

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Arquitectura y Diseño de Interiores

Mundaneum Beirut 2022

Stephany Camila Campaña Jaramillo

Arquitectura

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Arquitecta

Quito, 21 de Diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Arquitectura y Diseño de Interiores

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Mundaneum Beirut 2022

Stephany Camila Campaña Jaramillo

Calificación

Nombre del profesor, Título académico

José Miguel Mantilla, Arquitecto

Firma del Profesor

Quito, 21 de Diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Stephany Camila Campaña Jaramillo

Código: 00215179

Cédula de identidad: 1720135654

Lugar y fecha: Quito, 21 de Diciembre de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

Este trabajo propone el desarrollo del proyecto "Mundaneum Beirut 2022", cuyo objetivo es la regeneración del área y la implantación de un edificio que provoque impacto en el entorno del puerto de Beirut (Líbano), gravemente dañado por una explosión en 2020.

El implantar un edificio en el histórico puerto de Beirut se plantea como una oportunidad para fusionar los conocimientos del pasado con las ideas del futuro. Para ello, se ha partido de una protesta hacia el Sistema de Clasificación Decimal Universal, utilizado habitualmente para clasificar las obras en las bibliotecas. Se ha determinado que el Sistema Duodecimal es más eficiente, ya que sus multiplicaciones y divisiones en base 12 son más sencillas. Partiendo de esta protesta, se ha adoptado el hexágono, por sus propiedades, como figura base del proyecto. Esta figura bidimensional tiene todos sus lados y ángulos iguales, y uniendo sus vértices internos se forman 6 triángulos equiláteros. Explorando el hexágono en tres dimensiones, se obtiene un tetraedro, el cual se convierte en la base estructural del proyecto.

El programa incluye un volumen central basado en la ciencia e investigación y un volumen perimetral que fomenta el intercambio cultural; ambos incentivando la adquisición y creación del conocimiento. Estos espacios, concebidos para proporcionar un entorno acogedor e integrador, pretenden atraer a personas de toda condición y crear una comunidad vibrante y dinámica que devuelva la conexión del puerto con el centro de la ciudad.

Palabras clave: Mundaneum, Beirut, tetraedro, duodecimal, hexágono

ABSTRACT

This paper proposes the development of the "Mundaneum Beirut 2022" project, whose objective is the regeneration of the area and the implementation of a building that will have an impact on the environment of the port of Beirut (Lebanon), severely damaged by an explosion in 2020.

The implementation of a building in the historic port of Beirut is seen as an opportunity to merge the knowledge of the past with the ideas of the future. To this end, the starting point was a protest against the Universal Decimal Classification System, commonly used to classify works in libraries. It has been determined that the Duodecimal System is more efficient since its multiplications and divisions in base 12 are simpler. Based on this objection, the hexagon has been adopted, due to its properties, as the base figure for the project. This two-dimensional figure has all its sides and angles equal, and by joining its internal vertices, 6 equilateral triangles are formed. Exploring this figure in three dimensions, a tetrahedron is obtained, which becomes the structural basis of the project.

The program includes a central volume based on science and research and a perimeter volume that promotes cultural exchange, both encouraging the acquisition and creation of knowledge. These spaces, conceived to provide a welcoming and inclusive environment, aim to attract people from all walks of life and create a vibrant and dynamic community that reconnects the port with the city center.

Keywords: Mundaneum, Beirut, tetrahedron, duodecimal, hexagon

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
ANSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	12
EL LUGAR	20
EL PROGRAMA	25
PARTIDO ARQUITECTÓNICO	28
ANEXO A: MEMORIA	35
ANEXO B: ESTRUCTURA	36
ANEXO C: PLANTA ALTA Y BAJA	37
ANEXO D: PLANTAS ALTAS Y ORGANIZACIÓN	38
ANEXO E: FECHADAS Y CORTE FUGADO 1	39
ANEXO F: FACHADAS Y CORTE FUGADO 2	40
ANEXO G: VISTAS Y CUADRO DE ÁREAS	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de Áreas - Mundaneum 2022

12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1

New Arab. (2020). Más de la mitad de Líbano pre-explosión atrapado en la pobreza. Fotografía. Figura en línea. The New Arab Staff and Agencies. Diciembre 16, 2022. <https://www.newarab.com/news/more-half-pre-blast-lebanon-trapped-poverty>. 13

Figura 2

AUB Neighborhood Initiative. Mapas Analíticos de Ras Beirut. Ilustración. Figura en línea. Universidad Americana de Beirut (s.f). Diciembre 16, 2022. <https://www.aub.edu.lb/Neighborhood/Pages/analyticalmaps.aspx> 14

Figura 3

Math Monks. Propiedades del Hexágono. Ilustración. Figura en línea. Math Monks. Diciembre 16, 2022. <https://mathmonks.com/hexagon> 15

Figura 4

Stacy George. Why Are Honeycomb Cells Hexagonal?. Fotografía. Figura en línea. Science Friday. Diciembre 16, 2022. <https://www.sciencefriday.com/educational-resources/why-do-bees-build-hexagonal-honeycomb-cells/>. 17

Figura 5

Phillip Ball. Why Nature Prefers Hexagons. Fotografía. Figura en línea. Nautilus. Diciembre 16, 2022. <https://nautil.us/why-nature-prefers-hexagons-235863/> 17

Figura 6

Creación Propia basada en Borja de la Torre, 2015. 18

Figura 7

Creación Propia 19

Figura 8

Creación Propia 19

Figura 9

Beirut Blast Reports. ACAPS – Analysis of affected areas in Greater Beirut. Ilustración. Figura en línea. Rotary Club of Beirut Cedars. Diciembre 18, 2022. <https://rcbeirutcedars.org/acaps-analysis-of-affected-areas-in-greater-beirut/> 20

Figura 10

AP. Before and after photos from Beirut's port. Fotografía. Figura en línea. EuroNews. Diciembre 18, 2022. <https://www.euronews.com/2020/08/06/before-and-after-photos-from-beirut-s-port-reveal-scale-of-disaster> 21

Figura 11	
Creación Propia con Quishpe M., Recalde V., Pabón D.	22
Figura 12	
Creación Propia con Quishpe M., Recalde V., Pabón D.	22
Figura 13, 13.1	
Creación Propia con Quishpe M., Recalde V., Pabón D.	23
Figura 14	
Creación Propia con Quishpe M., Recalde V., Pabón D.	24
Figura 15	
Creación Propia con Quishpe M., Recalde V., Pabón D.	27
Figura 16	
Creación Propia	27
Figura 17	
Creación Propia	28
Figura 18	
Creación Propia	28
Figura 19	
Creación Propia	29
Figura 20	
The Irwin S. Channin School of Architecture Archive of the Cooper Union. Analysis: Louis Kahn, City Tower Municipal Building. Fotografía. Figura en línea. The Cooper Union. Diciembre 20, 2022. https://archswc.cooper.edu/Detail/objects/1073	30
Figura 21	
Thomas Koloski. A Look At The Unbuilt City Tower By Louis Kahn In Center City. Ilustración. Figura en línea. Philadelphia Yimbi. Diciembre 20, 2022. https://phillyyimby.com/2021/05/a-look-at-the-unbuilt-city-tower-by-louis-kahn-in-center-city.html	30
Figura 22	
Louis Khan. City Tower. Fotografía. Figura en línea. Unbuiltarch. Diciembre 20, 2022. https://phillyyimby.com/2021/05/a-look-at-the-unbuilt-city-tower-by-louis-kahn-in-center-city.html	30
Figura 23	
Xavier De Jauréguiberry. Louis Kahn Yale University Art Gallery. Fotografía. Figura en línea. Divisare. Diciembre 20, 2022. https://divisare.com/projects/342858-louis-kahn-xavier-de-jaureguiberry-yale-university-art-gallery	31

Figura 24

Desconocido. Transformation And Geometry In Anne Tyng's Work. Fotografía. Figura en línea.
 Form Finding Lab. Diciembre 20, 2022.
[https://formfindinglab.wordpress.com/2020/03/10/transformation-and-geometry-in-anne-tyngs-w
 ork/](https://formfindinglab.wordpress.com/2020/03/10/transformation-and-geometry-in-anne-tyngs-work/)..... 31

Figura 25

Anne Tyng. Transformation And Geometry In Anne Tyng's Work. Fotografía. Figura en línea.
 Form Finding Lab. Diciembre 20, 2022.
[https://formfindinglab.wordpress.com/2020/03/10/transformation-and-geometry-in-anne-tyngs-w
 ork/](https://formfindinglab.wordpress.com/2020/03/10/transformation-and-geometry-in-anne-tyngs-w

 ork/)..... 31

INTRODUCCIÓN

Beirut, la capital de Líbano, es una ciudad que ha sido durante mucho tiempo un ejemplo de la diversidad religiosa y cultural de Oriente Medio. Desafortunadamente, la ciudad está dividida por diferentes sectores religiosos, y aunque ha habido esfuerzos por integrar a todas las comunidades, a menudo hay tensiones entre ellas.

En el año 2020, Beirut sufrió una devastadora explosión que causó grandes daños en el puerto y en otras áreas de la ciudad. A raíz de esto, se ha llevado a cabo un esfuerzo por restaurar el puerto con la intención de volver a conectarlo con el centro de la ciudad. El puerto está situado en una zona industrial separada del centro de la ciudad por una autopista y una vía férrea. Esto dificulta la circulación de personas y mercancías entre ambas zonas. Esta desconexión ha repercutido negativamente en la economía y la movilidad de la ciudad.

Otro de los problemas urbanos que enfrenta la ciudad la deficiente infraestructura peatonal. Actualmente, las calles de Beirut están diseñadas principalmente para el tráfico vehicular e ignoran las necesidades de los peatones. Muchos residentes utilizan el carro como principal medio de transporte y las calles suelen estar congestionadas. Esto dificulta la circulación segura de los peatones, que deben competir con los vehículos por el espacio en la acera (Myntti & Mabsout, 2014; Figura 1). Para resolver estos problemas, Beirut necesita poner en marcha un plan integral de reinfraestructura peatonal, el cual debería incluir la creación de más aceras, reducción del tráfico vehicular e inversión en puentes peatonales y pasos subterráneos.



Figura 1. Las calles de Beirut

La falta de espacios verdes y espacios al aire libre es otro de los problemas que afecta a la ciudad de Beirut (Figura 2). A pesar de ser una ciudad densamente poblada, Beirut carece de parques, plazas y otros espacios abiertos esenciales para la salud y el bienestar de sus habitantes. Una de las principales razones es el rápido crecimiento de la población urbana. A medida que la ciudad ha crecido, ha enfrentado la presión de desarrollar terrenos para fines residenciales y comerciales, a menudo en detrimento de los espacios abiertos. Esto ha resultado en una escasez de espacios públicos y áreas verdes. Adicionalmente, muchos de los espacios públicos de la ciudad, como parques y plazas, están mal mantenidos y carecen de instalaciones. Esto los hace menos atractivos para los residentes y reduce su valor como lugares de recreación y relajación.



Figura 2. Áreas verdes en Beirut

EL HEXÁGONO

El hexágono es un polígono de seis lados que a menudo se considera la forma más perfecta de la naturaleza. Esto se debe a su eficacia estructural, su atractivo estético y su versatilidad en una amplia gama de aplicaciones. Sus características incluyen: (1) Seis lados iguales; (2) Seis ángulos internos iguales de 120° ; (3) Seis ángulos externos iguales de 60° ; (4) La suma de los ángulos internos es 720° ; (5) Nueve diagonales (Math Monks, 2022; Figura 3)

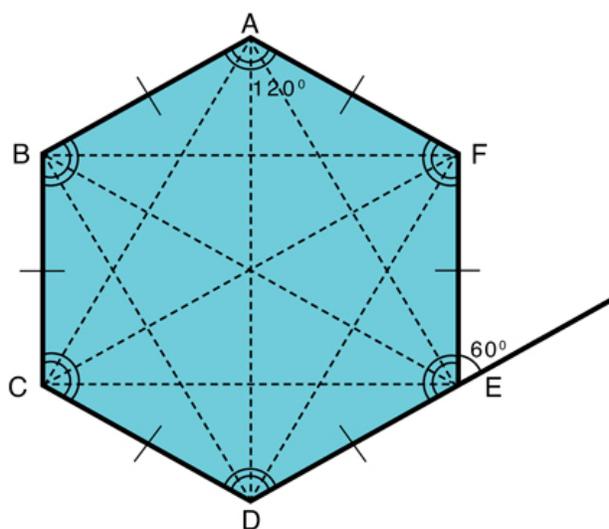


Figura 3. El hexágono

Una de las principales razones por las que el hexágono se considera una forma perfecta es su eficacia estructural. Cuando se utiliza como bloque de construcción en una estructura de nido de abeja, el hexágono es capaz de proporcionar la máxima resistencia con el mínimo material. La naturaleza prefiere los hexágonos porque llenan un plano con unidades de igual tamaño sin desperdiciar espacio. Un hexágono tiene un ángulo de 120 grados, lo que lo hace más eficiente a la hora de minimizar el perímetro de un área determinada en comparación con otras formas como

los cuadrados y los triángulos equiláteros. Las estructuras hexagonales también son conocidas por su estabilidad mecánica y su eficiencia energética. Por ejemplo, las abejas necesitan menos energía para construir colmenas con formas hexagonales (*Hexagons in Nature & Man-made Applications*, 2022).

Sistemas hexagonales

Los sistemas hexagonales pueden encontrarse en diversos sistemas naturales, como las células de los panales, las conchas de ciertos moluscos y las escamas de algunos peces. Estos sistemas suelen caracterizarse por su estabilidad estructural y su eficacia.

Las abejas crean colmenas hexagonales construyéndolas con cera. Necesitan una estructura que requiera menos cera y pueda contener más miel. Comienzan su moldeado en forma circular; cuando la cera se enfría, se vuelve hexagonal debido a la tensión superficial de las paredes que la rodean (Figura 4), de forma similar a como las burbujas de agua forman hexágonos debido a la tensión superficial del agua.

La razón por la que se encuentran patrones hexagonales en la naturaleza es que la forma hexagonal es un resultado natural del proceso de minimización de la energía superficial. Cuando las moléculas o partículas se autoensamblan espontáneamente en una estructura, suelen hacerlo de forma que se minimice la energía superficial total del sistema. La forma hexagonal es una de las configuraciones que pueden minimizar la energía superficial, lo que la convierte en una opción favorable para las estructuras naturales.

Por ejemplo, cuando las moléculas de agua forman cristales de hielo, a menudo se organizan espontáneamente en un patrón hexagonal para minimizar la energía superficial del cristal (Figura 5). Esto se debe a que la forma hexagonal permite que las moléculas se unan de

forma que se minimice la superficie expuesta al entorno, lo que se traduce en una menor energía superficial total (Cheh et al., 2013).



Figura 4. Panal de abejas

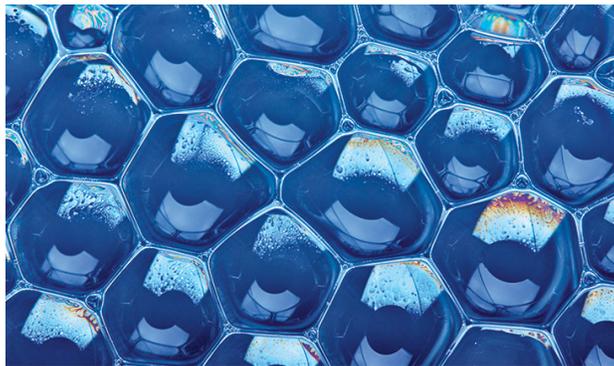


Figura 5. Burbujas de agua en forma hexagonal

Funciones Estructurales

Los hexágonos tienen una serie de propiedades deseables que los hacen idóneos para su uso en aplicaciones estructurales. Por ejemplo, los hexágonos tienen una alta rigidez torsional, siendo resistentes a las fuerzas de torsión. Esto los hace especialmente útiles para resistir cargas laterales, como el viento o los terremotos. También tienen una gran resistencia a la flexión, lo

que significa que son capaces de soportar cargas importantes sin desplomarse. Por eso son adecuados como pilares o vigas en edificios y otras estructuras (Figura 6).



Figura 6. Fuerzas en tetraedros

Otro fenómeno que hacen de los hexágonos excelentes formas estructurales es el crecimiento (Figura 7) y la división fractal (Figura 8), que se refiere a la forma en que una estructura se repite a diferentes escalas. Su forma permite que se encajen de manera compacta y regular, lo que los hace ideales para la construcción de estructuras repetitivas y regulares, como edificios o puentes. Además, los hexágonos tienen una distribución de carga equilibrada, lo que los hace resistentes a la deformación y al colapso.

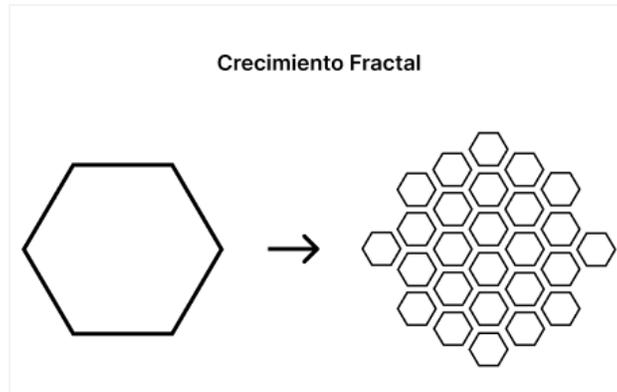


Figura 7. Crecimiento Fractal

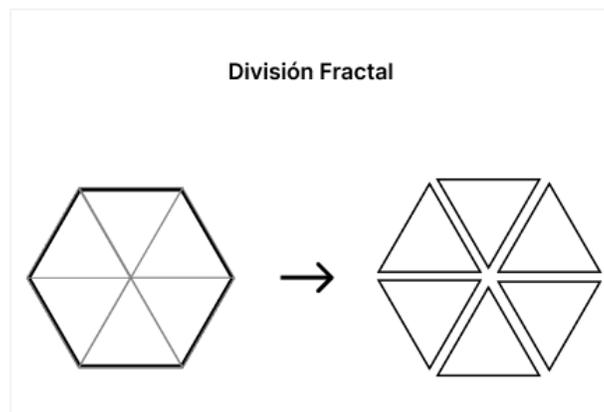


Figura 8. División Fractal

Para visualizar de forma estructural los conceptos discutidos previamente, podemos tomar en consideración al hexágono como un sistema dentro de otro sistema. En la estructura del edificio propuesto, se puede visibilizar este fenómeno en el eje Y en los cortes y en el eje X en las plantas. En el proyecto, se puede apreciar como los triángulos convergen en el centro del polígono y dirigen las fuerzas horizontales hacia un solo punto. Esto permite que exista un solo elemento que distribuye las fuerzas verticales (Borja de la Torre, 2015).

EL LUGAR

El puerto de Beirut es un importante puerto comercial y de pasajeros en la capital de Líbano. Está situado en la costa mediterránea, a unos 10 kilómetros al sur del centro de la ciudad. El puerto ha sido una parte importante de la historia y el desarrollo de Beirut desde hace siglos, siendo un importante centro de intercambio comercial entre el Oriente Medio y el resto del mundo. Se encuentra en una ubicación estratégica en el Mediterráneo y es un puerto de tránsito para una gran cantidad de mercancías que se transportan a través del Oriente Medio y el Golfo Pérsico. En términos de accesos, el puerto no está bien conectado con el resto de la ciudad y el país; era accesible a través de pocas carreteras y autopistas. Existe una red de transporte público que conecta el puerto con el resto de la ciudad. Además, el puerto cuenta con una terminal de cruceros y una terminal de ferrys que conectan con otros destinos en el Mediterráneo y el Golfo Pérsico (*Port of Beirut, 2022*).



Figura 9. Maps de Beirut y su puerto

El 4 de agosto de 2020, se produjo una devastadora explosión en el puerto de Beirut. La explosión se originó en un almacén de nitrato de amonio que se encontraba en el puerto y causó

una gran destrucción en la zona circundante, incluyendo el distrito portuario de la ciudad (Figura 10). Como resultado, el puerto tuvo que cerrar temporalmente para permitir que se llevara a cabo la reparación y la limpieza. Mientras tanto, el tráfico marítimo se redirigió a otros puertos más pequeños en el país, como Tripoli y Tyre, para continuar con las operaciones comerciales (Figura 11). Sin embargo, el puerto de Beirut finalmente volvió a abrir sus puertas en octubre de 2020, aunque se llevaron a cabo varias medidas de seguridad adicionales para evitar cualquier riesgo adicional (Fairbanks, 2020).

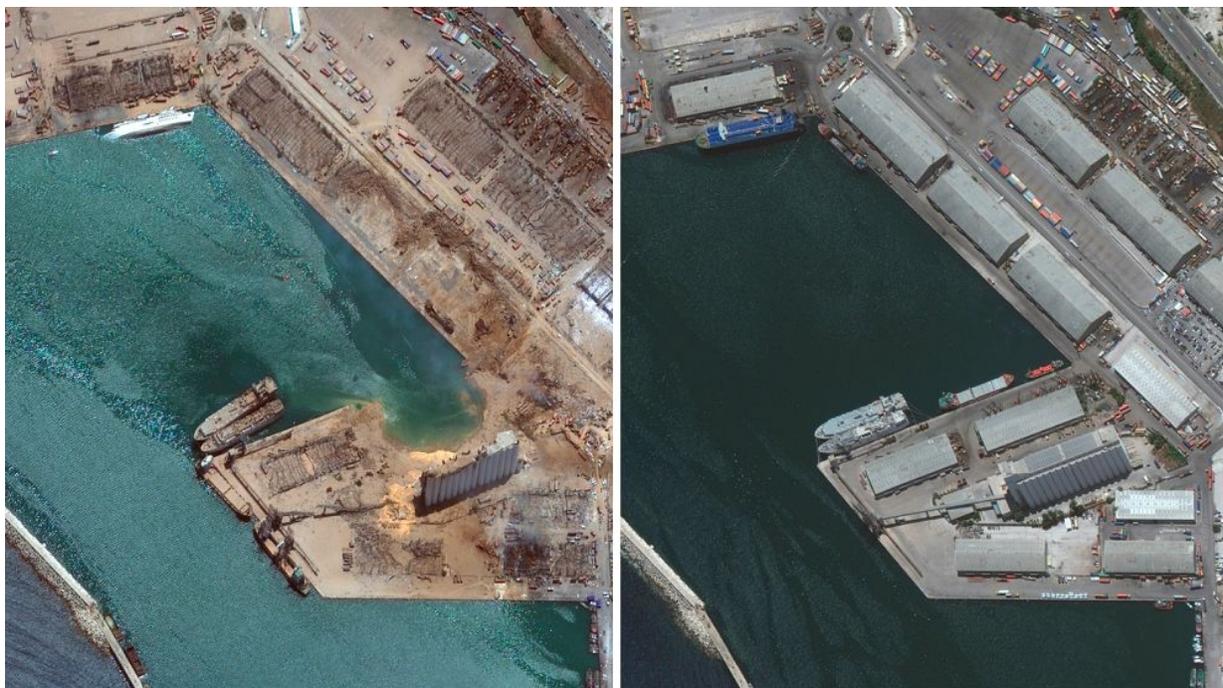


Figura 10. Antes y después de la explosión en el puerto de Beirut

El terreno donde se implanta el proyecto tiene un área de 15000 m². Beirut es una ciudad que ha estado dividida por su religión durante muchos años. Existía una línea llamada "línea verde" que separaba a ambos lados dependiendo la religión (Figura 12). Por eso, este proyecto tiene como objetivo principal actuar como un nexo de unión que elimine las diferencias entre los dos grupos. Se ha elegido una ubicación estratégica al final de la "línea verde", con el fin de

fomentar la interacción entre ambos lados a través de su localización y su programa. Se aprovechó el ángulo de 120 grados del terreno natural y se ha adaptado la estructura de acuerdo a él, para poder aprovechar al máximo la topografía del lugar y garantizar la mejor funcionalidad y accesibilidad posible. Este proyecto busca ser un espacio de encuentro y diálogo que permita superar las barreras y promover la armonía entre las diferentes partes involucradas.

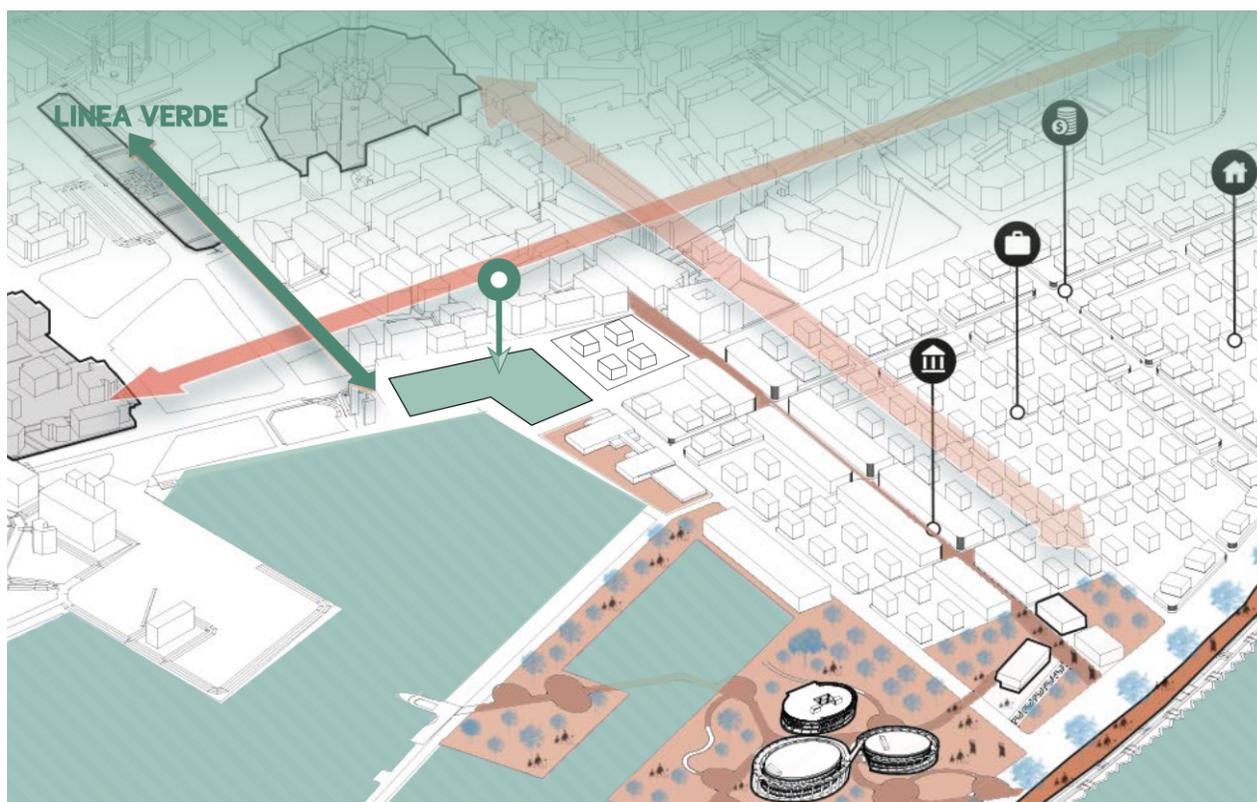


Figura 11. Axonometría 1

Análisis del lugar

Red Vial Propuesta:

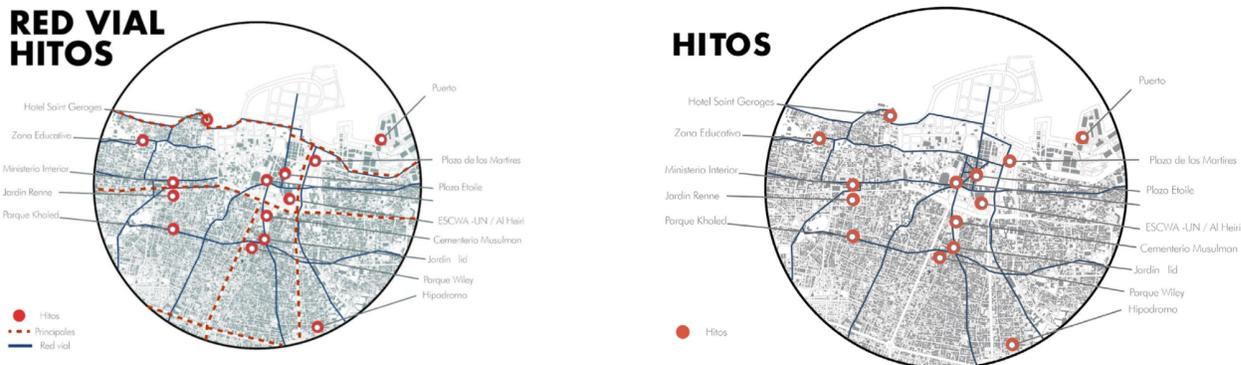


Figura 12. Red Vial Propuesta

Perfiles Viales Propuestos:



CALLE GOURAD

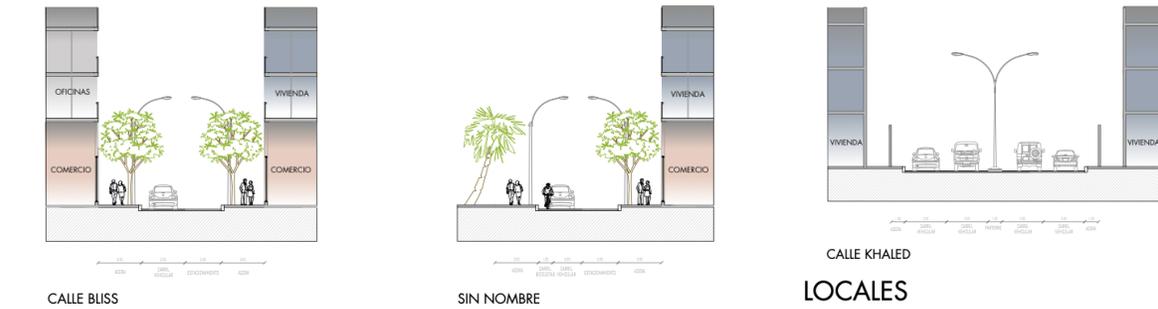
COLECTORA PRINCIPAL

Esta calle busca conectar dos zonas representativas de Beirut, la zona del oeste que posee un malecón y la zona del este en la que se encuentra próxima al puerto y que además posee potencial gran actividad económica con comercio. Para esto se busca generar una continuación del eje comercial en sentido este, oeste.

CALLE DAMASCO

Si bien actualmente Beirut posee un pequeño Malecón en la zona oeste, algo desafortunado que sucede es que no se le da importancia al peatón, no es agradable para este recorrer este espacio gracias a que se presenta una serie de silos de hormigón que interrumpen el paso.

Figura 13. Perfil Vial Propuesto (Colectora principal)



COLECTORA SECUNDARIA

Dentro de esta clasificación se encuentra la calle sin nombre, se decide darle la vocación de colectora comercial debido a que esta se encuentra paralela con la calle Al Lenbi, es así que, se enmarca una serie de manzanas que estarán destinados de relleno al comercio que rematan y generar una conexión con el malecón en la zona norte.

LOCALES

Esta calle se encuentran en su mayoría en la zona oeste del nuevo distrito, con el fin de desplazar la zona residencial con la zona comercial. De esta manera este tipo de vías únicamente serán utilizadas por gente que habita dentro de esta manzanas.

Figura 13.1. Perfil Vial Propuesto (Colectora secundaria y locales)

EL PROGRAMA

El programa del edificio se divide en tres áreas principales: un volumen central dedicado a ciencia e investigación, un volumen perimetral que fomenta el intercambio cultural y una plaza de ingreso.

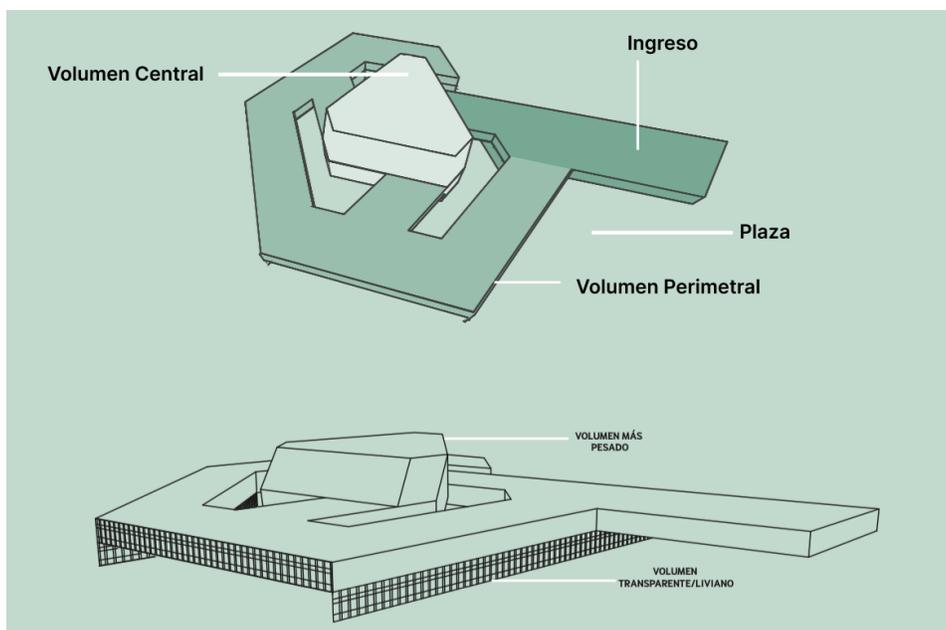


Figura 14. Volúmenes 3d del proyecto

El volumen central del edificio estará dedicado a la ciencia y la investigación, y se incluirán espacios como laboratorios y salas de investigación. Además, se proporcionarán espacios para la realización de conferencias y charlas relacionadas con el conocimiento científico y tecnológico.

El volumen perimetral del edificio estará dedicado al intercambio cultural, y se incluirán espacios como salas de exposición, salones de clase y talleres. Estos espacios estarán orientados a promover la reflexión y el diálogo sobre temas culturales y artísticos, y a fomentar la creatividad y el aprendizaje.

La plaza de ingreso del edificio será un espacio de encuentro y de conexión entre el volumen central y el volumen perimetral, y se proyectará como un lugar de encuentro y socialización. En esta plaza se realizarán actividades al aire libre, como exposiciones temporales, y se incluirán espacios verdes para promover la biodiversidad y mejorar la calidad del aire.

Este es el programa propuesto para el Mundaneum en el Puerto de Beirut:

AREA		m2
INGRESO	RECEPCIÓN	16
	HALL	170
	SEGURIDAD	20
	LOCKERS	35
	INGRESOS	132
	ADMIN	OFICINAS
	SALA DE REUNIONES	20
	GERENCIA	22
	CONTROL	70
EXPOSICIÓN	EXHIBICIÓN PERMANENTE	2275
	EXHIBICIÓN TEMPORAL	880
	EXHIBICIÓN BEIRUT	450
	SALAS INTERACTIVAS	110
	EXHIBICIÓN DIGITAL	132
	ZONA DE DESCANSO	210
	EXHIBICIÓN DE ESCULTURAS	540
BIBLIOTECA Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN	ARCHIVO	44
	ALMACENAMIENTO	600
	HEMEROTECA	120
	ZONA DE LECTURA	300
	SALAS INDIVIDUALES	120

	SALAS GRUPALES	80
	ZONA DE INVESTIGACIÓN	180
SERVICIOS	CIRCULACIÓN	500
	BODEGAS	30
	SSHH	166
	ZONA DE DESCARGA	110
	ALMACENAMIENTO PERMANENTE	50
RESTAURANTE	COCINAS	130
	MESAS	400
	SERVICIOS	70
TOTAL ÁREA CONSTRUIDA		8016

Tabla 1: Cuadro de Áreas - Mundaneum 2022

PARTIDO ARQUITECTÓNICO

El Mundaneum será un edificio arquitectónico innovador y multifuncional, diseñado para ser un espacio de encuentro y aprendizaje para personas de toda edad y cultura. El edificio estará situado en un área que aumente la conexión entre el puerto y el centro de la ciudad de Beirut.

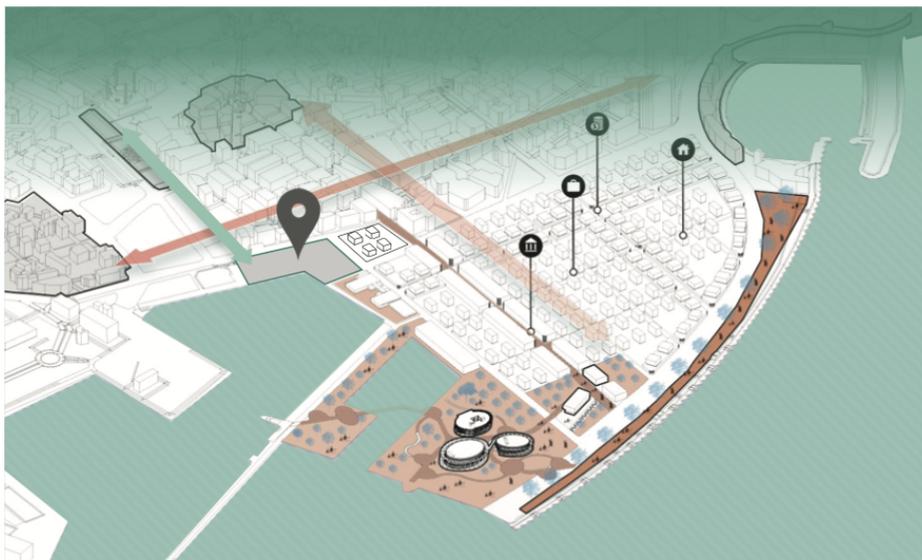


Figura 15. Axonometría 2

Se toman en cuenta 6 ejes principales para la elaboración del Mundaneum: cultura, biblioteca, centro de investigación, ciencias sociales, ciencias naturales y matemáticas. Todos estos ejes partiendo del “Yo” como un punto nulo.



Figura 16. Ejes principales

Geometría/Estructura

La estructura del edificio es tetraédrica, lo que significa que tiene cuatro caras triangulares y cuatro vértices. Esta forma se obtuvo a partir de un círculo, que pasó a ser un hexágono con el propósito de minimizar la energía superficial y lograr una organización estructural más eficiente. Luego, se trasladó esta figura a tres dimensiones y se unieron seis réplicas de ella para crear el tetraedro, el cuál se presenta en el volumen central del edificio.

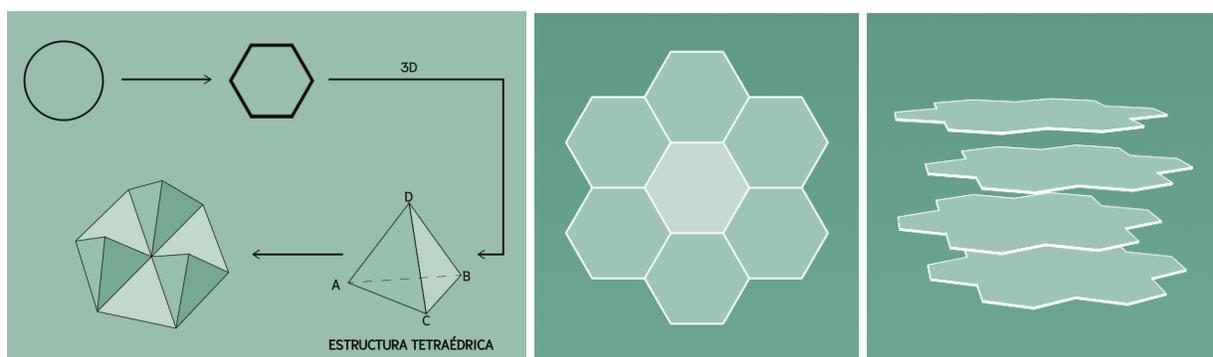


Figura 17. Geometría del tetraedro en el edificio

Se optó por colocar la estructura tetraédrica sobre una columna para aprovechar al máximo el espacio disponible en la planta baja. Como se muestra en la Figura 18, sin hacer esto se habría perdido espacio debido al ángulo formado entre la losa y la diagonal del tetraedro.

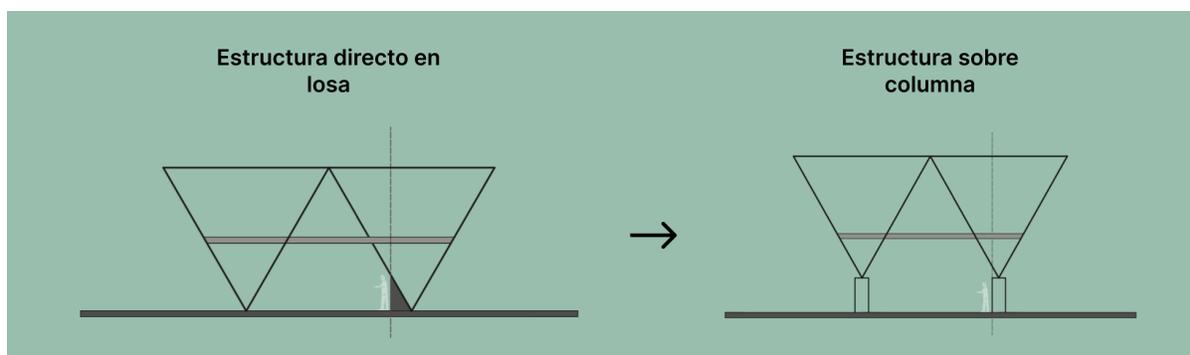


Figura 18. Estructura con y sin losa

Implantación

El edificio se ha diseñado de manera que se adapte a la forma del terreno natural. Se aprovecha la forma hexagonal del edificio para acoplarlo al ángulo de 120 grados del terreno, utilizando los ángulos internos del hexágono para ello.

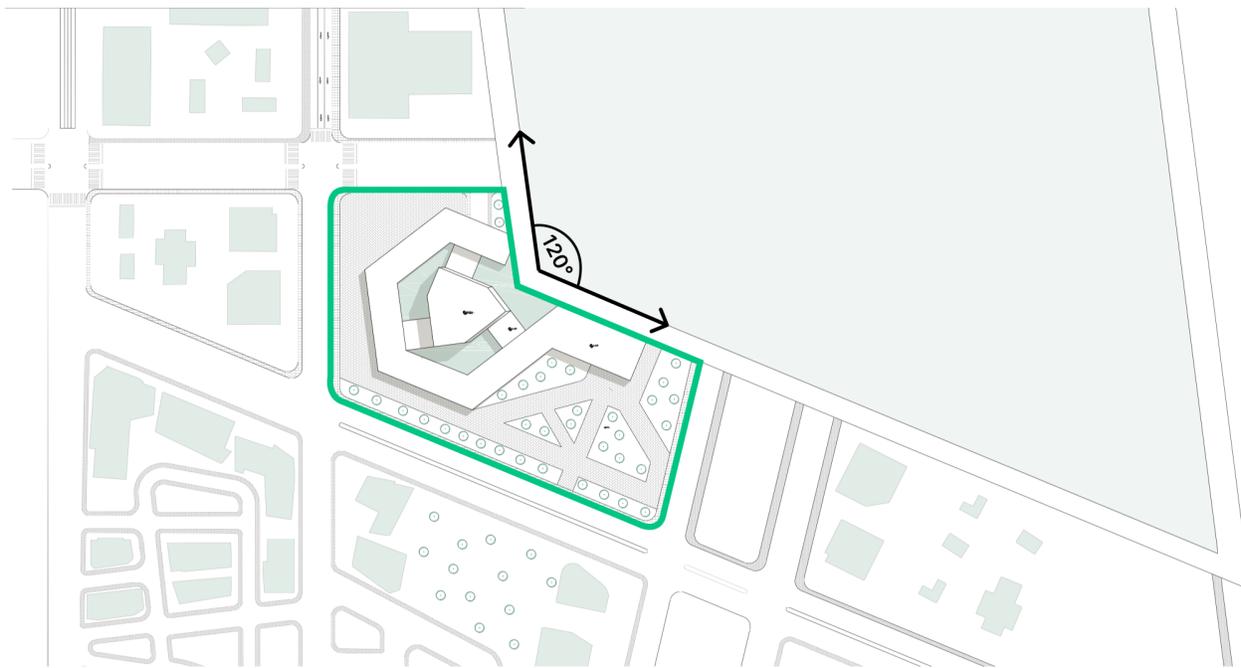


Figura 19. Implantación en terreno

LOS PRECEDENTES

City Tower (1952) Louis I. Kahn, Anne Tyng

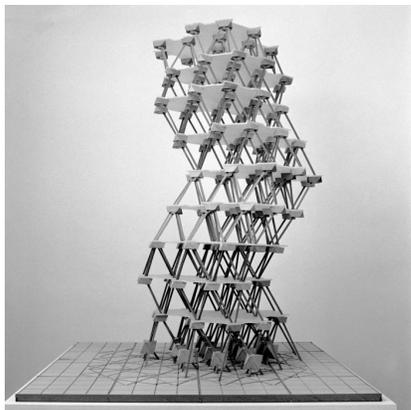


Figura 20. City Tower Maqueta

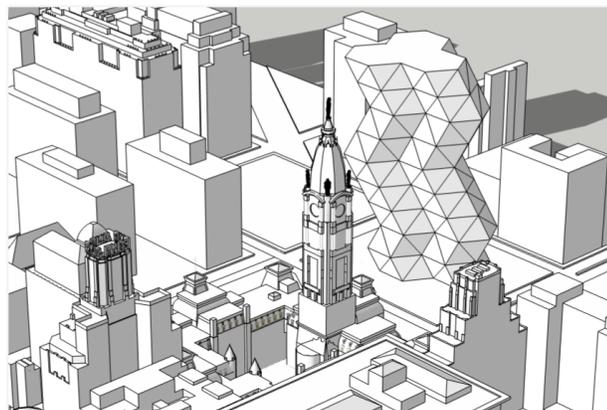


Figura 21. City Tower Implantación

La City Tower es un edificio diseñado por el arquitecto Louis Khan y situado en Filadelfia; se terminó de construir en 1958. Se diseñó siguiendo el Estilo Internacional, un estilo arquitectónico popular a mediados del siglo XX que hacía hincapié en la sencillez y la funcionalidad (*Architectuul*, 2019). Khan quería crear un edificio con un principio estructural claro; para lograrlo, diseñó la City Tower con una base en forma de estructura tetraédrica – resultado de su estructura. La torre crece hacia arriba en zigzag, sostenida por una serie de elementos prefabricados de hormigón. Las juntas entre estos elementos están diseñadas como estructuras enchufables, con escaleras verticales contenidas en ellas (*City Tower*, 2021).

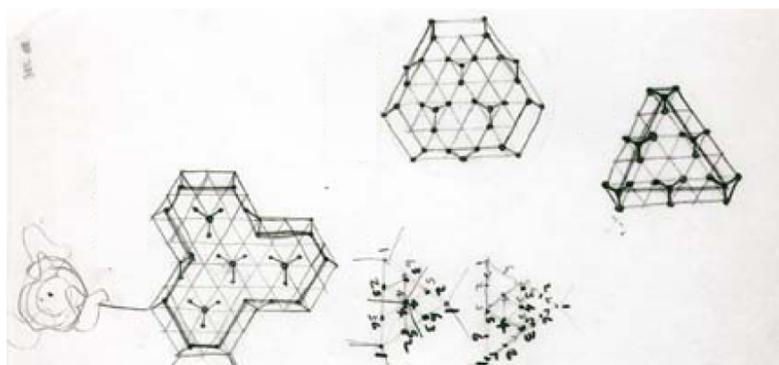


Figura 22. Dibujos City Tower, Louis Khan

Yale University Art Gallery (1953) Louis I. Kahn, Anne Tyng



Figura 23. Galería de Arte de Yale - Actualidad



Figura 24. Galería de Arte de Yale - 1960s

La Galería de Arte de Yale es un museo de arte situado en New Haven, Connecticut. El edificio principal de la Galería se construyó en 1953 y fue uno de los primeros diseñados por Louis Kahn. Anne diseñó un techo que utilizaba un patrón geométrico entrelazado de tetraedros para crear un espacio interior lleno de luz. Las unidades tetraédricas se fijaron al forjado y formaron una estructura elegante y eficiente, permitiendo crear un espacio interior de gran envergadura sin necesidad de columnas. La forma tetraédrica también permite la instalación de paneles temporales para exposiciones, y las unidades sujetaban conductos eléctricos al tiempo que permitían la difusión de la luz (*Transformation And Geometry In Anne Tyng's Work*, 2022).

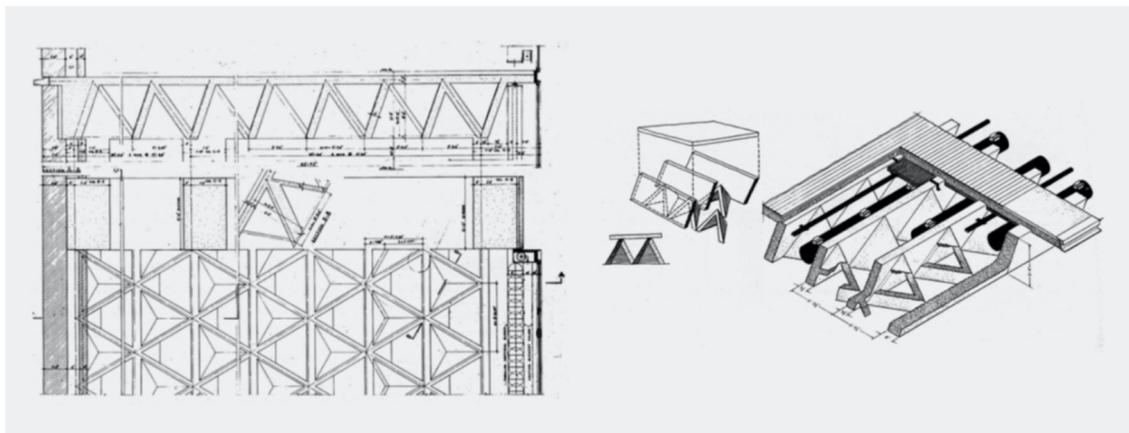


Figura 25. Dibujos del techo de tetraedros, Anne Tyng

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hexagons in Nature & Man-made Applications. (2022, January 29). Starry Stories. Retrieved December 16, 2022, from <https://www.starrystories.com/hexagons-in-nature/>
- Cheh, J., Gao, Y., Wang, C., Zhao, H., & Fang, H. (2013). Ice or water: thermal properties of monolayer water adsorbed on a substrate. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2013(06), P06009. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2013/06/p06009>
- Math Monks. (2022, September 6). Hexagon – Definition, Shape, Properties, Formulas. <https://mathmonks.com/hexagon>
- Myntti, C., & Mabsout, M. (2014). Climate Change and Environment in the Arab World Program. American University of Beirut. Retrieved December 16, 2022, from <https://www.aub.edu.lb/Neighborhood/Documents/ImprovingWalkabilityBeirutLessonsfromJeannedArcStreet.pdf>
- Borja de la Torre, M. G. (2015). *Teoría General de Sistemas: Mercado Mayorista Norte de Quito* [Tesis]. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
- Port of Beirut. (2022, May 18). Port De Beyrouth. Retrieved December 18, 2022, from <http://www.portdebeyrouth.com/index.php/en/history>
- Fairbanks, W. (n.d.). Beirut Explosion Sends Lebanon Into Humanitarian, Economic Abyss. MEES. <https://www.mees.com/2020/8/7/geopolitical-risk/beirut-explosion-sends-lebanon-into-humanitarian-economic-abyss/f900e540-d8ae-11ea-87f0-69ace4ba3f51>

City tower. (2021, October 5). Unbuiltarch. Retrieved December 19, 2022, from <https://unbuiltarch.org/en/04-city-tower-2/>

City Tower. (2019). Architectuul. Retrieved December 19, 2022, from <https://architectuul.com/architecture/city-tower>

Khodbole, P. (2022, November 14). Anne Tyng-15 Iconic Projects. RTF | Rethinking the Future. <https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a1379-anne-tyng-15-iconic-projects/>

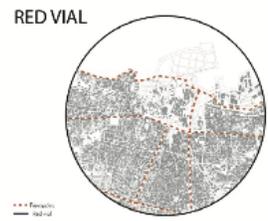
Transformation And Geometry In Anne Tyng's Work. (2022, June 30). Form Finding Lab. Retrieved December 19, 2022, from <https://formfindinglab.wordpress.com/2020/03/10/transformation-and-geometry-in-anne-tyngs-work/>

MUNDANEUM BEIRUT - LIBANO

EL MUNDANEUM ES UN ESPACIO QUE LE PERMITE ACCEDER AL MUNDO ENTERO AL CONOCIMIENTO Y LA CULTURA MUNDIAL. ES TAMBIÉN UN LUGAR QUE PROMUEVE LA PAZ Y UNIDAD, UN LUGAR DONDE NO EXISTE DISTINCIÓN ALGUNA.

EL PROYECTO ESTÁ UBICADO EN LA CIUDAD DE BEIRUT, EN UN PUNTO ESTRATÉGICO PARA FOMENTAR LA UNIÓN DE LOS HABITANTES. EL MUNDANEUM ESTÁ DESTINADO A LA POBLACIÓN LOCAL E INTERNACIONAL, ES POR ESO QUE SE CONSIDERÓ EL TRAZADO VIAL PROPUESTO EN EL ANÁLISIS URBANO Y SE APROVECHÓ DE SU CERCANÍA AL MAR PARA SUS VISUALES, ADEMÁS TRABAJA COMO INCENTIVO PARA RECUPERAR LA CONEXIÓN DEL PUERTO CON EL CENTRO DE LA CIUDAD.

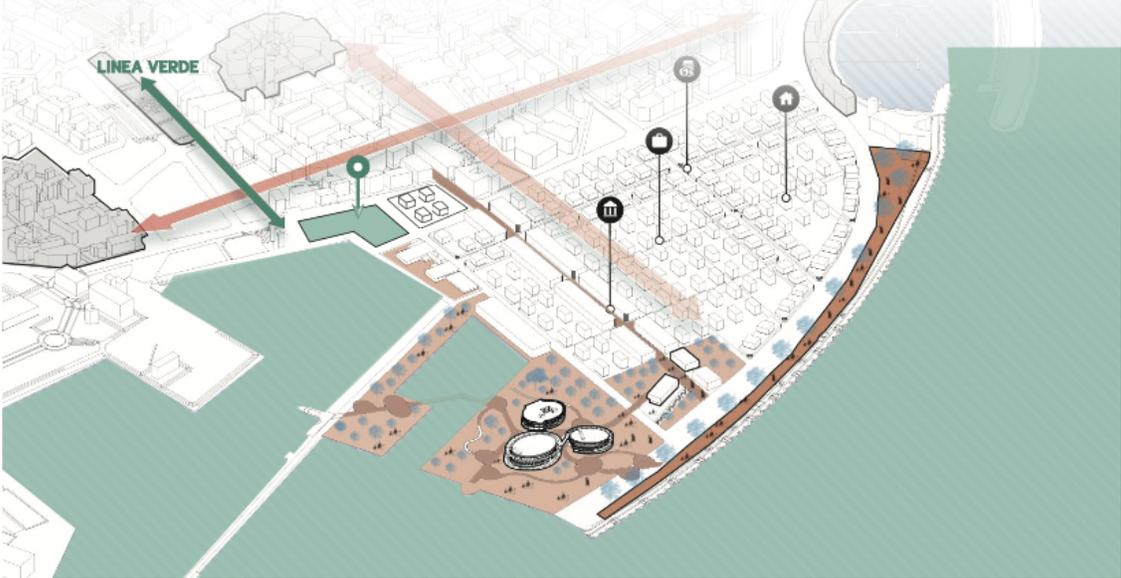
ANALISIS URBANO



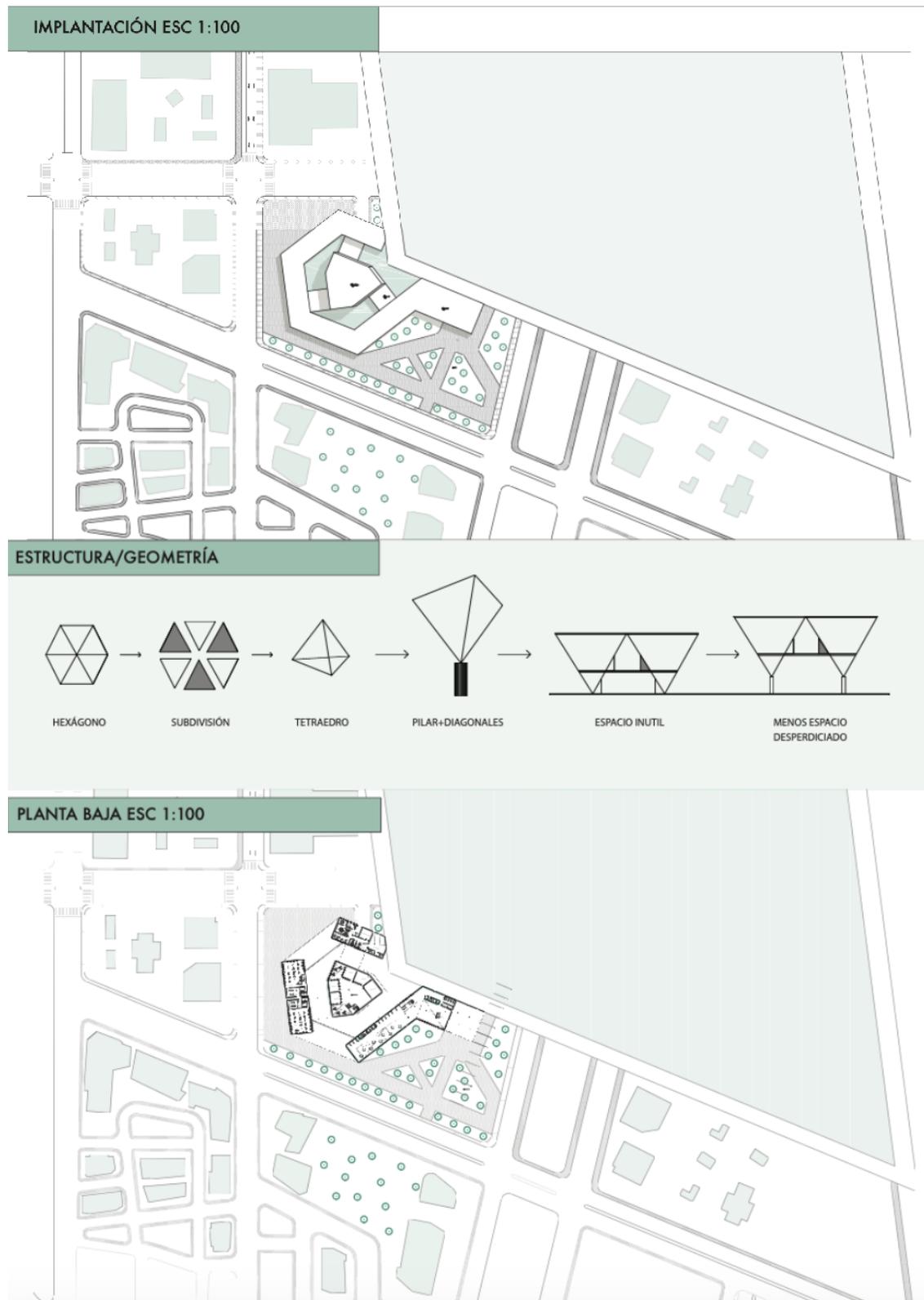
PERFILES VIALES PROPUESTOS



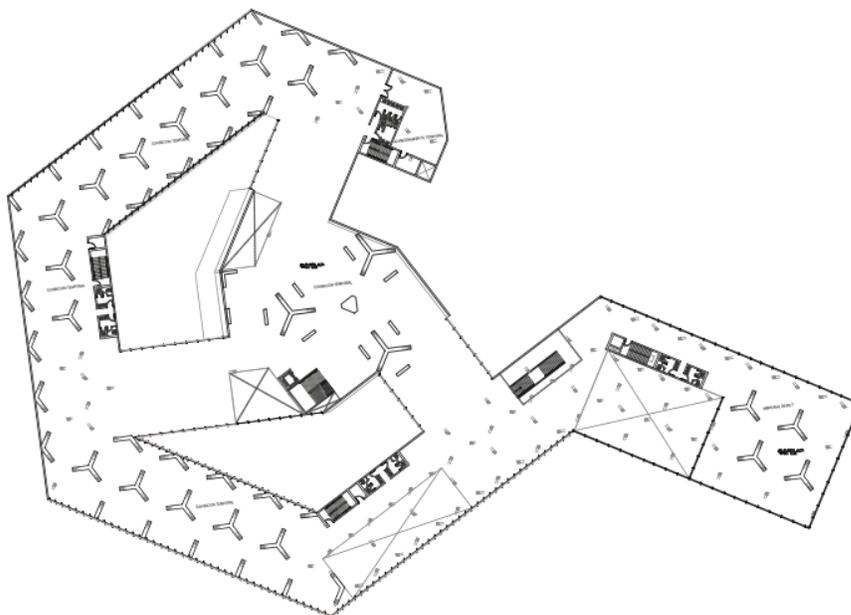
UBICACIÓN



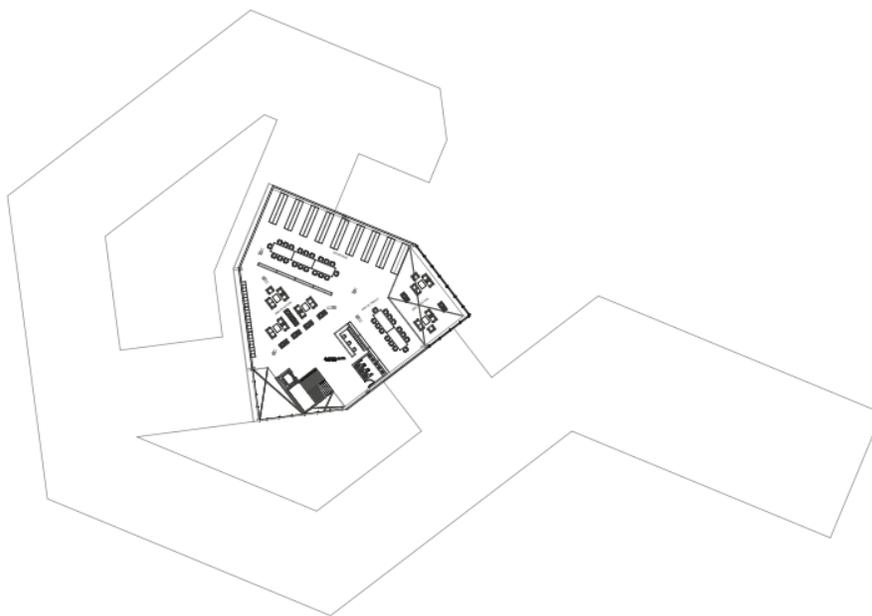
ANEXO B: ESTRUCTURA



ANEXO C: PLANTA ALTA Y BAJA



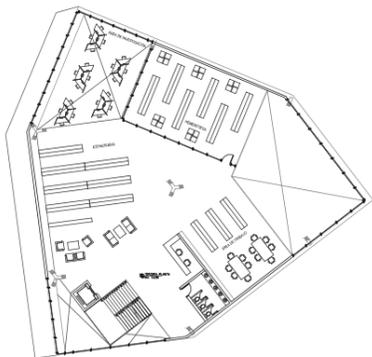
PLANTA BAJA ESC 1:300



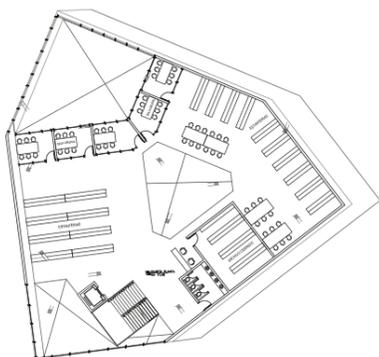
PLANTA 1 ESC 1:300

ANEXO D: PLANTAS ALTAS Y ORGANIZACIÓN

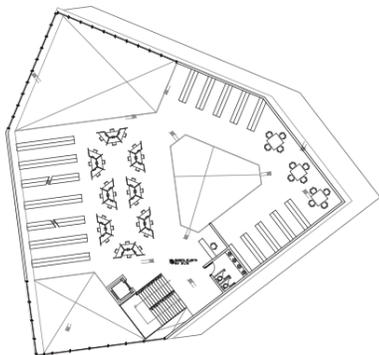
PLANTA ALTA 3 ESC 1:200



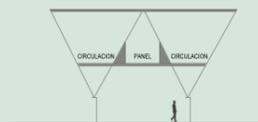
PLANTA ALTA 4 ESC 1:200



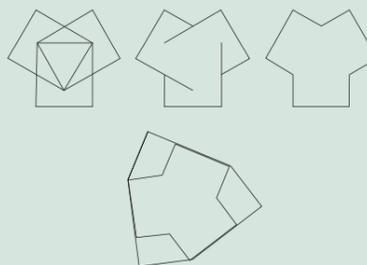
PLANTA ALTA 5 ESC 1:200



DESPLAZAMIENTO BILATERAL POR ESTRUCTURA

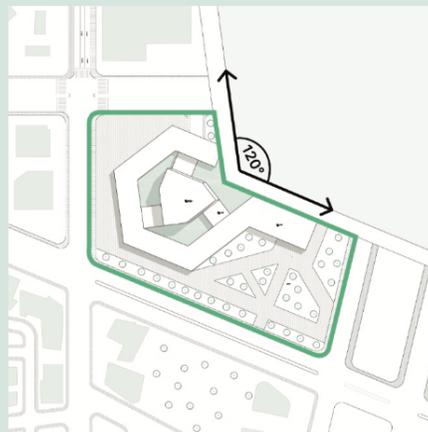


ORGANIZACIÓN PANELES



SISTEMA DE ORGANIZACION EN PLANTA A TRAVÉS DE LAS 6 DIAGONALES DEL HEXÁGONO

(VILLA HIDRA DE LERMA, JOSE MANTILLA)



SE APROVECHA EL ANGULO INTERNO DEL HEXAGONO PARA ADAPTARSE A LA TOPOGRAFIA

ANEXO E: FECHADAS Y CORTE FUGADO 1

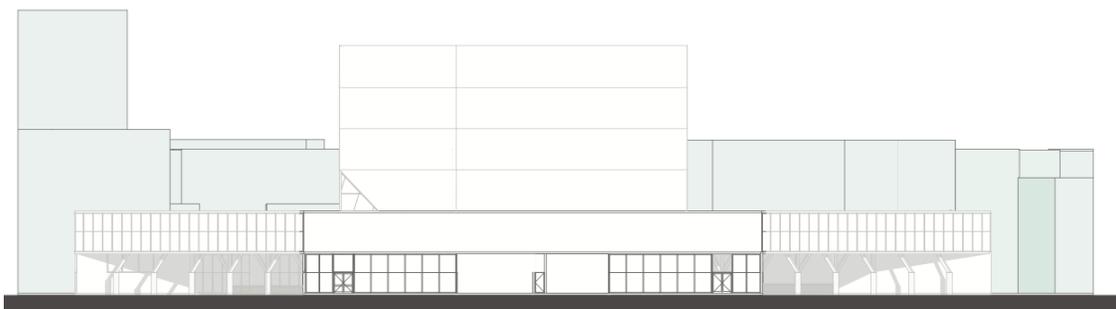
FACHADA SUR ESC 1:200

EJES PRINCIPALES

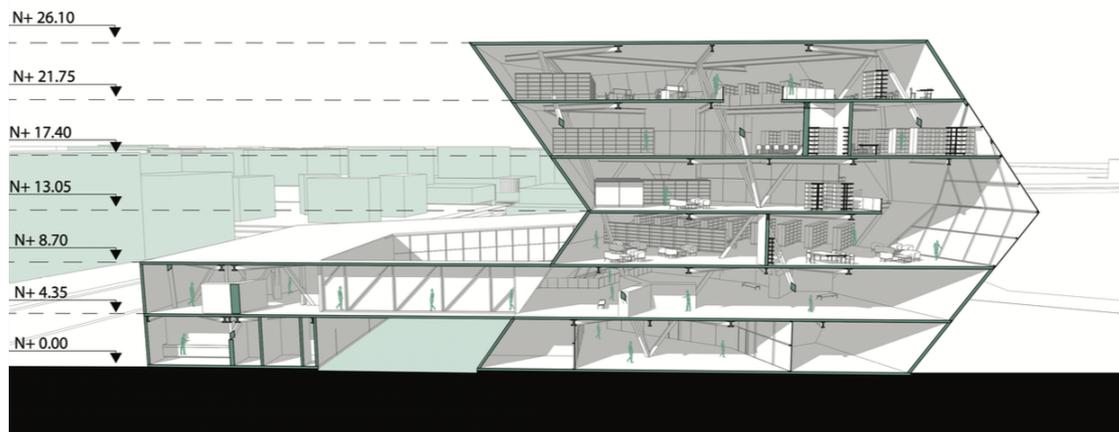
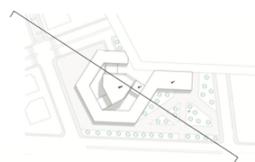
1. Cultura: Religión, Bellas Artes
2. Biblioteca: Conocimiento, Historia...
3. Centro de investigación: Aprendizaje...
4. Ciencias Sociales: Política, Geografía...
5. Ciencias Naturales: Geografía, Biología...
6. Matemáticas: Tecnología, Inteligencia Artificial...



FACHADA SUR ESC 1:200

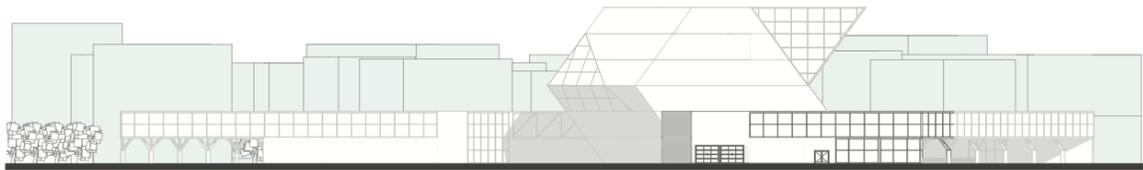


CORTE FUGADO ESC 1:150

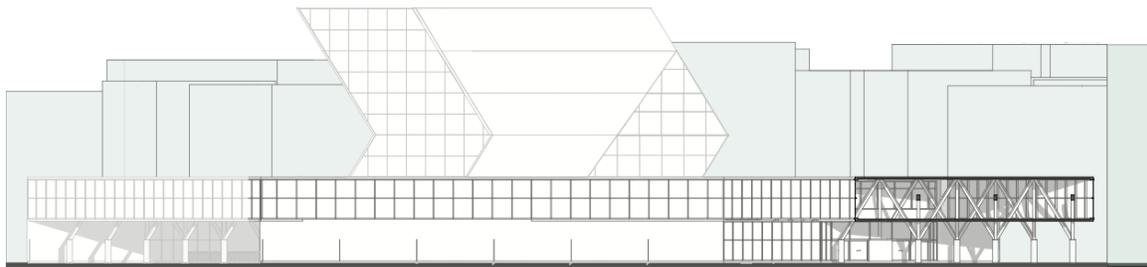


ANEXO F: FACHADAS Y CORTE FUGADO 2

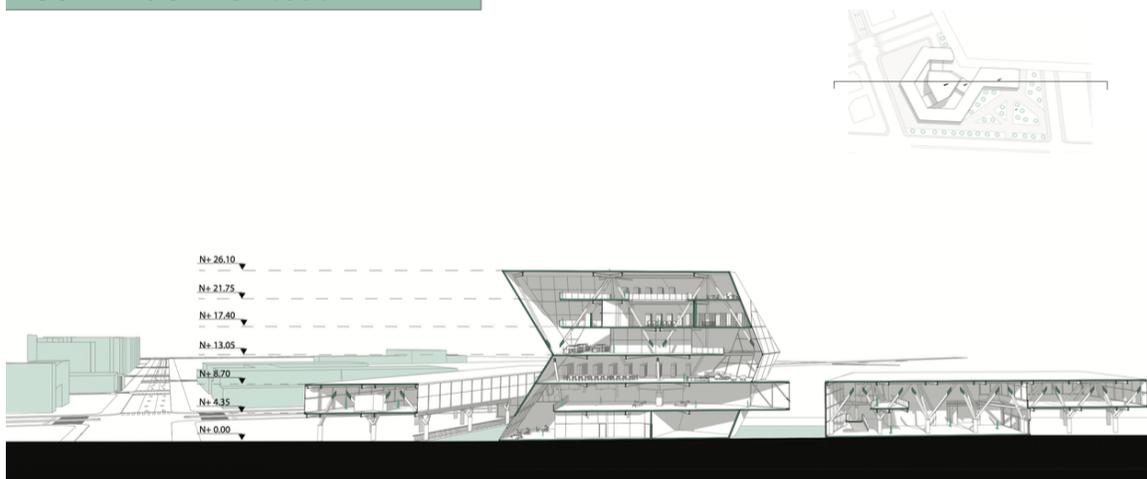
FACHADA NORTE ESC 1:200



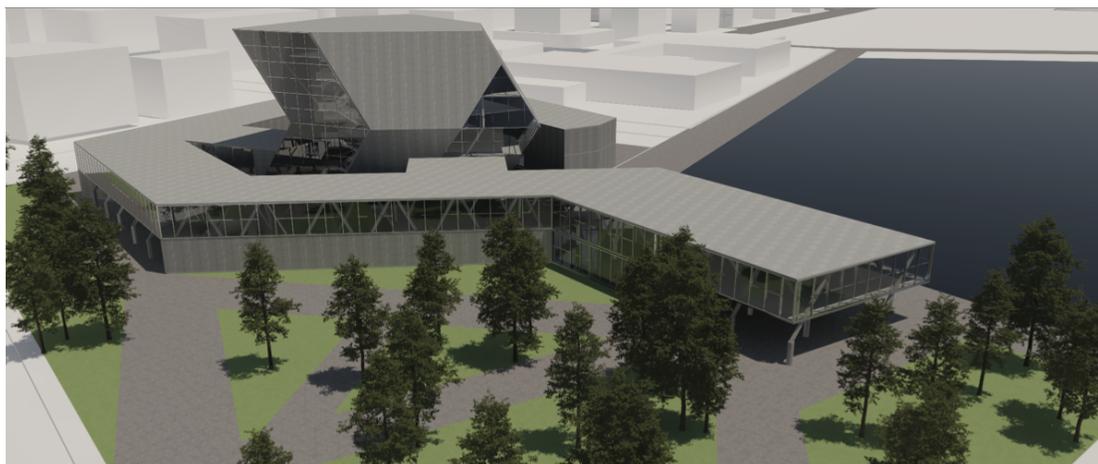
FACHADA SURESTE ESC 1:200



CORTE FUGADO 1:300



ANEXO G: VISTAS Y CUADRO DE ÁREAS



EXHIBICION



SALAS INTERACTIVAS



ESPEJO DE AGUA



INGRESO



CUADRO DE ÁREAS

AREA		m2
INGRESO	RECEPCIÓN	16
	HALL	170
	SEGURIDAD	20
	LOCKERS	35
ADMIN	INGRESOS	132
	OFICINAS	50
	SALA DE REUNIONES	20
	GERENCIA	22
EXPOSICIÓN	CONTROL	70
	EXHIBICIÓN PERMANENTE	2275
	EXHIBICIÓN TEMPORAL	880
	EXHIBICIÓN BEIRUT	450
	SALAS INTERACTIVAS	110
	EXHIBICIÓN DIGITAL	132
	ZONA DE DESCANSO	210
BIBLIOTECA Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN	EXHIBICIÓN DE ESCULTURAS	540
	ARCHIVO	44
	ALMACENAMIENTO	600
	HEMEROTECA	120
	ZONA DE LECTURA	300
	SALAS INDIVIDUALES	120
	SALAS GRUPALES	80
SERVICIOS	ZONA DE INVESTIGACIÓN	180
	CIRCULACIÓN	500
	BODEGAS	30
	SSH	166
	ZONA DE DESCARGA	110
	ALMACENAMIENTO PERMANENTE	50
RESTAURANTE	COCINAS	130
	MESAS	400
	SERVICIOS	70
TOTAL CONSTRUIDA	ÁREA	8016