

**PAPEL DE LA ESTRUCTURA PORTANTE EN UN PROYECTO
DE ARQUITECTURA: UN EJEMPLO. DIRIGIDO A FIN ÚLTIMO.**

TFG ETSA
Junio

alumna BEATRIZ CAMACHO
tutor RICARDO LAJARA

exp. 682

ÍNDICE

01. INTRODUCCIÓN	03
02. ANÁLISIS	05
1. Arquitectura clásica: el Panteón	06
2. Arquitectura barroca: Francesco Borromini, St. Ivo alla Sapienza	08
3. Arquitectura del movimiento industrial: Joseph Paxton, Crystal Palace	10
4. Arquitectura del movimiento moderno: Walter Gropius, Bauhaus	13
5. Arquitectura después I Guerra Mundial: Eugéne Freyssinet, Hangar de Orly	14
6. Arquitectura después II Guerra Mundial: Félix Candela, Restaurante los Manantiales	15
7. Arquitectura brutalista: Óscar Niemeyer, Catedral Brasilia	16
8. Arquitectura deconstructivista: Frei Otto, Estadio olímpico de Munich	18
9. Arquitectura neomanierista: Herzog & Meuron, Estadio olímpico de Pekín	20
10. Arquitectura neomenierista: Zaha Hadid, Centro Heydar Aliyev	21
11. Arquitectura de presencia: Peter Zumthor, Termas de Vals	22
12. Conclusiones	24
03. APLICACIONES	27
1. Referencia muraria: Julio Cano Lasso	29
2. Referencia porticada: Giuseppe Terragni	33
3. Referencia atirantada: Pier Luigi Nervi	37
4. Referencia abovedada: Louis Kahn	41
5. Referencia vigas ortogonales: Louis Kahn	45
6. Referencia "cajas" murarias: Peter Zumthor	49
04. DESARROLLO	53
1. Referencia: Peter Zumthor, Termas de Vals	54
2. Esquemas proyectuales	57
3. Planta principal	60
4. Sección de patio	62
5. Sección de escalera	64
6. Alzados	66
05. CONCLUSIONES	69
06. BIBLIOGRAFÍA	71

INTRODUCCIÓN

El trabajo de fin de grado tiene como objetivo exponer un proyecto práctico en base a uno de los elementos compositivos de la arquitectura. En este caso se tratará la estructura, la cual alberga distintos elementos como son el muro, los cimientos, el suelo o forjado, el techo o cubierta, la columna, el arco, la bóveda, la cúpula, el patio o la escalera.

Basándonos en el texto *Elements of Architecture* de Rem Koolhaas, director de la 14ª Exposición Internacional de Arquitectura en Venecia, donde Koolhaas expresa la arquitectura en quince elementos, y acompañando este texto con la revista de Arquitectura Viva *Elements* en la que Luis Fernández Galiano expresa la arquitectura como treinta y dos elementos de composición. Estos son elementos muy básicos que evitan la teoría compleja de la actualidad, en favor de conocimiento un conocimiento más simple analizando los componentes específicos que abarcan los últimos cien años de la arquitectura.

Para comenzar a entender el propósito del trabajo se realizará un análisis histórico cronológico de la arquitectura desde un punto de vista basado en el avance de los distintos sistemas estructurales usados a lo largo de los siglos. Ya que como escribe Luis Fernández Galiano en la presentación de la revista de *Elements*: "Para muchos, el término historia se asocia exclusivamente con los acontecimientos pretéritos; sin embargo, interpretamos el pasado de acuerdo a los intereses del presente y la expectativa del futuro. Los análisis de historia arrojan más luz sobre sus redactores que sobre aquellos sucesos, obras o personas a las que se refieren". Por lo que ningún análisis histórico puede ser objetivo, si no que expresa las intenciones de lo que se intenta explicar y desarrollar en la parte práctica.

A continuación y aplicando algunos elementos estructurales se desarrollarán distintos prototipos de un mismo proyecto, una escuela de bellas artes en un céntrico solar en la histórica ciudad de Alcalá de Henares. Ésto nos hará tener ciertas limitaciones tras realizar un análisis del lugar. Con estos distintos proyectos, se intentará demostrar como varían los prototipos en cuanto a morfología, programa y funcionalidad por la modificación de la estructura, y como unas son más convenientes que otras según las necesidades de los distintos proyectos. Con esto se pretende concienciar de que la estructura es un elemento más del proyecto que debe evolucionar según avancen los diferentes elementos.

Por último se desarrollará un proyecto personal, para poder unir la teoría desarrollada a lo largo de todo el trabajo en un proyecto práctico con la estructura que se considere más óptima, y así poder demostrar, como a partir de un elemento compositivo como es la estructura se puede desarrollar un proyecto.

Siempre he entendido la arquitectura como un todo, como un conjunto de conocimientos que se van complementando. El trabajo de proyectar consiste en conseguir que una serie de principios que nos enseñan desde los primeros años de la escuela sean capaces de permanecer en consonancia. Principios tan importantes como son la composición, la estética o la funcionalidad; tienen la misma importancia que una buena resolución de la estructura, el sistema constructivo o las instalaciones dentro del proyecto, y por ello debe cuidarse de la misma forma que lo hacemos con la estética. Con este trabajo intento entender como uno de los elementos más olvidados en el arte de proyectar, como son las estructuras, es tan importante que puede ser el pilar fundamental de un proyecto.

Mi más sincero agradecimiento a todos los que me han ayudado a concretar este proyecto, profesores y compañeros. Especialmente a mi tutor, Ricardo Lajara Olmo.

A mis padres, sin su incondicional y desinteresado apoyo, nada de lo que soy hoy habría sido posible.

A Patricia. A mi familia.

The thesis aims to expose a practical project based on one of the compositional elements of architecture; the structure. It includes various elements such as the wall, the foundations, the ground or floor, the ceiling or roof, the column, the arch, the vault, the dome, the courtyard or the stairs...

Based on the text *Elements of Architecture* of Rem Koolhaas, director of the 14th International Architecture Exhibition in Venice, where Koolhaas expresses the architecture in fifteen elements, and accompanying this text with the magazine *Arquitectura Viva Elements* in which Luis Fernández Galiano expresses the architecture in thirty-two elements of composition. These are very basic elements that eschew complex theory and parametric delights in favor of pure knowledge parsed into specific components that span the last 100 years of architecture.

To begin work a chronological historical analysis of the history of architecture is done from a point of view based on the progress of the different used throughout the centuries structural systems. Since Luis Fernández Galiano writes in presenting *Elements* magazine: "For many, the term history is associated exclusively with past events; however, we interpret the past according to the interests of present and future expectations. History analyzes shed more light on their editors about those events, works or people you refer." So no historical analysis can be objective, but it expresses the intentions of what is intended to explain and develop the practice.

Here are some structural elements and applying different prototypes of the same project, a school of arts in a plot in the historic downtown of Alcalá de Henares, which will make us have limitations after an analysis of the site will be developed. With these different projects, we will try to demonstrate how prototypes vary in morphology, program and function by modifying the structure, as some are more convenient than others according to the needs of different projects. With that aims to raise awareness of the structure it is an element of the project that should evolve as progress the other elements.

Finally a personal project be developed, to unite theory developed throughout the work on a practical project with the structure it considers most optimal, so we can demonstrate, as from a compositional element as the structure can develop a project.

I have always understood architecture as a whole, as a body of knowledge to be supplemented. For me architecture, project work is to get a set of principles that are taught from the early years of the faculty are able to stay in tune. Such important principles such as composition, aesthetics or functionality; have the same importance as a good resolution of the structure, the construction system or facilities within the project, and therefore care must be taken in the same way we do with aesthetics.

ANÁLISIS

1. Arquitectura clásica: el Panteón
2. Arquitectura barroca: Francesco Borromini, St. Ivo alla Sapienza
3. Arquitectura del movimiento industrial: Joseph Paxton, Crystal Palace
4. Arquitectura del movimiento moderno: Walter Gropius, Bauhaus
5. Arquitectura después I Guerra Mundial: Eugène Freyssinet, Hangar de Orly
6. Arquitectura después II Guerra Mundial: Félix Candela, Restaurante los Manantiales
7. Arquitectura brutalista: Óscar Niemeyer, Catedral Brasilia
8. Arquitectura deconstructivista: Frei Otto, Estadio olímpico de Munich
9. Arquitectura neomanierista: Herzog & Meuron, Estadio olímpico de Pekín
10. Arquitectura neomenierista: Zaha Hadid, Centro Heydar Aliyev
11. Arquitectura de presencia: Peter Zumthor, Termas de Vals
12. Conclusiones

1. Arquitectura clásica: Panteón de Agripa, Roma.-115

El Panteón es un edificio romano construido en 115 d.C. por el arquitecto sirio, Apolodoro de Damasco, sobre las ruinas del antiguo edificio de Augusto y Agripa.

Se considerará una de las grandes obras de ingeniería del imperio romano, y en él se puede apreciar la gran intuición que tenían éstos sobre la construcción, para su posterior evolución. La cúpula de este edificio parece estar sustentada mediante un número de nervios equidistantes acompañados de unos casquetes que dan estabilidad a la estructura, que será como se construirán la mayoría de las cúpulas de otras épocas históricas como serán el románico, gótico, renacimiento, barroco, etc.

Entiendo que a pesar de la intuición de estos avances, no puedo confirmar que realmente tuviesen los conocimientos necesarios para construir de ésta forma, ya que no he tenido el tiempo suficiente para realizar la investigación, por lo que sólo se quedará como una suposición propia.

En realidad, la cúpula trabaja como un sistema constructivo de masa activa, en el que toda ella trabaja por igual sin que sea posible determinar puntos o líneas singulares en ella.

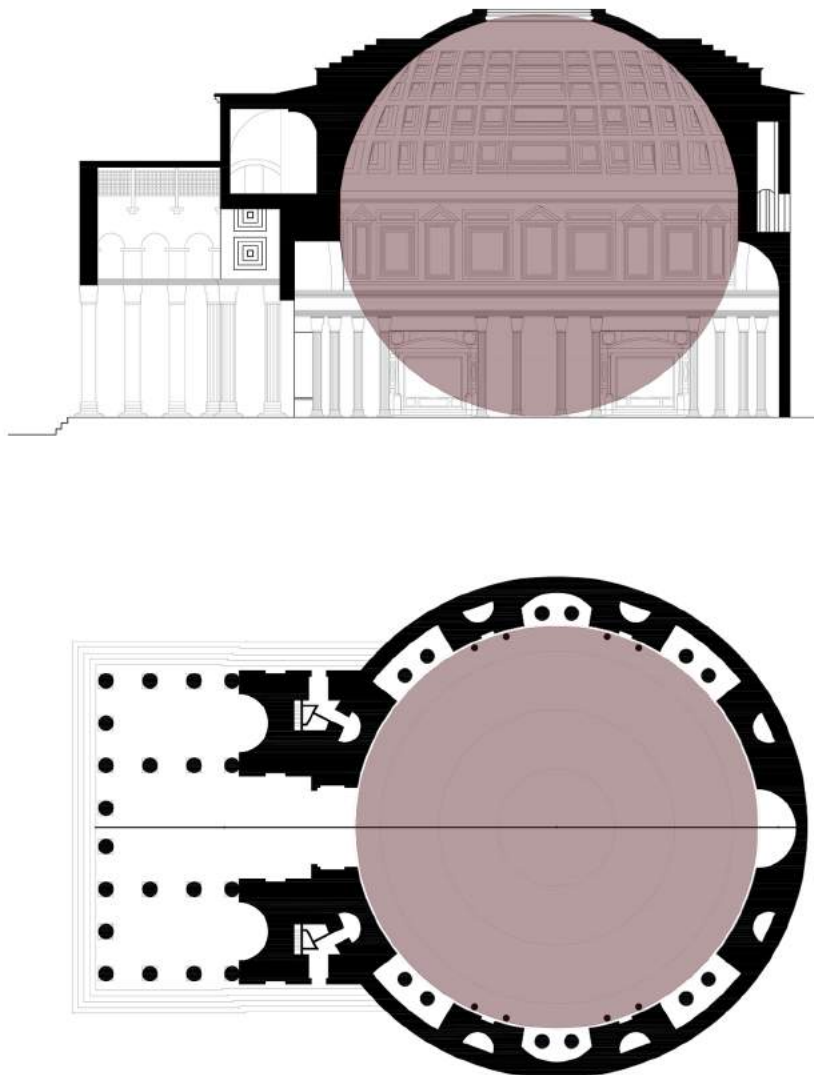


Imagen 1. Planimetría del Panteón de Roma. Elaboración propia.

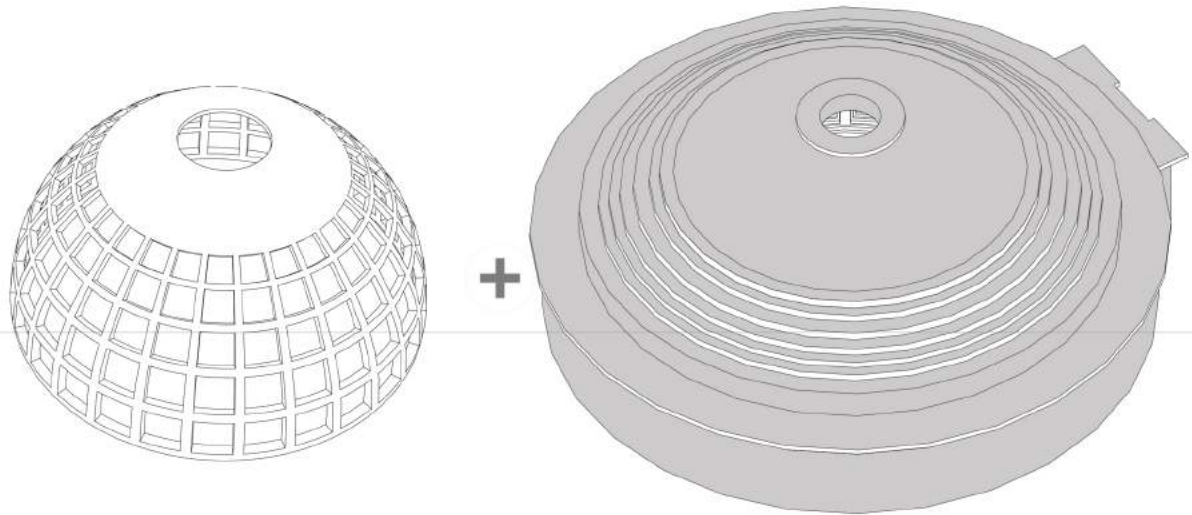


Imagen 2. Esquema estructural de la construcción de la cúpula del Panteón de Roma. Elaboración propia.

En los esquemas se muestra como podemos apreciar en la sección que la bóveda puede estar construida mediante una cimbra permanente de nervios y coronas que rigidizan la estructura, para posteriormente al cubrirla y construir la cubierta, se colocarán unos casquetes que establezcan aún más la gran bóveda de 43 metros de diámetro.

Como ya hemos comentado el edificio trabaja en forma de masa, ya que los muros conforman un cilindro que tiene la altura del radio de la bóveda, pudiendo alojar de forma perfecta una esfera en el interior del edificio.

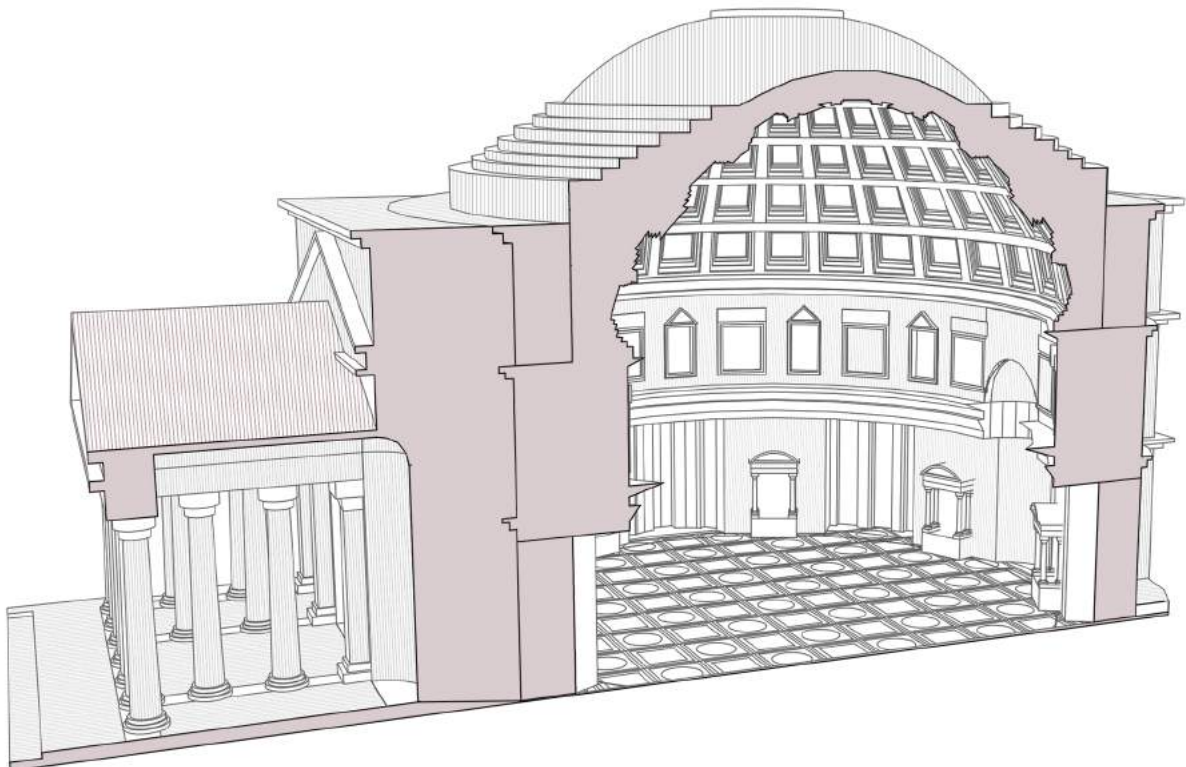


Imagen 3. Axonométrica seccionada del Panteón de Roma. Elaboración propia.

2. Arquitectura barroca: Francesco Borromini, Sant 'Ivo alla Sapienza, Roma.- 1642

Con la llegada del barroco la arquitectura se conduce a un mundo artístico, en el que la luz y el modelado, junto con el juego de escalas, conducen al ilusionismo escenográfico. El movimiento barroco deriva de la interpretación de la naturaleza como dinamismo y viene representado por el infinito y la relatividad de la percepción; por la fuerza comunicativa del arte; por el sentido de la historia como continuo devenir. Este ilusionismo óptico deriva del binomio forma-luz y forma-color.

Es un movimiento arquitectónico con un estilo propio en el que se introduce el gusto por lo curvilíneo y mixtilíneo en las plantas, así los muros dejan de ser rectos y ofrecen abundantes planos oblicuos a la mirada al mismo tiempo produciendo una sensación de movimiento, creando efectos de luz.

Esto se puede observar en el diagrama de la planta, en el cual mediante la sucesión de círculos enlazados se proyecta una planta en la que la unión de arcos hace diseñar la forma tan compleja.

Además se consigue proyectar espacios de tamaños más reducidos dentro de los muros y pilares a través de los cuales se construye el espacio mayor, de esta forma se comienza a proyectar una sucesión de espacios dentro de otros.

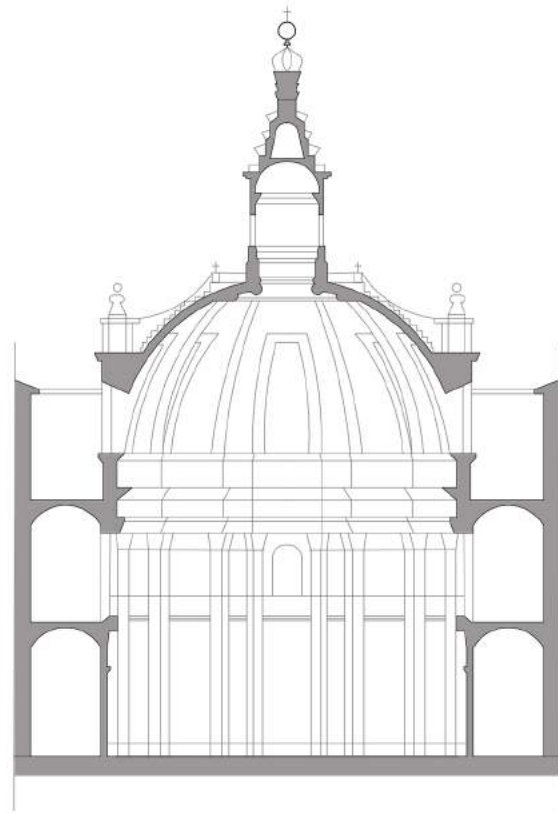


Imagen 4. Sección esquemática de la iglesia Sant 'Ivo alla Sapienza, Borromi. Elaboración propia.

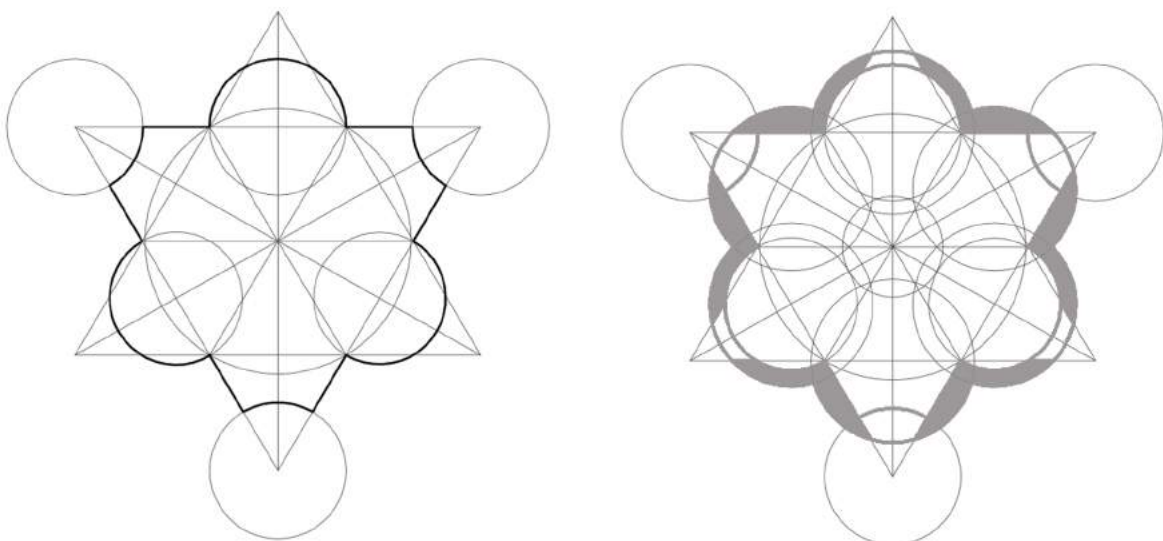


Imagen 5. Esquema del desarrollo morfológico de la planta de la iglesia Sant 'Ivo alla Sapienza, Borromi. Elaboración propia.

La mecanización de las formas, que comenzó por primera vez con el movimiento barroco, que se centró en la mecanización de las formas, es debido en su gran mayoría al tratamiento de la estructura diferencial: el cálculo integral, como base de conocimiento y de la estructura arquitectónica. De ésta se podrían hacer los primeros tanteos de cálculos de estructuras como los entendemos a día de hoy. Así, la construcción de las cúpulas se basarán en unos nervios que sujetarán la estructura interior, para posteriormente y con la construcción de la cubierta, construir unos casquetes que aporten estabilidad al conjunto.

Aquellas primeras intuiciones que podíamos observar en el Panteón construido en la época romana comprobamos que fueron las utilizadas civilizaciones posteriores.

En los esquemas se puede apreciar que también hay muchos detalles que no pertenecen a la estructura, si no que intentan dar expresión de movimiento como puede ser los contrafuertes ligados a los casquetes o el desarrollo vertical de la linterna.



Imagen 6 Y 7. Vista de la cúpula desde el interior y vista del clausuro de Sant'Ivo alla Sapienza, Borromi.

Fuente: página web www.rome.is.rome.com

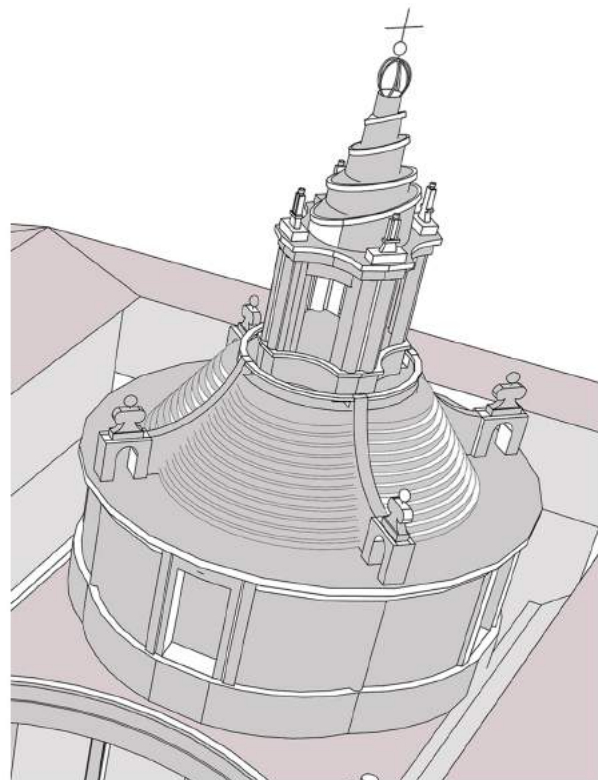
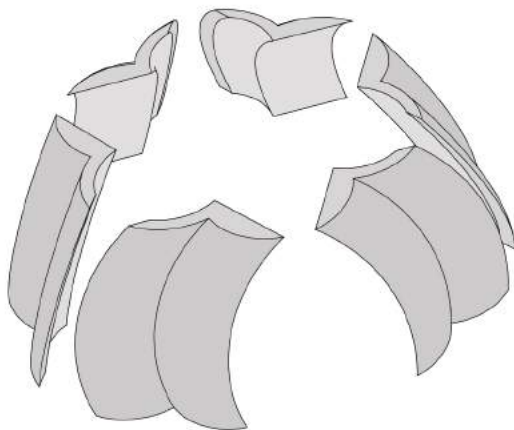


Imagen 8. Esquema estructural de la construcción de la cúpula Sant'Ivo alla Sapienza, Borromi. Elaboración propia.

2. Arquitectura del movimiento moderno: Walter Gropius; Bauhaus, Dessau.-1926

En la primera industrialización se desarrolló la arquitectura de hierro, llamada así por la relevancia de éste nuevo material como elemento estructural y compositivo a la vez, ya que favorecía las nuevas exigencias y los nuevos programas que imponían los avances culturales del momento. Éste nuevo estilo se entenderá y desarrollará como una de las primeras arquitecturas modulares.

Sus estructuras metálicas y cerramientos acristalados ponían en evidencia sin lugar a duda a los avanzados planteamientos para la industria de su tiempo, sin embargo, es un sistema prefabricado muy sencillo a base de unos pocos elementos seriados y repetidos: jácenas, pilares, cerchas, etc.

El Crystal Palace se convirtió en el modelo arquitectónico para posteriores exposiciones, las cuales buscarán sistemas constructivos rápidos y una arquitectura de prestigio basada en los avances tecnológicos derivados de la invención de nuevos espacios y de la cubrición de naves cada vez más amplias.

Con los avances de la industrialización, las estructuras dejan de ser murarias para pasar a ser porticadas mediante pilares de función, lo que permite construir grandes luces en las naves sin la necesidad de muros internos, sino con éstos pilares y la cubrición de la cubierta mediante cerchas o bóvedas metálicas.

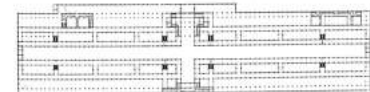
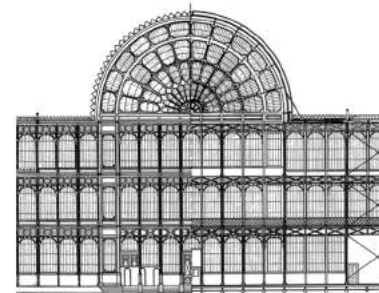
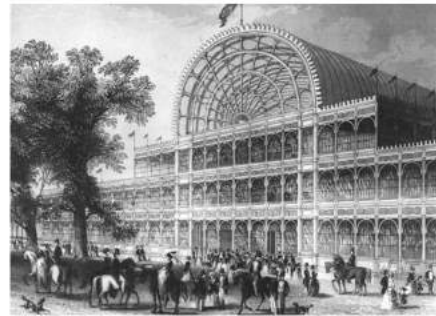


Imagen 9 Y 10. Vista exterior y planimetría de Crystal Palace, Paxton.

Fuente: wikipedia

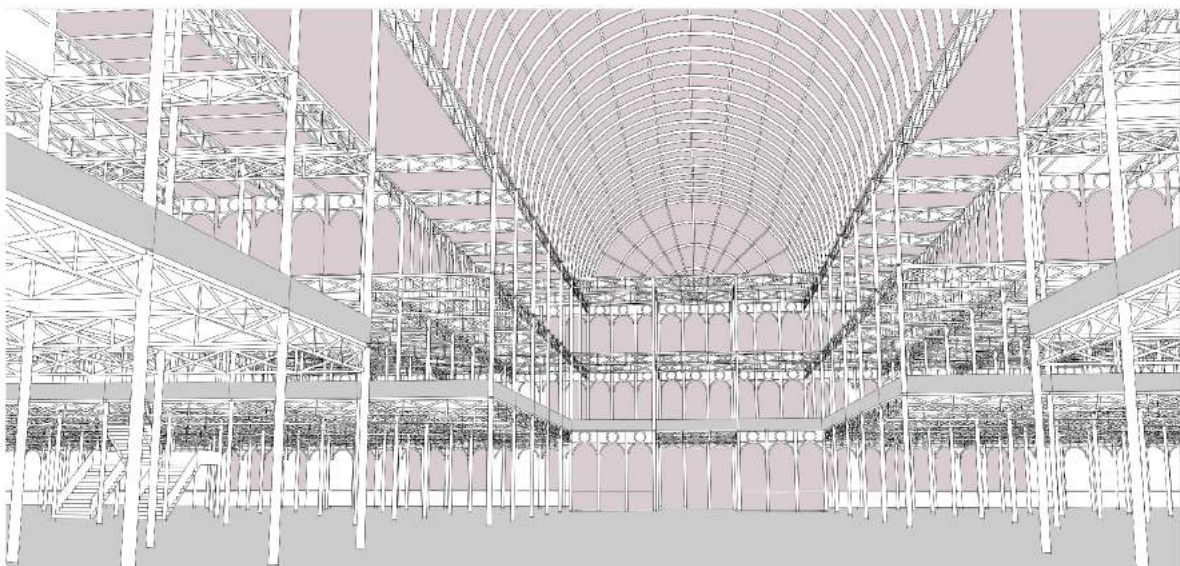


Imagen 11. Axonométrica interior de Crystal Palace, Joseph Paxton. Elaboración propia.

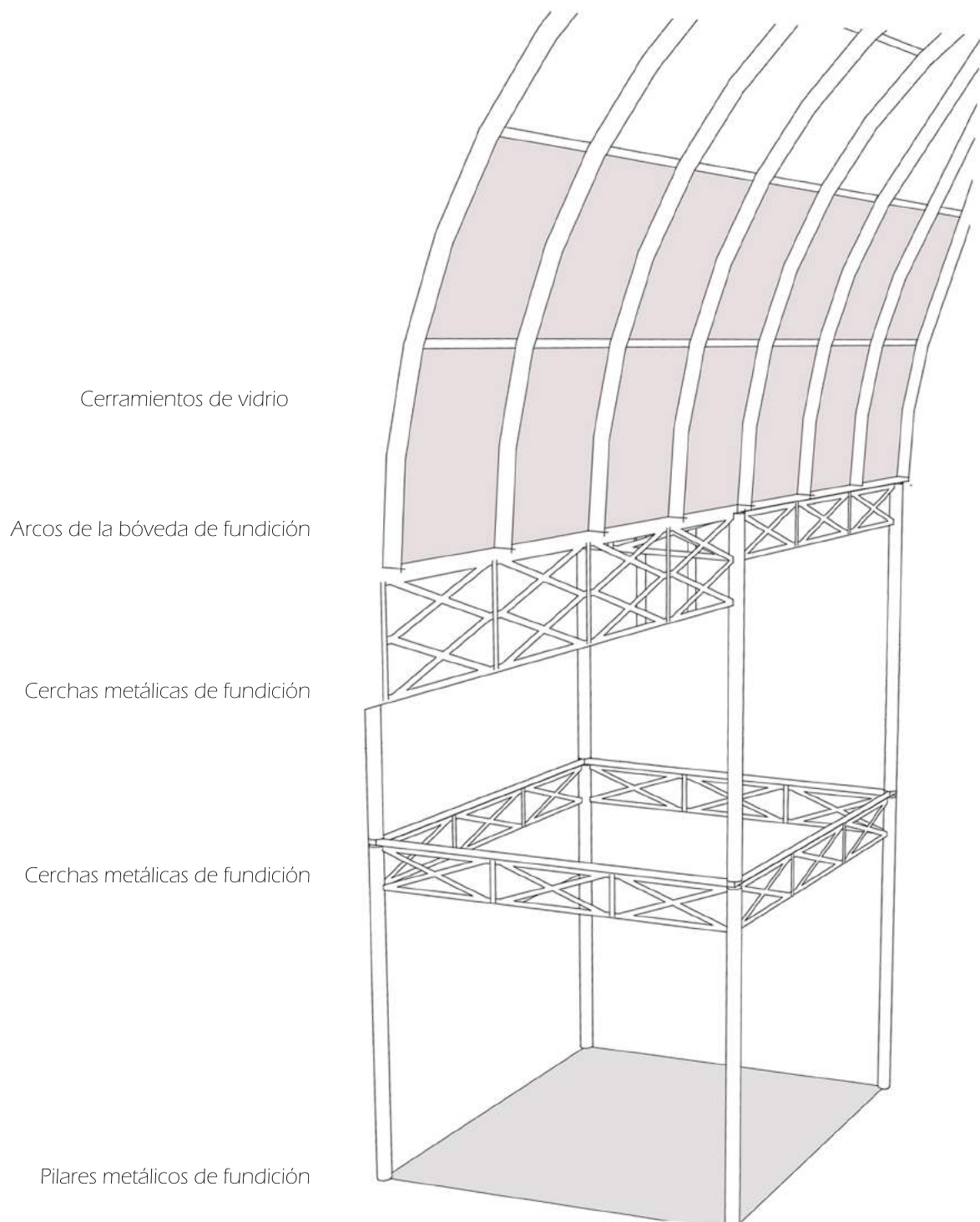


Imagen 11. Axonométrica del sistema constructivo de Crystal Palace, Joseph Paxton. Elaboración propia.

4. Arquitectura del movimiento moderno: Walter Gropius; Bauhaus, Dessau.-1926

Definido el Movimiento Moderno como el resultado de la convergencia de las fuerzas de vanguardia en una acción unitaria producida en torno a 1927, su dinámica histórica comprende un gran número de contribuciones tanto individuales como colectivas.

En las contribuciones colectivas se concentran en base a De Stijl y la Bauhaus.

La Bauhaus no es una escuela de arquitectura tal y como se entiende normalmente y se entendía entonces, sino es un centro de formación de arte que aborda progresivamente las escalas de diseño y se convierte en un centro de experimentación y sede simbólica de la nueva vanguardia; ya que reúne y vincula diferentes manifestaciones artísticas de la época: música, literatura, teatro, cine, pintura, arquitectura y diseño industrial.

En 1923 la Bauhaus experimenta un giro decisivo que le hace abandonar cualquier vestigio de impresionismo y se convierte en el baluarte del racionalismo. La Bauhaus posteriormente incorporará los principios del neoplasticismo que tiene su mejor representación en el propio edificio sede en Dessau. Proyectado y ejecutado por Gropius con la colaboración de profesores y alumnos de la escuela.

Este edificio es un ejemplo de trabajo en equipo que llevó desde la proyección y construcción del edificio hasta el diseño de su mobiliario, en una síntesis de racionalismo y escala humana.

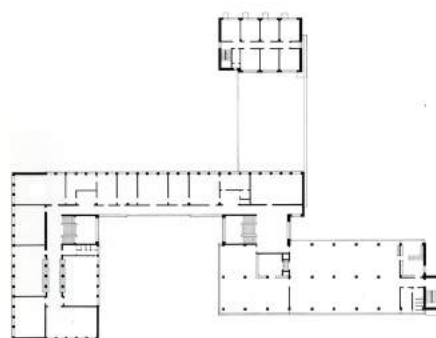


Imagen 13 Y 14. Vista exterior y planita de Bauhaus, Gropius.

Fuente: DENNIS SHARP, (2002). Bauhaus, Dessau. Walter Gropius. Ed. Phaidon Press Limited, London. ISBN: 0714842176.

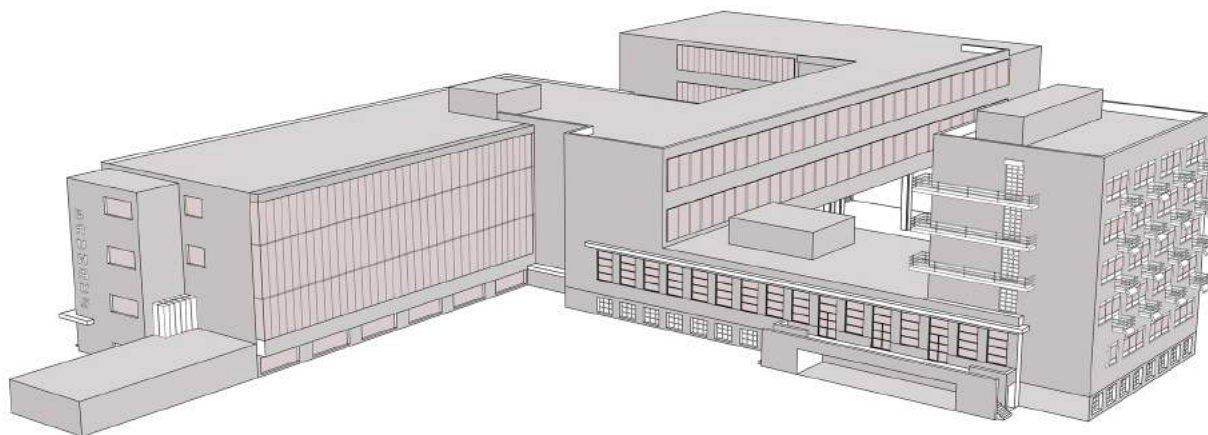
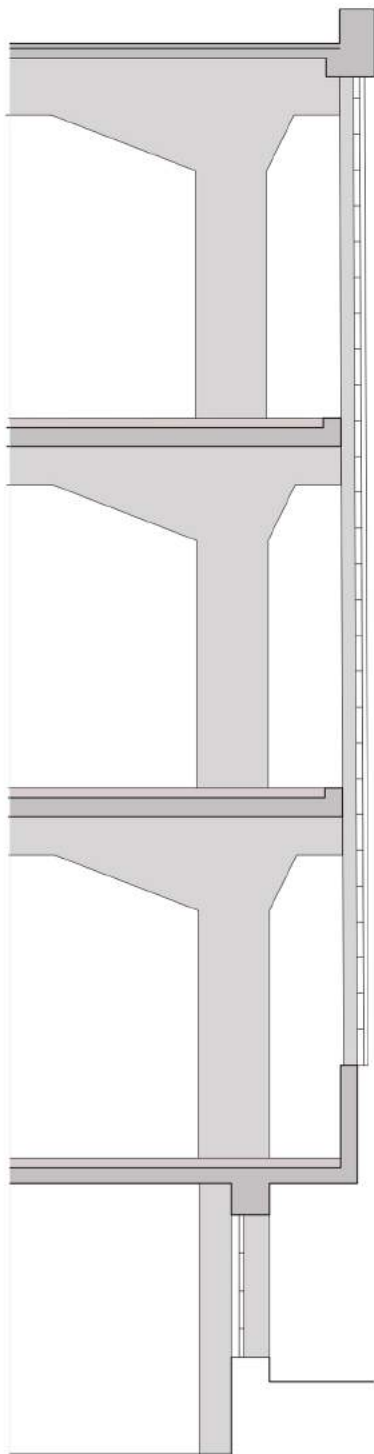


Imagen 15. Axonométrica Bauhaus, Walter Gropius. Elaboración propia.



Con el comienzo del movimiento moderno la estructura se separa del cerramiento, pudiendo de esta forma tener los cerramientos más ligeros, ya que únicamente tienen que soportar su peso propio, o incluso pueden llegar a estar colgados de la estructura. Esto permitió el comienzo de las fachadas con grandes paños de vidrio, que darán lugar a los posteriores muros cortinas.

Se construyen las primeras estructuras con pilares de hormigón armado, que resulta más económico que la estructura de acero, y tiene un perfecto comportamiento a compresión y a tracción debido a las armaduras de acero.

Además tiene un mejor comportamiento ante incendios que el acero y el hierro de las estructuras porticadas que se usaban anteriormente, ya que el acero si no está tratado es muy deformable a altas temperaturas, llegando a producirse el colapso de la estructura; lo que suponía un problema en la época.

En el detalle podremos observar que la estructura está formada por pilares con terminación en capitel de hormigón armado y vigas de canto del mismo material. El forjado está rematado con una pequeña solera de hormigón.

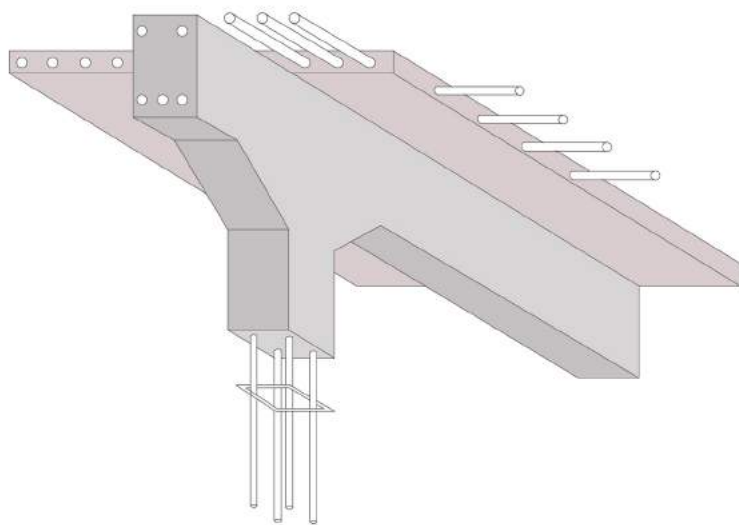


Imagen 16. Sección constructiva y detalle en axonométrica del sistema constructivo de Bauhaus, Walter Gropius. Elaboración propia.

5.Arquitectura después de la I Guerra Mundial: Eugène Freyssinet; Hangar de Orly.-1923

Freyssinet contribuye a muchos de los grandes avances constructivos en la crisis económica después de la I Guerra Mundial. Dos de sus grandes avances son la creación de los encofrados y el hormigón pretensado.

Con los encofrados se puede realizar una dosificación meticulosa del hormigón, y un posterior compactado por vibración; obteniendo así una alta resistencia tanto inicial como final. En el proyecto de los hangares para optimizar la cimbra, diseñó un proceso tipo industrial para realizar los arcos. Consistía en una bóveda de madera la cual se desplazaba sobre rieles, permitiendo un extraordinario avance de obra de un arco por semana. De ésta forma se logró una reducción, hasta entonces impensada, de la mano de obra en construcciones de hormigón.

También fue el inventor del hormigón pretensado, que consiste en traccionar o comprimir las armaduras, dependiendo de como vayan a trabajar, antes de hormigonar la pieza, lo que hizo posible la ejecución de estructuras capaces de soportar grandes esfuerzos, optimizando materiales, mano de obra, y formas matemáticas que ayudan al diseño y a la sostenibilidad del edificio.

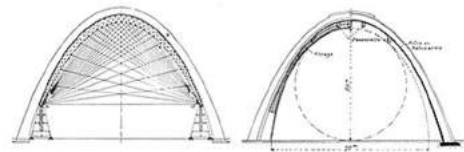


Imagen 17. Esquema del desarrollo de la estructura en sección de hangar de Orly, Freyssinet.
Fuente: Arquitecturas de ingenieros. Siglos XIX y XX. Ed. Ministerio de Cultura, 1980.

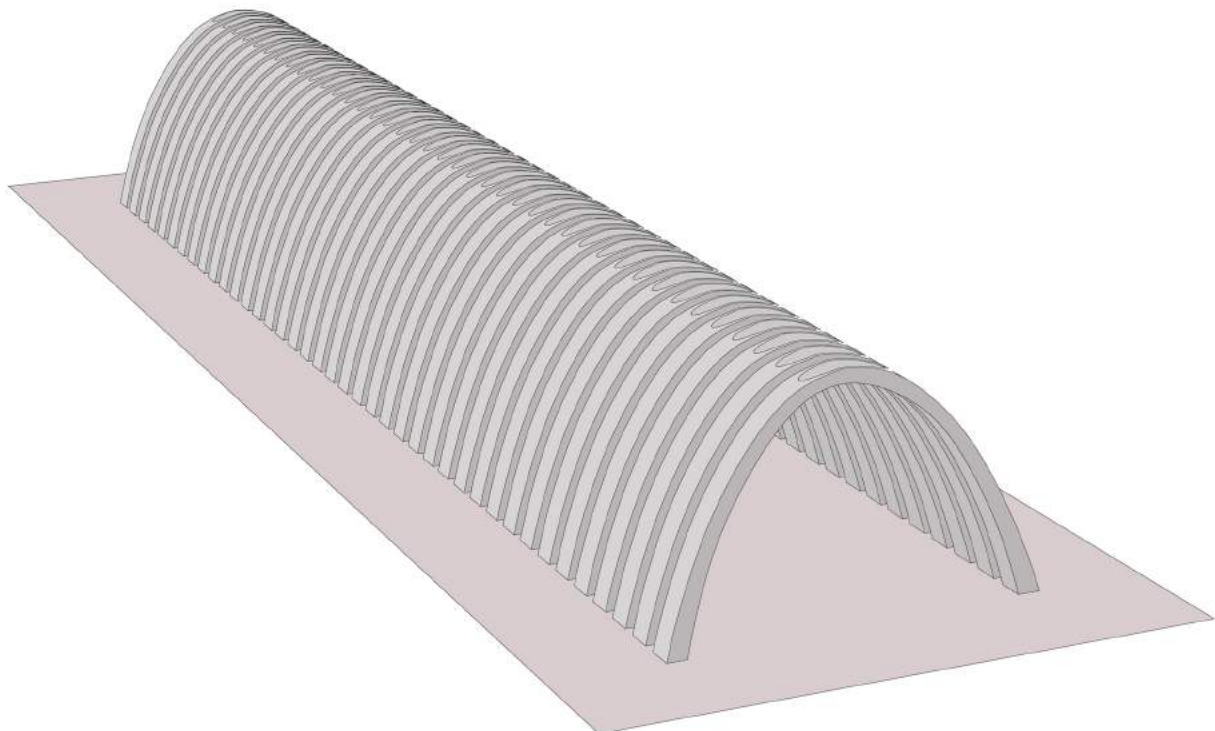


Imagen 18. Axonométrica Hangares de Orly, Eugène Freyssinet. Elaboración propia.

6. Arquitectura después de la II Guerra Mundial: Félix Candela; Restaurante de los Manantiales, Xochimilco.-1958.

La estructura consiste en una bóveda de arista formada por cuatro paraboloides hiperbólicos iguales, en los que las curvas de los bordes exteriores son hipérbolas.

Estos bordes se encuentran libres de cualquier elemento rigidizador, lo que supuso uno de los grandes avances técnicos de Candela, ya que de esta forma se puede apreciar directamente el grosor de las láminas de hormigón.

Se trata de una estructura de 42,4 m de diámetro, con 32,4 m de luz entre soportes. El grosor de la lámina de hormigón es de 4 cm, el habitual en sus cascarones. Para rigidizar las juntas, se colocaron vigas cuya sección es una V, de tal modo que no son visibles ni por el interior ni por el exterior. En los extremos, estas vigas se encuentran ancladas al suelo mediante zapatas con forma de paraguas invertidos. La ventaja de este tipo de cimentaciones, diseñadas por el propio Félix Candela, es que contienen la tierra de manera que no se hundan en el suelo. Por otro lado, las zapatas fueron unidas entre sí mediante barras de acero, con el fin de soportar los esfuerzos laterales.

En cuanto al proceso de construcción de Los Manantiales, el encofrado se realizó de modo que las tablas siguieran las generatrices de los paraboloides. A pesar de que se trataba de una forma repetitiva, formada por ocho elementos idénticos, Candela prefirió no usar el mismo encofrado para todas las piezas, para poder construirlas todas al mismo tiempo. Esto se debe a que los elementos de la estructura no están diseñados para funcionar por separado, sino como conjunto.

Candela no sólo proyectó obras de gran belleza y atractivo visual, sino también de una sofisticación estructural que demuestra el innegable dominio técnico de este arquitecto.

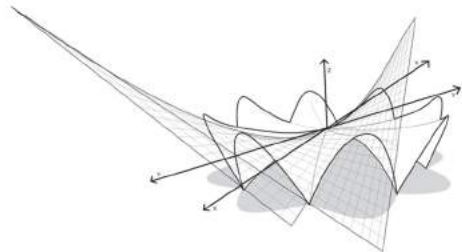
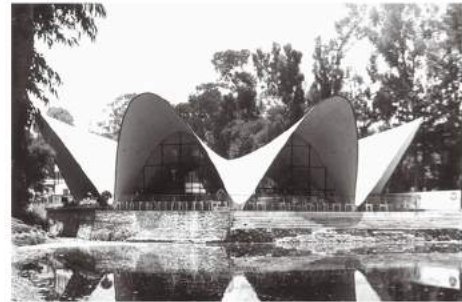


Imagen 19 y 20. Imagen exterior y esquema del desarrollo matemático del paraboloides hiperbólico. Fuente: MIGUEL SEGUÍ, (1994). Félix Candela. Arquitecto. Ed. Instituto Juan Errera, Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. El Viso S.A., Torrejón de Ardoz. ISBN 84-600-8871-5.

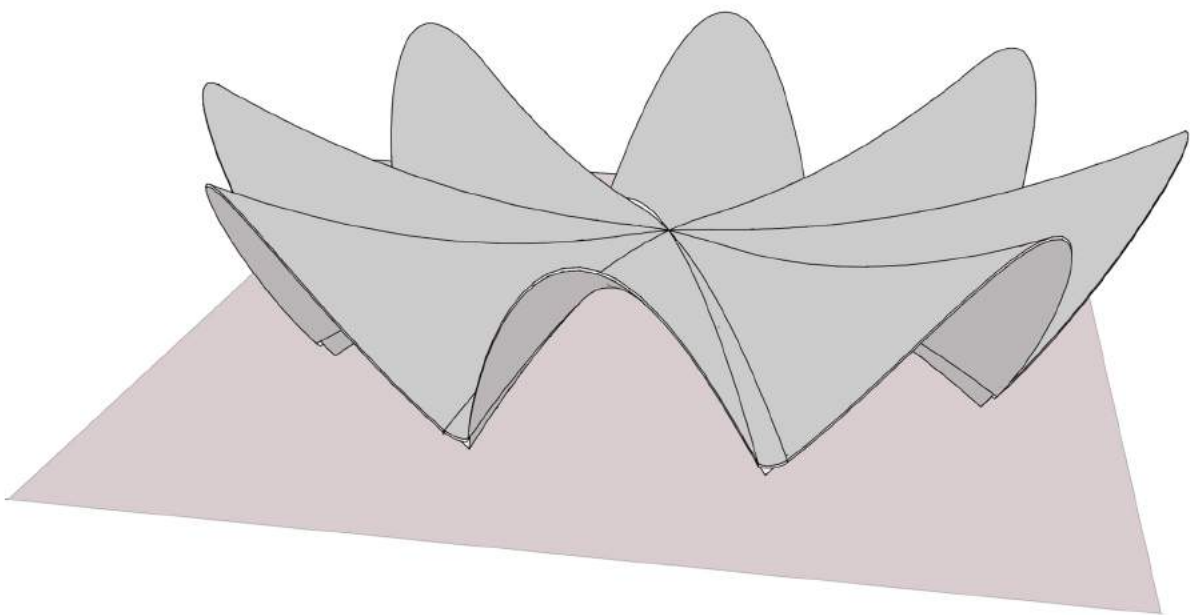


Imagen 21. Axonométrica restaurante Los Manantiales, Félix Candela. Elaboración propia.

7.Arquitectura brutalista: Óscar Niemeyer; Catedral de Brasilia.-1970.

Niemeyer nos muestra en esta iglesia algunas de las características que serán constantes en su obra.: el uso del hormigón como material expresivo, las formas orgánicas con sentido tanto estético como estructural, el uso de láminas de hormigón armado siguiendo figuras geométricas, etc. Es pues una interpretación plástica muy brillante del propio Le Corbusier y de ingenieros del hormigón, como el español Torroja y el italiano Nervi.

Los materiales utilizados en la edificación fueron el hormigón armado y fibra de vidrio para las vidrieras que también son estructurales, por tener que soportar el peso propio de las mismas.

El interior del templo se presenta como un espacio diáfano de una sola nave sin ningún tipo de elementos de soporte ni espacios jerarquizados. El exterior tampoco presenta ningún tipo de jerarquización ni fachada predominante, es tan sólo una estructura de forma hiperbólica a base de dieciséis columnas que ascienden hacia el cielo y sustentan el sistema de cubierta.

Así la estructura surge desde el suelo como una forma divina que asciende hacia el infinito y simboliza la unión de dos manos que se alzan en una plegaria hacia el cielo.



Imagen 22 y 23. Imagen interior y exterior de la catedral de Brasilia, Óscar Niemeyer.
Fuente: Pinterest.

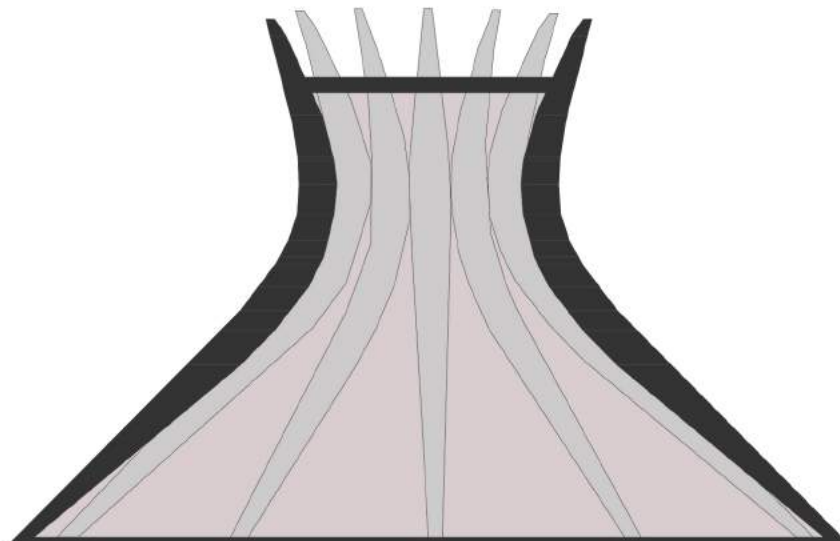
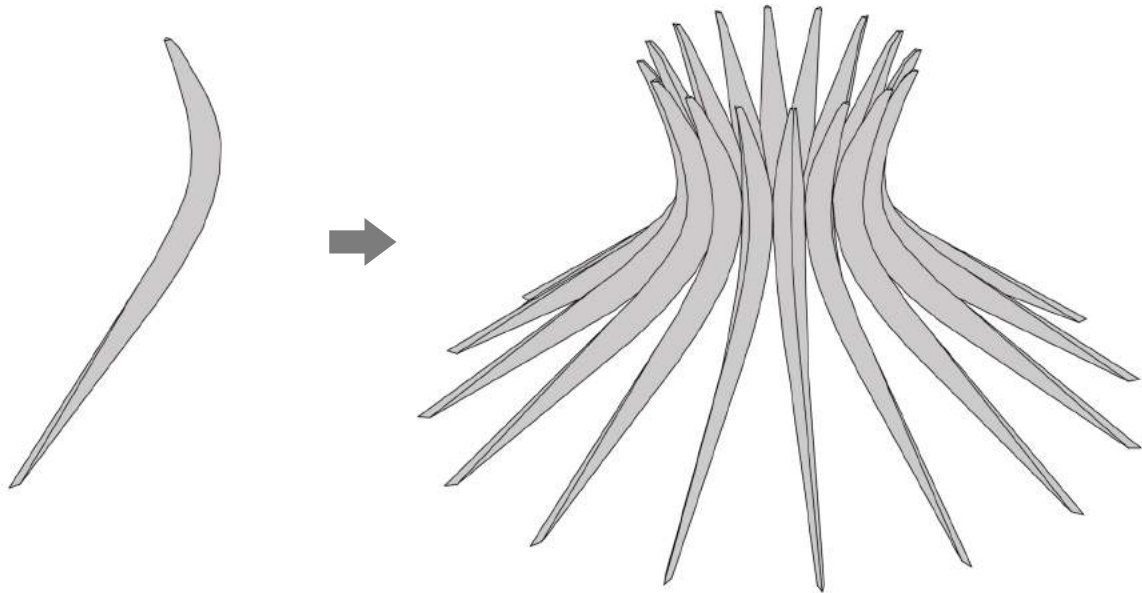


Imagen 24. Sección esquemática de catedral Brasilia, Óscar Niemeyer. Elaboración propia.



La estructura está formada por un pilar curvo de hormigón armado reforzado con fibra de vidrio. Este pilar se repetirá dieciséis veces formando un círculo en planta, creando así un hiperboloide. La estructura se remata con unas vidrieras estructurales con refuerzo de fibra de vidrio también.

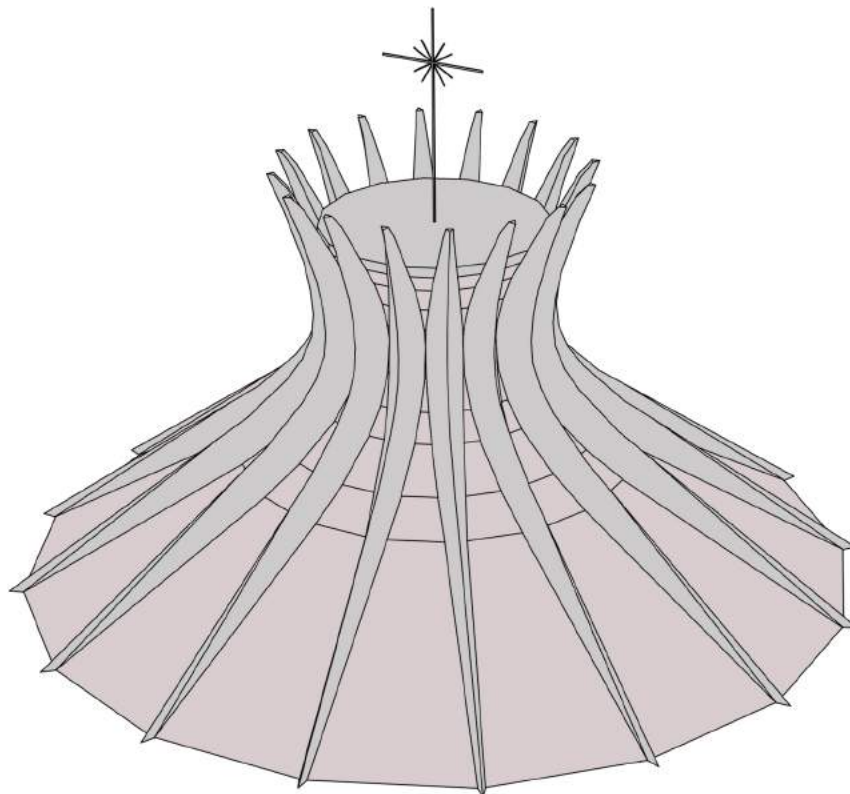


Imagen 25. Esquemas en axonométrica del proceso constructivo de la catedral Brasilia, Óscar Niemeyer. Elaboración propia.

7.Arquitectura deconstructivista: Frei Otto; Estadio olímpico de Munich.-1972.

Frei Otto ha desarrollado con sus estructuras livianas, una síntesis entre la transmisión de las cargas y la forma arquitectónica, generando una nueva tipología estructural.

Otto ha trabajado mucho con el sistema de construcción ligera, es decir, el modo de construir con un consumo mínimo de medios (materiales, energéticos y económicos).

Al poder diseñar estructuras cuyo principal modo de trabajo sea a tracción, se evitan los problemas de pandeo de las estructuras comprimidas esbeltas, y esto hace que se puedan cubrir mayores luces con un peso propio muy reducido con relación a las cargas que se deben soportar. Al conseguir optimizar la forma resistente y al emplear de la mínima cantidad de material, se desarrolla el principio de la forma antifunicular.

Las investigaciones realizadas por Otto y sus seguidores fueron motivadas en parte por la necesidad de encontrar la forma más eficiente de estructuras muy ligeras, tales como las carpas o las estructuras neumáticas. Es decir tenían inicialmente un carácter aplicado, con una finalidad práctica concreta. Pero pronto se obtuvieron resultados que tenían una validez general.

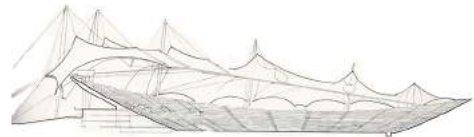


Imagen 26 y 27 . Imagen aérea y sección del estadio olímpico de Munich, Frei Otto.

Fuente: WINFRIED NERDINGER, (2009). Frei Otto- "Lightweight Construction, Natural Design". Ed. Birkhäuser Verlag A.G., Berlín .ISBN: 978-3-7643-7233-0.

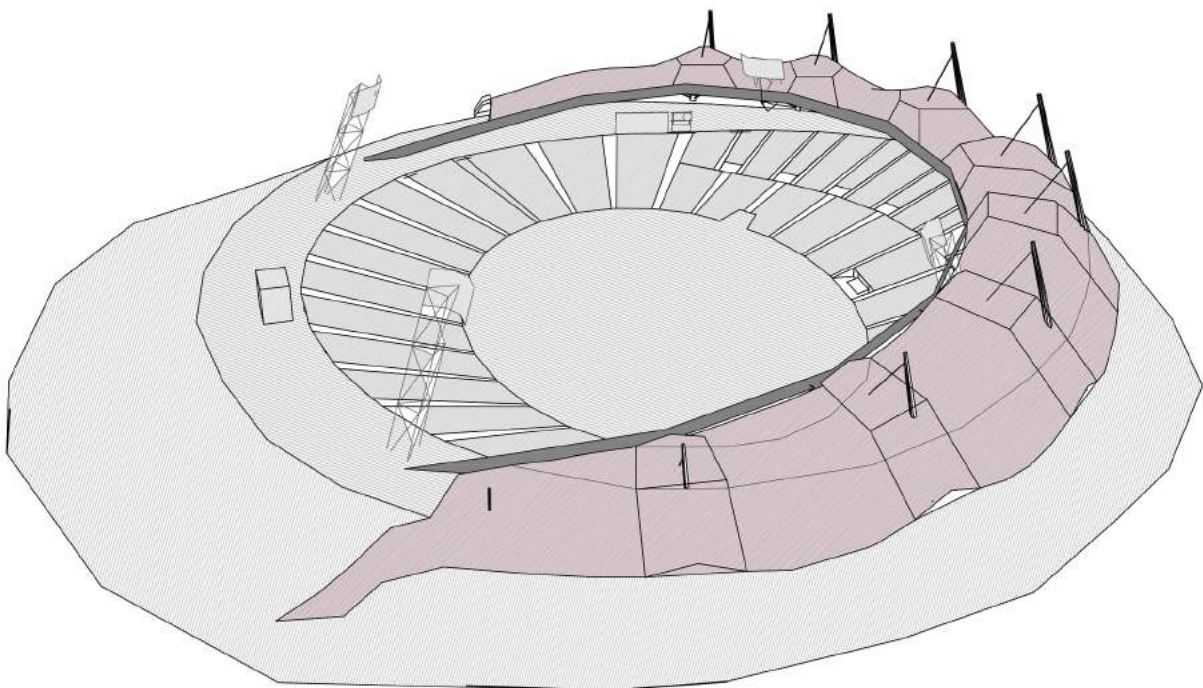


Imagen 28. Axonométrica del estadio olímpico de Munich, Frei Otto. Elaboración propia.

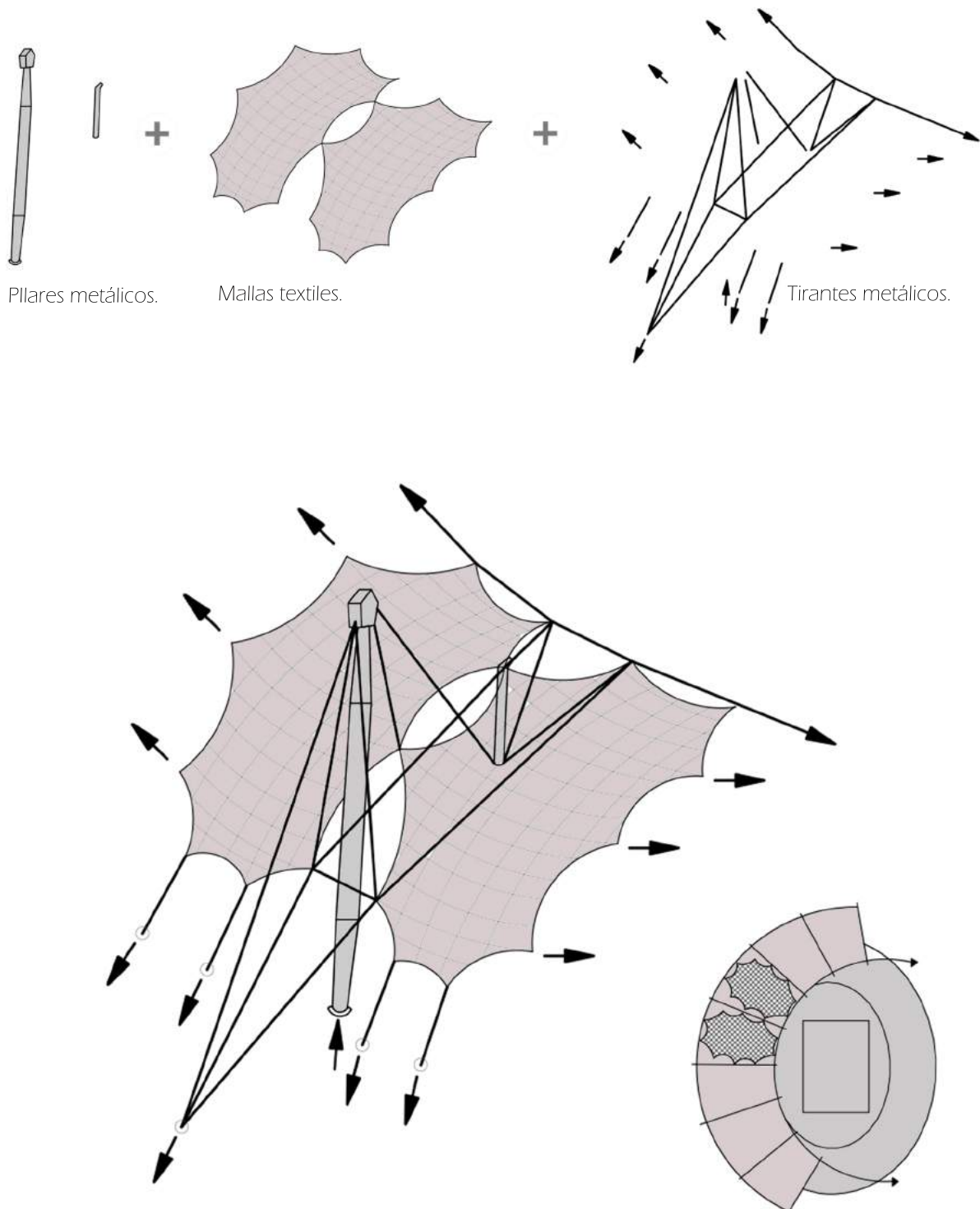
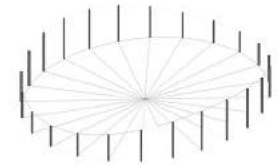


Imagen 29. Esquemas axonómicos del sistema estructural del estadio olímpico de Munich, Frei Otto. Elaboración propia.

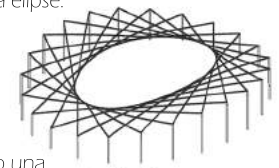
9.Arquitectura neomanierista: Herzong & Meuron; Estadio olímpico de Pekín.-2007.

En la arquitectura internacional de las últimas décadas, diferentes referentes contemporáneos (Libeskind; Rem Koolhaas; Herzog & De Meuron; Toyo Ito) han presentado obras y proyectos arquitectónicos a partir del desarrollo bidimensional de superficies tridimensionales plegadas. La proyección bidimensional continua y dinámica de una situación espacial tridimensional se han sostenido hasta desarrollar nuevos recursos instrumentales, generando soluciones estructurales, formales, espaciales y tecnológicas innovadoras. Estas valiosas experiencias individuales, si bien han contribuido al debate contemporáneo, a nivel práctico, no han constituido estrategias generalizables.

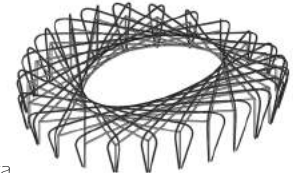
El efecto espacial del estadio es novedoso, y sin embargo simple y de una inmediatez casi arcaica. Su apariencia es estructura, fachada y la estructura son idénticos. Los elementos estructurales se apoyan mutuamente y convergen en una formación en forma de rejilla espacial, en la que todo está integrado.



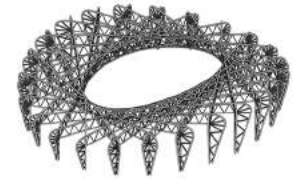
Pilares metálicos formando una elipse.



Rotación de las vigas formando una segunda elipse.



Compensación de la estructura.



Construcción de las cerchas.

Imagen 30. Desarrollo estructural del estadio olímpico de Pekín, Herzog & Meuron

Fuente: FERNANDO MÁRQUEZ y RICHARD LEVENÉ. (2006). Herzog & Meuron 2002-2006. Ed. El Croquis, Madrid. Pag. 348-365. ISBN: 0212-5635.

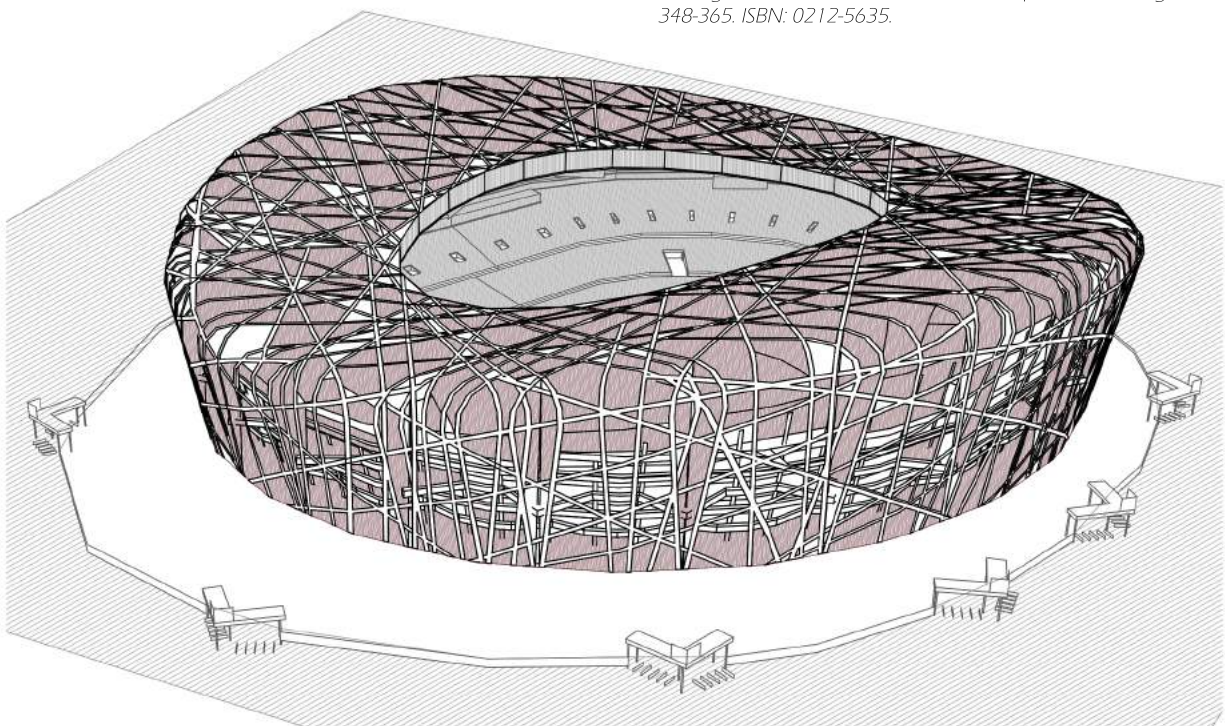


Imagen 31. Axiométrica del estadio olímpico de Pekín, Herzog & Meuron. Elaboración propia.

10.Arquitectura neomanierista: Zaha Hadid; Centro Heydar Aliyev, Kabi.-2012.

El Centro de Heydar Aliyev consta de dos sistemas estructurales en colaboración: una estructura de hormigón combinada con un sistema estructural espacial. Para lograr alcanzar los espacios libres de columnas a gran escala que permitan al visitante experimentar la fluidez del interior, los pilares son absorbidos en el interior de las paredes y los muros cortina. Se proyectan soluciones no convencionales de geometría estructural, como la introducción de 'columnas de arranque' curvas para lograr alcanzar el opuesto de la cáscara del edificio, y la "cola de pato" que se estrecha con el uso de las vigas en voladizo.

La subestructura se desarrolla para incorporarse de una forma flexible entre la rejilla rígida de la estructura espacial y el revestimiento exterior. La colocación estratégica de ésta subestructura se derivó de un proceso de racionalización de la compleja geometría, el uso y la estética del proyecto. Se utilizaron materiales como la fibra de vidrio reforzada de hormigón y el vidrio reforzado con fibra de poliéster para el revestimiento, ya que permiten la plasticidad del diseño del edificio al tiempo que responde a las diferentes exigencias funcionales relacionados con la variedad de situaciones dentro del edificio.

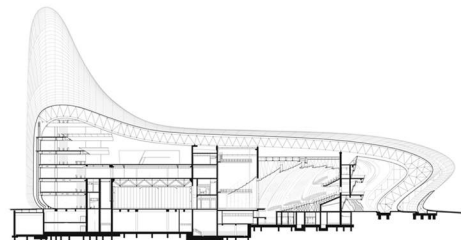


Imagen 32 y 33 . Imagen exterior y sección del centro Heydar Aliyev de Zaha Hadid.
Fuente: PHILIP JODIDIO. (2009). Hadid. Complete Works 1979-2009. Ed. Taschen, Italia.
ISBN: 978-3-8365-0295-5

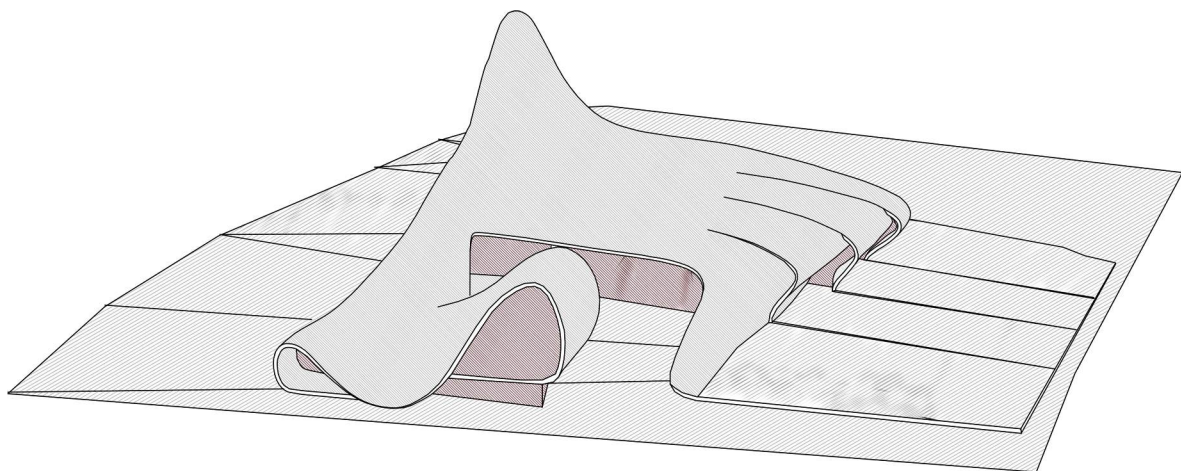


Imagen 34. Axonométrica del centro Heydar Aliyev, Zaha Hadid. Elaboración propia.

11.Arquitectura de presencia: Peter Zumthor; Termas de Vals.-1996.

“La esencia de su arquitectura está en la experiencia de las texturas, el juego de la luz, la celebración de la manualidad y la cinestesia de los espacios”. “Cada uno de sus trabajos toca extremos en la eliminación de lo superfluo creando una paradoja: una arquitectura de materiales puros y espacios continuos que es a la vez imposiblemente sencilla, aunque envoltivamente misteriosa”. Con estas palabras el arquitecto Richard Ingersoll define al arquitecto, Peter Zumthor.

El trabajo de Peter Zumthor es una arquitectura de experiencia, con una sutileza y un manejo de la construcción y de los materiales a usar de un gran maestro, siendo capaz de proyectar espacios que sean a la par de sencillos y enriquecedores.

Zumthor, trabaja con el engaño, con las cosas que parecen pero no lo son, como ocurre en su obra las termas de Vals, en la que construida en la montaña, parece que estes dentro de ella por el uso de sus materiales, por la entrada de la luz a través de éstos. En cambio, lejos de toda la apariencia es una sencilla estructura de hormigón armado y posteriormente atirantado al más puro estilo búnker, en el que el uso de los aplacados de piedra veteados en una dirección y la correcta e intencionada dirección de las maderas usadas como encofrados en el techo y las paredes hacen al espectador pensar que la construcción del edificio es totalmente diferente a la sencilla realidad.

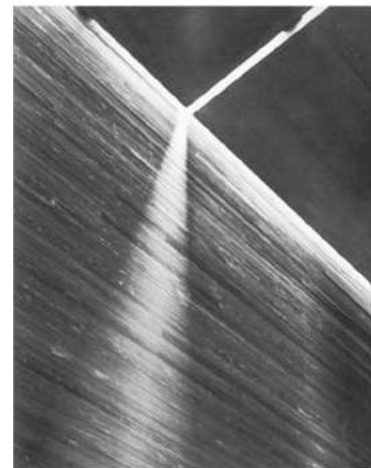
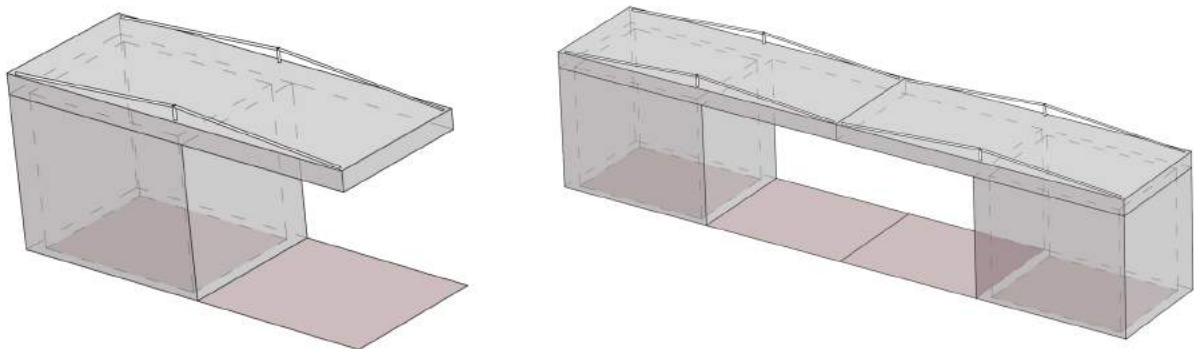


Imagen 35 y 36 . Imagenes de las Termas de Vals de Peter Zumthor.
Fuente: wikiarquitectura



Peter Zumthor decide proyectar los espacios con una estructura poco convencional. En unos pilares huecos de gruesos muros de hormigón armado, en los que dentro albergará un espacio; apoyan unas ménsulas con un gran voladizo construidas en losas de hormigón armado también, y que se encuentran atirantadas mediante cables metálicos para poder resistir los esfuerzos de vuelco que tiene la losa.

Los tirantes se encuentran ocultos debido a que la cubierta es vegetal para poder tener el menor impacto paisajístico posible en el entorno.

En los grandes voladizos de esas ménsulas se albergarán los espacios más diáfanos, ya que están libres de estructura completamente. De esta forma Zumthor jerarquiza los espacios con una simple acción, en espacios dentro de la estructura y espacios fuera de ésta.

En la enfrentación de los distintos módulos estructurales se dejan pequeños lucernarios que permiten iluminar el edificio mediante pequeñas grietas de luz.

Zumthor también deja zonas sin ningún tipo de módulo de estructura para proyectar unos grandes lucernarios en las zonas de las piscinas principales o en el solarium.

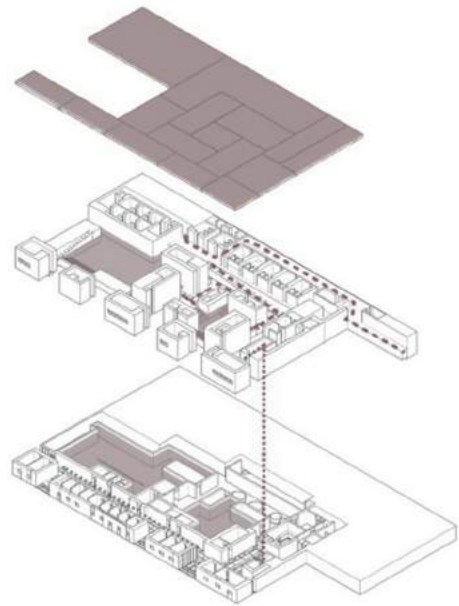


Imagen 38. Axonométrica explotada de las Termas de Vals de Peter Zumthor.

Fuente: <http://www.fadu.edu.uy/viaje2015/articulos-estudiantiles/termas-de-vals/>

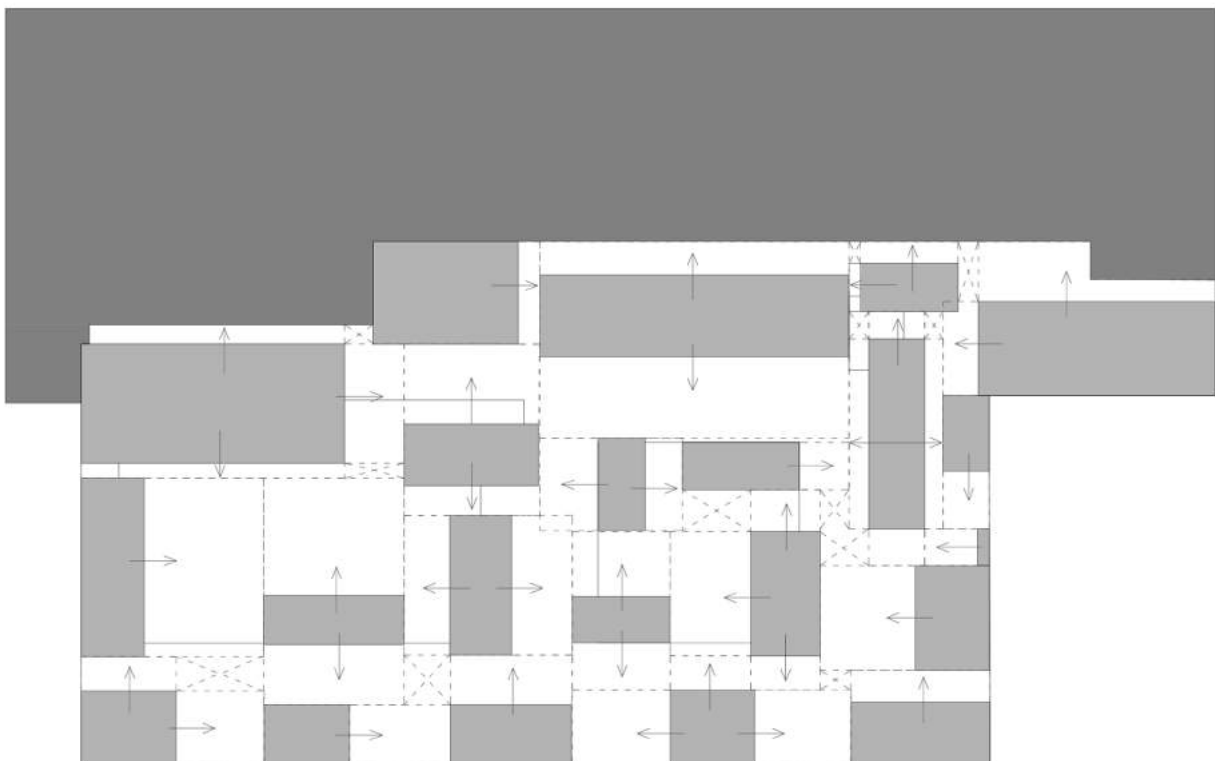
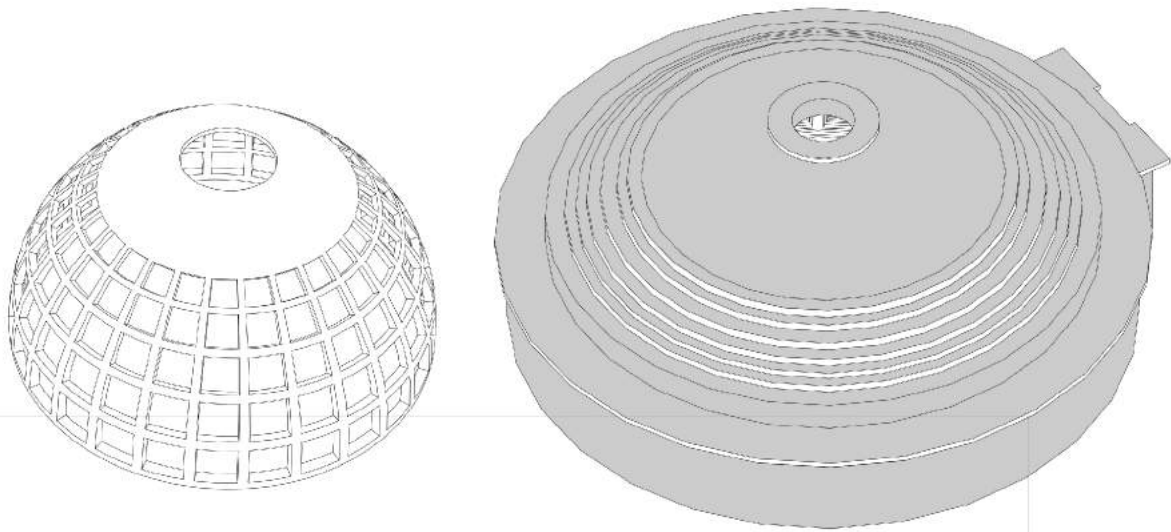


Imagen 39. Planta de bloques y dirección de las ménsulas de termas de Vals, Peter Zumthor. Elaboración propia.

12. Conclusiones

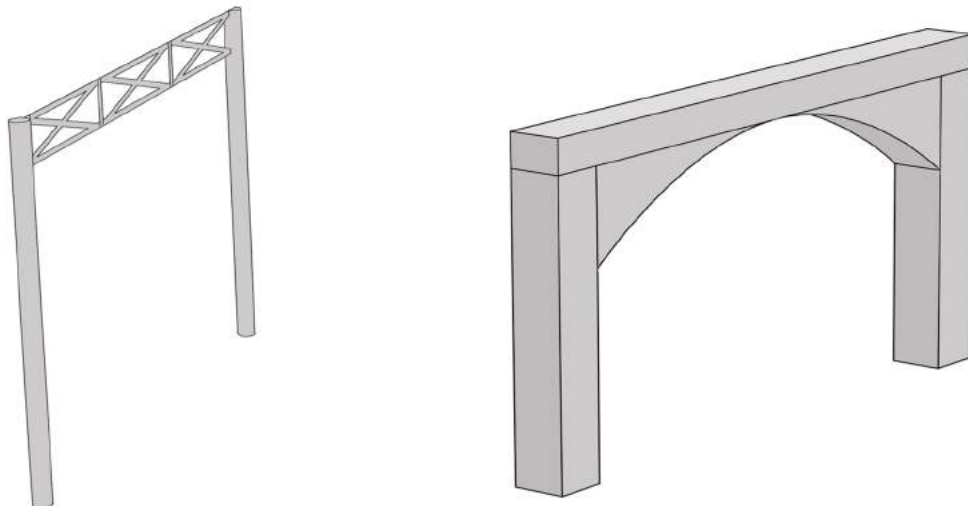
1. Forma + masa: Cúpulas.

Del análisis extraigo que podemos deducir cuatro tipos de estructuras básicas y, a partir de las cuáles derivan todas las estructuras de los distintos edificios. La primera en la que nos centraremos es la estructura de las cúpulas, que trabajan tanto por masa como por forma. La forma de ser una sucesión infinita de arcos, más o menos apuntados, a lo largo de una planta circular, hace que todos los puntos soporten las mismas fuerzas al tener la misma masa. Más adelante, se construyen otras formas de construir cúpulas en las que predominen unas líneas de fuerza, como pueden ser los nervios o los casquetes.



2. Pórticos.

Con la revolución industrial, se requieren espacios más diáfanos, por lo que las estructuras murarias dejan de ser adecuadas a los nuevos programas. Las estructuras de los edificios comenzaron a ser pórticos, compuestos por pilares y vigas. Como las construcciones en piedra son muy costosas, se evolucionó en el tratamiento de los materiales. Primero se hará uso del hierro, con posteriores aleaciones para hacerlo más resistente, hasta la llegada del acero. Con la llegada de la I Guerra Mundial, el acero se encareció mucho y tuvieron que utilizar otros materiales igualmente resistente, lo que hizo que llegase el hormigón armado a la construcción.



3. Forma + ecuación matemática.

Otra forma de construir, tras la evolución de los avances matemáticos, es a través de la forma, pero con formas matemáticamente regladas como hiperboloides, paraboloides hiperbólicos o arcos de catenarias. Estas construcciones se realizaban en hormigón, con o sin refuerzo de fibras según los esfuerzos que se necesitasen sostener. Además su evolución fue posible a partir de la creación de los encofrados para hacer más rápida, con menos material y menor mano de obra las obras, de esta forma podía construir con un presupuesto mucho menor.

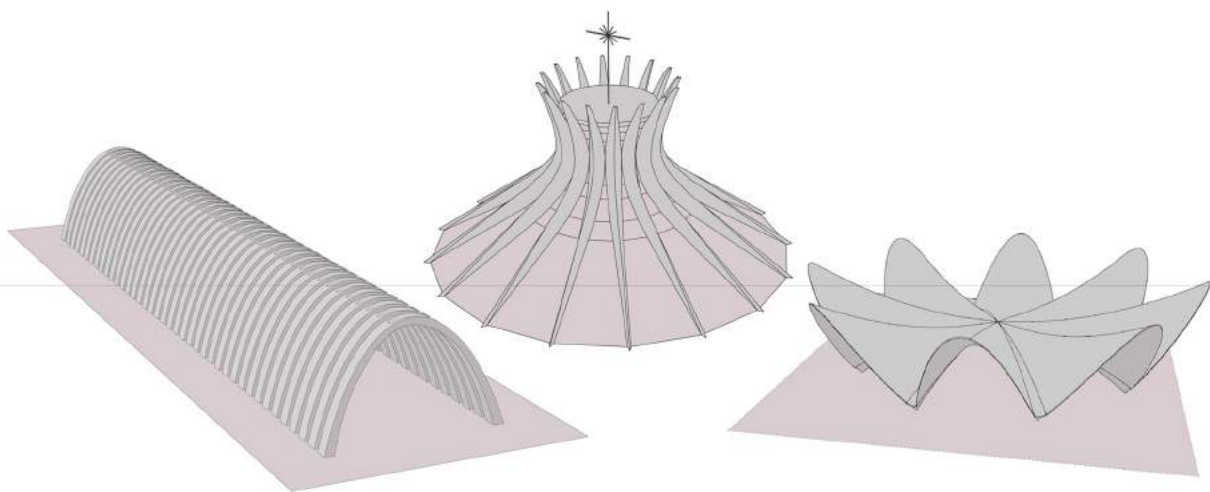


Imagen 18, 21 y 25. Axonometrica de hangar de Orly, Freyssinet; restaurante los Manantiales, Candela y catedral Brasilia, Niemeyer. Elaboración propia.

4. Estructuras atirantadas.

Aunque las estructuras tensadas, fueron originalmente concebidas para estructuras ligeras que únicamente están traccionadas, como es el caso del ejemplo textil de Frei Otto; con el tiempo se han aplicado también a estructuras más masivas como en el caso exouesto de hormigón armado, para de esta forma poder conseguir vuelos en los edificios muchos más grandes debido a que gran parte del esfuerzo de vuelco lo sostiene la tracción del tirante. De esta forma, las primeras investigaciones tensadas, utilizadas para materiales textiles o neumáticos en los que se asocia a algo temporal, se determinan como algo más estable y generalizado.

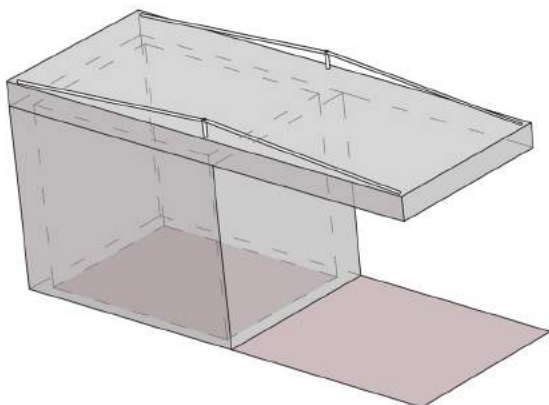


Imagen 37. Detalle en axonométrica del termas de Vals, Peter Zumthor. Elaboración propia.

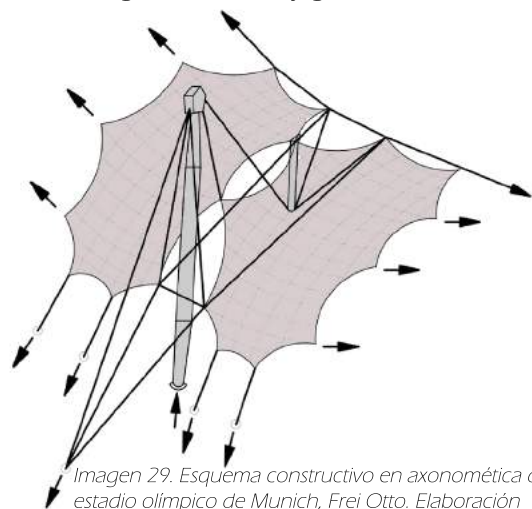


Imagen 29. Esquema constructivo en axonométrica de estadio olímpico de Munich, Frei Otto. Elaboración propia.

APLICACIONES

1. Referencia muraria: Julio Cano Lasso
2. Referencia porticada: Giuseppe Terragni
3. Referencia atirantada: Pier Luigi Nervi
4. Referencia abovedada: Louis Kahn
5. Referencia vigas ortogonales: Louis Kahn
6. Referencia "cajas" murarias: Peter Zumthor

1.Referencia muraria: Julio Cano Lasso, Universidad laboral en Almería.

Para comenzar diré que en base a un anterior análisis de la zona y del programa que supone una escuela de artes, he deducido varias ideas de proyecto: la zona de talleres deberá ser continua y diáfana para la relación entre las distintas artes, deberá conformarse en un único bloque y con un patio para seguir la tradición de llenos y vacíos de la ciudad, tendremos tres bloques diferenciados: aulas, talleres y administración .

Con una estructura muraria, entendemos que aunque puedan cubrirse grandes luces no es la más adecuada.

Podemos encontrar problemas en la zona de talleres, ya que no somos capaces de construir un espacio diáfano. Los muros absorben el ruido, pero éstos a la vez no permiten una vista continua de toda la zona. Este problema de vistas también se hace visible en el vestíbulo principal, en el que queremos que formar un único espacio con la sala de exposiciones.

Esta forma estructural nos conforma un edificio separado en tres bloques diferenciados según su uso programático.

Además , debemos prescindir de parte del programa como es la biblioteca y la mensa.

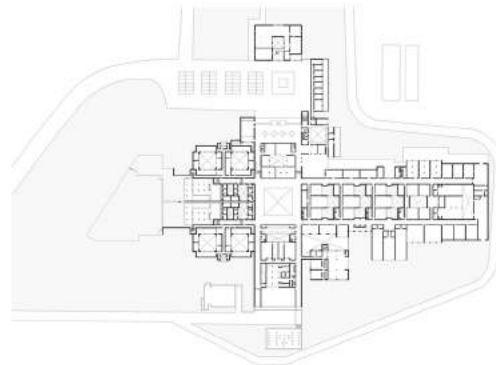


Imagen 42 y 43. Imagen exterior y planta de universidad laboral en Almería, Cano Lasso. Fuente: VVAA, (2014), Espacios para enseñanza. Arquitecturas docentes de 6 arquitectos españoles.Ed. Asimétricas. ISBN 9788494198205

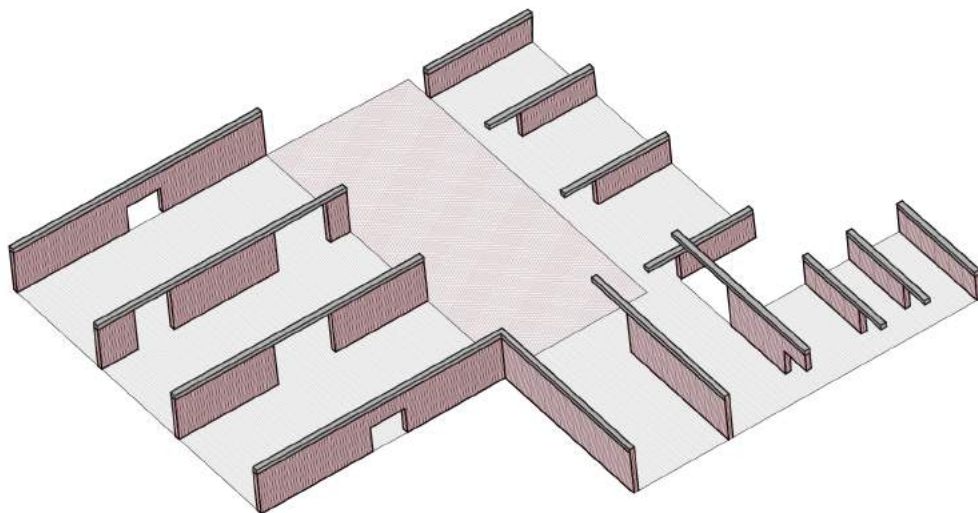
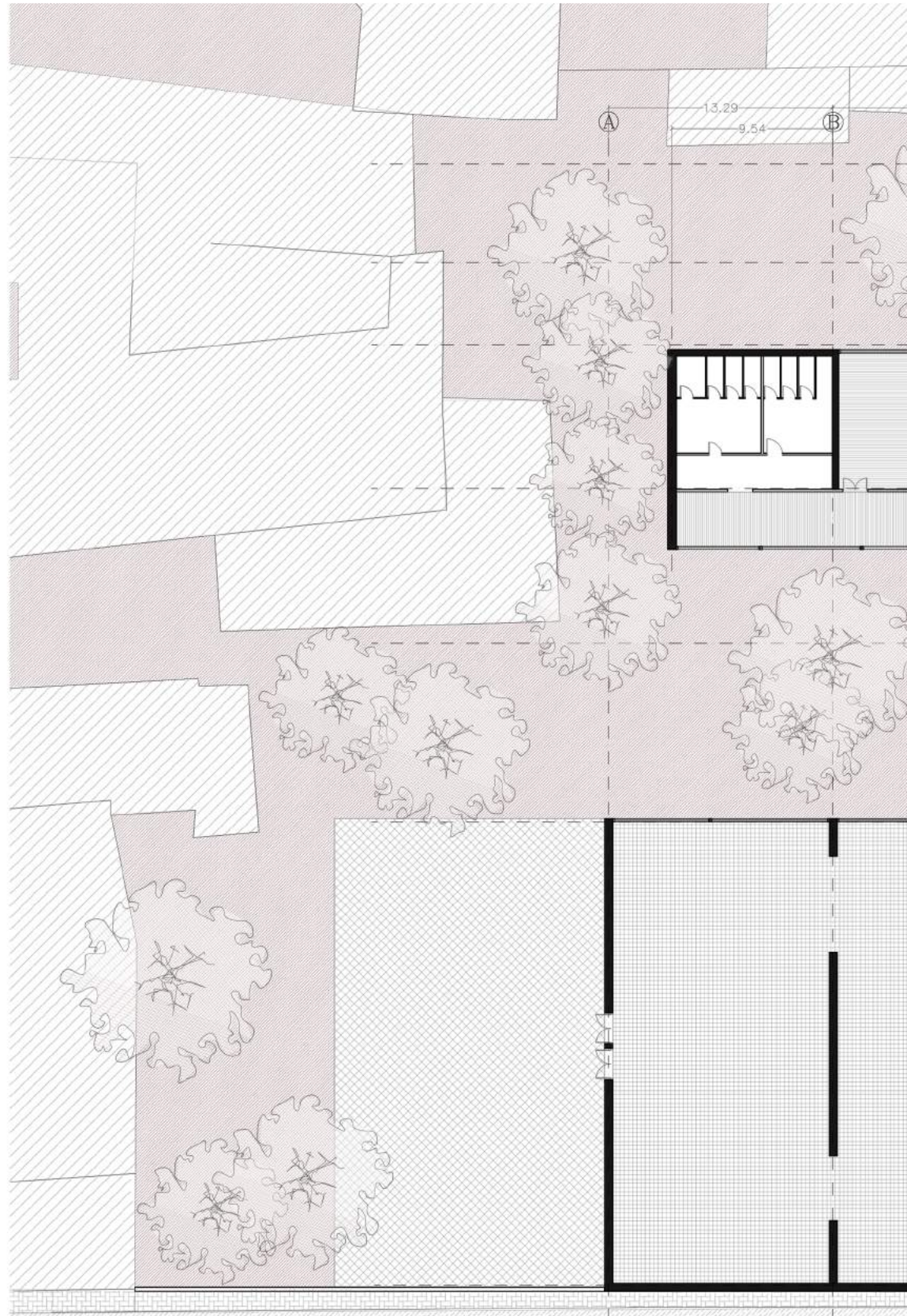
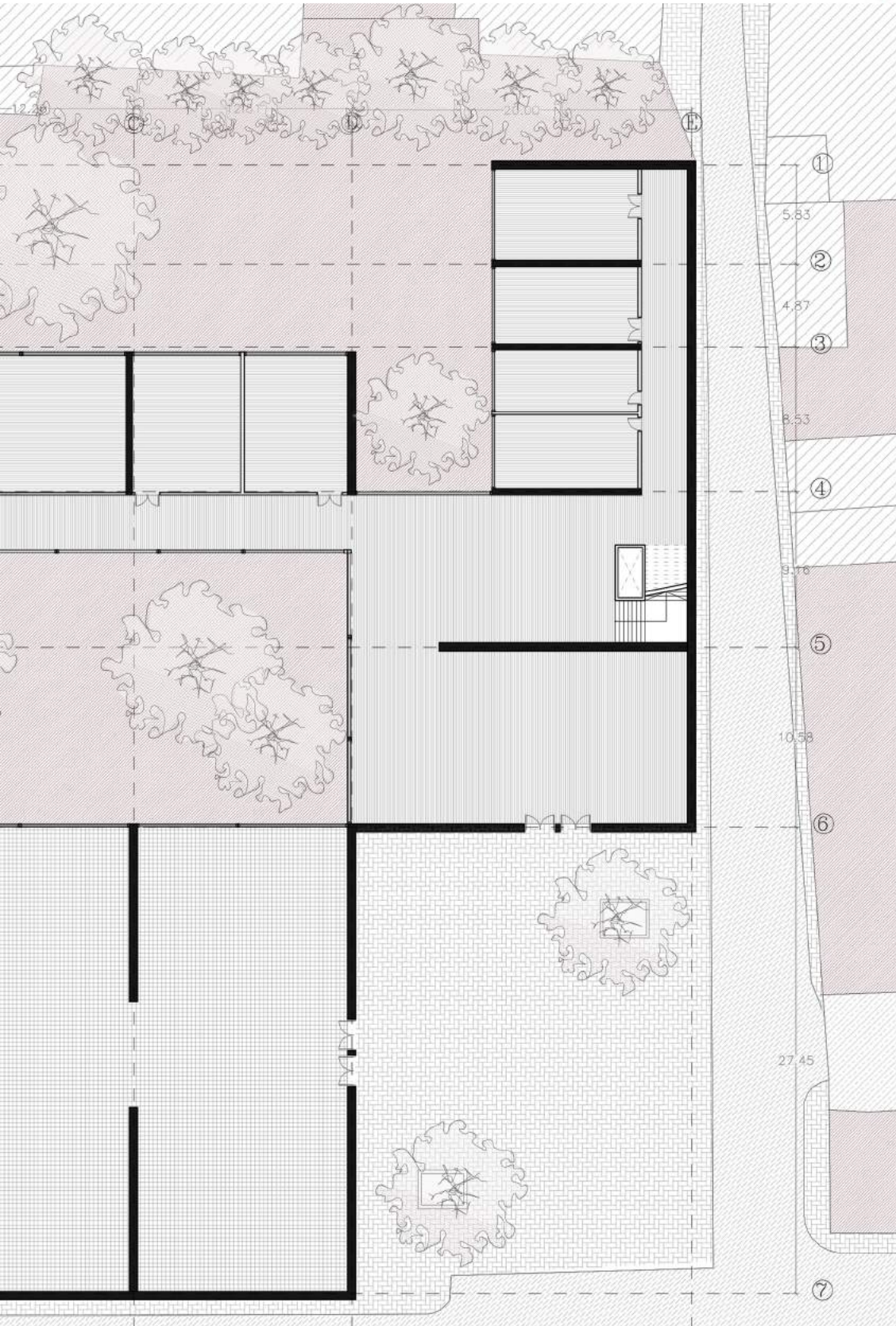


Imagen 44. Esquema estructural del prototipo murario propuesto . Elaboración propia.



Planta prototipo muraria. Escala 1/400. ◀



1.Referencia pilares: Giuseppe Terragni, Parbulario de Sant´Elia..

Al usar un sistema estructural mediante pórticos podemos observar un espacio más diáfano en las zonas requeridas anteriormente, aunque no en su totalidad visual.

El edificio se sigue conformando en tres bloques completamente identificados, y debido a que compositivamente está definido igual que la referencia anterior, no hay espacio suficiente para proyectar un espacio de biblioteca y otro como mensa.

El uso de uno estructura mediante pilares, podría darnos muchos problemas para albergar el uso de las instalaciones, así como problemas acústicos, debido a tener grandes espacios que nos producirán una reverberación, por ello, deberíamos tener muy en cuenta los acabados que usamos. El uso de estructuras murarias, haría que los muros nos permitan traspasar la onda del sonido, cambio el uso de una estructura porticada es más conveniente para una ventilación e iluminación del conjunto mucho mayor y más flexible .

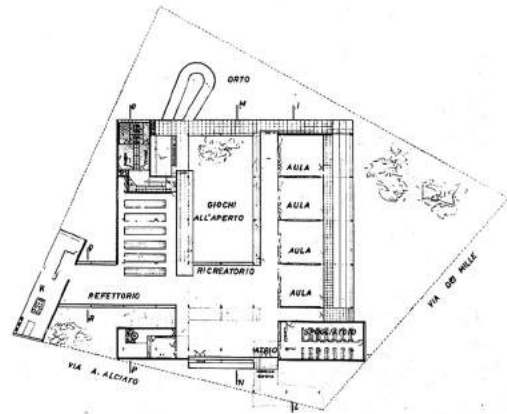
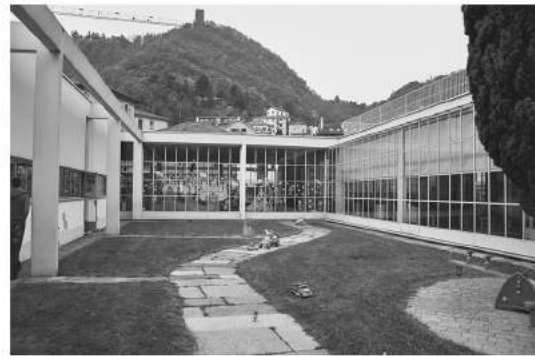


Imagen 45 y 46. Imagen exterior y planta de parbulario en Sant´Elia, Terragni. Fuente: : ADA FRANCESCA MARCIANO; Giuseppe Terragni: opera completa 1925-1936. Ed. Officina Edizioni, Roma. Pag. 181-198. ISBN 88-87-570-38-8

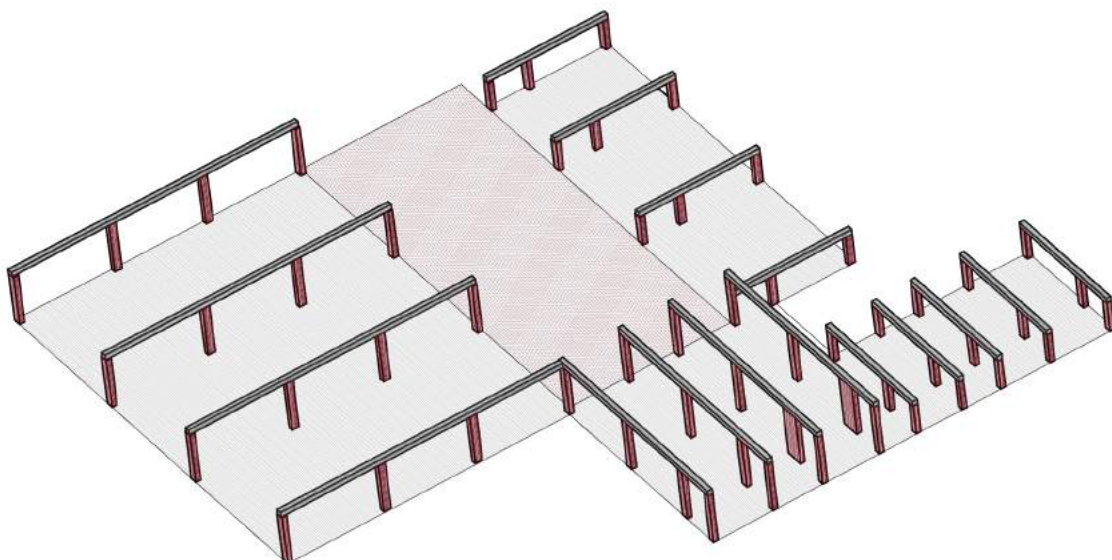
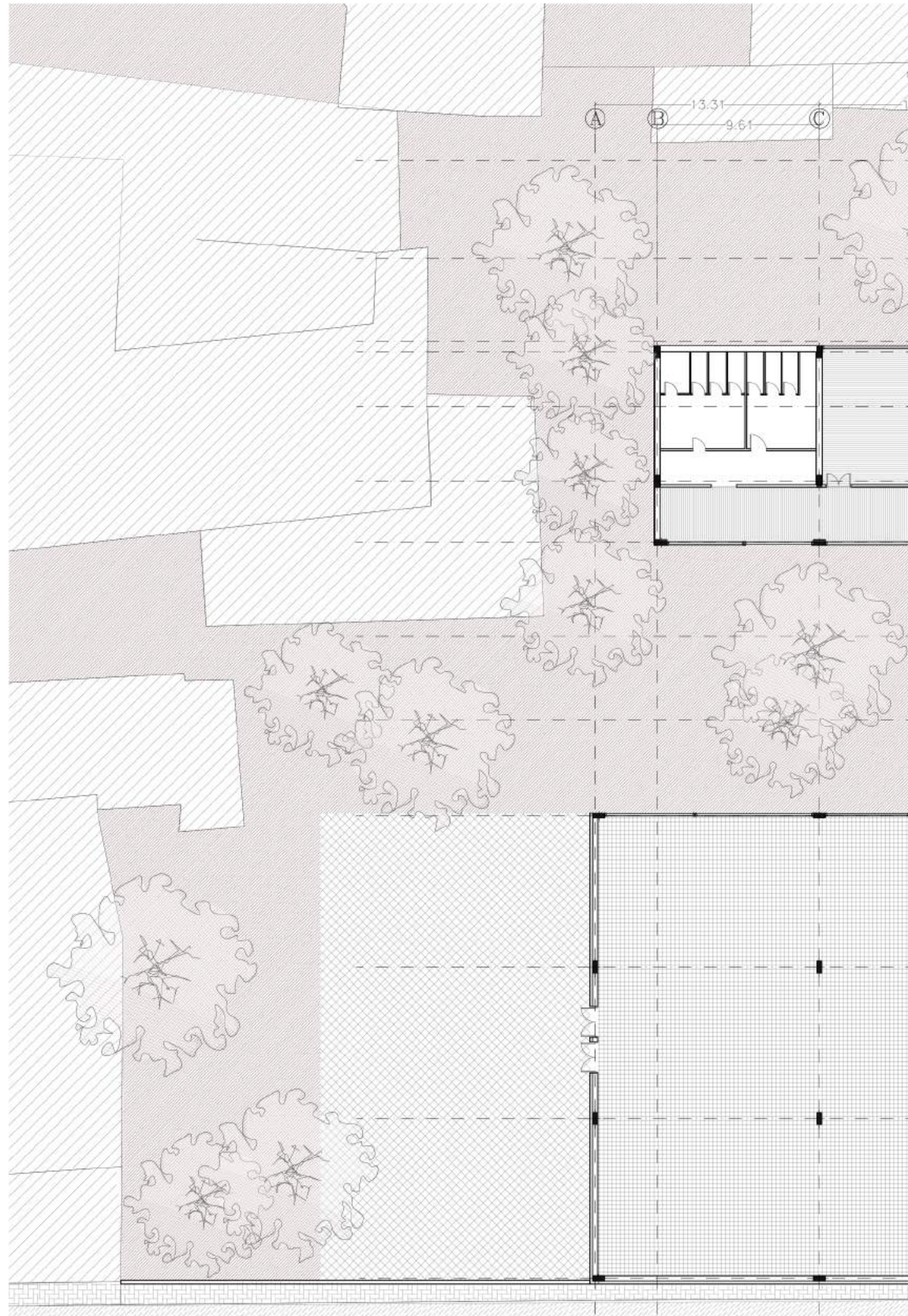
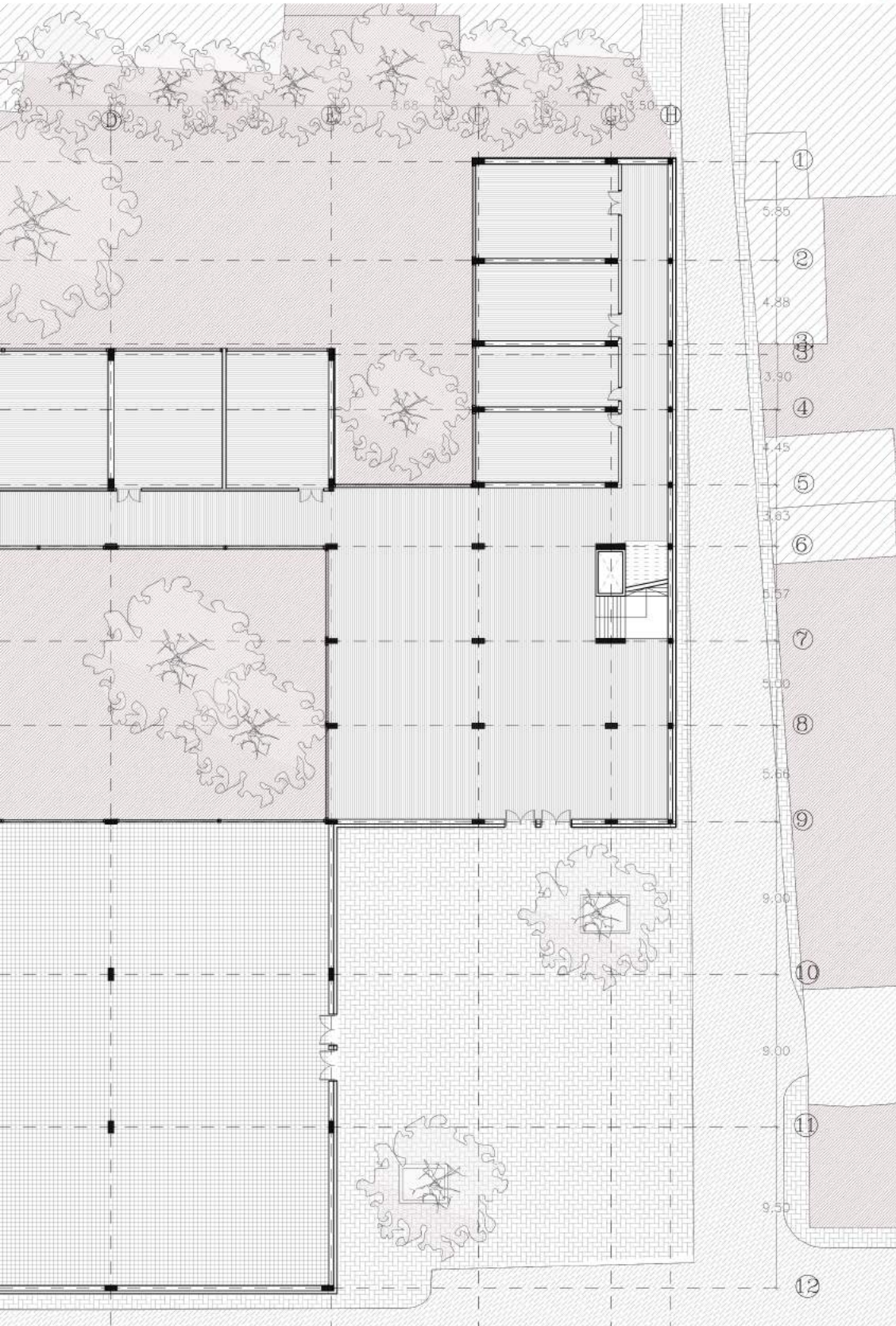


Imagen 47. Esquema estructural del prototipo de pilares propuesto . Elaboración propia.



Planta prototipo pilares. Escala 1/400. 



3.Referencia atirantada: Pier Luigi Nervi, Fábrica de papel en Mantua.

Con el uso de una estructura colgada conseguimos un espacio completamente diáfano para los talleres, con acceso propio al patio de trabajo, y con una relación visual a éste. De esta forma todas las artes impartidas en la escuela estarán en un contacto constante, donde la inspiración fluya libremente.

A cambio, debemos ser conscientes de que se pierden las distintas entradas para los usuarios de estudiantes y visitantes.

Se proyecta un edificio completamente acristalado, lo que permite que la ventilación y la iluminación sean completas, aunque se corre el riesgo de producir un efecto invernadero en verano, ya que aunque la losa superior se proyectará de forma que funcione como protección solar, no podrá funcionar de forma completamente óptima.

El edificio tampoco funcionará de forma correcta frente a los problemas de acústica, ya que el cristal produce muchas reverberaciones y el resto de acabados no serán suficientes para absorber todo.

Además, este tipo de edificaciones necesitan un contexto nulo, ya que son grandes obras de ingeniería que en el centro de una ciudad no respetando los espacios colindantes. con el impacto visual que suponen.



Imagen 48 y 49. Imagen exterior y sección de la fábrica de papel en Mantua, Nervi. Fuente: : PAOLO DESIDERI, (1982), Pier Luigi Nervi. Ed.Gustavo Gili. ISBN: 9788425210709

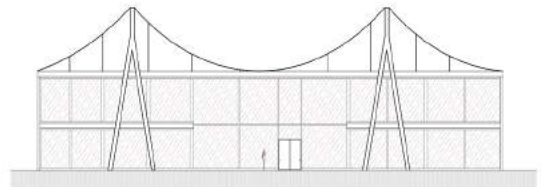


Imagen 50. Sección de la escuela de bellas artes propuesta con el prototipo atirantado. Elaboración propia.

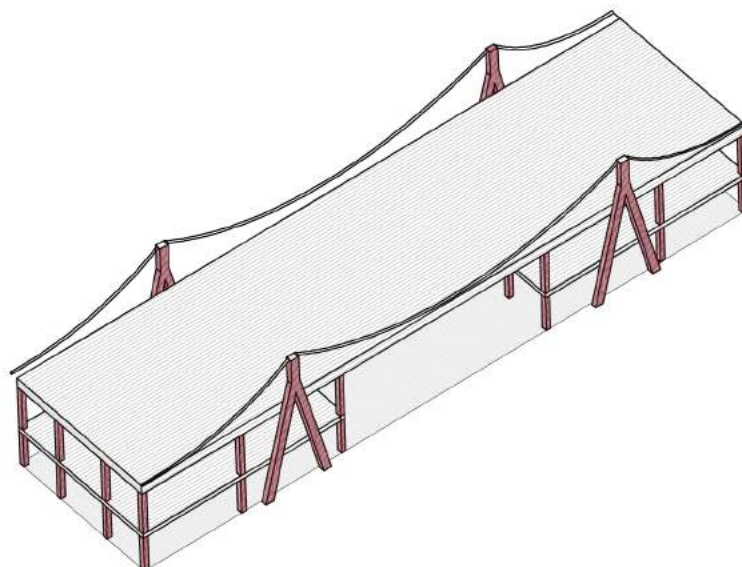
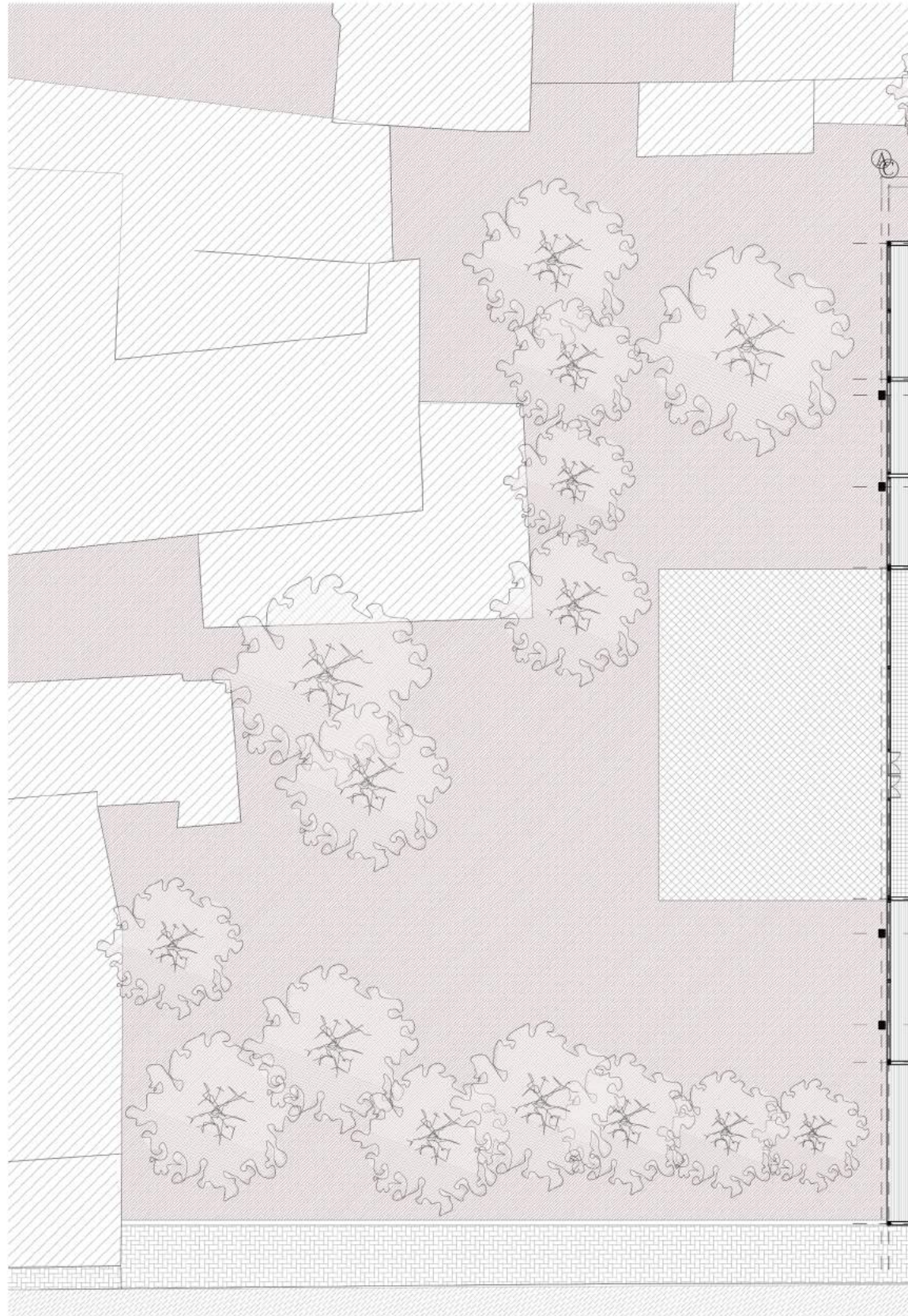
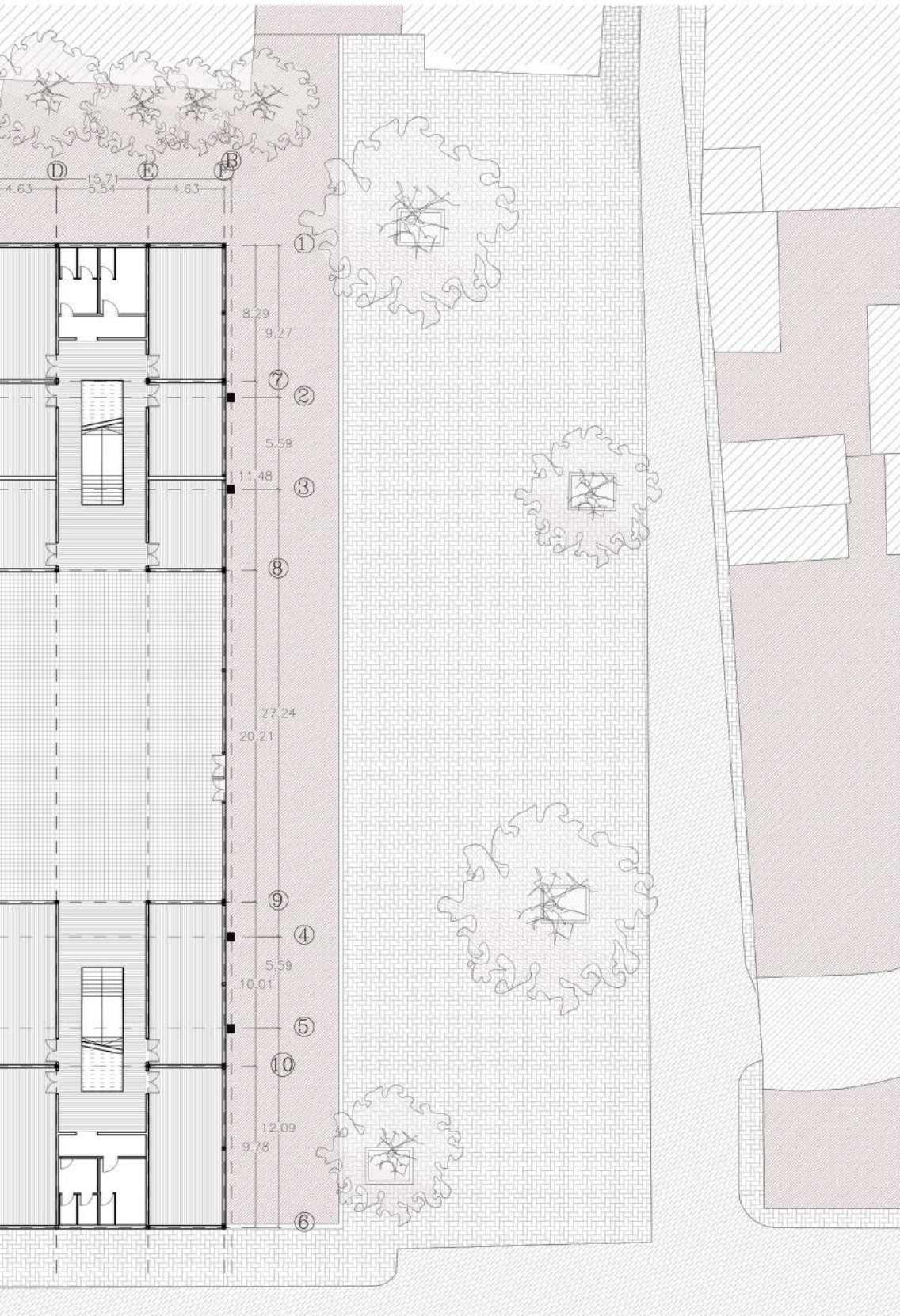


Imagen 51. Esquema estructural del prototipo atirantado propuesto . Elaboración propia.



Planta prototipo atirantado. Escala 1/400. ◀



4.Referencia abovedada: Loius Kahn, Museo Kimbell.

Para el museo Kimbell, Kahn usa una composición mediante franjas que cubrirá con unas bóvedas. El uso de las cubiertas abovedadas permitirá una mayor eficiencia estructural, por ser una forma que permite cubrir grandes luces con una menor cantidad de material. Además, éstas se apoyarán en unos pilares, lo que permitirá que el espacio sea abierto visualmente.

De esta forma, podemos proyectar en un único volumen, haciendo que los disitintos espacios programáticos interactuen entre ellos. Además, se consigue el espacio suficiente para introducir dentro del programa una biblioteca y una mensa para los estudiantes de la escuela. Con estas modificaciones se limita el espacio proyectado para aseos, y las clases se verán obligadas a ser un número más reducido y con una mayor superficie, lo que elimina la idea de clases seminarios, para impartirse de una forma de clase magistral. La iluminación no termina de ser todo lo adecuada que debería, y los espacios abovedados y diáfanos no tienen un buen comportamiento acústico.

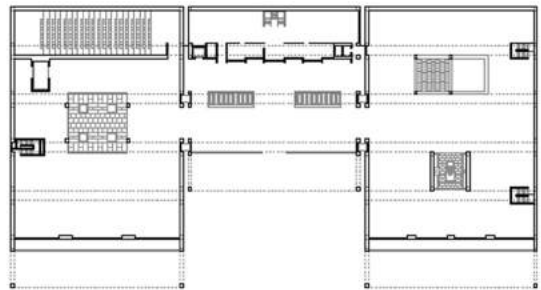


Imagen 52 y 53. Imagen exterior y planta del museo Kimbell Louis Kahn. Fuente: : AUGUST KOMENDANT, 18 años de conversaciones con el arquitecto Louis I. Kahn, ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Pag. 181-199. ISBN 84-85665-3-6

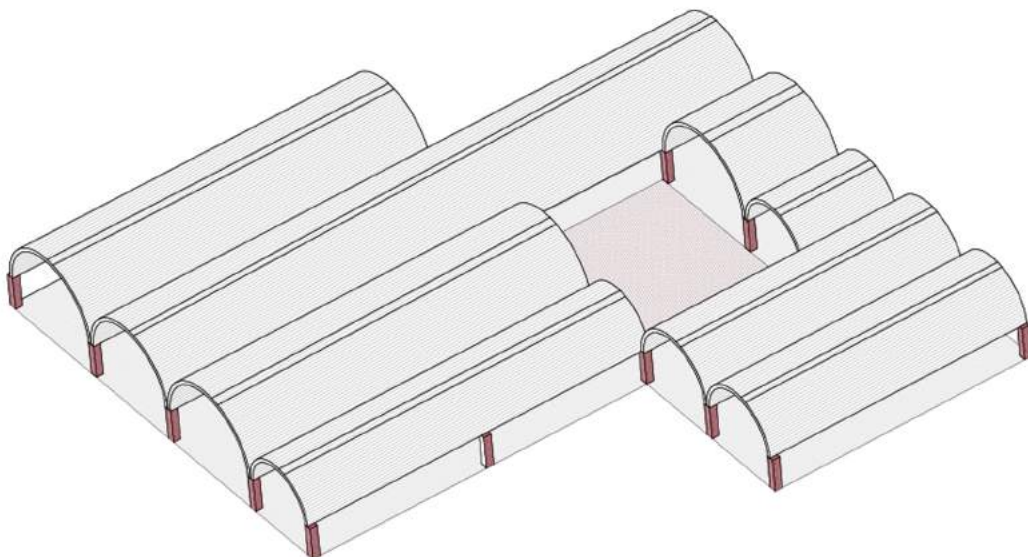
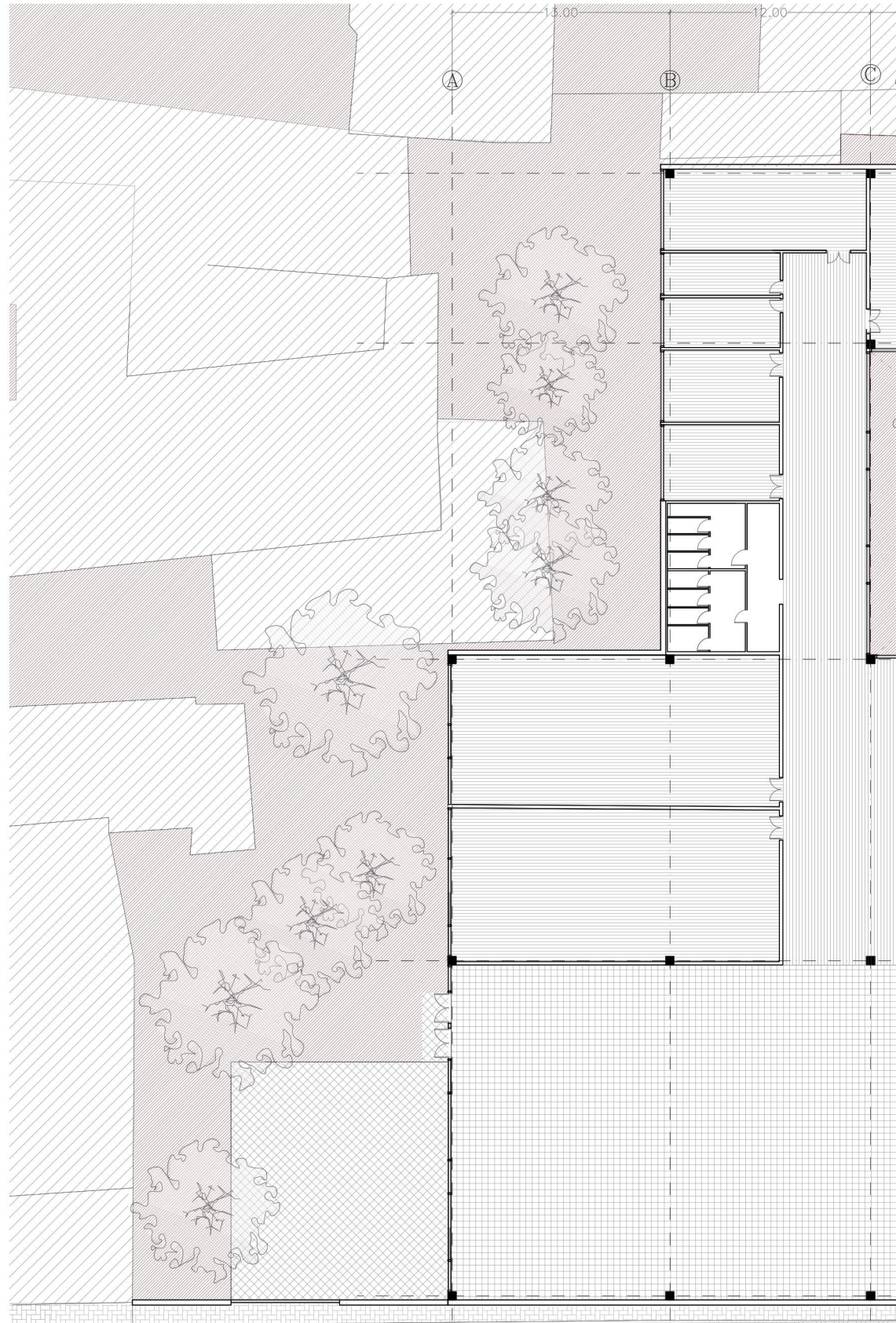
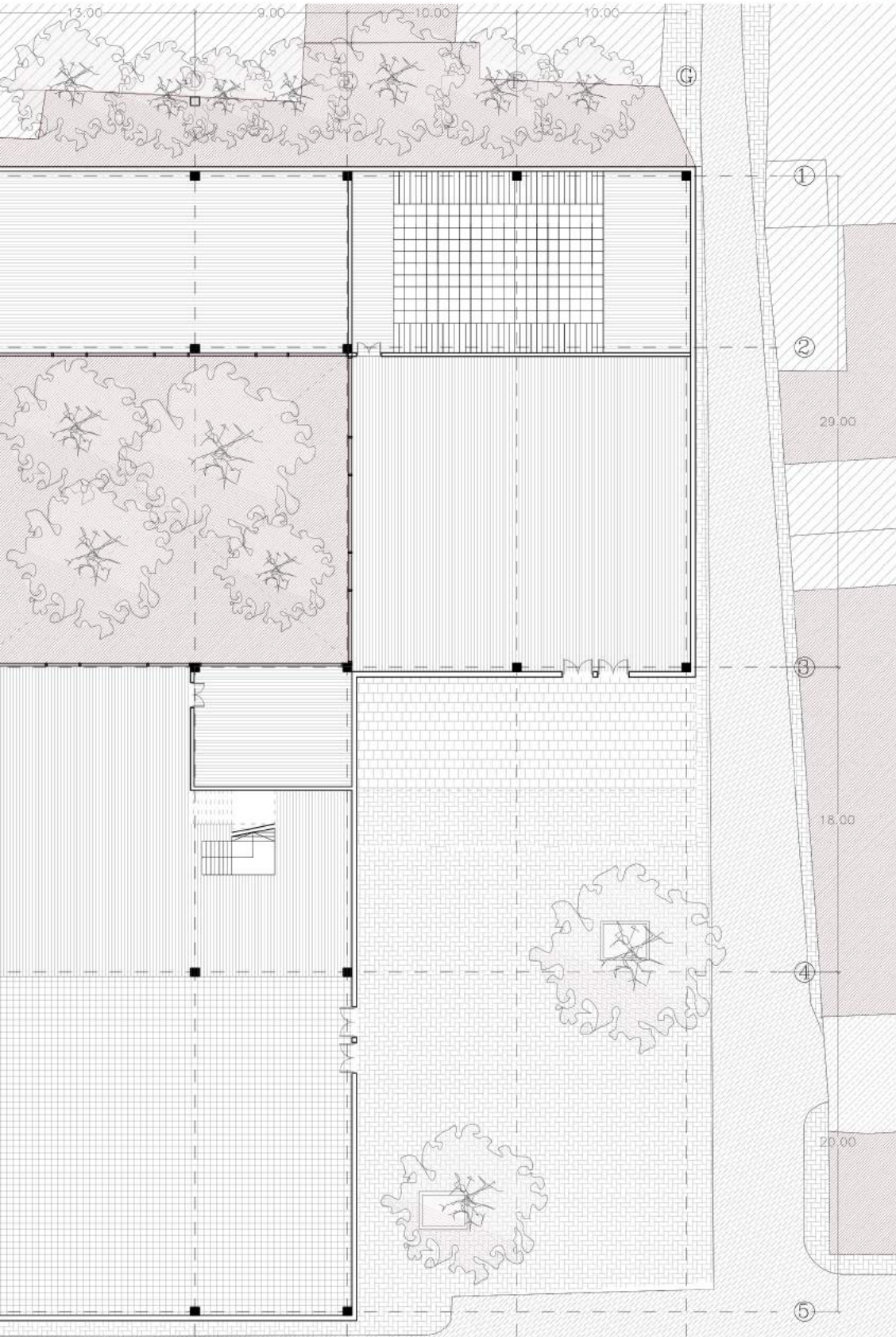


Imagen 54. Esquema estructural del prototipo abovedado propuesto . Elaboración propia.



Planta prototipo abovedado. Escala 1/400. ◀



4.Referencia mínimo de vigas ortogonales entre sí: Louis Kahn, Laboratorios Richards.

La estructura consiste en una combinación de estructura muraria y porticada, reduciendo de ésta forma al máximo el número de vigas, ortogonales entre sí para cada uno de los espacios que se construyen en las "cajas". De ésta forma se consigue que la zona de talleres éste unida mediante unas galerías, pero a la vez separada por los distintos programas de artes, aunque es un gran avance para el problema de acústica que se podría presentar anteriormente, no termina de ser la idea de unos talleres diáfanos en los que las artes se relacionasen. Además, el espacio de administración y de las aulas queda excesivamente extralimitado, así como los aseos están en zonas muy alejadas el uno del otro. Es un sistema estructural muy rígido compositi- vamente, en el que es complicado de encontrar la solución correcta para hacer un programa que se salga de unos cánones como puede ser una escuela de bellas artes. Kahn lo utiliza para hacer unos laboratorios que tienen que tener unas medidas adecuadas y que es un programa muy cerrado, por lo que la monotonía y la repetición le ayudan a ordenarlo.

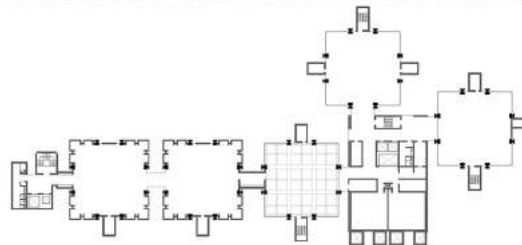


Imagen 55 y 56. Imagen exterior y planta de los laboratorios Richards, Louis Kahn. Fuente: : AUGUST KOMENDANT, 18 años de conversaciones con el arquitecto Louis I. Kahn, ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Pag. 181-199. ISBN 84-85665-3-6

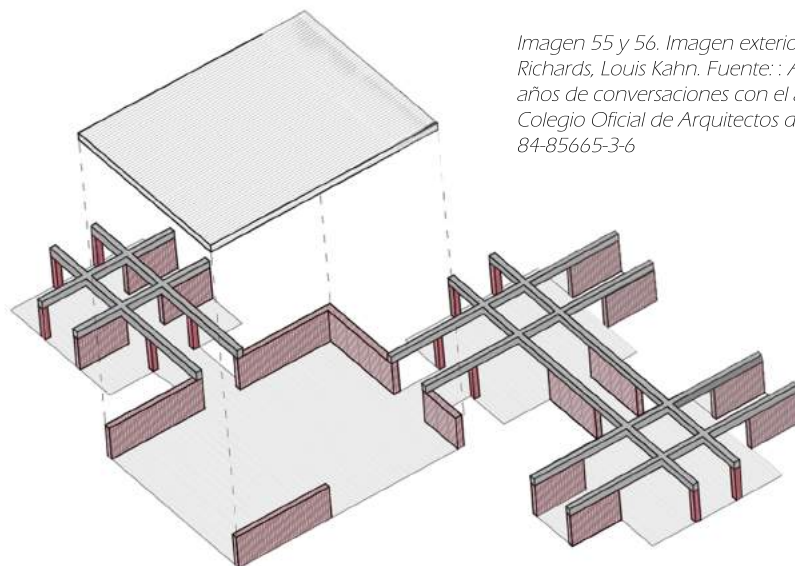
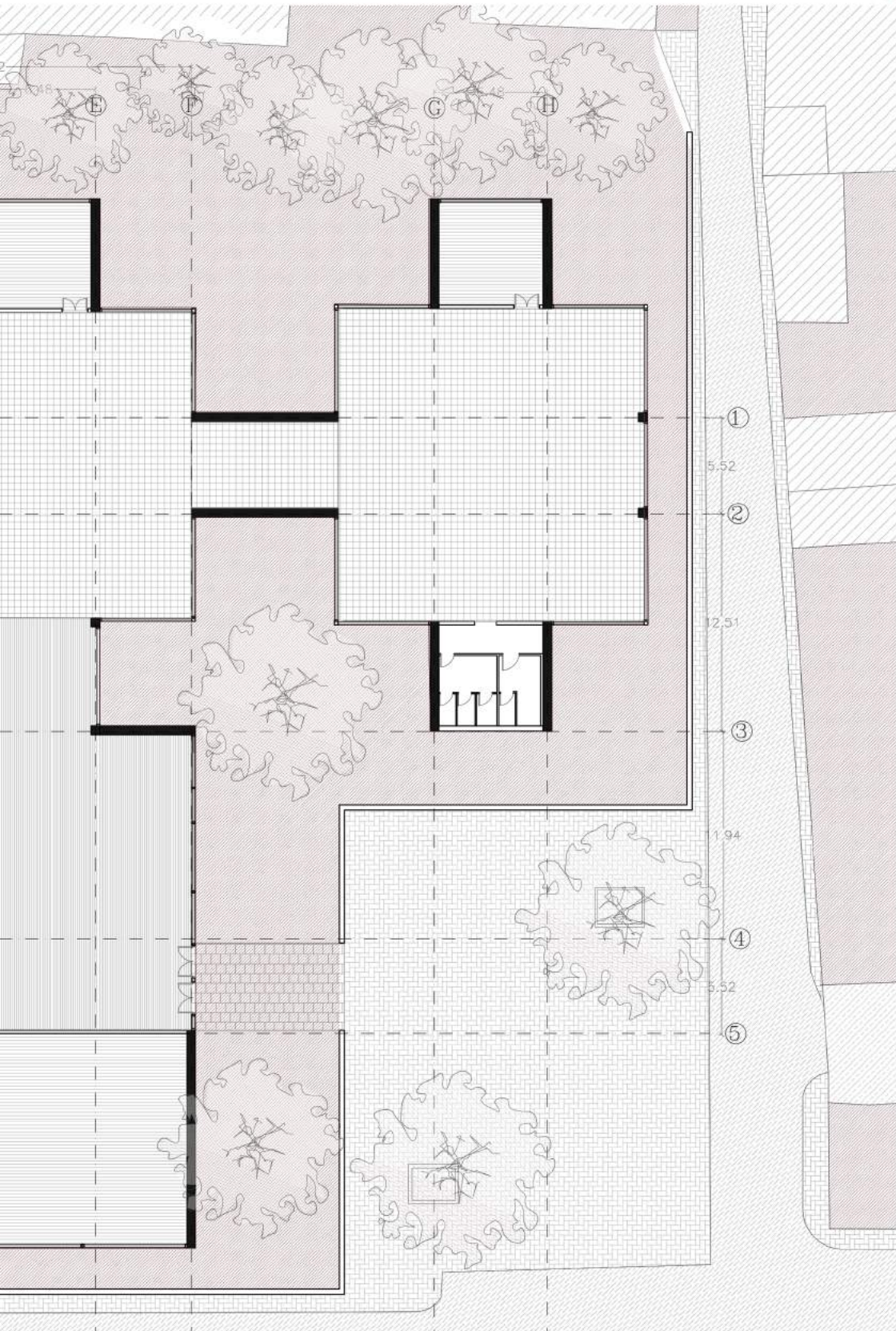


Imagen 57. Esquema estructural del prototipo vigas ortogonales propuesto . Elaboración propia.



Planta prototipo vigas ortogonales. Escala 1/400. 



4.Referencia “cajas murarias” : Peter Zumthor, Museo Bregenz.

La estructura esta formada por pequeñas “cajas” que trabajan de forma independiente.

Se entiende que únicamente son necesarios tres de los cuatro lados del lados del rectángulo para que la forma sea resistente y rígida, mediante muros contrapeados.

Esto lo conforma como una solución óptima, ya que el programa entra completamente y la ventilación e iluminación es la correcta. Pero, en la zona de talleres y en el vestíbulo debemos proyectar un muro que las divida, debido a ser necesarias unas luces superiores a las que el sistema resiste.

Aunque no es la solución más óptima por querer tener una completa diafanidad visual en los talleres, es un prototipo que se acerca bastante a lo que pensaba que necesita una escuela de bellas artes. El uso de las estructuras murarias de una manera poco convencional tiene unas grandes ventajas a la hora de poder tener un espacio donde situar las instalaciones o tener menos problemas acústicos.

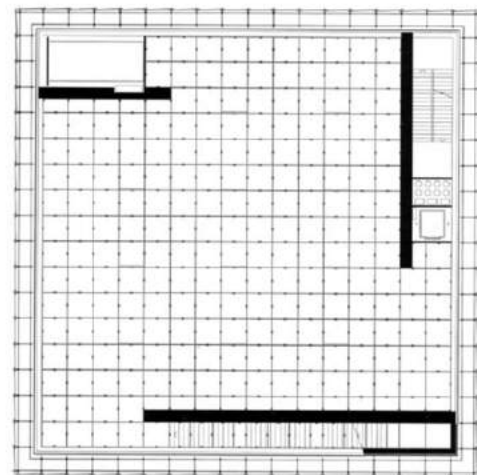


Imagen 58 y 59. Imagen exterior y planta de museo Bregenz, Peter Zumthor . Fuente: THOMAS DURISCH, (2014). Peter Zumthor, Ed. Verlag Scheidegger. 2 Spiess AG, Zurich. Vol.1, ISBN:978-3-85-881-723-5.

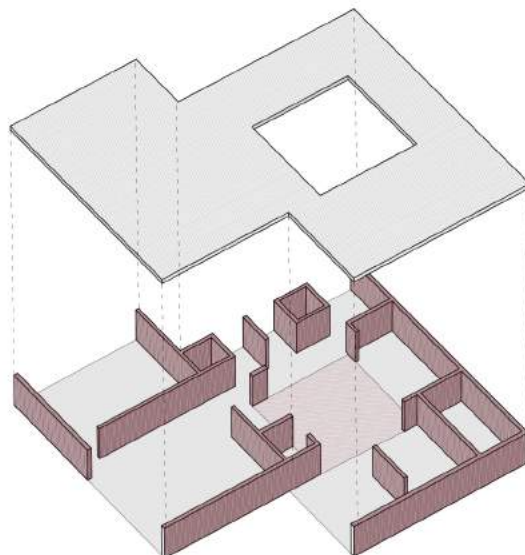
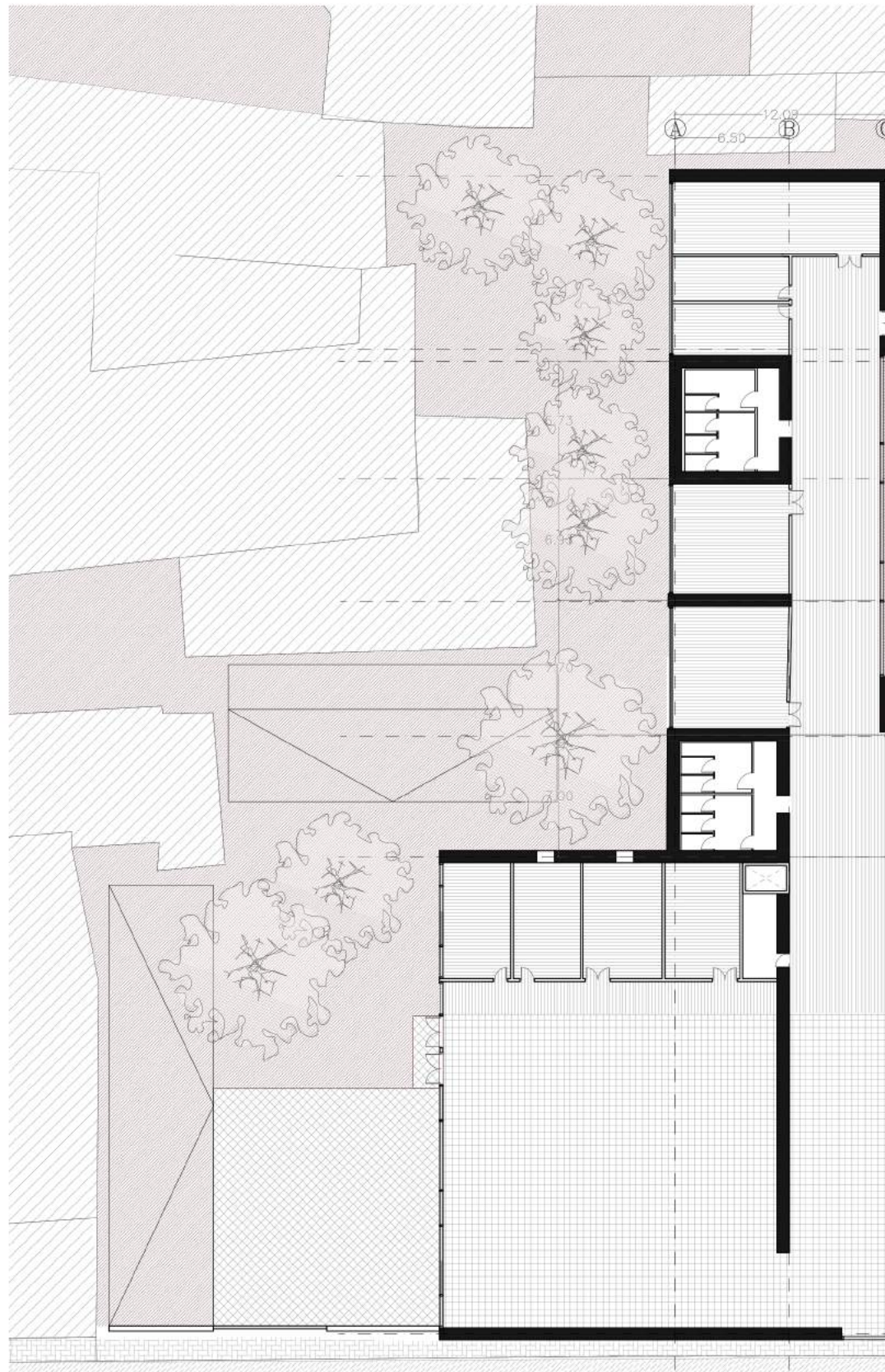
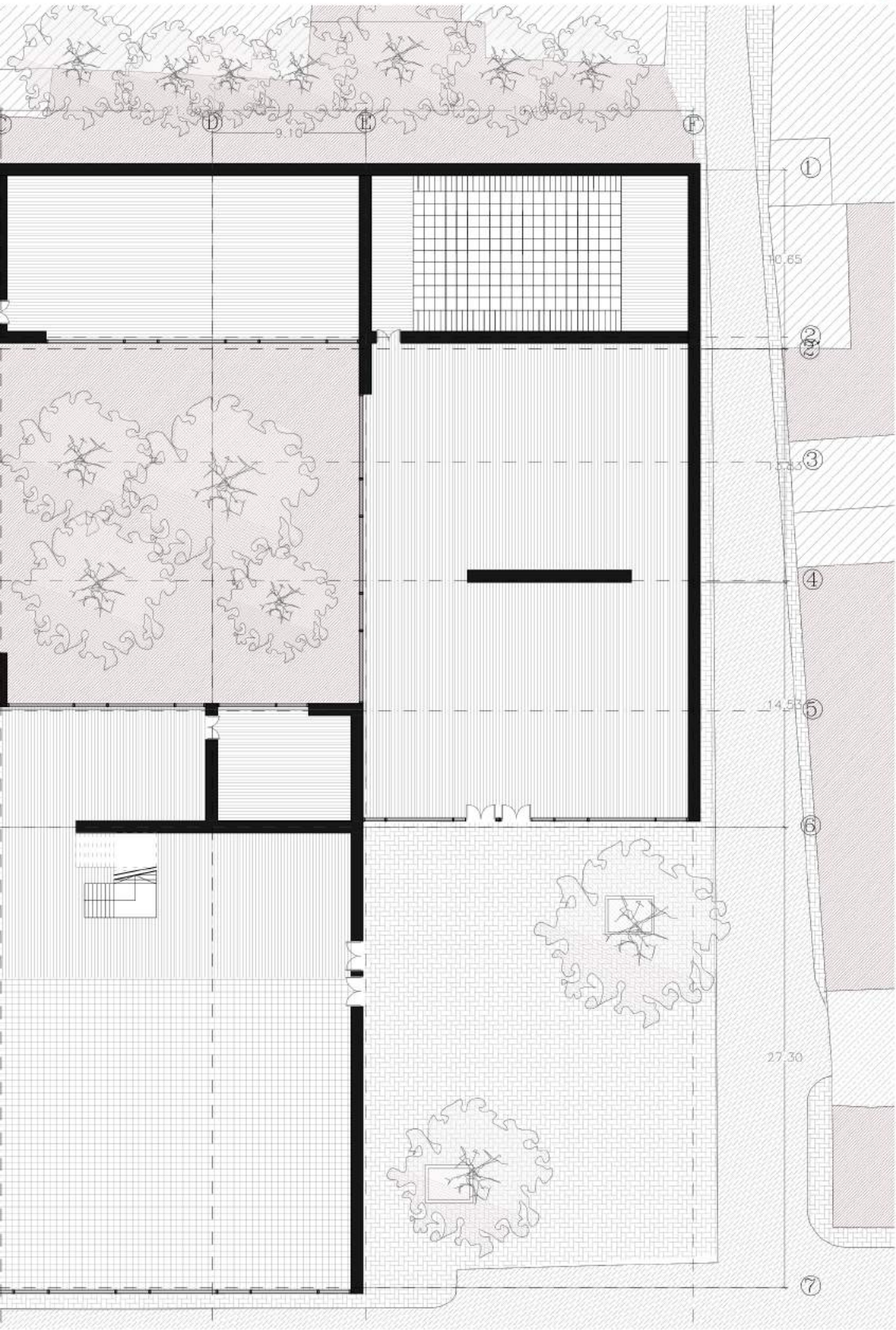


Imagen 60. Esquema estructural del prototipo “cajas ” murarias propuesto . Elaboración propia.



Planta prototipo vigas ortogonales. Escala 1/400. ◀



DESARROLLO

1. Referencia: Peter Zumthor, Termas de Vals
2. Esquemas proyectuales
3. Planta principal
4. Sección de patio
5. Sección de escalera
6. Alzados

1.Referencia : Peter Zumthor, Termas de Vals.

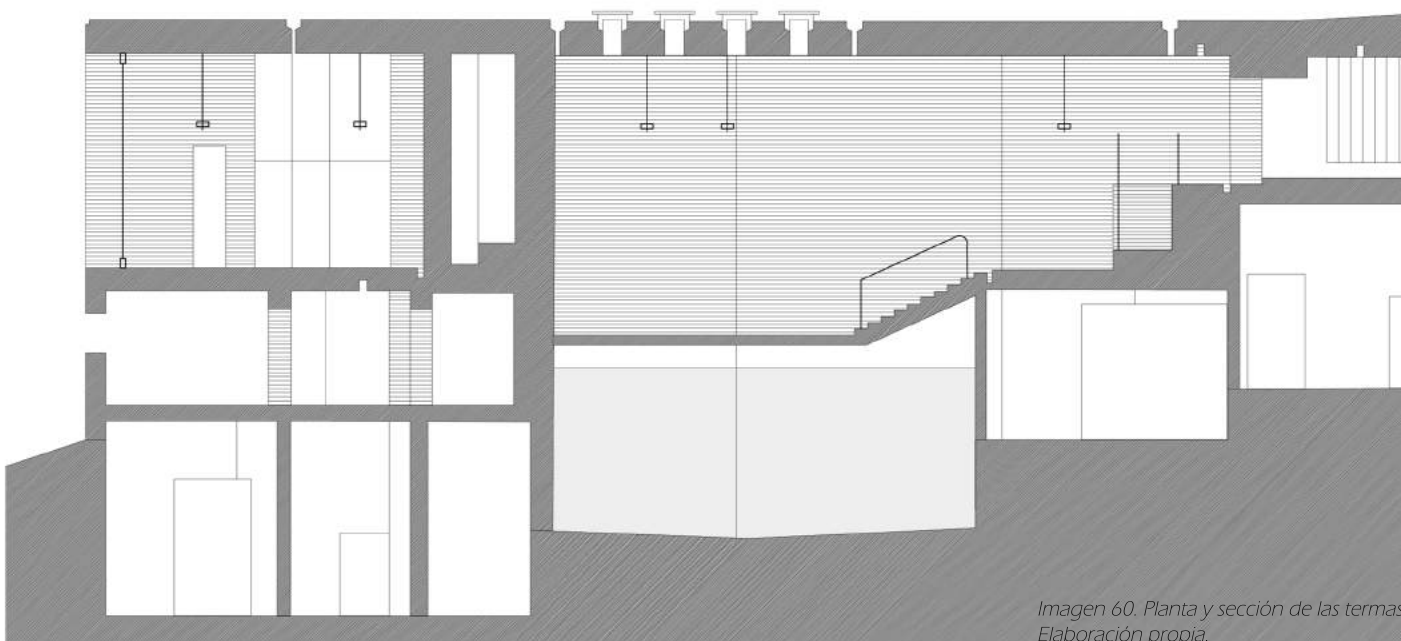
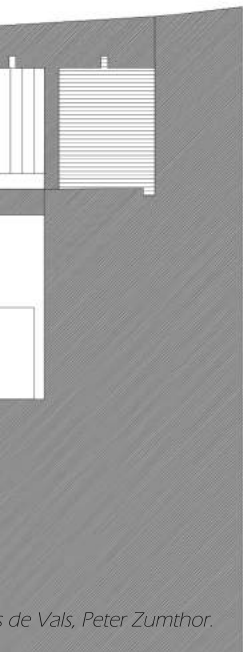


Imagen 60. Planta y sección de las termas.
Elaboración propia.



La referencia que finalmente usaremos son las Termas de Vals diseñadas por Peter Zumthor en 1998 en Suiza.

La estructura del proyecto está construido a través de la agregación de una serie de módulos en forma de L invertida, de manera que la parte vertical soporte a la horizontal traccionada. Es decir, la estructura se compone de unos pilares huecos que son capaces de albergar espacios dentro de éstos, y de una gran ménsula encima de éstos, que funciona de forma atirantada.

De esta forma se consigue mediante la composición de este módulo, el proyectar dos espacios completamente distintos con una única estructura. Un espacio cerrado y con un grado de intimidad total, en el que aunque carece de iluminación, acústicamente es completamente hermético; y un espacio exterior, en el que el grado de intimidad es nulo, pero se tiene una total relación con el entorno.

Así y colocando de forma estratégica los diferentes módulos podemos proyectar grandes espacios diáfanos, que con pequeñas separaciones entre las ménsulas que se cubren con vidrio, se permite la entrada de una discreta luz cenital.

Peter Zumthor tiene una elección minuciosa en los materiales para este proyecto. Los muros y las losas serán de hormigón armado para dar la sensación de búnker y protección, y con los distintos sentidos de encofrados, en dirección al trabajo estructural, o bien el opuesto, proyecta espacios distintos con el mismo material, haciendo al espectador tener distintas sensaciones en espacios aparentemente iguales.

Los aplacados en las paredes de piedra pueden albergar las instalaciones en el interior de sus muros.

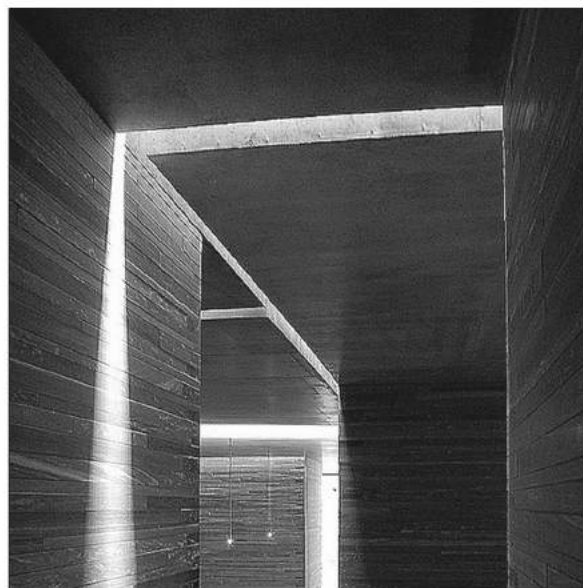


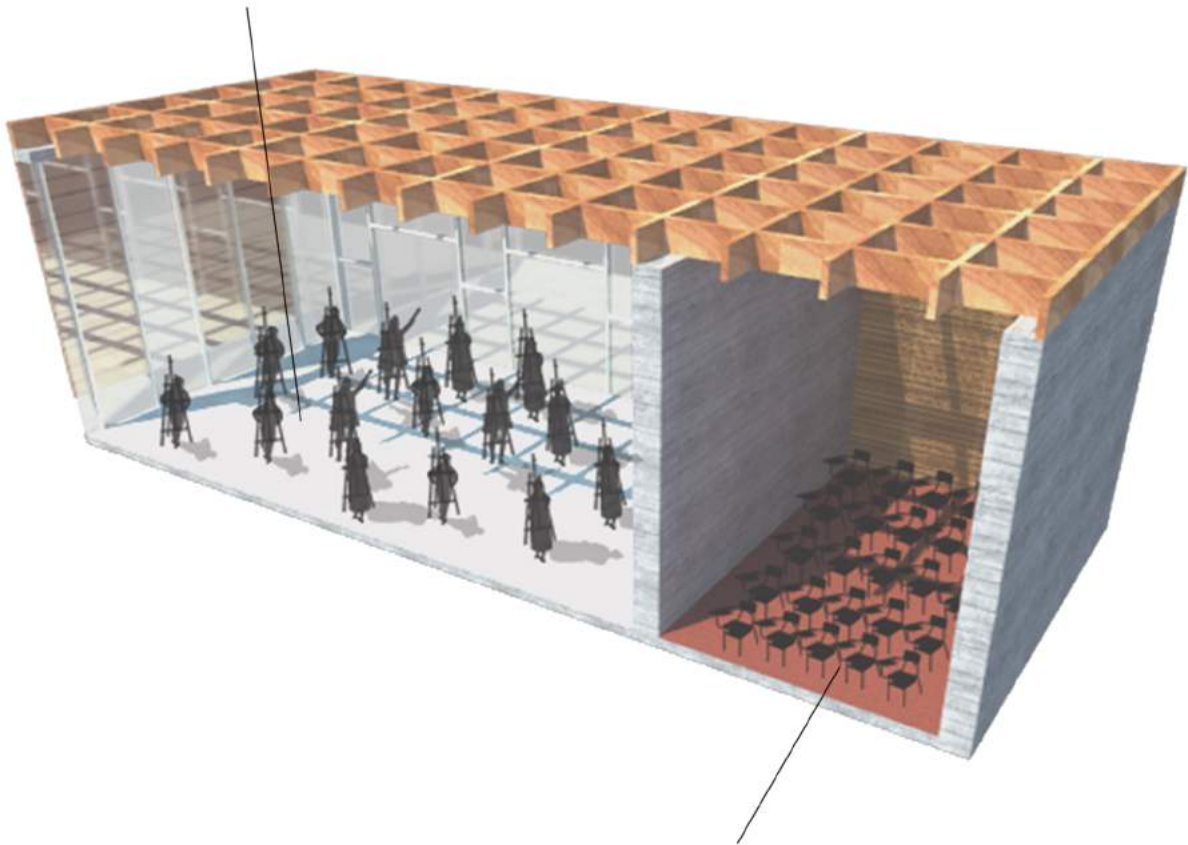
Imagen 61. Imagen interior de las termas de vals, Peter Zumthor.
Fuente: wikiarquitectura.

2. Esquemas proyectuales .

Esquema de funcionamiento del espacio.

Aula taller:

- Espacio libre de particiones y de estructura para que las artes se interrelacionen entre ellas y la inspiración sea mayor.
- La acústica de la sala se mejorará con el uso en el forjado de cubierta de un trámex de madera que romperá las reverberaciones.



Clase teórica

-Espacio cerrado, lo que permite una mejora acústica ya que los grandes muros de hormigón no permiten pasar la onda del sonido, y en el interior se utilizarán acabados óptimos para que la clase se escuche con normalidad.

Imagen 62. Axonométrica seccionada del espacio de proyecto. Elaboración propia.

Esquema de consonancia de materiales.

En ambos proyectos se usa como estructura grandes muros de hormigón armado, lo que le aporta al proyecto la solidez, durabilidad y el contrapeso necesario para evitar que la estructura vuelque debido a la gran ménsula, así como una sensación al usuario de protección. La diferencia principal es que en la referencia la ménsula está atirantada mediante un sistema de cables metálicos, y en el proyecto realizado, la estructura de hormigón armado es postensada.

Por el contrario, en la cubierta Zumthor se decide por una cubierta vegetal para poder relacionarse con el entorno paisajísticamente, ya que es un edificio semienterrado. En cambio, en mi proyecto la cubierta estará compuesta por unas vigas postensadas que formarán la ménsula y en las cuales apoyará un trámex de madera como forjado bidireccional, para después completarse con una cubierta vegetal, para mejorar el asilamiento y ventilación del edificio.

Con el uso de la madera se pretende no sólo la rotura de la reverberación, sino además crear al usuario una sensación de ligereza sobre sus cabezas.

En el proyecto de Peter Zumthor se dispondrán unos aplacados de piedra para dar la sensación al usuario de encontrarse dentro de la montaña, y de esta forma poder alojar todas las instalaciones dentro de los muros, entre el muro estructural y el aplacado. En cambio, en mi proyecto aunque se mantiene la idea de unas instalaciones ocultas en los muros los aplacados se realizarán en madera u otros materiales que absorban el sonido para evitar problemas acústicos, además podrán albergar en su interior no únicamente las instalaciones, si no también aislantes térmico/acústicos.

En el proyecto desarrollado se proyectará una entreplanta debido a que lo exige el programa, y así al estar formada por losas de hormigón armado esto producirá un mayor peso a la estructura del edificio que favorecerá al contrapeso del voladizo. A este contrapeso también se cuenta el sótano; la pantalla de pilotes y la losa de cimentación nervada.

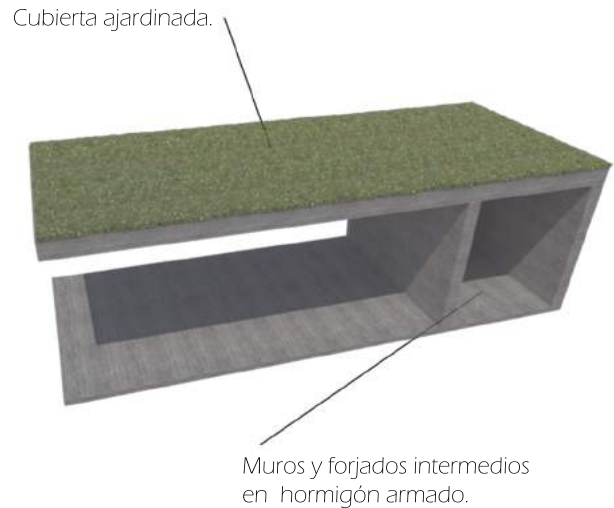


Imagen 63. Axonométrica seccionada del módulo estructural de Peter Zumthor en las termas de Vals. Elaboración propia.

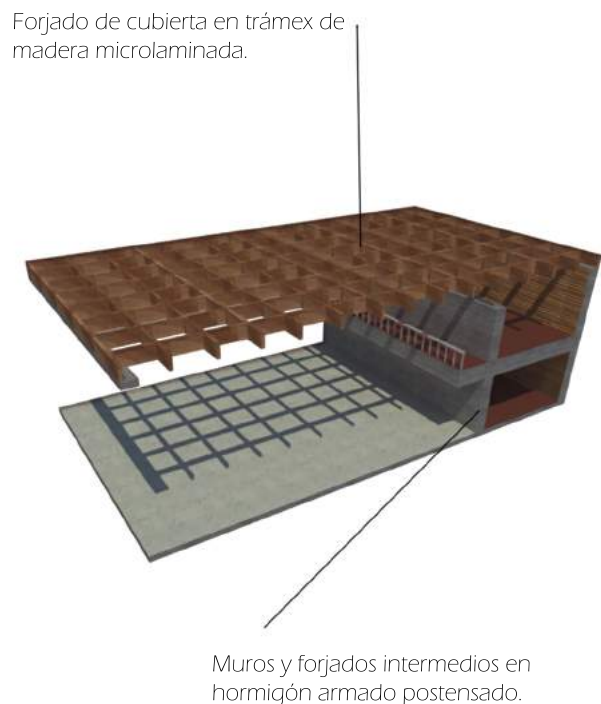


Imagen 64. Axonométrica seccionada del módulo estructural del proyecto desarrollado. Elaboración propia.

Esquema de no imposición de recorridos.

En el proyecto se plantean unos bloques estructurales, completamente cerrados visualmente y el resto de la planta libre de estructura.

De esta forma se evitan los pasillos y se proyectan espacios los cuales no tienen un programa definido y por ello tienden a ser salas de estar en las que el usuario hace lo que necesite en cada momento.

Con esto se intenta evitar una arquitectura de recorridos en la que los espacios se suceden unos a otros, si no realizar una arquitectura en la que el recorrido no este impuesto, si no sea el propio el usuario el que tras su propia experimentación vaya descubriendo los espacios del edificio.

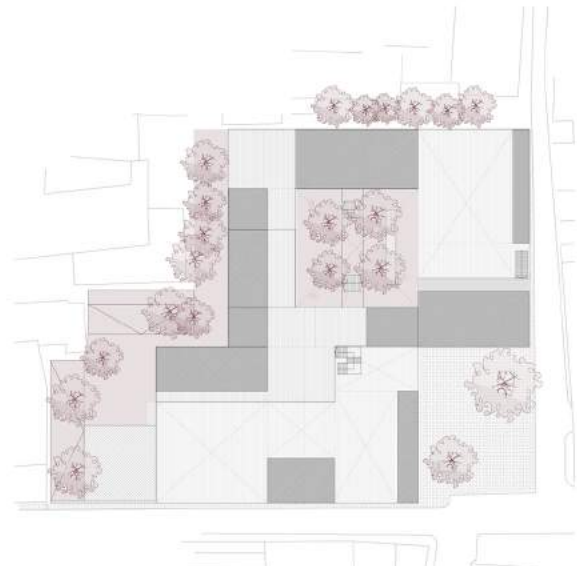


Imagen 65. Planta de bloques estructurales del proyecto desarrollado. Elaboración propia.

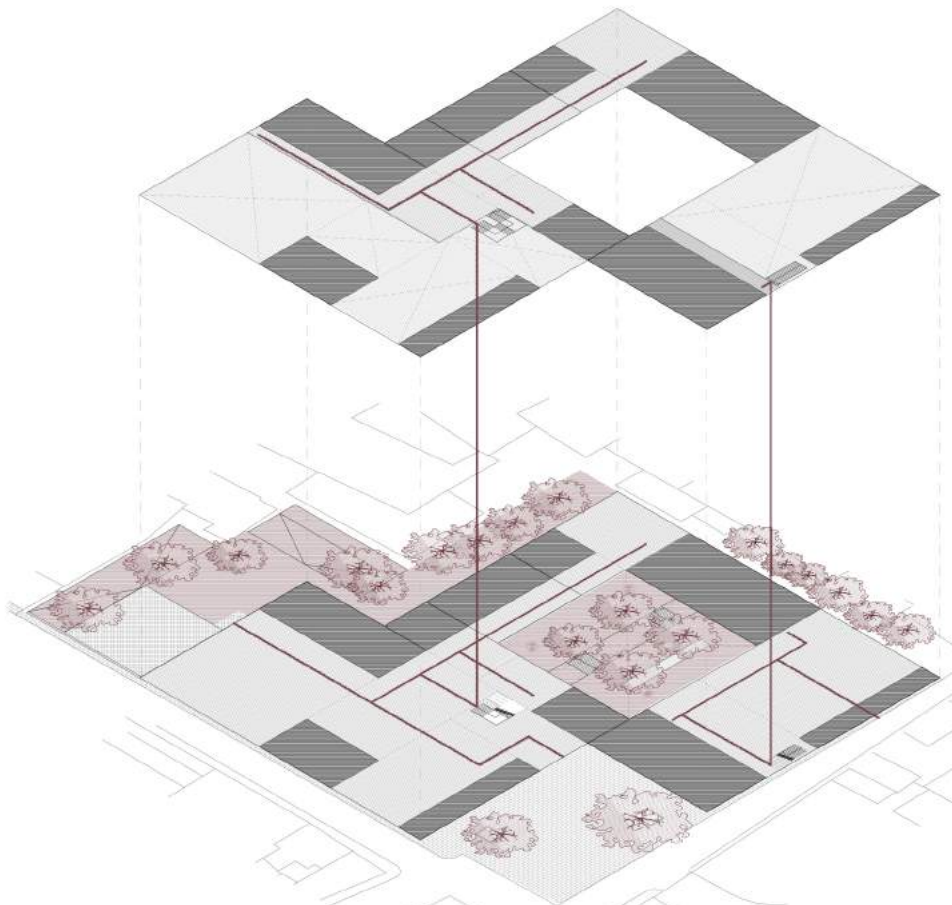
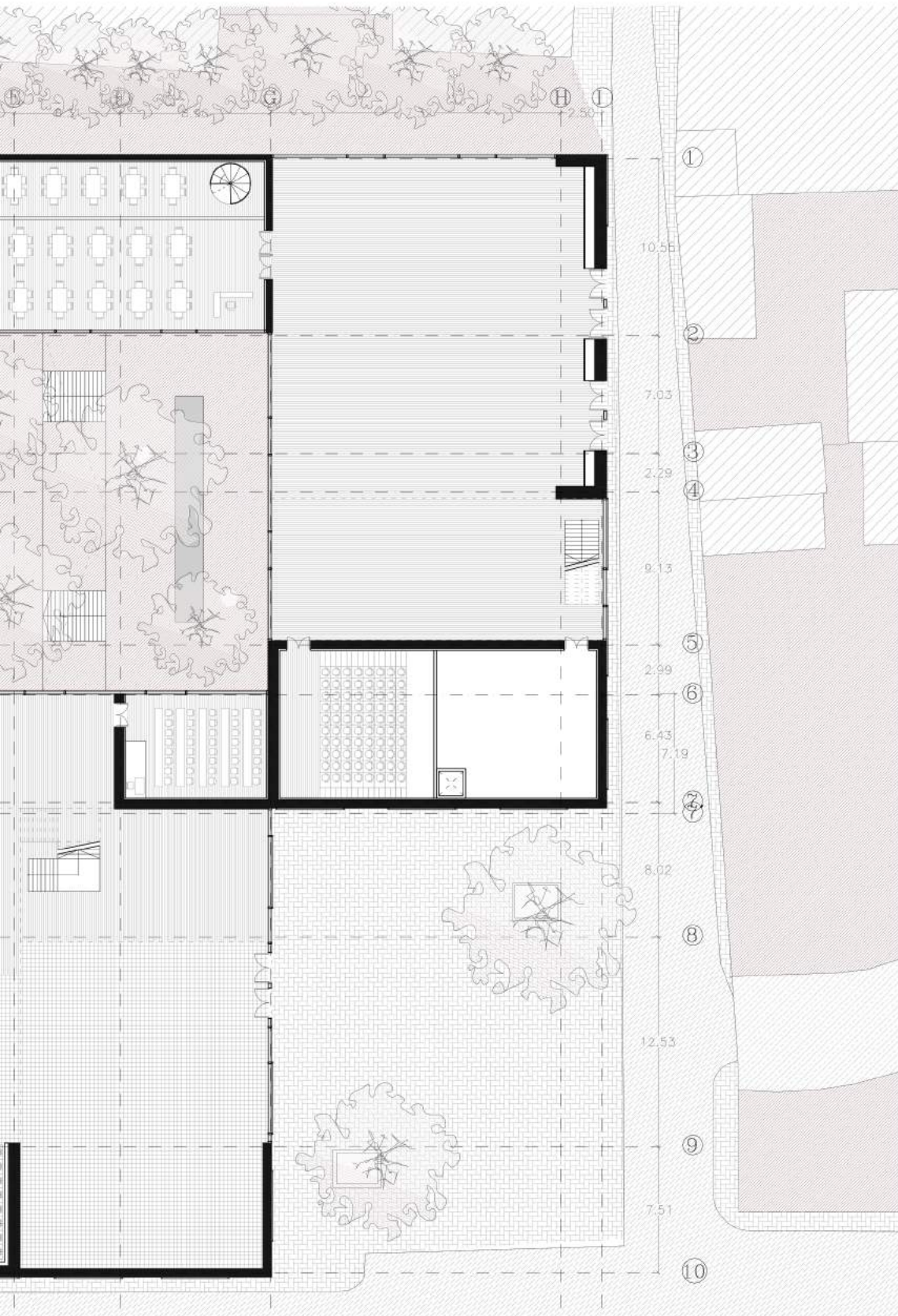


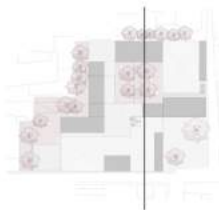
Imagen 66. Axonométrica explotada de recorridos del proyecto desarrollado. Elaboración propia.

3.Planta : Escala 1/300. 



4. Sección de patio.

Sección . Escala 1/450

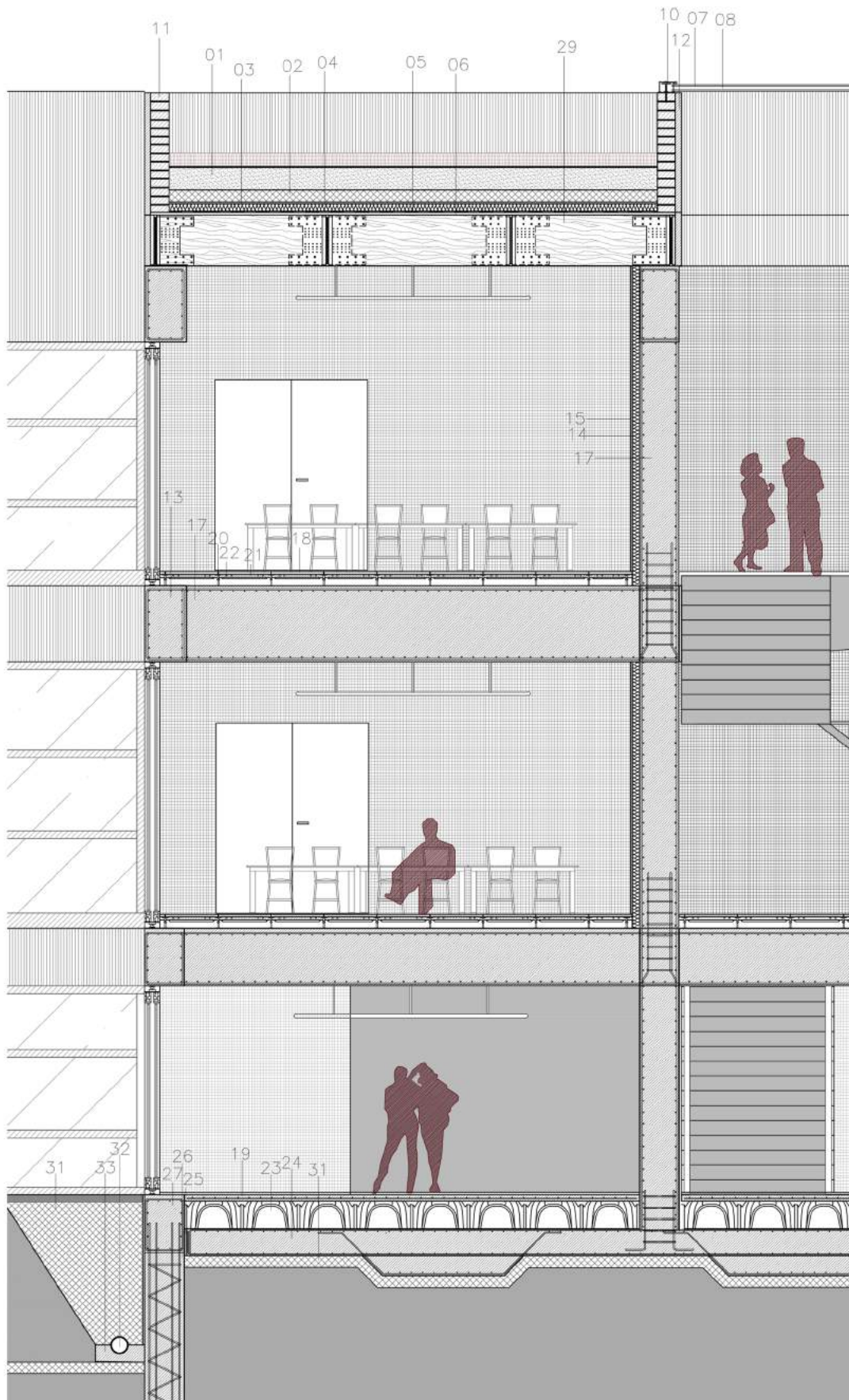


- | | | | |
|--------------------------|---|---|--|
| 01. Tierra | 10. Fijación mecánica por tornillo autotaladrante | 18. Panel modular suelo | 26. Pantalla de pilotes |
| 02. Encachado | 11. Murete ladrillo | 19. Capa de compresión | 27. Viga de coronación |
| 03. Borrera de vapor | 12. Acabado hormigón GRC | 20. Plots de acero regulables en altura | 28. Cámara bufa |
| 04. Aislamiento térmico | 13. Viga de H.A. | 21. Revestimiento inferior aislante | 29. Trámex de madera con uniones metálicas |
| 05. Impermeabilizante | 14. Aislamiento acústico | 22. Tubo de suelo radiante | 30. Coz de recogida |
| 06. Tablero de madera | 15. Panel cartón-yeso | 23. Módulos de elevación para forjado sanitario | 31. Relleno de grava |
| 07. Vidrio | 16. Muro de H.A. | 24. Lasa de cimentación | 32. Tuba dren |
| 08. Cámara de aire | 17. Lasa H.A. | 25. Junta de neopreno | 32. Cama de apoyo |
| 09. Carpintería metálica | | | |

Imagen 67. Sección del proyecto desarrollado. Elaboración propia.

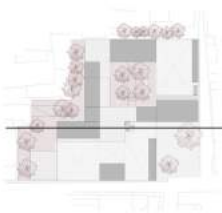
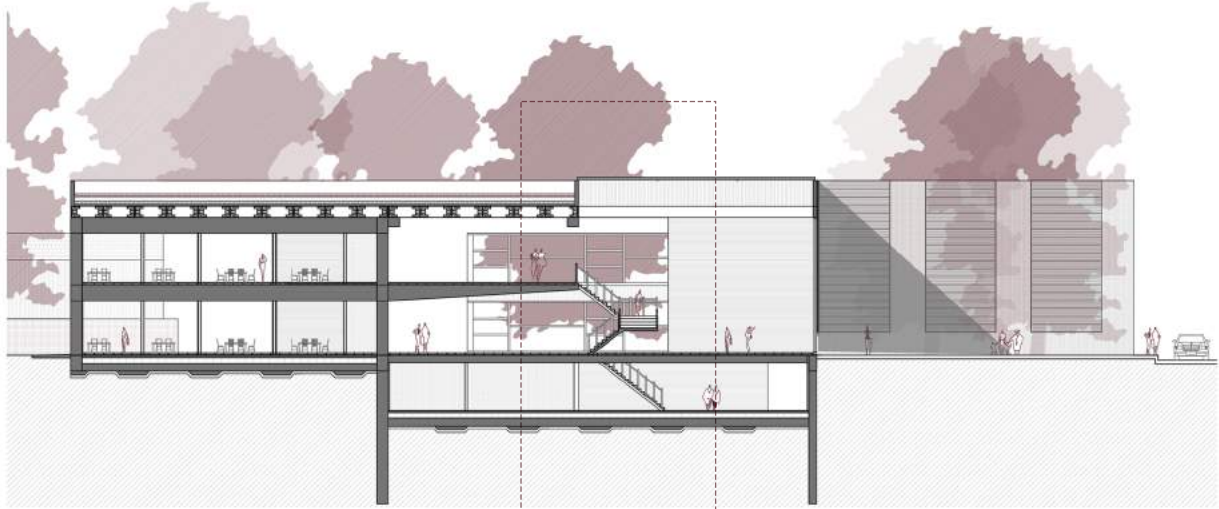


Imagen 68. Imagen de talleres del proyecto desarrollado. Elaboración propia.



4. Sección de escalera.

Sección . Escala 1/450



01. Tierra
02. Encachado
03. Borrera de vapor
04. Aislamiento térmico
05. Impermeabilizante
06. Tablero de madera
07. Vidrio
08. Cámara de aire
09. Carpintería metálica

10. Fijación mecánica por tornillo autotaladrante
11. Murete ladrillo
12. Acabado hormigón GRC
13. Viga de H.A.
14. Aislamiento acústico
15. Panel cartón-yeso
16. Muro de H.A.
17. Losa H.A.

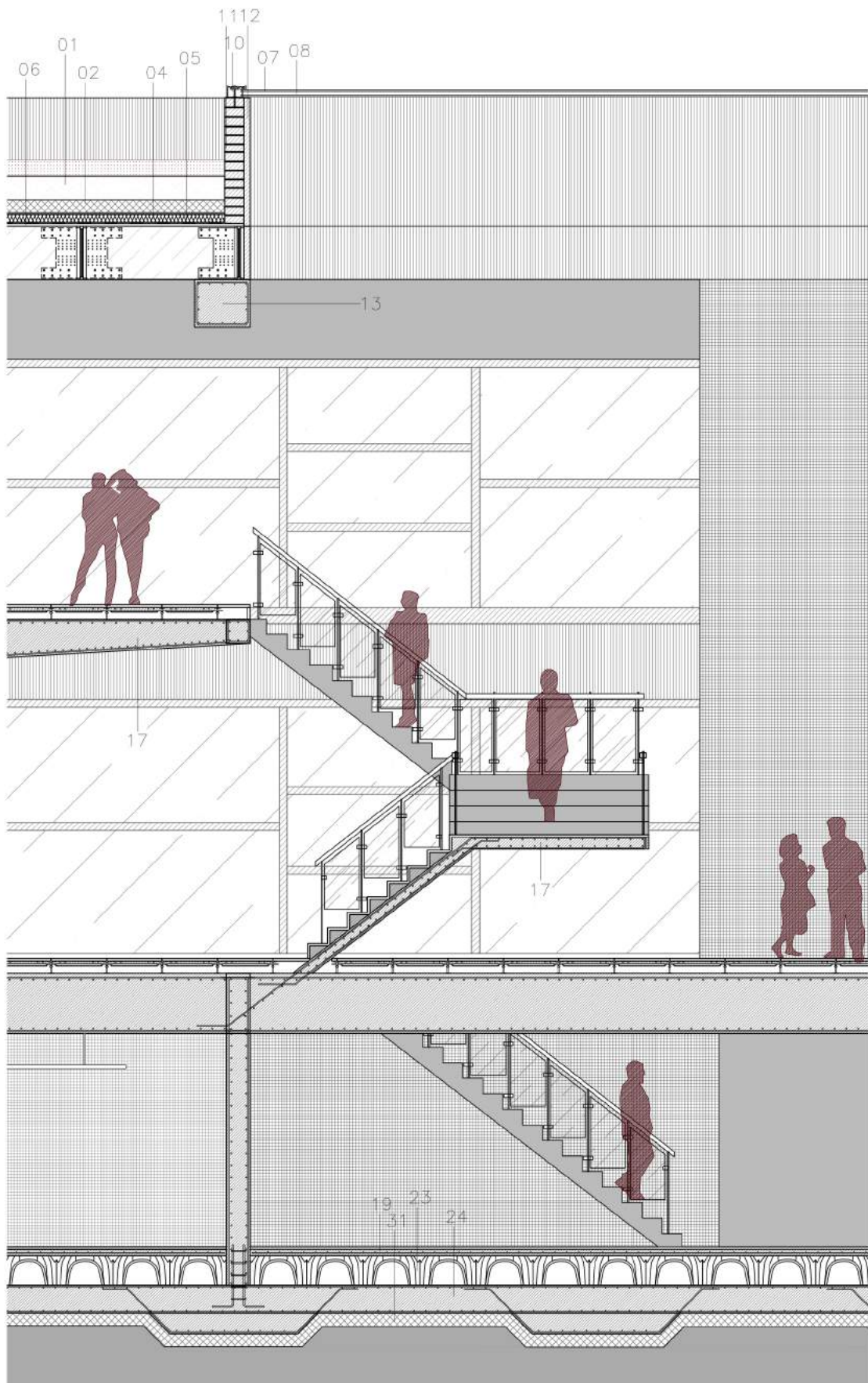
18. Panel modular suelo
19. Capa de compresión
20. Plots de acero regulables en altura
21. Revestimiento inferior aislante
22. Tuba de suelo radiante
23. Módulos de elevación para forjado sanitario
24. Losa de cimentación
25. Junta de neopreno

26. Pantalla de pilotes
27. Viga de coronación
28. Cámara bufa
29. Trámex de madera con uniones metálicas
30. Coz de recogida
31. Relleno de grava
32. Tuba dren
32. Cama de apoyo

Imagen 69. Sección del proyecto desarrollado. Elaboración propia.



Imagen 70. Imagen de talleres del proyecto desarrollado. Elaboración propia.



6. Alzados

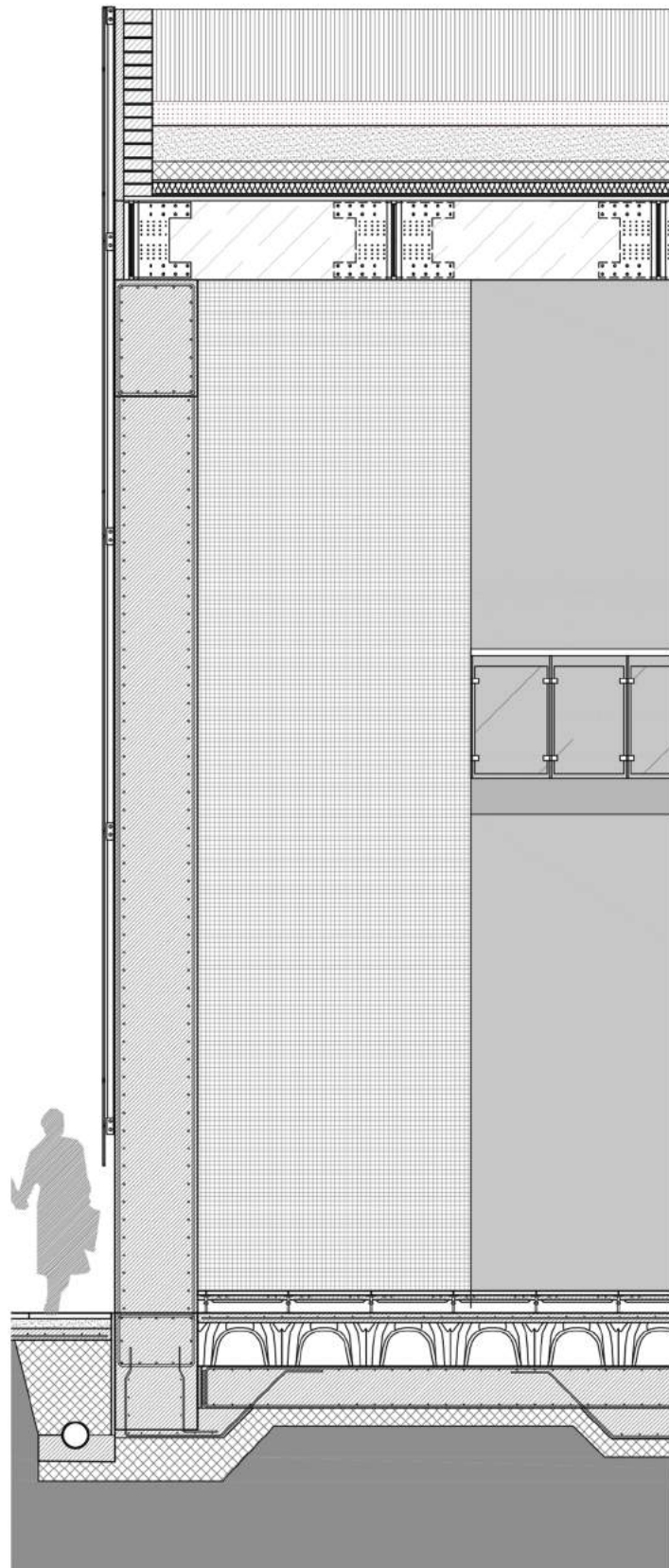
Alzados . Escala 1/450



Imagen 70. Alzados del proyecto desarrollado. Elaboración propia.



Imagen 71. Imagen exterior del proyecto desarrollado. Elaboración propia.



CONCLUSIONES

Del proceso de análisis sobre los casos estudiados y la estrategia seguida concluimos que las estructuras trabajan por forma, y linealmente, en pórticos o como estructuras tensadas.

En el caso de las que trabajan por forma, puede hacerlo mediante nervios- que son líneas de fuerza- de forma que quede exenta de carga el resto de la construcción, o por masa, en la que todos los puntos trabajan de la misma forma y tienen la misma carga estructural. Éstas últimas pueden tener forma de bóvedas o de superficie reglada. Poniendo una clara intencionalidad en este tipo de estructuras, éstas son capaces de contruir espacios por sí mismas.

Los pórticos pueden ser de piedra, acero o de hormigón armado. Para aumentar su capacidad de carga se inventaron las estructuras pretensadas y postensadas, que son construcciones en hormigón armado cuyas armaduras son sometidas a los esfuerzos, ejerciendo una fuerza sobre ellas, antes de ser hormigonadas. Las estructuras porticadas organizan los espacios ya que suelen dividir el total en líneas equidistantes.

Las estructuras tensadas, podemos clasificarlas, en livianas, aquellas formadas por estructuras textiles o neumáticas, y las que aunque construidas en hormigón armado, para aumentar su capacidad frente a ciertos esfuerzos, se colocan tirantes metálicos en la estructura. Con las estructuras atirantadas los espacios se dejan sin organizar, de tal forma que quedan libres de programa; para que lo concrete el usuario con lo que considere más necesario en cada momento.

Con las aplicaciones realizadas en los prototipos de la escuela de bellas artes, hemos deducido que hay distintos tipos de estructuras con diferentes utilidades cada una. Las murarias construyen mejor los espacios, o en un uso de ellas mediante cajas pueden llegar a contener los espacios. En cambio, las realizadas por pórticos, dividen el espacio de tal forma que funcionan como un ente organizador. Así como las estructuras atirantadas, tienen el objetivo de hacer del proyecto una imagen más visual.

Uniendo todo lo que hemos aprendido en las dos partes anteriores del trabajo, llegamos al desarrollo del proyecto, la escuela de bellas artes, con la estructura que para mí parecer resulta más interesante.

De la estructura muraria generadora de espacios que usa Peter Zumthor en su proyecto las termas de Vals, obtendremos nuestra estructura. Ésta configurará espacios mediante unos pilares huecos que contendrán los de menor envergadura, que tengan unas necesidades de acústica mayores y una iluminación más dirigida, como por ejemplo, las aulas teóricas y las zonas administrativas. Por el contrario, los espacios libres, los conformarán las ménsulas, teniendo una iluminación mayor y de forma cenital en algunos puntos; evitando la creación de sombras indeseadas. Su acústica será controlada mediante un trámex de madera, colocado en la cubierta, que romperá las ondas de reverberación creada por ser los espacios amplios.

De esta forma, usaremos la estructura no únicamente con su función portante, si no con una doble funcionalidad: estructural y de capacidad proyectual. Así, el usuario no sólo verá una estructura, verá algo más, los muros separadores de espacios, una parte fundamental del proyecto. Así pasará inadvertida a ojos de éstos que se centrarán más en su función proyectual que en la portante.

BIBLIOGRAFÍA

JOSÉ RAMÓN ALONSO PEREIRA, (2005), Introducción a la historia de la arquitectura. De los orígenes al siglo XXI. Ed. Reverté, S.A., Barcelona. Pag. 74-75. ISBN: 84-291-2108-0.

ANTHONY BLUNT, (1987), Borromini; Ed. Alianza, S.A, Madrid. Pag. 118-140. ISBN: 84-206-7024-3

KENNETH FRAMPTON, (2010). Historia crítica de la arquitectura moderna, Ed. Gustavo Gili S.A, Barcelona. Pag. 29-35. ISBN 978-84-252-2274-0

DENNIS SHARP, (2002). Bauhaus, Dessau. Walter Gropius. Ed. Phaidon Press Limited, London. ISBN: 0714842176.

Arquitecturas de ingenieros. Siglos XIX y XX. Ed. Ministerio de Cultura, 1980.

MIGUEL SEGUÍ, (1994). Félix Candela. Arquitecto. Ed. Instituto Juan errera, Centro de Publicaciones, Secretaria General Técnica, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. El Viso S.A., Torrejón de Ardoz. ISBN 84-600-8871-5.

JOSEP MA. BOTEY.(2005). Óscar Niemeyer: Obras y proyectos. Ed. Gustavo Gili, S.A., Barcelona. Pag. 164-165. ISBN 84-252-1576-5.

WINFRIED NERDINGER, (2009.) Frei Otto- "Lightweight Construction, Natural Design". Ed. Birkhäuser Verlag A.G., Berlín. ISBN: 978-3-7643-7233-0.

FERNANDO MÁRQUEZ y RICHARD LEVENÈ.(2006). Herzog & Meuron 2002-2006. Ed. El Croquis, Madrid. Pag. 348-365. ISBN: 0212-5635.

PHILIP JODIDIO. (2009). Hadid. Complete Works 1979-2009. Ed. Taschen, Italia. ISBN: 978-3-8365-0295-5

VVAA, (2014), Espacios para enseñanza. Arquitecturas docentes de 6 arquitectos españoles. Ed. Asimétricas. ISBN: 9788494198205

: ADA FRANCESCA MARCIANÒ; Giuseppe Terragni: opera completa 1925-1936. Ed. Officina Edizioni, Roma. Pag. 181-198. ISBN 88-87-570-38-8

PAOLO DESIDERI, (1982), Pier Luigi Nervi. Ed. Gustavo Gili. ISBN: 9788425210709

AUGUST KOMENDANT, 18 años de conversaciones con el arquitecto Louis I. Kahn, ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Pag. 181-199. ISBN 84-85665-3-6

THOMAS DURISCH, (2014). Peter Zumthor, Ed. Verlag Scheidegger. 2 Spiess AG, Zurich. Vol.1, ISBN:978-3-85-881-723-5.

THOMAS DURISCH, (2014). Peter Zumthor, Ed. Verlag Scheidegger. 2 Spiess AG, Zurich. Vol.2, ISBN:978-3-85-881-723-5.

FERNÁNDEZ GALIANO, Luis. Elements, Arquitectura Viva: 169. Diciembre/ 2014

REM KOOLHAAS, Elements of Architecture.

