

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Arquitectura y Diseño de Interiores

**Mundaneum: Dispositivo Dinámico de Permutaciones Espaciales
basado en el Sistema de Clasificación Decimal Universal de Paul
Otlet**

Roberto Carlos Melo Arteaga

Arquitectura

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

Quito, 16 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: Dispositivo Dinámico de Permutaciones Espaciales basado en
el Sistema de Clasificación Decimal Universal de Paul Otlet**

Roberto Carlos Melo Arteaga

Nombre del profesor, Título académico

José Miguel Mantilla, Arq.

Quito, 16 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: Roberto Carlos Melo Arteaga

Código: 00201303

Cédula de identidad: 1724584311

Lugar y fecha: Quito, 16 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UNPUBLISHED DOCUMENT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

El proyecto arquitectónico parte del edificio conceptual del Mundaneum desarrollado por el arquitecto suizo Le Corbusier que buscaba contener el conocimiento histórico mundial basado en las tres etapas del conocimiento de Paul Otlet. El Mundaneum es generado a partir de un dispositivo dinámico de permutaciones arquitectónicas espaciales que adopta el desarrollo teórico y conceptual del pensamiento de Paul Otlet a través de la traslación del Sistema de Clasificación Decimal Universal al lenguaje arquitectónico determinado en la red cuadrada estudiada por Jean Nicolas Louis Durand y constituido a través del concepto de permutaciones espaciales planteadas en el desarrollo del cubo de Ernő Rubik y de posición universal encontrado en el panopticon de Jeremy Betham, ubicando el instrumento arquitectónico en el espacio virtual configurado en el metaverso.

Palabras clave: Mundaneum, instrumento arquitectónico, sistema de Clasificación Decimal Universal, Paul Otlet, permutaciones espaciales, metaverso.

ABSTRACT

The architectural project is based on the conceptual building of the Mundaneum developed by the Swiss architect Le Corbusier who sought to contain world historical knowledge based on the three stages of knowledge of Paul Otlet. The Mundaneum is generated from a dynamic device of spatial architectural permutations that adopts the theoretical and conceptual development of Paul Otlet's theory through the translation of the Universal Decimal Classification System to the architectural language determined in the square grid studied by Jean Nicolas Louis Durand and constituted through the concept of spatial permutations raised in the development of Ernő Rubik's cube and universal vision found in Jeremy Betham's panopticon, locating the architectural instrument in the virtual space configured in the metaverse.

Keywords: Mundaneum, architectural instrument, Universal Decimal Classification system, Paul Otlet, spatial permutations, metaverse.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	9
Antecedentes	10
Sistema de Clasificación Decimal Universal	10
Précis Des Leçons D'architecture de Jean Nicolas Durand	11
Cubo de Ernő Rubik.....	12
Panoptición de Jeremy Betham.....	12
Arquitectura en el metaverso	13
Desarrollo del Tema.....	14
Continuación de la ciudad.....	14
Espacio Decimal	20
Sistema de Clasificación Espacial	25
Instrumento Universal.....	29
Conclusiones	39
Referencias Bibliográficas.....	41
Anexo A: Sistema de clasificación decimal universal	42
Anexo B: Composiciones espaciales en retícula cuadrada.....	42
Anexo C: Línea del tiempo del sistema CDU	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sketch del Mundaneum en los Silos de Beirut.....	15
Figura 2. Diagrama de relación directa entre mar y ciudad.....	16
Figura 3. Ilustración conceptual del objeto arquitectónico en la ciudad.....	17
Figura 4. Sketch de Pabellón Phillips de Le Corbusier	18
Figura 5. Visualización de la segunda aproximación al Mundaneum	19
Figura 6. Sketches de exploración del lenguaje arquitectónico y su relación con el CDU	21
Figura 7. Composiciones espaciales basadas en el cuadrado	22
Figura 8. Primera aproximación al CDU arquitectónico	23
Figura 9. Sketches de volumetría inicial del Mundaneum.....	24
Figura 10. Sketches del sistema de clasificación espacial de Paul Otlet	25
Figura 11. Gráfico conceptual de permutaciones dentro del sistema CDU.....	26
Figura 12. Planta Arquitectónica del Mundaneum	27
Figura 13. Mapa conceptual del plano Arquitectónico.....	28
Figura 14. Ilustración del Mundaneum como objeto arquitectónico expandido	29
Figura 15. Planos Multidimensionales del Mundaneum.....	31
Figura 16. Ilustración de dimensiones aplicadas en el Mundaneum	32
Figura 17. Isometría del Mundaneum.....	32
Figura 18. Isometrias de permutaciones del Mundaneum	33
Figura 19. Ilustración de aproximación final al centro del Mundaneum.....	34
Figura 20. Fotografía del Mundaneum en realidad aumentada	35
Figura 21. Fotografía del centro del Mundaneum en realidad aumentada	36
Figura 22. Manual de usuario del Mundaneum	37

INTRODUCCIÓN

El proyecto parte de la continuación del análisis y diseño de la ciudad de Beirut en Libano que buscaba desarrollar una nueva propuesta del puerto marítimo de la ciudad. Esto en conjunto con el desarrollo del Mundaneum, un edificio conceptual que buscaba contener el conocimiento histórico mundial y propuesto por Paul Otlet, y que fue desarrollado por el arquitecto suizo Le Corbusier. Sin embargo es concebido a partir de un objeto arquitectónico virtual que relacione los conceptos de la arquitectura con el desarrollo tecnológico como medio de visualización espacial y configurado en el metaverso. El mismo parte del desarrollo teórico y conceptual del pensamiento de Paul Otlet a través de la traslación del Sistema de Clasificación Decimal Universal al lenguaje arquitectónico establecido en la malla cuadrada estudiada por Jean Nicolas Louis Durand y organizado a través del concepto de permutación propuesto en el cubo de Ernő Rubik y de visión universal encontrado en el panopticon de Jeremy Betham.

El objetivo no es un objeto construido en la ciudad ya que se busca continuar con las ideas propuestas por Otlet y denotar las nuevas posibilidades arquitectónicas que brinda la tecnología. Por lo tanto esta investigación proviene de nuevas formas de representación arquitectónica a través de la realidad aumentada y realidad virtual, buscando conceptualizar el objeto arquitectónico como un mecanismo que permita denotar las características de universalismo, permutación y espacio infinito. Esto se establece en el metaverso ya que es el lugar que contiene la libertad necesaria para establecer interacciones dinámicas con el espacio. Por otro lado busca formar nuevas relaciones que permitan que conceptos teóricos tanto de arquitectura como de áreas externas a la misma puedan ser explicados a partir del dibujo arquitectónico y del desarrollo de espacios virtuales que mantienen un carácter formal pero muestran una libertad dada por la permutación matemática. Es importante entender las bases

del proyecto a partir de su inicio como parte del diseño de renovación de Beirut y de la transmutación del edificio construido a un instrumento universal virtual y que se trabaja en las plataformas establecidas en el metaverso que mediante los conceptos teóricos e históricos configura un diseño a partir de la geometría pura.

Antecedentes

El proyecto de desarrollo de la ciudad de Beirut parte de un análisis urbano grupal que busca conectar los hitos históricos, económicos y sociales para crear un recorrido que permita renovar la ciudad a partir de espacios que ya existen y que han tenido una relevancia importante. Esto se da en respuesta a la explosión de parte de la ciudad por un accidente nuclear. Por otro lado, al culminar el análisis urbano se empieza un proceso de diseño arquitectónico de un edificio de conservación histórica en el puerto marítimo de Beirut, en el punto cero de la explosión. Este proceso muestra un desarrollo de la geometría y de la interacción con los silos del lugar como una nueva montaña artificial. Sin embargo, el desarrollo del proyecto no se termina debido a la destrucción total del lugar de interacción arquitectónica, por lo que se empieza a concebir nuevas ideas para las bases del Mundaneum. Por lo tanto es necesario explicar los conceptos y teorías principales en los que se basa el proyecto tanto en términos de partido como en el proceso de diseño arquitectónico.

Sistema de Clasificación Decimal Universal

El CDU es un sistema que parte del sistema decimal de Dewey y su función es organizar conceptos a partir de los números naturales debido a que de esta manera existe un crecimiento exponencial e infinito del sistema. Este sistema fue implementado por Paul Otlet en conjunto con Henri La Fontaine en 1904, que se ven influenciados por sus trabajos posteriores de

investigación y recolección de datos. Los dos trabajan este esquema de clasificación para todos los campos del conocimiento como un nuevo instrumento de indexación y recuperación (Siracusa, 2016). La base del mismo es utilizar el conjunto de números naturales comprendidos desde el 0 al 9 como se puede observar en el **Anexo A** y combinando los mismos con signos para establecer relaciones infinitas entre distintos campos. El interés de Otlet fue establecer lenguajes y mecanismos que permitieran encontrar el conocimiento de manera más eficiente pero a su vez que este se mantuviera en un mismo lugar. Para añadir, Otlet buscaba sentar unas bases de organización tanto del conocimiento como de la producción del mismo, para esto se aplican varios sistemas numéricos que permiten un control y universalidad al momento de archivar conocimiento. Debido a esto, se busca conectar la arquitectura con este sistema mediante los conceptos planteados por Jean Nicolas Durand en base al diseño en grillas cuadradas.

Précis Des Leçons D'architecture de Jean Nicolas Durand

Durand fue un teórico de la arquitectura que estableció mediante el dibujo relaciones tanto de armonía como de desarrollo constructivo a partir del estudio de diferentes edificios en la historia. Esto permitió establecer procesos de diseño y las herramientas para concebir arquitectura a través de la composición reticular y la función de la economía en la edificación y construcción (Prieto, 2018). Por lo tanto, gracias a esta investigación se permite establecer diferentes composiciones espaciales dentro de un cuadrado como se puede observar en el **Anexo B** en las que se trabajan la retícula para articular la estructura. Esto a su vez permite establecer una conexión con las diferentes variables que pueden ser entendidas en el dibujo arquitectónico bidimensional (Maiztegui, 2021). Es importante mencionar que esta base establece un lenguaje arquitectónico que puede ser replicado en la actualidad ya que busca

encontrar los objetos que son necesarios e intrínsecos en la arquitectura. A partir del desarrollo del diseño arquitectónico dentro de estas bases se pueden connotar las distintas permutaciones creadas a partir del cubo formulado por Ernő Rubik.

Cubo de Ernő Rubik

El cubo de Rubik es un juguete muy popular y que mediante movimientos de las caras de un cubo muestra las distintas permutaciones en la composición de colores de las caras y trabaja en una retícula de 3x3 a pesar de que ha sido modificado para aumentar la grilla y la dificultad de resolución del mismo. Este objeto arquitectónico fue diseñado por el arquitecto Ernő Rubik como una forma de mostrar a sus estudiantes los movimientos tridimensionales que pueden realizarse en el cubo (Romero, 2013). El mismo denota la capacidad de permutar, es decir de establecer una disposición de objetos en un orden definido. Los miembros o elementos de conjuntos se organizan a partir de una característica igualitaria en este caso el color y esto permite definir distintas composiciones visuales. Esto permite consolidar un objeto en movimiento con la capacidad de transmutar infinitas veces pero llevando un control matemático del cambio que este tenga. Por otro lado, el cubo se trabaja de forma externa por lo que es necesario encontrar un mecanismo que permita la visualización total desde el interior que se puede denotar en el concepto del panopticon establecido por Betham.

Panopticon de Jeremy Betham

El panopticon era un concepto arquitectónico realizado por un filósofo que buscaba entender la manera más eficiente de diseñar y construir una cárcel. El principio que se terminó en 1785, era monitorear el número máximo de prisioneros con la menor cantidad posible de guardias (Bentham, 2011). De esta manera se desarrollaba la idea de una centralidad total en

la que se pudiera visualizar desde un punto fijo toda un área. El diseño arquitectónico consiste en una torre central, rodeada por un edificio en forma de anillo de celdas de prisión. El mismo representa un concepto del poder de vigilancia y de la capacidad de la arquitectura de generar un control con la menor cantidad de recursos. Sin embargo, esto representa un mecanismo que puede ser transcrito a una arquitectura universal, donde no se usa el mismo como objeto de control pero como objeto de visualización de un espacio desde un punto fijo y tener una perspectiva total de un lugar. Finalmente, al entender los conceptos teóricos principales en los que se fundamenta el proyecto arquitectónica se puede comprender de mejor manera los pasos que fueron necesarios para desarrollar el mismo.

Arquitectura en el metaverso

El metaverso no es un término nuevo, el mismo parte de la ficción y del imaginar la capacidad de establecer un mundo en el espacio virtual y que este sea un espacio que pueda tener una libertad tanto en como se lo construye y en como funciona. El término viene del escritor Neal Stephenson en 1992 como parte de su libro de ficción hacia un mundo virtual (Sanz, 2021). A lo largo de los años se fue desarrollando junto con las nuevas corrientes tecnológicas y se fue catapultando con el apoyo de empresas como Meta que ha ido trabajando el mismo para movilizar a un cambio digital. En la arquitectura se esta viendo un crecimiento exponencial en esta área ya que otorga una libertad de diseñar, construir y pensar el espacio sin necesidad de tomar en cuenta las limitaciones físicas definidas en la naturaleza. Es por esto que el metaverso busca imponer nuevas reglas tanto en el desarrollo social como en las nuevas metodologías que el mismo establece para la construcción de espacios donde no existe una escala como tal y se puede jugar con la infinidad vectorial.

DESARROLLO DEL TEMA

El Mundaneum es la nueva arquitectura, el difusor de conocimiento a través del diseño y la representación espacial del sistema de clasificación decimal universal de Otlet. Sin embargo, la relevancia del proyecto se da a partir de entender el proceso que fue necesario para poder llegar a establecer las bases del diseño y para poder reconsiderar la arquitectura en un espacio virtual y no en el espacio y a la escala de la ciudad. Es por lo tanto, necesario reflejar los pasos que se dieron para llegar al objeto arquitectónico y entender como los antecedentes llevaron a una investigación teórica de la forma, el espacio y la función. El estudio de precedentes dejó de partir de la noción del bloque construido y parte de entender diferentes teorías y pensamientos acerca de la nueva representación arquitectónica. A su vez, el resultado no se da de forma inicial y se trabaja en varias ideas y conceptos posteriores hasta llegar a entender el verdadero propósito del Mundaneum, no como un objeto de la ciudad pero un objeto que habita en las tecnologías. Para esto, es vital empezar con los esquemas iniciales y las ideas conceptuales del proyecto dentro de la ciudad y entender cómo se fue desarrollando el partido final a partir de varias pruebas de diseño y de concepto.

Continuación de la ciudad

En las primeras semanas existió un enfoque en tratar de continuar con lo establecido previamente en antecedentes y buscar un enfoque que continuará con el edificio propuesto. Esto se dio manteniendo la idea de geometrías puras que trabajen en los silos y que sirvan como objetos monumentales para mostrar el valor del lugar. Se trataba de conseguir una obra de remate hacia el mar que pudiera convivir con el edificio anterior que se convertía en el remate más directo con la ciudad. Las ideas iniciales eran formuladas a partir de entender un contexto

y un análisis básico del pensamiento del concepto del edificio. A su vez se trabaja en entender los distintos conceptos e ideas del Mundaneum tanto en su parte arquitectónica como en la conjugación de los enunciados teóricos que Otlet y Le Corbusier buscan promover a partir del edificio.

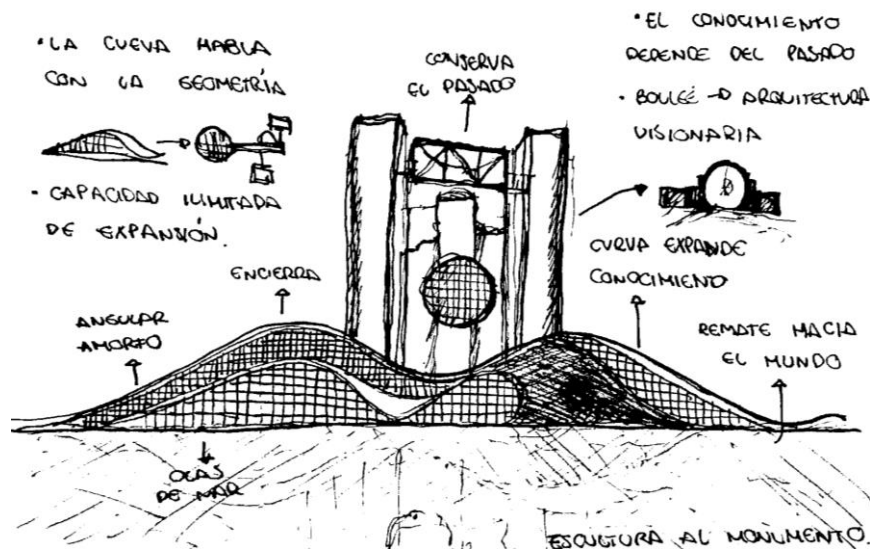


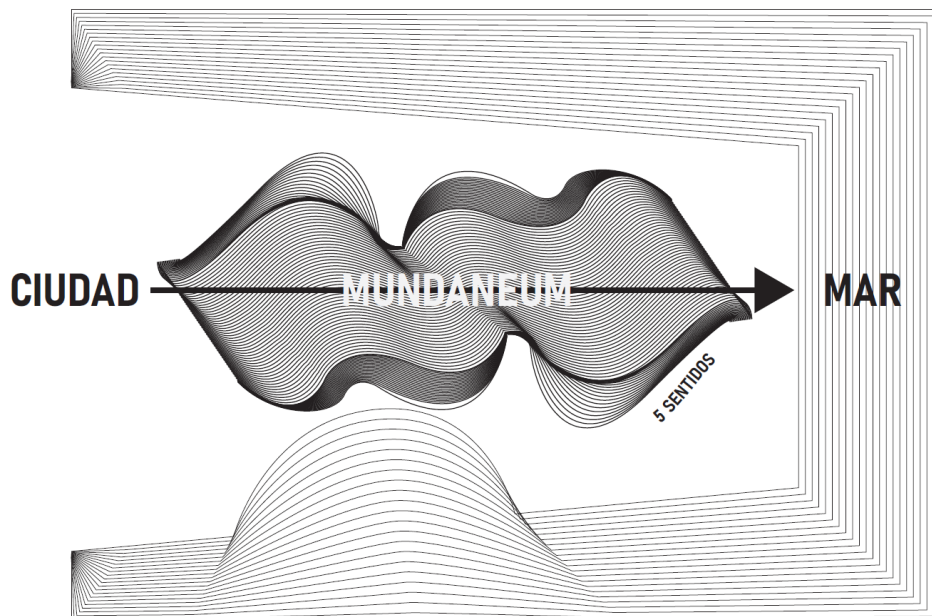
Figura 1. Sketch del Mundaneum en los Silos de Beirut

Como se puede observar en la *Figura 1* se trató de producir un edificio que mantuviera una relación con el proyecto anterior, tomando en cuenta a los silos como parte del tejido urbano y buscando crear una relación directa con el mar, buscando mantener una noción de objeto que se conectará con el centro de conservación histórica. Para añadir, se buscaba crear un edificio con la capacidad de mantener su monumentalidad pero que pueda ser expandido de manera ilimitada, tratando de mantener una idea de crecimiento mientras se trabajaba un objeto escultórico como parte del nuevo hito de la ciudad. Sin embargo, el proyecto tuvo un cambio significativo debido a que los silos se derrumbaron completamente, lo que hizo que el proyecto fuera repensado para tratar de conjugar un nuevo proceso que funcionará con el espacio vacío que dejó este monumento y una nueva oportunidad de analizar el espacio como un lienzo en blanco.

El silo destruido.

Tratar de formular algo en un espacio destruido era un desafío que se fue desarrollando a lo largo de las semanas, tratando de producir una relación nueva entre el mar y la ciudad y tratando de utilizar el mismo espacio como un nuevo punto de partida para la renovación urbana. Es por esto que se empezó a diagramar ideas y desarrollar conceptos que buscarán mantener el concepto orgánico inicial pero que se conectarán con el lugar a partir de las nuevas relaciones espaciales que se podían formar.

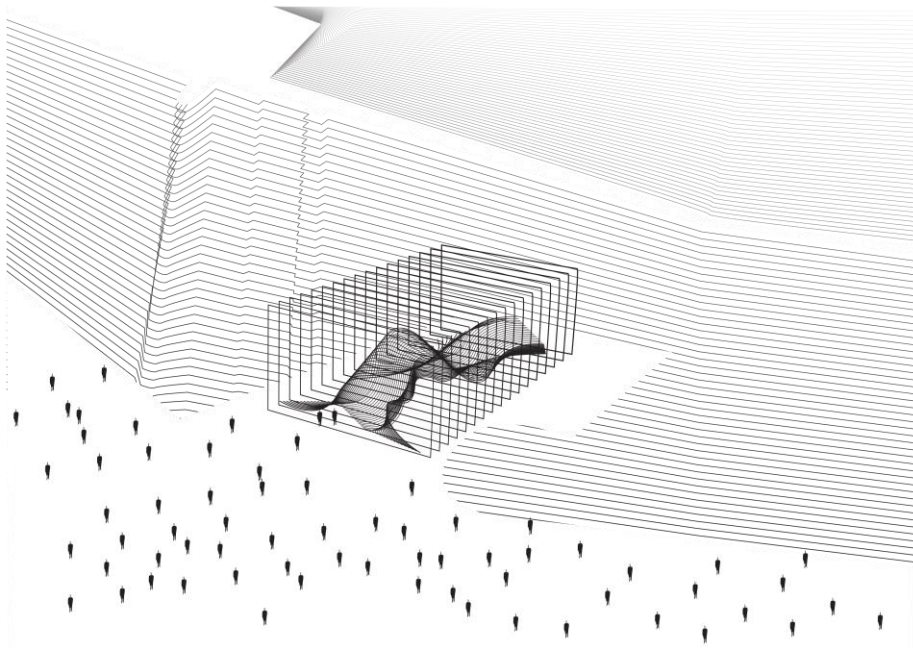
Figura 2. Diagrama de relación directa entre mar y ciudad



La relación que se muestra en la *Figura 2* buscaba que el edificio sea el motor que conecte la ciudad con el mar a través de una figura orgánica que imita las olas del mar. Por otro lado, al entender al Mundaneum y su connotación de exploración y no de un archivo se fue formulando un espacio que buscará los 5 sentidos para crear un proyecto que conecte mediante un proceso fenomenológico al usuario con el lugar. De esta manera se empezaba a generar una idea de partido que buscaba entender el espacio y programa del Mundaneum como un lugar de aprendizaje y formación espiritual a partir del recorrido sensorial, tratando de alejarse de una

formalidad funcional que convirtiera un concepto de universalismo a un concepto de almacenamiento. De esta manera se podía generar espacios nuevos y que no tuvieran que regirse bajo un esquema estructural marcado que podía generar un límite muy establecido entre la forma y la función.

Figura 3. Ilustración conceptual del objeto arquitectónico en la ciudad



Es importante denotar que tanto en las ilustraciones como en los diagramas se buscaba mostrar un lenguaje basado en líneas tratando de denotar que estos dibujos podían ser la base para un diseño. Por otro lado, la *Figura 3* muestra que el proyecto no buscaba solo conectarse con el mar pero convertir a este en el espacio de reflexión final, de esta forma el mar se convertía en un espacio infinito que trabaja dentro del Mundaneum como el remate final de aprendizaje. Las ideas iniciales estaban plasmadas en entender al espacio y al envoltorio que podía influenciar el mismo, sin embargo, se empieza una investigación de como conectar esta morfología con un concepto relacionado a la música, y convertir a la misma en un mecanismo de diseño y generador de formas.

Intertextualidad musical.

La investigación de la relación entre música y arquitectura derivó en entender el lenguaje establecido en las notas musicales como un proceso de ritmo y espacio. Esto se puede observar en el trabajo de Le Corbusier e Ianni Xenakis que ya colaboran en este tema y tratan de construir un pabellón que opta por las figuras tangenciales para establecer una forma a partir de la composición musical y valorar la capacidad constructiva de la era (Frampton, 2001). Por lo tanto, el precedente abre la puerta a entender una intertextualidad entre el arte y la arquitectura.

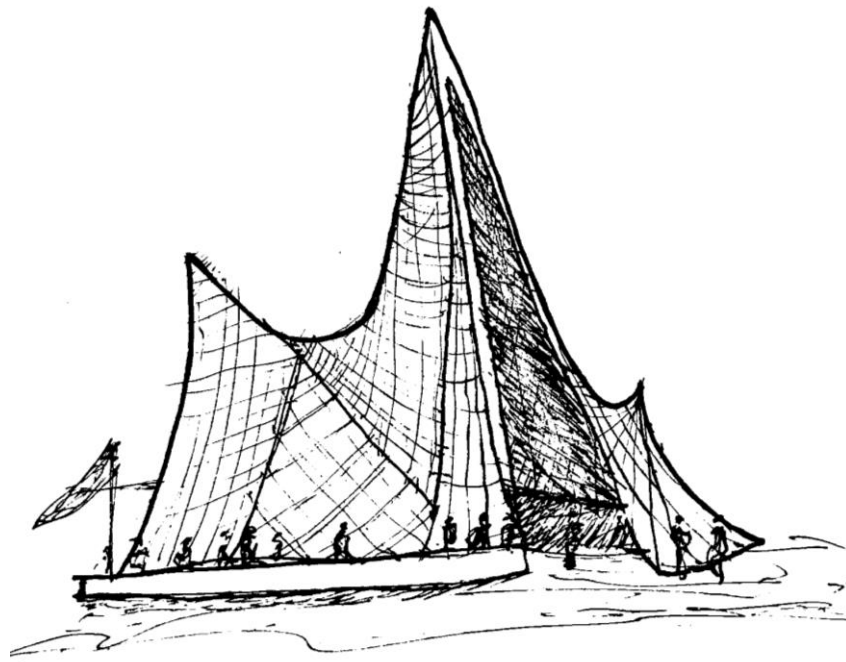


Figura 4. Sketch de Pabellón Phillips de Le Corbusier

La morfología del Pabellón Phillips buscaba resaltar la música a partir de formas que podrían ser consideradas aleatorias pero que están pensadas a partir de ondas de sonido. Esto crea los puntos de altura que se pueden observar en la *Figura 4*, esto mostraba que se podía consolidar un nuevo Mundaneum a partir del estudio musical. Sin embargo, las ideas en estas

semanas se mantenían basadas en una forma, un deseo más estético que no tomaba en cuenta el programa y las nociones planteadas por Otlet tratando de encontrar un objeto arquitectónico formulado en la música pero sin un sustento claro. Esto lleva a que el planteamiento de un partido base carezca de un justificativo teórico y que por lo tanto la exploración no permita un diseño claro.

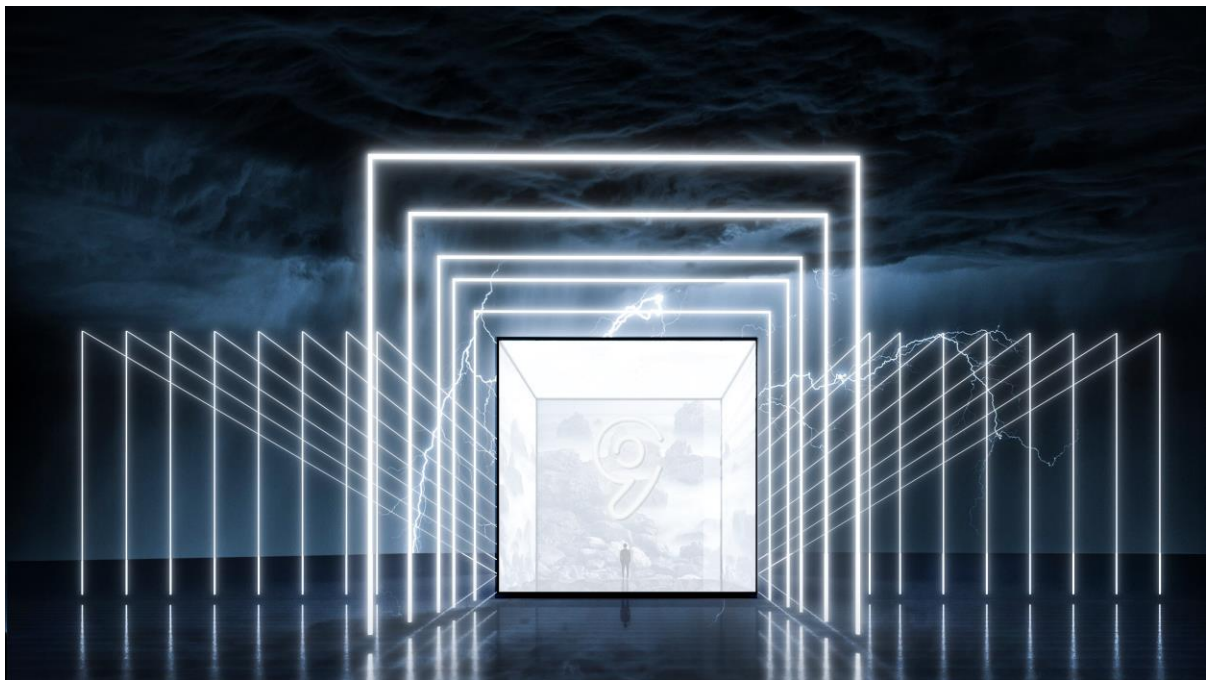


Figura 5. Visualización de la segunda aproximación al Mundaneum

Consecuentemente, como se puede observar en la *Figura 5*, se diseña una aproximación que no tiene una base teórica adecuada, por lo que la misma denota una falta de diseño espacial y de programa pero se vuelve importante para corregir la marcha de pensamiento. Por otro lado, esta exploración lleva a repensar el planteamiento inicial y empezar con una investigación más concisa de los objetivos, ideas y pensamientos de Otlet tanto en sus escritos como en la historia. Esto permite que el análisis tenga una visión más clara y concreta de como debería funcionar el objeto arquitectónico a partir de una teoría que permita entender el espacio que debería ser considerado para diseñar el Mundaneum.

Espacio Decimal

Al comenzar una investigación más centrada en Otlet se empieza a connotar nuevos procesos de diseño y teorías que permitan conectar las ideas con el objeto arquitectónico. Se parte de la idea principal del Mundaneum como objeto que sintetiza toda la información recaudada del conocimiento humano a través del lenguaje del número árabe que tiene la capacidad de tener una expansión ilimitada a través del crecimiento decimal (Beránkova, 2014). Por lo tanto se empieza a buscar tanto las conexiones históricas ligadas al Mundaneum para entender las posibles maneras de aproximarse al diseño. Como se puede observar en el **Anexo C**, a lo largo de la historia el valor del sistema CDU se vuelve vital y se convierte en un precursor tanto del desarrollo del internet como de la exploración de medios virtuales tanto en la arquitectura como en las tecnologías. De aquí sale un concepto muy importante en el cual Otlet establece a partir de que el Mundaneum no pueda ser construido al establecer que “una red de información seguía siendo el objetivo, pero aquí debía construirse y albergarse no a la escala de la ciudad, sino a través de las tecnologías de comunicación.” (Siracusa, 2016, pág. 57). Esta idea abre la exploración a entender al Mundaneum como un objeto virtual que trabaje a partir de la exploración del metaverso y que albergue una nueva libertad espacial.

El lenguaje arquitectónico y su relación con el CDU.

Para poder sintetizar las conexiones entre el CDU y la arquitectura se empieza a buscar posibles relaciones entre el lenguaje arquitectónico y los números. Esto lleva a una exploración para tratar de entender las bases de la arquitectura y entender el pensamiento de arquitectos como Durand que ya buscaban crear una base del lenguaje arquitectónico. Por lo tanto se establece que la arquitectura parte del dibujo, es en el dibujo donde existe una totalidad del lenguaje ya que puede ser reflejado a partir de representaciones de la realidad (Prieto, 2018). Es por lo tanto necesario conectar este lenguaje a partir de la grilla cuadrada y establecer el

mismo como una base inicial que puede ser modificada pero que conviva con las distintas áreas contenidas en los números en el CDU.

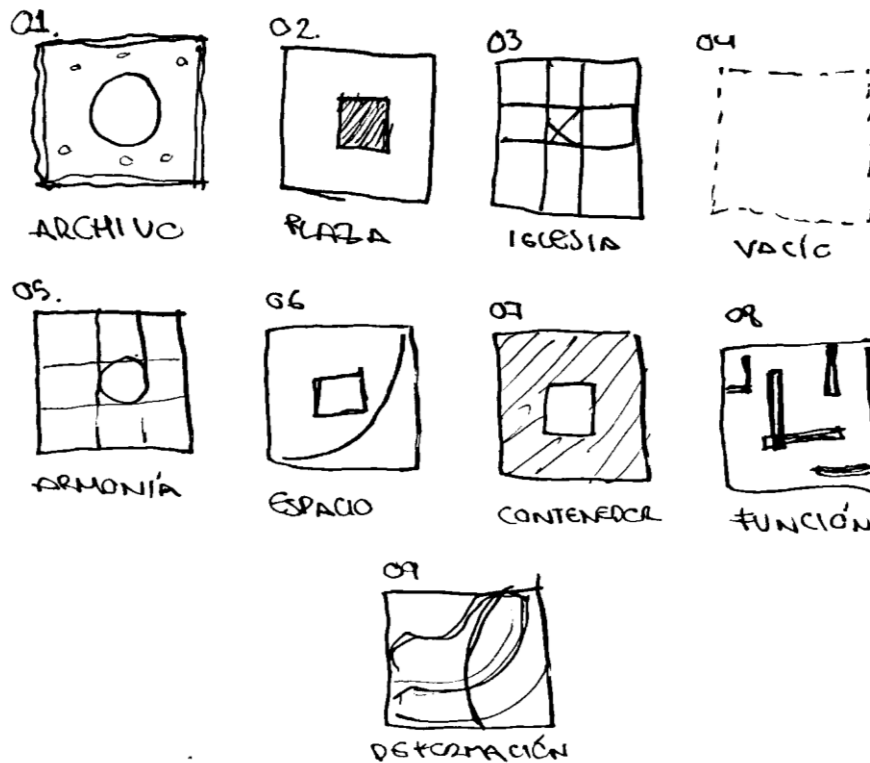


Figura 6. Sketches de exploración del lenguaje arquitectónico y su relación con el CDU

La exploración inicial que se muestra en la *Figura 6* buscaba establecer una relación directa a cada número con un concepto espacial diferente, esto permitía determinar cómo establecer un espacio arquitectónico que tuviera las connotaciones necesarias para representar un área del sistema. Esta exploración abrió el campo a explorar los distintos lenguajes arquitectónicos a partir de establecer el cuadrado como un límite espacial. Este límite fue entendido como el espacio marcado por la geometría y encerrado en el conjunto de números naturales del sistema CDU. Para continuar con la exploración y poder establecer una relación más abstracta tanto entre la geometría y la arquitectura como el sistema y las bases de diseño del mismo se empezó por implementar distintas composiciones espaciales para determinar la más exitosa.

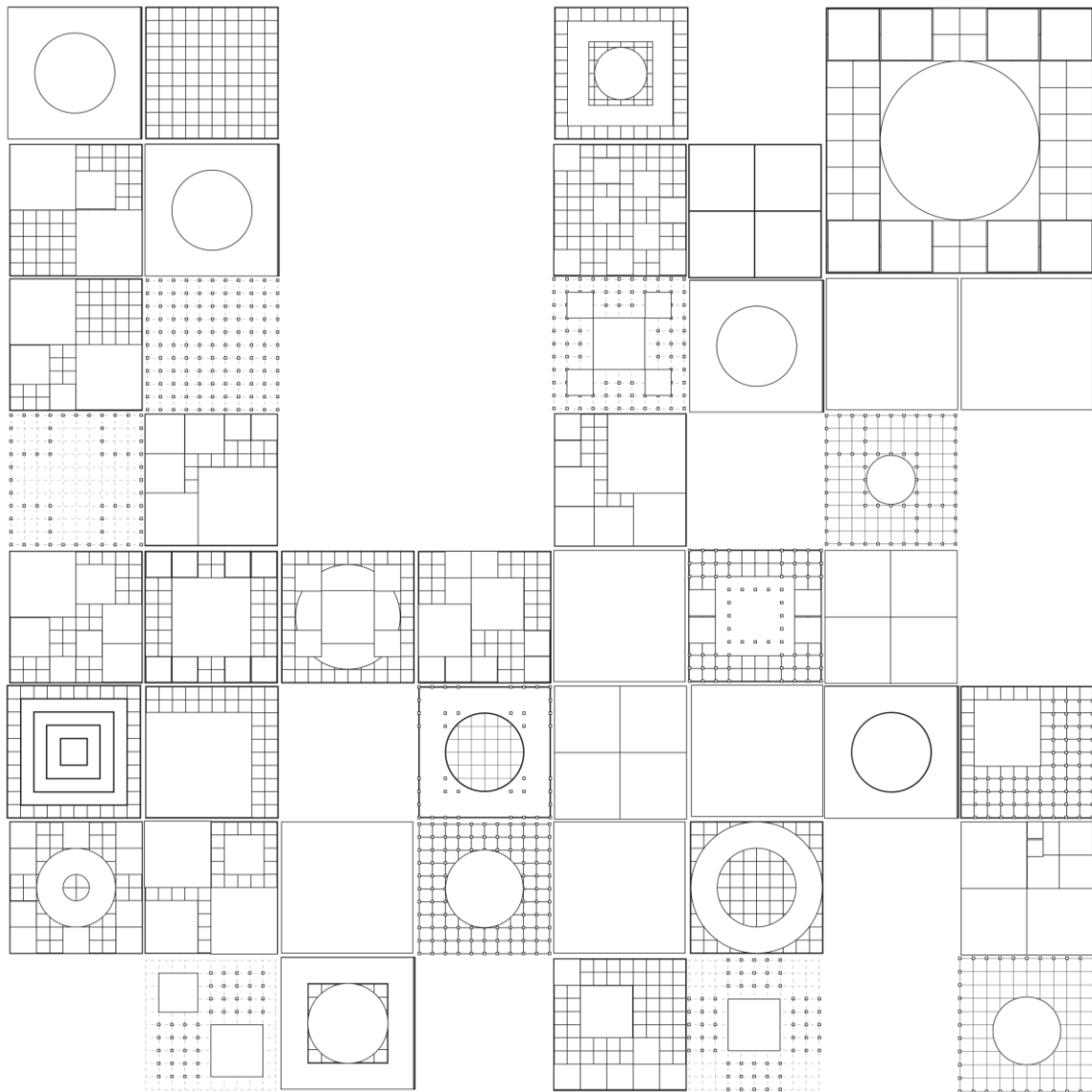


Figura 7. Composiciones espaciales basadas en el cuadrado

Las composiciones que se muestran en la *Figura 7* permitieron denotar y establecer las bases del lenguaje arquitectónico y configurar distintas posibilidades para diseñar el Mundaneum. Se muestra un orden establecido por la constante de la retícula cuadrada que crea una repetición tanto de la forma como del módulo espacial. Por otro lado el tamaño y el juego entre las relaciones del mismo a través de la composición visual constituyen el elemento arquitectónico. Para añadir, la geometría primaria, el lenguaje establecido entre la esfera, el

cuadrado y la simbiosis directa de sus espacios configuran un lenguaje propio. Es por lo tanto necesario mantener una geometría pura que muestra una monumentalidad del objeto arquitectónico y permita configurar el mismo a partir de un simbolismo claro (Baird, 1974). Finalmente, el lenguaje base que delimita es la columna ya que construye y determina un espacio a través de un punto estructural que formula un orden. A partir de estos conceptos se puede determinar un partido considerado un objeto arquitectónico en base al CDU.

CDU Arquitectónico.

En las semanas posteriores a la exploración del lenguaje arquitectónico se empiezan a establecer las bases claras para encontrar un diseño que se adapte a los pensamientos planteados por Otlet y complementados con las bases de Durand. A partir de esto se formula un partido arquitectónico conceptual de como debe trabajarse la planta del Mundaneum que se muestra como una abstracción de las formas.

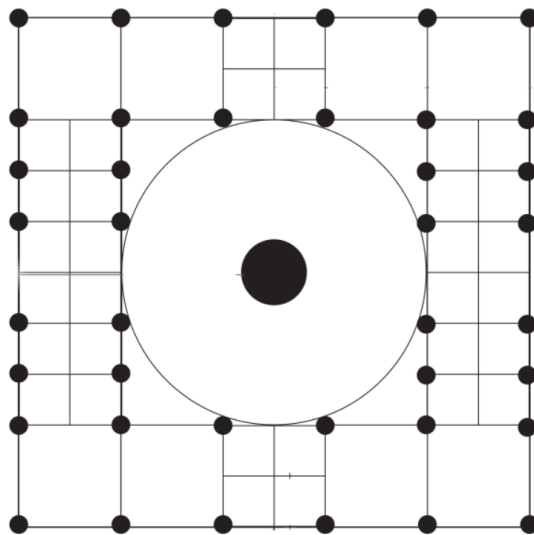


Figura 8. Primera aproximación al CDU arquitectónico

La *Figura 8* denota una reflexión arquitectónica del cuadrado que enmarca un vacío establecido por la circunferencia y donde se trabajan las columnas como puntos de inflexión

del espacio. Esto sugiere una aproximación a los tres puntos principales de captación del conocimiento que Otlet concibió a través del universalismo, tomando en cuenta el análisis como centro, la síntesis como vacío y el pensamiento religioso como un espacio de reflexión espiritual en el marco del cuadrado (Sonvilla-Weiss, 2008). Esto permite conectar los puntos teóricos con las bases de dibujo bidimensional y establecer una composición visual.

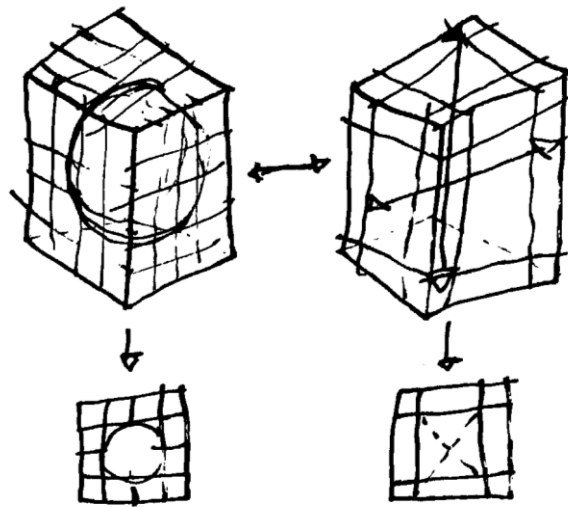


Figura 9. Sketches de volumetría inicial del Mundaneum

El desarrollo bidimensional empieza a transformarse en una búsqueda de la figura cúbica para entender el desarrollo espacial que se puede proponer a partir del Mundaneum. Es por esto que en la *Figura 9* se muestran ejercicios que buscan entender al cubo dentro del partido planteado para establecer una conexión con la teoría y que permita ser transmutado. Para añadir, se establece la búsqueda de una constante que no represente una métrica pero que represente el decimal en el que se enfoca el sistema. La idea de transmitir tres estancias espaciales se busca a partir de la creación del vacío dentro de la grilla cuadrada de las caras del cubo y se trata de utilizar la esfera como centro jerárquico. Por otro lado, se empiezan a buscar relaciones con el concepto de clasificación espacial implementado por Otlet.

Sistema de Clasificación Espacial

En el proceso de diseño de las siguientes semanas se busca analizar la configuración del cubo dentro del programa arquitectónico y se empieza a establecer conexiones con teorías de Otlet que utilizan la misma figura para trabajar el espacio en el que se puede clasificar el conocimiento. Esto permite entender que la configuración tiene que trabajarse en varias dimensiones y que es necesario tomar en cuenta si lo primordial es mantener un objeto estático o uno dinámico que muestre el flujo de movimiento de la clasificación espacial,

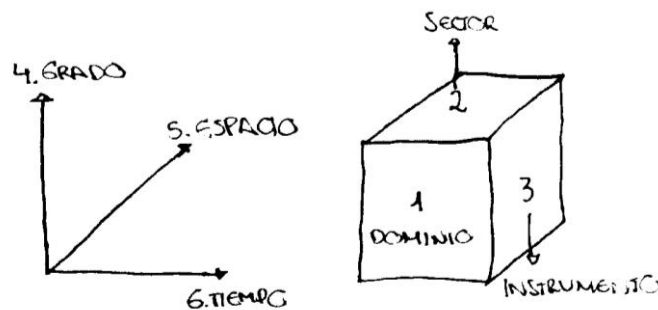


Figura 10. Sketches del sistema de clasificación espacial de Paul Otlet

Como se muestra en la *Figura 10*, existen 6 esquemas principales en los que se establece esta clasificación del conocimiento tomando en cuenta el espacio y el movimiento de las volúmenes en el mismo. De acuerdo con Otlet las tres dimensiones son reflejadas por el espacio, tiempo y grado de alcance del conocimiento hacia la humanidad, y las 3 caras visibles del cubo representan el dominio, es decir la clasificación del conocimiento, el instrumento como el tipo de herramientas utilizadas para alcanzar el mismo y finalmente el sector enfocado en establecer en que punto del sistema CDU pertenece dicho tema (Sonvilla-Weiss, 2008). En base a esto se empieza a tomar en consideración el movimiento del cubo para generar un dinamismo espacial que denote estas características y que pueda por lo tanto crear permutaciones que generen una infinidad compositiva.

Permutaciones espaciales.

La permutación espacial entendida como los pasos de reflexión de síntesis a través de las tipologías arquitectónicas a establecerse. Y el monumento del instrumento que lleva al pensamiento religioso y sacro de un espacio infinito. La transmutación espacial es entendida primero como relación con el sistema CDU y las variables que el mismo contiene de acceder a distintos conocimientos a partir de una secuencia.



Figura 11. Gráfico conceptual de permutaciones dentro del sistema CDU

Por lo tanto se trabaja en un gráfico conceptual que se observa en la *Figura 11*, donde se establecen las distintas áreas que contiene el CDU y que se muestran en desorden para formular la capacidad de permutar y por lo tanto acceder de manera simultánea a cualquiera a

partir de no repetir la misma. Estas permutaciones se complementan con el cubo como eje creador de estos espacios, en los que se puede convivir dentro del sistema CDU y el ojo como una representación del panopti3n donde se establece una visi3n total de todo un espacio y por lo tanto un s3mbolo del acceso total al conocimiento en el Mundaneum.

El panopti3n y el cubo de Rubik.

El paso sucesivo que se realiza en las siguientes semanas es entender el concepto de Betham para desarrollar un concepto que no se formule a trav3s de una planta pero que pueda abarcar el espacio total. Esto permite tomar el concepto de control total a partir del anillo carcelario y establecer una idea de universalismo marcado por un centro donde el observador controla tanto el cubo como la informaci3n a la que se quiere acceder.

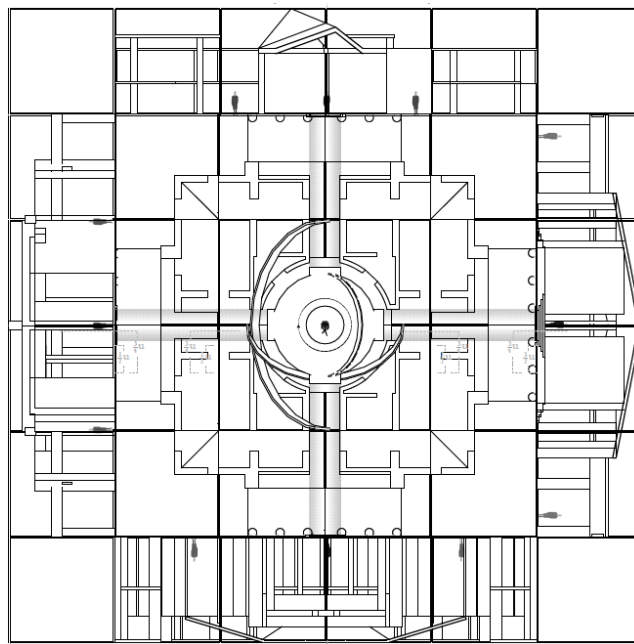


Figura 12. Planta Arquitect3nica del Mundaneum

Esto se unifica a partir de entender plantas establecidas por Durand y reinterpretarlas en las caras del cubo como se puede observar en la *Figura 12*, sin embargo, a pesar de que se muestre la planta arquitect3nica principal se empieza a tener una dualidad entre corte y planta

debido a que, las plantas de arquitectos que son reinterpretadas se convierten en parte de lo que sería considerado como un techo o pared del objeto arquitectónico. Esto se establece debido a que se busca determinar y generar permutaciones mediante las secuencias propuestas en el cubo de Rubik, por lo que se genera un espacio antigravitatorio y que no tiene una dimensión definida espacialmente (Zeng , y otros, 2018). Esto genera que se tenga que corregir y reformular ciertos aspectos del partido arquitectónico por lo que se establece un mapa conceptual que muestre las nuevas intenciones.

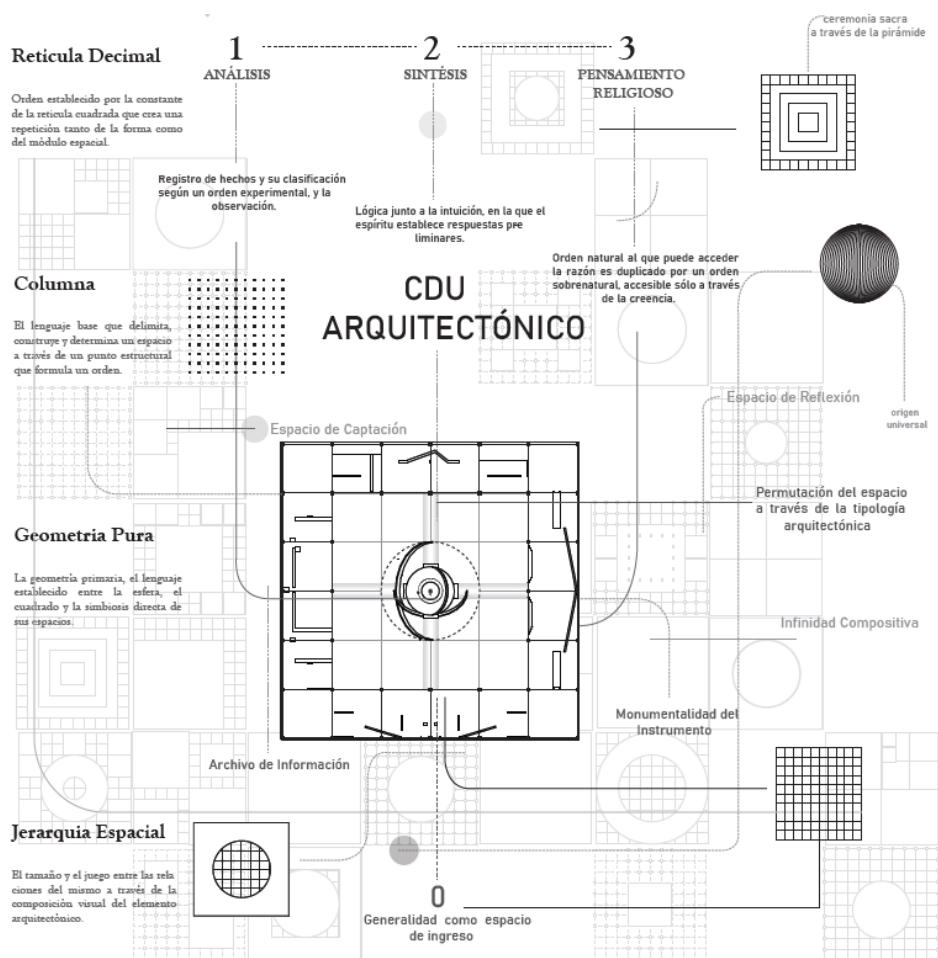


Figura 13. Mapa conceptual del plano Arquitectónico

El mapa conceptual formulado en la Figura 13, busca conectar todos los puntos tanto teóricos, formales y espaciales en un solo gráfico para explicar el funcionamiento del Mundaneum que empieza a tomar una calidad de objeto y no de edificio. Esto permite trabajar

el espacio dinámico a través del movimiento pero a su vez se busca dar control total al usuario de controlar los movimientos, las variables y de entender al partido como un punto base que puede ser modificado y corregido a partir de la necesidad que cada usuario presente. Estas características muestran que es necesario empezar a tratar al Mundaneum como un instrumento y que su configuración debe ser explorada a partir de sus piezas y combinaciones.

Instrumento Universal

En estas semanas de trabajo se empieza a perfeccionar el instrumento del Mundaneum a partir de sus piezas, tratando de trasladar a un lenguaje constructivo y que asemeja al origami para denotar el funcionamiento y el método de ensamblaje que se utiliza para construir el bloque arquitectónico. Para esto se transforma al cubo en una figura bidimensional que muestra simultáneamente las caras que lo configuran.

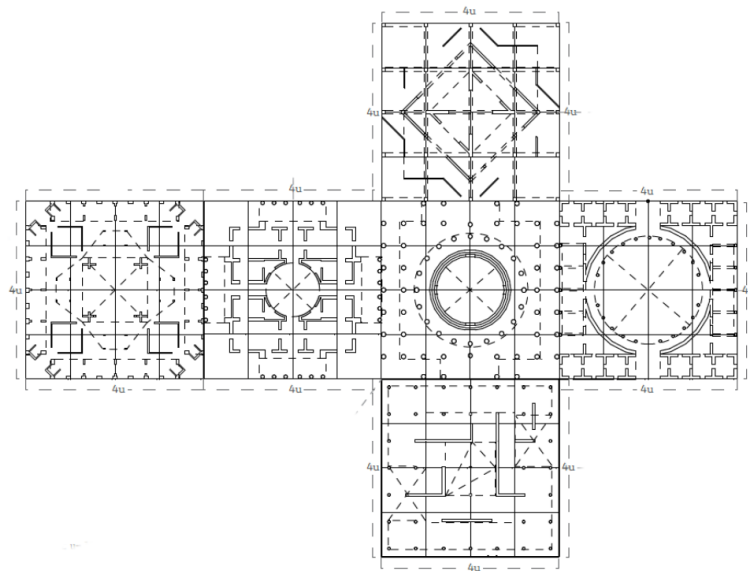


Figura 14. Ilustración del Mundaneum como objeto arquitectónico expandido

Al observar la *Figura 14* se empieza a denotar la relación que mantienen las caras del cubo y como las mismas se configuran bajo los mismos lenguajes a pesar de que su composición pueda cambiar, las mismas mantienen un eje central y establecen niveles de altura

para la creación de jerarquía espacial. Por otro lado se muestran las constantes de medidas, tomando en cuenta que las mismas pueden ser escaladas infinitamente ya que al optar por un espacio virtual no se busca considerar una medida exacta y se opta por una constante. La constante se vuelve u y es 10 unidades para mantener la configuración del sistema CDU.

Planos Multidimensionales.

Para denotar las características históricas que contienen las bases de las caras del Mundaneum se trabajan las plantas por separado y se muestra su relación directa con las plantas reinterpretadas. Las mismas son un estudio a partir de la grilla de Durand pero a su vez de las connotaciones espaciales y simbólicas que las mismas representan. Es por esto que se denotan las obras de arquitectos como Kant, Eisenman, Palladio y Le Corbusier ya que los mismos no solo muestran una calidad arquitectónica pero denotan pensamientos nuevos para su época y conceptos espaciales (Maiztegui, 2021). Sus composiciones trabajadas a partir del cuadrado muestran las posibilidades de diseño y construcción en un mismo espacio.

Sin embargo, es importante mencionar que son una base para el concepto del Mundaneum, son utilizadas para demostrar la capacidad compositiva del instrumento, pero no son fijas ya que el concepto parte de la universalidad y del poder de decisión del usuario de decidir como se formula el espacio y como quiere recibir conocimiento. La libertad que se busca promover a través de este trabajo se tiene que resaltar pero es imperante mostrar el funcionamiento para aclarar de donde viene el concepto de plantas multidimensionales y como las mismas van a trabajar al espacio disrumpiendo las leyes naturales que se establecieron a lo largo de la historia. Debido a la oportunidad tecnológica que representa el uso del espacio virtual para el diseño arquitectónico y de la posibilidad de infinidad establecida en el metaverso.

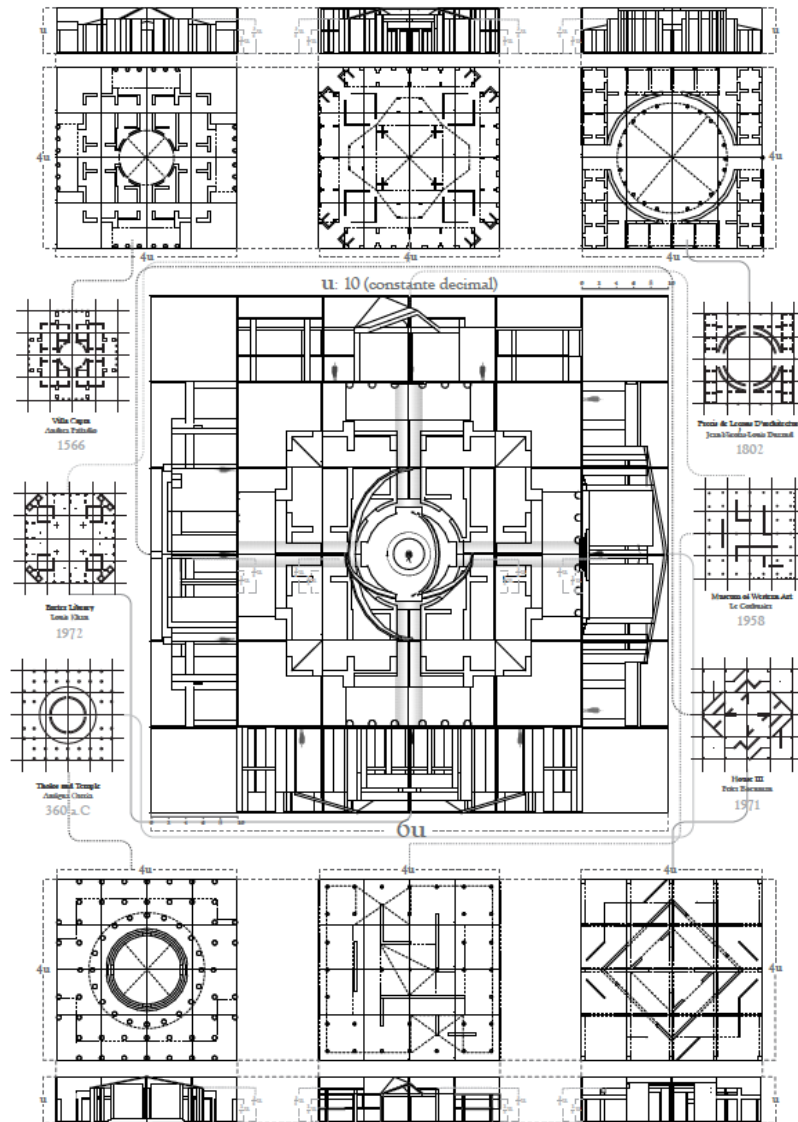


Figura 15. Planos Multidimensionales del Mundaneum

La Figura 15 muestra tanto las relaciones históricas de las plantas en las caras del Mundaneum como la configuración de las mismas en corte en la planta arquitectónica principal. De esta manera se adecuan los espacios y se establece un orden en el espacio, las mismas muestran igual un corte central para denotar el funcionamiento de alturas que esta determinado por la constante u para que todos los espacios trabajen bajo las mismas medidas y se fortalezca la percepción del diseño total del Mundaneum. Por otro lado como se menciono

se busca una multidimensionalidad en la capacidad de movimiento del usuario tanto en el centro como en las caras del cubo.

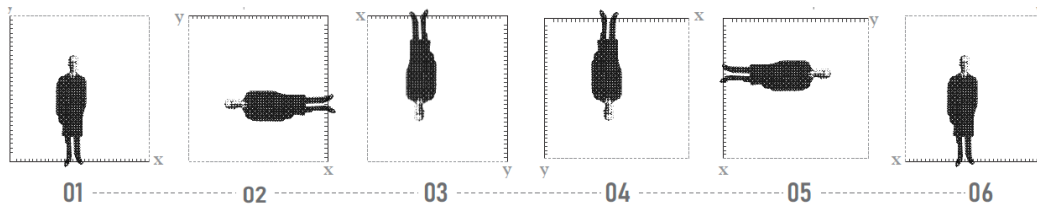


Figura 16. Ilustración de dimensiones aplicadas en el Mundaneum

Las ilustraciones que se muestran en la *Figura 16* muestran la capacidad de interactuar con el espacio partiendo de la rotación principal de los ejes axiales X y Y, sin embargo, por la capacidad de movimientos del cubo se pueden denotar sigue existiendo un piso, y es el piso el que permite formular estos movimientos de dimensiones. Por lo tanto, el usuario puede movilizarse en lo que en un inicio sería considerado una pared y estos movimientos se verán replicados en el centro del Mundaneum.

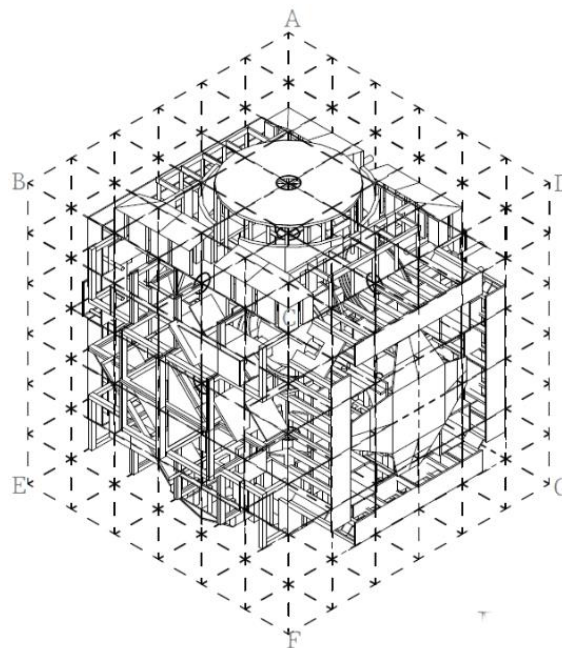


Figura 17. Isometría del Mundaneum.

Por otro lado el objeto arquitectónico puede ser visualizado y modificado desde su exterior con la misma capacidad de permutaciones del cubo de Rubik, debido a que la retícula funciona para limitar las caras del cubo pero no altera el espacio como tal. Es por esto que en la *Figura 17* se observa al Mundaneum como un objeto contenido en una retícula espacial y que tiene un límite establecido por este mecanismo de rotación. Para añadir, la isometría busca denotar el carácter escultórico del instrumento y como es necesario acceder al centro para poder visualizar a detalle el funcionamiento tanto del panopticón como del vacío. Por otro lado el desarrollo del Mundaneum en el espacio virtual se empieza a trabajar a partir de entender como denotar sus permutaciones mediante la realidad aumentada.

Diseño Virtual.

En las últimas semanas se desarrollan los modelos de visualización virtual a través de la realidad aumentada y aplicados mediante el sistema de filtros proporcionado por Meta y a través de la programación de los mismos mediante el programa Spark Ar. La capacidad de mostrar el objeto en movimiento permite entender las relaciones espaciales que se forman dentro del Mundaneum, las rotaciones pueden ser programadas para denotar las permutaciones que se desarrollan en el proyecto.

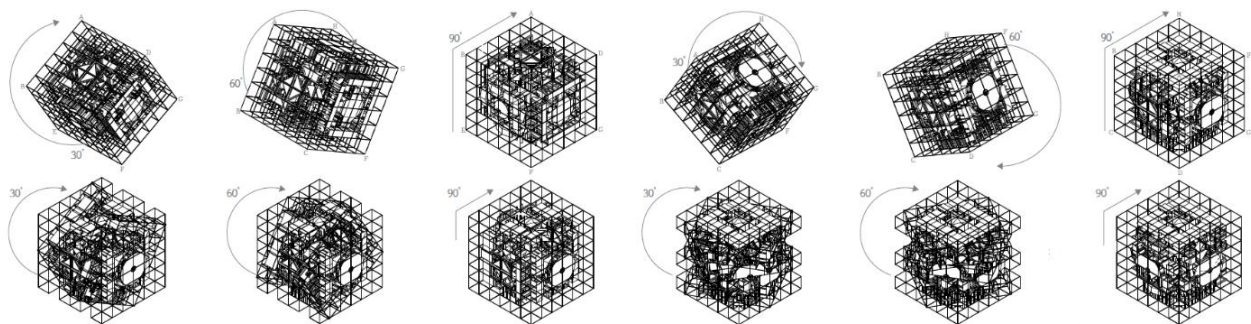


Figura 18. Isometrias de permutaciones del Mundaneum

Para poder denotar el movimiento que se puede visualizar en los dispositivos electrónicos se configuran diagramas que muestren estas permutaciones. Por lo tanto en la *Figura 18* se muestran las posibilidades de rotación tanto en la totalidad del Mundaneum como en sus caras, se busca mostrar que existen movimientos en los ejes axiales y que por lo tanto es cuestión del usuario como determina el espacio con el que quiere interactuar y como el mismo puede producir un conocimiento específico accediendo a la permutación que se forma. De esta manera se logra trabajar de manera conjunta la representación arquitectónica mediante las isometrías y combinar las mismas con la capacidad de visualizar en cualquier espacio estos movimientos y rotaciones mediante la realidad aumentada. Por otro lado, se establece la configuración final del centro panóptico del Mundaneum y se muestran las posibles formas de movilizar al usuario al límite del espacio formulado en las grillas.

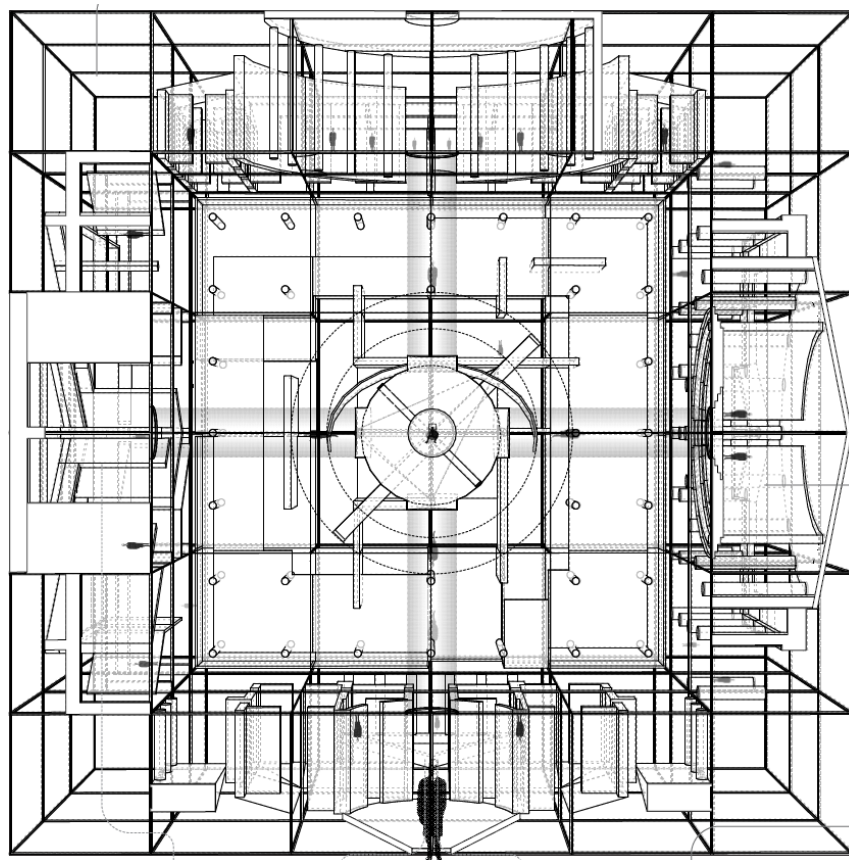


Figura 19. Ilustración de aproximación final al centro del Mundaneum

La *Figura 19* establece mediante un corte fugado la visualización del panopticón y a su vez como la escala humana es fenomenológica y depende de las intenciones del usuario. Se muestra a su vez la multidimensionalidad y las posibles interacciones a partir del movimiento alrededor del cubo. Por otro lado, se denota al objeto en el espacio infinito ya que el mismo puede ser colocado en cualquier lugar y con el desarrollo de tecnologías como la realidad virtual se puede ingresar al mismo en una mayor escala y llegar a tener un mayor control en temas como materialidad y luz, algo que se deja a la interpretación del usuario para que exista una verdadera apropiación del espacio virtual. Posteriormente, se empieza a realizar la programación de los espacios en la realidad aumentada y mostrar la nueva visualización espacial.



Figura 20. Fotografía del Mundaneum en realidad aumentada

Se establece un nuevo mecanismo de visualización arquitectónica a partir de la programación en realidad aumentada, la *Figura 20* muestra al Mundaneum implantado en un espacio real a partir de un filtro en la plataforma de Instagram. Esto permite ver al mismo en rotación e incluso entrar tanto a sus caras como a su centro creando una nueva interacción espacial ya que el usuario se mueve para controlar la perspectiva que tiene del espacio. Por otro lado, se diseña el espacio del centro y se configuran las rotaciones de las caras para denotar las posibilidades de combinaciones dentro del instrumento.

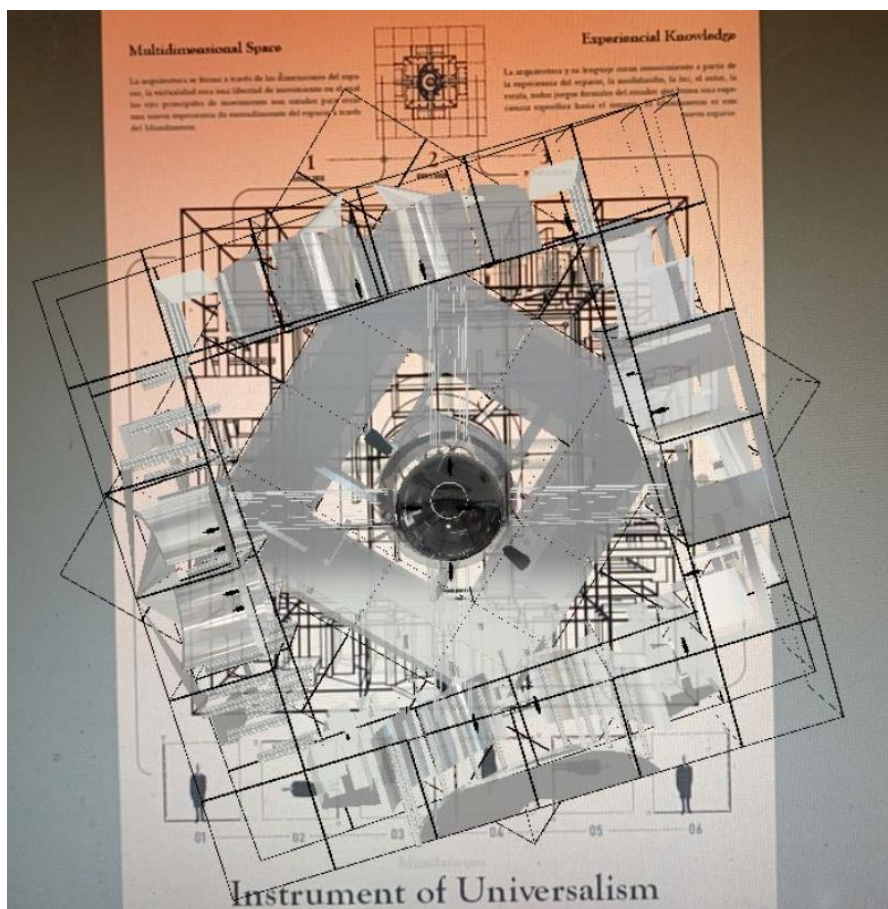


Figura 21. Fotografía del centro del Mundaneum en realidad aumentada

Como se puede observar en la *Figura 21* el objeto se encuentra en constante rotación y el mismo funciona a partir de la lectura de una lámina, para trabajar al espacio virtual a partir de un espacio estático. El usuario puede movilizarse dentro del Mundaneum, sin embargo, a

diferencia del modelo de la *Figura 20* el espacio esta limitado por un gráfico ya que el filtro fue diseñado con la intención de mostrar la información necesaria para que se pueda entender el movimiento de las personas en el Mundaneum. De esta manera se logra sintetizar los conceptos principales y transcribirlos a un lenguaje virtual que permite la participación activa del usuario. Por último se trabaja en el desarrollo de un manual que contenga toda la información del proyecto y muestre tanto las estrategias de diseño, el contenido teórico y el espacio virtual.

Manual de Usuario.

Finalmente, se diseña el manual de usuario partiendo de la noción del Mundaneum como instrumento y tratando de destacar la intertextualidad que se puede conseguir a partir del trabajo teórico y compositivo. La arquitectura se muestra a partir del diseño, entendido como una base para la creación de algo nuevo o la mejora de algo establecido, por lo que se debe considerar la libertad del arquitecto para convertirse en el precursor de un mecanismo que fortalezca el crecimiento humano (Fuller, 1985). Las ideas planteadas por Fuller al diseñar patentes y establecer sistemas constructivos a partir de herramientas y objetos se formula para construir un manual que contenga de forma resumida el trabajo realizado.

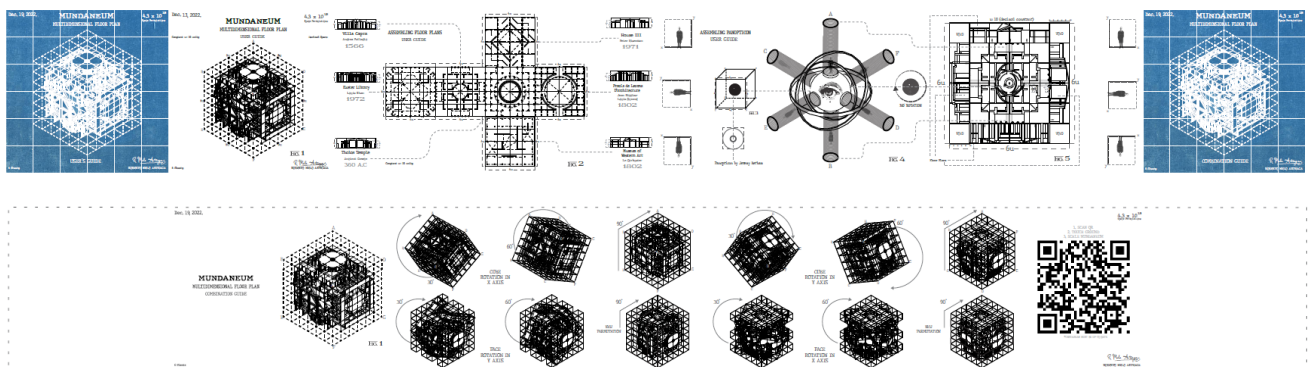


Figura 22. Manual de usuario del Mundaneum

La *Figura 22* muestra la cara principal y secundario del manual del Mundaneum, el mismo funciona a partir de establecer el mecanismo constructivo del objeto tanto de su contenedor como del contenido. Este establece los parámetros en los que se basan los componentes del Mundaneum y se muestra la reinterpretación histórica de los planos que fueron utilizados para la creación de las caras. Por otro lado en la parte inferior se muestra la cara secundaria como una guía del funcionamiento del Mundaneum denotando la capacidad de rotación total del cubo como un todo pero igual de las caras del mismo donde se empieza a connotar la creación de espacios permutados infinitamente. Posteriormente, se establece el código Qr que contiene al Mundaneum en realidad aumentada donde se muestra la capacidad tecnológica de compartir el conocimiento a través del celular.

Este manual se convierte por lo tanto en una forma de llevar al objeto arquitectónico a un instrumento de bolsillo que puede ser visualizado en cualquier parte del mundo y del espacio a través de una herramienta digital. Es importante mencionar que se trabaja en conjunto el desarrollo de los espacios virtuales como de la formulación de los conceptos teóricos y se busca una simbiosis entre el resultado analógico con el tecnológico para mostrar las oportunidades que brinda la arquitectura en el diseño. El proceso permite experimentar y repensar los conceptos planteados en el edificio construido y por esto se busca reflejar el trabajo a partir de las maquetas físicas, los dibujos técnicos, las ilustraciones y la representación en realidad aumentada. De esta manera el Mundaneum no solo se convierte en el concepto principal pero en la metodología implementada para construirlo, ya que se opta por establecer formas de contener el conocimiento a través de un espacio virtual que es explicado ya sea por un manual o por un escrito teórico.

CONCLUSIONES

En conclusión, la relevancia de esta investigación y el desarrollo del proyecto arquitectónico como un objeto o instrumento se da gracias a la nueva apertura en las tecnologías para desarrollar arquitectura. La combinación de varios aspectos teóricos permite complementar el desarrollo arquitectónico que no busca enfocarse en la funcionalidad o la construcción pero que busca repensar la arquitectura, las bases planteadas por las limitaciones naturales y el enfoque utilitarista establecido en el campo laboral. Las ideas planteadas en este proyecto no parten de algo nuevo, parten de una búsqueda histórica de conquistar la virtualidad, de establecerse a partir de las tecnologías y de construir una nueva realidad.

Las aplicaciones de estos espacios no solo son más eficientes en términos de movilidad pero son completamente sustentables y están sujetas a una transformación constante, que busca cambiar al espacio estático del edificio, de liberar al usuario y de permitirle generar cambios en un hábitat virtual sin riesgos o limitaciones. El metaverso es una visión de cambio que tiene la capacidad de brindar un alivio económico debido al bajo costo de diseñar espacios en el mismo, pero la falta de información del mismo lleva a una negación rotunda de examinar estos nuevos ámbitos. El desarrollo del arquitecto dentro del metaverso es importante para poder construir un nuevo lugar que funcione no solo mediante su programación pero bajo su propio y nuevo entendimiento de que representa el habitar un espacio.

Por otro lado, el Mundaneum como concepto permite buscar esta libertad compositiva y teórica y esto permite buscar un universalismo mediante las redes de comunicación, conectando diferentes carreras y procesos de creación y estableciendo nuevas guías para el diseño en el espacio virtual. El valor de Otlet y del sistema CDU se dan a partir de la búsqueda de algo nuevo pero permanente, de poder encontrar un mecanismo que guarde el conocimiento que se ha ido desarrollando y que va a seguir creciendo. Es por esto que su objetivo no fue el

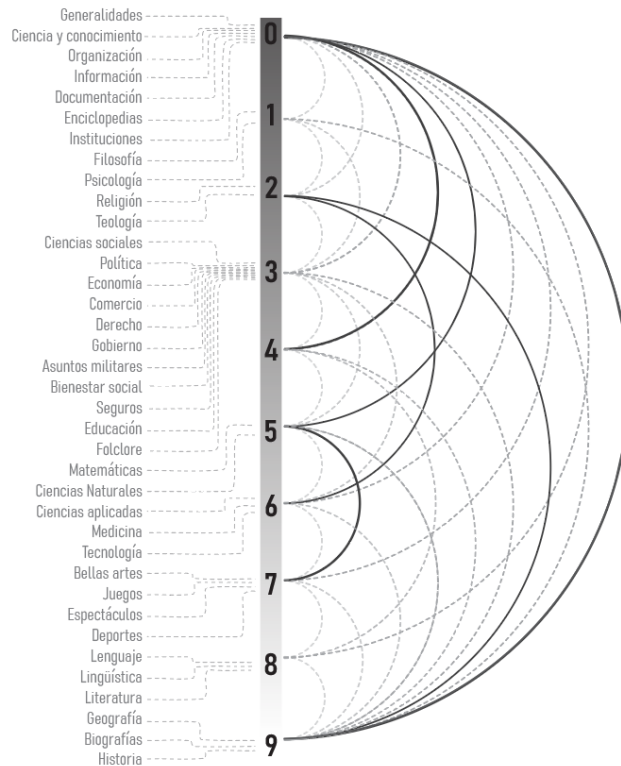
de construir un objeto monumental pero de mantener una red de comunicación universal. Los teóricos establecidos en este proyecto muestran una intención de buscar lenguajes que permitan una comunicación más directa y global, buscan establecer nuevas reglas a partir del espacio y de esta manera conectar al usuario con su hábitat. La arquitectura no es la construcción, es el diseño, un diseño consciente del espacio y no es necesaria una escala humana ya que se puede interactuar con el espacio desde un enfoque general a uno específico. El instrumento implementado durante esta investigación es una muestra de que es necesario mantener abierto el campo no solo a la innovación estructural o de materiales pero de formular espacios que se desarrollen mediante un pensamiento del lenguaje arquitectónico como punto de partida.

Finalmente, el resultado de esta exploración muestra que el objetivo no es un centro construido en la ciudad ya que se busca denotar las nuevas posibilidades arquitectónicas que brinda la tecnología a través de una idea que nace hace 100 años. Combinar la historia con las herramientas de la actualidad permite concebir un proyecto que no busque la creación de algo inventado pero que permita la simbiosis de la tradición arquitectónica con las nuevas formas de representar la misma. A pesar de que el enfoque inicial del proyecto fue buscar nuevamente una relación con la ciudad, de contener el espacio dentro de un objeto construido, la investigación permitió alejarse y optar por encontrar una verdadera solución al ideal planteado por Otlet. Por lo tanto esta utiliza la realidad aumentada y realidad virtual como herramientas de diseño, buscando conceptualizar el objeto arquitectónico dentro del nuevo campo creado por la innovación. La arquitectura necesita de la combinación de todas las áreas de conocimiento para su desarrollo, es el punto de ebullición del crecimiento humano y por lo tanto un generador de permutaciones arquitectónicas logra simbolizar un Mundaneum soñado como creador de universalismo, conocimiento e infinito.

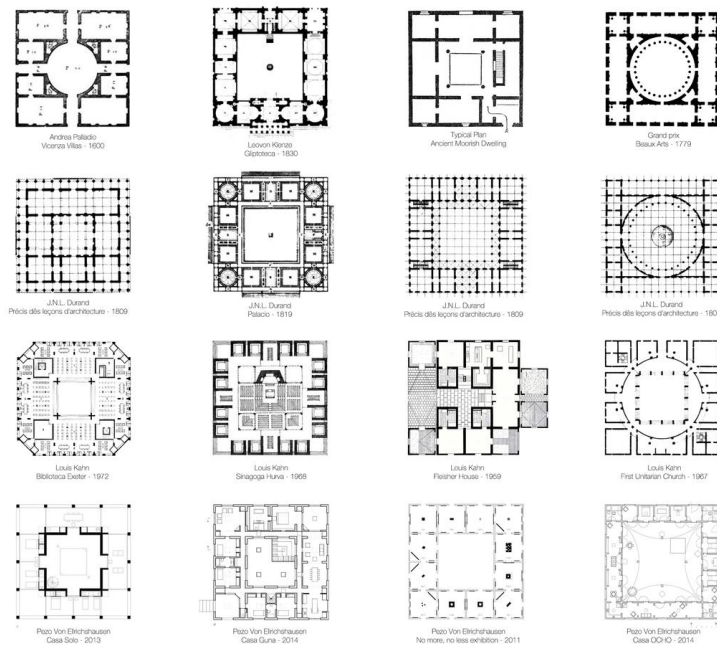
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baird, G. (1974). Architecture and Politics: A critical Introduction to Karel Teige's "Mundaneum" 1929, and Le Corbusier's "In Defense of Architecture", 1933. *Oppositions*(4), 586-614.
- Bentham, J. (2011). *The panopticon writings*. Londres: Verso Books.
- Beránkova, J. (2014). Architecture as a Monument or Instrument? :The Mundaneum Project and the Polemic between Karel Teige and Le Corbusier . *Shift*, 1-19.
- Frampton, K. (2001). *Le Corbusier* (Vol. 25). Madrid, España: Ediciones Akal.
- Fuller, R. B. (1985). *Operating manual for spaceship earth*. Zurich: Lars Muller Publishers.
- Maiztegui, B. (2021, Junio 21). *Supra Order: "Estamos convencidos de que la arquitectura es universal y posee un lenguaje propio"*. Retrieved from ArchDaily: <https://www.archdaily.cl/cl/962918/supra-order-estamos-convencidos-de-que-la-arquitectura-es-universal-y-posee-un-lenguaje-propio>
- Prieto, E. (2018). Jean-Nicolas-Louis-Durand, Précis leçons d'architecture. *Nebrija*(1), 4-10.
- Romero, E. (2013). Las matemáticas del cubo de Rubik. *Pensamiento matemático*(2), 97-110.
- Sanz, M. A. (2021). Un metamodelo de ciudad digital en tiempos de metaverso. *Archivamos: Boletín ACAL*(122), 42-44.
- Siracusa, M. (2016). Paul Otlet's Theory of Everything. *AA Files*(73), 48-57.
- Sonvilla-Weiss, S. (2008). *(IN)VISIBLE*. Nueva York: SpringerWien.
- Zeng , D., Li, M., Wang, J., Hou, Y., Lu , W., & Huang, Z. (2018). Overview of Rubik's cube and reflections on its application in mechanism. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*(1), 1-12.

ANEXO A: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DECIMAL UNIVERSAL



ANEXO B: COMPOSICIONES ESPACIALES EN RETÍCULA CUADRADA



Recuperado de: Maiztegui, B. (21 de Junio de 2021). *Supra Order: "Estamos convencidos de que la arquitectura es universal y posee un lenguaje propio"*. Obtenido de ArchDaily.

ANEXO C: LÍNEA DEL TIEMPO DEL SISTEMA CDU

