

UN LUGAR PARA LA INFANCIA - CHANDIGARH, INDIA

Proyecto Final de Carrera - Taller 5
ETSA Valencia, Octubre 2014

Jaime Herraiz Martínez

Las escuelas comenzaron con un hombre, que no sabía que era un maestro, discutiendo bajo un árbol sus experiencias con unos pocos que ignoraban, a su vez, que eran estudiantes. Estos últimos, reflexionando sobre lo que habían discurrido y sobre lo útil que les había resultado la experiencia de este hombre, aspiraron entonces a que sus hijos también escucharan a un hombre semejante. Pronto se erigieron los espacios necesarios y aparecieron las primeras escuelas. La aparición de la escuela era inevitable porque formaba parte de los deseos del hombre.

Es bueno para la mente volver a los comienzos, porque el comienzo de toda actividad estable del hombre es su momento más maravilloso.

- 1_ Tema de proyecto
- 2_ Lugar y entorno
- 3_ Referencias, claves e intenciones del proyecto
- 4_ Propuesta
 - Descripción de la propuesta
 - Descripción del sistema constructivo
 - Cálculo estructural
 - Instalaciones
- 5_ Conclusiones
- 6_ Bibliografía

La memoria del proyecto trata de esquematizar y agrupar las que han sido las diferentes fases o etapas durante este proceso de aprendizaje. La propuesta de proyecto que a continuación trato de mostrar debe entenderse como el resultado en un momento determinado de un proceso de análisis y aproximación a una temática que requiere de nuestro esfuerzo e interés por intentar mejorar las condiciones de los lugares en los que los más pequeños de nuestra sociedad pasan sus primeros años.

"No me sigan a mí, sigan al niño"
María Montessori

1.Tema de proyecto



Lo que tenemos que aprender,
lo aprendemos haciendo
(Aristóteles)

Al hablar de pedagogía es conveniente tratar el **método Montessori**, desarrollado principalmente en el área de preescolar. Se basa en el fomento de la iniciativa y capacidad de respuesta del niño a través de un material didáctico especialmente diseñado para el ejercicio de los sentidos. Según la metodología de la educadora italiana, el modelo educativo debe estar basado en que en el aula de clase se deben poder abordar simultáneamente aspectos de diversa índole, tanto sensoriales, como matemáticas, lenguaje, geografía, etc. Se debe fomentar la responsabilidad y la apropiación del entorno por el niño, éste debe escoger aquello que le interesa aprender. La actividad, la libertad y la autonomía son las condiciones que necesita el niño para aprender.

Los niños desde que nacen, nacen con esa capacidad de crear, son creativos y observadores, en la escuela se puede acompañar ese proceso y propiciar actividades para desarrollar esa capacidad, o frustrarla.

La mente de un niño está de forma natural, altamente capacitada para percibir lo que se le presenta, y con eso crea su mente, se construye a sí mismo. Esta habilidad de construirse a sí mismo aprendiendo a través de lo que se encuentra a su alrededor les permite explorar el mundo a través del juego.

La comprensión es una herramienta en constante crecimiento, con características únicas que varían en cada una de las personas, implica crear y establecer relaciones entre criterios, y así resolver y construir nuevos conocimientos.

Los niños asumen los conceptos que de alguna manera han estado relacionados con su vivencia. El aprendizaje profundo solo puede estar fundado en el interés, la voluntad, la curiosidad, y se origina más allá de las fronteras de la razón. El momento del descubrimiento es el verdadero momento del aprendizaje, el niño no se olvida nunca más de cuando llegó a entender el porque.

Las escuelas rurales se ven muchas veces obligadas a trabajar con **niños de diferentes edades en conjunto**, suele afirmarse que esta es una desventaja, pero por el contrario el aprendizaje se potencia en experiencias, vínculos y valores humanos, tanto para los niños como para el docente.

Jugando, los niños aprenden los límites de sus habilidades motoras a la vez que se divierten y ejercitan sus habilidades sociales. Aunque el objetivo y la importancia del juego apenas han cambiado durante los años, la forma con la que tratamos este fenómeno definitivamente sí que lo ha hecho. Lo que una vez fue una actividad espontánea, ha pasado a depender de la seguridad, del diseño y de las normativas, especialmente en las áreas urbanas. Además, el espacio de juego se ha incorporado a las reflexiones sobre espacio público, pasando a ser un instrumento de renovación urbana.

Si examinamos la historia de los grandes descubrimientos, de los mayores inventos, podremos comprobar que casi siempre surgieron en base a enormes experiencias previamente acumuladas. De aquí la conclusión pedagógica sobre la necesidad de ampliar la experiencia del niño si queremos proporcionarle una base suficientemente sólida para su actividad creadora. Cuanto más vea, oiga y experimente, cuanto más aprenda y asimile, cuantos más elementos reales disponga en su experiencia, tanto más considerable y productiva será, a igualdad de las restantes circunstancias, la actividad de su imaginación.

(L.S Vigotsky, *La imaginación y el arte en la infancia*,
Capítulo II - imaginación y realidad)

Ser humano consiste en la vocación de compartir lo que ya sabemos entre todos, enseñando a los recién llegados al grupo cuanto deben conocer para hacerse socialmente válidos. Enseñar es siempre enseñar al que no sabe y quien no indaga, constata y deplora la ignorancia ajena no puede ser maestro, por mucho que sepa.[...] Antes de ser educado no hay en el niño ninguna personalidad propia que la enseñanza avasalle sino sólo una serie de disposiciones genéricas fruto del azar biológico, a través del aprendizaje se fraguará su identidad personal irreplicable.

(Fernando Savater, *El valor de educar*, 1997)

Apuntes sobre Pedagogía

La educación está claramente asumida como una "segunda naturaleza" del ser humano que, aunque impuesta, es inherente a nuestra condición, necesaria y definitiva. Numerosos estudios han puesto de manifiesto que la influencia que ejercen los primeros espacios en los que se vive es fundamental en la formación de la personalidad y de la sensibilidad del individuo.

La mirada del niño es probablemente el sentido más activo en la infancia. Está capacitada para tener una percepción del mundo diferente a la de los adultos, tal vez sea el horizonte a la altura del niño, su creatividad innata o la mera percepción de sus nuevas experiencias, juegos, sueños, la que provoca que los espacios adquieran otros usos y significados.

Uno de los primeros pensadores reconocidos como pedagogo es Johann Heinrich **Pestalozzi** (1746-1827). Afirmaba que el proceso de desarrollo humano y la educación elemental debían de seguir el curso evolutivo de la naturaleza del niño, sin adelantarse artificialmente al mismo. La finalidad principal de la enseñanza debe ser la de desarrollar las potencialidades del niño, y no la de hacer que el niño adquiera conocimientos y aptitudes de forma antinatural.

No queremos enseñadores, queremos educadores. Lo que es difícil es ayudar a producir el normal desarrollo de una persona, ¿qué potencialidades trae el niño?, ¿a qué edades se pueden desarrollar esas potencialidades? Éstas son sólo algunas de las preguntas que nos plantean algunos pedagogos y profesores sudamericanos.

La estrecha relación que debe existir entre los avances de la pedagogía y su correlación con los cambios en los proyectos de edificios educacionales es un tema fundamental. En este sentido, la escuela de Richard Neutra, así como la de **Herman Hertzberger** en Europa, son ejemplos de como la arquitectura educacional trata de sensibilizarse con los métodos de enseñanza de **María Montessori**, educadora y psicóloga italiana.

Según el **método Montessori**, los niños aprenden primero desde el inconsciente para luego pasar lo aprendido al consciente, para ello han de tener "libertad de elección en un medio ambiente preparado" donde puedan desenvolverse a su antojo, sintiéndose siempre seguros y arropados. Así, las aulas han de ser espaciosas, luminosas y permitir distintas posibilidades para disponer el mobiliario. El aula es la célula básica del método Montessori y contiene al individuo y a la colectividad. La unión de estos genera un espacio de interacción y aprendizaje común, supervisado por el maestro. Además, el espacio exterior es considerado como el ambiente que permite el contacto con el mundo natural y social (estudiantes de otras aulas).

Siguiendo esta corriente, el psicopedagogo **Tonucci** escribe "La ciudad de los niños", asegura que cuando las ciudades estén pensadas para que niños y otros sectores desfavorecidos por el "urbanismo inmobiliario", pasen a un primer plano, sólo entonces, nuestras urbes empezarán a dejar de estar enfermas.

Si hablamos de arquitectura y pedagogía, hablamos de dos temas en sí mismos, temas sobre los que se ha reflexionado e investigado a lo largo de los años, sobre los que hay muchas y diversas corrientes de pensamiento. En el momento en el que hablamos de **arquitectura educativa** tratamos de unir ambos temas. La arquitectura educativa constituye una vía de investigación muy extensa, uno de los aspectos más interesantes de ella es comprobar como ciertas "ambigüedades" aportan mucho más al proyecto que una serie de espacios de dimensiones fijas y programas inflexibles.

La relación con el exterior de los espacios interiores, el estudio correcto de la iluminación y la ventilación natural, son recursos arquitectónicos que no aparecen en las normativas, pero que sin embargo, son algunos de los aspectos cualitativos que dan valor a un proyecto.

Aquellos edificios en los que lo que rodea a la propia arquitectura es tan importante como ella, y realmente es en muchos casos, lo que hace que humildes pero intensas obras se conviertan en grandes proyectos arquitectónicos.

Ya en el siglo XXI, si nos trasladamos a lugares más desfavorecidos como Asia o África, podemos encontrar grandes ejemplos de como la arquitectura educativa actúa como elemento que reactiva o reafirma la cultura y la identidad del pueblo local. Hablamos de proyectos realizados por Anna Heringer o Diébédo Francis Kéré. Jóvenes arquitectos cuyas obras, en su mayoría proyectos de escuelas, están muy **comprometidas socialmente**, en ellas destaca el buen manejo de la escasez de medios económicos, el respeto por la tradición y el empleo de mano de obra social.

Estos proyectos tratan de situarse en el lugar para lanzar una mirada a su alrededor, aprender o recordar cuáles son las tradiciones tanto constructivas como culturales del pueblo, y como resultado construir una arquitectura que reafirme el sentimiento de comunidad de la población. La arquitectura cumple parte de su labor educativa con su propia presencia, ya que el edificio permite la asimilación y el aprendizaje continuo de parte de la propia cultura gracias a los sentimientos y sensaciones que produce en el usuario.

La arquitectura educativa, y en su esencia el binomio arquitectura-pedagogía, tiene el doble reto de convertirse, por un lado, en una fuente de aprendizaje para los niños, y por otro, llegar a ser un verdadero lugar de interacción social, un lugar que reafirme la identidad cultural de aquellos que lo utilizan. No se debe asumir el espacio educativo como un edificio en el que se imparten y se reciben lecciones, sino como un lugar en el que los niños se confrontan, casi por primera vez, con la necesidad de desenvolverse en una pequeña sociedad, como el lugar en el que deben asumir un posicionamiento con respecto a los otros, aprendiendo a convivir y a relacionarse.

Arquitectura y Pedagogía

La infancia constituye una etapa fundamental en la formación de la persona humana. Los primeros años del niño son decisivos para el desarrollo de su personalidad, es por ello sorprendente la escasa atención que a veces se presta al entorno y el espacio donde se crece, donde el niño comienza a adquirir consciencia de sí mismo y del mundo que le rodea.

Sin duda, el arquitecto debe reflexionar sobre qué está ofreciendo al mundo de la infancia a través de sus proyectos, ya que este espacio será el que acoja las primeras experiencias del niño en su desarrollo como persona y como miembro de una pequeña sociedad que debe ser la protagonista de su esfuerzo.

Era **Louis Kahn** quien contaba que la primera escuela no tuvo lugar entre cuatro paredes, sino que, "comenzó con un hombre bajo un árbol, un hombre que no sabía que era un maestro, y que se puso a discutir de lo que había comprendido con algunos otros, que no sabían que eran estudiantes". Igualmente, Kahn insiste en que el problema de las escuelas es que han perdido el norte y han olvidado esa esencia con la que surgieron. Por lo tanto, comenta que, es imprescindible volver a retomar el contacto con la naturaleza para humanizar nuestros centros de enseñanza.

A principios del siglo XX, en Alemania se da una respuesta revolucionaria para tratar de sanar a cientos de niños enfermos que poblaban sus urbes: crear centros en plena naturaleza en los que gracias al contacto con el agua, la vegetación y, especialmente, con el sol, aparecen nuevos métodos de enseñanza con las denominadas "**Escuelas al aire libre**".

La preocupación por mantener el **binomio educación - naturaleza** se muestra en el proyecto de "Corona School" de **Richard Neutra**, en el que el arquitecto crea una serie de espacios que logran diluir los límites entre el interior y el exterior. En esta misma línea, en Francia surge el proyecto de "École de plein-air" en Suresnes, de los arquitectos **Eugène Beaudouin y Marcel Lods**, en el que cada clase es un pequeño pabellón inmerso en un gran parque, con la posibilidad de abrirse completamente al paisaje. Es a mediados de siglo cuando **Le Corbusier**, en la "Unité de Marsella" utiliza la azotea del proyecto para crear un jardín de infancia que da lugar a un espacio de juego con el sol y el cielo como techo.

El uso del espacio en la arquitectura educacional

Como hemos dicho, la calidad del espacio generado en una escuela infantil tiene una gran repercusión sobre el proceso de aprendizaje de sus pequeños habitantes. Una vez tratados los temas de la Pedagogía en particular, y la Arquitectura y la Pedagogía como temas comunes, me gustaría citar algunas reflexiones formuladas por grandes arquitectos que en su día trataron el tema de la arquitectura educacional. Pienso que no hay mejor manera de entender cuál es la relación entre lo que puede ofrecer la arquitectura y las necesidades de la pedagogía que leyendo los textos de estos autores:

Un aula en la cual el profesor está obligado a mantener siempre la misma posición y en la que los alumnos ocupan siempre los mismos lugares y donde materiales didácticos y muebles están siempre dispuestos de la misma forma, está condenada a volverse, tarde o temprano, una verdadera prisión [pero] la psicología, hoy tan avanzada, enseña que los niños no pueden permanecer atentos cuando son obligados a permanecer sentados por mucho tiempo. Las demostraciones prácticas con la participación activa del alumno son de comprensión y asimilación más fáciles y profundas. Este proceso pedagógico exige áreas horizontales, en otras palabras, un espacio libre en el cual se puedan disponer los más variados objetos desde mapas en relieve hasta problemas de geometría [...] por consiguiente los asientos deben ser móviles, los muebles reacomodables y las puertas deben ser grandes y dar acceso a salas adyacentes y al aire libre, aumentando el área de la sala cuando sea necesario.

(Neutra, 1948: 56 y 58)

Que la escuela debería ser una especie de ciudad, un microcosmos. Por ello considero en mis conceptos sobre todo el espacio fuera de las aulas propiamente dichas. Mediante una mayor apertura espacial logro que los pasillos dejen de ser meros espacios de tránsito [...] En ellos se realizan por lo menos tantas actividades como en las aulas. Aquí los alumnos pueden reunirse, encontrarse, hablar, solucionar conflictos... incluso la enseñanza puede realizarse aquí. Esta apertura fomenta la convivencia social.

(Herman Hertzberger)

Como dice Xavier Monteys en *La Casa Collage*, "si bien la experiencia de las guarderías no es directamente trasladable a la casa, éstas parecen fomentar un aprendizaje, no de la escuela, sino de la casa y del habitar, e invitan, por lo tanto, a ser planteadas como la prolongación de la misma"

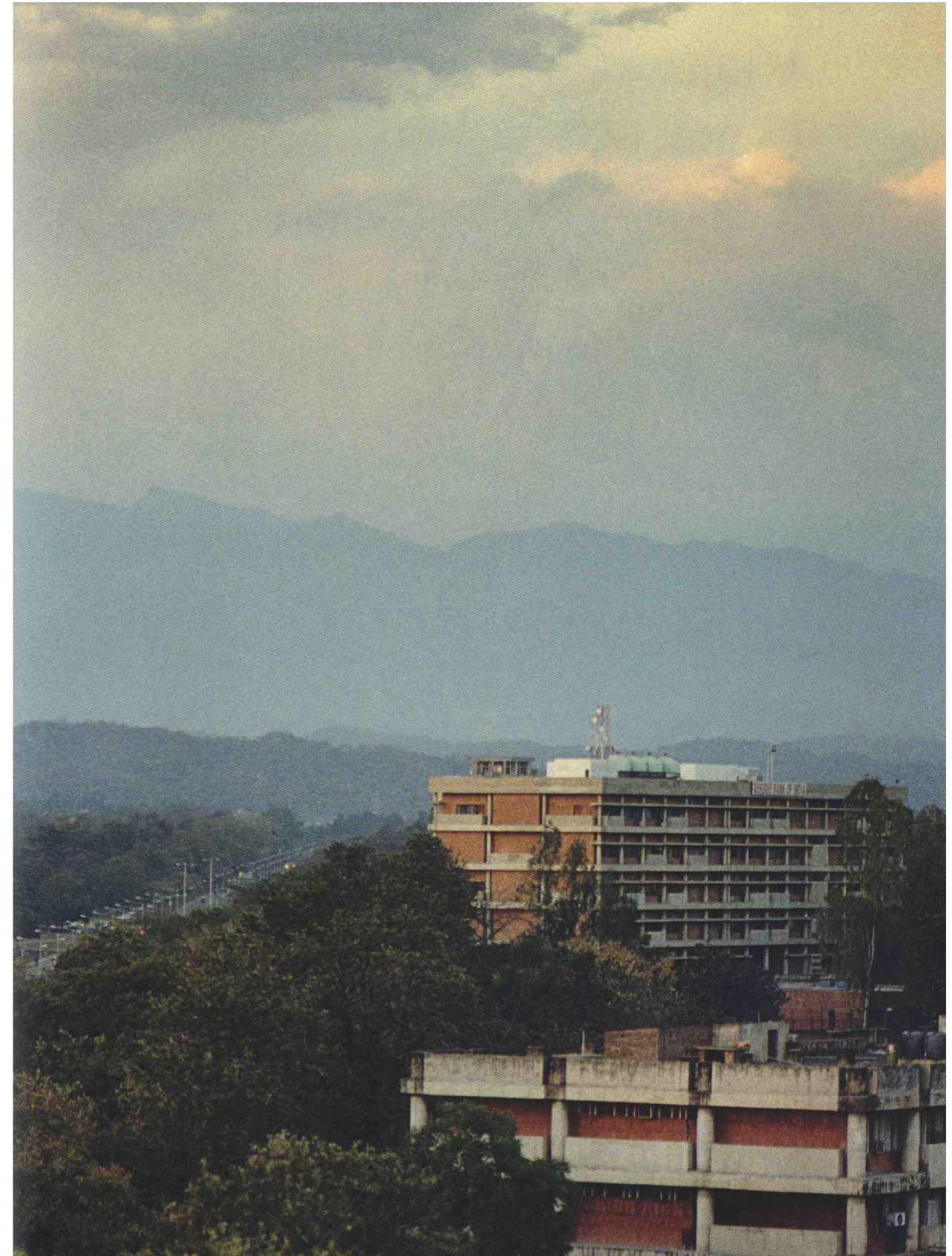
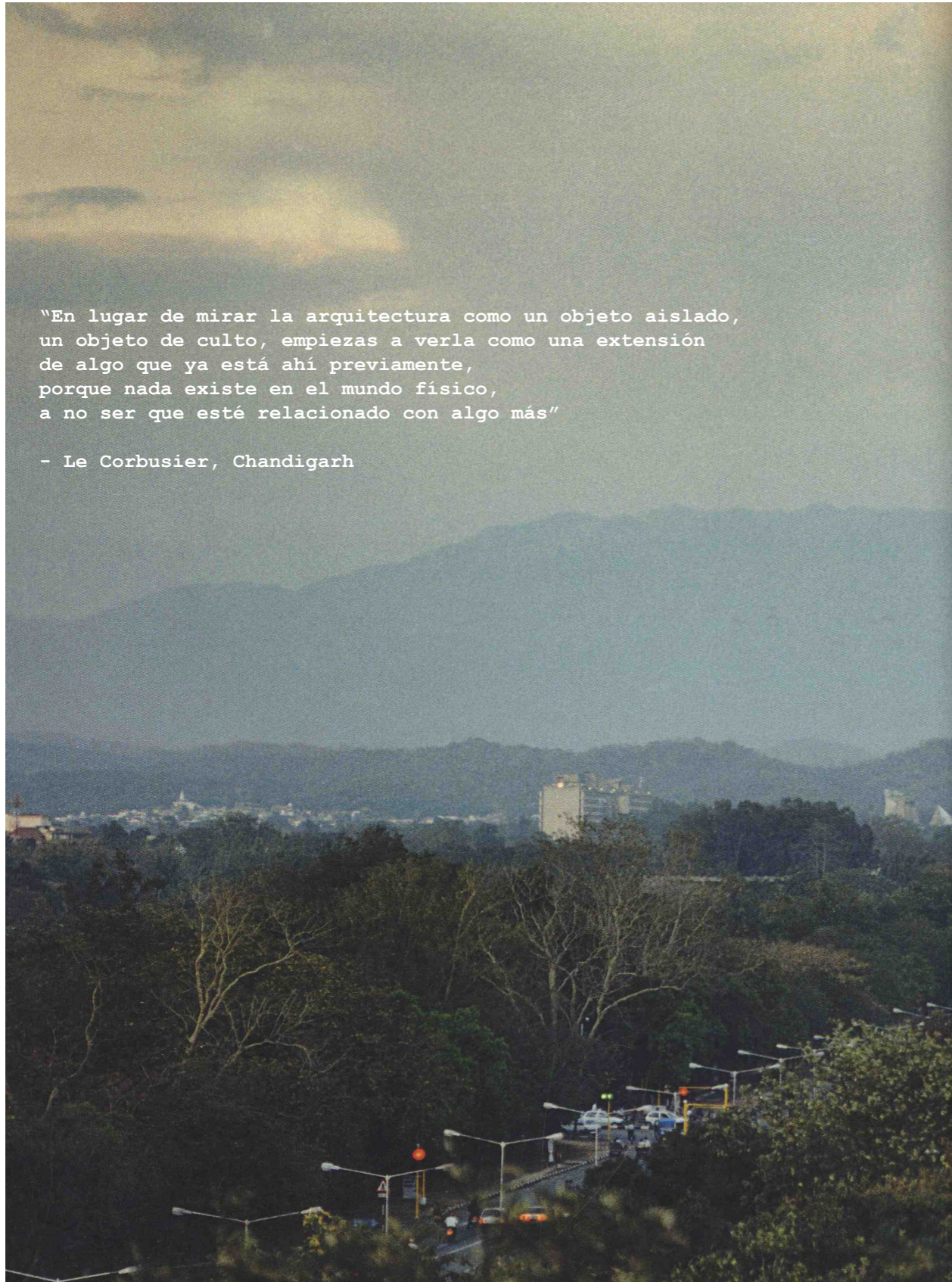
Eso es por lo que sería tan satisfactorio que la relación entre espacios interiores y exteriores, entre espacio individual y común, entre abierto y cerrado, se convirtiera en imagen construida de la naturaleza humana, de modo que el hombre pudiera reconocerse en ella.

(Aldo van Eyck, 'On inside and outside space', Forum, Abril 1956)

2.Lugar y entorno

"En lugar de mirar la arquitectura como un objeto aislado,
un objeto de culto, empiezas a verla como una extensión
de algo que ya está ahí previamente,
porque nada existe en el mundo físico,
a no ser que esté relacionado con algo más"

- Le Corbusier, Chandigarh



Sobre Chandigarh

La ciudad de Chandigarh se sitúa al norte de la India, en la región del Punjab, en las faldas del Himalaya. El origen de la ciudad se debe a la necesidad de crear una nueva capital para el Punjab Hindú, tras la separación del antiguo estado en Punjab oeste (Pakistán), donde quedó situada la antigua capital de Lahore, y el Punjab este (India).

En un principio, el diseño de la nueva capital fue adjudicado a los urbanistas americanos Albert Mayer y Mathew Novicki, pero más tarde, fue Le Corbusier, quien junto a Maxwell Fry y Jane Drew diseñaron la que hoy en día está considerada como uno de los mejores ejemplos en planeamiento urbanístico del siglo XX.

El Master plan concebido por Le Corbusier está basado en el realizado por Mayer y Novicki, modificando la disposición inicial de la ciudad por una retícula un tanto más lineal. El diseño de la ciudad está basado en el funcionamiento del cuerpo humano, de acuerdo con esto, el conjunto del Capitolio actúa como la cabeza, mientras que el sector 17 (centro de la ciudad) actúa como el corazón. Por otro lado, el conjunto educativo (oeste) y el área industrial (este) actúan como las extremidades, mientras que los parques y zonas verdes están considerados los pulmones de la ciudad. Por último, las vías de comunicación se asimilan a las arterias de este cuerpo.

Son éstas últimas las que se estructuran en 7 tipos de vías, que permiten entender perfectamente el funcionamiento del diseño urbanístico. Así, la denominación de V1 a V7 permite clasificarlas de acuerdo a su función dentro de la ciudad, desde la V1, carretera interestatal, hasta la V7, camino peatonal en el interior de los sectores.

El diseño realizado por Le Corbusier estructura la ciudad en una especie de retícula determinada por el trazado de las vías, y los espacios entre ellas, denominados y numerados como sectores. Estos sectores, de dimensiones 1200x800 m, funcionan como unidades que cuentan con edificios de viviendas, zonas verdes, escuelas, comercios, etc.

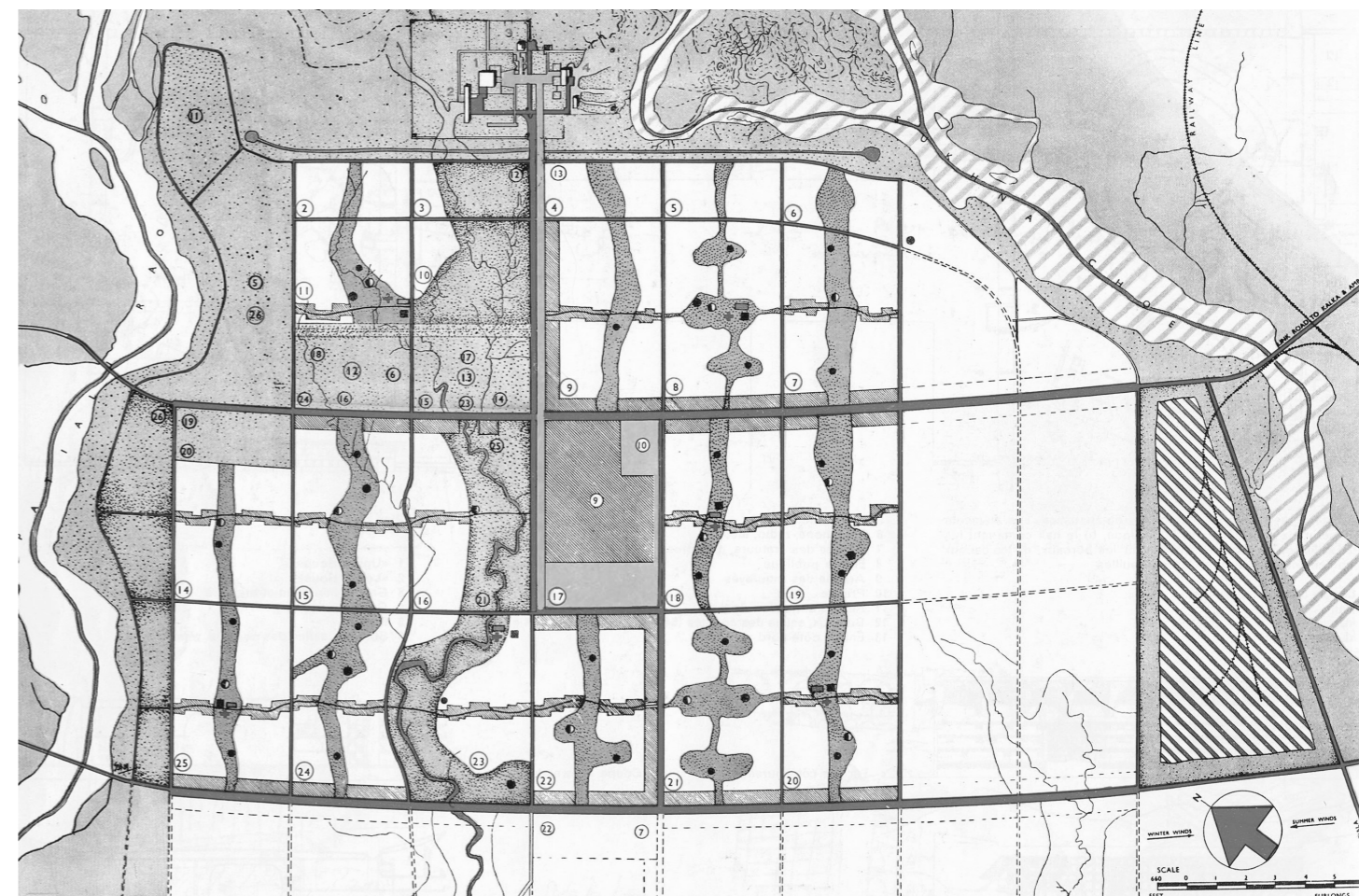
El lugar, Sector 10 - Leisure Valley

Situándonos en el lugar en concreto, el sector 10 se encuentra junto a la V2, vía que lleva hasta el conjunto del Capitolio al norte de la ciudad, lo que nos habla de la importancia de éste lugar. Además, el sector 10 se encuentra atravesado por el Leisure Valley, una gran zona verde que cruza la ciudad de noreste a sudoeste, atravesando varios sectores, y que constituye el gran pulmón de Chandigarh.

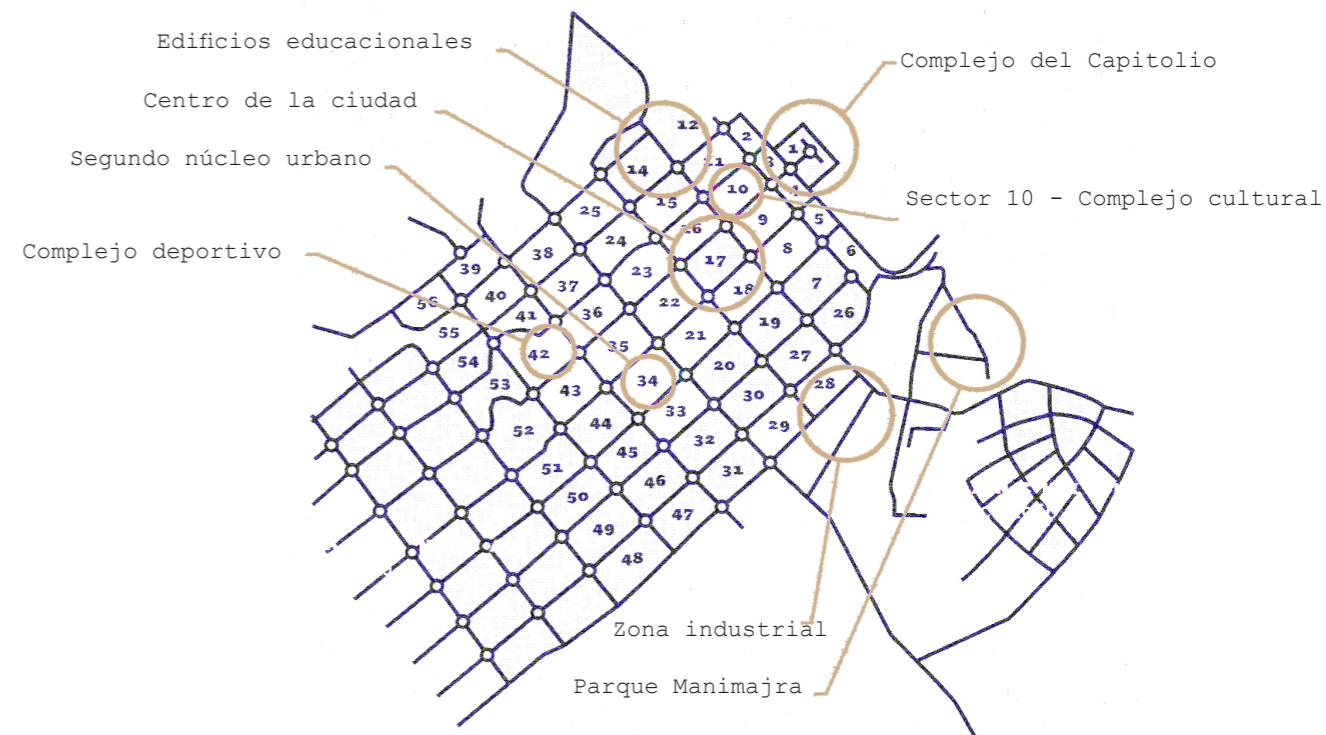
El lugar propuesto para la implantación del proyecto permite que ésta sea una decisión bastante abierta, en la que sin duda debe influir la morfología general del sector y la importancia de las diferentes vías que lo forman, así como las particularidades que presenta éste sector de la ciudad, como es la presencia del complejo cultural diseñado por Le Corbusier, que incluye la Escuela de Arte y el Museo.

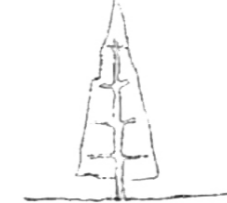
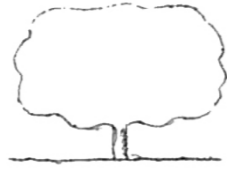
La topografía está constituida por una gran zona verde, poblada de abundante vegetación formada por grandes masas arbóreas, cuya cota se mantiene en su mayoría horizontal con una leve pendiente hacia el arroyo que cruza el Leisure Valley, en una cota unos 3-4 metros inferior al resto del parque.

El Leisure Valley es un elemento activo de la composición urbana, opuesto fuertemente al cartesianismo de las vías. Un terreno por tanto socavado por la erosión levemente bajo el nivel de la ciudad, distancia el ruidoso estrépito de la ciudad.



Plano de Chandigarh - Sectorización de la ciudad





Delonix Regia
(Gulmohar)

Ficus infectoria
(Pilkhan)

Terminalia arjuna
(Arjun tree)

Alstonia scholaris
(Devil's tree)

Polyalthia longifolia
(Ashok / Mast tree)

Callistemon lanceolatus
(Bottle brush)

Forma redonda e irregular

Forma redonda y regular

Forma columna irregular

Forma columna regular

Forma cónica

Forma irregular

-Características:

Ornamental
Crecimiento rápido
Floración en abril-junio
Flores rojas y naranjas
Altura máx. 8-12 m
Hoja perenne

-Características:

Forma masas arbóreas
Crecimiento rápido
Floración en marzo-abril
Flores blancas
Altura máx. 20 m
Hoja caduca o semi-perenne

-Características:

Forma masas arbóreas
Crecimiento rápido
Floración en mayo-julio
Flores amarillas
Altura máx. 22-24 m
Hoja caduca

-Características:

Ornamental
Crecimiento normal
Floración en octubre-novb
Flores blancas y verdosas
Altura máx. 12-14 m
Hoja perenne

-Características:

Efecto refrescante verano
Crecimiento normal
Floración en abril
Flores amarillo-verdosas
Altura máx. 7-8 m
Hoja perenne

-Características:

Ornamental
Crecimiento muy rápido
Floración en marzo-abril
Flores rojas
Altura máx. 8-10 m
Hoja perenne

-Localización:

Borde de los espacios abiertos y jardines

-Localización:

Avenidas

-Localización:

Vías principales de la ciudad

-Localización:

Avenidas, vías V3 y V4 y jardines

-Localización:

Borde de vías V4

-Localización:

Pequeños jardines

Clima y Vegetación

Las tradiciones culturales son un aspecto esencial que hay que comprender cuando se trata de proyectar en otro país, tan lejano además como es la India. Pero el conocimiento de otro lugar no termina aquí, hay que intentar controlar todos los aspectos que pueden diferenciarlo de los parámetros que estamos acostumbrados a manejar. Sin duda alguna, el clima en la India se trata de un aspecto esencial, ya que los recursos arquitectónicos utilizados en este lugar tratan de hacer de la arquitectura un lugar sostenible y agradable para el usuario, teniendo en cuenta las condiciones climáticas tan especiales que se dan en este país.

Así, podríamos resumir el **clima de Chandigarh** en un invierno semi-frío y seco (está situado en las faldas de la cordillera del Himalaya), un verano caluroso y una estación lluviosa de monzón. La época calurosa tiene lugar de Marzo a Junio, el monzón comienza en Junio y dura hasta final de Agosto o principios de Septiembre, el otoño es una época de transición hacia el invierno, que comienza en Noviembre y dura hasta Marzo.

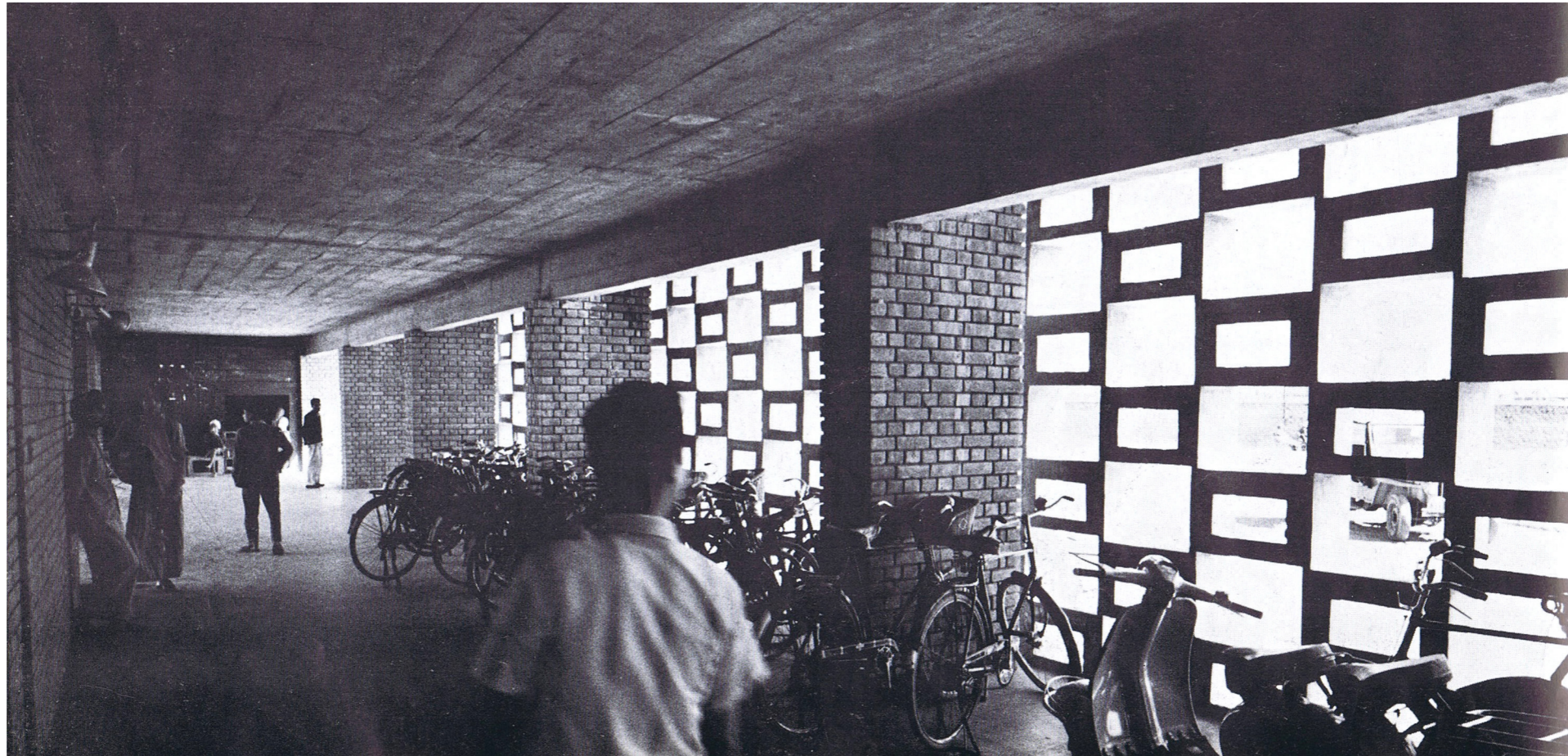
El objetivo principal de las construcciones es permitir la circulación de aire que debe atravesarlas, abriéndose al menos en dos de sus fachadas opuestas. En Chandigarh se orientan las casas oblicuamente con respecto al norte, en la dirección sudeste-noroeste, de donde provienen las brisas refrescantes del río.

En planeamiento de la ciudad incluye un proyecto de **vegetación** en el que se formulan varios tipos de zonas para asegurar la presencia de zonas verdes y ventilación a lo largo de Chandigarh. Espacios públicos, espacios verdes a lo largo de las vías, y por último pequeños espacios en un ámbito más privado, como pequeñas flores o plantaciones junto a la cocina y los patios de las viviendas.

El Leisure Valley, proyectado como el principal espacio público de la ciudad, cuenta con diferentes espacios temáticos de vegetación a lo largo de su recorrido. Tanto árboles ornamentales y arbustos como plantas trepadoras y flores están previamente reflexionados, incluso se sitúan en un lugar determinado de acuerdo a las orientaciones del sol a lo largo del día y a la anchura del tipo de vía con el objetivo de dotarlas de sombra.

La vegetación utilizada en los espacios públicos de la ciudad permite al usuario tener la sensación de estar en constante contacto con la naturaleza, lo construido desaparece entre la vegetación.

Tras el estudio y la observación de la arquitectura tradicional india y del modo de vida, Le Corbusier destaca la importancia de los espacios interiores y exteriores y su relación entre ellos y con el entorno natural, **la verandah** "es la razón de ser de la vivienda, donde se duerme sobre el tejado entre Abril y Octubre, excepto en Julio y Agosto cuando por la lluvia, se duerme bajo la verandah"



Escuela de Arquitectura - Chandigarh

Lugar y cultura, la arquitectura de Le Corbusier en Chandigarh

La felicidad está en comprender realmente un lugar, estar allí y escuchar y aprender de la gente, conociendo sus sueños y sus aspiraciones y, entonces, junto a ellos y su creatividad, tratar de encontrar una solución que es única para cada lugar y enraizada en la cultura local.

Le Corbusier diseña varios complejos de edificios en la ciudad de Chandigarh, el conjunto del Capitolio, formado por la Asamblea, el Secretariado, el Palacio de Justicia y el Palacio del Gobernador, es sin duda la zona más importante de la ciudad, donde se concentran los poderes y edificios públicos de la capital. Esta arquitectura nos habla del uso que hace del hormigón, el diseño del brise-soleil, el juego con la luz y la sombra, así como de las cubiertas que reconducen el agua de lluvia.

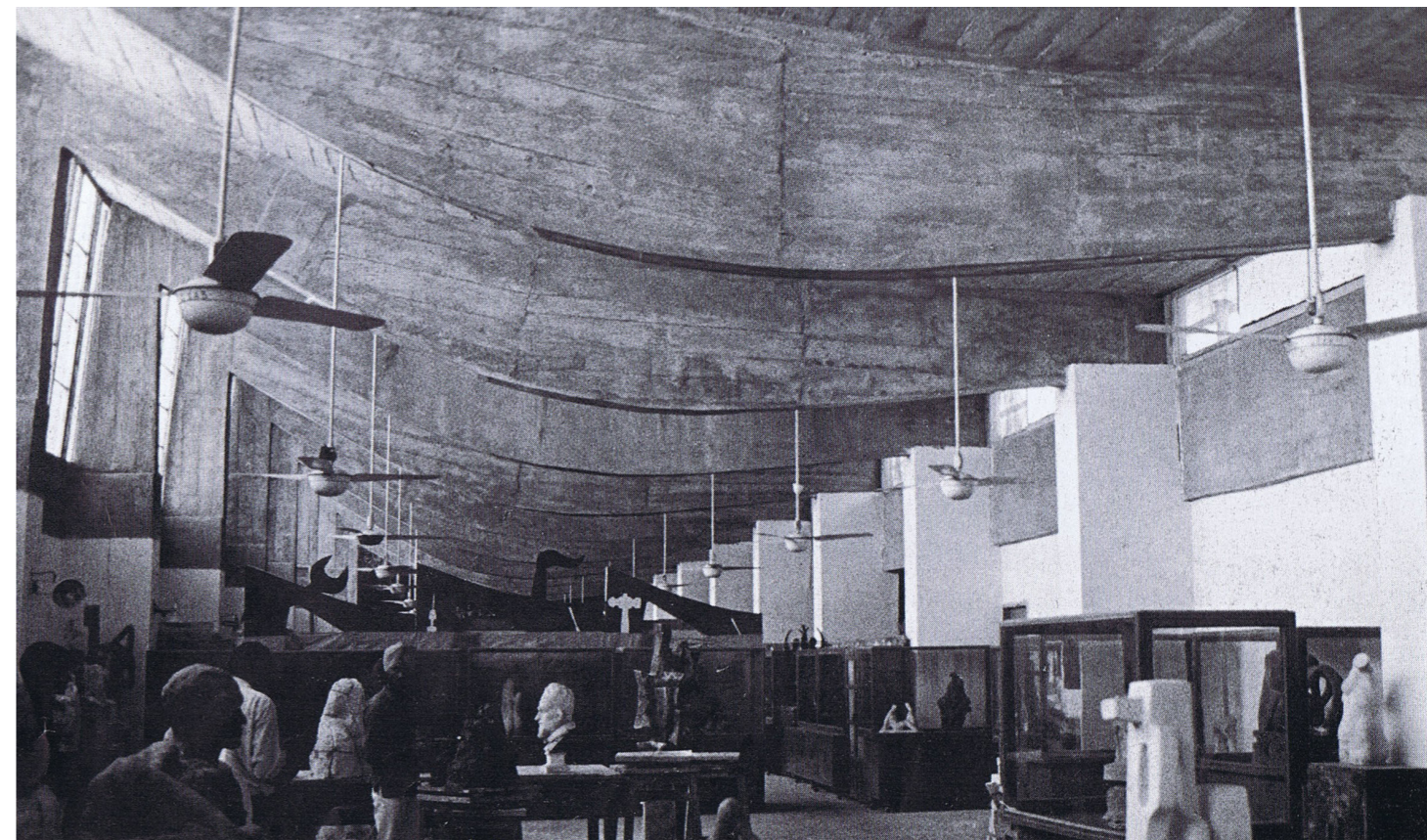
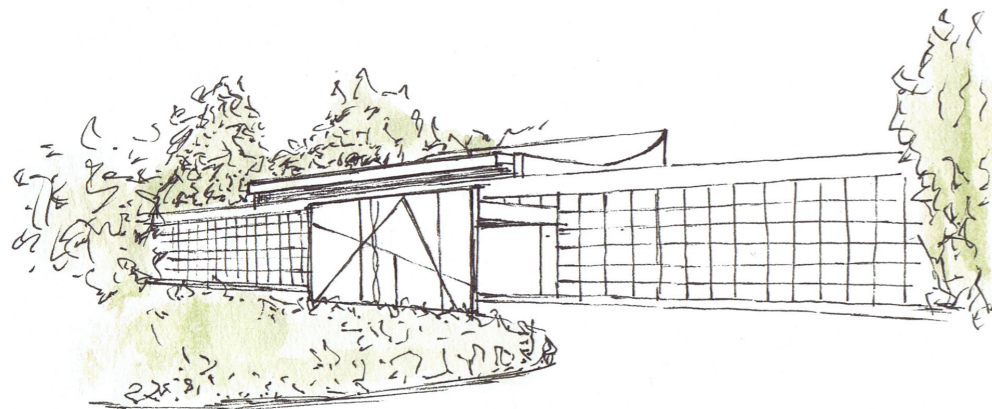
Se puede analizar e investigar mucho sobre este conjunto de edificios, que sin duda han sido una gran referencia a la hora de analizar la arquitectura de la ciudad, pero en el tema de éste proyecto me gustaría profundizar más en el análisis realizado sobre las **Escuelas de Arte y Arquitectura**.

Al elegir un edificio para analizar a principio de curso, me pareció interesante que éste fuera las escuelas proyectadas por Le Corbusier en Chandigarh, ya que dentro de la ciudad, ésta podía ser quizás la arquitectura que más se asimilase a las necesidades y condicionantes que tenía el proyecto de la escuela infantil, y podía por tanto servirme de guía o referencia a seguir durante el proceso del proyecto.

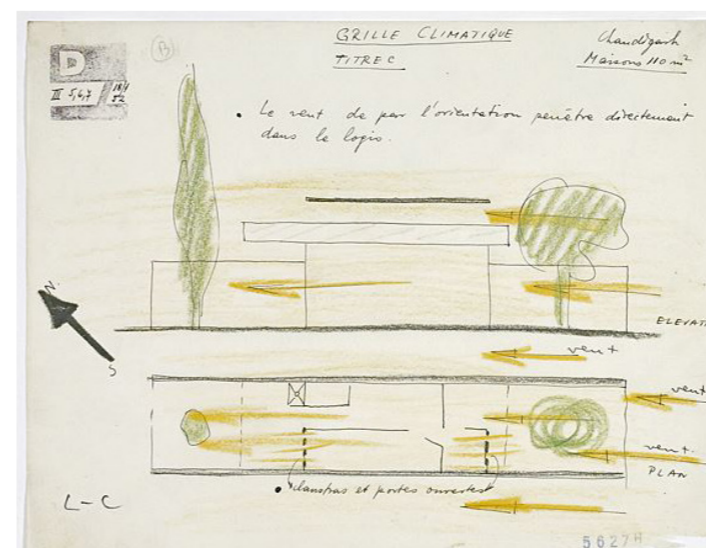
Se trata de una arquitectura educacional que investiga sus límites con la naturaleza debido al entorno en el que se localiza, investiga también la sección del proyecto y cómo ésta influye sobre la iluminación y la ventilación natural del proyecto, además del espacio interior que configura. Resulta también interesante ver el uso de los materiales que realiza Le Corbusier en éstos edificios, ya que quizás tienen un carácter menos simbólico que los museos o los edificios del Capitolio dentro de la ciudad, y esto le permite jugar con el uso de otros materiales como el ladrillo.

El edificio se organiza en torno a un patio central, alrededor del cual se sitúan los espacios de circulación, las aulas y demás dependencias. La fachada principal se construye a partir del espacio en verandah que sirve de acceso al edificio, orientado a sudeste, filtra la luz del sol y la visión de la naturaleza exterior gracias al brise-soleil de hormigón y permite el juego de luces y sombras en este espacio de carácter longitudinal, abierto en el lado opuesto al patio interior.

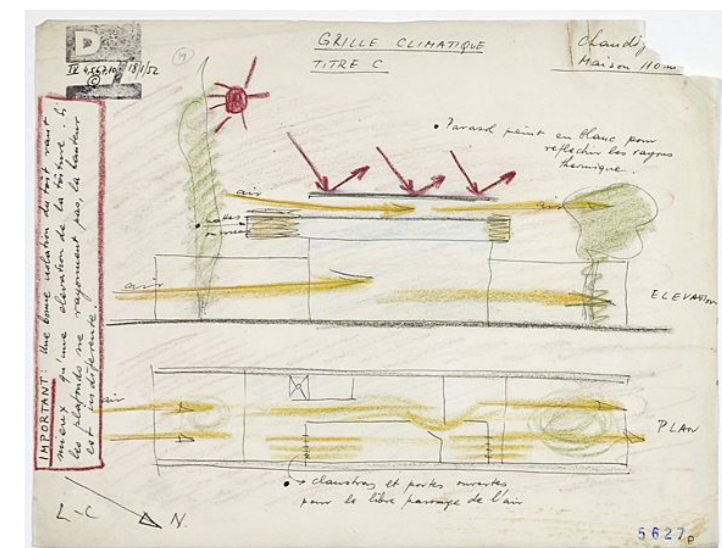
Las aulas son quizás, y como no podía ser de otra manera, el espacio más representativo de este edificio de carácter educacional. La cubierta curva construida sobre unas vigas de gran canto, se eleva hacia un gran ventanal a norte, permitiendo la entrada de luz natural que se refleja sobre las áreas que tienden a ser más oscuras, además de la ventilación natural que se produce por la doble orientación y el incremento en altura. Estas cubiertas recogen el agua de lluvia y la canalizan hasta las gárgolas de hormigón que la vierten tanto al interior como al patio interior, que busca ser visto desde fuera como un elemento de carácter contemplativo.



Interior de las aulas



Estudio de los vientos predominantes



Estudio de la radiación solar y la corriente de aire producida

El edificio parte de un minucioso estudio previo realizado por Le Corbusier sobre la climatología del lugar, y cómo esta afecta a las orientaciones en las construcciones realizadas en Chandigarh, los vientos predominantes, el papel que juega el diseño de la cubierta, etc.

De esta manera, observa que los vientos predominantes son en la dirección sudeste-noroeste, por lo que la permeabilidad de las construcciones en esa dirección permite el paso de la brisa. Si además el edificio cuenta con una zona de vegetación en su zona sur, ésta brisa llegará al interior de la construcción refrescada previamente por la naturaleza, por lo que su efecto será todavía más favorable.

3.Referencias.
Claves e intenciones



Algunas referencias

En el apartado anterior se muestra el proyecto de las Escuelas de Arte y Arquitectura de Le Corbusier en Chandigarh, por tratarse de una de las referencias más importantes en el proceso de proyecto y que además están situadas en el entorno próximo a nuestro emplazamiento.

A continuación se citan y describen brevemente algunas de las que han sido las referencias seguidas durante el proyecto de la escuela.

-Escuela Munkegaards - Arne Jacobsen

Las cubiertas inclinadas del espacio principal del aula crean un ritmo volumétrico en el proyecto, además de dotar a las aulas de una riqueza espacial e iluminación natural a través de ventanales superiores que caracterizan esta obra de Jacobsen.

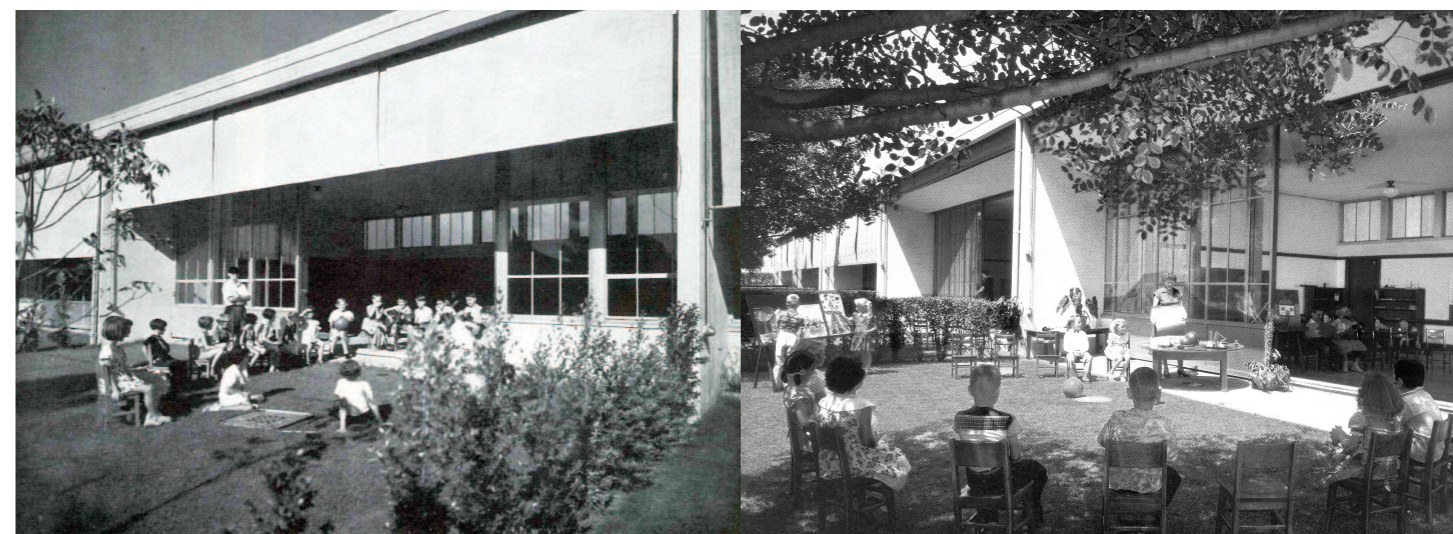


Escuela Munkegaards

-Corona School - Richard Neutra

Decía Neutra que el aula debe ser capaz de adaptarse al niño y redefinirse según la actividad, ser un espacio libre en el cual se puedan disponer los más variados objetos, y en el que el niño no está obligado a mantener siempre la misma posición con respecto al profesor sino que esto se define a corde a la actividad que se realiza.

En el proyecto de Corona School se observa la capacidad del aula de abrirse a la naturaleza, invadiendo el espacio próximo para convertirlo en un lugar improvisado donde dar clase o realizar otras actividades.



Corona School

-École de plein-air - Eugène Beaudouin y Marcel Lods

Este proyecto nos habla de la posible independencia volumétrica de las aulas, que aparecen como elementos independientes en su funcionamiento pero unidos por un camino cubierto por una pequeña estructura que lleva a las zonas comunes del conjunto.

Además, en esta escuela, el cerramiento de las aulas se construye mediante carpinterías abatibles de vidrio que permiten la apertura completa hacia la naturaleza próxima, diluyendo así los límites entre el espacio interior propiamente dicho y el espacio exterior que puede ser utilizado como aula al aire libre.

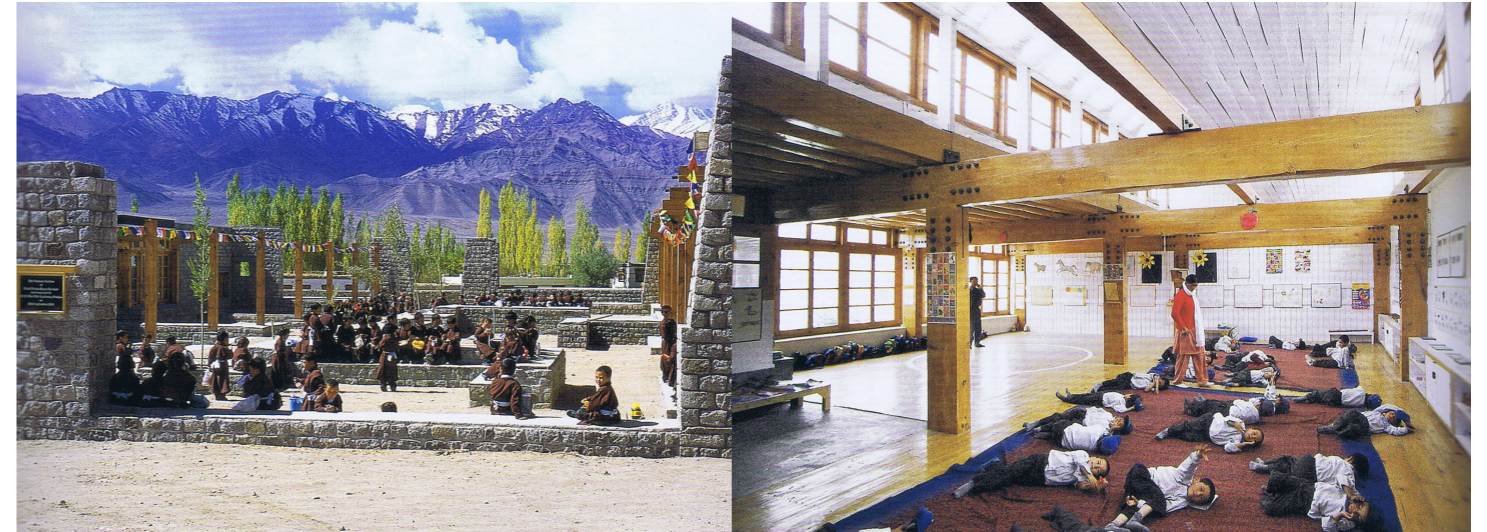


École de plein-air

-Druk White Lotus School - Arup Associates

La escuela del White Lotus se sitúa en Leh, India, al norte de Chandigarh. Esta ciudad se encuentra separada de Chandigarh por parte de la cordillera del Himalaya, lo que justifica el cambio climático que se produce de una ciudad a otra. Chandigarh es una ciudad verde y con alto nivel de humedad en el aire, mientras que Leh se sitúa en un valle desértico y seco. Pese a estas diferencias, el proyecto sirve de referencia ya que se construye en los últimos años, combinando el uso de materiales autóctonos con soluciones constructivas bien elaboradas.

La relación del espacio interior de las aulas con el espacio exterior, esta vez un poco más fragmentada debido a la entidad del cerramiento presente, nos habla de una duplicidad de espacios, por un lado el interior, más acogedor, realizado en madera, y por otro lado el exterior, un espacio más duro al tacto, realizado con piedra y hormigón.



Druk White Lotus School

-DPS Kindergarden School - Khosla Associates

La escuela proyecta por Khosla Associates muestra lo que los indios definen como el espacio en Verandah, espacios semicerrados pero ventilados de forma natural y protegidos de la radiación solar por un sistema de cerramiento en celosía. En este caso, los arquitectos utilizan una pieza cerámica hueca con un mosaico, de forma que crean un muro que permite la ventilación de los espacios de paso y acceso a las aulas.



DPS Kindergarden School

-Education Center in Ruanda - Dominikus Stark Architekten

La escuela situada en Ruanda se construye casi íntegramente en bloques de ladrillo cocido en obra. Nos muestra las posibilidades que ofrece este material de construcción, cuya función no es simplemente la de conformar los muros del proyecto, sino que también se utiliza para construir los dinteles, pilastras e incluso para pavimentar el espacio exterior del colegio.



Education center in Ruanda

-Escuela de formación profesional DESI, Bangladesh - Anna Heringer

Anna Heringer consigue estudiar la cultura local de Bangladesh y dar una nueva visión de una posible arquitectura que utiliza soluciones tradicionales como las uniones de bambú y los muros de adobe, a la vez que crea lugares de gran riqueza espacial como la anteriormente citada verandah.

El uso del bambú como material de cerramiento permite crear una fachada que actúa como una tela que filtra la entrada de la luz a los espacios semi exteriores, además, las telas de colores utilizadas a modo de falso techo dan un carácter más amable y rompen la seriedad del espacio, convirtiéndose así en un espacio lleno de luz y colores en el que los niños realizan sus actividades diarias.



Escuela en Rudrapur

-Escuela de primaria en Gando - Diébédo Francis Kéré

Kéré conoce de primera mano las necesidades reales de la población de su país, es por ello que él dice que en su proyecto trata simplemente de crear una sombra para los niños, una sombra que al igual que la que proyecta el único elemento presente en el lugar, el árbol, da cobijo a quienes se sitúan bajo ella.

La cubierta se convierte por tanto en el principal elemento que da cobijo a la arquitectura que se contruye bajo ella. Realizado en ladrillo cocido en obra y piedras del propio lugar, el edificio combina esta construcción con el hormigón y los elementos metálicos que contruyen la cubierta, las cerchas y la chapa.

Por otro lado, la decisión de construir una doble cubierta se justifica con la intención de crear una cámara de aire ventilada entre ambos elementos constructivos, hecho que transforma drásticamente el espacio interior, que protegido de la radiación solar directa consigue mantener una temperatura agradable incluso en las horas más calurosas del día.

Por último, mencionar que la construcción de este edificio se realiza con mano de obra local, esto significa incluir a la sociedad en el proceso de proyecto, ya que se convierten en parte imprescindible de éste y además, una vez aprende como se construye esta arquitectura será capaz de reproducirla y verse identificada con ella.



Escuela de primaria en Gando

-Dotaciones en el Parque Nacional de Mali - Diébédo Francis Kéré

De nuevo en este proyecto Kéré utiliza la solución de doble cubierta para proteger la arquitectura que se construye bajo ella.

En este caso es interesante ver el proceso de colección de agua de lluvia para su posterior canalización hacia el exterior del proyecto.

Los límites del proyecto se construyen con muro de piezas cerámicas o con una celosía de hormigón que construye un muro de mayor permeabilidad visual que el anterior.



Dotaciones en el Parque Nacional en Malí

Claves del proyecto, ¿Por qué Chandigarh?

Mi primer **contacto con la cultura y arquitectura india** no se produjo en septiembre cuando comenzamos con el tema del proyecto, sino que data de hace varios años. En verano del año dos mil nueve tuve la suerte de viajar a la India con mi familia, podría parecer el típico viaje turístico, pero no fue así ya que mi hermano vivía en Delhi por esa fecha desde hacía ya varios meses, y digo viviendo porque trató de introducirse realmente en la cultura india. Gracias a esto, fuimos capaces de conocer la verdadera India, no aquella que aparece en las revistas de hoteles de lujo, sino la que uno ve cuando vive y pasea por el barrio del bazar en Nueva Delhi, viaja hacia la zona del Rajastan en el oeste, recorre las carreteras indias cruzando el Himalaya a cinco mil metros hasta Leh, en la frontera norte de la india con el Tibet, y una serie de maravillosos lugares.

En la fecha de aquel viaje yo había terminado mi primer curso de arquitectura. El contacto con otra cultura totalmente diferente, que cuenta con una arquitectura tradicional también diferente a la europea me permitió expandir mi círculo de intereses tanto personales como arquitectónicos. Comencé a interesarme por otro tipo de arquitecturas "*alternativas*" que no cuentan con tantos medios ni soporte como la arquitectura europea, obras que tratan de dar una respuesta sencilla e integrada a necesidades básicas.

El comienzo del proyecto final de carrera resultaba interesante, el tema de proyectar una escuela infantil parecía sencillo en cuanto al tamaño que engloba el proyecto, pero complejo en cuanto al nivel de resolución y detalle que exige el resultado del mismo. Surge la posibilidad de elegir **Chandigarh como emplazamiento** en el que proyectar, en aquel viaje no tuve la posibilidad de visitar la ciudad, pero el interés por todo lo que rodea la cultura india y lo que acabo de mencionar ya era suficiente para elegir este lugar.

El proyecto se convierte desde ese momento en un proceso de aprendizaje que ha ido avanzando, evolucionando y aportando muchas cosas tanto al proyecto como a mis intereses durante este tiempo. Desde el primer día comienzo a formar una bibliografía con una serie de obras que me sirven de referencia a la hora de pensar cuáles son los objetivos que debe cumplir este tipo de arquitectura. Entre ellas me gustaría citar la arquitectura realizada por **Diébédo Francis Kéré** en Burkina Fasso, en su mayoría proyectos de escuelas realizados con recursos mínimos, un claro ejemplo de esa arquitectura que antes llamaba "*alternativa*".

Quién me habría dicho cuando comencé con este proyecto y tomaba como ejemplo las obras de este arquitecto, que tendría la suerte de conocerle, tratar y trabajar personalmente con él durante un par de semanas. Puede parecer poco tiempo, pero consiguió transmitirme cuáles son algunos de los principios de su arquitectura y cuál es su objetivo.

Entender que esa arquitectura que antes había llamado "*alternativa*", no es arquitectura alternativa sino "**necesaria**" fue la clave para entender cuál podía ser el verdadero objetivo de un proyecto de éste tipo en la India.

Ésta intención de proyecto no es otra que dar respuesta a una necesidad, como es un edificio de educación infantil, basándose en los métodos y recursos constructivos del lugar, pero sin olvidar que nos encontramos en un momento en el que la arquitectura debe tratar de dar una solución utilizando todos los medios que estén a su alcance.

"I am just trying to create shadows for my people"
Diébédo Francis Kéré



Intenciones del proyecto

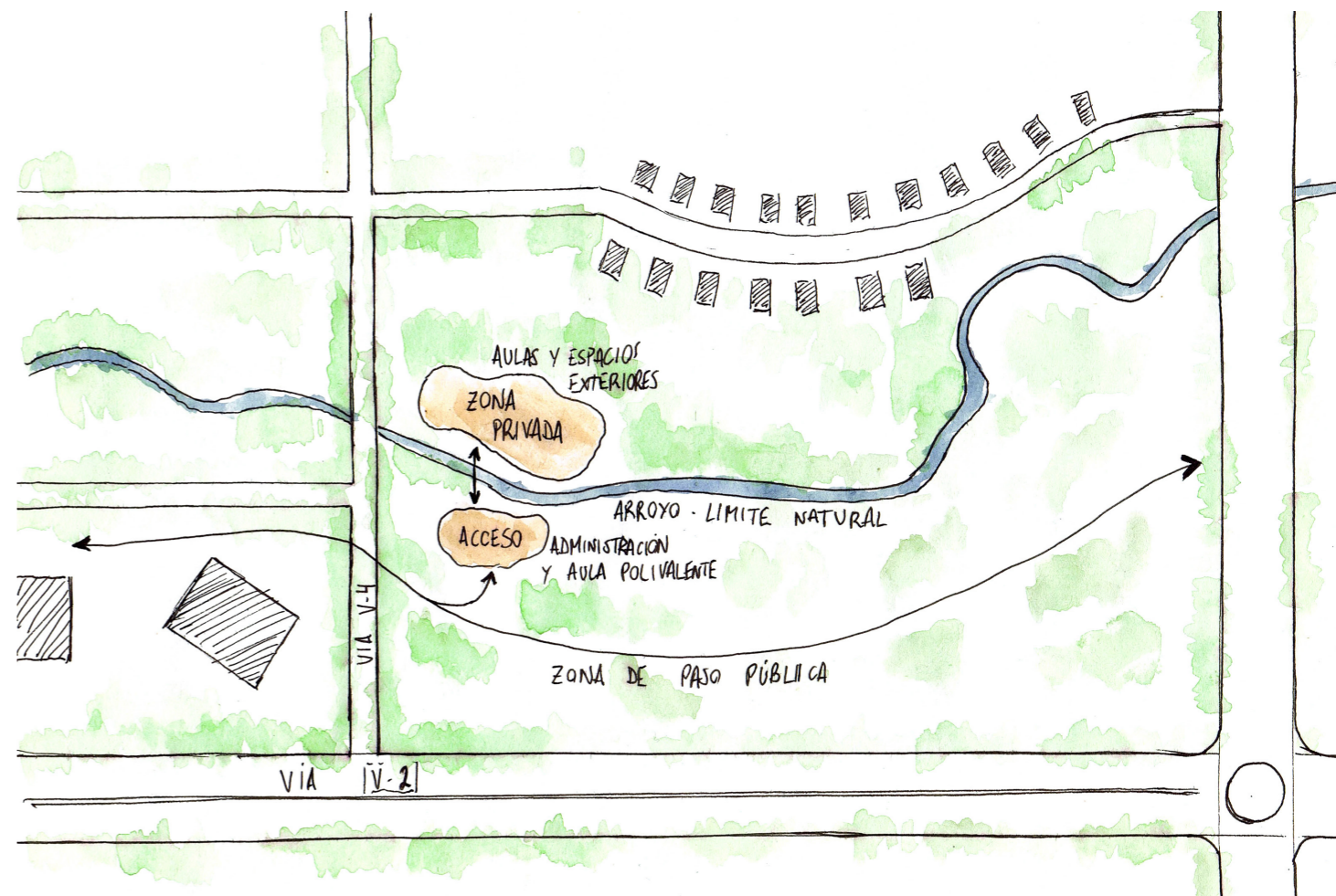
El proyecto trata de **identificar** tanto las potencialidades del lugar como las posibles carencias que éste nos pueda presentar, con el objetivo de crear una base sobre la que comenzar el trabajo de investigación.

Así, se reconoce como un **aspecto que favorece** o que dota de interés al proyecto el hecho de proyectar en otra cultura y lugar del mundo, la identidad arquitectónica propia de la ciudad de Chandigarh y las obras de Le Corbusier. Esto puede ser un gran punto de partida para el proyecto, además, las múltiples posibilidades de elección del lugar dentro de un mismo entorno en contacto con la naturaleza, así como el reto de estudiar la integración de los límites de un proyecto arquitectónico en un lugar sin unos límites preestablecidos resultan interesantes desde un comienzo.

Por otro lado, no se identifican como carencias del lugar sino como **fuertes condicionantes**, dos aspectos principales. El primero, no es otro que la climatología propia de la India, se trata de un gran condicionante que en mi opinión debe formar parte de la razón de ser generadora del proyecto. Una arquitectura adaptada al medio y proyectada conforme a los aspectos climáticos del lugar se convierte en un proyecto que requiere un proceso de investigación muy interesante. Por último, la posible falta de tecnología y el hecho de que en la India quizás no existan los avances constructivos que existen en Europa, permiten pensar en una arquitectura quizás más sencilla, cuyas soluciones no requieran de grandes aportes tecnológicos sino que sean los propios elementos constructivos los que cumpliendo su función permitan la realización del proyecto. Se trata de cambiar nuestro punto de vista, tal vez excesivamente acomodado en la tecnología actual, y volver a reflexionar sobre la verdadera función de los elementos que componen la arquitectura.

El planteamiento inicial trata de **dividir el proyecto en dos zonas**, la primera, más pública, como es el aula polivalente y la administración, se sitúa en la zona con más tránsito del Leisure Valley, la zona sur del arroyo que está atravesada por una circulación peatonal que viene desde la zona de los museos de Le Corbusier. La segunda zona, de ámbito más privado, como sería el comedor y la zona de aulas y juegos, se encuentra en el lado norte del arroyo, lugar de carácter más residencial y recogido. De esta manera se intenta establecer un límite natural como es la vegetación y el arroyo que "protegen" la zona de las aulas, distanciándola del tránsito de vehículos.

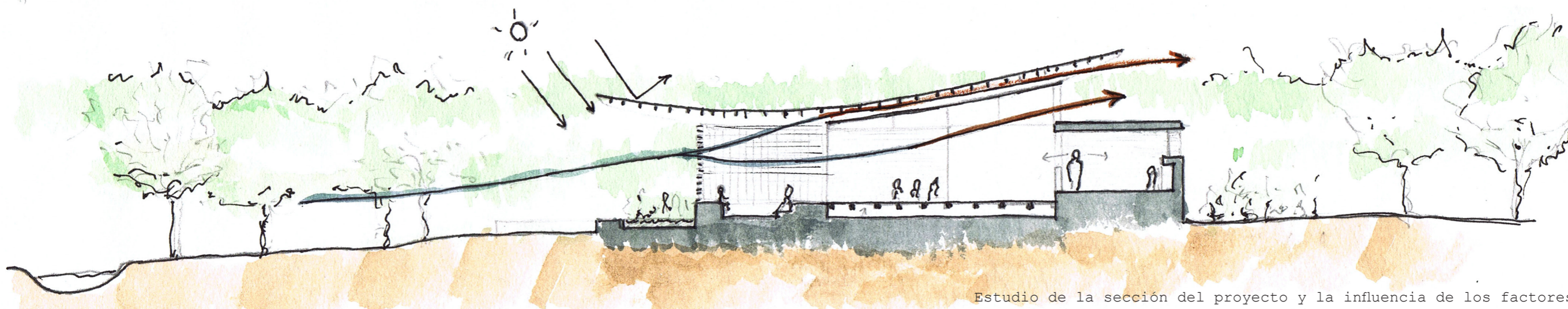
Por otro lado, las primeras intenciones estudian la **sección tipo** del aula, desde la que se describe el espacio de mayor importancia del proyecto. Tras reflexionar sobre el estudio climatológico realizado por Le Corbusier, se decide abrir el edificio en la orientación sudeste-noroeste con el fin de lograr una ventilación cruzada que refresca el ambiente interior ya que atraviesa previamente la vegetación y el arroyo. Además, se observa la intención de crear una gradación en los espacios, que van desde lo más privado en la zona norte del aula, la zona de descanso, hasta lo más público que abre hacia el arroyo, pasando por el espacio principal del aula y el espacio semi-exterior en verandah.



Intención de dividir el proyecto en dos zonas de diferente ámbito

La **verandah** es un recurso típico de la cultura india, se trata de espacios exteriores cubiertos, protegidos por tanto de la lluvia y la radiación solar pero abiertos a la naturaleza con el objetivo de estar perfectamente ventilados. Permite proteger las fachadas del sol durante el verano, dejándolo entrar en invierno, previendo siempre la evacuación de aguas por el monzón con una buena inclinación de la cubierta y la presencia de gárgolas.

La **materialización** del proyecto se convertirá en otro de los aspectos fundamentales a la hora de concebir la arquitectura. Los métodos constructivos utilizados tratan de promover la investigación en el ámbito de la construcción comprometida con el lugar y su cultura, pero sin olvidar los recursos constructivos a los que hoy en día tenemos acceso. La tradición constructiva en Chandigarh nos habla del uso del hormigón visto, el ladrillo en la construcción de muros y las cubiertas con pendiente para la evacuación de aguas.



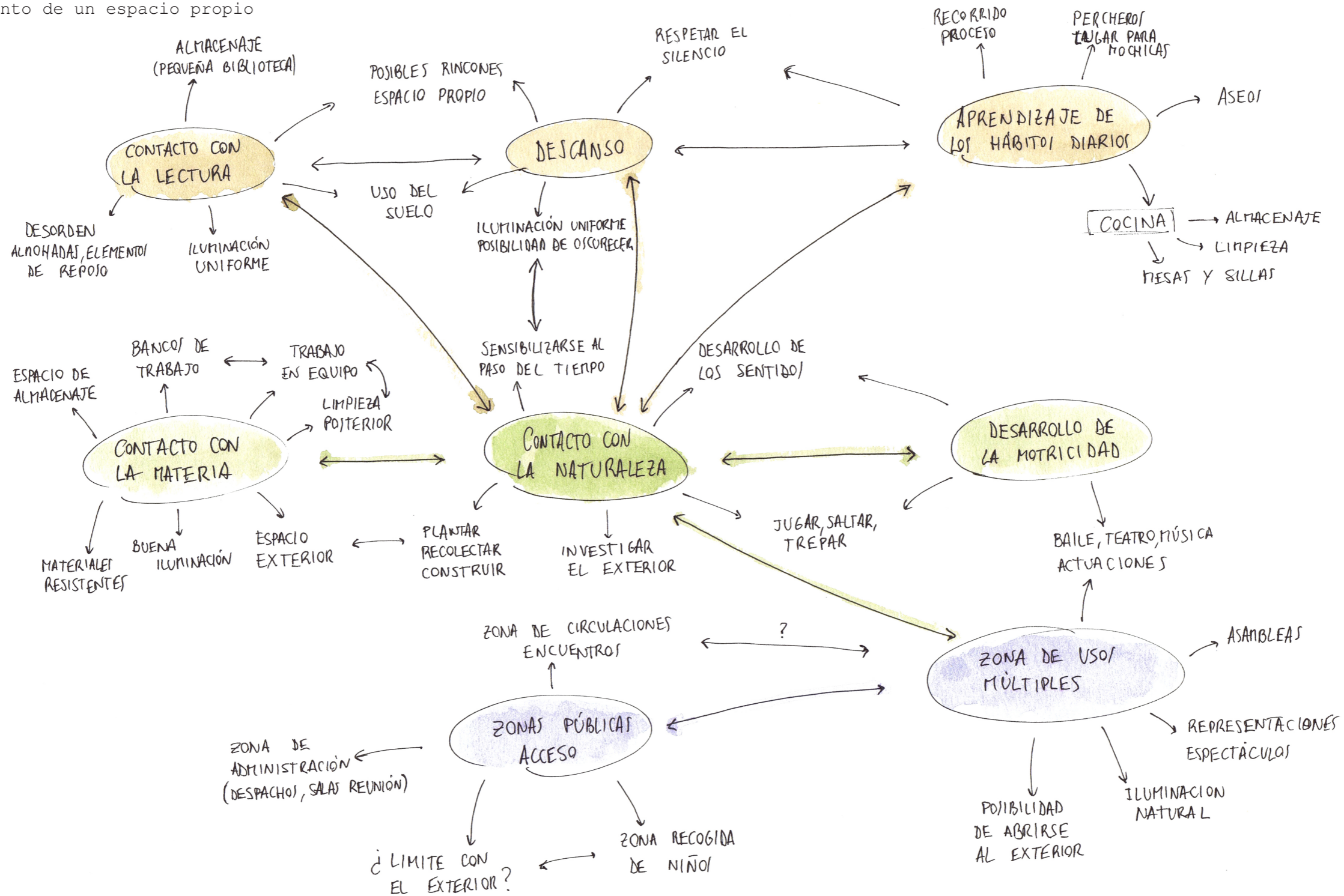
Estudio de la sección del proyecto y la influencia de los factores naturales

Un programa para una escuela infantil en Chandigarh

El enunciado del proyecto no exige cumplir un programa determinado, sino que pretende crear un proceso de reflexión y diálogo que permita llegar a una conclusión sobre cuales son las necesidades reales que debe cumplir el programa. Como una primera aproximación, se pueden mencionar una serie de actividades que sin duda habrían de tener cabida en los espacios del proyecto, como son:

- Contacto con la lectura
- Contacto con la materia
- Desarrollo de la motricidad
- Contacto con la naturaleza
- Aprendizaje de las rutinas domésticas cotidianas
- Hábito de las rutinas del aseo personal
- La necesidad del descanso
- La interacción con el entorno
- El reconocimiento de un espacio propio

El proyecto debe tratar de reflexionar sobre cuales deben ser las condiciones idóneas para estos espacios, planteándose y dando respuesta a una serie de preguntas que no son solo un punto de partida para la concepción de la arquitectura generadora del proyecto, sino que constituirán una guía para alcanzar un resultado satisfactorio que combine arquitectura y pedagogía. Además, debe ser capaz de determinar los puntos en común entre los diferentes usos y establecer las posibles relaciones entre ellos.



4. Propuesta



-Descripción de la propuesta

- Reflexiones previas de la propuesta
- Planos

-Descripción del sistema constructivo

- Planos de detalle
- Axonometría constructiva

-Cálculo estructural

-Instalaciones

A continuación se desarrolla el contenido de la propuesta para una Escuela Infantil en Chandigarh. Este apartado trata de representar el estado actual en el que se encuentra el proyecto, como he mencionado anteriormente, el proceso de evolución de la propuesta se inicia en las primeras ideas que parten de un cuidadoso estudio y análisis del tema de la pedagogía y la arquitectura escolar.

La descripción de la propuesta que a continuación se detalla no podría entenderse de otra manera sino como el resultado de un proceso de análisis y aproximación a una temática que requiere de nuestro esfuerzo e interés por intentar mejorar las condiciones de los lugares en los que los más pequeños de nuestra sociedad pasan sus primeros años.

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La escuela, el conjunto y su situación en Chandigarh

El Leisure Valley se encuentra claramente dividido en dos zonas dispuestas a ambos márgenes del arroyo, el conjunto de edificios de Le Corbusier, así como los caminos que recorren el parque se sitúan en el margen sur del arroyo, mientras que la parte norte de éste tiene un carácter más privado o recogido con menor tránsito.

Esta es la principal razón por la que el proyecto se encuentra dividido en dos zonas, la primera, la zona de acceso y administración se sitúa en la zona sur del arroyo, en el tránsito de la vía peatonal más concurrida, así, actúa como primer filtro de acceso a la escuela a la vez que la sala multiusos dota al parque de un pequeño espacio dotacional que puede ser utilizado los días en los que la escuela no está en funcionamiento. Por otro lado, la zona de comedor y el conjunto de aulas, de carácter claramente más privado, se sitúa en el margen norte del arroyo, separándose así mediante la naturaleza de la zona más concurrida del parque.

El aula, pequeños núcleos de actividades

El objetivo es lograr una sistematicidad en las aulas, sin renunciar a potenciales usos independientes e incluso diferenciados. Cada aula o agrupación es un organismo con cierto grado de complejidad y autonomía relativa. Si bien comparten espacios comunes exteriores en cada agrupación, el espacio del aula es tratado como un elemento independiente, perceptible como unidad diferenciada dentro del conjunto. Estos elementos autónomos se unen para dar lugar a un gran organismo complejo. De esta forma los niños entienden primero su pertenencia a un lugar propio, su aula, después a la agrupación de aulas, y por último, a la escuela en su conjunto.

El espacio abierto y flexible predomina sobre los espacios cerrados y abocados a una única función. Aparecen espacios con un carácter más íntimo e introvertido que se consiguen definir con sutiles manipulaciones del espacio como los cambios de altura. Igualmente, los desniveles, pequeños espacios e innumerables recovecos se convierten en perfectos escenarios que los niños hacen suyos con extrema facilidad.

El aula se desarrolla en una sola planta a ras de suelo, sólo separada del parque por unos desniveles generados por la arquitectura que dan lugar a diferentes escenarios en los que se suceden las actividades de los niños. De esta forma, los puntos de acceso y salida a la sala no están excesivamente determinados y se pueden variar como más convenga a los pequeños usuarios.

El sistema de cerramiento permite por tanto la extensión del espacio interior hacia el parque. El hecho de que la sala principal pueda colonizar el exterior amplía la versatilidad y las posibilidades de la sala.

Las zonas abiertas al aire libre son espacios que permiten la simultaneidad, el recorrer y el permanecer, la gran reunión y la conversación privada. El recorrido posibilita no sólo un efecto de dinamismo espacial, sino que también contiene rincones, escalas distintas, es una calle abierta a la naturaleza.

Los espacios intermedios, el recorrido

La escuela nos recibe mediante la prolongación de los muros de ladrillo hacia el exterior, elementos que pretenden fragmentar o desdibujar los límites entre la arquitectura y la naturaleza. De esta forma, el marco creado por las viguetas de madera que apoyan sobre el muro de acceso permite, gracias a la linealidad y la sombra creada por estos elementos, marcar el acceso a la escuela, como hiciera Le Corbusier en el acceso a La Tourette.

El área entre aulas y patio se convierte en el umbral a través del cual el estimulante mundo exterior penetra físicamente en el espacio de las aulas. Entre exterior e interior, una secuencia de lugares articula una transición en la que son posibles ambos.

Se recurre a la dinamización de los espacios intermedios como las zonas de paso, haciéndoles perder su habitual condición de paso y transición, para convertirlos en lugares de estancia donde poder jugar aprendiendo y aprender jugando.

En los patios intermedios entre aulas, unas lamas de madera filtran la entrada de luz y funcionan como un elemento que cose la estructura de cubierta, rota por los vacíos generados. Éste recurso se utiliza también en algunas zonas de paso como el recorrido en torno al espacio central del comedor, o la zona de acceso al conjunto de la escuela.

La percepción del "techo" es muy distinta en sentido longitudinal y transversal. La vista en sentido longitudinal del techo no revela la permeabilidad de la cubierta. Todo lo que vemos es la iteración de las caras iluminadas de las vigas. Sin embargo, una visión transversal del espacio nos dejará percibir el intersticio, el espesor de la cubierta y la delgadez de las vigas de madera en su verdadera dimensión. La altura libre se expande hacia el cielo, en virtud de la permeabilidad del plano superior. El límite se debilita, el techo se esponja y adquiere la profundidad que no era perceptible en el otro sentido. Al desdibujarse el límite superior la condición horizontal del espacio se pierde y adquiere un matiz vertical.

El espacio para comer y otras reuniones

Rudolph Arnheim, psicólogo y filósofo alemán nacido a principios del siglo XX, investiga y realiza importantes contribuciones para la comprensión y el estudio de la forma y otros fenómenos estéticos. Afirma y destaca la importancia del centro, que como aglutinador de ejes y de movimientos se convierte en una figura muy importante, y los edificios con una clara centralidad, en contraste con los que no la tienen, adquieren una autonomía evidente.

En los edificios con componentes circulares, el sistema centrado es indiscutible, por lo que su relación con la forma esférica es evidente. Podríamos destacar la cualidad psicológica que tiene la forma esférica como entidad germinal de invención creadora. Alberti citaba que "es sabido que la naturaleza se deleita principalmente en las figuras redondas, puesto que la mayoría de cosas engendradas, hechas o dirigidas por la naturaleza son redondas".

El arquitecto español Fernando Higueras investigó sobre las posibilidades que la arquitectura a partir de las formas circulares ofrece a la cualidad de los espacios, algunas de sus obras principales como el Centro de Restauraciones artísticas muestran parte de esta investigación y sus resultados.

El desarrollo lineal, utilizado en el resto del proyecto, no parece en este caso tan indicado como el radial, capaz de definir un espacio externo más atrayente que ayuda a potenciar la cualidad que la arquitectura genera en el espacio interior. Así mismo, la distribución radial centralizada permite la gradación entre lo semipúblico y lo privado.

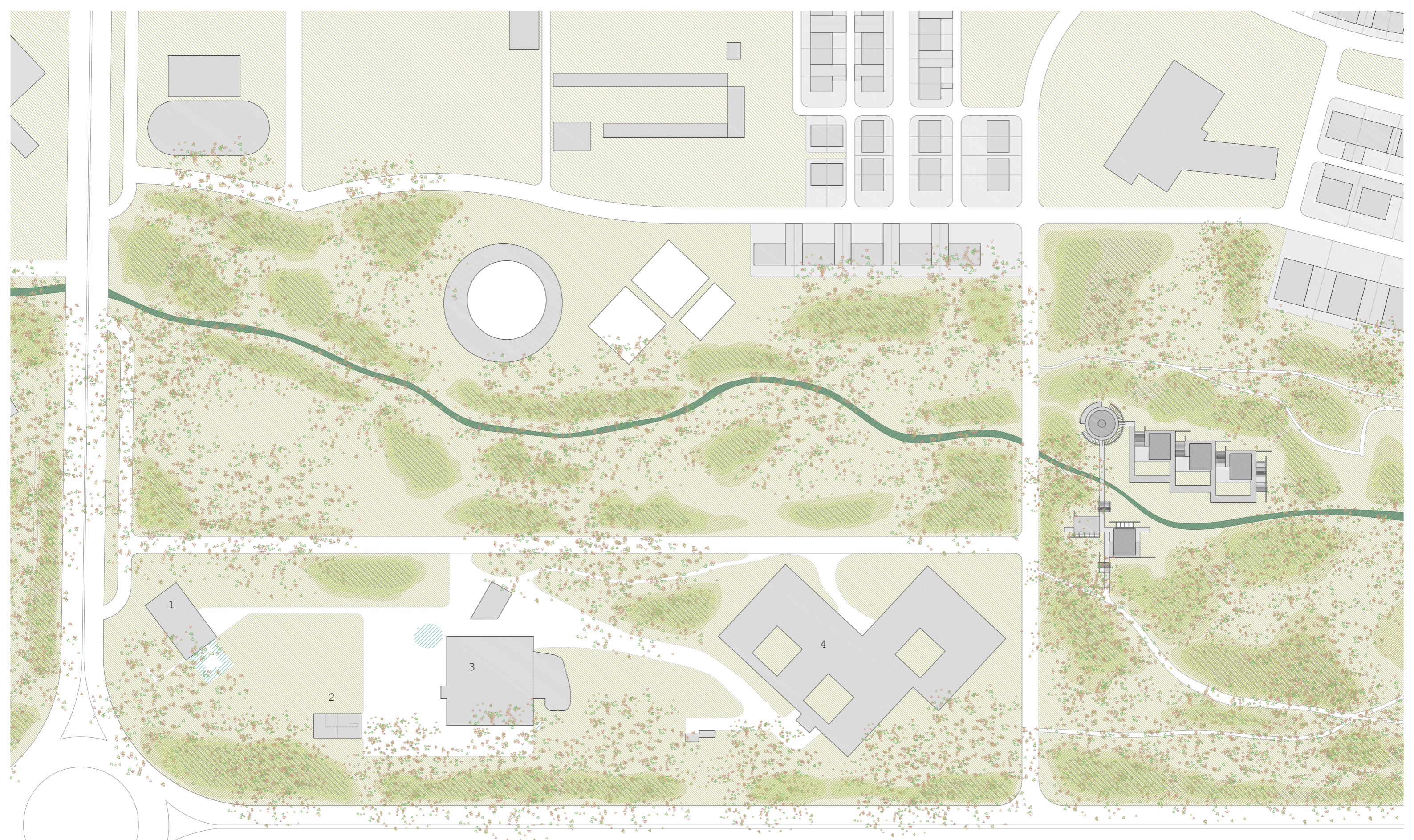
El elemento del comedor actúa por tanto como elemento de unión entre la parte pública y privada del proyecto, elemento central en el que tiene cabida una de las actividades más importantes de la rutina diaria de los pequeños. La comida es una actividad que requiere quizás de un espacio que ofrezca otras cualidades como el recogimiento o la sensación de pertenencia a un espacio propio, delimitado dentro del parque en el que se inserta el proyecto.

Así, el espacio es concéntrico y simétrico, evitando posiciones jerárquicas y promoviendo un diálogo multidireccional en las actividades que en él tienen cabida. La arquitectura de la zona de paso que rodea al espacio principal se apropia de parte de la naturaleza con el fin de generar esa sensación de recogimiento dentro de este elemento autónomo.

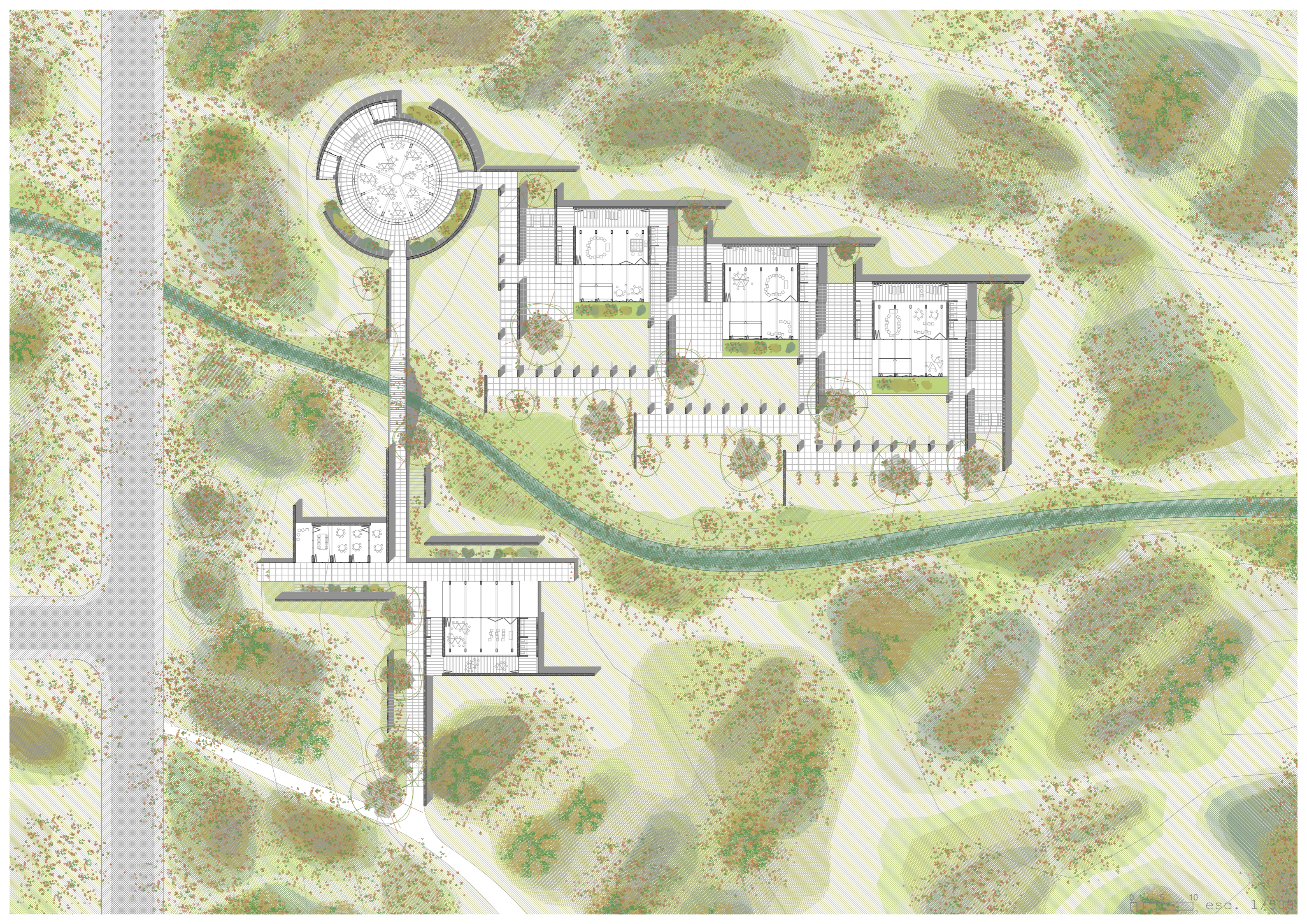
La cubierta circular se apoya sobre ocho pilares ligeramente inclinados, que surgen como prolongación de los nervios radiales de la cubierta. Además, la cubierta principal se construye a mayor altura que la cubierta de la zona de paso, de esta manera se logra separar estos espacios visualmente gracias a la línea de luz que penetra por este margen. Sin embargo, la ausencia de cerramiento alguno permite la extensión del espacio interior hacia el parque delimitado por los muros perimetrales construidos, dando lugar a diferentes escenarios en los que se suceden las actividades de los niños.

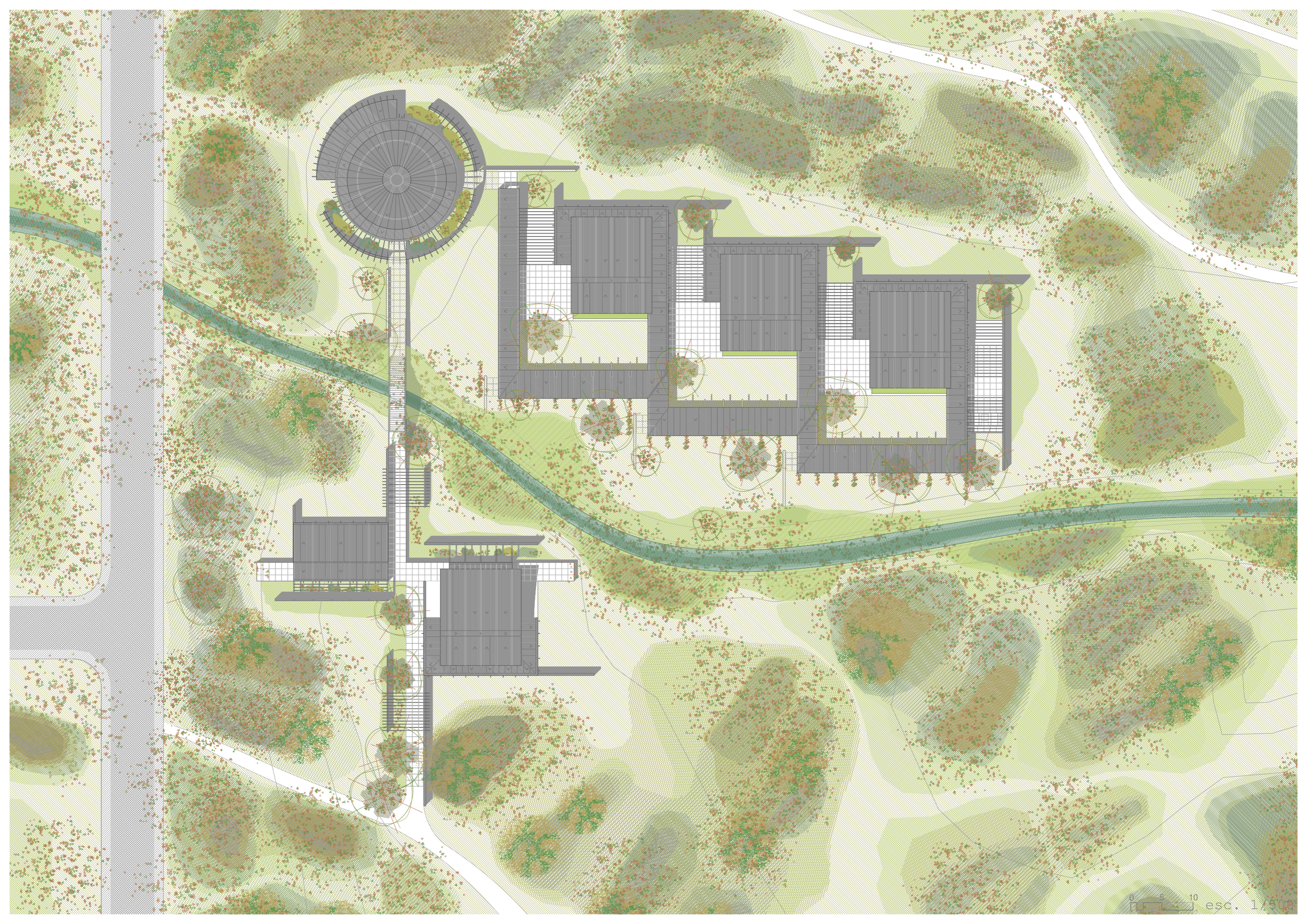


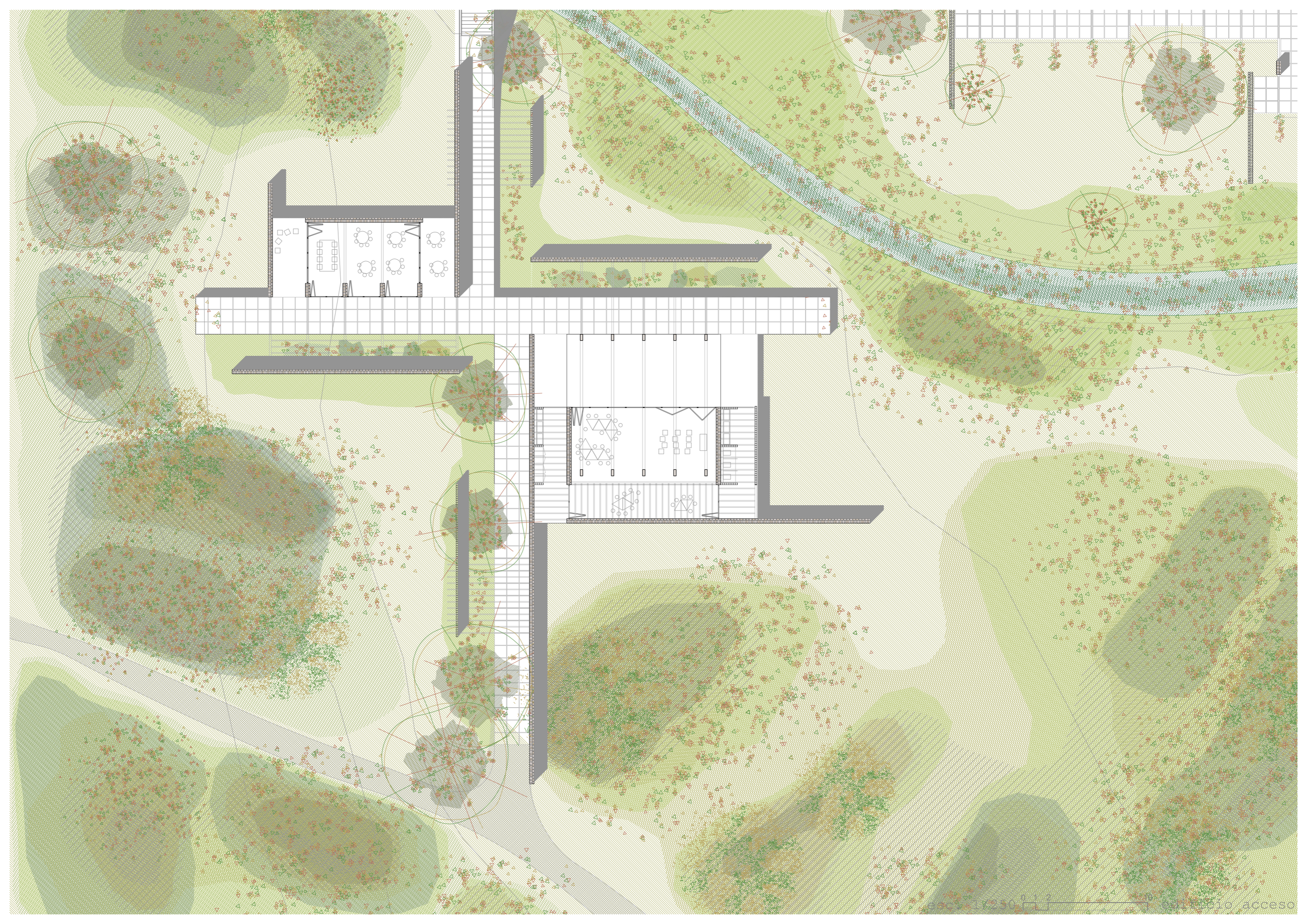
esc. 1/3500

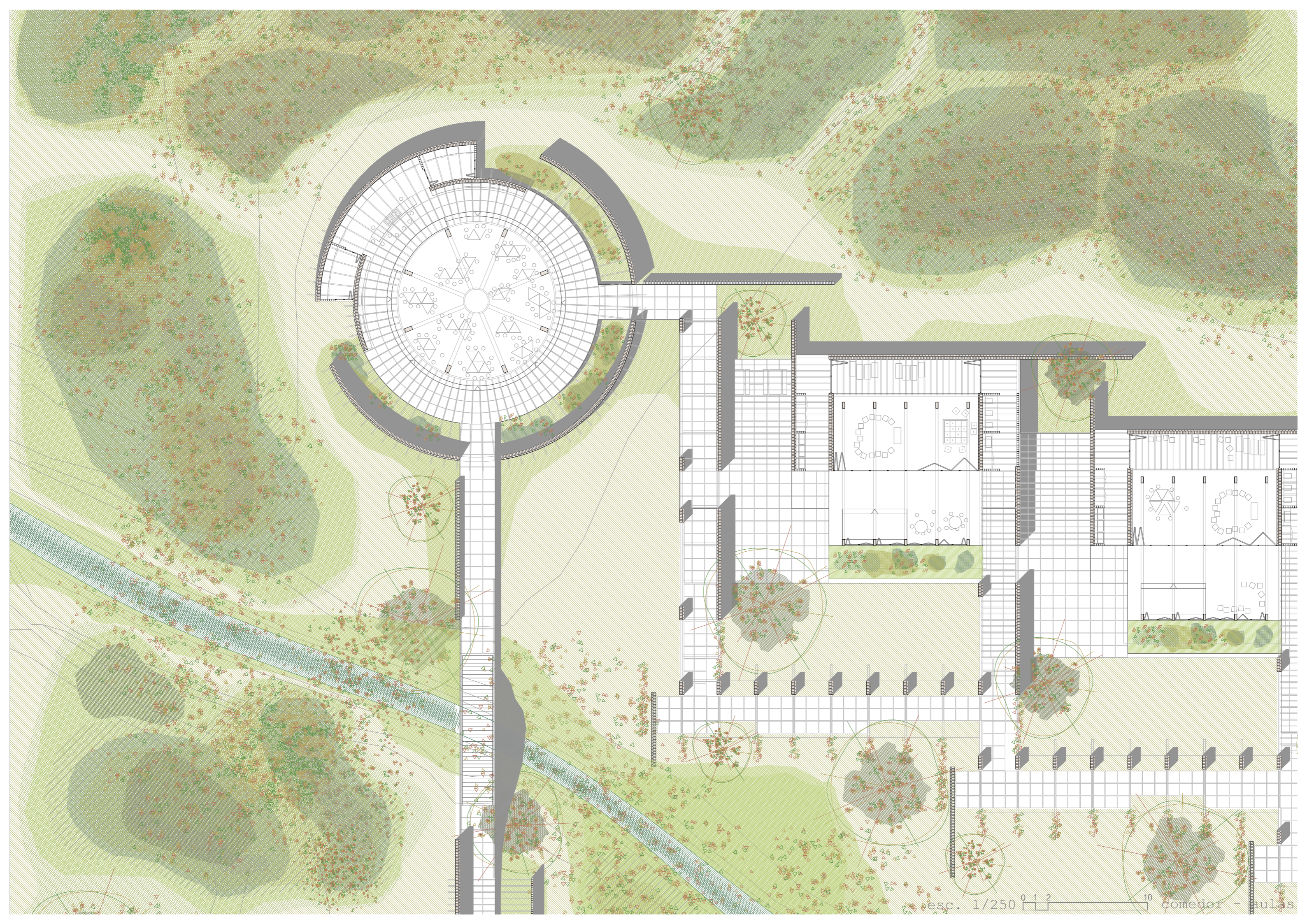


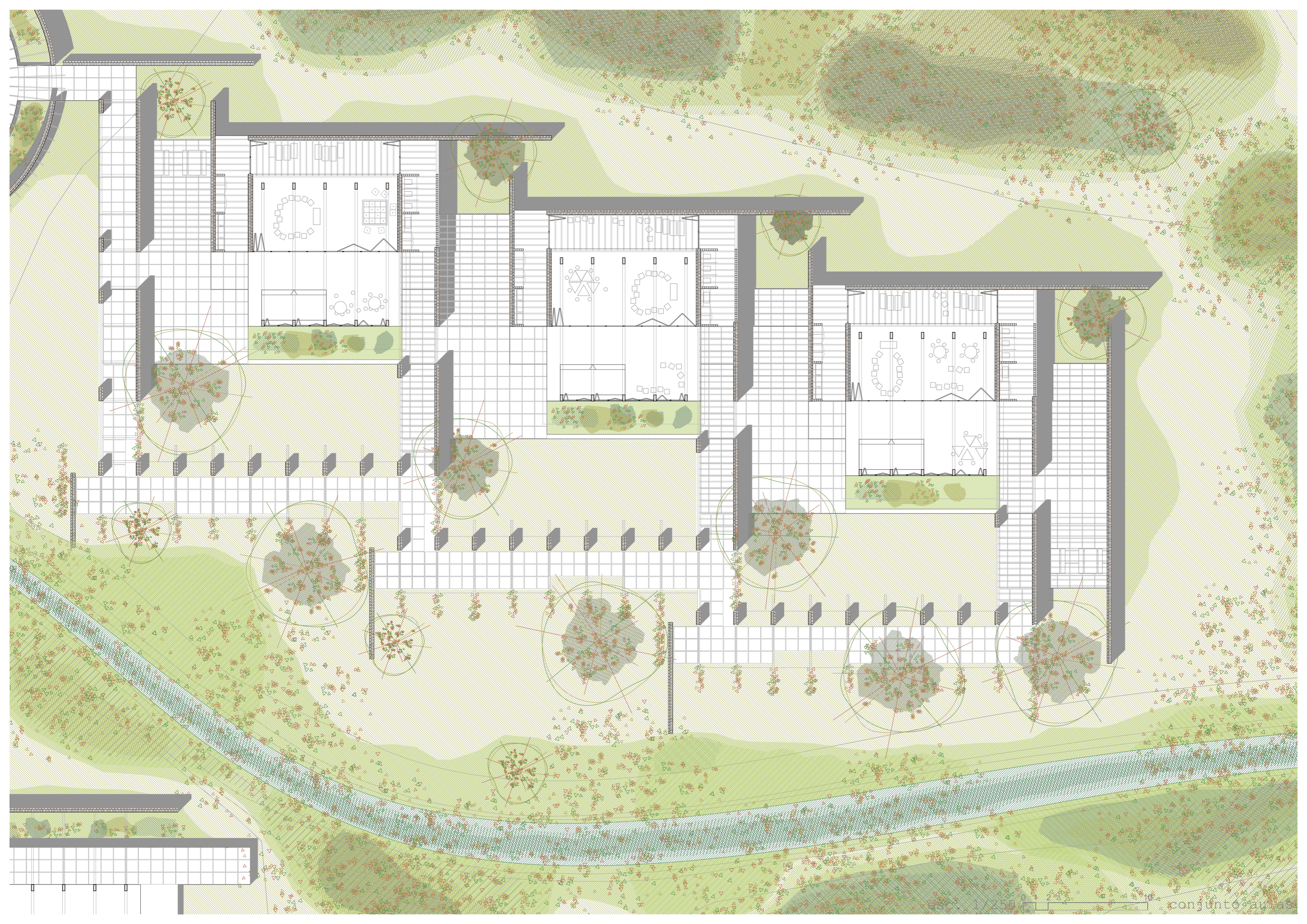
- 1. Caja de los milagros
- 2. Pabellón de exhibiciones
- 3. Museo
- 4. Escuela de Arte

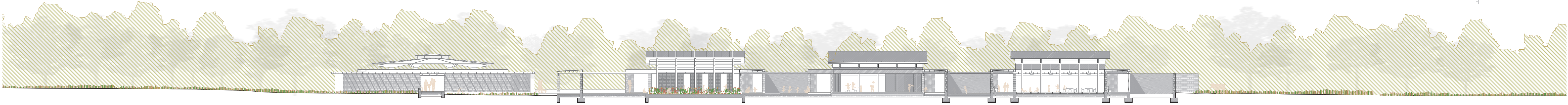
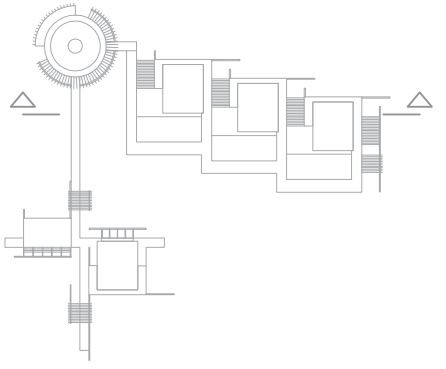




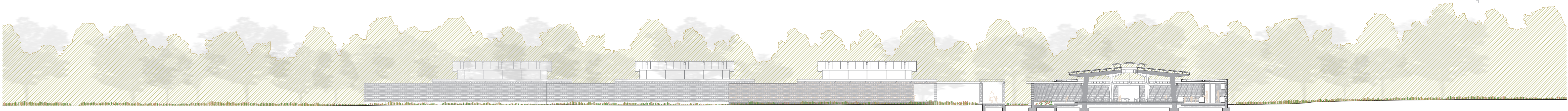
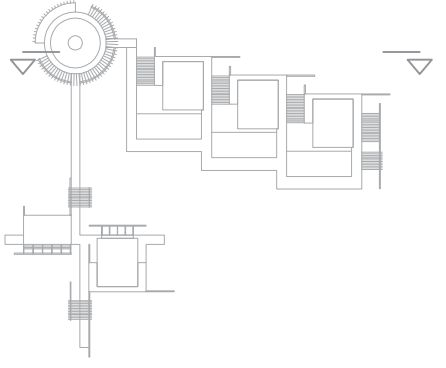




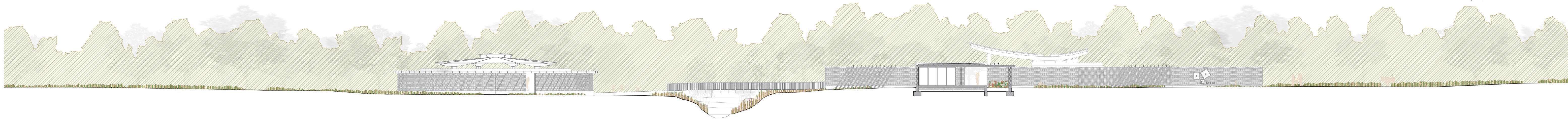
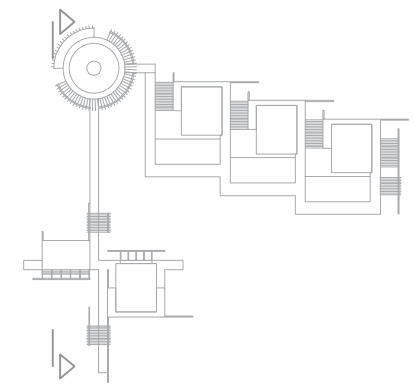




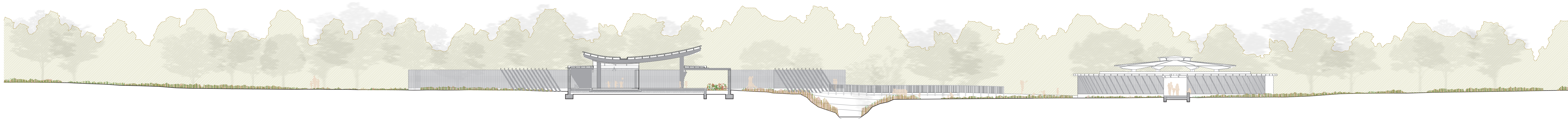
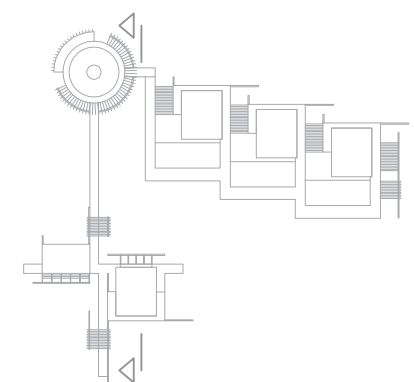
sección aulas



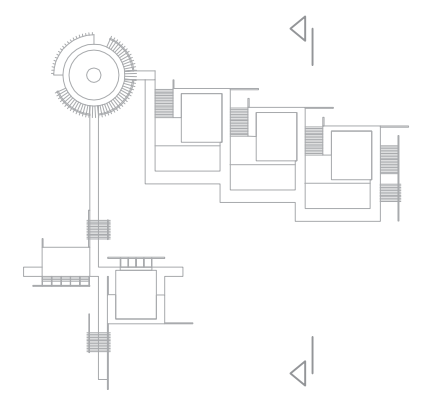
esc. 1/250 0 1 2 5 10 alzado norte



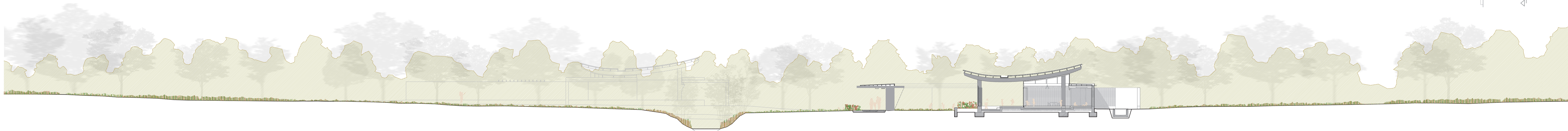
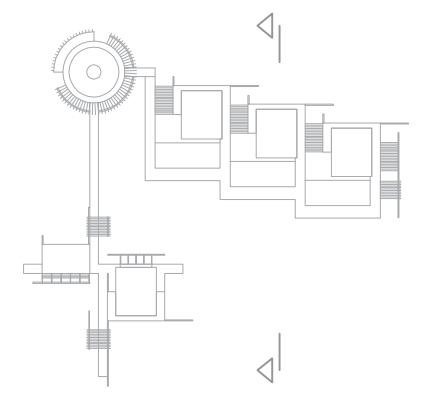
edificio acceso



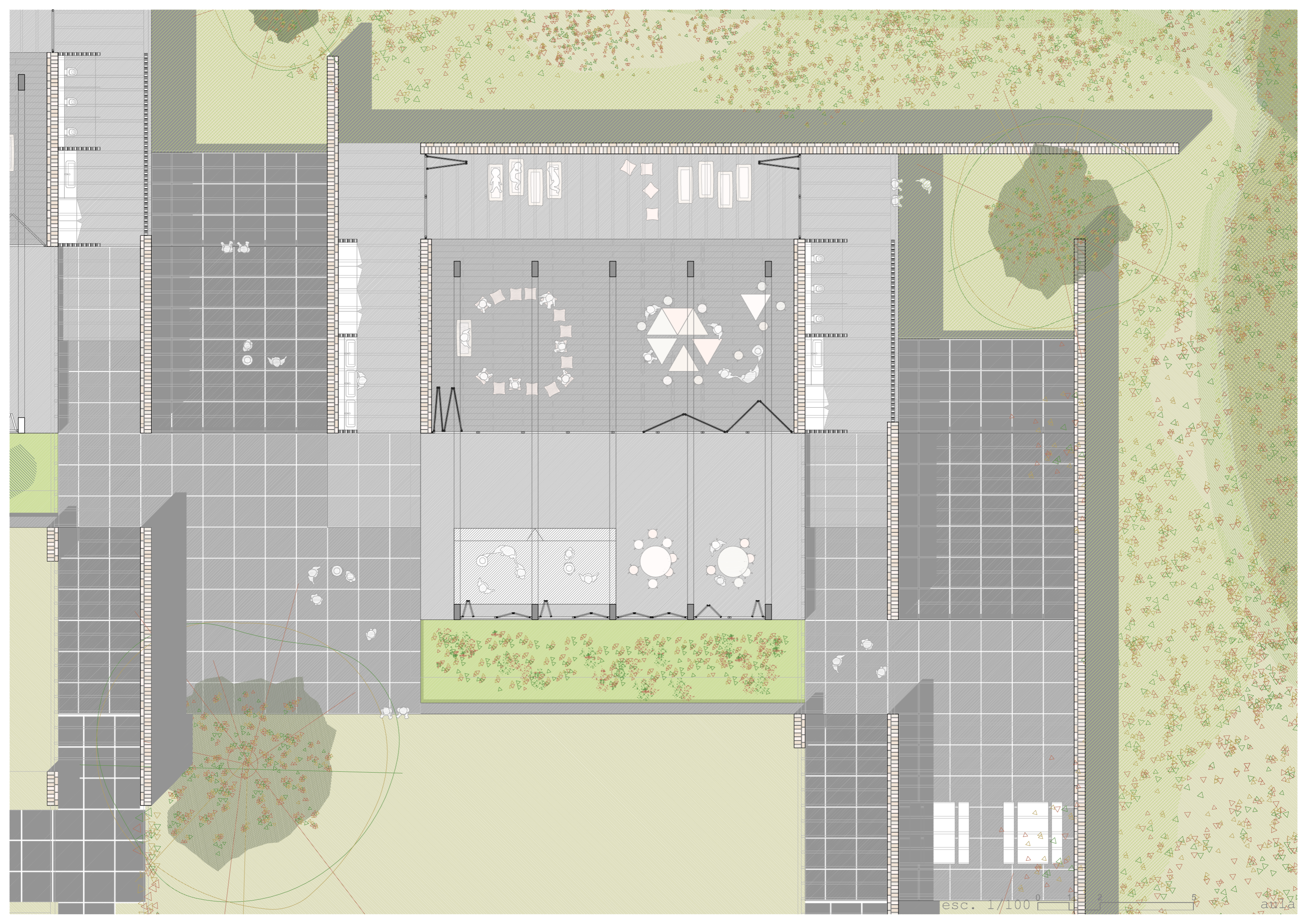
esc. 1/250 0 1 2 5 10 aula polivalente



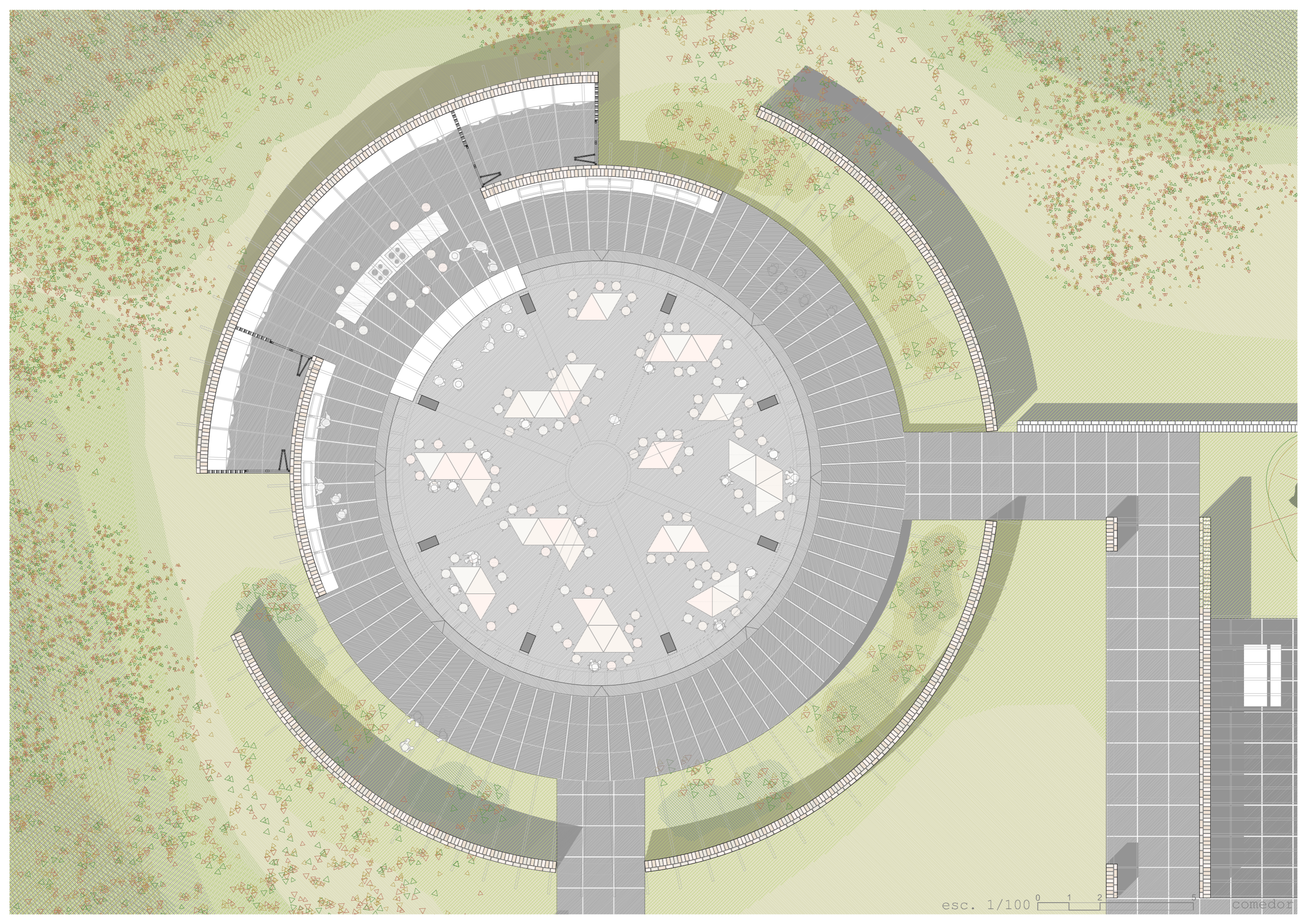
sección patio

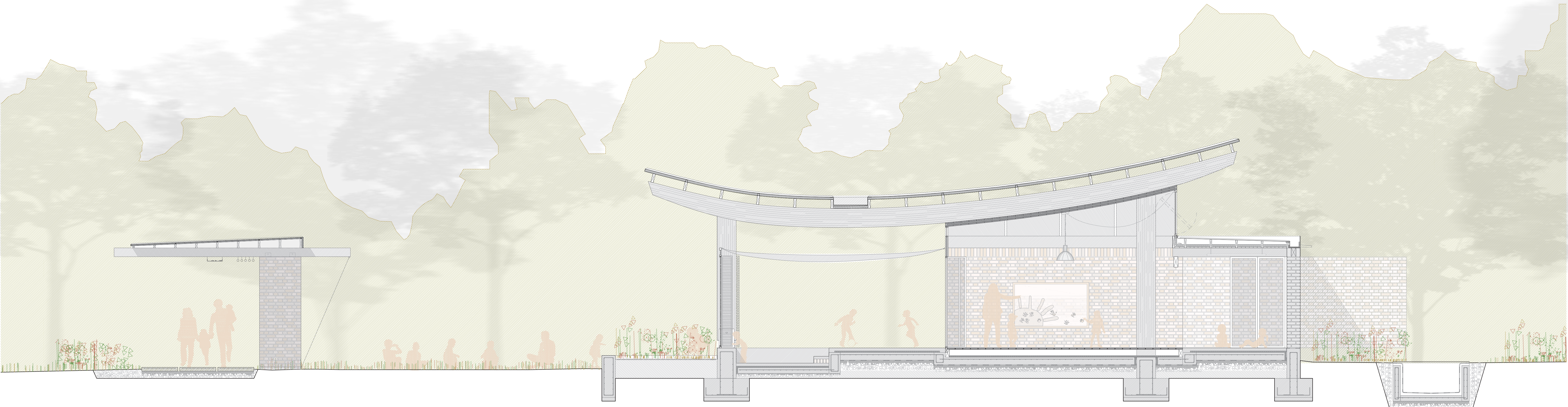
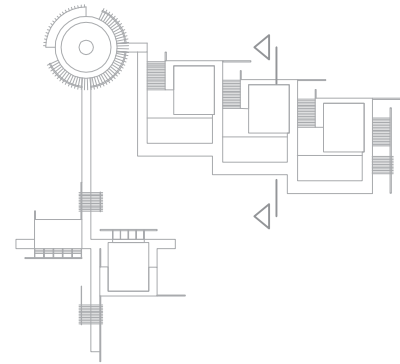


esc. 1/250  sección aula

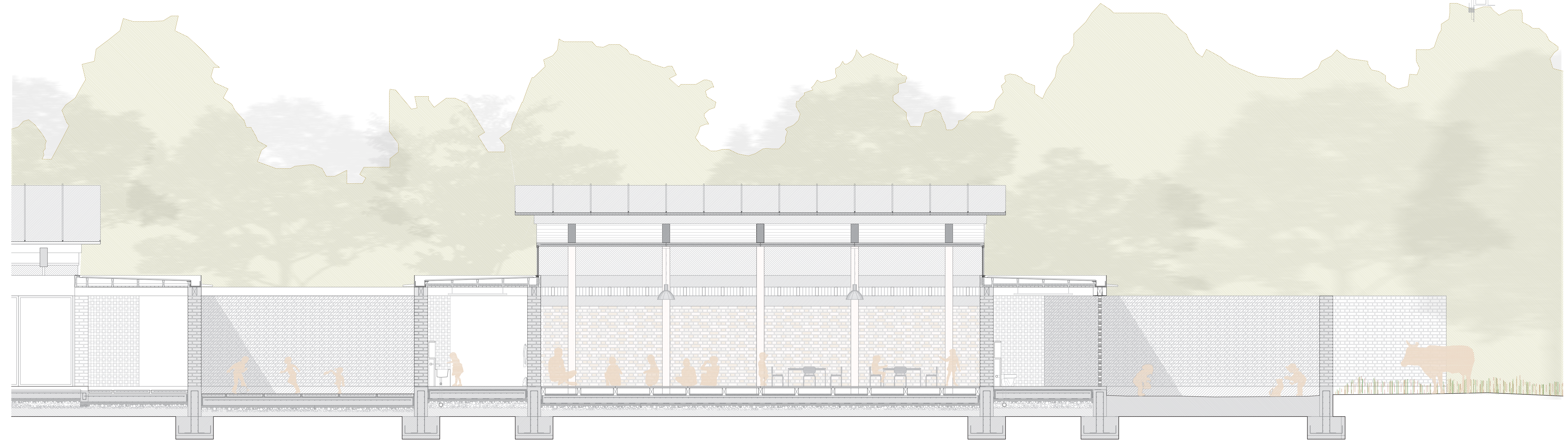
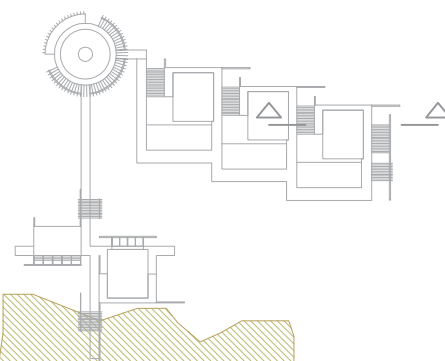


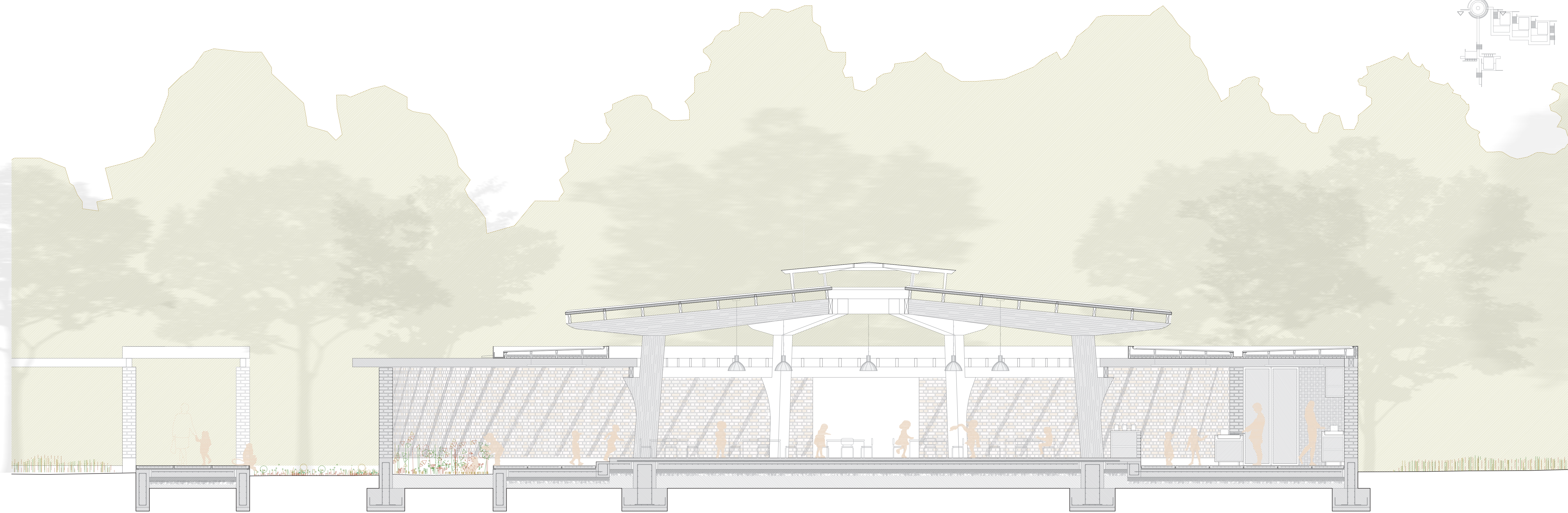
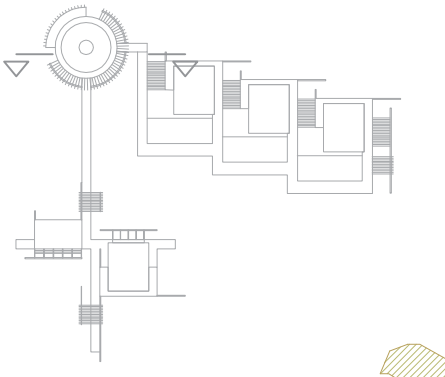
esc. 1/100





esc. 1/50 0 0.5 1 2 aula





DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

El encuentro con el terreno

El proyecto se apoya sobre el terreno, elevándose sobre él con la finalidad de evitar humedades y posibles inundaciones en la estación lluviosa, y es que el lugar de trabajo se encuentra en una pequeña pendiente natural que se convierte en escorrentía de aguas puntualmente en la época del monzón.

Por ello se construye una gran plataforma mediante zapatas corridas, vigas de atado y soleras de hormigón armado, estos elementos constructivos se realizan sobre el correspondiente encachado de gravas y distintas capas de aislamiento hasta que se finalizan con los pavimentos de la escuela, o el inicio de la construcción de los muros en el caso de las zapatas corridas.

Los cerramientos, protección del espacio interior

El elemento de cerramiento principal utilizado en el proyecto es el muro de ladrillo de pie y medio de espesor, este elemento, lejos de convertirse en una solución para cerrar pequeños espacios puntualmente, se convierte en uno de los elementos que da imagen al proyecto. Se trata de muros que con su longitud y linealidad ganan cierta entidad dentro del conjunto del proyecto, delimitando visualmente y creando intersticios en los que se suceden los distintos espacios. Así, las zonas de servicio de las unidades de aprendizaje se encuentran delimitadas por muros que por su orientación permiten la ventilación cruzada natural de estos lugares, a la vez que los separan de los espacios adyacentes.

Al mismo tiempo, los muros presentes tanto en la zona de acceso a la escuela como en el volumen del comedor se prolongan hacia el exterior para guiar al usuario y crear un recorrido que se apoya claramente en este elemento constructivo para discurrir a través del proyecto.

Por otro lado, los cerramientos de vidrio forman un sistema abatible que permite, de forma completamente opuesta al muro ciego, relacionar dos espacios contiguos que según el momento del día pueden utilizarse conjunta o independientemente, pero siempre mantienen una relación visual.

Las cubiertas, protección de la escuela

La solución de la cubierta es un aspecto que desde el primer momento se convierte en un punto clave del proyecto. Al igual que los muros de ladrillo, las cubiertas son el elemento que da la imagen característica al conjunto.

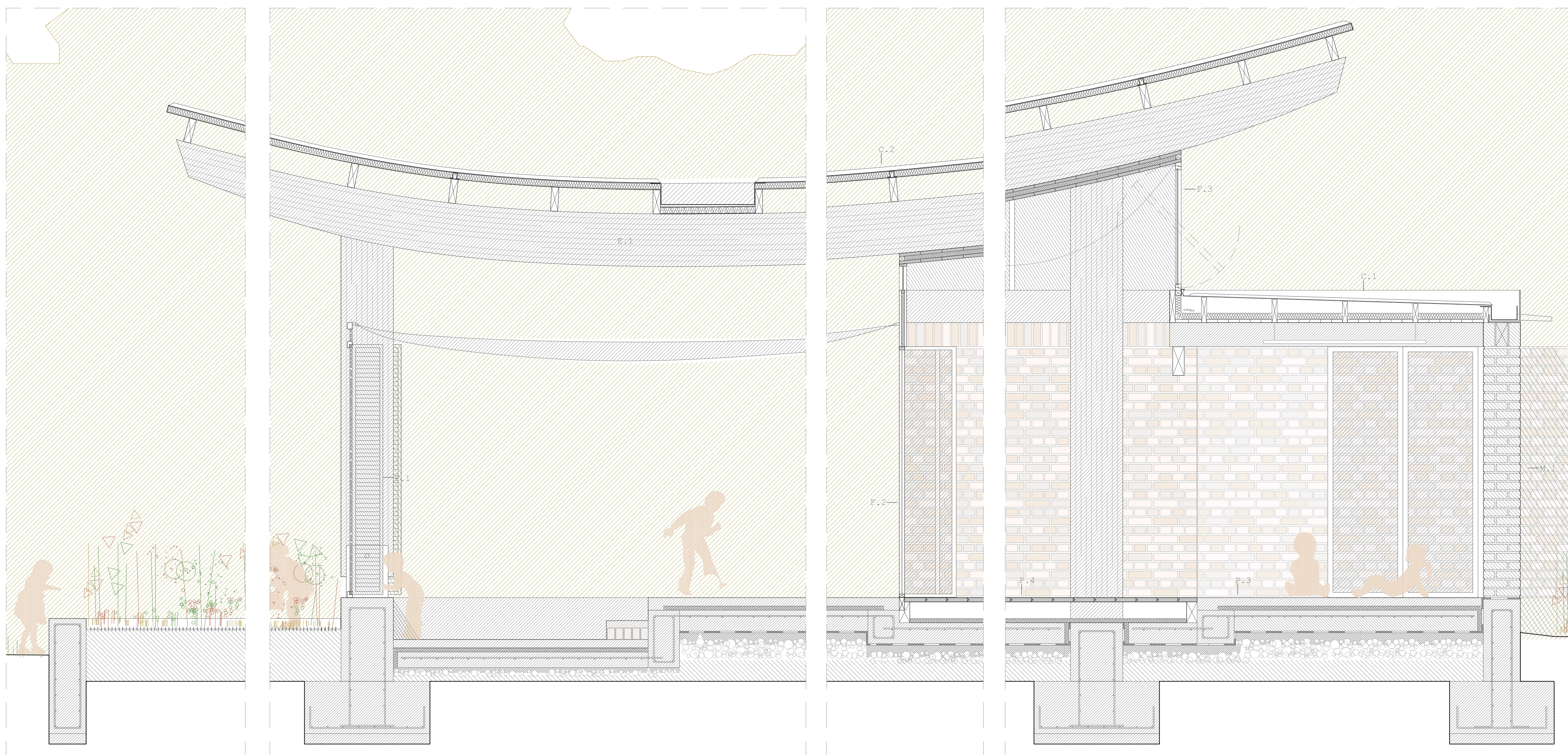
De esta forma, podemos decir que hay dos soluciones de cubierta, la primera, la cubierta de las zonas de servicio del aula y del comedor, apoyada sobre viguetas de madera laminada, se convertirá en un elemento que se construye en madera hacia el espacio interior, mantiene una cámara de aire intermedia, y se resuelve superiormente con chapa de zinc unida mediante junta alzada que se apoya sobre unos rastreles de madera que generan esta inclinación. La cubierta vierte las aguas de lluvia hacia el canalón, también de chapa metálica, que discurre por la coronación del muro de ladrillo, y éste vierte las aguas por medio de elementos a modo de gárgolas.

La segunda solución de cubierta se trata de la que protege los espacios principales tanto del aula como del comedor. En primer lugar se construye la estructura de madera laminada, sobre esta se colocan unas correas de atado también de madera, y finalmente se coloca la cubierta. Este elemento se resuelve mediante un panel sandwich realizado in situ formado por chapa metálica de zinc unida mediante junta alzada y un aislante interior.

Justificación constructiva

En el proyecto se pretende utilizar algunas soluciones constructivas tradicionales como puede ser el uso del ladrillo y del hormigón armado, a la vez que se introducen soluciones técnicas quizás algo más elaboradas como puede ser la construcción de los pórticos de madera laminada o el panel sandwich de cubierta, pero que sin duda tienen un bagaje que nos permite estar seguros de su correcta utilización.

La intención es utilizar materiales de construcción de fácil acceso en India como el ladrillo, la madera del pino del Himalaya, o lo que Le Corbusier ya demostró en su momento, el hormigón armado es una solución plenamente utilizada en Chandigarh y que pasadas unas décadas le ha otorgado la imagen a la ciudad.



MATERIALIDAD DEL PROYECTO

PAVIMENTO INTERIOR	MURO DE LADRILLO
P 3 Hormigón visto // Aislante térmico 4cm // Solera de hormigón armado 20 cm // Lámina impermeable // Lecho de cemento sobre grava // Encachado de gravas // Terreno compactado // Terreno natural	M 1 Muro de ladrillo de pie y medio de espesor sobre zapata corrida de hormigón armado // Vigas de madera laminada de 7x23 cm // Ladrillo a sardinel en la coronación del muro entre perfiles de madera
PAVIMENTO AULA	FACHADA DE PERSIANAS DE MADERA
P 4 Pavimento de listones de madera maciza // Perfil de madera // Aislante térmico 4cm entre perfiles de madera // Solera de hormigón armado 20 cm // Lámina impermeable // Lecho de cemento sobre grava // Encachado de gravas // Terreno compactado // Terreno natural	F 1 Persianas correderas construidas mediante pequeños perfiles de madera fijados a un marco perimetral también de madera que conforma el elemento móvil // Perfilera de madera fijada a la estructura principal del aula sobre la que desliza el elemento móvil
CUBIERTA LIGERA DE CHAPA METÁLICA	PUERTAS CORREDERAS DE VIDRIO
C 1 Revestimiento interior de madera sobre viguetas de madera laminada de 7x23 cm // Aislamiento térmico poliestireno extruido 60 mm entre rastreles de madera que generan la inclinación de la cubierta apoyados sobre viguetas // Pieza metálica atornillada a los perfiles sobre la que se encaja la chapa de cubierta // Chapa de zinc unida mediante sistema de junta alzada // Canalón de chapa de zinc con gárgolas de chapa	F 2 Puerta corredera construida mediante cerramiento de vidrio simple fijado a carpintería perimetral de madera que conforma el elemento móvil del cerramiento
CUBIERTA LIGERA PRINCIPAL AULA	CERRAMIENTO DE VIDRIO
C 2 Viga de madera laminada 20x50 cm // Entre vigas de perfiles de madera de 7x23 cm // Pieza metálica atornillada a los perfiles sobre la que se coloca la chapa de zinc // Panel sandwich realizado in situ mediante aislante térmico de 6 cm entre planchas de zinc unidas mediante sistema de junta alzada // Canalón de chapa de zinc // Entablado machiembrado en la cara inferior de la viga de 3 cm con aislante de 4 cm entre capas	F 3 Cerramiento de vidrio simple fijado a carpintería de madera abatible
	ESTRUCTURA DE MADERA
	E 1 Estructura de madera laminada encolada de pino del himalaya GL-36h

SISTEMA CONSTRUCTIVO

-CIMENTACIONES Y PLATAFORMA

La cimentación esta formada por zapatas corridas y vigas de atado de hormigón armado. La construcción se apoya sobre una base formada por una solera de hormigón armado que cumple la función de elevar el proyecto sobre el terreno con el fin de evitar problemas de humedades y de inundación en la estación lluviosa.

-MUROS Y CERRAMIENTO

Los muros se construyen con piezas de ladrillo de dimensiones normalizadas en India, siempre sobre zapatas corridas de hormigón armado, en la coronación del muro apoyan las viguetas de madera que servirán de soporte a la cubierta ligera. Por otro lado, se utiliza un cerramiento de vidrio simple fijado a carpinterías de madera.

-CUBIERTA LIGERA DE CHAPA

La solución constructiva de la cubierta ligera de chapa de las zonas bajas del aula se realiza sobre las viguetas de madera laminada que están apoyadas sobre el muro.

La cubierta principal del aula se contruye a base de un panel sandwich de chapa de zinc con aislante interior, que apoya sobre las correas de atado de la cubierta de madera laminada, éstas a su vez apoyan sobre la estructura principal de madera.

MATERIALIDAD DEL PROYECTO

PAVIMENTO EXTERIOR

P 1 Baldosa de hormigón con mallazo, antideslizante recibida sobre mortero de cemento // Solera de hormigón armado 20 cm // Lecho de cemento sobre grava // Encachado de gravas // Terreno compactado // Terreno natural

PAVIMENTO EXTERIOR CAMINO CUBIERTO

P 2 Baldosa de hormigón con mallazo, antideslizante recibida sobre lecho de cemento // Lecho de cemento sobre grava // Encachado de gravas // Terreno natural

PAVIMENTO INTERIOR

P 3 Hormigón visto // Aislante térmico 4cm // Solera de hormigón armado 20 cm // Lámina impermeable // Lecho de cemento sobre grava // Encachado de gravas // Terreno compactado // Terreno natural

PAVIMENTACIÓN AULA

P 4 Pavimento de listones de madera maciza // Perfil de madera // Aislante térmico 4cm entre perfiles de madera // Solera de hormigón armado 20 cm // Lámina impermeable // Lecho de cemento sobre grava // Encachado de gravas // Terreno compactado // Terreno natural

CUBIERTA LIGERA DE CHAPA METÁLICA

C 1 Revestimiento interior de madera sobre viguetas de madera laminada de 7x23 cm // Aislamiento térmico poliestireno extruido 60 mm entre rastreles de madera que generan la inclinación de la cubierta apoyados sobre viguetas // Pieza metálica atornillada a los perfiles sobre la que se encaja la chapa de cubierta // Chapa de zinc unida mediante sistema de junta alzada // Canalón de chapa de zinc con gárgolas de chapa

CUBIERTA LIGERA PRINCIPAL AULA

C 2 Viga de madera laminada 20x50 cm // Entrevigado de perfiles de madera de 7x23 cm // Pieza metálica atornillada a los perfiles sobre la que se coloca la chapa de zinc // Panel sandwich realizado in situ mediante aislante térmico de 6 cm entre planchas de zinc unidas mediante sistema de junta alzada // Canalón de chapa de zinc // Entablado machiembreado en la cara inferior de la viga de 3 cm con aislante de 4 cm entre capas

CUBIERTA LIGERA PRINCIPAL COMEDOR

C 3 Viga de madera laminada 20x45 cm // Entrevigado de perfiles de madera de 7x23 cm // Pieza metálica atornillada a los perfiles sobre la que se coloca la chapa de zinc // Panel sandwich realizado in situ mediante aislante térmico de 6 cm entre planchas de zinc unidas mediante sistema de junta alzada

CUBIERTA LIGERA CAMINO ACCESO AULAS

C 4 Viga de madera laminada 15x27 cm sobre pilastras de ladrillo de pie y medio de espesor // Rastreles de madera apoyados sobre las vigas que construyen la inclinación de la cubierta // Pieza metálica atornillada a los perfiles sobre la que se coloca la chapa de zinc // Panel sandwich realizado in situ mediante aislante térmico de 6 cm entre planchas de zinc unidas mediante sistema de junta alzada

MURO DE LADRILLO

M 1 Muro de ladrillo de pie y medio de espesor sobre zapata corrida de hormigón armado // Vigas de madera laminada de 7x23 cm // Ladrillo a sardinel en la coronación del muro entre perfiles de madera

FACHADA DE PERSIANAS DE MADERA

F 1 Persianas correderas construidas mediante pequeños perfiles de madera fijados a un marco perimetral también de madera que conforma el elemento móvil // Perfilera de madera fijada a la estructura principal del aula sobre la que desliza el elemento móvil

FUERTAS CORREDERAS DE VIDRIO

F 2 Puerta corredera construida mediante cerramiento de vidrio simple fijado a carpintería perimetral de madera que conforma el elemento móvil del cerramiento

CERRAMIENTO DE VIDRIO

F 3 Cerramiento de vidrio simple fijado a carpintería de madera

ESTRUCTURA DE MADERA

E 1 Estructura de madera laminada encolada de pino del himalaya GL-36h













- 1_ Descripción de las soluciones estructurales adoptadas
- 2_ Cumplimiento del CTE
 - 2.1- Normativa
 - 2.2- Acciones en la edificación (DB SE-AE)
 - 2.2.1- Acciones permanentes (G)
 - 2.2.2- Acciones variables (Q_u , Q_n , Q_v)
 - 2.3- Situaciones de dimensionado (DB SE)
 - 2.3.1- Combinaciones de acciones consideradas
 - 2.3.2- Coeficientes de Seguridad
 - 2.4- Elementos estructurales de Madera (DB SE-M)
 - 2.4.1- Solución estructural adoptada
 - 2.4.2- Bases de cálculo
 - 2.5- Elementos estructurales de Fábrica (DB SE-F)
 - 2.5.1- Solución estructural adoptada
 - 2.5.2- Características de los materiales
 - 2.6- Elementos estructurales de Hormigón (EHE-08)
 - 2.6.1- Acciones
 - 2.6.2- Solución estructural adoptada
 - 2.6.3- Bases de cálculo
 - 2.7- Hipótesis
 - 2.8- Combinaciones
 - 2.8.1- Estado Límite Últimos ELU
 - 2.8.2- Estado Límite Servicio ELS
 - 2.9- Solicitaciones
 - 2.9.1- Pórtico 1 (aula)
 - 2.9.2- Pórtico 2 (comedor)
 - 2.9.3- Pórtico 2 (anillo central estructural)
- 3_ Memoria de Cálculo
 - 3.1- Comportamiento elementos estructurales de madera
 - 3.1.1- Predimensionado
 - 3.1.1.1 Pórtico 1 (aula)
 - 3.1.1.2 Pórtico 2 (comedor)
 - 3.1.1.3 Pórtico 2 (anillo central)
 - 3.1.2- Dimensionado a E.L.U.
 - 3.1.2.1 Comprobaciones a resistencia
 - 3.1.2.2 Comprobaciones a estabilidad
 - 3.1.2.3 Comprobaciones a fuego
 - 3.1.3- Dimensionado E.L.S (Flecha)
 - 3.2- Comportamiento elementos estructurales de hormigón
 - 3.2.1- Zapata Corrida (Muro de fábrica)
- 4_ Planos
 - 4.1- Planos aula
 - 4.1.1- Cimentación 1/75
 - 4.1.2- Muros 1/75
 - 4.1.3- Cubierta ligera 1/75
 - 4.1.4- Cubierta principal 1/75
 - 4.1.5- Sección
 - 4.2- Planos comedor
 - 4.2.1- Cimentación 1/75
 - 4.2.2- Muros 1/75
 - 4.2.3- Cubierta ligera 1/75
 - 4.2.4- Cubierta principal 1/75
 - 4.2.5- Sección

El análisis estructural que se recoge a continuación no se trata sólo de una comprobación de lo proyectado con el objetivo de cumplir con las normativas, sino que es resultado de un proceso que comienza casi en las primeras etapas del proyecto. De esta forma, enfocar el cálculo y diseño de la estructura como una herramienta que participa del proceso de proyecto, ayuda en la toma de decisiones y ya desde un principio evolucionará en la misma línea que el ejercicio. Así, el diseño de los elementos estructurales se convierte en gran medida en la imagen que caracteriza el proyecto, y en definitiva, en la arquitectura que lo conforma.

1. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES ESTRUCTURALES ADOPTADAS

Muro de fábrica de ladrillo

La fábrica se resuelve mediante aparejo inglés y muro de pie y medio de espesor formado por piezas de 230x110x70 mm, éste aparejo es el utilizado tradicionalmente en la India, se pretende por tanto utilizar los métodos tradicionales del lugar para crear un muro de espesor suficiente que actúe como cerramiento sin necesidad de cámara ni aislante. Se han tenido en cuenta las necesidades reales del lugar, que no está sometido a temperaturas extremas, y en el que el muro actúa simplemente como un elemento de separación de espacios y generador de lugares en sombra.

El muro de fábrica recibe en su coronación las cargas transmitidas por las viguetas de madera que soportan la cubierta ligera de chapa, los apoyos de estos elementos se producen en el espesor generado por una línea de piezas de ladrillo colocados a sardinel que rigidizan y cosen la coronación del muro.

Vigas de madera laminada encolada homogénea GL-36h, pino del himalaya tratado

La razón principal de la utilización de este sistema es su capacidad de salvar luces mayores con la variable principal del incremento de su canto, así como el carácter más amable que aporta la presencia de elementos estructurales de madera en el interior del aula.

El hecho de proyectar unas vigas de canto se debe en primer lugar a la razón estructural del propio elemento y la luz que debe salvar, en segundo lugar a la intención de crear un sistema de doble cubierta con una cámara ventilada intermedia que tenga una cierta entidad para cumplir su función, y por último a un deseo por crear un ritmo estructural que pautas el espacio en verandah del aula, definiéndolo espacialmente.

Estas vigas tienen una dimensión de 200x500 mm en el aula y 200x450 mm en el comedor.

Viguetas de madera laminada encolada homogénea GL-36h, pino del himalaya tratado

Este elemento estructural cumple la función de soporte y transmisión de cargas de la cubierta ligera de chapa en el caso del aula, así como de "cosido" de la cubierta en los vacíos generados por los espacios exteriores intermedios entre aulas. En este último caso permite filtrar la luz exterior construyendo un techo ficticio que de continuidad espacial a este lugar.

Las viguetas tienen una dimensión de 70x230 mm ya que así coincide con el tamaño del ladrillo a sardinel, además de tener entidad suficiente para las cargas que soporta.

Pilares de madera laminada encolada homogénea GL-36h, pino del himalaya tratado

Se utilizan pilares de la misma madera y dimensiones que las vigas, por lo que aparecen como pilares apantallados de 200x500 mm dando continuidad al pórtico.

Zapata corrida de hormigón armado HA-25/B/16/IIa y B-500SD

La zapata corrida bajo el muro de fábrica transmite las cargas al terreno, además de elevar la base del muro de ladrillo respecto al nivel del terreno con el fin de evitar problemas de humedad en este.

Por otro lado, la estructura principal de madera laminada también transmiten las cargas al terreno por medio de una zapata corrida que da rigidez al conjunto estructural de pórticos que forman el aula.

2. CUMPLIMIENTO DEL CTE

2.1 Normativa

En el presente proyecto se han tenido en cuenta los siguientes documentos del Código Técnico de la Edificación (CTE):

- DB SE: Seguridad estructural
- DB SE AE: Acciones en la edificación
- DB SE M: Madera
- DB SE C: Cimientos
- DB SE A: Acero
- DB SI: Incendios

Además, se ha tenido en cuenta la siguiente normativa en vigor:

- EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural.

2.2 Acciones en la edificación

2.2.1 Acciones permanentes (G)

Peso propio de la estructura

Para elementos lineales (pilares, vigas y viguetas) se ha obtenido su peso por unidad de longitud como el producto de su sección bruta por el peso específico del material a considerar:

Hormigón armado:	25 kN/m ³
Madera encolada homogénea GL 36h:	4,5 kN/m ³
Ladrillo macizo:	18 kN/m ³

Elementos lineales		
Elemento	Predimensionado (m)	Peso propio (kN/m)
Vigas cubierta GL_36h	0,50 x 0,20	0,45
Viguetas cubierta ligera GL_36 h	0,23 x 0,07	0,072
Pilar GL_36 h	0,50 x 0,20	0,45
Muro ladrillo	0,355 x 2,40 (altura)	15,34

Cargas permanentes superficiales

Se estiman uniformemente repartidas en la planta. Representan elementos como la solución de cubierta, la carga estimada para las instalaciones, etc. Se han obtenido del Anejo C.DB. SE-AE

Carga permanente superficial	
Cubierta principal AULA	Carga (kN/m ²)
-Chapa Zinc 1,2 mm	0,10
-Aislante 60 mm (0,02 kN/m ² por cada 10 mm)	0,12
-Chapa Zinc 1,2 mm	0,10
-Tablero contrachapado 3cm	0,15
-Aislante 40 mm (0,02 kN/m ² por cada 10 mm)	0,08
-Tablero contrachapado 3cm	0,15
-Instalaciones	0,10
-Viguetas de reparto madera laminada 7x23cm	0,06
Total:	0,86

Carga permanente superficial	
Cubierta semi-plana (zonas servicio aulas y circulación comedor)	Carga (kN/m ²)
-Chapa Zinc 1,2 mm	0,10
-Aislante 60 mm (0,02 kN/m ² por cada 10 mm)	0,12
-Tablero contrachapado 3cm	0,15
-Instalaciones	0,10
-Madera aserrada (rastreles formación pendiente)	0,04
Total:	0,51

Carga permanente superficial	
Cubierta principal ESPACIO COMEDOR	Carga (kN/m ²)
-Chapa Zinc 1,2 mm	0,10
-Aislante 60 mm (0,02 kN/m ² por cada 10 mm)	0,12
-Chapa Zinc 1,2 mm	0,10
-Instalaciones	0,10
-Viguetas de reparto madera laminada 7x23cm	0,06
Total:	0,48

2.2.2 Acciones variables (Q)

Q uso - Sobrecarga uso

Se han tenido en cuenta los valores indicados en la tabla 3.1 del DB SE-AE.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Carga variable superficial	
Q uso	Carga (kN/m ²)
Cubierta ligera sobre correas	0,40
Total:	0,40

Q nieve - Carga de nieve

La carga de nieve se calcula con la siguiente expresión:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

S_k = valor característico de la carga de nieve= 0,4 kN/m2,
El edificio se encuentra en Chandigarh (a 337 msnm)
Invierno suave equivalente a (Valencia - Zona 5)
 μ = 1,0 la inclinación de la cubierta es menor a 30°

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

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

Según el DB-SE-AE 3.5.1, cuando la edificación se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor deberá aumentarse en un 20%.

$$q_n = 1,0 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_n = 0,4 \cdot 1,2 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

Carga variable superficial		Carga (kN/m²)
Q_{nieve}	Cubierta ligera	0,48
Total:		0,48

Q viento - Carga de viento DB SE-AE

Zona eólica: De acuerdo al mapa de zonas eólicas en la india (Zona 4 India - $V_b = 47 \text{ m/s}$)

Grado de aspereza: IV. Zona urbana en general, industrial o forestal

La acción del viento se calcula a partir de la presión estática que actúa en la dirección perpendicular a la superficie expuesta.

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

Donde:

q_b Es la presión dinámica del viento, en este caso se calcula su valor conforme al mapa eólico de la India y la siguiente expresión:
 $q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot V_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot (47 \text{ m/s})^2 = 1380,62 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$
 $q_b = 1,381 \text{ kN/m}^2$

c_e Es el coeficiente de exposición, determinado conforme a las especificaciones del Anejo D.2, en función del grado de aspereza del entorno y la altura sobre el terreno del punto considerado.
 $c_e = 1,4$ (6 metros altura, zona IV urbana)

c_p Es el coeficiente eólico o de presión, calculado según la tabla 3.4 del apartado 3.3.4, en función de la esbeltez del edificio en el plano paralelo al viento.

Carga variable superficial			
Q_{viento}	Presión estática q_e	Presión dinámica q_b (kN/m2)	Coeficiente exposición c_e
	$q_e =$	1,381	1,4
			Coeficiente presión c_p
			Cálculo a continuación

El cálculo del coeficiente de presión del viento se realiza en base a las tablas del Anejo D. DB SE-AE:

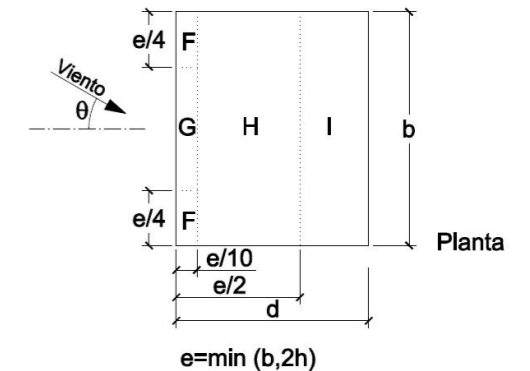
1. Cubierta Principal AULA (suponemos la cubierta del aula como plana)

$\Theta = 0^\circ$ y 180° . Viento SE-NO. Cubierta plana. Bordes con arista (cubierta del aula como plana)

$$b = 13 \text{ m} \quad d = 15,4 \text{ m} \quad A > 10 \text{ m}^2 \quad h = 6 \text{ m}$$

$$e_{min} (b, 2h) = 12 \quad e/2=6 \quad e/4=3 \quad e/10=1,2$$

Zonas				
A (m²)	F	G	H	I
>10	-1,8	-1,2	-0,7	0,2
				-0,2



Carga de viento		
Zonas	Presión (kN/m²)	Succión (kN/m²)
F	-3,4801 kN/m²	-3,4801 kN/m²
G	-2,3201 kN/m²	-2,3201 kN/m²
H	-1,3534 kN/m²	-1,3534 kN/m²
I	0,3867 kN/m²	-0,3867 kN/m²

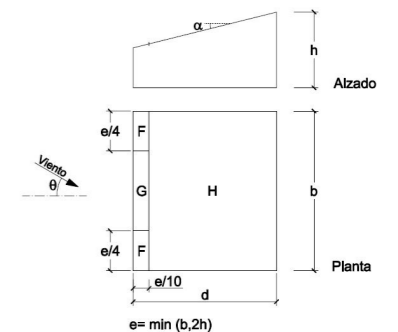
2. Cubierta Principal COMEDOR (superficie de cubierta como una de las porciones del octógono)

$-45^\circ < \Theta < 45^\circ$. Viento SE-NO. Cubierta a un agua pendiente 5°. (cubierta principal comedor)

$$b = 6,1 \text{ m} \quad d = 7 \text{ m} \quad A > 10 \text{ m}^2 \quad h = 4,2 \text{ m} \text{ (punto más alto)}$$

$$e_{min} (b, 2h) = 6,1 \quad e/4= 1,52 \quad e/10= 0,61$$

Zonas				
α	A (m²)	F	G	H
5°	>10	-1,7	-1,2	-0,6
		+0,0	+0,0	+0,0



Carga de viento		
Zonas	Presión (kN/m²)	Succión (kN/m²)
F	0	-3,2868 kN/m²
G	0	-2,32008 kN/m²
H	0	-1,160 kN/m²

2.3 Situaciones de dimensionado

En la determinación de las situaciones de dimensionado se adopta la clasificación que establece el CTE DB-SE en 3.1.4, de forma que quedan englobadas "todas las condiciones y circunstancias previsibles durante la ejecución y la utilización de la obra, teniendo en cuenta la diferente probabilidad de cada una." (CTE DB-SE-3.1.3)

2.3.1 Combinaciones de acciones consideradas

Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se han determinado a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas para la verificación de la capacidad portante y de la aptitud al servicio, respectivamente.

Capacidad portante - Estados límites últimos ELU

- Situación persistente o transitoria

$$\sum Y_{G,j} \cdot G_{k,j} + Y_P \cdot P + Y_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum Y_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$
- Situación extraordinaria (Incendio)

$$\sum Y_{G,j} \cdot G_{k,j} + Y_P \cdot P + A_d + Y_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum Y_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Aptitud al servicio - Estados límite de servicio ELS

- Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión (4.6) del CTE DB-SE:

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión (4.7) del CTE DB-SE:

$$\sum G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión (4.8) del CTE DB-SE:

$$\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

2.3.2 Coeficientes de Seguridad

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

Los coeficientes correspondientes a una situación extraordinaria (incendio) serán 1.00 si su efecto es desfavorable, y 0.00 si su efecto es favorable.

Se adoptan los coeficientes de simultaneidad reflejados en la tabla 4.2 del DB - SE

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Coeficientes	
Coeficientes parciales de seguridad (γ)	Coeficientes de simultaneidad (ψ)

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\psi_{0,uso} = 0,70$$

$$\psi_{0,nieve} = 0,50$$

$$\psi_{0,viento} = 0,60$$

2.4 Elementos estructurales de madera

2.4.1 Solución estructural adoptada

La estructura está formada por los siguientes elementos:

1. Estructura aula

- Estructura vertical:
 - Pilares de madera laminada encolada homogénea GL_36h.
 - Sección de 200 x 500 mm
- Estructura horizontal: (supondremos la viga horizontal y plana para el cálculo a realizar)
 - Vigas de cubierta de madera laminada encolada homogénea GL_36h.
 - Sección 200 x 500 mm
 - Viguetas de reparto y atado de cubierta, madera laminada encolada homogénea GL_36h.
 - Sección 70 x 230 mm

2. Estructura comedor

- Estructura vertical:
 - Pilar de madera laminada encolada homogénea GL_36h.
 - Sección de 200 x 600 mm
- Estructura horizontal:
 - Vigas de cubierta de madera laminada encolada homogénea GL_36h.
 - Sección 200 x 450 mm
 - Viguetas de reparto y atado de cubierta, madera laminada encolada homogénea GL_36h.
 - Sección 70 x 230 mm

2.4.2 Bases de cálculo

Las tablas y coeficientes necesarios para los sucesivos cálculos han sido obtenidas del DB SE M (madera)

Contenido de humedad de la madera. Clase de Servicio

Clase de servicio 1: Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de 20 +/- 2°C y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 65% unas pocas semanas al año.

Clase de servicio 2: Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de 20 +/- 2°C y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 85% unas pocas semanas al año.

Clase de servicio 3: Condiciones ambientales que conduzcan a contenido de humedad superior a la clase de servicio 2.

Se ha asignado a toda la madera estructural a la **Clase de servicio 2**, ya que en este caso parte de los elementos estructurales se encuentran en el exterior.

Duración de la carga

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Efecto de las dimensiones de la pieza en la resistencia

Existe una relación entre la resistencia de la madera y el tamaño de la pieza, de tal forma que cuanto mayor sea su volumen menor resulta la tensión de rotura.

Tabla 2.1 Factores de corrección

Factor	Aplicación	<40	70	100	≥150
de altura	Madera aserrada: canto (mm)				
	Factor k_h de corrección de $f_{m,k}$ y $f_{t,0,k}$	1,3	1,2	1,1	1,0
de volumen	Madera laminada: canto (mm)	<240	300	400	≥600
	Factor k_h corrector de $f_{m,g,k}$ y $f_{t,0,g,k}$	1,10	1,07	1,04	1,00
de volumen	Madera laminada: volumen de la zona afectada (m^3)	<0,010	0,015	0,020	0,030
	Factor k_{vol} corrector de $f_{t,90,g,k}$	1,00	0,92	0,87	0,80

Valores de Cálculo

El valor de cálculo X_d de una propiedad del material (resistencia) se define como:

$$X_d = k_{mod} (X_k / \gamma_M)$$

Siendo:

X_k : valor característico de la propiedad del material. Generalmente corresponde al 5° percentil de la distribución estadística de los resultados de los ensayos.

γ_M : coeficiente parcial de seguridad para el material definido por la tabla:

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	
	1,0

Coeficientes parciales de seguridad

Madera laminada encolada $\gamma_M = 1,30$

Situación extraordinaria, incendio: $\gamma_M = 1$

De manera análoga se define el valor de la capacidad de carga de cálculo (referida a una unión o un sistema estructural), R_d según la expresión:

$$R_d = k_{mod} (R_k / \gamma_M)$$

Siendo:

R_k : valor característico de la capacidad de carga

γ_M : coeficiente parcial de seguridad correspondiente definido por la tabla

Factor de modificación (por duración de la carga y clase de servicio) k_{mod}

Clase de duración de la carga	Clase de servicio					
	Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea	
Madera laminada encolada	2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1

Propiedades del material utilizado en la estructura de madera

La clase de madera empleada en el proyecto se trata de madera laminada encolada homogénea **GL36h** conforme a lo indicado en CTE DB-SE-M Anejo E.

Tabla E.3 Madera laminada encolada homogénea. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades	Clase Resistente			
	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Resistencia (característica), en N/mm²				
- Flexión $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela $f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular $f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela $f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular $f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante $f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Rigidez, en kN/mm²				
- Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 ^o -percentil $E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio $G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad, en kg/m³				
Densidad característica $\rho_{g,k}$	380	410	430	450

2.5 Elementos estructurales de fábrica (DB - SE F)

Los elementos estructurales de fábrica no se calcularán ya que se asume que por su entidad y las pequeñas cargas a las que están sometidos, cumplen con su finalidad trabajando del lado de la seguridad, que no es otra que transmitir estas pequeñas cargas a la cimentación y actuar como elementos delimitadores de espacios.

2.5.1 Solución estructural adoptada

La estructura vertical de obra de fábrica está formada por los siguientes elementos portantes:

- Muro de fábrica de ladrillo macizo de 35 cm de espesor
- Pilastras de fábrica de ladrillo del mismo espesor

2.5.2 Características de los materiales

-Piezas cerámicas

Las piezas de fábrica utilizadas en el proyecto se obtienen del propio lugar, se trata por tanto de las medidas normalizadas de uso en la India, piezas de **dimensiones 230 x 110 x 70 mm**. Se utiliza ladrillo macizo ya que la pieza se produce de tal manera que su volumen de huecos sea prácticamente nulo.

-Mortero

La fábrica se ejecuta con mortero ordinario con una dosificación en volumen 1:1:2 (cemento, cal y arena). Para la elaboración del mortero se empleará un cemento portland CEM II/A-D, con una adición de humo de sílice ya que éste le proporciona compacidad y resistencia mecánica.

-Fábrica de ladrillo

La fábrica se resuelve mediante **aparejo inglés** y muro de **pie y medio** de espesor, éste aparejo es el utilizado tradicionalmente en la India, se pretende por tanto utilizar los métodos tradicionales del lugar para crear un muro de espesor suficiente que actúe como cerramiento sin necesidad de cámara ni aislante. Se han tenido en cuenta las necesidades reales del lugar, que no está sometido a temperaturas extremas, y en el que el muro actúa simplemente como un elemento de separación de espacios y generador de lugares en sombra.

2.6 Elementos estructurales de hormigón (EHE - 08)

2.6.1 Acciones

Para el cálculo de los elementos de hormigón se han tenido en cuenta las acciones permanentes (G) y las acciones variables (Q). Para cada situación de dimensionado de la cimentación se han tenido en cuenta tanto las acciones que actúan sobre el edificio como las acciones geotécnicas que se transmiten o generan a través del terreno en que se apoya el mismo.

2.6.2 Solución estructural adoptada

Los elementos que componen la estructura de hormigón armado del proyecto son los siguientes:

- Cimentación: Zapata corrida: Dimensiones 800 x 500 mm
- Solera de hormigón: 20 cm de espesor

2.6.3 Bases de cálculo

-Dimensiones, secciones y armado:

Las dimensiones, secciones y armados se indican en los planos de estructura. Se han dispuesto armaduras que cumplen con la instrucción de hormigón estructural EHE-08 atendiendo al elemento estructural considerado.

-Características de los materiales:

HORMIGÓN:

Elemento estructural	Tipificación del hormigón	Resist. característica f_{ck} (MPa)
Cimentación	HA - 25 / B / 16 / IIa	30

Los coeficientes a utilizar para cada situación de proyecto y estado límite están definidos en el cumplimiento del Documento Básico SE. Los valores de los coeficientes parciales de seguridad de los materiales (γ_c y γ_s) para el estudio de los Estados Límite Últimos son los fijados en la EHE-08, en concreto en el artículo 15 (tabla 15.3)

Situación de proyecto	Coeficientes parciales de seguridad de los materiales	
	Hormigón γ_c	Acero de armaduras γ_s
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,00

-Recubrimientos: La cimentación se corresponde al ambiente IIa, elementos enterrados en exteriores, expuestos a lluvia y alta humedad en zonas con precipitaciones anuales superiores a 600 mm.

Según la tabla 37.2.4 EHE-08 se establece: **Recubrimiento clase IIa: 70 mm**

_ARMADURAS:

Las armaduras pasivas de los elementos estructurales de hormigón armado se resuelven con barras de acero corrugado soldable cuyas características mecánicas mínimas a garantizar por el suministrador están especificadas en el Art. 32.2 de la EHE-08, se han considerado para garantizar la seguridad estructural y bondad del proyecto.

Acero de armaduras pasivas empleado en los elementos estructurales de cimentación		
Elemento	Tipo de acero	Límite elástico característico f_{yk} (MPa)
Zapata corrida	B-500	500

2.7 Hipótesis

- HIP .1 - Cargas permanentes (G)
 HIP .2 - Carga de uso (Q_u)
 HIP .3 - Carga de nieve (Q_n)
 HIP .4 - Viento 1 - $\Theta = 0^\circ$ Presión (S-E)
 HIP .5 - Viento 1 - $\Theta = 0^\circ$ Succión (S-E)
 HIP .6 - Viento 2 - $\Theta = 180^\circ$ Presión (N-O)
 HIP .7 - Viento 2 - $\Theta = 180^\circ$ Succión (N-O)

2.8 Combinaciones de hipótesis

2.8.1 Estado Límite Último E.L.U

Se considerará, para este cálculo, únicamente la combinación de acciones correspondiente a la situación persistente o transitoria:

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

-Carga variable principal - USO

$$\text{ELU 1} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_u + 1,5 \cdot (0,6 \cdot Q_{v,\text{presión} - 1} + 0,5 \cdot Q_n)$$

$$\text{ELU 2} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_u + 1,5 \cdot (0,6 \cdot Q_{v,\text{succión} - 1} + 0,5 \cdot Q_n)$$

$$\text{ELU 3} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_u + 1,5 \cdot (0,6 \cdot Q_{v,\text{presión} - 2} + 0,5 \cdot Q_n)$$

$$\text{ELU 4} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_u + 1,5 \cdot (0,6 \cdot Q_{v,\text{succión} - 2} + 0,5 \cdot Q_n)$$

-Carga variable principal - NIEVE

$$\text{ELU 5} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_n + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot Q_{v,\text{presión} - 1})$$

$$\text{ELU 6} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_n + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot Q_{v,\text{succión} - 1})$$

$$\text{ELU 7} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_n + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot Q_{v,\text{presión} - 2})$$

$$\text{ELU 8} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_n + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot Q_{v,\text{succión} - 2})$$

-Carga variable principal - VIENTO

$$\text{ELU 9} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_{v,\text{presión} - 1} + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,5 \cdot Q_n)$$

$$\text{ELU 10} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_{v,\text{succión} - 1} + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,5 \cdot Q_n)$$

$$\text{ELU 11} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_{v,\text{presión} - 2} + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,5 \cdot Q_n)$$

$$\text{ELU 12} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_{v,\text{succión} - 2} + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,5 \cdot Q_n)$$

No se tendrán en cuenta para el cálculo las combinaciones con el viento en estado de succión al producir ésta un efecto "favorable" frente a las cargas, contrarrestando los esfuerzos permanentes y variables de la cubierta, por tanto, y actuando del lado de la seguridad, sólo tendremos en cuenta las cargas de presión del viento.

Para el cálculo de los pórticos tipo tanto del AULA como del COMEDOR se elige la combinación **ELU 5** en la que se toma como carga principal la Nieve (ésta es mayor que la sobrecarga de uso, por lo que tendremos más carga en cubierta si consideramos la de nieve como principal) y el viento hipótesis 4 (presión), asumiendo que la carga de nieve es la más desfavorable de las variables y que no se realizarán labores de mantenimiento (sobrecarga de uso) simultáneamente al estado de sobrecarga por nieve, por lo que el valor de simultaneidad de la sobrecarga de uso será 0.

2.8.2 Estado Límite Servicio E.L.S

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Para obtener las combinaciones de ELS se procederá del mismo modo que con las de ELU, por tanto, considerando la actuación simultánea de todas las acciones variables con la sobrecarga de nieve como carga principal y la sobrecarga de uso como carga variable principal (simultaneidad 0). Debido a la misma razón que en el caso de ELU, elegimos la combinación ELS 5.

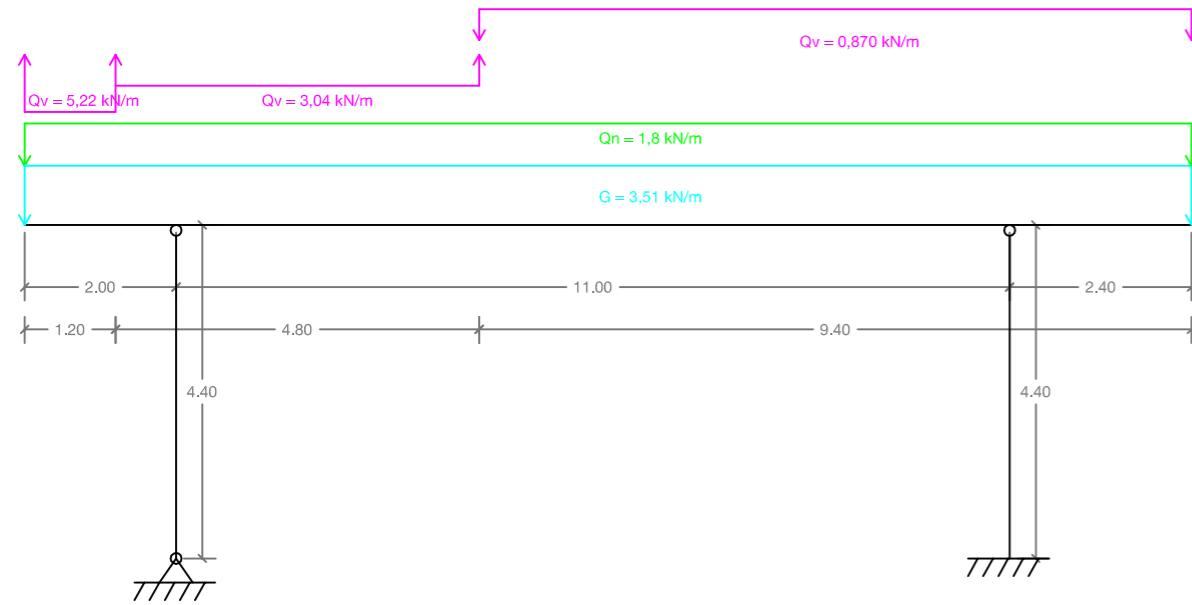
$$\text{ELS 5} = G + Q_n + (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot Q_{v,\text{presión} - 1})$$

2.9 Cálculo de reacciones y solicitaciones de los pórticos tipo del aula y comedor

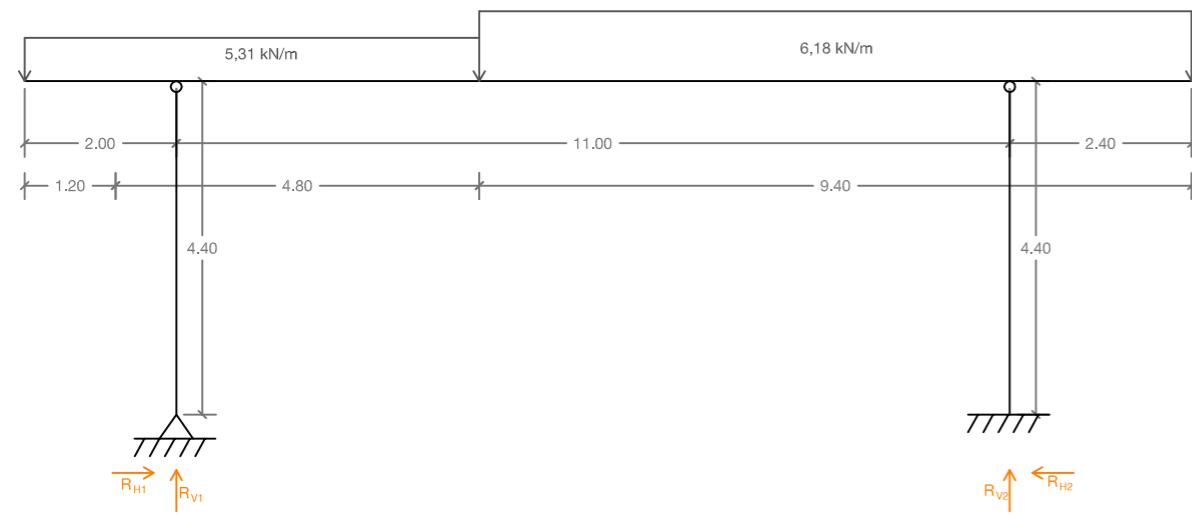
2.9.1 Portico 1. tipo AULA (ELU 5) - Ámbito de carga viga (2,5 metros)

$$ELU 5 = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_n + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot Q_{v, presión - 1})$$

$$ELU 5 = 1,35 \cdot (0,45+2,15) + 1,5 \cdot 1,2 + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot 0,967)$$



Reacciones PÓRTICO 1:



$$\Sigma F_H = 0 \quad R_{H1} + R_{H2} = 0 \quad (\text{no hay esfuerzos horizontales})$$

$$\Sigma F_V = 0 \quad 5,31 \cdot 6 + 6,18 \cdot 9,4 = R_{V1} + R_{V2}$$

$$\Sigma M_1 = 0 \quad 5,31 \cdot 6 \cdot [1] + 6,18 \cdot 9,4 \cdot [8,7] = R_{V2} \cdot [11]$$

$$R_{V1} = 41,11 \text{ kN}$$

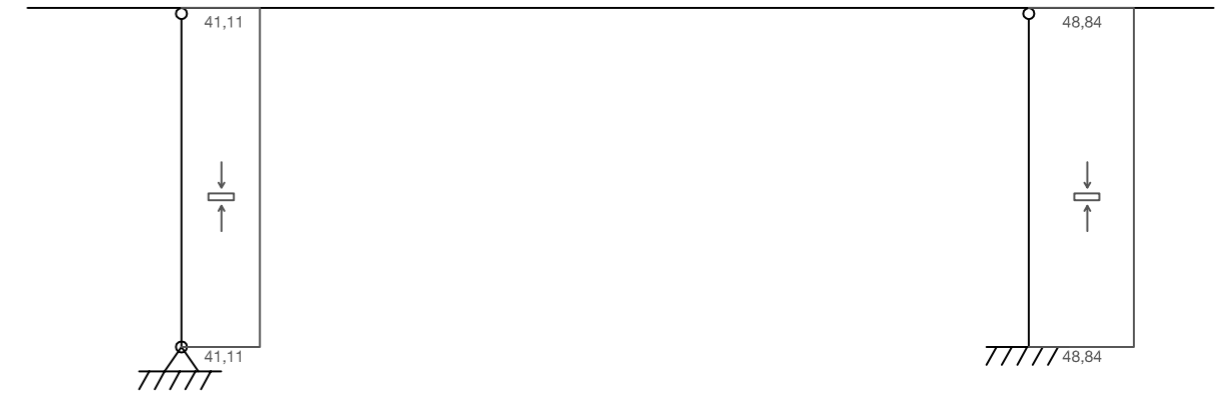
$$R_{V2} = 48,84 \text{ kN}$$

$$R_{H1} = 0 \text{ kN}$$

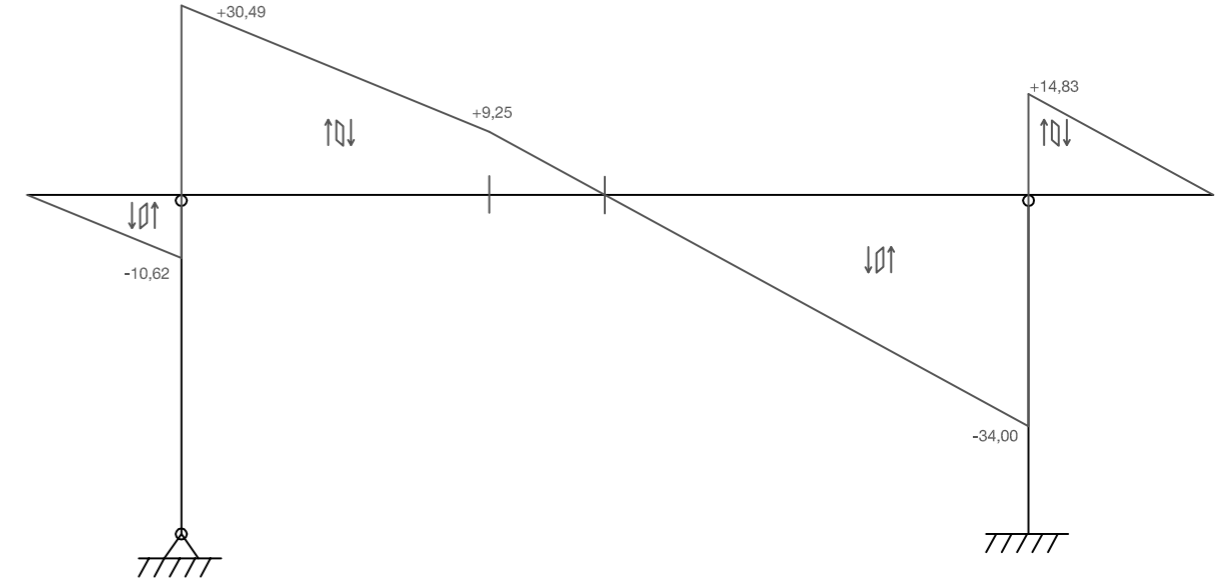
$$R_{H2} = 0 \text{ kN}$$

Solicitaciones PÓRTICO 1:

Pórtico 1 - Axil



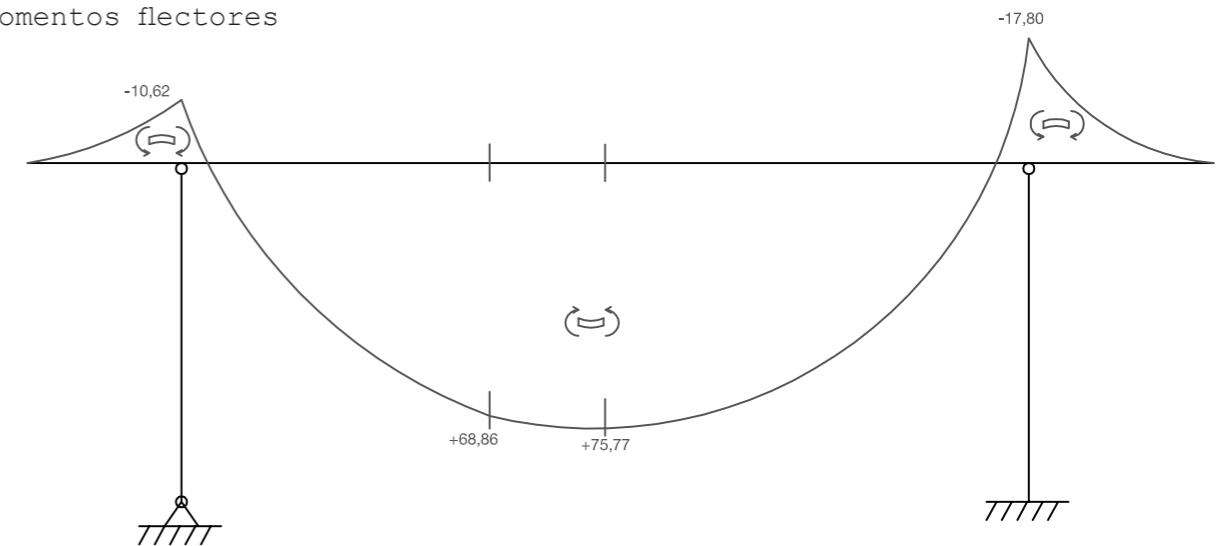
Pórtico 1 - Cortante



$$V(x)_{dcha} = 6,18 \cdot x - 48,84$$

$$0 = 6,18 \cdot x - 48,84 \quad x = 7,90 \text{ m (punto inflexión)}$$

Pórtico 1 - Momentos flectores



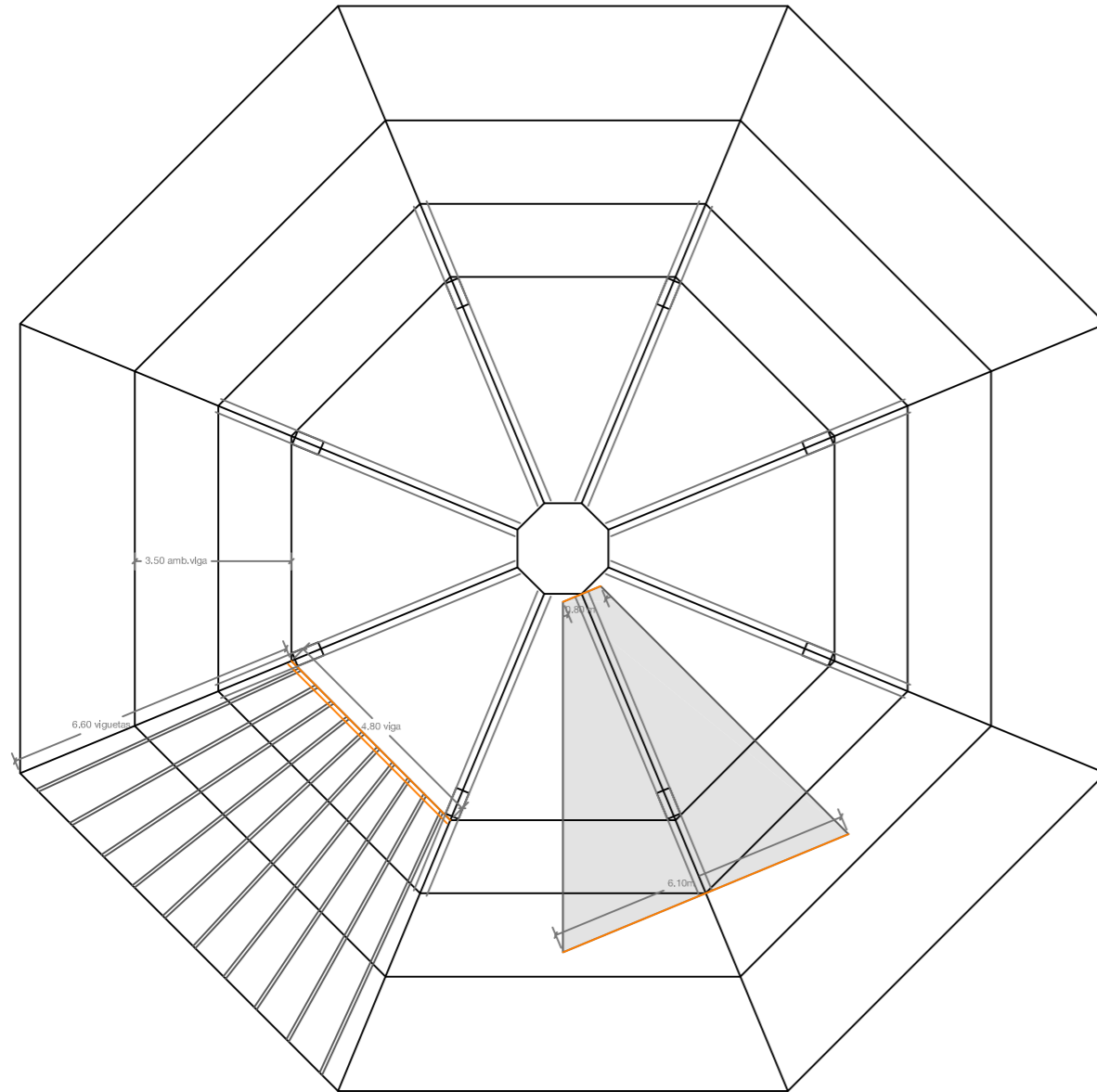
$$M(x=6)_{izqda} = -5,31 \cdot 6 \cdot [3] + 41,11 \cdot [4] = 68,86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M(x)_{dcha} = 6,18 \cdot x \cdot [x/2] + 48,84 \cdot [x-2,4]$$

$$M(x=7,90 \text{ m})_{dcha} = 75,77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.9.2 Portico 2. COMEDOR (ELU 5) - Ámbito de carga viga (variable)

Con el fin de diseñar un modelo de cálculo cuya geometría permita representar la estructura de planta circular del comedor, ésta se simplifica a una estructura octogonal a partir de la cual se obtienen los ámbitos de carga (siempre del lado de la seguridad) que soportan los distintos elementos de la estructura, tanto de la cubierta principal como de la cubierta semi-plana que cubre la zona de circulación y paso perimetral. Éste modelo se utiliza para los sucesivos cálculos necesarios para el Pórtico 2 (comedor).



La zona sombreada en gris representa el ámbito de carga variable que soporta la viga del pórtico tipo, el cual se procede a calcular a continuación.

Las cargas según el ámbito de carga son:

$$G_{\text{viga}} = 0,6075 \text{ kN/m}$$

$$G_{\text{cub}} = 0,48 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 0,38 \text{ kN/m}$$

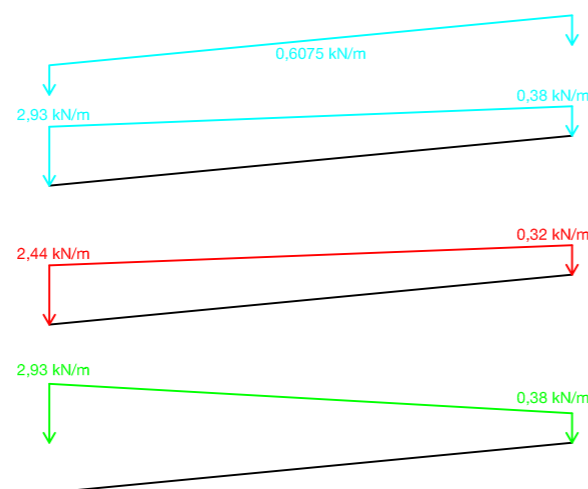
$$0,48 \text{ kN/m}^2 \cdot 6,10 \text{ m} = 2,93 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{uso}} = 0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 0,32 \text{ kN/m}$$

$$0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot 6,10 \text{ m} = 2,44 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{nieve}} = 0,48 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 0,38 \text{ kN/m}$$

$$0,48 \text{ kN/m}^2 \cdot 6,10 \text{ m} = 2,93 \text{ kN/m}$$



Se realizan los cálculos necesarios en relación a la carga que transmite la cubierta de la zona de paso y circulación hasta el pórtico 2 que estamos estudiando, se obtiene que la carga puntual que transmite la viga perpendicular al pórtico es una carga $V = 6,2 \text{ kN puntual en el pilar}$.

Al igual que en el pórtico 1 (aula) elegimos la combinación ELU 5 por ser la más desfavorable, las cargas de viento estudiadas en el apartado correspondiente a las sobrecargas variables son de viento de succión, por tanto se decide no utilizarlas en el cálculo del pórtico 2 (comedor).

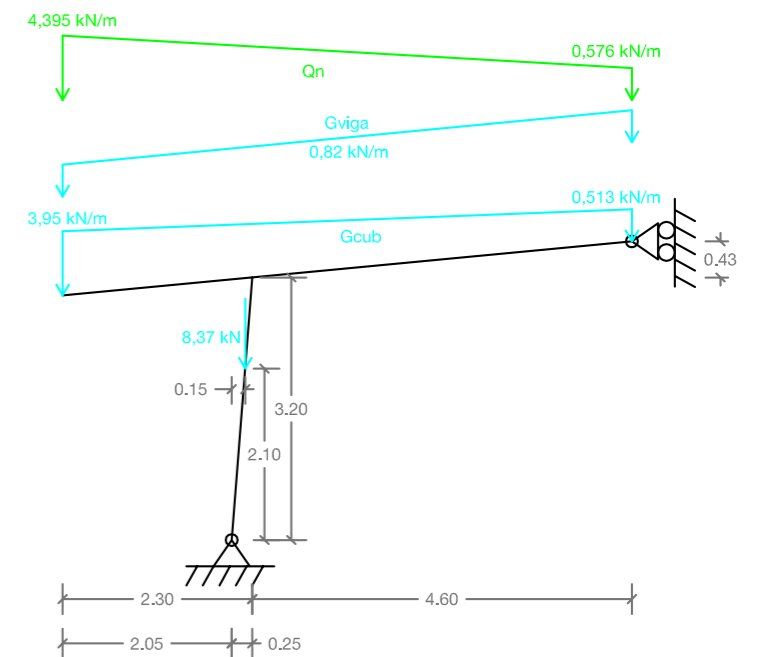
$$ELU 5 = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_n + 1,5 \cdot (0 \cdot Q_u + 0,6 \cdot Q_{v, \text{presión} - 1})$$

Ámbito de carga 0,8 m:

$$ELU 5 = 1,35 \cdot (0,6075 + 0,38) + 1,5 \cdot 0,384 + 1,5 \cdot (0 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0)$$

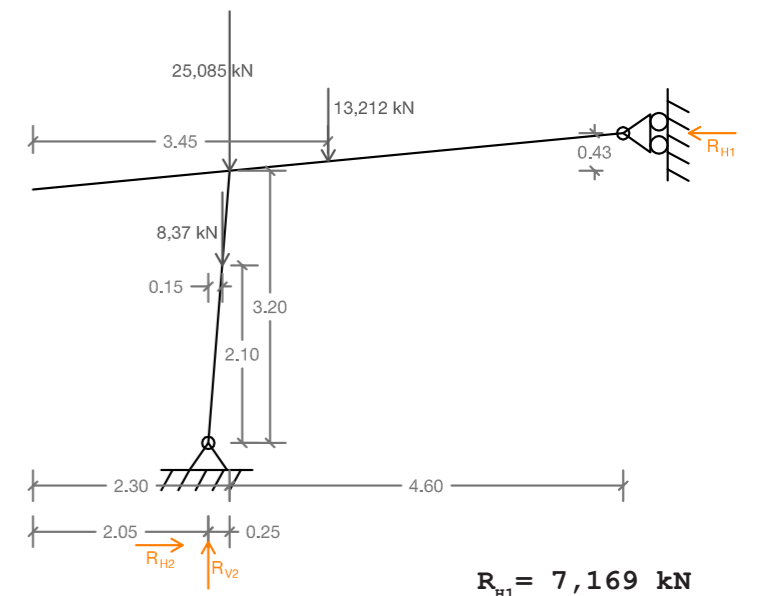
Ámbito de carga 6,1 m:

$$ELU 5 = 1,35 \cdot (0,6075 + 2,93) + 1,5 \cdot 2,93 + 1,5 \cdot (0 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0)$$



Reacciones PÓRTICO 2:

Para el cálculo de las reacciones se obtienen las fuerzas resultantes en ejes globales correspondientes a las distintas cargas repartidas que actúan sobre el pórtico.



$$\Sigma F_H = 0$$

$$R_{H1} = R_{H2}$$

$$R_{H1} = 7,169 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$25,085 + 13,212 + 8,37 = R_{V2}$$

$$R_{H2} = 7,169 \text{ kN}$$

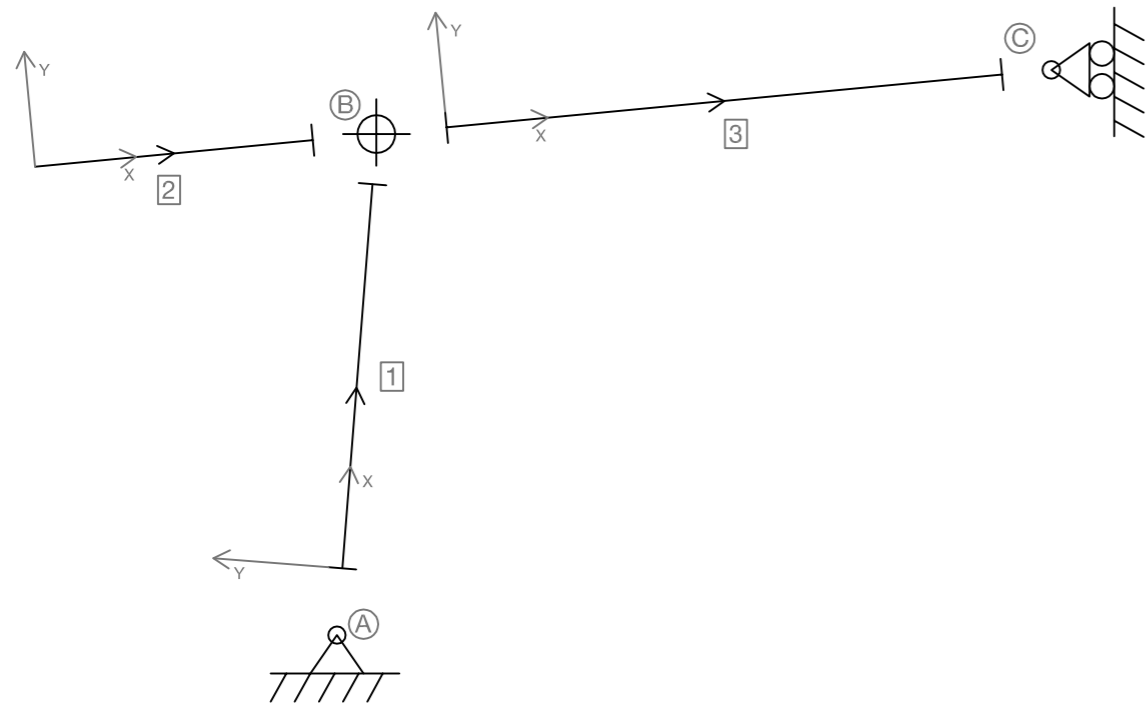
$$\Sigma M_2 = 0$$

$$8,37 \cdot [0,15] + 25,085 \cdot [0,25] + 13,212 \cdot [1,4] = R_{H1} \cdot [3,63]$$

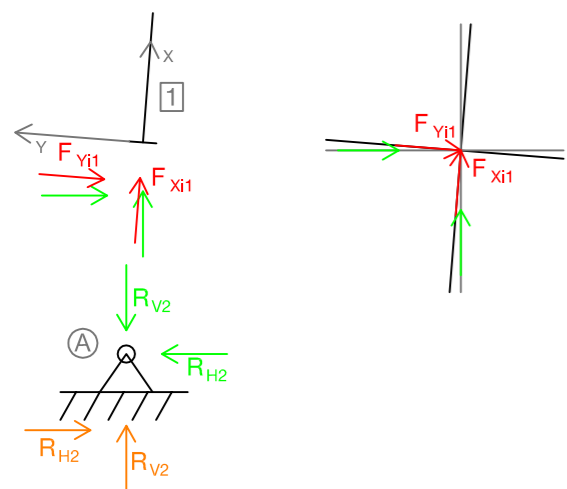
$$R_{V2} = 46,667 \text{ kN}$$

Equilibrio PÓRTICO 2:

Para resolver el pórtico 2 se comprueba el equilibrio nudo a nudo y barra a barra con el fin de obtener las sollicitaciones.



-Nudo A:



$$R_{H2} = 7,169 \text{ kN}$$

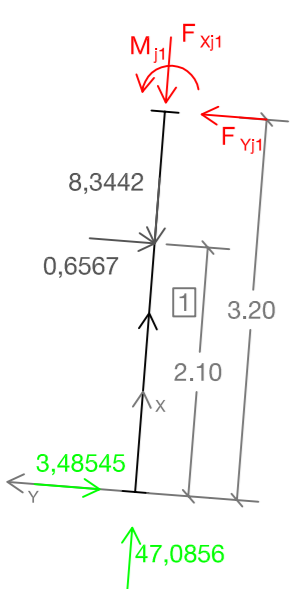
$$R_{V2} = 46,667 \text{ kN}$$

Por trigonometría se obtiene:

$$F_{xi1} = 47,0856 \text{ kN}$$

$$F_{yi1} = 3,48545 \text{ kN}$$

-Barra 1:

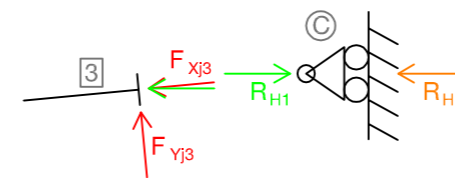


$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{xi1} = 8,3442 + F_{xj1} \quad F_{xj1} = 38,7414 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{yi1} + 0,6567 = F_{yj1} \quad F_{yj1} = 4,14215 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{i1} = 0 \quad 0,6567 \cdot [2,1063] = F_{yj1} \cdot [3,2097] + M_{j1} \quad M_{j1} = -11,9118 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Nudo C:



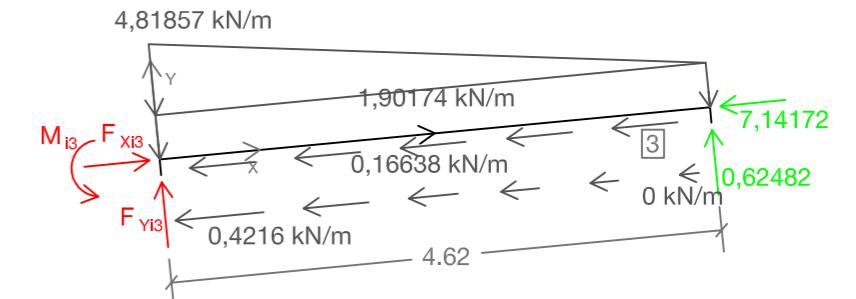
$$R_{H1} = 7,169 \text{ kN}$$

Por trigonometría se obtiene:

$$F_{xj3} = 7,14172 \text{ kN}$$

$$F_{yj3} = 0,62482 \text{ kN}$$

-Barra 3: Por trigonometría se obtienen las cargas que actúan sobre la barra en ejes locales.

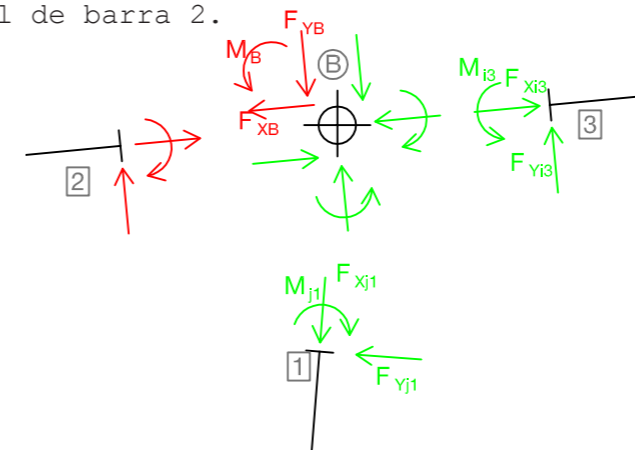


$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{xi3} = 7,14172 + 0,16638 \cdot (4,62) + 0,4216 \cdot (4,62/2) \quad F_{xi3} = 8,8842 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{yi3} = 4,81 \cdot (4,62/2) + 1,90174 \cdot 4,62 - 0,62482 \quad F_{yi3} = 19,2921 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{i3} = 0 \quad M_{i3} = 4,8157 \cdot (4,62/2) \cdot [4,62/3] + 1,9017 \cdot 4,62 \cdot [4,62/2] - 0,62482 \cdot [4,62] \quad M_{i3} = 34,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Nudo B: Por trigonometría se pasan las fuerzas de final de barra 1 al nudo B, y se suman a las de inicio de barra 3 para obtener por equilibrio las fuerzas en final de barra 2.

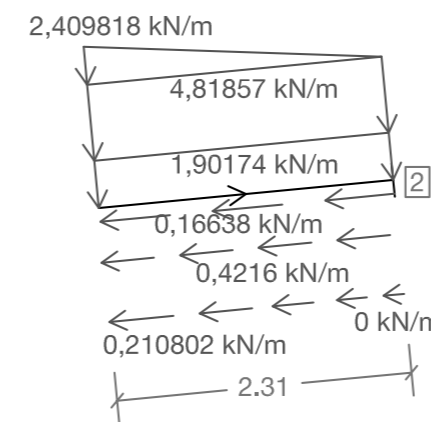


$$F_{xB} = 1,5858 \text{ kN}$$

$$F_{yB} = 18,2279 \text{ kN}$$

$$M_B = 26,6382 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Barra 2: Mediante el equilibrio en la barra 2 se comprueba el equilibrio final de la estructura.



$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{xi2} = -(0,58798 \cdot 2,31) + 1,5858 - 0,210802 \cdot (2,31/2) \quad F_{xi2} = 0 \text{ kN Equilibrio Correcto}$$

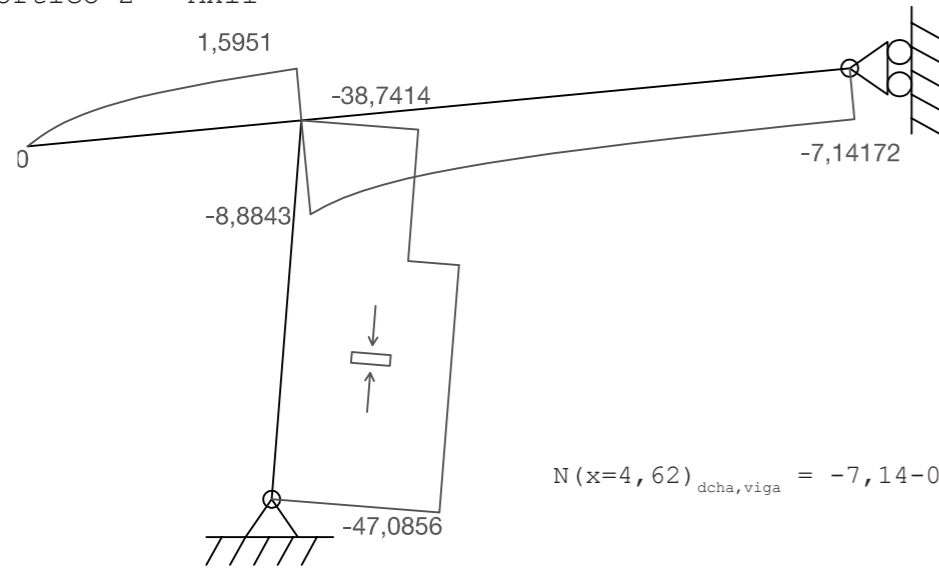
$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{yi2} = 18,2279 - 6,72031 \cdot (2,31) - 2,409818 \cdot (2,31/2) \quad F_{yi2} = 0 \text{ kN Equilibrio Correcto}$$

$$\Sigma M_{i2} = 0 \quad M_{i2} = 18,2279 \cdot [2,31] - 26,6382 - 6,72031 \cdot (2,31/2) \cdot [2,31/3] - 2,409818 \cdot 2,31 \cdot [2,31/3] \quad M_{i2} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m Equilibrio Correcto}$$

La estructura se encuentra por tanto en equilibrio, a continuación se procede a calcular los diagramas de sollicitaciones del pórtico 2.

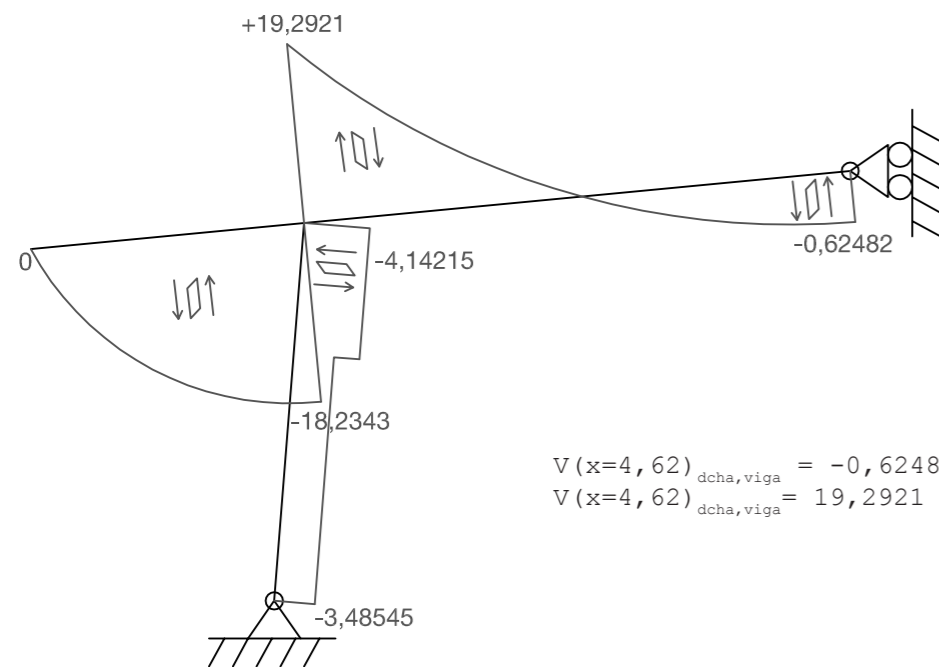
Solicitaciones PÓRTICO 2:

Pórtico 2 - Axil



$$N(x=4,62)_{dcha,viga} = -7,14 - 0,16638 \cdot x - 0,4216 \cdot x/2 = -8,8843 \text{ kN}$$

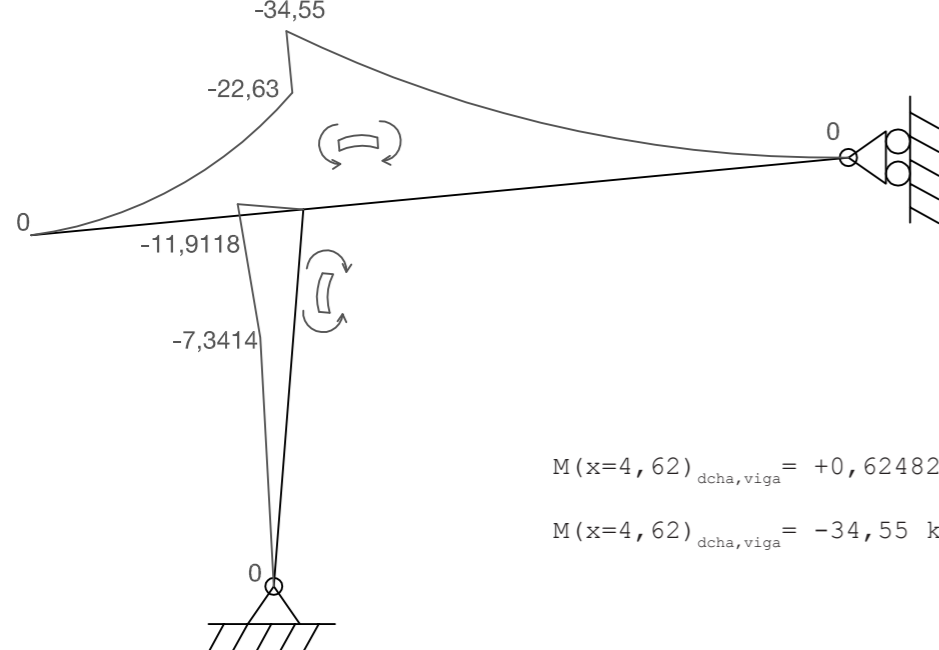
Pórtico 2 - Cortante



$$V(x=4,62)_{dcha,viga} = -0,62482 + 1,90174 \cdot x - 4,81857 \cdot x/2$$

$$V(x=4,62)_{dcha,viga} = 19,2921 \text{ kN}$$

Pórtico 2 - Momentos flectores

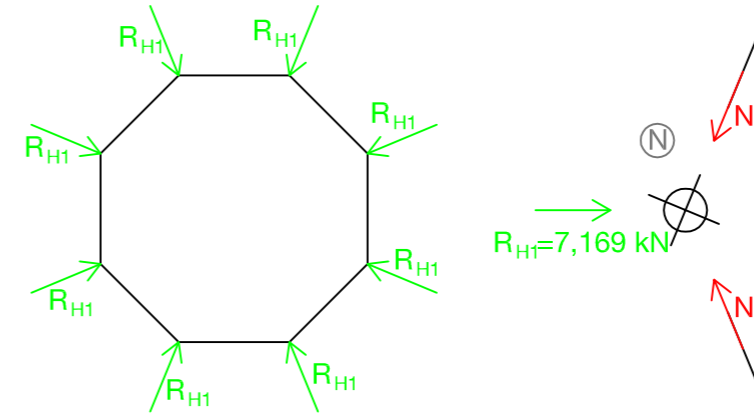


$$M(x=4,62)_{dcha,viga} = +0,62482 \cdot x + 0,95087 \cdot x^2 - 4,81857 \cdot x/2 \cdot [x/3]$$

$$M(x=4,62)_{dcha,viga} = -34,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.9.3 Portico 2. COMEDOR - Anillo central de madera

En la modelización del pórtico 2, el nudo C se diseña como un apoyo deslizante, que tiene impedido el movimiento en horizontal. Se trata por tanto de un anillo central que actúa como elemento estructural de "apoyo" de los pórticos en ménsula en su nudo C. De esta forma, al estar proyectados los pórticos en el comedor formando los radios de un octógono, el esfuerzo horizontal que transmite cada uno de ellos en ese punto se ve compensado por el de los demás, formando en su conjunto una estructura estable.



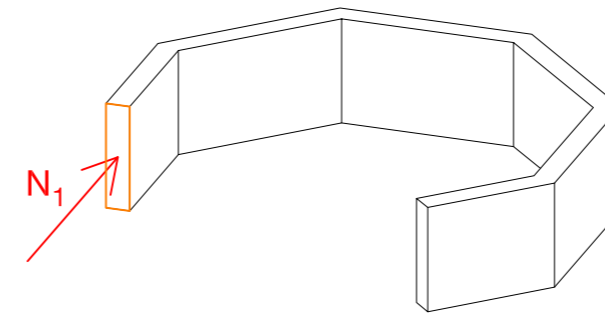
-Equilibrio en uno de los nudos:

$$R_{H1} = 7,169 \text{ kN}$$

Por cálculo obtenemos que:

$$N_1 = 9,3667 \text{ kN}$$

Por cálculo del equilibrio en uno de los nudos de la estructura hemos obtenido el valor de N_1 , el esfuerzo axil al que estará sometido el anillo central del comedor.

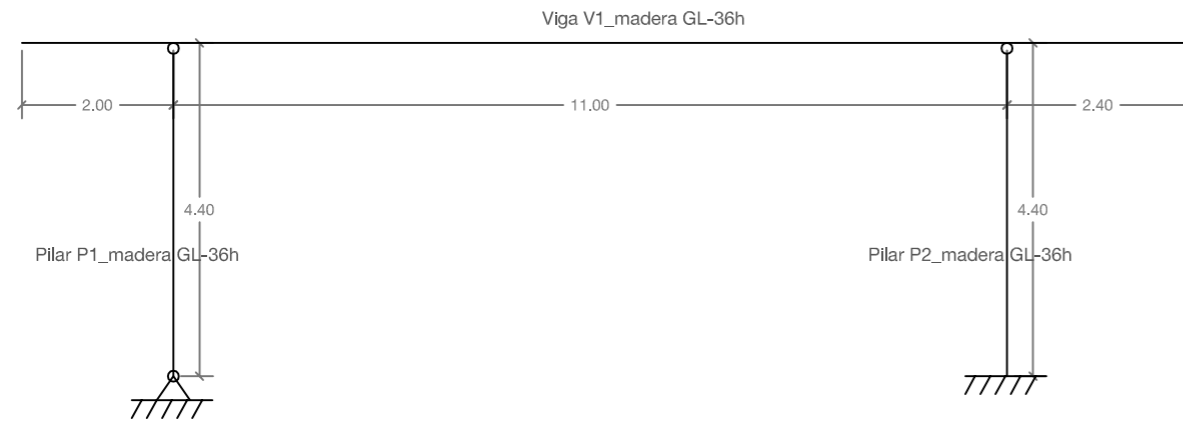


3. MEMORIA DE CÁLCULO

3.1 Elementos estructurales de madera

3.1.1. Predimensionado de los elementos

_3.1.1.1 - PÓRTICO 1 (AULA)



Vigas	Longitud (m)	M _{max} (kN·m)	V _d (kN)	N _{max} (kN)
Viga V1	15,4 m	75,77	-34	0
Pilares				
Pilar P1	4,4 m	0	0	41,11
Pilar P2	4,4 m	0	0	48,84

VIGAS:

En el predimensionado de las vigas se va a estudiar el comportamiento de su sección transversal por acción de las cargas, encontrando los efectos que producen las cargas en la estructura, en forma de fuerza cortante y momento flector.

-Resistencia a flexión: $\sigma_m = \frac{6M}{b \cdot h^2} < f_m$ GL-36h: $f_m = 36 \text{ N/mm}^2$

-Resistencia a cortante: $\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{b \cdot h} < f_v$ GL-36h: $f_v = 4,3 \text{ N/mm}^2$

-Viga 1:

Seleccionamos un ancho de viga $b = 200 \text{ mm}$

Mediante la resistencia a flexión obtenemos la altura de la viga:

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot M_d \cdot 10^6}{f_m \cdot b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 75,77 \cdot 10^6}{36 \cdot 200}} = 251,28 \text{ mm}$$

Con una sección de 200x260 mm sería válido

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{34 \cdot 10^3}{200 \cdot 260} = 1,1 \text{ N/mm}^2 < f_v = 4,3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Cumple}$$

La sección de 200x500 mm de proyecto será válida

PILARES:

En el predimensionado de los pilares se va a estudiar el comportamiento de su sección transversal por acción de las cargas, encontrando los efectos que producen las cargas en la estructura, en forma de axil.

-Resistencia axil-compresión paralela

GL-36h: $f_c = 31 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{N,0,d} = \frac{N_d}{A_d}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$k_{mod} = 0,6$

$\gamma_M = 1,30$

-Pilar 1:

Dimensiones del pilar: 200x500 mm

$$f_{c,0,d} = 0,60 \cdot \frac{31}{1,30} = 14,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{N,0,d} = \frac{41,11 \cdot 10^3}{200 \cdot 500} = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

Cumple

La sección de 200x500 mm de proyecto será válida

-Pilar 2:

Dimensiones del pilar: 200x500 mm

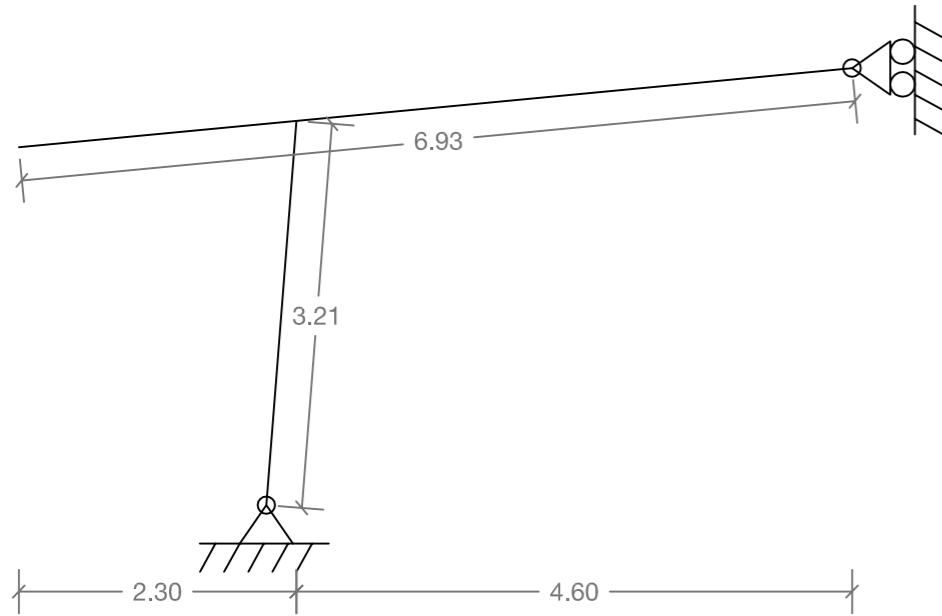
$$f_{c,0,d} = 0,60 \cdot \frac{31}{1,30} = 14,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{N,0,d} = \frac{48,84 \cdot 10^3}{200 \cdot 500} = 0,488 \text{ N/mm}^2$$

Cumple

La sección de 200x500 mm de proyecto será válida

_3.1.1.2 - PÓRTICO 2 (COMEDOR)



Vigas	Longitud (m)	M _{max} (kN·m)	V _d (kN)	N _{max} (kN)
Viga V2	6,93 m	34,55	19,29	-8,8843
Pilares				
Pilar P3	3,21 m	11,9118	-4,14215	-47,0856

VIGAS:

En el predimensionado de las vigas se va a estudiar el comportamiento de su sección transversal por acción de las cargas, encontrando los efectos que producen las cargas en la estructura, en forma de fuerza cortante y momento flector.

-Resistencia a flexión: $\sigma_m = \frac{6M}{b \cdot h^2} < f_m$ GL-36h: $f_m = 36 \text{ N/mm}^2$

-Resistencia a cortante: $\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{b \cdot h} < f_v$ GL-36h: $f_v = 4,3 \text{ N/mm}^2$

-Viga 2:

Seleccionamos un ancho de viga $b = 200 \text{ mm}$

Mediante la resistencia a flexión obtenemos la altura de la viga:

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot M_d \cdot 10^6}{f_m \cdot b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 34,55 \cdot 10^6}{36 \cdot 200}} = 169,68 \text{ mm}$$

Con una sección de 200x170 mm sería válido

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{19,29 \cdot 10^3}{200 \cdot 170} = 0,85 \text{ N/mm}^2 < f_v = 4,3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Cumple}$$

La sección de **200x450 mm** de proyecto será válida

PILARES:

En el predimensionado de los pilares se va a estudiar el comportamiento de su sección transversal por acción de las cargas, encontrando los efectos que producen las cargas en la estructura, en forma de axil.

-Resistencia axil_compresión paralela

GL-36h: $f_c = 31 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{N,0,d} = \frac{N_d}{A_d}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$k_{mod} = 0,6$

$\gamma_M = 1,30$

-Pilar 3:

Dimensiones del pilar: 200x500 mm

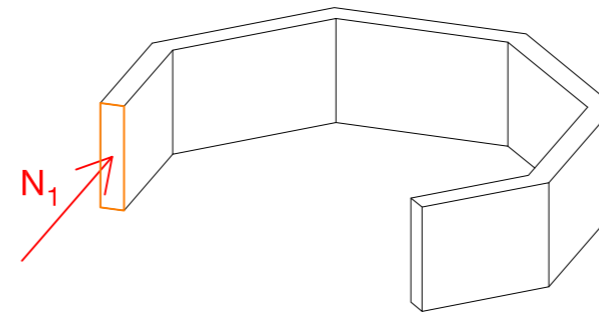
$$f_{c,0,d} = 0,60 \cdot \frac{31}{1,30} = 14,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{N,0,d} = \frac{47,0856 \cdot 10^3}{200 \cdot 600} = 0,39 \text{ N/mm}^2$$

Cumple

La sección de **200x600 mm** de proyecto será válida

_3.1.1.3 - PÓRTICO 2 (COMEDOR) - Anillo central de madera



En el predimensionado del anillo central de madera de la estructura del comedor se va a estudiar el comportamiento de su sección transversal por acción de las cargas, encontrando los efectos que producen las cargas en la estructura, en forma de axil.

-Resistencia axil_compresión paralela

GL-36h: $f_c = 31 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{N,0,d} = \frac{N_d}{A_d}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$k_{mod} = 0,6$

$\gamma_M = 1,30$

-Pilar 3:

Dimensiones del pilar: 200x500 mm

$$f_{c,0,d} = 0,60 \cdot \frac{31}{1,30} = 14,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{N,0,d} = \frac{9,3667 \cdot 10^3}{100 \cdot 450} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Cumple

3.1.2. Dimensionado a E.L.U

3.1.2.1 - COMPROBACIONES A RESISTENCIA

Pórtico 1	Sección (mm)	M _{max} (kN·m)	V _d (kN)	N _{max} (kN)
Viga V1	200x500	75,77	-34	0
Pilar P1	200x500	0	0	41,11
Pilar P2	200x500	0	0	48,84
Pórtico 2				
Viga V2	200x450	34,55	19,2921	-8,8843
Pilar P3	200x600	11,9118	-4,14215	-47,0856
Anillo central	100x450	0	0	9,3667

Para la comprobación de cada uno de los elementos de la estructura debe cumplirse:

-Flexión esviada:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

-Flexión y tracción axial combinadas:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

-Flexión y compresión axial combinadas:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Donde:

-Tensiones de cálculo:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d (N)}{A_d (mm^2)} \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{N_d (N)}{A_d (mm^2)}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_d (N \cdot mm)}{W_z}$$

$$\tau_{zd} = 1,5 \cdot \frac{T_d}{b \cdot h}$$

-Resistencias de cálculo:

$$= k_{mod} \frac{GL - 36h}{\gamma_M}$$

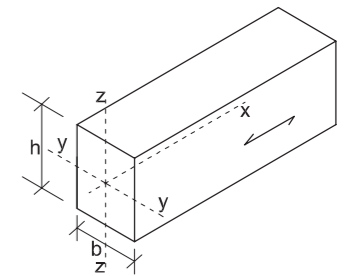
$$\sigma_{cálculo} < f_{cálculo}$$

VIGA V1 (Pórtico 1):

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ³)	Wz (mm ³)	k _{mod} - γ _M
200	500	100000	3333333,33	8333333,33	0,6 - 1,30

N _{xd} (+) (N)	N _{xd} (-) (N)	M _{yd} (N·mm)	M _{zd} (N·mm)	T _{zd} (N)	T _{yd} (N)
0	0	0	75,77 · 10 ⁶	34 · 10 ³	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{zd} (N/mm ²)	T _{yd} (N/mm ²)
0	0	0	9,09	0,51	0
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)
26	31	36	36	4,3	4,3
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)
12	14,30	16,62	16,62	1,98	1,98

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx (+)	Myd, Md, Nx (-)
cumple	-	-

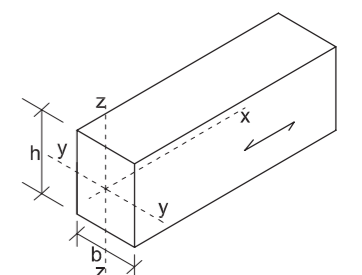


PILAR P1 (Pórtico 1):

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ³)	Wz (mm ³)	k _{mod} - γ _M
200	500	100000	3333333,33	8333333,33	0,6 - 1,30

N _{xd} (+) (N)	N _{xd} (-) (N)	M _{yd} (N·mm)	M _{zd} (N·mm)	T _{zd} (N)	T _{yd} (N)
0	41,11 · 10 ³	0	0	0	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{zd} (N/mm ²)	T _{yd} (N/mm ²)
0	0,411	0	0	0	0
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)
26	31	36	36	4,3	4,3
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)
12	14,30	16,62	16,62	1,98	1,98

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx (+)	Myd, Md, Nx (-)
-	-	cumple

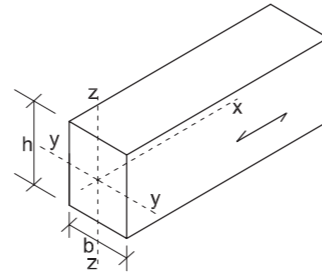


PILAR P2 (Pórtico 1): Éste será el pilar que se comprobará a estabilidad y a fuego ya que es igual en dimensiones al pilar P1 del mismo pórtico, pero está sometido a mayores solicitaciones que el anterior, por tanto asumimos que si éste pilar cumple, el pilar P1 también lo hará.

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ³)	Wz (mm ³)	k _{mod} - γ _M
200	500	100000	3333333,33	8333333,33	0,6 - 1,30

N _{xd} (+) (N)	N _{xd} (-) (N)	M _{yd} (N · mm)	M _{zd} (N · mm)	T _{zd} (N)	T _{yd} (N)
0	48,84 · 10 ³	0	0	0	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{zd} (N/mm ²)	T _{yd} (N/mm ²)
0	0,4884	0	0	0	0
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)
26	31	36	36	4,3	4,3
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)
12	14,30	16,62	16,62	1,98	1,98

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx (+)	Myd, Md, Nx (-)
-	-	cumple

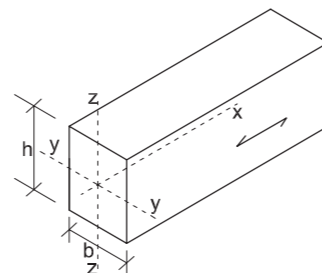


VIGA V2 (Pórtico 2):

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ³)	Wz (mm ³)	k _{mod} - γ _M
200	450	90000	3 · 10 ⁶	6,75 · 10 ⁶	0,6 - 1,30

N _{xd} (+) (N)	N _{xd} (-) (N)	M _{yd} (N · mm)	M _{zd} (N · mm)	T _{zd} (N)	T _{yd} (N)
0	-8,8843 · 10 ³	0	34,55 · 10 ⁶	19,2921 · 10 ³	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{zd} (N/mm ²)	T _{yd} (N/mm ²)
0	0,098	0	5,1185	0,32	0
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)
26	31	36	36	4,3	4,3
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)
12	14,30	16,62	16,62	1,98	1,98

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx (+)	Myd, Md, Nx (-)
-	-	cumple

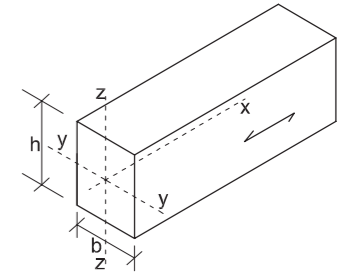


PILAR P3 (Pórtico 2):

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ³)	Wz (mm ³)	k _{mod} - γ _M
200	600	120000	4 · 10 ⁶	12 · 10 ⁶	0,6 - 1,30

N _{xd} (+) (N)	N _{xd} (-) (N)	M _{yd} (N · mm)	M _{zd} (N · mm)	T _{zd} (N)	T _{yd} (N)
0	-47,0856 · 10 ³	0	11,9118 · 10 ⁶	4,14215 · 10 ³	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{zd} (N/mm ²)	T _{yd} (N/mm ²)
0	0,3923	0	0,9926	0,05	0
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)
26	31	36	36	4,3	4,3
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)
12	14,30	16,62	16,62	1,98	1,98

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx (+)	Myd, Md, Nx (-)
-	-	cumple

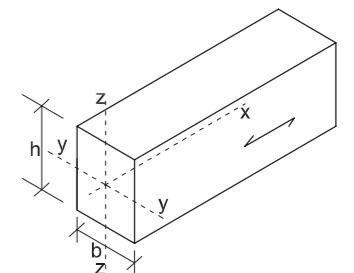


ANILLO CENTRAL (Pórtico 2):

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ³)	Wz (mm ³)	k _{mod} - γ _M
100	450	45000	750 · 10 ³	3,375 · 10 ⁶	0,6 - 1,30

N _{xd} (+) (N)	N _{xd} (-) (N)	M _{yd} (N · mm)	M _{zd} (N · mm)	T _{zd} (N)	T _{yd} (N)
0	-9,3667 · 10 ³	0	0	0	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{zd} (N/mm ²)	T _{yd} (N/mm ²)
0	0,20	0	0	0	0
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)
26	31	36	36	4,3	4,3
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)
12	14,30	16,62	16,62	1,98	1,98

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx (+)	Myd, Md, Nx (-)
-	-	cumple



Por la comprobación a ELU de resistencia **NO es necesario redimensionar** ninguna pieza.

_3.1.2.2 - COMPROBACIONES A ESTABILIDAD

Pórtico 1	Sección (mm)	M _{max} (kN·m)	V _d (kN)	N _{max} (kN)
Viga V1	200x500	75,77	-34	0
Pilar P1	200x500	0	0	41,11
Pilar P2	200x500	0	0	48,84
Pórtico 2				
Viga V2	200x450	34,55	19,2921	-8,8843
Pilar P3	200x600	11,9118	-4,14215	-47,0856
Anillo central	100x450	0	0	9,3667

Para la comprobación de cada uno de los elementos de la estructura debe cumplirse:

-Comprobación a pandeo por flexión:

-Piezas a compresión simple:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

-Flexocompresión:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

-Comprobación a pandeo por torsión:

-No será necesaria si:

$$\lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

-Vuelco lateral en flexión simple:

$$\lambda_{rel,m} \geq 0,75$$

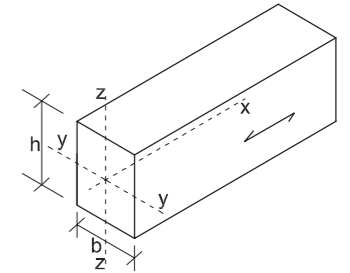
$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

-Vuelco lateral en flexocompresión: $\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$

VIGA V1 (Pórtico 1):

b (mm)	h (mm)	I.tor (mm ⁴)	Wy (mm ³)	iy (mm ⁴)
200	500	2416,67 · 10 ⁶	3,33 · 10 ⁶	57,73
A (mm ²)	L.barra (m)	Iz (mm ⁴)	Wz (mm ³)	iz (mm ⁴)
100000	15,4	2083,33 · 10 ⁶	8,33 · 10 ⁶	144,33

N _{xd} (-) (N)	M _{xd} (N · mm)	M _{zd} (N · mm)
0	0	75,77 · 10 ⁶
σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)
0	0	9,09
f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)
31	36	36
f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)
14,30	16,62	16,62



PANDEO POR FLEXIÓN	
Flexión en Y	Flexión en Z
β _y	β _z
1,0	1,0
λ _y	λ _z
266,76	106,70
σ _{c,crit,y} (N/mm ²)	σ _{c,crit,z} (N/mm ²)
2,04	12,74
λ _{rel,y}	λ _{rel,z}
3,90	1,56
K _y	K _z
--	--
X _y	X _z
--	--
PANDEO POR TORSIÓN	
σ _{m,crit} (N/mm ²)	
15,89	
λ _{rel,m}	
1,50	
λ _{rel,m} > 0,75	
Comprobar (flexión simple)	
C _e	
13,87	
K _{crit}	
0,91	

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{9,09}{16,62} = 0,38 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{9,09}{16,62} = 0,55 \leq 1$$

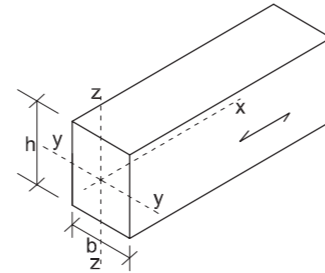
$$\sigma_{m,d} = 9,09 \text{ N/mm}^2 \leq 15,12 \text{ N/mm}^2 = 0,91 \cdot 16,62$$

La Viga V1 **cumple**

PILAR P2 (Pórtico 1):

b (mm)	h (mm)	I.tor (mm⁴)	Wy (mm³)	iy (mm⁴)
200	500	2416,67 · 10 ⁶	3,33 · 10 ⁶	57,73
A (mm²)	L.barra (m)	Iz (mm⁴)	Wz (mm³)	iz (mm⁴)
100000	4,4	2083,33 · 10 ⁶	8,33 · 10 ⁶	144,33

N_{xd} (-) (N)	M_{yd} (N · mm)	M_{zd} (N · mm)
48,84 · 10 ³	0	0
σ_{c,0,d} (N/mm²)	σ_{m,y,d} (N/mm²)	σ_{m,z,d} (N/mm²)
0,4884	0	0
f_{c,0,k} (N/mm²)	f_{m,y,k} (N/mm²)	f_{m,z,k} (N/mm²)
31	36	36
f_{c,0,d} (N/mm²)	f_{m,y,d} (N/mm²)	f_{m,z,d} (N/mm²)
14,30	16,62	16,62



PANDEO POR FLEXIÓN	
Flexión en Y	Flexión en Z
β _y	β _z
0,85	0,85
λ _y	λ _z
64,78	25,91
σ _{c,crit,y} (N/mm ²)	σ _{c,crit,z} (N/mm ²)
34,57	216,11
λ _{rel,y}	λ _{rel,z}
0,94	0,37
K _y	K _z
0,97	0,57
X _y	X _z
0,80	1,00
PANDEO POR TORSIÓN	
σ _{m,crit} (N/mm ²)	
77,01	
λ _{rel,m}	
0,68	
λ _{rel,m} < 0,75	
No es necesario comprobar	
C _e	
--	
K _{crit}	
--	

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0,4884}{1,00 \cdot 14,30} = 0,03 \leq 1$$

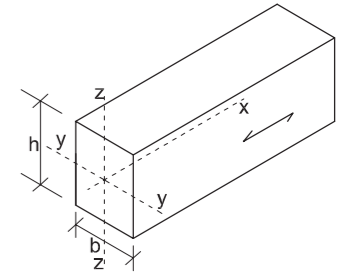
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0,4884}{0,80 \cdot 14,30} = 0,04 \leq 1$$

El Pilar P2 **cumple**

VIGA V2 (Pórtico 2):

b (mm)	h (mm)	I.tor (mm⁴)	Wy (mm³)	iy (mm⁴)
200	450	1818,75 · 10 ⁶	3 · 10 ⁶	57,73
A (mm²)	L.barra (m)	Iz (mm⁴)	Wz (mm³)	iz (mm⁴)
90000	6,9305	1518,75 · 10 ⁶	6,75 · 10 ⁶	129,90

N_{xd} (-) (N)	M_{yd} (N · mm)	M_{zd} (N · mm)
-8,88 · 10 ⁶	0	34,55 · 10 ⁶
σ_{c,0,d} (N/mm²)	σ_{m,y,d} (N/mm²)	σ_{m,z,d} (N/mm²)
0,098	0	5,1185
f_{c,0,k} (N/mm²)	f_{m,y,k} (N/mm²)	f_{m,z,k} (N/mm²)
31	36	36
f_{c,0,d} (N/mm²)	f_{m,y,d} (N/mm²)	f_{m,z,d} (N/mm²)
14,30	16,62	16,62



PANDEO POR FLEXIÓN	
Flexión en Y	Flexión en Z
β _y	β _z
1,0	1,0
λ _y	λ _z
120,05	53,35
σ _{c,crit,y} (N/mm ²)	σ _{c,crit,z} (N/mm ²)
10,06	50,97
λ _{rel,y}	λ _{rel,z}
1,75	0,78
K _y	K _z
--	--
X _y	X _z
0,27	0,90
PANDEO POR TORSIÓN	
σ _{m,crit} (N/mm ²)	
29,04	
λ _{rel,m}	
1,11	
λ _{rel,m} > 0,75	
Comprobar (flexocompresión)	
C _e	
8,83	
K _{crit}	
1,00	

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,098}{0,27 \cdot 14,30} + 0,7 \cdot \frac{5,1185}{16,62} = 0,24 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,098}{0,90 \cdot 14,30} + \frac{5,1185}{16,62} = 0,315 \leq 1$$

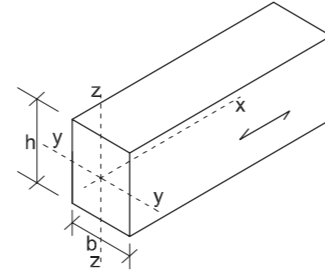
$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{5,1185}{1,0 \cdot 16,62} \right)^2 + \frac{0,098}{0,90 \cdot 14,30} = 0,10 \leq 1$$

La Viga V2 **cumple**

PILAR P3 (Pórtico 2):

b (mm)	h (mm)	I.tor (mm⁴)	Wy (mm³)	iy (mm⁴)
200	600	4000 · 10 ⁶	4 · 10 ⁶	57,73
A (mm²)	L.barra (m)	Iz (mm⁴)	Wz (mm³)	iz (mm⁴)
120000	3,2097	3600 · 10 ⁶	12 · 10 ⁶	173,20

N_{xd} (-) (N)	M_{yd} (N · mm)	M_{zd} (N · mm)
-47,08 · 10 ⁶	0	11,91 · 10 ⁶
σ_{c,0,d} (N/mm²)	σ_{m,y,d} (N/mm²)	σ_{m,z,d} (N/mm²)
0,3923	0	0,9926
f_{c,0,k} (N/mm²)	f_{m,y,k} (N/mm²)	f_{m,z,k} (N/mm²)
31	36	36
f_{c,0,d} (N/mm²)	f_{m,y,d} (N/mm²)	f_{m,z,d} (N/mm²)
14,30	16,62	16,62



PANDEO POR FLEXIÓN	
Flexión en Y	Flexión en Z
β_y	β_z
0,85	0,85
λ_y	λ_z
47,29	15,76
$\sigma_{c,crit,y}$ (N/mm ²)	$\sigma_{c,crit,z}$ (N/mm ²)
64,87	584,12
$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,z}$
0,69	0,23
Ky	Kz
--	--
Xy	Xz
0,90	1,0
PANDEO POR TORSIÓN	
$\sigma_{m,crit}$ (N/mm ²)	
148,644	
$\lambda_{rel,m}$	
0,49	
$\lambda_{rel,m} < 0,75$	
No es necesario comprobar	
Ce	
--	
Kcrit	
--	

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} =$$

$$\frac{0,3923}{0,90 \cdot 14,30} + 0,7 \cdot \frac{0,9926}{16,62} = 0,072 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{X_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} =$$

$$\frac{0,3923}{1,0 \cdot 14,30} + \frac{0,9926}{16,62} = 0,087 \leq 1$$

El Pilar P3 **cumple**

_3.1.2.3 - COMPROBACIONES A FUEGO (ELU)

-Sección resistente de las barras

Cálculo de la profundidad eficaz de carbonatación: $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$

Según el DB SI_6.3, las cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes cuya altura no exceda los 28 m, así como los elementos que únicamente sustentan dicha cubierta, podrán ser R30.

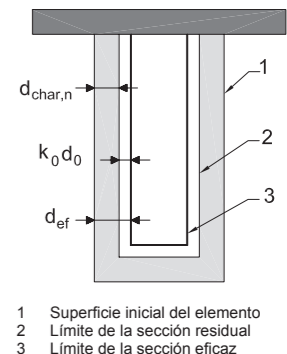
Por lo tanto, la resistencia al fuego de los elementos estructurales del proyecto debe ser de al menos **R30 t>30**

$d_0 = 7 \text{ mm}$
 $k_0 = 1$ para tiempos superiores a $t = 20$

Profundidad carbonizada nominal de cálculo: $d_{char,n} = \beta_n \cdot t$

Tabla E.1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , de maderas sin protección

	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Fronosas	
Madera maciza o laminada encolada de fronosas con densidad característica de 290 kg/m^3 ⁽¹⁾	0,70
Madera maciza o laminada encolada de fronosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70



⁽¹⁾ Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m³, se interpolará linealmente

Considerando un tiempo de exposición de $t = 30$ y $\beta_n = 0,70$ (madera laminada):
 $d_{char,n} = 0,70 \cdot 30 = 21 \text{ mm}$

Por lo tanto, profundidad eficaz de carbonatación:
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 21 \text{ mm} + 7 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$

Consideramos que el lado superior de la viga no está expuesto al fuego, por tanto la sección final de la viga de madera cubierta será:

$$b_f = b_i - 2 \cdot d_{ef}$$

$$h_f = h_i - d_{ef}$$

-Comprobaciones:

Para la comprobación de la sección resistente se considera una situación extraordinaria.

En el anejo SI E Resistencia al fuego de las estructuras de madera, el apartado E.2 dice:

b) que la resistencia de cálculo y los parámetros de cálculo de la rigidez se consideran constantes durante el incendio, tomando como tales los valores característicos multiplicados por el siguiente factor k_{fi}

-Por tanto: madera laminada encolada: $k_{fi} = 1,15$
 situación de incendio: $k_{mod} = 1,0$

-Flexión: $f_{md} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot (f_{m,k} / \gamma_M) = 1 \cdot 1,15 \cdot (36 / 1) = 41,4 \text{ N/mm}^2$

-Cortante: $f_{vd} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot (f_{v,k} / \gamma_M) = 1 \cdot 1,15 \cdot (4,3 / 1) = 4,95 \text{ N/mm}^2$

-Compresión: $f_{cd} = k_{mod} \cdot X_c \cdot k_{fi} \cdot (f_{c,k} / \gamma_M) = 1 \cdot 1,06 \cdot 1,15 \cdot (31 / 1) = 37,79 \text{ N/mm}^2$

Pórtico 1	Sección (mm)	Sección resistente (mm)	M _{max} (kN·m)	V _d (kN)	N _{max} (kN)
Viga V1	200x500	144x472	75,77	-34	0
Pilar P2	200x500	144x444	0	0	48,84
Pórtico 2					
Viga V2	200x450	144x422	34,55	19,2921	-8,8843
Pilar P3	200x600	144x544	11,9118	-4,14215	-47,0856

VIGA V1 (Pórtico 1):

Sección reducida: 144 x 472 mm Área eficaz: 67968 mm²
Solicitaciones: N_{xd} = 0 V_{zd} = 34 · 10³ N M_{zd} = 75,77 · 10⁶ N · mm

-Estado límite último flexión:

$$W_z = \frac{b_r \cdot h_r^2}{6} = \frac{144 \cdot 472^2}{6} = 5346816 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{md} = \frac{M_{zd}}{W_z} = \frac{75,77 \cdot 10^6}{534816} = 14,17 \text{ N/mm}^2 < f_{md} = 41,4 \text{ N/mm}^2$$

Cumple a flexión

-Estado límite último cortante:

$$\sigma_{vd} = \frac{V_{zd}}{A_{ef}} = \frac{34 \cdot 10^3}{67968} = 0,50 \text{ N/mm}^2 < f_{vd} = 4,95 \text{ N/mm}^2$$

Cumple a cortante

PILAR P2 (Pórtico 1):

Sección reducida: 144 x 444 mm Área eficaz: 63936 mm²
Solicitaciones: N_{xd} = 48,84 · 10³ N V_{zd} = 0 M_{zd} = 0

-Estado límite último compresión:

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A_{ef}} + \frac{M_{zd}}{W_z} = \frac{48,84 \cdot 10^3}{63936} = 0,764 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 37,78 \text{ N/mm}^2$$

Cumple a compresión

VIGA V2 (Pórtico 2):

Sección reducida: 144 x 422 mm Área eficaz: 60768 mm²
Solicitaciones: N_{xd} = 8,8843 · 10³ N V_{zd} = 19,2921 · 10³ N M_{zd} = 34,55 · 10⁶ N · mm

-Estado límite último flexión:

$$W_z = \frac{b_r \cdot h_r^2}{6} = \frac{144 \cdot 422^2}{6} = 4274016 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{md} = \frac{M_{zd}}{W_z} = \frac{34,55 \cdot 10^6}{4274016} = 8,08 \text{ N/mm}^2 < f_{md} = 41,4 \text{ N/mm}^2$$

Cumple a flexión

-Estado límite último cortante:

$$\sigma_{vd} = \frac{V_{zd}}{A_{ef}} = \frac{19,2921 \cdot 10^3}{60768} = 0,31 \text{ N/mm}^2 < f_{vd} = 4,95 \text{ N/mm}^2$$

Cumple a cortante

-Estado límite último compresión:

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A_{ef}} + \frac{M_{zd}}{W_z} = \frac{8,8843 \cdot 10^3}{60768} + \frac{34,55 \cdot 10^6}{4274016} = 8,226 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 37,78 \text{ N/mm}^2$$

Cumple a compresión

PILAR P3 (Pórtico 2):

Sección reducida: 144 x 544 mm Área eficaz: 78336 mm²
Solicitaciones: N_{xd} = 47,0856 · 10³ N V_{zd} = 4,142 · 10³ N M_{zd} = 11,91 · 10⁶ N · mm

-Estado límite último compresión:

$$W_z = \frac{b_r \cdot h_r^2}{6} = \frac{144 \cdot 544^2}{6} = 7102464 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{cd} = \frac{47,0856 \cdot 10^3}{78336} + \frac{11,9118 \cdot 10^6}{7102464} = 2,2782 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 37,78 \text{ N/mm}^2$$

Cumple a compresión

RESULTADO FINAL DIMENSIONADO A ELU (3.1.2)

Pórtico 1	Sección (mm)	Resistencia	Estabilidad	Fuego	Sección final
Viga V1	200x500	cumple	cumple	cumple	200x500
Pilar P1	200x500	cumple	--	--	200x500
Pilar P2	200x500	cumple	cumple	cumple	200x500
Pórtico 2					
Viga V2	200x450	cumple	cumple	cumple	200x450
Pilar P3	200x600	cumple	cumple	cumple	200x600
Anillo central	100x450	cumple	--	--	100x450

3.1.3. Dimensionado a E.L.S

Pórtico 1	Sección (mm)	Longitud	Q _{pp} (kN/m)	Q _{uso} (kN/m)
Viga V1	200x500	15,4	2,60	1,0
Pórtico 2				
Viga V2	200x450	6,9305	2,254	1,375

MADERA HORMIGÓN	CARGAS PERMANENTES valor característico Q _k	SOBRECARGA DE USO valor característico G _k	SOBRECARGA DE USO valor permanente ψ ₂ G _k
FLECHA INSTANTÁNEA	f1	f2	f3
FLECHA DIFERIDA	f1*K	f2*K	f3*K

Daños elementos constructivos	flecha activa	=	f2 + f3*k + f1*K	≤ L/500
Confort usuarios		=	f2	≤ L/350
Apariencia de la obra	flecha total	=	f1 + f1*k + f3 + f3*k	≤ L/300

VIGA V1 (Pórtico 1): Articulada - Articulada

$$Inercia = 20 \cdot 50^3 / 12 = 208333 \text{ cm}^4$$

Flecha activa: Articulada - Articulada

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot 1540^4}{147000 \cdot 208333} = 2,39 \cdot q$$

$$F_{pp} = 2,39 \cdot q = 2,39 \cdot 2,60 = 6,21 \text{ cm}$$

$$F_{uso} = 2,39 \cdot q = 2,39 \cdot 1,0 = 2,39 \text{ cm}$$

-Flecha activa: integridad de elementos constructivos: $f < L / 500$

$$F_{pp} \cdot 0,8 + F_{uso} = 6,21 \cdot 0,8 + 2,39 = 7,36 \text{ cm} > 3,08 \text{ cm} = L / 500$$

La flecha activa no cumple con la limitación establecida, pero asumimos que **es válida** ya que al ser la viga del aula de geometría curva, la flecha producida no se apreciará

-Confort usuarios: $f < L / 350$

$$F_{uso} = 2,39 \text{ cm} < 4,4 \text{ cm} = L / 350$$

Es válida

-Flecha total: apariencia de la obra: $f < L / 300$

$$F_{pp} + F_{pp} \cdot K = 6,21 + 6,21 \cdot 0,8 = 11,17 \text{ cm} > 5,13 \text{ cm} = L / 300$$

La flecha total no cumple con la limitación establecida, pero asumimos que **es válida** ya que al ser la viga del aula de geometría curva, la flecha producida no se apreciará

VIGA V2 (Pórtico 2): Empotrada - Articulada

$$Inercia = 20 \cdot 45^3 / 12 = 151875 \text{ cm}^4$$

Flecha activa: Empotrada - Articulada

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{1}{185} \cdot \frac{q \cdot 693,05^4}{147000 \cdot 151875} = 0,05 \cdot q$$

$$F_{pp} = 0,05 \cdot q = 0,05 \cdot 2,254 = 0,11 \text{ cm}$$

$$F_{uso} = 0,05 \cdot q = 0,05 \cdot 1,375 = 0,07 \text{ cm}$$

-Flecha activa: integridad de elementos constructivos: $f < L / 500$

$$F_{pp} \cdot 0,8 + F_{uso} = 0,11 \cdot 0,8 + 0,07 = 0,158 \text{ cm} < 1,3861 \text{ cm} = L / 500$$

Es válida

-Confort usuarios: $f < L / 350$

$$F_{uso} = 0,07 \text{ cm} < 1,98 \text{ cm} = L / 350$$

Es válida

-Flecha total: apariencia de la obra: $f < L / 300$

$$F_{pp} + F_{pp} \cdot K = 0,11 + 0,11 \cdot 0,8 = 0,198 \text{ cm} < 2,31 \text{ cm} = L / 300$$

Es válida

RESULTADO FINAL DIMENSIONADO A ELS (3.1.3)

Pórtico 1	Sección (mm)	ELS	Sección final
Viga V1	200x500	no cumple (se acepta por la geometría de la viga)	200x500
Pilar P1	200x500	--	200x500
Pilar P2	200x500	--	200x500
Pórtico 2			
Viga V2	200x450	cumple	200x450
Pilar P3	200x600	--	200x600
Anillo central	100x450	--	100x450

3.2 Elementos estructurales de hormigón armado

3.2.1. Zapata corrida bajo muro de fábrica

El cálculo se centrará sobre una de las zapatas corridas que discurren por debajo de los muros de fábrica. (DB-SE-C. pág. SE-C-20). En este caso de zapata corrida bajo muro es habitual trabajar por metro lineal de longitud, realizando la comprobación geotécnica (presiones de contacto) y las comprobaciones estructurales de forma análoga a las zapatas aisladas.

Datos de partida:

- Hormigón HA-25/B/16/IIa
- Acero B 500 SD
- Control de ejecución normal ($Y_{f,G} = 1,35$; $Y_{f,Q} = 1,5$)
- Control del hormigón estadístico ($Y_c = 1,50$)
- Control del acero normal ($Y_c = 1,15$)
- Cota de cimentación -1,20 m
- Terreno: No podemos determinar con seguridad el tipo de suelo existente,

por parámetros de ubicación y elementos próximos como el arroyo determinamos que se aproximan a arcillas inorgánicas de alta plasticidad (Arenas media suela)

tensión admisible $\sigma_{adm} = 100 \text{ kN/m}^2$
(balasto) = 0,4 Kg/cm³
densidad: $\gamma_t = 18 \text{ kN/m}^3$

ángulo de rozamiento interno: $\sigma = 30^\circ$

- Anchura del muro e = 350 mm
- Axil sin mayorar $N_p = N_G + N_Q = 23,10 + 1,08 = 24,18 \text{ kN/m}$
 $N_G = (\text{peso cubierta} + \text{peso propio muro} + \text{macizo hormigón})$
 $N_G = (0,76 + 15,34 + 7) = 23,10 \text{ kN/m}$
Muro fábrica = 0,355 x 2,4 x 18 = 15,34 kN/m
Macizo hormg. = 0,355 x 0,80 x 1 x 25 = 7 kN/m
 $N_Q = 1,08 \text{ kN/m}$
- Momento sin mayorar $M = 6,89 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$ (Carga de Viento sobre el muro)
- Cortante sin mayorar $V = 3,45 \text{ kN/m}$ (Carga de Viento sobre el muro)

-3.2.1.1_ Predimensionado de la zapata

Se va a hacer la zapata de base rectangular, donde el largo es 1 m, y estimando el peso propio de la cimentación, rellenos y la influencia del momento en un 20% del axil que se transmite a la zapata, se tiene:

$$b = 1 \text{ m}$$

$$\sigma = 1,20 \times N_d / a^2 < \sigma_{adm}$$

$$\sigma = 1,20 \times 24,18 / a \cdot b < 100 \text{ kN/m}^2$$

$$a > 141,43 / 250$$

$$a = 0,29 \text{ m}$$

Como el muro tiene un espesor de 35 cm vamos a optar por una zapata de 1,00 m de ancho.

Seleccionamos una zapata de 1,00 m

Se predimensiona el canto para determinar si la zapata es flexible o rígida:

$$V_{max} = (1,00 - 0,35) / 2 = 0,325 \text{ m}$$

Zapata flexible: $V_{max} > 2h \rightarrow h < 16,25 \text{ cm}$
Zapata rígida: $V_{max} < 2h \rightarrow h > 16,25 \text{ cm}$

Se resolverá mediante **zapata rígida de 50 cm de canto**, siendo las dimensiones definitivas de la zapata:

$$1 \times 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

-3.2.1.2_ Comprobación geotécnica

Conocidas las dimensiones de la zapata, se van a determinar las solicitaciones que se transmiten al terreno:

- Peso propio de la cimentación: $N_z = a \times b \times h \times \gamma_{hor} = 1 \times 1 \times 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ KN/m}$
- Peso del terreno: $N_t = a \times b \times h \times \gamma_t = 1 \times 1 \times 0,5 \times 18 = 9 \text{ KN/m}$

Por tanto, el axil total resultante será:

$$N_{total} = N_p + N_z + N_t = 24,18 + 12,5 + 9 = 45,68 \text{ KN/m}$$

De acuerdo con la ley de Navier (admitido un comportamiento lineal del terreno), se obtienen las presiones del terreno:

$$\sigma = \frac{N_{total}}{a \cdot b} \pm \frac{6 \cdot (M + V \cdot h)}{a^2 \cdot b} = \frac{45,68}{1 \cdot 1} \pm \frac{6 \cdot (6,89 + 3,45 \cdot 0,5)}{1^2 \cdot 1} = 45,68 \pm 51,69$$

$$\sigma_1 = 97,37 \text{ kN/m}^2 \leq 1,25 \sigma_{adm} = 125 \text{ kN/m}^2 \quad \text{CUMPLE} \quad 1 \times 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

-3.2.1.3_ Dimensionado a flexión

_Tensiones de cálculo

Las solicitaciones de cálculo son las siguientes:

$$N_d = Y_{f,G} \cdot N_G + Y_{f,Q} \cdot N_Q = 1,35 \cdot 23,10 + 1,50 \cdot 1,08 = 32,80 \text{ kN/m}$$

$$V_d = Y_{f,G} \cdot V_G + Y_{f,Q} \cdot V_Q = 0 \cdot 0 + 1,50 \cdot 3,45 = 5,17 \text{ kN/m}$$

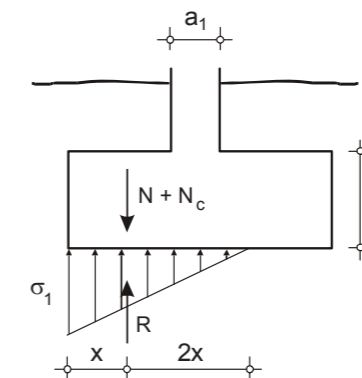
$$M_d = Y_{f,G} \cdot M_G + Y_{f,Q} \cdot M_Q = 0 \cdot 0 + 1,50 \cdot 6,89 = 10,33 \text{ kNm/m}$$

$$\sigma = \frac{N_{d,total}}{a \cdot b} \pm \frac{6 \cdot (M_d + V_d \cdot h)}{a^2 \cdot b} = \frac{32,80}{1 \cdot 1} \pm \frac{6 \cdot (10,33 + 5,17 \cdot 0,5)}{1^2 \cdot 1} = 32,80 \pm 77,49$$

$$\sigma_{1d} = 110,29 \text{ kN/m}^2$$

$\sigma_{2d} = -44,69 \text{ kN/m}^2$ La zapata está traccionada por lo tanto la situación no es real pues el terreno no puede absorber esfuerzos de tracción.

La distribución de presiones es triangular, la resultante R está situada a una distancia x del borde de la zapata



Flexión

Adoptando el model propuesto por la EHE (método de bielas y tirantes) se tiene:

La excentricidad de la carga: $e = M_d / N_d = 10,33 / 32,80 = 0,31 \text{ m}$

-Por otro lado, la resultante R_{1d} es igual a: $R_{1d} = 32,80 \text{ kN/m}$
 $x = 0,5 - 0,31 = 0,19$

$$\sigma = \frac{2 \cdot R}{3 \cdot b \cdot x} = \frac{2 \cdot 32,80}{3 \cdot 1 \cdot 0,19} = 115,08 \text{ kN/m}^2 < 1,25 \cdot \sigma_{adm}$$

a) Capacidad mecánica de cálculo:

Conocida R_{1d} la armadura principal debe resistir una fuerza de tracción T_d igual a:

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} (x_1 - 0,25 \cdot a_1)$$

Siendo: $r_{mec} = r_{neto} + 1,5 \cdot \emptyset = 70 + 1,5 \cdot 16 = 94 \text{ mm}$
 $d = h - r_{mec} = 500 - 94 = 406 \text{ mm}$

$$T_d = \frac{32,80}{0,85 \cdot 0,40} (0,31 - 0,25 \cdot 0,35) = 21,46 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = U_{s,cal}$$

b) Limitación geométrica:

Según la EHE la limitación geométrica en el caso del acero 500 es :

$$U_{s,geom} = \rho \cdot A_c \cdot f_{yd} = \frac{0,9}{1000} (1000 \cdot 500) \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 180 \text{ kN/m} > U_{s,cal}$$

c) Limitación mecánica:

Sólo se ha de tener en cuenta si la capacidad mecánica de armadura de tracción cumple:

$$U_{s,cal} \leq 0,04 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h$$

$$x = 0,04 \cdot \frac{25}{1,5} \cdot 1000 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 333,33 \text{ kN/m} > U_{s,geom}$$

Así pues, si **tendremos en cuenta esta limitación**

d) Disposición de las armaduras:

En definitiva, al ser el valor de la limitación mecánica mayor que la de cálculo, la armadura que hay que disponer ha de tener una capacidad mecánica mínima $U_s = 333,33 \text{ kN/m}$

-Optamos por armar la zapata con barras de $\emptyset 16$:

$$U_{s\emptyset 16} = \pi \cdot \left(\frac{16}{2}\right)^2 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 80,424 \text{ kN}$$

-El número de barras será:

$$n = \frac{T_{d,(mecanica)}}{U_{s\emptyset 16}} = \frac{333,33}{80,424} = 4,14 = 5 \emptyset 16 \text{ cada metro}$$

-Dado que el recubrimiento mínimo neto lateral ha de ser de 70 mm, la separación entre barras es:

$$s = \frac{a - 2r_{neto} - 2 \cdot \frac{\emptyset}{2}}{n_{barras} - 1} = \frac{100 - 2 \cdot 7 - 2 \cdot 0,8}{5 - 1} = 21,1 \text{ cm}$$

-3.2.1.4 Anclaje de las armaduras longitudinales

El anclaje de la armadura longitudinal debe realizarse a partir de los extremos de la celosía virtual, es decir, a partir del punto de aplicación de la resultante R_{1d}

Hay que calcular el espacio disponible hasta el extremo de la zapata, ya que en función de él se decidirá la tipología de anclaje conveniente.

El espacio disponible para anclar la armadura es:

$$L = (v + 0,5 \cdot a_1) - x_1 - r_{neto} = (32,5 + 0,5 \cdot 35) - 31 - 7 = 12 \text{ cm}$$

A partir de la sección de referencia x_1 la armadura debe prolongarse una distancia igual a la longitud básica neta de anclaje $l_{b,neto}$

$$l_{b,neto} = \beta \frac{U_{s,nec}}{U_{s,real}} \cdot l_b$$

$$l_{bI,\emptyset 16} = m \cdot \emptyset^2 = 15 \cdot 1,6^2 = 38,4 \text{ cm}; l_{bI,\emptyset 16} = \frac{f_{yk}}{20} \cdot \emptyset = \frac{500}{20} \cdot 1,6 = 40 \text{ cm}$$

$$l_{red} = 10 \cdot \emptyset = 16 \text{ cm}$$

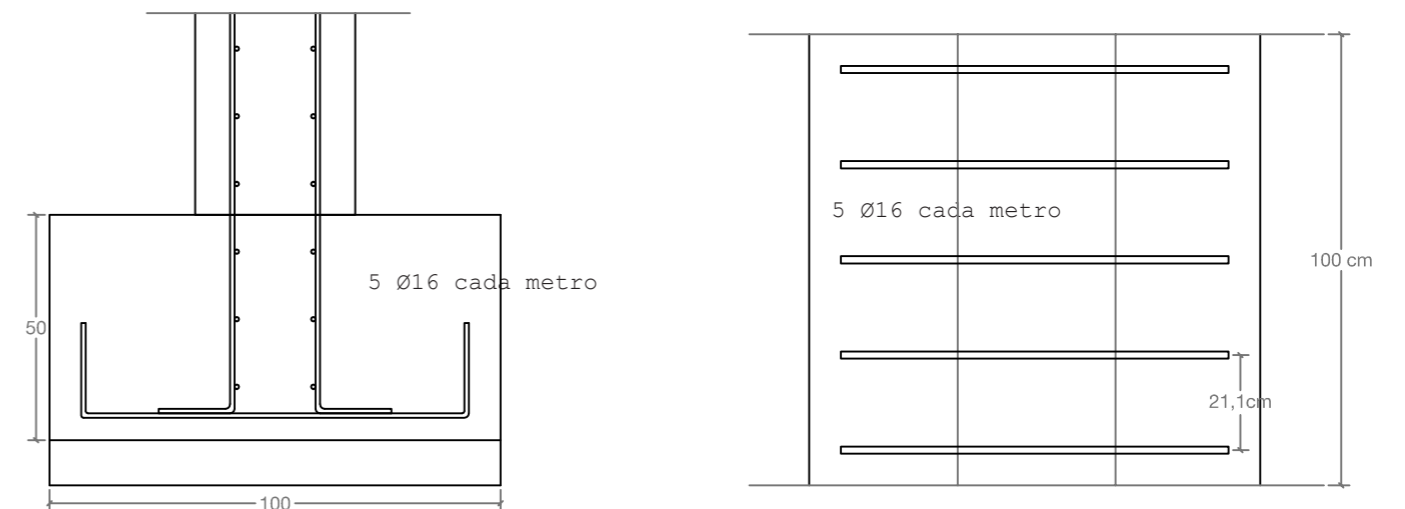
$$l_{b,neto} = 1 \cdot \frac{333,33}{402,1} \cdot 40 = 33,15 \text{ cm}$$

$$l_{b,neto} = 33,15 \text{ cm} > 12 \text{ cm} = L$$

La longitud de anclaje necesaria es mayor que el espacio disponible, por tanto no podemos realizar el anclaje en prolongación recta, tenemos que decidir la forma de **realizar el anclaje:**

$l_{b,neto} < L$	-Prolongación recta:	No cumple
$0,7 \cdot l_{b,neto} < L$	-Patilla normalizada:	No cumple
$0,7 \cdot l_{b,neto} > L$	-Prolongación vertical sobre patilla:	Cumple

-3.2.1.5 Esquema de armado



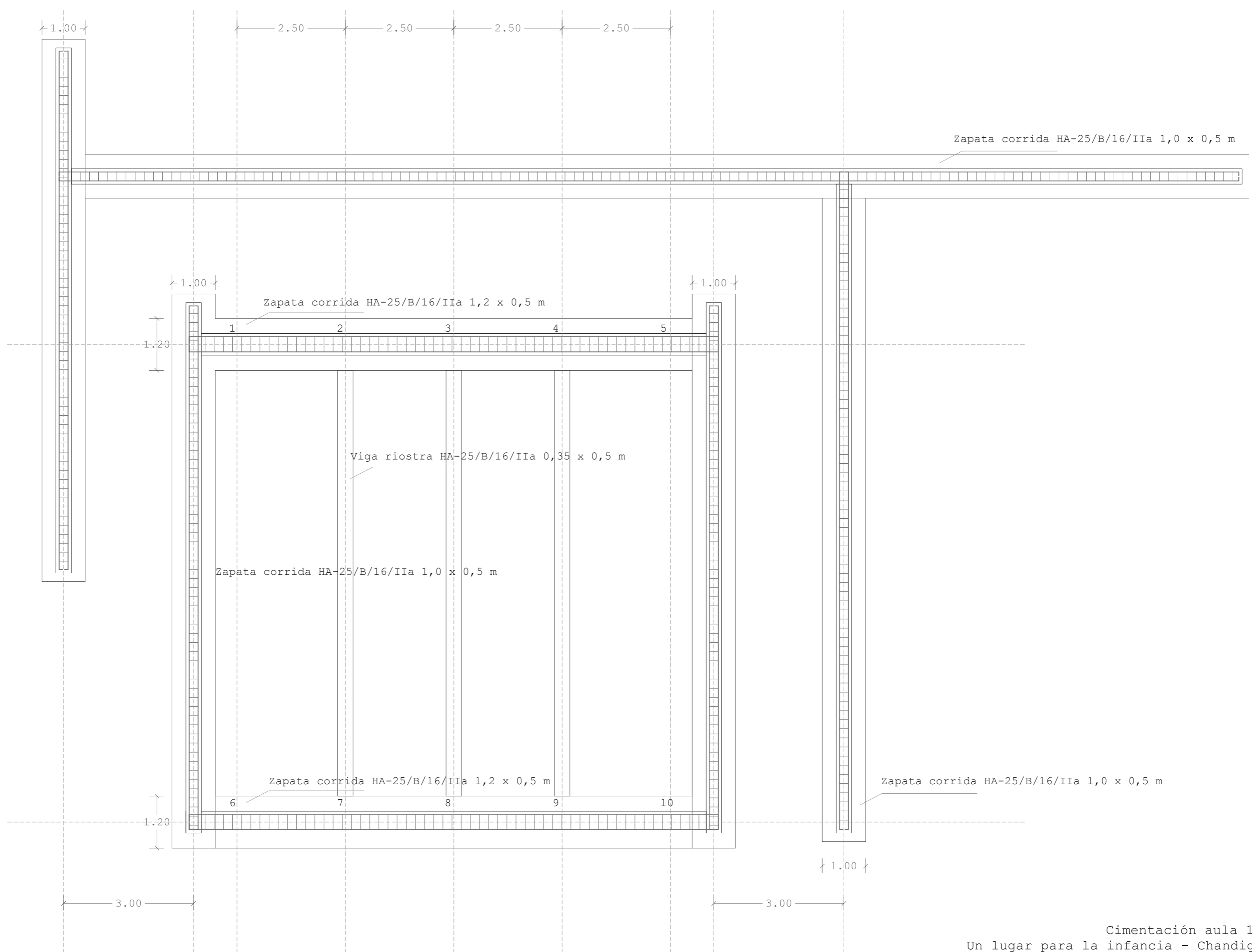
4. PLANOS

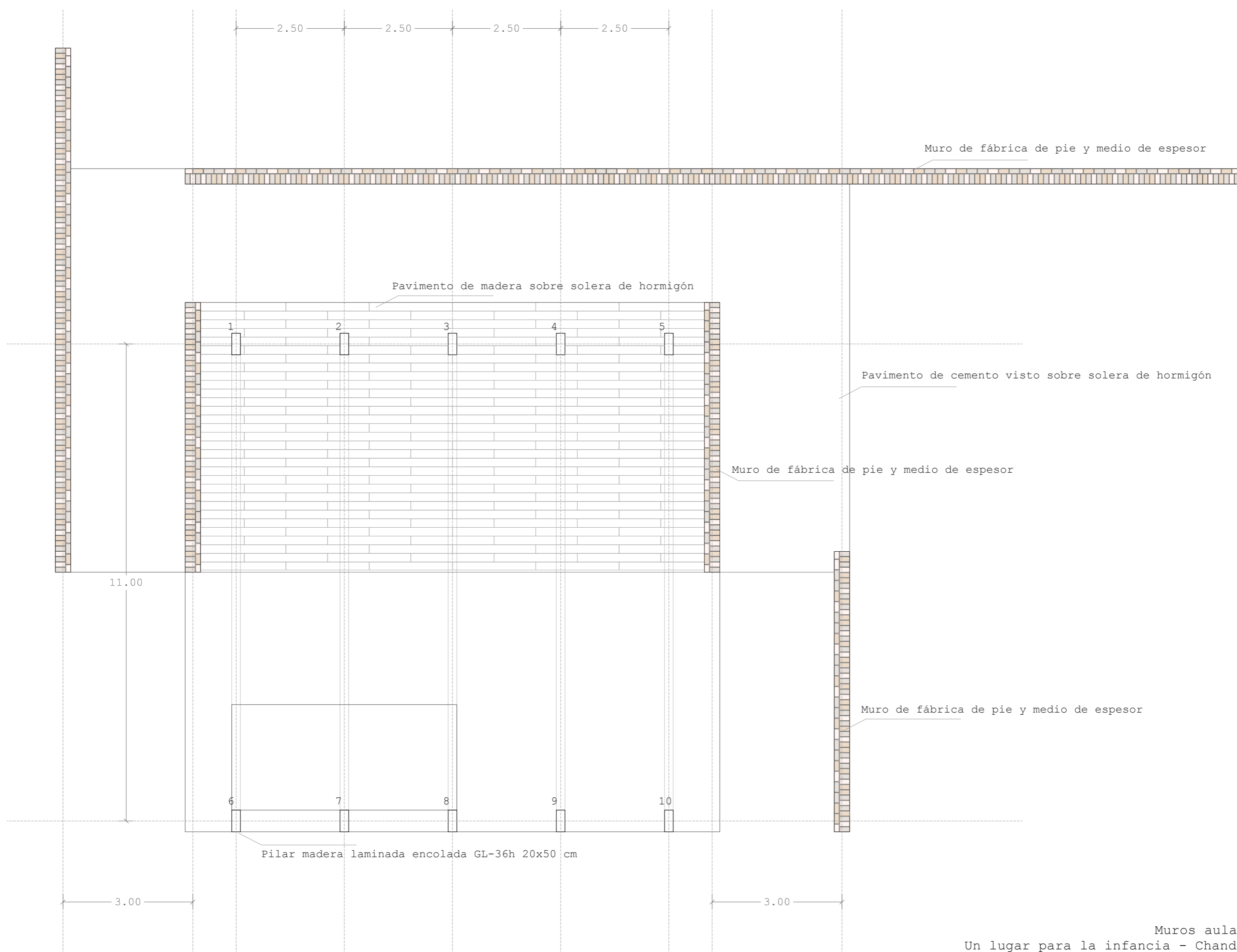
4.1- Planos aula

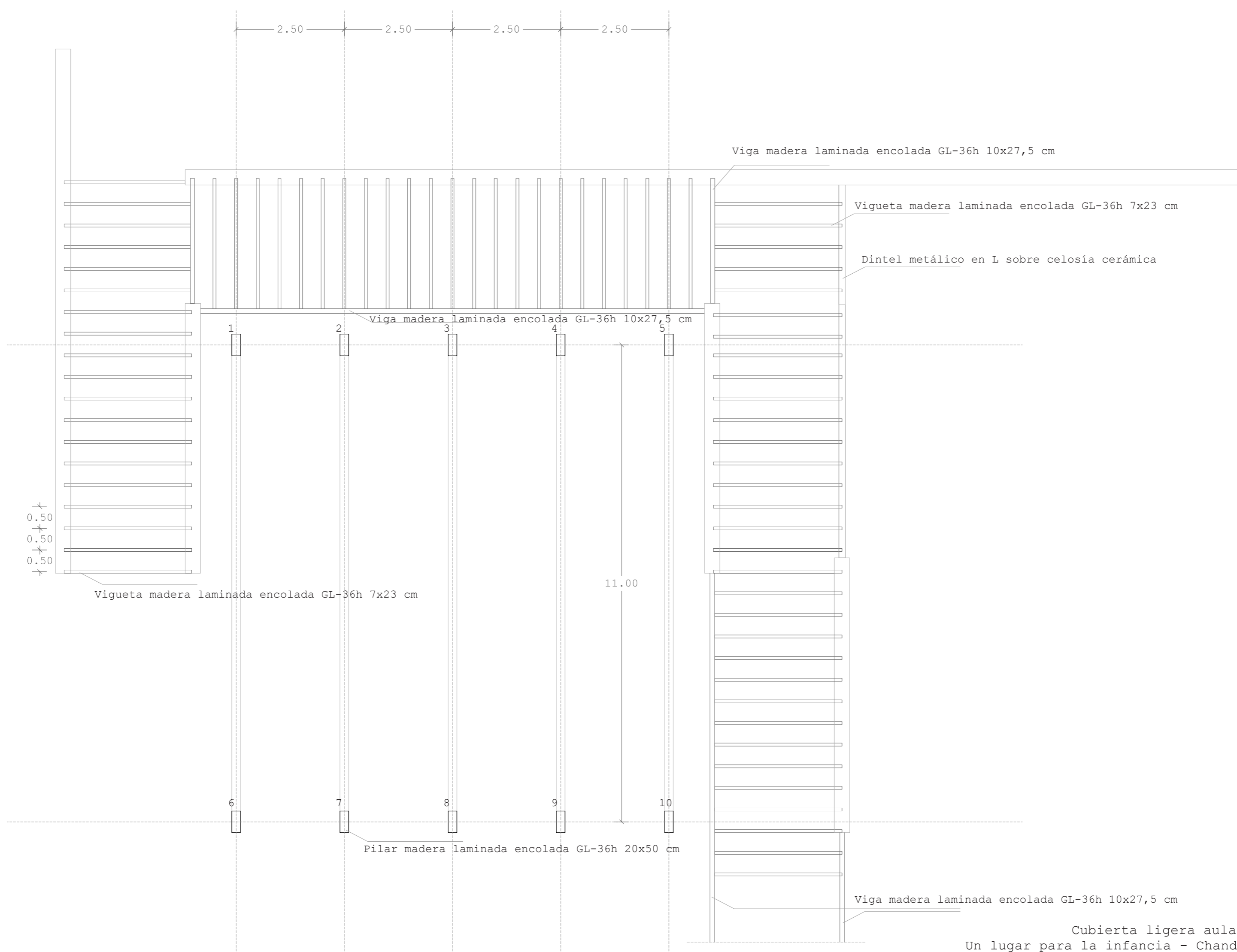
- 4.1.1- Cimentación 1/75
- 4.1.2- Muros 1/75
- 4.1.3- Cubierta ligera 1/75
- 4.1.4- Cubierta principal 1/75
- 4.1.5- Sección 1/75

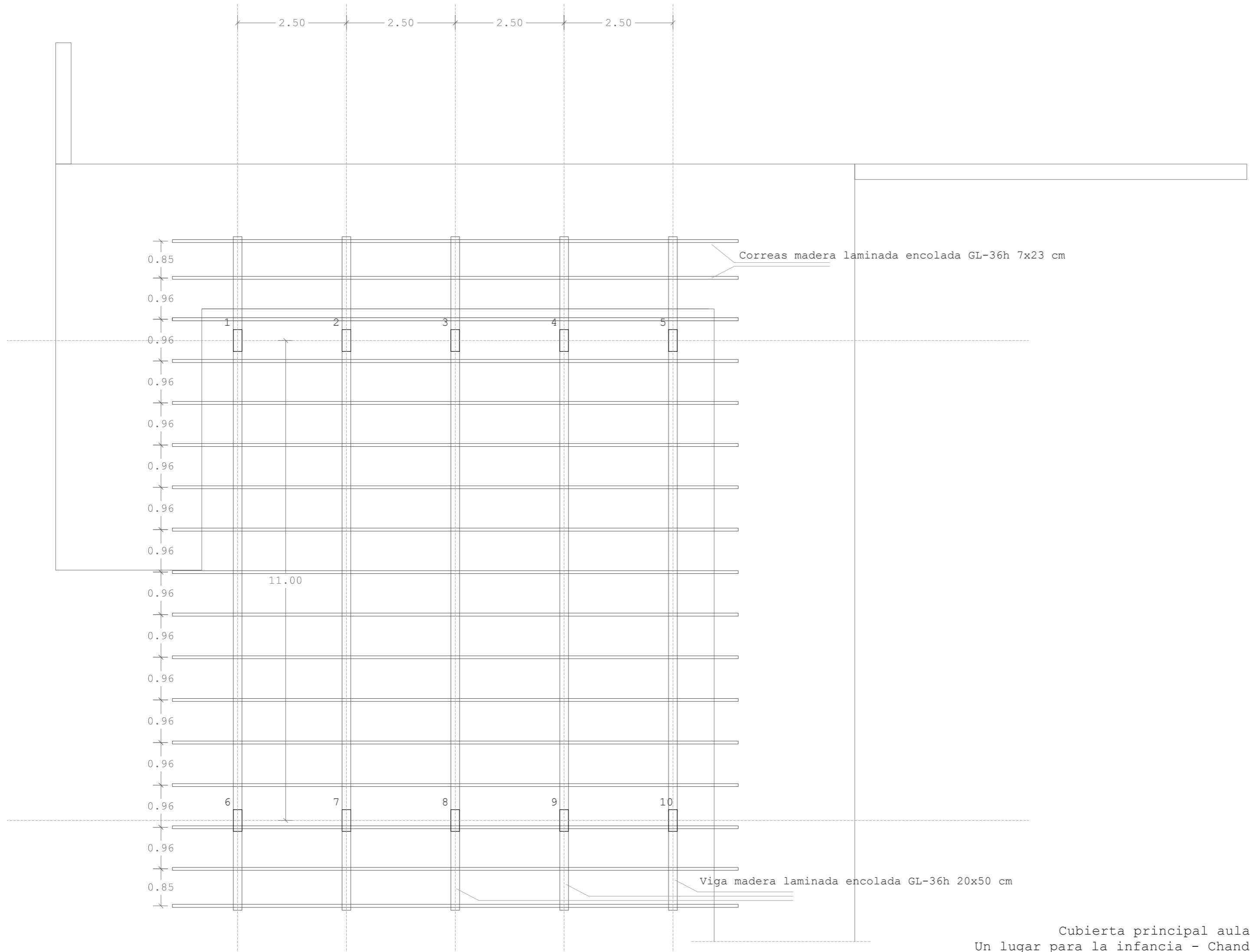
4.2- Planos comedor

- 4.2.1- Cimentación 1/100
- 4.2.2- Muros 1/100
- 4.2.3- Cubierta ligera 1/100
- 4.2.4- Cubierta principal 1/100
- 4.2.5- Sección 1/75



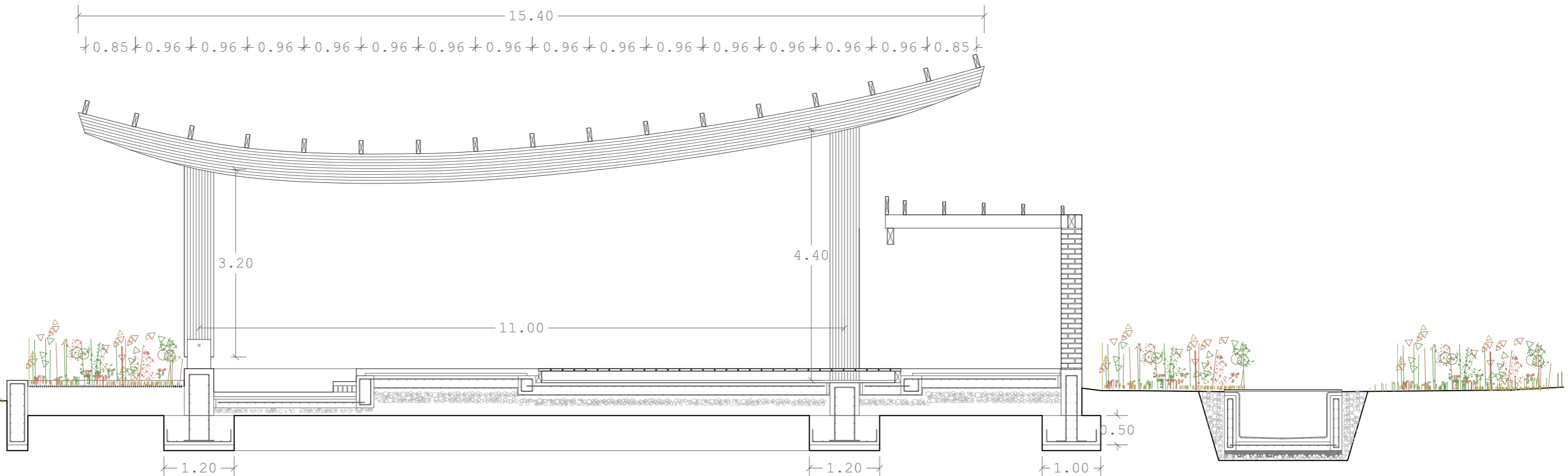




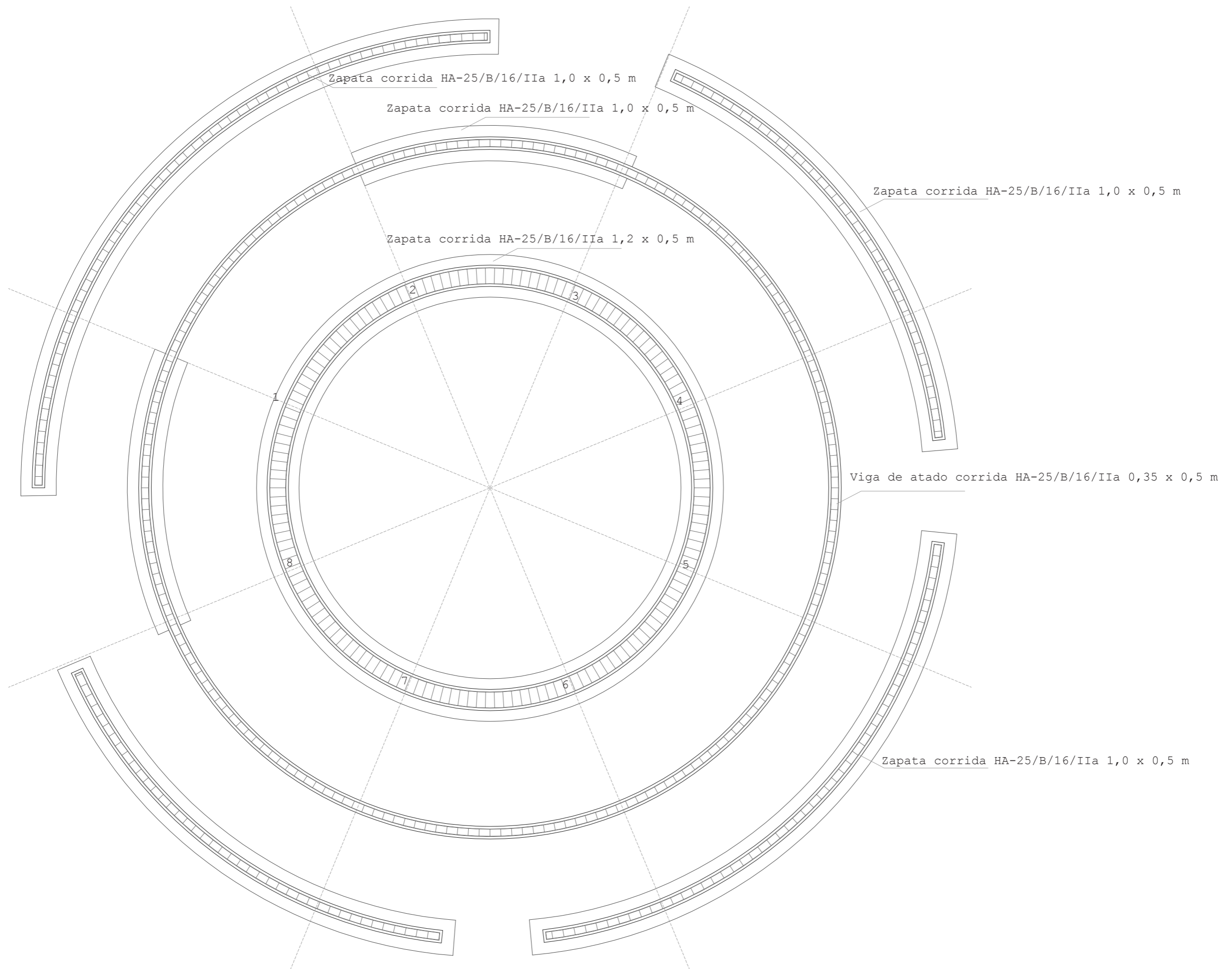


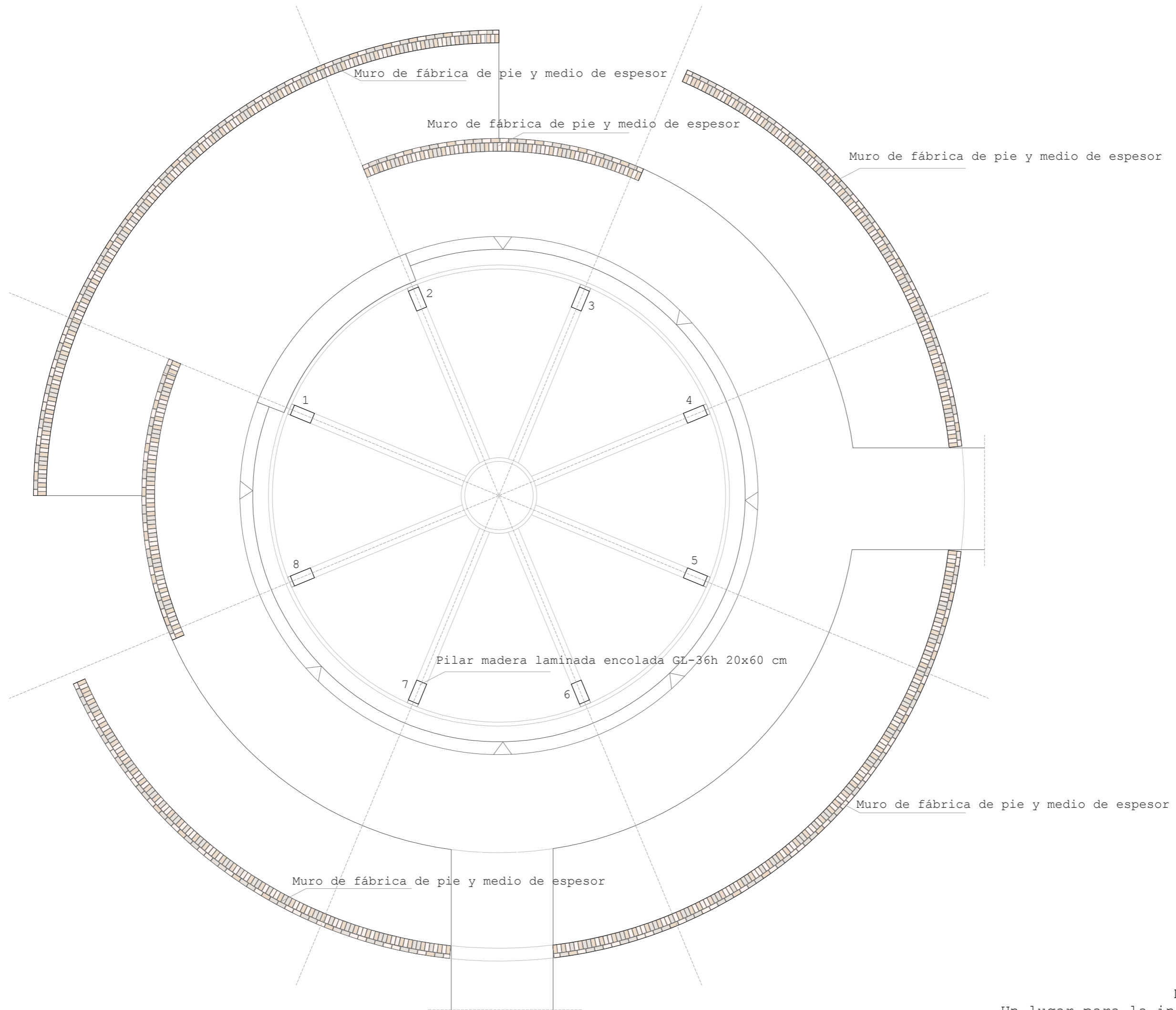
Correas madera laminada encolada GL-36h 7x23 cm

Viga madera laminada encolada GL-36h 20x50 cm



Sección aula 1/75
 Un lugar para la infancia - Chandigarh



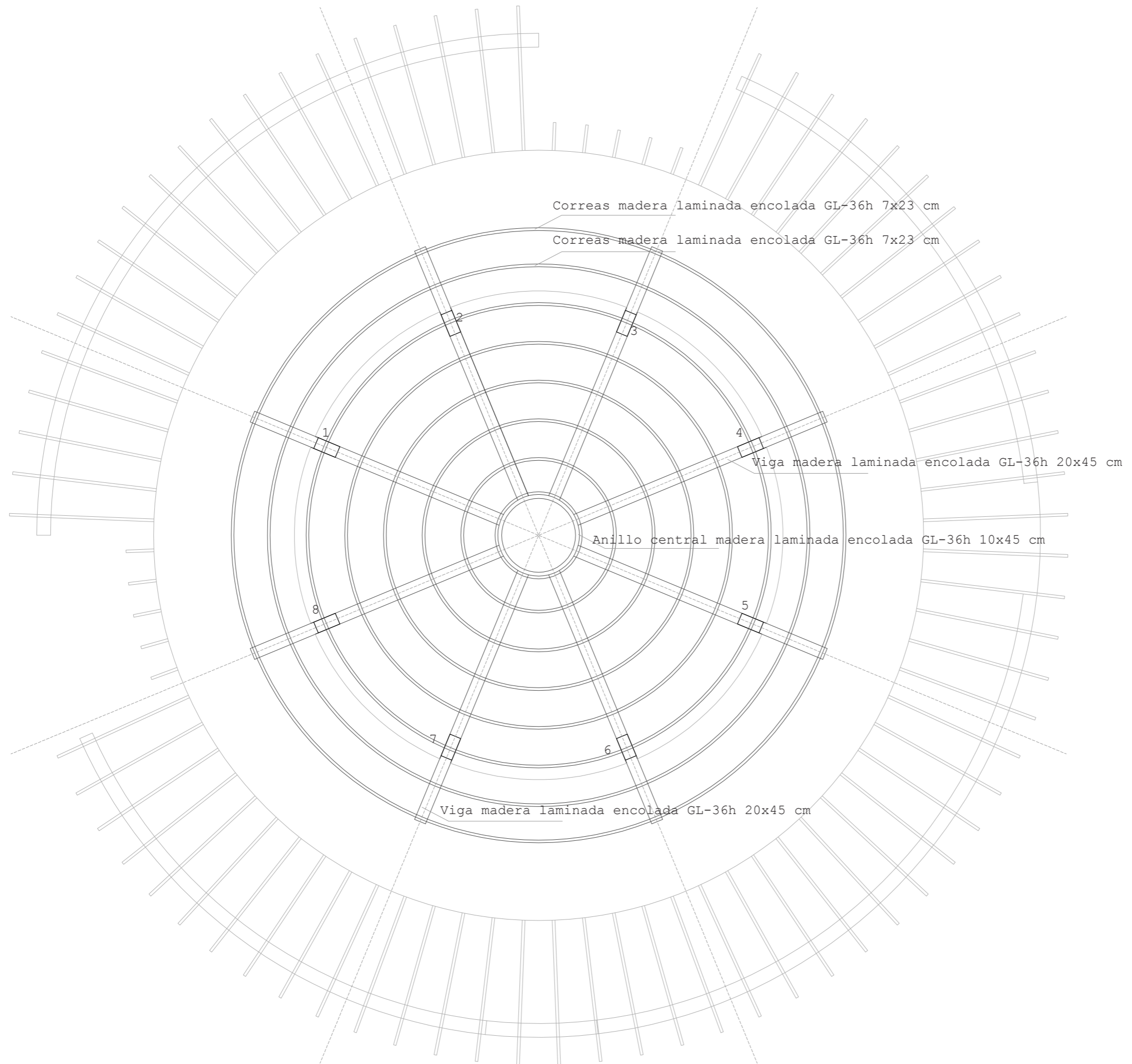


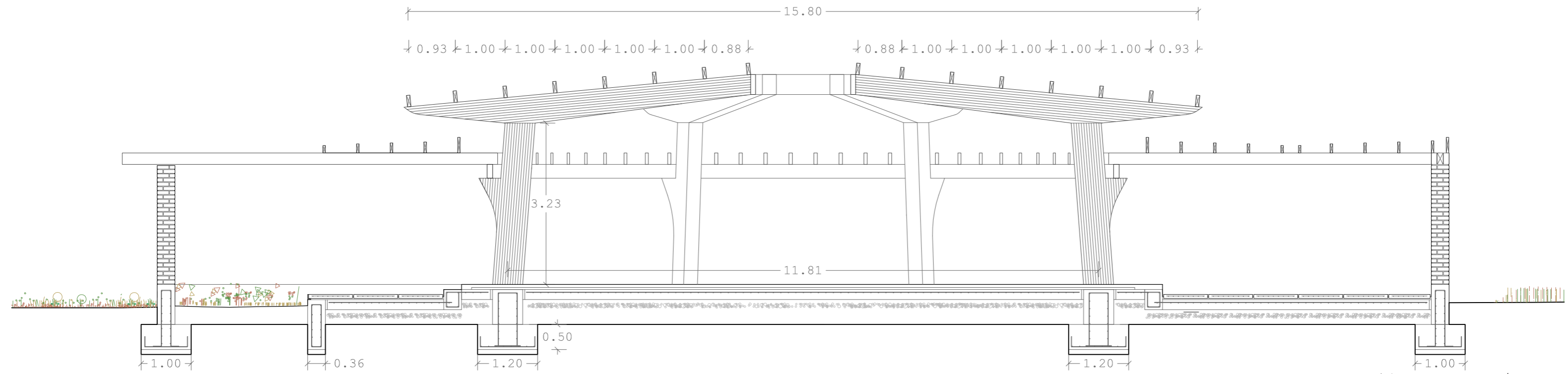


Vigueta madera laminada encolada GL-36h 7x23 cm

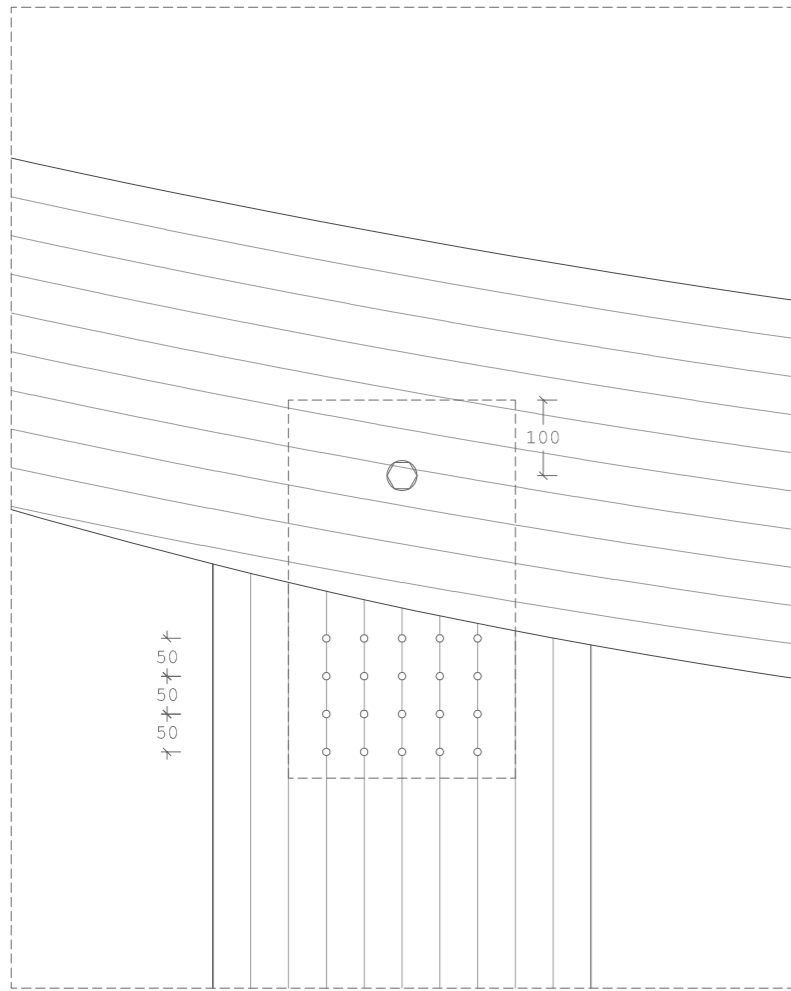
Viga madera laminada encolada GL-36h 10x27,5 cm

Viga madera laminada encolada GL-36h 10x27,5 cm

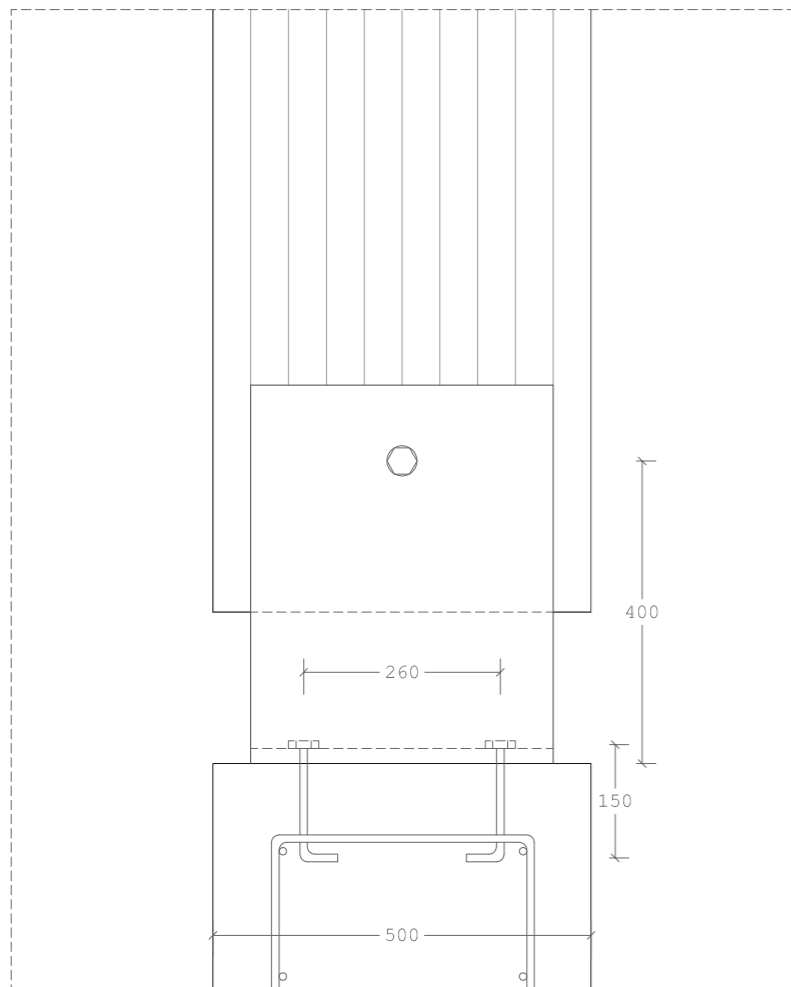
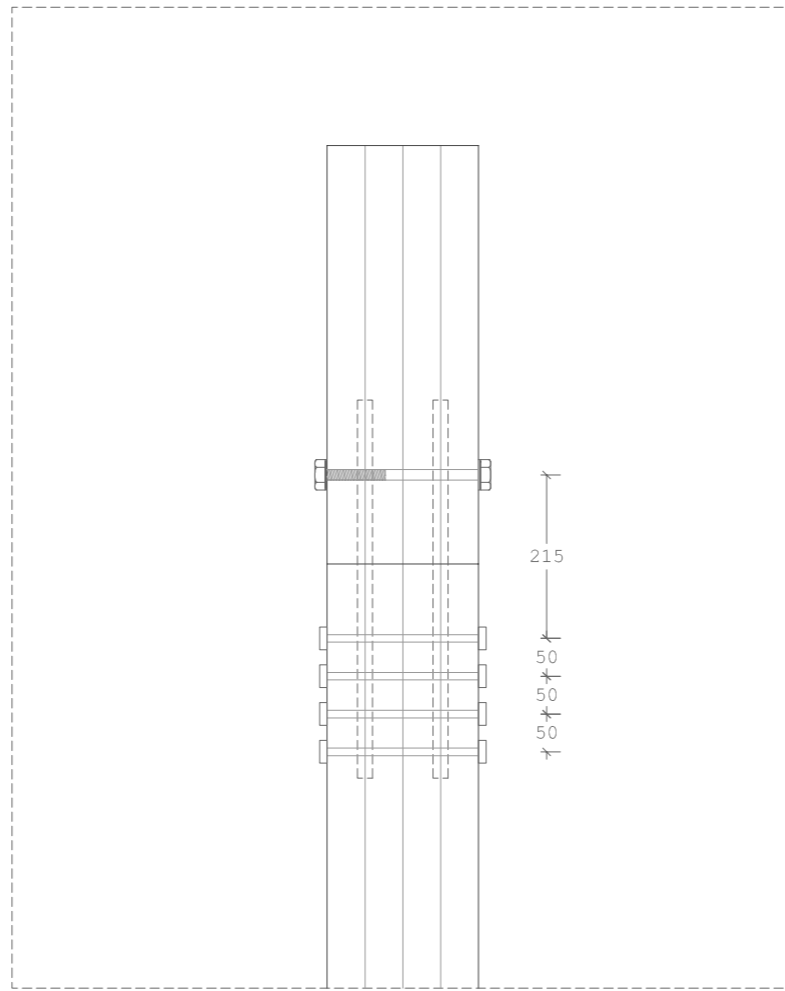




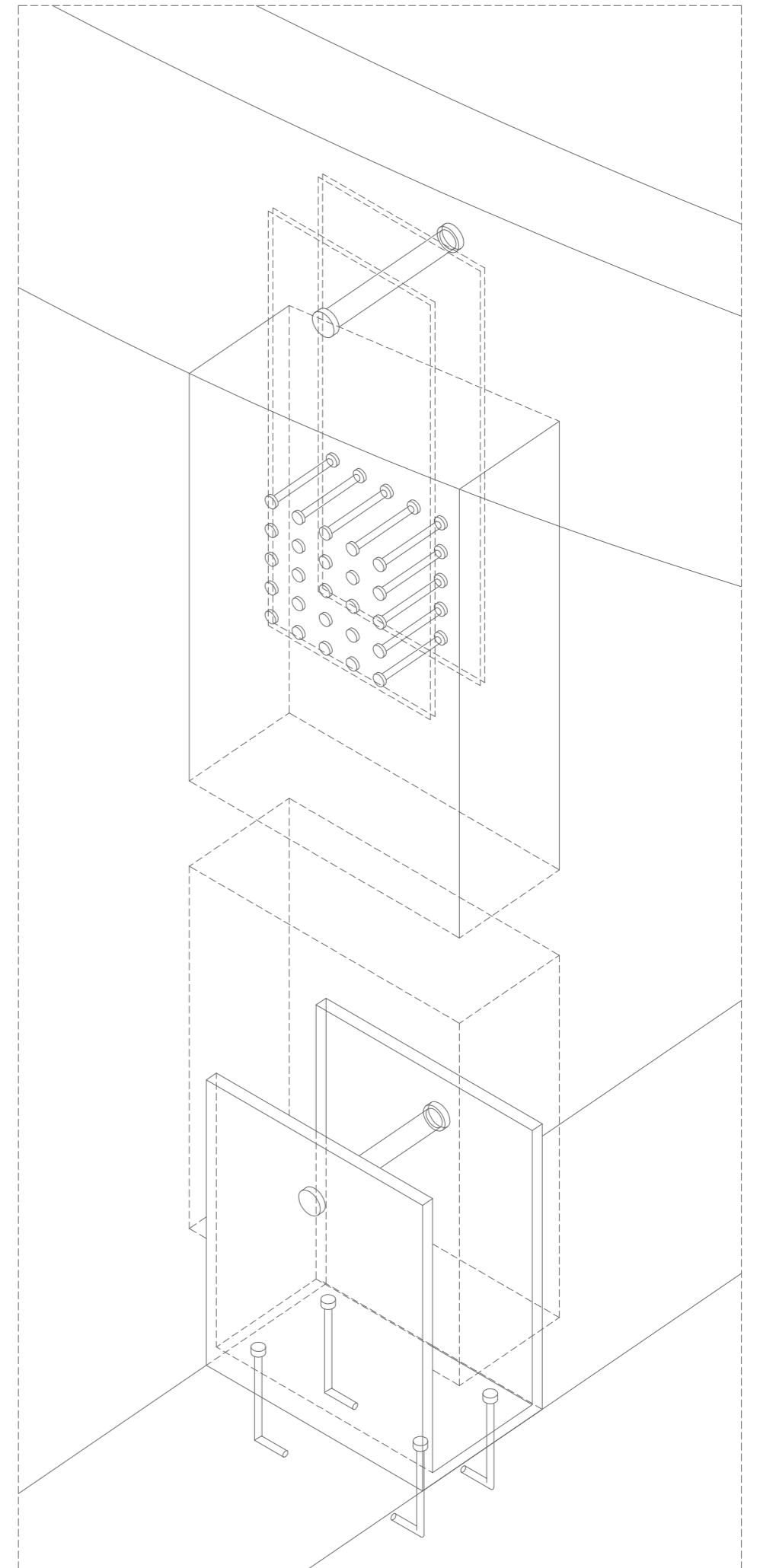
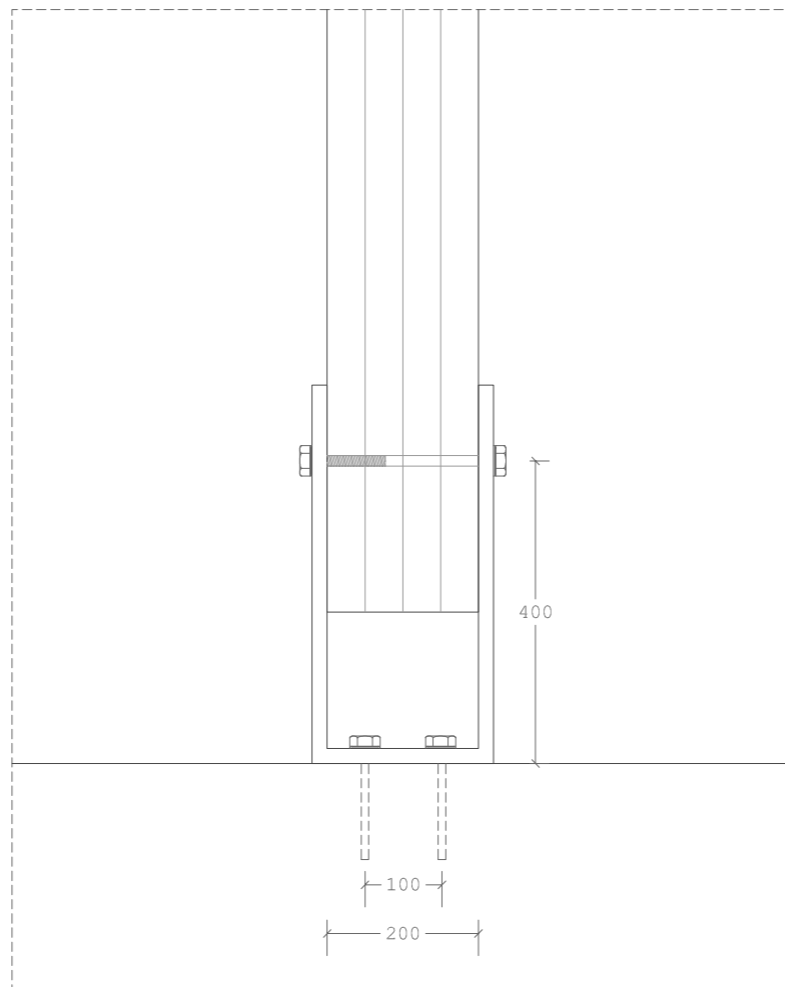
Sección comedor 1/75
 Un lugar para la infancia - Chandigarh



Apoyo articulado viga - pilar



Apoyo articulado pilar - cimentación





INSTALACIONES

1_ Suministro de Agua Fría y Agua Caliente Sanitaria CTE DB-HS4

- 1.1- Descripción general de la instalación de Agua Fría
- 1.2- Descripción de los elementos que componen la instalación de Agua Fría
- 1.3- Descripción general de la instalación de Agua Caliente Sanitaria
- 1.4- Descripción de los elementos que componen la instalación de ACS
- 1.5- Planos de la red propuesta

2_ Evacuación de Aguas Pluviales y Residuales

- 2.1- Descripción general del sistema
- 2.2- Aguas Residuales
- 2.3- Aguas Pluviales
- 2.4- Planos de la red propuesta

3_ Electrotécnia ITC-BT

- 3.1- Descripción de los elementos que componen la instalación
- 3.2- Estimación de la potencia total instalada
- 3.3- Materiales y consideraciones constructivas
- 3.4- Sistemas de protección
- 3.5- Planos de la red propuesta

4_ Luminotécnia

- 4.1- Iluminación artificial de los espacios
- 4.2- Iluminación natural de los espacios

5_ Seguridad en caso de incendio CTE DB-SI

- 5.1- Propagación interior
- 5.2- Propagación exterior
- 5.3- Evacuación de los ocupantes
- 5.4- Instalaciones de protección contra incendios

El tendido de las instalaciones se convierte de nuevo, y al igual que la estructura, en una parte fundamental del proyecto. Es por ello que se ha tratado de hacer que las instalaciones formen parte de la arquitectura y su diseño desde un primer momento.

Trataremos de que los elementos creados en el proyecto permitan guiar el diseño de las instalaciones, realmente este diseño cobra sentido desde el momento en el que la cubierta funciona como una instalación en sí misma, recogiendo el agua de lluvia y canalizándola, o el camino cubierto de acceso a las aulas sirve de soporte a las instalaciones que discurren hasta ellas.

Hablamos de unas instalaciones básicas compuestas por agua fría y agua caliente sanitaria, electricidad y luminotecnia, y donde la evacuación de aguas pluviales va a adquirir un carácter importante creando un pequeño ciclo del agua, desde su recogida y canalización, hasta devolverla a su origen en la naturaleza, el arroyo.

1. SUMINISTRO DE AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE SANITARIA CTE DB-HS4

1.1- Descripción general de la instalación de Agua Fría

El esquema de la instalación es de red con un único contador general y está compuesto por las siguientes partes:

-Acometida:

La acometida es la derivación desde la red de distribución general de agua del sector hacia el edificio. La red de distribución general discurre por la vía V4 que atraviesa el sector perpendicular al Leisure Valley. El trazado de la acometida hasta el edificio se realizará de forma subterránea.

-Instalación interior general:

Formada por el contador general

-Derivaciones:

Conjunto de conductos verticales y horizontales que abastecen las tomas de agua. Desde la instalación interior general salen tres derivaciones, una para el edificio de acceso, otra para el comedor y una última para la zona de aulas. Posteriormente, en cada uno de los espacios interiores las derivaciones particulares llevan el agua hasta el mueble de instalaciones dispuesto en cada uno de estos espacios.

Los espacios que requieren suministro de AF son la cocina y los conjuntos de aseos y lavabos en cada uno de los espacios interiores, tanto para consumo como para higiene.

1.2- Descripción de los elementos que componen la instalación de Agua Fría

-Acometida:

Enlaza la red general de distribución del sector con la instalación interior general del edificio. Ya que el edificio es de nueva planta, se construye la acometida en la anteriormente mencionada vía V4 que da acceso a la escuela.

-Instalación interior general:

El contador se aloja en un armario situado en la sala de instalaciones en el edificio del comedor. Estará dotado de iluminación eléctrica y desagüe. En esta hornacina también se colocará:

- Llave de corte general
- Válvula de retención que impida que el agua pueda retornar desde el edificio a la red general.
- Llave de comprobación
- Llave de salida, que da paso al tubo de alimentación

No resulta necesaria la instalación de un grupo de presión, ya que al encontrarse la escuela construida en planta baja, la presión suministrada por la red resulta suficiente para abastecer las tomas de agua de la derivación interior

-Derivaciones interiores:

Existen **tres derivaciones generales**, la primera proporciona el suministro al edificio del comedor, y parte directamente desde la sala de instalaciones. La segunda permite el suministro a la zona de las aulas y discurre de forma enterrada hasta llegar al recorrido cubierto que da acceso a las aulas, colgándose de la estructura que soporta esta cubierta y discurre según este recorrido. Por último, la tercera derivación permite el suministro al edificio de acceso y aula polivalente, se entierra y cruza el río colgada de la estructura del puente, para posteriormente enterrarse de nuevo hasta llegar a dicho edificio.

Las **derivaciones particulares** se producen en cada uno de los espacios interiores desde la derivación general exterior que discurre por el camino cubierto hasta los núcleos de instalaciones en el armario dispuesto para ello en el aula. En cada local húmedo se dispone una llave de corte que reuna todos los aparatos.

Las **derivaciones de los aparatos** parten de este citado núcleo de instalaciones de cada uno de los espacios.

1.3- Descripción general de la instalación de Agua Caliente Sanitaria

Debido a la gran distancia entre los puntos de utilización de agua caliente sanitaria y que el uso de ésta no se requiere en demasía, se opta por resolver el abastecimiento mediante unos acumuladores eléctricos en cada uno de los espacios interiores del conjunto del edificio.

-Sistema de acumulación y calentador:

Se encarga de almacenar agua fría que llega a través de las derivaciones de aparatos y calentarla mediante una resistencia eléctrica que posee en su interior. Se alojará en el armario de instalaciones de cada espacio interior.

-Derivaciones interiores:

El conjunto de conductos horizontales y verticales que se encargan de distribuir el agua caliente sanitaria hasta los puntos de uso, disponiéndose por el interior del hueco dispuesto para ello en el mueble donde se apoyan los lavabos.

Los aparatos que necesitan abastecimiento de agua caliente sanitaria son los lavabos ubicados en las zonas de higiene de las aulas, así como la cocina del comedor.

1.4- Descripción de los elementos que componen la instalación de ACS

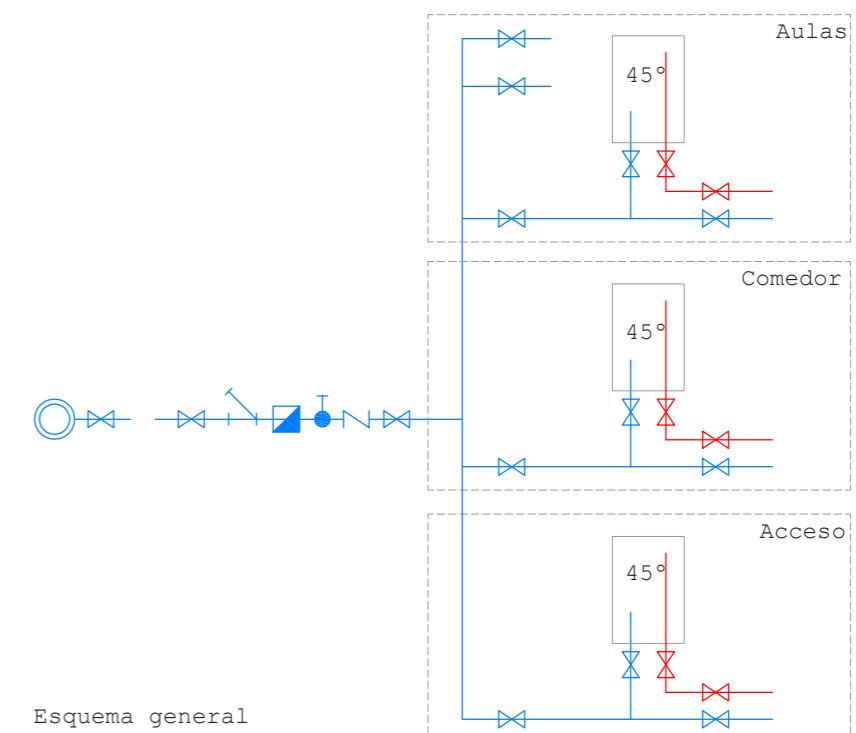
-Sistema de acumulación y calentador:

Mediante un sistema de acumulación y calentador eléctrico de la compañía Apex Ultra Electricals Private Limited, model DULUX de 15 litros se abastece el consumo de agua caliente sanitaria en cada uno de los espacios interiores del edificio. El agua fría entra en el acumulador y mediante una resistencia eléctrica en el centro del aparato calienta el agua hasta una temperatura adecuada, lista para el momento de la demanda.











El calentador se ubica en un armario en el mueble de instalaciones, dicho armario dispone de una toma de corriente para la conexión del aparato. El calentador dispone de entrada de agua fría y válvula de tres vías para garantizar siempre una temperatura del agua a la salida adecuada.

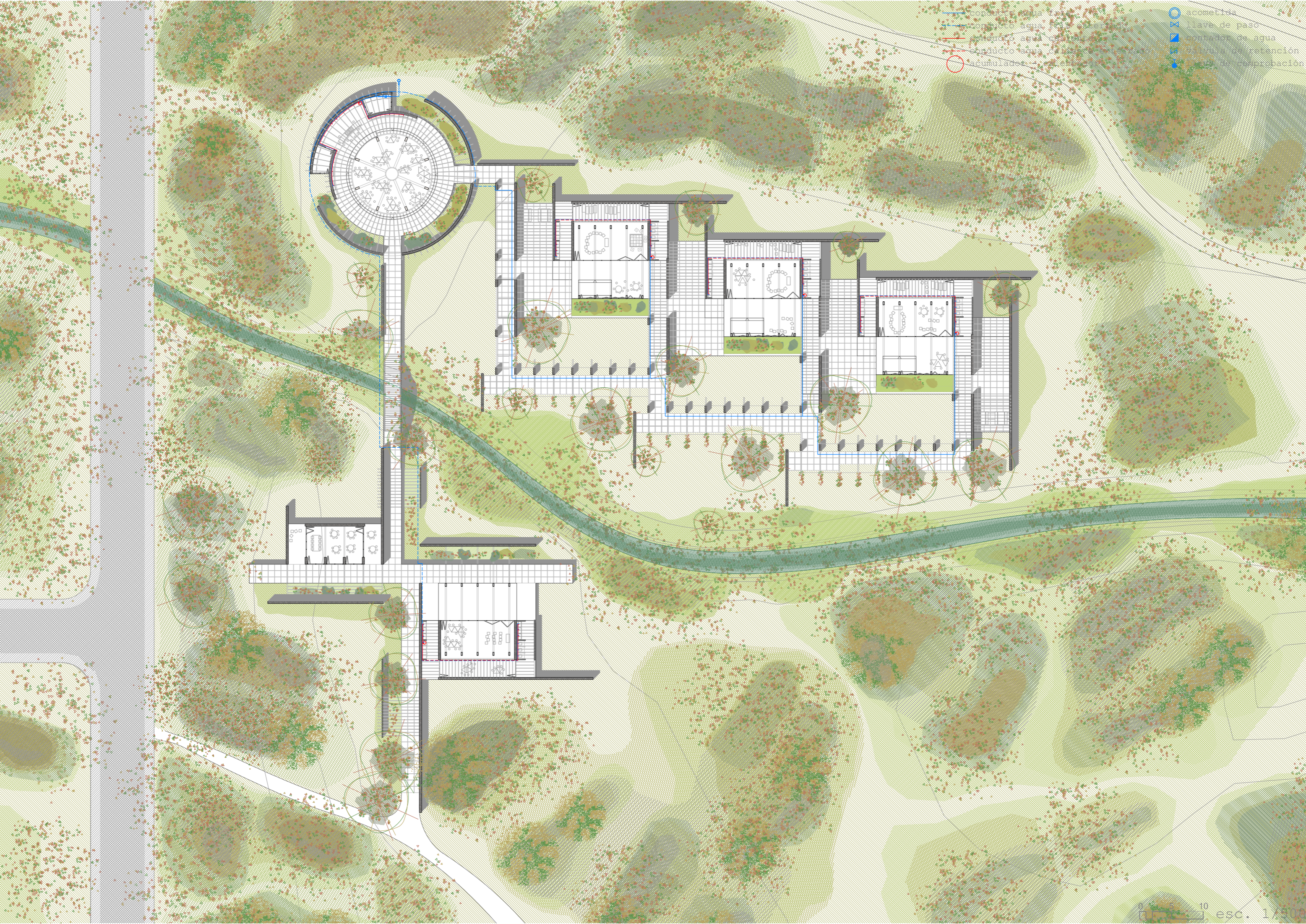
-Derivaciones interiores:






Desde el calentador eléctrico sale una única derivación particular (horizontal) que discurre por el interior del mueble donde se construyen los lavabos, y conduce así el agua caliente hasta los puntos de uso.

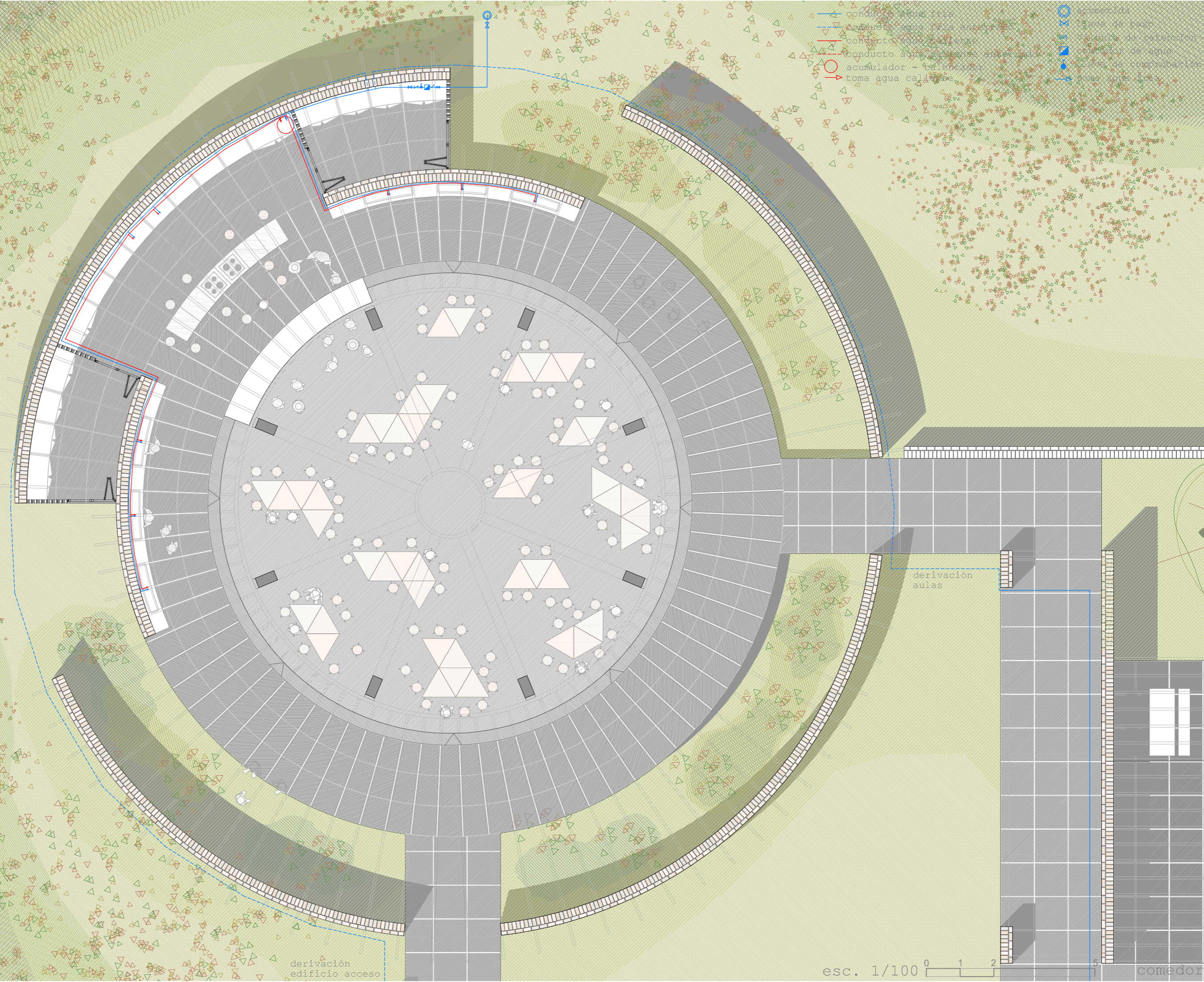


Esquema general

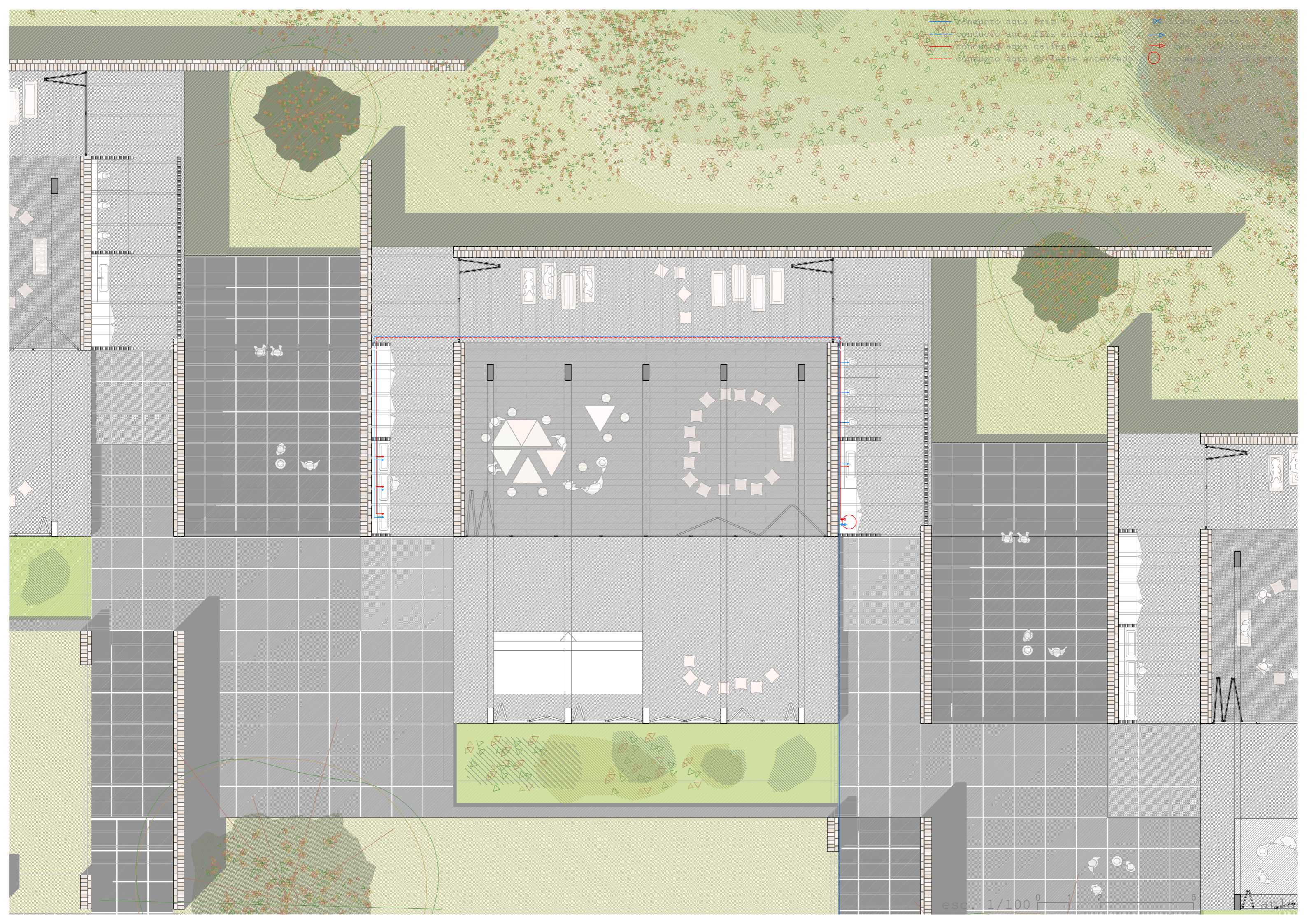
-  conducto agua fría
-  conducto agua caliente
-  depósito agua caliente
-  conducto agua caliente
-  acumulador
-  acometida
-  clave de paso
-  contador de agua
-  cámara de retención
-  cámara comprobación



-  conductor agua fría
-  conductor agua caliente
-  conductor agua caliente
-  acumulador - balneario
-  toma agua caliente



Condotto acqua fria
Condotto acqua fria interrato
Condotto acqua calda
Condotto acqua calda interrato



2. EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y RESIDUALES

2.1- Descripción general del sistema

Se proyecta un sistema separativo constituido por dos redes independientes para la evacuación de aguas pluviales y residuales. Este sistema se ha de emplear siempre, tanto si existe una única red de alcantarillado público, como si dispone de dos redes distintas. Independientemente de su obligado cumplimiento, el sistema separativo permite una mejor adecuación a un proceso posterior de tratamiento y depuración de las aguas, así como el dimensionado más estricto de cada conducción.

El sistema conecta la red de evacuación de aguas residuales a la red de alcantarillado de la ciudad, mientras que la red de aguas pluviales permite la canalización del agua de lluvia hacia el arroyo. Además, no hay que tener sólo en cuenta el hecho de que las cubiertas recogen el agua de lluvia, sino que el terreno puede formar posibles escorrentías de agua en dirección hacia el arroyo durante la estación del monzón. De esta manera se justifica la red de evacuación de aguas pluviales dispuesta en la fachada norte del proyecto, consistente en una gran "acequia" que recoge tanto las aguas que deslizan por el terreno, como la recogida en las cubiertas del proyecto, canalizándolas hasta el arroyo.

2.2- Aguas Residuales

La red de saneamiento se compone de los siguientes elementos:

1. Redes de pequeña evacuación, consistentes en los desagües y derivaciones de los aparatos sanitarios dispuestos en los locales húmedos. Han de cumplir una serie de exigencias:

- a. El trazado tendrá una pendiente entre el 2% y el 4% y la distancia máxima a la bajante será de 4m
- b. El desagüe de inodoros a las bajantes debe realizarse directamente o bien mediante un manguetón de acometida de longitud igual o menor a 1m.

2. Pequeños tramos de "bajante" en vertical a las que acometen las anteriores derivaciones (Hablamos de pequeños tramos ya que éstos salvarán únicamente la diferencia de altura entre la red de pequeña evacuación y los colectores horizontales que discurren enterrados)

3. Red de colectores horizontales enterrados, se encargan de conectar cada local húmedo con la red general que discurre hacia la conexión con la red de la ciudad, han de tener una pendiente mayor al 1%.

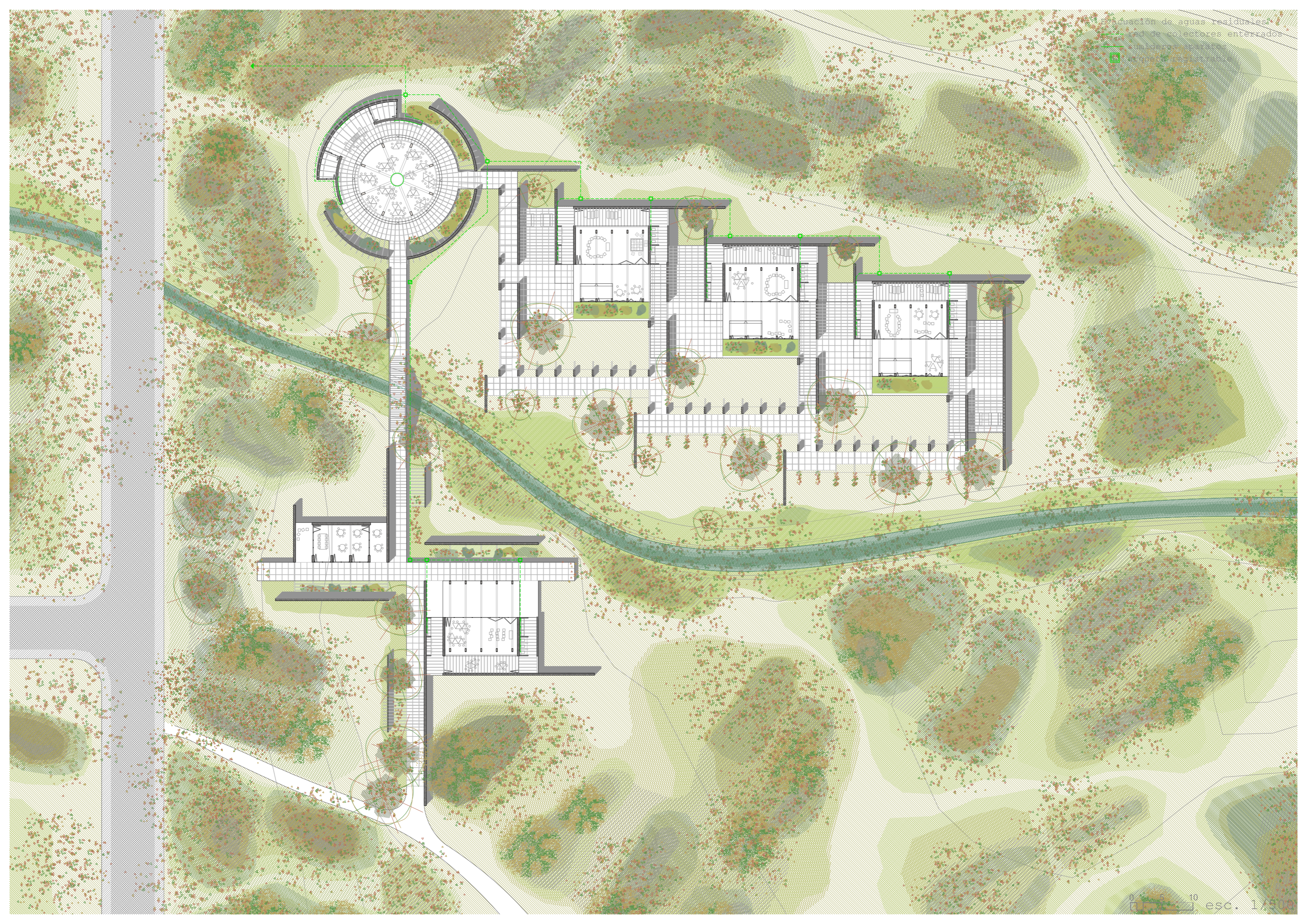
4. Arquetas registrables, se encuentran en los quiebros o puntos de unión de dos o más elementos de la red de colectores horizontales enterrados.

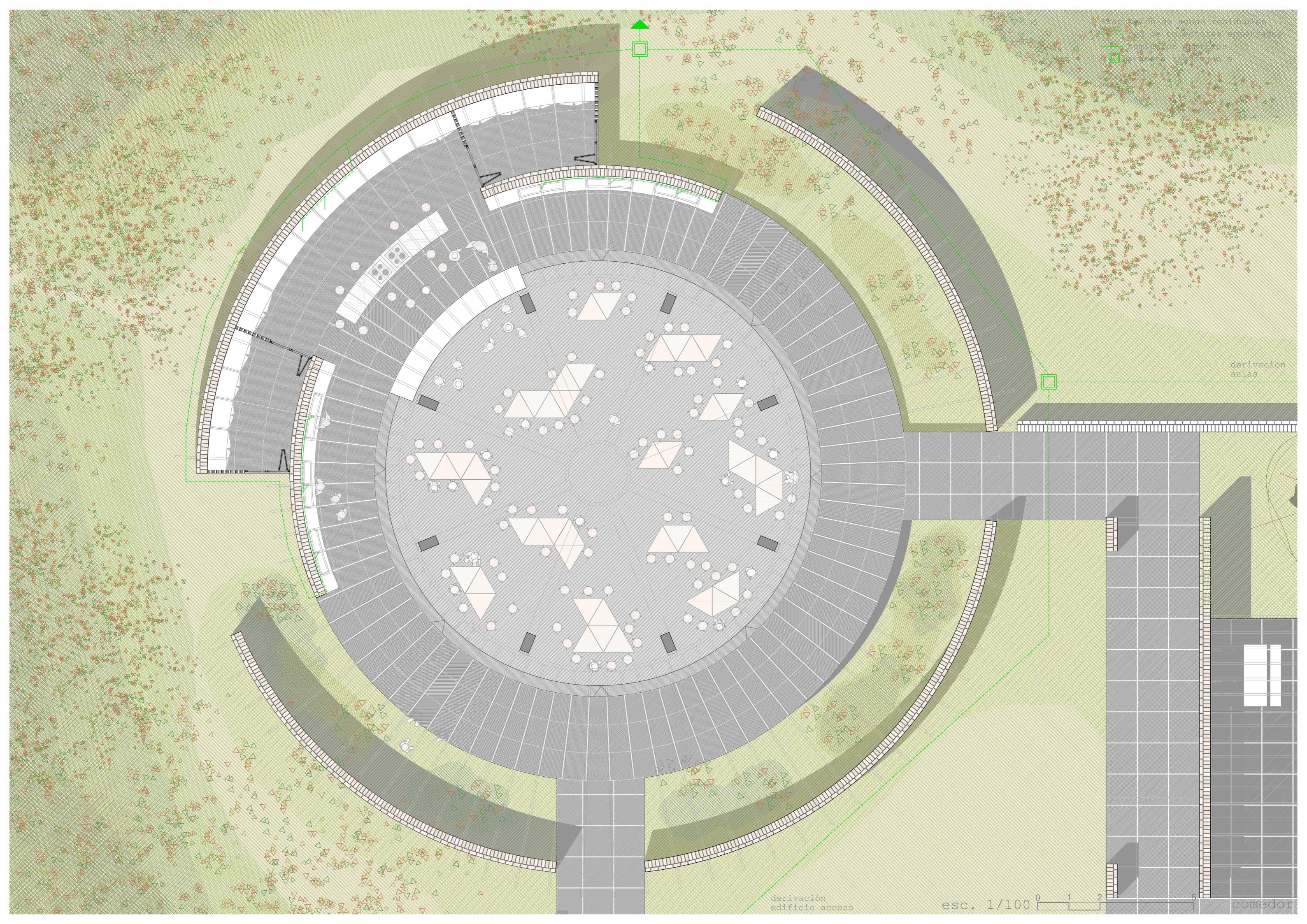
2.3- Aguas Pluviales

La evacuación de las aguas pluviales se convierte en un aspecto fundamental del proyecto, la red de recogida y evacuación del agua de lluvia se proyecta como un elemento importante en la arquitectura de la escuela.

De esta manera, la cubierta es el principal elemento que protege el edificio, recoge y canaliza el agua de lluvia que se vierte por los canalones y las gárgolas al terreno, donde desliza hacia la acequia antes mencionada que circula por la fachada norte y los límites exteriores del edificio. Este elemento se encarga de recoger tanto el agua proveniente de las cubiertas como aquella que llega de forma natural por las escorrentías hasta los límites del proyecto, canalizarla y dirigirla hacia el arroyo del Leisure Valley.

ubicación de aguas residuales
ubicación de colectores enterrados
ubicación de plantas
ubicación de tanques



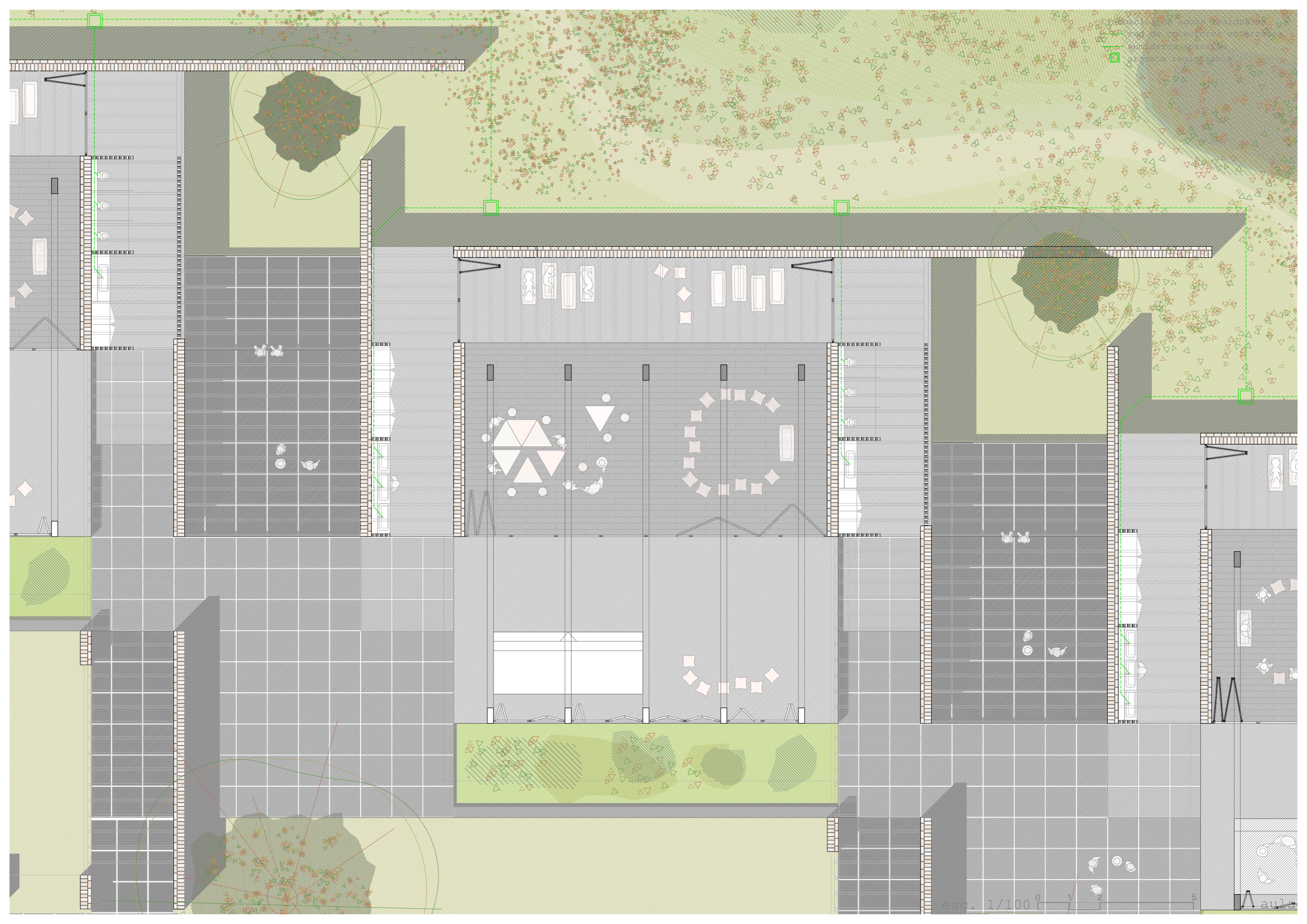


derivación
aulas

derivación
edificio acceso

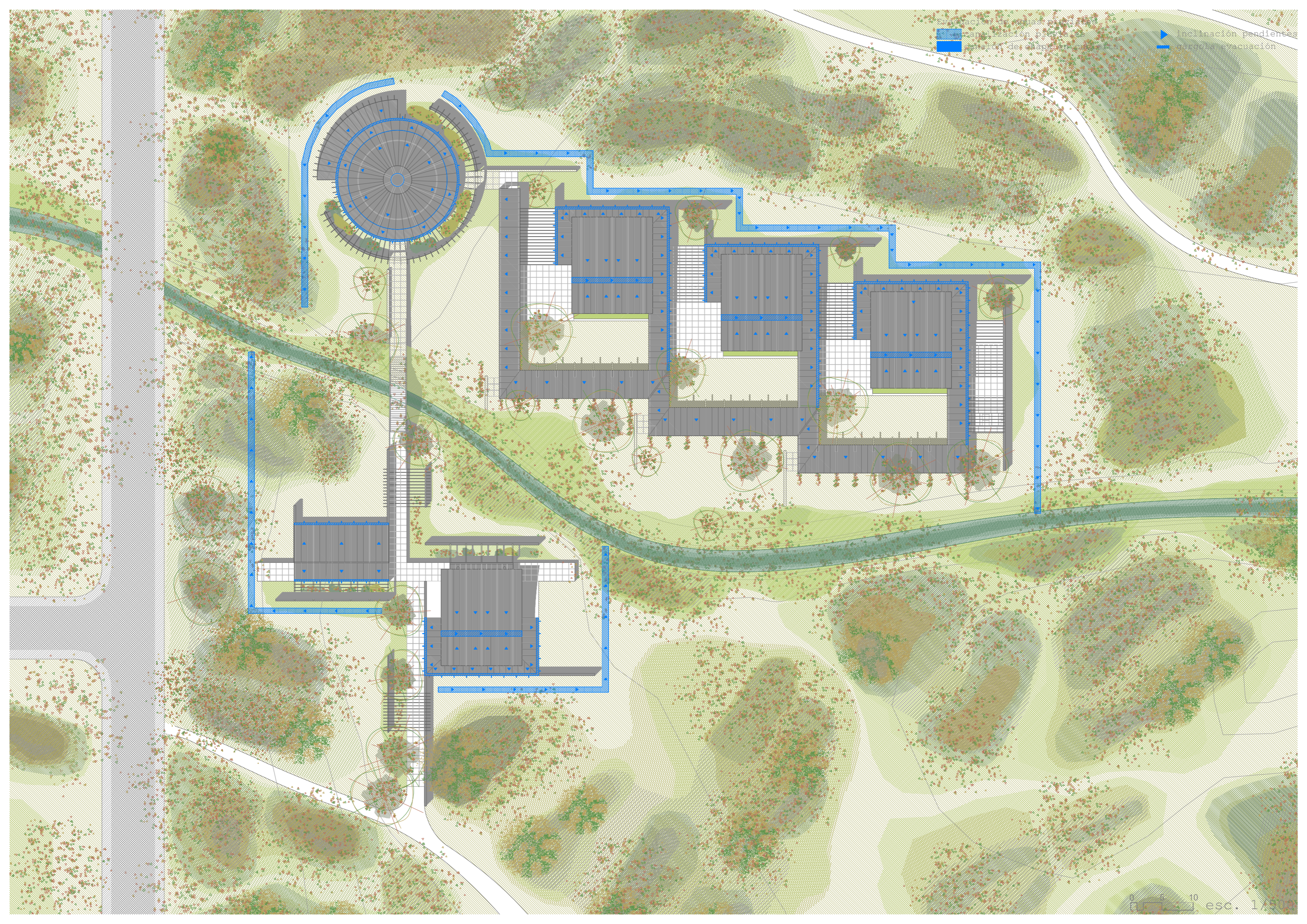
esc. 1/100 0 1 2 5

comedor



esc. 1/100 0 1 2 5

aula

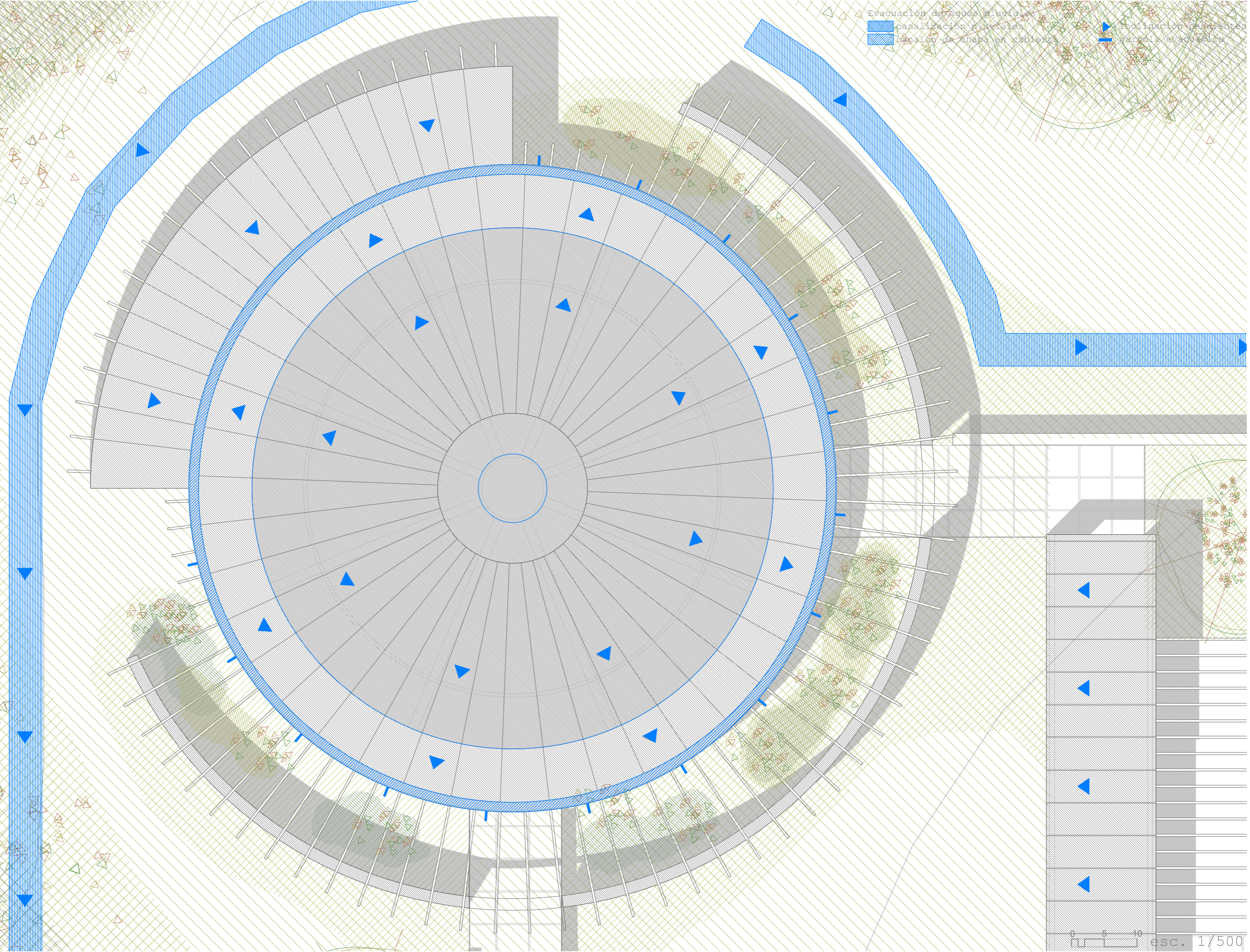


Elevación
Inclinación P.
Módulo de evacuación

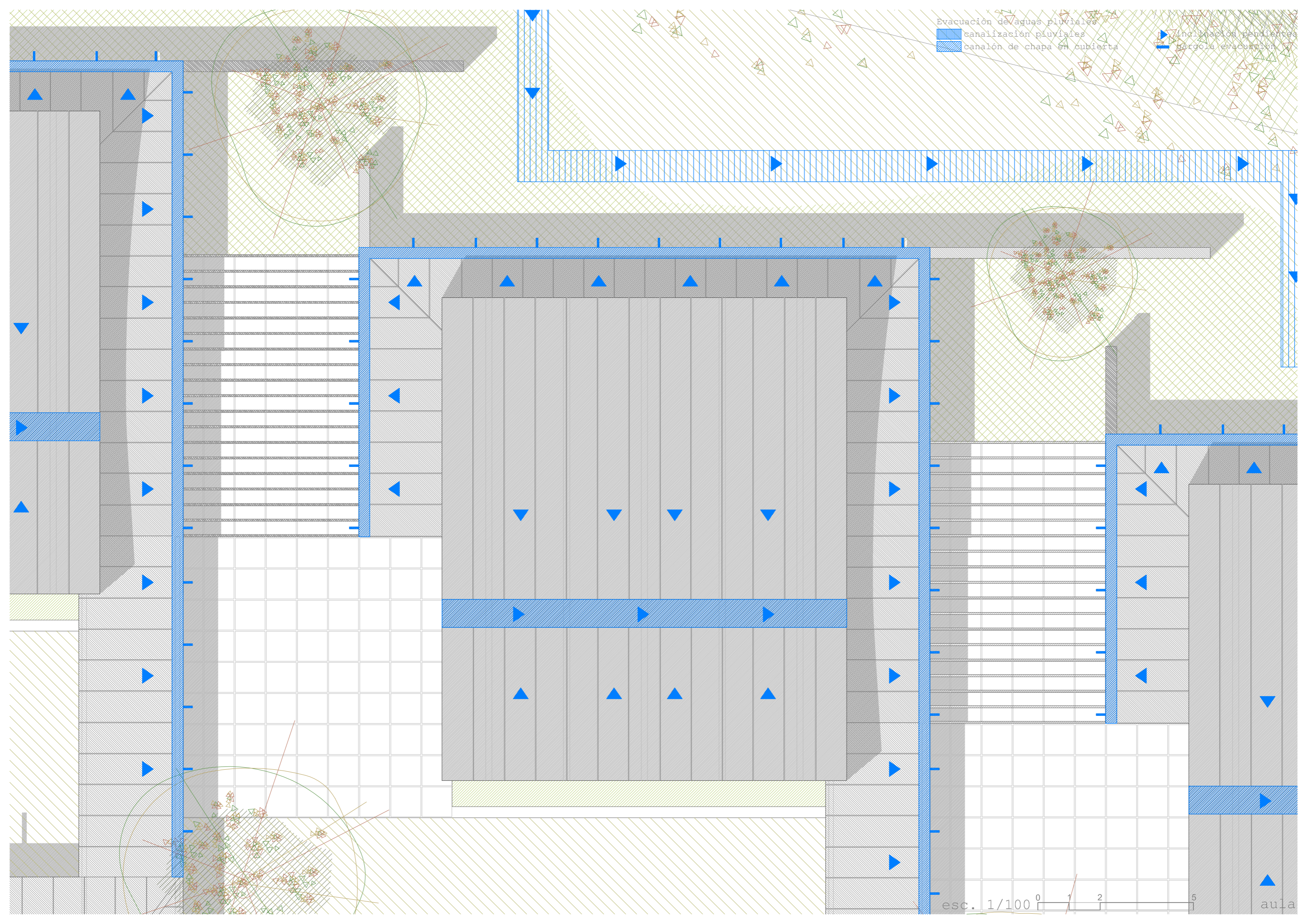
Inclinación pendientes
Módulo de evacuación

0 5 10 esc. 1/500

- △ Evacuación de aguas pluviales
- ▬ canalización pluviales
- ▬ canalón de abaje el ruido
- ▶ inclinación pendiente
- ▶ dirección evacuación



Evacuación de aguas pluviales
canalización pluviales
canalón de chapa en cubierta
línea de inclinación pendientes
gargola evacuación



esc. 1/100 0 1 2 5

aula

3. ELECTROTECNIA ITC-B

3.1- Descripción de los elementos que componen la instalación

1. Acometida:

Se entierra desde la vía V4 que discurre perpendicularmente al Leisure Valley y da acceso a la escuela, hasta la caja de Protección y Medida en el armario dispuesto en la sala de instalaciones en el edificio del comedor.

2. CGP + Contador:

Dado que solo hay un contador por tratarse de un único usuario, se decide colocar una Caja General de Protección y Medida, que lleva incorporado directamente el contador, ahorrando el tramo de LGA (línea general de alimentación). La CGPyM se sitúa en el armario de instalaciones eléctricas situado en la sala proyectada con tal fin en el edificio del comedor, con acceso para mantenimiento y medida. En nuestro caso se estima la potencia total de la escuela en unos 142,5 kW con corriente trifásica como se explica a continuación, lo que obliga a disponer fusibles en la Caja de Protección y medida de 400 A. No existen cajas de protección y medida (CPM) para intensidades tan elevadas, y se decide utilizar una CMT que es una **caja de Medida indirecta mediante transformadores de intensidad** para suministros trifásicos desde 198 hasta 495 kW.

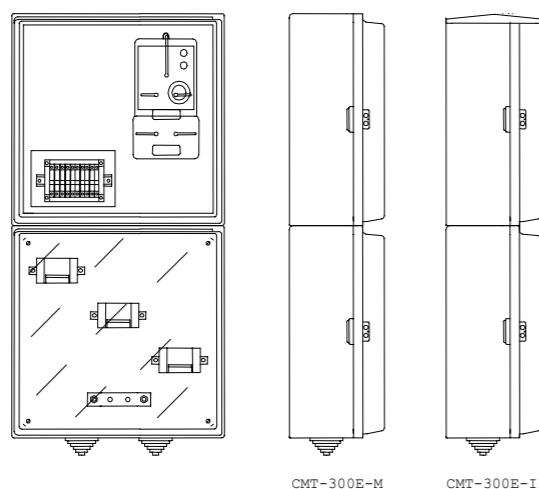


Figura 10: Cajas CMT-300E-M y CMT-300E-I

3. Cuadro general de baja tensión (CGBT):

Es un cuadro general de distribución que reúne todos los distintos cuadros generales de la escuela y sus circuitos. Dispondrá de interruptores generales y de protección, como se observa en el esquema unifilar. Situado en el armario de instalaciones eléctricas en la sala de instalaciones del comedor.

4. Derivaciones individuales:

A cada uno de los cuadros de distribución de los distintos recintos interiores de la escuela. Desde el edificio del comedor hasta el edificio de aulas se canalizan primero enterradas en su inicio, y más tarde colgadas de la estructura que cubre el recorrido que lleva a las aulas, de esta forma entran a los espacios interiores.

5. Cuadros de distribución de cada sección:

- Zona del comedor
- Cocina, ya que se trata de una zona con mucha potencia eléctrica instalada
- Zona de administración
- Sala de usos múltiples
- Espacio aula 1
- Espacio aula 2
- Espacio aula 3

Desde cada uno de estos cuadros saldrán varios circuitos, incluyendo siempre el de iluminación, alumbrado de emergencia y tomas de corriente.

6. Circuitos y conductos hasta cada aparato:

Desde el armario de instalaciones discurre una línea de toma de corriente para abastecer las tomas de corriente y los interruptores, la instalación se realiza por el hueco que queda libre en la solución constructiva de la cubierta de las zonas bajas, justo sobre la coronación del muro de ladrillo interior. De esta manera, rodea el espacio principal del aula y llega hasta los puntos necesarios, descendiendo verticalmente desde la cubierta a través del muro, por unas piezas de ladrillo especiales realizadas en obra con un hueco en su interior.

Por otro lado, la instalación que permite el alumbrado mediante las piezas de iluminación colgadas del techo, discurre también por este hueco de instalaciones en la cubierta y más tarde estos conductos son vistos hasta llegar a la luminaria.

3.2- Estimación de la potencia total instalada

Aunque se podría calcular exactamente la potencia instalada, realizamos una estimación que según el reglamento de baja tensión para edificios comerciales o públicos es de 100 W/m².

Con este dato, y sabiendo que la escuela tiene un total de 90 metros cuadrados en el edificio de administración, 260 metros cuadrados en el aula polivalente, 355 en el comedor y 720 metros cuadrados en el conjunto de las tres aulas, obtenemos una potencia de:

$$100 \times (90+260+355+240 \times 3) = 142,5 \text{ kW}$$

Como decía anteriormente, esto nos obliga a colocar una CPM de medida indirecta, porque no se pueden medir intensidades de corriente tan altas con una CPM habitual. Existen distintas CMT (Cajas de Medida indirecta mediante Transformadores de intensidad), según la intensidad total de la línea, para colocar distintos tipos de fusibles. Calcularemos la intensidad total de nuestra derivación principal, con los 142,5 kW de potencia trifásica, según la fórmula:

$$I = P / (3 \times V \times 0.9) = 142,5 / (3 \times 400 \times 0.9) = 228 \text{ A}$$

Al obtener como resultado un valor de 228 A, se ha de subir al escalón de fusibles normalizados de 250A, y para colocar fusibles de tanta intensidad es necesaria una CMT-300E-I, que admite fusibles de hasta 300A.

3.3- Materiales y consideraciones constructivas

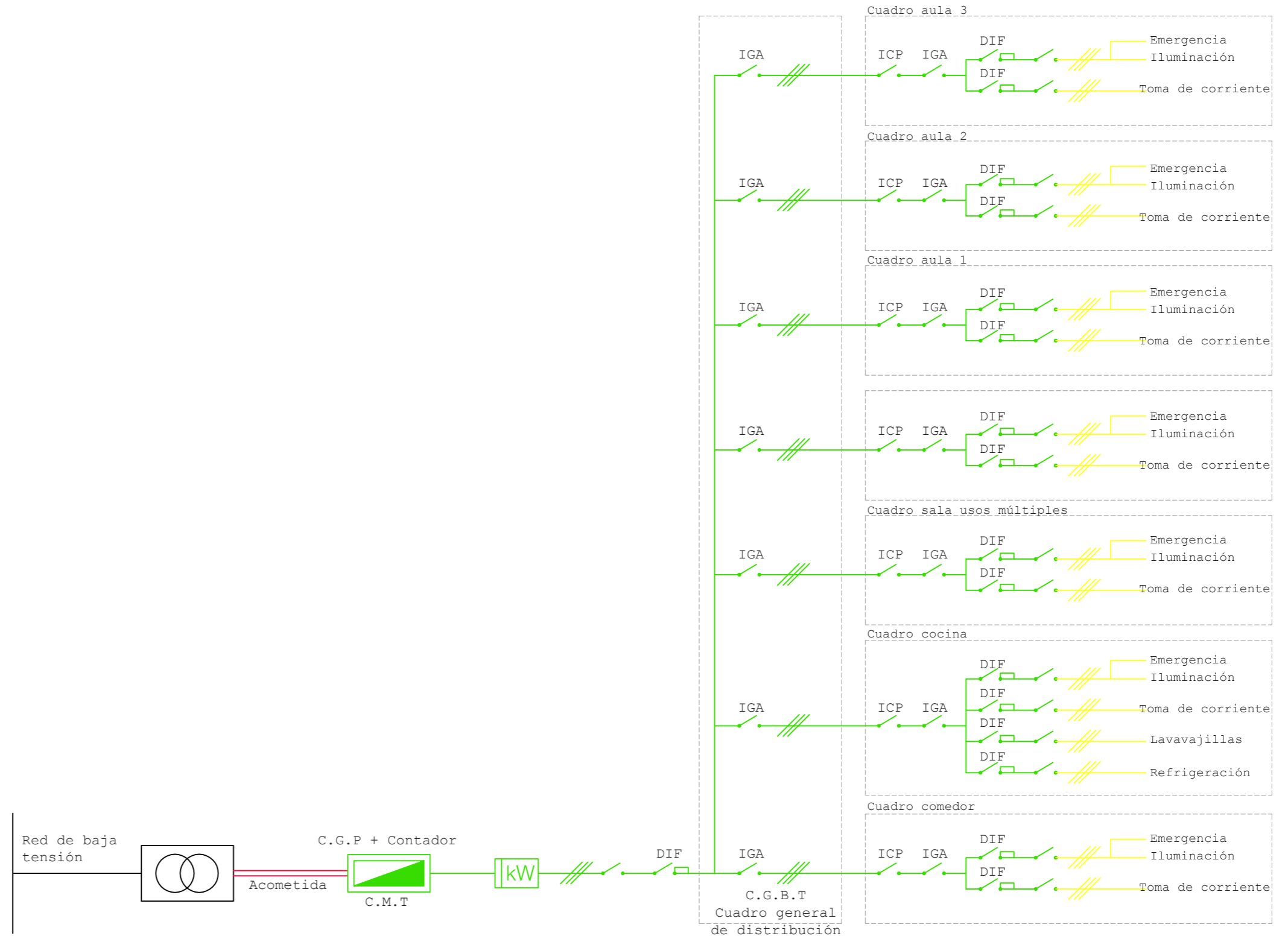
Las líneas de distribución discurrirán desde la sala de instalaciones en el comedor enterradas hacia el edificio de acceso, y también enterradas hacia la zona de aulas en el principio de su trazado, posteriormente discurren horizontalmente sobre bandejas metálicas colgadas de la estructura de cubierta del recorrido hacia las aulas.

Cualquier parte de la instalación eléctrica mantendrá siempre una separación mínima de 5 cm respecto de las canalizaciones de agua y saneamiento, y siempre se colocará a una cota algo mayor, por si hubiera fugas de agua.

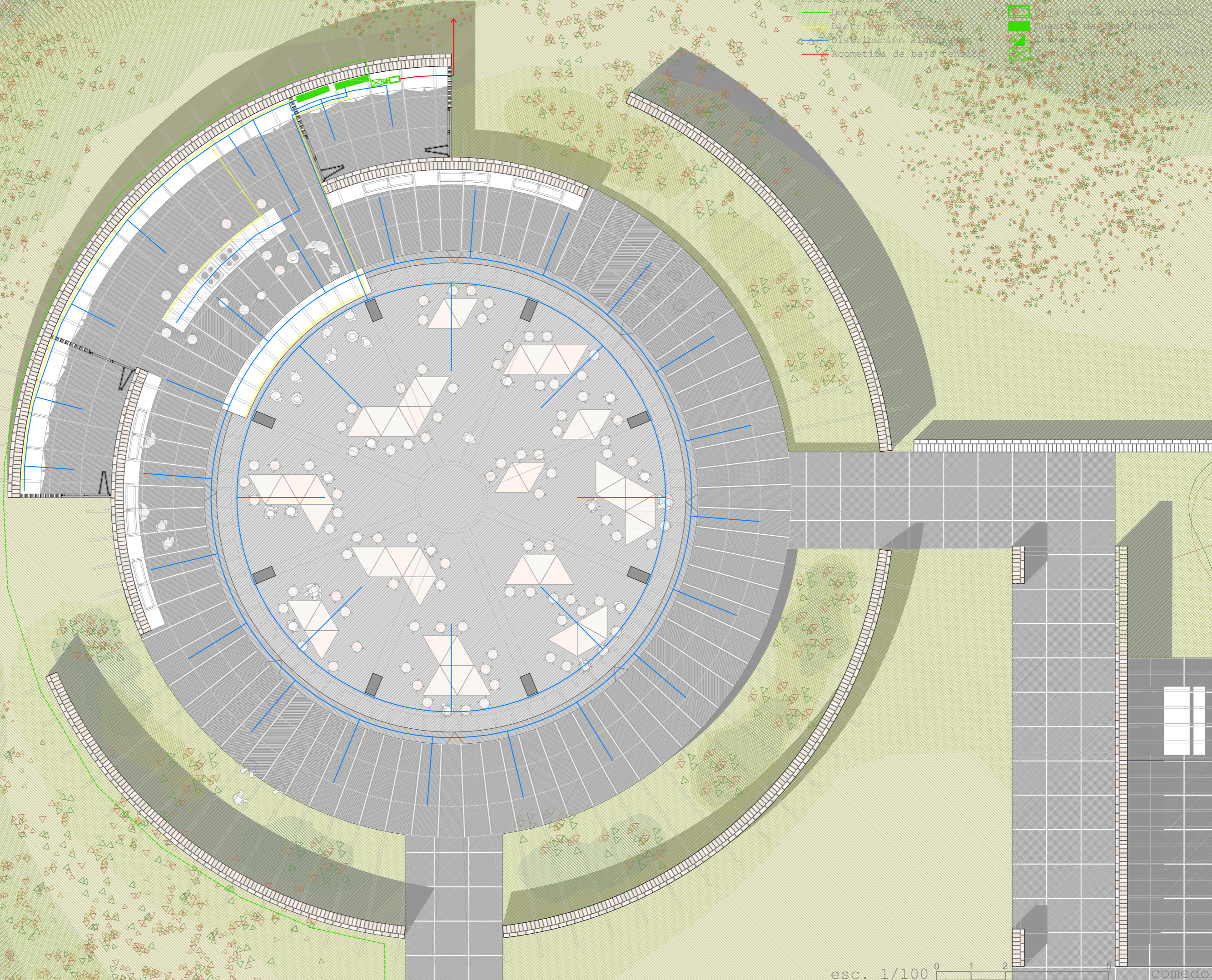
3.4- Sistemas de protección

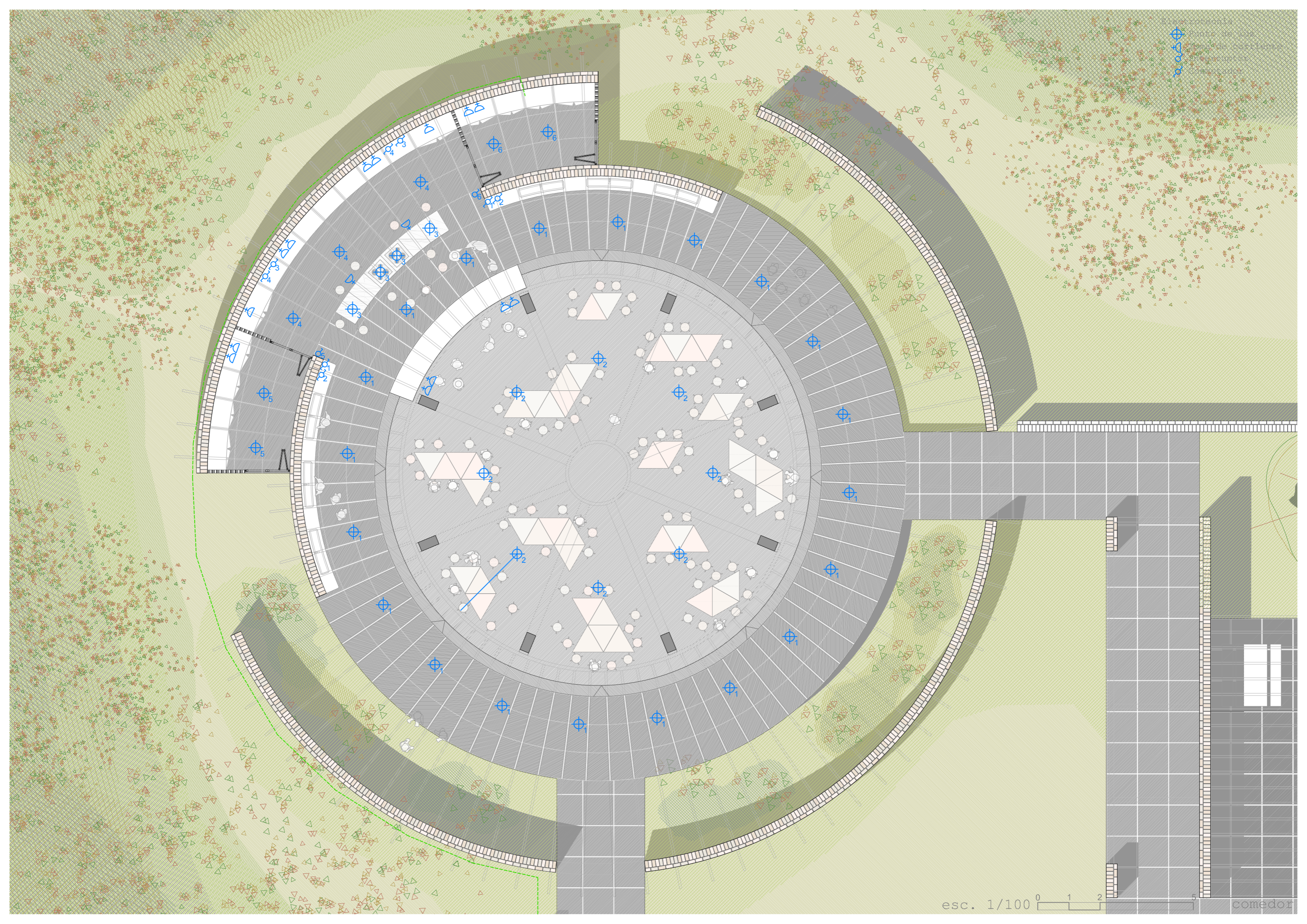
Los sistemas de protección contra sobretensiones, cortocircuitos, etc, se encuentran trazados de manera general en el esquema unifilar, teniéndose en cuenta que no se ha efectuado el cálculo pormenorizado de los interruptores de control de potencia, ni del sistema de protección de tierra, que lógicamente ha de existir.

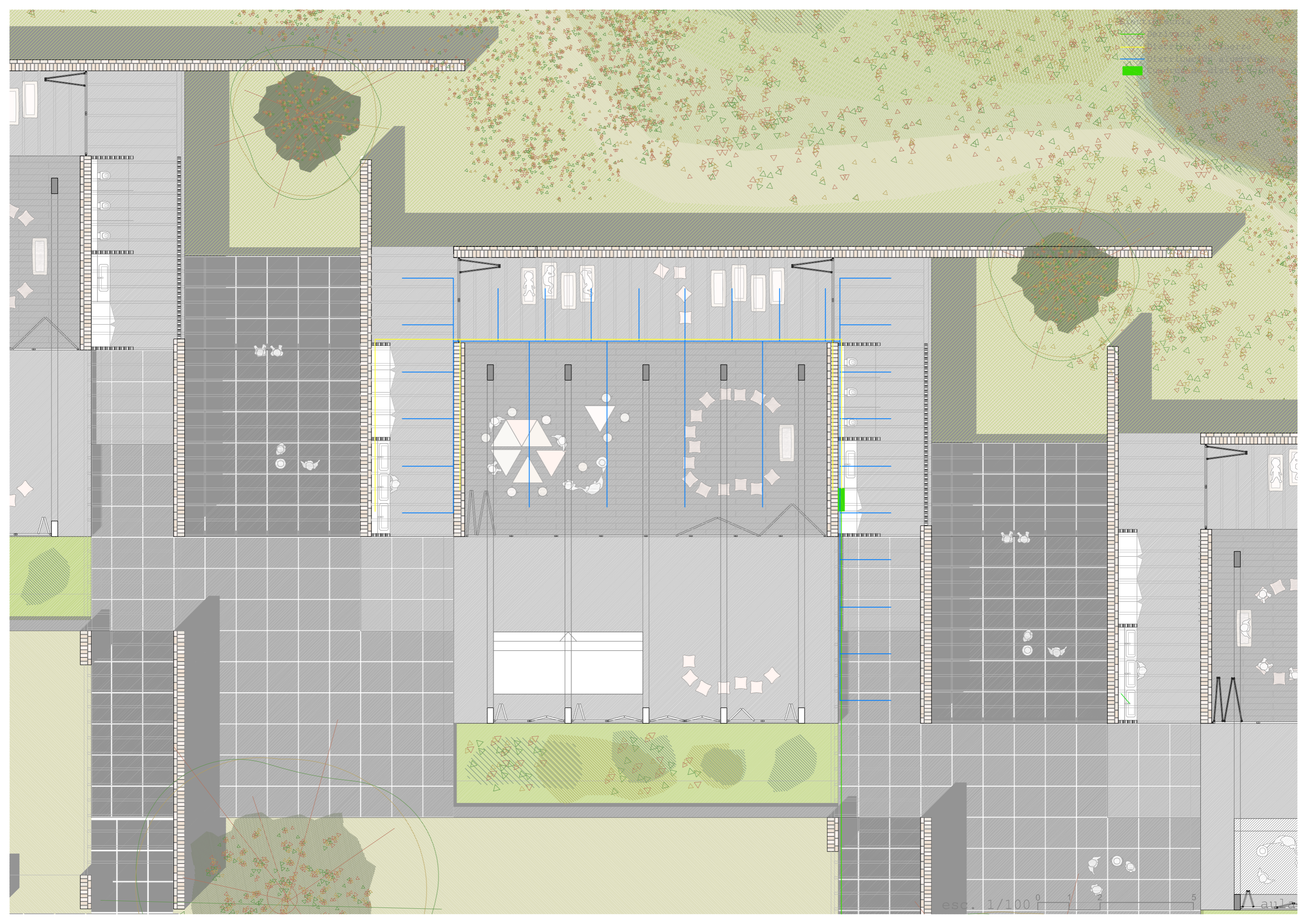
-Esquema unifilar:

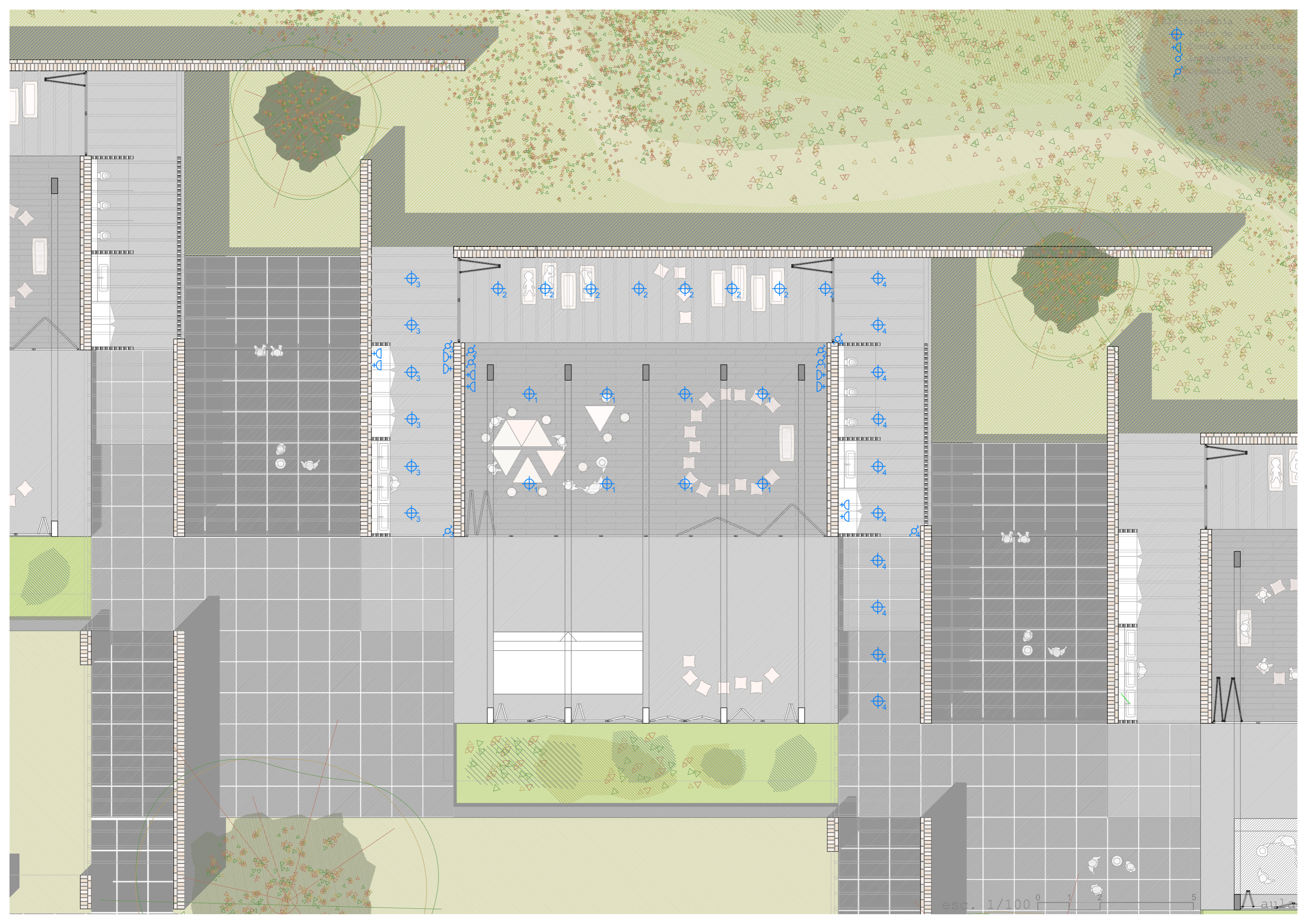


- Electrotecnia
- Derivación
- Distribución
- Distribución a baja tensión
- Acometida de baja tensión
- Accesorios de distribución
- Accesorios de baja tensión









esc. 1/100 0 1 2 3 4 5

aula

4. LUMINOTECNIA

4.1- Iluminación artificial de los espacios

1. Descripción general:

La iluminación que se propone es puntual, es decir, se cuelga de la solución constructiva de cubierta por su parte inferior, en determinados puntos especificados en el plano correspondiente, por lo que es importante que esté ordenada y que forme parte del espacio que pretende acondicionar.

El trazado de las líneas eléctricas irá oculto en el hueco dispuesto en la solución constructiva de la cubierta en el caso de los espacios de baja altura como la zona de circulación del comedor y cocina, o la zona de descanso y aseos en el aula, conectando puntualmente con cada una de las luminarias que se colocan entre las viguetas. Por otro lado, en los espacios principales del aula y del comedor, la instalación se realiza vista en su último tramos, descolgándose desde el techo en cada vano en el que se vayan a colocar las luminarias.

2. Luminaria colgada central - Diseño Iguzzini:



Central

código
SM08

Descripción técnica

Luminaria de suspensión con emisión de luz directa con lámpara de descarga. Formada por un difusor de aluminio torneado y por la caja integrada de policarbonato moldeado que contiene los componentes técnicos para la lámpara de halógenos metálicos. Vidrio de protección con superficie texturizada, alojado en el anillo inferior de tecnopolímeros, dotado con un sistema de desenganche simplificado y cable de seguridad. Fijación al techo en chapa de acero y florón externo en policarbonato. Cable de suspensión en acero plastificado y cable de alimentación transparente.

Instalación

Suspensión: fijación de la base al techo mediante tornillos y tacos tipo Fisher.

Dimensiones (mm)
ø419x377

Colores
Dark grey/aluminium (D6)

Peso (kg)
5.98

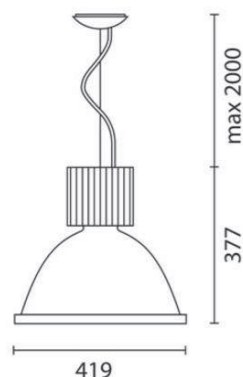
Montaje
suspendido del techo

Información de cableado

Tensión de red - componentes para lámpara de descarga incluidos.

Notas

Completa con cables de suspensión y de alimentación.



2. Luminaria colgada lineal - Diseño Iguzzini:



IN30

código
M657

Descripción técnica

Sistema luminoso modular para filas continuas, destinado al uso de lámparas fluorescentes Seamless, con emisión luminosa down light. Perfil de longitud simple en extrusión de aluminio versión Minimal; pantalla ópalo de metacrilato preparada para acoplamiento de varias longitudes mediante sobreposición. Incluye cabezas de cierre de zamak pintadas.

Instalación

Montaje simple o en filas continuas. Empotrable en pared, techo y suspensión mediante los accesorios correspondientes.

Dimensiones (mm)
900x32x75

Colores
Aluminio (12)

Peso (kg)
1.60

Montaje

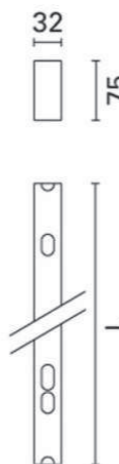
empotrable en la pared | empotrable en el techo | suspendido del techo

Información de cableado

El aparato consta de balastro electrónico Multiwatt 21/39W T16 SLS (Seamless).

Notas

Para crear líneas luminosas agregando varios módulos, utilizar los módulos intermedios/terminales después del módulo inicial.



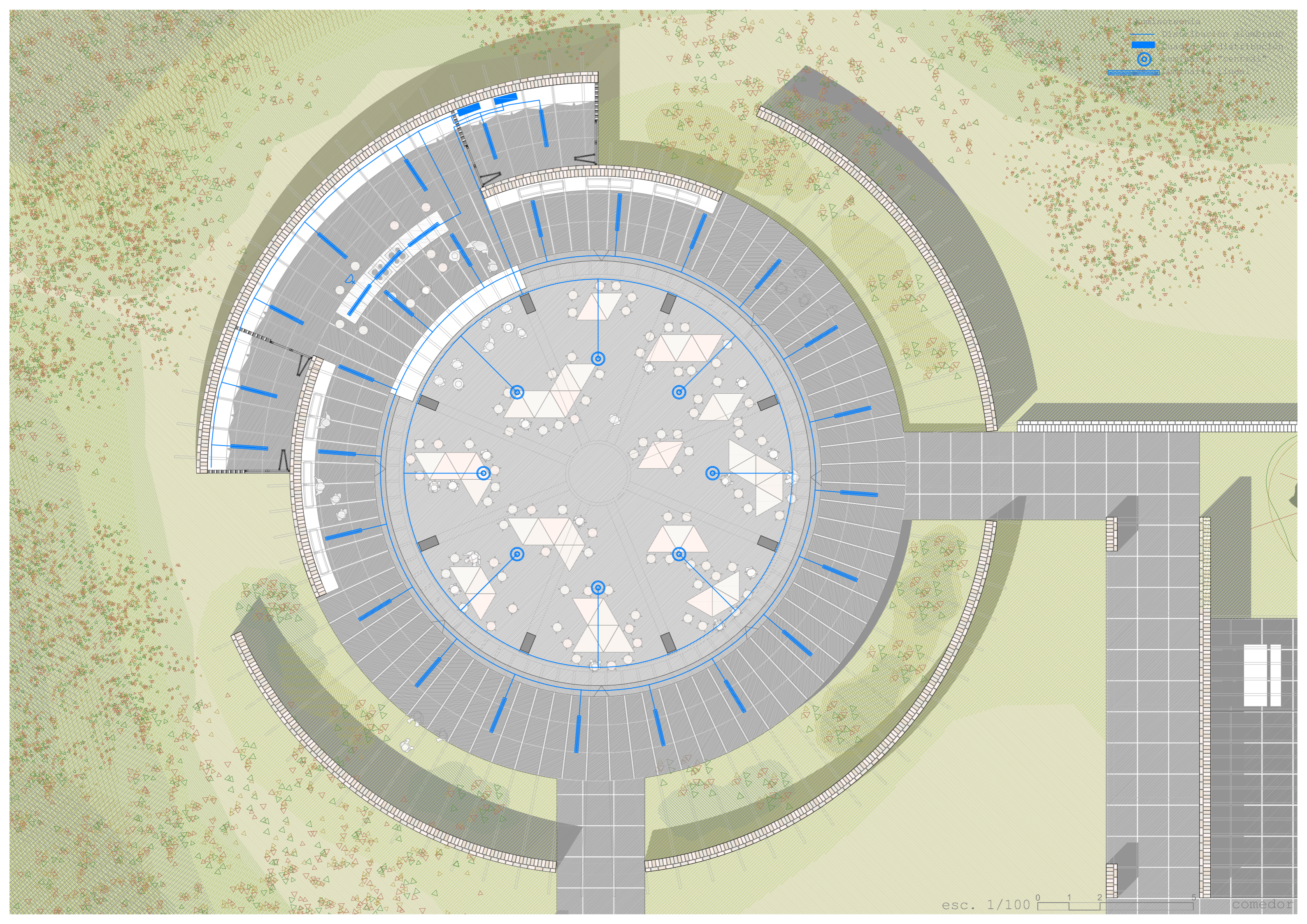
4.2- Iluminación natural de los espacios

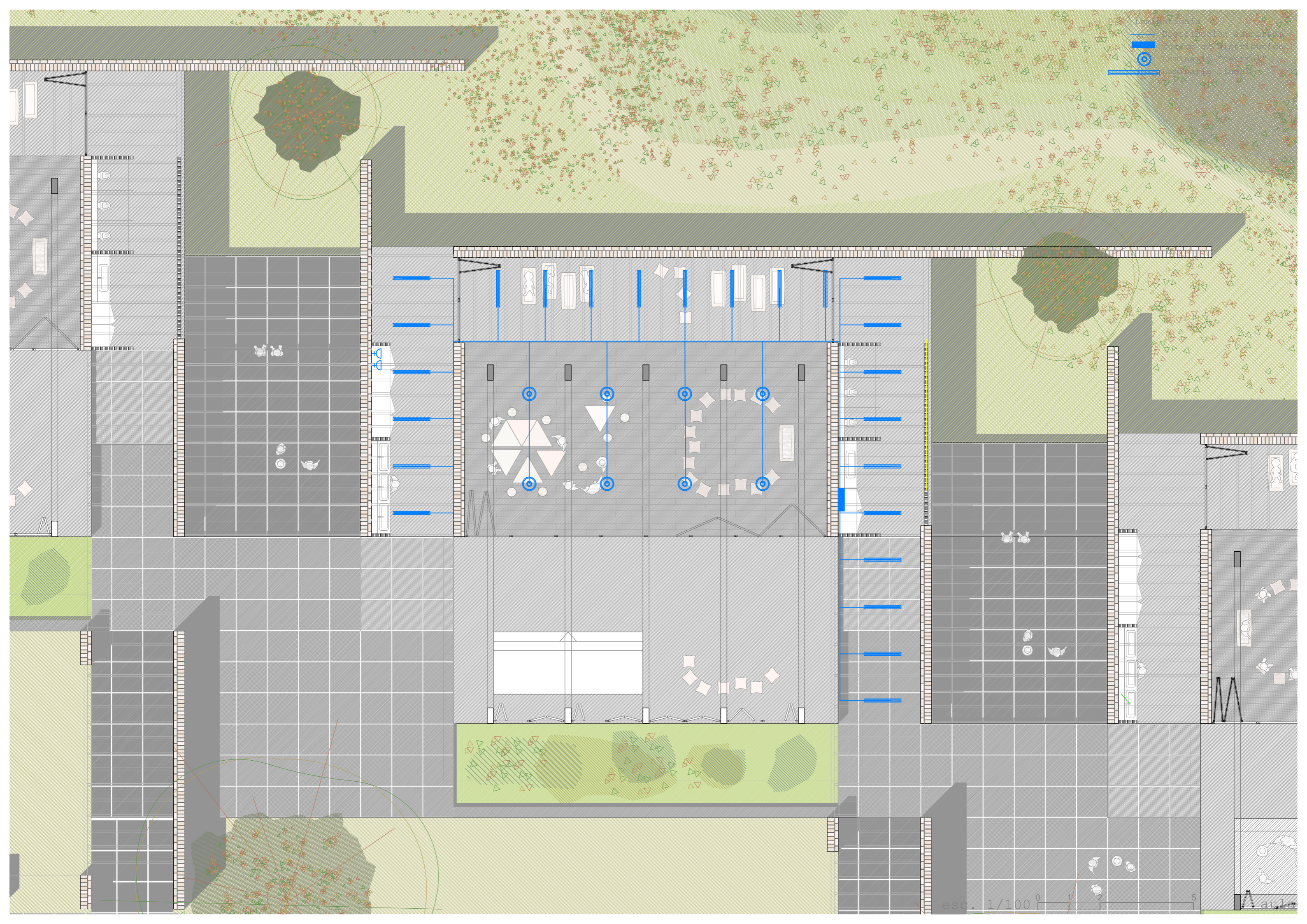
1. Descripción general:

La iluminación natural se produce tanto en el interior de las aulas como en el espacio principal del comedor.

En el caso de las aulas, la diferencia de altura entre la cubierta principal y la cubierta de las zonas bajas permite diseñar un gran ventanal a norte, y dos ventanales a este y oeste respectivamente que disminuyen en altura según la pendiente que forma la cubierta. De esta manera, el espacio principal del aula goza de una iluminación indirecta que se adecúa a las necesidades de un espacio educacional, evitando así los deslumbramientos producidos por la luz del sol.

En el caso del comedor, también existe una diferencia de altura entre la cubierta principal y la cubierta de la zona perimetral de paso, con lo que este hueco existente en altura permite la iluminación del espacio.





5. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

CTE DB-SI

Se va a realizar una interpretación de la normativa bastante reducida ya que se considera que el edificio presenta un riesgo de incendio bajo, y en caso de producirse, el riesgo de propagación sería mínimo y la evacuación del mismo es prácticamente inmediata por su directa relación con el exterior. No obstante se divide el edificio en diferentes sectores, atendiendo al nivel de resistencia al fuego de los elementos que los compartimentan. Se consideran también los recorridos de evacuación y medios de extinción necesarios así como su señalización.

5.1- Propagación interior

1. Compartimentación en sectores de incendio:

La escuela se sitúa en planta baja en un entorno natural, aislada de cualquier otra edificación cercana, por lo que forma un sector de incendio independiente en cuanto a uso se refiere.

En cuanto a la división en un mayor número de sectores, para edificios de uso docente, se propone la compartimentación en varios sectores si la superficie construida excede de 4000 metros cuadrados. La escuela tiene un total de 2400 metros cuadrados construidos en planta baja por lo que no sería necesaria la división en varios sectores de incendio. Aún así, ya que la escuela se separa en dos conjuntos independientes separados por el arroyo, se propone su división en dos sectores independientes. A su vez, ambos conjuntos están compartimentados en unidades independientes separadas por las zonas exteriores de juego y circulación, por lo que la propagación de incendios entre ellos resulta prácticamente mínima. Finalmente se ha decidido dividir la escuela en 6 sectores de incendio atendiendo a las cuestiones anteriores:

Zona de administración: 90m²
Sala de usos múltiples: 260m²
Comedor: 355m²
Espacio aula 1: 240m²
Espacio aula 2: 240m²
Espacio aula 3: 240m²

El resto de espacios de la escuela son exteriores y por sus dimensiones y situación son considerados sectores de riesgo mínimo con salida al espacio exterior inmediata ya que se trata de espacios exteriores abiertos a la naturaleza.

La resistencia al fuego de los elementos constructivos que delimitan sectores de incendio, para nuestra altura de evacuación, será EI-90 para la separación de los sectores de riesgo bajo (todos los espacios exteriores del edificio) con el resto de sectores del edificio, en el caso de la cocina es EI-120.

2. Locales y zonas de riesgo especial:

- Se consideran locales de *riesgo especial bajo* los siguientes:
 - Armario de instalaciones eléctricas en el comedor.
 - Almacén de comida, con máquinas frigoríficas de potencia menor que 400W
- Se consideran locales de *riesgo especial medio* los siguientes:
 - Cocina con potencia instalada entre 30 y 50W

Estos locales deben cumplir las siguientes condiciones:

Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios ⁽¹⁾

Característica	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante ⁽²⁾	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos ⁽³⁾ que separan la zona del resto del edificio ^{(2),(4)}	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	-	Si	Si
Puertas de comunicación con el resto del edificio	EI ₂ 45-C5	2 x EI ₂ 30 -C5	2 x EI ₂ 45-C5
Máximo recorrido hasta alguna salida del local ⁽⁵⁾	≤ 25 m ⁽⁶⁾	≤ 25 m ⁽⁶⁾	≤ 25 m ⁽⁶⁾

Se considera que las condiciones de resistencia al fuego se cumplen con los materiales con los que se construye el edificio, no siendo necesaria la aplicación de materiales ignífugos sobre muros de ladrillo o soluciones de cubierta, ya que desvirtuaría la apariencia de los mismos.

3. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios:

"La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se deben mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, etc. excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50cm². Cumplimos con esta norma ya que ninguna de las penetraciones en los elementos de compartimentación excede ese área"

5.2- Propagación exterior

1. Medianeras y fachadas:

-No existe propagación vertical puesto que es la única planta del edificio.

-La propagación horizontal por medianerías está resuelta ya que al constituir unidades independientes separadas por patios o zonas de tránsito, se impide la propagación de un espacio a otro de la escuela.

2. Cubierta:

No existe riesgo de propagación en la cubierta, por tratarse de una cubierta aislada con acceso desde el exterior, en un entorno natural sin ningún edificio próximo.

5.3- Evacuación de los ocupantes

1. Medianeras y fachadas:

Según la tabla 3.1, para uso docente cuando el número de alumnos excede de 50 es necesario disponer en cada sector dos salidas de planta o de recinto. Además, la longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 35 metros para escuelas infantiles, y la longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 25 metros. Los recorridos de evacuación están grafiados y acotados en las plantas adjuntas.

Se consideran salidas de planta las puertas de acceso a los conjuntos de aprendizaje.

2. Dimensionado de los medios de evacuación:

A efectos de dimensionar los elementos de evacuación se considera relevante dimensionar únicamente las puertas y pasos, puesto que en el resto de elementos como corredores están ubicados en zonas de riesgo mínimo de incendio y su comunicación con el exterior es inmediata, pudiendo producirse a modo de vomitorio la evacuación de todo el edificio.

En los conjuntos de aprendizaje el número de personas a evacuar por cada una de las salidas es de 20 alumnos + 1 profesor. Teniendo en cuenta la situación más desfavorable, en el caso de que una de las salidas estuviese inutilizada, la otra salida debe dar evacuación a 40 alumnos + 2 profesores = 42 personas, por lo que: Puertas y pasos: $A > 42/200 = 0.21 > \text{mínimo } 0.8 \text{ metros}$, que cumplen ambas salidas sin ningún problema.

5.4- Instalaciones de protección contra incendios

1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios:

Según la tabla 1.1 sobre las dotaciones necesarias, se aplican:

-Extintores portátiles cada 15 metros de recorrido en planta desde todo origen de evacuación, es decir, siempre hay un extintor a menos de 15 metros en cualquier zona de superficie mayor a 50 m² o/y ocupación mayor que 1 persona cada 5m².

-Sistema de alarma por ser un edificio de uso docente cuya superficie es >1000m²

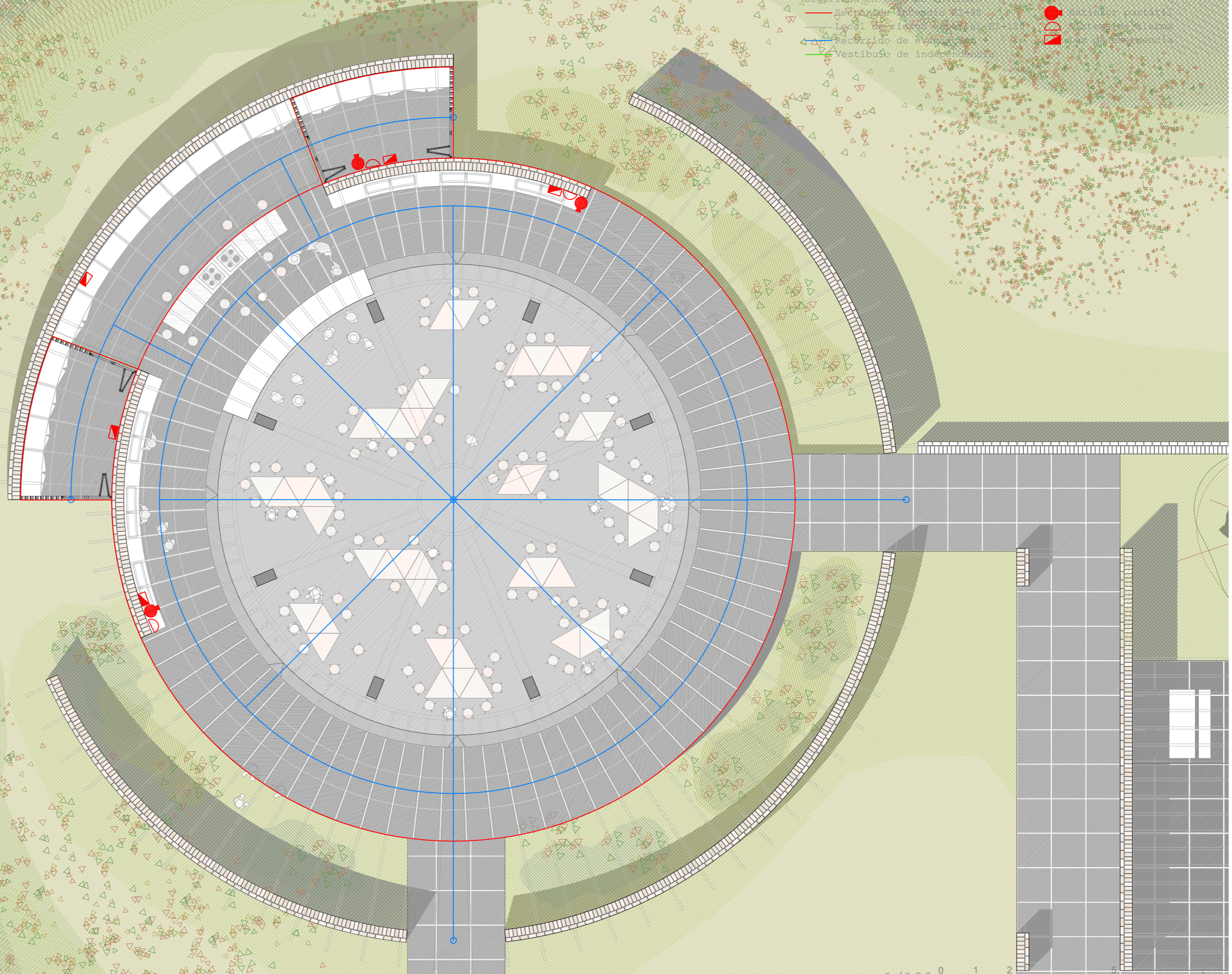
2. Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios:

“Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, 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:”

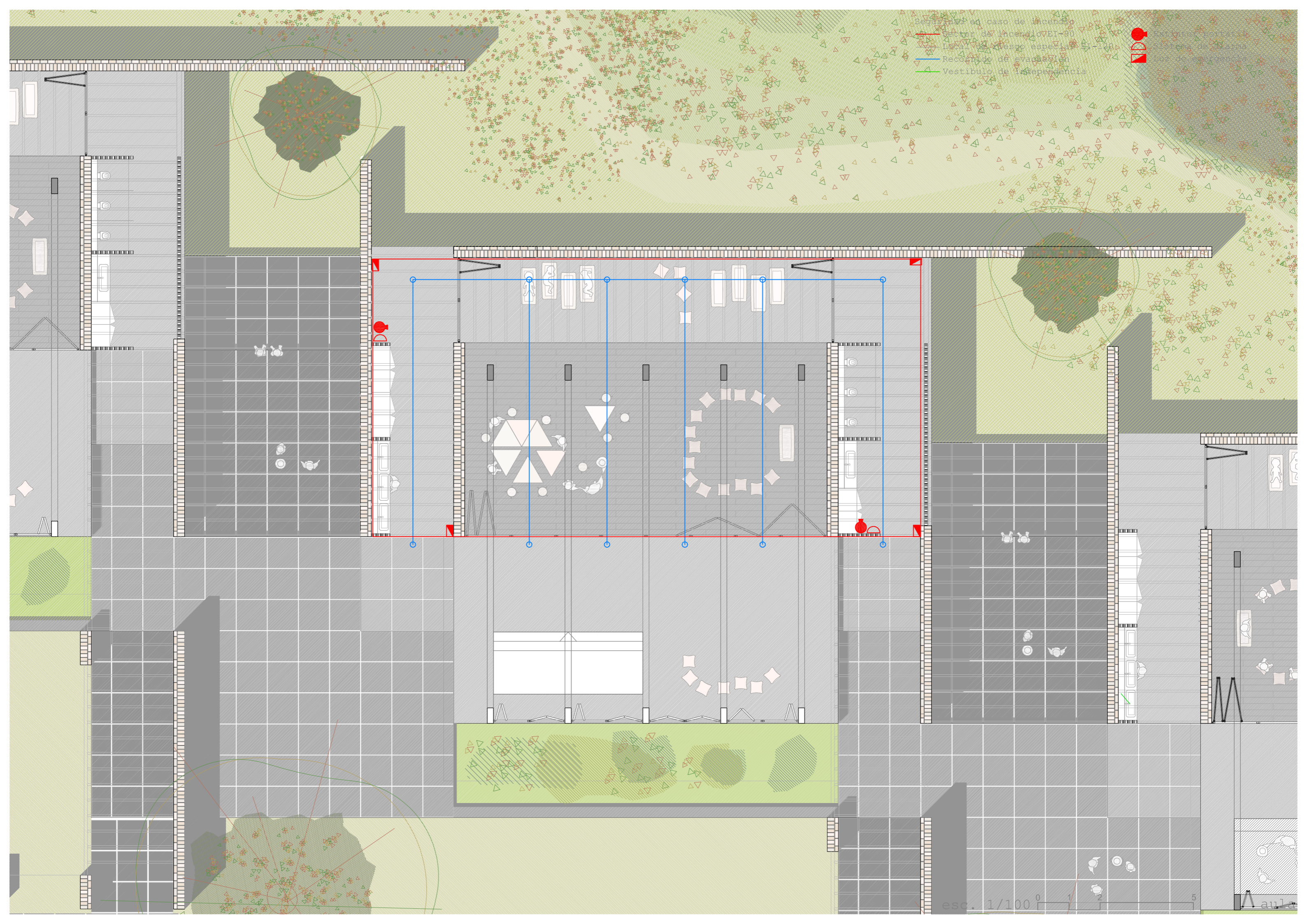
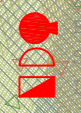
- a) 210x210mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10m
- b) 420x420mm cuando la distancia de observación este comprendida entre 10m y 20m
- c) 594x594mm cuando la distancia de observación este comprendida entre 20m y 30m

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

Seguridad en caso de incendio
Sección de evacuación
Local de evacuación
Recorrido de evacuación
Vestibulo de independencia



- Requisito de caso de incendio
- Requisito de evacuación
- Localidad de Asesores
- Requisito de evacuación
- Vestibulo de la república



5. Conclusiones



Como decía al comienzo de esta memoria, he tratado de esquematizar y agrupar las que han sido las diferentes fases o etapas con el fin de mostrar el trabajo de análisis previo y la propuesta realizada.

La investigación en el tema de la pedagogía me ha permitido entender que otros métodos educativos son posibles en nuestra sociedad. Se trata de propuestas que plantean aspectos o procesos alternativos, basados en permitir que el niño sea el verdadero protagonista de su aprendizaje, y que vaya adquiriendo las herramientas que le serán de utilidad, según el ciclo evolutivo de su propia naturaleza se lo vaya exigiendo. Quizás antes de comenzar con el proyecto no tenía conocimiento de las diferentes propuestas educativas, ahora, sin duda, sería capaz de enfocar el tema teniendo en cuenta estas tendencias y valorando lo que cada una de ellas puede aportar a la educación de los pequeños.

El proyecto final de carrera me ha permitido poner en práctica ciertas inquietudes y experiencias personales, tratar de aplicarlas a una propuesta y proyectar un tipo de arquitectura con la que me siento realmente identificado. Pienso que la arquitectura que antes llamábamos *alternativa* debería ser considerada *necesaria*, la investigación en esta línea de nuestra profesión puede aportar resultados muy beneficiosos que suplan algunas de las carencias de nuestra sociedad, con más razón todavía si son los niños los que se ven beneficiados por nuestro esfuerzo.

Trato de lanzar una mirada hacia el comienzo del proyecto para aprender de lo aprendido, asimilar los conceptos manejados y, con unos resultados en la mano, entender como ha evolucionado el trabajo. Sin duda, el proceso de ideación podría continuar y seguir profundizando en el detalle, se podrían plantear algunas preguntas complementarias, sin embargo, tras un período de trabajo intenso y prolongado es hora de cerrar un capítulo y valorar el estado en el que se encuentra el proyecto en este momento.

Hago referencia al resultado del proyecto como un estado en un instante determinado porque, sin duda, ahora es el momento adecuado para analizar lo realizado y observar que no se trata solamente de una posible solución a un planteamiento, sino que se trata de un comienzo en una línea de investigación personal sobre la arquitectura en otras culturas, y en este caso en particular, de una posible arquitectura escolar en la cultura india.

6. Bibliografía

-Textos sobre pedagogía

“Cambiar la educación para cambiar el mundo” - Claudio Naranjo

“La ciudad de los niños” - Tonucci

“La imaginación y el arte en la infancia” - L.S Vigotsky

-Documentales

“La educación prohibida” - Documental sobre las diferentes pedagogías alternativas al modelo educativo actual.

“Le Corbusier en la India” - Ahmedabad y el Capitolio de Chandigarh

-Proyectos de arquitectura

Escuelas de Arte y Arquitectura en Chandigarh - Le Corbusier

Oeuvre complète - Le Corbusier

Escuelas infantiles en las Unités - Le Corbusier

Corona School - Richard Neutra

École de plein-air, Suresnes - Eugène Beaudouin y Marcel Lods

Escuela Montessori - Herman Hertzberger

Escuela Munkegards - Arne Jacobsen

Saint Catherine's college Oxford - Arne Jacobsen

Pabellón Bristol - Marcel Breuer

Pabellón de los Países Nórdicos en la Bienal de Venecia - Sverre Fehn

Orfanato Amstelveeseweg - Aldo van Eyck

Edificio para restauraciones artísticas - Fernando Higueras

Centro de Restauraciones artísticas - Fernando Higueras

Comedor del Parque Nacional de Timanfaya - César Manrique

Escuela Infantil en Palma de Mallorca - Javier García Solera

Jardín de infancia Fuji en Tachikawa - Tezuka Architects

Vivienda unifamiliar en Santiago de Compostela - Victor López Coteló

Museo de Arte Moderno y de Arquitectura en Estocolmo - Rafael Moneo

Druk White Lotus School - Arup Associates

Librería en Muyinga - BC Architects

DPS Kindergarden School - Khosla Associates

Education Center in Ruanda - Dominikus Stark Architekten

Escuela en Rudrapur, Bangladesh - Anna Heringer

Escuela de formación profesional DESI - Anna Heringer

Escuela de primaria en Gando - Diébédo Francis Kéré

Escuela de secundaria en Gando - Diébédo Francis Kéré

Dotaciones en el Parque Nacional de Mali - Diébédo Francis Kéré

Escuela sde secundaria en Dano - Diébédo Francis Kéré

Centro de formación Cassia Co-op - TYIN Tegnestue

Plaza Sri Aurobindo - Anupama Kundoo

-Textos o revistas de arquitectura

El juego - Paisea

La calle - Paisea

Piedra - Tectónica

Cubiertas inclinadas - Tectónica