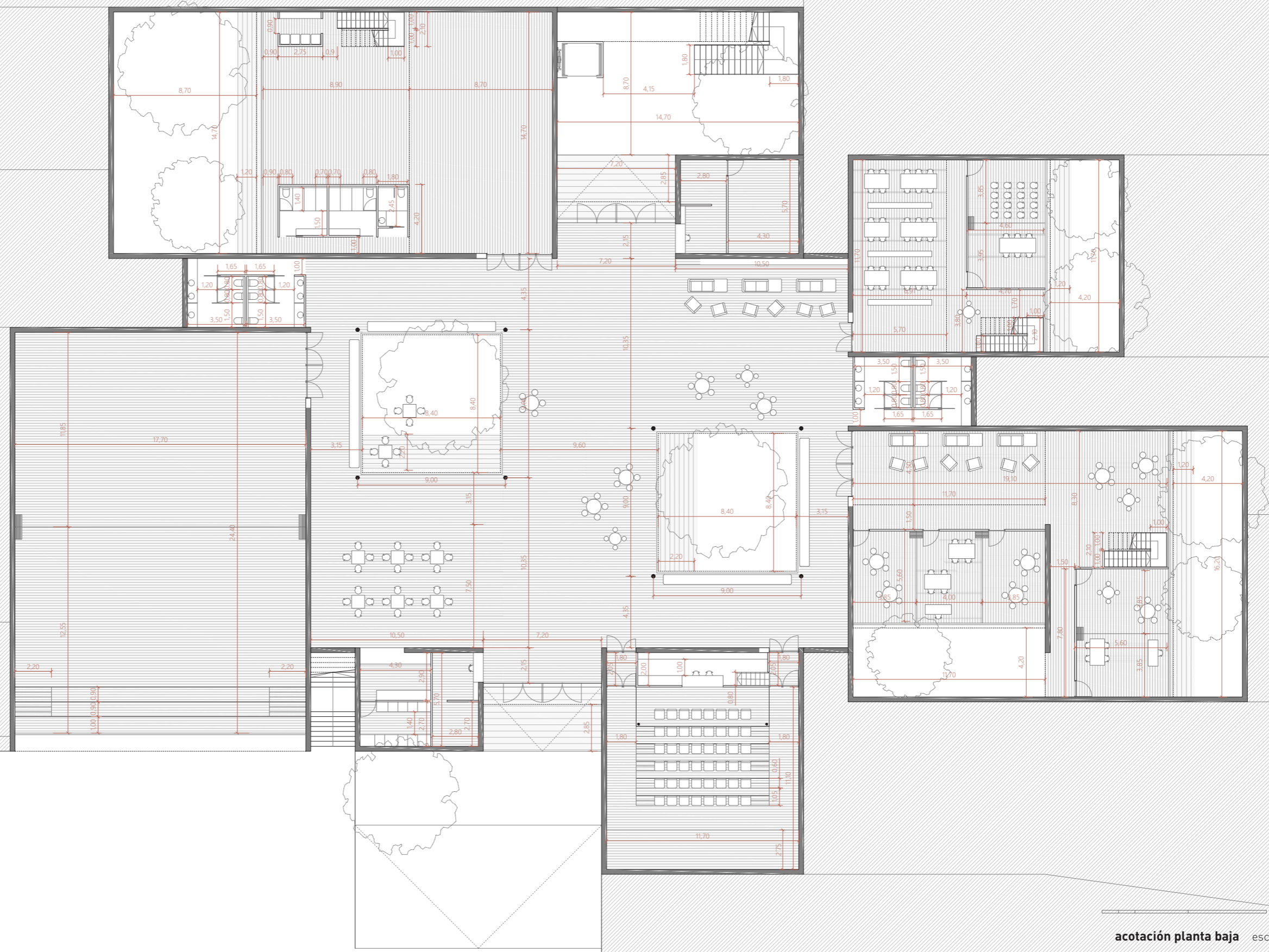
14	sala audiovisuales	152,30 m <sup>2</sup>
15	sala polivalente	444,25 m <sup>2</sup>
16	administración	15,95 m <sup>2</sup>
17	instalaciones	24,50 m <sup>2</sup>
18	patio acceso norte	127,90 m <sup>2</sup>
19	aseos	29,20 m <sup>2</sup>

MEMORIA GRÁFICA

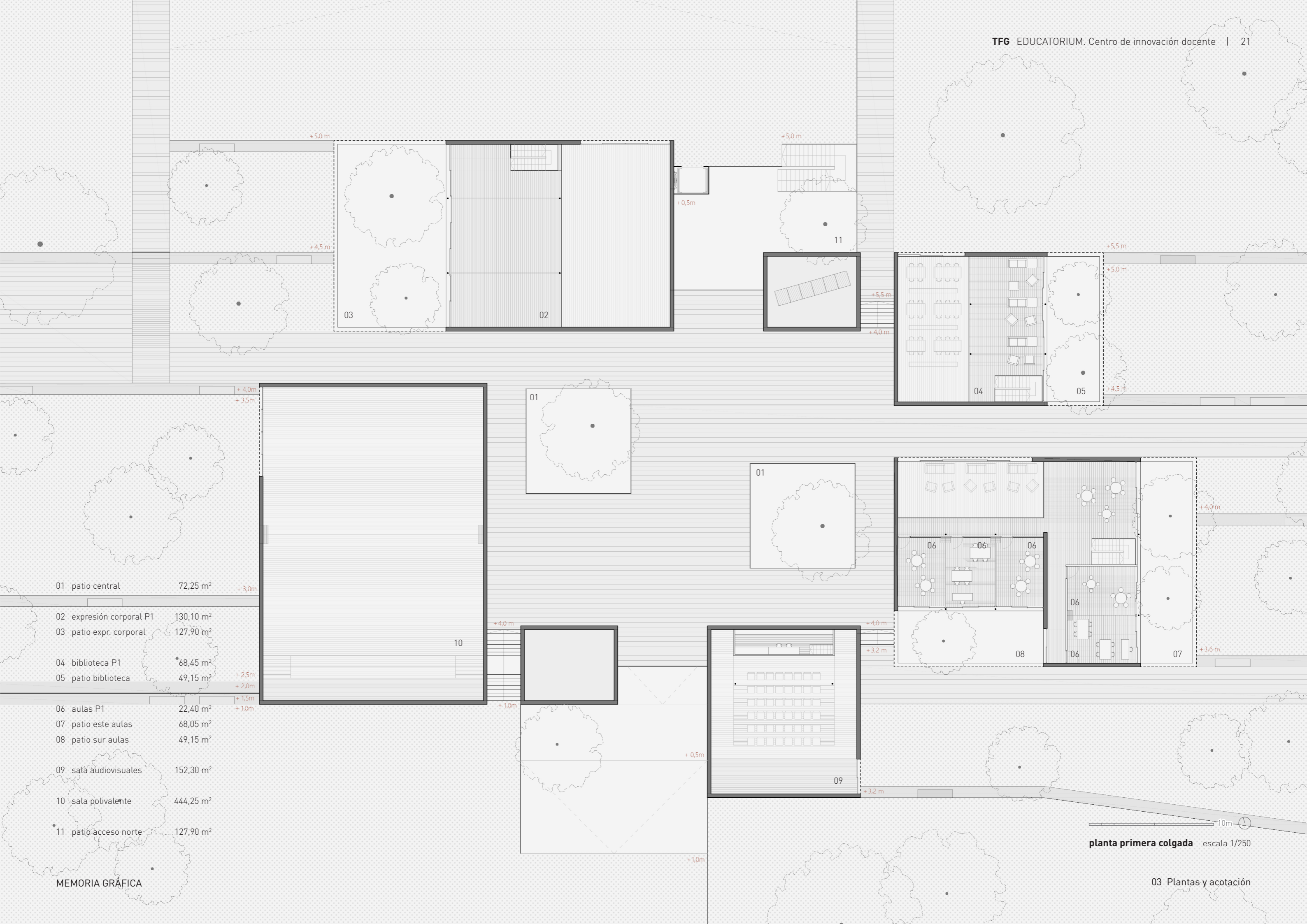


10m  
**planta baja semienterrada** escala 1/250





acotación planta baja escala 1/250



01	patio central	72,25 m <sup>2</sup>	+3,0m
02	expresión corporal P1	130,10 m <sup>2</sup>	
03	patio expr. corporal	127,90 m <sup>2</sup>	
04	biblioteca P1	68,45 m <sup>2</sup>	
05	patio biblioteca	49,15 m <sup>2</sup>	+2,5m
			+2,0m
			+1,5m
06	aulas P1	22,40 m <sup>2</sup>	+1,0m
07	patio este aulas	68,05 m <sup>2</sup>	
08	patio sur aulas	49,15 m <sup>2</sup>	
09	sala audiovisuales	152,30 m <sup>2</sup>	
10	sala polivalente	444,25 m <sup>2</sup>	
11	patio acceso norte	127,90 m <sup>2</sup>	

MEMORIA GRÁFICA

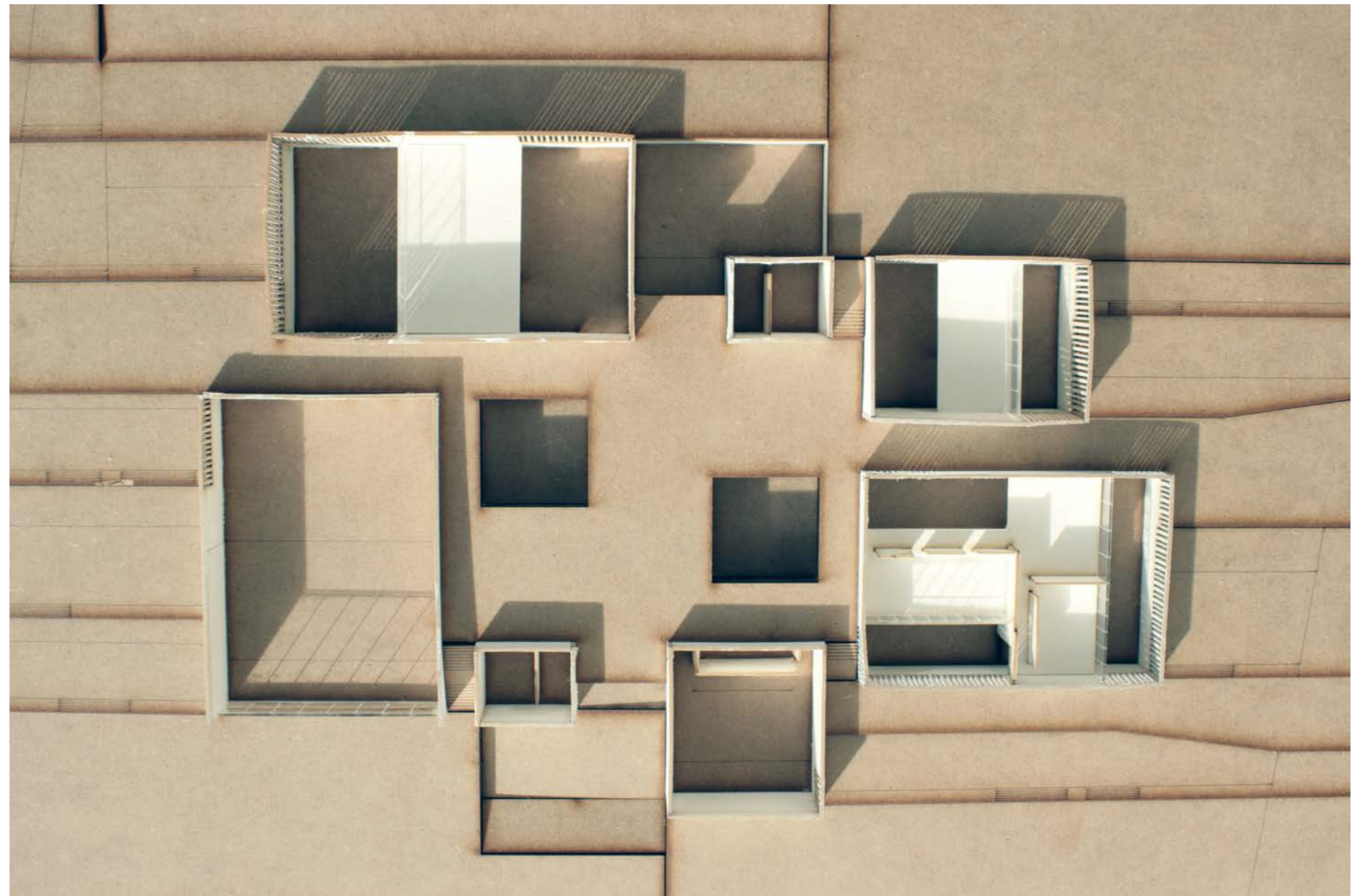
planta primera colgada escala 1/250

03 Plantas y acotación

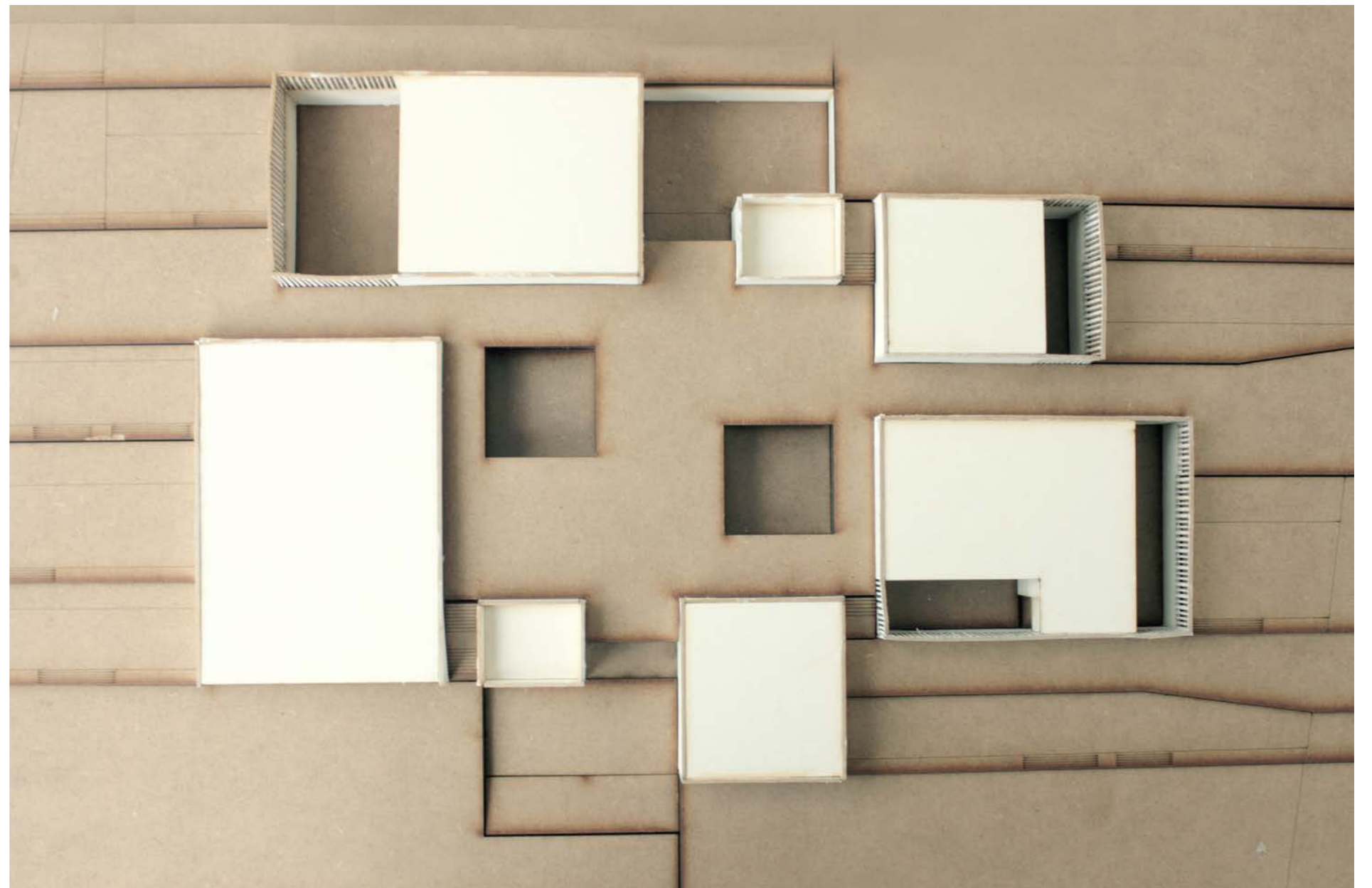


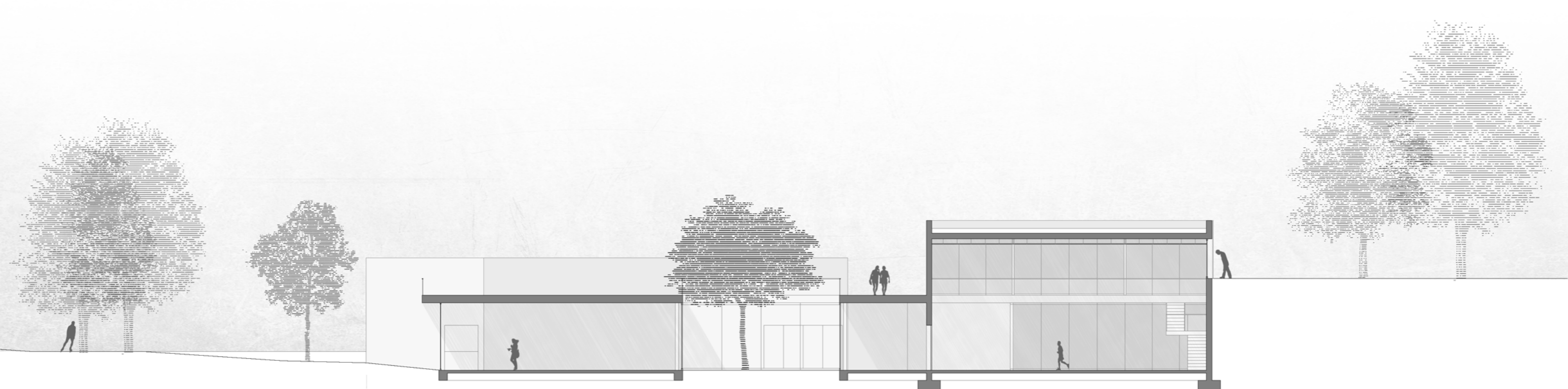
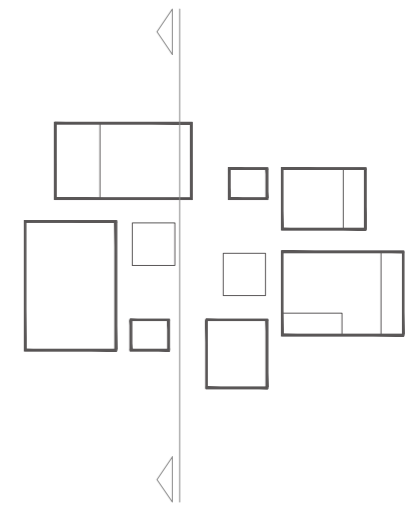








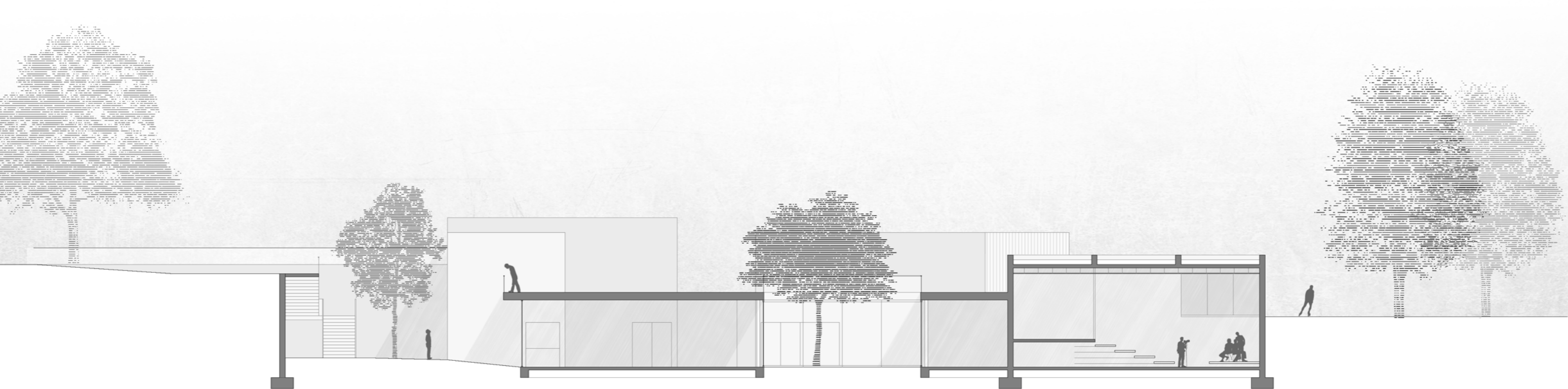
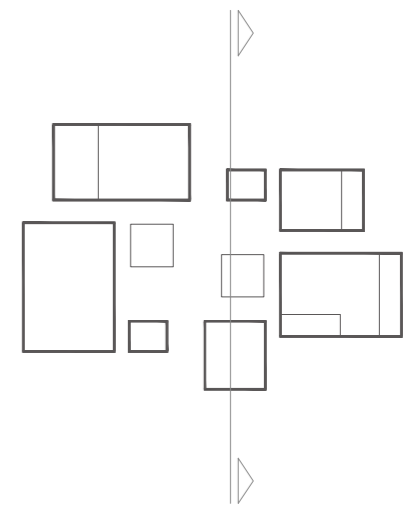




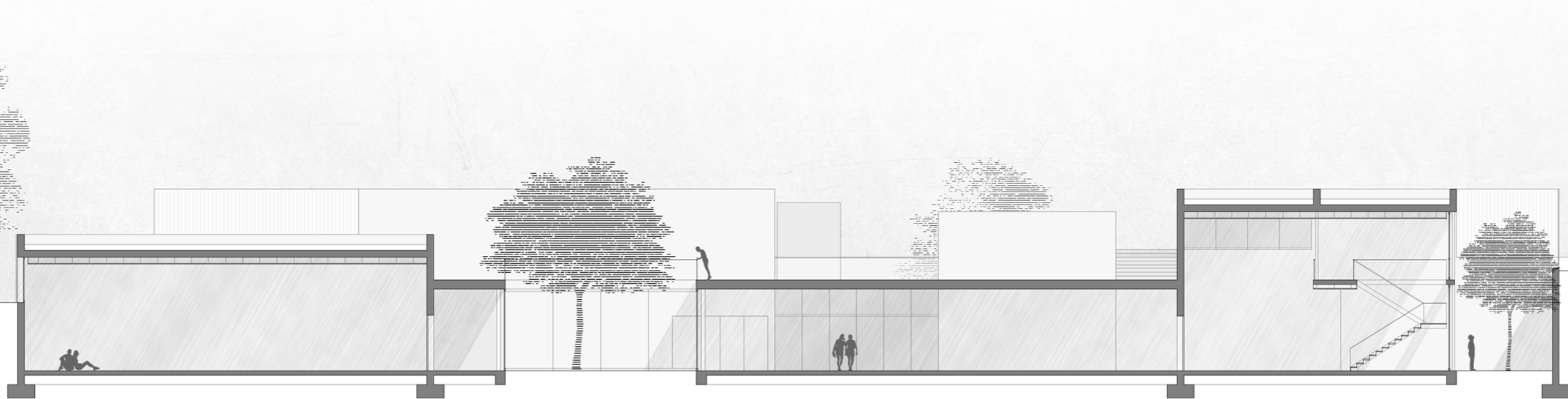
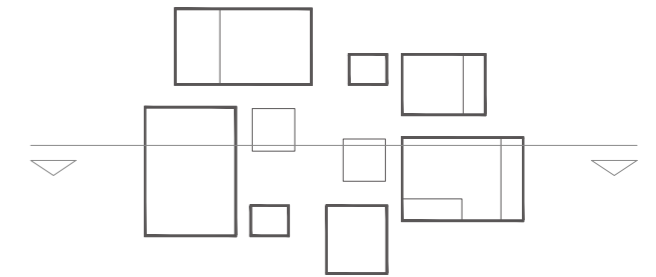
10m

sección transversal escala 1/200



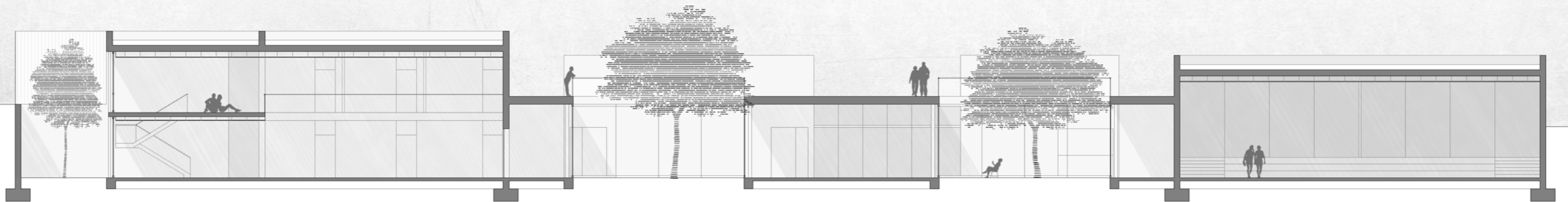
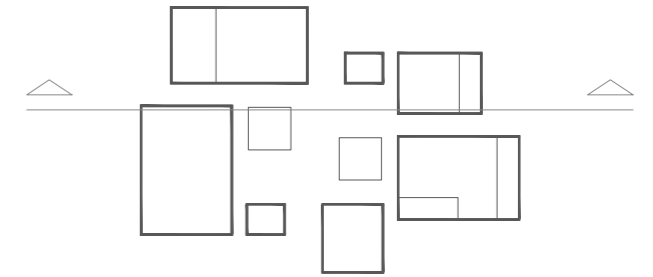


10m  
**sección transversal** escala 1/200



10m

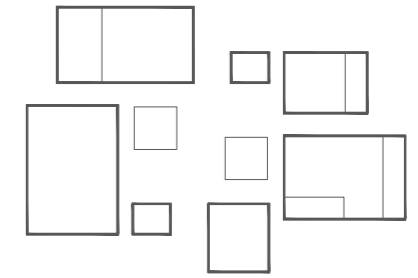
sección longitudinal escala 1/200



10m

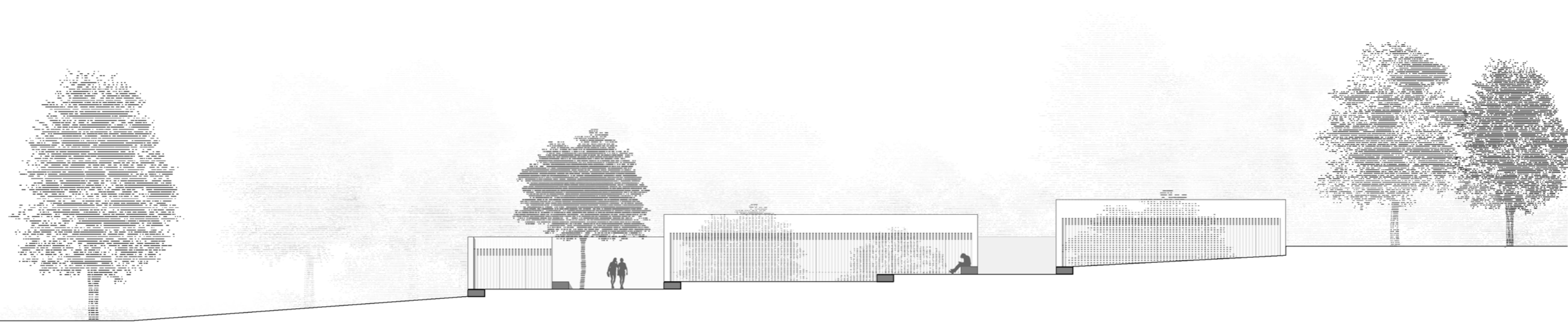
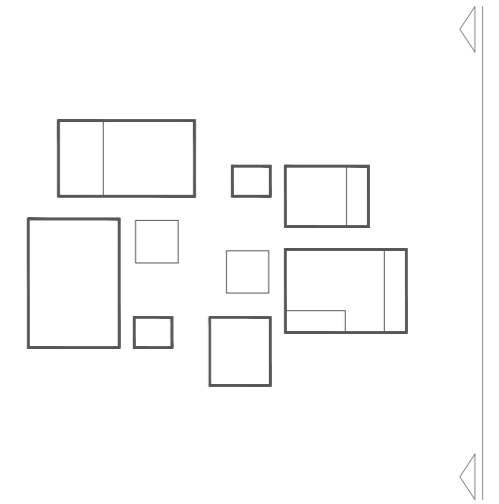
sección longitudinal escala 1/200





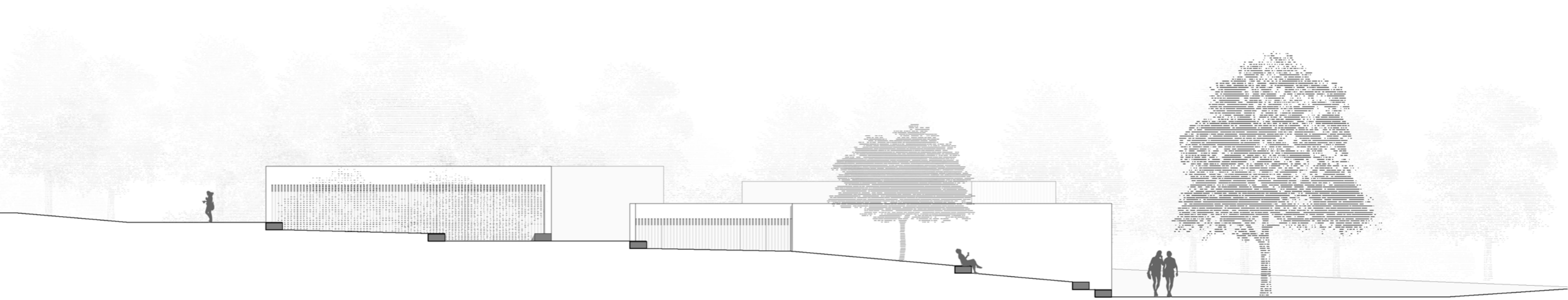
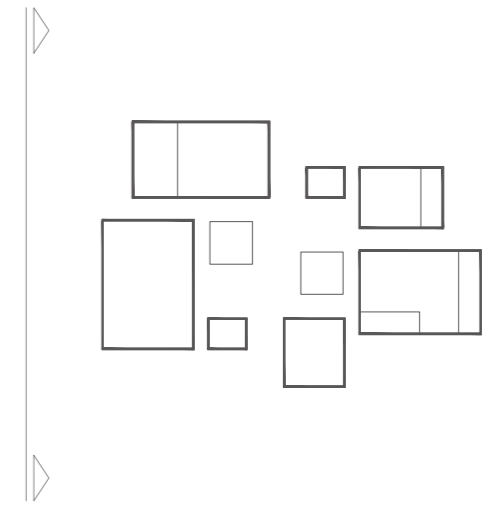
10m

alzado acceso sur escala 1/200



10m

alzado este escala 1/200



10m

**alzado oeste** escala 1/200



















# MEMORIA CONSTRUCTIVA

**Proyecto Final de Grado** Centro de innovación docente

<b>01</b>	Topografía y tratamiento del terreno	38
<b>02</b>	Materialidad	41
<b>03</b>	Estructura	42
<b>04</b>	Interior contrastado	43
<b>05</b>	Exterior mimetizado	46
<b>06</b>	Detalles constructivos 1/50	50
<b>07</b>	Detalles constructivos 1/20	56

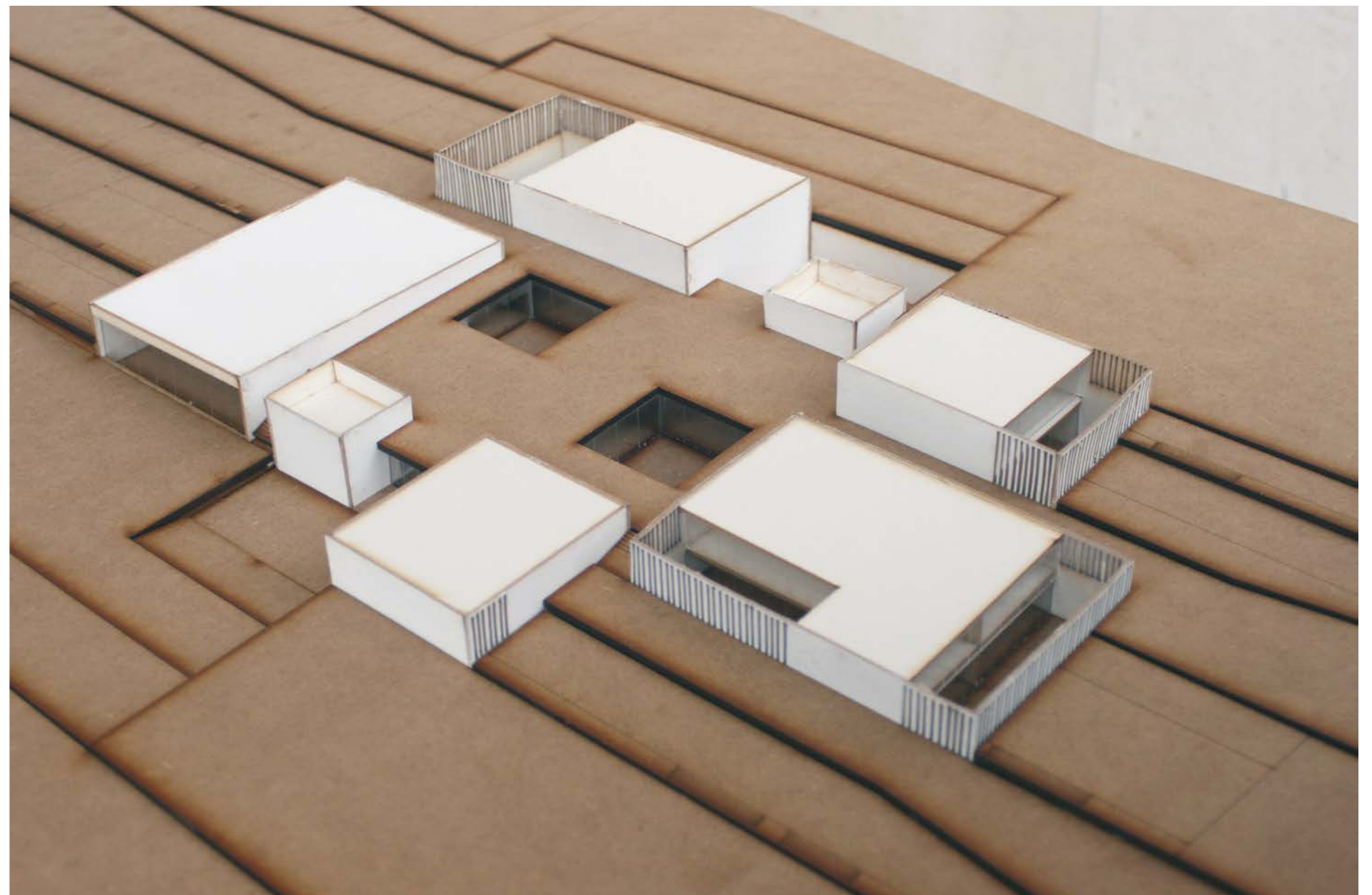
## 01 TOPOGRAFÍA Y TRATAMIENTO DEL TERRENO

En la parcela en la cual se sitúa nuestro proyecto existe un leve desnivel propio de la topografía de la ciudad periférica granadina, situada a la falda de la montaña.

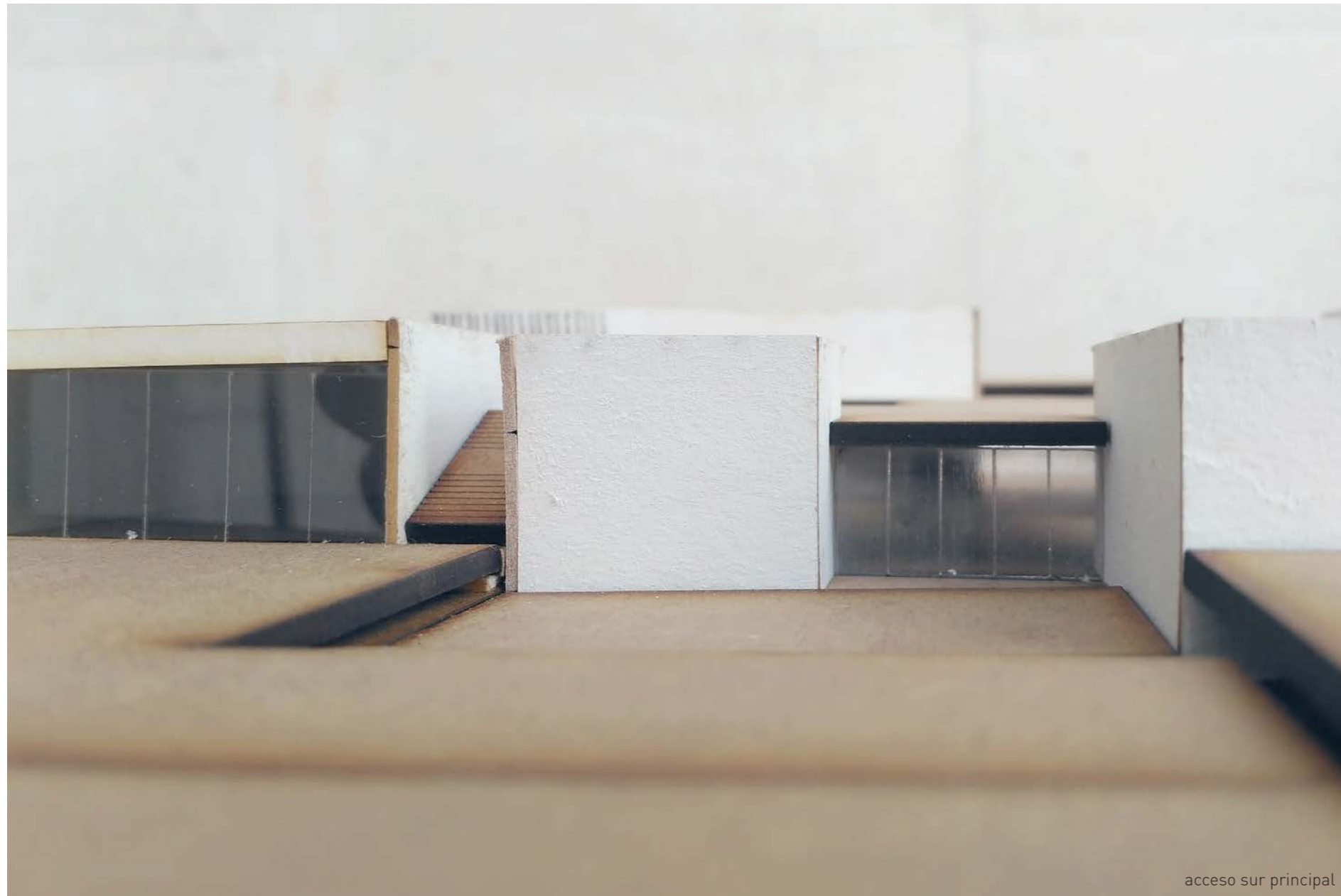
En estos momentos, la parcela supone una barrera física con grandes problemas de accesibilidad a su actividad actual. Esta ruptura en el terreno es debido al tratamiento actual del desnivel, convertido en una planicie con gradas en sus lindes, así como al vallado perimetral que lo rodea.

Esta parcela supone la oportunidad de un espacio de unión y transición entre los espacios verdes del parque de Fuentenueva y los jardines de la Universidad; por otra parte, está situado al lado de la futura estación de AVE, cuyo proyecto presentado por Rafael Moneo ya prevé convertir el entorno en un espacio arbolado que sirva de acceso a la dotación.

Así pues, se propone la recuperación de la pendiente suavizada del terreno de manera que dé continuidad y accesibilidad en todos sus límites no sólo a nuestro centro, sino también a los espacios verdes del norte y del sur y a la nueva estación.



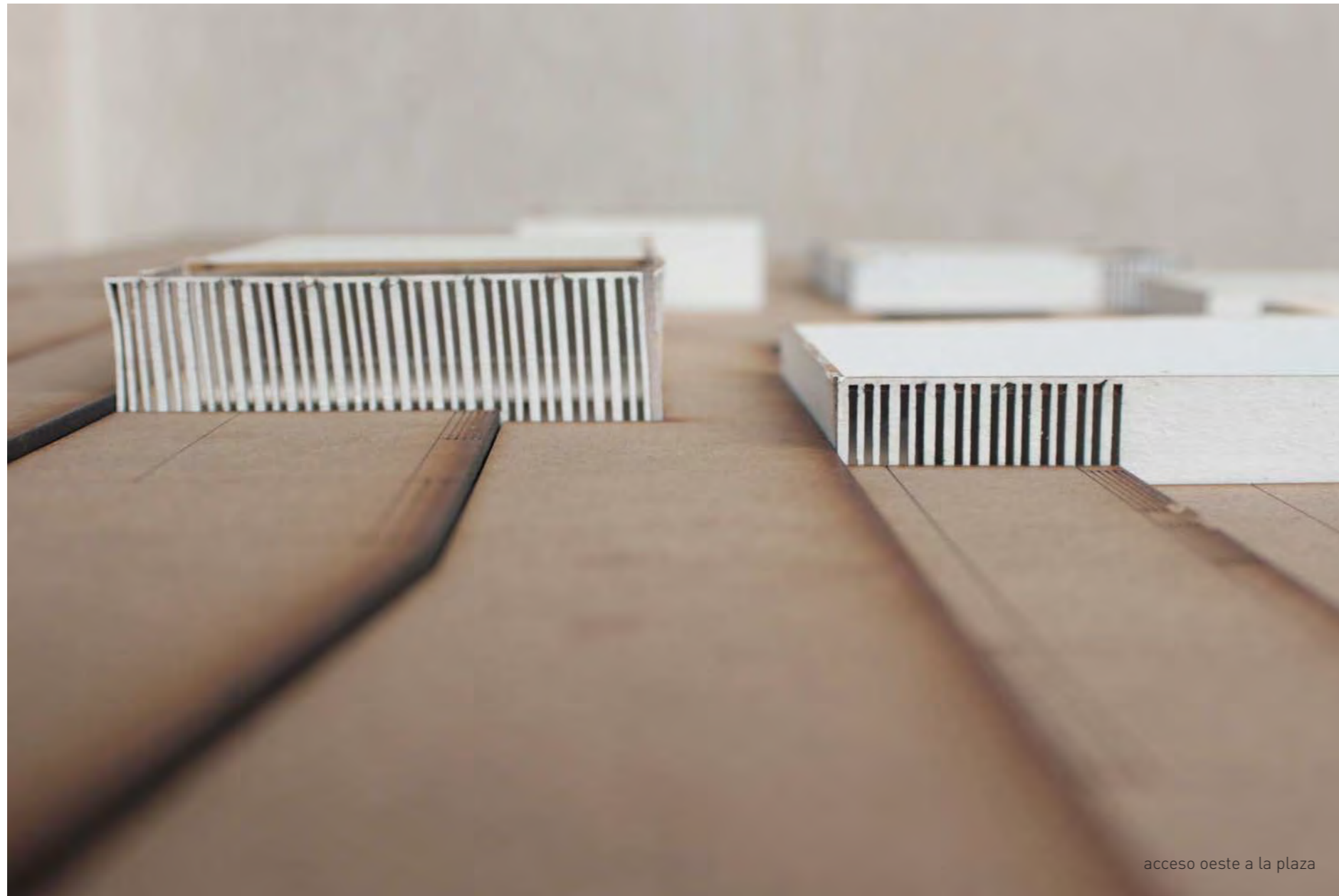




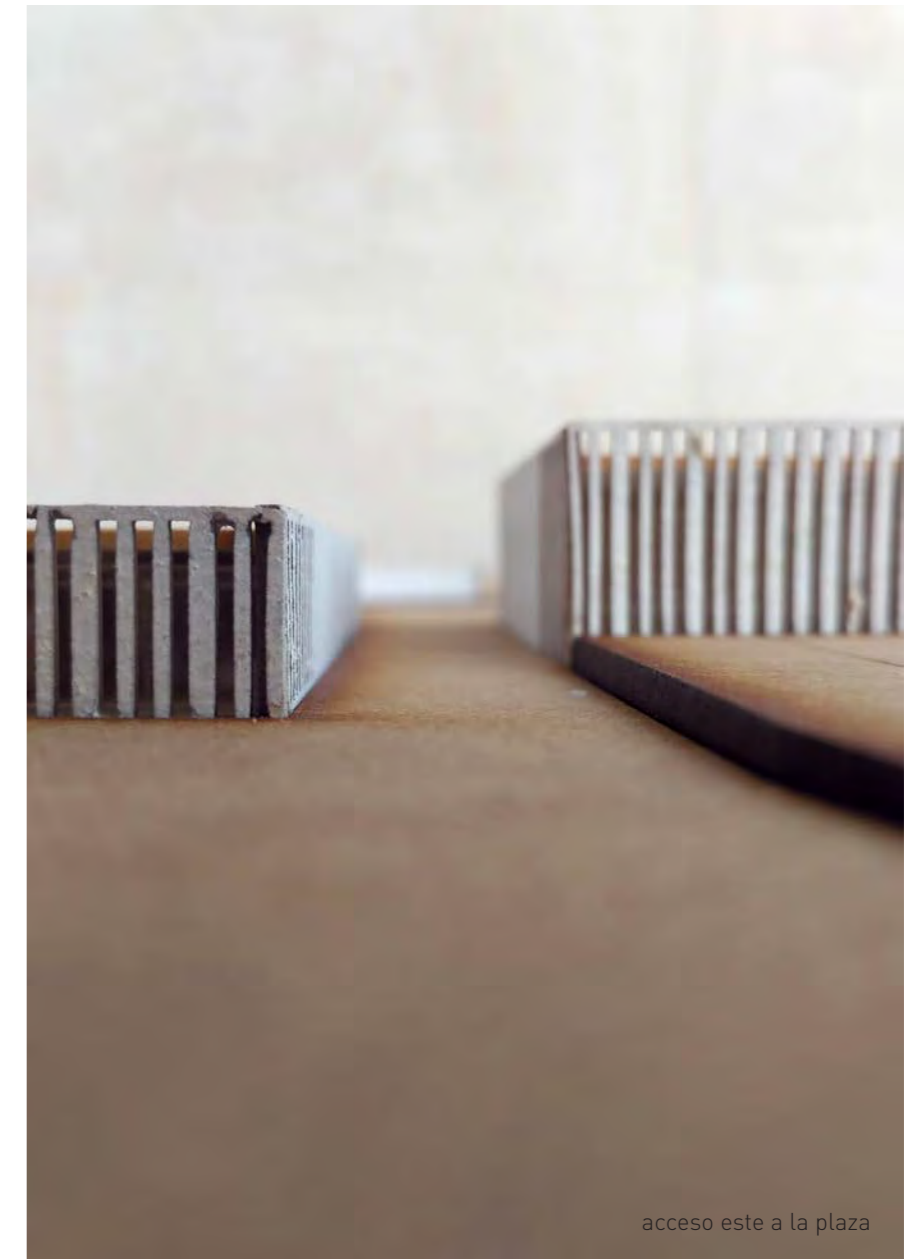
acceso sur principal



acceso sur a la plaza



acceso oeste a la plaza



acceso este a la plaza



## 02 MATERIALIDAD

Recogida de aguas pluviales: sumideros en las cubiertas de los volúmenes y canalones en la cubierta central transitable.

Las canalizaciones de pluviales descienden por el muro hasta ser enterradas; para ello se prevén brechas en la estructura.

El espacio se va subdividiendo, creando un gradiente de privacidad.

Revestimiento con aislamiento exterior.

Los forjados intermedios quedan colgados de las vigas de la estructura principal de hormigón.

Por todo el interior del edificio se mantiene el suelo cerámico, que contrasta con los volúmenes.

Celosías en los patios y en las ventanas para completar los volúmenes.

Cimentación corrida para los volúmenes y aislada para los pilares del espacio central. La solera de Cavities se remata con vigas de atado o zunchos en sus bordes.

## 03 ESTRUCTURA

Una estructura muraria de hormigón compone los volúmenes principales que contienen el programa del Educatorium.

En el interior de estos, aparecen ligeros forjados de losa maciza colgados que dividen el espacio para adecuarlo puntualmente a las actividades más acotadas del programa.

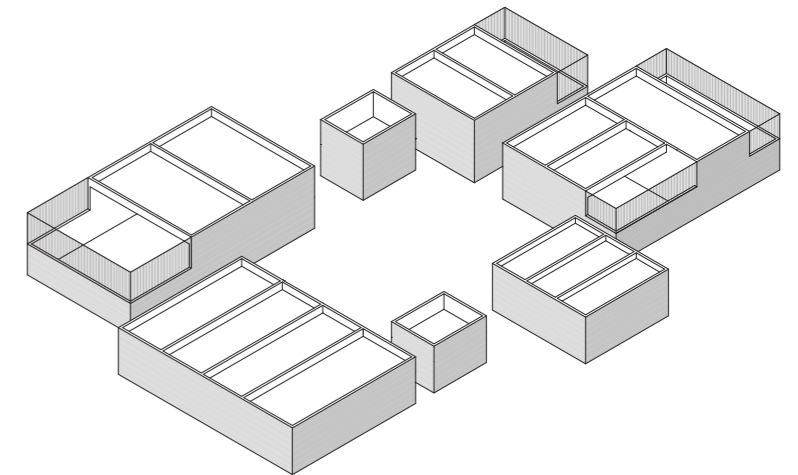
Finalmente, frente a la pesadez de estos paralelepípedos, un plano horizontal, una losa central de hormigón apoyada sobre delgados soportes de acero, une estas formas a la vez que crea un espacio sobre y bajo ella misma.

En la memoria estructural se desarrollan de manera más exhaustiva todos los elementos estructurales que conforman estos tres sistemas.

### I Volúmenes de hormigón

Unos muros de carga gruesos y continuos acogerán al programa del centro, materializándose físicamente como "cajas", volúmenes independientes.

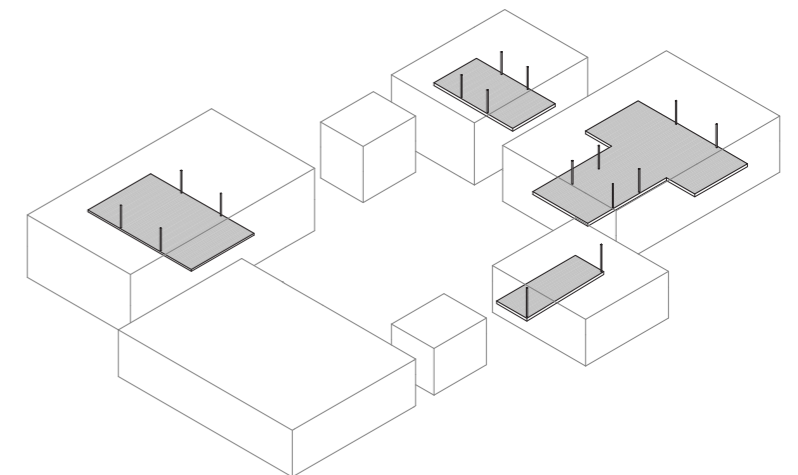
Se trata muros de hormigón in situ de 30 cm que posteriormente se revestirán de color blanco y que, junto con las celosías, definirán las formas principales que emergen del terreno.



### II Forjados colgados

Dentro de cada volumen de programa aparecen forjados colgados, los cuales dan lugar a espacios más acotados.

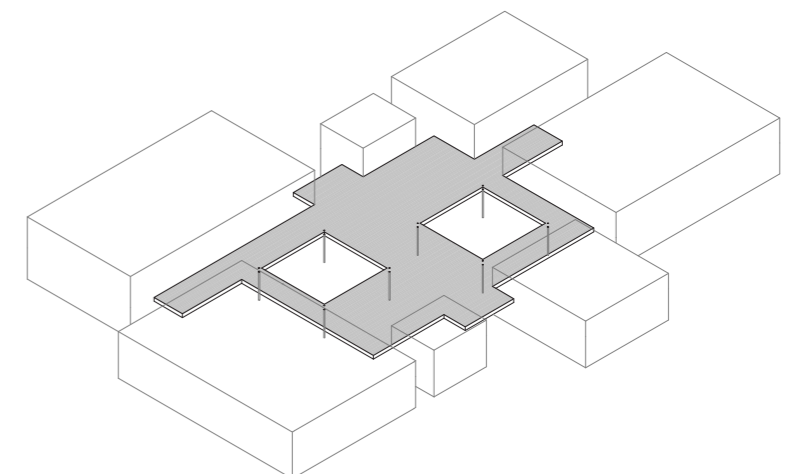
Estas losas macizas de 20 cm cuelgan de las vigas mixtas de los volúmenes, ya que son un elemento secundario de la composición. Quedan suspendidas mediante unos perfiles de acero de  $\varnothing$  10 cm, que únicamente trabajan a tracción, minimizando su aparición y desapareciendo en planta baja.



### III Losa de hormigón central

Por otra parte, el espacio central que une estas cajas se presenta como ligero y permeable, perforado por dos patios, por lo que la estructura pasa a ser la mínima posible.

Se trata de una losa maciza de 35 cm soportada por finos soportes tubulares de acero de  $\varnothing$  18 cm.





## 04 INTERIOR CONTRASTADO

Incluimos algunos recursos muy tradicionales de la construcción granadina: el enlucido, la celosía y la cerámica.

Por una parte, los paramentos verticales se caracterizan por su color blanco, tradicional recurso para captar la luz y evitar el calor en el interior del edificio. Incluimos en éstos las celosías, que ayudan a cerrar las partes del programa compuestas por patios para así dar rotundidad a los volúmenes que componen el edificio.

Por otra parte, aparece un plano de suelo contrastado, cerámico, que da color, calidez y proximidad a la manera de habitar estos espacios bañados por la luz del sol.

### 04.1 CERRAMIENTOS, PARTICIONES Y CARPINTERÍAS

En el caso de los paramentos verticales, la diafanía del espacio y su variabilidad se plasman en el sistema de elementos constructivos verticales, el cual nos permite adaptar espacios a su aforo real.

#### Cerramientos



Separan el interior del exterior, a la vez que configuran la forma del edificio visible.

Estos muros son los propios muros estructurales revestidos con el sistema de aislamiento térmico por el exterior Coteterm.

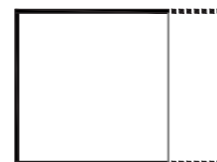
#### Celosías



Dan continuidad a los volúmenes exteriores cuando hay patios y ventanas. Obtenemos privacidad y separación visual a distancia, sin sacrificar iluminación y ventilación.

Compuestas por Viroc, un conglomerado de cemento y madera; su integridad estructural y su resistencia a la exposición al sol y al agua permite que sea utilizado en el exterior.

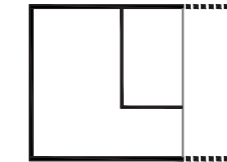
#### Carpinterías



Correderas en los volúmenes, donde constituyen paramentos verticales enteros, ya que separan el interior de los patios. Plegables en los patios para que pueda desaparecer por completo un plano entero de éstos.

En ambos casos se usan vidrios con cámara de aire 6+8+10 mm.

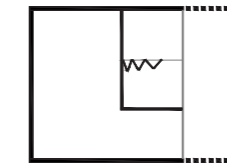
#### Particiones



En el interior de los volúmenes; separan la parte del programa que requiere un aforo más reducido.

Usaremos placas de cartón-yeso, por su fácil montaje y adaptabilidad. Las placas se sujetan a soportes metálicos alojados dentro del tabique, los cuales permiten la fijación de aparatos sanitarios, mobiliario y alojar instalaciones.

#### Particiones móviles



Dentro de estos espacios acotados; permiten a los usuarios modificar el aforo y uso de los espacios.

Usaremos el sistema de muros móviles acústicos monodireccionales.

## 04.2 SUELOS Y TECHOS

Es por el suelo por dónde discurren la climatización y un sistema de canalizaciones que distribuye las tomas de corriente y las telecomunicaciones, sin necesidad de ser un suelo técnico.

Por otra parte, por los techos discurren las instalaciones pluviales y residuales, así como el sistema de luminarias. Así pues, en los volúmenes aparecen techos técnicos, mientras que en el espacio central, por donde sólo pasan las luminarias, las instalaciones quedan vistas.

### Cubierta de gravas

Las cubiertas de los volúmenes quedan fuera de la vista de los usuarios. Por ello usamos una cubierta sencilla, contenida entre las vigas que cuelgan hacia arriba.

### Techo técnico

En los volúmenes; permite esconder el paso del cableado de las luminarias y las tuberías pluviales hasta que descienden por el cerramiento para ser enterradas. Son placas de cartón-yeso con el mismo sistema constructivo que las particiones: una estructura auxiliar de perfiles sujeta las placas.

### Hormigón in situ

En el espacio central; no se reviste la estructura de la losa, quedando visto su material. Por el espacio central sólo discurren las luminarias y los dispositivos de protección en caso de incendio; estas instalaciones quedan vistas en contraposición a lo que pasa en los espacios de los volúmenes.

### Suelo cerámico

Constituye un plano continuo por todo el interior del edificio. Se trata de un pavimento de piezas de barro hechas a mano de 0,3 x 0,15 x 0,03 m. La cerámica aporta calidez y color al espacio interior, ya que refleja luz de manera difusa y emite de manera constante la temperatura que le llega del suelo radiante-refrigerante.





### 04.3 MOBILIARIO INTERIOR

En el Educatorium pueden convivir todo tipo de estilos; es por ello que los colores de la construcción son tan neutros: para dar cabida a todo tipo de mobiliario y sus posibles colores.

Escogemos mobiliario móvil muy básico en forma y que tiene la posibilidad de variar en color. Así, se propone mobiliario de la marca escandinava y minimalista Muuto, para establecer relaciones generales respecto a las dimensiones de los objetos.

#### Sofà Connect

Diseño de Anderssen & Voll. Módulos de líneas precisas y dimensiones convencionales. Diseño minimalista que permite la diversidad de combinación de las distintas piezas.

Uso en aulas, biblioteca y espacio común.



#### Fiber Side Chair - Wood Base

Diseño de Iskos Berlin. Balance entre confort y mínimo espacio. Su minimalismo y variedad de colores la hacen muy versátil.

Uso en cafetería, aulas, biblioteca, audiovisuales...



#### Taburete Visiona Stool

Ampliamente conocido e imitado, este taburete fue diseñado por Verner Panton para Vitra en 1970. Es muy sencillo, ligero y acolchado.

Uso en aulas, biblioteca, sala multiusos, espacio común...

#### Base Table

Diseño de Mika Tolvanen. Con la forma icónica de mesa y diversidad de dimensiones, se adapta a cualquier proyecto de interiorismo.

Uso en biblioteca y aulas.



#### Base Table Ø110

Diseño de Mika Tolvanen. Dentro de la misma serie que la Base Table y con las mismas intenciones de adaptabilidad y simplicidad.

Uso en cafetería y espacio común.



## 05 EXTERIOR MIMETIZADO

Respecto al espacio exterior, las decisiones siempre intentan recuperar el terreno natural y favorecer la actividad en el espacio verde.

Para ello recuperamos el estrato vegetal, compuesto por tierra y hierbas que crecen en ella, así como su pendiente suave.

Ante este panorama natural aparecen líneas humanas desaturadas, pétreas y de hormigón, que ordenan el espacio y quedan en segundo plano frente al protagonismo de la vegetación y la aparición progresiva del Educatorium.

### 05.1 PAVIMENTACIÓN

#### Terreno natural + suelo tapizante

Se usa principalmente tomillo rastrero (*Thymus pseudolanuginosus*). Se puede usar en pavimentos, ya que es perenne y muy permisiva ante el tráfico; a finales de primavera aparecen sus flores pálidas color malva.

#### Paso peatonal

Piezas grandes de material pétreo conforman el paso peatonal y su unión con la calzada que rodea la parcela. A través de los espacios verdes, las piezas se desfragmentan y devienen en sendas de madera.

#### Bancos lineales

Conformados por hormigón, delimitan los desniveles y los convierten en bancos, a la vez que estructuran el espacio público.

### 05.2 MOBILIARIO EXTERIOR

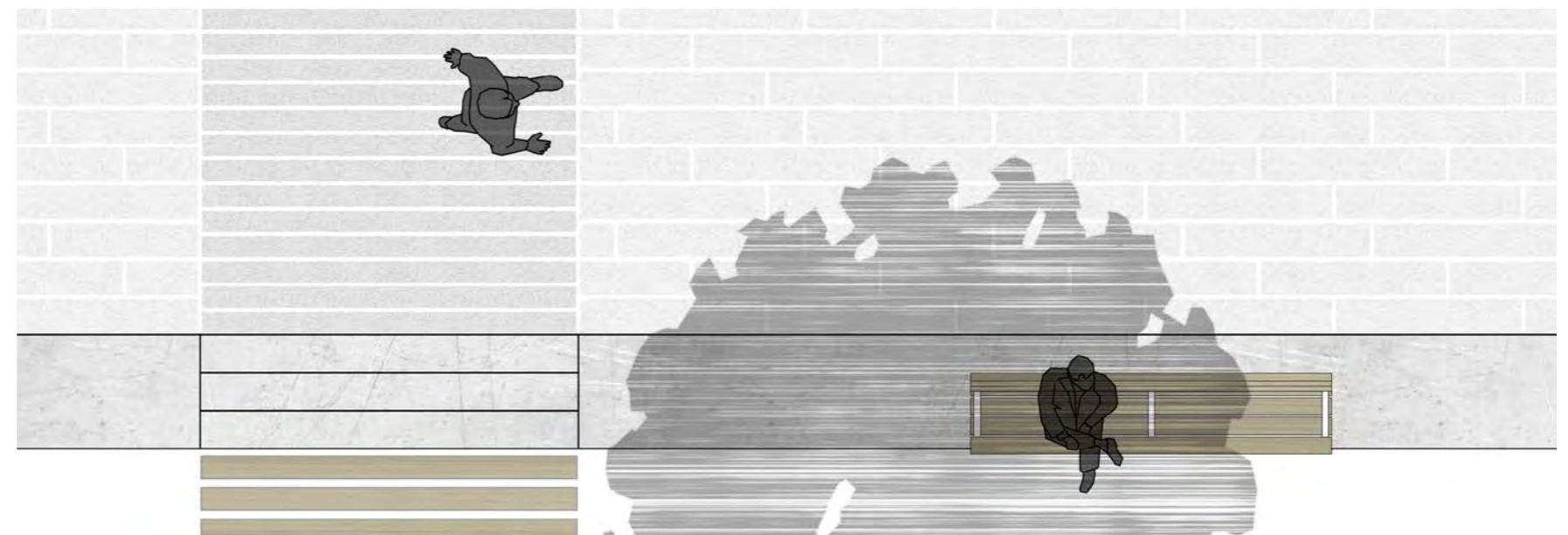
#### Banco Escofet. Serie Longo

Serie compuesta por dos bases de hormigón a los que se une un asiento de madera. Aparecen bancos simples y modulares de hormigón; piezas que descansan en el suelo sin necesidad de anclaje. Las papeleras son un elemento más en la composición del banco.

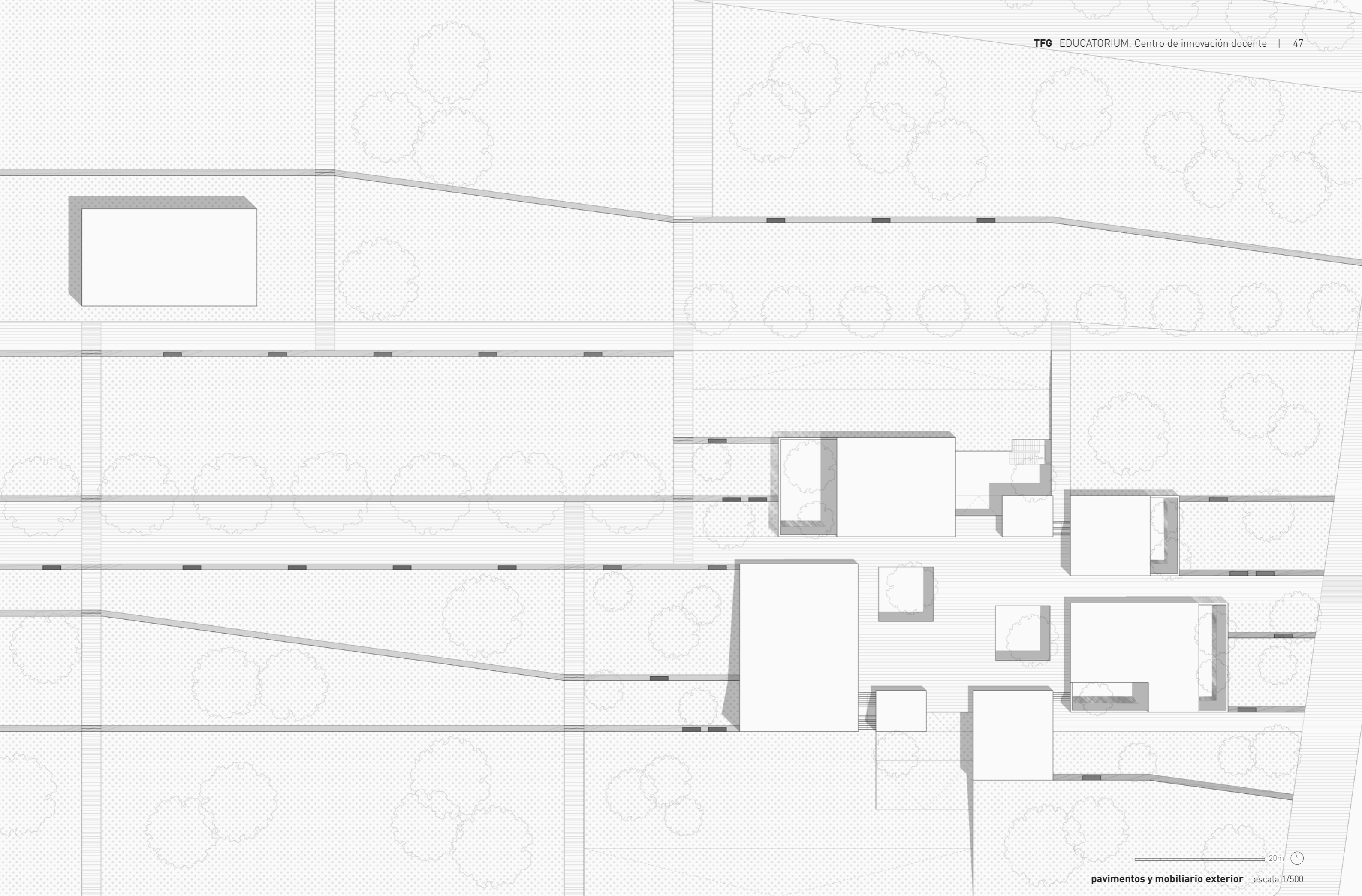


#### Luminarias Lola

Parte de la DAE Collection, creada en 2007 para Escofet. Compuesta por un poste de acero galvanizado, plato de aluminio y carcasa de polietileno de alta densidad. Es sencilla y de altura adaptada al ser humano.







20m

pavimentos y mobiliario exterior escala 1/500



### 05.3 VEGETACIÓN

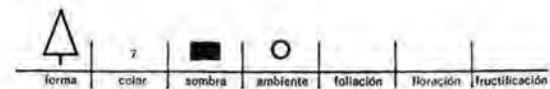
Para las masas de árboles...

#### Pino de Córcega

Pinus Laricio | pináceas



h: 20-30 m  
d: 8-10 m

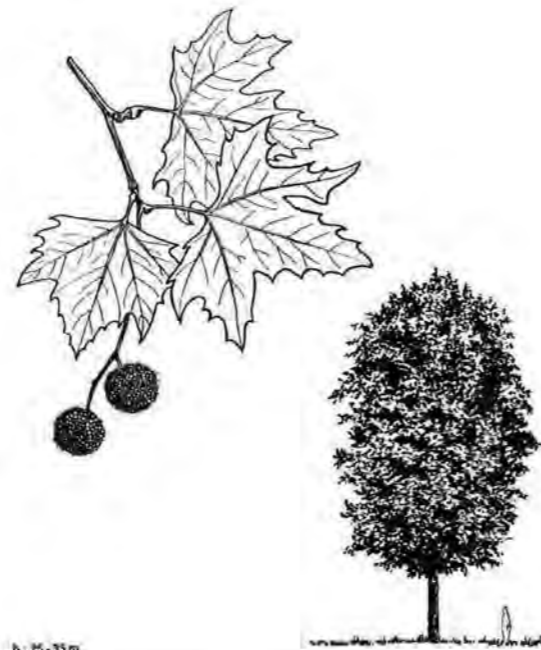


<b>Origen</b>	S. de Europa, Asia Menor, Córcega
<b>Exigencias</b>	Muy rústico; es conocida su resistencia al frío, a la sequía, y a los suelos calcáreos. Se da en los sitios altos (500 m) de la región mediterránea, por lo que no es apropiado para la costa.
<b>Crecimiento</b>	Rápido.
<b>Características</b>	Forma cónica de tronco derecho y ramas extendidas; al envejecer, la cúspide se aplana. Es el que crece más alto de todos los pinos indígenas en España, y por su rusticidad, se le usa en terrenos difíciles.
<b>Corteza</b>	Rugosa, amarillo-rojiza.
<b>Hojas</b>	P. lineiformes, rígidas, de 9 a 16 cm de largo, color verde oscuro, en grupos de 2.
<b>Flores</b>	Sin interés.
<b>Frutos</b>	Conos ovoides, simétricos, de 5 a 8 cm de largo, color marrón amarillento lustroso.

Para el espacio peatonal principal...

#### Plátano hoja de arce

Platanus Acerifolia | platanáceas



h: 25-35 m  
d: 10-15 m



<b>Origen</b>	S. de Europa, Asia occidental.
<b>Exigencias</b>	Es muy rústico aunque prefiere los suelos profundos y frescos; se da bien a la orilla del mar. Es de los árboles que mejor retienen después de la poda, por lo que dirigiéndolo, es muy adecuado para formar «techos» en avenidas y paseos.
<b>Crecimiento</b>	Rápido
<b>Características</b>	Forma ovoidal, de ramas extendidas (las inferiores pendientes); copa regular de follaje distribuido; tronco recto. Se lo supone un híbrido entre el Platanus orientalis y el P. occidentalis. Erróneamente se le llama «Plátano oriental».
<b>Corteza</b>	Lisa, color verde amarillento grisáceo; se desprende en escamas que dejan ver fondo marrón amarillento.
<b>Hojas</b>	C. alternas, palmadas, tri o pentalobuladas (3 a 5 lóbulos), de 12 a 25 cm de ancho, aserradas; peciolo de 3 a 10 cm de largo; color verde claro; parecidas a las de los Acer.
<b>Flores</b>	Verdosas, pendientes; sin interés.
<b>Frutos</b>	Globosos, de 3 cm de diámetro, compuestos de acículas envueltas en pelos, de largo pedúnculo, color marrón; en grupos (generalmente de 2), permanecen todo el invierno.

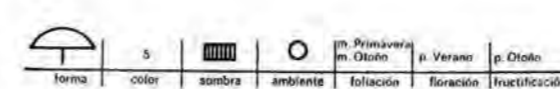
Para el espacio de actividades...

#### Melia Paraíso

Melia Azedarach | meliáceas



h: 8-15 m  
d: 5-8 m



<b>Origen</b>	Australia, S. de Asia.
<b>Exigencias</b>	Es rústico en cuanto a suelos pero requiere temperaturas cálidas, sin heladas. Soporta la sequía.
<b>Crecimiento</b>	Rápido.
<b>Características</b>	Forma extendida irregular, de follaje muy distribuido y desordenado.
<b>Corteza</b>	Estrada.
<b>Hojas</b>	C. o semi perisistentes, alternas, compuestas, de 25 a 80 cm de largo; folíolos ovales, acuminados, de 2 a 5 cm de largo, muy aserrados o lobulados, lisos, pubescentes en los nervios; color verde claro.
<b>Flores</b>	Color lila, de 2 cm de ancho, perfumadas, en racimos axilares de 10 a 20 cm de largo.
<b>Frutos</b>	Globosos, carnosos, de aproximadamente 1,5 cm de diámetro, amarillos; persisten en el árbol, después de la caída de las hojas, durante todo el invierno. Son venenosos.

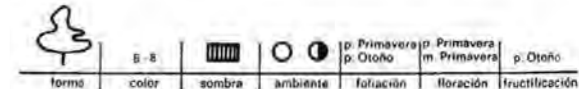
Para el espacio de descanso...

#### Árbol de Judea

Cercis Siliquastrum | leguminosas

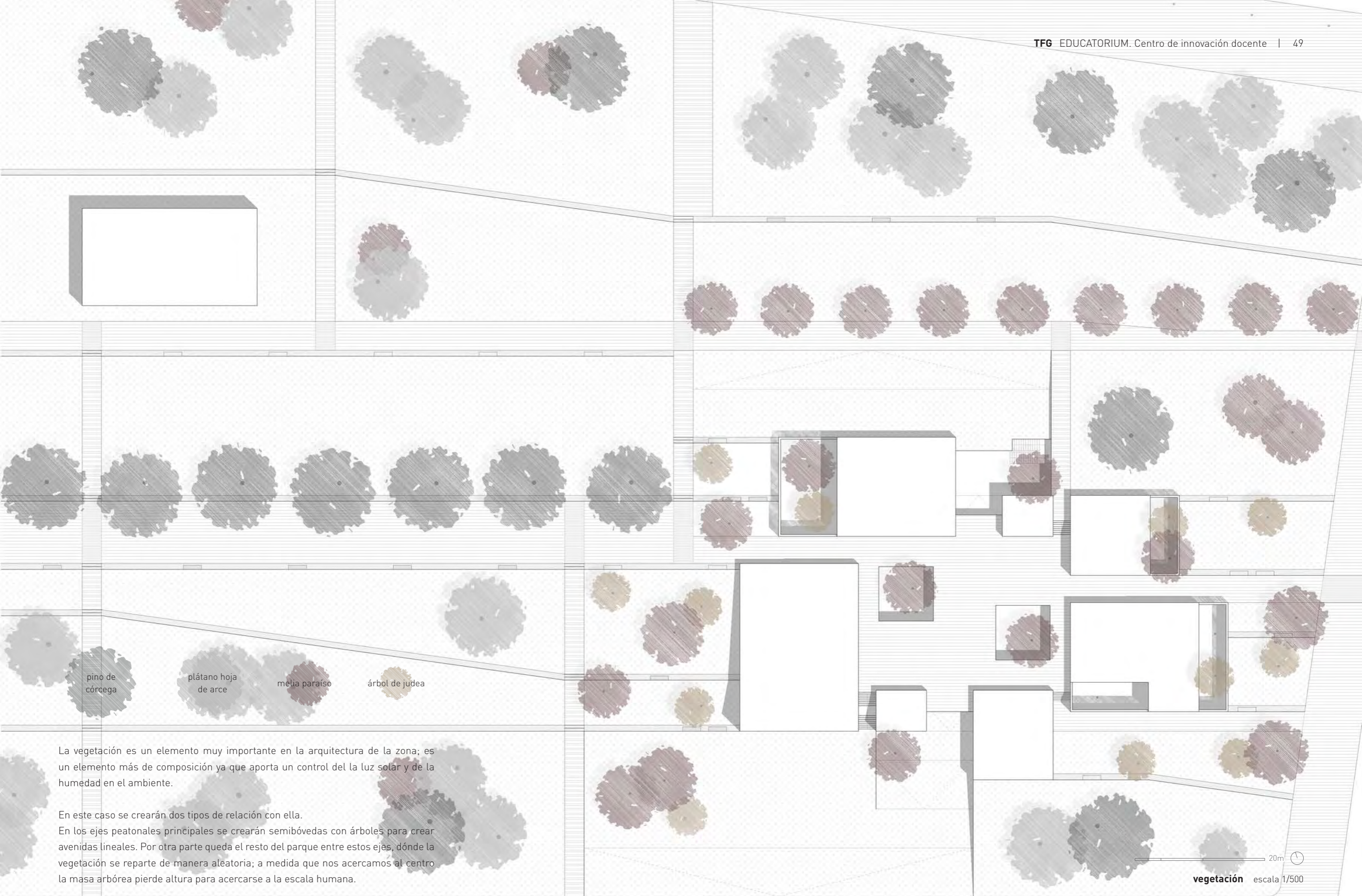


h: 5-8 m  
d: 5-6 m



<b>Origen</b>	Región mediterránea.
<b>Exigencias</b>	Rústico a cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los muelles y calcáreos; resiste el frío pero vive mejor en ambientes cálidos. No le perjudica la sequía.
<b>Crecimiento</b>	Medio.
<b>Características</b>	Forma irregular, copa transparente (follaje distribuido); tronco inclinado, ramillas de color púrpura oscuro.
<b>Corteza</b>	Marrón casi negro; lisa, con pequeñas grietas.
<b>Hojas</b>	C. simples, lisas, redondas o acorazonadas, de 7 a 12 centímetros, color verde oscuro.
<b>Flores</b>	Pequeñas, color lila rosado, en grupos reducidos; aparecen antes de las hojas en gran cantidad, cubriendo casi por completo las ramillas; luego se secan y permanecen en el árbol 3 a 4 meses.
<b>Frutos</b>	Legumbre tableada de 7 a 10 cm de largo, color marrón oscuro; permanece durante el invierno.

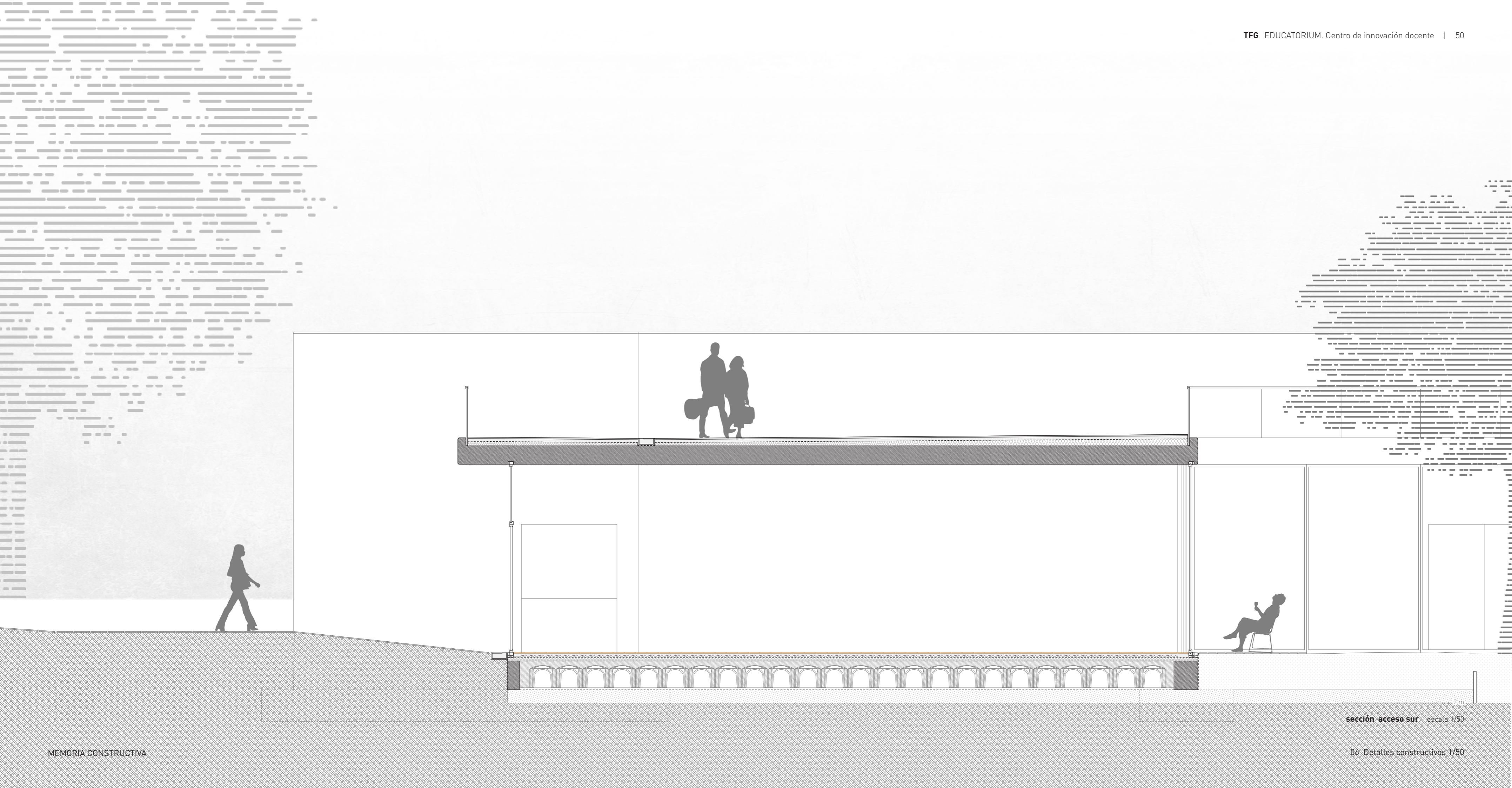




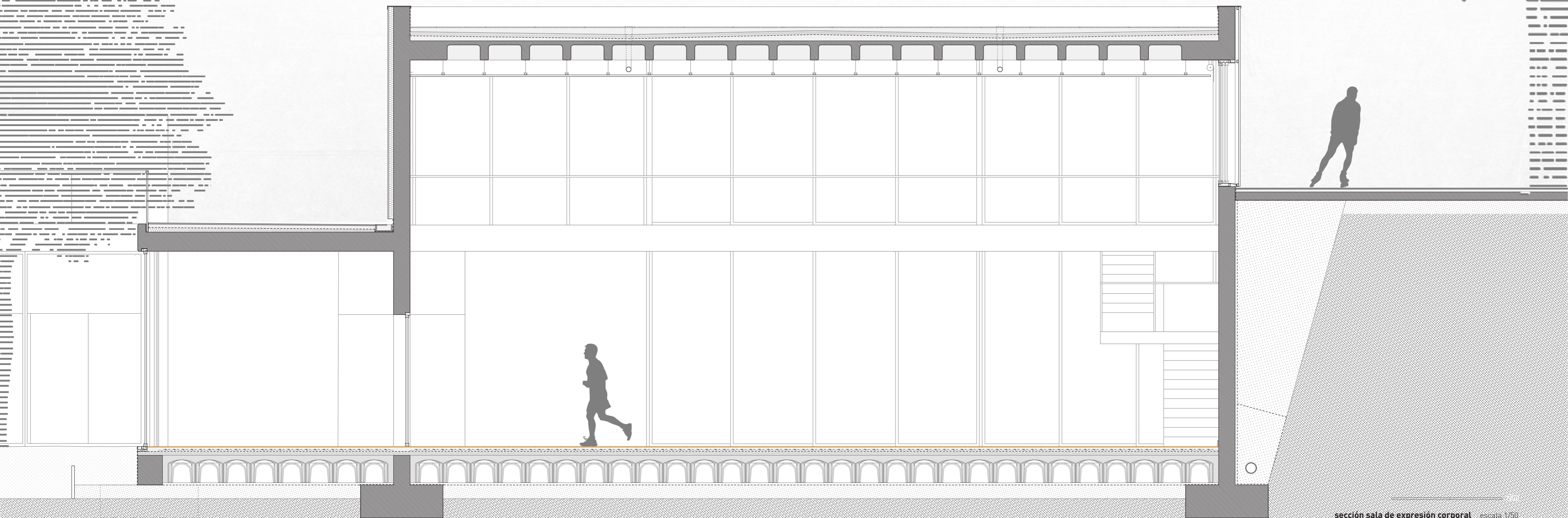
La vegetación es un elemento muy importante en la arquitectura de la zona; es un elemento más de composición ya que aporta un control de la luz solar y de la humedad en el ambiente.

En este caso se crearán dos tipos de relación con ella. En los ejes peatonales principales se crearán semibóvedas con árboles para crear avenidas lineales. Por otra parte queda el resto del parque entre estos ejes, donde la vegetación se reparte de manera aleatoria; a medida que nos acercamos al centro la masa arbórea pierde altura para acercarse a la escala humana.



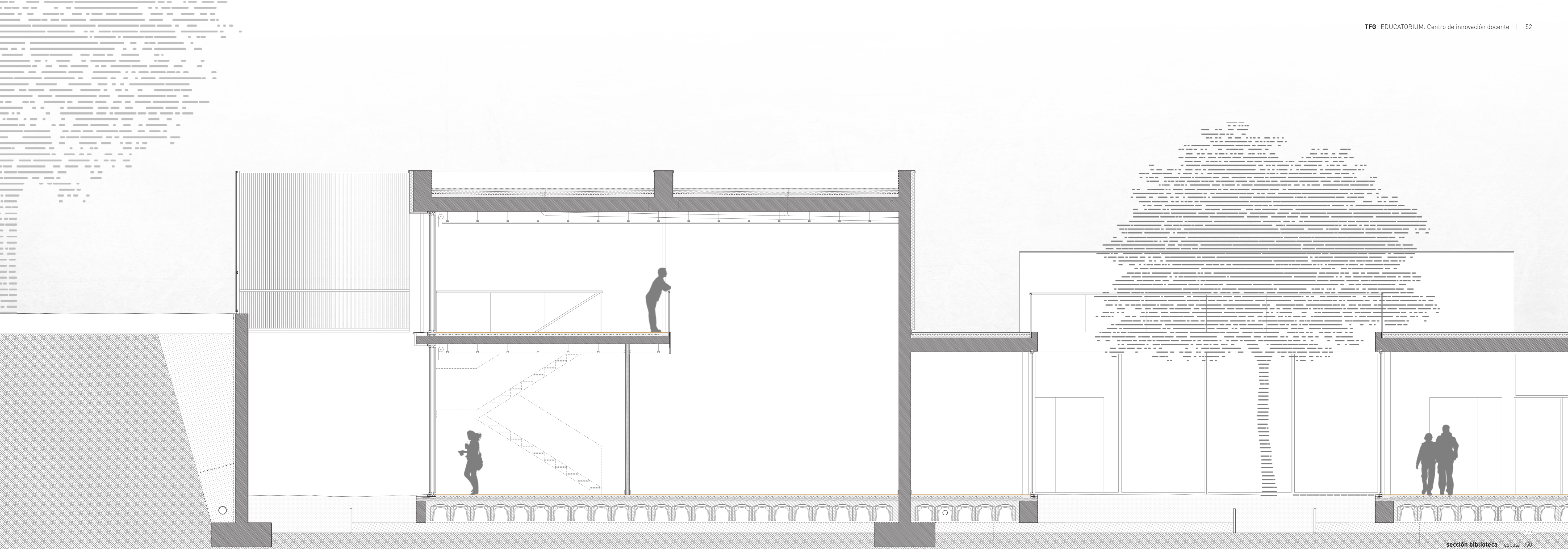






sección sala de expresión corporal escala 1/50

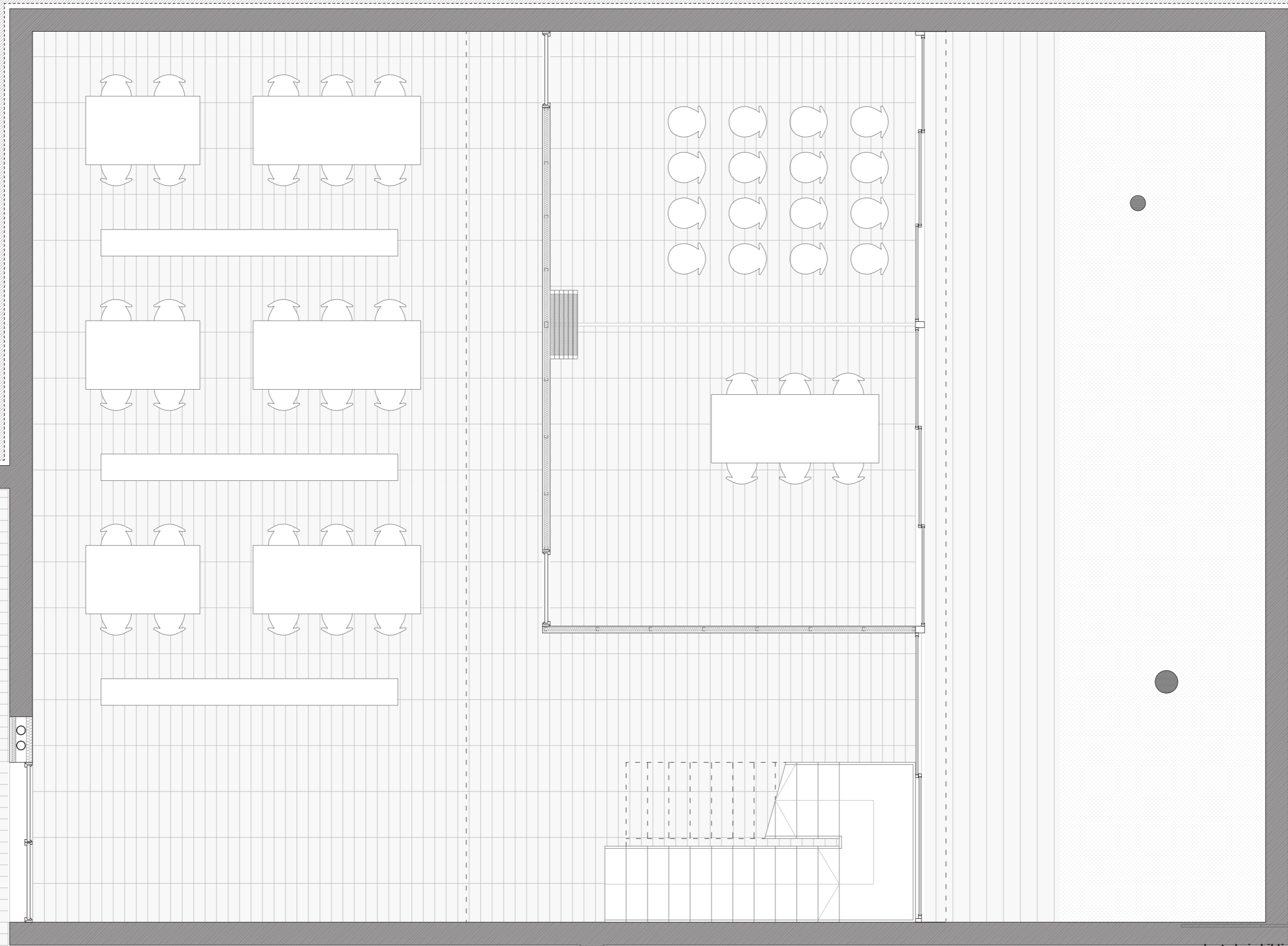












planta baja biblioteca escala 1/50







Estructura

- E01 Muro estructural de hormigón in situ
- E02 Zapata corrida
- E03 Zuncho de cierre
- E04 Forjado tipo caviti 50 cm
- E05 Capa de compresión de mortero autonivelante con fibra de vidrio
- E06 Losa maciza 20 cm
- E07 Soporte de acero de sección hueca circular d 100mm
- E08 Cruceta
- E09 Viga mixta
- E10 Forjado de nervios in situ

Terreno

- T01 Tubo drenante
- T02 Capa filtrante geotextil
- T03 Capa drenante de polietileno de alta densidad
- T04 Subbase granular de zahorras compactadas
- T05 Tierra artificial
- T06 Terreno natural
- T07 Prefabricado de hormigón para la contención de raíces

Pavimentos

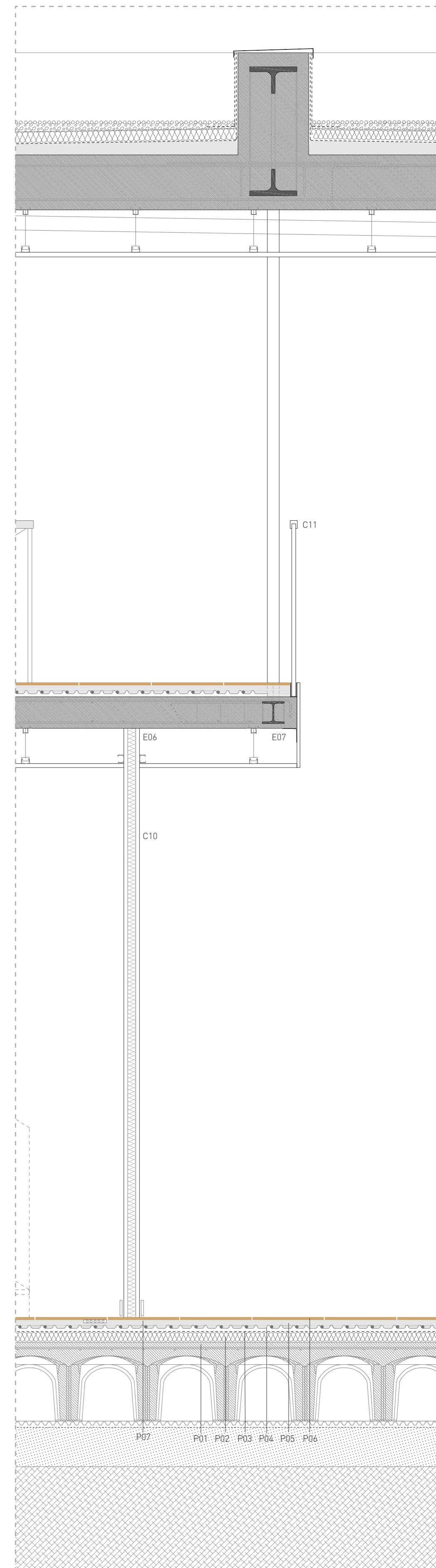
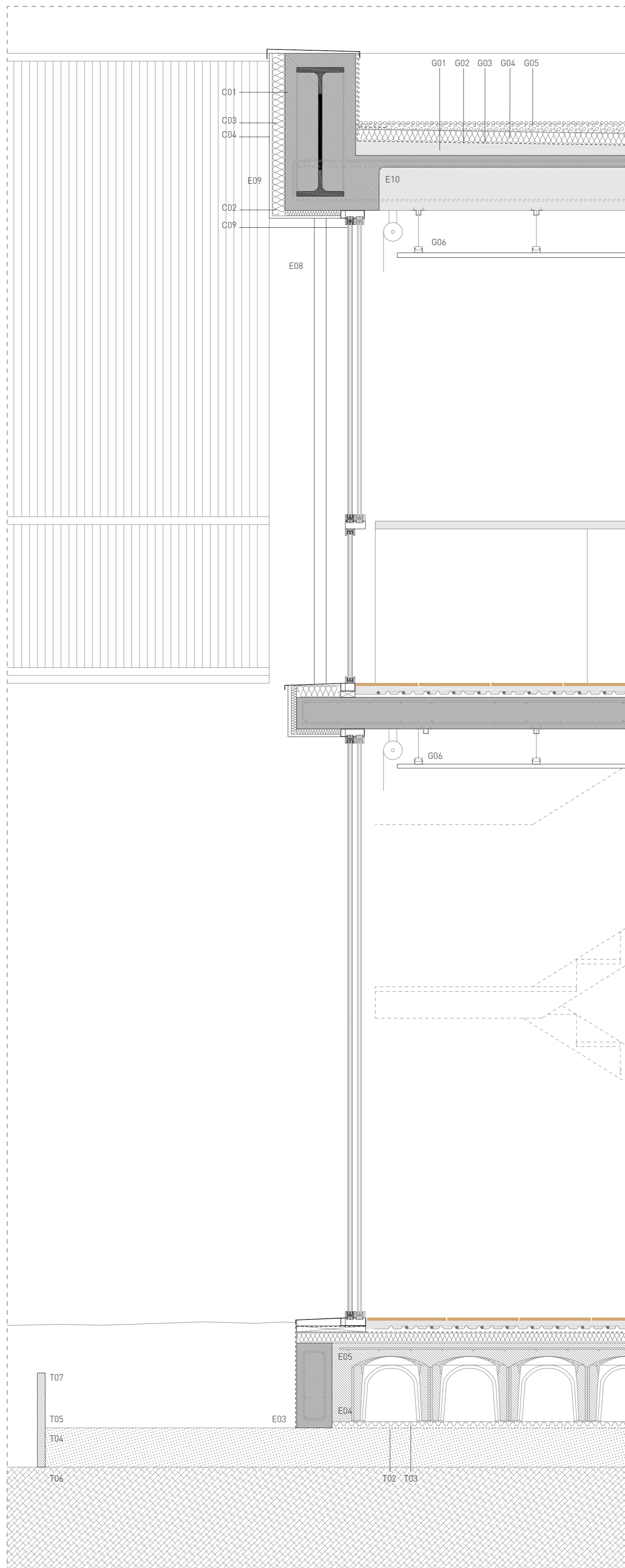
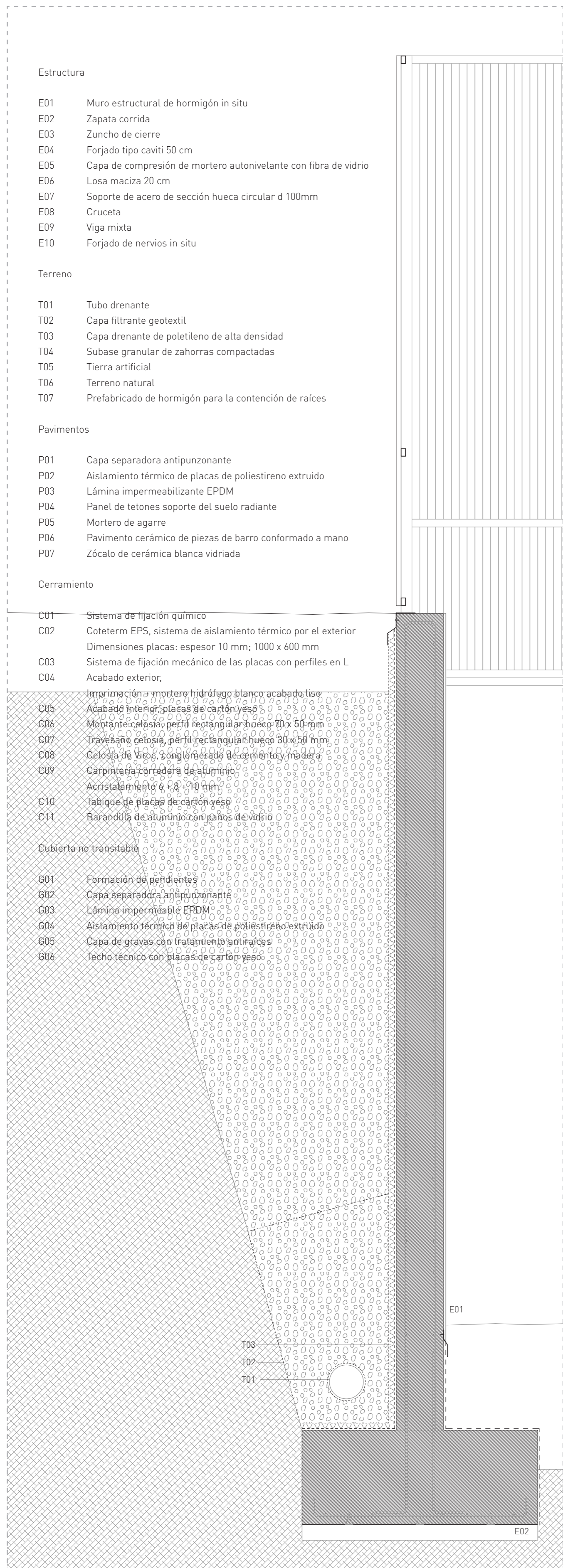
- P01 Capa separadora antipunzonante
- P02 Aislamiento térmico de placas de poliestireno extruido
- P03 Lámina impermeabilizante EPDM
- P04 Panel de tetones soporte del suelo radiante
- P05 Mortero de agarre
- P06 Pavimento cerámico de piezas de barro conformado a mano
- P07 Zócalo de cerámica blanca vidriada

Cerramiento

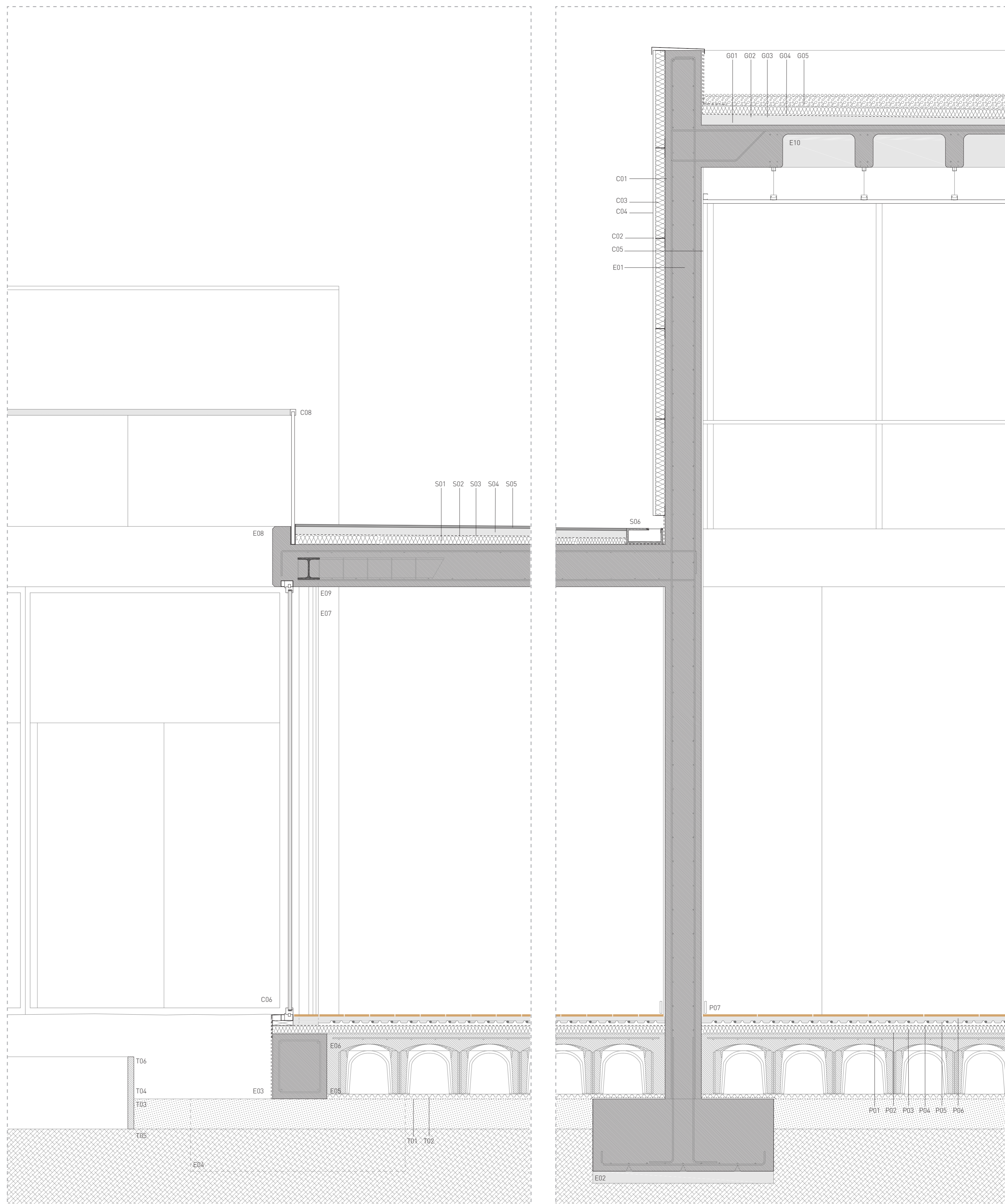
- C01 Sistema de fijación químico
- C02 Cote-term EPS, sistema de aislamiento térmico por el exterior  
Dimensiones placas: espesor 10 mm; 1000 x 600 mm
- C03 Sistema de fijación mecánico de las placas con perfiles en L
- C04 Acabado exterior;
- C05 Imprimitación + mortero hidrófugo blanco acabado liso
- C06 Acabado interior: placas de cartón yeso
- C07 Montante celosía, perfil rectangular hueco 70 x 50 mm
- C08 Travesaño celosía, perfil rectangular hueco 30 x 50 mm
- C09 Celosía de vidrio, conglomerado de cemento y madera
- C10 Carpintería corredera de aluminio
- C11 Acristalamiento 6 + 8 + 10 mm
- C12 Tabique de placas de cartón yeso
- C13 Barandilla de aluminio con paños de vidrio

Cubierta no transitada

- G01 Formación de pendientes
- G02 Capa separadora antipunzonante
- G03 Lámina impermeable EPDM
- G04 Aislamiento térmico de placas de poliestireno extruido
- G05 Capa de gravas con tratamiento anticorrosivos
- G06 Techo técnico con placas de cartón yeso







Estructura

- E01 Muro estructural de hormigón in situ
- E02 Zapata corrida
- E03 Viga riostra
- E04 Zapata aislada
- E05 Forjado tipo caviti 50 cm
- E06 Capa de compresión de mortero autonivelante con fibra de vidrio
- E07 Soporte de acero de sección hueca circular d 175 mm
- E08 Losa maciza 35 cm de hormigón visto
- E09 Cruceta
- E10 Forjado de nervios in situ

Terreno

- T01 Capa filtrante geotextil
- T02 Capa drenante de poletileno de alta densidad
- T03 Subbase granular de zahorras compactadas
- T04 Tierra artificial
- T05 Terreno natural
- T06 Prefabricado de hormigón para la contención de raíces

Pavimentos

- P01 Capa separadora antipunzonante
- P02 Aislamiento térmico de placas de poliestireno extruido
- P03 Lámina impermeabilizante EPDM
- P04 Panel de tetones soporte del suelo radiante
- P05 Mortero de agarre
- P06 Pavimento cerámico de piezas de barro conformado a mano
- P07 Zócalo de cerámica blanca vidriada

Cerramiento

- C01 Sistema de fijación químico
- C02 Coteterm EPS, sistema de aislamiento térmico por el exterior  
Dimensiones placas: espesor 10 mm; 1000 x 600 mm
- C03 Sistema de fijación mecánico de las placas con perfiles en L
- C04 Acabado exterior,  
Imprimación + mortero hidrófugo blanco acabado liso
- C05 Acabado interior, placas de cartón yeso
- C06 Carpintería plegable de aluminio  
Acristalamiento 6 + 8 + 10 mm
- C07 Carpintería corredera de aluminio  
Acristalamiento 6 + 8 + 10 mm
- C08 Barandilla de aluminio con paños de vidrio

Cubierta no transitable

- G01 Formación de pendientes
- G02 Capa separadora antipunzonante
- G03 Lámina impermeabilizante EPDM
- G04 Aislamiento térmico de placas de poliestireno extruido
- G05 Capa de gravas con tratamiento antiarañas
- G06 Techo técnico con placas de cartón yeso

Cubierta transitable

- S01 Sistema de aislamiento térmico con formación de pendientes  
Imprimación + placas Foamglas; espesor mínimo 7 cm
- S02 Lámina impermeabilizante EPDM
- S03 Capa separadora antipunzonante
- S04 Mortero de agarre
- S05 Pavimento pétreo espesor 3 cm
- S06 Canalón prefabricado de hormigón polímero  
27 x 10 cm con protección impermeable

# CENTRO DE INNOVACIÓN DOCENTE

memoria estructural | memoria instalaciones | memoria cumplimiento del código técnico

**Proyecto Final de Grado** Andrea Pérez Cortell

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia  
tutor taller 4 | Vicente Corell Farinós

Valencia, Enero 2017



# MEMORIA ESTRUCTURAL

**Proyecto Final de Grado** Centro de innovación docente

<b>01</b>	Descripción del sistema estructural	03
<b>02</b>	Estimación de cargas	06
<b>03</b>	Aplicación y combinación de cargas	08
<b>04</b>	Predimensionado	10
<b>05</b>	Replanteo de la estructura	16

## 01 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Se trata de un edificio semienterrado compuesto por dos tipos de espacios muy definidos. Unos volúmenes másicos acogen los diferentes usos que se dan en el edificio y quedan conectados por un espacio central diáfano, definido por un plano horizontal que, en su nivel superior, deviene en una plaza.

En base a esto, la estructura ayudará a diferenciar estos dos tipos de espacios:

Unos muros gruesos y continuos acogerán a los espacios con usos definidos, materializándose físicamente como "cajas", volúmenes independientes.

Por otra parte, el espacio central que une estas cajas se presenta como ligero y permeable, perforado por dos patios, por lo que la estructura pasa a ser la mínima posible, formada por una losa maciza soportada por finos soportes.

### 01.1 ESTRUCTURA TIPO I | VOLÚMENES DE HORMIGÓN

#### Muros de carga de hormigón armado

Debido a que el edificio está semienterrado, son necesarios muros de sótano en todo su perímetro; por otra parte, la separación de su programa en unidades físicas separadas permite que cada una de ellas mantenga su propio sistema estructural independiente.

Con esto, la estructura principal que sostiene el proyecto y le da forma está compuesta por muros de hormigón in situ, que empiezan como muros de sótano y se prolongan, definiendo la forma del edificio a medida que éste se desentierra.

Estas cajas de hormigón transmiten los esfuerzos a las zapatas corridas de la cimentación. Cada caja de hormigón recibe las cargas del forjado superior, una cubierta no transitable, así como de los forjados intermedios que cuelgan de éste.

#### Forjado de nervios in situ y vigas de canto mixtas

##### a Vigas de canto mixtas | luz 13,5 - 18 m

Se trata de un forjado unidireccional en el que vigas de canto cubren las luces más grandes. Éstas cuelgan hacia arriba por dos razones: nos permite evitar el incremento del espesor total del forjado y además delimitan los paños de la cubierta.

Por otra parte, ya que los forjados intermedios cuelgan de estas vigas, se opta por combinar un perfil de acero con una sección rectangular de hormigón, para evitar un canto excesivo al cumplir frente a estados límite de servicio (flecha).

##### b Nervios in situ | luz 4,5 - 9 m; intereje 0,75 m

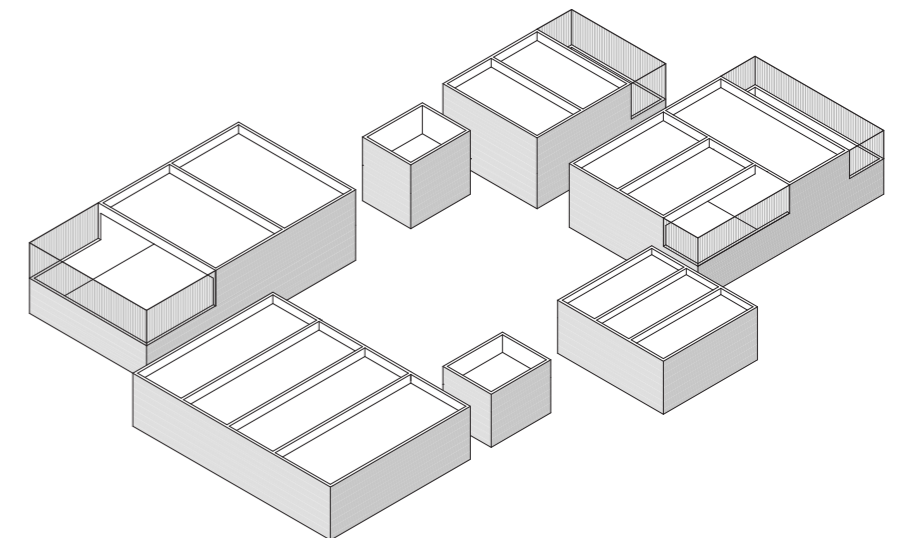
Debido a las luces que cubren y, sobre todo, debido al proceso constructivo de las vigas mixtas, se evitan los elementos prefabricados y se usan nervios de hormigón in situ que se hormigonarán junto con las vigas de canto.

Esta solución presenta la ventaja de poder colgar elementos de los nervios sin que ello afecte a sus armaduras, como podría pasar con las piezas prefabricadas y pretensadas de entrevigado.

#### Cimentación de zapatas corridas

Debido al alcance académico de este trabajo, no disponemos de información geotécnica, por lo que estableceremos unas características hipotéticas para el terreno sobre el que se sitúa el educatorium. Siguiendo un estudio geotécnico en la misma ciudad, supondremos que tenemos un estrato resistente no muy profundo y que el nivel freático está por debajo de la cota de cimentación.

Por otra parte, la condición de edificio semienterrado nos obliga a usar muros de sótano para la contención del terreno; por ello usaremos zapatas corridas dispuestas en forma rectangular, dando base a los volúmenes del edificio a la vez que son solución de arriostramiento ante el sismo.





## 01.2 ESTRUCTURA TIPO II | FORJADOS SUSPENDIDOS

### Forjado de losa maciza colgado

De contorno regular y con luces en ambas direcciones de 4 a 7,5 metros. Estos forjados, situados en los volúmenes principales, son jerárquicamente inferiores y quedan colgados de la estructura principal de hormigón, de las vigas mixtas.

Se trata de un forjado bidireccional de geometría sencilla y con luces reducidas, cuya elección pretende reducir el canto al mínimo y evitar las dimensiones de la estructura principal. Además, al reducir las luces podemos no sólo favorecer esta reducción del canto sino también repartir las cargas puntuales que crean en las vigas.

En el cálculo consideraremos el punzonamiento; éste es producido por los esfuerzos tangenciales que origina una carga puntual en una superficie reducida y puede producir la rotura de la losa en forma troncocónica. Para evitar este fenómeno, se dispondrán crucetas en las intersecciones de los soportes metálicos con los forjados.

### Soportes de acero tubulares a tracción

Mientras la estructura principal es de hormigón, el resto de elementos estructurales horizontales se soportan mediante elementos verticales metálicos, con el propósito de reducir al mínimo la presencia de la estructura en el espacio.

Usamos soportes de acero de sección hueca circular que, en el caso de los forjados intermedios suspendidos, trabajan a tracción. Estos forjados quedan colgados de la estructura portante principal de hormigón, de manera que los soportes trabajan como cables a tracción.

De esta manera desaparece el fenómeno del pandeo y se libera la planta baja de soportes, reduciendo a la mínima expresión la estructura, que se materializa como esbeltos perfiles.

## 01.3 ESTRUCTURA TIPO III | FORJADO CENTRAL

### Forjado de losa maciza apoyado

De contorno complejo y con luces en ambas direcciones de 3 a 10,5 metros. Este forjado responde a la idea de un plano horizontal que une los volúmenes del proyecto, el cual es atravesado por dos grandes patios que iluminan el espacio inferior.

En este caso se opta por el sistema de losa maciza porque es el sistema que mejor se adapta a un contorno complejo y que además, para luces menores a 10 m, permite resolver el plano horizontal con cantos reducidos. También facilita la continuidad de la estructura vista, usada como contraste con los bloques revestidos.

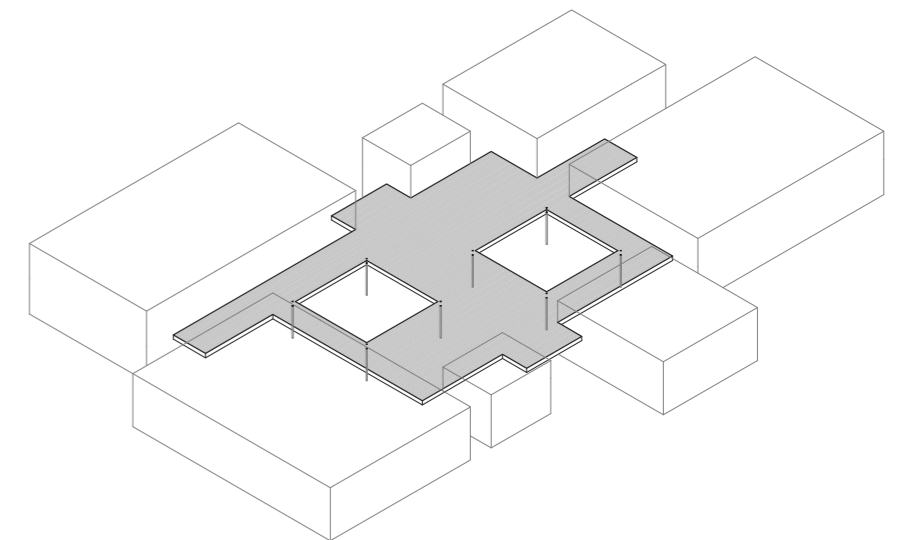
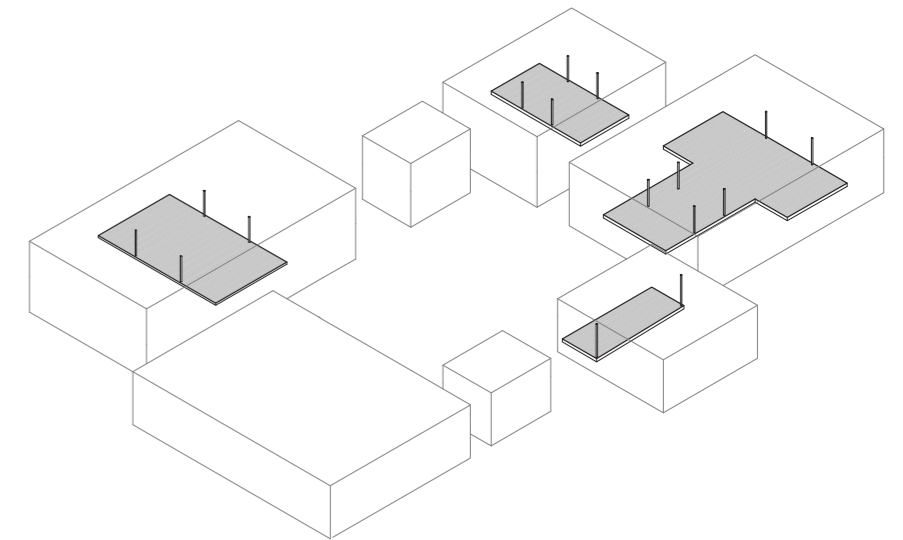
En el cálculo consideramos el punzonamiento también; para evitarlo, se dispondrán crucetas en las intersecciones de los soportes metálicos con los forjados.

### Soportes de acero tubulares a flexocompresión

Mientras la estructura principal es de hormigón, el resto de elementos estructurales horizontales se soportan mediante elementos verticales metálicos, con el propósito de reducir al mínimo la presencia de la estructura en el espacio.

Usamos soportes de acero de sección hueca circular que, en el caso de la losa central, trabajan a flexocompresión. Estos soportes actúan de manera tradicional, transmitiendo las cargas que reciben de la losa maciza a la cimentación.

Aunque trabajan a flexocompresión, estos perfiles siguen teniendo una presencia y una sección menor que si fueran soportes de hormigón y, además, facilitan una lectura de la estructura independiente a la de los volúmenes máxicos.



## 01.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

### Hormigón

El hormigón se usará en muros portantes, en forjados y en cimentación. El tipo de hormigón viene definido según la Instrucción de hormigón estructural EHE-08.

#### a Clase general de exposición

Viene dada por el tipo de ambiente, que en este caso es normal con humedad alta, ya que parte de los elementos de hormigón están enterrados; la exposición será IIa.

#### b Consistencia

Dado que los elementos a hormigonar tienen una geometría sencilla, hay facilidad para la puesta en obra y para el proceso de compactación; el tipo de consistencia será Blanda.

#### c Resistencia característica

Según los requisitos de durabilidad para cada clase de exposición (IIa en este caso) usaremos un HA-30, con una resistencia característica mínima  $f_{ck} = 30$  MPa.

#### d Tamaño máximo de árido

Ya que no disponemos de toda la información para comprobar todos los límites que nos impone la EHE-08, nos basaremos en la restricción para las losas. Así, considerando el espesor mínimo de la capa de compresión 5 cm y que el tamaño de árido máximo debe ser menor que 0'4 veces este espesor, tomaremos como valor orientativo  $D = 20$  mm.

#### e Tipo de cemento

Basándonos en la Instrucción para recepción de cementos RC-16 (Real Decreto 256/2016 de 10 de junio) y considerando un ambiente normal, el cemento que se usa es CEM II / A. Según esta instrucción, en la tabla AVIII.2.4, al tratarse de una clase de exposición II, se recomienda cualquier CEM II, dando preferencia al CEM II / A. También, este cemento es muy adecuado para cimentaciones de HA (según tabla AVIII.2.2.1.) y para estructuras de HA (según tabla AVIII.2.1).

### Acero

El acero se usa a flexocompresión en los soportes de la zona central y a tracción en los soportes de los forjados intermedios. También se usa en las vigas mixtas, como perfil, y en el armado del hormigón. Los tipos de acero vienen dados de acuerdo a lo establecido en la Instrucción de acero estructural EAE y la EHE-08, respectivamente.

#### a Acero de los soportes y de las vigas mixtas

Nos referenciamos a la Instrucción de Acero Estructural EAE. Emplearemos perfiles tubulares de sección circular y perfiles alveolares (BOYD), respectivamente. Según el DB SE-A, la designación del acero de estos perfiles es S275 JR y sus características son:

tensión de límite elástico	$f_y = 275$ N/mm <sup>2</sup>
módulo de Elasticidad	$E = 210.000$ N/mm <sup>2</sup>
módulo de Rigidez	$G = 81.000$ N/mm <sup>2</sup>
coeficiente de Poisson	$\nu = 0,3$

#### b Acero del armado

Nos referenciamos a la EHE-08. Emplearemos barras de acero corrugado, que requerirán un límite elástico bastante superior debido a la ductilidad que deben aportar a la sección resistente de la que forman parte. Según el EHE-08, la designación del acero de estas barras es B-500 SD, soldable y de especial ductilidad:

tensión de límite elástico	$f_{yk} = 500$ N/mm <sup>2</sup> .
----------------------------	------------------------------------



## 02 ESTIMACIÓN DE CARGAS

### 02.1 ACCIONES PERMANENTES

#### Peso propio

Es el peso de elementos estructurales, cerramientos y elementos separadores, tabiquería, carpinterías, revestimientos (pavimentos, enlucidos, falsos techos...), rellenos (tierras) y equipamiento fijo.

Usaremos datos del anejo C de esta norma para materiales, productos y elementos constructivos típicos, y datos sobre forjados facilitados por el profesor David Gallardo.

01	Vigas mixtas	5,6 KN/ml	peso propio medio (h 75cm) por m lineal $25 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} = 5,6 \text{ KN/m}$
02	F. nervios in situ	3'5 KN/m2 3,0 KN/m2 1340 m2	peso propio (h = 0,35 m) peso propio (h = 0,25 m) metros cuadrados de cubierta
03	Cub. gravas	2,5 KN/m2	peso propio
04	F. Losa maciza	8 KN/m2 734 m2	peso propio (h = 0,35 m) metros cuadrados de cubierta
05	F. Losa maciza	5 KN/m2 424 m2	peso propio (h = 0,20 m) metros cuadrados de forjado
06	Pavimentos	1 KN/m2 0,5 KN/m2	peso propio exteriores peso propio interiores
07	Tabiquería	0,5 KN/m2	peso propio simplificado (tab.+carp.)

### 02.2 ACCIONES VARIABLES

#### Sobrecarga de uso

Es el peso que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Suelen simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente según el uso fundamental de cada zona. Se adoptan los valores de la tabla 3.1.:

G1	Cubiertas accesibles únicamente para conservación Cubiertas con inclinación inferior a 20° S.U. cubiertas G1 = 1 KN/m2
C3	Zonas de acceso al público Zonas sin obstáculos S.U. plaza C3 = 3 KN/m2
C1	Zonas de acceso al público Zonas con mesas y sillas S.U. biblioteca y aulas C1 = 3 KN/m2
C4	Zonas de acceso al público Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas S.U. sala expresión corporal C4 = 5 KN/m2

#### Acciones térmicas

Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. Su magnitud depende de las condiciones climáticas del lugar, orientación y exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y acabados o revestimientos, del régimen de calefacción y ventilación interior, y del aislamiento térmico.

Las variaciones de la temperatura en el edificio conducen a deformaciones de todos los elementos constructivos, en particular, los estructurales, que, en los casos en los que estén impedidas, producen tensiones en los elementos afectados.

Una solución es disponer de juntas de dilatación en elementos estructurales cada 40 metros. En este proyecto tal magnitud no se alcanza, siendo de 27,3 metros el paramento más largo, por lo que no será necesario introducir tales precauciones.

#### Viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y la permeabilidad de su superficie, así como de la intensidad y el racheo del viento.

La acción del viento, perpendicular a la superficie expuesta, se expresa como:

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

q <sub>b</sub>	acción dinámica del viento	q <sub>b</sub> = 0,5 KN/m2
c <sub>e</sub>	coeficiente de exposición	c <sub>e</sub> = 1,4 grado de aspereza del entorno IV, zona urbana altura media 6 m
c <sub>p</sub>	coeficiente eólico o de presión	c <sub>p</sub> = 0 cubierta plana acción del viento de succión opera del lado de la seguridad

Con las características del Educatorium y su entorno queda que la sobrecarga de viento total es  $q_e = 0,5 \cdot 1,4 \cdot 0 = 0$ , es decir, es despreciable.

#### Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

En cubiertas planas de edificios de pisos situados en localidades de altitud inferior a 1.000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m2.

Por otra parte, el DB-SE-AE toma:

$$q_n = u \cdot s_k, \quad \text{siendo } u = 1 \text{ y } s_k = 0,5 \text{ para altitud } 690 \text{ m}$$

$$q_n = 0,5 \text{ KN/m}^2 \quad \text{tomaremos este valor}$$

### 02.3 ACCIONES ACCIDENTALES

#### Sismo

El encuentro entre los diferentes volúmenes que componen el edificio y el plano horizontal que los une, se construirá con el hormigón en contacto directo para que la estructura vibre a la misma frecuencia en caso de sismo.

Las acciones sísmicas están reguladas en la NSCE, Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.



Granada se encuentra en una zona con una aceleración sísmica especialmente elevada,  $a_c/g = 0,23$ , por lo que tendremos en cuenta la acción del sismo en el cálculo. Para ello, usaremos el método simplificado de cálculo, apartado 3.7 de la NSCE-02:

01 Modos de vibración.  
El esquema de estructura más similar a nuestro caso es "Edificio con pórticos de hormigón armado con la colaboración de pantallas rigidizadoras", para el cual el período fundamental  $T_f$  en segundos es  $T_f = 0,07 \cdot n \cdot \sqrt{H} / (H+B)$

Para el volumen con más esbeltez (el más desfavorable)  
 $T_f = 0,07 \cdot 1 \cdot \sqrt{8/14} = 0,053$  segundos  
 $T_f < 0,75$  por lo que sólo consideramos el primer modo de vibración

02  $P_k$  = peso correspondiente a la masa  $m_k$  de la planta  
(cargas permanentes + sobrecargas x 0,6)  
 $P_k$  planta cubiertas volúmenes = 6452 KN  
 $(5,6 \text{ KN/ml} \cdot 171 \text{ ml}) + (3 \cdot 5 \text{ KN/m}^2 \cdot 1340 \text{ m}^2) + 0,6 (1 \text{ KN/m}^2 \cdot 1340 \text{ m}^2)$   
 $P_k$  planta espacio central = 12016 KN  
 $(8 \cdot 75 \text{ KN/m} \cdot 734 \text{ m}^2) + (5 \text{ KN/m}^2 \cdot 424 \text{ m}^2) + 0,6 (5 \text{ KN/m}^2 \cdot (734 + 424) \text{ m}^2)$

03  $s_{ik}$  = coeficiente sísmico adimensional de la planta  $k$  en el modo  $i$   
 $s_{ik} = [a_c / g] \cdot \alpha_i \cdot B \cdot n_{ik} = 0,2 \text{ g/g} \cdot 2,5 \cdot 0,55 \cdot 1 = 0,275$

$a_c$  = aceleración sísmica de cálculo  
 $a_c = S \cdot p \cdot a_b = 0,887 \cdot 1 \cdot 0,23g = 0,2g$   
 $p = 1$  para construcciones de importancia normal  
 $a_b = 0,23 \text{ g}$  en Granada  
 $S = C/1,25 + 3,33 (p \cdot a_b/g - 0,1) (1-C/1,25)$   
 $S = 1/1,25 + 3,33 (1 \cdot 0,23g/g - 0,1) (1-1/1,25) = 0,887$   
 $p = 1$  para construcciones de importancia normal  
 $a_b = 0,23 \text{ g}$  en Granada  
 $C = 1$  al ser terreno tipo 1

$\alpha_i$  = valor del espectro normalizado de respuesta elástica = 2,5  
 $T_b = 1/2,5 = 0,4$ ;  $T_f = 0,11$   
 $T_f < T_b$  por lo que  $\alpha_i = 2,5$ , según la norma  
 $B =$  coeficiente de respuesta = 0,55, según la tabla 3.1 de esta norma estructura de HA de compartimentación diáfana  
 $\mu = 2$ , ductilidad baja, la estructura está compuesta de muros  
 $n_{ik}$  = factor de distribución (edificio semienterrado, simplificación)  
 $n_{ik} = 1$

04 Valor de fuerza sísmica estática equivalente  
 $F_{ik} = s_{ik} \cdot P_k$   
 $F_{ik}$  planta cubiertas volúmenes =  $0,275 \cdot 6452 \text{ KN} = 1774,3 \text{ KN}$   
 $F_{ik}$  planta espacio central =  $0,275 \cdot 12016 \text{ KN} = 3304,4 \text{ KN}$

Esto es una aproximación a la fuerza sísmica a la que se verá sometido el edificio.

### 02.4 RESUMEN DE LAS CARGAS

Las cargas desarrolladas en este apartado se aplicarán a los elementos de la estructura, ponderados (mayorados) según la naturaleza de la carga y con una combinación de acciones para una situación persistente o transitoria.

#### Cargas en la estructura tipo I | cubiertas de los volúmenes, no transitables

Cargas permanentes $y_p = 1,35$	Vigas mixtas	5,6 KN/ml
	Nervios in situ	3,5 KN/m <sup>2</sup> (h = 35 cm)
Cargas variables $y_p = 1,50$	Nervios in situ	3 KN/m <sup>2</sup> (h = 25 cm)
	Cubierta gravas	2,5 KN/m <sup>2</sup>
	Cargas forjados colgados	
Cargas variables $y_p = 1,50$	Sb uso G1	1 KN/m <sup>2</sup>
	Nieve	0,5 KN/m <sup>2</sup>

#### Cargas en la estructura tipo II | forjados intermedios colgados

Cargas permanentes $y_p = 1,35$	losa 20 cm	5 KN/m <sup>2</sup>
	pavim. + tab.	1 KN/m <sup>2</sup>
Cargas variables $y_p = 1,50$	Sb uso C4	5 KN/m <sup>2</sup> (expr. corporal)
	Sb uso C1	3 KN/m <sup>2</sup> (aulas + biblio.)

#### Cargas en la estructura tipo III | cubierta central, transitable

Cargas permanentes $y_p = 1,35$	losa 35 cm	8,75 KN/m <sup>2</sup>
	pavimentos	0,75 KN/m <sup>2</sup>
Cargas variables $y_p = 1,50$	Sb uso C3	3 KN/m <sup>2</sup>
	Nieve	0,5 KN/m <sup>2</sup>



## 03 APLICACIÓN Y COMBINACIÓN DE CARGAS

### 03.1 CARGAS APLICADAS A LA ESTRUCTURA TIPO I

#### Vigas mixtas | ELS

<b>V 01</b>	<b>74,11 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h35 + gravas	6 KN/m <sup>2</sup> · 4,5 m	(1,35)
(G) S 01 + S 02 no mayoradas	[2 · 352 KN /15 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 4,5 m	(1,50)

<b>V 02</b>	<b>107,86 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h35 + gravas	6 KN/m <sup>2</sup> · 9 m	(1,35)
(G) S 03 + S 04 no mayoradas	[2 · 352 KN /15 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 9 m	(1,50)

<b>V 03</b>	<b>67,35 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,35)
(G) S 05 + S 06 no mayoradas	[2 · 160 KN /12 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,50)

<b>V 04</b>	<b>46,35 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 3 m	(1,35)
(G) S 07 + S 08 no mayoradas	[2 · 160 KN /12 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 3 m	(1,50)

<b>V 05</b>	<b>75,25 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,35)
(G) S 09 + S 10 no mayoradas	[2 · 224 KN /12 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,50)

<b>V 06</b>	<b>46,35 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 3 m	(1,35)
(G) S 11 + S 12 no mayoradas	[2 · 160 KN /12 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 3 m	(1,50)

<b>V 07</b>	<b>31,85 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 3,75 m	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 3,75 m	(1,50)

<b>V 08</b>	<b>70,37 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 3,75 m	(1,35)
(G) S 13 + S 14 no mayoradas	[2 · 312 KN /16,5 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 3,75 m	(1,50)

<b>V 09</b>	<b>51,67 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 4,5 m	(1,35)
(G) S 15 + S 16 no mayoradas	[2 · 118 KN /12 m]/1,35	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 4,5 m	(1,50)

<b>V 10</b>	<b>37,1 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h25 + gravas	5,5 KN/m <sup>2</sup> · 4,5 m	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 4,5 m	(1,50)

<b>V 11</b>	<b>56,23 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h35 + gravas	6 KN/m <sup>2</sup> · 6,75 m	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 6,75 m	(1,50)

<b>V 12</b>	<b>50,6 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h35 + gravas	6 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,50)

<b>V 13</b>	<b>50,6 KN/m</b>	
(G) viga mixta	5,6 KN/m	(1,35)
(G) forjado nervios h35 + gravas	6 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,35)
(Q) SU cub. no transitable + nieve	1,5 KN/m <sup>2</sup> · 6 m	(1,50)

**03.2 CARGAS APLICADAS A LA ESTRUCTURA TIPO II****Losas macizas suspendidas | ELU**

Para definir la losa usamos las tablas proporcionadas por el profesor David Gallardo:

$$L \text{ máxima} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Canto (h)} = L / (24-30) = 6 / 30 = 0,2 \text{ m}$$

<u>Biblioteca y aulas</u>	<u>13,35 KN/m<sup>2</sup></u>		
(G) peso propio losa	5 KN/m <sup>2</sup>	(1,35)	6,75 KN/m <sup>2</sup>
(G) pavimentos interiores	0,5 KN/m <sup>2</sup>	(1,35)	0,675 KN/m <sup>2</sup>
(G) tabiquería	0,5 KN/m <sup>2</sup>	(1,35)	0,675 KN/m <sup>2</sup>
(Q) SU-C1 + nieve	3,5 KN/m <sup>2</sup>	(1,5)	5,25 KN/m <sup>2</sup>

<u>Sala de expresión corporal</u>	<u>15,7 KN/m<sup>2</sup></u>		
(G) peso propio losa	5 KN/m <sup>2</sup>	(1,35)	6,75 KN/m <sup>2</sup>
(G) pavimentos interiores	0,5 KN/m <sup>2</sup>	(1,35)	0,675 KN/m <sup>2</sup>
(Q) SU-C4 + nieve	5,5 KN/m <sup>2</sup>	(1,5)	8,25 KN/m <sup>2</sup>

**Soportes a tracción | ELU**

Mayoraremos la carga según si el pilar es de borde (1,25) o de esquina (1,5).

<u>S01 - S04</u>	<u>439,6 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	15,7KN/m <sup>2</sup> · 23,6m <sup>2</sup> (1,25)	351,64 KN (1,25)

<u>S05 - S08 / S11 - S12</u>	<u>200,25 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	13,35KN/m <sup>2</sup> · 12 m <sup>2</sup> (1,25)	160,2 KN (1,25)

<u>S09 - S10</u>	<u>224,3 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	13,35KN/m <sup>2</sup> · 16,8m <sup>2</sup> (1,00)	224,28 KN (1,00)

<u>S13 - S14</u>	<u>390,5 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	13,35KN/m <sup>2</sup> · 23,4m <sup>2</sup> (1,25)	312,39 KN (1,25)

<u>S15 - S16</u>	<u>176,2 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	13,35KN/m <sup>2</sup> · 8,8 m <sup>2</sup> (1,5)	117,48 KN (1,5)

**03.3 CARGAS APLICADAS A LA ESTRUCTURA TIPO III****Losa maciza central | ELU**

Para definir la losa usamos las tablas proporcionadas por el profesor David Gallardo:

$$L \text{ máxima} = 10,5 \text{ m}$$

$$\text{Canto (h)} = L / (24-30) = 10,5 / 30 = 0,35 \text{ m}$$

<u>Espacio central</u>	<u>17,4 KN/m<sup>2</sup></u>		
(G) peso propio losa	8 KN/m <sup>2</sup>	(1,35)	10,8 KN/m <sup>2</sup>
(G) pavimentos exteriores	1 KN/m <sup>2</sup>	(1,35)	1,35 KN/m <sup>2</sup>
(Q) SU-C3 + nieve	3,5 KN/m <sup>2</sup>	(1,5)	5,25 KN/m <sup>2</sup>

**Soportes a flexocompresión | ELU**

No mayoramos el pilar, ya que no es de borde (1,25) ni de esquina (1,5).

<u>S 17 / S 24</u>	<u>352,35 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	17,4KN/m <sup>2</sup> · 20,25m <sup>2</sup> (1,00)	352,35 KN (1,00)

<u>S 18 / S 23</u>	<u>704,7 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	17,4KN/m <sup>2</sup> · 40,5m <sup>2</sup> (1,00)	704,7 KN (1,00)

<u>S 19 / S 22</u>	<u>665,55 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	17,4KN/m <sup>2</sup> · 38,25m <sup>2</sup> (1,00)	665,55 KN (1,00)

<u>S 20 / S 21</u>	<u>1174,5 KN</u>	
(G+Q) cargas mayoradas	17,4KN/m <sup>2</sup> · 67,5m <sup>2</sup> (1,00)	1174,5 KN (1,00)



## 04 PREDIMENSIONADO

### 04.1 PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA TIPO I

#### Desarrollo del método de predimensionado ELS de las vigas mixtas

Debido a las grandes luces que cubren estas vigas y al hecho de que hay forjados colgados de éstas, recurrimos a una sección singular compuesta por un perfil de acero embebido en una sección rectangular de hormigón.

Además, el predimensionado se realizará considerando el Estado Límite de Servicio, ya que el mayor problema en este caso surge con las deformaciones, con la flecha. A continuación se explica, paso por paso, el procedimiento del cálculo:

01 La flecha máxima permitida. Según la norma, debe ser:  
 $f_{\max} < L/400$

02 La flecha de las vigas.  
 Usaremos una ecuación algo singular, ya que el sistema constructivo tiene características de:

- a Viga biapoyada, por su gran canto con relación al espesor del muro en el que apoya.  
 flecha biapoyada =  $(5/384) \cdot qL^4 / EI$
- b Viga biempotrada, por la rigidez que le transmite dicho muro debido a su propia rigidez en el sentido transversal.  
 flecha biempotrada =  $(1/384) \cdot qL^4 / EI$

Así pues, proponemos una solución intermedia entre ambas soluciones constructivas:

$$\text{flecha viga mixta} = (3/384) \cdot qL^4 / EI$$

03 La inercia necesaria.  
 A partir de la condición que la flecha debe ser menor a la flecha máxima:  
 $(3/384) \cdot qL^4 / EI < L/400$   
 Despejamos la incógnita, la inercia, que nos definirá las dimensiones necesarias del elemento:  
 $I \geq (3 \cdot 400/384) \cdot qL^3 / E$

La inercia del elemento, en este caso, viene dada por la suma de la inercia del perfil de acero y la inercia de la sección rectangular de hormigón, que trabajan de manera colaborativa.  $I_{\text{mixta}} = I_s + I_c$

04 Consideración de las distintas rigideces de los materiales de la sección.  
 La inercia total de la viga mixta queda como:

$$I_{\text{mixta}} = I_s + I_c = I_s + (b \cdot h^3) / 12$$

Por otra parte, debido a la diferencia de rigideces entre ambos materiales, para simplificar el cálculo asimilamos la sección de hormigón a su sección equivalente de acero.

$$E_s \cdot I_s = E_c \cdot I_c \quad 210.000 \text{ N/mm}^2 \cdot I_s = 30.000 \text{ N/mm}^2 \cdot I_c$$

$$I_c = 7 \cdot I_s \quad \text{siendo } I_s \text{ la inercia del acero e } I_c \text{ la inercia del hormigón}$$

Según esta aproximación, la sección de hormigón posee 7 veces menos rigidez que la del acero. Por ello, al considerar la diferencia de rigideces la inercia queda como:

$$I_{\text{mixta}} = I_s + I_c = I_s + (b \cdot h^3) / 12 = I_s + (b \cdot h^3) / (7 \cdot 12)$$

05 Consideración de la pérdida de rigidez del hormigón.  
 Finalmente, ya que estamos considerando las diferencias entre los dos materiales que colaboran, hemos de tener en cuenta la pérdida de rigidez del hormigón, causada por su fisuración, que crea una flecha diferida.

Aplicaremos un coeficiente  $\alpha = 1/2$  a la inercia del hormigón, un valor resultado de considerar:

- $\alpha = 1/3$  (valor típico para calcular pérdida de rigidez del hormigón)
- la colaboración del acero en la reducción de este efecto

$$I_{\text{mixta}} = I_s + I_c = I_s + 1/2 (b \cdot h^3) / (7 \cdot 12) = I_s + (b \cdot h^3) / (2 \cdot 7 \cdot 12)$$

A pesar de ser una simplificación, con este procedimiento se pretende incluir las características y el comportamiento de la sección heterogénea. Resumiendo todo el apartado, quedan estas fórmulas principales:

$$I_{\text{mixta}} \geq (3 \cdot 400/384) \cdot qL^3 / E \quad \text{inercia necesaria para cierta carga}$$

$$I_{\text{V01}} = I_s + I_c = I_{\text{boyd}} + (b \cdot h^3) / 168 \quad \text{inercia de la sección mixta}$$

#### Variables del predimensionado ELS de las vigas mixtas

A partir de las fórmulas obtenidas concluimos que cada sección quedará definida por tres variables no dependientes entre ellas:

**$I_{\text{boyd}}$**  La inercia del perfil

Algunas vigas requieren mucha inercia y, con ello, un canto considerable. Por esta razón usaremos vigas alveolares (BOYD); en concreto las de la marca Arcelor, ya que mediante el programa Tricalc (Demo) creado por Arktek podemos obtener las propiedades de estas secciones, las cuales aún no están normalizadas en prontuarios.

**b** La anchura de la sección de hormigón

La sección de hormigón debe embeber el perfil en su interior. Todas las secciones de acero de la serie HEB de la marca Arcelor tienen una anchura constante de 300 mm. Constructivamente, establecemos una condición de diseño: hay un recubrimiento de 75 mm en las cuatro caras de la viga.

**h** El canto de la sección de hormigón

La sección de hormigón debe embeber el perfil en su interior. La anchura se mantiene constante, pero el canto variará según lo haga el perfil de acero en su interior. Constructivamente, establecemos una condición de diseño: hay un recubrimiento de 75 mm en las cuatro caras de la viga.

**Predimensionado de las vigas mixtas**

V01  $L = 15 \text{ m} ; q = 74,11 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [74,11 \text{ N/mm} \cdot 15.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 3722 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 2524,45 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 500 - h 746  
 $I_c = 1952,68 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450 x 900 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V01} = 4477 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 3722 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección C**

V02  $L = 15 \text{ m} ; q = 107,86 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [107,86 \text{ N/mm} \cdot 15.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 5417 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 3224,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 550 - h 821  
 $I_c = 2444,66 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450 x 970 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V02} = 5669 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 5417 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección D**

V03  $L = 12 \text{ m} ; q = 67,35 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [67,35 \text{ N/mm} \cdot 12.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 1732 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 1243,87 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 400 - h 573  
 $I_c = 999,77 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450x720 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V03} = 2243 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 1732 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección B**

V04 / V06  $L = 12 \text{ m} ; q = 46,35 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [46,35 \text{ N/mm} \cdot 12.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 1192 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 785,81 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 340 - h 485  
 $I_c = 669,78 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450x630 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V04} = 1455 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 1192 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección A**

V05  $L = 12 \text{ m} ; q = 75,25 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [75,25 \text{ N/mm} \cdot 12.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 1935 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 1243,87 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 400 - h 573  
 $I_c = 999,77 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450x720 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V05} = 2243 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 1935 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección B**

V07  $L = 16,5 \text{ m} ; q = 31,85 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [31,85 \text{ N/mm} \cdot 16.500^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 2129 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 1243,87 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 400 - h 573  
 $I_c = 999,77 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450x720 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V07} = 2243 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 2129 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección B**

V08  $L = 16,5 \text{ m} ; q = 70,37 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [70,37 \text{ N/mm} \cdot 16.500^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 4704 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 3224,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 550 - h 821  
 $I_c = 2444,66 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450 x 970 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V08} = 5669 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 4704 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección D**

V09  $L = 12 \text{ m} ; q = 51,67 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [51,67 \text{ N/mm} \cdot 12.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 1328 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 785,81 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 340 - h 485  
 $I_c = 669,78 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450x630 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V09} = 1455 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 1328 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección A**

V10  $L = 12 \text{ m} ; q = 37,1 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [37,1 \text{ N/mm} \cdot 12.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 954 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 785,81 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 340 - h 485  
 $I_c = 669,78 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450x630 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V10} = 1455 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 954 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección A**

V11  $L = 18 \text{ m} ; q = 56,23 \text{ KN/m}$

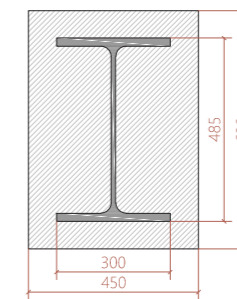
$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [56,23 \text{ N/mm} \cdot 18.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 4879 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$I_{boyd} = 3224,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 550 - h 821  
 $I_c = 2444,66 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450 x 970 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V11} = 5669 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 4879 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección D**

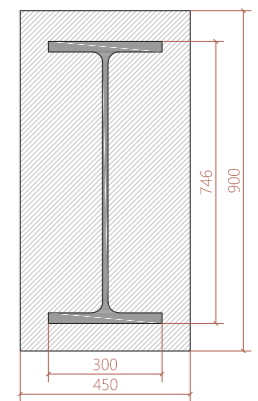
V12 / V13  $L = 18 \text{ m} ; q = 50,6 \text{ KN/m}$

$$I_{mixta} \geq [3 \cdot 400 / 384] [50,6 \text{ N/mm} \cdot 18.000^3 \text{ mm}^3] / 210.000 \text{ N/mm}^2 = 4391 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

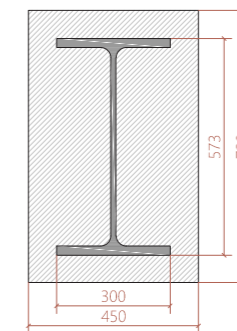
$I_{boyd} = 2524,45 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  HEB 500 - h 746  
 $I_c = 1952,68 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  450 x 900 mm<sup>2</sup>  
 $I_{V12} = 4477 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > 4391 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  cumple ELS **sección C**



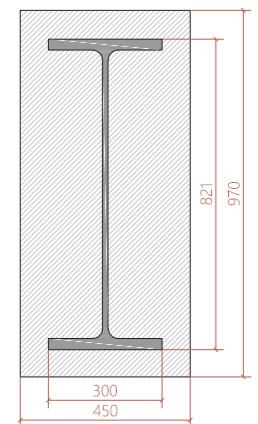
**sección A**  
450 x 630 mm<sup>2</sup>  
V04, V06, V09, V10



**sección C**  
450 x 900 mm<sup>2</sup>  
V01, V12, V13



**sección B**  
450 x 720 mm<sup>2</sup>  
V03, V05, V07



**sección D**  
450 x 970 mm<sup>2</sup>  
V02, V08, V11

sección D  
450 x 970 mm<sup>2</sup>



### Predimensionado de los muros

Consideramos en este predimensionado que los muros de hormigón armado pueden aguantar las cargas que las vigas mixtas y el empuje del terreno les transmiten. Por ello, el predimensionado será en base a las cuantías mínimas exigibles.

Para calcular el armado base, usaremos las limitaciones mínimas establecidas por la EHE-08 en la tabla 42.3.5 "Cuantías geométricas mínimas".

"Para muros de hormigón armado con acero  $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$  establece que la cuantía mínima de armadura horizontal debe ser del 3,2 ‰ de la sección total del hormigón, estando las armaduras repartidas en las dos caras. La armadura vertical debe ser del 0,9 ‰ de la sección total del hormigón y se dispondrá en la cara traccionada. En la cara opuesta se dispondrá al menos de un 30% de ésta, aunque por simplificar usaremos la misma."

De esta manera, para una banda de 1 m de muro de carga:

Ac = sección hormigón =  $1000 \cdot 300 = 300.000 \text{ mm}^2$   
 Ash = sección armado horizontal =  $3,2 \text{ ‰} \cdot \text{Ac} = 960 \text{ mm}^2$   
 As/ cara horizontal =  $480 \text{ mm}^2$   
 Ush = Ash ·  $f_{yd} = 480 \text{ mm}^2 \cdot 500/1,15 \text{ N/mm}^2 = 208,7 \text{ KN}$     **Ø12 / 20 cm**

Asv = sección armado vertical =  $0,9 \text{ ‰} \cdot \text{Ac} = 270 \text{ mm}^2$   
 As/ cara vertical traccionada =  $270 \text{ mm}^2$   
 Ush = Asv ·  $f_{yd} = 270 \text{ mm}^2 \cdot 500/1,15 \text{ N/mm}^2 = 117,4 \text{ KN}$     **Ø12 / 25 cm**  
 Ush/ cara vertical opuesta =  $35,2 \text{ KN}$

A partir de estas especificaciones de mínimos nos queda un armado base con las siguientes características:

Arm. cara traccionada	Ø12 / 20 x 25 cm
Arm. cara opuesta	Ø12 / 20 x 25 cm
Espesor muro	300 mm
Recubrimiento	35 mm
Hormigón	HA-25 (Coef. minoración hormigón = 1,5)
Acero	B-500 (Coef. minoración acero = 1,15)

### Predimensionado de la cimentación de los muros | zapatas corridas

Consideraremos una tensión admisible del terreno desfavorable  $\sigma_{adm} = 150 \text{ KN/m}^2$ , ya que desconocemos la real. Se calculará la zapata más desfavorable de cada volumen y se extrapolará al resto de zapatas que lo soportan.

Para que las zapatas cumplan a resistencia, la carga superficial que transmiten al terreno debe ser menor a la tensión admisible de éste:

$$q_{ed} \leq \sigma_{adm}$$

$$q_{ed} = (n_{ed} + PP_{cim}) / a_{cim}$$

$\sigma_{adm}$  = tensión admisible del terreno =  $150 \text{ KN/m}^2$   
 $q_{ed}$  = carga superficial cimentación ( $\text{KN/m}^2$ )  
 $n_{ed}$  = carga repartida vigas ELU ( $\text{KN/m}$ )  
 $PP_{cim} = 90 \text{ KN/m}$ ; muros y cimentación (simplificado)  
 $(25 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,3\text{m} \cdot 9\text{m}) + (25 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,6\text{m} \cdot 1,5\text{m})$   
 $a_{cim}$  = ancho cimentación corrida (m)

Así pues, la anchura de las zapatas corridas se calculará a partir de esta fórmula:

$$a_{cim} = (n_{ed} + PP_{cim}) / \sigma_{adm}$$

volumen 01     $((V01+V02)/2) / 18\text{m} + PP_{cim} = (103,62 + 90) \text{ KN/m} = 193,62 \text{ KN/m}$   
 $a_{cim} = 1,3 \text{ m}$      $a_{cim} = 193,62 / 150 = 1,29 \text{ m}$

volumen 02     $PP_{cim} = 90 \text{ KN/m}$   
 $a_{cim} = 0,6 \text{ m}$      $a_{cim} = 90 / 150 = 0,6 \text{ m}$

volumen 03     $((V03+V04)/2) / 12\text{m} + PP_{cim} = (77,75 + 90) \text{ KN/m} = 167,75 \text{ KN/m}$   
 $a_{cim} = 1,2 \text{ m}$      $a_{cim} = 167,75 / 150 = 1,12 \text{ m}$

volumen 04     $((V05+V06)/2) / 12\text{m} + PP_{cim} = (83,1 + 90) \text{ KN/m} = 173,1 \text{ KN/m}$   
 $a_{cim} = 1,2 \text{ m}$      $a_{cim} = 173,1 / 150 = 1,15 \text{ m}$

volumen 05     $((V09+V10)/2) / 13,5\text{m} + PP_{cim} = (54,16 + 90) \text{ KN/m} = 144,16 \text{ KN/m}$   
 $a_{cim} = 1,0 \text{ m}$      $a_{cim} = 144,16 / 150 = 0,96 \text{ m}$

volumen 06     $((V11+V12+V13)/2) / 25,5\text{m} + PP_{cim} = (68,33 + 90) \text{ KN/m} = 158,33 \text{ KN/m}$   
 $a_{cim} = 1,1 \text{ m}$      $a_{cim} = 158,33 / 150 = 1,06 \text{ m}$

Simplificamos para que todas las zapatas tengan el mismo ancho y transmitan las cargas como una zapata flexible. La anchura de esta cimentación será  $a_{cim} = 1,5 \text{ m}$

## 04.2 PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA TIPO II

### Predimensionado de la losa maciza de los forjados suspendidos

Los forjados intermedios son de losa maciza. Para predimensionar su canto usamos las tablas de estructura proporcionadas por el profesor David Gallardo:

$$L \text{ máxima} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Canto (h)} = L / (24-30) = 6 / 30 = 0,2 \text{ m}$$

Para calcular el armado base, usaremos las limitaciones mínimas establecidas por la EHE-08 en la tabla 42.3.5 "Cuantías geométricas mínimas".

"Para forjados de losa maciza y un acero con  $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$  establece que la cuantía mínima debe ser del 1,8 ‰ de la sección total del hormigón, estando las armaduras repartidas en las dos caras."

De esta manera, para una banda de 1 m de losa:

$$A_c = \text{sección hormigón} = 1000 \cdot 200 = 200.000 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \text{sección armado} = 1,8 \text{ ‰} A_c = 360 \text{ mm}^2$$

$$A_s / \text{cara} = 180 \text{ mm}^2$$

$$U_s = A_s \cdot f_{yd} = 180 \text{ mm}^2 \cdot 500 / 1,15 \text{ N/mm}^2 = 78,3 \text{ KN} \quad \mathbf{\emptyset 12 / 25 \text{ cm}}$$

A partir de estas especificaciones de mínimos nos queda un armado base con las siguientes características:

Arm. superior / inferior	$\emptyset 12 / 25 \times 25 \text{ cm}$
Espesor losa	200 mm
Recubrimiento	35 mm
Hormigón	HA-25 (Coef. minoración hormigón = 1,5)
Acero	B-500 (Coef. minoración acero = 1,15)

### Predimensionado de los soportes a tracción

La expresión que usamos para predimensionar soportes metálicos sometidos a una fuerza axil es la siguiente:

$$N_{ed} \leq N_{pl,Rd}$$

$$A \geq N_{ed} / f_{yd} = N_{ed} / 0,262 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$N_{ed}$  = carga axil real en KN  
 $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2 = 0,275 \text{ KN/mm}^2$   
 $f_{yd} = f_y / 1,05 = 0,262 \text{ KN/mm}^2$

Ya que los soportes están únicamente solicitados a tracción, desaparece el factor de pandeo en el cálculo. Así pues, asignamos a cada soporte un perfil de área A mínimo, supuesta suficiente para que en el posterior modelizado el soporte cumpla.

S 01 - S 04	$N_{ed} = 439,6 \text{ KN}$ $A \geq 439,6 / 0,262 = 1678 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular <b><math>\emptyset 100 \times 6</math></b>
S 05 - S 08	$N_{ed} = 200,25 \text{ KN}$ $A \geq 200,25 / 0,262 = 764 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular <b><math>\emptyset 75 \times 4</math></b>
S 09 - S 10	$N_{ed} = 224,3 \text{ KN}$ $A \geq 224,3 / 0,262 = 856 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular <b><math>\emptyset 75 \times 4</math></b>
S 11 - S 12	$N_{ed} = 200,25 \text{ KN}$ $A \geq 200,25 / 0,262 = 764 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular <b><math>\emptyset 75 \times 4</math></b>
S 13 - S 14	$N_{ed} = 390,5 \text{ KN}$ $A \geq 390,5 / 0,262 = 1490 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular <b><math>\emptyset 100 \times 6</math></b>
S 15 - S 16	$N_{ed} = 176,2 \text{ KN}$ $A \geq 176,2 / 0,262 = 673 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular <b><math>\emptyset 75 \times 4</math></b>

### Predimensionado de las crucetas de forjados intermedios

Analizaremos los pilares más representativos, sometidos al axil más desfavorable. El axil que le llega a este soporte es absorbido por los 2-3 perfiles que forman la cruceta, los cuales quedan embebidos en el interior de la losa.

El esfuerzo axil que recibe la cruceta, se transforma en un esfuerzo cortante en ella que debe soportar la sección del perfil. Las expresiones para este cálculo son:

$$V_{ed} \leq V_{pl,Rd}$$

$$V_{ed} = N_{ed} \text{ (axil del soporte)}$$

$$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y / \sqrt{3}) / 1,05$$

$$A_v = [A - 2 b t_f + (t_w + 2r) t_f]$$

Axil soportes S01-S04	$N = 439,6 \text{ KN}$
Axil cruceta (x3)	$N/3 = 439,6 \text{ KN} / 3 = 146,5 \text{ KN}$
IPE 160	$V_{pl,Rd} = [(2010 - 2 \cdot 82 \cdot 7,4 + (5 + 2 \cdot 9) 7,4) \cdot 0,262] / \sqrt{3}$ $V_{pl,Rd} = 146,7 \text{ KN}$
crucetas <b>IPE 160</b>	soportes S01 - S04, S13 - S14
Axil soportes S09-S10	$N = 224,3 \text{ KN}$
Axil cruceta (x3)	$N/3 = 224,3 \text{ KN} / 3 = 74,8 \text{ KN}$
IPE 120	$V_{pl,Rd} = [(1320 - 2 \cdot 64 \cdot 6,3 + (4,4 + 2 \cdot 7) 6,3) \cdot 0,262] / \sqrt{3}$ $V_{pl,Rd} = 95,2 \text{ KN}$
crucetas <b>IPE 120</b>	soportes S05-S08, S09-S10, S11-S12, S15-S16



### 04.3 PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA TIPO III

#### Predimensionado de la losa maciza central

El forjado central es una losa maciza de hormigón visto. Para predimensionar su canto usamos las tablas de estructura proporcionadas por el profesor David Gallardo:

$$L \text{ máxima} = 10,5 \text{ m}$$

$$\text{Canto (h)} = L / (24-30) = 10,5 / 30 = 0,35 \text{ m}$$

Para calcular el armado base, usaremos las limitaciones mínimas establecidas por la EHE-08 en la tabla 42.3.5 "Cuantías geométricas mínimas".

"Para forjados de losa maciza y un acero con  $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$  establece que la cuantía mínima debe ser del 1,8 ‰ de la sección total del hormigón, estando las armaduras repartidas en las dos caras."

Siguiendo esto, para una banda de 1 m de losa:

$$A_c = \text{sección hormigón} = 1000 \cdot 350 = 350.000 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \text{sección armado} = 1,8 \text{ ‰} A_c = 630 \text{ mm}^2$$

$$A_s / \text{cara} = 315 \text{ mm}^2$$

$$U_s = A_s \cdot f_{yd} = 315 \text{ mm}^2 \cdot 500 / 1,15 \text{ N/mm}^2 = 137 \text{ KN} \quad \mathbf{\varnothing 12 / 20 \text{ cm}}$$

A partir de estas especificaciones de mínimos nos queda un armado base con las siguientes características:

Arm. superior / inferior	$\varnothing 12 / 20 \times 20 \text{ cm}$
Espesor losa	300 mm
Recubrimiento	35 mm
Hormigón	HA-25 [Coef. minoración hormigón = 1,5]
Acero	B-500 [Coef. minoración acero = 1,15]

#### Predimensionado de los soportes a flexocompresión

##### a Comprobación a resistencia

Estos pilares solicitados a flexocompresión deberán cumplir a condiciones de resistencia y a condiciones de estabilidad (pandeo). A resistencia, deben cumplir:

$$N_{ed} \leq N_{p,Rd}$$

$$A \geq N_{ed} / f_{yd} = N_{ed} / 0,262 \text{ (mm}^2\text{)} \quad N_{ed} = \text{carga axil real en KN}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / 1,05 = 0,262 \text{ KN/mm}^2$$

En un primer predimensionado, asignaremos a cada soporte un perfil de área A mínimo según la condición a resistencia, para después calcularlo a pandeo.

S 17 / S 24	$N_{ed} = 352,35 \text{ KN}$ $A \geq 352,35 / 0,262 = 1345 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular $\mathbf{\varnothing 100 \times 6}$ $A = 1771,86 \text{ mm}^2 / i = 33,3 \text{ mm}$
S 18 / S 23	$N_{ed} = 704,7 \text{ KN}$ $A \geq 704,7 / 0,262 = 2690 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular $\mathbf{\varnothing 150 \times 6}$ $A = 2714,34 \text{ mm}^2 / i = 51 \text{ mm}$
S 19 / S 22	$N_{ed} = 665,55 \text{ KN}$ $A \geq 665,55 / 0,262 = 2540 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular $\mathbf{\varnothing 150 \times 6}$ $A = 2714,34 \text{ mm}^2 / i = 51 \text{ mm}$
S 20 / S 21	$N_{ed} = 1174,5 \text{ KN}$ $A \geq 1174,5 / 0,262 = 4483 \text{ mm}^2$ perfil hueco circular $\mathbf{\varnothing 175 \times 6}$ $A = 4693,54 \text{ mm}^2 / i = 58,8 \text{ mm}$

Hay 8 soportes distribuidos en el espacio central, por lo que optaremos por dotarlos del mismo diámetro. Para ello, las secciones menos desfavorables adoptarán distintas secciones a las óptimas:  $\mathbf{\varnothing 175 \times 6}$  (3185,57 mm<sup>2</sup>)

##### b Comprobación a estabilidad

Estos pilares solicitados a compresión deberán cumplir a condiciones de resistencia y a condiciones de estabilidad (pandeo). A estabilidad, deben cumplir:

$$N_{ed} \leq N_{p,Rd}$$

$$N_{p,Rd} = X_{min} \cdot A \cdot f_{yd} \quad f_{yd} = f_{yk} / 1,05 = 0,262 \text{ KN/mm}^2$$

$$X_{min} \text{ (tablas 4.6 y 4.7 CTE)}$$

A efectos de pandeo, consideramos que los soportes están biempotrados, ya que la losa está arriostrada en ambas direcciones por los volúmenes de hormigón. A continuación calcularemos el valor  $N_{p,Rd}$  para el soporte más desfavorable, para así comprobar su cumplimiento a estabilidad.

01	Esbeltez $\lambda$ y esbeltez reducida $\lambda R$ $\lambda = L_k / i = 29,76 \quad L_k = L \cdot \beta = 3500 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ (pieza biempotrada)} = 1750 \text{ mm}$ $i = 58,8 \text{ mm}$ $\lambda R = \sqrt{n^2 E / f_y} = \sqrt{n^2 210.000 / 275} = 86,8$ $\underline{\lambda} = \lambda / \lambda R = 29,76 / 86,8 = 0,34$
02	Coeficiente de reducción por pandeo X curv de pandeo a y $\underline{\lambda} = 0,34$ coef. X = 0,97
03	Resistencia real de la pieza a pandeo $N_{p,Rd} = X_{min} \cdot A \cdot f_{yd} = 0,97 \cdot 4693,54 \cdot 275 / 1,05 = 1192 \text{ KN}$
04	Comprobación a resistencia y pandeo $N_{ed} \leq N_{p,Rd}$ $1174,5 \text{ KN} < 1192 \text{ KN} \quad \text{cumple}$

### Predimensionado de las crucetas del forjado central

Analizaremos los pilares más representativos, sometidos al axil más desfavorable. El axil que le llega a cada soporte es absorbido por los 4 perfiles que forman la cruceta y que quedan embebidos en el interior de la losa.

El esfuerzo axil que recibe la cruceta, se transforma en un esfuerzo cortante en ella que debe soportar la sección del perfil. Las expresiones para este cálculo son:

$$V_{ed} \leq V_{pl,Rd}$$

$$V_{ed} = N_{ed} \text{ (axil del soporte)}$$

$$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y / \sqrt{3}) / 1,05$$

$$A_v = [A - 2 b t_f + (t_w + 2r) t_f]$$

Axil soportes S17,S24	N = 352,35 KN
Axil cruceta (x4)	N/3 = 352,35 KN / 4 = 88,1 KN
IPE 120	$V_{pl,Rd} = [(1320 - 2 \cdot 64 \cdot 6,3 + (4,4 + 2 \cdot 7) 6,3) \cdot 0,262 / \sqrt{3}]$ $V_{pl,Rd} = 95,2 \text{ KN}$
crucetas <b>IPE 120</b>	soportes S17, S24
Axil soportes S18,S23	N = 704,7 KN
Axil cruceta (x4)	N/3 = 704,7 KN / 4 = 176,2 KN
IPE 180	$V_{pl,Rd} = [(2390 - 2 \cdot 91 \cdot 8 + (5,3 + 2 \cdot 9) 8) \cdot 0,262 / \sqrt{3}]$ $V_{pl,Rd} = 169,42 \text{ KN}$
crucetas <b>IPE 180</b>	soportes S18, S19, S22, S23
Axil soportes S20,S21	N = 1174,5 KN
Axil cruceta (x4)	N/3 = 1174,5 KN / 4 = 293,6 KN
IPE 240	$V_{pl,Rd} = [(3910 - 2 \cdot 120 \cdot 9,8 + (6,2 + 2 \cdot 15) 9,8) \cdot 0,262 / \sqrt{3}]$ $V_{pl,Rd} = 293,35 \text{ KN}$
crucetas <b>IPE 240</b>	soportes S20, S21

### Predimensionado de la cimentación de los soportes | zapatas aisladas

Consideraremos una tensión admisible del terreno desfavorable  $\sigma_{adm} = 150 \text{ KN/m}^2$ , ya que desconocemos la real. Por otra parte, se aumentará la superficie en favor de considerar el peso propio de la propia cimentación aislada.

Para que las zapatas cumplan a resistencia, la carga superficial que transmiten al terreno debe ser menor a la tensión admisible de éste:

$$q_{ed} \leq \sigma_{adm}$$

$$q_{ed} = (N_{ed} + PP_{cim}) / A_{cim}$$

$$\sigma_{adm} = \text{tensión admisible del terreno} = 150 \text{ KN/m}^2$$

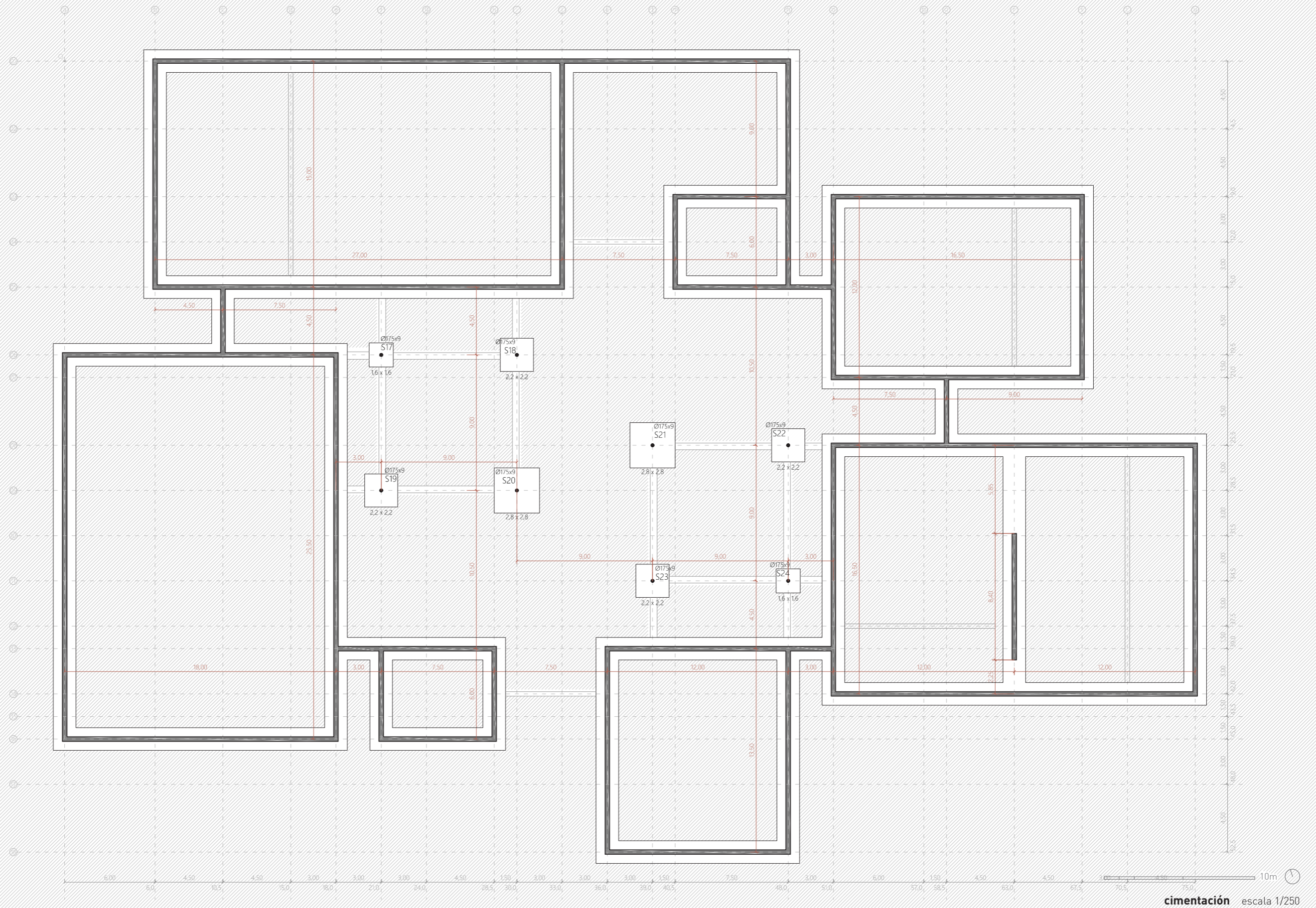
$$q_{ed} = \text{carga superficial cimentación (KN/m}^2\text{)}$$

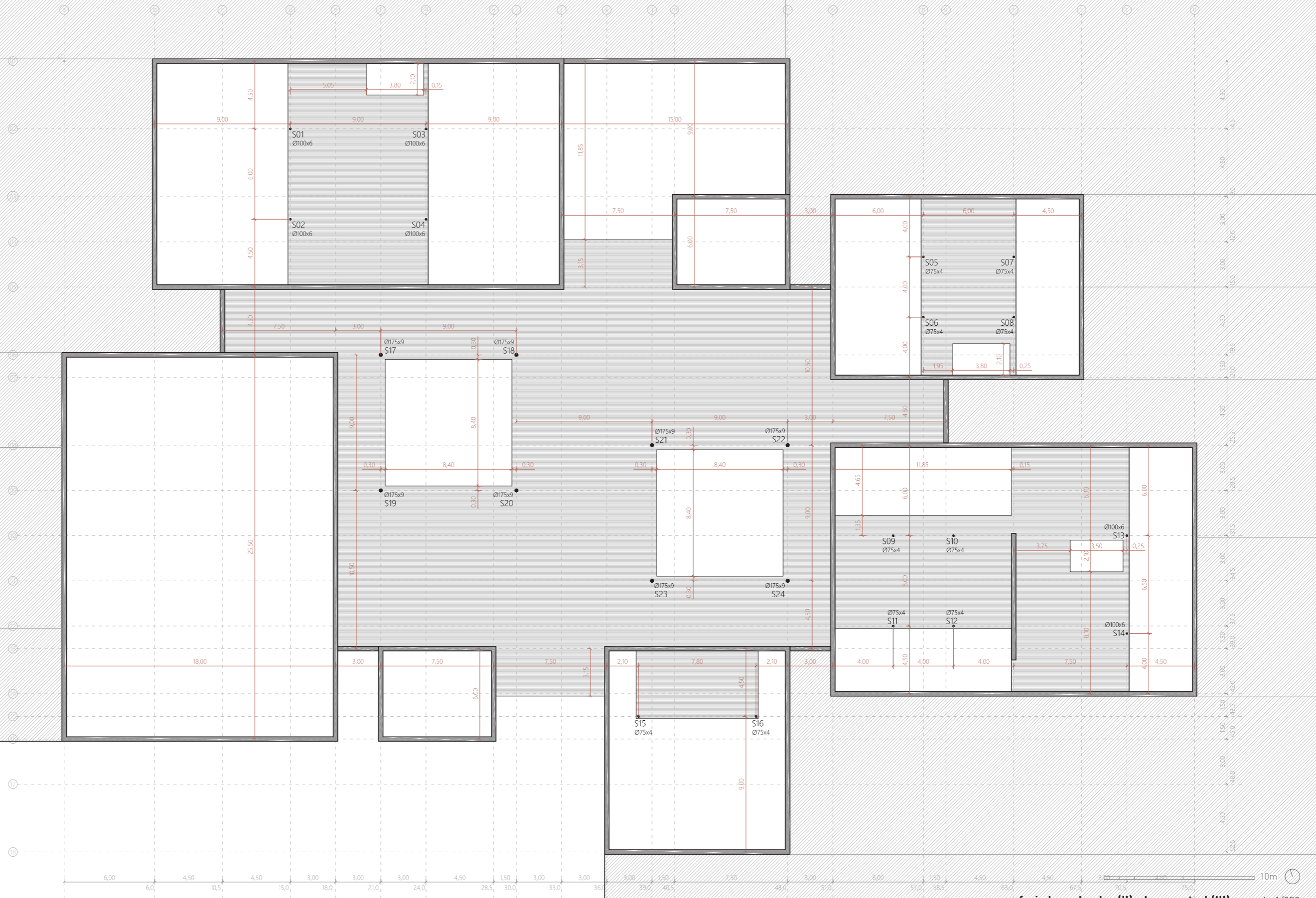
$$N_{ed} = \text{axil mayorado del soporte (KN)}$$

$$A_{cim} = \text{área cimentación aislada cuadrada (m}^2\text{)}$$

Axil soportes S17,S24	$N_{ed} = 352,35 \text{ KN}$
Área cimentación	$A_{cim} = 352,35 / 150 = 2,35 \text{ m}^2$
Z17, Z24	<b>1,6 x 1,6 m<sup>2</sup></b> $\sqrt{2,35 \text{ m}^2} = 1,53 \text{ m}$
Axil soportes S18,S23	$N_{ed} = 704,7 \text{ KN}$
Área cimentación	$A_{cim} = 704,7 / 150 = 4,7 \text{ m}^2$
Z17, Z24	<b>2,2 x 2,2 m<sup>2</sup></b> $\sqrt{4,7 \text{ m}^2} = 2,16 \text{ m}$
Axil soportes S19,S22	$N_{ed} = 665,55 \text{ KN}$
Área cimentación	$A_{cim} = 665,55 / 150 = 4,44 \text{ m}^2$
Z17, Z24	<b>2,2 x 2,2 m<sup>2</sup></b> $\sqrt{4,44 \text{ m}^2} = 2,11 \text{ m}$
Axil soportes S20,S21	$N_{ed} = 1174,5 \text{ KN}$
Área cimentación	$A_{cim} = 1174,5 / 150 = 7,83 \text{ m}^2$
Z17, Z24	<b>3,0 x 3,0 m<sup>2</sup></b> $\sqrt{7,83 \text{ m}^2} = 2,8 \text{ m}$

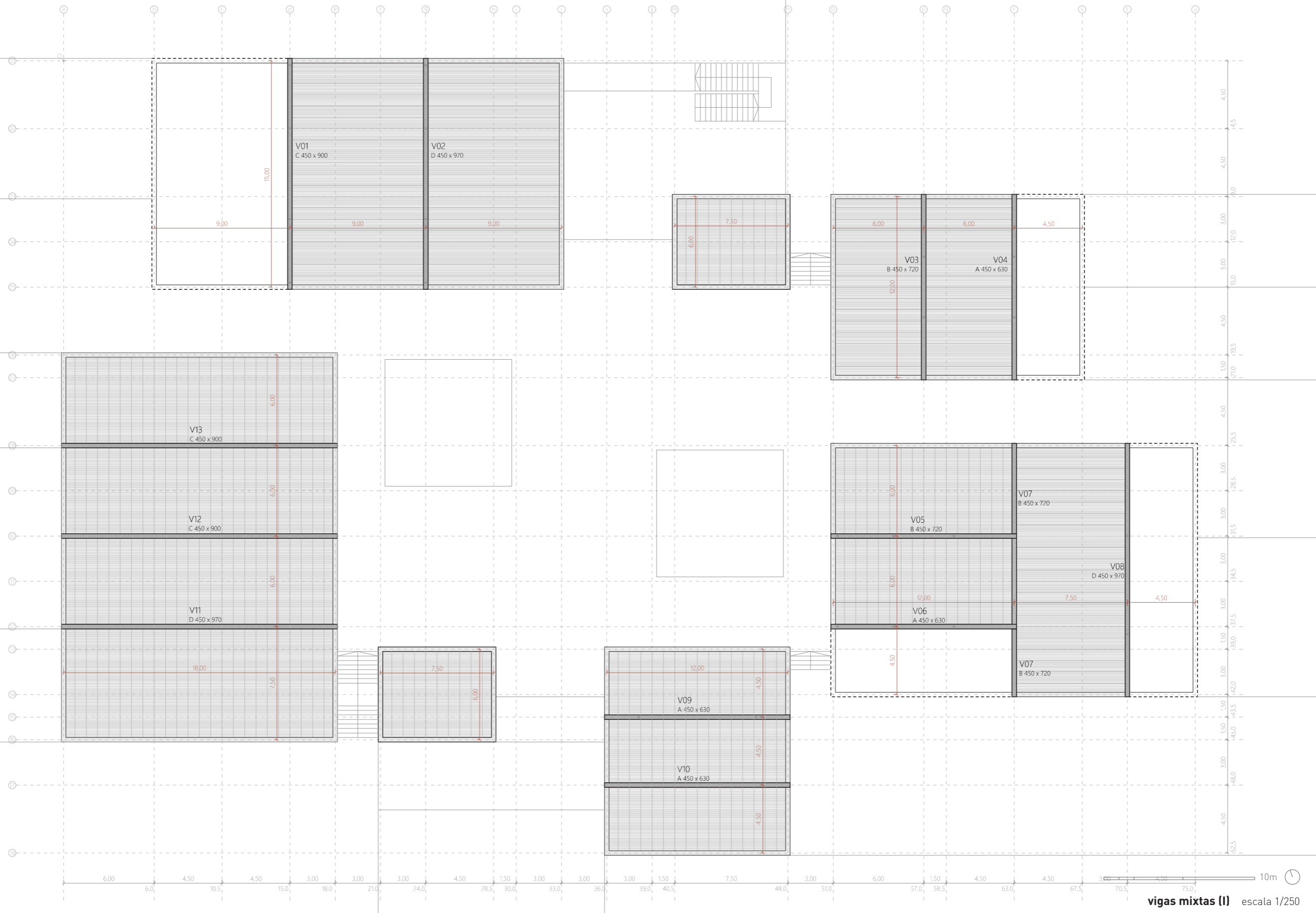






forjados colgados (II) y losa central (III) escala 1/250





# MEMORIA INSTALACIONES

**Proyecto Final de Grado** Centro de innovación docente

<b>01</b>	Fontanería	20
<b>02</b>	Saneamiento	23
<b>03</b>	Electricidad y luminotecnia	29
<b>04</b>	Climatización	31
<b>05</b>	Renovación de aire	34



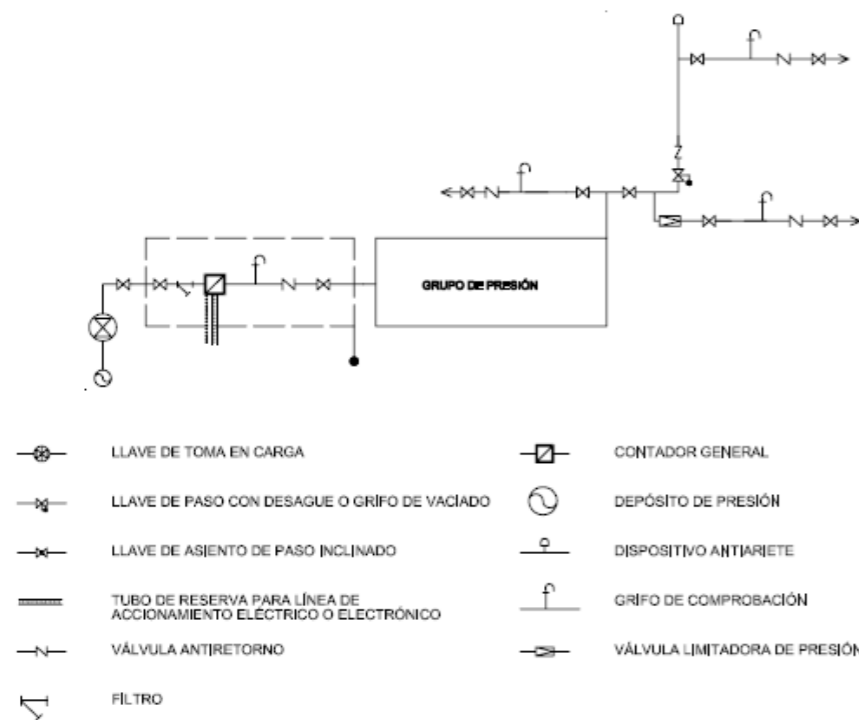
# 01 FONTANERÍA

## 01.1 DESCRIPCIÓN

En la memoria de Cumplimiento de Código Técnico se desarrolla el DB-SH 4, norma que rige el suministro de agua. En esta memoria nos ocuparemos de temas de cálculo diseño de esta instalación siguiendo dicha norma.

En el centro de innovación docente, usaremos un esquema general de la instalación con una red con contador general único; este tipo de instalación está compuesta por la acometida, la instalación general que contiene un armario o arqueta del contador general, un tubo de alimentación y un distribuidor principal.

En el plano de fontanería aparece el esquema de la instalación aplicado al edificio.



La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico unas condiciones mínimas de suministro; para ello usamos los caudales mínimos de la tabla 2.1 de la norma. En el siguiente apartado aparecen dichos caudales necesarios.

## 01.2 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA

El dimensionado de la red se hará a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se partirá del circuito considerado como más desfavorable que será aquel que cuente con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica. En esta memoria estableceremos los valores mínimos de la instalación definidos por el CTE-HS4.

### a Dimensionado de las derivaciones a los aparatos

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se dimensionarán conforme a lo que se establece en las tabla 4.2. En el resto, se tomarán en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato y se dimensionará en consecuencia.

aparato	caudal	diámetro
lavabo	0,1 L/s	12 mm
ducha	0,2 L/s	12 mm
inodoro	0,1 L/s	12 mm
fregadero no doméstico	0,3 L/s	20 mm
lavavajillas industrial	0,25 L/s	20 mm

**Tabla 4.2 Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos**

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	½	12
Lavabo, bidé	½	12
Ducha	½	12
Bañera <1,40 m	¾	20
Bañera >1,40 m	¾	20
Inodoro con cisterna	½	12
Inodoro con fluxor	1- 1 ½	25-40
Urinario con grifo temporizado	½	12
Urinario con cisterna	½	12
Fregadero doméstico	½	12
Fregadero industrial	¾	20
Lavavajillas doméstico	½ (rosca a ¾)	12
Lavavajillas industrial	¾	20

### b Dimensionado de la red de suministro

Los diámetros de los diferentes tramos de la red de suministro se dimensionarán conforme al procedimiento establecido en el apartado 4.2, adoptándose como mínimo los valores de la tabla 4.3.

tramo aseos (x2)	caudal	diámetro
6 lavabos	0,6 L/s	20 mm
6 inodoros	0,6 L/s	
total aseos	1,2 L/s	
tramo vestuarios	caudal	diámetro
1 lavabo	0,1 L/s	20 mm
3 inodoros	0,3 L/s	
6 duchas	1,2 L/s	
total vestuarios	1,6 L/s	
tramo cocina	caudal	diámetro
1 fregadero no doméstico	0,3 L/s	20 mm
1 lavavajillas industrial	0,25 L/s	
total cocina	0,55 L/s	
distribuidor principal	caudal	diámetro
aseo (x1) + vestuarios + cocina	3,35 L/s	25 mm

**Tabla 4.3 Diámetros mínimos de alimentación**

Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	¾	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	¾	20
Columna (montante o descendente)	¾	20
Distribuidor principal	1	25
< 50 kW	½	12

### 01.3 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE

Para las redes de impulsión o ida de ACS se seguirá el mismo método de cálculo que para redes de agua fría. En esta memoria estableceremos los valores mínimos de la instalación definidos por el CTE-HS4.

#### a Dimensionado de las derivaciones a los aparatos

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se dimensionarán conforme a lo que se establece en las tabla 4.2. En el resto, se tomarán en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato.

aparato	caudal	diámetro
lavabo	0,065 L/s	12 mm
ducha	0,1 L/s	12 mm
fregadero no doméstico	0,2 L/s	20 mm
lavavajillas industrial	0,2 L/s	20 mm

#### b Dimensionado de la red de suministro

Los diámetros de los diferentes tramos de la red de suministro se dimensionarán conforme al procedimiento establecido en el apartado 4.2, adoptándose como mínimo los valores de la tabla 4.3.

tramo aseos (x2)	caudal	diámetro
6 lavabos	0,39 L/s	20 mm
tramo vestuarios	caudal	diámetro
1 lavabo	0,065 L/s	
6 duchas	0,6 L/s	
total vestuarios	0,665 L/s	20 mm
tramo cocina	caudal	diámetro
1 fregadero no doméstico	0,2 L/s	
1 lavavajillas industrial	0,2 L/s	
total cocina	0,4 L/s	20 mm

### 01.4 CONTRIBUCIÓN SOLAR A LA INSTALACIÓN DE ACS

#### a Contribución mínima anual

En la tabla 2.1 del DB-HE se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS. Para nuestra zona climática y una demanda de 50 a 5000 L al día, la contribución solar debería ser del 40 %.

#### b Cálculo de la demanda

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la tabla 4.1. (Demanda de referencia a 60 °C) de este DB. Para nuestros criterios:

- Escuela con ducha 21L /día · persona 40 personas
  - Cafetería 1L /día · persona 80 personas
- En el Educatorium se demandan un total de 920 L al día.

#### c Predimensionado de los paneles

Los paneles se sitúan en la cubierta del volumen de acceso norte y reúnen estas características óptimas que facilitan el cálculo (no hay correcciones en los valores):

- Situados en cubierta.
- Orientados a sur.
- Inclinación óptima = latitud + 10° = 37° + 10° = 47°

Para la inclinación de los paneles se asume uso principalmente en invierno, por lo que consideramos +10° de inclinación.

A continuación calcularemos la energía necesaria con la siguiente fórmula:

$$E = d \cdot V \cdot Cp \cdot (T_{acs} - T_{red}), \text{ donde:}$$

- d = densidad del agua = 1000 Kg /m<sup>3</sup>
- V = volumen de agua necesario = 920 L = 0,92 m<sup>3</sup>
- Cp = poder calorífico agua = 1,16 · 10<sup>-3</sup> kW h/Kg K
- T<sub>acs</sub> = temperatura requerida = 60°C
- T<sub>red</sub> = temperatura de la red (obtenida desde tabla) = 10,3°C

De esta manera, obtenemos que la energía requerida es 19360 kW h al año:

$$E = 1000 \cdot 0,92 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} \cdot (60 - 10,3) = 53,04 \text{ kW h/día} = 19360 \text{ kW h/año}$$

Según el apartado 4.2 CTE HE 4, donde se da la Radiación Global Media diaria, Granada (zona climática VI) recibe una cantidad de irradiación solar de 4,8 kWh /día (considerando el término medio).

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

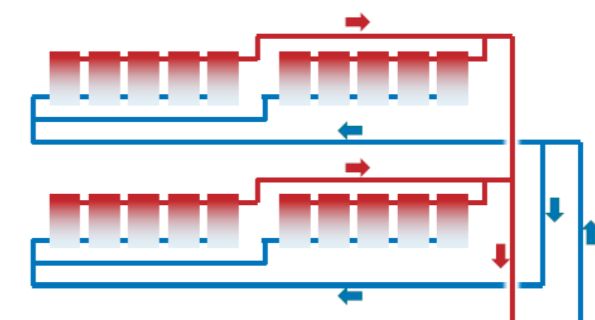
Para finalmente obtener la superficie de captación necesaria utilizaremos la siguiente fórmula:

$$S \cdot E_{\text{irradiación}} \cdot n = E_{\text{requerida}} \cdot A, \text{ donde:}$$

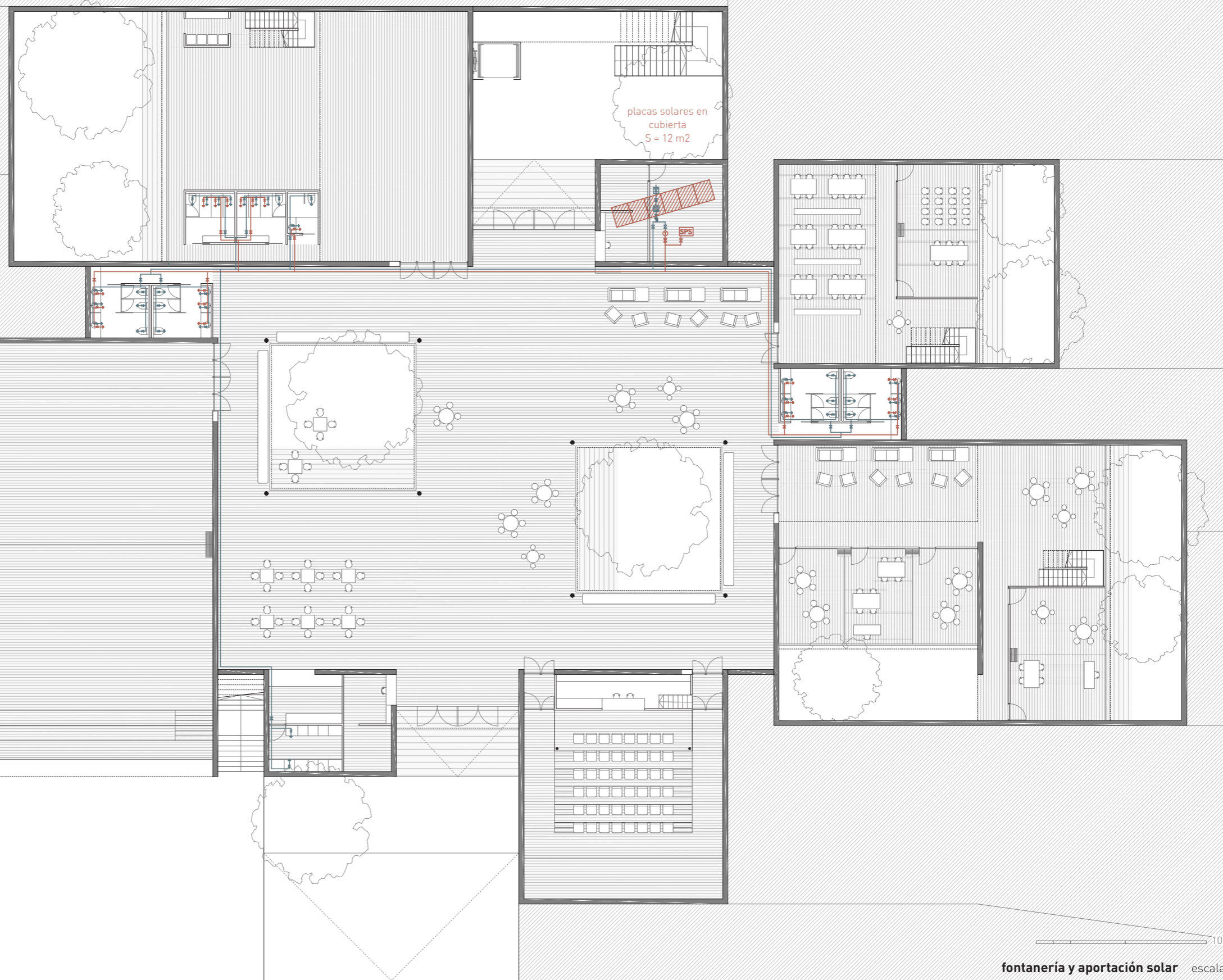
- S = superficie
- E<sub>irradiación</sub> = 4,8 kWh/día · 365 = 1752 kWh /año
- n = rendimiento de la instalación (supuesto) = 60%
- E<sub>requerida</sub> = 19360 kW h/año
- A = aportación requerida por normativa = 40%

$$\text{Superficie captación} = (19360 \cdot 0,4) / (1752 \cdot 0,6) = 7,4 \text{ m}^2$$

Usaremos placas de 2,23 m<sup>2</sup> de superficie (marca Junkers) y lo que conectaremos 6 placas en serie (60% aportación) que recibirán agua del mismo sistema de ACS.







## 02 SANEAMIENTO

### 02.1 DESCRIPCIÓN

En el Centro de Innovación Docente usaremos un sistema separativo para la evacuación de aguas; no sabemos para qué condiciones está preparada la red municipal, pero vamos a suponer que es separativa.

Así pues, la norma dispone que "Cuando existan dos redes de alcantarillado público, una de aguas pluviales y otra de aguas residuales debe disponerse un sistema separativo y cada red de canalizaciones debe conectarse de forma independiente con la exterior correspondiente."

Este tipo de red conlleva varias posibilidades positivas: mejor depurado posterior, dimensionamiento más preciso de la instalación, evitar sobrepresiones en los conductos de aguas residuales cuando llueve con una intensidad imprevista, reutilización de aguas no contaminadas...

#### Aguas pluviales

La estructura propia del centro conforma las cubiertas delimitadas y su agua se recoge mediante sumideros. Se considera que todo el perímetro de dicha cubierta está a la misma altura, cambiado de inclinación los paños, la cual oscila entre el 1,5 y el 5%, según la normativa.

A través del falso techo de los volúmenes que conforman el edificio pasan los colectores de pluviales suspendidos hasta que llegan a la bajante propia de cada volumen, las cuales pasan por unas aberturas creadas en el muro estructural. Se trata de colectores y bajantes de PVC no reforzados, a una pendiente del 1% en el caso de los primeros.

Ya enterrados, las bajantes ceden el agua a un sistema de colectores que discurren por patinillos de instalaciones integrados en el forjado de Cavities. Estos colectores son de PVC reforzado y tienen una pendiente del 1%.

#### Aguas residuales

Los colectores de aguas residuales se diseñan directamente enterrados, ya que los desagües y derivaciones de aparatos sanitarios están únicamente en planta baja. Se trata de tuberías de PVC reforzado que discurren por los patinillos habilitados en los forjados de Cavities.

A parte, se disponen arquetas registrables en la zona de aseos y vestuarios. Espacios discretos para poder acceder a los puntos más conflictivos con la instalación de aguas residuales.

Al ser una red separativa, las tuberías discurren en paralelo a las de pluviales. Finalmente, ya antes de entrar a la red de alcantarillado municipal, se dispone de una arqueta sifónica y registrable.

Es un edificio semienterrado y en su parte alta es posible que los usuarios del espacio público tengan acceso visual a las cubiertas. Debido a esta visibilidad se propone emplear un subsistema de ventilación con válvulas de aireación. Las bajantes se prolongan hasta la cubierta y se colocan válvulas de aireación para la ventilación primaria y secundaria, las cuales dejan pasar el aire por subpresión.

### 02.2 DIMENSIONADO DE RED EVACUACIÓN AGUAS RESIDUALES

#### a Derivaciones individuales

La adjudicación de UD a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales correspondientes se establecen en la tabla 4.1 en función del uso.

En el plano anexo de la instalación de residuales se indican los diámetros de los aparatos sanitarios y otras derivaciones.

**Tabla 4.1 UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios**

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100
	Con fluxómetro	8	10	100
Urinario	Pedestal	-	4	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50

#### b Colectores horizontales de aguas residuales

Los colectores horizontales se dimensionan para funcionar a media de sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme. El diámetro de los colectores horizontales se obtiene en la tabla 4.5 en función del máximo número de UD y de la pendiente.

En el plano anexo de la instalación de residuales se indican los diámetros de los colectores según el máximo número de UD que puede evacuar.

**Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada**

Máximo número de UD			Pendiente	Diámetro (mm)
1 %	2 %	4 %		
-	20	25	50	
-	24	29	63	
-	38	57	75	
96	130	160	90	
264	321	382	110	
390	480	580	125	
880	1.056	1.300	160	



## 02.2 DIMENSIONADO DE RED EVACUACIÓN AGUAS PLUVIALES

### a Sumideros

Se usan en las cubiertas de los volúmenes. El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado en la tabla 4.6, en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven. El número de puntos de recogida debe ser suficiente para que no haya desniveles mayores que 150 mm y pendientes máximas del 0,5 %, y para evitar una sobrecarga excesiva de la cubierta.

**Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta**

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

### b Canalones

Se usan en la cubierta transitable que es la losa central. El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla 4.7 en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

**Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0,5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Estas dimensiones se ven afectadas por dos cosas:

- Granada tiene una intensidad pluviométrica de 240 mm/h. Debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que:  $f = i / 100$ , siendo i la intensidad pluviométrica que se quiere considerar, por lo que aplicaremos un factor de corrección  $f = 2,4$ .
- Además, si la sección adoptada para el canalón no fuese semicircular, la sección cuadrangular equivalente debe ser un 10 % superior a la obtenida como sección semicircular.

Necesitaremos canalones de 280 cm<sup>2</sup>, por lo que usaremos piezas rectangulares de 28 x 10 cm<sup>2</sup>.

### c Bajantes pluviales

El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.8. Análogamente al caso de los canalones, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente, en nuestro caso:  $f = 2,4$ .

Colectores suspendidos (pendiente 1%).

#### Bajante B1 | sala de expresión corporal

colectores suspendidos	superficie	diámetro
S1 - A1	63,95 m <sup>2</sup>	110 mm
S2 - A1	63,95 m <sup>2</sup>	110 mm
S3 - A2	63,95 m <sup>2</sup>	110 mm
S4 - A3	63,95 m <sup>2</sup>	110 mm
A1 - A2	127,9 m <sup>2</sup>	125mm
A2 - A3	191,85 m <sup>2</sup>	160 mm
A3 - B1	255,80 m <sup>2</sup>	160 mm
Bajante B1	255,80 m <sup>2</sup>	125 mm

#### Bajante B2 | acceso norte

colectores suspendidos	superficie	diámetro
S5 - B2	40,25 m <sup>2</sup>	90 mm
SA1 - B2	40,25 m <sup>2</sup>	90 mm
Bajante B2	40,25 m <sup>2</sup>	90 mm

#### Bajante B3 | biblioteca

colectores suspendidos	superficie	diámetro
S6 - A6	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
S7 - A4	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
S8 - A4	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
S9 - A5	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
A4 - A5	65,50 m <sup>2</sup>	110 mm
A5 - A6	99,25 m <sup>2</sup>	125 mm
A6 - B3	131,00 m <sup>2</sup>	125 mm
S29 - B3	102,00 m <sup>2</sup>	125 mm
Bajante B3	131,00 m <sup>2</sup>	110 mm

#### Bajante B4 | aulas

colectores suspendidos	superficie	diámetro
S10 - A7	57,50 m <sup>2</sup>	110 mm
S11 - A7	57,50 m <sup>2</sup>	110 mm
S12 - A9	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
S13 - A8	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
S14 - A10	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
S15 - A11	32,75 m <sup>2</sup>	90 mm
A7 - A8	115,00 m <sup>2</sup>	125 mm
A8 - A9	147,75 m <sup>2</sup>	180 mm
A9 - A10	180,50 m <sup>2</sup>	180 mm
A10 - A11	213,25 m <sup>2</sup>	180 mm
A11 - B4	246,00 m <sup>2</sup>	180 mm
Bajante B4	246,00 m <sup>2</sup>	125 mm

#### Bajante B5 | sala audiovisuales

colectores suspendidos	superficie	diámetro
S16 - A12	24,00 m <sup>2</sup>	90 mm
S17 - A12	24,00 m <sup>2</sup>	90 mm
S18 - A13	24,00 m <sup>2</sup>	90 mm
S19 - A14	24,00 m <sup>2</sup>	90 mm
S20 - A15	24,00 m <sup>2</sup>	90 mm
S21 - A16	24,00 m <sup>2</sup>	90 mm
A12 - A13	48,00 m <sup>2</sup>	90 mm
A13 - A14	72,00 m <sup>2</sup>	110 mm
A14 - A15	96,00 m <sup>2</sup>	110 mm
A15 - A16	120,00 m <sup>2</sup>	125 mm
A16 - B5	144,00 m <sup>2</sup>	160 mm
Bajante B5	144,00 m <sup>2</sup>	110 mm

#### Bajante B6 | acceso sur

colectores suspendidos	superficie	diámetro
S22 - B6	40,25 m <sup>2</sup>	90 mm
SA2 - B6	40,25 m <sup>2</sup>	90 mm
Bajante B6	40,25 m <sup>2</sup>	90 mm

## Bajante B7 | sala polivalente

colectores suspendidos	superficie	diámetro
S23 - A17	62,65 m <sup>2</sup>	110 mm
S24 - A17	62,65 m <sup>2</sup>	110 mm
S25 - A18	77,00 m <sup>2</sup>	110 mm
S26 - A19	77,00 m <sup>2</sup>	110 mm
S27 - A20	77,00 m <sup>2</sup>	110 mm
S28 - A21	77,00 m <sup>2</sup>	110 mm
A17 - A18	125,70 m <sup>2</sup>	125 mm
A18 - A19	202,70 m <sup>2</sup>	160 mm
A19 - A20	279,70 m <sup>2</sup>	200 mm
A20 - A21	356,70 m <sup>2</sup>	200 mm
A21 - B7	433,70 m <sup>2</sup>	200 mm
Bajante B7	433,70 m <sup>2</sup>	160 mm

## Cuadro de bajantes pluviales

bajantes	superficie	diámetro
B1 expresión corporal	390,80 m <sup>2</sup>	160 mm
B2 acceso norte	175,25 m <sup>2</sup>	110 mm
B3 biblioteca	233,00 m <sup>2</sup>	110 mm
B4 aulas	246,00 m <sup>2</sup>	125 mm
B5 sala audiovisuales	304,00 m <sup>2</sup>	125 mm
B6 acceso sur	200,25 m <sup>2</sup>	110 mm
B7 sala polivalente	433,70 m <sup>2</sup>	160 mm
B8 canalón oeste	135,00 m <sup>2</sup>	110 mm

## d Colectores pluviales

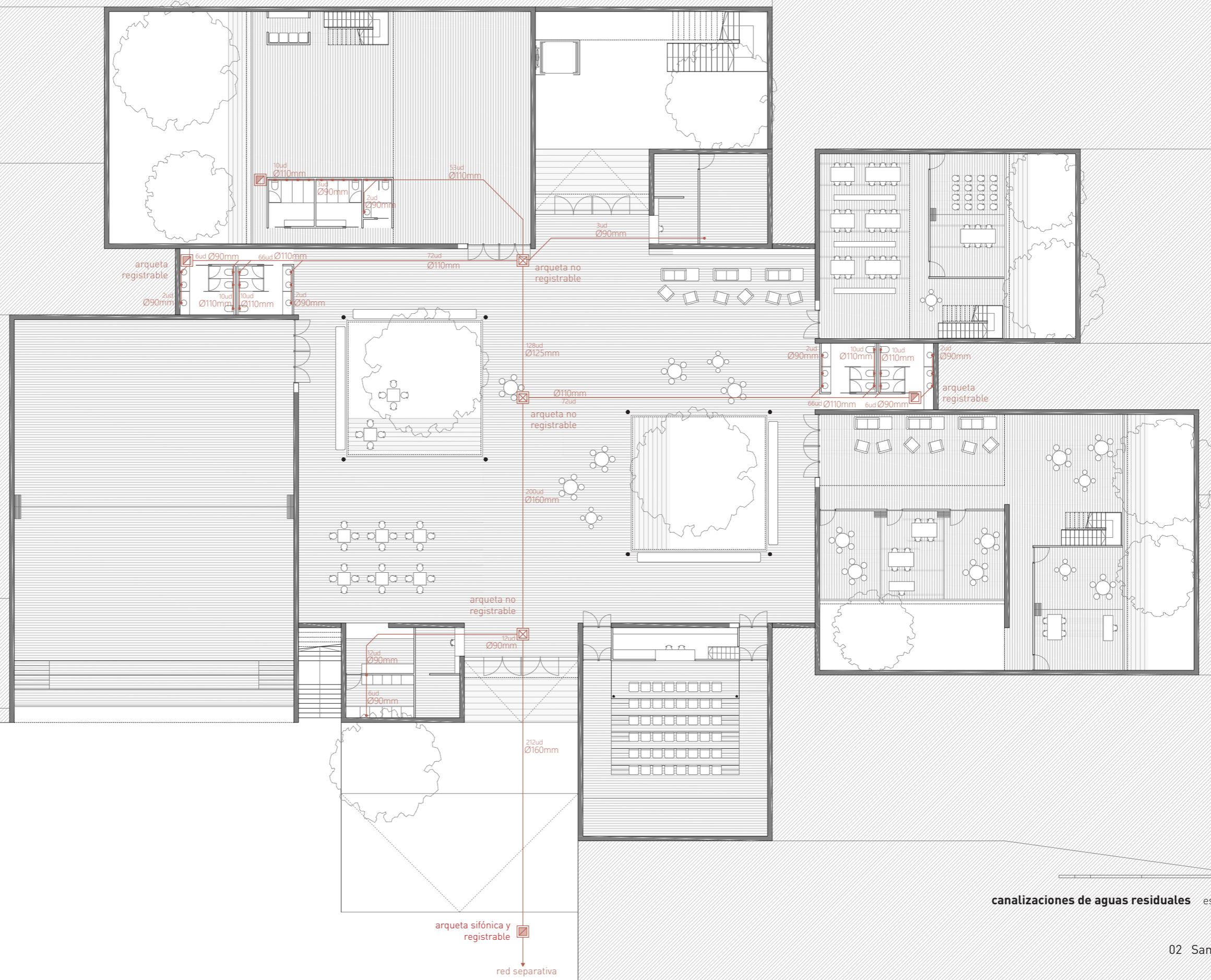
El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.8. Análogamente al caso de los canalones, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente, en nuestro caso:  $f = 2,4$ .

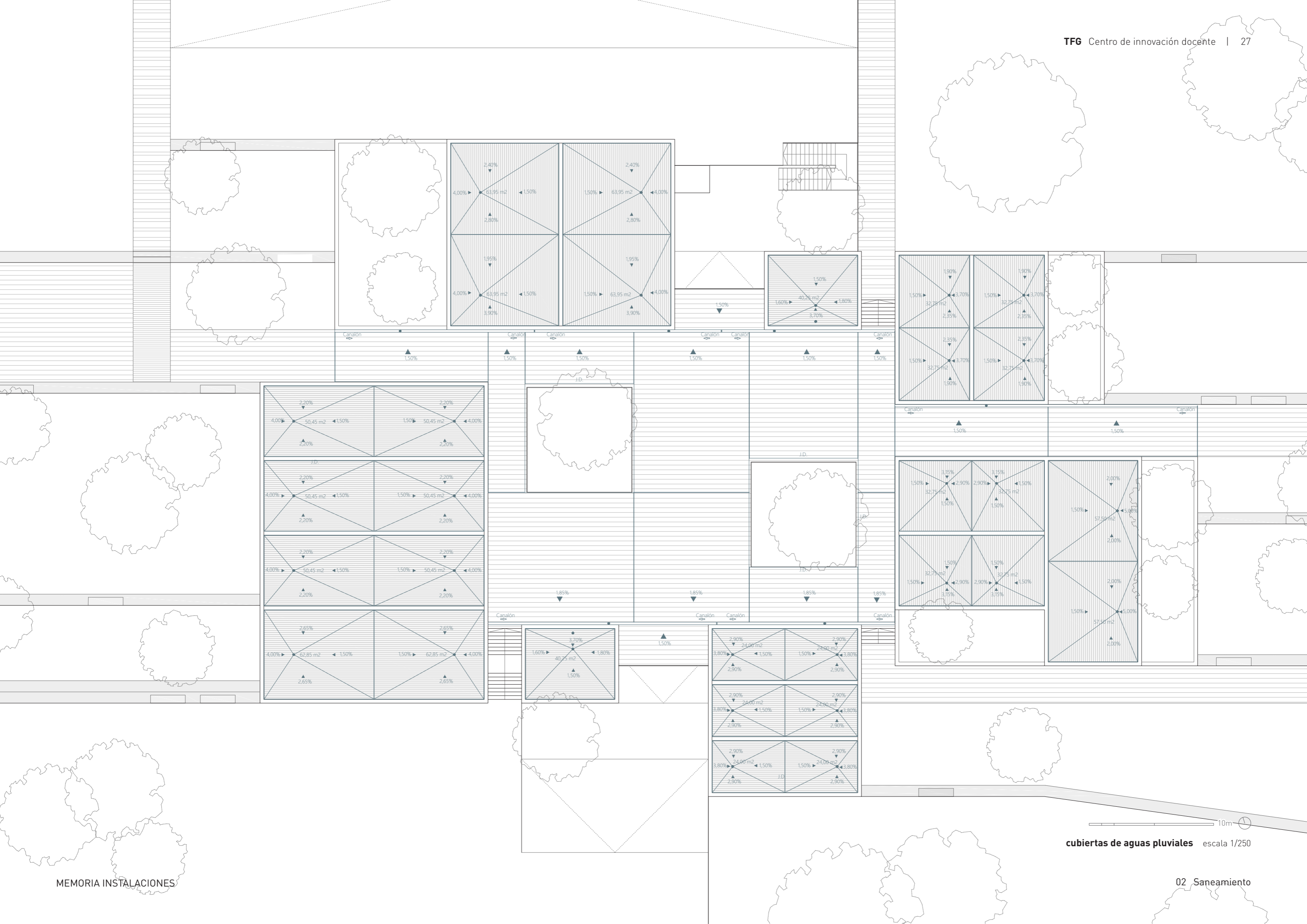
Colectores enterrados (pendiente 2%).

## Cuadro de colectores pluviales enterrados

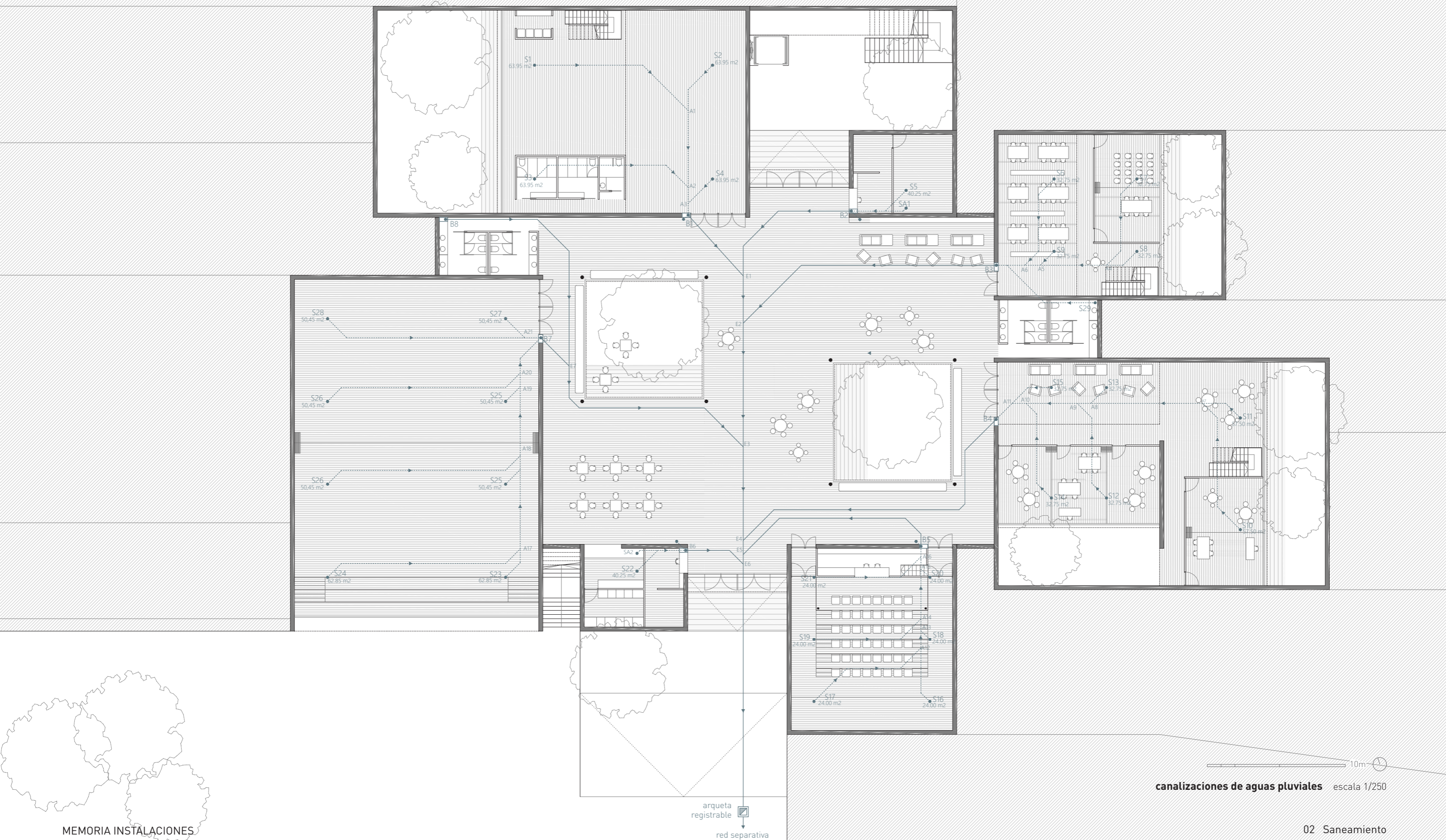
colectores enterrados	superficie	diámetro
B1 - E1	390,80 m <sup>2</sup>	200 mm
B2 - E1	175,25 m <sup>2</sup>	125 mm
B3 - E2	233,00 m <sup>2</sup>	160 mm
B4 - E3	246,00 m <sup>2</sup>	160 mm
B5 - E5	304,00 m <sup>2</sup>	160 mm
B6 - E6	200,25 m <sup>2</sup>	160 mm
B7 - E7	433,70 m <sup>2</sup>	200 mm
B8 - E7	135,00 m <sup>2</sup>	125 mm
E7 - E4	568,70 m <sup>2</sup>	200 mm
E1 - E2	566,05 m <sup>2</sup>	200 mm
E2 - E3	799,05 m <sup>2</sup>	250 mm
E3 - E4	1045,05 m <sup>2</sup>	250 mm
E4 - E5	1613,75 m <sup>2</sup>	315 mm
E5 - E6	1917,75 m <sup>2</sup>	315 mm
E6 - Red Pública	2118,00 m <sup>2</sup>	400 mm











## 03 ELECTRICIDAD Y LUMINOTECNIA

### 03.1 ELECTRICIDAD

Tenemos una instalación eléctrica centralizada, cuya acometida a la red general está en la zona suroeste. El cuadro general del edificio queda en la zona de recepción del acceso sur, separada del resto de instalaciones. Desde este punto salen las líneas que alimentan a los puntos de consumo.

En el espacio central las instalaciones son vistas (luminotecnia y seguridad en caso de incendio). Aparecerá una instalación metálica lineal colgada que soporta el cableado hasta las luminarias.

Por otra parte, las instalaciones de los volúmenes que contienen el programa no son vistas. Discurren por el suelo con el sistema STC-R (Suelo técnico compacto-Radiante). A través de esta pequeña instalación en el suelo, corre el cableado hasta los volúmenes y se conecta a puertos técnicos de conexiones eléctricas tanto en el suelo como en las paredes. Esto es necesario debido a los grandes espacios sin tabiquería.

### 03.2 LUMINOTECNIA

En el espacio central se usan luminarias aisladas que, cuando corresponde, tienen al lado la luz de emergencia necesaria por normativa.

En los techos de los volúmenes encontramos luminarias lineales con la misma dirección que el pavimento. Entre ellas se incluyen las luces de emergencia.

Ya en los espacios más privados que no están a doble altura, aparecen luminarias más pequeñas. También se usan éstas en los aseos, la cocina y en los cuartos de instalaciones.

#### In90

de iGuzzini. Sus dimensiones son 3626x91x105 mm. Sistema modular para líneas continuas. Se trata de un perfil de aluminio extruido que se instala en el techo, perfecto para la iluminación general. Serán usados en el interior de las cajas de programa.



#### Berlino diffused

De iGuzzini, con diámetro 385 mm. Instalación colgada con caja de aluminio. El vidrio reflector crea un efecto difuso de la luz para que cree una iluminación general. Su uso será en la zona central; su potencia y su efecto difuso permiten prescindir de las luminarias lineales que tendrían tanta presencia al ser vistas.



#### iRoll ceiling

De iGuzzini, con diámetro 240 mm. Cuerpo de aluminio, reflector en su interior. Óptica perfecta con control máximo de luminancia que hace que estas luminarias sean tanto para luz directa como para luz general. La versatilidad de este modelo nos permite usarlo en la zona de aulas y seminarios, que necesitan una luz más controlada; así como en las zonas húmedas.







- luminarias pequeñas iRoll ceiling
- luminarias grandes Berlino diffuse
- luminarias lineales In90 (techo superior volumen)
- alumbrado de emergencia (en techos)

MEMORIA INSTALACIONES



**luminarias** escala 1/250

## 04 CLIMATIZACIÓN

### 04.1 ELECCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de climatización con suelo radiante-refrigerante es usado en el centro para no sobrecargar los forjados de cubierta de los volúmenes y para evitar la aparición de tubos vistos en el espacio central del edificio.

Además posee muchas ventajas que lo hace cada vez más usado:

#### 1 Confort durante todo el año

De entre todos los sistemas existentes de climatización, los sistemas radiantes son los que mejor se ajustan a la emisión óptima de calor del cuerpo humano por radiación, convección, transmisión y evaporación. La sensación de temperatura de las personas no se corresponde con la temperatura del aire, sino que equivale a la temperatura de confort, denominada también temperatura operativa.

Distintas investigaciones demuestran que la distribución vertical de la temperatura en una habitación varía como se muestra en la figura siguiente.

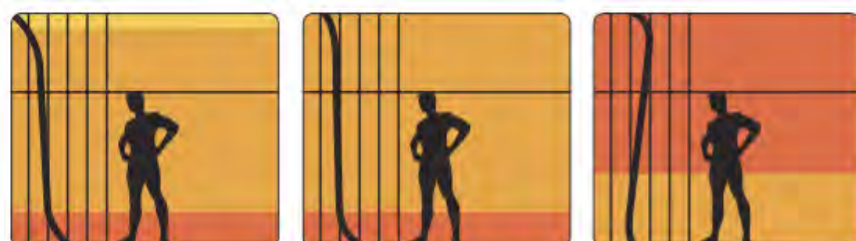


Fig. 1.1 - Calefacción ideal

Fig. 1.2 - Suelo radiante Uponor

Fig. 1.3 - Radiadores

#### 2 Inercia térmica

La inercia térmica conlleva dos fenómenos, uno de ellos es el de la amortiguación en la variación de las temperaturas y otro es el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior. El semienterramiento de edificios puede llegar a aprovechar la capacidad de acumulación calorífica del suelo, cuyo efecto puede ser utilizado para amortiguar y retardar la variación de temperatura entre el día y la noche.

#### 3 Emisión y absorción térmica uniforme

#### 4 Climatización sin movimientos de aire

En un edificio con climatización invisible, las diferencias de temperatura entre las superficies (suelo, techo, paredes) y el aire son mínimas tanto en invierno como en verano, por lo que el movimiento de aire por convección es imperceptible.

#### 5 Ahorro energético

Al ser menores las diferencias de temperaturas entre el aire interior y exterior del local, en invierno y verano, también son menores las pérdidas o ganancias energéticas.

#### 6 Compatible con energías renovables

Es el único sistema de climatización que puede ser alimentado energéticamente por paneles solares térmicos.

#### 7 Invisible y ausencia de ruido

Es un sistema de climatización que ofrece una total libertad de distribución de interiores ya que los emisores no son visibles.

#### 8 Compatible con cualquier tipo de suelos

El sistema es compatible con cualquier tipo de recubrimiento, pero si el sistema se va a utilizar como sistema de refrigeración en verano se recomienda el uso de recubrimientos pétreos como la cerámica.

#### 9 Bajos costes de mantenimiento

#### 10 Cumplimiento del CTE

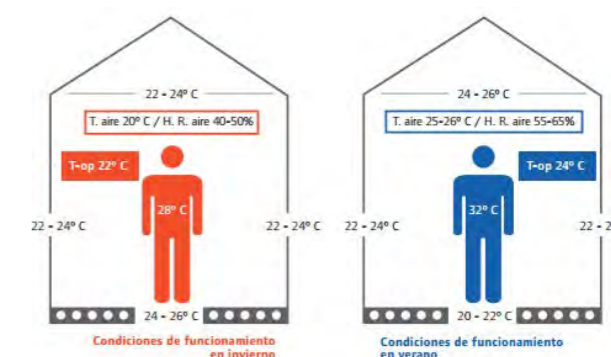
El conjunto plancha-aislante-mortero de cemento se comporta como un suelo flotante, aportando al conjunto del forjado una reducción de ruido de impacto, por tanto el sistema de Climatización Invisible puede ayudar a cumplir con las exigencias del CTE en cuanto a reducción de ruido en la edificación.

### 04.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El funcionamiento del sistema consiste en la impulsión de agua a través de tuberías de polietileno reticulado por el método Engel con barrera antidifusión de oxígeno. Este agua está a unos 40° en invierno y a unos 15° en verano.

En invierno la instalación absorbe el calor disipado por las tuberías y lo cede al pavimento superior que, a su vez, emite esta energía hacia las paredes y el techo de la estancia mediante radiación y convección natural, en menor grado.

Por otra parte, en verano el pavimento absorbe el calor por radiación y por convección, en menor grado, desde las paredes y el techo. Este calor se transmite a la capa de mortero y a la tubería de suelo radiante, transportándose a través del agua el calor hasta el exterior de la estancia.



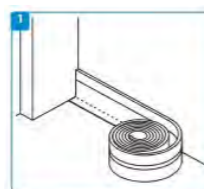
Desde los colectores (impulsión y retorno) parten los circuitos emisores. Allí se equilibran hidráulicamente y se regula la circulación de agua impulsada en función de las necesidades térmicas de cada local.



### 04.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA

EL sistema está compuesto de pocos elementos, por lo que su instalación es muy sencilla. En nuestro dectro dispondremos los tubos en forma de espiral.

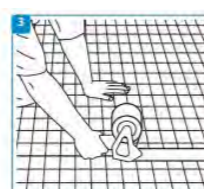
1 Colocar el zócalo perimetral



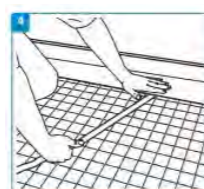
2 Colocar el rollo aislante en bandas longitudinales en la estancia, alineado a una cuadrícula premarcada.



3 Sellar los paneles con cinta de unión.



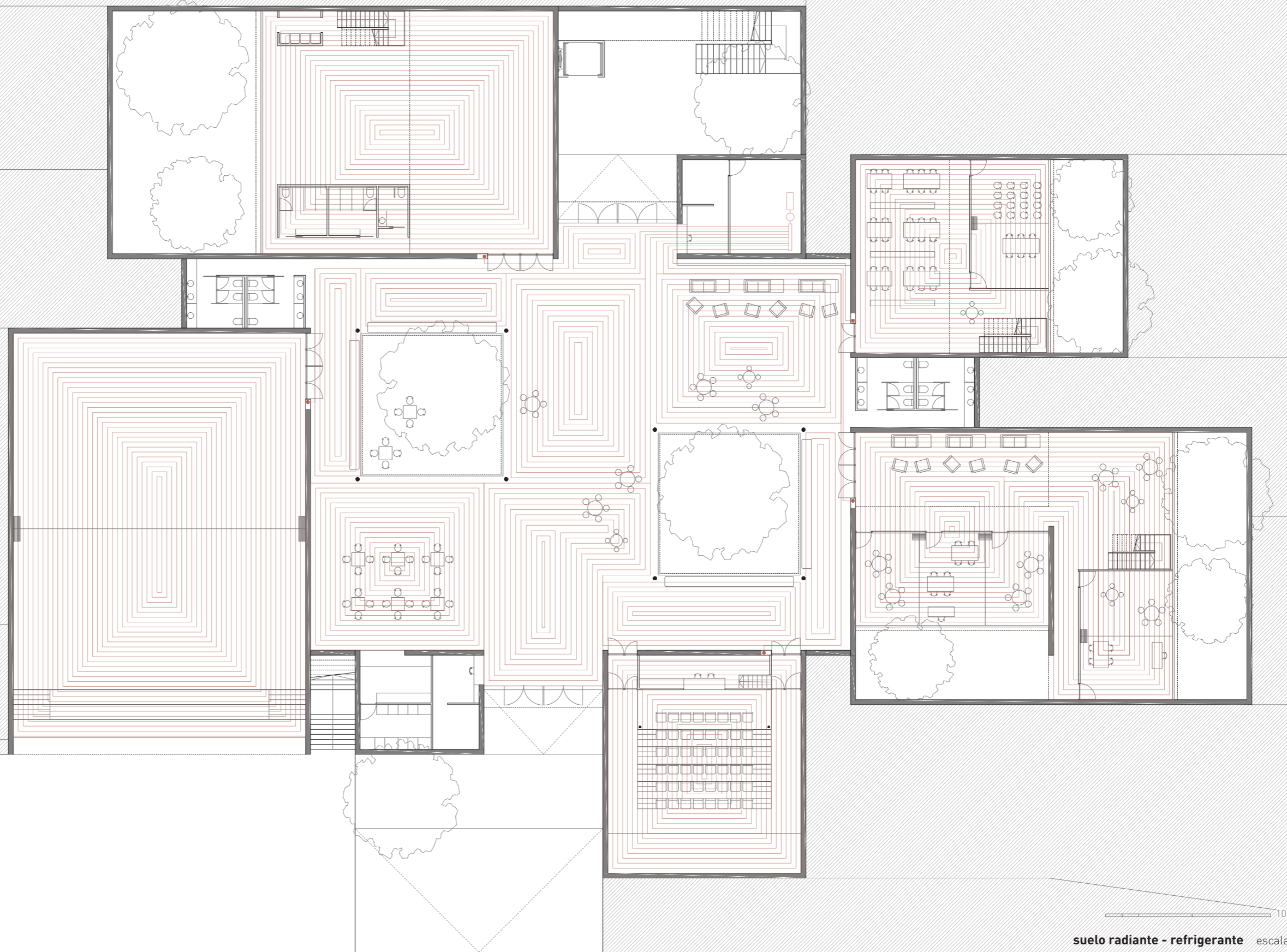
4 Realizar el sellado a lo largo de todo el borde de la estancia con una tira de polietileno en el zócalo perimetral y cinta.



5 Colocar la tubería y fijarla al panel mediante una ligera presión.



A continuación ponemos el sistema de electricidad enterrado en zonas marcadas donde no haya tubos. A continuación se coloca el mortero y el pavimento cerámico, elección óptima para este sistema.



MEMORIA INSTALACIONES



suelo radiante - refrigerante escala 1/250



## 05 RENOVACIÓN DE AIRE

### 05.1 EXIGENCIA DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR

Nos apoyamos en la Guía Técnica de instalaciones de climatización con equipos autónomos redactada por la Asociación Técnica de Climatización y Refrigeración para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de energía (IDAE).

Las exigencias impuestas por el RITE sobre la calidad de aire interior derivan de la norma UNE-EN 13779 y del informe CR 1752 del CEN.

Para el diseño del sistema de ventilación debemos considerar:

- Todos los edificios dispondrán de un sistema de ventilación mecánica.
- El aire exterior de ventilación se introducirá debidamente filtrado en el edificio.

### 05.2 EXTRACCIÓN DE AIRE

Se plantea un sistema de renovación de aire multi-split con unidades de tratamiento de aire, un sistema independiente al de climatización que discurrirá por los techos técnicos. Cada volumen tendrá su propia unidad interior.

El caudal de ventilación de los locales se establece en función de la calidad del aire interior. Según la tabla 12 de la Guía Técnica, a nuestro centro le corresponde:

“IDA2 Aire de buena calidad: oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.”

Por otra parte, la carga contaminante del edificio depende de la carga sensorial de las personas (olf/ocupante) y de la propia contaminación del edificio (olf/superficie). En nuestro caso, siguiendo la Guía, el caudal correspondiente por persona es de 12,5 L/s. A este caudal debemos multiplicarle la ocupación, establecida en tablas en la propia Guía.

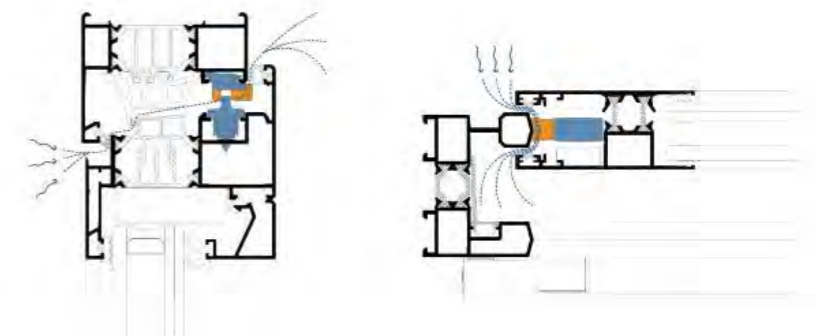
Como simplificación, estableceremos que hay un máximo de 200 personas en un volumen de programa o en el espacio central, con lo que obtenemos secciones rectangulares de 25x80 cm, que se alojarán en los techos técnicos de los volúmenes.

### 05.3 ADMISIÓN DE AIRE

Usaremos un dispositivo de microventilación, compuesto por dos piezas ubicadas en la propia carpintería de la ventana, el cual permite una abertura milimétrica (8mm) que asegura una lenta y gradual admisión de aire aunque la ventana esté cerrada.

Este mecanismo permite variar el caudal de ventilación según su posición.

Con este sistema podemos cumplir la normativa de salubridad (DB-HS), reducimos el coste del sistema de renovación de aire, ocultamos el mecanismo cuya presencia es inexistente y, por último, no modifica las prestaciones de eficiencia energética y aislamiento acústico de la ventana.



# MEMORIA CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO

Proyecto Final de Grado Centro de innovación docente

<b>01</b>	DB-SE Seguridad estructural	36
<b>02</b>	DB-SI Seguridad en caso de incendio	39
<b>03</b>	DB-SUA Seguridad de utilización y seguridad	46
<b>04</b>	DB-HS Salubridad	52
<b>05</b>	DB-HR Protección frente al ruido	56
<b>06</b>	DB-HE Ahorro de energía	59



## 01 DB-SE | SEGURIDAD ESTRUCTURAL

El DB-SE tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Seguridad estructural".

En este apartado aplicaremos esta normativa y sus documentos:

DB-SE 1	Resistencia y estabilidad
DB-SE 2	Aptitud de servicio
DB-SE-AE	Acciones en la edificación
DB-SE-C	Cimentaciones
DB-SE-A	Acero

También se considerarán las especificaciones de la normativa correspondiente en:

NSCE	Norma de construcción sismorresistente
EHE	Instrucción de hormigón estructural

### Sistema estructural empleado

Se desarrolla en el apartado de memoria estructural y está compuesto por tres sistemas:

01	Volúmenes. Cubiertas de vigas mixtas de gran canto apoyadas sobre muros de carga de hormigón armado.
02	Forjados intermedios colgados. Losas macizas colgadas de soportes de acero de sección circular cerrada, sometidos a tracción.
03	Plataforma central. Losa maciza apoyada en soportes de acero de sección circular cerrada, sometidos a flexocompresión.

### 01.1 RESISTENCIA Y ESTABILIDAD | SE 1

Toda la estructura, excepto las vigas mixtas, ha sido calculada frente a los estados límite últimos (ELU), que de ser superados, se produce pérdida de equilibrio, el colapso o la rotura de la estructura. Las verificaciones evitan:

- Pérdida de equilibrio del edificio o de una parte estructural independiente considerados como cuerpo rígido.
- Fallo por deformación excesiva.
- Transformación de parte de la estructura en un mecanismo.
- Rotura o inestabilidad de algunos de sus elementos o uniones estructurales, incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo como la corrosión o la fatiga.

### 01.2 APTITUD DE SERVICIO | SE 2

Las vigas mixtas, debidas a su gran luz, se han calculado frente a los estados límite de servicio (ELS), que de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios, al correcto funcionamiento o a la apariencia de la estructura. Las verificaciones evitan:

- Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones.
- Las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra.
- Los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

### 01.3 VERIFICACIONES DE CÁLCULO | SE 1 - SE 2

#### Verificación de la resistencia

Se ha comprobado en la memoria estructural que los elementos estructurales, secciones y uniones son suficientemente resistentes, de manera que se cumple:

$$E_d < R_d \quad \begin{array}{l} E_d = \text{valor de cálculo de las acciones} \\ R_d = \text{valor de cálculo de la resistencia correspondiente} \end{array}$$

#### Verificación de la estabilidad

Se ha comprobado también en la memoria estructural que hay suficiente estabilidad en el conjunto del edificio y en todas sus partes independientes, de manera que se cumple:

$$E_{d,dst} < E_{d,stb} \quad \begin{array}{l} E_{d,dst} = \text{valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras} \\ E_{d,stb} = \text{valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras} \end{array}$$

#### Verificación de aptitud al servicio

Se ha comprobado en la memoria estructural que existe un comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro. Se cumple:

$$\begin{array}{ll} \text{Flexa activa} < L/500 & L = \text{luz que cubre el elemento estructural} \\ \text{Desplome total} < L/500 & \text{No existen desplazamientos horizontales} \end{array}$$

De acuerdo a la EHE-08, existen otros límites a flecha:

$$\begin{array}{l} \text{Flecha total} < L/250 \\ \text{Flecha activa} < L/400 \\ \text{Flecha máxima recomendada} < 1 \text{ cm} \end{array}$$

## 01.4 ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN | SE-AE

### Acciones permanentes | DB-SE-AE-2

#### a Peso propio

Se considera el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, los revestimientos, rellenos (tierras) y equipamiento fijo.

Vigas mixtas	5,6 KN/ml 171 ml	peso propio medio (h = 75cm) por m lineal metros lineales totales
Nervios in situ	3'5 KN/m2 1340 m2	peso propio (h = 0,35 m) metros cuadrados de cubierta
Nervios in situ	3 KN/m2 1340 m2	peso propio (h = 0,25 m) metros cuadrados de cubierta
Losa maciza II	5 KN/m2 424 m2	peso propio (h = 0,20 m) metros cuadrados de forjado
Losa maciza III	8 KN/m2 734 m2	peso propio (h = 0,35 m) metros cuadrados de cubierta

#### b Cargas muertas

Se estiman uniformemente repartidas en la planta. Son elementos tales como el pavimento y la tabiquería.

Cub. gravas	2,5 KN/m2	peso propio
Pavimentos	1 KN/m2 0,5 KN/m2	peso propio pav. exteriores peso propio pav. interiores
Tabiquería	0,5 KN/m2	peso propio simplificado (tab.+ carpint.)

### Acciones variables | DB-SE-AE-3

#### a Sobrecarga de uso

Es el peso que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Suelen simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente según el uso fundamental de cada zona. Se adoptan los valores de la tabla 3.1.:

G1	Cubiertas accesibles únicam. para conservación (inclinación < 20°) S.U. cubiertas G1 = 1 KN/m2
C3	Zonas de acceso al público   Zonas sin obstáculos S.U. plaza C3 = 5 KN/m2
C1	Zonas de acceso al público   Zonas con mesas y sillas S.U. biblioteca y aulas C1 = 3 KN/m2
C4	Zonas de acceso al público   Zonas de gimnasio u actividades físicas S.U. sala expresión corporal C4 = 5 KN/m2

#### b Viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio dependen de la forma y de las dimensiones, de la superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

En la memoria estructural se ha obtenido que este valor es  $q_e = 0 \text{ KN/m}^2$ , es decir, es una sobrecarga despreciable.

#### c Acciones térmicas

Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. Estas acciones crean tensiones en elementos estructurales donde estas variaciones están impedidas.

En estructuras habituales de hormigón estructural pueden no considerarse estas acciones si se disponen juntas de dilatación a, máximo, 40 m. En este proyecto el paramento más largo tiene 27,3 m, por lo que no se consideran.

#### d Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve, de la forma del edificio o cubierta, del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

En la memoria estructural se ha obtenido que este valor es  $q_n = 0,5 \text{ KN/m}^2$ .

### Acciones accidentales | NCSE-02

No se contempla el uso aparcamiento ni está prevista la circulación de vehículos en el solar de referencia por tanto no procede la previsión frente a los impactos de los vehículos en los edificios sobre las estructuras portantes.

#### a Sismo

Las acciones debidas al sismo están definidas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. En la memoria estructural se realiza una aproximación a la fuerza sísmica a la que se verá sometido el edificio.

Clasificación de la construcción	Edificio de carácter público y de uso docente. Construcción de normal importancia, no imprescindible.
Tipo de estructura	Muros de hormigón armado ("Edificio con pórticos de hormigón armado con la colaboración de pantallas rigidizadoras")
Aceleración Sísmica Básica	$a_g/g = 0,23$
Coef. de contribución	$K = 1$
Coef. adimensional de riesgo	$p = 1$ ; construcción importancia normal
Coef. amplificación del terreno	$S = C/1,25 + 3,33 (p \cdot a_g/g - 0,1) (1 - C/1,25) 0,887$
Coef. tipo de terreno	$C = 1$ ; terreno tipo 1
Aceleración Sísmica Cálculo	$a_c = S \cdot p \cdot a_g = 0,2 \text{ g}$
Modos de vibración	12 modos considerados
Método de cálculo adoptado	análisis modal espectral (SAP-2000)
Fracción casi-permanente de sobrecarga	0,6; edificio público
Coef. comportamiento ductilidad	$\mu = 2$ ductilidad baja; estructura ppal. compuesta por muros

Algunas medidas constructivas adoptadas en referencia al sismo :

- Arriostamiento de la cimentación aislada.
- Juntas estructurales entre losa central y volúmenes de hormigón en contacto directo, sin banda elástica perimetral.



## 01.5 CIMENTACIONES | SE-C

Debido al alcance académico de este trabajo, no disponemos de información geotécnica, por lo que estableceremos unas características hipotéticas para el terreno sobre el que se sitúa el educatorium.

- Estrato resistente no muy profundo.
- Nivel freático por debajo de la cota de cimentación.
- Tensión admisible del terreno = 150 KN/m<sup>2</sup>.

Los muros de contención siguen las mismas directrices y parámetros de la propia cimentación.

Descripción de la cimentación	Zapatas corridas en los muros de los volúmenes. Zapatas aisladas para los soportes del forjado central. Arriostamiento mediante muretes.
Material adoptado	Hormigón HA-30-IIa; agua freática con nivel de agresividad débil para el hormigón, según EHE no es necesario el empleo de cemento sulfato-resistente. Armaduras de acero corrugado B-500S.
Dimensiones y armado	Definidos en la memoria estructural; se cumplen cuantías mínimas especificadas en la tabla 42.3.5 de la EHE-08.

Algunas condiciones en la ejecución de la cimentación:

- Sobre la superficie de excavación del terreno se debe de extender una capa de hormigón de regularización de espesor mínimo de 10 cm y que sirve de base a la cimentación.

## 01.6 ACERO | SE-A

Encontramos acero en los soportes metálicos de las estructuras tipo II (forjados colgados) y III (forjado central). Además, en cimentaciones y en el hormigón armado que configura el resto del sistema estructural usaremos barras corrugadas de acero soldable.

Características del acero S-275-JR para vigas mixtas	tensión de límite elástico; $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ módulo de Elasticidad; $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$ módulo de Rigidez; $G = 81.000 \text{ N/mm}^2$ coeficiente de Poisson; $\nu = 0,3$
Características del acero B-500-SD para armaduras	Acero soldable y de gran ductilidad tensión de límite elástico; $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$
Dimensiones y armado	Definidos en la memoria estructural. Soportes a tracción (st. II) calculados a resistencia. Soportes a compresión (st. III) calculados a resistencia y a pandeo, según esta norma.

Algunas condiciones en la ejecución:

- Las basas entre soportes y zapatas aisladas asentarán directamente sobre el hormigón o mejor aún, sobre un mortero de nivelación sin retracción interpuesto entre ambos materiales.
- Se disponen crucetas para evitar el punzonamiento en los forjados.

## 02 DB-SI | SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

### 02.1 PROPAGACIÓN INTERIOR | SI 1

#### Compartimentación en sectores de incendio

Los edificios se deben compartimentar en sectores de incendio según las condiciones que se establecen en esta sección. Las superficies máximas indicadas para los sectores de incendio pueden duplicarse cuando estén protegidos con una instalación automática de extinción.

A efectos del cómputo de la superficie de un sector de incendio, se considera que no forman parte de el mismo los locales de riesgo especial, las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos de independencia y las escaleras compartimentadas.

Consideraremos que nuestro centro está constituido por un único sector de incendios, ya que cumple las condiciones indicadas en la tabla 1.1., donde para uso docente indica:

“Si el edificio tiene más de una planta, la superficie construida de cada sector de incendio no debe exceder de 4.000 m<sup>2</sup>. Cuando tenga una única planta, no es preciso que esté compartimentada en sectores de incendio.”

Tabla 1.1 Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

Uso previsto del edificio o establecimiento	Condiciones
En general	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todo establecimiento debe constituir sector de incendio diferenciado del resto del edificio excepto, en edificios cuyo uso principal sea <i>Residencial Vivienda</i>, los establecimientos cuya superficie construida no exceda de 500 m<sup>2</sup> y cuyo uso sea <i>Docente, Administrativo o Residencial Público</i>.</li> <li>- Toda zona cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que esté integrada debe constituir un sector de incendio diferente cuando supere los siguientes límites: <ul style="list-style-type: none"> <li>Zona de uso <i>Residencial Vivienda</i>, en todo caso.</li> <li>Zona de alojamiento<sup>(1)</sup> o de uso <i>Administrativo, Comercial o Docente</i> cuya superficie construida exceda de 500 m<sup>2</sup>.</li> <li>Zona de uso <i>Pública Concurrencia</i> cuya ocupación exceda de 500 personas.</li> <li>Zona de uso <i>Aparcamiento</i> cuya superficie construida exceda de 100 m<sup>2</sup><sup>(2)</sup>.</li> </ul>                     Cualquier comunicación con zonas de otro uso se debe hacer a través de vestíbulos de independencia.                 </li> <li>- Un espacio diáfano puede constituir un único sector de incendio que supere los límites de superficie construida que se establecen, siempre que al menos el 90% de ésta se desarrolle en una planta, sus salidas comuniquen directamente con el espacio libre exterior, al menos el 75% de su perímetro sea fachada y no exista sobre dicho recinto ninguna zona habitable.</li> <li>- No se establece límite de superficie para los sectores de riesgo mínimo.</li> </ul>
Docente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si el edificio tiene más de una planta, la superficie construida de cada sector de incendio no debe exceder de 4.000 m<sup>2</sup>. Cuando tenga una única planta, no es preciso que esté compartimentada en sectores de incendio.</li> </ul>

Según la tabla 1.2, la resistencia la fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio en un edificio docente de altura menor a 15 metros, debe ser EI 60.

#### Locales y zonas de riesgo especial

Los locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios se clasifican según los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1. Además, deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2.

Los locales destinados a albergar instalaciones y equipos regulados por reglamentos específicos (transformadores, máquinas de elevadores, calderas, contadores...) se rigen, además, por las condiciones propias de sus reglamentos. Las condiciones de ventilación de éstos, exigidas por dicha reglamentación, deberán solucionarse de forma compatible con las de compartimentación indicadas en este DB. A efectos de este DB se excluyen los equipos situados en las cubiertas de los edificios.

Tabla 2.1 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios

Uso previsto del edificio o establecimiento - Uso del local o zona	Tamaño del local o zona S = superficie construida V = volumen construido		
	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
<b>En cualquier edificio o establecimiento:</b>			
- Talleres de mantenimiento, almacenes de elementos combustibles (p. e.: mobiliario, lencería, limpieza, etc.) archivos de documentos, depósitos de libros, etc.	100<V≤200 m <sup>3</sup>	200<V≤400 m <sup>3</sup>	V>400 m <sup>3</sup>
- Cocinas según potencia instalada P <sup>(1),(2)</sup>	20<P≤30 kW	30<P≤50 kW	P>50 kW
- Lavanderías. Vestuarios de personal. Camerinos <sup>(3)</sup>	20<S≤100 m <sup>2</sup>	100<S≤200 m <sup>2</sup>	S>200 m <sup>2</sup>
- Salas de calderas con potencia útil nominal P	70<P≤200 kW	200<P≤600 kW	P>600 kW
- Salas de máquinas de instalaciones de climatización (según Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios,RITE, aprobado por RD 1027/2007, de 20 de julio, BOE 2007/08/29)	En todo caso		
- Local de contadores de electricidad y de cuadros generales de distribución	En todo caso		
- Sala de maquinaria de ascensores	En todo caso		

Según la tabla 2.1 y las superficies construidas obtenidas, estos son nuestros recintos de riesgo, que deberán cumplir las condiciones especificadas en la tabla 2.2:

Vestuarios	riesgo bajo
Cocina	riesgo bajo
C. instalaciones	riesgo bajo
Almacenes	riesgo bajo

Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios<sup>(1)</sup>

Característica	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante <sup>(2)</sup>	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos <sup>(3)</sup> que separan la zona del resto del edificio <sup>(2),(4)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	-	Sí	Sí
Puertas de comunicación con el resto del edificio	El2 45-C5	2 x El2 30 -C5	2 x El2 45-C5

#### Espacios ocultos

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos (patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados...) salvo cuando éstos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse ésta a la mitad en los registros para mantenimiento.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones (cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc.) excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm<sup>2</sup>.

Para ello usaremos un sistema de elementos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado.

#### Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario

Los elementos constructivos deben cumplir las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la tabla 4.1. Por otra parte, Las condiciones de reacción al fuego de los componentes de las instalaciones eléctricas (cables,tubos, bandejas, regletas, armarios, etc.) se regulan en su reglamentación específica.

Tabla 4.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

Situación del elemento	Revestimientos <sup>(1)</sup>	
	De techos y paredes <sup>(2),(3)</sup>	De suelos <sup>(2)</sup>
Zonas ocupables <sup>(4)</sup>	C-s2,d0	E <sub>FL</sub>
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	C <sub>FL</sub> -s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial <sup>(5)</sup>	B-s1,d0	B <sub>FL</sub> -s1
Espacios ocultos no estancos, tales como patinillos, falsos techos y suelos elevados (excepto los existentes dentro de las viviendas) etc. o que siendo estancos, contengan instalaciones susceptibles de iniciar o de propagar un incendio.	B-s3,d0	B <sub>FL</sub> -s2 <sup>(6)</sup>



## 02.2 PROPAGACIÓN EXTERIOR | SI 2

La implantación aislada y exenta de este proyecto hace que no sea de aplicación el apartado correspondiente a "Medianerías y fachadas".

### Cubiertas

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta, ésta tendrá una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 0,50m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto.

## 02.3 EVACUACIÓN DE OCUPANTES | SI 3

El edificio es de uso docente y sus recintos están íntegramente dedicados a esta función; ya que no forman parte de un establecimiento con diferente uso al suyo, no es aplicable la normativa del apartado "Compatibilidad de los elementos de evacuación".

También, aunque podemos asimilar el edificio a un lugar de Pública Concurrencia, la ocupación no excede de 1000 personas, por lo que no aplicaremos el apartado correspondiente a "Control de humo de incendio".

### Cálculo de la ocupación

Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor o bien cuando sea exigible una ocupación menor en aplicación de alguna disposición legal. En aquellos recintos o zonas no incluidos en la tabla se deben aplicar los valores correspondientes a los que sean más asimilables.

A efectos de determinar la ocupación, se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo.

**Tabla 2.1. Densidades de ocupación <sup>(1)</sup>**

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m <sup>2</sup> /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc. Aseos de planta	Ocupación nula 3
Administrativo	Plantas o zonas de oficinas Vestibulos generales y zonas de uso público	10 2
Docente	Conjunto de la planta o del edificio Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc. Aulas (excepto de escuelas infantiles) Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas	10 5 1,5 2
Pública concurrencia	Zonas destinadas a espectadores sentados: con asientos definidos en el proyecto sin asientos definidos en el proyecto Zonas de público en gimnasios: con aparatos sin aparatos vestuarios Salones de uso múltiple en edificios para congresos, hoteles, etc. Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc. Salas de espera, salas de lectura en bibliotecas, zonas de uso público en museos, galerías de arte, ferias y exposiciones, etc. Vestibulos generales, zonas de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	1pers/asiento 0,5 5 1,5 3 1 1,5 2 2

Al aplicar los coeficientes de la tabla superior, la ocupación por zonas resulta de la siguiente manera:

zona	superficie útil m <sup>2</sup>	coef. ocupación m <sup>2</sup> /persona	ocupación personas
espacio central	580,45 m <sup>2</sup>	10	59
administración	31,90 m <sup>2</sup>	10	4
aseos	58,40 m <sup>2</sup>	3	20
instalaciones	24,50 m <sup>2</sup>	0	0
cafetería	78,75 m <sup>2</sup>	1,5	53
sala polivalente	444,25 m <sup>2</sup>	5	89
expresión corporal	346,56 m <sup>2</sup>	5	70
biblioteca	198,20 m <sup>2</sup>	2	100
aulas	441,50 m <sup>2</sup>	1,5	294
sala audiovisuales	152,30 m <sup>2</sup>	5	32

La ocupación total en el edificio es de 720 personas. En el apartado 2.7 de esta memoria se desglosa y aplica la ocupación para calcular los elementos de evacuación del proyecto.

### Número de salidas y longitud de recorridos de evacuación

En la tabla 3.1 se indica el número de salidas que debe haber en cada caso, como mínimo, así como la longitud de los recorridos de evacuación hasta ellas.

Este edificio tiene un único sector de incendios y tiene dos salidas, por lo que:

- La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede los 50 metros.
- La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta un punto desde el cual existen dos recorridos alternativos, no excede los 25 metros.

### Dimensionado de los medios de evacuación

Cuando en una zona, en un recinto, en una planta o en el edificio deba existir más de una salida, considerando también como tales los puntos de paso obligado, la distribución de los ocupantes entre ellas a efectos de cálculo debe hacerse suponiendo inutilizada una de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.

Cuando deban existir varias escaleras, no protegidas y no compartimentadas, se considera inutilizada en su totalidad alguna de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.

El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1.

<b>a</b>	Puertas y pasos	$A \geq P / 200 \geq 0,80$ m La anchura de hoja de puerta es de 0,60-1,23 m
<b>b</b>	Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00$ m
<b>c</b>	Escaleras no protegidas	evac. ascendente $A \geq P / 160$ ev. descendente $A \geq P / (160-10h)$

En el apartado 2.7 de esta memoria se aplica la tabla 4.1 al proyecto para definir sus elementos de evacuación.

### Protección de las escaleras

En la tabla 5.1 se indican las condiciones de protección que deben cumplir las escaleras previstas para evacuación. La altura de evacuación mayor en nuestro edificio es de 4,5 metros ( $h = 4,5$  m).

En este proyecto encontramos escaleras para llegar a los forjados intermedios alojados en los volúmenes de las aulas, de la biblioteca y de la sala de expresión corporal. En caso de incendio, estas escaleras tendrán un sentido de evacuación descendente. Para escaleras de evacuación descendente de uso docente:

$h \leq 14$  m      escalera no protegida

Por otra parte, en el acceso noreste existen unas escaleras exteriores que, en caso de incendio, tendrán sentido de evacuación ascendente. Para escaleras de evacuación ascendente de uso docente:

$2,80 < h \leq 6,00$  m    escalera no protegida  
 $P \leq 100$  personas

### Puertas situadas en recorridos de evacuación

Las puertas previstas como salida de planta o de edificio y las previstas para la evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre, o bien no actuará en las zonas a evacuar, o bien consistirá en un dispositivo de fácil y rápida apertura desde el lado del cual provenga dicha evacuación, sin tener que utilizar una llave y sin tener que actuar sobre más de un mecanismo.

Se considera que satisfacen el anterior requisito funcional los dispositivos de apertura según la norma UNE-EN 179:2009 (manilla o pulsador), cuando se trate de personas que estén familiarizadas con la puerta, o en caso contrario, según la norma UNE EN 1125:2009 (barra horizontal de empuje o de deslizamiento)

Para este último caso, abrirá en el sentido de la evacuación toda puerta de salida:

- prevista para el paso de 100 personas en caso de uso distinto al residencial.
- prevista para más de 50 ocupantes del recinto/espacio en el que esté situada.

### Señalización de los medios de evacuación

Se utilizarán las señales de evacuación definidas en la norma UNE 23034:1988, conforme a los siguientes criterios:

- Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo "SALIDA", excepto cuando se trate de salidas de recintos cuya superficie no exceda de 50 m<sup>2</sup>, sean fácilmente visibles desde todo punto de ellos y los ocupantes estén familiarizados.

En nuestro caso dispondremos estos carteles a la salida de cada volumen que compone el edificio, además de en las dos puertas de salida.

- La señal con el rótulo "Salida de emergencia" debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.

- Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas.

- En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma que quede claramente indicada la alternativa correcta.

- En dichos recorridos, junto a las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación debe disponerse la señal con el rótulo "Sin salida" en lugar fácilmente visible, nunca sobre las hojas de las puertas. En nuestro caso, dispondremos de estos carteles en la entrada a cada volumen desde el espacio central.

- Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida.

Por otra parte, las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

### Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio

El edificio propuesto tiene dos accesos. No obstante, uno de ellos no está a nivel de calle y requiere de elementos de comunicación vertical para alcanzar el espacio exterior seguro. A su vez, hay zonas del edificio situadas a más de 50 metros de la otra salida, por lo que en ocasiones se presentan dificultades para evacuar. Por ello, estableceremos zonas de refugio, siguiendo la normativa a continuación.

En los edificios [...] de uso Residencial Público, Administrativo o Docente con altura de evacuación superior a 14 m cuya superficie exceda de 1.500 m<sup>2</sup>, toda planta que no sea zona de ocupación nula y que no disponga de alguna salida del edificio accesible dispondrá [...] de una zona de refugio apta para cierto número de plazas:

- Una para usuario de silla de ruedas por cada 100 ocupantes o fracción, conforme a SI3-2. En nuestro caso, 6 usuarios.
- Una para persona con otro tipo de movilidad reducida por cada 33 ocupantes o fracción, conforme a SI3-2. En nuestro caso, 18 usuarios.



## 02.4 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS | SI 4

### Dotación de instalaciones de protección contra incendios

Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios	
Uso previsto del edificio o establecimiento	Condiciones
<b>Instalación</b>	
<b>En general</b>	
Extintores portátiles	Uno de eficacia 21A -113B: - A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación. - En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1 <sup>(1)</sup> de este DB.
Bocas de incendio equipadas	En zonas de riesgo especial alto, conforme al capítulo 2 de la Sección SI1, en las que el riesgo se deba principalmente a materias combustibles sólidas <sup>(2)</sup>
Ascensor de emergencia	En las plantas cuya altura de evacuación exceda de 28 m
Hidrantes exteriores	Si la altura de evacuación descendente excede de 28 m o si la ascendente excede de 6 m, así como en establecimientos de densidad de ocupación mayor que 1 persona cada 5 m <sup>2</sup> y cuya superficie construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 m <sup>2</sup> . Al menos un hidrante hasta 10.000 m <sup>2</sup> de superficie construida y uno más por cada 10.000 m <sup>2</sup> adicionales o fracción. <sup>(3)</sup>
Instalación automática de extinción	Salvo otra indicación en relación con el uso, en todo edificio cuya altura de evacuación exceda de 80 m. En cocinas en las que la potencia instalada exceda de 20 kW en uso Hospitalario o Residencial Público o de 50 kW en cualquier otro uso. <sup>(4)</sup> En centros de transformación cuyos aparatos tengan aislamiento dieléctrico con punto de inflamación menor que 300 °C y potencia instalada mayor que 1.000 kVA en cada aparato o mayor que 4.000 kVA en el conjunto de los aparatos. Si el centro está integrado en un edificio de uso Pública Concurrencia y tiene acceso desde el interior del edificio, dichas potencias son 630 kVA y 2.520 kVA respectivamente.
<b>Docente</b>	
Bocas de incendio equipadas	Si la superficie construida excede de 2.000 m <sup>2</sup> . <sup>(7)</sup>
Columna seca <sup>(5)</sup>	Si la altura de evacuación excede de 24 m.
Sistema de alarma <sup>(6)</sup>	Si la superficie construida excede de 1.000 m <sup>2</sup> .
Sistema de detección de incendio	Si la superficie construida excede de 2.000 m <sup>2</sup> , detectores en zonas de riesgo alto conforme al capítulo 2 de la Sección 1 de este DB. Si excede de 5.000 m <sup>2</sup> , en todo el edificio.
Hidrantes exteriores	Uno si la superficie total construida está comprendida entre 5.000 y 10.000 m <sup>2</sup> . Uno más por cada 10.000 m <sup>2</sup> adicionales o fracción. <sup>(3)</sup>

En nuestro caso de uso docente, en resumen, el edificio debe contener:

- Extintores portátiles de eficacia 21A -113B a 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación.
  - Bocas de incendio equipadas, ya que el edificio excede los 2000 m<sup>2</sup>.
  - Sistema de alarma, ya que el edificio excede los 1000 m<sup>2</sup>.
  - Sistema de detección de incendio, ya que el edificio excede los 1000 m<sup>2</sup>.
- Se podrá integrar en la instalación del punto anterior:

### Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalar mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea:

- 210 x 210 mm si la distancia de observación de la señal no excede de 10 m
- 420 x 420 mm si la distancia de observación es comprendida entre 10 y 20 m
- 594 x 594 mm si la distancia de observación es comprendida entre 20 y 30 m

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

## 02.5 INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS | SI 5

### Condiciones de aproximación y entorno

#### a Condiciones de aproximación

Los viales de aproximación de los vehículos de los bomberos a los espacios de maniobra deben cumplir las condiciones siguientes:

- anchura mínima libre 3,5 m
- altura mínima libre o gálibo 4,5 m
- capacidad portante del vial 20 kN/m<sup>2</sup>
- en tramos curvos, el carril de rodadura debe tener unos radios mínimos de 5,30 m y 12,50 m, con una anchura libre para circulación de 7,20 m.

#### b Entorno de los edificios

Ya que el edificio se desarrolla con una altura de evacuación menor a 9 m, no es de aplicación este apartado.

### Accesibilidad por fachada

Las fachadas a las que se hace referencia en el apartado 1.2 deben disponer de huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal del servicio de extinción de incendios. Dichos huecos deben cumplir las condiciones siguientes:

- Facilitar el acceso a las plantas del edificio, de forma que la altura del alféizar respecto del nivel de la planta a la que accede sea mayor que 1,20m.
- Sus dimensiones horizontal y vertical deben ser, al menos, 0,80 m y 1,20 m respectivamente. La distancia máxima entre los ejes verticales de dos huecos consecutivos no debe exceder de 25 m, medida sobre la fachada.
- No se deben instalar en fachada elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio a través de dichos huecos, a excepción de los elementos de seguridad situados en los huecos de las plantas cuya altura de evacuación no exceda de 9 m.

En nuestro caso, estos huecos son los patios, situados en los extremos de cada volumen o en el centro del espacio central.

## 02.6 RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA | SI 6

La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus propiedades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica. Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura.

**Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales**

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

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

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

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

<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

**Tabla 3.2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios <sup>(1)</sup>**

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

<sup>(1)</sup> No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial es función del uso del espacio existente bajo dicho suelo.

Ya que el edificio posee una altura sobre rasante inferior a 15 metros, extraemos de las tablas que los elementos estructurales deben poseer una resistencia al fuego:

Elementos enterrados	R-60 (altura evacuación no excede los 28 m)
Elementos sobre rasante	R-60
Zonas de riesgo especial	R-90

## 02.7 APLICACIÓN DEL DB-SI | dimensionado elementos de evacuación

Consideraciones:

- El ancho mínimo del hueco de paso es de 0,8 m.
- El ancho mínimo de las esaleras se establece en el DB-SUA1.
- La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,80 m ni exceder de 1,23 m.
- Se supone inutilizada una de las dos salidas del edificio a efectos del cálculo de la capacidad de evacuación.

### salida de recinto

	ocupación	puertas DB-SI	puertas proyecto
planta baja			
expr. corporal PB	44	0,80 m	1,05 m
biblioteca PB	71	0,80 m	1,05 m
aulas PB	164	0,82 m	1,05 m
sala audiovisuales	32	0,80 m	1,00 m
sala polivalente	89	0,80 m	1,05 m
espacio central	69	0,80 m	1,20 m

### salida a espacio exterior seguro

	ocupación	puertas DB-SI	puertas proyecto
planta baja			
salida norte (+4,5m)	469	1,00 m	1,20 m
salida sur (+0,0m)	469	1,00 m	1,20 m

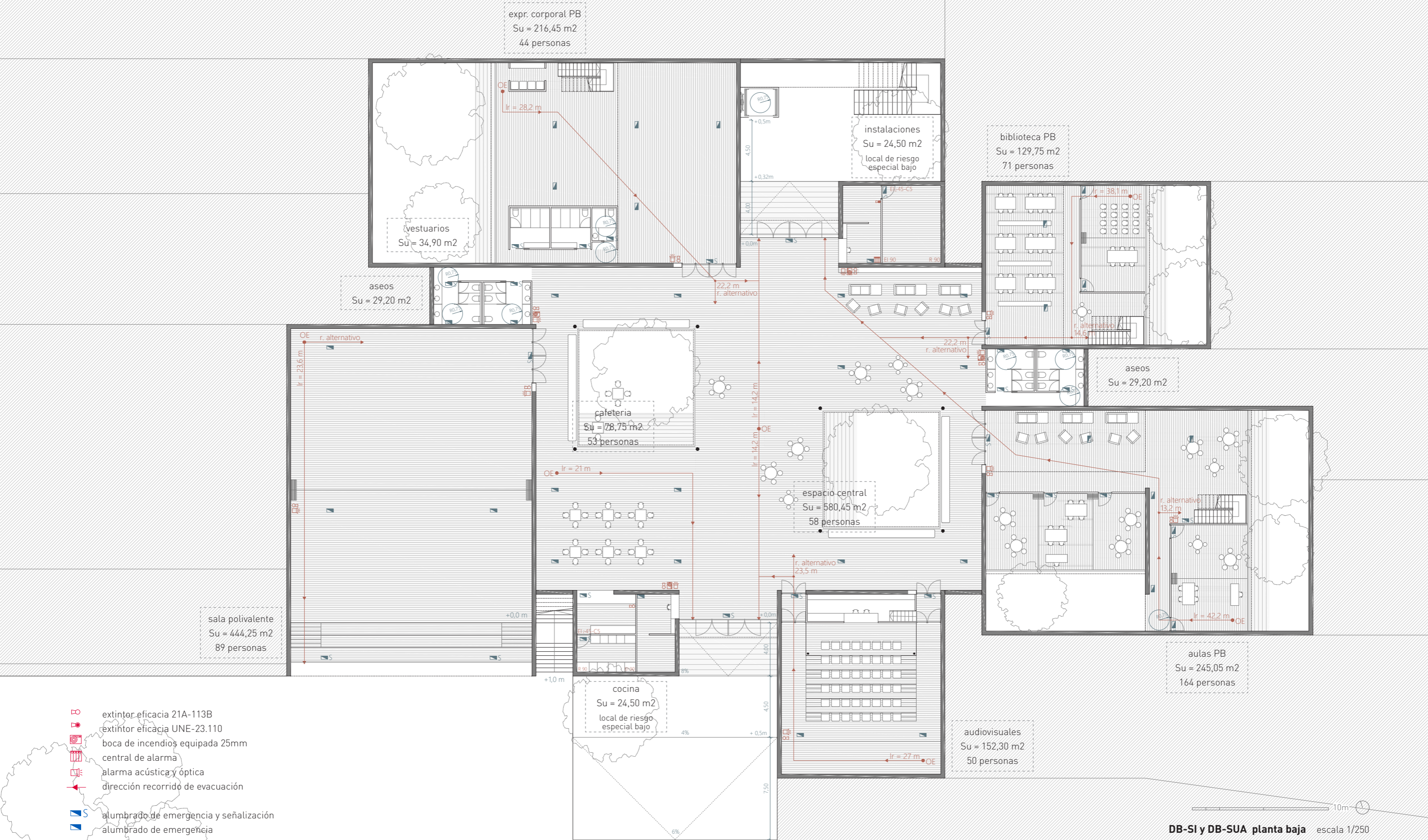
### salida de emergencia a espacio exterior seguro

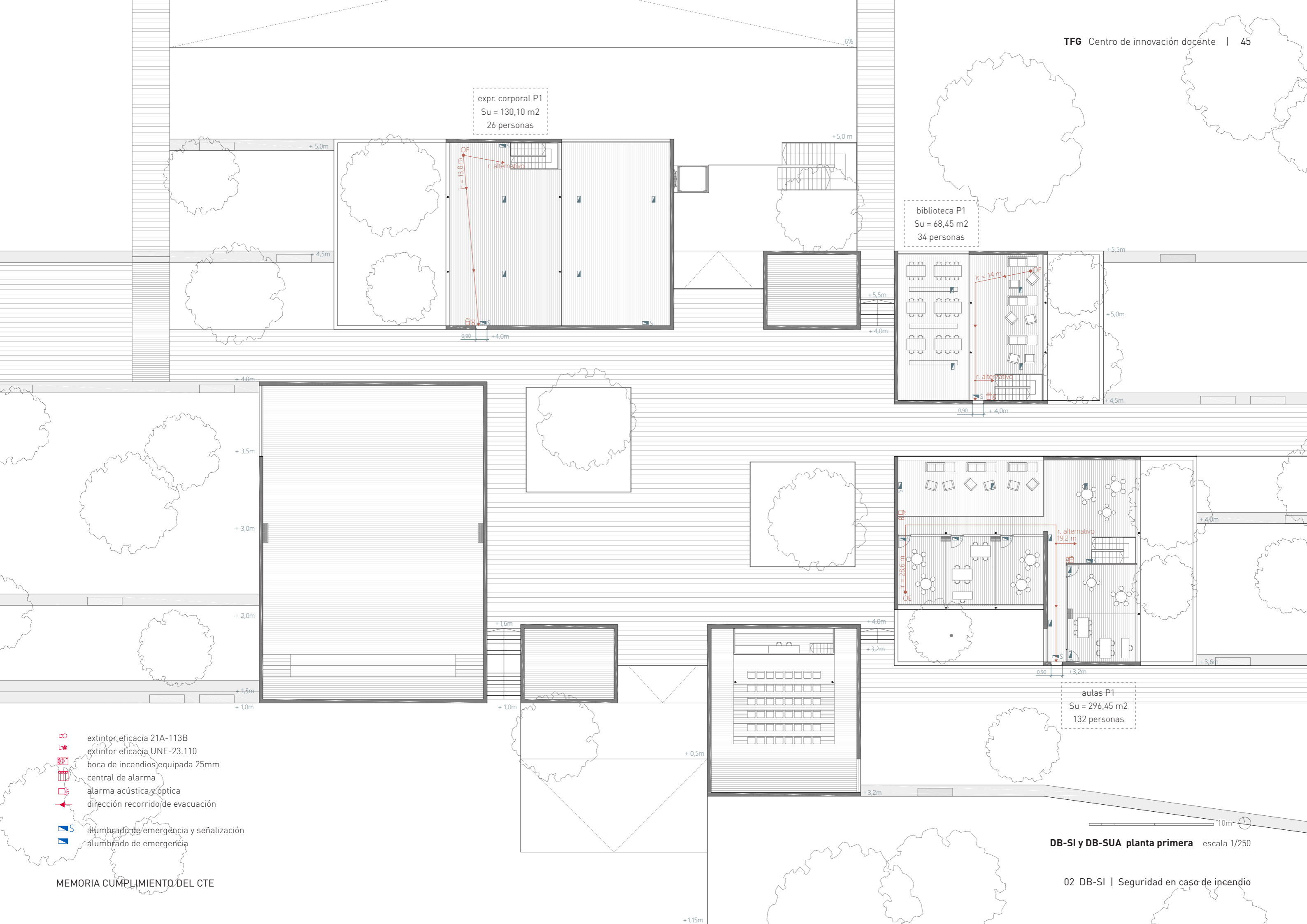
	ocupación	puertas DB-SI	puertas proyecto
planta primera			
expr. corporal P1	26	0,80 m	0,90 m
biblioteca P1	34	0,80 m	0,90 m
aulas P1	132	0,80 m	0,90 m

### salida de planta a planta baja

	ocupación	escaleras DB-SI	escaleras proyecto
planta primera			
expr. corporal P1	26	0,90 m	1,00 m
biblioteca P1	34	0,90 m	1,00 m
aulas P1	132	1,00 m	1,00 m







expr. corporal P1  
Su = 130,10 m<sup>2</sup>  
26 personas

biblioteca P1  
Su = 68,45 m<sup>2</sup>  
34 personas

aulas P1  
Su = 296,45 m<sup>2</sup>  
132 personas

- extintor eficacia 21A-113B
- extintor eficacia UNE-23.110
- boca de incendios equipada 25mm
- central de alarma
- alarma acústica y óptica
- dirección recorrido de evacuación
- alumbrado de emergencia y señalización
- alumbrado de emergencia

MEMORIA CUMPLIMIENTO DEL CTE

DB-SI y DB-SUA planta primera escala 1/250

02 DB-SI | Seguridad en caso de incendio



## 03 DB-SUA | SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD

### 03.1 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAÍDAS | SUA 1

#### Resbaladricidad de los suelos

Con el fin de limitar el riesgo de resbalamiento, los suelos de los edificios de uso Docente, excluidas las zonas de ocupación nula, tendrán una clase según la tabla 1.2.

La tabla 1.2 indica la clase que deben tener los suelos, como mínimo, en función de su localización. Dicha clase se mantendrá durante la vida útil del pavimento. Los suelos se clasifican, en función de su valor de resistencia al deslizamiento Rd.

Tabla 1.2 Clase exigible a los suelos en función de su localización

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior <sup>(1)</sup> , terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc.	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas exteriores. Piscinas <sup>(2)</sup> , Duchas.	3

Buscando la uniformidad del pavimento, usaremos el más desfavorable en cada caso:

Pavimento interior	clase 2	35 < Rd ≤ 45
Pavimento exterior	clase 3	Rd > 45

#### Discontinuidades en el pavimento

Excepto en zonas de uso restringido o exteriores y con el fin de limitar el riesgo de caídas como consecuencia de trapiés o tropiezos, el suelo debe cumplir:

- No tendrá juntas que presenten un resalto de más de 4 mm.
- Los elementos salientes del nivel del pavimento no deben sobresalir del pavimento más de 12 mm y el saliente que exceda de 6 mm no debe formar un ángulo con el pavimento que exceda de 45°.
- En zonas para circulación de personas, el suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 1,5 cm de diámetro.

No existen escalones aislados en nuestro proyecto en ningún caso.

#### Desniveles

##### a Protección de los desniveles

Con el fin de limitar el riesgo de caída, existirán barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) balcones, ventanas, etc. con una diferencia de cota mayor que 55 cm, excepto cuando la disposición constructiva haga muy improbable la caída o cuando la barrera sea incompatible con el uso previsto.

En este sentido, nuestro edificio responde a esta normativa de maneras distintas:

- En interiores, en las plantas superiores, se dispondrán barandillas de 0'9m (salvan 3 m de altura).
- En los patios, se dispondrán celosías para darle unidad a los volúmenes, de manera que se impide la caída desde el espacio público exterior.
- En los abancalamientos del espacio público exterior que rodea el edificio, los cuales salvan un desnivel de 50 cm, no se colocarán barandillas.
- Hay dos abancalamientos que salvan un desnivel de 75 cm, donde se colgarán bancos como barrera de protección, en nuestro caso, sin respaldo.

Para las soluciones en los abancalamientos, la normativa establece:

- En las zonas de uso público se facilitará la percepción de las diferencias de nivel que no excedan de 55 cm y que sean susceptibles de causar caídas, mediante diferenciación visual y táctil, que comenzará a 25 cm del borde, como mínimo.
- Banco como barrera de protección. Su "uso previsto" es sentarse y no estar de pie encima de él; por ello, es evidente el riesgo real de caída por detrás cuando no tiene respaldo, por lo que cuando la altura de caída desde el nivel de banco exceda de 1,50 m, éste tendrá respaldo.

##### b Características de las barreras de protección

Tendrán, como mínimo, una altura de 0,90 m cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m, que es nuestro caso.

Las características de resistencia y constructivas cumplen según la información del fabricante.

#### Escaleras y rampas

##### a Rampas

Pendiente en itinerarios accesibles

- La pendiente máxima será del 10% cuando su longitud sea menor que 3m, del 8% cuando la longitud sea menor que 6 m y del 6% en el resto de casos.
- La pendiente transversal de las rampas que pertenezcan a itinerarios accesibles será del 2%, como máximo.

Características de los tramos

- En el caso de itinerarios accesibles, la longitud del tramo será de 9 m.
- Si pertenece a un itinerario accesible los tramos serán rectos y de una anchura mínima de 1,20 m. Asimismo, dispondrán de una superficie horizontal al principio y al final del tramo de mínimo 1,20 m.
- La anchura de la rampa estará libre de obstáculos.

Características de las mesetas

- Las dispuestas entre los tramos de una rampa con la misma dirección tendrán al menos la anchura de la rampa y una longitud de mínimo 1,50 m.
- Si pertenece a un itinerario accesible, no habrá pasillos de menos de 1,50m ni puertas situados a menos de 40 cm de distancia del arranque de un tramo.

Características de los pasamanos

- Las rampas que pertenezcan a un itinerario accesible, cuya pendiente sea mayor o igual que el 6% y salven una diferencia de altura de más de 18,5 cm, dispondrán de pasamanos continuo en todo su recorrido en ambos lados.
- Cumple las mismas características que los pasamanos de escaleras.

##### b Cumplimiento de las rampas del centro de innovación docente

Rampa acceso inferior	pendiente	9%	cumple
	longitud tramo	6 m	cumple
	anchura tramo	15 m	cumple
	anchura meseta	1,5 m	cumple

**c** Escaleras de uso general

No hay escaleras de uso restringido, por lo que dicha normativa no es de aplicación. El proyecto cuenta con una escalera exterior en el acceso noreste, con tres escaleras interiores que conectan los forjados intermedios con la planta baja, y con dos graderíos en las salas multiusos y de audiovisuales.

## Características de los peldaños

- En tramos rectos, la huella medirá 28 cm como mínimo. La contrahuella medirá 13 cm como mínimo y 17,5 cm como máximo en zonas de uso público.
- La huella H y la contrahuella C cumplirán a lo largo de una misma escalera la relación siguiente:  $54 \text{ cm} \leq 2C + H \leq 70 \text{ cm}$
- No se admite bocel.

## Características de los tramos

- Cada tramo tendrá 3 peldaños como mínimo.
- Altura máxima que salva un tramo. Es 2,25 m en zonas de uso público.
- Todos los peldaños tendrán la misma contrahuella y todos los peldaños de los tramos rectos tendrán la misma huella.
- Anchura útil del tramo. Se determinará según las exigencias de evacuación del apartado 4 de la SI 3 del DB-SI y será, como mínimo, la indicada en la tabla 4.1. (1 metro para uso docente y menos de 100 personas previstas).
- La anchura de la escalera estará libre de obstáculos.

## Características de las mesetas

- Cambio de dirección entre dos tramos. La anchura de la escalera no se reducirá a lo largo de la meseta. Además, estará libre de obstáculos y sobre ella no barrerá el giro de apertura de ninguna puerta.
- Mesetas de las escaleras de uso público. Habrá una franja de pavimento visual y táctil en el arranque de los tramos, con características especificadas en el apartado 2.2 de la sección SUA9. No habrá pasillos de anchura inferior a 1,20m ni puertas situadas a menos de 40 cm del primer peldaño de un tramo.

## Características de los pasamanos

- Escaleras que salven una altura mayor que 55 cm. Dispondrán de pasamanos al menos en un lado. Cuando su anchura libre exceda de 1,20m así como cuando no se disponga ascensor como alternativa a la escalera, dispondrán de pasamanos en ambos lados.
- Estará a una altura comprendida entre 90 y 110 cm.
- Será firme y fácil de asir, estará separado del paramento al menos 4 cm y su sistema de sujeción no interferirá el paso continuo de la mano.

**d** Cumplimiento de las escaleras del centro de innovación docente

Escaleras exteriores	huella	35 cm	cumple
	contrahuella	17,31cm	cumple
	2C + H	69,6 cm	cumple
	altura tramo	2,25 m	cumple
	anchura tramo	1,8 m	cumple
	anchura meseta	1,9 m	cumple
Escaleras biblioteca y sala expr. corporal	pasamanos ambos lados		cumple
	huella	28 cm	cumple
	contrahuella	17,39cm	cumple
	2C + H	62,8 cm	cumple
	altura tramo	2,08 m	cumple
	anchura tramo	1 m	cumple
Escaleras aulas	anchura meseta	1 m	cumple
	pasamanos ambos lados		cumple
	huella	28 cm	cumple
	contrahuella	16,84cm	cumple
	2C + H	61,7 cm	cumple
	altura tramo	1,68 m	cumple
Escaleras aulas	anchura tramo	1 m	cumple
	anchura meseta	1 m	cumple
	pasamanos ambos lados		cumple

**Pasillos escalonados de acceso a localidades en graderíos**

Tenemos casos puntuales en la sala multiusos y en la de audiovisuales. La normativa aplicable es:

- Los pasillos escalonados de acceso a localidades en zonas de espectadores tales como graderíos o similares tendrán escalones con una contrahuella de dimensión constante.
- Las huellas podrán tener dos dimensiones que se repitan en peldaños alternativos, con el fin de permitir el acceso a nivel a las filas de espectadores.
- La anchura de los pasillos escalonados se determinará de acuerdo con las condiciones de evacuación que se establecen en el DB-SI.

**Limpieza de los acristalamientos exteriores**

La normativa es específica para el uso Residencial Vivienda, no obstante, con una altura máxima de 6 m, los acristalamientos se pueden limpiar desde los patios con algunos mecanismos.



### 03.2 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE IMPACTO O DE ATRAPAMIENTO | SUA 2

#### Impacto con elementos fijos

En este apartado se tienen en cuenta escaleras y salientes, elementos pertenecientes tanto a la estructura como al mobiliario fijo. La normativa aplicable es:

- La altura libre de paso en zonas de circulación será, como mínimo, 2,20 m. En los umbrales de las puertas la altura libre será 2 m, como mínimo.
- Los elementos fijos que sobresalgan de las fachadas y que estén situados sobre zonas de circulación estarán a una altura de 2,20 m, como mínimo.
- En zonas de circulación, las paredes carecerán de elementos salientes que no arranquen del suelo o vuelen más de 15 cm y presenten riesgo de impacto.
- Los equipos de seguridad que supongan un saliente no dejan de presentar objetivamente riesgo de impacto por el hecho de ser elementos de seguridad reglamentariamente exigibles.

#### Impacto con elementos practicables

Las puertas de recintos que no sean de ocupación nula situadas en el lateral de los pasillos cuya anchura sea menor que 2,50 m se dispondrán de forma que el barrido de la hoja no invada el pasillo.

#### Impacto con elementos frágiles

Los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto por ser superficies acristaladas que no disponen de una barrera de protección deben tener ciertas prestaciones determinadas según la norma UNE EN 12600:2003.

Se identifican las siguientes áreas con riesgo de impacto:

- En puertas, el área comprendida entre el nivel del suelo, una altura de 1,50m y una anchura igual a la de la puerta más 0,30 m a cada lado de esta.
- En paños fijos, el área comprendida entre el nivel del suelo y altura 0,90 m.

#### Impacto con elementos insuficientemente perceptibles

No disponemos de grandes superficies acristaladas que se puedan confundir con puertas o aberturas.

### 03.3 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE APRISIONAMIENTO | SUA 3

Cuando las puertas de un recinto tengan dispositivo para su bloqueo desde el interior y las personas puedan quedar accidentalmente atrapadas dentro del mismo, existirá algún sistema de desbloqueo de las puertas desde el exterior del recinto. Excepto en el caso de los baños o los aseos de viviendas, dichos recintos tendrán iluminación controlada desde su interior.

La fuerza de apertura de las puertas de salida en itinerarios accesibles será de como máximo 25 N, en general, y 65 N cuando sean resistentes al fuego).

Las dimensiones y la disposición de los pequeños recintos y espacios serán adecuadas para garantizar a los posibles usuarios en silla de ruedas la utilización de los mecanismos de apertura y cierre de las puertas y el giro en su interior, libre del espacio barrido por las puertas.

### 03.4 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA | SUA 4

#### Alumbrado normal en zonas de circulación

En cada zona se dispondrá una instalación de alumbrado capaz de proporcionar una iluminancia mínima de 20 lux en zonas exteriores y de 100 lux en zonas interiores, medida a nivel del suelo. El factor de uniformidad media será del 40% como mínimo.

#### Alumbrado de emergencia

##### a Dotación

Los edificios dispondrán de un alumbrado de emergencia que, en caso de fallo del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

Contarán con alumbrado de emergencia las zonas y los elementos siguientes:

- a) Todo recinto cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- b) Los recorridos desde todo origen de evacuación hasta el espacio exterior seguro y hasta las zonas de refugio, incluidas las propias zonas de refugio.
- d) Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial.
- e) Los aseos generales de planta en edificios de uso público.
- f) Los lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.
- g) Las señales de seguridad.
- h) Los itinerarios accesibles.

La posición y las características del alumbrado de emergencia aparecen en los planos de DB-SI / DB-SUA.

**b** Posición y características de las luminarias

Para proporcionar una iluminación adecuada las luminarias se situarán al menos a 2 m por encima del nivel del suelo. Además, se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad. Como mínimo se dispondrán:

- en las puertas existentes en los recorridos de evacuación;
- en las escaleras, que cada tramo de escaleras reciba iluminación directa;
- en los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos;

**c** Características de la instalación

La instalación será fija, tendrá fuente propia de energía y deberá entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado normal en las zonas con alumbrado de emergencia. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión nominal de alimentación por debajo del 70%.

El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación debe alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de los 5 s y el 100% a los 60 s.

La instalación cumplirá, durante una hora a partir del instante en que tenga lugar el fallo, las siguientes condiciones de servicio:

- a) En vías de evacuación de anchura menor a 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central (al menos la mitad de la anchura de la vía).
- b) En los puntos en los que estén los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de uso manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 lux, como mínimo.
- c) A lo largo de la línea central de una vía de evacuación, la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no debe ser mayor que 40:1.
- d) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión y contemplando un factor de mantenimiento (reducción del rendimiento debido a la suciedad y al envejecimiento).
- e) Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40.

**d** Iluminación de las señales de seguridad

La iluminación de las señales de evacuación indicativas de las salidas y de las señales indicativas de los medios manuales de protección contra incendios y de los de primeros auxilios, deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) La luminancia de cualquier área de color de seguridad de la señal debe ser al menos de 2 cd/m<sup>2</sup> en todas las direcciones de visión importantes
- b) La relación de la luminancia máxima a la mínima dentro del color blanco o de seguridad no debe ser mayor de 10:1, debiéndose evitar variaciones importantes entre puntos adyacentes.
- c) La relación entre la luminancia Lblanca, y la luminancia Lcolor >10, no será menor que 5:1 ni mayor que 15:1.
- d) Las señales de seguridad deben estar iluminadas al menos al 50% de la iluminancia requerida, al cabo de 5 s, y al 100% al cabo de 60 s.

**03.5** SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR SITUACIONES CON ALTA OCUPACIÓN | SUA 5

Las condiciones establecidas en esta sección son de aplicación a los graderíos de estadios, pabellones polideportivos, centros de reunión, otros edificios de uso cultural... previstos para más de 3.000 espectadores de pie. Por ello, no se aplica esta normativa en el desarrollo del cumplimiento del CTE para este proyecto.

**03.6** SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOGAMIENTO | SUA 6

Esta Sección es aplicable a las piscinas de uso colectivo y a pozos, depósitos o conducciones abiertas que sean accesibles a personas y presenten riesgo de ahogamiento. Por ello, no se aplica esta normativa en el desarrollo del cumplimiento del CTE para este proyecto.

**03.7** SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO | SUA 7

Esta Sección es aplicable a las zonas de uso Aparcamiento (lo que excluye a los garajes de una vivienda unifamiliar) así como a las vías de circulación de vehículos existentes en los edificios. Por ello, no se aplica esta normativa en el desarrollo del cumplimiento del CTE para este proyecto.



### 03.8 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR LA ACCIÓN DEL RAYO | SUA 8

Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos  $N_e$  sea mayor que el riesgo admisible  $N_a$ .

01 La frecuencia esperada de impactos,  $N_e$ , se determina mediante la expresión:  
 $N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6}$   
 $N_e = 0,5 \cdot 5.050 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 0,00126$  nº impactos/año

$N_g = 0,5$  = densidad de impactos sobre el terreno, según la figura 1.1.  
 $A_e = 5.050$  m<sup>2</sup> = superficie de captura equivalente del edificio aislado, delimitada por una línea trazada a distancia  $3H$  del perímetro del edificio, siendo  $H$  la altura del edificio en él.  $H$  media = 3 metros.  
 $C_1 = 0,5$  = coeficiente relacionado con el entorno, según la tabla 1.1.



Figura 1.1 Mapa de densidad de impactos sobre el terreno  $N_g$

Situación del edificio	$C_1$
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

02 El riesgo admisible,  $N_a$ , puede determinarse mediante la expresión:  
 $N_a = 5,5 \cdot 10^{-3} / (C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5)$   
 $N_a = 5,5 \cdot 10^{-3} / (1 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1) = 0,00183$  nº impactos/año

$C_2 = 1$  (estructura y cubierta de hormigón)  
 $C_2$  coeficiente en función del tipo de construcción, conforme a la tabla 1.2.  
 $C_3 = 1$  (edificio sin contenido inflamable)  
 $C_3$  coeficiente en función del contenido del edificio, conforme a la tabla 1.3.  
 $C_4 = 3$  (uso docente)  
 $C_4$  coeficiente en función del uso del edificio, conforme a la tabla 1.4.  
 $C_5 = 1$  (edificio no imprescindible)  
 $C_5$  coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, conforme a la tabla 1.5.

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

03 Procedimiento de verificación  
 $N_e = 0,00126$  nº impactos/año  
 $N_a = 0,00183$  nº impactos/año  
 $N_e (0,00126) < N_a (0,00183)$   
 Ya que el riesgo esperado es menor que el riesgo admisible, no es necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo.

### 03.9 ACCESIBILIDAD | SUA 9

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles que se establecen a continuación.

#### Condiciones funcionales

Accesibilidad en el exterior del edificio. La parcela dispondrá al menos de un itinerario accesible que comunique una entrada principal al edificio.

Accesibilidad entre plantas del edificio. En el caso de uso docente (no residencial), el proyecto debe prever, al menos dimensional y estructuralmente, la instalación de un ascensor accesible que comunique dichas plantas. En nuestro caso, los forjados intermedios de los volúmenes desempeñan la misma función que en su parte inferior, por lo que no dispondremos tales ascensores en el interior del edificio.

Accesibilidad en las plantas del edificio. Los edificios de otros usos al residencial dispondrán de un itinerario accesible que comunique, en cada planta, el acceso accesible a ella (entrada principal accesible al edificio, ascensor accesible, rampa accesible) con las zonas de uso público, con todo origen de evacuación de las zonas de uso privado exceptuando las zonas de ocupación nula, y con los elementos accesibles.

#### Dotación de elementos accesibles

Servicios higiénicos accesibles. Siempre que sea exigible la existencia de aseos o de vestuarios por alguna disposición legal de obligado cumplimiento, existirá al menos:

- a) Un aseo accesible por cada 10 unidades o fracción de inodoros instalados, pudiendo ser de uso compartido para ambos sexos.
- b) En cada vestuario, una cabina de vestuario accesible, un aseo accesible y una ducha accesible por cada 10 unidades o fracción de los instalados.

Mobiliario fijo. El mobiliario fijo de zonas de atención al público incluirá al menos un punto de atención accesible. Como alternativa a lo anterior, se podrá disponer un punto de llamada accesible para recibir asistencia.

### Condiciones y características de la información y señalización para la accesibilidad

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización independiente, no discriminatoria y segura de los edificios, se señalarán los elementos que se indican en la tabla 2.1 con las características indicadas en el apartado 2.2 siguiente, en función de la zona.

Las características de esta señalización son:

- Las entradas al edificio accesibles, los itinerarios accesibles y los servicios higiénicos accesibles (aseo, cabina de vestuario y ducha accesible) se señalarán mediante SIA, complementado, en su caso, con flecha direccional.
- Los ascensores accesibles se señalarán mediante SIA. Asimismo, contarán con indicación en Braille y arábigo en alto relieve a una altura entre 0,80 y 1,20 m, del número de planta en la jamba derecha en sentido salida de la cabina.
- Los servicios higiénicos de uso general se señalarán con pictogramas normalizados de sexo en alto relieve y contraste cromático, altura entre 0,80 y 1,20 m, junto al marco, a la derecha de la puerta y en el sentido de la entrada.
- Las bandas señalizadoras visuales y táctiles serán de color contrastado con el pavimento, con relieve de altura  $3\pm 1$  mm en interiores y  $5\pm 1$  mm en exteriores. Las exigidas en el apartado 4.2.3 de la Sección SUA 1 para señalar el arranque de escaleras, tendrán 80 cm de longitud en el sentido de la marcha, anchura la del itinerario y acanaladuras perpendiculares al eje de la escalera. Las exigidas para señalar el itinerario accesible hasta un punto de llamada accesible o hasta un punto de atención accesible, serán de acanaladura paralela a la dirección de la marcha y de anchura 40 cm.
- Las características y dimensiones del Símbolo Internacional de Accesibilidad para la movilidad (SIA) se establecen en la norma UNE 41501:2002.

En nuestro caso, todo zonas de uso público, será necesario señalar en estos lugares y de la siguiente manera:

Entradas al edificio accesibles	SIA + flecha direccional
Itinerarios accesibles	SIA + flecha direccional
Ascensores accesibles	SIA + braile + arábigo
Servicios higiénicos accesibles	SIA + flecha direccional
Servicios higiénicos de uso general	pictogramas



## 04 DB-HS | SALUBRIDAD

### 04.1 PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD | HS 1

Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.

Para la aplicación de esta sección se estudiarán las características de diseño relativas a muros, suelos, fachadas y cubiertas, así como las condiciones relativas a los productos de construcción y las condiciones de mantenimiento y de conservación.

#### Diseño de muros

##### a Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros en contacto con el terreno frente a la penetración del agua del terreno y de las escorrentías se obtiene en la tabla 2.1 en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

La presencia de agua es baja, ya que se considera que el nivel freático está situado a más de dos metros por debajo de la cara inferior de la cimentación. Por otra parte, a pesar de no disponer del coeficiente  $k_s$ , optaremos por grado de impermeabilidad 1.

##### b Condiciones de la solución constructiva

Las condiciones constructivas de los muros se obtienen de la tabla 2.2. adjunta:

Tabla 2.2 Condiciones de las soluciones de muro

Grado de impermeabilidad	Muro de gravedad			Muro flexorresistente			Muro pantalla		
	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco
	≤1	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5
≤2	C3+I1+D1+D3 <sup>(2)</sup>	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤3	C3+I1+D1+D3 <sup>(3)</sup>	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3 <sup>(2)</sup>	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤4		I1+I3+D1+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1 <sup>(1)</sup>		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

Al considerar que nuestros muros de sótano trabajan a flexocompresión y podemos impermeabilizar exteriormente, debemos seguir, mínimo, la solución I2 + I3 + D1 + D5.

##### I1 | Lámina impermeabilizante no adherida

Adoptamos un grado mayor de impermeabilización a I2.

La impermeabilización debe realizarse mediante la colocación en el muro de una lámina impermeabilizante. Si se impermeabiliza exteriormente con lámina, cuando ésta sea no adherida debe colocarse una capa antipunzonamiento en cada una de sus caras. Si se dispone una lámina drenante (nuestro caso) puede suprimirse la capa antipunzonamiento exterior.

##### I3 | No es de aplicación porque nuestro muro no es de fábrica.

##### D1 | Capa drenante y capa filtrante

Debe disponerse una capa drenante y una capa filtrante entre la impermeabilización y el terreno. La capa drenante puede estar constituida por una lámina drenante u otro material que produzca el mismo efecto. Cuando la capa drenante sea una lámina, el remate superior de la lámina debe protegerse de la entrada de agua de las precipitaciones y de las escorrentías.

##### D3 | Tubo drenaje

Adoptamos esta solución aunque no sea necesaria, ya que los terrenos colindantes son jardines y pueden acumular el agua de manera imprevista. Debe colocarse en el arranque del muro un tubo drenante conectado a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización.

##### D5 | Red de evacuación de agua de lluvia

Debe disponerse una red de evacuación del agua de lluvia en las partes de la cubierta y del terreno que puedan afectar al muro y debe conectarse aquélla a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización.

##### c Condiciones de los puntos singulares

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

##### d Encuentros del muro con las fachadas

Cuando el muro se impermeabilice por el exterior, en los arranques de las fachadas, el impermeabilizante debe prolongarse más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior. El remate de esta impermeabilización se realizará a una altura de 30 cm, recogiendo la lámina impermeable y las dos capas de protección mediante un perfil metálico de remate del sistema de protección exterior del muro de hormigón. El perfil se dispone a una altura de 15 cm aunque la impermeabilización se prolonga hasta los 30 cm.

##### e Paso de conductos

Los pasatubos deben disponerse de tal forma que entre ellos y los conductos exista una holgura que permita las tolerancias de ejecución y los posibles movimientos diferenciales entre el muro y el conducto. Debe fijarse el conducto al muro con elementos flexibles.

Debe disponerse un impermeabilizante entre el muro y el pasatubos y debe sellarse la holgura entre el pasatubos y el conducto con un perfil expansivo o un mástico elástico resistente a la compresión.

##### f Esquinas y rincones

Debe colocarse en los encuentros entre dos planos impermeabilizados una banda o capa de refuerzo del mismo material que el impermeabilizante utilizado de una anchura de 15 cm como mínimo y centrada en la arista.

##### g Juntas

En el caso de muros hormigonados in situ, para la impermeabilización de las juntas verticales y horizontales, debe disponerse una banda elástica embebida en los dos testeros de ambos lados de la junta.

**Diseño de suelos**

**a** Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua de éste y de las escorrentías se obtiene en la tabla 2.3 en función de la presencia de agua determinada de acuerdo con 2.1.1 y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

Se considera una presencia de agua baja, como en el apartado de muros, y debido a la incertidumbre sobre el coeficiente Ks, el grado de impermeabilidad puede ser 1 ó 2, por lo que tomaremos el más desfavorable: grado de impermeabilidad 2.

**b** Condiciones de la solución constructiva

Las soluciones constructivas de los suelos se obtienen de la tabla 2.4. que se adjunta a continuación:

**Tabla 2.4 Condiciones de las soluciones de suelo**

		Muro flexorresistente o de gravedad											
		Suelo elevado			Solera			Placa					
		Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención			
Grado de impermeabilidad	I1			V1			D1		C2+C3+D1		D1		C2+C3+D1
	I2	C2		V1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1
	I3	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1+D3+D4	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+C1+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+C1+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C1+C2+I2+D1+D2+S1+S2+S3			
	I4	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1+D4		C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3			
	I5	I2+S1+S3+V1+D3	I2+P1+S1+S3+V1+D3		C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+D1+D2+P1+P2+S1+S2+S3		C2+C3+D1+D2+I2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+D1+D2+P1+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3			

Al considerar que nuestros muros de sótano trabajan a flexocompresión y que la solera (forjado tipo caviti) es sin intervención, la solución mínima es C2 + C3 + D1.

**C2** | Hormigón de retracción moderada

Cuando el suelo se construya in situ debe utilizarse hormigón de retracción moderada.

**C3** | Hidrofugación del suelo

Debe realizarse una hidrofugación complementaria del suelo mediante la aplicación de un producto líquido colmatador de poros sobre la superficie terminada del mismo.

**D1** | Capas drenante y filtrante

Debe disponerse una capa drenante y una capa filtrante sobre el terreno situado bajo el suelo. En el caso de que se utilice como capa drenante un enchado, debe disponerse una lámina de polietileno por encima de ella. Sobre el terreno se dispondrá de una base de zahorras compactadas y sobre ella una lámina drenante de polietileno ue a la vez protege a la lámina impermeable situada sobre ella. Sobre esta lámina de impermeabilización habrá otra capa de protección superior para sobre ella construir la solera.

**c** Condiciones de los puntos singulares

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

**d** Encuentros del suelo con los muros

Cuando el suelo y el muro sean hormigonados in situ, excepto en el caso de muros pantalla, debe sellarse la junta entre ambos con una banda elástica embebida en la masa del hormigón a ambos lados de la junta.

**Diseño de fachadas**

**a** Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas frente a la penetración de las precipitaciones se obtiene en la tabla 2.5 en función de la zona pluviométrica de promedios y del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio.

Zona pluviométrica III, según la figura 2.4.

Grado de exposición al viento V3, según la tabla 2.6:

Altura de coronación del edificio sobre el terreno < 15 m.

Zona eólica A, obtenida de la figura 2.5.

Terreno tipo IV, zona urbana.

Clase de entorno E1, por ser terreno tipo IV.



Figura 2.4 Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual

Tabla 2.6 Grado de exposición al viento

Altura del edificio en m	Clase del entorno del edificio					
	E1			E0		
	Zona eólica			Zona eólica		
	A	B	C	A	B	C
≤ 15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
41 - 100 <sup>(1)</sup>	V2	V2	V2	V1	V1	V1

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

Según los datos antes mencionados y tabla 2.5., las fachadas deben tener grado de impermeabilidad 3.



**b** Condiciones de la solución constructiva

Se obtienen de la tabla 2.7. que se adjunta a continuación:

		Con revestimiento exterior	Sin revestimiento exterior
Grado de Impermeabilidad	≤1	R1+C1 <sup>(1)</sup>	C1 <sup>(1)</sup> +J1+N1
	≤2		B1+C1+J1+N1   C2+H1+J1+N1   C2+J2+N2   C1 <sup>(1)</sup> +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1   R1+C2	B2+C1+J1+N1   B1+C2+H1+J1+N1   B1+C2+J2+N2   B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1   R1+B1+C2   R2+C1 <sup>(1)</sup>	B2+C2+H1+J1+N1   B2+C2+J2+N2   B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1   B3+C1   R1+B2+C2   R2+B1+C1	B3+C1

<sup>(1)</sup> Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Consideramos que tenemos revestimiento exterior por lo que la solución mínima a emplear es R1 + B1 + C1.

R1 | Resistencia media a la filtración del revestimiento exterior

El sistema de revestimiento exterior Coteterm que empleamos cumple las características y se especifican en su ficha técnica. Esta sección exige para este tipo de revestimientos discontinuos rígidos pegados una fijación al soporte que garantice su estabilidad y adaptación al movimiento del soporte.

B1 | Barrera de resistencia media a la filtración

Debe disponerse al menos una barrera de resistencia media a la filtración. Se consideran como un aislante no hidrófilo colocado en la cara interior de la hoja principal.

C1 | Hoja principal de espesor medio

Se considera como tal 12 cm de bloque de hormigón.

**c** Condiciones de los puntos singulares

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, así como las de continuidad o discontinuidad relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

**d** Juntas de dilatación

Deben disponerse juntas de dilatación en la hoja principal de tal forma que cada junta estructural coincida con una de ellas. En hormigón, las juntas estructurales se separan máximo 30 m, dimensiones no alcanzadas en ningún caso en este proyecto. El revestimiento exterior debe estar provisto de juntas de dilatación de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea suficiente para evitar su agrietamiento.

**e** Arranque de la fachada desde la cimentación

Debe disponerse una barrera impermeable que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad o adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

**f** Encuentro de la fachada con la carpintería

Cuando la carpintería esté retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él [...] y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discurra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería.

El vierteaguas debe tener una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo, debe ser impermeable, debe disponer de un goterón en la cara inferior del saliente, separado del paramento exterior > 2 cm, y su entrega lateral en la jamba debe ser > 2 cm.

**g** Antepechos y remates superiores de las fachadas

Los antepechos deben rematarse con albardillas para evacuar el agua de lluvia que llegue a su parte superior. Las albardillas deben tener una inclinación de 10° como mínimo, deben disponer de goterones en la cara inferior de los salientes. En nuestro caso, el agua se evacúa hacia los propios paños de cubierta.

**Diseño de cubiertas****a** Grado de impermeabilidad

Para las cubiertas el grado de impermeabilidad exigido es único e independiente de factores climáticos. cualquier solución constructiva alcanza este grado de impermeabilidad siempre que se cumplan las condiciones indicadas a continuación.

Siguiendo las condiciones de las soluciones constructivas, las cubiertas de este proyecto disponen de:

- Un sistema de formación de pendientes, ya que la cubierta es plana. Según el siguiente apartado de "Condiciones de los componentes", estas pendientes pueden ser del 1 al 5%.
- Una capa separadora bajo el aislante térmico, para evitar el contacto entre materiales químicamente incompatibles.
- Un aislante térmico, que según se determina en la sección HE 1 del DB-HE, debe estar entre 7 y 11 cm.
- Una capa separadora bajo la capa de impermeabilización, para evitar el contacto entre materiales químicamente incompatibles.
- Una capa de impermeabilización, ya que la cubierta es plana.
- Una capa separadora entre la capa de protección (gravas) y la capa de impermeabilización para evitar la adherencia entre ambas capas, darle a la impermeabilización una resistencia pequeña al punzonamiento estático. Será filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante.
- Un sistema de evacuación de aguas, que puede constar de canalones, sumideros y rebosaderos, dimensionado según el cálculo descrito en la sección HS 5 del DB-HS.

**b** Condiciones de los puntos singulares

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

**c** Juntas de dilatación

Deben disponerse juntas de dilatación de la cubierta y la distancia entre juntas de dilatación contiguas debe ser como máximo 15 m, coincidiendo siempre que exista, con los encuentros con un paramentos verticales. Las juntas deben afectar a las distintas capas de la cubierta a partir del elemento que sirve de soporte resistente. En las juntas debe colocarse un sellante dispuesto sobre un relleno introducido en su interior. El sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de protección de la cubierta.

En este proyecto, las vigas cuelgan hacia arriba y separan los paños de cubierta, por lo que las juntas suelen coincidir en los encuentros con las vigas.

**d** Encuentro de la cubierta con un paramento vertical

La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.

Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate puede realizarse mediante un perfil metálico inoxidable provisto de una pestaña al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro.

**e** Encuentro de la cubierta con un sumidero o un canalón

El sumidero o el canalón debe ser una pieza prefabricada, de un material compatible con el tipo de impermeabilización que se utilice y debe disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior.

Debe estar provisto de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección.

La impermeabilización debe prolongarse 10 cm como mínimo por encima de las alas. La unión del impermeabilizante con el sumidero o el canalón debe ser estanca.

**Mantenimiento y conservación**

Deben realizarse las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad, se incluyen en la tabla 6.1 y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos.

	Operación	Periodicidad
<b>Muros</b>	Comprobación del correcto funcionamiento de los canales y bajantes de evacuación de los muros parcialmente estancos	1 año <sup>(1)</sup>
	Comprobación de que las aberturas de ventilación de la cámara de los muros parcialmente estancos no están obstruidas	1 año
	Comprobación del estado de la impermeabilización interior	1 año
<b>Suelos</b>	Comprobación del estado de limpieza de la red de drenaje y de evacuación	1 año <sup>(2)</sup>
	Limpieza de las arquetas	1 año <sup>(2)</sup>
	Comprobación del estado de las bombas de achique, incluyendo las de reserva, si hubiera sido necesarias su implantación para poder garantizar el drenaje	1 año
	Comprobación de la posible existencia de filtraciones por fisuras y grietas	1 año
<b>Fachadas</b>	Comprobación del estado de conservación del revestimiento: posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades y manchas	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
	Comprobación de la posible existencia de grietas y fisuras, así como desplomes u otras deformaciones, en la hoja principal	5 años
	Comprobación del estado de limpieza de las llagas o de las aberturas de ventilación de la cámara	10 años
<b>Cubiertas</b>	Limpieza de los elementos de desagüe (sumideros, canalones y rebosaderos) y comprobación de su correcto funcionamiento	1 año <sup>(1)</sup>
	Recolocación de la grava	1 año
	Comprobación del estado de conservación de la protección o tejado	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años

<sup>(1)</sup> Además debe realizarse cada vez que haya habido tormentas importantes.

<sup>(2)</sup> Debe realizarse cada año al final del verano.

**04.2 RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS | HS 2**

Los edificios dispondrán de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida de tal forma que se facilite la adecuada separación en origen de dichos residuos, la recogida selectiva de los mismos y su posterior gestión.

**04.3 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR | HS 3**

Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

La normativa establecida en el CTE se refiere a locales de uso residencial. Para locales de otro tipo se considera que cumplen las exigencias del CTE si se siguen las directrices del RITE.

**04.4 SUMINISTRO DE AGUA | HS 4**

Los edificios dispondrán de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.

Esta sección se aplica a los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Se desarrolla en el apartado correspondiente en la memoria de instalaciones.

**04.5 EVACUACIÓN DE AGUAS | HS 5**

Los edificios dispondrán de medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías.

Esta sección se aplica a los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Se desarrolla en el apartado correspondiente en la memoria de instalaciones.



## 05 DB-HR | PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

El objetivo del requisito básico "Protección frente el ruido" consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

Para satisfacer las exigencias del CTE en lo referente a la protección frente al ruido deben:

- a) alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos (aislamiento acústico a ruido de impactos) establecidas en el apartado 2.1.
- b) no superarse los valores límite de tiempo de reverberación que se establecen en el apartado 2.2.
- c) cumplirse las especificaciones del apartado 2.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.

En el estudio del ruido clasificaremos los recintos en:

Recintos protegidos. Recintos habitables con mejores características acústicas. En uso docente, consideramos que son: aulas, biblioteca, seminarios, sala de profesorado, sala audiovisuales y multiusos...

Recintos habitables. Recintos interiores destinados al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Son aseos, distribuidores y vestuarios.

Recintos no habitables. Espacios no destinados a uso permanente de personas o cuya ocupación sólo exige condiciones de salubridad adecuadas. Son los cuartos de instalaciones.

Recintos de actividad. Recinto en el que se realiza una actividad distinta a la realizada en estos recintos del edificio en el que se encuentra integrado. En este proyecto no los consideramos por no tener una superficie mayor a 350m<sup>2</sup> y porque realmente todo es uso docente.

### 05.1 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS

En este proyecto disponemos de espacios protegidos separados en volúmenes de hormigón y unidos por un espacio central habitable. A su vez, estos volúmenes sobresalen del terreno y entran en contacto con el exterior.

Dentro de los volúmenes hay espacios más reducidos, pero pertenecientes a la misma unidad de uso y separados con tabiquería. La normativa no establece nada para uso docente (sólo para residencial u hospitalario), por lo que cogeremos el valor tipo para estos usos.

- Por eso, la normativa aplicada será para las siguientes relaciones entre espacios:
- Espacios protegidos y espacio habitable de diferente uso (espacio central)
  - Espacio habitable (baños) y espacio habitable de diferente uso (espacio central)
  - Espacios protegidos y espacio aire exterior: fachadas y cubiertas

#### Valores límite de aislamiento acústico a ruido de impactos

En recintos protegidos (aplicaremos a recintos habitables también):

- a Protección frente al ruido procedente generado en recintos que no pertenecen a la misma unidad de uso.  
El nivel global de presión de ruido de impactos,  $L_{nT,w}$ , en un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal común con cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio, no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, no será mayor que 65 dB.

#### Valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo

Los elementos constructivos interiores de separación, así como las fachadas, las cubiertas, las medianerías y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada recinto de un edificio deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:

En recintos protegidos:

- a Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso.  
El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{nT,A}$ , entre un recinto protegido y cualquier otro recinto del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante con él, no será menor que 50 dBA, siempre que no compartan puertas o ventanas. Cuando sí las compartan, el índice global de reducción acústica de éstas no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica, del cerramiento no será menor que 50 dBA.
- b Protección frente al ruido procedente del exterior.  
El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 2.1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día,  $L_d$ , de la zona donde se ubica el edificio.  
Ya que no disponemos de datos oficiales de éste valor, se aplicará el valor de 60 dBA por ser una área acústica con predominio de suelo de uso residencial. Según la tabla 2.1. de este apartado, se exigirá mínimo un  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior de 30 dBA.

En recintos habitables:

- a Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso.  
El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{nT,A}$ , entre un recinto habitable y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 45 dBA, siempre que no compartan puertas o ventanas.

**Valores límite de tiempo de reverberación**

En conjunto los elementos constructivos, acabados superficiales y revestimientos que delimitan un aula o una sala de conferencias, un comedor y un restaurante, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que:

- a) El tiempo de reverberación en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m3, no será mayor que 0,7 s.
- b) El tiempo de reverberación en aulas y en salas de conferencias vacías, pero incluyendo el total de las butacas, cuyo volumen sea menor que 350 m3, no será mayor que 0,5 s.
- c) El tiempo de reverberación en restaurantes y comedores vacíos no será mayor que 0,9 s.

Para limitar el ruido reverberante en las zonas comunes los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial publico, docente y hospitalario colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos 0,2 m2 por cada metro cúbico del volumen del recinto.

En el proyecto colcoaremos techos fonoabsorbentes, una posibilidad que nos ofrecen los techos técnicos que además presentan excelentes características ante caso de incendio.

**Ruido y vibraciones de las instalaciones**

Se limitarán los niveles de ruido y de vibraciones que las instalaciones puedan transmitir a los recintos protegidos y habitables del edificio a través de las sujeciones o puntos de contacto de aquellas con los elementos constructivos, de tal forma que no se aumenten perceptiblemente los niveles debidos a las restantes fuentes de ruido del edificio.

**05.2 DISEÑO Y DIMENSIONADO**

Después del desarrollo y aplicación de la normativa, resumimos los valores exigibles:

- Entre espacio protegido y espacio habitable central 50 dBA
- Entre espacio habitable (aseos) y espacio habitable central 45 dBA
- Entre espacio protegido y espacio aire exterior (fachadas) 60 dBA
- Entre espacio protegido y espacio aire exterior (cubiertas) 30 dBA
- Entre espacio habitable central y esp. exterior (plaza) 30 dBA
- Entre espacios de mismo uso (tabiquerías) 33 dBA
- Ruido de impactos, L'nT,w, en general, en recinto protegido 65 dB

**Opción simplificada | Aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos**

La opción simplificada proporciona soluciones de aislamiento que dan conformidad a las exigencias de aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impactos.

Una solución de aislamiento es el conjunto de todos los elementos constructivos que conforman un recinto (...) y que influyen en la transmisión del ruido y de las vibraciones entre recintos adyacentes o entre el exterior y un recinto.

Para cada uno de dichos elementos constructivos se establecen los valores mínimos de los parámetros acústicos que los definen, para que junto con el resto de condiciones, se satisfagan los valores límite de aislamiento establecidos en el apartado anterior.

Deben definirse los parámetros de los siguiente elementos constructivos:

- a) Tabiquería  
Está formada por el conjunto de particiones interiores de una unidad de uso. Nuestra tabiquería es de entramado autoportante y los parámetros mínimos exigibles son:  
m = 25 kg/m2  
RA = 43 dBA

**Tabla 3.1. Parámetros de la tabiquería**

Tipo	m kg/m <sup>2</sup>	R <sub>A</sub> dBA
Fábrica o paneles prefabricados pesados con apoyo directo	70	35
Fábrica o paneles prefabricados pesados con bandas elásticas	65	33
Entramado autoportante	25	43

- b) Elementos de separación verticales  
Todos los elementos de separación verticales entre distintas unidades de uso de este proyecto son de tipo 1: Elementos compuestos por un elemento base de una hoja de hormigón sin trasdosado. Así, los parámetros mínimos exigibles son:

m = 300 kg/m2  
RA = 55 dBA  
ΔRA = 0 (no es necesario el trasdosado)

**Tabla 3.2. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación verticales**

Tipo	Elementos de separación verticales			
	Elemento base <sup>(1)(2)</sup> (Eb - Ee)		Trasdosado <sup>(3)</sup> (Tr) (en función de la tabiquería)	
	m kg/m <sup>2</sup>	R <sub>A</sub> dBA	Tabiquería de fábrica o paneles prefabricados pesados <sup>(4)</sup> ΔR <sub>A</sub> dBA	Tabiquería de entramado autoportante ΔR <sub>A</sub> dBA
<b>TIPO 1</b> Una hoja o dos hojas de fábrica con Trasdosado	67	33		10 <sup>(6)</sup> (11)
	120	38		14 <sup>(6)</sup> (11)
	300 <sup>(7)</sup>	55 <sup>(7)</sup>	-	-

- c) Elementos de separación horizontales  
Los elementos de separación horizontales están formados por el forjado (F), el suelo flotante (Sf) y, en algunos casos, el techo suspendido (Ts). Nuestros forjados intermedios son muy pesados por ser losas. Así, los parámetros mínimos exigibles son:

m = 500 kg/m2  
RA = 60 dBA  
ΔLw suelo flotante = 12 dB

**Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería**

Forjado <sup>(1)</sup> (F)	Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería										
	Tabiquería de fábrica o paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante			Tabiquería de entramado autoportante				
	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>	Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Condi- ciones de la fachada <sup>(6)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>	Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Condi- ciones de la fachada <sup>(6)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>	Techo sus- pendi- do <sup>(5)</sup>	Condi- ciones de la fachada <sup>(6)</sup>	Condi- ciones de la fachada <sup>(6)</sup>	
m kg/m <sup>2</sup>	R <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	Condi- ciones de la fachada <sup>(6)</sup>
500	60	12	0	0'	10	0	0'	9	0	0'	1H o 2H
		(17)	(4)	(7)	(15)	(0)	(3) <sup>(7)</sup>	(0)	(14)	(0)	2H
			(5)	(5)		(0)	(0) <sup>(7)</sup>	(0)	(1)	(0)	1H
									(3) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>	



- d Fachadas y cubiertas en contacto con el aire exterior  
Vamos a considerar la losa de la zona central como un elemento horizontal que separa unidades de uso distintas, ya que la plaza es un espacio transitado. Por ello, le aplicamos la normativa del apartado anterior.  
Ya que la tabla anterior (3.3) no refleja las características de nuestra losa, recurrimos al catálogo de elementos constructivos, que nos indica que con 35cm de canto no es necesaria la colocación de una lámina antiimpacto. No obstante colocaremos una lámina de éstas, de polietileno de 3 mm, en la zona de la plaza, que nos aporta  $\Delta Lw = 20$  dB.

Descripción	HE						HR <sup>(1)</sup>	
	canto mm	m kg/m <sup>2</sup>	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	R m <sup>2</sup> ·K/W	$c_p$ J/kg·K	$\mu$	R <sub>A</sub> dBA	L <sub>n,w</sub> dB
hormigón de $\rho = 2500$ kg/m <sup>3</sup>	200	500	2500	0,08	1000	80	60	73
	250	625	2500	0,10	1000	80	64	69
	300	750	2500	0,12	1000	80	67	66
	350	875	2500	0,14	1000	80	69	64
	400	1000	2500	0,16	1000	80	71	62
	500	1250	2500	0,20	1000	80	75	58

Por otra parte, las cubiertas no transitables se resuelven conforme a la tabla 3.4 siguiente, con los parámetros mínimos exigibles:

RA parte ciega (100%) = 33 dBA

Mientras, para las fachadas, considerando un porcentaje de huecos del 31 al 60%, por aproximarnos al caso más desfavorable, en la misma tabla 3.4 encontramos sus parámetros mínimos exigibles:

RA parte ciega ( $\neq$  100%) = 45 dBA

RA huecos = 30 dBA

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) D <sub>Zm,nT,Ab</sub> dBA	Parte ciega 100 % R <sub>A,w</sub> dBA	Parte ciega $\neq$ 100 % R <sub>A,w</sub> dBA	Huecos Porcentaje de huecos R <sub>A,w</sub> de los componentes del hueco <sup>(2)</sup> dBA					33
			Hasta 16 %	De 16 a 30 %	De 31 a 60 %	De 61 a 80 %	De 81 a 100 %	
			D <sub>Zm,nT,Ab</sub> = 30	33	35	26	29	
		40	25	28	30	31		
		45	25	28	30	31		

### Ruido y vibraciones de las instalaciones

Los suministradores de los equipos y productos incluirán en la documentación de los mismos los valores de las magnitudes que caracterizan los ruidos y las vibraciones procedentes de las instalaciones de los edificios.

- a Equipos generadores de ruido estacionario  
Los equipos se instalarán sobre soportes antivibratorios elásticos cuando se trate de equipos pequeños y compactos o sobre una bancada de inercia cuando el equipo no posea una base propia suficientemente rígida para resistir los esfuerzos causados por su función o se necesite la alineación de sus componentes.  
Se instalarán conectores flexibles a la entrada y a la salida de las tuberías de los equipos.  
En las chimeneas de las instalaciones térmicas que lleven incorporados dispositivos electromecánicos para la extracción de productos de combustión se utilizarán silenciadores.
- b Ventilación  
Los conductos de extracción que discurran dentro de una unidad de uso deben revestirse con elementos constructivos cuyo índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, sea al menos 33 dBA, salvo que sean de extracción de humos de garajes en cuyo caso deben revestirse con elementos constructivos cuyo índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, sea al menos 45 dBA.
- c Ascensores y montacargas  
Los sistemas de tracción de los ascensores y montacargas se anclarán a los sistemas estructurales del edificio mediante elementos amortiguadores de vibraciones. El recinto del ascensor, cuando la maquinaria esté dentro del mismo, se considerará un recinto de instalaciones a efectos de aislamiento acústico. Cuando no sea así, los elementos que separan un ascensor de una unidad de uso, deben tener un índice de reducción acústica, RA mayor que 50 dBA.

### Mantenimiento y conservación

Los edificios deben mantenerse de tal forma que en sus recintos se conserven las condiciones acústicas exigidas inicialmente.

Cuando en un edificio se realice alguna reparación, modificación o sustitución de los materiales o productos que componen sus elementos constructivos, éstas deben realizarse con materiales o productos de propiedades similares, y de tal forma que no se menoscaben las características acústicas del mismo.

Debe tenerse en cuenta que la modificación en la distribución dentro de una unidad de uso, como por ejemplo la desaparición o el desplazamiento de la tabiquería, modifica sustancialmente las condiciones acústicas de la unidad.

## 06 DB-HE | AHORRO DE ENERGÍA

El objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

### 06.1 LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO | HE 0

El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de su localidad de ubicación y del uso previsto.

#### Cuantificación de la exigencia | edificios de uso no residencial

La calificación energética para el indicador consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o la parte ampliada, en su caso, debe ser de una eficiencia igual o superior a la clase B, según el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios aprobado mediante el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril.

#### Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia

Para la correcta aplicación de esta Sección del DB HE deben verificarse las exigencias cuantificadas en el apartado 2 con los datos definidos en el apartado 4, utilizando un procedimiento de cálculo acorde a las especificaciones establecidas en el apartado 5.

Se desarrollarán a continuación.

### 06.2 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA | HE 1

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

#### Caracterización de la exigencia

La demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática de la localidad en que se ubican y del uso previsto.

#### Cuantificación de la exigencia

**a** Limitación de la demanda energética del edificio edificios nuevos de uso no residencial privado

El porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración, respecto al edificio de referencia del edificio o la parte ampliada, en su caso, debe ser igual o superior al establecido en la tabla 2.2.

Con zona climática 3, el ahorro que se exige puede ir del 15 al 25%.

**Tabla 2.2 Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos, en %**

Zona climática de verano	Carga de las fuentes internas			
	Baja	Media	Alta	Muy alta
1, 2	25%	25%	25%	10%
3, 4	25%	20%	15%	0%*

**b** Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado

Usaremos el modelo de uso residencial privado, al no establecerse para otros usos. La transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos y la transmitancia térmica de las zonas opacas de muros, cubiertas y suelos, que formen parte de la envolvente térmica del edificio, no debe superar los valores establecidos en la tabla 2.3. De esta comprobación se excluyen los puentes térmicos.

**Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica**

Parámetro	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

La transmitancia térmica de medianerías y particiones interiores que delimiten las unidades de uso residencial de otras de distinto uso o de zonas comunes del edificio, no superará los valores de la tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en W/m<sup>2</sup>·K**

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

**c** Limitación de condensaciones

Tanto en edificaciones nuevas como en edificaciones existentes, en el caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, estas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.



**Datos para el cálculo**

**a** Zona climática | Apéndice A

Según la tabla B1 del anejo 1 del DB-HE 1, la ciudad de Granada está en una zona climática C3 [C para invierno; 3 para verano].

**b** Parámetros característicos envolvente del Edificio Referencia | Apéndice D

Según la tabla D.2.11, en zona climática C3 estos parámetros son:

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$						
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna			
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,55	-	0,59	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,43	-	0,46	-
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39	-
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34	-

Valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica para un primer predimensionamiento (en uso residencial).

Se presupone < 15% de huecos respecto a la sup. útil y compacidad media.

**Tabla E.1. Transmitancia del elemento [W/m<sup>2</sup> K]**

Transmitancia del elemento [W/m <sup>2</sup> K]	Zona Climática						
	$\alpha$	A	B	C	D	E	
$U_M$	0,94	0,50	0,38	0,29	0,27	0,25	
$U_S$	0,53	0,53	0,46	0,36	0,34	0,31	
$U_C$	0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19	

$U_M$ : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_S$ : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

$U_C$ : Transmitancia térmica de cubiertas

**Tabla E.2. Transmitancia térmica de huecos [W/m<sup>2</sup> K]**

Transmitancia térmica de huecos [W/m <sup>2</sup> K]	$\alpha$	A	B	C	D	E	
		Alta	Media	Baja			
Captación solar	Alta	5,5 – 5,7	2,6 – 3,5	2,1 – 2,7	1,9 – 2,1	1,8 – 2,1	1,9 – 2,0
	Media	5,1 – 5,7	2,3 – 3,1	1,8 – 2,3	1,6 – 2,0	1,6 – 1,8	1,6 – 1,7
	Baja	4,7 – 5,7	1,8 – 2,6	1,4 – 2,0	1,2 – 1,6	1,2 – 1,4	1,2 – 1,3

**Cálculo de la demanda**

El objeto de la opción simplificada es:

- Limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la envolvente térmica.
- Limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en este DB.
- Limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios.
- Limitar la transmisión de calor entre las unidades de uso calefactadas y las no calefactadas.

Para poderse aplicar de ben cumplirse simultáneamente las condiciones siguientes:

- Porcentaje de huecos en cada fachada menor al 60% de su superficie.
- Porcentaje de lucernarios inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

Ya que cumplimos las condiciones, serán objeto de esta opción simplificada los elementos de nuestra envolvente térmica. A continuación se resumen las transmitancias y factores solares modificados, en una tabla ampliada, proporcionada por el profesor de construcción Guillermo González.

	Edificio referencia (zona climática C3)	Máximos que no pueden superar los elementos (Granada, uso residencial)	Valores orientativos para un primer predimensionado (uso residencial)
T. límite de muros, fachadas y cerram. contacto con terreno	0,73 W/m <sup>2</sup> K	0,75 W/m <sup>2</sup> K	0,29 W/m <sup>2</sup> K
T. límite de suelos	0,50 W/m <sup>2</sup> K	0,50 W/m <sup>2</sup> K	0,36 W/m <sup>2</sup> K
T. límite de cubiertas	0,41 W/m <sup>2</sup> K	0,50 W/m <sup>2</sup> K	0,23 W/m <sup>2</sup> K
F.S. modificado límite de lucernarios	0,28 W/m <sup>2</sup> K	-	-
T. de huecos	según orientación y % de huecos	3,10 W/m <sup>2</sup> K	1,9 - 2,1 W/m <sup>2</sup> K
T. límite de particiones horiz. y verticales	-	0,95 W/m <sup>2</sup> K	-

**06.3 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS | HE 2**

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

El sistema de climatización se desarrolla en el apartado correspondiente en la memoria de instalaciones.

**06.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN | HE 3**

Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

**Valor de Eficiencia Energética de la Instalación**

Se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 lux. Los valores de eficiencia energética límite en interiores se establecen en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación**

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	3,5
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes <sup>(4)</sup>	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
espacios deportivos <sup>(5)</sup>	4,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias <sup>(9)</sup>	8,0

**Potencia instalada en edificio**

La potencia instalada en iluminación, teniendo en cuenta la potencia de lámparas y equipos auxiliares, no superará los valores especificados en la Tabla 2.2. En caso de uso docente, 15 W/m<sup>2</sup>.

**Sistemas de control y regulación**

Las instalaciones de iluminación dispondrán, para cada zona, de un sistema de control y regulación con las siguientes condiciones:

a) toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Toda zona dispondrá de un sistema de encendidos por horario centralizado en cada cuadro eléctrico.

b) se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen proporcionalmente y de manera automática por sensor de luminosidad el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural de las luminarias de las habitaciones de menos de 6 m de profundidad y en las dos primeras líneas paralelas de luminarias situadas a una distancia inferior a 5 m de la ventana.

**Mantenimiento y conservación**

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI, se elaborará en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria. Dicho plan también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

**06.5 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA | HE 4**

En los edificios, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria, en los que así se establezca en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio.

**Contribución mínima anual**

En la tabla 2.1 se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS.

Para nuestra zona climática y una demanda de 50 a 5000 L al día, la contribución solar debería ser del 40 %.

**Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

**Cálculo de la demanda**

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la tabla 4.1. (Demanda de referencia a 60 °C) de este DB. Para nuestros criterios:

- Escuela con ducha	21L /día · persona	40 personas
- Cafetería	1L /día · persona	80 personas

En el Educatorium se demandan un total de 920 L al día.

**06.6 CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA | HE 5**

En los edificios que así se establezca en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red.

Su aplicación es en edificios que superen los 5000 m<sup>2</sup> de superficie construida, por lo tanto nuestro proyecto queda excluido de esta exigencia.