



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

SOBRE LA GEOMETRÍA Y
LA CONCEPCIÓN DE LO ARQUITECTÓNICO.
UNA INVITACIÓN A LA DIDÁCTICA DEL DISEÑO.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN ARQUITECTURA
EN EL CAMPO DE CONOCIMIENTO DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

PRESENTA:

Arq. Leonardo Sánchez Betancourt

TUTOR PRINCIPAL

Mtro. Héctor García Olvera
Facultad de Arquitectura - UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dr. Miguel Hierro Gómez Facultad de Arquitectura - UNAM
Dr. Adrián Baltierra Magaña Facultad de Arquitectura - UNAM
Dr. Héctor Alain Allier Avendaño Facultad de Arquitectura - UNAM
Dr. Joaquín Ovidio Álvarez García Universidad de Camagüey, Cuba

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, diciembre 2021.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

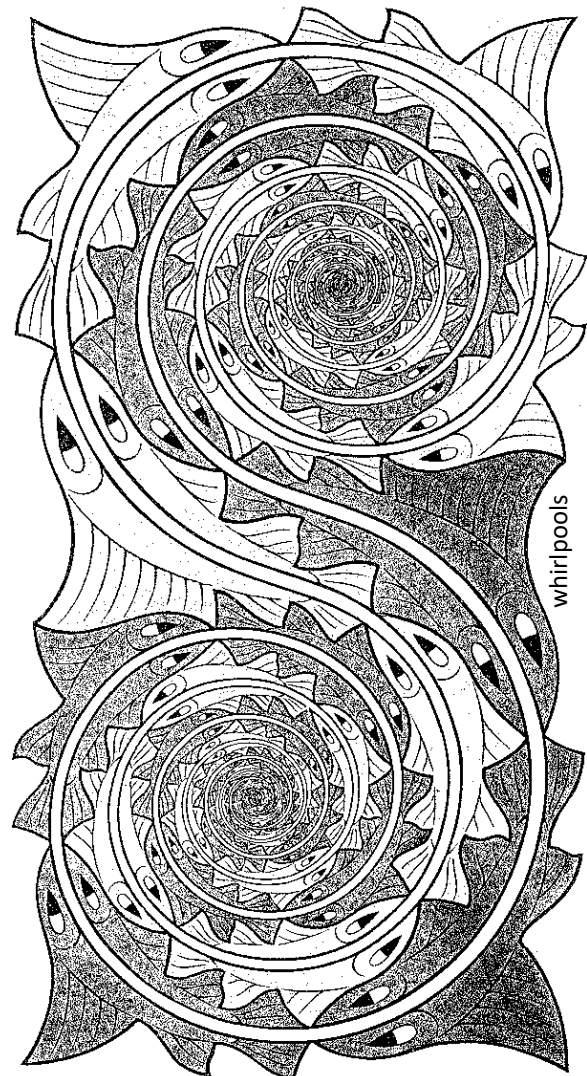


SOBRE LA GEOMETRÍA Y LA CONCEPCIÓN DE LO ARQUITECTÓNICO

UNA INVITACIÓN A LA DIDÁCTICA DEL DISEÑO

"...me regocijo en esta perfección y soy testigo claramente consciente, ya que no soy yo quien lo inventó o descubrió. Las leyes matemáticas no son meras invenciones humanas, simplemente lo son, existen independientemente del intelecto; lo más que un hombre puede hacer, es descubrir que están ahí y tomar conciencia de ellas."

Maurits Cornelis Escher



A la memoria de Ederma Paula Betancourt,
Elideth Cuevas y José Luis Marroquín.

A mi amada esposa y mis hijos.

A mi viejo, mis padres, mi hermano, mi tío,
demás familiares y amigos.

Todo es de mi CRISTO, por él y para él.

Agradezco primeramente a Dios, por haberme permitido conocerle y hacer de mi vida una increíble aventura llena de gozo y amor, con esa gran familia que me ha regalado; es por su gracia que hoy estoy aquí.

A mi amada esposa Keila agradezco toda la confianza que me ha dado con su apoyo y comprensión; su gran amor se traduce día con día en esfuerzo, ternura, cariño y sacrificio para conmigo y nuestros hijos.

A mi viejo Don Gilberto por trasmitirme ese espíritu revolucionario que siempre anhela encontrar la verdad y la bondad en todo acto de justicia.

A mis padres Leonardo y María Antonia, quienes han inspirado con su ejemplo e incansable dedicación, esa vocación honorable de ser educador.

Agradezco a mi tío Miguel por todo su apoyo al igual que a mi hermano Leandro, quien a pesar de su corta edad me ha dado lecciones de persistencia.

A mi suegro Jorge, así como a todos mis amigos y demás familiares, porque sin ustedes no hubiese obtenido ese abrazo fraterno y sustento necesario para seguir luchando ante toda adversidad de la vida.

A mis grandes maestros, esos que he tenido la dicha de conocer en vida (no en libros), tanto en Cuba como en México, reitero mi más sincero agradecimiento, porque más que enseñarme un saber en específico, han formado mi carácter como docente con su ejemplo, integridad y actitud ante el conocimiento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el estímulo proporcionado para la realización de estos estudios, así como al "ALMA MÁTER" por procurar ese espacio para el desarrollo del conocimiento, que ha sido el refugio de mis más grandes sueños y anhelos; porque en ella siempre existirá un universo de posibilidades que nos permite reflexionar y comprender un poco de esa realidad que nos determina.

"Por mi raza Cósmica y Altiva del Tolán, hablará el Espíritu de Ometeotl", porque por mi gente digna y pobre, hablará el conocimiento más noble y puro.

TUTOR PRINCIPAL

Mtro. Héctor García Olvera

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dr. Miguel Hierro Gómez

Dr. Adrián Baltierra Magaña

Dr. Héctor Alain Allier Avendaño

Dr. Joaquín Ovidio Álvarez García

"Sólo sé que no sé nada."

Sócrates de Atenas

"Pienso, luego existo."

René Descartes

"Y sin embargo, se mueve."

Galileo Galilei

Donde algunos manifiestan una postura estática, trascendental, fundamentalista del pensamiento científico y la geometría, yo contemplo la intensidad exacta, esa que traiciona al instinto: contraste, semejanza, armonía, complejidad, movimiento...

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN , una invitación a la didáctica del diseño	1
--	---

PROTOCOLO

CONTEXTUALIZACIÓN, ¿método o teoría?

De lo arquitectónico y su complejidad	5
Planteamiento del problema	9
Hipótesis y justificación	12
Objetivos de investigación	13

CONTENIDO ANALÍTICO

I DISEÑO, ¿ingenio o posibilidad?

1.1 La naturaleza del diseño arquitectónico como proceso	15
1.2 Espacio y tiempo, condiciones fundamentales del diseño	23
1.3 Ingenio y concepción del arte y la ciencia	31
1.4 Autenticidad intelectual cognitiva y libertad	39

II GEOMETRÍA, ¿sueños o realidad?

2.1 El lenguaje simbólico de la geometría	49
2.2 La geometría descriptiva y el lenguaje del diseño	57
2.3 La proporción y el ritmo: constantes y variables del orden	65
2.4 Abstracción de la forma: esencia y naturaleza del diseño	75

DE LAS DEFINICIONES, ¿evidencia o argumentación?	85
---	-----------

CONTENIDO DIDÁCTICO

III FUNDAMENTO, ¿simplicidad o complejidad?

3.1 Concepción geométrica de la arquitectura	91
--	----

3.2 Del hacer al comprender: tres modos de representación	99
---	----

3.3 Una experiencia significativa del espacio arquitectónico	109
--	-----

SUSTANCIACIÓN, ¿lugar común o culminante?	119
--	------------

ANEXO, ¿analítico o sintético?	123
---------------------------------------	------------

GLOSARIO	127
-----------------	------------

BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES	131
-------------------------------------	------------

INTRODUCCIÓN

Para introducirse en cualquier tema de investigación será necesario comprender el “origen” del mismo, de manera que se logre responder el por qué y el para qué se debe profundizar sobre las diversas temáticas que plantea.

Si se entiende que la formación del arquitecto debe responder en su concepción transdisciplinar a la **actividad de diseñar**, la multiplicidad de conocimientos que se le revela a través de la enseñanza y el ejercicio profesional, suelen crear confusión. Esto puede manifestar la crisis académica y profesional que se discute en diversos espacios institucionales.¹

Así como la tecnología informática es una herramienta fundamental e indispensable en la actualidad, ya que ha facilitado el dibujo, la representación y comunicación de las ideas en el diseño de lo arquitectónico, pienso que ésta ha limitado la capacidad creativa que se le exige al arquitecto y sus distintos niveles de abstracción, en el momento de la **concepción** de una idea, pues al acelerar el proceso productivo de dibujo y proyección, también se reducen los tiempos de comprensión epistémicos que dan sustento y justificación al proceso creativo de los diseñadores.

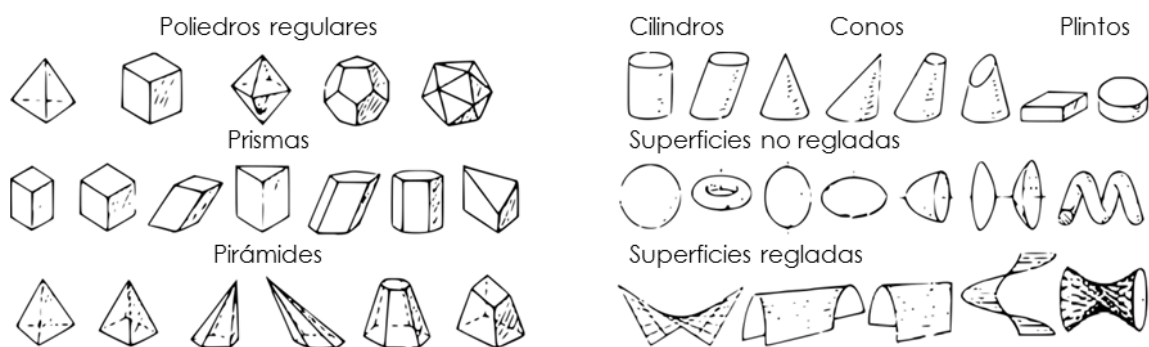


Imagen 1. Transformaciones volumétricas y de superficies geométricas en el espacio tridimensional.

(1) Un ejemplo es la publicación “especial de arquitectura” de la revista “Código, # 86 – ¿Hacia dónde va la arquitectura?” abril - mayo 2015, México. Revisado en medios electrónicos, consulta agosto del 2015

Comúnmente la **geometría** se entiende como una serie de **métodos, formularios y conocimientos complejos**, que suprimen la creatividad, innovación y por tanto la **libertad del diseñador**; y sólo son útiles como un **lenguaje de comunicación** para lograr la materialización del objeto diseñado.

Entonces cabe señalar que no concibo la **“geometría”** como un sistema cerrado de comunicación o lenguaje que permite la producción de lo arquitectónico, también considero que es parte de la **“estructura interna”** del razonamiento lógico o el fundamento epistemológico del proceso de diseño; ese que permite imaginar, visualizar, evaluar y modificar las ideas que se tienen de los objetos por desarrollar.

Considerando los cambios y propuestas que constantemente se formulan para el plan de estudios que determina el perfil de los futuros arquitectos en la Facultad de Arquitectura de la UNAM, este trabajo busca responder a la pregunta: ¿será necesario el desarrollo y la profundización de los conocimientos geométricos en los estudiantes de nuevo ingreso, cuando ya han recibido desde primaria hasta el bachillerato este adoctrinamiento, cómo se contribuye con ello, y por qué?

Por todo lo anterior, esta investigación debe hacer evidente la **importancia de la geometría y su entendimiento** lógico para la formación profesional del arquitecto, particularmente en el **ejercicio de diseño**. Sólo entonces se podrá entender como **fuentes de inspiración o fundamento epistemológico** de este complejo fenómeno o **proceso**, producto de la actividad del pensamiento.

Para ello construyo una estructura simple conformada por una tríada conceptual: **DISEÑO – GEOMETRÍA – FUNDAMENTO**. A grandes rasgos, las dos primeras partes constituyen el **contenido analítico**, mientras que en la tercera se desarrollan casos específicos con problemas identificados en los estudiantes de arquitectura, que permiten la aplicación **práctica y didáctica** de las ideas plasmadas.

PARTE I – DISEÑO, en esta sección se puede reflexionar sobre diversos principios y experiencias que intervienen en la actividad de diseñar; así se hace manifiesto el cómo una concepción de la realidad, influye y determina las distintas posturas de los arquitectos y su quehacer profesional. (DISEÑO \Rightarrow GEOMETRÍA):

- 1.1 Epistemología y proceso cognitivo.
- 1.2 Experiencia antropológica.
- 1.3 Postura del arte y la ciencia.
- 1.4 Creatividad e integración.

PARTE II – GEOMETRÍA, a esta parte le corresponde revelar cómo estos conocimientos y formas del saber están presentes en todo proceso creativo de diseño y concepción de lo arquitectónico. (GEOMETRÍA \Rightarrow DISEÑO):

- 2.1 Geometría - matemática.
- 2.2 Geometría descriptiva.
- 2.3 Geometría métrica.
- 2.4 Abstracción e integración.

PARTE III – FUNDAMENTO, es la invitación didáctica que propone este trabajo de investigación, una vez admitida la geometría como fundamento epistemológico con el que se aborda el proceso de diseño. (DIDÁCTICA \Leftrightarrow DISEÑO):

- 3.1 Naturaleza del pensamiento (causalidad).
- 3.2 Lenguaje de representación (comunicación).
- 3.3 Variaciones geométricas (experiencia).

Espero que estas notas en apariencia dispersa, logren motivar nuevos horizontes de investigación y una reflexión profunda sobre las teorías didácticas y procesos de enseñanza del diseño arquitectónico.



* con base en el "Triángulo de Penrose".

CONTEXTUALIZACIÓN

DE LO ARQUITECTÓNICO Y SU COMPLEJIDAD

Si bien el amplio uso de la palabra **arquitectura** ha generado una gran cantidad de polémicas, posturas ideológicas y por tanto confusión; entonces quisiera comenzar comprendiendo los **conceptos** que están implícitos en aquellas representaciones subjetivas que se construyen alrededor de todo ello. Es así como intentaré hacer a un lado toda adjetivación del término (arquitectura) e incluso las definiciones que se aplican en otras disciplinas como la ingeniería informática, para establecer las esferas del conocimiento en la que se moverán los distintos conceptos y planteamientos de este trabajo de investigación.

Por ello propongo reflexionar sobre una de las definiciones que en mi experiencia se aproxima a las representaciones que se tienen en la actualidad:

*“La **arquitectura** abarca la consideración de todo el **ambiente físico** que rodea la **vida humana**: no podemos sustraernos a ella mientras formemos parte de la civilización, porque la arquitectura es el conjunto de modificaciones y alteraciones introducidas en la superficie terrestre con objeto de satisfacer las **necesidades humanas**...”² (William Morris)*

Según esta **definición** se considera la **arquitectura** como todo ambiente físico **construido por el ser humano y para el ser humano**. Lo cual al ser tan amplio en su esencia y arrastrar tantas variables dependientes e independientes, se puede prestar para todo tipo de cuestionamientos. Es entonces cuando no quisiera caer en ese juego de representaciones que sólo llevan a adjetivar y/o polemizar si es o no reconocida como tal, reduciendo los distintos significados al gusto propio de las diversas posturas, esas que pasan de ser feas a bonitas o incluso útiles a inútiles; pues están atadas a superficiales interpretaciones e intereses de grupos sociales, culturales y sus respectivas experiencias. Por tanto habrá que continuar analizando con bases

(2) William Morris fundador del Arts and Crafts, recopilada en el libro “On Art and Socialism”, Londres, 1947, Algunas definiciones de arquitectura, consulta julio 2016, <http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura>

en qué esferas del conocimiento se pueden llegar a manifestar esta producción de ambientes físicos construidos.

Para ello propongo regresar en el tiempo, a lo que quizás es conocido como el más antiguo y afamado tratado "*De Architectura*" que escribió Marco Vitruvio; y donde se plantea que la **arquitectura** descansa en tres principios: la Belleza (Venustas), la Firmeza (Firmitas) y la Utilidad (Utilitas); lo cual se puede traducir como las esferas del conocimiento de las "**artes**", "**ciencias**" y "**humanidades**".

Claro está, que al ser un tratado escrito alrededor del año 15 a.C.³, después de dos milenios, no debe acercarse ni remotamente a la conceptualización de nuestro tiempo. Aunque a través de estos siglos se ha manejado toda una gran diversidad de discursos, en teoría se puede decir que han girado en torno a lo mismo, pues al final, la mayoría de las tendencias que he estudiado, se centran en el afán de encontrar o establecer un "estilo" en su época, y para ello, lo que han hecho es jerarquizar algunos de los conceptos o ideas implícitas dentro de estos tres principios o esferas del conocimiento.

Un ejemplo de ello es la definición que presenta Inés Moisset en su reciente libro "*Fractales y formas arquitectónicas*", donde menciona que:

*"Si bien la **arquitectura** pertenece al mundo cultural, siempre ha mirado a la naturaleza y ha intentado aprender de ella... A través del tiempo y a medida que el hombre fue adquiriendo nuevos conocimientos a través de **experiencias artísticas y descubrimientos científicos**, la imagen del mundo fue cambiando, lo que ha determinado la materialización de diferentes arquitecturas."*

*"De este modo la **arquitectura** refleja una concepción del mundo, una manera de entenderlo. Este conocimiento de la realidad ha sido llevado a cabo por el hombre desde dos modalidades básicas: la **ciencia** y el **arte**. Ambos están íntimamente ligados a la **búsqueda de leyes y principios**."*⁴

(3) Vitruvius Pollio, Marcus, consulta julio 2016, <http://www.vitruvius-pollio.com>

(4) Moisset de Espanes, Inés, "*Fractales y formas arquitectónicas*"; i+p división editorial, Argentina 2003; p. 17

Es así como aparecen **“los estilos arquitectónicos”** (maneras de hacer) recogidos en los tratados de arquitectura, que podría advertir como difusa representación de aquello que trato de encontrar, aunque los conceptos que intervienen en ello, permiten observar la arquitectura como un reflejo de los modos de vida, pensamientos y desarrollo socio - cultural de los hombres.

Pero al comprender los conceptos que se están entrelazando, se puede plantear que la arquitectura comienza a salir del ambiente físico, para pasar a un estado **“ideal”** del pensamiento y **concepción del mundo**, como complemento de lo humano, pues quizás en la **actividad del pensar** se llega a manifestar una esencia de la existencia del hombre. Es por ello que no se debe representar la **arquitectura** como un objeto aislado de la **actividad humana** y su devenir a través del tiempo. Esto es lo que le da sentido a su naturaleza compleja y por ello quizás se entienda mejor como **“lo arquitectónico”**. Siendo la definición de *“arquitectónico, ca: perteneciente o relativo a la arquitectura”*⁵, como adjetivo modificador de un sustantivo, pero al usar el pronombre **“lo”** no se plantea que el adjetivo sea precisamente una **“cualidad”** de algo particularmente construido, sino que sólo es una expresión abstracta, cuyo contenido de significación requiere definir su específica generalidad, construyendo así una especie de sustantivo que requiere describirse en el contexto histórico (esfera de las humanidades) en el que se produce.⁶

Aunque este sustantivo (lo arquitectónico), atribuye significados tanto al **fenómeno** de la **producción socio - cultural** de ambientes físicos construidos, como a la **disciplina de estudio** que emerge de las tres esferas del conocimiento (**las artes, ciencias y humanidades**), conforme a los planteamientos anteriormente plasmados, será importante adentrarse un poco en las cuestiones que determinan actualmente estas conceptualizaciones.

Comenzaré por el problema de **“lo constructivo”** y la técnica, pues es en sí el que permite **pasar de la disciplina de estudio a la producción**, condición necesariamente

(5) R.A.E., consulta julio 2016, <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?id=xK8JUTHSIDXX24TvDCyT>

(6) Notas de clase en el semestre 2014-2. Taller propedéutico con el Mtro. Héctor García Olvera y Dr. Miguel Hierro Gómez, del Programa de Maestría y Doctorado de la Facultad de Arquitectura UNAM.

exigida al ejercicio de la profesión, por ello, aunque generalmente no se mencione, siempre está implícito en cualquiera de los conceptos plasmados. Otra de las razones por las que se le resta importancia, es la existencia de las ingenierías; pero cuando se logre reflexionar sobre las características particulares del proceso de diseño y el rol que cumple el arquitecto en ello, no se exigirá que el arquitecto sea un ingeniero, pero quizás se espera que todas sus concepciones giren en torno de ello.

El siguiente problema responde a **“lo funcional”**, útil y habitable; por lo que está fuertemente vinculado con el adecuado desempeño de las actividades individuales y sociales de los seres humanos, así como sus respectivas transiciones y multiplicidad de relaciones espaciales. Al configurar aspectos fundamentales que argumentan la **razón de “ser” en la existencia de las cosas**, esta postura se ha establecido como el paradigma principal del movimiento moderno, que, aunque también tiene diversas manifestaciones y tendencias, su principio es: **“la forma sigue a la función”**. Afirmación que trata de establecer el eje rector para la concepción y producción de lo arquitectónico, pero que en una postura radical, puede llegar a marginalizar conceptos como lo estético, las tradiciones y los adornos.

Como problemática totalmente opuesta se manifiesta **“lo estético”**, artístico y bello; que en esencia busca dar prioridad o libertad a la creatividad sobre el servilismo funcionalista y racional, por tanto, **se presenta como obra de arte**, negando en su conceptualización radical, los aspectos prácticos y útiles que demandan los seres humanos de la arquitectura.

Estas dos últimas tendencias o problemáticas se reconocen peyorativamente como **“funcionalistas y formalistas”**, condiciones tendenciosas en las actuales directrices de la enseñanza del diseño, aunque siempre habrá quien prudentemente comprenda que todo depende de la problemática en cuestión. Por tanto considero que definirse en una de estas posturas, es limitar la capacidad de creatividad del pensamiento.

Cabe señalar entonces que mi postura como arquitecto y por tanto para efectos de esta investigación, emerge del pensamiento crítico, que reflexiona siempre sobre los conceptos y fenómenos que intervienen en la problemática concreta que le motiva.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De inicio me parece importante rescatar cómo se analizaban desde su concepción geométrica el todo, las partes y cada uno de los elementos en la arquitectura griega; así como esos innumerables ejemplos en la arquitectura de estos tiempos, que reflejan una carencia en la búsqueda y aplicación de dichos conceptos, pues van de la simplicidad y más monótona racionalidad, hasta la mayor extravagancia formal, siempre queriendo descubrir todo aquello que alimenta los sueños y deseos de los hombres, porque a su vez permite imaginar y fantasear una mejor realidad.

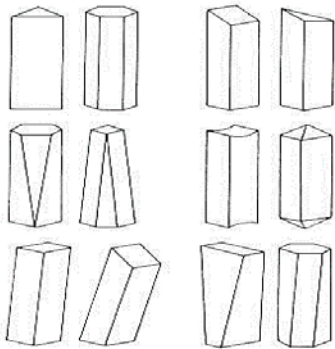


Imagen 3. Trazos prismas de base triangular, cuadrada y hexagonal.

Entonces pienso que quizás la solución no sea tratar de encontrar la geometría y su orden místico, a través de lo funcional de la arquitectura o lo original del arte del intento. Todo parece indicar, que al tratar de simplificar los procesos de diseño con la "modernidad" y el ritmo acelerado de vida que ha impuesto el "desarrollo industrial", la mayoría de la arquitectura hoy en día ha perdido esa esencia de ser pensada desde sus más abstractos niveles de complejidad, conforme al desarrollo cultural que la genera, porque se ha enfocado en resolver a través de la tecnología la premisa espacial - formal que se la demanda, de modo que no sólo se ha caído en un engañoso y cuestionable problema de intuiciones o inspiración, pues también se manifiesta una carencia de aquel orden y/o composición poética que siempre se busca o desea alcanzar.

Por su parte he visto en tantas ocasiones cómo esos significados que se tienen sobre la geometría (ligados a las matemáticas y las ciencias), segregan estos conocimientos de la concepción de lo arquitectónico, pues se entienden como una serie de saberes

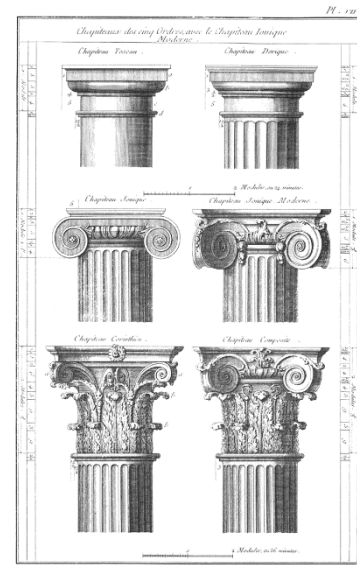


Imagen 2. Proporciones columnas, órdenes clásicos.

pragmáticos y complejos, que suprimen la creatividad, innovación y por tanto la libertad del diseñador, ya que sólo son útiles como un lenguaje (la geometría descriptiva) para lograr la materialización del objeto diseñado.

Entonces este trabajo debe poner en evidencia, que la **geometría** no es sólo esa compleja herramienta o lenguaje que permite la realización de lo arquitectónico. Quizás también es parte de la **estructura interna** del **razonamiento lógico**, ese que permite imaginar y visualizar las ideas que se tienen de los objetos por desarrollar.

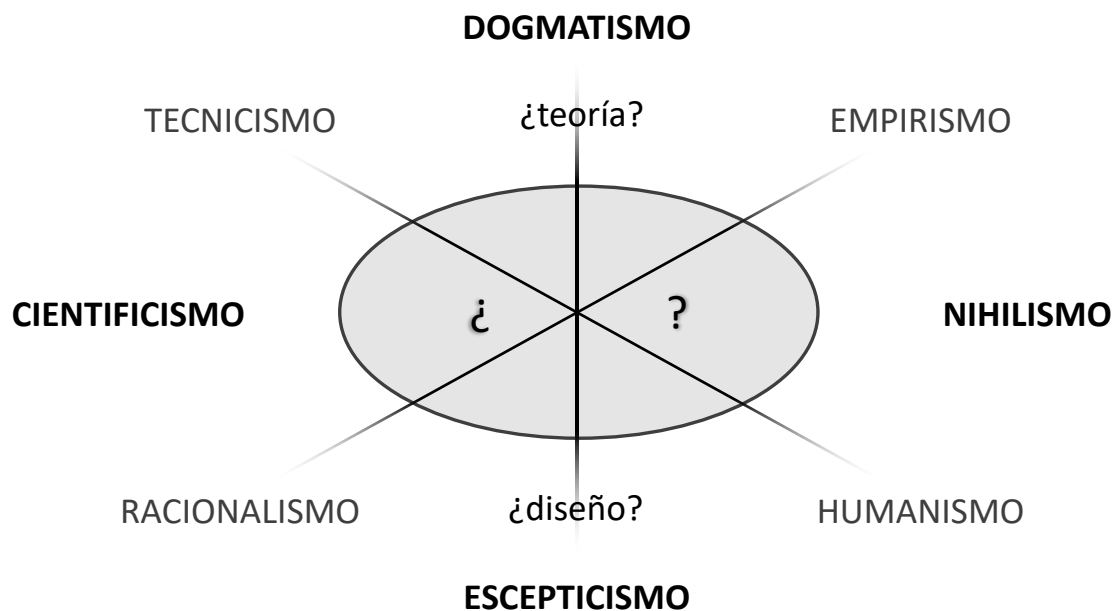
Por otra parte hay que considerar que gracias al desarrollo tecnológico actual, surge una fuerte tendencia y/o dependencia del arquitecto a las computadoras y sus respectivos programas, para desarrollar su "**acto creativo**" de diseño. No es que niegue las ventajas que brinda la computadora y su gran diversidad de aplicaciones, de hecho es una de mis principales "**herramientas**". Pero no me imagino que pueda acomodarme y concebir algo sin pensarlo desde su problemática más abstracta, limitándome a la concepción formal que me permite un programa o conjunto de instrucciones informáticas. Por ello también se debe cuestionar ¿qué se espera del arquitecto diseñador?, o incluso ¿cuál es la naturaleza de la actividad de diseñar?

Desde que era estudiante he podido comprobar en más de una ocasión, que son los principios geométricos los que me han permitido desarrollar y organizar mejor mis ideas, en una concepción mental abstracta, antes de plasmarla en el papel o la computadora; además he comprendido que lo arquitectónico no es únicamente producto de una **idea** o concepto **formal - espacial**, aunque pienso que sí es la solución que se espera del "**arquitecto**" cuando éste es el encargado de realizar el "**diseño arquitectónico**".

Por último, cabe señalar que cuando me refiero al "**diseño arquitectónico**" como arte de la experiencia espacial, sostengo que no se puede concebir más allá de aquello que se ha comprendido o intentado conocer; es por ello que planteo que los conjuntos de creencias, saberes o conocimientos geométricos que se tienen, limitan y condicionan la creatividad y el ingenio que en muchas ocasiones se requieren para la concepción y determinación de una solución original e innovadora.

Con base en estos planteamientos, y con la motivación de encontrar los principios, fundamentos o eje curricular para los futuros arquitectos, **la problemática general de este trabajo de investigación es:**

Postular la geometría como ese conjunto de conocimientos y formas del saber que está presente en las diversas posturas y posibles especializaciones del ejercicio profesional del arquitecto, con la intención de definir su relación y función con los procesos de diseño, para integrar y estructurar los objetivos didácticos de las materias impartidas en la etapa de formación básica de los mismos.



*“Una cosa es clara, el hecho de que las **escuelas de arquitectura**, así como son ahora, deberían de ser cerradas, y el **aprendizaje arquitectónico** reemplazado por **entrenamiento práctico**, como solía ser. Ciertamente es discutible que la arquitectura resultante era muy superior a la producida luego de que la **“educación arquitectónica”** se convirtiera en un tema supuestamente **“académico”**, con falsos grados dados para marcar cada obstáculo pasado.” James Stevens Curt, 2004. ⁷*

(7) Salíngaros, Nikos A., “Antiarquitectura y deconstrucción: El triunfo del nihilismo”, edición española Mairea Libros, España, 2014, p.6

HIPÓTESIS

El estudio y la práctica de la geometría, permite desarrollar y ejercer las facultades creativas del arquitecto en los procesos de diseño.

<u>El qué</u>	<u>El por qué</u>	<u>El para qué</u>
La geometría	Tiende a disminuir su importancia en la enseñanza	Ampliar el criterio formal y espacial de los arquitectos

JUSTIFICACIÓN

Se me hace relevante rescatar el papel que juega la geometría en los procesos de diseño arquitectónico, ya que hay programas o herramientas informáticas en la actualidad, que pueden desempeñar muy bien el rol de la geometría descriptiva en el dibujo técnico; pero lo que no logra la tecnología informática actual, es un proceso racional cognitivo que a su vez es reflexivo, de tal manera que se pueda descubrir conceptualizar y reconstruir lo aprendido, en la experiencia sensible y racional que se va adquiriendo a través del proceso de diseño.

Cabe señalar entonces que no se pretende establecer una doctrina pragmática geométrica; quizás se desea encontrar el lado sensible y humano del razonamiento lógico cognitivo, ese que permite madurar y crecer, explorar y conocer algo novedoso dentro de los procesos de diseño arquitectónico.

OBJETIVO GENERAL

Restituir la importancia de la geometría y su entendimiento lógico matemático como fuente de inspiración y fundamento teórico del proceso de diseño arquitectónico, al establecer este último como producto de la actividad del pensamiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar qué relación existe entre la geometría como ciencia abstracta y la concepción de lo arquitectónico.
- Vincular la geometría y su entendimiento con los procesos intuitivos racionales y cognitivos del diseño arquitectónico.
- Rescatar la práctica de la geometría como una herramienta fundamental de la creatividad en el diseño.
- Desarrollar casos específicos que permitan la reflexión, comprobación y aplicación didáctica de los conceptos plasmados.
- Encontrar nuevos horizontes en la interrelación de estas disciplinas (diseño y geometría); de tal manera que se logre cuestionar y reflexionar sobre cómo se utilizan o ponen en práctica en la academia y/o en el ámbito profesional del arquitecto diseñador.

CONTENIDO ANALÍTICO

DISEÑO

1.1 LA NATURALEZA DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO COMO PROCESO

Al comprender la complejidad que emana de **“lo arquitectónico”** como fenómeno productivo o disciplina de estudio, propongo desarrollar inicialmente aquello que se entiende como **proceso productivo**, tratando de encontrar el rol principal de los sujetos que intervienen en todo ello; particularmente el del **arquitecto**.

Antes quisiera rescatar el significado epistemológico del término arquitectura y su derivación inmediata de arquitecto.

*“El término **«arquitectura»** proviene del griego αρχ (arch, cuyo significado es 'jefe', 'quien tiene el mando'), y τεκτων (tektion, 'constructor' o 'carpintero'). Así, para los antiguos griegos **el arquitecto** era el **jefe o director de la construcción** y la arquitectura la técnica o arte de **quien realizaba el proyecto y dirigía la construcción** de los edificios y estructuras, ya que la palabra Τεχνη (techne) significa **'saber hacer alguna cosa'**. De ella proceden las palabras «técnica» y también «tectónico» ('constructivo').”¹*

Resulta interesante la simplicidad de definir al arquitecto como jefe o director, pero si actualmente se entiende la producción de lo arquitectónico como un proceso complejo, donde intervienen un sin número de profesionistas y especialistas, entonces se identifica la existencia de otros dirigentes según sea la complejidad de los edificios o espacios habitables por generar, modificar e intervenir.

Por otra parte, se puede establecer que estos procesos estarán dados siempre por **demandas concretas** y problemáticas físico - socio - culturales, establecidas en teorías, **experiencias y conocimientos del pasados**, que **motivan u originan la proyección a futuro** de todo aquello **que se busca o desea construir**, por tanto será necesario establecer lo **“transdisciplinario”** de estos procesos productivos a través del tiempo; sólo con ello se explica lo complejo y diverso que puede llegar a exigirse al papel del arquitecto, pues cuando se mencionan los títulos de ingeniero, dibujante o

(1) Wikipedia – Arquitectura, <http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura>, consulta julio 2016.

especialista en alguna rama de la construcción, socio - culturalmente se proyecta la representación de ciertos límites y/o compromisos de cada profesión.

Es entonces cuando recuerdo algunos calificativos del arquitecto que quizás aclaran esos compromisos sociales, como lo son: urbanista, paisajista o ¿diseñador?; pero con este último, regreso al conflicto de inicio, pues socialmente se espera que él o los **arquitectos** (en cualquier caso) sean responsables de todo aquello que se produce en los **procesos de diseño** y concepción de lo arquitectónico.

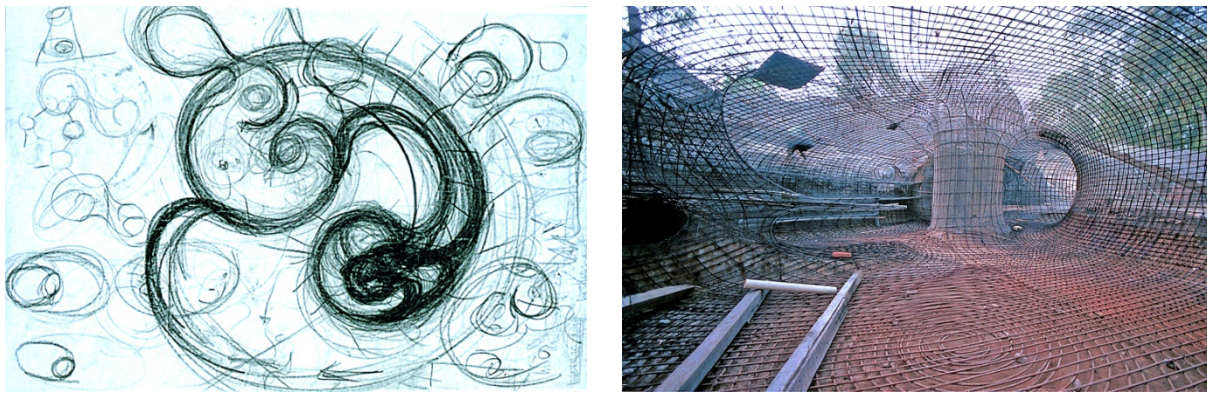


Imagen 4. Javier Senosiain: Casa Orgánica, Naucalpan, Estado de México 1985.
Proceso de diseño, materialización y obra concluida.



Ejemplo donde el arquitecto proyectista dirige la construcción, pues se requiere devolver a una realidad concreta material, aquello que se observó desde un proceso de abstracción.

Al comprender entonces el proceso de producción arquitectónica como esos dos momentos: de **“diseño y materialización”**, parece ser que, aunque los arquitectos pueden y/o deben estar involucrados en las actividades de ambos, su papel principal o mayor exigencia será siempre dentro de los **procesos de diseño**, donde se piensa, **concibe y determina el producto final**, así como las etapas que permiten alcanzarlo.

Con ello no se descartan el sin número de variables que influyen en las tomas de decisiones, de los diversos procesos constructivos en la obra, o incluso sus respectivas modificaciones y cambios de última hora, pero así como lleva su tiempo el proceso de **materialización**, hay que comprender que también se requiere de tiempo y trabajo, para desarrollar adecuadamente un buen **proceso de diseño**.

Así es como a cada tiempo se le exigirá por la labor que se le ha de presentar, de modo tal que nunca será responsable el plomero o el ingeniero calculista cuando una columna interrumpe un acceso; porque este tipo de problemática se debe visualizar y trabajar desde el proceso de diseño y concepción.

Es entonces cuando pienso que **“la problemática”** mayor de la producción de lo arquitectónico estará siempre planteada en los **procesos de diseño**, y aunque en éste no dejan de hacer presencia ingenieros, especialistas, dibujantes, grupos sociales o usuarios como demandantes; siempre se va a requerir quién o quiénes se ocupen de **visualizar la resolución de todo el problema en cuestión** como unidad, que no sólo presenta variables en el ámbito de lo tecnológico edificable y lo útil de su función. También existirá la búsqueda de los deseos y todo aquello que le da significado y sentido a lo bello de la existencia humana, pues permite pertenecer a esa realidad imaginaria y construida del ser en su habitar.

Con ello establezco la **naturaleza del diseño** como un **proceso cognitivo** que emerge del **pensamiento**, actividad distintiva de los seres humanos; por eso trataré de enfocarme en este ejercicio del **“pensar”**, ligado a la producción de lo arquitectónico en su fase inicial de **diseño y concepción**, a través de distintos niveles de abstracción que permitan concretar las características y fases que distinguen este complejo

proceso, introduciendo las relaciones conceptuales e ideas que propone “La filosofía de la libertad” de Rudolf Steiner.

*“El mundo se presenta al hombre como una **multiplicidad**, como una suma de **objetos aislados**. El hombre mismo es uno de ellos, un ser entre otros seres. Esta configuración del mundo la designamos sencillamente como lo **dado** y como **percepción**, en tanto que no la desarrollamos a través de una actividad consciente sino que simplemente la encontramos. Dentro del mundo de las percepciones nos percibimos a nosotros mismos. Esta autopercepción figuraría simplemente como una entre todas las demás, si del centro de ella no surgiera **algo** que se muestra **capaz de relacionar las percepciones** en general, por tanto también la suma de todas las demás percepciones, con la de **nuestro propio ser**.”*

*“Aparece, en primer lugar vinculado a lo que percibimos como nuestro propio ser. Sin embargo, por su significado interior trasciende al propio ser. Agrega a las **percepciones** individuales **determinaciones ideales** que están, sin embargo, relacionadas reciprocamente... Este algo es el **pensar**, y las determinaciones ideales son los **conceptos y las ideas**.”²*

El pensar entonces considera como objetos lo externo y a sí mismo como sujeto pensante, al dirigir su objetivo sobre sí adquiere autoconciencia. Así cuando el pensar dirige su mirada a su actividad, pone como centro su esencia, es decir, su sujeto como objeto, no es el individuo quien establece esta relación, sino el pensar, el sujeto individual vive por tanto gracias al pensar, y éste a su vez le permite vincularse a los objetos y todo lo que le rodea.

Pero en todo ello cabe advertir que el pensar no es individual como las sensaciones y sentimientos, que están fuertemente ligados a la experiencia. Pensar es **universal** cuando nos une al mundo a través de los **conceptos**, con esta actividad se participa del proceso cósmico universal del **conocimiento**, siempre y cuando éste tenga

(2) Steiner, Rudolf, “La filosofía de la libertad”, versión digital pdf, Editorial Rudolf Steiner, Madrid, España 1999, p. 60

contenido y permita una organización que se pueda compartir, comprobar y refutar. La simple percepción no tiene implícito el contenido que podría mostrarme la perfección que se busca con el ejercicio del pensamiento.

*"Hemos establecido que los elementos para explicar la realidad han de tomarse de estas dos esferas: **la percepción y el pensar**. Debido a nuestra organización, como hemos visto, la realidad total y completa, incluidos nosotros mismos, se presenta, en primer lugar, como dualidad. El **conocimiento** supera esta dualidad al fusionar los dos elementos de la realidad, la percepción y el concepto **elaborado por el pensar**, en el objeto completo."³*

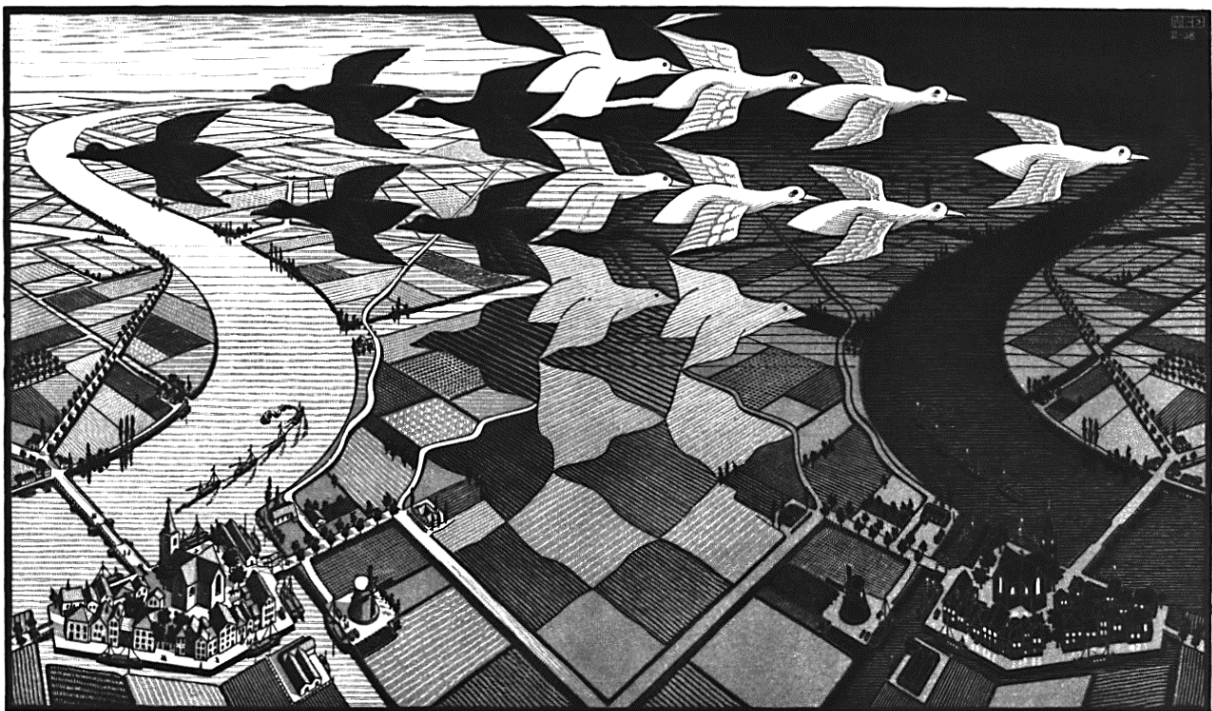


Imagen 5. M. C. Escher: *Day and Night*.

Entonces surge el concepto de **lo cognitivo**, que en sí no es una cuestión que le pertenece a las cosas o los objetos, más bien es un asunto que los seres humanos han de resolver consigo mismo, pues es el hombre quien se plantea preguntas sobre el conocimiento, y lo hace precisamente mediante el ejercicio abstracto del **pensar**.

(3) Steiner, op. cit., p. 50

Cuando se hacen preguntas que no tienen respuestas o hipótesis resolutorias, es porque no se tiene claridad de los elementos que componen la problemática o los planteamientos conceptuales e inteligibles de la misma.

*“Cada **mirada a la Naturaleza** suscita en nosotros una suma de preguntas. Cada **fenómeno** que percibimos nos **plantea un problema**. Cada experiencia se convierte en un enigma.”⁴*

Por lo mismo planteo como fase inicial del proceso de diseño **“la problematización”**, pues para obtener una adecuada propuesta o solución, se debe identificar con claridad la problemática que le da origen. Por tanto como toda fase inicial de conocimiento, se puede suponer que comienza haciendo las clásicas preguntas: ¿qué es, para qué, quién, con qué, y hasta cómo, cuándo, dónde? Pero todo ello genera en sí un conjunto de problemas por jerarquizar y resolver, que se mueven en ese infinito de conexiones abstractas e ideales posibles, de conceptos, experiencias y teorías que emanan de las distintas esferas del **conocimiento transdisciplinario**.

La fase consecuente que identifico es **“la concepción”** (dar a luz una idea), que también puede ser comprendida como un arte de la interpretación geométrica formal, además intuyo que es donde se define la **capacidad creativa** de los arquitectos, por ello es la fase en la que intenta centrarse esta investigación.

En la primera instancia de esta fase y como producto de una problemática definida, se tiene la **“conceptualización”**, que es la relación, estructura y organización de los conceptos, que genera el diseñador a través del pensamiento. Mientras que la instancia a la que se quiere llegar a través de la concepción es la **“percepción”**.

Pero como los conceptos solo existen como abstracción del pensamiento y lo que busca **crear** el arquitecto son nuevos ambientes o experiencias, éste tendrá que generar a través de la fantasía y la imaginación una **representación formal** que corresponda a la cosa que busca en sí. Es así como la representación no es más que una **intuición** relacionada a una determinada **percepción**, o un concepto

(4) Steiner, op. cit., p. 16

individualizado, que también puede llegar a entenderse como *idea*, siempre y cuando se comprenda que ésta se sitúa entre la **percepción y el concepto**.

“Las ideas no se distinguen cualitativamente de los conceptos. Son solamente conceptos de mayor contenido, más ricos y más amplios. Tengo que resaltar la importancia de este punto, en el que ha de tenerse en cuenta que yo he puesto al pensar como punto de partida, y no a los conceptos e ideas, que sólo se obtienen a través del pensar”.⁵

Por último está la fase de **“la consolidación”**, donde se desarrolla la hipótesis formal, representación o idea obtenida de la fase de concepción, para su respectiva evaluación, revalorización y formulación como solución definitiva.

Es así como entendiendo la **actividad de diseñar**: como un proceso producto del pensamiento, que define la producción de espacios habitables para el ser humano, y que dentro de sus fases se podrían identificar: la inicial o de **problematización**, la intermedia de **concepción** y la final de **consolidación**.

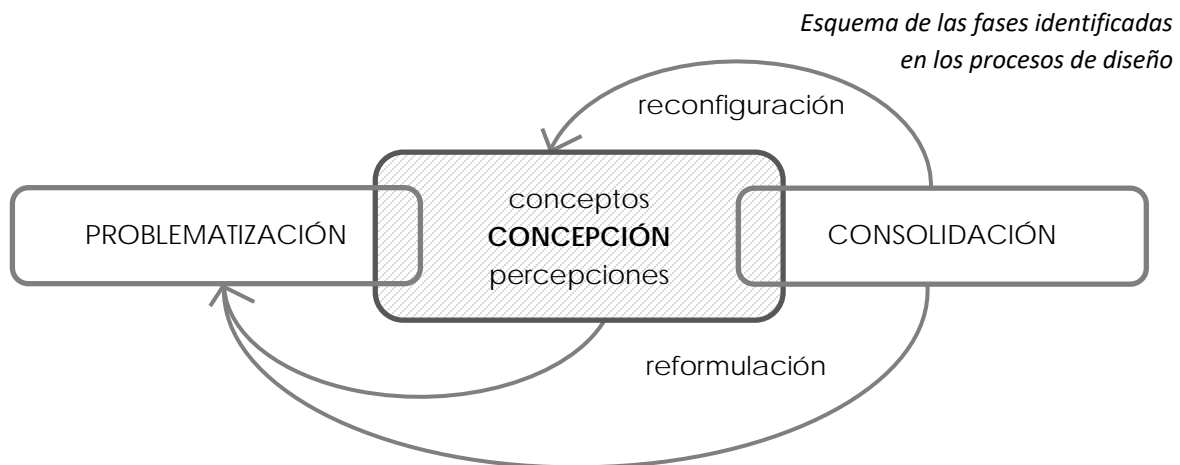
Es por tanto un proceso creativo, complejo, que al buscar transformar la forma física del entorno humano dentro de un infinito posible, confronta innumerables variables en las condiciones de lo edificable, lo estético y lo habitable, por lo que insiste en visualizar lo que se trabaja antes que esto sea construido. Quizás por ello éste se asemeja a un viaje laberíntico de ida y vuelta, entre la razón, la fantasía y la imaginación, o incluso comparable a escribir un libro o tener un hijo, en el sentido de que son una parte de uno que no se alcanza a descubrir, hasta que existe.

La propuesta del esquema es lineal porque considera el factor tiempo, pero ello no implica una abstracción estática, pues es en sí un **proceso dinámico**, infinito y de un eterno devenir; buscando siempre argumentos y razones de ser en esa multiplicidad incesante de percepciones, ideas y conceptos. Por ello se reconocen dos posibles fases de retroalimentación: **reformulación y reconfiguración**.

(5) Steiner, op. cit., p. 28

Reformulación. Tanto en la fase de concepción como en su respectiva consolidación, el ejercicio del pensamiento puede llegar a experimentar ciertas incoherencias o falta de **claridad en la problemática** que aborda, por ello se regresa a la etapa de problematización, para reformular la cuestión general o particular que está en desacuerdo con las ideas resolutivas que se van proponiendo.

Reconfiguración. A medida que se construye y consolida la propuesta geométrica formal, y se comienza a generar una percepción o experiencia espacial de la misma, se puede llegar a identificar alguna imprecisión en la concepción resolutiva que se está trabajando. Entonces la tarea consiste en **evaluar y modificar** la primera aproximación o idea figurativa, para volver a configurar la solución y garantizar una integración más compleja y consolidada del proyecto con su respectivo proceso causal de diseño.



Así queda resumida la idea que tengo del **proceso de diseño** como ejercicio del pensamiento, que se repetirá indefinidamente, conforme sea la complejidad de la problemática que se aborda; siempre garantizando un **nivel superior de comprensión** en la totalidad de sus conceptos, ideas, conexiones y planteamientos, que motivan y dan **sustento empírico y racional** de su existencia.

1.2 ESPACIO Y TIEMPO CONDICIONES FUNDAMENTALES DEL DISEÑO

Al introducirse un poco en los distintos niveles de abstracción que exige el proceso de diseño, será innegable plantear que este proceso lo demanda el hombre, y por tanto debe responder a las preguntas, problemas y transformaciones que éste exige de su realidad, o más explícitamente del medio físico en el que se desarrolla su vida. Ante este punto y después de tantas indagaciones que giran en torno a las definiciones del hombre, he comprendido lo que dice Pascal: *“aprende, oh hombre soberbio; que el hombre sobrepasa infinitamente al hombre...”*⁶. Pero para efecto de esta tesis retomaré la definición de Ernest Cassirer, que en mi juicio da más claridad y consistencia que aquella que concibe al hombre como animal racional:

*“La razón es un término verdaderamente **inadecuado** para abarcar las formas de la vida cultural humana en toda su riqueza y diversidad, pero todas estas formas son formas simbólicas. Por lo tanto, en lugar de definir al hombre como un **animal racional** lo definiremos como un **animal simbólico**. De este modo podemos designar su diferencia específica y podemos comprender el nuevo camino abierto al hombre: **el camino de la civilización.**”*⁷

Para comprender mejor esta definición, es necesario distinguir el signo del símbolo. Si bien un signo puede referirse a una señal o un significado único inmediato, y a esto también pueden responder la acción y reacción de otros animales (como se ha manifestado). El símbolo como lo desarrolla Cassirer implica la construcción de un lenguaje simbólico y un conjunto de significados, que le permiten al hombre crearse y recrearse a través de la cultura, que a su vez se conforma por distintos universos simbólicos como el del mito, la religión, la historia, el arte y la ciencia.

Todos estos lenguajes simbólicos constituyen el logro de la razón humana y ante esto, al hombre no le queda otra salida más que adaptar su vida a este universo simbólico.

(6) Pascal Blaise, “Pensamientos, Tomo II”, traducción por Xavier Zubiri de la edición de León Brunschvicg, Hachette, editio minor, París, 1912 y 1946., Sección VII: La moral y la doctrina.

(7) Cassirer, Ernst, “Antropología Filosófica”, Fondo de Cultura Económica, México DF. 2013, p. 49

Así el hombre busca comprender transformar y concebir su realidad. Pero ante esto Cassirer advierte que:

*“No podemos **concebir** ninguna **cosa real** más que bajo las condiciones de **espacio y tiempo**. Nada en el mundo, según dice Heráclito, puede exceder a sus medidas, y éstas son limitaciones espaciales y temporales.”⁸*

Aun en el pensamiento mítico o primitivo, afirma Cassirer, el espacio y el tiempo jamás se entienden como abstracciones puras o vacías, sino como las grandes fuerzas misteriosas que gobiernan todas las cosas.

Asentado esto, paso a reflexionar sobre estas variables y cómo condicionan o determinan la actividad del diseño. Cabe la aclaración, de que no se deben separar cuando se aborda la realidad, aunque en un principio, se busque comprenderlas por separado. Sería ingenuo pensar que cualquier espacio temporal es percibido de la misma forma por distintos organismos vivos, aun cuando estos sean hombres de la misma cultura, parentesco o familia de una misma generación.

Esto es quizás, porque la vida es una **constante construcción de experiencias** que aunque parece que se contradice a las universales de la razón, también tienen su explicación, pues **dos cosas no pueden ocupar un mismo espacio al mismo tiempo**.

Por lo mismo considero importante distinguir los tipos de experiencia humana que se pueden desarrollar en un espacio temporal, y sobre los cuales puede intervenir el arquitecto a través del proceso de diseño. Según Ernest Cassirer los tres grupos fundamentales de experiencia espacial en los distintos tipos de organismos son:⁹

Espacio y tiempo orgánicos: que considera como nivel básico de la vida y esto se manifiesta en los organismos inferiores o recién nacidos, los cuales requieren de un nivel complejo de reacciones para lograr una respuesta adecuada de adaptación, a los estímulos físico - químicos que reciben del medio que les rodea.

(8) Cassirer, op. cit. p.71

(9) Ibdem., pp.71-73

Espacio y tiempo perceptivo: en éste se encuentran los animales superiores pero aclara que no es un mero dato sensible, pues posee una naturaleza compleja que contiene diferentes géneros de experiencias, adquiridas por distintos receptores para construir un espacio perceptivo.

Espacio y tiempo simbólico: aquí establece la frontera entre el mundo humano y el animal, señalando que para que el hombre pudiese llegar a la idea del espacio abstracto, tuvo que pasar un proceso mental complejo y difícil. Afirma que la representación de un objeto es distinto a la manipulación del mismo; mientras que la manipulación requiere de una serie de acciones coordinadas, la representación requiere una concepción general que permita observarlo desde distintos ángulos.



Imagen 6. Espacio - temporal simbólico, representación mental que permite observar.
Concepción geométrica de Ptolomeo (la Tierra como centro) y Copérnico (el Sol como centro).

Ante esta última experiencia espacial se encuentra el arquitecto en el proceso de diseño, pues la solución que se le demanda, es la **representación de un objeto real y concreto** que aún no existe. Por lo tanto, no le queda otro camino más que la **abstracción del pensamiento** en ese **lenguaje simbólico del espacio geométrico**.

*“El **espacio geométrico** hace abstracción de toda la variedad y heterogeneidad que nos es impuesta por la naturaleza dispareja de nuestros sentidos; nos encontramos con un **espacio homogéneo, universal**, y sólo por medio de esta nueva forma característica del espacio pudo llegar el hombre al **concepto de un orden cósmico único, sistemático.**” ¹⁰*

Con estos tres niveles de la experiencia espacio - tiempo que distingue Cassirer, sale a relucir la **importancia de la geometría** y su vinculación directa con la **creatividad** en el proceso de diseño arquitectónico. Pues no es lo mismo la familiarización con un entorno, o manipular los objetos, que construir o tener una **representación abstracta** de ello. La **representación** requiere un conjunto de **construcciones simbólicas**, estructuras, formas y principios que dan significado al **todo y cada una de las partes** que se **busca conocer**, a pesar de las limitaciones de los sentidos o la experiencia.

Con ello también comprendo de forma análoga tres grupos o niveles de problemas a resolver en la concepción del proyecto arquitectónico:

- **Confort orgánico y fisiológico:** donde se deben estudiar y controlar variables como: temperatura, ventilación y humedad. En caso de no garantizar estos factores, los otros niveles de confort se verán afectados y distorsionados por el proceso de adaptación biológico del organismo.
- **Confort perceptivo y psicológico:** donde se deben garantizar niveles adecuados de iluminación, sonido - ruido, estabilidad, sentido de ubicación y privacidad. Estas variables también desencadenan reacciones orgánicas, por tanto, cuando se le permite al usuario tener control sobre todas estas, se facilita su adaptabilidad al espacio arquitectónico.
- **Confort simbólico y espiritual:** en este nivel se pueden estudiar una amplia gama de variables y conceptos que giran en torno a ideologías y creencias que se construyen culturalmente. La problemática más concreta que se propone alcanzar es la búsqueda y contemplación de la belleza.

(10) Cassirer, op. cit. p.76

Ahora me dejaré llevar un poco por las arenas del tiempo, aunque en la realidad estos dos conceptos son inseparables, comprendo que en los distintos niveles de abstracción del pensamiento el espacio se transforma en un elemento estático, pues así permite ser observado y analizado. Lo que se pretende con este viaje a través del tiempo, es entretejer algunas razones que puedan llegar a relacionarse con el proceso de diseño.

En principio, al aproximarme a una comprensión del tiempo, observo que éste se entiende de modo general como un proceso dinámico, que no sólo condiciona la realidad del hombre sino la vida orgánica en su totalidad. La frase que distingue comúnmente a Heráclito, sirve para comprender este hecho: **“no es posible bañarse dos veces en el mismo río”**, aunque ingenuamente puede ser negado, para aceptar su afirmación, solo hay que entender que el agua del río está en flujo constante de acontecimientos, al igual que el ser humano que en ella se sumerge.

Este eterno devenir crea confusiones en el pensamiento, porque cuando éste ha logrado comprender algo de su realidad, la dinámica del tiempo le sugiere revalorizarlo, pues quizá, ese algo ya ha cambiado.

Así se entiende que Heráclito fuese conocido como *“el oscuro”*, pues no trataba de entender con su doctrina las verdades universales, estáticas y comprensibles, que estudiaban los geómetras y sofistas (posturas estáticas). Sus indagaciones giraban en torno a ese eterno devenir de la vida y los acontecimientos.

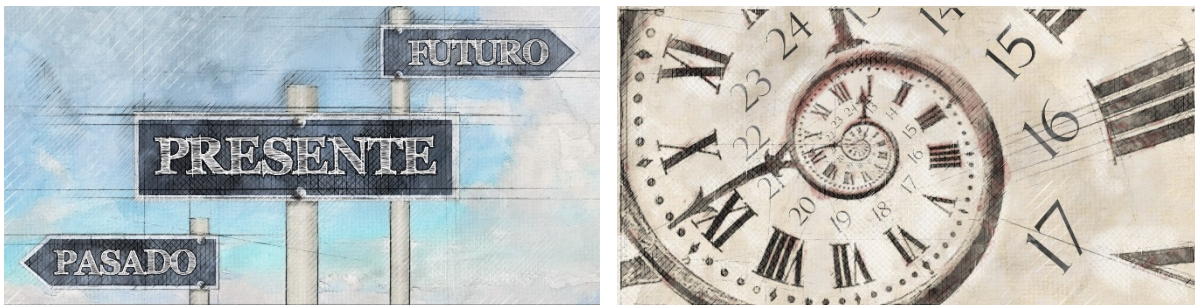


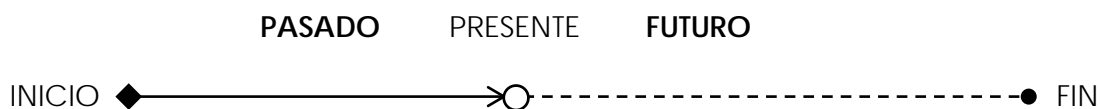
Imagen 7. Representación mental del tiempo como experiencia (recta) y como ilusión (curva).

Una vez asentadas estas observaciones, falta comprender las partes que determinan todos estos aspectos en la **experiencia humana**.

Si bien la experiencia explica su existencia en el pasado, ésta no deja de reconocer un presente y un futuro. Entonces las tres fases que todos pueden identificar del tiempo son en un mismo orden lineal: pasado - presente - futuro.

La linealidad del tiempo (que puede ser recta o curva), viene dada por el concepto geométrico de línea o sucesión infinita de puntos, ligado empíricamente al flujo continuo e incesante del movimiento; por ende, no se puede pasar de un punto o posición "A" a una posición "B", sin pasar por puntos intermedios, aunque estos no sean perceptibles por la velocidad del movimiento.

Continuando con este esquema rectilíneo con base en los hechos, y evitando caer en teorías de la física cuántica o metafísica, se puede decir que la experiencia de la vida del hombre tiene un principio y un fin. Para representarlo se puede emplear una recta numérica geométrica - matemática.



Esquema geométrico del tiempo con base en los hechos.

Si se denomina el futuro con números positivos y el pasado con números negativos; el presente es entonces un punto neutro, cero o nulo. Esto significa que **el presente no existe**, es un punto abstracto, de paso; en el que el futuro se convierte en pasado. Por tanto, **toda experiencia se vive entre el pasado y el futuro**. El presente es solo una intensidad única, auténtica e irrepetible. Cuando generalmente se usa el concepto del presente este se refiere a un pasado o futuro inmediato.

También en la experiencia se comprende una distinción fundamental entre el pasado y el futuro, su diferencia radica en lo vivido y lo por vivir. El **pasado** es entonces ese infinito de acontecimientos e **intensidades que se almacenan en distintos niveles de la memoria**; son los hechos, fundamentos, ataduras, **razones estáticas e inamovibles**. Sin embargo el **futuro**, se presenta como **motor dinámico de cambio**, en él se haya la libertad de construir nuestra historia o pasado que va a ser en el futuro; entre el ser y no ser, hacer y deshacer, avanzar o detenerse, desviarse o retroceder.

Todos estos planteamientos indagados a través del tiempo, aparentemente no guardan relación con la realidad arquitectónica y su proceso de diseño. Pero si estos razonamientos permiten comprender que **toda experiencia de vida** o realidad está **condicionada por estos principios dinámicos**; así mismo se entiende por qué parecen ser cuestionables todos esos conjuntos habitacionales de casas iguales o repetidas, la disposición estática de una obra inamovible y concluida, o incluso, la solicitud de una postura o estilo definido en el arquitecto.



Imagen 8. Casas Geo en Ixtapalucan, Estado de México. Ejemplo de postura estática y mecanicista.



Imagen 9. Moshe Safdie: *Habitat 67*, Montreal, Canadá. Ejemplo de complejidad dinámica y vida.

En conclusión, el pensamiento estático que pretende comprender o concebir la arquitectura, va directo al fracaso y al error. **Lo arquitectónico sólo adquiere sentido con la vida**, su verdadera belleza radica en la **diversidad y multiplicidad** de intensidades que ofrecen los acontecimientos a través del tiempo.

1.3 INGENIO Y CONCEPCIÓN DEL ARTE Y LA CIENCIA

Al introducirme en la problemática en la que están inmersos los arquitectos ante el proceso de diseño, comienzan a entrelazarse un sin número de conceptos y percepciones que giran en torno a la creatividad, el ingenio y la innovación. Pero todas estas ideas o planteamientos pueden llegar a transmitir palabras confusas, nocivas y vacías; sobre todo si no se comprende que la **concepción** de una idea como propuesta resolutive, es una **actividad simbólica y distintiva de los seres humanos**, que se caracteriza por tener un vínculo concreto con una **realidad** morfológica, física y material del entorno construido y natural.

Por su parte, Cassirer advierte que el entendimiento del hombre se encuentra en la necesidad de distinguir entre **la realidad y la posibilidad** de las cosas, que sólo en su **"inteligencia derivada"** existe el problema de la **posibilidad**. Para el resto de los organismos vivos nunca existió tal distinción, pues lo real es lo posible.

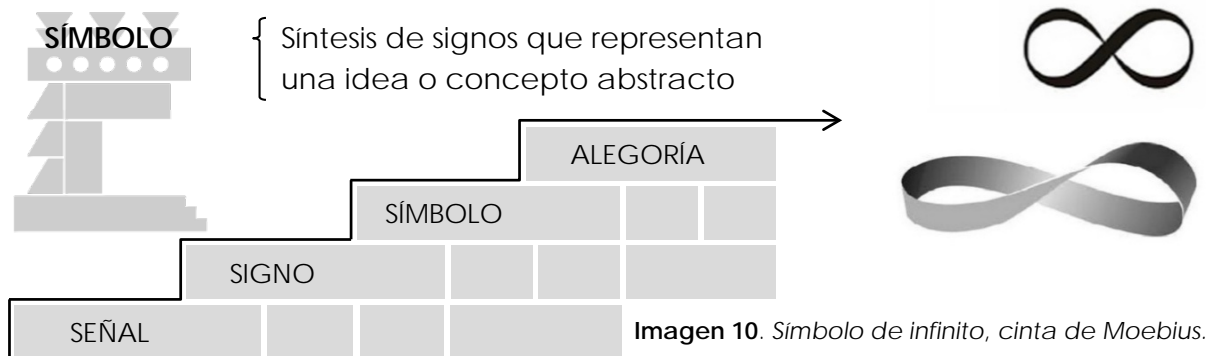


Imagen 10. Símbolo de infinito, cinta de Moebius.

Esto puede suponer una debilidad del hombre, pero al mismo tiempo se puede entender como el motor principal del desarrollo cultural y la civilización. El problema entonces radica, en mantenerse en un estado pasivo de la realidad sensible o posible, la cuestión una vez más se encuentra ante el ejercicio del pensamiento.

Así la **realidad del hombre** pasa de los **hechos y acontecimientos** a un **universo ideal** inteligible, que busca comprender, representar, estudiar, reconstruir y recrear el universo físico, material, espiritual, social y cultural que le rodea.

Esta **búsqueda de una realidad posible**, ha producido diversos lenguajes simbólicos y una multiplicidad de disciplina que los estudian, crean y recrean. Para efectos de esta investigación, se reconocen "**las humanidades, las ciencias y las artes**", como las tres grandes esferas del conocimiento que intervienen directa e indirectamente en el quehacer arquitectónico.

A través de la historia estos campos del conocimiento han tropezado con varios puntos de ruptura, continuidad, avance y retroceso. Incluso innumerables veces se ha tratado de generar una teoría determinista que englobe todas las teorías, así como posturas enfocadas en lo útil y práctico, o lo puro, de toda abstracción racional e irracional del pensamiento.

Pero si se admite como sentencia evidente que lo arquitectónico es producto del ser humano y para el ser humano, tanto su causa inicial como final están determinadas por los hombres. Esto implica que la fuente de todo conocimiento que se busca o desea alcanzar cuando se estudia lo arquitectónico se halla en la esfera de las humanidades (conjunto de disciplinas sociales relacionadas con la historia, cultura, tradiciones y comportamientos de los seres humanos).

Cabe señalar ante este punto, que aunque el arquitecto diseñador encuentra en las **humanidades** su sustento teórico, éste no le ofrece los conocimientos o herramientas procedimentales necesarias para relacionar los **modos de aprender** con los **modos de hacer**. Para poder transformar el ambiente físico - material sobre el que se le solicita intervenir, requiere de otras herramientas e instrumentos del pensamiento, así se encuentra con las esferas del **arte** y de la **ciencia**.

Quizá por ello la tendencia de los arquitectos consiste generalmente en fusionar las teorías comprendidas en las **humanidades**, con una postura **artística** (intuicionista) o **científica** (racionalista). Todo ello para poder desencadenar su propia estrategia abstracta de construcción simbólica; que en la concepción del diseño le permite pasar de una **abstracción ideal imposible** a la **representación de una realidad posible**.

Una vez más el arquitecto se halla ante un dualismo (arte - ciencia) que puede llevar a todo tipo de contradicciones. Por ello continuaré analizando las características de estas dos concepciones o maneras de entender del mundo.

Si bien se reconoce en **el arte** y sus diversas manifestaciones simbólicas la capacidad del hombre para **expresar y representar su mundo sensible**, tampoco se puede negar que estos **modos de conocer y hacer** se encuentran entre dos polos opuestos: **lo objetivo y lo subjetivo**. *“Ninguna teoría del lenguaje o del arte puede olvidar o suprimir uno de estos dos polos, aunque puede hacer hincapié en uno u otro”.* ¹¹

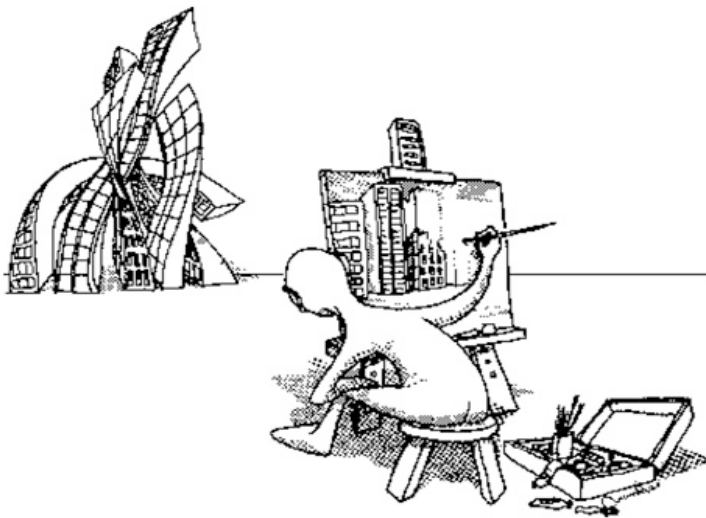


Imagen 11. Dibujo o representación subjetiva de una realidad objetiva.

Con ello se puede explicar por qué a través **del lenguaje y del arte**, el hombre comienza por **construir** un tópico o lugar común (lo objetivo), mediante la mimesis o la imitación, pues tiene que partir de puntos o **conceptos comunes** y objetivos que le permitan compartir, representar y construir sus planteamientos individuales subjetivos.

*“Lo mismo que las demás formas simbólicas, tampoco es **el arte** mera reproducción de una realidad acabada, dada. Constituye una de las vías que nos conducen a una **visión objetiva de las cosas** y de la vida humana. **No es una imitación sino un descubrimiento de la realidad.**”* ¹²

(11) Cassirer, op. cit., p.207

(12) Ibidem., pp.213-214

Por ello **el arte** no puede quedarse detenido ante la mera reproducción de una realidad, pues en sus caminos el hombre encuentra un propósito mayor: **descubrir, construir y recrear su universo cultural y sensible**. Le corresponde al lenguaje (luego las humanidades y las ciencias) construir los conceptos que permiten identificar y clasificar nuestra percepción del mundo exterior e interior.

Así como **las humanidades y las ciencias** le han dado al hombre distintos lenguajes simbólicos, vías, razonamientos y abstracciones que le permiten descubrir y comprender su realidad, **el arte** desde su perspectiva sensible, ha proporcionado otras **formas de conocer**, reajustar y crear la **realidad inteligible**. Siempre bajo la misma fórmula epistemológica: **encontrar la unidad en la multiplicidad** que es dada por las percepciones de los sentidos.

Una vez encontrado este punto de convergencia entre las **artes y la ciencia**, habrá que distinguir las estructuras, modos o principios que las caracterizan, pues aunque ambas buscan decodificar, interpretar y descubrir la realidad, poseen distinta naturaleza. Cuando se emplea el concepto de **naturaleza**, hay que entenderlo como esencia, forma o **estructura interna**, que rebela las **partes y el todo** de algo concreto, explicando así su existencia.

Ante esta cuestión el artista no pretende descubrir las causas o razones que dan origen o explican los fenómenos y las cosas, pero sí busca rebelar genuina y creativamente una intuición de su naturaleza o sus formas. Mientras que el científico mediante el ejercicio de la razón (inductiva/deductiva) tiene por objeto identificar, clasificar, sistematizar, encontrar, demostrar y comprobar, las leyes y los hechos que se le manifiestan en su realidad empírica y/o lógica - racional.

Estas características distintivas permiten suponer al quehacer científico como riguroso, disciplinado, metódico y tedioso. En cambio como primera aproximación, el hacer artístico ofrece emociones, vida, movimiento y libertad, que incluso puede llegar a **confundirse con el juego** y el entretenimiento, pues el placer que se encuentra en ambos es desinteresado, no son útiles, prácticos o indiscutiblemente necesarios. Pero Cassirer ante este problema desglosa tres **poderes de la imaginación artística**, que

revelan los puntos de semejanza y la diferencia, con las distintas clases de fantasía y **entretenimiento que ofrece el juego**, estos son: ¹³

- El poder inventivo
- El poder personificador
- El poder de producir puras formas sensibles

Así explica que el juego sólo permite manipular, reacomodar y reagrupar los materiales ofrecidos a una percepción sensible; por ello puede llegar a alcanzar el poder inventivo y personificador. Pero para alcanzar el tercer poder se requiere de una construcción simbólica - formal más compleja, que sólo sucede con el arte cuando es **constructivo y creador**, en un sentido más sensible y profundo.



Imagen 12. Frank Gehry: Museo de la Biodiversidad, Panamá 2014. Juego formal inventivo.

*“En realidad, muchas pretendidas obras de arte están muy lejos de satisfacer esta exigencia. La tarea del juicio estético o del gusto artístico consiste en **distinguir** entre una **obra genuina** de arte y esos otros productos bastardos que no son más que **cosas de juego** o, a lo sumo, una respuesta a la demanda de entretenimiento.”* ¹⁴

(13) Cassirer, op. cit., p.243

(14) Ibdem., p.244

Por tanto, como mismo **la ciencia le ofrece orden** al mundo humano, racional e inteligible, **el arte debe proporcionar** orden en la **aprehensión de las apariencias visibles, audibles y tangibles**. Ante esto el artista no tiene por objetivo dar una impresión simple, efímera, entretenida o temporal; puesto que lo que se busca es implantar esas verdades con las que se trabaja en el alma de los hombres, que aunque parezca difícil no es imposible, todo radica en nunca dejar de intentarlo.

*“En el mismo grado que el lenguaje humano puede expresar toda cosa, lo mismo la más alta que la más baja, **el arte puede abarcar** e impregnar la esfera entera de **la experiencia humana**. Nada del mundo físico o moral, ninguna cosa natural ni ninguna acción humana se halla excluida, por naturaleza y esencia, del reino del arte, porque **nada resiste a su proceso formador y creador**”.*¹⁵

Pero si esta sentencia se puede tomar como válida tanto para **las artes** como para **las ciencias**; ¿por qué se entiende la ciencia como una concepción rígida, limitada e inamovible? A mi parecer está en el objetivo, propósito y/o sentido que se le ha dado: la **finalidad útil y práctica**.

Ahora me recuerdo como Voltaire se lanza contra el pensamiento filosófico de Leibniz; pues a pesar de reconocer la bastedad de su obra, sostenía que: *“en toda ella no había nada útil que fuera original, ni nada original que no fuera absurdo y risible.”*¹⁶ Sin embargo la obra de Leibniz sustenta como **posibilidad lógica** el cálculo infinitesimal, el sistema binario y por tanto gran parte del desarrollo tecnológico e informático de la actualidad.

*“Nuestras **teorías matemáticas** más importantes **no proceden de necesidades prácticas o técnicas inmediatas**, se conciben como esquemas generales del pensamiento con anterioridad a cualquier aplicación concreta. Cuando Einstein desarrolló su teoría general de la relatividad acudió a la geometría de Riemann,*

(15) Cassirer, op. cit., p.234

(16) Wikipedia – Leibniz, https://es.wikipedia.org/wiki/Gottfried_Leibniz, consulta octubre 2015

*que había sido creada mucho antes, pero que Riemann consideraba sólo como una mera **posibilidad lógica**.*" ¹⁷

Esto permite comprender mejor el caso de las teorías de Albert Einstein y la finalidad útil y práctica de la "bomba atómica", aunque Einstein dio las bases científicas que permitieron su construcción, siempre se asumió como pacifista y negó cualquier tipo de vinculación. Hoy en día sus investigaciones impulsan otros descubrimientos científicos en áreas como la medicina o la ingeniería nuclear. Con esto se puede deducir, que **la finalidad útil y práctica está determinada por la ética y la moral** de los hombres, corresponde a la **esfera de las humanidades** y su **universo cultural**, dar razones y argumentos contundentes de estos planteamientos.

Por su parte, si se entiende que el desarrollo tecnológico alcanzado en la actualidad, ha sido impulsado por la ciencia, sólo falta aclarar que este logro en particular requiere complejos niveles de abstracción, en los que sólo es útil lo lógico, deductivo e inductivo de su razón. Esto implica un empobrecimiento inevitable del universo simbólico - sensible (como diría Nietzsche) "*humano, demasiado humano*".

Por ello, en sus distintos niveles de abstracción, el arquitecto no debe reducir su espíritu creador a una concepción racionalista y mecanicista del mundo; simplemente porque esta le garantiza la realización, materialización o argumentación contundente de sus premisas de diseño. Deberá también indagar por los caminos de las artes y la estética de nuestro mundo sensible, pues aunque su hacer está condicionado por una realidad físico material, su demandante es el ser humano en su contexto simbólico, social y cultural.

Tampoco debe reducirse a una intuición formalista vacía o entretenida, ese no es el verdadero espíritu del arte. La arquitectura tiene un compromiso histórico - social práctico, que aunque algunos han tratado de evadirlo refugiándose en una postura artística, egocentrista y de autocomplacencia, no deja de ser criticada por lo mismo,

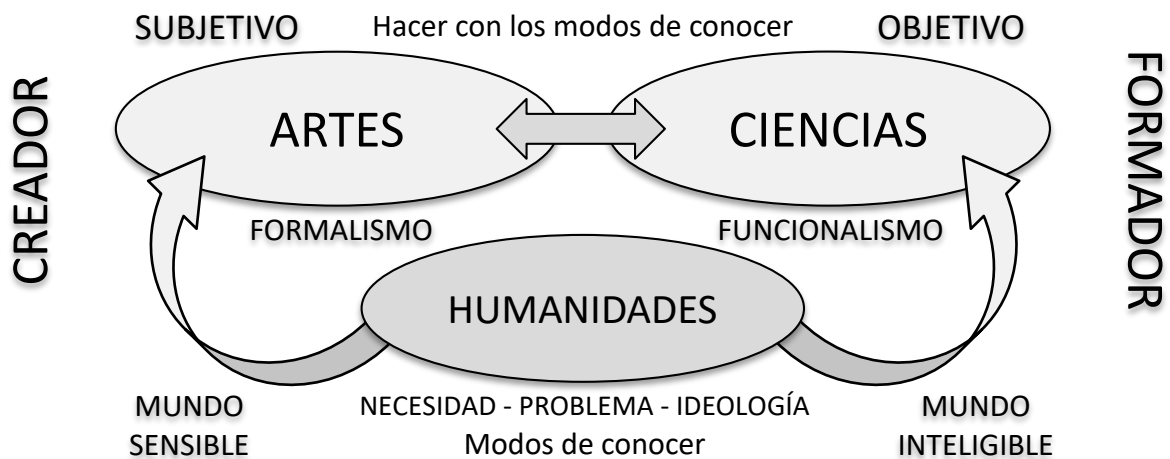
(17) Cassirer, op. cit., p.320

pues la sociedad requiere de construcciones materiales e ideales que le sirvan o ayuden a proyectar y consolidar un futuro mejor.

Con base en todo lo anterior, pienso que para la formación del arquitecto se deben contemplar los **saberes más significativos** que le aportan cada una de las esferas del conocimiento; sin dejar de considerar que cuando se establece uno de ellos como postura estática trascendental (incuestionable), puede caerse en el absurdo de la imposición, que siempre desatará nuevas luchas de poder y contradicción.

El arte no puede reducirse a un juego de entretenimiento.
La ciencia no debe limitarse a una utilidad práctica.

Formula epistémica: "encontrar la unidad en la multiplicidad"



1.4 AUTENTICIDAD INTELECTUAL COGNITIVA Y LIBERTAD

Una vez comprendida la **naturaleza del diseño** como **actividad del pensamiento**, así como sus **determinantes históricas sociales y culturales**, inmersas en el devenir empírico y racional del espacio - tiempo, se puede pasar a reflexionar sobre el quehacer arquitectónico del diseño auténtico e innovador, así como los límites o infinitud de su **libertad creativa**.

Debido a que las actuales tendencias del diseño se han enfocado más en la búsqueda de una forma o solución geométrica "original", nunca antes vista o experimentada, cabe aclarar que el asunto en cuestión ante este punto no es tanto la innovación o la creatividad, sino el concepto de libertad y autenticidad en el arquitecto ante el proceso de diseño. Para ello habrá que comenzar por comprender qué se entiende y cómo se estructuran, los distintos significados que se entrelazan con estos conceptos a través del pensamiento.

Si se identifica que **la libertad** tiene su origen histórico en la esclavitud y la lucha antagónica de poder entre hombres, entonces ante la problemática que este concepto desencadena, la primera contradicción que surge en la experiencia es el principio de **causa y efecto**, o en el sentido de lo posible, **la esencia y naturaleza** de los fenómenos y las cosas, que obligan a ser lo que se es y no lo que se quisiera ser.

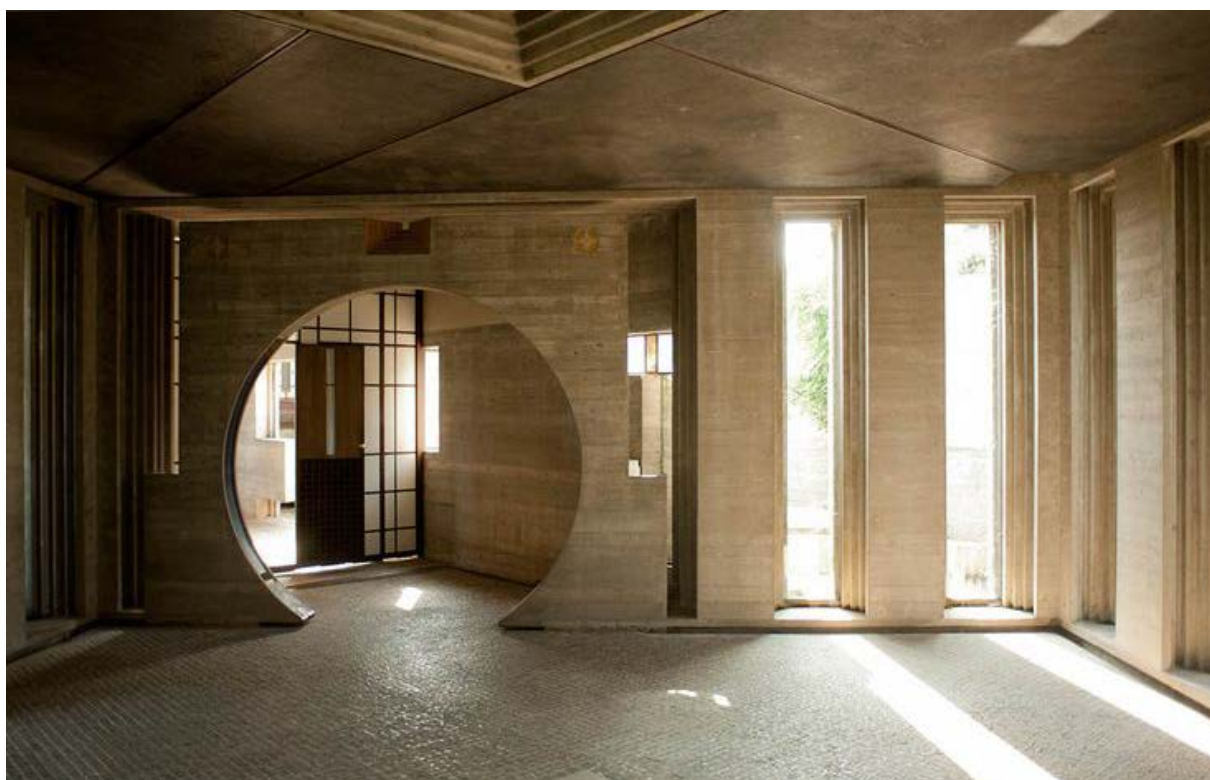
La libertad entonces se puede llegar a reconocer como anarquía, principio del caos o individualismo.

"Una acción se considera libre en tanto que su razón proceda del aspecto ideal de mi ser individual; cualquier otro aspecto de una acción, tanto si se lleva a cabo forzado por la naturaleza, como por la necesidad de una forma ética, se considera como no libre." ¹⁸

(18) Steiner, op. cit., p. 71



Imagen 13. Carlo A. Scarpa: Tumba Brion. Manifiesta un complejo simbolismo geométrico conceptual.



Rudolf Steiner, en Filosofía de la Libertad, menciona cuatro niveles del **actuar** en la **vida individual** del hombre, para tratar de identificar dónde se encuentra la verdadera libertad del mismo: ¹⁹

1. **La percepción:** que a través de los sentidos se llega a traducir en voluntad, sin intervención de los sentimientos o conceptos. Ejemplo: acción y reacción, actuar por instinto.
2. **El sentimiento:** cuando las percepciones se acompañan de sentimientos y se traducen en impulsos para actuar. Ejemplo: la compasión o el enojo.
3. **Las representaciones:** en las que a través de la reflexión se traduce una representación o concepto en motivo para determinar el actuar. Ejemplo: la experiencia práctica, comúnmente utilizada en el proceso de diseño.
4. **El pensar conceptual:** constituye el grado superior y no tiene relación con ninguna percepción. En este nivel, se determina el contenido de los conceptos por pura intuición, extrayéndolo de la problemática abstracta que se aborda y las ideas. **Lo que actúa es el contenido ideal** y por tanto universal de la intuición. Ejemplo: crear conceptos, motivos y nuevas formas de actuar.

De estos planteamientos expuestos por Rudolf Steiner se puede deducir que:

- La vida está compuesta de **acciones libres y no libres**.
- La **libertad es una cuestión ideal**, no material o de instinto.
- La **idea de libertad** sólo se alcanza a través del **pensar** y del **actuar consciente**, en el que el hombre se hace responsable de sus motivos y decisiones.

Pero así como se establece la **libertad** en la actividad de **pensar**, esto no deja de suponer un problema de individualismo y egocentrismo, muy común en las instituciones académicas y en el ámbito profesional del arquitecto. Entonces hay que entender que quizás estos impulsos son instintivos, como lo es la supervivencia y las luchas antagónicas por el poder. Todo esto puede ser revelado desde el propio

(19) Steiner, op. cit., p. 66-67

ejercicio del **pensamiento consciente**, sólo hay que concretar la problemática y aclarar las razones y relaciones de cada postura, acción o decisión.

De hecho, la única lucha de poder que particularmente desencadena, es aquella que defiende mi derecho de existir y de ser responsable de mis acciones y decisiones, lo que me permite ser dueño de mi propio destino. Aunque esto parezca un acto de individualismo puro, no deja de ser consciente de las libertades de otros, pues esto implica el concepto de **responsabilidad**; donde no sólo se es consciente del yo, sino también de lo que le rodea.

*“Por el hecho de que el pensar va más allá de nuestro ser individual y se relaciona con el universo, surge en nosotros el impulso del **conocimiento**”.*²⁰

Este **impulso de conocer** revela otro principio dinámico de la libertad. ¿Qué tan libre se es con una guitarra, un pincel o en el mar? Entonces toda libertad es cognitiva, requiere un mínimo de esfuerzo y disciplina; por supuesto, cuanto más se ponen en práctica y comprenden los principios que determinan y condicionan el actuar, mayor **libertad ejerce el pensamiento** sobre sus motivos y determinaciones.



Imagen 14. Botella de Klein, descrita por primera vez en 1882 por el matemático Felix Klein. Diseño de un geómetra.

(20) Steiner, op. cit., p. 41

Así es como logra tener sentido el ideal de José Martí sobre la educación:

*“Educar es depositar en cada hombre toda la obra humana que le ha antecedido: **es hacer a cada hombre resumen del mundo viviente**, hasta el día en que vive: es ponerlo a nivel de su tiempo, para que flote sobre él, y no dejarlo debajo de su tiempo, con lo que no podría salir a flote; **es preparar al hombre para la vida.**”*²¹

*“Ser culto es el único modo de ser libre”.*²²

Estos planteamientos sustentan la importancia que tiene la educación o formación del arquitecto en la sociedad. No como ente aislado o artista incomprendido, sino como parte de una construcción cultural más compleja y liberadora.

*“La **cultura humana**, tomada en su conjunto, puede ser descrita como el proceso de la progresiva **autoliberación del hombre**. El lenguaje, el arte, la religión, la ciencia constituyen las varias fases de este proceso.”*²³

Ante tales ideales sostengo que se deben identificar los **conocimientos** previos que permiten ejercer la **libertad al pensamiento** del arquitecto, en los **procesos de diseño**. ¿Cuáles son? ¿Por qué se pretende que el estudiante sea creativo y diseñe desde primer semestre, si todavía no comprende la problemática de su hacer? ¿Qué es lo que se aprende al hacer, y haciendo qué?

Con ello se pueden reconocer diversas problemáticas de la enseñanza. Aunque mi interés ante estos planteamientos es entender, si **es necesario o no** fomentar el estudio y la **comprensión geométrica** de los objetos físicos - materiales, que el diseñador manipula en su **etapa de formación básica universitaria**, o le es suficiente su educación de bachillerato.

(21) Martí, José, “Martí en la Universidad”, Cuadernos Parte IV, Ed. Pueblo y Educación, Cuba, 2002, p. 290

(22) *Ibidem.*, p. 292

(23) Cassirer, op. cit., p.333

Claro que si se entiende **la geometría** como una materia de estudio que aporta métodos, leyes y fórmulas para memorizar; entonces **la tecnología informática** es la **herramienta más eficiente para diseñar**. Pero si se entiende que todo diseñador concibe sus ideas a partir de una concepción geométrica - formal, adquirida por su experiencia sensible y racional, entonces **la geometría pasa a ser el conjunto de creencias, saberes y conocimientos**, con las que el individuo experimenta para generar su propia intuición morfológica del objeto de diseño.

Por tanto, si se quiere alcanzar la **autenticidad del pensamiento** en los arquitectos, en vez de **dogmatizar un método** o fórmulas pragmáticas, se debe buscar proveer de problemáticas, teorías y razonamientos, sus creencias y conocimientos. Al final la experiencia y estructura de su razón construirán su propio método. En esto consiste la libertad del pensamiento conceptual abstracto, que por más que se quiera encaminar, éste se libera desde sus propias formulaciones y concepciones.

*"...no tener manera fue siempre la única gran manera. También ustedes, en su trabajo creativo, tienen que partir cada vez del tema, del ambiente, de la visión política y la concepción del mundo. Y si son dueños de este método, si comprenden claramente la tarea y buscan una **solución precisa y concreta**, obtendrán entonces los **resultados creativos deseados**".²⁴*

Con ello se establece que para cada **problemática de diseño** se debe **construir una teoría desde sus fundamentos**, que se sintetice como hipótesis resolutive o **intuición geométrica - formal**, de modo concreto, claro y preciso. Reducir la concepción de lo arquitectónico a un método específico, es convertir su acto más genuino y creativo, en un simple juego de composición.

Como didáctica alternativa también está el estudio de **casos análogos** y las copias que suponen alcanzar la mimesis desde la actividad compositiva. Pero en esto no consiste el acto creativo, aunque puede llegar a ser auténtico en sus juegos de interpretaciones, no alcanza el poder de autoliberación.

(24) Eisenstein, Sergei; "El montaje escénico", Grupo Editorial Gaceta, México, 1994, p. 171

Por tanto, esta última práctica es útil como etapa previa o de formación. Lo que se debe buscar en ella a través de la reflexión crítica, son los principios y razonamientos que dan solución a los problemas que acechan las ideas de aquello que se va a transformar, concebir o producir.

*"Hombre es quien estudia las raíces de las cosas. Lo otro es rebaño, que se pasa la vida pastando ricamente..."*²⁵

Sólo así se puede comprender y desarrollar un proceso de diseño auténtico y liberador. **Analizando y reestructurando los fundamentos que condicionan el actuar.** Esto implica esfuerzo, trabajo y responsabilidad, pero sobre todo tiempo y dedicación.

*"A la raíz va el hombre verdadero. Radical no es más que eso: el que va a las raíces. No se llame radical quien no vea las cosas en su fondo. Ni hombre, quien no ayude a la seguridad y dicha de los demás hombres."*²⁶

Con base en lo anterior, se puede reflexionar sobre una de las cuestiones que se plantea para redefinir la educación en la actualidad: desarrollar la **inteligencia emocional** de los individuos. Pero si entiende que el **aprendizaje** es un elemento esencial en las funciones del cerebro, una vez más, es necesario distinguir qué conjunto de conocimientos es fundamental para el quehacer del arquitecto, pues sólo a través de éstos se podrá abordar con **dominio y seguridad** cualquier problemática dentro del ejercicio profesional.

*"Si queremos sentirnos vivos debemos estar siempre aprendiendo, cuando la vida o el amor se vuelven demasiado predecibles y nos parece que hay poco que aprender nos volvemos inquietos, una reacción, quizás, del cerebro plástico cuando no puede seguir realizando su función principal."*²⁷

Entonces, así como la **inteligencia emocional y racional** van de la mano en todo proceso de **aprendizaje**, falta recalcar que la capacidad de **abstracción** que

(25) Martí, op. cit., p. 101

(26) Ibidem., p. 104

(27) Doidge, Norman, "El cerebro se cambia a sí mismo" Ed. Aguilar, Madrid 2008, p. 127

distingue la profesión del arquitecto, es la **inteligencia espacial**.²⁸ Por tanto, los conocimientos que aportan libertad y seguridad en su actuar, son aquellos que le permiten modelar, visualizar y transformar con precisión su entorno físico - natural. Poner en práctica los diversos grupos de transformaciones geométricas conocidos a la fecha, dotará a los arquitectos de experiencias sensibles y racionales, que le permitan ejercer con autenticidad y propiedad sus ideas.

De hecho, la **geometría** como disciplina de estudio, constituía una de las siete **artes liberales** en la edad media.

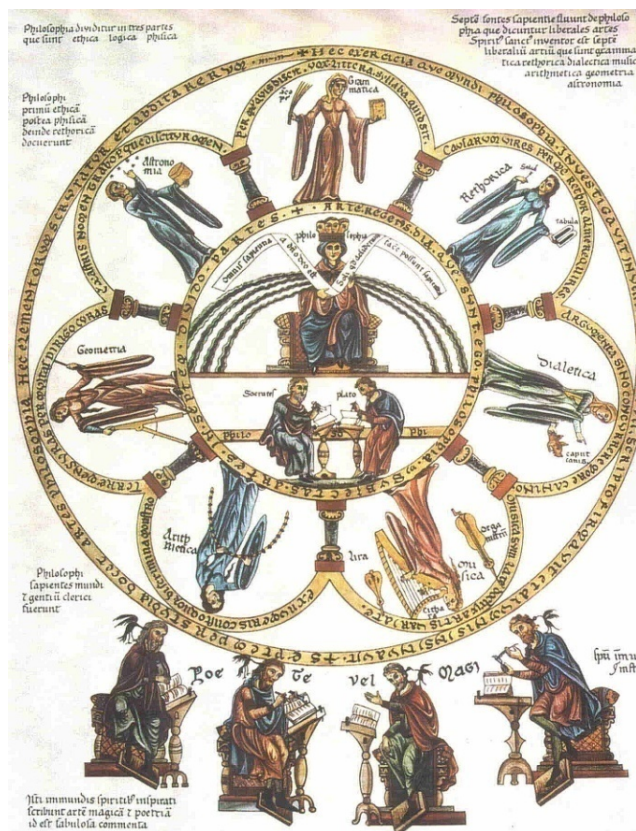


Imagen 15. Las siete artes liberales (siglo XII), son cultivadas por hombres libres.

Trivium: gramática, retórica y dialéctica (relacionadas con la elocuencia)

Quadrivium: música, aritmética, geometría y astronomía (relacionadas con las matemáticas).

Cabe señalar en este punto que desde mi perspectiva, **la geometría** (como conjunto de creencias, saberes y conocimientos) **es el fundamento epistemológico** de toda **intuición formal** en el proceso de diseño. Espero no se me etiquete de fundamentalista

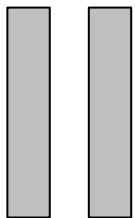
(28) con base en la teoría de las **inteligencias múltiples**, modelo propuesto en 1983 por Howard Gardner.

geométrico y pragmático por ello, pues no entiendo los fundamentos como un ente estático inamovible; pienso que éstos están en constante construcción al igual que la experiencia de cada individuo.

Por tanto, todo aquel que se adentre por los caminos que propone esta investigación, debe estar dispuesto a decodificarlos, al mismo tiempo que va reconstruyendo su propia concepción simbólica, empírica y racional. No hay razón por la cual se deba temer a ello, si es verdadero o universal saldrá a luz después de toda tormenta.

*Debemos **aprehender a desaprender**, a **crear y reconstruir** nuestros **fundamentos**; para ahí, colocar los más divinos valores y conceptos: lo bello, lo equilibrado, lo justo, lo ordenado, lo eterno y perfecto de nuestro universo. **No es en lo que se sabe o se memoriza, sino en lo que se comprende e interioriza, donde se halla la auténtica libertad de nuestro ser.***

A modo de síntesis, **la libertad** en el proceso de diseño **se manifiesta** como ejercicio potencial creativo de innovación, **de forma gradual**, no absoluta. Aunque cualquier forma del conocimiento y la experiencia, puede funcionar como detonante del ingenio ante cierta problemática concreta, en el caso del diseño arquitectónico a nivel profesional, **siempre se requerirá de la geometría métrica y proyectiva** para poder desarrollar, profundizar y presentar las ideas que se tienen. Por tanto, a mayor dominio y control del espacio abstracto geométrico, se cuenta con mayor grado de libertad, precisión y claridad para el ejercicio creativo del pensamiento.



CONTENIDO ANALÍTICO

GEOMETRÍA

2.1 EL LENGUAJE SIMBÓLICO DE LA GEOMETRÍA

Si bien la **geometría** es una de las ciencias más antiguas que existen, porque desde sus orígenes era el conocimiento que le permitía al ser humano comprender su entorno, delimitarlo y transformarlo; en la actualidad la geometría se define como **parte de las matemáticas** que se encarga de estudiar las propiedades y medidas de las figuras en un plano o un espacio determinado. Pero al ser tan amplio su campo de acción, la geometría a su vez se ha dividido en otras disciplinas que se entrelazan y complementan para lograr representar y estudiar aspectos más complejos de la realidad, siempre desde un enfoque **práctico y utilitario**.

También suele ser común que al encontrarse un libro con el término geometría en su título, se piense que éste debe llegar a establecer **lo que es**, por medio de demostraciones, razonamientos y argumentos matemáticos. Si bien es conocida su definición etimológica (*geos*: tierra y *metron*: medida) y a su vez se ha incursionado por los saberes que se enseñan a través de esta disciplina; entonces será innegable su relación con las matemáticas y los números. Ciertamente es que la función principal de todos estos conocimientos es medir, cuantificar, pero sobre todo demostrar y **discernir lo verdadero de lo falso**: lo eternamente existente.

Pero antes de abordar la geometría - matemática como ese conocimiento simbólico de lo universal, hay que rescatar el sentido que estos términos tenían en la antigua Grecia de los sofistas, donde se encuentra su origen.

En principio está el **logos**, que en griego significa *“razón, razonamiento y relación, (el juicio, facultad esencial de la inteligencia razonante) es por lo demás, la justa percepción de las relaciones entre las ideas y las cosas”*.¹ Para comprender mejor la dimensión de este concepto, hay que recordar que para la mente griega **“la verdad”** constituye un **carácter fundamental de la realidad**, a pesar de su fuerte connotación metafísica y divina **que gira en torno a la belleza, la justicia y la bondad**.

(1) Ghyka, Matila, “El Número de Oro, Tomo I”, Editorial Poseidón, Barcelona, España, 1978, p.22

“Cuando Pitágoras hizo su primer gran descubrimiento, cuando encontró que el tono dependía de la longitud de las cuerdas, lo decisivo para la orientación futura del pensamiento filosófico y matemático no fue el hecho mismo sino su interpretación. Pitágoras no podía pensar en este descubrimiento como un fenómeno aislado. Parecía haberse revelado uno de los misterios más profundos, el de la belleza.”²

Esto explica por qué se entiende la matemática como el lenguaje con el cual Dios describió el universo (su creación), pues en este caso no se estaban relacionando proporciones simples a hechos concretos o palpables; la relación que se estaba comprendiendo intelectualmente era **la música**, que aunque no era un fenómeno visible, **penetraba los más profundos sentimientos del alma**.



Imagen 16. Grupo de pitagóricos celebrando la salida del sol. Himno al sol naciente, Fyodor Bronnikov (1827-1902; óleo).

(2) Cassirer, Ernst, “Antropología Filosófica” Segunda parte, Fondo de Cultura Económica, México DF. 2013, p.181

*“En Pitágoras radicaba la **felicidad suprema** (literalmente: la eudnimonía del alma) en la contemplación de la armonía de los **ritmos del Universo** (literalmente: de la perfección de los Números, siendo el Número, en este caso, ritmo y proporción)”³*

Ahora toca reflexionar sobre el término **matemática** que si bien su definición concreta es conocimiento, la palabra proviene del griego y significa **“cosas que se aprenden”**.⁴ Entonces cabe señalar, que aunque eso que se aprende comúnmente se le llama conocimiento, la palabra matemática en sí, no pretende concluirlo, en todo caso se manifiesta como todo aquello que se **“busca o desea conocer”**: el logos, la razón y relación de los fenómenos, las ideas y las cosas, lo que es verdadero, bello y eterno. Para alcanzarlo construyó su propio lenguaje simbólico: el **“número”**.

Ante esta cosmovisión, se complementa la distinción que hace Nicómaco entre el **Número Divino** (Ideal o Puro) y el **Número Científico**, siendo el primero por naturaleza el **“modo ideal”** del segundo, que es el que generalmente hoy se considera como número. Esta distinción parece más clara si se recuerda que los griegos no empleaban cifras a símbolos para representar los números; de hecho los pitagóricos usaban puntos, lo cual los llevó a representar **“propiedades estereométricas”**⁵ de éstos.

Algo más que puede ayudar a comprender esta última distinción, es el sentido inferior que se le daba en ese tiempo al cálculo o logística, lo que hoy se entiende como **aritmética**, pues ésta se concebía como una **“técnica”** útil para los negocios, encargada de cuantificar las cifras concretas. De hecho Ghyka plantea que: *“Las cifras árabes y el sistema decimal hicieron tan fácil el cálculo, que olvidamos la distinción entre Filosofía del Número, Teoría de los Números y Cálculo...”*⁶

Entonces, el **número científico** se puede definir como una **magnitud limitada**, dentro de un conjunto o sistema numerable finito y estático; pero este número no es el principio del lenguaje simbólico que ofrecen las matemáticas. Su origen se establece

(3) Ghyka, Matila, “El Número de Oro, Tomo II”, Editorial Poseidón, Barcelona, España, 1978, p.22

(4) Wiki, “Matemáticas, Origen y etimología”, consulta julio 2017, <https://es.wikipedia.org/wiki/Matemáticas>

(5) Ghyka, “El Número de Oro, Tomo I” op. cit., p.19

(6) Ibidem., p.19

con el número idea, abstracto y puro; ese que permite un infinito de proporciones, ritmos, relaciones y estructuras que revelan un todo armónico.

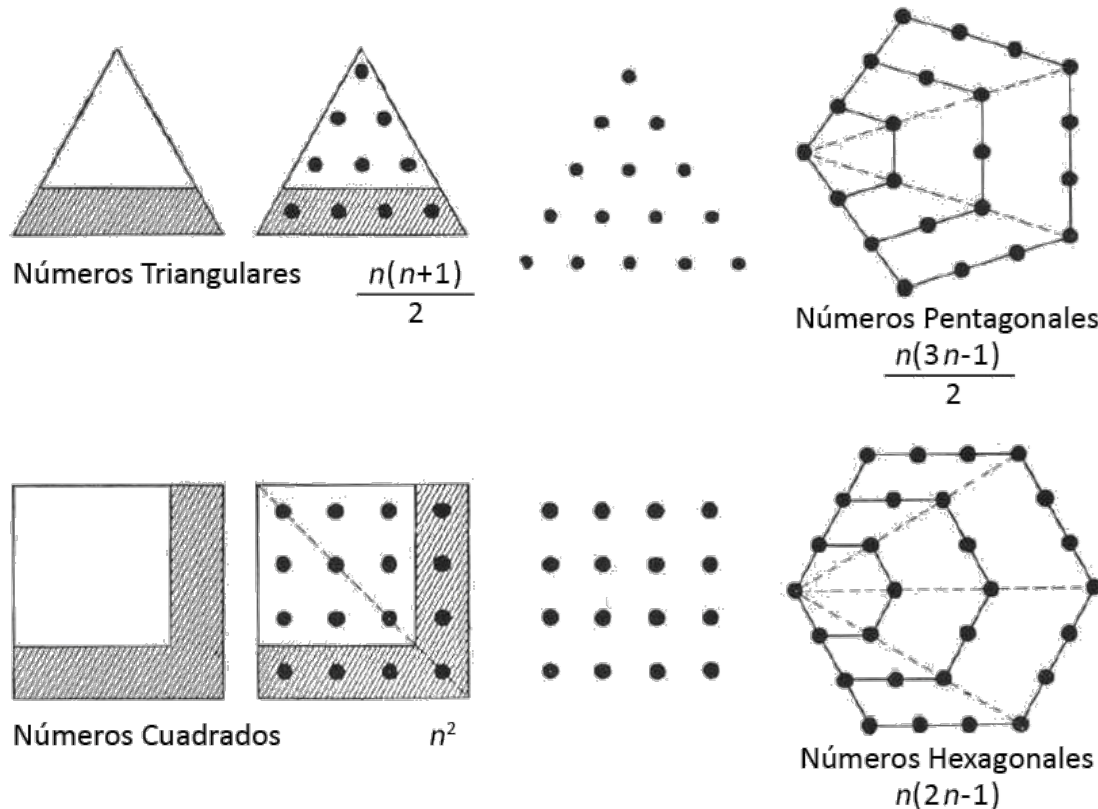


Imagen 17. Números figurados poligonales.

*"El número es el guía y maestro del pensamiento humano. Sin su poder todo quedaría oscuro y confuso. No viviríamos en un **mundo de verdad** sino en un mundo de decepción e ilusión. En el número y sólo en él, encontramos un **universo inteligible.**"* ⁷

Estos planteamientos pueden parecer una apología matemática, pero no es esa mi finalidad, pues no es necesario fundamentar la existencia de algo que se da sustento a sí mismo. Lo que sí necesitaba era esclarecer un poco la mística que envuelve todos estos términos, que en la opinión cotidiana se deshacen como algo vano, imaginario, teórico, extravagante, innecesario y opcional.

(7) Cassirer, op. cit. p.181

Ahora le corresponde tomar su lugar a la **geometría**, pues aunque aparentemente se trata como disciplina secundaria o parte de las matemáticas, la historia ha revelado que fue **sustento de los tratados más antiguos**. Podría asegurar que todas las grandes civilizaciones han gozado de la simpleza y objetividad universal de sus razonamientos. Pero, ¿cuál es su principio?, ¿dónde radica la clave de su lenguaje simbólico?, ¿será el número, como ha puesto de manifiesto la matemática?

El símbolo clave de la geometría es tan simple que no necesita definición o distinción, tampoco necesita de una construcción lingüística de un grupo étnico definido, quizás por eso todos pueden llegar a conocerlo y reconocerlo.

Esta clave es el **"punto"**; su analogía directa se halla en los astros y las estrellas, su comprensión infinita es abstracta, ideal y relativa, pero concreta; su conceptualización implica una cosmovisión, pero no subjetivación perceptual, porque su lenguaje es universal cuando establece relación, proporción, armonía, ritmo y orden, en el mundo epistémico e ideal del razonamiento humano cognitivo.

Ante el "punto", no le queda al ejercicio de pensar otra salida más que su poder de abstracción, aunque éste señala la existencia, mónada, o unidad básica de algo, exige a su vez la inexistencia o el vacío. Entonces podría tomar el siguiente planteamiento como el principio de abstracción del pensamiento: *no existe nada, todo está vacío, entonces aparece el punto*.

Con este simple planteamiento se revela la naturaleza del pensamiento abstracto y la razón humana, esa que se pregunta y se plantea problemas ante la infinita multiplicidad de fenómenos que se revelan a través de la experiencia. Esa naturaleza en la que el hombre se desconecta de todo, se convierte en un ente pensante aislado y detiene el tiempo con todo a su alrededor, para que ese instante le permita comprender y distinguir lo verdadero de lo falso de una problemática concreta, luego, le queda devolverlo a esa dinámica infinita y cambiante que es la realidad.

Pero algo cambia en su interior, parece como si ahora viese la realidad de otra manera, pues ha descubierto el **poder** de su **espíritu geométrico**, ese que da

estructura, forma y orden a su razón. Entonces no le queda otro camino que la contradicción, en la que tantos pensadores han indagado, ya que su existencia se encuentra justo ante el **mundo inteligible** y el **mundo sensible**, el espíritu geométrico y el espíritu de sutileza, racionalismo y empirismo. Sólo espero que el “*buen sentido*” rechace el *determinismo* de toda *postura estática*, para que sea fértil toda búsqueda en la contradicción de este dualismo, pues como dice Pascal:

*“Quienes están acostumbrados a juzgar de acuerdo con el sentir nada comprenden de las cosas de razonamiento, pues pretenden de entrada penetrar con una sola mirada y no están acostumbrados a buscar los principios. Los otros, por el contrario, que están acostumbrados a razonar mediante principios, nada comprenden de las cosas del sentir, pues buscan en ellas principios y no pueden ver con una sola mirada.”*⁸

*“Las personas universales no son llamadas ni poetas ni geómetras, etc., pero son todo esto, y además jueces de todos éstos...”*⁹

Con base en estos planteamientos, la **geometría** pasa de ser una disciplina (parte de las matemáticas) que estudia las figuras y los cuerpos, a una **forma de conocer**, ordenar, estructurar y guiar el pensamiento; pero en este caso no se presenta con el lenguaje simbólico del número, sino como espíritu, esencia, e incluso naturaleza de la razón humana, en esa multiplicidad de experiencias y acontecimientos.

*“El método para no errar es buscado por todo el mundo. Los lógicos hacen profesión de llevar a él; sólo los geómetras llegan a él, y fuera de su ciencia y de lo que la imita, no hay verdaderas demostraciones. Todo el arte está encerrado en solos los preceptos que hemos dicho: bastan solos, prueban solos; todas las demás reglas son inútiles o nocivas. He aquí lo que yo sé por una larga experiencia de toda clase de libros y personas.”*¹⁰

(8) Pascal, Blaise, “Pensamientos, Tomo I”, (publicación electrónica, e-pub) traducción por Xavier Zubiri de la edición de León Brunschvicg, Hachette, editio minor, París, 1912 y 1946., Sección I: Pensamientos sobre el espíritu y el estilo.

(9) Ibidem.

(10) Pascal, Blaise, “Sobre el Espíritu Geométrico y Sobre el Arte de Convencer”, traducción Constantino Láscaris C., sobre el texto incluido en: *L’Ouvre de Pascal*, texto por Jacques Chevalier, París, La Pleiade, 1936, p. 463

Al comprender la geometría como **estructura interna del análisis y la razón**, que determina en gran medida las diversas posturas epistemológicas, sería entonces insensato reducir el **espíritu geométrico** a una disciplina que estudia el espacio estático, bidimensional del plano o tridimensional de los cuerpos.

*“Tornar geométrica la representación, vale decir **dibujar los fenómenos y ordenar en serie los acontecimientos decisivos de una experiencia**, he ahí la primera tarea en la que se funda el **espíritu científico**. En efecto, es de este modo cómo se llega a la **cantidad representada**, a mitad camino **entre lo concreto y lo abstracto**, en una zona intermedia en la que el espíritu pretende **conciliar las matemáticas y la experiencia, las leyes y los hechos**.”¹¹*

Pero si bien las verdades o los universales, parecen haberse revelado a través del punto y la naturaleza humana o espíritu geométrico de la razón, falta enfatizar que todos estos saberes no son conocimientos que se inventan o se poseen, son verdades de lo eternamente existente, siempre han estado ahí y siempre estarán, será tarea del hombre comprenderlos y hacerlo parte de su entendimiento.

Quizás por ello las matemáticas son valoradas como el más grande orgullo de la razón humana, pues **no es un conocimiento impuesto por unos hombres a otros hombres**, es más bien **el logos** como juicio, razón y **argumento universal**; al que todo hombre puede **llegar por su propio entendimiento**.



Imagen 18. Maurits Cornelis Escher:
Hand with Reflecting Sphere.

(11) Bachelard, Gastón, “La formación del espíritu científico”, siglo XXI editores, 23ª edición en español, México, 2000, p.7

Cuando se establece el punto como principio de razonamiento, también hay que entender que éste no aparece como ente aislado, pues siempre se relaciona con otros puntos, conceptos, ideas y representaciones simbólicas; y esto es lo que le permite desarrollar problemas y razonamientos objetivos, específicos y concretos a toda la abstracción del pensamiento.

*“En efecto, si se reflexiona sobre la evolución del espíritu científico, se discierne de inmediato un **impulso** que va de lo **geométrico**, más o menos **visual**, a la completa **abstracción**. Desde que se accede a una ley geométrica, se realiza una asombrosa inversión espiritual, suave y viva como una concepción: **la curiosidad da lugar a la esperanza de crear**. Puesto que la primera representación geométrica de los fenómenos significa esencialmente **poner en orden**, esta primera ordenación nos abre las perspectivas de una abstracción alerta y conquistadora, que nos lleva a **organizar racionalmente la fenomenología** como una teoría del orden puro.”¹²*

Entonces, el **lenguaje simbólico** de la geometría se manifiesta como **principio de orden** para el **espíritu humano creador**; por tanto, es el conjunto de principios que relaciona la **experiencia sensible** con toda **experimentación abstracta** racional. Como mónada o unidad básica (abstracta y concreta) de su lenguaje está **el punto**, que representa fundamentalmente el **concepto de ubicación**, con respecto a otros puntos y construcciones que a través del mismo se van generando.

(12) Bachelard, op. cit., p. 8

2.2 LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA Y EL LENGUAJE DEL DISEÑO

Desde la antigüedad, como lo demuestran ciertos dibujos encontrados en cuevas prehistóricas, el hombre ha sentido siempre **necesidad de comunicar** sus experiencias. Con **el punto** y sus consecuentes abstracciones: **líneas y superficies**, se comienza a construir un lenguaje simbólico de representación gráfica sobre el plano bidimensional de la tierra, arena, piedra o el papel; útil para visualizar, analizar y comunicar toda clase de problemática, resolución o ideas que se tienen sobre los objetos y su realidad física material, causal o perceptible.

Si bien en la escultura (como expresión artística o primera transformación de la materia más aproximada a la arquitectura) por su dimensión, sólo se requiere de la familiarización, el dominio y la manipulación de ciertos instrumentos y la materia, el hacer de **la obra arquitectónica** (por su escala), requiere de una **planificación intelectual** que garantice alcanzar el resultado final, definiendo desde un laborioso trabajo en equipo hasta el empleo de diversas técnicas, materiales e instrumentos.



Imagen 19. "Venus de Willendorf" y "Gudea de Lagash, el arquitecto del plano"

Con ello se puede explicar, por qué la estatua conocida como "*Gudea de Lagash, el arquitecto del plano*" del siglo XXII a.C., contiene labrado sobre las piernas la planta de un templo, con estudios geométrico de escala y proporción; manifestando no sólo la **proyección de la idea**, sino también su **posible materialización**.

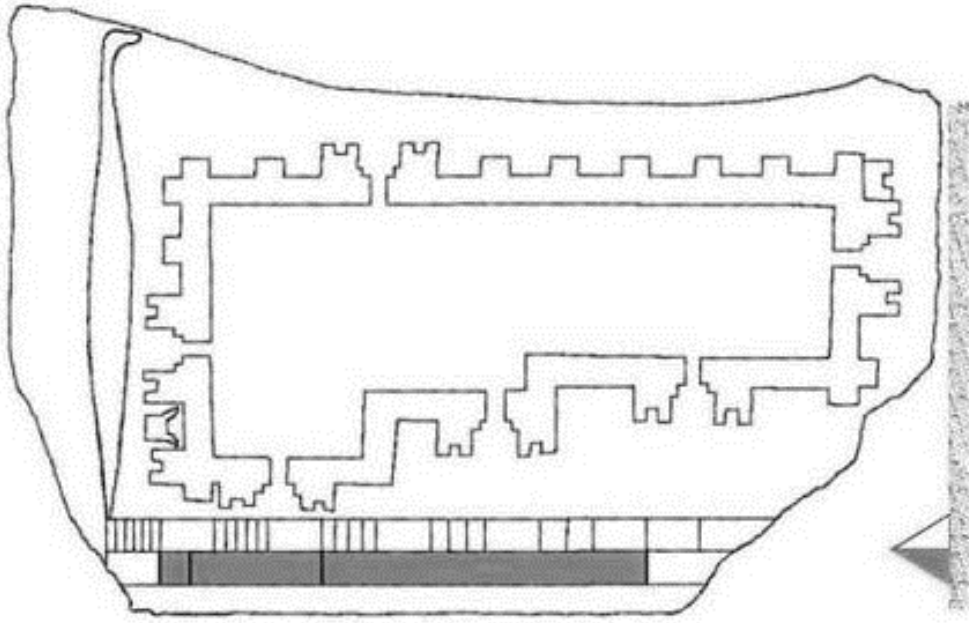


Imagen 20. Tablero y escalímetro en la escultura: "*Gudea, el arquitecto del plano*"

Esto hace evidente la necesidad de la **abstracción geométrica** y su consecuente **proyección de dos dimensiones**: la planta, pues aunque ésta no define toda la concepción geométrica de la obra, si representa la primera intervención sobre el terreno, los trazos y su preparación.

Ante esta abstracción del pensamiento sujeta al plano horizontal de la tierra, y la intuición física de la fuerza de gravedad que actúa sobre éste, aparece el plano vertical, que permite estudiar la relación de los elementos y las piezas que componen o conformarán la edificación en cuanto a su altura.

Pero esta abstracción del espacio geométrico tiene implícito un problema matemático, que se resume en el estudio de las propiedades del triángulo rectángulo, la perpendicularidad, el ángulo recto o máxima desviación de la dirección de una recta; problema que hoy se conoce más como solución o "Teorema de Pitágoras",

pero que también fue resuelto (con aproximaciones sospechosamente certeras) por otras civilizaciones antes que en la antigua Grecia. Hay que tener en cuenta que la resolución de este problema es indispensable para la construcción de prismas rectangulares y pirámides de gran tamaño, ya que un mínimo desfase del ángulo, a gran escala aumenta notoriamente su margen de error.

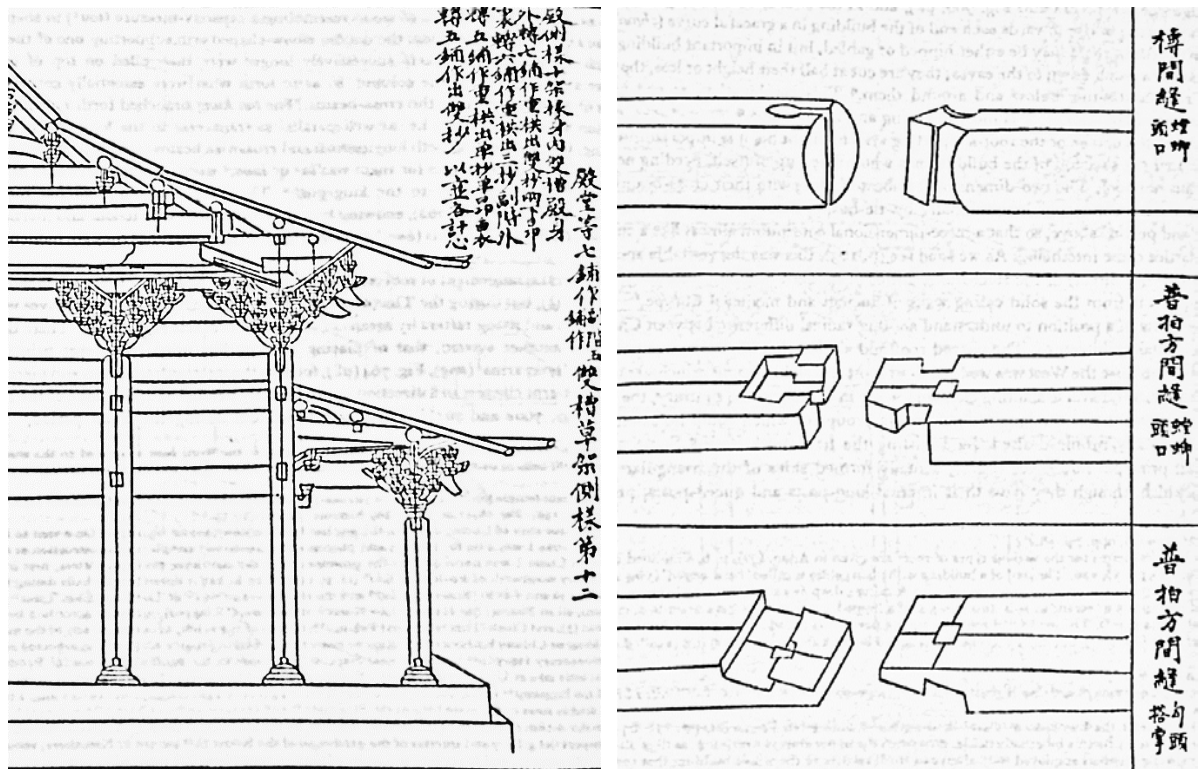


Imagen 21. Yingzao Fashi. Tratado sobre Métodos de arquitectura, dinastía Song de China (1065-1110).

Después de tantos tratados de matemáticas, geometría y hasta de arquitectura, la representación gráfica de este conjunto de **proyecciones paralelas y ortogonales**, conformarán el **sistema diédrico** y la disciplina de estudio que hoy se entiende como **Geometría Descriptiva**, fundada formalmente por Gaspard Monge a finales del siglo XVIII en Francia; un siglo después de que Gerard Desargues diera origen a los fundamentos de la **Geometría Projectiva**, donde se establecen las bases geométricas de la perspectiva o **proyecciones cónicas**.

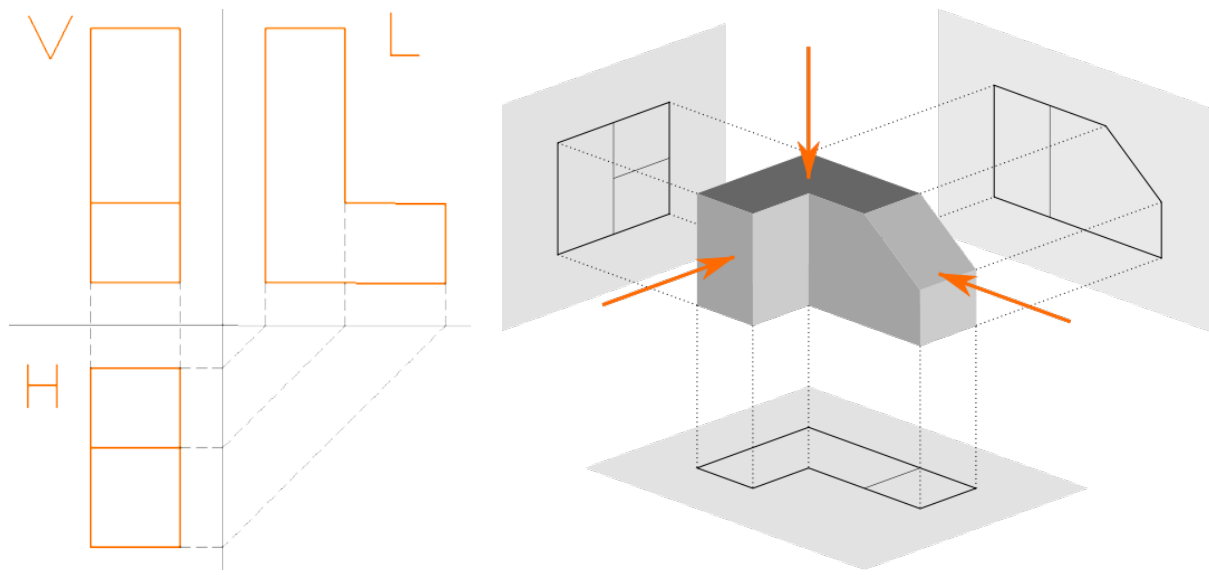


Imagen 22. Sistema diédrico: conjunto de proyecciones planas (bidimensional), horizontal (H), vertical (V) y lateral (L), de un objeto en el espacio de tres dimensiones.

En la actualidad, estos lenguajes o sistemas de representación se reconocen dentro de dos grupos o sistemas de proyecciones: cilíndricas (paralelas y ortogonales) y cónicas (perspectivas centrales).

Las **proyecciones cilíndricas** establecen las bases del **dibujo técnico** ya que mantiene las proporciones relativas de lo representado y se puede medir sobre él directamente. En cambio las **proyecciones cónicas** concurren en un punto (ojo del observador), lo que permite representar imágenes de los objetos más fieles a la percepción visual de una realidad espacial, con esta última se establecen las bases del **dibujo artístico**.

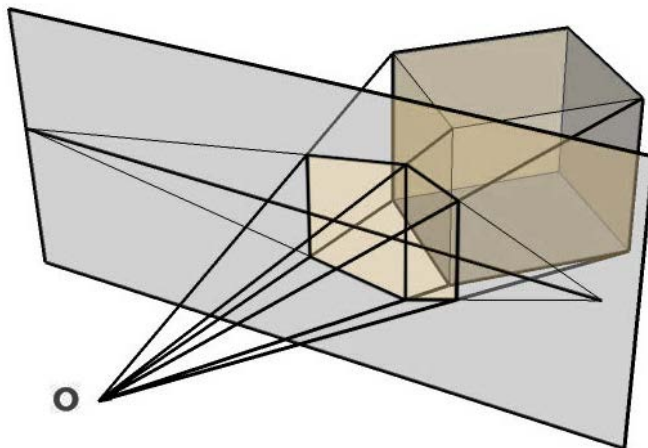
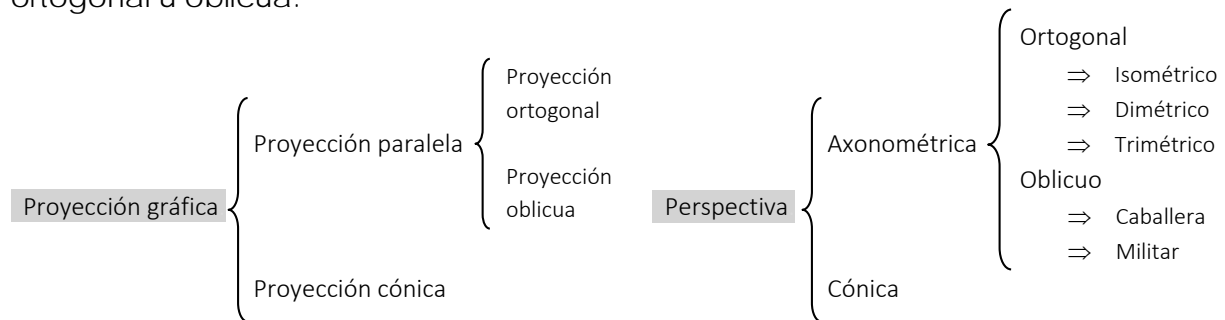


Imagen 23. Conjunto de proyecciones cónicas (central), de un objeto en el espacio de tres dimensiones sobre un plano bidimensional.

También las **proyecciones paralelas** y ortogonales contienen una representación en perspectiva del objeto, utilizados de forma empírica antes de Monge o Desargues. Hoy se conoce como **Sistema Axonométrico**, que a su vez se divide en proyección ortogonal u oblicua.



Con todo ello la geometría puede pasar a confundirse como un sistema o lenguaje de representación cerrado, incluso como técnicas de dibujo y comunicación. No es de extrañarse entonces, que después de Monge **la geometría** se enseñe en las escuelas de arquitectura como **técnica de representación gráfica**, que los programas informáticos de diseño integren estos sistemas de proyecciones, o que los planos técnicos sean requisito normativo para la construcción y el intercambio de información con las ingenierías u otras especialidades.

Entonces los **saberes matemáticos** pasan a traducirse como **conocimiento abstracto y pragmático**, que sólo serán dominados por algunos iluminados, y **la geometría** pasa a ser más **una técnica de exteriorización y expresión** de las ideas, que de interiorización y entendimiento.

*"Nuestro mundo educado no distingue la ciencia de la tecnología, porque confunde entendimiento con control arbitrario."*¹³

Pero la **geometría proyectiva** antes de **comunicar**, es útil para **interiorizar y consolidar** las ideas que trabaja el arquitecto diseñador (problemáticas y posibles soluciones); además de ser útil para **analizar, estudiar y comprender**, las soluciones dadas en los edificios del pasado. El entendimiento no se alcanza con una simple imagen plana

(13) Salíngaros, op. cit., p.287

fotográfica, la realidad contiene una complejidad mayor, incluso que las tres dimensiones geométricas que revelan las proyecciones cilíndricas y cónicas.

Entonces no se debe pretender que la problemática funcional del diseño se resuelva únicamente desde la abstracción de la planta, cuando la función operativa de los seres humanos se realiza en **el espacio de tres dimensiones**. Tampoco se debe promover la idea que **el sistema diédrico limita la creatividad del arquitecto** o incluso que se necesita de herramientas tecnológicas especiales para trazar y/o modelar las características geométricas de un pentágono regular o un dodecaedro.

*“Cuando la tecnología es lo suficientemente poderosa, uno puede incurrir en la falacia de **ignorar** por completo su **sustento científico**. El público informado sabe que se puede **modelar** cualquier figura en una computadora con la misma facilidad con que se **dibuja con lápiz** en papel.”¹⁴*

He aquí el peligro de entender, establecer y **enseñar la geometría como lenguaje** de representación (o técnica) **a través de la tecnología informática**. Los estudiantes pueden llegar a ignorar su sustento o fundamento epistemológico, ese que les permite visualizar, analizar, estructurar y proyectar sus diseños en el espacio tridimensional, desde la abstracción de su pensamiento.

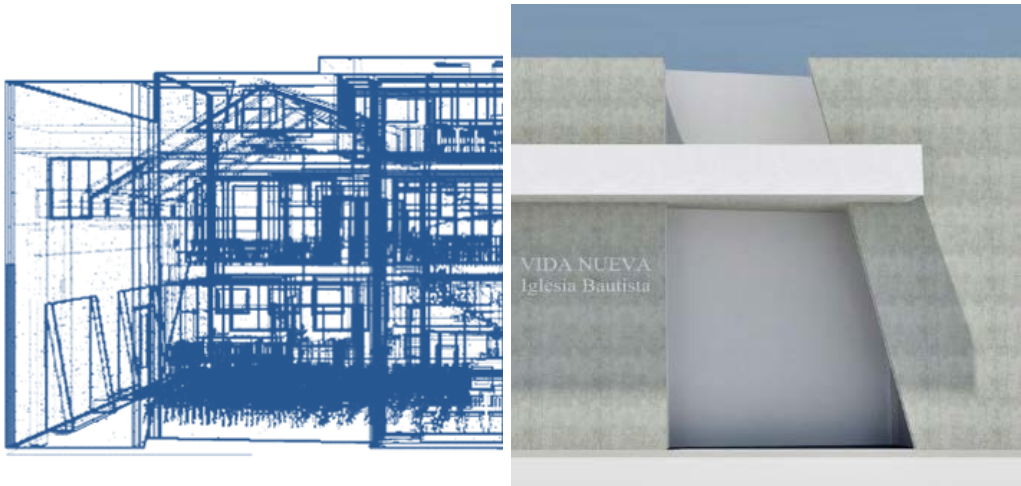


Imagen 24. Modelo virtual CAD, proyecto del Templo Bautista Vida Nueva, Coyoacán, México 2015.

(14) Salíngaros, op. cit., p.77

Aún la computadora se carga y hace más lenta, conforme se van detallando la configuración de los elementos que componen el objeto arquitectónico en el espacio tridimensional (por todos los cálculos que deben realizar); de hecho, el **espacio virtual** es **geométrico proyectivo** en toda su programación. Esto hace evidente la **complejidad geométrica - matemática** que se manipula **en la concepción de lo arquitectónico** a través del ordenador.¹⁵

Entonces, si se entiende que **representar en arquitectura, es elaborar** física, virtual o proyectualmente el **modelo de un objeto material**, con la finalidad de analizarlo, modificarlo o reproducirlo, mediante el conjunto de **leyes y principios** estudiados y establecidos por la **geometría proyectiva**, no se podrá negar la importancia de estas disciplinas en la formación del arquitecto.

*"La **comunicación gráfica** es, por tanto, una **habilidad** que tiene que ser **aprendida y practicada**. De hecho constituye un **lenguaje universal e interdisciplinar** de toda la **información espacial**."*¹⁶

Pero la **finalidad de la representación** para el estudiante de arquitectura debe manifestarse como dualidad inseparable: **comprender y comunicar**, aunque el enfoque que más se reconozca en la academia es el de la comunicación.

El sentido de comunicar, también arrastra un problema fundamental cuando no se comprenden los principios geométricos que determinan lo representado. Si se considera la acción de proyectar como primera fase del proceso de comunicación: **elaboración del mensaje**, entonces también se debe contemplar la acción inversa: la **interpretación del mismo**, que consiste en asignarle significado al modelo mediante una decodificación, de manera que adquiera sentido para toda construcción del pensamiento abstracto. Cuando no se comprende adecuadamente lo que se ha representado, la percepción espacial se confunde y puede recurrir a la reducción o

(15) Los ordenadores más óptimos y eficientes para el diseño arquitectónico son de gama media-alta, con al menos una tarjeta de video (independiente) que trabaja toda la información gráfica visual.

(16) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma., "Invitación a la Didáctica de la Geometría", Colección Matemáticas: Cultura y Aprendizaje, Editorial Síntesis, Madrid, España, 1997, p.64

experimentación de la idea espacial que se le proyecta en la mente, muy distinto a su realidad geométrica formal.

Estos planteamientos ponen en evidencia lo que muchas veces sucede en los talleres de diseño o proyectos, cuando **no se logran entender** el binomio profesor - estudiante (ver p.114)¹⁷, incluso cuando un recién graduado confunde la ubicación o desplante de una columna en la obra, o no visualiza el modelo de una escalera en sus tres dimensiones al dibujarla en planta, y propone una trabe que interrumpe o impide su función operativa y/o estructural.

No se puede suponer que cuando el estudiante copia sus ejercicios de representación gráfica de otros trabajos, desarrolla su **inteligencia espacial**, esto sólo le enseña a reproducir un lenguaje útil para comunicar, pero no a reflexionar. La actividad de **comprensión y consolidación** de una idea auténtica, requiere de **analizar y sintetizar la problemática** geométrico espacial en sus tres dimensiones, por tanto requiere tiempo de trabajo y práctica individual en taller.

A modo de síntesis, el problema fundamental de la enseñanza de la geometría para arquitectos, no consiste en memorizar ciertas fórmulas, métodos de dibujo, diseño o construcción, tanto por los profesores como por los estudiantes, más bien se debe insistir en redescubrir la utilidad de todos éstos conocimientos y ponerlos en práctica, así se puede llegar **desarrollar la inteligencia espacial** o espíritu geométrico, requerido para **estudiar, comprender y comunicar**, la complejidad de la problemática que aborda **el proceso de diseño del espacio habitable**.

(17) La Teoría o "**Modelo de van Hiele**" plantea que el aprendizaje de la geometría se construye pasando por cuatro niveles de pensamiento, cada nivel tiene su propio lenguaje significativo y dos estudiantes con distinto nivel no pueden entenderse.

2.3 LA PROPORCIÓN Y EL RITMO: CONSTANTES Y VARIABLES DEL ORDEN

Resulta curioso como esta tríada conceptual (ritmo, proporción y orden), que guarda una estrecha relación con el estudio analítico o constructivo de lo arquitectónico y su modelado geométrico, puede llegar a ser desplazada, con el afán de encontrar alguna "forma" o solución innovadora y original, nunca antes vista.

Para ello, a través de diversas "**transformaciones formales**", y una infinidad de maquetas volumétricas "**a escala**", se busca alcanzar desde diversos análisis empíricos, aquella abstracción geométrica que satisface y agrada la percepción visual de sus diseñadores.

Al reflexionar un poco al respecto, se puede deducir que aún en estos métodos en apariencia "*irracional*", hay criterios de *proporción* y *ordenamiento*, ya que el **trabajo a escala** implica un juego de **proporción** entre las maquetas o representaciones que trabajan los arquitectos y lo que será la realidad construida.

Tampoco hay que concluir que la escala es la única proporción empleada en todo ello, pues si bien todo conocimiento tiene su origen en las percepciones, entonces hay que destacar, que todo aquello que se elige porque agrada, guarda una estrecha relación proporcional del todo con cada una de sus partes, simplemente se está dejando a la experiencia, intuición o arte del intento, la toma de decisiones o elección en el proceso cognitivo del diseño.

Ante estos planteamientos cabe recalcar, que aún mediante otras técnicas de dibujo, modelado y/o métodos de composición, la **acción creativa** del arquitecto se origina en el **inconsciente**, por tanto, según las **experiencias que se tienen**, será la **capacidad creativa**. Con esto se refleja la importancia de la academia y su estructura formativa, pues es la que ha de proporcionar esas primeras experiencias.

Regresando al tema de la proporción, desde **Vitruvio**, pasando por **Leonardo Da Vinci** y hasta **Le Corbusier**, han manifestado la necesidad de considerar las proporciones del cuerpo humano en la concepción de lo arquitectónico. Los argumentos más

contundentes que sostienen este ideal, son la naturaleza que los recrea y su finalidad: el hombre. Para introducirse y profundizar por estos caminos existe una gran variedad de libros, que estudian la **antropometría y ergonomía**.

Pero como todos estos estudios, los ha absorbido y consolidado el diseño industrial, parece que los arquitectos no se deben preocupar por ello. También con la invención de las estructuras prefabricadas, los sistemas constructivos, la tecnología informática y hasta las metodologías de diseño participativo, se pone en duda el quehacer del arquitecto y su relación con el estudio de las proporciones humanas.

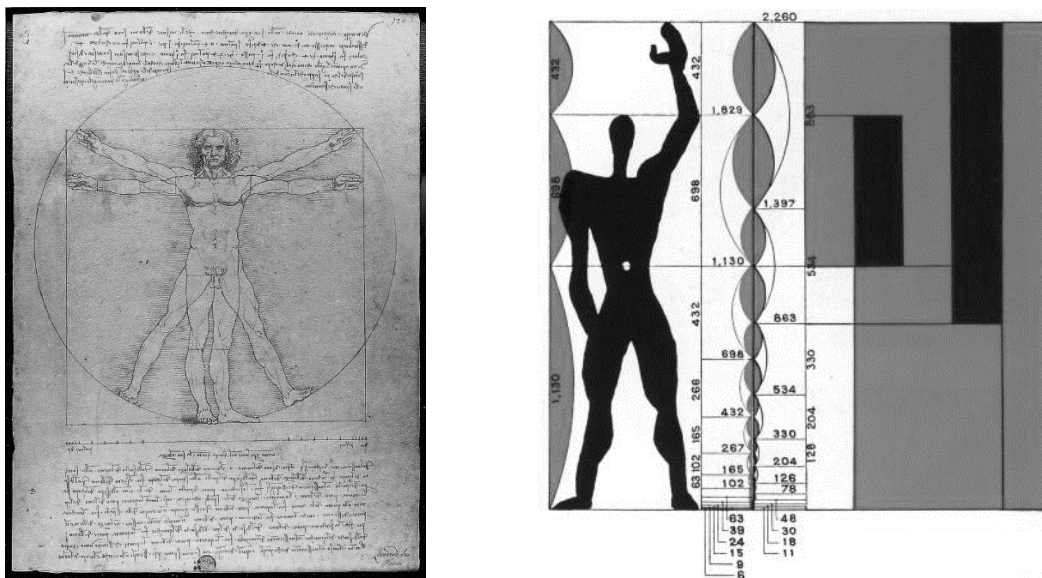


Imagen 25. Hombre de Vitruvio de Leonardo da Vinci y el Modulor de Le Corbusier.

Si se analiza el problema en cuestión, se puede llegar a la conclusión que se necesita una adecuada integración de los conocimientos y especialidades involucradas en el proceso de diseño. Así la multiplicidad de elementos que componen la arquitectura, confirmará su unidad a través de un **sabio manejo del ritmo y sus proporciones**, según sea las **intenciones y cosmovisión de orden** en el arquitecto diseñador.

Cuando se piensa en **proporción** se recrea la concepción estática de la pintura o los estudios de composición en fachadas. Desde esta idea planimétrica, se pueden comenzar a experimentar varios **principios analíticos y constructivos** tales como: igualdad, semejanza, traslación, rotación, escala, simetría y transformación. Todo ello

con puros puntos y líneas rectas o curvas que generan un infinito de posibilidades de composición, juegos de ritmos, proporción, figuras y configuraciones geométricas.

Una vez más el arquitecto diseñador se encuentra ante un infinito abrumador que lo absorbe. **Comprender** todo esto, no le garantiza una correcta **toma de decisiones**, pero sí comienza a dotarlo de herramientas y razonamientos formales - espaciales para su quehacer profesional: visualizar y proyectar una realidad física futura.

Continuando con el concepto de proporción, hay que señalar que su concepción estática surge principalmente de una **misma relación proporcional** numérica entre dos o más magnitudes, por ejemplo: un cuadrado que duplica la longitud de su lado. La razón proporcional de estas operaciones se manifiesta como una **constante** que **determina la variación**. Sus principios fundamentales se basan en la igualdad, semejanza, simetría y escala.

Pero **las proporciones constantes** no emergen sólo de un juego simple con los números naturales (1:1, 1:2, 2:3, 5:7, etc.); muchos de sus simbolismos tienen su origen en problemas geométricos - matemáticos, tal es el caso de los **números pitagóricos** y el **número de oro**.

El primero de estos problemas consiste en encontrar tres números naturales consecutivos que cumplan con las propiedades geométricas del triángulo rectángulo. Este arroja la solución 3, 4 y 5, una tríada aplicable incluso a una concepción espacial de tres dimensiones que relacione alto, ancho y profundidad.

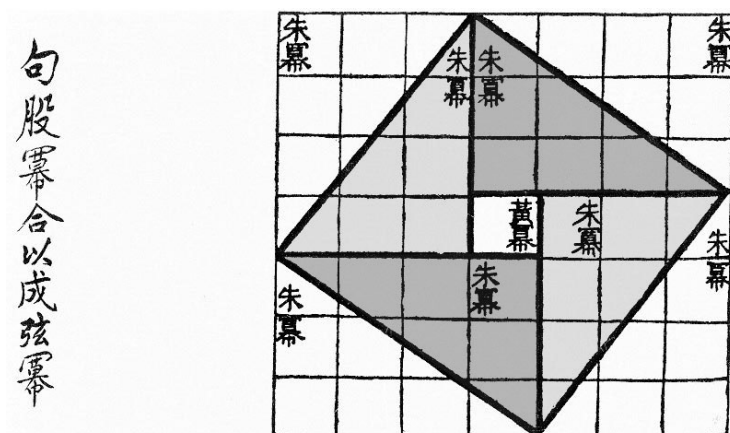


Imagen 26. Prueba para triángulo rectángulo de lados 3, 4 y 5, Chou Pei Suan Ching, 500-200 a.C.

El segundo problema tiene su origen en un segmento recto, donde se busca colocar un punto que lo divida de manera tal que la parte mayor (A) dividida por la menor (B) tenga la misma razón de proporción que la división del segmento entero (A + B) dividido por la parte mayor (A).

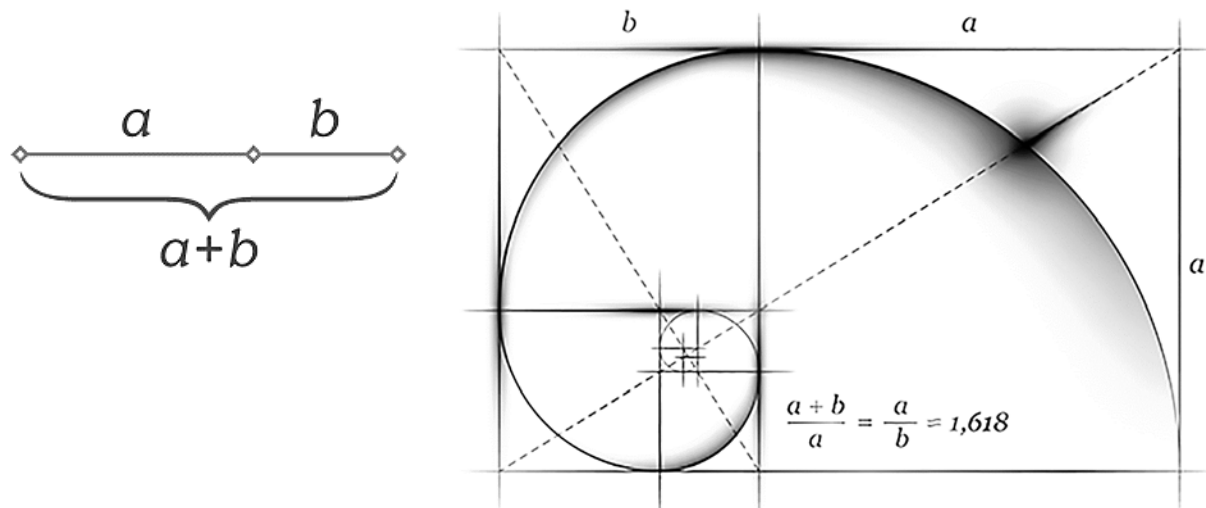


Imagen 27. Phi (ϕ): Número de oro, sección aurea, divina proporción.

La proporción que se encuentra con base en la solución de este problema es lo que se llama el universo áureo o Phi (ϕ) igual al **número irracional** $1.618\dots\left(\frac{\sqrt{5}+1}{2}\right)$. Los trazos geométricos que se generan con esta constante, se asocian con la belleza de la naturaleza, por ello ha sido utilizada ininidad de veces, desde la revelación de su misterio, por muchos arquitectos y otros artistas.

Luego de comprender la **proporción áurea** como **razón constante** de crecimiento o decrecimiento infinito, e incluso como vínculo entre ciencia y arte, se puede pasar a reflexionar sobre un problema de conejos, que arroja como solución una sucesión numérica que se asocia con la reproducción de la vida.

Este problema inicia con una pequeña pareja de conejos, que tarda un mes para ser adulta y un segundo mes para procrear otra pareja de conejos pequeños, la pregunta sería: ¿cuántas parejas de conejos se tendrán al cabo de 10 meses? (por ejemplo) Lo importante aquí es encontrar el patrón o principio del problema, para poder resolverlo de manera fácil aunque se cambie la unidad de tiempo.

Así la solución de éste, revela una **progresión numérica** conocida como Sucesión de Fibonacci (1,1, 2, 3, 5.....) en honor a quien reveló este problema: Leonardo de Pisa. Esta progresión puede manifestarse como una razón de **proporción variable** entre dos de sus términos consecutivos (1:1=1) (2:1=2) (3:2=1.5) (5:3=1.6...).

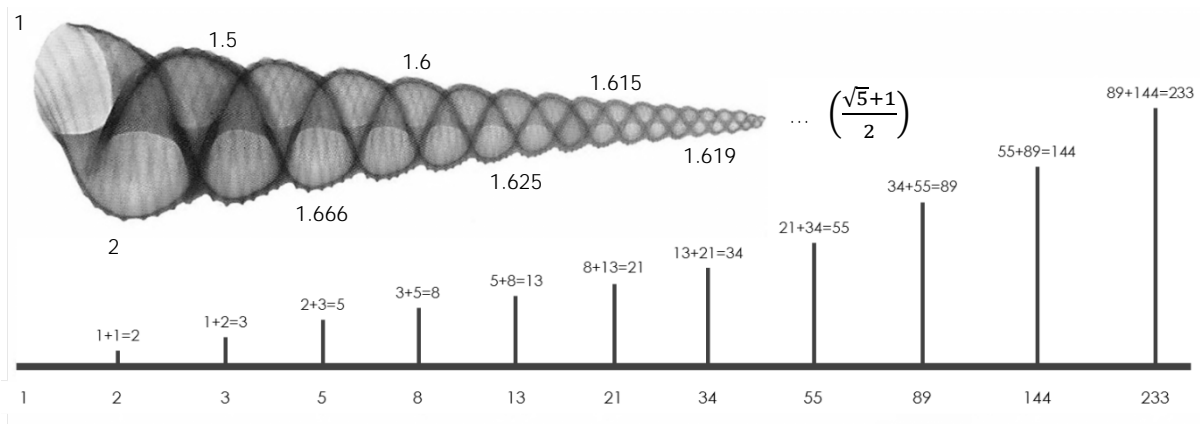


Imagen 28. Sucesión de Fibonacci.

Con este análisis se descubre, que a medida que crecen estas cifras, su relación se aproxima cada vez más al "número de oro" (1.618...). Así, dos problemas de suposiciones abstractas racionales, comienzan a relacionarse con la reproducción o naturaleza de la vida, por tanto, ha buscado aplicarse tanto en la concepción del arte como de lo arquitectónico.

Luego de esta leve indagación por las **proporciones constantes y variables**, propongo reflexionar sobre el **concepto de ritmo**. Pues si bien todos estos juegos de trazos sobre el plano manifiestan lo estático del espacio abstracto, cuando estos se combinan con los principios del ritmo, generan vida y por su propia naturaleza, movimiento.

"El ritmo consiste en un impulso acompasado del alma, que corresponde a un número que siempre es el mismo que nos obsesiona y nos atrae. Es una especie de danza poética que implica un enlace en cierta combinación numérica o por lo menos aproximada." ¹⁸

(18) Ghyka, "El Número de Oro, Tomo I" op. cit., p.155

Análogamente se le puede atribuir este compás constante al ritmo que marca la vida en el interior del cuerpo humano, con los latidos del corazón. Ante ello se puede identificar la aparición de un elemento débil y otro fuerte, que permiten medir una relación de acontecimientos en un período de tiempo.

Así, el **ritmo** se encuentra en estrecha **relación** con alguna unidad de **proporción** medible, y de igual forma, puede llegar a manifestarse como **constante o variable**. Esto hace más comprensible la definición de Eugène d'Eichthal.

"El ritmo, considerado en toda su generalidad, es la división del tiempo por fenómenos sensibles a los órganos humanos, en períodos cuyas duraciones totales son iguales entre sí o se repiten según una ley sencilla." ¹⁹

Entonces, con ritmo y proporción, constantes y variables, comienzan a aparecer los otros principios geométricos formales de traslación, rotación y transformación, sólo falta establecer con base en qué medida y principio de ordenamiento se aplican.

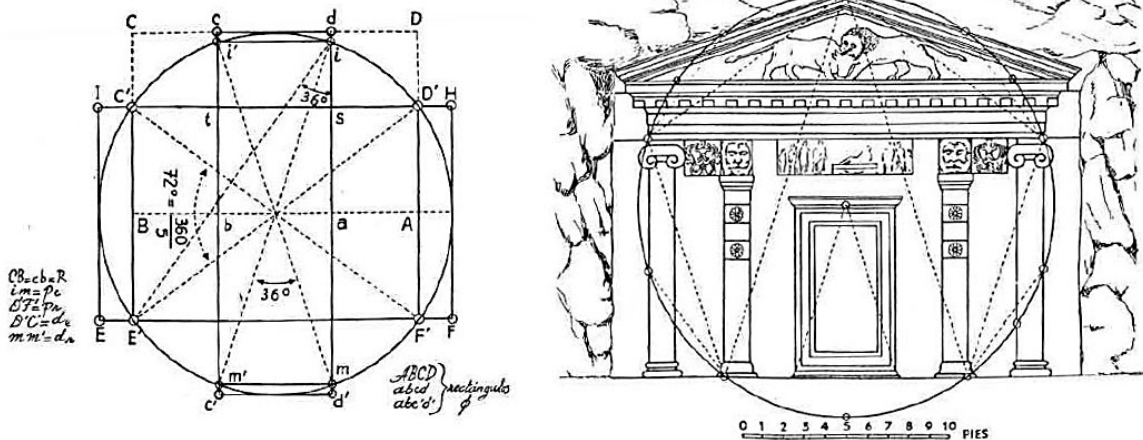


Imagen 29. Sistemas de proporciones obtenidas por la segmentación polar del círculo, aplicado a la Tumba rupestre de Mira, Asia Menor, según Ernst Moessel, ejemplo del carácter simbólico.

Estos principios llevan a una discusión en la que no quisiera caer, pero se tiene que confrontar, porque eso implica tratar con el orden y el caos. Si algo identifico desde mi experiencia, es la **capacidad** que tiene el hombre para **clasificar y ordenar** todo lo

(19) *Ibidem.*, p.151

que le rodea, así como el papel fundamental que juega la memoria en ello. En estos términos me atrevo afirmar que **aún en el caos hay orden**, y lo que más inquieta al pensamiento es **no poder predecir o comprender la causalidad de los fenómenos** y su comportamiento, por tanto lo define como **desorden** aparente. Esto también se hace manifiesto con la frase de Demócrito: “Si se **sobrepasa la medida**, lo más **agradable se torna en lo más desagradable**.”²⁰ Además de explicar cómo el arte y la **arquitectura** van manifestando a través de su historia los **principios de orden** que se conocían, y por tanto una **concepción del mundo**.

Con la especialización, intercambio y acumulación (o imposición) de conocimientos en tratados, así como las guerras, revoluciones científicas, el desarrollo tecnológico y la globalización, la historia de la humanidad se abrió paso a la **modernidad**, término que hoy se señala de manera peyorativa como **triunfo de la razón**. Ante esta acelerada revolución cultural, la arquitectura no tardaría en manifestarse como tal: **estilo internacional** o movimiento moderno, con ello declara fehacientemente que es producto del **momento histórico social que la produce**.

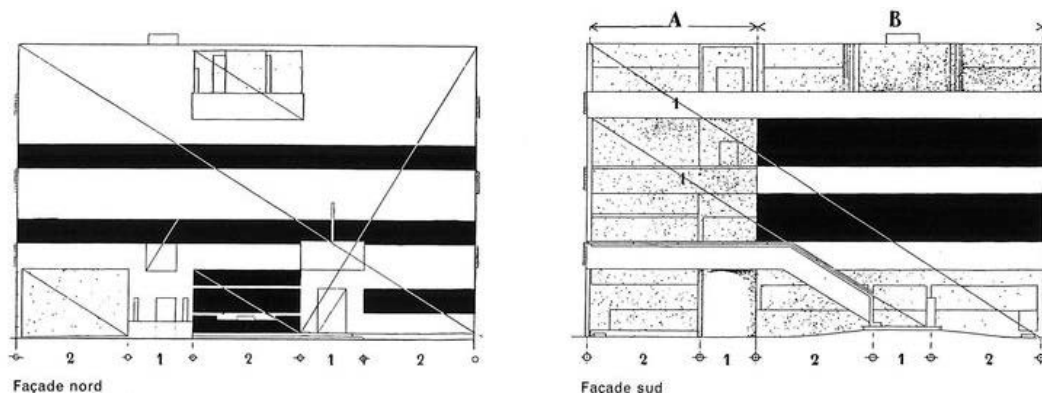


Imagen 30. Le Corbusier: Villa Stein en Garches, Francia.
Estudio de proporción y ritmo en alzados con base al rectángulo áureo.

Así el **racionalismo** apostó por una **abstracción purista** de la arquitectura, que debía manifestar **orden y control**. De hecho, los máximos exponentes de este movimiento y de las posturas que se desprenden un poco de ello (pero resultan en más de lo mismo), reflejan en sus obras un inmenso **cuidado de los ritmos y las proporciones**.

(20) Bernabé, Alberto, “Fragmentos presocráticos”, Alianza Editorial, Madrid, España, 2008, p.306



Imagen 31. Le Corbusier: Villa Stein en Garches, Francia. Fotos de las fachadas construidas.

El problema fundamental de esta postura o estilo, es la fascinación por el **progreso** y la **simplicidad** o purismo de su concepción, poniendo en peligro la **complejidad** que emana de las **tradiciones culturales** y la **vida en sociedad**. Al final, su concepción geométrica es euclidiana o de **primera intuición formal**, y puede ser alcanzada y reproducida por estudiantes o cualquier persona instruida en las lecciones básicas de la geometría descriptiva y/o el dibujo técnico.

Desde la postura del **modernismo** se desenlaza una extrema **simplificación** del diseño con una tendencia cubista, minimalista y **mecanicista**, que prácticamente no permite intervención, expresión o **apropiación** alguna **por parte de la vida**, cayendo reiteradas veces en los límites de la monotonía, los absurdos y el aburrimiento. Toda esta teoría se ha definido como "**Fundamentalismo Geométrico**" por el matemático y teórico Nikos A. Salíngaros, en el capítulo 9 de su libro "**A Theory of Architecture**" (2006).

Como **evolución y contradicción** de esta postura, pero igualmente fascinada por el **progreso y la innovación**, se puede explicar el surgimiento del deconstructivismo y el postmodernismo en la arquitectura; desde las cuales se trata de **poner fin a la razón** y por tanto busca asentarse sobre los conceptos de **fragmentación y el azar**.

Todo esto desata una lucha de egos impresionante, que no deja de ser naturaleza egocéntrica, mediática y lucrativa, pues se olvida de su finalidad fundamental: el ser humano habitador y su devenir histórico social.

Entonces sólo falta hacer evidente que aún en esos métodos *irracionales o azarosos*, porque lanzan un papel arrugado o un dibujo a ciegas como *principio de orden*, requieren de una *construcción geométrica - formal* que permita analizar y visualizar su *futura materialización*. Ello sólo lo garantiza la de-construcción como *análisis* de las formas a través de la *razón*, sobre la cual se termina construyendo la *solución*.

De-construir es equivalente a *analizar*; el *construir* requiere llegar a una *síntesis*; en ambos procesos del pensamiento arquitectónico, se pueden encontrar principios de *razón, proporción, ritmo* y por tanto *orden*.

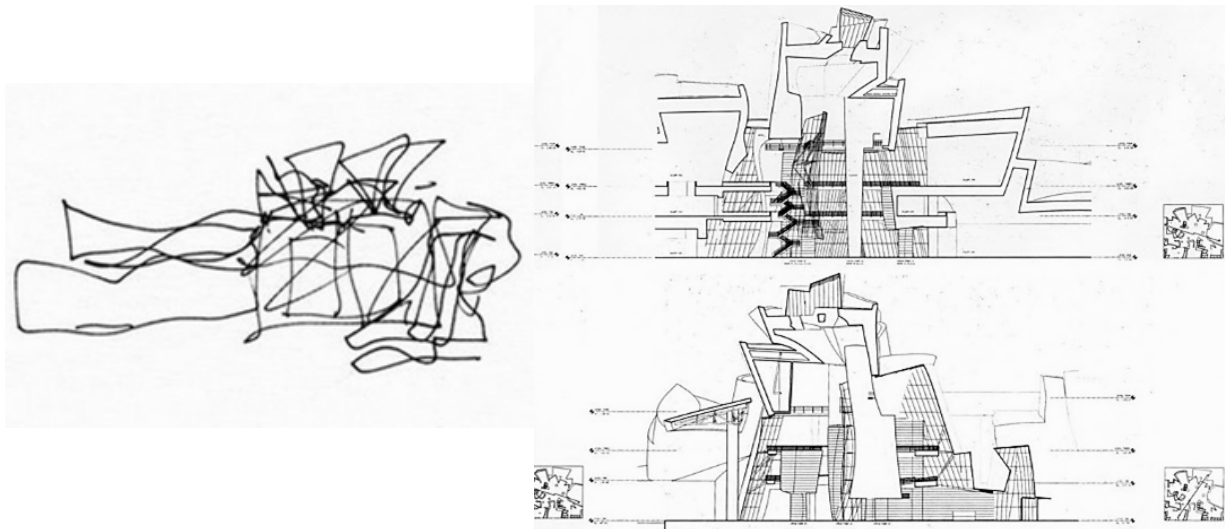


Imagen 32. Frank Gehry: Guggenheim Bilbao, España. Croquis (abstracción sin solución concreta) y Secciones Verticales del modelo virtual (análisis y síntesis de su realidad física material)

Tanto con los juegos de azares, como los programas informáticos de diseño, o hasta los trazos reguladores de composición, los diseñadores sólo pretenden limitar y/o encontrar la *síntesis geométrica formal* que se les *solicita*, construcción muy pocas veces comprendida o *eludida con el azar*, por la complejidad que emana de la naturaleza de su actuar: *pensar* en su causalidad.

Sólo falta señalar, que tanto el **movimiento internacional** como la **postmodernidad** en sus imposiciones más audaces, han sido fuertemente cuestionadas por su falta de compromiso histórico con la cultura y el legado arquitectónico heredado.²¹ Aunque es evidente que se ponen en práctica los **conocimientos geométricos** del pasado, se manifiesta más importante la necesidad de experimentar y aplicar nuevos materiales y tecnologías, que de encontrar el **carácter simbólico** de sus estructuras y morfologías.

*“Así como todas las **formas de vida** tienen **similitudes fundamentales** en sus **estructuras**, toda **forma arquitectónica** viviente **debe compartir una naturaleza común** con los grandes **logros arquitectónicos del pasado**”*²²

Al comprender todos estos planteamientos, se puede deducir que toda concepción de lo arquitectónico, aún en la actualidad, está determinada por una **abstracción geométrica - formal**, así como en todo **principio de ordenamiento** espacial de la percepción, **hay relaciones de ritmo y proporción** (rationales y sensibles).

Volver a estudiar y practicar algunos de los **principios y razonamientos** que estas teorías han aportado al conocimiento humano, no sólo dota al arquitecto de nuevas **herramientas para su creatividad**, también lo sumerge en ese infinito de posibilidades existentes en la realidad fenomenológica y epistémica de su actuar.

(21) Un ejemplo de estas críticas es la teoría que ha desarrollado Nikos A. Salíngaros en sus libros “A Theory of Architecture” y “Antiarquitectura y deconstrucción: El triunfo del nihilismo”.

(22) Salíngaros, op. cit., p.87

2.4 ABSTRACCION DE LA FORMA: ESENCIA Y NATURALEZA DEL DISEÑO

Una vez establecida la geometría como conjunto de saberes y conocimientos empírico - racionales, que tienen su origen simbólico en el **punto**, como primer universal abstracto pero concreto de **dimensión nula o cero**, se puede comprender que el concepto fundamental que éste determina, es el de **ubicación**, con respecto a la infinidad de construcciones y transformaciones que con él se van desarrollando a través de la experiencia y la razón.

Como mismo se puede llegar a la conclusión de que la "menor distancia" entre **dos puntos** es la **línea recta** de **dimensión uno** que los une; con la aparición de un **tercer punto** que no se encuentre sobre la extensión de la recta se genera el concepto de **superficie** y su caso particular el **plano** de **dimensión dos**.²³

Pero todos estos conceptos forman parte de una abstracción ideal, pues una línea no es un cordel, ni un plano, es una hoja, aunque así se simbolice análogamente; es más, el punto ni siquiera existe sin una construcción geométrica del pensamiento. La realidad de los objetos físicos - materiales que se experimenta, emerge al aparecer un **cuarto punto** que no esté ubicado sobre la extensión del plano construido con los tres puntos anteriores, así se genera el concepto de **volumen** de **dimensión tres**, sólo falta definir su **estado físico**: sólido, líquido o gaseoso.

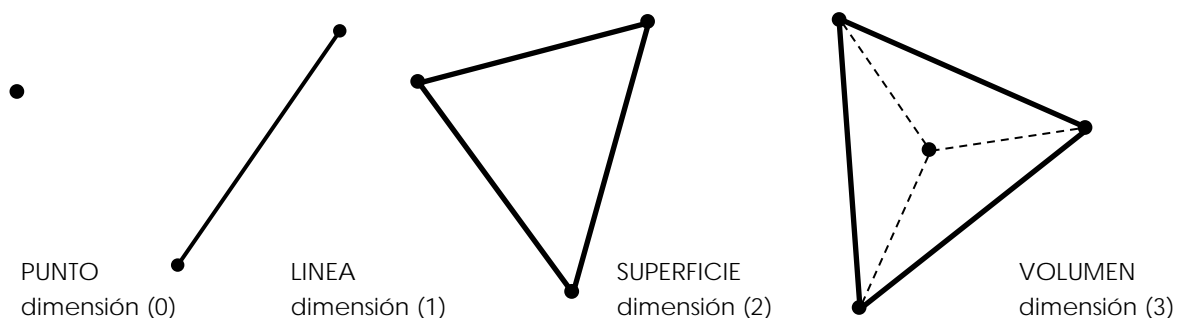


Imagen 33. Construcciones geométricas elementales.

(23) No se analizarán más a fondo estos conceptos y definiciones porque no responden a los objetivos de esta investigación. Además existen muchos tratados de geometría para ello, ejemplo: "Matemática Elemental, Tomo II"; de Félix Klein.

Cuando estos cuatro puntos se presentan como **construcción abstracta racional**, ante una **realidad física material**, el hombre entonces experimenta la capacidad de comprenderla y medirla; pero más importante aún, la posibilidad de transformarla y recrearla para su beneficio. Todo esto genera una **triada conceptual** por resolver: **forma - materia - función**.

“Nada hay en la naturaleza que resista el esfuerzo de la razón científica, pues nada hay en ella que resista la geometría.” Pascal ²⁴

Con esta triada conceptual comienzan a surgir las clásicas preguntas, en consecuencia de ello expresaré cómo las agrupa e identifica mi experiencia cognitiva en el caso particular de la arquitectura. ¿Qué se transforma?, claro está que es la materia; ¿por qué y para qué se realiza esta acción?, gira en torno a la utilidad simbólica y/o práctica que le da el hombre. Sin embargo, ¿cómo y en qué resultan dichas transformaciones? antes de ser materializadas, giran en torno a una **abstracción geométrica formal**.

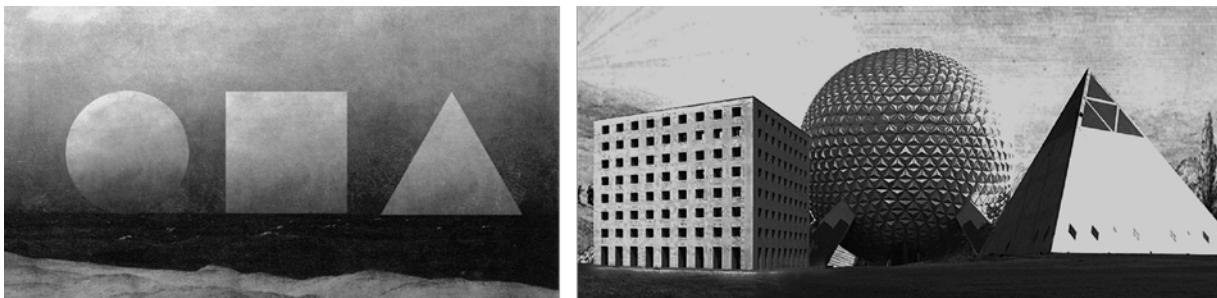


Imagen 34. Formas geométricas básicas, de una imagen pintoresca a volúmenes concretos.

Pero si algo se puede resaltar en todo este fenómeno es el **concepto de materia**, pues si ésta es la que se manipula, se necesita conocer “algo” de ella para **poder transformarla**, esto manifiesta por qué el **arquitecto** desde sus inicios es considerado como hombre de **ciencia y universal**. Aunque ha de ser evidente que conocer lo que es cada cosa, en realidad es imposible, para concebir lo arquitectónico se necesitan

(24) Cassirer, op. cit. p.28

conocer e intuir ciertos **principios fundamentalmente mecánicos**, no sólo de los materiales empleados, sino de sus formas de combinación y acomodo.

Así, el problema de **conocer la materia** se divide en dos cuestiones fundamentales:

1. Saber o intuir las características y propiedades de las sustancias.
2. Atribuirle o conocerle sus posibles funciones y/o utilidades.

Dado que el progreso imperante de la ciencia en la actualidad ha abordado ampliamente la primera problemática con el desarrollo de las matemáticas, la física y la química, el actuar del arquitecto diseñador tendrá que centrarse en las cuestiones del segundo problema.

Entonces, su hacer fundamental se encuentra ante el dualismo de **forma y función**; donde se puede preguntar si la forma sigue a la función, o la función se adapta a las formas (funcionalismo - formalismo).

*"Lo que vitalmente importa no son los ladrillos y las piedras concretos sino su **función general como forma arquitectónica.**"* ²⁵

Reconociendo que mi doble formación de arquitecto estuvo siempre influenciada por los **razonamientos y principios del funcionalismo**, comenzaré por definir desde mi experiencia tres grupos de cualidades o posibles adjetivaciones de la función:

La función estructural: en ello la abstracción geométrica - formal, debe corresponder a una solución mecánica auto-soportante y soportante de otros elementos o actividades; ejemplo: muros, columnas, entresijos y cubiertas.

La función operativa: constituye el grupo de principios que más han preponderado, pues sus planteamientos deben proponer la resolución de problemas prácticos y concretos de la utilidad en sus diversas formas de vida, ejemplo: los análisis de actividades, relación espacial, el programa arquitectónico, los elementos de

(25) Cassirer, Ernst, op. cit., p. 63

protección o adecuación climática, ordenamiento de mobiliario, circulación y tecnologías que han transformado el comportamiento humano.

La función simbólica: resulta ser el nivel más frágil y segregado de esta corriente arquitectónica. Así como los dos grupos anteriores manifiestan una aparente práctica concreta, causal y objetiva, esta función se entiende como subjetividad ideológica y cultural. Lo que resulta curioso es que aunque no siempre se aclaran sus principios, resulta ser determinante a la hora de elegir alguna propuesta; ejemplo: iconografías, signos, adornos, tradiciones, construcciones sensibles, juegos de luz y color.

A mi juicio, cuando se logran satisfacer estos tres grupos de función en los elementos y/o espacios que componen el objeto arquitectónico, se alcanza una resolución apropiada a la problemática que aborda el proceso de diseño.



Imagen 35. Patio de los Leones, la Alhambra de Granada, dinastía Nazarí en España.

Luego de comprender estos tres grupos, así como las contradicciones que surgen desde su **propia naturaleza** (lo abstracto, concreto, sensible y racional), trataré de entender el papel que juega la **abstracción de la forma** o las creencias y conocimientos geométricos en todo ello.

Como primer acercamiento expreso el temor que he llegado a experimentar cuando me encuentro con un papel en blanco, que me exige la actividad de crear un objeto arquitectónico. Por mucho que haya comprendido la realidad que me determina en ese instante, resulta contundentemente abrumador el **infinito de posibilidades geométrico - formales**, pues de pronto parece que **unos mismos principios de materia y función**, pueden derivar en **varias formas** propuestas **resolutivas** aun cuando ya hay algo construido y/o establecido.

¡Creo que algo me acecha! No sé si es la razón o la naturaleza de mis sentidos. Todo es muy complejo. Mejor salto al vacío y comienzo a pensar: cómo hacer algo distinto.

*“Es pues la **luz de la razón** la que debe disipar los miedos de los hombres, miedos que nacen de **no entender las causas de los hechos**: del principio de que **«nada nace de la nada»**, saldrá el **conocimiento** de las leyes que **rigen las cosas** y los **procesos**, sin intervención de ninguna divinidad”* ²⁶

Entonces me pregunto **cuál será la naturaleza del proceso de diseño**, en qué consiste la creatividad. Ya comprendí que no existen los genios, sólo existe un instante de genialidad, que hay que saber aprovechar. La materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma. **La función o utilidad** que a ésta se le atribuye guarda una estrecha **relación causal con la forma** que se le da, por tanto no se debe predestinar cuál es o será causa o efecto, como principio del diseño.

Así se puede deducir que **lo creativo** no es una cuestión materialista, sino **epistémica e ideal**; materialmente sólo hay una transformación sustancial, pero en el universo perceptual **cognitivo** ocurre una **creación empírica y resolutiva** de esta tríada conceptual: **forma - materia - función**. Siempre sujeta a la concepción epistémica de

(26) Lucrecio, “De la naturaleza de las cosas”, Ediciones Orbis, Madrid, España, 1984, p.25

la **problemática que se aborda**, con sus respectivos objetivos e intenciones, así como los procesos de estudio y trabajo que se lleven a cabo para descubrir y evidenciar la **propuesta resolutive**.

Al comprender estos planteamientos, falta explicarse cómo logra el arquitecto analizar, experimentar y consolidar su propuesta. Detrás de toda su actividad se encuentra oculto su **instrumental fundamental**, ese que le permite visualizar, evaluar y reconstruir su propia experiencia espacial, pues con ello define los universales: **punto, línea, superficie y volumen**. Todo arquitecto de cualquier época o lugar ha reflexionado al respecto, pues con ello, puede estructurar y conformar su propia **abstracción formal**. Así, a través de trazos con líneas, puntos, dobleces, tensiones de hilos, telas, papel arrugado, modelos de maquetas y volúmenes físicos materiales o virtuales, se termina representando y consolidando las ideas que visualiza y proyecta el arquitecto.

Pero si algo hay de **universal** en toda esa diversidad de métodos son los **principios geométricos**; la **abstracción de la forma** debe revelar por tanto, la **naturaleza** del **proceso de diseño**.

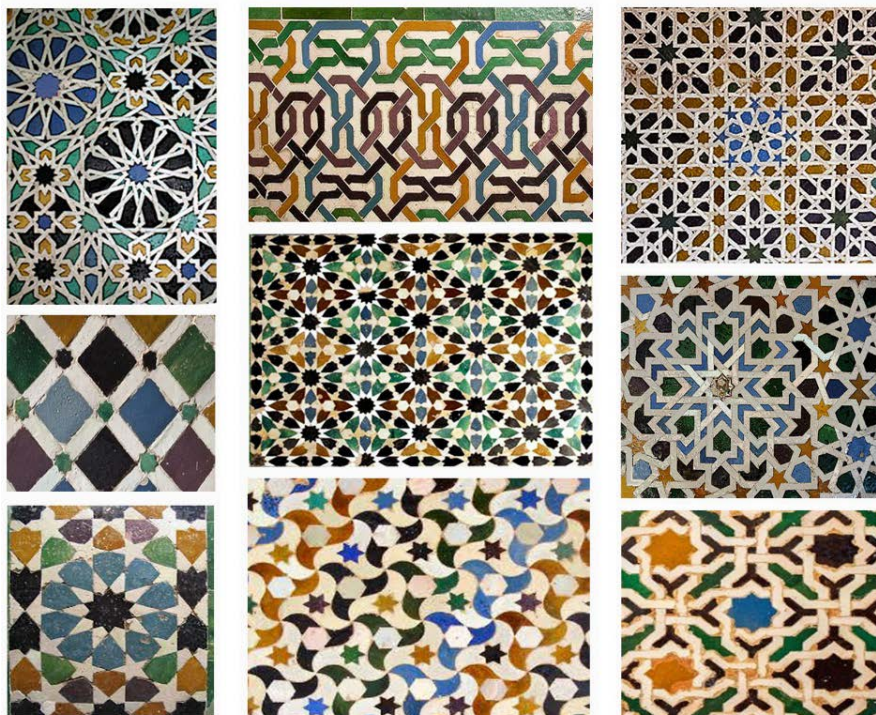


Imagen 36. Alhambra de Granada, dinastía Nazarí en España, mosaicos o motivos decorativos

Una vez que se ha comprendido la **complejidad epistemológica** que desencadena el **proceso de diseño**, así como la diversidad de creencias y conocimientos que intervienen en ello, entonces, cuando se piense en el ideal del **arquitecto**, éste debe manifestarse como **hombre universal** de su tiempo.

*“Puesto que no se puede **ser universal** sabiendo todo lo que se puede saber sobre todo, hay que saber un poco de todo. Pues es mucho más hermoso **saber algo de todo** que **saber todo de algo**; esta universalidad es la más hermosa. Si se pudiera tener las dos, aún mejor; pero, si hay que elegir, hay que elegir aquella. El mundo lo siente y lo hace, pues el mundo a menudo es buen juez.”* ²⁷

Pero con ello no queda claro el instante más elevado de este proceso: la **concepción** o **intuición formal** de una **idea abstracta**. Quizás por ello se pide innumerables veces al arquitecto que explique cómo llegó a su propuesta resolutive, incluso generalmente se reduce a la pregunta: ¿cuál es tu concepto? Esto sólo trae más confusión, pues manifiesta que no se comprende la naturaleza del diseño: el pensamiento intuitivo, abstracto, racional, empírico y complejo, lo demás son copias, ocurrencias, juegos de composición y reproducciones metódicas.

*“Hay **dos cosas incompatibles**: la **producción activa** y la **contemplación simultánea** de ella. Esto ya lo dice el Génesis. En los seis primeros días de la Creación Dios crea el mundo, y sólo cuando ya existe, es posible contemplarlo: «Y vio Dios lo que había hecho, y he aquí que era bueno». Lo mismo ocurre con nuestro pensar. **Tiene primero que existir, si queremos observarlo.**”* ²⁸

Interiorizar esto, lleva a la conclusión de que la **presentación del proyecto** en sí es un **hecho concreto**, que debe ser capaz de expresar la **naturaleza** de sus intenciones y procesos. Las palabras que acompañen o amplíen su explicación, deben centrarse en aquella resolución de cierta problemática, que no es evidente. La claridad con que se sinteticen todos los planteamientos, puede garantizar el éxito de la propuesta,

(27) Pascal Blaise, “Pensamientos, Tomo I”, op. cit.,

(28) Steiner, op. cit., p. 22

siempre y cuando no entre en contradicción con lo que se ha solicitado y la expectativa de todo ello.

*"Falsos y aparentemente buenos son los que lo hacen todo de palabra y no de hecho. **La palabra es sombra del hecho.**"* ²⁹

*"La **naturaleza** y la **enseñanza** son cosa semejante. Y es que la enseñanza remodela al hombre y, **al remodelarlo, actúa como la naturaleza.**"* ³⁰

Ahora comprendo por qué Le Corbusier expresaba su preferencia de dibujar antes que hablar. Mediante **el dibujo** o cualquier otro **lenguaje de representación**, el diseñador se exhibe, pues expone su **concepción geométrica** formal como esencia o **naturaleza de su actuar**. Ante tales hechos, se puede reflexionar sobre la solución propuesta, como caso particular de afrontar una problemática concreta.

Luego de aclarar estos asuntos, falta poder discernir esos trazos confusos y ocultistas que se escudan tras las modas de la fragmentación y la complejidad.

*"**Nada es más común que las buenas cosas**; sólo es cuestión de discernirlas; y es seguro que todas son naturales y a nuestro alcance, e incluso son conocidas por todo el mundo. Pero no se sabe distinguidas. Esto es universal. **No es en las cosas extraordinarias y extravagantes donde se encuentra la excelencia de cualquier género.** Se sube para llegar a ella, pero así se aumenta la distancia; **casi siempre hay que rebajarse.** Los mejores libros son aquéllos que quienes los leen creen que ellos hubieran podido hacerlo. **La naturaleza, que ella sola es buena, es totalmente familiar y común.**"* ³¹

Así como los principios de la gramática y las sintaxis del lenguaje, permiten distinguir el buen decir de esos conjuntos de palabras que no dicen nada, los universales de la geometría deben permitir distinguir las habladurías de los hechos en el dibujo, sólo hay que comenzar por identificar puntos sobre sus trazos y preguntar por sus relaciones de

(29) Bernabé, Alberto, "Fragmentos presocráticos", Alianza Editorial, Madrid, España, 2008, p.292

(30) Ibidem., p.288

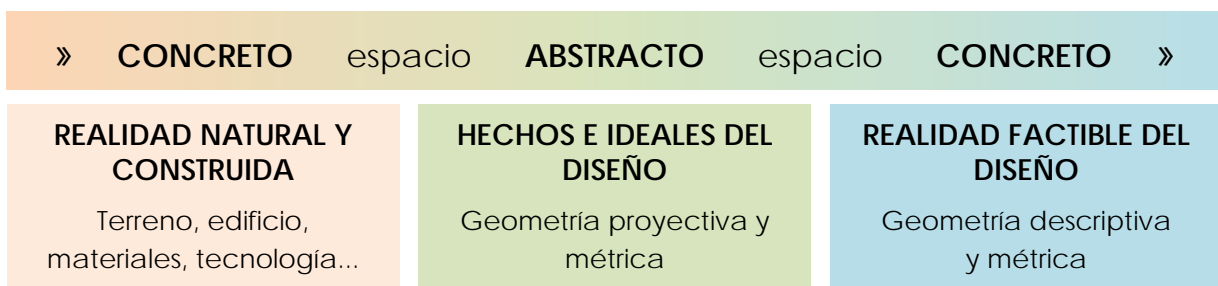
(31) Pascal, "Sobre el Espíritu Geométrico y Sobre el Arte de Convencer", op. cit., p. 463

ubicación en el espacio tridimensional. Con ello se pueden ir aclarando y definiendo las características formales de la propuesta, aunque esto requiere una comprensión geométrica y por tanto, esfuerzo. Si se requiere ser más práctico y simplificado, se puede solicitar un modelo tridimensional físico - material o virtual del objeto.

Por tanto, a través de la **geometría proyectiva** se pueden analizar, visualizar y revelar las intenciones fundamentales del diseño, si realmente se tienen. Ningún objeto arquitectónico resiste al esfuerzo de su razón, por ello la **esencia geométrica** debe ser revelada aún desde el acto más elevado y puro de su creación: la **concepción**.

*“El diseño, como proceso de organización, se presenta como un producto conformado a lo largo de cuatro fases, o momentos generales: la **prefiguración**, la **figuración**, la **configuración** y la **modelización**.”*³²

Estos planteamientos hace manifiesto la necesidad de **estudiar la geometría** como conjunto de conocimientos y **formas del saber**, que determinan y fundamentan el proceso de diseño para los arquitectos, ya que inician con una **realidad morfológica** concreta, de donde emana toda **abstracción del pensamiento complejo**, para producir la transformación física - material de un espacio habitable concreto.



Secuencia espacial presente en el constante devenir del proceso de diseño.

(32) Irigoyen Castillo, Jaime F. “Filosofía y diseño: una aproximación epistemológica”. México: UAM Xochimilco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, 2008, p.197

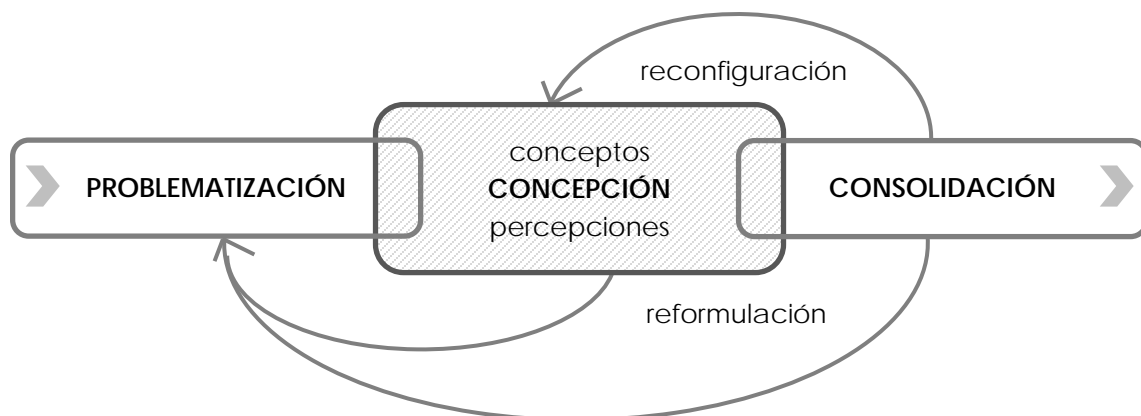
"... que jamás ocurre algo sin que haya una causa o al menos una razón determinante, es decir, algo que pueda servir para dar razón a priori de por qué algo existe y por qué existe de esta manera más bien que de otra manera."

Gottfried Leibniz

DE LAS DEFINICIONES

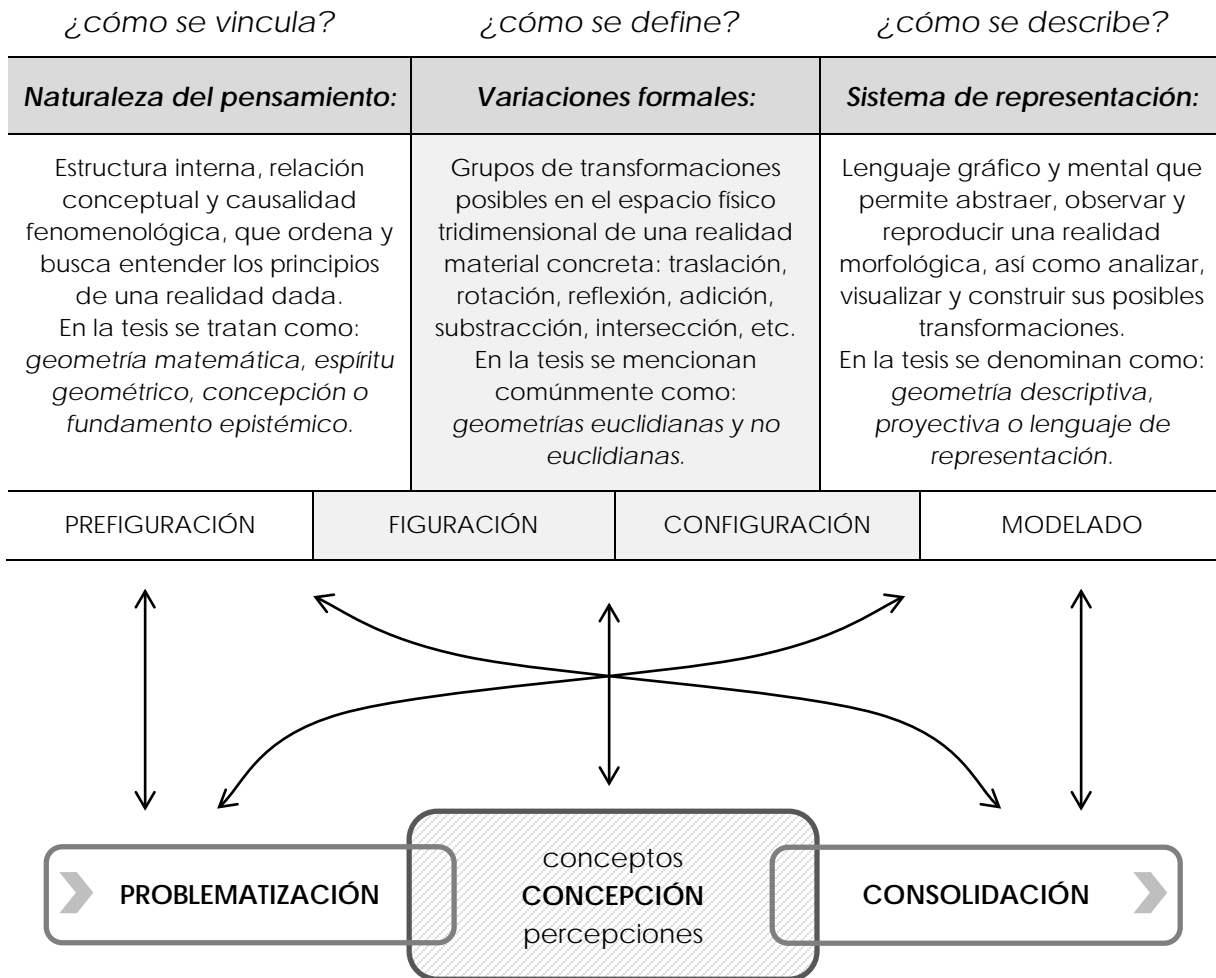
DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Proceso intuitivo – racional – cognitivo que se ratifica en los hechos de una realidad productiva *del espacio habitable*. Dentro de su actividad se identificaron las fases de problematización, concepción y consolidación, así como acciones de retroalimentación: reformulación y reconfiguración.

Problematización:	Concepción:	Consolidación:
Conjunto de problemas, variables y condicionantes que se deben observar, analizar, jerarquizar y resolver en el diseño como producto final.	Formar una idea resolutive en el pensamiento. Esta idea es un "concepto individualizado", por tanto vincula cierta relación conceptual con determinada percepción y experiencia.	Conjunto de actividades que permiten representar, integrar y comprobar la realidad factible de las ideas y soluciones propuestas.
Reformulación:		Reconfiguración:
Tanto en la fase de concepción como en su respectiva consolidación, se puede llegar a experimentar cierta incoherencia o falta de claridad en la problemática que se aborda, por ello se regresa a la etapa de problematización, para volver a plantear la cuestión general o particular que genera contradicción.		A medida que se construye y consolida la propuesta, se genera una percepción espacial o experiencia de la misma. Con ello se puede identificar cierta imprecisión en la concepción resolutive, por tanto la tarea consiste en evaluar y modificar la primera aproximación, para lograr una configuración más integral.



Como el proceso es un constante devenir entre la realidad morfológica del objeto por construir y el espacio abstracto del pensamiento, en todo momento clave de este acontecer, se requiere dominio y control de su condición geométrica.

GEOMETRÍA: Conjunto de *conocimientos y formas del saber* que en el proceso de diseño vinculan, definen y describen una realidad morfológica, física y material del espacio arquitectónico por construir y habitar.



Resulta evidente que en las fases de *problematización* y *consolidación*, de naturaleza *lógica y racional*, se entrelazan estas tres formas del saber, pues sólo a través de ello se puede abstraer y reconocer la realidad morfológica, física y material del objeto de diseño. Pero en la fase de **concepción**, dado que es de *carácter intuitivo* y no puede ser observada, analizada o consolidada mientras no exista algo, lo determinante en ello es la **experiencia espacial** del diseñador; por tanto, las **variaciones formales** que se han comprendido, explorado o intentado conocer, son las que definen y condicionan la acción creativa del proceso de diseño.

Entonces, los elementos de la geometría que fundamentalmente intervienen en el proceso de diseño arquitectónico, son aquellos que permiten la **representación sistemática** (abstracta y concreta), **fundamentación y comprobación factible** de las ideas que se consolidan como propuesta resolutive. Por ende, cabe recalcar que estos conceptos deben presentarse al estudiante de **modo gráfico y visual**, siempre **vinculados a una realidad concreta**, física y material del objeto de estudio, para que contribuya con el desarrollo de su **experiencia espacial**.

CONCEPTOS ELEMENTALES	CONCEPTOS DERIVADOS	CONCEPTOS MÉTRICOS
<i>Punto, línea, superficie y volumen.</i>	<i>Perpendicularidad, paralelismo, tangencia, directriz, generatriz, etc.</i>	<i>Proporción, ritmo y magnitudes (escalares y vectoriales).</i>
<i>todo dentro de un mismo SISTEMA DE REPRESENTACIÓN universal de tres dimensiones</i>		

Una vez comprendidos los *conceptos geométricos* que vinculan el espacio abstracto del pensamiento y la realidad concreta del espacio arquitectónico, los estudiantes serán capaces de modelar, observar y analizar la situación morfológica, física y material de cualquier objeto de estudio. Por lo mismo se propone el ejercicio y la práctica de la geometría desde los primeros semestres de su formación, pues así se encontrarán capacitados para comprender y profundizar en cualquiera de las problemáticas concretas que en el ejercicio de la profesión se presentan.

Entonces cabe recordar que no se busca hacer de la geometría una imposición dogmática que sólo provoca rechazo y confrontación, sino que cada estudiante o asesor descubran por sí mismo la utilidad de estos conocimientos, en la misma medida que se introduce a la problemática que aborda el proceso de diseño arquitectónico. Por ello la invitación didáctica que persigue este trabajo, es despertar la motivación e interés por el conocimiento que aporta el estudio y la práctica de la geometría desde otras disciplinas, y no un análisis o presentación de los tratados matemáticos (Riemann y Lobachevski), o los conjuntos de fractales como el de Mandelbrot.

Con todo ello no se pretende descalificar los diversos métodos y teorías que facilitan el trabajo o hacen innovadores los procesos de diseño, simplemente se busca reforzar la **comprensión y entendimiento del espacio abstracto geométrico** en su vínculo con una realidad concreta, que al final conforma el **fundamento epistémico** del quehacer profesional de los arquitectos. Así se podrá cumplir con el compromiso académico de su formación en las primeras etapas para su futuro profesional.

Entonces, aunque el desenlace de todo proceso de diseño arquitectónico es a través de algún sistema métrico de representación, pienso que el estudio de teorías, sistemas y métodos, como la **geometría fractal** y el **diseño paramétrico**, se deben presentar en las etapas más avanzadas de la formación del arquitecto, una vez que se ha desarrollado su inteligencia espacial a través de la **geometría proyectiva**, para que no queden simplemente impactados con las variaciones formales de orden complejo y puedan forjar una reflexión más profunda o fructífera.

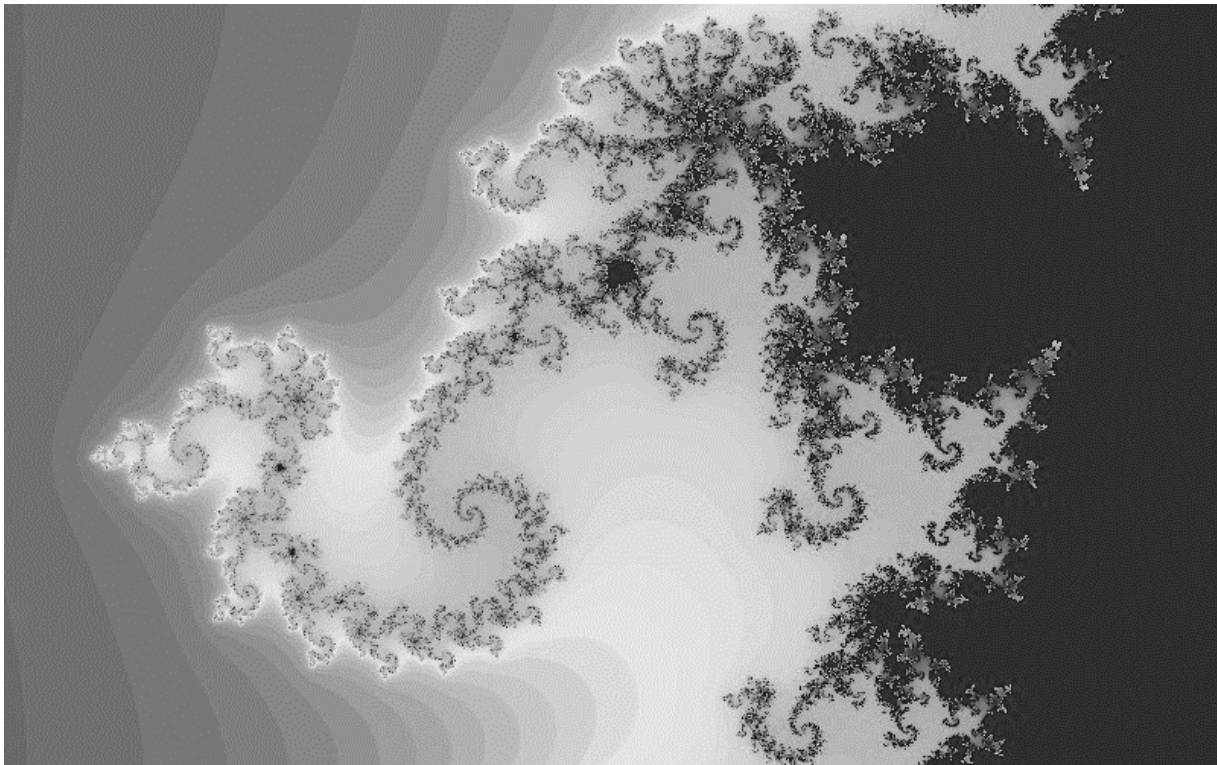


Imagen 37. Fracción de un fractal Mandelbrot.

Como síntesis, puntualizo los principios más relevantes que sustentan los enunciados y análisis esbozados sobre el proceso de diseño:

Principio cognitivo: se desconoce el producto o resultado esperado.

Principio resolutivo: para obtener una adecuada propuesta, se debe identificar con claridad la problemática que le da origen.

Principio intuitivo: (o de concepción) tiene primero que existir algo, para que pueda ser observado, transformado y consolidado.

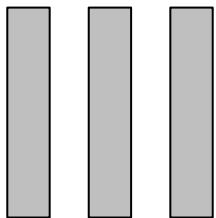
Principio de causalidad: nada nace de la nada.

Principio epistémico: encontrar la unidad en la multiplicidad.

Principio de orden: aun en el caos hay orden, lo que inquieta al pensamiento es no comprender su causalidad fenomenológica.

Principio de infinitud: para cada espacio, tiempo o unidad de medida, siempre existirá uno más grande y otro más pequeño, por tanto, toda realidad concreta se encuentra infinitamente alejada de estos conceptos: la nada y el infinito.

Principio creativo: no se puede concebir ni consolidar, aquello que no se ha comprendido o intentado conocer.



CONTENIDO DIDÁCTICO

FUNDAMENTO



3.1 CONSOLIDACIÓN DE LA PERCEPCIÓN ESPACIAL

Con el desarrollo tecnológico, la evolución formal de la arquitectura y las grandes ciudades en la actualidad, las propiedades geométricas son cada vez más accesibles, pues se manifiestan en la experiencia espacial de la vida cotidiana desde la infancia. Este cúmulo de relaciones operativas, de orientación y familiarización, constituyen la primera **intuición geométrica** de la realidad.

Pero esta primera intuición no contiene un **razonamiento lógico**, pues requiere de la construcción de un lenguaje simbólico: el de la geometría.

*“La **Geometría** como cuerpo de conocimientos es la ciencia que tiene por objeto **analizar, organizar y sistematizar los conocimientos espaciales**. En un sentido amplio se puede **considerar a la Geometría como la Matemática del Espacio**.”¹*

Entonces el conocimiento del **espacio geométrico** manifiesta una doble experiencia que se complementa: **la intuitiva y la lógica**. La primera es de naturaleza visual y subjetiva, por tanto motiva la creatividad; en cambio la segunda presenta una naturaleza verbal y objetiva, que permite el análisis y la reflexión racional, así como la comunicación, confrontación y reproducción del conocimiento construido.

Si bien la intuición es el impulso que permite observar la conformación de los objetos y su relación en la experiencia espacial, así como avanzar y corroborar la comprensión geométrica de todo ello; para tener certeza del conocimiento construido, es necesaria la deducción lógica que se expresa y comunica por medio del lenguaje. Así se integran la intuición y la razón para desarrollar una percepción más amplia y compleja de la realidad.

(1) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma. “Invitación a la Didáctica de la Geometría”, Colección Matemáticas: Cultura y Aprendizaje, Editorial Síntesis, Madrid, España, 1997, p.14

*“El hecho de **adquirir conocimientos** del espacio real a través de la intuición geométrica es lo que se llama la **percepción espacial**.”. ²*



Imagen 38. Evolución de la vivienda Hogan de los Navajo, pueblo nativo de América del Norte, a partir de la década de 1930.

Es evidente que conforme se profundiza en el conocimiento de las propiedades geométricas, grupo de transformaciones y la técnica, se logra construir una edificación más definida, acabada o incluso compleja, pues al estar compuesta por más de un modelo geométrico o configuración formal, se requiere precisar la intersección de los elementos que la componen.

*“La **percepción espacial** desempeña un **papel fundamental** en el estudio de la **Geometría**, reconociendo **formas**, **propiedades geométricas**, **transformaciones** y relaciones espaciales.” ³*

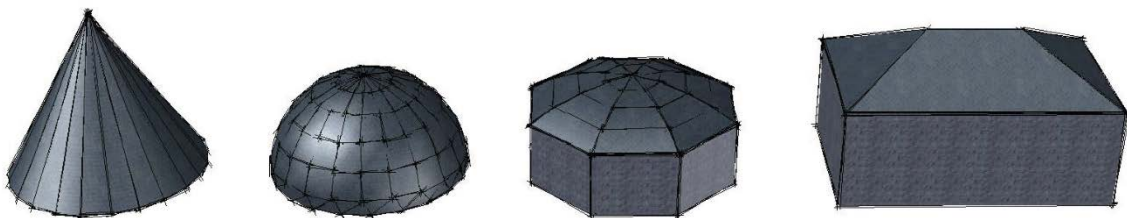


Imagen 39. Ejercicio didáctico: síntesis geométrica de la evolución de la vivienda Hogan de los Navajo.

(2) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.15

(3) Ibidem., p.16

Desde los orígenes imprecisos de la arquitectura, se puede apreciar cómo el hombre manifestaba a través de sus edificaciones una **concepción geométrica** de su percepción espacial. Entre los principales problemas que le acechan está el de la **precisión** y el **control** sobre la materia que se transforma, por tanto, además del lenguaje simbólico, se requiere la creación y perfección de herramientas y técnicas que materialicen su dominio.

No es de extrañarse entonces que en principio la **geometría** se entendiera como conjunto de **conocimientos prácticos o técnica**, indispensables para poder medir y calcular longitud, área y volumen; práctica constante del antiguo Egipto que además de sus edificios o monumentos, necesitaba reconstruir la división de las parcelas de tierra por las inundaciones anuales del Nilo.



Imagen 40. Pirámides de Egipto y cuerda de doce nudos, técnica empleada para trazar ángulo recto.

Pero al comprender estos conocimientos y perfeccionar su técnica, el hombre se abre paso a una nueva escala para sus edificaciones, pues si bien, en su vivienda se puede manifestar cierto desfase o desajustes, cuando se construyen obras de mayor tamaño, una pequeña imprecisión de inicio, resulta en un catastrófico y evidente error al final. Así es como cada pirámide u obra monumental del pasado, exigió un conocimiento geométrico-matemático, pues desde el trazo y preparación del terreno, se tiene que resolver una problemática de naturaleza lógica-racional.

Toda arquitectura es geometría desde antes de ser construida, pues para comenzar a pensarla hay que medir la tierra de su desplante, como mismo se miden, construyen y analizan los elementos que la conformarán desde la abstracción del pensamiento. En caso de no comprender (aunque sea intuitivamente) alguno de los principios geométricos básicos que la determinan, nunca podrá materializarse.

Entonces, cada elemento o parte de la obra arquitectónica, como en su totalidad, están ligados a cierta **concepción geométrica** de **dos o tres dimensiones**.

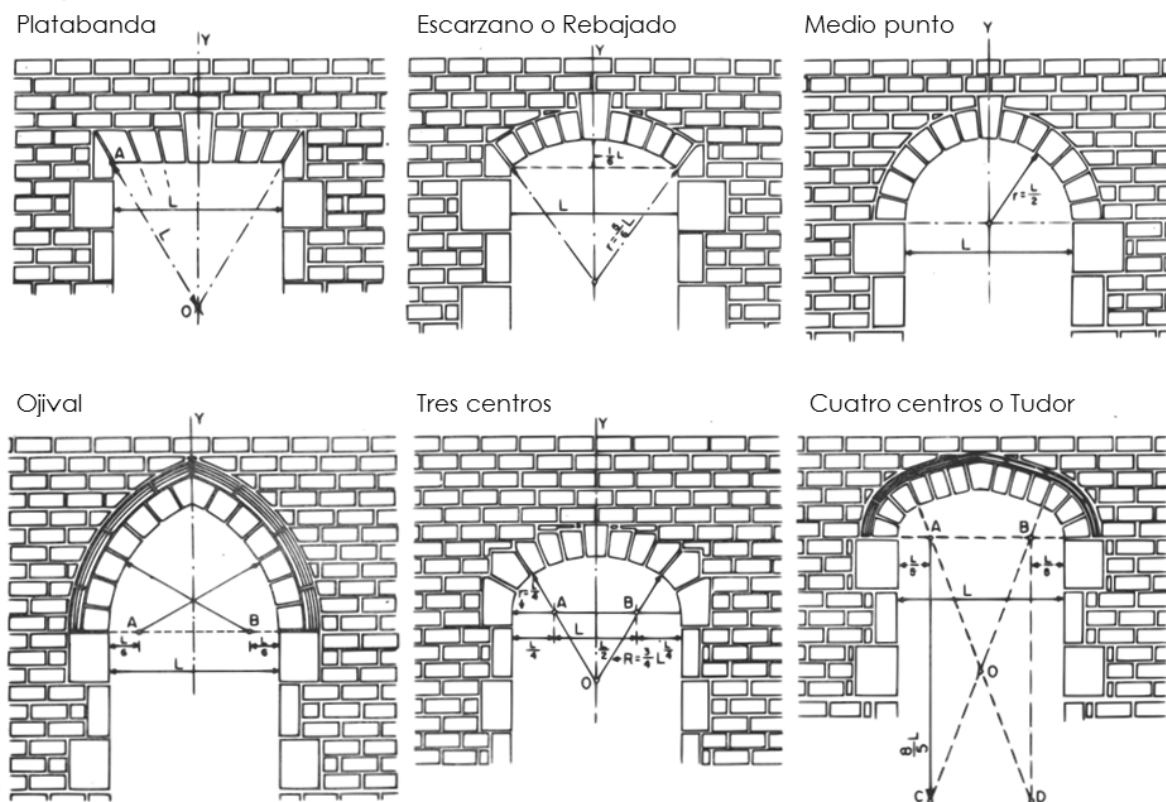


Imagen 41. Estereotomía, estudio geométrico bidimensional para labrar la piedra y construir dinteles.

Dado que toda edificación como la vida en la tierra, ha estado condicionada por las fuerzas que actúan sobre estas, la geometría de los elementos arquitectónicos se va a manifestar como consecuencia empírica e intuitiva de la atracción que constantemente los determina: la gravedad y sus principios mecánicos.

"(...) hay varios niveles de comprensión en la percepción espacial. Algunos son necesarios y básicos para la vida diaria, otros son requeridos por diferentes niveles de especialización profesional. (...) una buena formación en percepción espacial puede mejorar nuestra adaptación a nuestro mundo tridimensional, capacitándonos para comprender las distintas formas y expresiones espaciales de nuestra cultura." ⁴

Desde esta experimentación con la materia, el estudiante de arquitectura (que no aspira a terminar siendo físico-matemático, ni ingeniero civil), puede ir descubriendo los principios geométricos de las formas piramidales cónicas y semi-esféricas (como cubiertas), así como su infinidad de transformaciones, en su analogía directa con los cerros y montículos de tierra. En consecuencia con estos principios físicos estructurales, también se puede explicar las deformaciones en columnas prismáticas de base cuadrada y circular, o hasta la necesidad de los contrafuertes que empleaba el gótico primitivo. Así se puede llegar a verificar que toda concepción geométrica del pasado (tanto en los elementos como en los edificios), no respondían a una simple analogía, iconografía, innovación, estética o abstracción pura de la forma, aunque en las grandes obras se lograba integrar todo esto como concepción del mundo.

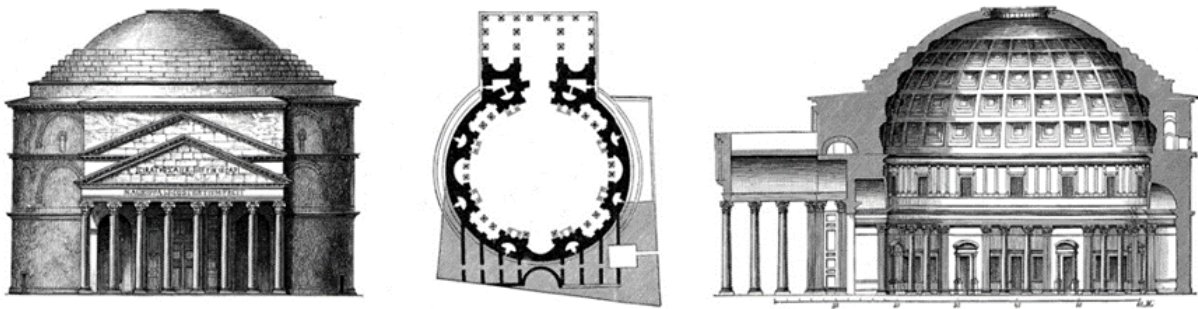


Imagen 42. Panteón de Agripa, alzado, planta y corte, Roma, 125 d.C.

Entiendo que los **ejercicios didácticos** que se han expuesto, están más relacionados con las disciplinas de Estructuras, Tecnología o Construcción. Pero si se comprende la geometría como fundamento epistemológico del diseño arquitectónico, entonces el

(4) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.16

objetivo de **desarrollar la percepción espacial**, no podrá desligarse de ninguna de las **materias principales** que determinan la **etapa de formación básica** del arquitecto.

Si todas estas experiencias mecánicas, se suman a soluciones que se han dado como adecuación al ambiente, teorías estéticas, psicológicas y fenomenológicas, siempre traducidas en casos concretos desde su exploración geométrica espacial, el espíritu en formación del arquitecto, debe comenzar a adquirir sustento y herramientas que le permitan ejercer su impulso creativo, así como el respeto a las tradiciones del pasado heredado, del cual ha obtenido el conocimiento.

Por el afán de enseñar haciendo nuevos proyectos, a través de la disciplina de Diseño o Proyectos, en más de una ocasión pude apreciar como compañeros de primero o segundo año, abandonaban la idea de proyectar la intersección de planos inclinados o bóvedas en sus cubiertas, todo porque no lograban visualizar, comprender, y por tanto representar la realidad concreta de su imaginación o primera aproximación empírica.



Imagen 43. Un estudio geométrico de clasificación de bóvedas.

Así pasaban de una intuición por explorar, al simplismo más mecanicista que es la cubierta plana horizontal, porque simplemente no les alcanzaba el tiempo o no contaban con los conocimientos que le ayudaran a revelar y analizar con claridad sus "complejas" intenciones de diseño.

Para el **desarrollo** de la **percepción espacial**, se pueden considerar cinco etapas según el estudio que proponen R. Pallascio y otros: ⁵

1. La visualización: Después de haber observado un objeto, su visualización consiste en poder memorizar (suficientemente) imágenes parciales, a fin de poder reconocer objetos iguales o semejantes por cambio de posición o de escala, entre una diversidad de objetos teniendo el mismo croquis.

2. La estructuración: Después de haber visualizado un objeto, su "estructuración" consiste en poder reconocer y reconstruir el objeto a partir de sus elementos básicos constituyentes.

3. La traducción: Consiste en poder reconocer un objeto a partir de una descripción literaria y viceversa.

4. La determinación: Consiste en poder reconocer su existencia a partir de una descripción de sus relaciones métricas.

5. La clasificación: Consiste en poder reconocer clases de objetos equivalentes según diferentes criterios de clasificación.

Estas etapas permiten desarrollar en el futuro arquitecto las habilidades de observar, abstraer, comunicar y organizar la información, conjunto de facultades cognitivas fundamentales para el ejercicio de la profesión. Por tanto, desde el estudio de casos análogos y las obras arquitectónicas que se analizan en materias como investigación, teoría e historia, el estudiante puede consolidar su percepción espacial, descubriendo las transformaciones y propiedades geométricas que determinan las formas del edificio y sus elementos constitutivos.

(5) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.17

3.2 DEL HACER AL COMPRENDER: TRES MODOS DE REPRESENTACIÓN

En la actualidad la formación del arquitecto constantemente se cuestiona cómo introducir las nuevas tecnologías que se utilizan en el campo profesional, para presentar la realidad concreta de los futuros proyectos, así mismo como se supone que el estudiante de nuevo ingreso trae una amplia formación en los sistemas de representación gráfica y la geometría - matemática, recibida desde la primaria hasta el bachillerato. La **enseñanza - aprendizaje** de estos conocimientos, han caído en una obstinada rutina y falta de interés, tanto por parte de los profesores que imparten los mismos cursos cada año, como de los estudiantes que carecen de la paciencia requerida para desarrollar su percepción espacial.

Cuando se le pregunta a un médico, economista, psicólogo, químico o abogado, sobre la geometría que estudiaron en su enseñanza pre-universitaria, lo más seguro es que confesarán cómo han quedado en el olvido, o de lo contrario recordarán alguno que otro caso concreto que aún le es práctico para la vida cotidiana o su hacer especializado profesional.

*“Y lo que es más sorprendente, **la educación geométrica va empeorando a medida que se avanza en los niveles educativos, planteándose la paradoja de ser **más sobresaliente**, en términos relativos, el nivel geométrico en la educación **infantil** que en la **universitaria**.”** ⁶*

En cambio, de un arquitecto no puedo admitir tal opinión, pues su ejercicio profesional siempre está vinculado con el **espacio físico** concreto y el **espacio abstracto** del pensamiento. Aunque como ejercicio de creatividad, éste consume una infinidad de imágenes mediáticas muy bien logradas, su ejercicio va más allá del impacto visual que genera una proyección bidimensional estática, que como se sabe también puede ser ilusoria y generar movimiento en el pensamiento.

(6) Alsina, Claudi; “Geometría y Realidad”; Revista SIGMA Nº 33; Gobierno Vasco, España, Diciembre del 2008, p.165

*“La **percepción visual** exige el desarrollo de una serie de habilidades, entre las que destacan el **saber ver** y el **saber interpretar**. Estas habilidades no son innatas e instantáneas, **deben ser aprendidas**.” ⁷*

Con las **ilusiones ópticas** se puede apreciar cómo una imagen plana distorsiona y **confunde la imagen mental**. En el caso de los **objetos imposibles**, se simula la realidad de una forma pura en tres dimensiones, que sólo se logra alcanzar desde cierto punto de observación y con más de una posible solución, por tanto se pueden utilizar como **ejercicio didáctico para desarrollar la percepción visual**.



Imagen 44. Triángulo de Penrose: tres posibles modelo o soluciones.

*“La **adquisición de técnicas y habilidades de percepción visual** puede ser **aprendida** simultáneamente al estudio de la **Geometría**, ya que ésta requiere que el alumno **identifique y reconozca** figuras, formas, relaciones y propiedades **tanto en dos como en tres dimensiones**.”*

Estas técnicas y habilidades se reforzaban en los estudiantes de nuevo ingreso, con la materia de representación gráfica, comunicación y la disciplina de estudio: geometría descriptiva. El problema es que el ejercicio profesional en la actualidad generalmente se lleva a cabo desde programas informáticos C.A.D. (Diseño Asistido

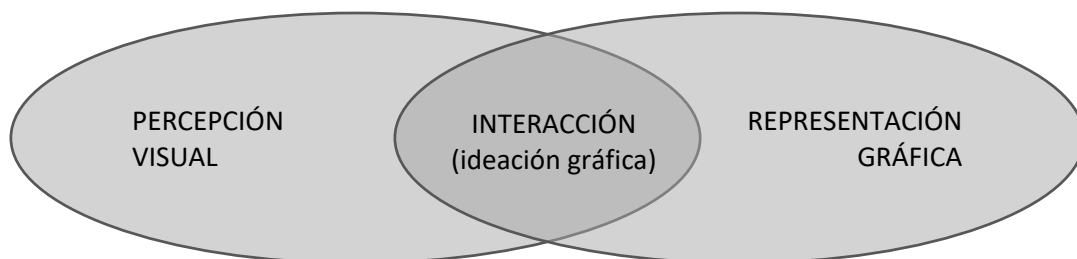
(7) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.61

por Computadoras, por sus siglas en inglés Computer-Aided Design), y en los modelos virtuales que genera esta tecnología, se resuelven la mayoría de los problemas geométricos presentes en el proceso de diseño de dos y tres dimensiones espaciales.

Cabe señalar que la importancia del dibujo a mano, la geometría descriptiva y la representación gráfica con sus métodos tradicionales, se recoge en una gran variedad de investigaciones, donde incluso se denuncia cómo se han venido reduciendo las horas clases (práctica) que se dedicaban a estas disciplinas.

*“La **comunicación gráfica** es, por tanto, una **habilidad** que tiene que ser **aprendida y practicada**. De hecho constituye un **lenguaje universal e interdisciplinar** de toda la **información espacial**.”⁸*

Al reducir los tiempos epistémicos del dibujo en taller, porque el arquitecto ya no es un dibujante, la clase se torna más teórica y deja su principal finalidad a la deriva: el entendimiento. Las tareas y trabajos en casa comienzan a ser copias de otros trabajos o modelos hechos en computadora, y sólo aquellos que se esforzaron e intentaron realizar a conciencia la labor encomendada, lograron desarrollar su percepción espacial y espíritu geométrico.



*“La **representación gráfica** desempeña un papel muy importante para **expresar** nuestros **conocimientos e ideas**. La **construcción** de las **imágenes mentales** de nuestro entorno requiere **hacer presente en la mente las formas** y las relaciones de los objetos reales. La **representación gráfica** es una manera de comunicación, un **lenguaje para expresar y construir** los **conocimientos geométricos**. La expresión gráfica se realiza por medio de*

(8) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.64

esquemas, figuras y dibujos mucho más sencillos y directos que los símbolos de la escritura. Es el **lenguaje ideal** para la **intuición geométrica** la **percepción visual** y en definitiva la **percepción espacial**.⁹

Entonces no cabe duda, que el perfil contemporáneo del arquitecto debe contener el dominio de estas **técnicas de representación gráfica**: el dibujo a mano y el asistido por computadora, aunque generalmente se utilice el primero como herramienta de esbozo, análisis y primera aproximación a la idea abstracta o concreta, en todas las fases del proceso de diseño y materialización; mientras que el segundo pasa a ser una etapa de consolidación por su impresionante nivel de precisión y calidad de presentación. Aún así, no se debe olvidar que la computadora personal (comercial) no problematiza, y por tanto no puede generar modelos resolutivos, todo ello sigue siendo creación del pensamiento humano como lo es la tecnología. **El arquitecto tendrá que seguir elaborando sus modelos**, y las **herramientas tecnológicas** sólo le facilitarán ciertas labores, para que su **ejercicio creativo** pueda ser cada vez más **simple en su hacer y complejo en sus resultados**.

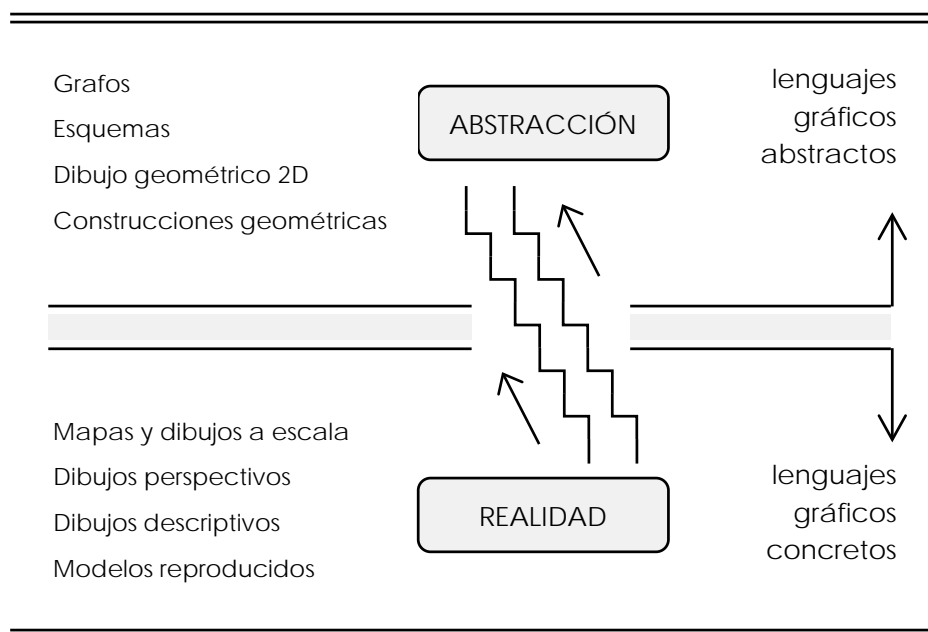


Imagen 45. Representación de ideas abstractas o realidad concreta.

(9) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.63-64

Para ello cuenta con tres modos de hacer o representar sus modelos e ideas de una realidad concreta:

1. **Modelo físico material.** Maquetas volumétricas en tres dimensiones (3D).
2. **Lenguaje gráfico.** Proyecciones planas del espacio tridimensional (2D).
3. **Modelo virtual.** Simulación de una realidad en tres dimensiones (3D).

Trataré de referirme a estos desde un enfoque didáctico, donde lo importante es que **el estudiante comprenda los principios geométricos** que determinan sus modos de hacer, para que se genere un **cambio significativo** en los modos particulares de proceder y reconocer una problemática de diseño. Para lograrlo pienso que se debe trabajar un mismo ejercicio desde los tres modos de hacer, de manera que la experiencia adquirida en su conjunto, integre los conocimientos geométricos aplicados al **desarrollo de su percepción espacial**.

Modelo físico material. Este constituye una base importante en el desarrollo empírico de la percepción espacial, ya que trabaja directamente con la realidad del material y las transformaciones geométricas que la física le permite desarrollar. Este modo de hacer no debe centrarse solamente en los volúmenes sólidos, ya que la arquitectura es el envoltorio del espacio habitable, también debe experimentarse con la percepción espacial desde las superficies desarrollables los origamis y las superficies no desarrollables.

Ejemplos didácticos:

- Desarrollo constructivo de los sólidos platónicos, volúmenes intersectados, columnas prismáticas, rampas y escaleras.
- Desarrollo de superficies regladas, y modelo estructural en tres dimensiones elaborados por Antoni Gaudí para el proyecto de la Sagrada Familia.¹⁰

(10) Sagrada Familia – Arquitectura, Geometría, consulta mayo del 2016. <http://www.sagradafamilia.org/es/geometria/>

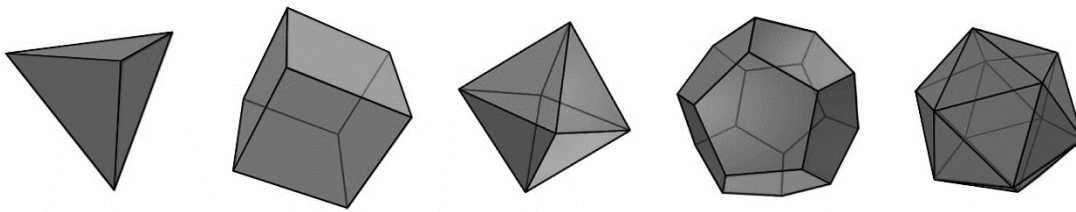


Imagen 46. Sólidos platónicos, superficies desarrollables.

Elemento	Sólido Platónico	No. aristas	No. caras	No. vértices	Forma caras
Fuego	Tetraedro	6	4	4	Triángulo
Tierra	Hexaedro (Cubo)	12	6	8	Cuadrado
Aire	Octaedro	12	8	6	Triángulo
Éter	Dodecaedro	30	12	20	Pentágono
Agua	Icosaedro	30	20	12	Triángulo

Lenguaje gráfico. Este modo de proceder es uno de los detonantes de esta investigación, incluso hoy se ha especializado como ingeniería.¹¹ Su utilidad práctica para el quehacer arquitectónico, ha sido históricamente indiscutible, así como su aportación al desarrollo tecnológico e industrial. Debido a que las proyecciones ortogonales sobre el plano y los ejes de coordenadas X, Y, Z generan la imagen dogmática de la geometría euclidiana, se debe superar esa barrera epistémica y hacer evidente que gracias a este lenguaje se ha logrado estudiar y conocer hasta las geometrías no euclidianas, como dijo Albert Einstein: “*si no puedo dibujarlo, es que no lo entiendo*”.¹²

Ejemplos didácticos:

- Geometría euclidiana: Embajada de Holanda en Berlín, diseñada por Rem Koolhaas y su estudio OMA, en este proyecto se desdoblaron las plantas del edificio, para analizar la continuidad de sus recorridos, además se manifiesta un amplio dominio del espacio geométrico tridimensional, pues se lograron

(11) INGEGRAF. Asociación de Profesores de Expresión Gráfica en la Ingeniería. <http://ingegraf.es/>

(12) Wikiquote – Dibujo, consulta mayo 2016, <https://es.wikiquote.org/wiki/Dibujo>

encuadres muy precisos en los alzados (Torre de televisión – Fernsehturm), que es lo que percibe en la realidad el observador.

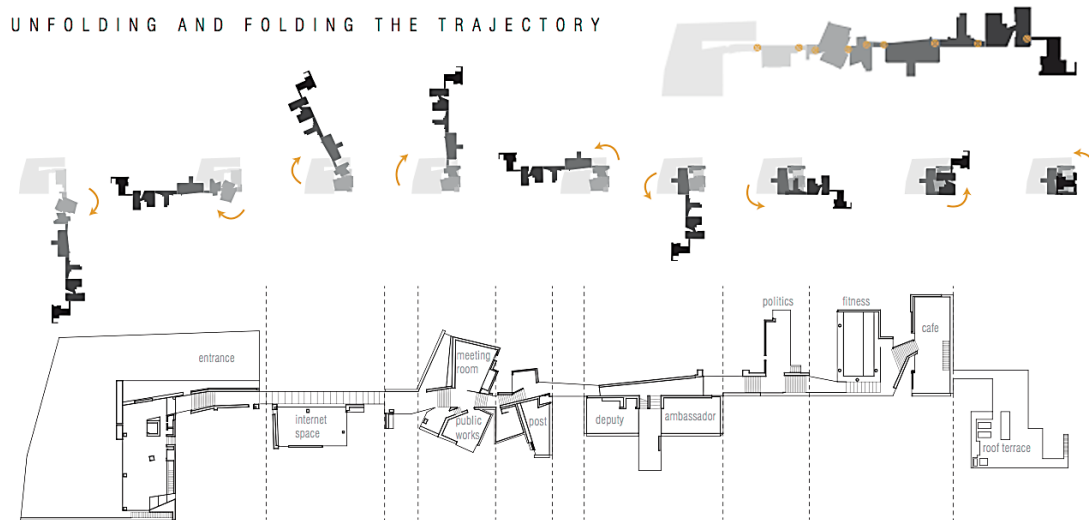


Imagen 47. Rem Koolhaas y OMA: Embajada de Holanda en Berlín. Despliegado de las plantas.

- Geometría no euclidiana: Restaurante y salón de baile “Los Manantiales” en Xochimilco, Ciudad de México, proyectado por Félix Candela. Simetría radial e intersección de cuatro paraboloides hiperbólicos con planos verticales e inclinados a 45° aproximadamente.

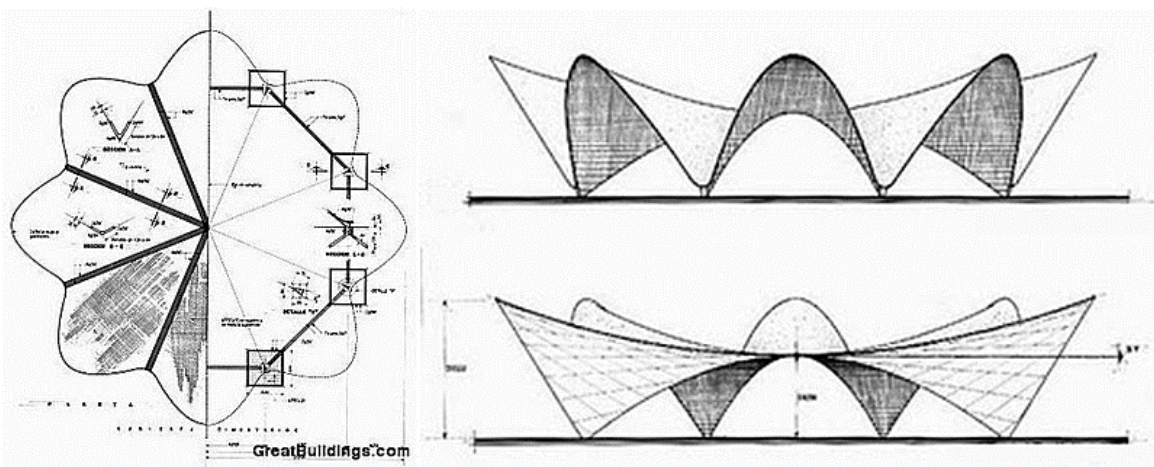


Imagen 48. Félix Candela: Restaurante “Los Manantiales” en Xochimilco, planta, alzado y sección.

Modelo virtual. Este constituye el conjunto de herramientas más avanzadas en la actualidad. Su desarrollo tecnológico es constante, y cada año se añaden más características que hacen más fácil, preciso e intuitivo la resolución de problemas geométricos en los que intervienen las tres dimensiones del espacio. Con todo este desarrollo, sumado a la invención de las "Impresoras 3D", este modo de proceder permite alcanzar los resultados de las dos primeras representaciones anteriores, sólo hay que modelar el objeto volumétrico en el espacio virtual. Por tanto, en este modo de hacer, se deben sintetizar los conocimientos geométricos adquiridos de las representaciones anteriores, no al revés, con ello se puede alcanzar una comprensión más profunda del espacio geométrico y el desarrollo de la inteligencia espacial, que le permitirá al futuro arquitecto trabajar cualquier modelo tridimensional desde el espacio abstracto del pensamiento o virtual, sin desprenderse de la realidad geométrica del espacio físico material.



Imagen 49. Lámina de presentación elaborada para tesis de licenciatura a partir de un modelo virtual.

Al desarrollar un modelo virtual en tres dimensiones del proyecto, se obtienen todos los planos y secciones técnicas que se requieren para su materialización, al mismo tiempo que permite presentar:

- Perspectivas cónicas de las visuales o secciones que se deseen encuadrar.
- Maquetas o despieces del modelo físico volumétrico, a través de cortes o impresiones materiales tridimensionales.
- Generación de videos recorridos, que se aproximan mucho más a lo que será su realidad dinámica espacial, por la proyección de sombras, texturas y colores en movimiento.

En todas estas posibilidades que ofrece la tecnología informática se puede ir especializando el estudiante en las etapas de desarrollo y profundización, pues en la etapa básica debe adquirir las herramientas que le permitan entender la problemática espacial del diseño, así como la capacidad de modelar, observar, analizar, evaluar o modificar, cualquier espacio físico y su realidad material.

*“Aprender a modelizar es **saber estructurar el contexto**, matematizar y reinterpretar los resultados de esta matematización, **revisar el modelo**, **modificarlo**, etc.”*¹³

Mediante estas iniciativas propuestas, se puede lograr que la geometría pase de ser una disciplina dogmática y metódica, a un recurso práctico y didáctico de reflexión y entendimiento; al mismo tiempo que desarrolla la capacidad de abstracción y visualización espacial de la problemática que aborda el proceso de diseño. Con ello el arquitecto podrá entretener experiencias sensibles y racionales, que le permitan ejercer sus facultades creativas desde la actividad del pensamiento, independiente del control arbitrario que ofrece la tecnología informática, que entonces pasará a ser una herramienta que facilita, acelera y perfecciona la actividad simbólica - cultural de los seres humanos.

(13) Alsina, Claudi; op. cit., p.165

3.3 UNA EXPERIENCIA SIGNIFICATIVA DEL ESPACIO ARQUITECTÓNICO

Una vez realizada la invitación de explorar y visualizar los diversos grupos de transformaciones geométricas, con sus respectivas propiedades, características e infinito de posibilidades, propongo experimentar y poner en práctica estos conocimientos en los procesos de diseño que comúnmente organiza, orienta, asesora y evalúa el Taller de Proyectos.

Alguna vez un músico me expresó su experiencia con un grupo de estudiantes de arquitectura, que iban a cumplir con su encargo el requisito académico de "*práctica profesional*" o "*extensión universitaria*". Dado que eran varios estudiantes y el demandante había indagado por internet sobre diversas posturas y/o tendencias de la arquitectura, propuso una extravagante solicitud; deseaba un proyecto de **remodelación**, ampliación y unificación de su **casa dúplex** de interés social, pero como alternativa, le interesaba visualizar y comparar el proyecto de una **nueva "casa orgánica"** de dos niveles en un amplio terreno que poseía en las afueras de la ciudad.



Imagen 50. Frank Lloyd Wright: Casa de la Cascada, Pensilvania (exterior) y Museo Guggenheim de Nueva York (interior). Ejemplos de "arquitectura orgánica".

“La **arquitectura orgánica** u **organicismo arquitectónico** es una **filosofía de la arquitectura** que **promueve la armonía entre el hábitat humano y el mundo natural**. Mediante **el diseño busca** comprender e **integrarse al sitio**, los edificios, los mobiliarios, y los alrededores para que se conviertan en parte de una **composición unificada y correlacionada**.”¹⁴



Imagen 51. Javier Senosiain: Casa Nautilus, Estado de México (exterior-interior). Analogía más aproximada a la idea de “arquitectura orgánica” del demandante.

La concepción del músico era un tanto simple para él, estaba condicionando el **modelo arquitectónico** a líneas **rectas o curvas**, aún así, comprendía que existía un infinito de posibilidades por explorar y reconocer, quizás por ello manifestó su interés de expresar el **simbolismo azteca del xoloitzcuintle** a través del diseño, además de cumplir con los requerimientos técnicos, prácticos y funcionales, que también fueron especificados para una posible materialización.

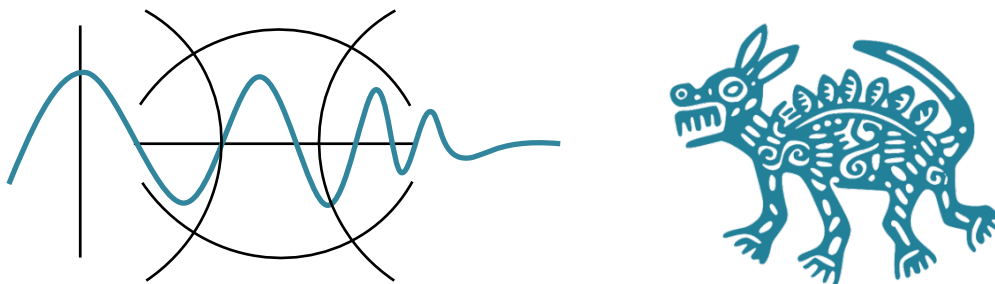


Imagen 52. Líneas rectas y curvas. Símbolo azteca del xoloitzcuintle, su carga simbólica y conjunto de significados tiene una connotación metafísica muy profunda y compleja.

(14) Wikipedia – Arquitectura orgánica, consulta julio 2016, https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_organica

El resultado de esta experiencia podría generar toda clase de polémicas y cuestionamientos, incluso imposición de posturas, ideologías y adoctrinamientos, pues todas las propuestas resolutivas que le presentaron y argumentaron, fueron construidas alrededor de la primera problemática de diseño: la remodelación. Mientras su carga simbólica fue desplazada por la utilidad práctica y se manejó como posible decoración de alguna espacialidad interior o exterior.

Ante tales hechos no me interesa polemizar sobre ideologías, posturas estéticas, tradiciones, tendencias, economía, tecnología o sustentabilidad. Sólo pretendo confrontar los resultados contraproducentes, de un claro ejemplo de adoctrinamiento academicista, aún consiente de que el temor a lo desconocido me acecha, pero de eso se trata el aprendizaje: descubrir e interiorizar nuevas experiencias.

"Aprender es una actividad necesaria. Aprender a aprender es el fin último de la educación. Podríamos decir que no importa tanto el enseñar como el aprender. La capacidad de aprender es siempre útil y deseable." ¹⁵

Como ya se ha manifestado, el **proceso de diseño** es una **actividad cognitiva de aprendizaje** con una **finalidad concreta y objetiva**. Es por lo general una determinación optimista, pues si se decide cambiar algo, comúnmente debe ser para mejorarlo. Pero si a pesar de sus posibles resultados futuros, se desconoce o no se ha experimentado alguno que otro principio geométrico de transformación, se optará por rechazarlo, ya que no se puede perfeccionar o superar aquello que ni si quiera se ha explorado, además requiere de esfuerzo, tiempo y dedicación, estudiar y poner en práctica los mismos.

Con base en todo lo anterior pienso que los primeros talleres de proyectos, deben orientar el proceso de diseño desde un grupo explícito de transformaciones geométricas a explorar, por ejemplo: desarrollar el proyecto de una caseta de cobro y acceso para un parque de diversiones o jardín botánico, con base en la geometría elíptica, las superficies regladas o geometrías no euclidianas; con ello se podrían

(15) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma., op. cit., p.83

reflexionar e interiorizar conceptos geométricos tales como: directriz, generatriz, puntos de tangencia, inflexión e intersección.

Si además los estudiantes logran modelar sus propuestas con claridad y precisión en las tres dimensiones del espacio virtual (tecnología informática), podrán generar una primera experiencia espacial concreta y práctica, con cada uno de estos conjuntos, en su aplicación directa al proceso de diseño, contribuyendo así con el desarrollo de su percepción espacial y criterio formal.

*“Cuando uno se plantea **estudiar las bases del aprendizaje de la Geometría** cabe distinguir dos aspectos. **Un aspecto** corresponde a **analizar cómo se construyen las relaciones espaciales en la mente** de los individuos. **El otro aspecto** a tratar, es **analizar los distintos niveles de conocimiento**, que sobre las cuestiones geométricas **se pueden tener.**”¹⁶*

Desde la **epistemología genética**, la **teoría constructivista** de Jean Piaget distingue cuatro **niveles de organización espacial**, que corresponden a diferentes etapas genéticas del desarrollo intelectual en los individuos:¹⁷

- **ETAPA-1: espacio sensorio-motor**, caracterizado por percepciones sensoriales de las relaciones espaciales. En esta etapa se tiene una visión egocéntrica del espacio.
- **ETAPA-2: espacio intuitivo**, caracterizado por representaciones intuitivas en un nivel preoperativo.
- **ETAPA-3: espacio concreto**, caracterizado por representaciones operatorias. En este nivel se efectúan operaciones reversibles con diferentes materiales concretos.
- **ETAPA-4: espacio abstracto**, caracterizado por representaciones formales y abstractas. Es el espacio descrito por la Geometría deductiva de Euclides y Hilbert.

(16) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma., op. cit., p.84

(17) Ibidem., p.85

Con base en estos niveles de organización espacial, la teoría constructivista del aprendizaje sustenta la necesidad de generar un **proceso cognitivo de interacciones**, desde un espacio sensorio-motor o intuitivo, a un espacio abstracto conceptual, que permita la representación mental de los objetos, así como la reflexión y razonamiento de sus propiedades geométricas. **Este proceso no se define de forma lineal o continua**, por tanto **se debe** tratar de **favorecer la interacción de cada uno de los componentes que determinan la construcción del espacio** por cada individuo.

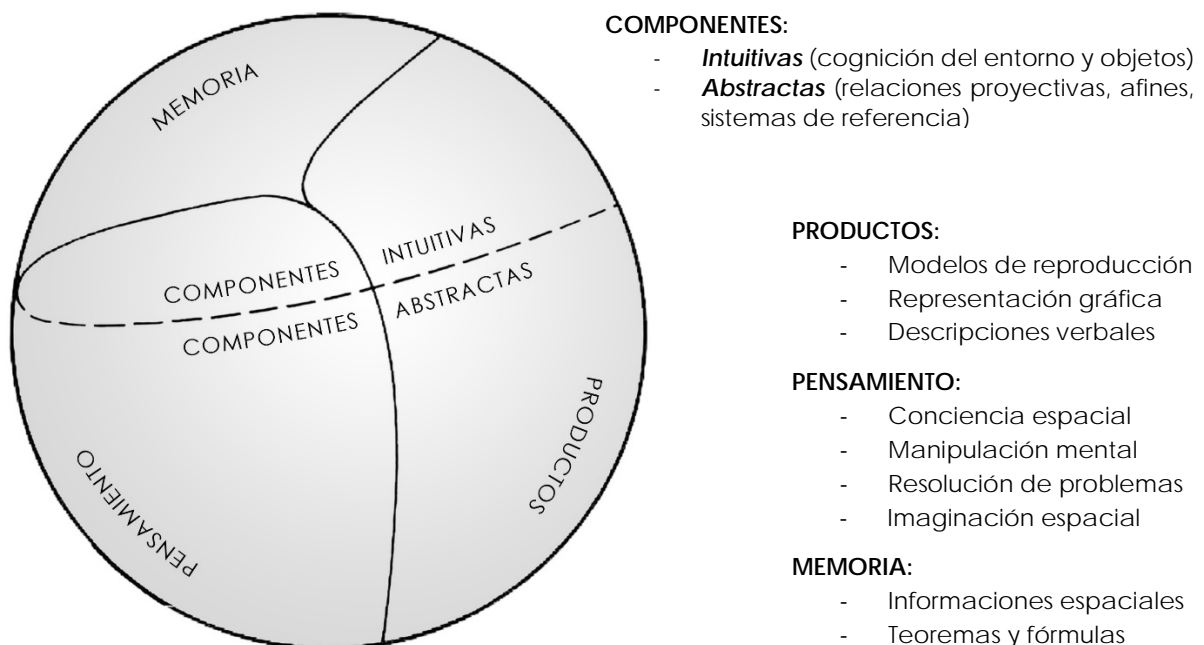


Imagen 53. Componentes que determinan la construcción del espacio.¹⁸

Puede que este último planteamiento sea en el que se deba enfatizar más, para lograr un adecuado desarrollo de la inteligencia espacial en la formación de los arquitectos, por ello se propone vincular la enseñanza de la geometría y su aplicación práctica con otras materias y el proceso de diseño. El entrenamiento disciplinar con teoremas y fórmulas predominante en la actualidad, sólo obliga a un aprendizaje memorístico que limita la comprensión espacial y experiencia creativa de los estudiantes.

(18) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma., op. cit., p.87

Otro modelo coherente y aplicable al aprendizaje de la geometría, que también permite categorizar los distintos grados de representación mental del espacio es el propuesto por el matrimonio holandés van Hiele, quienes definen cinco niveles de conocimiento geométrico al que corresponden cinco fases de aprendizaje: ¹⁹

NIVEL 0: Visualización o reconocimiento. Los individuos perciben las figuras como un todo global. No reconocen las partes y componentes de las figuras.



FASE 1: Discernimiento. Se presentan a los estudiantes situaciones de aprendizaje dando el vocabulario y las observaciones necesarias para el trabajo.

NIVEL 1: Análisis. Los individuos pueden analizar las partes y propiedades particulares de las figuras, pero no puede relacionar las propiedades de unas con otras.



FASE 2: Orientación dirigida. El profesor propone una secuencia graduada de actividades a realizar y explorar. La ejecución y la reflexión propuesta servirá de motor para propiciar el avance en los niveles de conocimiento.

NIVEL 2: Ordenación o clasificación. Los individuos determinan las figuras por sus propiedades, pero son incapaces de organizar una secuencia de razonamientos que justifiquen sus observaciones. Se pueden comprender las primeras definiciones que describen las interrelaciones de las figuras con sus partes constituyentes.



FASE 3: Explicitación. Los estudiantes, una vez realizadas las experiencias, expresan sus resultados y comentarios. Durante esta fase el estudiante estructura el sistema de relaciones exploradas.

NIVEL 3: Deducción formal. Los individuos pueden desarrollar secuencias de proposiciones para deducir una propiedad de otra. Sin embargo, no se reconoce la necesidad del rigor en los razonamientos. Van Hiele llama a este nivel la esencia de la matemática.



FASE 4: Orientación libre. Con los conocimientos adquiridos los estudiantes aplican sus conocimientos de forma significativa a otras situaciones distintas de las presentadas, pero con estructura comparable.

NIVEL 4: Rigor. Los individuos están capacitados para analizar y comparar diversos sistemas axiomáticos y deductivos. Se aceptará una demostración contraria a la intuición y al sentido común si el argumento es válido. Este último nivel, por su alto grado de abstracción debe ser considerado en una categoría aparte.



FASE 5: Integración. Los objetos y las relaciones son unificadas e interiorizadas en su sistema mental de conocimientos.

(19) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.88-91

La idea básica que expresa el modelo van Hiele es:

*“El aprendizaje de la geometría se construye pasando por niveles de pensamiento. **Se requiere una adecuada instrucción** para que los estudiantes puedan pasar a través de los distintos niveles. Al desarrollar la instrucción de acuerdo a esta secuencia, se puede **lograr que el estudiante pase al nivel siguiente del que se encuentra.**”*²⁰

Estos niveles a diferencia de la teoría constructivista de Piaget, no están asociados con la edad, y cumplen las siguientes características:²¹

- No se puede alcanzar el nivel (n) sin haber pasado por el nivel anterior ($n-1$), o sea, el progreso de los alumnos a través de los niveles es secuencial e invariante.
- Lo que es implícito (se sobreentiende o supone) en un nivel de pensamiento, en el nivel siguiente se vuelve explícito (se expresa y es evidente).
- Cada nivel tiene su lenguaje utilizado (símbolos lingüísticos) y su significatividad de los contenidos (conexión de estos símbolos dotándolos de significado).
- Dos estudiantes con distinto nivel no pueden entenderse.

Según este modelo el arquitecto debe encontrarse en el **Nivel 3**, ya que tiene que superar las **Fases 3 y 4** de aprendizaje: explicitación y orientación libre. Cabe recalcar la importancia de **expresar con claridad** los resultados del proceso de diseño, así como la necesidad de adquirir y experimentar las posibles variaciones geométricas y sus propiedades conocidas, para poder **aplicarlos de forma significativa**, auténtica y libre en la concepción de su propuesta.

Pero ante estas teorías y modelos de aprendizaje, hay que distinguir que el arquitecto, quizás no requiere alcanzar el nivel más elevado en la construcción del espacio abstracto: la demostración matemática y sus formalidades axiomáticas de Euclides, o Hilbert, pues ese lugar geométrico le corresponde definirlo y estudiarlo a las ciencias formales y puras. Aún así, la **arquitectura** como **disciplina que estudia el espacio**

(20) Wikipedia – Teoría de van Hiele, consulta julio 2016, https://es.wikipedia.org/wiki/Teoría_de_van_Hiele

(21) Ibidem.

habitable, debe reconocer que en su **hacer práctico-concreto aplica y utiliza los conceptos**, teoremas, principios **y demás construcciones simbólicas** que se ha tratado y producido con el estudio matemático **de la geometría**, por ejemplo: el principio geométrico de la cinta de Möbius, se aplica hoy en escaleras eléctricas y bandas de transporte, que duplican su capacidad útil, pues su determinación geométrica permite aprovechar el desgaste de ambas caras de la superficie conceptual, al hacerlas una cara continua.

Entonces, lo que se debe rescatar en todos estos planteamientos, es la **necesidad de poner en práctica los conocimientos geométricos** en la formación de los arquitectos, para que ocurra un cambio significativo en su entendimiento. La imagen dogmática que se ha creado e impuesto, como conjunto de fórmulas, métodos y teorías abstractas, limita tanto el vínculo del pensamiento con una realidad útil y concreta, como la posibilidad de desarrollar la percepción espacial, visual y de abstracción en aquellos que ejercen la actividad creativa del diseño.

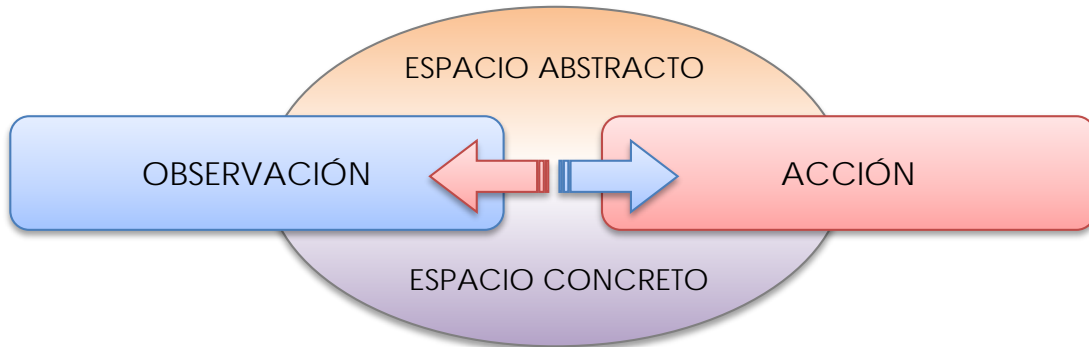
*“Cualquier **aprendizaje** debe **pasar necesariamente por una etapa previa de observaciones**. En el caso de la **Geometría las experiencias sensibles, visuales y táctiles han de constituir la base sobre la cual fundamentar las actividades y abstracciones posteriores.**” ²²*

Al plantear la experimentación con los diversos grupos de transformaciones geométricas en el proceso de diseño, una **observación provocada** desencadena un **proceso de aprendizaje** independiente y **significativo**, que se debe continuar orientando a descubrir cuestiones y aspectos que no son evidentes, así el actuar de los estudiantes a través del diseño contribuye a desarrollar también su concepción geométrica espacial.

*“**Actuar** es simplemente **añadir a la observación acciones personales de comparación, comprobación, manipulación...**, etc. Una **observación carente de una actuación personal** puede ser una **curiosidad pero no un aprendizaje.**”*

(22) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma., op. cit., p.90

Aquí cabe reivindicar el trabajo personalizado. El individuo realiza sus observaciones, sus acciones y sólo basándose en esta actividad personal realiza su aprendizaje.”²³



Dualismo epistémico fundamental para el proceso de diseño y la construcción mental de una realidad material concreta.

Falta destacar en este punto que la academia debe fomentar el trabajo en equipo, sobre todo en los arquitectos, pues en ello consiste su realidad profesional.

“Pero ello no debe excluir el que en un momento dado haya una labor personal, una interiorización propia del problema y sus soluciones.”²⁴

De esta manera, se puede llegar a ampliar el abanico de posibilidades en el actuar de los futuros arquitectos; al contribuir con el desarrollo de su percepción espacial, éste podrá obtener herramientas, experiencias y conocimientos fundamentales que favorezcan la creatividad y el ingenio en su quehacer profesional.

(23) Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma., op. cit., p.92

(24) Ibidem.

SUSTANCIACIÓN

El espacio arquitectónico y el geométrico constituyen construcciones epistémicas idealmente inseparables, sobre todo en el proceso de diseño, donde se busca visualizar, modelar, transformar y experimentar una futura realidad física material que aún no existe. Por ello el arquitecto resulta ser un mediador entre la fantasía y la realidad, que debe hacer factible la construcción del espacio habitable a través de la geometría proyectiva, que a su vez le permite comunicar y evaluar su propuesta con otros profesionistas, así como concretar sus ideas.

A través de esta investigación se hace manifiesto la importancia de volver a instituir la geometría y su entendimiento como fundamento epistemológico en la formación de los arquitectos, ya que, tanto en los procesos de diseño como de materialización, este conjunto de conocimientos y formas del saber, favorecen la observación, organización, reflexión y valoración, de la problemática que aborda el quehacer profesional y el infinito de posibilidades de su propuesta resolutive.

Históricamente el estudio de la geometría existe y se desarrolla independientemente de la arquitectura y el diseño, aunque éstas últimas resulten ser una motivación práctica de sus razonamientos. En cambio, la concepción de lo arquitectónico siempre responde a una concepción geométrica del espacio, que hace abstracción de toda heterogeneidad de los sentidos, para construir una representación mental del espacio simbólico, a través del cual se definen los universales: punto, línea, superficie y volumen, con sus respectivas transformaciones en dos o tres dimensiones.

Así es como el estudio y la práctica de las geometrías en la formación de los arquitectos, contribuye con el desarrollo de su percepción espacial, otorgándole control sobre su capacidad de abstracción, así como, imaginación, análisis y síntesis, de las soluciones espaciales posibles que se trabajen.

Dado que el desarrollo tecnológico es una herramienta indispensable en la actualidad para la profesión, las ventajas y posibilidades que ésta ofrece, deben explorarse desde la academia. Sin embargo, al reconocer que el espacio virtual es

también un espacio geométrico proyectivo de dos o tres dimensiones, entonces, es evidente que para su dominio se requiere del conocimiento y la comprensión de los conceptos que lo definen y describen, como realidad morfológica espacial.

En consecuencia, la experiencia práctica por medio de los recursos tecnológicos más avanzados o tradicionales, que facilite la comprensión del espacio geométrico de tres dimensiones en su infinito de variaciones posibles, provee a los futuros arquitectos de conocimiento, dominio y control sobre las herramientas de trabajo con que dispone en su tiempo. Con ello se garantiza: seguridad en su toma de decisiones, claridad y causalidad en sus razonamientos, entendimiento de los procedimientos, capacidad de trabajo en equipo y por tanto, ejercer sus facultades creativas en los procesos de diseño. De este modo se llega a la verificación de la hipótesis, aún cuando falta explorar la invitación didáctica de este trabajo: contribuir con el desarrollo de la inteligencia espacial, mediante el estudio y la práctica de los diversos grupos de transformaciones geométricas, en el espacio tridimensional.

Esta iniciativa es de carácter académico, no busca dogmatizar un método o crear un sistema de trabajo, lo que se pretende es liberar la creatividad de la primera intuición geométrica formal. Por ello se propone acotar las acciones de diseño a cierto grupo de transformaciones geométricas, permitiendo la observación libre de sus posibles soluciones, para que el estudiante pueda explorar otros horizontes y se apropie del conocimiento, al generar su propio método y experiencia, según sea la motivación demandada por el objeto de estudio a través del proceso de diseño.

Las principales barreras epistémicas a superar con esta propuesta en la formación de los arquitectos son:

1. **Mecanicismo.** La geometría no es un recetario de fórmulas, teoremas y métodos archivados en tratados matemáticos o programas informáticos, es el modo en que se explora y reconoce el espacio arquitectónico a través del proceso de diseño. La geometría proyectiva, aún es la reina de toda concepción espacial, en los procesos de diseño es importante evitar posturas estáticas repetitivas, para favorecer una aptitud dinámica y compleja.

2. **Subjetivismo.** El hecho de que existen diferentes grupos de transformaciones geométricas, no implica que deje de ser un conocimiento universal, al que todo hombre puede llegar por su propio entendimiento.

3. **Cubismo.** Dado que toda realidad morfológica de la materia y sus aproximaciones, pueden ser representadas en el espacio geométrico de tres dimensiones, se deben ejercitar su infinidad de variaciones desde la geometría espacial de los sólidos. Las proyecciones planas de la geometría euclidiana son la primera aproximación de toda intuición formal.

4. **Dogmatismo.** El conocimiento geométrico – matemático requiere tiempo, dedicación y esfuerzo, su mayor pasión es el descubrimiento por medios propios, mientras su ignorancia y rechazo devienen de la imposición. Por tanto, se debe motivar la creatividad de los estudiantes con problemáticas, más que con teoremas y métodos resolutivos.

Entonces, aunque las teorías de la arquitectura y el diseño, comúnmente buscan clasificar o establecer algún concepto, postura ideológica, tipología y/o método que simplifique el trabajo y los procesos, pienso que la academia hoy necesita reconocer su problemática de origen: la transformación física - material del espacio habitable; para ello en esta investigación se proponen a modo de resumen tres “niveles de confort” (p. 26) y tres “grupos de cualidades de la función” (p. 77 - 78), que pueden servir como esquemas generales, para concretar problemas a resolver y dar objetividad a la creatividad de los estudiantes en el proceso de diseño.



Esquemas generales: niveles de confort y cualidades de la función.

Cuando se pongan en práctica estos planteamientos utilizando la tecnología informática, se debe dar un seguimiento personalizado o solicitar la realización del mismo modelo con otros métodos resolutivos (instrucciones y procedimientos); es importante lograr que los estudiantes comprendan con claridad los procesos geométricos que siguen los programas de dibujo y modelado, para poder romper esa dependencia de sus facultades creativas, e incluso, puedan llegar a reconocer mejoras continuas para la tecnología, como una herramienta más, a su alcance.

De este modo, en vez de mirar a un futuro tecnológico incierto, este trabajo propone retomar y trazar nuevos horizontes de investigación sobre la interrelación didáctica entre estas disciplinas: la geometría y el diseño arquitectónico. Como premisa, quedan las ideas y reflexiones plasmadas en estas páginas.

ANEXO

SÍNTESIS FORMATIVA DE ANTONI GAUDÍ

Para demostrar que el arquitecto no requiere una ardua preparación en el cálculo matemático o el álgebra de la geometría analítica, utilizaré como ejemplo una síntesis biográfica - formativa del arquitecto catalán Antoni Gaudí (1852–1926), quien a mi juicio revolucionó la concepción de lo arquitectónico de su tiempo, y además afirmó:

“Yo soy geómetra, lo que quiere decir: sintético”

Desde su infancia Gaudí experimentó mediante la profesión artesanal de su padre, la transformación y manipulación de la materia y sus formas. *“Fue en el taller donde aprendió por vez primera a entender el espacio y a sentir e imaginar en tres dimensiones”*.¹

“Gaudí no fue un alumno precoz. En la única asignatura que destacaba era en geometría. Todas sus demás notas iban del notable hasta el suspenso... detestaba además aprender de memoria. Nada le aburría tanto como las interminables repeticiones entonando la cantinela”.²

*“Gaudí disfrutó de sus primeros años en la ciudad y resultó ser un estudiante capaz, aunque algo irregular. Una vez más se presentó con un año de retraso al ingreso definitivo en la Escuela de Arquitectura, pero sus padres continuaron apoyándolo. Y lo harían de forma especial, considerando que al final le llevaría 10 años completar sus estudios.”*³

*“Mientras asistía a clases, Gaudí expresó que prefería el arte por encima del análisis abstracto. Para él era una tortura la **geometría analítica** que convierte la plasticidad geométrica de las formas en **fórmulas algebraicas** a las que llamó:*

(1) Van Hensbergen, Gijs, “Antoni Gaudí”, Traducción: Patricia Antón, Novoprint, Barcelona, España, 2003, p.38

(2) Ibidem., p.40

(3) Ibidem., p.67

abstracción de abstracciones. Según su propia confesión, cuando los profesores se extendían en doctrinarismos teóricos, le aburrían; cuando se ceñían a temas concretos les escuchaba con gusto." ⁴

La impresión de arrogancia precoz se veía contrarrestada por su auténtico entusiasmo cuando un profesor inspirador lograba infundírselo. **Las clases de Rovira Rabassa sobre superficies alabeadas y el estudio de la perspectiva** eran sus favoritas y más adelante sustentaría el estilo arquitectónico tardío de Gaudí en la cripta de la colonia Güell y en la Sagrada Familia." ⁵

Desde esta síntesis basada en su formación se pueden identificar varios problemas de la enseñanza, pero me centraré en aquellos donde interviene la geometría como disciplina. Parece ser que Gaudí desde niño, estaba dotado para el pensamiento racional de la geometría - matemática. Esto entra en contradicción cuando en su formación de arquitecto se encuentra con la **geometría analítica**, entonces se ve obligado a restablecer su preferencia por la **geometría proyectiva y sintética**.

Con base en esta experiencia de vida, manifiesto la necesidad de vincular con la práctica del diseño el estudio de las diversas **transformaciones geométricas** en la formación del arquitecto. Para el ejercicio de su profesión éste requiere tener mayor dominio sobre la **construcción del espacio abstracto** (geométrico - sintético) y su realidad concreta (físico - material), que un adoctrinamiento en el cálculo y sus demostraciones algebraicas. Estas últimas funciones son cubiertas y superadas por la tecnología informática, la ciencia matemática formal y las especializaciones ingenieriles, de las cuales se requerirá en menor o mayor medida, según sea la necesidad o inquietud cognitiva de cada profesionista.

(4) Van Hensbergen, op. cit., p.67

(5) Ibidem.

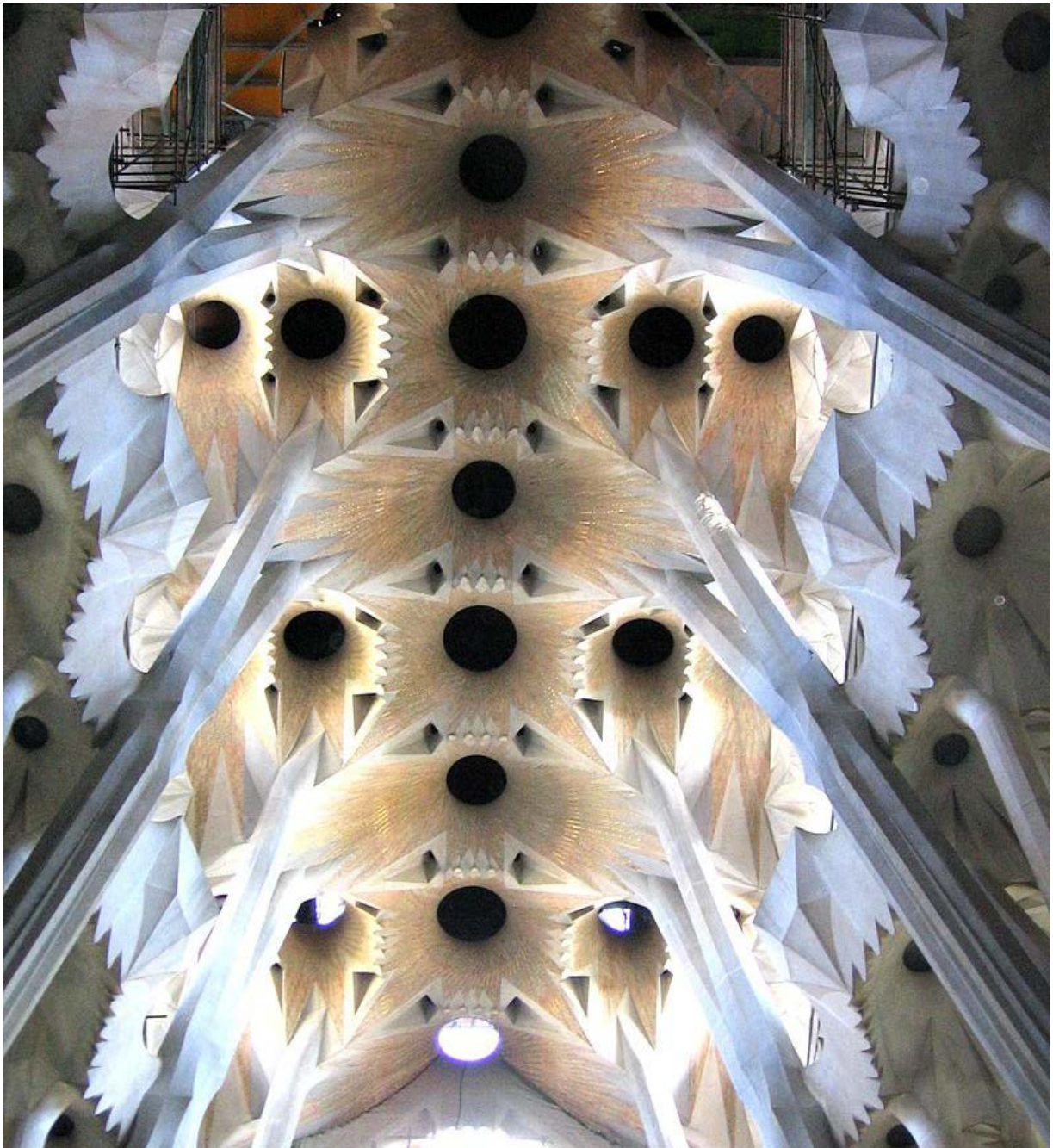


Imagen 53. Bóvedas con intersecciones de hiperboloides en la Sagrada Família, Barcelona, España.

GLOSARIO

Para la realización de este trabajo se consultaron diversas fuentes filosóficas donde intervienen conceptos complejos que siempre se buscó conciliar con la simplicidad o el sentido común, pero existen términos que suelen desviarse del enfoque u objetivo de investigación, por ello, a continuación se definen aquellos que tienen una mayor relevancia, con base en el diccionario de Oxford.

Abstracción. Acción o efecto de abstraer o abstraerse. Separar por medio de una operación intelectual una cualidad de la cosa en la que existe y considerarla aisladamente de esta cosa. Formar mediante una operación intelectual una idea mental o noción de un objeto.

Análisis. Examen detallado de una cosa, que se realiza separando o considerando por separado las partes que la constituyen, para conocer su estado, características y cualidades, lo que permite extraer conclusiones.

Analogía. Relación de semejanza entre cosas distintas.

Axioma. Enunciado tan evidente que se considera que no requiere demostración.

Causalidad. Relación entre causa y efecto. Principio u origen de alguna cosa.

Cognitivo. Del conocimiento o relacionado con él, es la facultad de procesar información a partir de las percepciones, el conocimiento adquirido (experiencia) y las características subjetivas que permiten valorar y jerarquizar la información. Consiste en procesos tales como el aprendizaje, el razonamiento, la atención, la memoria, la resolución de problemas, la toma de decisiones o los sentimientos.

Concepción. Idea, opinión o manera de entender cierta cosa (lo que se tiene).

Acción de concebir (dar a luz) o formar en la mente una idea, opinión o proyecto (lo que se genera o crea).

Concepto. Representación mental de un objeto, hecho, cualidad, situación, etc. Palabra o forma con que se expresan ideas o conocimientos.

Conocimiento. Facultad del ser humano para comprender por medio de la razón la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas.

Didáctica. Parte de la pedagogía que estudia las técnicas y métodos de enseñanza.

Diseño. Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos. Dibujo que se hace de una cosa para que sirva de modelo en su realización. Realización de un plan detallado para la ejecución de una acción o una idea.

Entendimiento. Facultad de la mente que permite aprender, comprender, razonar, tomar decisiones y formarse una idea determinada de la realidad.

Epistemología. Parte de la filosofía que estudia los principios, fundamentos, extensión y métodos del conocimiento humano.

En Grecia, el tipo de conocimiento llamado *episteme* se oponía al conocimiento denominado *doxa*. La *doxa* era el conocimiento ordinario u opinión del ser humano, en cambio la *episteme* era un saber reflexivo elaborado con rigor y fundamentos.

Experiencia. Suceso o hecho del que se obtiene cierto conocimiento. Conocimiento de algo o habilidad para ello, que se adquiere al haberlo realizado, vivido, sentido o sufrido una o más veces.

Fenomenológico. Conjunto de manifestaciones o fenómenos que caracterizan un proceso u otra cosa.

Geometría. Parte de las matemáticas que estudia la extensión, la forma de medirla, las relaciones entre puntos, líneas, ángulos, planos y figuras.

Interpretación. Dar o atribuir a algo un significado determinado.

Intuición. Habilidad para conocer, comprender o percibir algo de manera clara e inmediata, sin la intervención de la razón.

Lógica. Modo o manera particular de pensar, de ver, de razonar o de actuar, que se considera coherente, racional o de sentido común.

Matemática. Ciencia que estudia las propiedades de los números y las relaciones que se establecen entre ellos.

Modelo. Cosa que sirve como pauta para ser imitada, reproducida o copiada. Representación de un objeto a pequeña escala.

Naturaleza. Conjunto de características propias y definitorias de un ser o una cosa. Conjunto de las cosas que existen en el mundo o que se producen o modifican sin intervención del ser humano.

Percepción. Primer conocimiento de una cosa por medio de las impresiones que comunican los sentidos. Manera en que una persona aprecia algo.

Razonamiento. Acción de razonar. Establecer relación entre ideas o conceptos distintos para obtener conclusiones o formar un juicio.

Representación. Signo, palabra o imagen con que una persona se representa algo mentalmente. Símbolo, imagen o imitación que hace pensar en determinada cosa.

Síntesis. Operación mental o producto intelectual complejo, que resulta de reunir distintos elementos que estaban dispersos, para organizarlos y relacionarlos.

Universal. Ideas generales que representan en nuestra mente los hechos particulares de la realidad, que pertenece o se refiere a todos los países, a todos los tiempos, a todas las personas o a todas las cosas.

Persona que tiene grandes conocimientos de muchos temas.

BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES

Alsina, Claudi, *“Invitación a la Didáctica de la Geometría”* / Claudi Alsina, Carme Burgués, Josep Ma Fortuny. Madrid, España: Editorial Síntesis, 1997. 142p.

Bachelard, Gastón. *“La formación del espíritu científico”*: 23a edición en español. México: Ed. Siglo XXI editores, 2000. 302p,

Bernabé, Alberto. *“Fragmentos presocráticos”*. Madrid, España: Alianza Editorial, 2008. 400p.

Cassirer, Ernst. *“Antropología Filosófica”*. México: Ed. Fondo de Cultura Económica, 2013. 335p.

García Olvera, Héctor; Hierro Gómez, Miguel & Baltierra Magaña, Adrián. *“Reflexiones en torno a la actividad proyectual y la producción humana en la forma de lo arquitectónico – Vol. 7”*. México: Ciudad Universitaria, UNAM, 2019. 311p.

Ghyka, Matila. *“El Número de Oro: Tomo I”*. Barcelona, España: Ed. Poseidón, 1978. 218p.

Ghyka, Matila. *“El Número de Oro, Tomo II”*. Barcelona, España: Ed. Poseidón, 1978. 206p.

Guétmanova, A. *“Lógica: En forma simple sobre lo complejo”* / A. Guétmanova, Panov M., Petrov V.; Traducción del ruso por Victor Médnikov, Moscú, URSS: Ed. Progreso, 1991. 304p.

Hierro Gómez, Miguel & Baltierra Magaña, Adrián. *“El diseño arquitectónico, un acertijo epistemológico”*. México: UNAM, CIAUP, 2020. 159p.

Irigoyen Castillo, Jaime F. *“Filosofía y diseño: una aproximación epistemológica”*. México: UAM Xochimilco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, 2008. 414p.

Klein, Félix. *“Matemática Elemental: Desde un punto de vista superior. Vol. II - Geometría”*. Madrid: Biblioteca Matemática, 1931. 384p.

Moisset de Espanes, Inés. *“Fractales y Formas Arquitectónicas”*. Argentina: Ed. i+p, 2003. 176p.

Pascal, Blaise. *“Pensamientos: Tomo I”*/ Traducción por Xavier Zubiri. París: Ed. Hachette, edito minor, 1912 y 1946.

Pascal, Blaise. *“Sobre el Espíritu Geométrico y Sobre el Arte de Convencer”* / Traducción Constantino Láscaris C., sobre el texto incluido en: L’Ouvre de Pascal, texto por Jacques Chevalier. París: Ed. La Pleiade, 1936.

Pozo, José Manuel. *“Geometría para la arquitectura: Concepto y Práctica”*. España: Ed. Ediciones S.L., Universidad de Navarra, 2002. 396p.

Salíngaros, Nikos A., ***“Antiarquitectura y deconstrucción: El triunfo del nihilismo”***, España: Ed. Edición Mairea Libros, 2014. 310p.

Steiner, Rudolf. ***“La filosofía de la libertad”***. Madrid, España: Ed. Rudolf Steiner, 1999. 120p.

Van Hensbergen, Gijs. ***“Antoni Gaudí”*** / Traducción: Patricia Antón, Barcelona, España, Novoprint, 2003. 350p.

TESIS CONSULTADAS

Álvarez García, Joaquín. ***“El desarrollo de la representación gráfica en el estudiante de arquitectura”***. Tesis Doctorado. Cuba: Centro de Estudios de Ciencias de la Educación, Universidad de Camagüey, 2001, 162p.

Grillo, D. Antonio Carlos. ***“La arquitectura y la naturaleza compleja: Arquitectura, ciencia y mimesis a finales del siglo XX”***. Tesis Doctorado. España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2002. 218p.

Hierro Gómez, Miguel. ***“La naturaleza del diseño arquitectónico y su proceso”***. Tesis Doctorado. México: Facultad de Arquitectura, UNAM, 2014. 150p.

Rodríguez Bolado, Alejandra. ***“Estudio de la forma a partir de cuatro áreas del conocimiento”***. Tesis Doctorado. México: Facultad de Arquitectura, UNAM, 2008. 231p.

Rosas Marin, María Antonia Guadalupe. ***“La geometría descriptiva en el proceso de diseño: cambio conceptual de la enseñanza de la geometría en la licenciatura de arquitectura”***. Tesis Maestría. México: Facultad de Arquitectura, UNAM, 2004. 129p.

Xelhuantzi, Rebeca Trejo. ***“El desarrollo de la geometría descriptiva, su aplicación y enseñanza dentro de la arquitectura”***. Tesis Maestría. México: Facultad de Arquitectura, UNAM, 2002. 118p.

Xelhuantzi, Rebeca Trejo. ***“El esquema de graficación espacial como vínculo de enseñanza y la importancia de la geometría”***. Tesis Doctorado. México: Facultad de Arquitectura, UNAM, 2005. 225p.

Nota: las fuentes consultadas fueron aquellas que tratan aspectos filosóficos, epistemológicos, antropológicos y pedagógicos, de la geometría y la arquitectura.

REFERENCIA DE IMÁGENES

- Imagen 1.** Archivo personal.
- Imagen 2.** https://es.wikipedia.org/wiki/Órdenes_clásicos
- Imagen 3.** <http://leonardodavincicarq.blogspot.mx>
- Imagen 4.** <https://www.arquitecturaorganica.com/habitat/la-casa-organica/>
- Imagen 5.** <https://www.wikiart.org/en/m-c-escher/day-and-night>
- Imagen 6.** <http://imagenes.4ever.eu/personas/ninos/nino-162847>
<https://detalesanewton.wordpress.com/2013/11/29/agudeza-visual/>
- Imagen 7.** Archivo personal.
- Imagen 8.** <https://www.ciudadania-express.com/2015/06/25/casas-geo-debe-al-menos-900-viviendas/>
- Imagen 9.** https://es.wikipedia.org/wiki/Habitat_67
- Imagen 10.** Archivo personal.
- Imagen 11.** <http://momentosarquitectonicos.blogspot.mx/2012/01/objetividad-y-subjetividad-en-la.html>
- Imagen 12.** https://www.bbc.com/mundo/video_fotos/2014/09/140930_fotos_panama_bio_museo_frank_gehry_jgc
- Imagen 13.** http://www.carloscarpa.es/Tumba_Brion.html
- Imagen 14.** <https://kenyamillan.wordpress.com/2015/06/09/>
<http://francis.naukas.com/2012/12/26/la-botella-de-klein/>
- Imagen 15.** https://es.wikipedia.org/wiki/Artes_liberales
- Imagen 16.** <https://es.wikipedia.org/wiki/Pitagóricos>
- Imagen 17.** Ghyka, Matila, "El Número de Oro, Tomo I" op. cit., p.39
- Imagen 18.** https://en.wikipedia.org/wiki/Hand_with_Reflecting_Sphere
- Imagen 19.** https://en.wikipedia.org/wiki/Venus_of_Willendorf
<http://tochoocho.blogspot.com/2013/02/el-rey-arquitecto-gudea-de-lagash.html>
- Imagen 20.** <http://www.wikilengua.org/index.php/escalímetro>
- Imagen 21.** https://es.wikipedia.org/wiki/Yingzao_Fashi
- Imagen 22.** https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_diédrico
- Imagen 23.** https://es.wikipedia.org/wiki/Perspectiva_cónica
- Imagen 24.** Archivo personal.
- Imagen 25.** https://es.wikipedia.org/wiki/Hombre_de_Vitruvio
<https://navegandolaarquitectura.wordpress.com/2013/09/23/le-corbusier>
- Imagen 26.** https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_Pitágoras

- Imagen 27.** Archivo personal.
- Imagen 28.** Archivo personal.
- Imagen 29.** Ghyka, Matila, "El Número de Oro, Tomo I" op. cit., p.92-93
- Imagen 30.** http://grupo.us.es/actiplasarqu/1d/1d_index.html
- Imagen 31.** <http://arquitectamoslocos.blogspot.mx/2013/05/>
- Imagen 32.** <https://www.archdaily.mx/mx/764294/clasicos-de-arquitectura-museo-guggenheim-bilbao-frank-gehry>
- Imagen 33.** Archivo personal.
- Imagen 34.** <http://waithinktank.com/Pure>
- Imagen 35.** <https://es.wikipedia.org/wiki/Alhambra>
- Imagen 36.** <https://handecoblog.wordpress.com/2014/01/10/>
- Imagen 37.** <https://es.wikipedia.org/wiki/Fractal>
- Imagen 38.** <https://en.wikipedia.org/wiki/Hogan>
- Imagen 39.** Archivo personal.
- Imagen 40.** https://www.viajandoentrepiedras.com/giza-egipto/giza_piramides/
<http://egiptomirandaunibague.blogspot.mx/>
- Imagen 41.** Archivo personal.
- Imagen 42.** <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/panteon-de-agripa/>
- Imagen 43.** Archivo personal.
- Imagen 44.** <http://gershonselber.org/EscherForReal/>
- Imagen 45.** Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.66
- Imagen 46.** https://es.wikipedia.org/wiki/Sólidos_platónicos
- Imagen 47.** <https://jarcellanaportfolio.wordpress.com/2013/09/>
- Imagen 48.** <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/Restaurante-Los-Manantiales/>
- Imagen 49.** Archivo personal.
- Imagen 50.** https://es.wikipedia.org/wiki/Frank_Lloyd_Wright
https://es.wikipedia.org/wiki/Museo_Solomon_R._Guggenheim
- Imagen 51.** <https://www.arquitecturaorganica.com/habitat/nautilus/>
- Imagen 52.** <http://xolostarango.com.mx/notas/>
- Imagen 53.** Alsina, Claudi; Burgués, Carme; Fortuny, Josep Ma.; op. cit., p.87
- Imagen 54.** https://es.wikipedia.org/wiki/Antoni_Gaudi