

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA LA FORMACIÓN DE ARQUITECTOS EN LA INTEGRACIÓN DE PRINCIPIOS BIOLÓGICOS A LA METODOLOGÍA DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Trabajo de Obtención de Grado que para obtener el grado de
MAESTRO EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presentan: JAIR CARLOS ANDRES YOE CUETO

Elija un elemento.: YOLANDA GUADALUPE BOJÓRQUEZ MARTÍNEZ

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. Mayo de 2018.

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA LA FORMACIÓN DE ARQUITECTOS EN LA INTEGRACIÓN DE PRINCIPIOS BIOLÓGICOS A LA METODOLOGÍA DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento:
Desarrollo de tecnología apropiada

Modalidad del TOG:
Proyecto de investigación aplicada

ABSTRACT

Palabras clave: Metodología de diseño arquitectónico, Vivienda, sustentabilidad, biodiseño

La arquitectura sustentable en México está enfocada primordialmente a reducir los impactos ambientales del cambio climático a través de la implementación de la tecnología, lo cual es observable, por ejemplo en el concepto institucional de Vivienda Sustentable. En consecuencia un objeto arquitectónico, no responde a las necesidades biológicas del planeta y es diseñado bajo una sustentabilidad débil que busca minimizar y adecuarse a los cambios más que regenerar el hábitat degradado del ser humano. Además los arquitectos recurren al diseño arquitectónico tradicional, aprendido en la formación profesional, como método proyectual de arquitectura sustentable. Por consiguiente el ejercicio profesional del arquitecto es poco reflexivo sobre la relación entre arquitectura y su entorno biológico.

La sustentabilidad en arquitectura adquiere dimensiones conceptuales y metodológicas más que tecnológicas, específicamente de diseño. Es por esto que la investigación está dirigida a proponer estrategias didácticas para la integración de principios biológicos a la metodología de diseño arquitectónico, para mejorar la sustentabilidad en arquitectura desde la formación profesional, hacia la construcción de un modelo proyectual regenerativo enfocado en la integración biológica de un objeto arquitectónico a su entorno. Desarrollada a través de un estudio aplicado de diseño, con herramientas que incorporan principios biológicos y del biodiseño.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por siempre estar conmigo, a mis padres, familia y a mi pareja por estar incondicionalmente a mi lado y contar con su apoyo. A mi tutora con quien desarrollé el TOG y compartió conmigo su experiencia, sabiduría y entusiasmo.

Un especial agradecimiento al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo económico durante la realización del posgrado.

A mis alumnos que permitieron que la investigación se realizara y aportaron información muy importante para la formación profesional del arquitecto.

A mis maestros por todo el aprendizaje compartido

Índice

1. Introducción

1.1 Antecedentes	2
1.2 Delimitación geográfica del área de estudio	7
1.3 Planteamiento del problema	8
1.4 Justificación de la investigación	16

2 Marco conceptual

2.1 Definición de sustentabilidad y dimensiones de la sustentabilidad	21
2.2 La Biomimesis como modelo de sustentabilidad	24
2.3 Conceptos claves desarrollados y aplicados	25
2.4 Arquitectura biológica	27
2.5 Biodiseño	29

3 Marco Teórico

3.1 Antecedentes empíricos	32
3.2 Teorías arquitectónicas que integran biología y arquitectura: el caso de la arquitectura orgánica y la biológica	34
3.3 Metodologías de diseño arquitectónico: Métodos convencionales y métodos emergentes	40
3.4 Comparativa de metodologías de diseño	52

4 Estado del arte

4.1 Productos de la aplicación de principios naturales	57
4.2 Métodos y procesos: experiencias de la enseñanza y aplicación de principios biológicos en la licenciatura en arquitectura	62
4.3 Herramientas metodológicas extraídas del biodiseño y aplicadas en la investigación	65
4.4 Contribución a la arquitectura biológica por parte de las herramientas de diseño seleccionadas para la investigación realizada	69
4.5 Principios derivados de los organismos vivos	70
4.6 Principios Biológicos seleccionados	

5 Objeto de estudio empírico

5.1 Vivienda	77
5.1 Definición de vivienda	78
5..2 Vivienda adecuada	79
5.3 Vivienda sustentable	80
5.4 Indicadores de vivienda sustentable	83

6 Diseño metodológico de la investigación

6.1 Metodologías y métodos aplicados en la investigación	85
6.2 Objeto de estudio empírico y conceptual	88
6.3 Ejes Directrices de la investigación: preguntas, hipótesis y/o supuestos, objetivos de la investigación	88
6.4 Tradiciones académicas	91
6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	93
6.6 Estudio aplicado del proceso de diseño con enfoque biológico	95
6.7 Evaluación de los ejercicios realizados en el estudio	100
6.8 Encuesta final	102

7 El estudio aplicado de metodología

7.1 Desarrollo y análisis de las tres fases del estudio aplicado del proceso de diseño con enfoque biológico	105
7.2 Evaluación de los ejercicios de las distintas fases del estudio	123
7.3 Interpretación de los resultados del nivel de aplicación de biodiseño y sus herramientas, obtenido en las distintas fases	125
7.4 Variables observadas y registradas en las fases de la investigación	132
7.5 Encuesta: resultados de la encuesta y conclusiones	133
7.6 Análisis y conclusiones de las entrevistas realizadas	142
7.7 Conclusiones finales del estudio aplicado del proceso de diseño con enfoque biológico	149

8 Reflexión final

8.1 Sobre la integración de los principios biológicos a la metodología de diseño arquitectónico predominante	152
--	-----

9 Estrategias didácticas propuestas	159
10 Respuestas a preguntas de investigación y conclusiones	
10.1 Respuestas a preguntas de investigación	170
10.2 Comprobaciones breves de hipótesis iniciales de esta investigación	174
10.3 Verificaciones breves de Objetivos iniciales de esta investigación	176
10.4 Conclusión final del Trabajo de Obtención de Grado	178
Bibliografía y referencias	181
Anexos	196
Reporte de Campo	
Entrevistas	
Resultados de encuesta, sección preguntas cerradas	
Resultados de encuesta, sección preguntas abiertas	
Escuelas de arquitectura en AMG.	
Sistematización de entrevistas	
Evaluación de ejercicios de la Fase 1	
Evaluación de ejercicios de la Fase 2	
Evaluación de ejercicios de la Fase 3	

Índice de gráficos

- Gráfico 1 Delimitación Jurídica del Área Metropolitana de Guadalajara
- Gráfico 2 Proceso de producción de los objetos arquitectónicos
- Gráfico 3 Co-beneficios seleccionados de vivienda sustentable NAMA
- Gráfico 4 Vivienda en fraccionamiento Real del Valle, construido con Hipoteca verde y ubicado en Tlajomulco de Zúñiga
- Gráfico 5 Ejemplo de Conjunto Habitacional de NAMA vivienda nueva. Ubicada en Rinconada del Rosario, Tonalá, Jalisco
- Gráfico 6 Vivienda en fraccionamiento Los Molinos, construido sin Hipoteca verde o NAMA, ubicado en Zapopan
- Gráfico 7 Análisis del proceso de concepción del concepto de vivienda
- Gráfico 8 Esquema de sectores a los que se les aporta con los resultados de la investigación
- Gráfico 9 Relación de universidades según programa educativo y asignaturas relacionadas con la sustentabilidad en arquitectura
- Gráfico 10 Dimensiones de la sustentabilidad en conjunción con la biosfera y tecnosfera
- Gráfico 11 Mapa mental de la construcción del marco teórico de la investigación
- Gráfico 12 Imagen de edificio basado en una planta dentro de la propuesta de Arquiboscencia, “La ciudad vegetal” de Luc Schuiten
- Gráfico 13 Interior de la casa Milá
- Gráfico 14 Vista exterior de la Villa Mairea
- Gráfico 15 Vista exterior de la Casa Flor
- Gráfico 16 Vista exterior de vivienda tradicional en África
- Gráfico 17 Vivienda construida con adobes, en Chiapa de Corzo, Chiapas, México
- Gráfico 18 Vista exterior de pabellón construido con ladrillo biodegradable
- Gráfico 19 Explicación gráfica del pabellón “The scales biodigital system pavilion”
- Gráfico 20 Etapas del diseño arquitectónico tradicional derivadas de las etapas de diseño en ingeniería
- Gráfico 21 Esquema del proceso de diseño arquitectónico según Villagrán
- Gráfico 22 Proceso de diseño manejado en la UNACH, según el arquitecto Lucero Márquez

- Gráfico 23 Metodología de diseño bioclimático, propuesto por Víctor Armando Fuentes Freixanet
- Gráfico 24 Comparativa de características entre la arquitectura actual y la arquitectura biológica abordada en la investigación.
- Gráfico 25 Clasificación de los procesos de diseño que involucran la naturaleza
- Gráfico 26 Biodiseño integrado
- Gráfico 27 Tabla para realizar el análisis denominado BioTriz
- Gráfico 28 Proceso de biosideño a partir de la descomposición funcional y la optimización funcional
- Gráfico 29 Metodología de diseño biológico propuesto por Aresta
- Gráfico 30 Comparativa de metodologías de diseño arquitectónico
- Gráfico 31 Diferencias entre el proceso de diseño arquitectónico y el diseño biomimético
- Gráfico 32 Organización de las investigaciones relacionadas a la aplicación de principios de la naturaleza
- Gráfico 33 Ejemplos de productos y sistemas que aplican principios derivados de la naturaleza
- Gráfico 34 Diseño de Joris Laarman, silla inspirada en la estructura de los huesos con osteoporosis, "Bone Chair"
- Gráfico 35 Aplicación de principios naturales en la generación de materiales genéticamente modificados y creados digitalmente
- Gráfico 36 Aplicación de principios a nivel formal. Taller del arquitecto Agustín Hernández
- Gráfico 37 Aplicación de principios a nivel sistemas. Pabellón de seda MIT/Matter Media Lab
- Gráfico 38 Aplicación de principios a nivel funcional. Centro Eastgate en Zimbabue
- Gráfico 39 Aplicación de principios a nivel estructural. Estructura del cactus
- Gráfico 40 Modelo metodológico aplicado en el grupo que comenzó del análisis de un caso real de Biomimética
- Gráfico 41 Modelo metodológico aplicado en el grupo que comenzó de una solución natural aplicable al diseño de un objeto
- Gráfico 42 Estructura de los elementos que componen la bitácora de observación biológica, derivada del proceso de biodiseño
- Gráfico 43 Ejemplo de Clasificación jerárquica de funciones biológicas por medio de

BioTRIZ

- Gráfico 44 Ejemplo de tabla para conocer organismos con funciones biológicas aplicables a un proyecto
- Gráfico 45 Principios de la vida (Life's principles) propuesto por Janine Benyus
- Gráfico 46 Contribución a la arquitectura biológica por parte de las herramientas de diseño seleccionadas para la investigación realizada
- Gráfico 47 Resumen de requerimientos de sustentabilidad de la vivienda según ONU y recopilación de principios biológicos, derivados de Santibañez (2007) y cotejados con los principios de la vida del Biomimicry (1997) de Janine Benyus
- Gráfico 48 Esquema de cualidades y características que integran a la vivienda
- Gráfico 49 Síntesis del concepto de vivienda
- Gráfico 50 Indicadores de sustentabilidad de la vivienda, abordados en la investigación
- Gráfico 51 Metodología general de la investigación realizada
- Gráfico 52 Tabla de alineación epistémica
- Gráfico 53 Concentrado de personas entrevistadas
- Gráfico 54 Esquema del estudio aplicado del proceso de diseño con enfoque biológico
- Gráfico 55 Conformación de la muestra del estudio
- Gráfico 56 Cronograma de temas y desarrollo del estudio
- Gráfico 57 Matriz de evaluación de los ejercicios del estudio
- Gráfico 58 Ejemplo de formato de encuesta
- Gráfico 59 Proceso de desarrollo de la fase 1
- Gráfico 60 Trabajos finales de alumnos de la fase 1
- Gráfico 61 Proceso del desarrollo de la fase 2
- Gráfico 62 Boceto inicial I
- Gráfico 63 Boceto inicial II
- Gráfico 64 Boceto inicial III
- Gráfico 65 Propuesta de vivienda mínima, discutida en 1929 en el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM)
Fuente: <http://elarquitectoimpenitente.blogspot.mx/2014/07/la-vivienda-minima-y-otras-quimeras.html>
- Gráfico 66 Cabaña en Mazamitla
- Gráfico 67 Ejercicios resultados de la fase 2
- Gráfico 68 Mapa mental de análisis de funciones derivadas de los organismos e

- integradas al ejercicio, elaborado por alumno de la fase 3 del estudio
- Gráfico 69 Tabla de análisis derivada de BioTRIZ, elaborada por alumno
- Gráfico 70 Proceso de desarrollo de la fase 3 del estudio
- Gráfico 71 Trabajos finales de alumnos de la fase 3
- Gráfico 72 Escala valorativa de los aspectos abstracción, analogía y aplicación a la arquitectura.
- Gráfico 73 Escala que explica el nivel de abstracción de ideas basadas en la naturaleza, alcanzado por los alumnos del estudio.
- Gráfico 74 Presentación de la evaluación de los ejercicios realizados en estudio
- Gráfico 75 Comparativa de los resultados de las tres fases
- Gráfico 76 Comparativa de los aspectos, en la fase 1
- Gráfico 77 Comparativa de los aspectos, en la fase 2
- Gráfico 78 Comparativa de los aspectos, en la fase 3
- Gráfico 79 Comparativa de las tres fases en el aspecto analogía
- Gráfico 80 Comparativa de las tres fases en el aspecto abstracción de funciones
- Gráfico 81 Tabla de variables observadas y registradas durante el desarrollo del estudio con los alumnos
- Gráfico 82 Resultados de la encuesta realizada a alumnos que participaron en alguna fase de la investigación así como alumnos que no participaron.
- Gráfico 83 Tabla que presenta las variables obtenidas de los resultados de la encuesta realizada a alumnos
- Gráfico 84 Tabla que presenta los resultados de la encuesta sobre la utilidad de la integración de la biología en el proceso de diseño arquitectónico según grupos
- Gráfico 85 Tabla que presenta Incidencia de las variables en la aplicación de las herramientas de diseño que usan principios biológicos
- Gráfico 86 Concentrado de personas entrevistadas
- Gráfico 87 Tabla que presenta temas obtenidos de las respuestas de los entrevistados, según sistematización de las respuestas, mostradas en extenso en anexos
- Gráfico 88 Explicación grafica del área aprovechable en 4 formas geométricas distintas
- Gráfico 89 Diferencias entre el paradigma de diseño antropocéntrico y el biocéntrico
- Gráfico 90 Comparativa del objeto de estudio de la naturaleza para la arquitectura y otras disciplinas
- Gráfico 91 Visión integral de la sustentabilidad de un objeto arquitectónico

- Gráfico 92 Proceso de diseño propuesto , producto de la investigación
- Gráfico 93 Grafica del estudio realizado
- Gráfico 94 Vista de alumnos en Huerto colectivo del IACC
- Gráfico 95 Vista de alumnos de Udeg recolectando botellas de PET para su posterior reciclado
- Gráfico 96 Comparativa de espacio aprovechado entre diferentes formas geométricas
- Gráfico 97 Ejemplo de realización de un fractal a partir de un triángulo
- Gráfico 98 Ejemplo de elementos que deberían integrarse al programa arquitectónico de la metodología predominante
- Gráfico 99 Izquierda. Cartel del ciclo primavera 2018 de conferencias en el CCAU.
Derecha. Vista del salón de eventos donde se realizan las actividades
- Gráfico 100 Impresión digital de una retícula modelada digitalmente
- Gráfico 101 Modelo realizado en Rhinoceros y Grasshopper
- Gráfico 102 Refugio realizado por estudiantes del SOAT
- Gráfico 103 Nidos de golondrinas, construidos en el recoveco de una vivienda.
- Gráfico 104 Uso de la aplicación Pair (antes llamado Visidraft), un ejemplo de realidad aumentada
- Gráfico 105 Estructura de madera realizada por estudiantes del Valldura Lab, del Iaac
- Gráfico 106 Estructura, producto de la abstracción del tejido del cactus

Resumen de acrónimos y siglas

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
AMG	Área Metropolitana de Guadalajara
CIDOC	Fundación Centro de Investigación y Documentación de la Casa, A.C.
Conavi	Comisión Nacional de Vivienda
CANADEVI	Cámara Nacional de la Vivienda
FOVISSTE	Fondo de la Vivienda del instituto del Seguro Social de Trabajadores del Estado
Fonhapo	Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares
Infonavit	Instituto del Fondo Nacional para la Vivienda de los Trabajadores
ITESO	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
HIC-AL	Habitat International Coalition América Latina
NAMA	National Appropriate Mitigation Actions
RUV	Registro Único de la Vivienda
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONU	Organización de las Naciones Unidas
UNEDL	Universidad Enrique Díaz de León
UNE	Universidad de Especialidades
SHF	Sociedad Hipotecaria Federal
WELL	Certificación WELL
UNAM	Universidad Autónoma de México
UIA	Unión Internacional de Arquitectos
UdeG	Universidad de Guadalajara
RCD	Residuos de la construcción y la demolición
CMIC	Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción
IAAC	Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña
TRIZ	the Russian Theory of Inventive Problem Solving
VESAC	Asociación Vivienda y Entorno Sustentable
PPOA	Proceso de producción de los objetos arquitectónicos

A large red circle with a thin white border is centered on the page. Inside the circle, the number '01' is written in a white, serif font.

01

EL PROBLEMA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Para entender los problemas, primero debemos entender al ser humano como una especie más entre el conjunto de organismos vivos” (Ernst, 2016).

1 Introducción

1.1 Antecedentes

El ser humano es una más de las 3,800 especies de organismos vivos identificados en el planeta. El humano como especie tiene el comportamiento, principios y características similares a otros seres vivos; además su entorno natural ha sido fuente de inspiración e imitación para desarrollar objetos que den solución a sus problemas inmediatos (Vilchis, 1998). En la dinámica de diseño a partir de la naturaleza hemos de comprender que el humano se inserta en esta como un organismo vivo más y a su vez su entorno biológico es aplicado al diseño. Esto muestra la necesidad de comprender e integrar los organismos vivos al diseño, es por esto que en las últimas décadas han surgido disciplinas como la biomimesis y el biodiseño, íntimamente ligadas a la biología, la ecología, la sustentabilidad y el diseño en todas sus ramificaciones. Estas disciplinas catalogadas como emergentes, son ideologías que proporcionan métodos y herramientas de diseño alternas que buscan resolver los actuales problemas ambientales que, como mencionan Commoner & Riechman (1992), han sido generados por una tecnosfera mal diseñada (*sistema de estructuras y útiles inserto en la ecosfera, por ejemplo la arquitectura y los asentamientos humanos*) que se aleja de las necesidades de los organismos vivos y funciona en contraposición a los principios naturales.

La biomimesis y el biodiseño como disciplinas de diseño, han realizado diversas aportaciones a la sustentabilidad en la arquitectura a lo largo de los años, distinguiendo dos momentos históricos importantes. El primero es la aparición de una arquitectura consecuencia de la concientización de los problemas ambientales. En 1960 con la aparición del concepto de ecología y el surgimiento de movimientos ambientalistas de 1971 a 1979 (Patuel 2014), se reconocieron los

impactos ambientales de la arquitectura. Aparece en 1973 en la Conferencia Internacional de Florencia sobre energía solar y planeación urbana el High Tech como ideología de arquitectura amigable con el medio ambiente que busca resolver los impactos ambientales a través del uso de tecnología. “Desde entonces emergió una nueva arquitectura de orientación ecológica la cual recibiría varios nombres: *Arquitectura Sustentable, Arquitectura Ecológica, Arquitectura Verde, Arquitectura Bioclimática, Eco-Arquitectura, Arquitectura Ambientalmente Consciente, Arquitectura Inteligente, Bioconstrucción, Arquitectura Biónica, Arquitectura baja energía.....*” (Patuel 2014). A partir de la conferencia, la tendencia ha sido una sustentabilidad cada vez más dependiente en el desarrollo y uso de tecnología. Esta dependencia solo nos guía a lo denominado por Riechman (2006) como sustentabilidad débil. Esta se caracteriza por buscar una sustentabilidad de soluciones temporales que minimicen los impactos ambientales mediante soluciones tecnológicas industrializadas que ignoran el funcionamiento natural de los ecosistemas y terminan creando otros problemas.

Pese al enfoque tecnológico de la sustentabilidad, diversas propuestas arquitectónicas han sido planteadas basadas en encontrar similitudes entre la naturaleza y los problemas de diseño. ¿Cómo lo haría la naturaleza? es la pregunta planteada desde 1970, cuando Jack E. Steel presenta el concepto de la biónica en el Congreso de Ingenieros de la Fuerza Aérea Estadounidense. Desde entonces esta pregunta ha sido una guía para la abstracción de conceptos de los procesos naturales y organismos biológicos vivos e inertes. Primero para crear materiales a partir e inspirados en el entendimiento de los procesos naturales, denominado biomimética por el científico estadounidense Otto Schmitt en 1950; posteriormente en 1979 para utilizar principios constructivos u operacionales de organismos naturales, denominado diseño biotécnico (Steadman,1982). En 1982 aparece el término biomimesis para dirigirse en el sentido más amplio de diseñar aprendiendo a imitar a la naturaleza; en años recientes ha aparecido el concepto biodiseño, cuya relación va mas allá de imitar, procura aprender y emular tanto organismos como ecosistemas complejos.

El segundo momento es la búsqueda de la sustentabilidad en arquitectura. La Unión Internacional de Arquitectos (UIA) en 1993 a través de la “Declaración de interdependencia para un futuro sustentable”, reconoció que el uso de la tecnología desde 1980 no ha solucionado los problemas ambientales (UIA,1993). Posteriormente en 2009 dentro del marco de la 15a Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (COP15) de Copenhague manifiesta la necesidad de pensar la arquitectura desde el diseño , en lo que la UIA (2009&2014) denomina “Sustainable by design”. De esta manera surge la búsqueda de la sustentabilidad consciente, a partir de la reflexión de la actividad de proyectar un espacio habitable, pensado más allá de un objeto arquitectónico con tecnología para minimizar los impactos ambientales. Además de la educación como estrategia de cambio dentro de programas académicos y desarrollo profesional, en concordancia con el capítulo de Educación de la arquitectura de la UNESCO-UIA (UIA, 2009).

La sustentabilidad en la arquitectura a partir del diseño aborda diversidad de tipologías arquitectónicas, sin embargo la investigación se colocó en el género habitacional como objeto de estudio empírico, dada la representatividad social, avances institucionales, divulgación e importancia para las generaciones actuales y futuras. Es la vivienda un tema prioritario en la agenda internacional. Está presente en los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde se encuentra el derecho a una vivienda digna, mismo que es un derecho humano fundamental.

En México, la Vivienda sustentable forma parte del Plan Nacional de Desarrollo 2007 - 2012 con una visión hacia el 2030 y se formuló el Programa Específico para el Desarrollo Habitacional Sustentable ante el Cambio Climático o también llamado Programa Nacional de Vivienda 2014-2018: Hacia un desarrollo habitacional sustentable. La Política Nacional de Vivienda conduce hacia un desarrollo habitacional sustentable enfocado a la dimensión ambiental, desde el 2007 a través del Programa Nacional de Hipoteca verde (Fundación IDEA, A.C.

2013); complementada desde el 2012 con el Sistema de Evaluación de Vivienda Verde (Sisevive-Ecocasa) del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) ; y en el 2016 los Proyectos del Programa de Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación conocido por sus siglas en inglés como NAMA, para vivienda nueva, vivienda usada y a nivel urbano.

En el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) existen viviendas dentro de desarrollos habitacionales que son considerados sustentables o ecológicos. Tal es el caso de la comunidad ecológica Los Guayabos; el fraccionamiento Bosque Real y Naturezza. Otros como Ciudad Granja o el fraccionamiento Silos, este último en la actualidad se encuentra en su mayoría abandonado y con diversos conflictos sociales, como consecuencia de su mala ubicación respecto a la estructura vial del AMG. Viviendas con hipoteca verde como en el desarrollo el Acantilado y el fraccionamiento La Victoria y Valle Real en Tlajomulco de Zúñiga (CIATEC,2008). Además, desde el 2016 en Tonalá se encuentra el proyecto piloto de NAMA vivienda nueva, el desarrollo Rinconada del Rosario. En todos los casos las edificaciones utilizan eco tecnologías y es por sus soluciones tecnológicas que se pueden clasificar como prototipos de vivienda con una sustentabilidad débil que omite aspectos sociales y económicos, en oposición a lo planteado por la UIA.

En la actualidad, alrededor del planeta se buscan soluciones arquitectónicas sustentables con menor complejidad tecnológica, semejantes a diseños vernáculos, sensibles a los fenómenos y ciclos naturales para adaptarse a ellos de manera colaborativa y no impositiva. Algunas investigaciones sobre sustentabilidad en diseño arquitectónico las han realizado los arquitectos Kim, J. y Rigdon, Brenda. (1998) de la universidad de Michigan; en México el arquitecto Hernández, S. (2008), ambos proponen metodologías de diseño basadas en el análisis de ciclo de vida del edificio (ACV). Más recientemente el Biólogo Égido (2012) y el Arquitecto Aresta (2014) han desarrollado el concepto de biodiseño y Arquitectura Biológica respectivamente. Estos autores plantean la interdisciplinariedad del diseño y la biología para resolver la acelerada

degradación ambiental y lograr una simbiosis entre arquitectura y medio ambiente. Al respecto cabe resaltar el trabajo de Pedersen Zari, Neri Oxman, The living architecture firm y Janine Benyus. Estos investigadores proponen un replanteamiento de la tecnosfera, mediante soluciones no tan solo ecológicas, sino biológicas. Soluciones que sean capaces de generar vida y con ello poder renovar diversas ciencias y disciplinas como la arquitectura.

1.2 Delimitación geográfica del área de estudio

La investigación se realizó en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), en el estado de Jalisco, México. Esta constituida conforme al decreto 25400/LX/15, por los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, Zapotlanejo, Guadalajara y Zapopan (ver gráfico 1). Se trabajó en el municipio de Guadalajara por la ubicación de las universidades en las que se desarrolló y aplicó el estudio. La investigación se desarrolló a un nivel teórico, metodológico y conceptual donde el objeto de estudio empírico fue la vivienda vista como objeto arquitectónico representativo de la arquitectura. Por esto los resultados son aplicables no solo para mejorar la sustentabilidad de la vivienda, además a todo objeto arquitectónico, sea un producto académico o profesional, edificación nueva o construida.

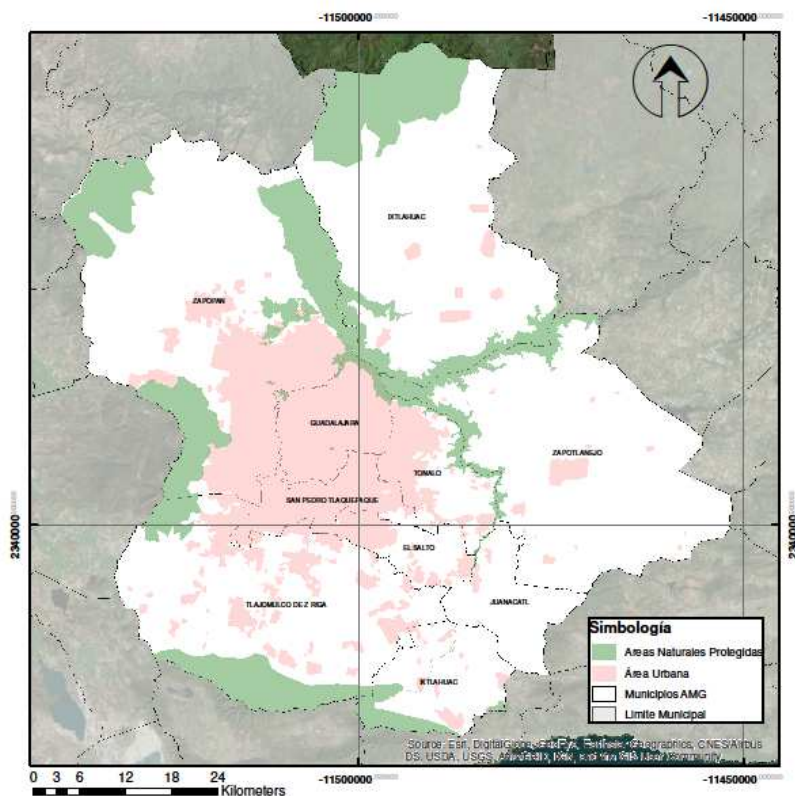


Gráfico 1 Delimitación jurídica del Área Metropolitana de Guadalajara
Fuente: Elaborado por el autor

1.3 Planteamiento del problema

“La superpoblación, la destrucción del ambiente y la mala calidad de vida en las ciudades no se pueden resolver con adelantos técnicos, ni por medio de la literatura o historia, sino solo con medidas basadas en el conocimiento de las raíces biológicas de estos problemas” (Ernst, 2016)

La sustentabilidad de una edificación, es el caso de la vivienda, vista como arquitectura a partir del diseño, se ha enfocado a la etapa de construcción dentro del proceso de producción de este objeto arquitectónico. Esto ya que se atiende principalmente al 80% de responsabilidad del sector de la construcción ante el cambio climático, producidos por la emisión de GEI y al consumo de recursos naturales (por ejemplo el agua y la energía) (Hernández, 2008). Sin embargo, las especies desplazadas por el modelo expansionista de las ciudades, como en el AMG, así como los ecosistemas destruidos por este modelo, son de poco interés para la arquitectura y el urbanismo. Este es un paradigma construido donde los espacios que habita el ser humano se encuentran muy alejados de consolidar una simbiosis con el ecosistema circundante, mismo que existe en todo diseño generado por los organismos vivos en la naturaleza. Esta simbiosis es el ideal para los espacios humanos, observable en los habitáculos de seres vivos cuya función es semejante a los espacios habitacionales de los humanos, presentan principios biológicos que los dotan de una respuesta adecuada a las condiciones de un ecosistema inmediato, sin generar impactos perjudiciales permanentes, por el contrario contribuyen colaborativamente a la vida y hábitat de otras especies (Egido,2012; Santibañez, 2007).

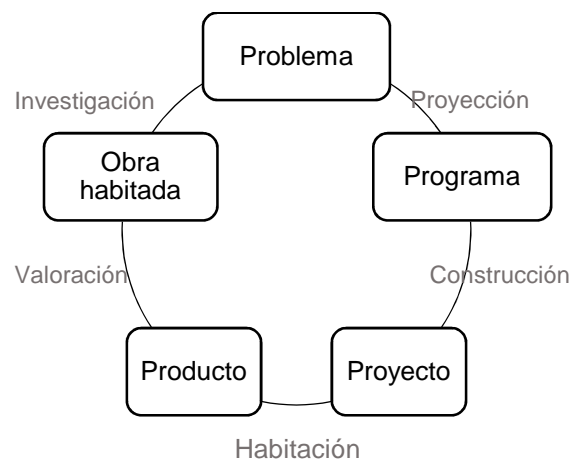


Gráfico 2 Proceso de producción de los objetos arquitectónicos
Fuente: Extraído de <http://www.dtic.upf.edu/~rramirez/Arponce/trab2.pdf>

Los profesionistas diseñan la vivienda sustentable dentro del paradigma anterior y son guiados por el concepto de vivienda sustentable divulgado a nivel nacional:

“vivienda sustentable es aquella vivienda construida tomando en cuenta aspectos de sustentabilidad como diseño bioclimático y eficiencia energética, esto último, mediante la incorporación de tecnologías sustentables definidas en un paquete básico referidas a: Gas, Electricidad y Agua, para obtener ahorros en: consumo de energía, pagos de servicios (gas, electricidad y agua) y emisiones de CO2” (CONAVI, 2008).

Este concepto, con un carácter institucional y tecnológico, concuerda con el paradigma inicial. Está enfocado a mitigar el cambio climático mediante el recurrente uso de ecotecnias. No se hace mención alguna a la dimensión social y la dimensión económica de la sustentabilidad es reducida a ahorros obtenidos durante la vida útil de la edificación. Una revisión de los beneficios no relacionados a la mitigación de GEI, por parte de NAMA, muestra que existen beneficios en la dimensión social y económica, exclusivos para el usuario que habitará la vivienda.

Economía	<ul style="list-style-type: none"> . Ahorro económico para los hogares, reflejado en la cuentas de agua y electricidad . Reducción en costos de subsidio de energía . Incremento en número de compañías y empleos
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> . Calidad del aire . Uso del suelo
Social	<ul style="list-style-type: none"> . Confort . Acceso a servicios de energía limpia . Educación y concientización de sustentabilidad para desarrolladores y habitantes de vivienda . Capacidad constructiva humana e institucional

Gráfico 3 Co-beneficios seleccionados de vivienda sustentable NAMA

Fuente: Extraído de Conavi (2012)

La sustentabilidad de la vivienda es vista igualmente desde la etapa constructiva y sintetizada en “aspectos de sustentabilidad” que dotan de esta cualidad a una vivienda. Por lo que se infiere que cualquier vivienda que cuente con los requisitos de ecotecnias sobre eficiencia y economía de recursos será sustentable, independientemente, por ejemplo de la metodología de diseño utilizada o el impacto al ecosistema inmediato o el beneficio común a la sociedad. Esto proporciona poca claridad sobre el proceso y la metodología que debe ser utilizada por parte del profesional encargado de proyectar la vivienda.

Lo anterior se puede comprender con la siguiente comparativa de tres viviendas construidas bajo el concepto de vivienda sustentable en México:

Gráfico 4 Vivienda en fraccionamiento Real del valle, ejemplo con hipoteca verde, ubicado en Tlajomulco de Zúñiga.

Fuente: Extraída de <https://propiedades.com/inmuebles/casa-en-venta-av-san-jose-del-valle-real-del-valle-jalisco-3968409/>



Gráfico 5 Ejemplo de Conjunto Habitacional de NAMA vivienda nueva. Ubicada en Rinconada del Rosario, Tonalá, Jalisco.

Fuente: Extraída de <https://www.giz.de/en/worldwide/37649.html>



Gráfico 6 Vivienda en fraccionamiento Los Molinos, ejemplo sin Hipoteca verde o NAMA, ubicado en Zapopan.

Fuente: Extraída de <http://www.informarte.mx/gobierno/noticias-locales/insuficiencia-de-escuelas-en-fraccionamiento-los-molinos/>



Los gráficos 4, 5 y 6 muestran viviendas de interés social: las primeras diseñadas con el programa de hipoteca verde y NAMA, la última vivienda no tiene ecotecnias y tampoco fue construida bajo los parámetros de los dos programas. Se observa que comparten características similares (morfología, dimensionamiento, estética, estructura y acabados), siguiendo un crecimiento horizontal de la ciudad. La

diferencia principal se encuentra en los materiales de construcción, donde la vivienda NAMA e hipoteca verde fueron edificadas con materiales aislantes y equipos de eficiencia y ahorro energético e hídrico, que le brindan la cualidad “sustentable”. La comparativa, muestra que las ecotecnias de los programas NAMA e hipoteca verde determinan la sustentabilidad de la vivienda. Las tres viviendas pudieron ser diseñadas por diferentes profesionistas, sin embargo por las características compositivas que comparten, todas están proyectadas con base a la metodología de diseño arquitectónico tradicional y la teoría de la arquitectura aprendida en la etapa de la formación profesional.

Es entonces la vivienda sustentable, ¿aquella que cumple con criterios establecidos por una institución que sigue lineamientos humanos, sin existir una reflexión de los requerimientos biológicos de un ecosistema? Diversos autores ya han experimentado sobre una vivienda más adecuada e integrada al ecosistema, considerando requerimientos biológicos de las especies, tal es el caso de Senosiain (2008), Aresta (2006) y Égido (2012), entre otras investigaciones académicas sobre derivar conceptos de la naturaleza como Janine Benyus o Neri Oxman del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Sin embargo los resultados y la ideología de un objeto arquitectónico diseñado de una manera diferente, no ha permeado en las escuelas de arquitectura tradicional.

Como se expuso, la vivienda sustentable es diseñada dentro de un modelo alejado de la simbiosis con el ecosistema, ya que no conjuga los principios biológicos presentes en la naturaleza. Además es proyectada por los profesionistas de manera tradicional, es decir con base en la teoría de la arquitectura y la metodología de diseño arquitectónico tradicional, aprendidos en la formación profesional y solamente se le insertan ecotecnias como lo establece el concepto institucional predominante de vivienda sustentable en México. Esto muestra que existe una desarticulación, ya que el concepto de vivienda sustentable difiere entre el ejercicio profesional y la academia, cuyas repercusiones son de índole metodológicas y teóricas.

Para comprender la desarticulación y sus implicaciones en el diseño de un objeto arquitectónico como es la vivienda, a continuación se expone el análisis del proceso de concepción del concepto de vivienda.

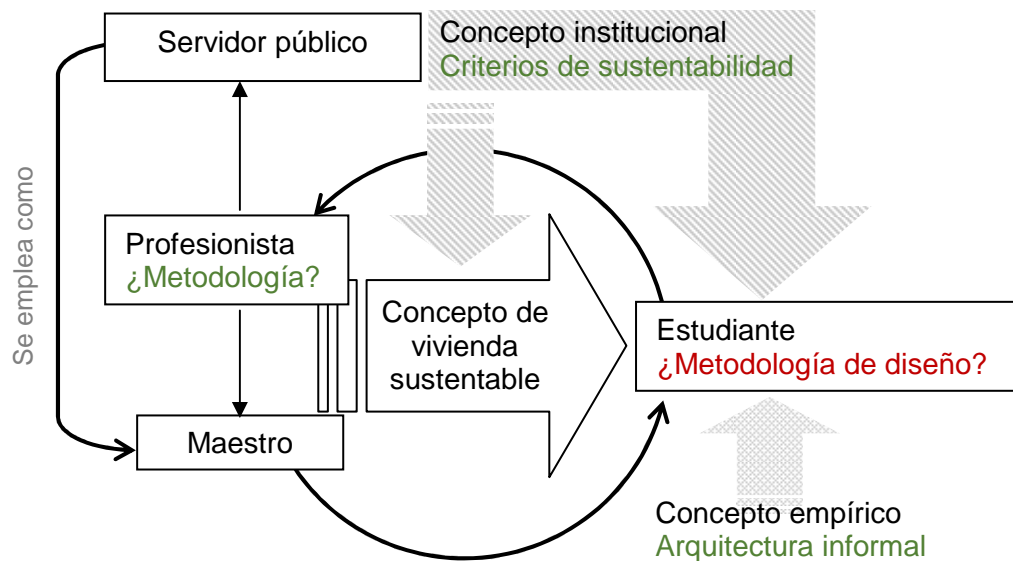


Gráfico 7 Análisis del proceso de concepción del concepto de vivienda
Fuente: Elaborado por autor

La formación profesional del arquitecto en la actualidad comienza en la universidad, donde el estudiante aprende el concepto institucional de vivienda sustentable, el concepto personal de su maestro y el del sector informal. Al concluir los estudios, éste puede ejercer en tres sectores profesionales ya sea como arquitecto, docente o como servidor público. En los dos primeros sectores profesionales el concepto de vivienda es formulado a partir de lo aprendido como estudiante y a partir de la experiencia profesional. Por otra parte si se ejerce como servidor público se aprende un concepto institucional y a su vez puede llegar a ser docente e influir en los estudiantes con este concepto. En este proceso se distingue un concepto institucional que enseña criterios de sustentabilidad y un concepto empírico, creado a partir de la interpretación construida en la experiencia profesional del sector formal e informal. Sin embargo en cualquier ramo de empleo, el punto en común es la etapa académica, donde un estudiante comienza una formación profesional con una metodología de diseño arquitectónico tradicional, ya que no le es proporcionada por parte del plan de estudios, un

método específico sobre cómo diseñar arquitectura sustentable o más específicamente, vivienda sustentable.

El ejercicio profesional y la etapa académica de un arquitecto se encuentran vinculados pero no están articulados. El estudiante aprende un proceso de proyectación tradicional, donde en el mejor de los casos se incluyen conocimientos de ecotecnias. Mientras los profesionistas tienen construido un proceso de diseño tradicional que en el ejercicio profesional se enfrentan ante la necesidad de cumplir con “aspectos de sustentabilidad”, tales como los mencionados por NAMA e hipoteca verde, por lo que comienzan a buscar una especialización así como conocimiento sobre sustentabilidad.

La falta de preparación en sustentabilidad desde la formación profesional es evidente en el AMG. En la metrópoli existen 14 universidades consolidadas y 1 universidad en construcción que ofertan la carrera de arquitectura. De entre estas universidades, únicamente dos ofertan materias obligatorias de tronco común, ligadas a la sustentabilidad. Sin embargo en todos los casos, las materias están relacionadas al diseño bioclimático, pero no de manera precisa al diseño sustentable. Por otra parte algunas universidades como es el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) y la Universidad de Guadalajara (UdeG) ofertan asignaturas optativas al tronco común. Esto muestra que la formación profesional en arquitectura sigue siendo tradicional y la sustentabilidad es vista como una herramienta anexa, pero no una ideología que guía todo el proceso proyectual que se desarrolla en las asignaturas de tronco común de manera vertical. Las diversas metodologías y herramientas emergentes de diseño son excluidas del proceso de diseño arquitectónico tradicional. Este fenómeno explica y corrobora lo observado en la comparativa de los tres tipos de vivienda mencionados anteriormente. Surge la interrogante ¿Cómo integrar otros paradigmas, modelos y métodos, desde la formación profesional, como son el biodiseño al proceso de diseño arquitectónico tradicional para consolidar una formación profesional encauzada a la sustentabilidad desde un enfoque más biológico?

Entonces el fenómeno de la sustentabilidad en arquitectura, tomando el caso de la vivienda en el AMG, abordada desde la etapa de diseño arquitectónico presenta una problemática de dimensiones conceptuales y metodológicas más que tecnológicas. Esto a partir de los tres ejes mencionados: falta de integración de principios biológicos al modelo de arquitectura sustentable actual, conceptualización sectorizada de la vivienda sustentable y la desarticulación entre ejercicio profesional y académico. Estos temas han generado la carencia de una metodología de diseño arquitectónico que integre la diversidad de métodos y herramientas emergentes, basadas en los principios biológicos, que ayudan a la sustentabilidad de un objeto arquitectónico. Dicha integración debe ser comprendida tanto en el ejercicio profesional como en la formación arquitectónica, siendo esta última la etapa inicial de todo profesionista y donde se puede comenzar a integrar una metodología de diseño arquitectónico que conjugue los principios biológicos que ayude a mejorar el concepto de vivienda sustentable y con ello la sustentabilidad no tan sólo de la vivienda, sino de todo objeto arquitectónico.

La principal dificultad es pensar de manera diferente la vivienda sustentable, sin seguir los paradigmas tradicionales. Concebir a la vivienda del ser humano como un organismo que forma parte del entorno y que promueve la vida en armonía con su contexto, para lo cual es necesario aplicar herramientas, técnicas metodológicas y estrategias de diseño diferentes a las utilizadas actualmente.

Finalmente el cambio climático es una transformación de paradigma para el ser humano, de adaptar el medio a sus necesidades (Vilchis,1998. pp.52), ahora este debe adaptarse al medio. Esto representa que el ser humano ahora deberá comprender su entorno biológico. Un objeto arquitectónico entonces formará parte de los ecosistemas como un organismo vivo más en él, que integra los principios biológicos presentes en toda la naturaleza. El arquitecto comenzará a observar de nuevo a la naturaleza, tratando de comprender los organismos vivos y los habitáculos que habitan. La formación del arquitecto se planteará el reto de

modificar las didácticas de enseñanza así como la metodología de diseño para integrar conceptos biológicos, además de comenzar a alterar el concepto de sustentabilidad no sólo en la vivienda sino en todo objeto arquitectónico, para establecer relaciones ecológicas y biológicas saludables.

Ante la problemática expuesta, la presente investigación propone integrar, desde la formación profesional, principios biológicos al diseño arquitectónico tradicional a través de herramientas que ayuden a derivar conceptos, para desarrollar estrategias didácticas y metodológicas que permitan diseñar un objeto arquitectónico como un organismo constituyente e integrado a su entorno, y así además contribuir a mejorar la sustentabilidad de la arquitectura y reducir la desarticulación entre formación y ejercicio profesional del arquitecto.

1.4 Justificación de la investigación

La vivienda se encuentra relacionada al nivel de marginación de una población, al desaprovechamiento de recursos naturales y energéticos y al deterioro ambiental: lo anterior son algunos indicadores que permiten conocer si una región se encuentra dirigida hacia un desarrollo sustentable (López, D. V. , 2008).

La investigación generó conocimiento en diferentes aspectos de la sustentabilidad, siendo el principal motivo contribuir al desarrollo sustentable a través de la aportación de una mejora al proceso de diseño arquitectónico desde un enfoque biológico, abordado desde la etapa profesional. Los motivos para el desarrollo y sectores de aportación del trabajo son los siguientes:

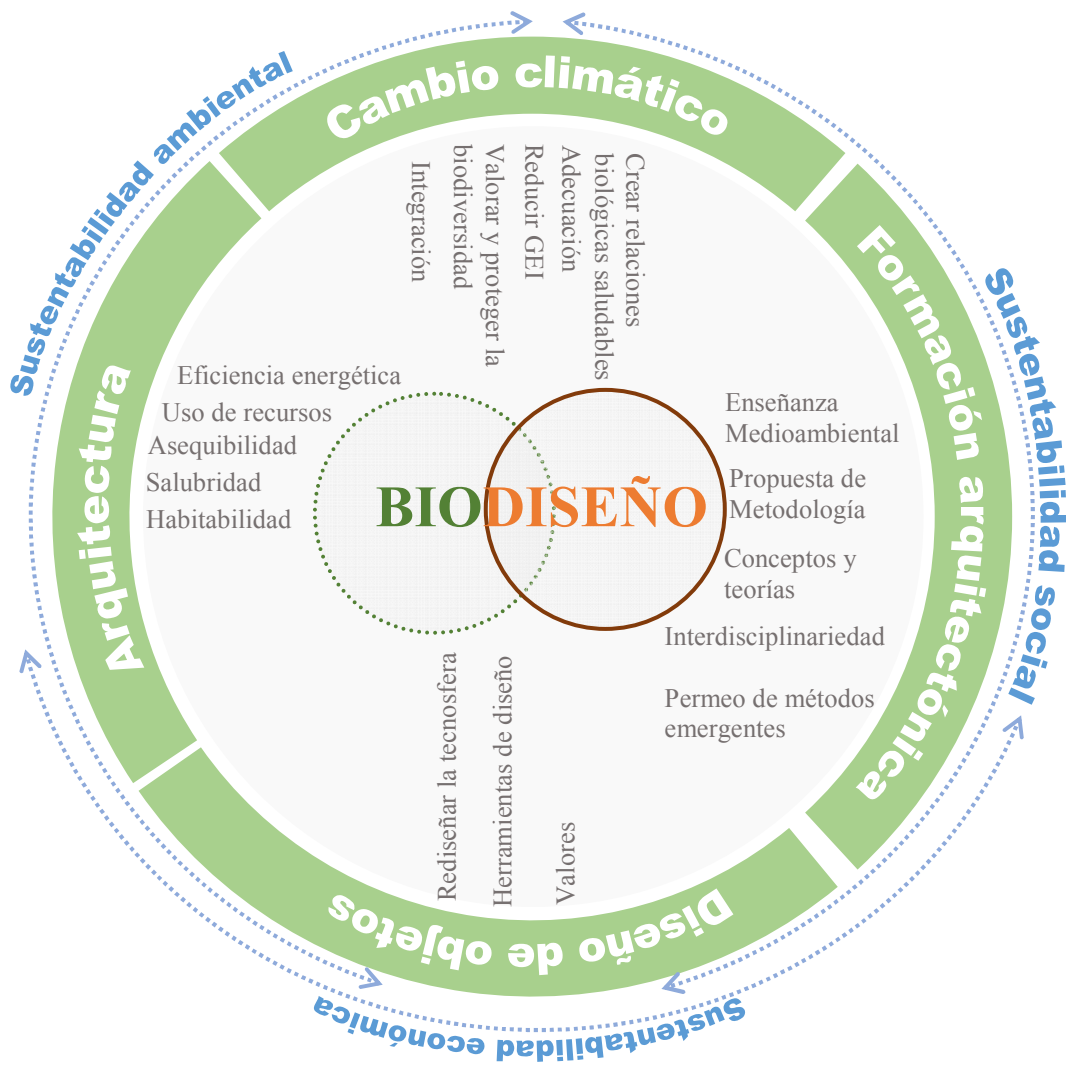


Gráfico 8. Esquema de sectores a los que se les aporta con los resultados de la investigación
Fuente: elaborado por autor

1. Arquitectura

La arquitectura con la vivienda como eje representativo, por ser una de las prioridades de la ONU para el desarrollo sustentable en el mundo. Primero porque la vivienda se encuentra dentro de los objetivos de la Agenda 21 y los Objetivos de Desarrollo del Milenio, dentro de puntos tales como conservación y gestión de los recursos para el desarrollo sustentable así como puntos para el desarrollo sostenible de la sociedad. Es importante destacar de los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio los siguientes: garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y el derecho a una vivienda adecuada e incluyente.

Además la vivienda es relevante por el crecimiento demográfico, las condiciones de la vivienda en la actualidad, daños ambientales provocados por la industria de la construcción y por la demanda futura de la población en el AMG y en el estado de Jalisco, que se encuentra en busca de un crecimiento sustentable por lo que la investigación contribuyó con estrategias didácticas para mejorar el diseño arquitectónico.

2. Cambio climático

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en el Acuerdo de Paris estima que la temperatura promedio del planeta aumente entre 1 a 2 °C y alcance casi los 15 °C (Vargas & Leo, 2003; UNFCCC, 2015) con vista al 2030. Lo que representa que en México el 52.3% que son viviendas urbanas en ciudades como el AMG y el 52 % de la población que habita en vivienda en una altura superior a los 1,500 msn (Conavi, 2006) deberá adaptarse, diseñar y/o construir en un medio ambiente adverso. Además los principales impactos ambientales del sector habitacional en el país que contribuyen al cambio climático son:

- a) En el sector energía, la vivienda representa el 16.2% del consumo final de energía eléctrica total nacional. El 60% de consumo de gas LP y el 14.1%

del agua es destinada a este sector. Estos indicadores muestran que la vivienda es un sector importante de consumo energético, del cual la energía eléctrica presenta altos índices de producción de GEI (Conafovi, 2006).

- b) Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), el sector residencial es responsable del 4.9% de las emisiones de CO₂ en México, mientras que la industria de la construcción es responsable de 8.9% de estas. (Centro Mario Molina, 2012). Esto aunado a la aportación por producción energética para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la población.

- c) La arquitectura es responsable de aproximadamente el 50% de recursos naturales consumidos. Los residuos de la construcción y demolición (RCD) son otro factor importante en la sustentabilidad de la vivienda, donde SEMARNAT (2008) declara que la industria de la construcción puede representar hasta un 50% de la cantidad total de residuos sólidos generados en una región. Cochran (2009), menciona que de los RCD, el sector residencial (renovación, demolición y construcción) representa un 39% del total, porcentaje del cual según un estudio de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) del 2011 indica que sólo el 4% de los RCD generados son aprovechados en reciclaje o reusó: aunado a que la vivienda en México tiene una vida útil de entre 15 y 50 años. Esto expone la importancia de diseñar los espacios habitables como la vivienda, como un objeto arquitectónico duradero pero reutilizable donde la etapa de diseño arquitectónico con una metodología pensada para colaborar con la naturaleza dentro de sus ciclos cobra importancia.

3. Formación arquitectónica

En el AMG existen 14 universidades con la Licenciatura en Arquitectura y la CMIC se encuentra en proceso de apertura de una nueva. Todas bajo el programa educativo de la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el manejo por la Universidad de Guadalajara (UdeG). Se revisaron los planes de estudios y como se presenta en el gráfico 9, solo la Universidad Enrique Díaz de León (UNEDL) y la Universidad de Especialidades (UNE) tienen asignaturas ligadas a la sustentabilidad en el ámbito urbano. La Universidad Cuauhtémoc oferta la asignatura Taller de arquitectura sustentable y seis universidades más ofertan asignaturas orientadas al diseño bioclimático, sistemas constructivos e instalaciones sustentables. Esto muestra la necesidad de integrar la sustentabilidad en programas educativos para poder formar nuevos profesionales con conocimientos de sustentabilidad.

No.	Universidad	Programa de estudios	Materia relacionada a la sustentabilidad	Tipo de asignatura (Básica común, obligatoria u optativa)
1	Lamar	SYCIT	Sin materia	
2	UTEG	SEP	Proyecto Bioclimatismo 7°	Obligatoria
3	ESARQ	SEP	ecología y sistemas sustentables 1°)	Obligatoria
4	ITESO	SEP/ITESO	Instalaciones sustentables en edificaciones Y Edificación sustentable 7°)	Obligatoria
5	UNEDL	SYCIT	Ecología urbana sustentable 1°, ecotecnia)	Obligatoria
6	UAG	-	Sin materia	
7	Universidad Cuauhtémoc	SEP	Taller de arquitectura sustentable	Obligatoria
8	UNE	UDEG	Ecología urbana	Obligatoria
9	Udeg	UDEG	(Materia especializante: Proyecto y diseño bioclimático; arquitectura rural y desarrollo sustentable)	Optativa especializante

10	UNIVA	SEP	Bioclimatismo	Obligatoria
11	UVM	SEP	Sin materia	Ninguna
12	UNITEC	SEP	Sin materia	Ninguna
13	UEA	SEP	Sin materia	Ninguna
14	Univer	SYCIT	Bioclimatismo	obligatoria

Gráfico 9. Relación de Universidades según programa educativo y asignaturas relacionadas a la sustentabilidad en arquitectura.

Fuente: elaborado por autor

Los resultados del estudio proporcionaron conocimiento a académicos y profesionistas sobre herramientas de diseño arquitectónico dentro del paradigma de la sustentabilidad para integrar o derivar conceptos biológicos. Además de estrategias didácticas y metodológicas que permitan la integración de estas herramientas para transformar la metodología predominante de diseño arquitectónico en una metodología de diseño integral, que también promueva la interdisciplinariedad en la formación del estudiante de arquitectura.

La investigación es importante a nivel profesional de los arquitectos que hayan estudiado o estudiarán en las universidades mencionadas, ya que a nivel nacional según datos del observatorio laboral (2013), arquitectura es la novena carrera más ocupada. En Jalisco ocupa el séptimo lugar y el arquitecto se identifica con el segundo lugar de los profesionales con mejor salario. En el campo profesional el sector de construcción de vivienda simboliza el 70% de trabajo para arquitectos, constructores y profesionistas relacionados al tema. El estudio aportó bases y herramientas metodológicas para desarrollar un proyecto sustentable íntegramente. Además se contribuyó a la actualización de la teoría y valores de la arquitectura a nivel académico mediante la integración de la enseñanza medioambiental en la formación arquitectónica de un amplio sector profesional.

4. Diseño de objetos

La investigación contribuye a la construcción de una metodología de diseño para integrar principios biológicos, un listado de principios y estrategias didácticas y metodológicas que permiten contribuir al biodiseño. Esto con la finalidad de rediseñar la tecnosfera a través del biodiseño aplicado en la arquitectura y el permeo de métodos emergentes a la formación de arquitectos.



02

**MARCO
CONCEPTUAL**

2.1 Marco conceptual

“La tarea esencial del diseñador consiste en una transformación del entorno que se expresa en objetos que por extensión modifican al hombre mismo” (Vilchis, 1998).

2.1 Definición de sustentabilidad y dimensiones de la sustentabilidad

Para la presente investigación se consideró el concepto integral de desarrollo sustentable manifestado en el Informe Brutland de las Naciones Unidas (1987): *“El desarrollo sostenible o sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”*. Existe ambigüedad entre el significado de desarrollo sustentable y sustentabilidad, sin embargo, *“sustentabilidad fue la idea primaria de científicos para dar respuesta preventiva ante la perspectiva de colapso global o parcial del modelo de civilización dominante”* (Riechman, 2006; López, 2008).

La sustentabilidad, es la característica de un proceso o estado que es mantenida en el tiempo (Kordej, 1977). Como cita Riechman (2006, p.12): *“sustentabilidad tiende a matizar la noción misma de desarrollo, atendiendo [...] a la compatibilidad del desarrollo económico-social con los ecosistemas y, por otra, tomando en consideración índices de bienestar que ya no quedan reducidos a lo que el producto interno bruto sea en un momento dado. [...] aspirar a un desarrollo en equilibrio dinámico, auto centrado, racionalmente planificado y, en la medida de lo posible, basado en la biomimesis”*. En este sentido López (2008), menciona que perdurará la existencia humana en la tierra a través de una vida sana, segura, productiva y en armonía con la naturaleza y con los valores espirituales.

La sustentabilidad es entonces la condición que engloba el desarrollo sustentable, aunque existen diversas definiciones sobre el concepto, es aceptada globalmente la existencia de tres dimensiones o capitales básicos: ambiental, social y económico. Para la investigación se incluirá la dimensión tecnológica propuesta

por Riechman (2006). La dimensión tecnológica, aparece como primordial en un planeta donde la crisis ecológica “*resulta de la interacción entre la ecosfera y la tecnosfera*” (Barry, 1992). Riechman (2006) menciona que no son posibles soluciones tecnocráticas para la crisis ecológica, de lo contrario se tendría un sustentabilidad débil, procurando remplazar la naturaleza por medios tecnológicos para garantizar un nivel no declinante del planeta. Un rasgo característico de nuestra situación actual es el problema de diseño de una tecnosfera mal diseñada y el autor propone la biomimesis como solución.

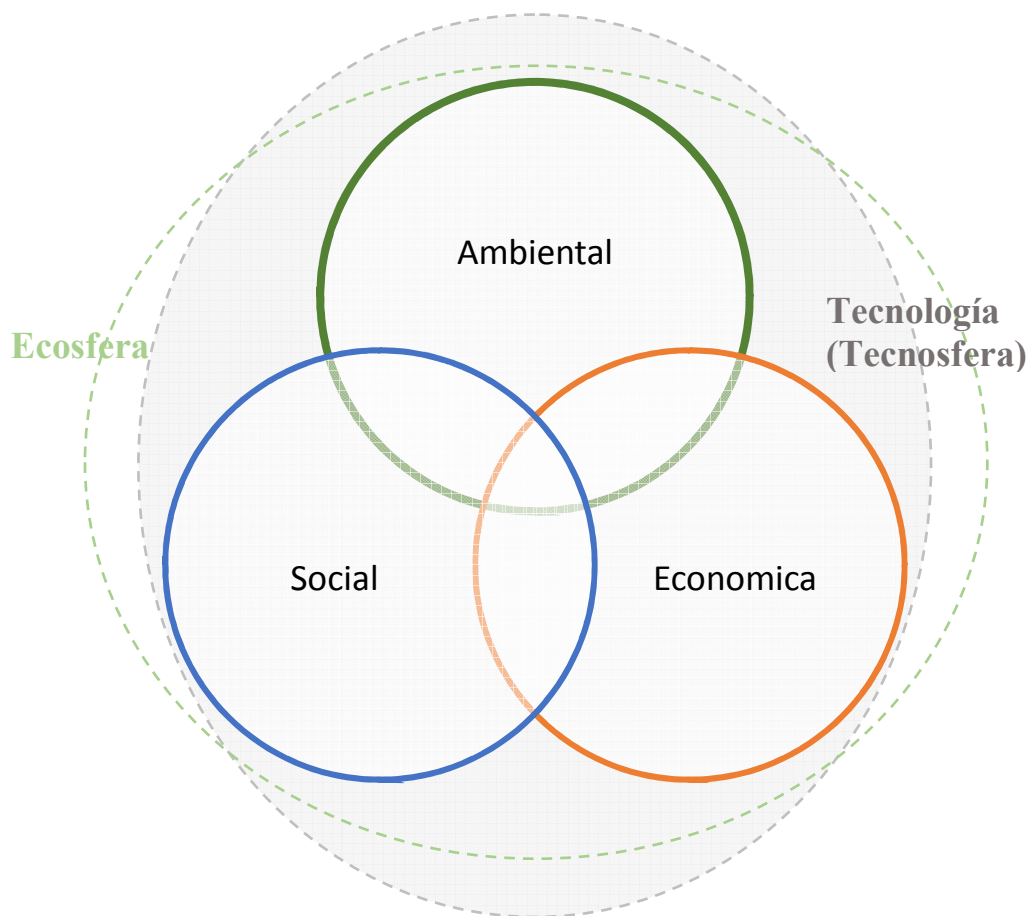


Gráfico 10 Dimensiones de la sustentabilidad en conjunción con la biosfera y tecnosfera
Fuente: Elaborado por autor

La postura para la investigación dentro de la sustentabilidad, es la biomimesis como “*una noción de sustentabilidad que implica una reinserción de los sistemas humanos dentro de los sistemas naturales, pero también una ampliación de la noción de bienestar*” Riechman (2006, p.13).

2.2 La Biomimesis como modelo de sustentabilidad

El concepto de biomimesis actualmente es usado de manera general para indicar el estudio de la naturaleza para resolver problemas de diseño, guiado por la pregunta clave: ¿Cómo intentaría resolverlo la naturaleza? Se debe diferenciar entre biónica y biomimética, los cuales corresponden a la aplicación de la biomimesis en áreas específicas del conocimiento, en el primer caso referido al estudio de los principios que rigen el funcionamiento de los seres vivos, para su aplicación en el diseño de productos, maquinaria y procesos; en el segundo para crear materiales a partir e inspirados del entendimiento de los procesos naturales.

El concepto aparece a fines del siglo pasado con el lanzamiento del libro *Biomimicry* (1997) de Janine Benyus, en su obra *Biomimicry: innovation inspired by nature*. Riechman (2006, p.189), la define como: “*comprender los principios de funcionamiento de la vida en sus diferentes niveles (y en particular en el eco sistémico) con el objetivo de reconstruir los sistemas productivos humanos de manera que encajen armoniosamente en los sistemas naturales*”. La biomimesis, a diferencia de la biomimética o la biónica centrados en la imitación de organismos, plantea aprender de los ecosistemas y aspira a una simbiosis entre naturaleza y cultura (Riechman, 2006, p.194). Otto Schmitt añade que desde este modelo, en el diseño se debe estudiar [...] *la formación, estructura, o función de sustancias y materiales producidos biológicamente (como las enzimas o la seda) y mecanismos y procesos biológicos (como la fotosíntesis) con el propósito específico de sintetizar productos similares a través de mecanismos artificiales que pueden emular a los naturales*” (como se cita en Riechman, 2006).

2.3 Conceptos claves desarrollados y aplicados en la investigación realizada

Para comprender la investigación es fundamental definir algunos conceptos.

- La definición de metodología de diseño arquitectónico parte del concepto de metodología de diseño y con base en Vilchis (1998) y Jones (1982), es entonces la Metodología de diseño arquitectónico, mediante el uso de técnicas tomadas de diversas disciplinas, un conjunto de indicaciones, pasos, acciones, de manera sistematizada que proporciona una estructura que guía al diseñador en la búsqueda y planteamiento de soluciones de diseño de espacios y objeto materiales, como en la investigación, arquitectónicos. Permite al diseñador proyectar, prever el comportamiento, resultados, consecuencias del diseño tanto en el texto del objeto como su contexto.
- Jones (1982) clasifica los métodos según el enfoque en: según la creatividad, el diseñador es una caja negra; según la racionalidad, el diseñador es una caja transparente; desde el control, el diseñador es un sistema autorganizado.
- Proceso de diseño, serie sistemática de acciones u operaciones encaminada o dirigida a un fin concreto, basado en una metodología de diseño, que lleva a cabo el diseñador al resolver un problema (Vilchis, 1998)
- Diseño, es definido por Vilchis (1998) como una “*disciplina proyectual que se orienta hacia la resolución de problemas que el hombre se plantea en su continuo proceso de adaptación según sus necesidades físicas y espirituales*”, además tiene [...] una teoría y operaciones mentales propias (Dueñas, 2014; citado por Cocom-Herrera y González-Cetz, 2015). También referido en el documento al producto de la acción diseñar y de la disciplina de diseño.

Desde estas perspectivas, el concepto es de carácter antropocéntrico aunque cita Santibañez (2008) que los habitáculos de los animales también deben ser considerados como diseño ya que cumplen con las características fundamentales de todo diseño.

- Diseño animal, es aquel aparentemente guiado por decisiones reflexivas que encausan a presentar un verdadero criterio de diseño, aun cuando son el resultado de un minúsculo porcentaje de especies que lo realizan.
- Principios biológicos, serán entendidos en la investigación como el conjunto de conceptos comunes, presentes en los diseños de organismos vivos, como son animales o insectos, entre otros.

Para diseñar un objeto arquitectónico, se identificaron cuatro maneras básicas: el pragmático, analógico, icónico y canónico (Jones, 1982). El proyecto se inscribe dentro de la analogía, aunque los nuevos métodos como la biomimesis obligan a pensar que esta clasificación debiera modificarse, ya que si bien el abstraer conceptos naturales y aplicarlos en la arquitectura forma parte de un proceso analógico también se comienzan a crear nuevos cánones de diseño a partir de conceptos naturales.

- Forma, es la apariencia física, tangible, que determina el exterior de la materia cuya forma queda subordinada al servicio para el cual está destinado un objeto.
- Función, es la acción utilitaria de un objeto o un espacio arquitectónico
- Estructura, organización de elementos o partes en un sistema complejo en cuanto dominadas por el carácter constructivo general de un edificio.

2.4 Arquitectura biológica

La postura de la investigación es la biomimesis como modelo de sustentabilidad y el biodiseño como disciplina para poder diseñar objetos arquitectónicos, que sean sustentados en las bases teóricas de la arquitectura biológica, a continuación mencionada.

Aresta (2014, p.22) define “[...] *a lo construido como un organismo vivo que consume recursos y produce desechos*”, inserto en un ecosistema mayor. La arquitectura requiere recursos naturales y ya que estos son finitos, el diseño arquitectónico es el camino al equilibrio entre consumo y desecho; reducir impactos ambientales; conciliar la arquitectura con el entorno y preservarlo para las futuras generaciones (Aresta, 2014). Plantea una relación sistémica entre objeto y entorno, también llamada ecología, esto permite conocer los atributos ambientales disponibles, contexto social y definir estrategias de diseño.

Es entonces Arquitectura Biológica aquella que se inserta a la naturaleza, usa formas y materiales derivados del entorno natural; prioriza al ser humano. *“Diseñar a partir de esto, espacios que surjan del propio lugar y para todos”* (Aresta, 2014).

Aresta propone la arquitectura biológica partir de los siguientes puntos:

1. Entorno

Todo objeto arquitectónico está inserto en un entorno natural con características físicas y climatológicas específicas. Estudiado e interpretado a partir de la aplicación del diseño bioclimático; lectura geobiológica del terreno para garantizar la eficiencia energética y el confort de las construcciones.

2. Forma

La hipótesis es que *“las geometrías y proporciones presentes de manera permanente en la naturaleza biológica se adaptan mejor a nuestro habitar*

como seres biológicos que somos” (Aresta,2014,p.16). El autor la denomina geometría sensible y son el organicismo y la analogía natural las herramientas metodológicas por excelencia para diseñar un objeto arquitectónico (Aresta, 2014, p.119).

Los espacios biológicos derivados de la geometría sensible tienen los mismos atributos geométricos de la naturaleza, principalmente la simetría, la fractalidad, la espiral, senoide y meandro. Espacios determinados por el entorno y el ser humano. Aresta (2014, p.124) menciona: El espacio es un organismo vivo, es el caparazón de un ser viviente.

3. Materia

Un objeto arquitectónico considera el uso de recursos y elementos de la naturaleza para construir el hábitat humano, dentro de un uso eficiente y razonable de finitud del planeta. Materiales naturales, saludables y que se localicen en el entorno del proyecto, aplicados a tecnología y sistemas constructivos, a fin de permitir una económica y duradera utilización en la construcción. Menciona que la arquitectura biológica se fundamente en una construcción natural.

4. Ser humano

Una arquitectura biológica, integrando al ser humano en sistemas de sostenibilidad económica, ambiental/energética y sociocultural, engloba la aplicación y la investigación de procesos que le permitan diseñar y construir, en el caso de vivienda, edificios de manera asesorada. El ser humano comprendido como ser físico, mental, cultural y espiritual, así como un organismo vivo más dentro de la biosfera. Propone la necesidad de promover sistemas asociativos, cooperativos y horizontales para procurar y garantizar al ser humano, el acceso de forma más igualitaria al derecho de vivienda. Vivienda con condiciones dignas y saludables de cobijo. Para esto propone

una metodología de diseño arquitectónico participativo, mencionado en el capítulo anterior.

Es la arquitectura biológica, arquitectura en interacción, consonancia y mimesis con la naturaleza y sus leyes, siendo fin último la simbiosis entre ambiente y objeto arquitectónico. Así que para Aresta (2014), la arquitectura y el ser humano están insertos en la naturaleza que existe en el entorno, la cual es usada por el diseñador para aplicarla a la Arquitectura, sea como recurso así como fuente de inspiración, en ambos casos con un enfoque de biodiseño.

2.5 Biodiseño

En la bibliografía consultada existen diversas definiciones, sin embargo se identificaron tres principales que explican ampliamente los alcances y conceptos que fundamentan el biodiseño.

Myers (2012) lo define como la integración del diseño y la biología, más allá que otra aproximación de diseño y fabricación inspirado en biología. Se centra en la [...] *incorporación de organismos vivos como elementos esenciales, mejorando la función del trabajo terminado. (Myers,2012, p.5) Mas allá de la mimesis a la integración, disolviendo límites y sintetizando nuevas tipologías híbridas. Reemplazar sistemas industriales y mecánicos con procesos biológicos; materiales vivientes; objetos en crecimiento (Myers,2012, p.4).*

Égido (2012, p.75) lo define como la “*relación de la biología con el diseño; la biología aplicada al diseño y el diseño aplicado a la biología para generar seres vivos con características nuevas para su especie, es decir el diseño de organismos, ej. la ingeniería genética*”. Consiste en aplicar principios biológicos al diseño, por ej. el diseño biomédico. El biodiseño es antecedido por la biónica y la biomimética, de manera más generalizada la biomimesis.

Santibañez (2007) define y para él, el biodiseño “ [...] *en esencia se entiende como las soluciones generadas por los animales en cualquier ámbito donde se manifiesten para atender a un problema enfrentado, que les permita mantener en buen estado su vida*”.

Es por eso que el biodiseño como concuerdan Myers (2012) y Égido (2012), busca conectar las disciplinas del diseño con el sistema biológico de los seres vivos y aprender de los diseños naturales. Como menciona García (2007) este implica un nuevo paradigma consistente en investigar, estudiar y analizar la naturaleza, desde los organismos vivos e inertes hasta los diseños creados por estos, para confrontar sus soluciones ante las humanas y rescatar conceptos, ideas y métodos que nos ayuden a reinventar las diversas disciplinas del diseño, y crear nuevos diseños que busquen una simbiosis entre mundo natural y mundo artificial, a diferencia de la biomimesis que busca imitar las soluciones naturales.

El biodiseño nos ayuda a conjugar el sistema socioeconómico en un fin mayor donde el hombre sustituya procesos industriales por procesos biológicos; materiales vivientes; objetos en crecimiento. (Myers, 2012, p.4). Una nueva disciplina donde el hombre conciba objetos que satisfagan las necesidades de la humanidad, los requerimientos de todo ser vivo y además que promueva la vida.



03

MARCO TEÓRICO

3 Marco Teórico

3.1 Antecedentes empíricos

La posibilidad de replantear el sistema de valores del diseño para responder a los diversos contextos bio-psico-sociales es indispensable en la búsqueda de alternativas a los problemas generados por las actividades humanas y sus efectos en la naturaleza (Cocom & González-Getz, 2015).

La integración de un objeto arquitectónico a su medio ambiente ha sido objeto de estudio por parte de diversos autores, diseñadores y arquitectos. Por lo que ha emergido en años recientes el paradigma que plantea abstraer conceptos derivados de la naturaleza así como establecer principios que son utilizados en los seres vivos para crear su hábitat, llamados principios biológicos, y aplicarlos en la disciplina del diseño arquitectónico. Ante este paradigma surgen diversos cuestionamientos relacionados a su aplicación a la arquitectura. ¿Cuál es el método o herramienta para abstraer conceptos derivados de la naturaleza? ¿Qué método debe seguir un arquitecto para poder realizar un proyecto con conceptos biológicos? ¿Ya han existido paradigmas previos que intenten introducir principios biológicos en la arquitectura? ¿Cuáles han sido los resultados de aplicar principios biológicos en las diferentes ramas del diseño?

Como se muestra en el gráfico 11, en este capítulo se exponen primero las teorías arquitectónicas que integran arquitectura y biología; posteriormente se expone una comparativa de las metodologías de diseño arquitectónico con los métodos que ayudan a derivar conceptos naturales. Resultado de este análisis se presentan primero las herramientas extraídas de estos métodos y después se abordan los productos obtenidos. A continuación se exponen experiencias similares a la investigación realizada para comprender el desarrollo y cómo se han explorado metodologías y herramientas como medio para trasladar la biología a la arquitectura. Por último, se presentan los principios biológicos seleccionados con base en la teoría de Aresta (2014) y un estudio de diseño animal realizado por García y Santibáñez (2007).

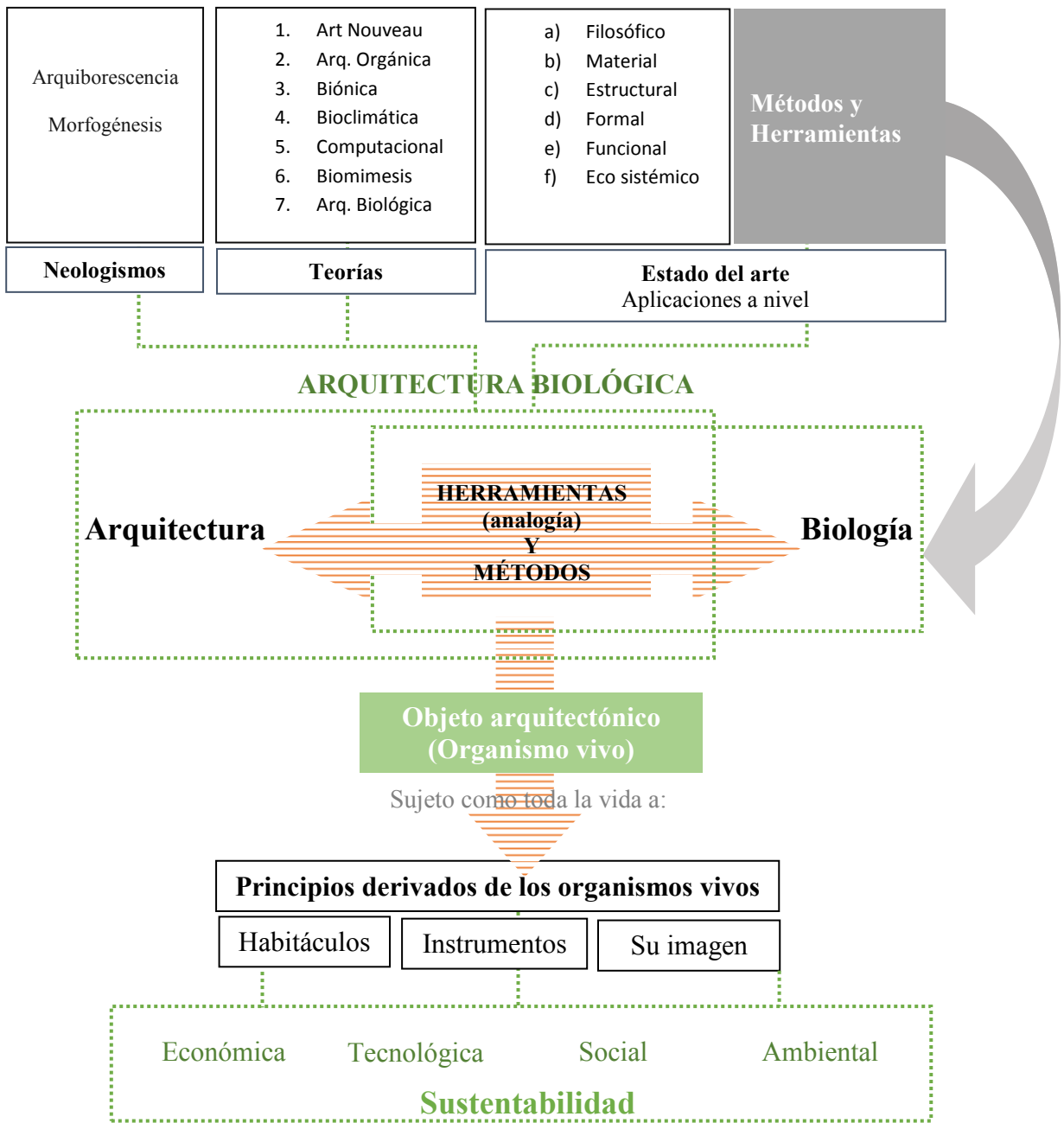


Gráfico 11 Mapa mental de la construcción del marco teórico de la investigación

Fuente: Elaborado por autor

3.2 Teorías arquitectónicas que integran biología y arquitectura: el caso de la arquitectura orgánica y la biológica.

La naturaleza en el diseño, desde el comienzo ha estado presente en la arquitectura. Primero como referente de solución a un problema, por ejemplo en la creación de herramientas de caza o en el habitar en cuevas, tan sólo haciendo uso de los medios y recursos que la naturaleza le proporcionaba. Posteriormente en arquitectura, a través de objetos cotidianos así como elementos estructurales producto de analogías formales, tales como los Pilares de edificios en las culturas clásicas como Egipto, Grecia, y Roma, (*Steadman, 1982*). Tiempo después, tras la aparición de la biología como disciplina, se evidencia la inclusión multidisciplinar de la biología en la arquitectura. Algunos ejemplos son, la clasificación de los tipos de edificios según la taxonomía vegetal realizada por J. L. Durand en 1819 o el Palacio de cristal inspirado en la flor del loto. La búsqueda de métodos geométricos para proporcionar obras de arte, introducidos por Vitrubio, Vasari o Alberti. La investigación de Rudofsky, Fitch y Olgyay para conocer las implicaciones energéticas y ambientales de una edificación. El cambio comienza con D'arcy Wenworth Thompson en su ensayo "Sobre el crecimiento y la forma" donde muestra una nueva analogía enfocada a la función, mediante el análisis de la anatomía, y estructuras mecánicas de los organismos vivos (*Steadman, 1982*).

A lo largo del tiempo se han ido consolidando diversas filosofías y teorías arquitectónicas sobre la unión de arquitectura y biología, las más relevantes para la investigación, son las a continuación mencionadas.

Arquiboscencia, teoría y filosofía desarrollada por Luc Schuiten en 1982, propuso la ciudad vegetal, donde los edificios son concebidos como plantas (National Geographic. (Productor) (2013) ; CONTE IMBERT, (2011)). Unión de "arquitectura" y "arborescencia" se refiere a una arquitectura que funcione como un ser vivo. Aunque en su tiempo fue una utopía, en la actualidad se está convirtiendo en una tendencia.

Morfogénesis, es la interdisciplina que intenta dar explicación, el por qué, dónde y cómo, se originan y desarrollan, las formas del universo. Buckminster Fuller, Violet le Duc y Frei Otto son algunos arquitectos que han investigado en torno al tema, produciendo objetos arquitectónicos derivados de formas naturales.

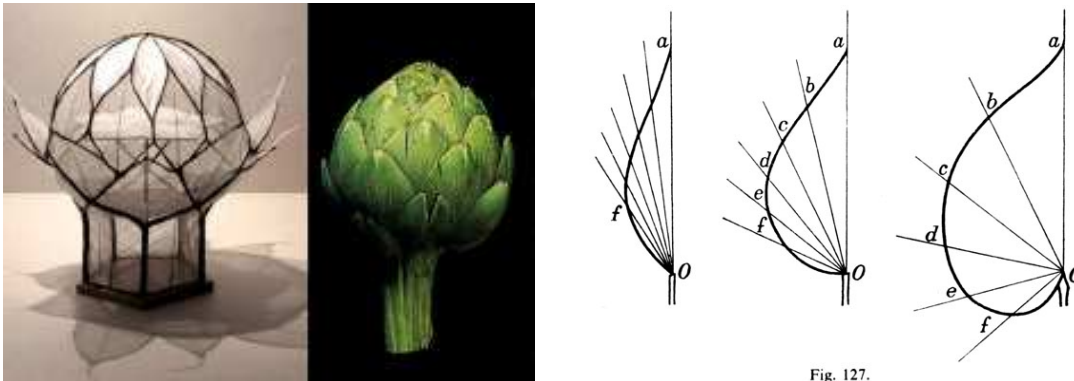


Gráfico 12 A) Imagen de edificio basado en una planta dentro de la propuesta de Arquiboscencia, "la ciudad vegetal" de Luc Schuiten
 Fuente: <https://biomimeticdesign.wordpress.com/2010/09/01/vegetal-cities-ciudades-vegetales/>

El Art Nouveau fue una corriente que producía edificios que presentan además de decoración con motivos naturales, elementos formales y compositivos inspirados en la naturaleza. Aquí el diseñador es investigador y observador de los organismos vivos e inertes. Esto se puede observar en la casa Milá (conocida como la Pedrera) (gráfico 13) en España, diseñada y construida por el arquitecto Antonio Gaudí o la casa Van Eetvelde diseñada por Víctor Horta.



Gráfico 13 Interior de la casa Milá
 Fuente: http://farm3.staticflickr.com/2337/2197895088_dcaa2ebdf3_b.jpg

Por otro lado en 1970 aparece la Arquitectura Orgánica. Establecida por el arquitecto Frank Lloyd Wright (1970), quien cita que es “*la surgida naturalmente de la sociedad que la producía*” y propone generar una arquitectura guiada por la lógica de la naturaleza, surgida de esta e integrada a la misma. Ejemplo representativo es la casa Fansworth de Wright y la Villa Mairea (gráfico 14) proyectada por el arquitecto Finlandés Alvar Aalto. Además del arquitecto y catedrático Senosiain (2008), en México (gráfico 15).



Gráfico 14 Vista exterior de la Villa Mairea
Fuente: <http://www.steapienybarno.es/blog/wp-content/uploads/2009/10/1.-VILLA-MAIREA-ALVAR-AALTO-FOTOGRAFIA-DE-STEPIENYBARNO-.jpg>



Gráfico 15 Vista exterior de la casa flor
Fuente: [https://i.pinimg.com/originals/5e/e5/a1/5e99dd9.jpg](https://i.pinimg.com/originals/5e/e5/a1/5e/e5/a1/5e99dd9.jpg)

El organicismo ha sido interpretado de diferentes maneras y materializado mediante un lenguaje arquitectónico personal. Se observa que cada vez es mayor la similitud a los habitáculos construidos por organismos vivos así como sus características de supervivencia en sus hábitats naturales. Es importante mencionar que la arquitectura vernácula, producida empíricamente es un resultado natural de la sociedad y también es orgánica, además de presentar características buscadas por la sustentabilidad en la actualidad (gráficos 16 y 17).



Gráfico 16



Gráfico 17

Gráfico 16 Vista exterior de vivienda tradicional en África
Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/81/25/f4/8125f45ea2dc849feb2f5c68bae99dd9.jpg>

Gráfico 17 Vivienda construida con adobes en Chiapa de Corzo, Chiapas, México.
Fuente: <http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num6/vivienda/fio8>.

Recientemente en el 2006, aparece la arquitectura biológica. Esta es aquella donde los espacios cuentan con un campo electromagnético no dañino para los seres vivos, es decir, un campo electromagnético similar a, por ejemplo un árbol. Este permite que la vida pueda gestarse y sirve como hábitat de varias especies de aves. Desde este punto de vista, todo objeto arquitectónico debe cuidar la geometría del diseño, el uso de materiales saludables para los organismos vivos y las proporciones de las estructuras construidas.

La propuesta de la presente investigación se encuentra dentro de la teoría de arquitectura biológica, ya que es la que procura integrar principios derivados de la naturaleza, para generar espacios arquitectónicos surgidos, por ejemplo, de las cualidades de las formas biológicas y los espacios que estas generan. Las características que debe cumplir una vivienda entonces desde este enfoque, según cita el arquitecto Aresta (2014), son:

- a) Diseño bioclimático
- b) Formas biológicas
- c) Espacios biológicos
- d) Construcción natural
- e) Ser humano: diseño participativo y autoconstrucción

Para poder diseñar bajo este pensamiento, han emergido diversas disciplinas, siendo la más importante para la investigación, según una revisión documental, el biodiseño, ya que integra diseño y biología.

El biodiseño es una disciplina emergente que busca conjugar la biología y el diseño en una nueva disciplina que permita producir objetos más sustentables y acordes a las necesidades y funcionamientos de la vida en la tierra. Desde esta postura se han producido experimentalmente y académicamente casos donde se ha aplicado el biodiseño para poder generar una arquitectura biológica. Los casos más relevantes son los siguientes:

El proyecto Hy-Fi del 2014, en los espacios del Museo de Arte Moderno de Nueva York (MoMA's PS1). Es un pabellón construido a partir de un ladrillo hecho de material orgánico (mezcla de desechos agrícolas con hongos) y biodegradable. *“un edificio que crece nada más que de la tierra y luego regresa a la tierra: sin desperdicios, sin energía y sin emisiones de carbono”*, menciona la firma responsable del diseño, The Living (Myers, 2012). El MoMA también ha publicado el libro, *Biodesign: Nature, Science, Creativity* (Myers, 2012) donde se muestra un compendio de propuestas de biología aplicada al diseño.



Gráfico 18 Vista exterior del pabellón construido con ladrillo biodegradable

Fuente: <https://www.designboom.com/wp-content/uploads/2014/07/hy-fi-the-living-david-benjamin-moma-ps1-young-architects-program-2014-designboom-08.jpg>

Otro caso es el edificio Eastgate Centre de Harare, en Zimbabwe, del arquitecto Mick Pearce. Usa estrategias de las termitas, en los hormigueros, es un edificio con eficiencia energética y con una temperatura de confort constante que evita el uso de aire acondicionado, permitiendo un ahorro económico y aumentando la productividad laboral.

Por último, “The scales biodigital system pavilion”, diseñado para que abriera y cerrara sin motores o energía eléctrica, simplemente por aplicación de las fuerzas gravitacionales. El proyecto recurrió a la abstracción de piñas de pinos, las cuales presentan un mecanismo de apertura en climas secos, para permitir que el polen vuele, así que la lluvia no permite tirar el polen al suelo, perdiendo su capacidad de fecundidad.

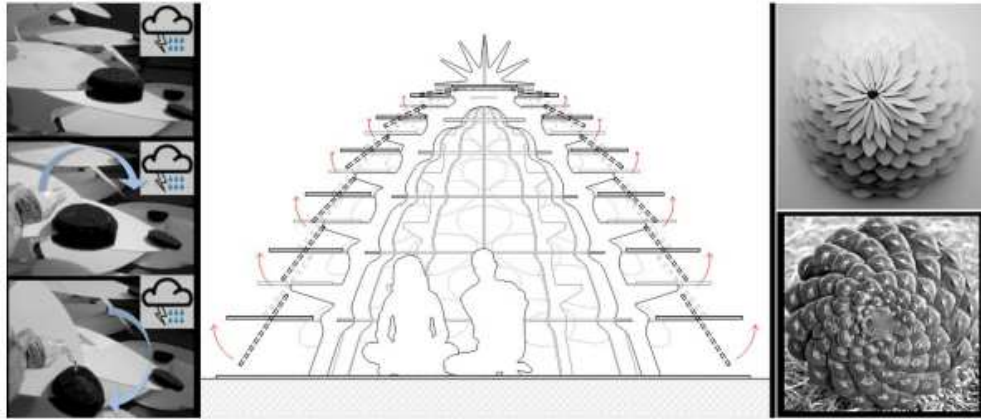


Gráfico 19 Explicación gráfica del pabellón “The escales biodigital system pavilion”.

Fuente: Extraído de Estévez, A. T., & Navarro, D. (2017). Biomanufacturing the Future: Biodigital Architecture & Genetics. *Procedia Manufacturing*, 12(International Conference on Sustainable and Intelligent Manufacturing, RESIM 2016, 14-17 December 2016, Leiria, Portugal), 7-16. doi:10.1016/j.promfg.2017.08.002

Este proyecto muestra dos características clave en el proceso del biodiseño, la recurrencia al uso de la tecnología de modelado tridimensional y la contraposición a la actual sustentabilidad. Primero, el desarrollo del pabellón requirió el uso de software especializado para modelar y procesar formas complejas derivadas de la naturaleza. Se utilizó el microscopio de barrido (the electron scanning microscope) así como las herramientas digitales de Rhinoceros 3d, Grashopper y Lunchbox o Toolbox.

Segundo, esta propuesta es un manifiesto en contra de la actual sustentabilidad que recurre a sistemas mecánicos de control ambiental. El pabellón cobra relevancia pues funciona mediante la implementación de mecanismos de control ambiental, producidos por la explosión de la interactividad entre digital, mecánica y electrónica en el diseño arquitectónico.

Se pudo observar que el modelo de arquitectura que incluya principios derivados de la naturaleza se ha ido desarrollando a través del tiempo y en la actualidad está siendo tomado en consideración. Desde siempre la biología ha estado presente en la arquitectura, como analogía o biodiseño. Además la adaptación de un objeto artificial al medio ambiente está convirtiendo a los objetos en sistemas, como es el caso del pabellón Hy-Fi, que funcionen en consonancia con el entorno para lograr una simbiosis que por ende sea capaz de renovarse, principio usado por la

naturaleza y el cuerpo humano, para la gestación de la vida y su crecimiento. La sustentabilidad a partir del biodiseño y la arquitectura biológica es una oportunidad y tiene una diversidad de expresiones con un amplio lenguaje arquitectónico según el arquitecto encargado.

3.3 Metodologías de diseño arquitectónico: métodos convencionales y métodos emergentes

Los casos presentados son algunos ejemplos de la biología aplicada al diseño arquitectónico, pero en contraposición existe el diseño arquitectónico tradicional, utilizado por la mayor parte del sector profesional y académico en la disciplina de la arquitectura. En la tradición existe una “metodología predominante de diseño arquitectónico”, que es identificada por su relevancia y su uso extendido entre los involucrados en el diseño de una vivienda sustentable.

Se identifica en el desarrollo histórico del diseño, dos enfoques de los modelos metodológicos y teóricos expuestos por diversos autores:

1. Métodos convencionales de diseño arquitectónico
2. Métodos de diseño emergentes con enfoque biológico

1 Métodos convencionales de diseño arquitectónico

Las etapas de diseño arquitectónico tradicional fueron establecidas en 1965 por el Royal Institute of British Architects, con base en las etapas de diseño para ingeniería según Asimow (Jones, 1982) mostradas en el gráfico 20. Posteriormente se adoptó a nivel mundial el acto de proyectar espacios habitables y se consolidó el proceso de producción de los objetos arquitectónicos (PPOA) actual, el cual es formado por seis fases: 1) transformación del problema en programa arquitectónico; 2) el programa en proyecto inicial o anteproyecto; 3) proyecto ejecutivo; 4) materialización; y 5) operación (Turati, 2003; Lucero 2007).

La metodología de diseño arquitectónico tradicional, está basada en el programa arquitectónico, planteado por Christopher Alexander. Desde la primera década de los años sesenta del siglo XX fue influenciada por algoritmos computacionales para crear espacios; estrategias participativas; así como técnicas gráficas de codificación de la información; la ingeniería de sistemas, la ergonomía, aplicación de técnicas de la investigación operativa, la teoría de la información y la cibernética, entre otras disciplinas y herramientas (Lucero,2007; Vilchis, 1992; Broadbent, 1975). El método de diseño es planteado en 3 etapas según Gordon Best (Vilchis, 1992):

- a) Entradas: preliminares, análisis del contexto natural, artificial y socio-económico
- b) Codificación y descodificación: listado de necesidades, programa arquitectónico, matriz, diagrama de relaciones, zonificación, entre otras estrategias gráficas.
- c) Salida: concepto, partido arquitectónico, anteproyecto, proyecto ejecutivo.

Etapas de diseño tradicional		
Etapas	Ingeniería	Arquitectura
1	Viabilidad. Intuir una serie de conceptos posibles	1. Concepción
		2. Viabilidad
		3. Nociones propuestas
2	Diseño preliminar. Selección preliminar y desarrollo del mejor concepto	4. Esquema de diseño
3	Diseño detallado descripción del concepto	5. Diseño detallado
4	Planificación Evaluación y alteración del concepto en función	6. Datos de producción
		7. Relación de cantidades
		8. Propuesta de acción
		9. Planificación del proyecto

	de los requerimientos de producción, distribución, consumo y eliminación del producto	10. Operación en la obra
		11. Conclusión
		12. Feedback

Gráfico 20 Etapas del diseño arquitectónico tradicional derivadas de las etapas de diseño en ingeniería

Existen diversos métodos de diseño arquitectónico en las escuelas de arquitectura del país, sin embargo todos presentan etapas similares, por su origen en el proceso del gráfico 20. El más consolidado y difundido en México por su influencia en la formación arquitectónica, es el formulado por el arquitecto José Villagrán García (1982), denominado el método del programa. Villagrán (1982, p.42) cita que el programa [...] *“será en resumen, concordancia de la forma con su finalidad causal, con su materia prima y con la técnica de transformación empleada. La finalidad causal, [...] es para la actividad arquitectónica el PROGRAMA”*.

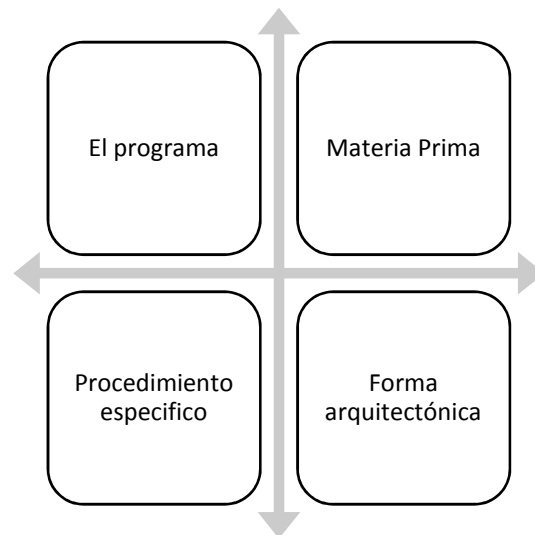


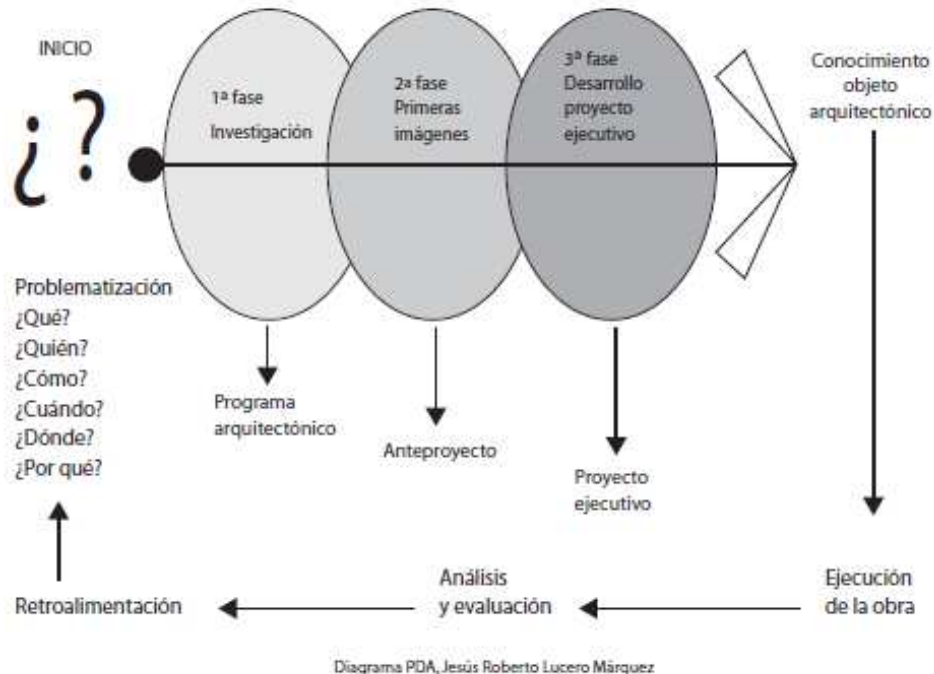
Gráfico 21 Esquema del proceso de diseño arquitectónico según Villagrán

Fuente: Villagrán G. José (1992, p.47) Integración del valor Arquitectónico

El programa se realiza recopilando y analizando información de tres aspectos individuales (ubicación, destino y economía), y producto de este análisis se diseña un espacio arquitectónico, que debe contar con ciertos valores arquitectónicos (valor estético, valor utilitario, valor lógico y valor social) (Villagrán,1982).

Producto de la reflexión de diversos métodos consultados, el estudio realizado en la presente investigación y en el análisis del arquitecto Lucero Márquez (2007), se determinó la existencia de un método predominante de diseño arquitectónico presente en las escuelas de arquitectura del AMG y del país.

Lucero (2007,p.26), catedrático de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), explicado en el gráfico 22.



- Programa de necesidades del usuario (definición de actividades a desarrollar)
 - Análisis del sitio (visión urbana y arquitectónica-medio físico natural y artificial)
 - Análisis del usuario (definición del perfil)
 - Análisis antropométrico (definición media antropométrica)
 - Análisis ergonómico y de la ergonomía (estudio cuantitativo y cualitativo espacial)
 - Análisis de áreas (dimensionamiento y conjunción de espacios)
 - Programa arquitectónico (definición de requisitos a cumplir de proyecto)
- } 1ª fase
- Diagrama de funcionamiento (definición relación y jerarquización de espacios)
 - Zonificación (definición partido arquitectónico)
 - Anteproyecto (análisis funcional, formal, estructural y espacial)
- } 2ª fase
- Desarrollo del proyecto ejecutivo
- } 3ª fase

Gráfico 22 Proceso de diseño manejado en la UNACH, según el arquitecto Lucero Márquez

Fuente: Lucero Márquez Jesús Roberto (2007) La enseñanza del proceso de diseño arquitectónico. Investigación y Diseño. Anuario de posgrado 04 México DF: UAM-X, CyAD; 2007 ISBN: 9703108961 recuperado de

<https://publicaciones.xoc.uam.mx/Busqueda.php?Terminos=Lucero%20M%C3%A1rquez,%20Jes%C3%BAs%20Roberto&TipoMaterial=1&Indice=2>

Existen diversas metodologías de diseño arquitectónico, sin embargo todas proceden de los mismos principios teóricos y comparten características y fases similares aunque en orden diferenciado. Las fases son: problematización; investigación; análisis del medio físico natural; medio social, cultural y económico; medio artificial o transformado; análisis del usuario; elaboración del programa arquitectónico; interpretación y ordenamiento de la información mediante técnicas como la zonificación, diagrama de relaciones, entre otras; comunicación de la propuesta a través de planimetría en una primera propuesta (anteproyecto) y un posterior desarrollo final (proyecto). Mostrado por Lucero (2007), esta es la metodología de diseño arquitectónico predominante en gran parte de las universidades del país.

La metodología de diseño predominante, se basa en la programación de Christopher Alexander, los valores arquitectónicos de José Villagrán y la contextualización de factores del medio físico y del usuario, de origen con Broadbent. Comparte el enfoque de caja negra, observable en la fase de interpretación y ordenamiento de la información, altamente subjetivo y comúnmente reducido a la creatividad del diseñador. En la actualidad se busca un modelo de caja de cristal con un enfoque científico, más objetivo, lo que ha generado la especialización como el diseño bioclimático (por ej. el método de diseño bioclimático propuesto por Freixanet del gráfico 23) y propuestas en la sustentabilidad como el Análisis del Ciclo de Vida (ACV). La especialización ha detonado una segregación metodológica que ha dejado al proceso de diseño predominante con herramientas, técnicas y métodos creados en 1982.

Finalmente la metodología de diseño predominante es antropocéntrica sin considerar los requerimientos de los seres vivos; coloca al diseñador como observador del medio natural y no como partícipe de este, procurando reducir impactos sin participar en los procesos eco sistémicos como un organismo más. Carece de interdisciplinariedad. Es por esto que surge el cuestionamiento, ¿Qué tanto proporciona el método de diseño predominante una ayuda a la sustentabilidad de un objeto arquitectónico como la vivienda?

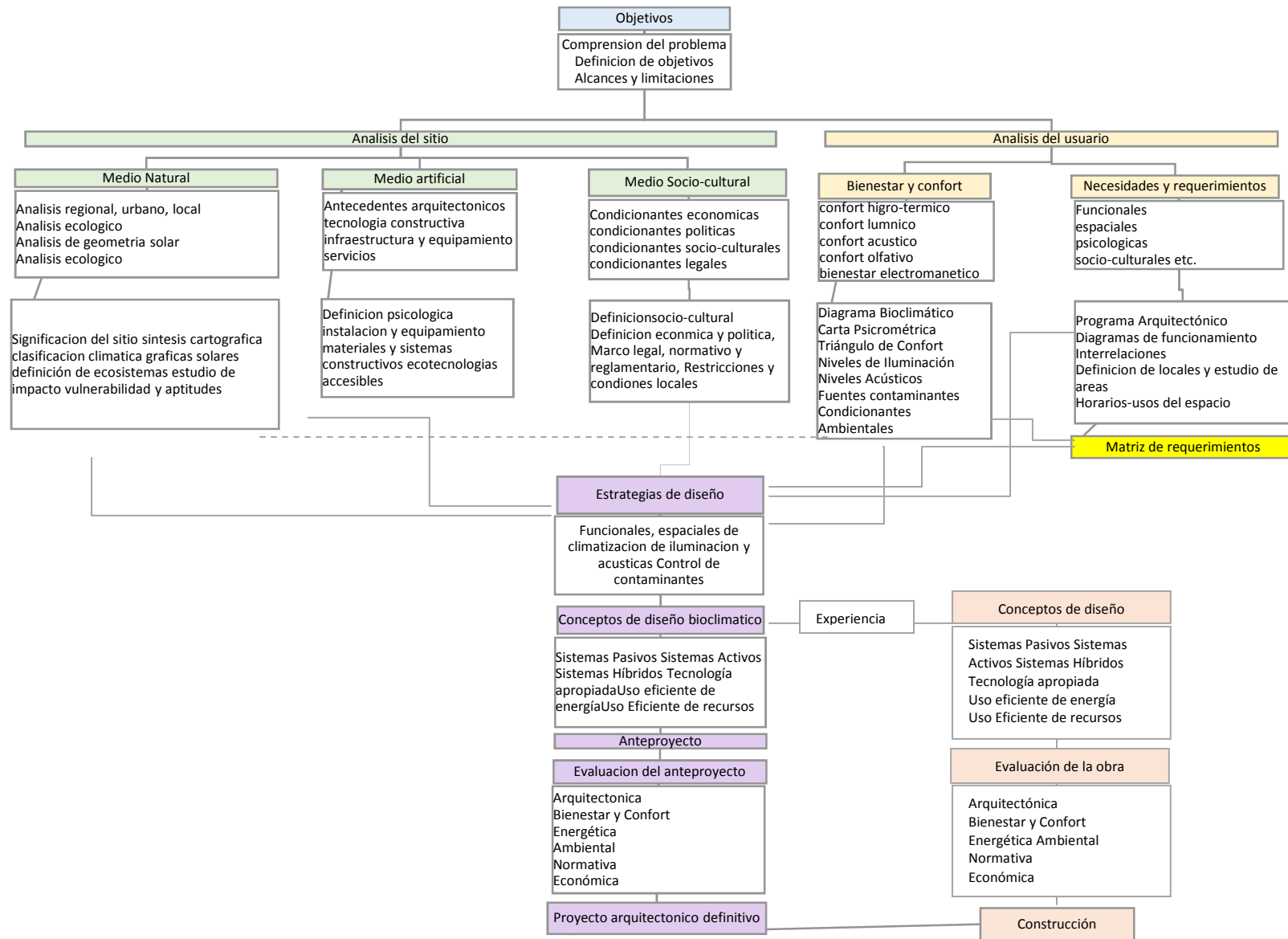


Gráfico 23 Metodología de diseño bioclimático, propuesto por Víctor Armando Fuentes Freixanet

Nota. Fuente: Freixanet. Metodología de diseño bioclimático. Barcelona, España: Gustavo Gili

Se ha explicado el concepto de arquitectura biológica pero ¿Cuál es la diferencia con la arquitectura actual? A continuación se presentan las características entre estas dos ideologías. La primera fundamentada con un enfoque sustentable y la segunda con un enfoque racionalista y funcionalista.

CARACTERÍSTICAS	
Arquitectura actual (Teoría funcionalista y racionalista)	Arquitectura Biológica (Paradigma de la sustentabilidad y Biodiseño)
La función desde el enfoque antropocéntrico; cumple una función para el ser humano	La función desde el enfoque biológico; el objeto arquitectónico cumple una función para los demás objetos y organismos.
La forma está supeditada a la función y adaptada a un ambiente particular.	La forma alberga una función que está supeditada y modelada por el ambiente
EL objeto arquitectónico se adapta al contexto	EL objeto arquitectónico está relacionado al contexto como parte del sistema general
Sistema abierto conectado a la red de abastecimiento municipal	Sistema cerrado o sistema abierto con salidas biodegradables y/o no tóxicas.
Adaptación a los ecosistemas y ambiente	Adecuación con la posibilidad de regenerar los ecosistemas y el ambiente
El objeto arquitectónico es estático, resiste los fenómenos naturales y es atemporal	El objeto arquitectónico es dinámico en el tiempo y el territorio. Susceptible al tiempo y los componentes del contexto.
Parte de un concepto abstracto o una idea central que rige el desarrollo del proyecto	Parte de la observación de las funciones de los organismos o de los sistemas; o de unos problemas claramente definidos.
Diseñada conscientemente por el arquitecto	Diseñada en colaboración entre usuario y arquitecto
El arquitecto diseña todo	El arquitecto es visto como coordinador de un equipo de trabajo
Se recurre a objetos similares que generan una preconcepción de la solución de diseño a un problema	Se recurre a organismos análogos para concebir soluciones de diseño a un problema
El diseñador posee un cuerpo de conocimiento colectivo sobre objetos existentes y pasados, su comportamiento y propiedades.	

Gráfico 24 Comparativa de características entre la arquitectura actual y la arquitectura biológica abordada en la investigación.

Fuente: Elaborado por autor

2 Métodos de diseño emergentes con enfoque biológico

En la actualidad la unión de la biología y el diseño es definido Biodiseño e integra fundamentos derivados de la teoría de biomimesis, sin embargo busca producir diseños concebidos como organismos vivos. Esta teoría es predominante en diversas disciplinas del diseño, principalmente diseño industrial y en las últimas décadas aplicadas al diseño arquitectónico. Busca generar principios y diseños a partir de las soluciones que los organismos vivos han dado a los problemas complejos de la naturaleza (Riechman, 2006; Benyus 1994). Estos métodos son complementarios a la metodología predominante de diseño anteriormente presentada y busca potencializar el proceso de diseño preestablecido con soluciones innovadoras (Viñolas,2005).



Gráfico 25 Clasificación de los procesos de diseño que involucran la naturaleza

Fuente: Extraído de Viñolas, J. (2005). Diseño ecológico : hacia un diseño y una producción en armonía con la naturaleza. Barcelona, España : Blume, 2005, c2005.

Existen 2 procesos de diseño que involucran la naturaleza (gráfico 25). Los procesos indirectos que parten de soluciones naturales para resolver un problema de diseño y los directos que, ante un problema de diseño, emplean referentes de la naturaleza para dar una solución (López-Forniés & Berges-Muro, 2014; Benyus, 1997; Biomimicry, 2017). Se caracterizan por ser *“exploratorios, buscan ideas válidas y aplicables, por eso es necesario conocer dónde se enmarca el proyecto de diseño, la relación con el ser vivo, y las características observadas en este”* (López-Forniés & Berges-Muro, 2014).

Primero se presenta una revisión de autores en el proceso indirecto, centrado en investigaciones biológicas cuyo descubrimiento es traducido y aplicado a soluciones en el ámbito artificial (López-Forniés & Berges-Muro, 2014).

Lodato (2004) en el BioDesign process del gráfico 26; “consiste en una investigación biónica para detectar y obtener los principios y los procesos que otorgan esa superioridad. Una vez conocidos se elaboran métodos y modelos para describir los sistemas biológicos en términos útiles para los diseñadores, y se eligen aquellos que demuestren la viabilidad de traducir este conocimiento en un aparato seguro y eficaz” (López-Forniés & Berges-Muro, 2014).

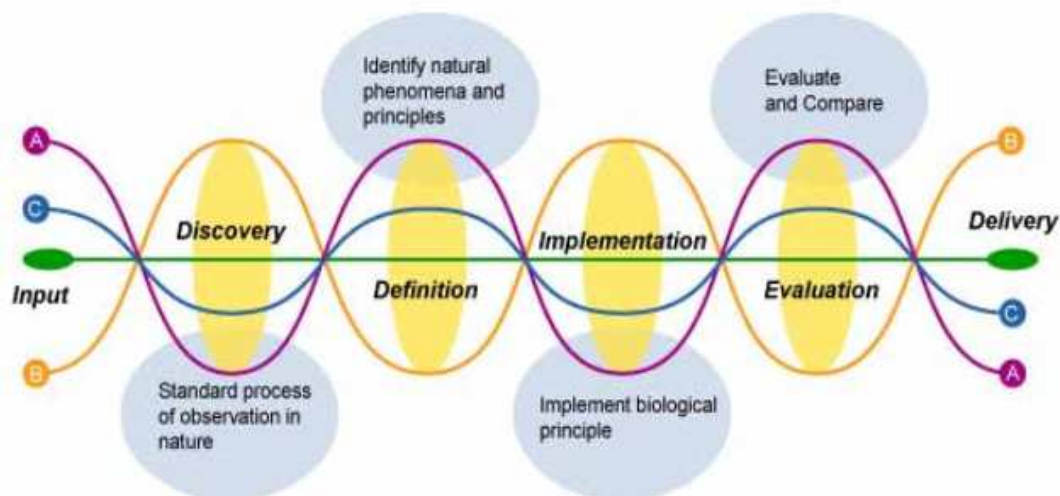


Gráfico 26 Biodiseño integrado

Fuente: Lodato F. “BioDesign: The Nature of Design”. MIT Media Lab. 2004. Disponible en internet: <http://www.media.mit.edu/events/di-2004-10-22/lodato2004-1022.pdf>

Vincent et.al (2005) propone un proceso similar utilizando bases de datos de “patentes de la naturaleza” y una herramienta basada en la teoría de the Russian Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) que nos ayuda a cómo relacionar y aplicar los principios biológicos al diseño de una manera ordenada, BioTRIZ. Estos “Son métodos que tratan de normalizar y estandarizar el proceso. Evitan el carácter intuitivo y establecen patrones que los hacen menos dependientes del proceso creativo” (López-Forniés & Berges-Muro, 2014).

Índice	
Autor	
Fecha de creación	
Ultima fecha de modificación	
Sistema	
Descripción	
Referencia	
Función	
Nivel de organización	
Medio de vida	
Causa interna o contacto externo	
Causa estática o dinámica	
Efecto al objeto o cambios en el medio	
Efecto (no) recíproco	
Efecto estático o dinámico	
Nota	

Gráfico 27 Tabla para realizar el análisis denominado BioTriz

Nota. Fuente: Vincent, J. V., Bogatyreva, O., Pahl, A., Bogatyrev, N., & Bowyer, A. (2005). Putting Biology into TRIZ: A Database of Biological Effects. *Creativity & Innovation Management*, 14(1), 66-72. doi:10.1111/j.1476-8691.2005.00326.x (p.6)

Por otra parte el proceso directo, encontrar una solución a un problema de diseño mediante la investigación en el ámbito de la naturaleza para encontrar principios que puedan ser extrapolados al ámbito de diseño (López-Forniés & Berges-Muro, 2014). Existen diversos métodos surgidos de este proceso, como el del Institute of Biomimicry of Stanford, el de Helms (2009) enfocado en dos técnicas, la descomposición funcional y la optimización funcional. López-Forniés & Berges-Muro (2014) proponen una metodología de diseño similar a Helms (200), basada en la funcionalidad de un organismo vivo para aplicar sus principios al diseño. Todos concuerdan en los pasos metodológicos del diseño en espiral del Instituto Internacional de Biomimicry.

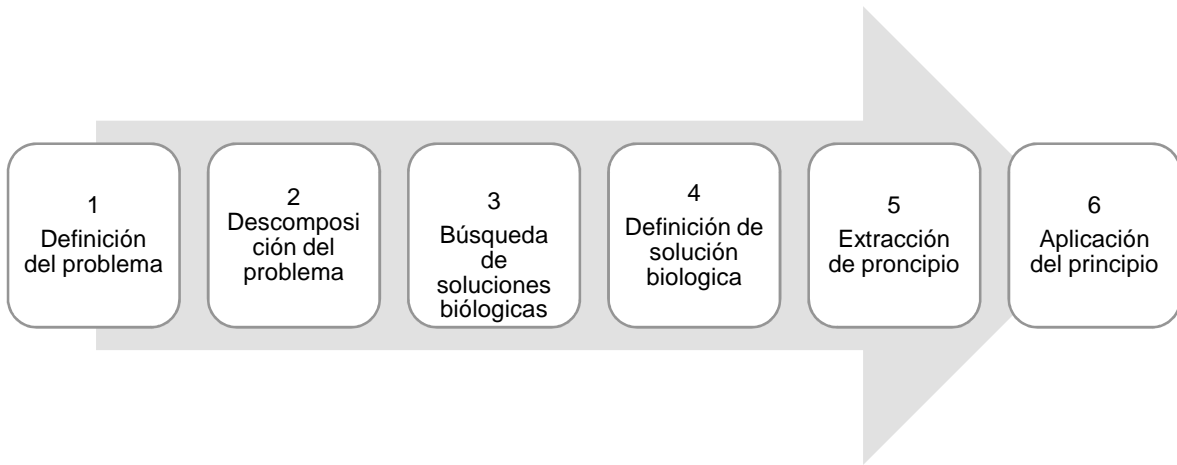


Gráfico 28 Proceso de biosideño a partir de la descomposición funcional y la optimización funcional

Fuente: Helms M. "Biologically inspired design: process and products". Design Studies. 2009, Vol. 30,

Resultado de la revisión de diversos métodos que procuran establecer analogías, similitudes, abstracciones y relaciones entre las características de la naturaleza, y aquello que el hombre puede aplicar a sus artefactos, sean en un proceso directo o indirecto, se descubrió que todos los procesos de diseño están centrados en una abstracción de conceptos a partir de la función de la naturaleza e integran herramientas externas a la disciplina a la que se aplique un método. Además estos métodos son genéricos para cualquier disciplina ligada al diseño.

El arquitecto Aresta (2014) comienza a proponer un método específico para arquitectura biológica, aunque no fundamentado en técnicas o herramientas derivadas de la biomimesis como en los demás métodos, sino en el bioclimatismo y la metodología del diseño arquitectónico tradicional (gráfico 29). Además resultado de todos los procesos se han desarrollado diversas técnicas y herramientas de diseño, como la descomposición funcional y la optimización funcional, entre otras. Sin embargo no existe un método que integre estas herramientas y principios a la metodología de diseño arquitectónico tradicional, y por lo tanto permee de manera extensiva entre los profesionistas.

Frente a una amplia variedad de posturas se decidió realizar una comparativa analítica para poder comprender las cualidades de cada una y las similitudes que

permitan integrar emergencia y tradición, para reducir la desarticulación entre ejercicio profesional y académico.

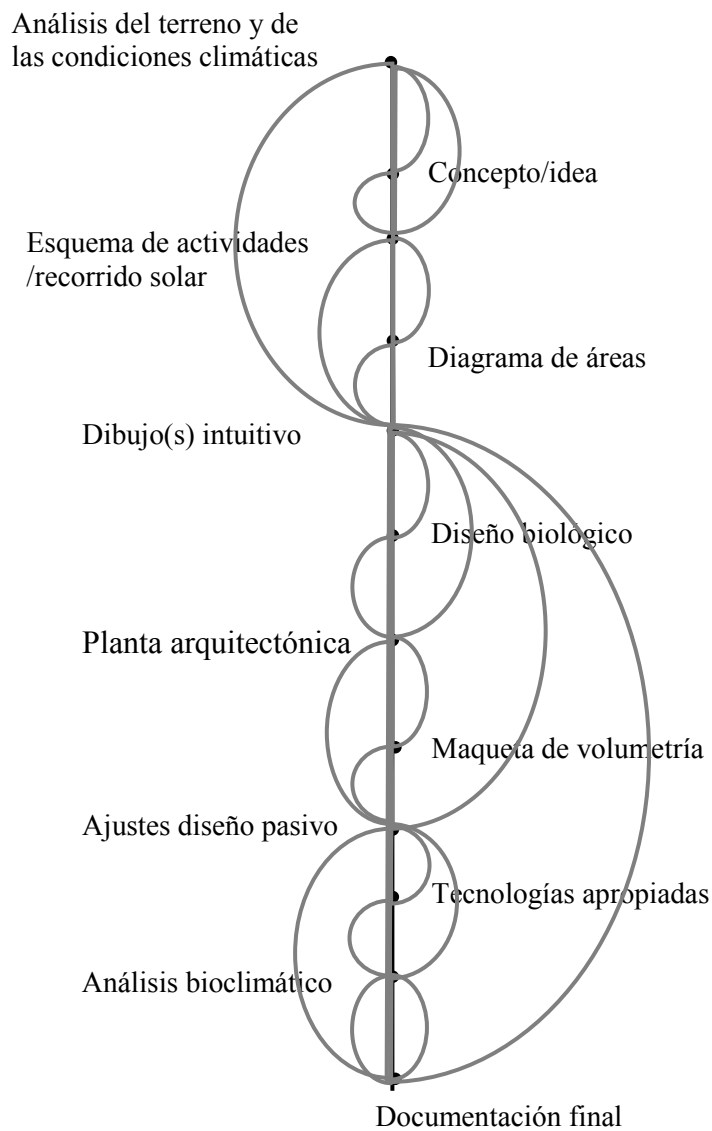


Grafico 29 Metodología de diseño biológico propuesto por Aresta.

Fuente: Extraído de Aresta (2014).

2.1.2.4 Comparativa de metodologías del diseño

Metodologías de diseño									
	Analítica (tradicional)		Bioclimática (tradicional)		Sustentable		Biológica / Biomimesis (emergente)		
Autor	Broadbent	Lucero	Freixanet	Kim J. J.	Ludato	Aresta	Janine Benyus		
Año	1974	2008	1995	2001	2004	2014	1998		
Enfoque disciplinario	Multidisciplinario	multidisciplinario	multidisciplinario	Interdisciplinario	Interdisciplinario	interdisciplinario	Multidisciplinario		
Fases principales del proceso de diseño	1 Sistema entorno Contexto cultural Contexto Físico 2 Sistema edificio Tecnología de construcción Ambiente interior 3 Sistema humano Requerimientos del usuario Objetivos del cliente	1Programa arquitectónico 2Análisis del sitio 3Análisis del usuario 4Análisis antropométrico y ergonómico 5Análisis de áreas funcionamiento 7Zonificación 8Anteproyecto 9Proyecto ejecutivo	1Objetivos 2Análisis del sitio 3Análisis del usuario 4Estrategias de diseño 5Concepto de diseño bioclimático 6Anteproyecto 7Evaluación del anteproyecto 8Proyecto ejecutivo	1Programa arquitectónico 2 Análisis del sitio 3Características físicas del lugar 4 Características y condicionantes del contexto 5 Paisaje 6 Ciclo de vida de los materiales 7Manejo de recursos 8 Ciclo de vida del edificio 9 Anteproyecto	1Descubrimiento Procesos de observación de la naturaleza 2Definición Identificar principios y fenómenos naturales 3Implementación de principios biológicos 4 Evaluación	1Análisis del terreno y condiciones climáticas 2Concepto/idea 3Esquema de actividades/recorrido solar 4Diagrama de áreas 5Dibujo(s) intuitivo 6Diseño Biológico 7Planta Arquitectónica 8Ajuste de diseño pasivo 9 Tecnologías apropiadas 10 Análisis bioclimático 11Documentación final	1. Identificar 2. Interpretar 3. Descubrir 4. Resumir 5. Emular 6. Evaluar		
Enfoque (sustentable, ecológico, bioclimático, etc)	Arquitectónico; ecológico; correctivo	Arquitectónico; analítico con tendencia ecológica;	Bioclimático; correctivo; ecológico	Preventivo no correctivo sustentable	Adaptativo; biodiseño; mimetismo; simbiosis	Tendencia sustentable, predominantemente bioclimático, propuesta biológica; ecológico	Biomimesis, mimetismo, tendencia ecológica		
Origen del planteamiento de la solución	El objeto arquitectónico resuelve las	El objeto arquitectónico resuelve una	El objeto arquitectónico adaptado en	El objeto arquitectónico reduce los impactos	El objeto arquitectónico está basado en soluciones	El objeto arquitectónico como organismo integrado al contexto	El objeto arquitectónico implementa una solución con base en:		

problema	necesidades del ser humano en base a un programa	necesidad espacial.	respuesta al clima del lugar de emplazamiento.	ambientales que produce mediante estrategias durante su ciclo de vida	humanas que no responden al contexto y que generan mas problemas.	para lograr una simbiosis.	. Un concepto identificado en la naturaleza y trasladado para resolver un problema . La búsqueda de conceptos para resolver una problemática
Objeto de estudio analógico de referencia	El ser humano y la máquina	La máquina, el ser humano y la naturaleza	Arquitectura vernácula; el clima; la máquina	La máquina; la industria; el ser humano; sociedad	Organismos vivos e inertes	La naturaleza	Los organismos vivos, su funcionamiento y forma; los hábitats
Fundamento teórico (programación, biomimesis, sustentabilidad)	Teoría de sistemas, programación arquitectónica	Teoría de sistemas, programación arquitectónica, funcionalismo, racionalismo	Bioclimatismo; Programación arquitectónica; Organicismo; funcionalismo; racionalismo.	Programación arquitectónica; organicismo; sustentabilidad;	Biomimesis	Sustentabilidad, biomimesis; organicismo; biodiseño; biomanufactura	La observación, Biomimesis; biomanufactura; morfogénesis
Técnicas metodológicas	Matriz de relaciones; diagrama de funcionamiento; zonificación	Matriz de relaciones; diagrama de funcionamiento; zonificación	Gráfica solar, programa arquitectónico; Matriz de relaciones; diagrama de funcionamiento; zonificación; análisis higrométrico	Análisis de ciclo de vida de los materiales; análisis de impacto ambiental; análisis de viabilidad de ecotecnias;	Biotriz; Abstraccion de funciones; Biological Thesaurus	Grafica solar, programa arquitectónico; Matriz de relaciones; diagrama de funcionamiento; zonificación; análisis higrométrico	Biotriz; Abstracción de funciones; Biological Thesaurus
Disciplina	Arquitectura	Arquitectura	Arquitectura	Arquitectura	Diversas disciplinas	Arquitectura	Diversas disciplinas
Leyes de origen	Lógica	Lógica	Leyes naturales	Leyes naturales	Leyes naturales	Leyes naturales	Lógica y leyes naturales

Gráfico 30 Comparativa de metodologías de diseño arquitectónico

Nota. Fuente: Elaborado por autor

En el gráfico 30 se presenta un concentrado de los principales métodos de diseño consultados. Se puede observar que estos han evolucionado de un proceso analítico a un proceso más holístico que comienza a centrarse en la vida y sus diversas manifestaciones naturales. Esta evolución se ve reflejada en un proceso más interdisciplinario aunque en el ejercicio profesional los arquitectos siguen sin introducir otras disciplinas a un proyecto y aun más visible en la formación arquitectónica de diversos estudiantes en las universidades en el AMG.

Se observa una separación entre métodos tradicionales y métodos emergentes, existiendo la aparición de métodos sustentables originados de los tradicionales. Los primeros especializados en el diseño arquitectónico comparten un proceso de diseño similar y enfocado en solucionar problemas espaciales antropocéntricos. A diferencia de los métodos no especializados que son aplicados a cualquier disciplina. El objeto arquitectónico ha pasado de ser visto como producto del ser humano a una visión de objeto producto del ambiente utilizado por el ser humano. Esta separación en la arquitectura no ha permitido la integración de herramientas que ayuden a abstraer conceptos de los diseños de los organismos vivos, como son habitáculos y menos aun de sus características como el mimetismo, que pueden ser englobados como principios biológicos identificados en la naturaleza.

Los métodos emergentes como el biodiseño nos proporcionan aprendizajes de los conceptos derivados de la naturaleza, conocidos como principios biológicos. Estos principios pueden ser integrados al pensamiento de los métodos tradicionales a través de la integración de las diversas técnicas y herramientas de los métodos emergentes que están siendo construidas alrededor del mundo. Lo anterior demuestra la importancia de la presente investigación por integrar los principios biológicos a la metodología de diseño tradicional mediante el uso de técnicas derivadas del biodiseño y biomimesis. Esto para comenzar a unificar tradición y emergencia para producir nuevos diseños encaminados a la sustentabilidad de la vivienda.

Las diferencias del diseño

Proceso de diseño arquitectónico	Diseño Biomimético
Durante el diseño, se tiene relación con disciplinas afines al campo de estudio	Además de las disciplinas afines al diseño, incluye las ciencias naturales de manera estructural: la biología, la química y todas aquellas que ayudan a ver el mundo natural de manera profunda.
El diseño toma en cuenta las condiciones particulares del sitio que incluyen el estudio del clima, sol, viento, los requisitos del usuario, etc.	El diseño considera además las condiciones operativas del planeta como gravedad, luz solar, no equilibrio dinámico, agua, los límites y las fronteras, los procesos cíclicos, etc.
Parte de un concepto abstracto o una idea central que rige el desarrollo del proyecto	Parte de la observación de las funciones de los organismos o de los sistemas; o de unos problemas claramente definidos.
El estudio de repertorio basado en proyectos arquitectónicos o urbanos que responden a problemas similares	El estudio de repertorio considera las estrategias adaptativas de los organismos que se han enfrentado a los mismos problemas durante 3,800 millones de años.
La evaluación del proyecto en considerables casos carece de parámetros de evaluación	El proyecto es evaluado mediante los principios de la vida, a fin de probar su integración en el sistema y de estándares ecológicos.
No existen valores declarados en el proceso	Promueve la gratitud y el trabajo colaborativo.

Gráfico 31 Diferencias entre el proceso de diseño arquitectónico y el diseño biomimético

Nota. Fuente: Extraído de Cocom-Herrera & González-Cetz (2015)



04
ESTADO DEL ARTE

4 Estado del arte

Se ha delimitado que los principios naturales aprendidos mediante un diseño biológico pueden ser integrados al diseño arquitectónico tradicional mediante herramientas derivadas de métodos de diseño emergentes, pero ¿Cuáles han sido los productos de la aplicación de principios derivados de la naturaleza en el diseño, en sus diversas vertientes? ¿ Como han abordado otros investigadores la integración de emergencia y tradición?. En la investigación se consultaron diversos casos empíricos relacionados al tema en diversas fuentes electrónicas y bibliográficas, delimitados en diseño industrial y arquitectónico. El campo de estudio se ubica en la aplicación de principios derivados de la naturaleza en el área de diseño arquitectónico, para desarrollar métodos, herramientas y procesos de diseño. Sin embargo también existen productos como mobiliario y edificaciones, inspirados en la naturaleza. Además de investigadores que trabajan en la creación de materiales y modelos físicos y/o virtuales (ver gráfico 32).

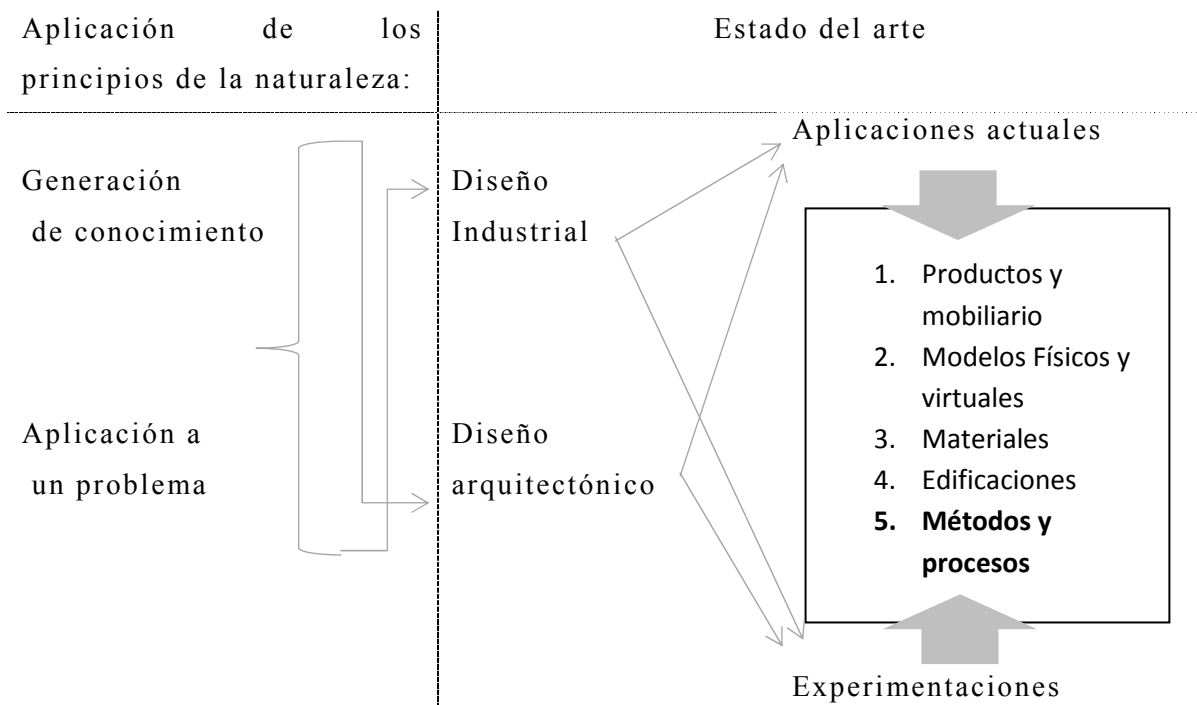


Gráfico 32 Organización de las investigaciones relacionadas a la aplicación de principios de la naturaleza

Nota. Fuente: Adaptado de Ben Mansour Oumnia (2015) École Nationale d'Architecture de Rabat. Biologie er architecture Cité des insectes et des sciences naturelles. Recuperado de https://issuu.com/bomnia/docs/memoire_ba_bo el día 21 de Febrero del 2018.

2 La creación de Modelos Físicos y Virtuales, por ejemplo el diseño paramétrico es un ejemplo, donde se busca reproducir modelos naturales de manera virtual, pudiendo ser materializados mediante la impresión digital, además de la meta heurística, para resolver problemas de diseño a través de algoritmos computacionales.

3 La aplicación de la naturaleza para el diseño de materiales está dirigida primero al aumento de las propiedades mecánicas y a reducir los impactos ambientales producto del ACV de los materiales, tales como los materiales biodegradables, reciclados y/o reciclables. En segundo punto a reproducir patrones naturales, para generar materiales innovadores, como las superficies auto limpiantes inspiradas en la hoja del loto o en el campo biomédico para la reparación de tejidos del cuerpo humano.



Gráfico 35 Aplicación de principios naturales en la generación de materiales genéticamente modificados y creados digitalmente.

Fuente: Extraído de Estévez & Navarro (2017)

Una tercera aplicación es la generación de materiales genéticamente modificados y creados digitalmente. Ejemplo es el árbol limonero de los investigadores Estévez & Navarro (2017) de la Escuela Superior de Arquitectura (ESARQ) en Cataluña, quienes han modificado genéticamente una planta para poder contar con una energía 100% limpia. Los investigadores proponen la bio arquitectura (definida como aquella que implementa e integra conceptos y elementos naturales mejorados según Estévez & Navarro (2017)) que tiene por objeto desarrollar materiales vivientes de edificación.

4 Edificaciones

Los ejemplos de aplicación de principios de la naturaleza en la arquitectura, ahora a un nivel macro, como objeto arquitectónico, fueron organizados en 4 niveles.

1. La aplicación de principios en la dimensión funcional. Objetos arquitectónicos en relación a la función de los diseños producidos por los organismos vivos e inertes para alcanzar principalmente, ahorro y eficiencia energética, eficiencia y ahorro de recursos, climatización pasiva, entre otros. Centro Eastgate en Zimbabue, África, cuyo sistema de enfriamiento es natural, sin medios mecánicos (gráfico 38).
2. La aplicación de principios en la dimensión estructural. Objetos diseñados a partir del estudio, entendimiento y analogía de las estructuras presentes en la naturaleza, desde estructuras vegetales hasta animales, además de minerales y bacterianas (gráfico 39).
3. La aplicación de principios en la dimensión formal. Objetos diseñados a partir de la forma como contenedor y determinador del espacio arquitectónico. La analogía es el principal recurso metodológico, pudiendo ser conjugado con conocimientos de estructuras presentes en la naturaleza. La estética es el primer objetivo, subestimando a veces las ventajas sustentables de una forma biológica: eficiencia y ahorro energético, material e hídrico, climatización natural (gráfico 36).
4. La aplicación de principios a nivel sistema. Un objeto diseñado como organismo vivo cuya forma, función, estructura y espacio sean recíprocos y colaborativos entre ellos. El diseño es integral sin obviar ninguna dimensión del objeto, por el contrario el objetivo es emular los sistemas naturales, para poder crear una arquitectura regenerativa y en simbiosis con el medio ambiente. Ejemplo, el pabellón de seda del Instituto de Tecnología de Massachusetts, MIT por sus siglas en inglés, cuya diseñadora Oxman, Neri (2011) también se encuentra desarrollando nuevos materiales inspirados y basados en organismos vivos (gráfico 37).

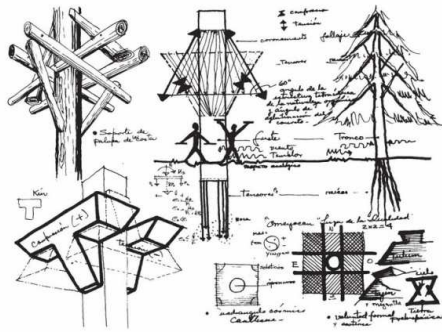


Gráfico 36 Aplicación de principios a nivel formal. Casa taller del arquitecto mexicano Agustín Hernández

Fuente: <https://www.archdaily.mx/mx/02-141710/clasicos-de-arquitectura-taller-de-arquitectura-agustin-hernandez>

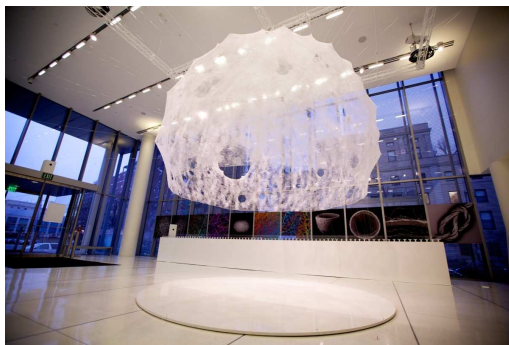


Gráfico 37 Aplicación de principios a nivel sistemas. Pabellón de seda MIT/Matter Media Lab

Fuente: <https://www.archdaily.mx/mx/02-290166/pabellon-de-seda-mit-media-lab>



Gráfico 38 Aplicación de principios a nivel funcional. Centro Eastgate en Zimbabue

Fuente: <https://www.rockefellerfoundation.org/blog/do-you-live-resilient-city/>



Gráfico 39 Aplicación de principios a nivel estructural. Estructura del cactus.

Fuente: a) Tesis

b) <http://www.ilikeviajes.com/recorre-el-parque-nacional-los-cardones/>

Nota: extraído de Rossi, Ludovica (2009). Arquitectura y biomimesis Caso de estudio: análisis del tejido del cactus para modelos arquitectónicos inspirados en la naturaleza. (Maestría) Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

4.2 Métodos y procesos: experiencias de la enseñanza y aplicación de principios biológicos en la licenciatura en arquitectura

Finalmente se aborda la aplicación de principios derivados de la naturaleza en el área de diseño arquitectónico, para desarrollar métodos, herramientas y procesos de diseño. El biodiseño y la biomimesis son catalogadas como metodologías emergentes anexas al proceso de diseño tradicional y abordadas por diversos investigadores. A continuación se presenta diversas investigaciones que fueron referentes para el proyecto, caracterizadas por ejercicios de aplicación de la biomimesis y el biodiseño en la solución de un proyecto arquitectónico con alumnos de diversas facultades de arquitectura e ingeniería y diseño industrial. De las investigaciones mostradas derivaron las herramientas de diseño implementadas en la presente investigación, así como la base de la metodología utilizada en el estudio aplicado de metodología del diseño incorporando herramientas con principios biológicos.

Primero Janine Benyus (1994) estableció el concepto de biomimesis y el diseño biomimético de manera científica y formal, aunque este ya existía anteriormente con diseños basados en analogías. Janine Benyus propuso 12 principios aprendidos de la naturaleza y aplicables al diseño y la sustentabilidad. Michael Braungart y William McDonough publicaron en 2002 el libro *Cradle to cradle* (De la cuna a la cuna), donde realiza un llamado a modificar el ciclo de vida de productos de un sistema lineal a un sistema circular, basado en los modelos naturales donde no existe el concepto de desperdicio y/o residuo. Égido (2012) publica y acuña el concepto de biodiseño como método proyectual de manera formal.

En el 2013, Martínez (2013) conjuga diversas disciplinas en un diseño integrado como paradigma metodológico no lineal, emulando el organicismo de los ecosistemas. También García et al (2015) propone un método similar, aunque más allá de la abstracción de funciones biológicas, ayuda a crear diagramas ecológicos

que permitan al diseñador proponer soluciones regenerativas para mantener la salud de los ecosistemas.

Las propuestas metodológicas, diseño integrado, biodiseño y diseño biomimético, han sido investigadas de manera empírica con estudiantes de arquitectura. En China, Wan, W., R., & Abdullah (2015) y en Turquía, en la Universidad Técnica de Karadeniz, los investigadores Yurtkuran, Kırılı, & Taneli (2013) han aplicado el proceso de diseño biomimético en estudiantes de arquitectura de primer grado, a través de la resolución de un proyecto arquitectónico que aplique conceptos derivados de los artrópodos. Tavsan, C., Tavsan, F., & Sonmez, E. (2015) investigaron el método de biomimesis en alumnos de igual manera para resolver un problema habitacional en el mar ante un desastre natural, enfocándose a animales marinos. La analogía fue la herramienta utilizada en estas investigaciones.

En México, Cocom-Herrera & González-Cetz (2015) realizaron en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) un curso de diseño biomimético, como materia optativa de los planes de estudio del campus de Arquitectura, Hábitat, Arte y Diseño, con la participación de diseñadores, biólogos, biólogos marinos e ingenieros químicos principalmente, sin embargo, es posible cursarla por estudiantes de otras carreras.

López-Forniés & Berges-Muro (2014) realizaron una investigación sobre la enseñanza y aplicación de la biomimesis en ingeniería industrial. El objetivo, *“presentar a los diseñadores la observación de la naturaleza como ámbito de estudio, siendo un espacio en el que encontrar soluciones análogas aplicables a funciones innovadoras”*. Realizado con dos grupos de alumnos de la asignatura de Biónica en el grado de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto y un grupo de alumnos del curso “Biomimética, la naturaleza como fuente de soluciones” organizado por Universa y la propia Universidad de Zaragoza, España. El primer grupo comenzó de una solución natural aplicada al diseño de un objeto y el

segundo a partir del análisis de un caso real de biomimética. A continuación se muestran los modelos metodológicos aplicados por los investigadores:



Gráfico 40 Modelo metodológico aplicado en el grupo que comenzó del Análisis de un caso real de Biomimética

Nota. Fuente: Extraído de López-Forniés & Berges-Muro (2014)



Gráfico 41 Modelo metodológico aplicado en el grupo que comenzó de una Solución natural aplicable al diseño de un objeto

Nota. Fuente: Extraído de López-Forniés & Berges-Muro (2014)

Las investigaciones mostradas concluyeron con un método para realizar un proceso de abstracción de conceptos de la naturaleza, sin embargo tan solo en la Universidad de Yucatán existe una reflexión sobre los aspectos sociales, académicos y conceptuales que delimitan los resultados de los ejercicios de las distintas investigaciones. Cabe mencionar que un método nos es garantía que un diseñador pueda realizar una abstracción de un concepto derivado de la naturaleza de forma exitosa, ya que existen otras variables como es el contexto bio-psico-social o las bases teóricas de la arquitectura. Al respecto Vincent (2014) cita que el carácter tecnológico (cuantitativo) de la arquitectura le dificulta la aplicación de principios biológicos, que resultan descriptivos, no lineales y sorprendidos e inesperados. Diferencias que han limitado a los diseñadores a

aplicar funciones abstraídas de la naturaleza en términos formales, estructurales y funcionales para resolver problemas específicos de la arquitectura. Además todas las metodologías analizadas recurren a la aplicación de diversas herramientas metodológicas según la disciplina, especialmente el diseño industrial y arquitectónico. Esto muestra una falta de consenso entre los diseñadores que trabajan bajo estas metodologías, para poder comenzar a determinar cuál es, si no el proceso, sí las herramientas que mejor se adaptan a cada disciplina en cuestión.

4.3 Herramientas metodológicas extraídas del biodiseño y aplicadas en la investigación

Como se observó y analizó en las diferentes experiencias de la enseñanza y aplicación de métodos emergentes en la licenciatura en arquitectura, los conceptos naturales son abstraídos y aplicados en un proceso de diseño mediante el uso de herramientas de diseño. Una herramienta metodológica es un instrumento, es algo que sirve como medio para hacer una cosa o conseguir un fin y algunas de las identificadas son: descomposición Funcional y Síntesis, Métodos Morfológicos, TRIZ: Teoría para la Resolución de Problemas de Inventiva, categorías biológicas, escalas biológicas, técnicas para la Búsqueda de Información, bases de datos (Vincent, 2005), listas de principios, etc. (López-Forniés & Berges-Muro, 2014).

Por esta razón para integrar principios naturales en la metodología predominante de diseño arquitectónico, producto de la revisión documental, se delimitaron las herramientas utilizadas en el biodiseño y biomimesis, según tres objetivos:

- a) Herramientas para aprender, analizar y abstraer conceptos de un organismo vivo e inerte así como de un ecosistema
- b) Herramientas de evaluación de la integración de un proyecto al ecosistemas en base a estándares ecológicos
- c) Herramientas para realizar analogías

Las herramientas seleccionadas para su integración en la investigación, fueron las que enunciadas a continuación.

a) Bitácora de observación y análisis de un organismo vivo

Derivada del libro Biodiseño de Égido (2012), cuyo fin es organizar y documentar la observación biológica, para facilitar la abstracción de funciones y generación de conceptos de diseño. El resultado también puede ser una base de datos para investigaciones y aplicaciones futuras. Está conformada por los siguientes apartados:

Partes de la Bitácora	
Clave	Asignada a cada una de las entidades biológicas con las que se trabaje. Puede estar basado en el nivel de organización del que se trate: molécula, organelo, célula, etc.
Entidad Biológica	Organismo, parte(s) o procesos del organismo con las que se trabaje
Análisis original	Observaciones de la entidad biológica realizadas directamente por el diseñador, incluye texto, esquemas, gráficos, etc.
Revisión de literatura	Resultados obtenidos de revisión documental sobre información científica de la entidad biológica estudiada
Modelo descriptivo	Interpretación de los resultados del análisis anterior
Abstracciones	Frases cortas de la descripción del funcionamiento
Aplicación de diseño	Explicación de posibles problemas a resolver con el nuevo concepto y presentación del mismo incluyendo texto, esquema, etc.
Palabras Clave	Palabras claves que permitan encontrar nuestros resultados en una búsqueda de datos específicos de biomimética, biónica, o bien a cabo en bases de publicaciones científicas o de diseño.

Gráfico 42 Estructura de los elementos que componen la bitácora de observación biológica, derivada del proceso de biodiseño

Nota: Fuente: extraído de Égido (2012)

b) Abstracción de funciones de los organismos vivos

Consiste en realizar un programa de funciones y luego un mapa mental para seleccionar funciones clave, según los requerimientos del objeto a diseñar, y encontrar los organismos más sobresalientes en la resolución de las funciones.

Las funciones biológicas pueden ser organizadas jerárquicamente por medio de BioTRIZ.

Funciones genéricas	Funciones Objetivo	Funciones específicas
Crear	Reproducir	Multiplicar, limitar, copiar, etc.
	Producir	Aumentar, emitir, producir, etc.
	Crecer	Aumentar, ensamblar, etc.
	Depositar	Aumentar, almacenar, guardar,
	Fabricar herramientas	Usar la naturaleza, modificarla, el diseño, etc.

Gráfico 43 Ejemplo de Clasificación jerárquica de funciones biológicas por medio de BioTRIZ.

Fuente: López-Forniés & Berges-Muro (2014) P.3

Requisitos			Soluciones		
(Genérico)	2 Nivel	3 nivel	Funciones	Ejemplo en la naturaleza	
Función básica del producto o grupo funcional	Función detallada de algunos de sus componentes	Función específica, función que realiza un objetivo concreto	Función desarrollada por el organismo	Ejemplo de ser vivo que desarrolla la función	Imagen

Gráfico 44 Ejemplo de tabla para conocer organismos con funciones biológicas aplicables a un proyecto

Fuente: López-Forniés & Berges-Muro (2014) P.5

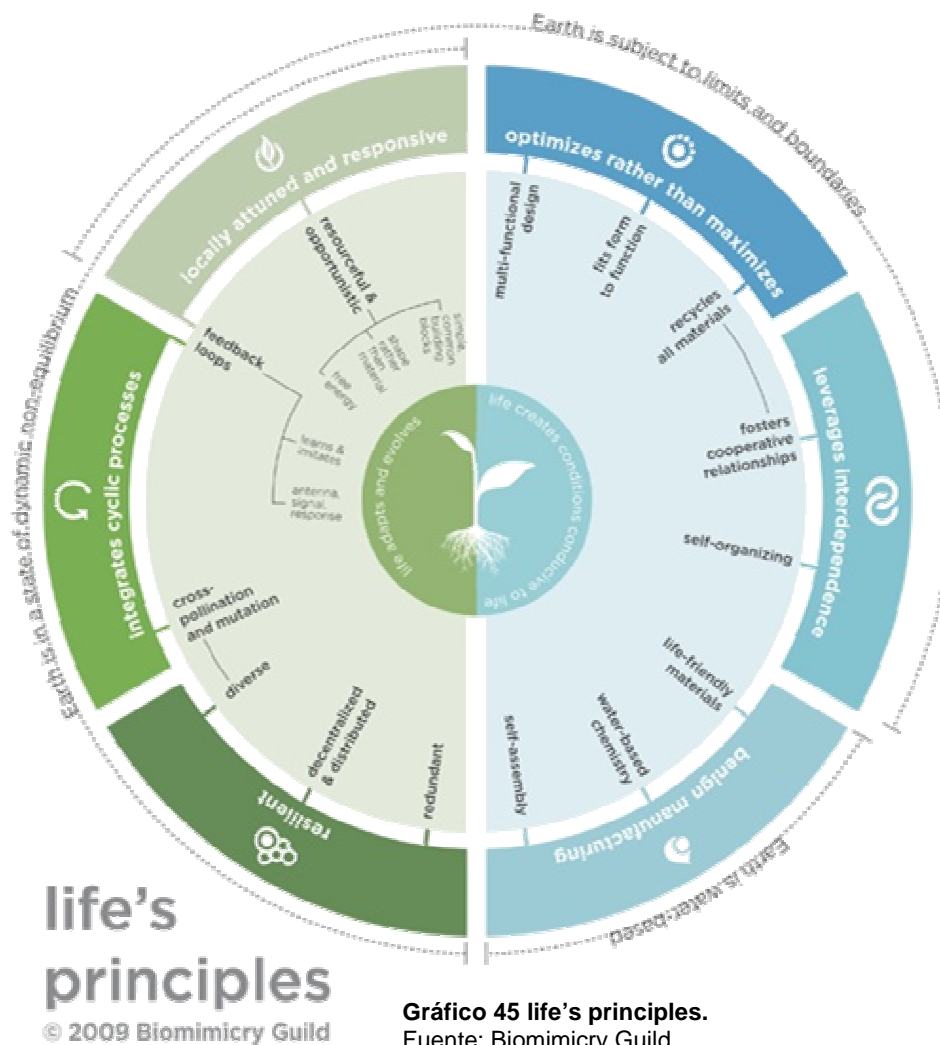
c) Analogía

Es una forma de razonamiento lógico inductivo que por medio de la abstracción permite encontrar semejanzas en las diferencias (Vilchis, 1995) permite dos interpretaciones distintas, interrelacionadas: la primera relativa a la apariencia visual o la composición; la segunda relativa a la función (Steadman, 1982).

- d) Principios de la vida (Life's principles) - propiedades significativas de los sistemas naturales

Extraídos de la obra Biomimicry: innovation inspired by nature, y aplicables al diseño, propuesto por Benyus (1994).

1. Funcionar a partir de la luz solar
2. Usan solamente la energía imprescindible
3. Adecuan forma y función
4. Lo reciclan todo
5. Recompensa la cooperación
6. Acumulan diversidad
7. Contrarrestan los excesos desde el interior
8. Utilizan la fuerza de los límites
9. Aprende de su contexto
10. Cuidan de las generaciones futuras, la vida genera vida (protege y fomenta la diversidad)
11. Química verde
12. Auto ensamblaje
13. Utiliza el Co2 como materia prima
14. Degradación (no obsolescencia) programada
15. Resiliente y curativa
16. Detecta y responde



4.4 Contribución a la arquitectura biológica por parte de las herramientas de diseño seleccionadas para la investigación realizada.

Arquitectura Biológica (Paradigma de la sustentabilidad y Biodiseño)	Herramientas de diseño para la abstracción y aplicación de principios naturales			
	Bitácora de observación y análisis de un organismo vivo	Analogía	Abstracción de funciones	Fundamentos biológicos al diseño
Diseño bioclimático	<ul style="list-style-type: none"> . Conocer cantidad, como es el uso de energía y la fuente de abastecimiento . Respuestas fisiológicas 	<ul style="list-style-type: none"> . Mecanismos de regulación fisiológica de un organismo . Conocer los Hábitats que regulan el medio ambiente y cobijan a los organismos 	<ul style="list-style-type: none"> . Ayuda a crear objetos arquitectónicos que funcionen óptima y eficientemente según su contexto. . Se replica y abstraen soluciones comprobadas de la naturaleza. 	<ul style="list-style-type: none"> . Permite que los organismos artificiales se basen bajo principios biológicos de eficiencia, relación, unidad, altruismo y ecología.
Formas biológicas	<ul style="list-style-type: none"> . Conocer la diversidad de soluciones, así como su evolución respecto al cambio climático. (evolución, selección natural) 	<ul style="list-style-type: none"> . Formas y estructuras biológicas son más eficientes, menos recurso y material, mejor respuesta al entorno 	<ul style="list-style-type: none"> . Los materiales cumplen más funciones además de la mecánica-estructural. . (Usa química y materiales que son seguros para los seres vivos) Rol ecológico 	<ul style="list-style-type: none"> . La forma se ajusta a la función en respuesta del medio ambiente (adaptabilidad ante estrés ambiental, evolución, serendipia, azar)
Espacios Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> . Conocer los hábitats construidos, motivación biológica, medios y recursos empleados. Impactos en las especies. (Neurociencia, enseñanza-aprendizaje) 	<ul style="list-style-type: none"> . Conocer los mecanismos de defensa a factores externos . Modificaciones a respuestas ambientales 	<ul style="list-style-type: none"> . Los organismos cumple funciones que contribuyen en niveles superiores del sistema a cumplir su función (Biodiversidad) (emergencia) 	<ul style="list-style-type: none"> . Se ajusta a condiciones y respuestas locales (Autorregulación)

	Etológicos (comportamiento)			
Construcción natural	. Conocer la selección de materiales de los organismos más allá de los medios sino por las características físicas de las especies.	. Uso eficiente y equitativo de los recursos . Materiales mejorados y manipulados genéticamente Biomanufactura	. Multifuncionalidad sistémica y dinámica	. Usa química y materiales que son seguros para los seres vivos (Bioquímica, Biociencias, otros)
Ser humano: Diseño participativo y autoconstrucción	. Respuestas psicológica, origen biológico del comportamiento humano (comportamiento de las comunidad animales, plantas y otros organismos vivos)	. Ecología del ser humano como especie y comunidad. (Ecología)	. Es resiliente a perturbaciones (Resiliencia, homeostasis)	. Cooperación entre organismos así como comunidades e individuos (Cooperación, unidad) Coevaluación

Gráfico 46 Contribución a la arquitectura biológica por parte de las herramientas de diseño seleccionadas para la investigación realizada

Nota: Fuente: realizada por autor con base en resultados del estudio aplicado

4.5 Principios derivados de los organismos vivos

Un objeto arquitectónico, a partir del diseño con un enfoque biológico, ha sido planteado como un organismo vivo, no desde su metabolismo como tradicionalmente se ha analizado, sino desde su relación y similitud con los elementos del ecosistema en que se encuentra y los diseños animales encontrados en este. Por lo que un arquitecto debe estudiar la naturaleza por tres razones. Primero por ser el principal modelo de enseñanza para aprender de ella. En segundo lugar porque el ser humano y otros organismos vivos en la naturaleza tienen igualmente la necesidad de resolver problemáticas específicas, en un medio que va desde buscar seguridad de las condiciones meteorológicas hasta la

protección de los depredadores. Pero, ¿en qué momento la arquitectura, el ser humano y el diseño animal encuentran un punto en común?

El punto común entre arquitectura, ser humano y diseño animal es la protección del entorno. El ser humano diseña espacios que pueda habitar mientras que los seres vivos construyen habitáculos que son desde permanentes, transitorios hasta temporales. Los habitáculos al igual que una vivienda responden a criterios ambientales existentes: obtención de alimentos, comunicación, decoración, protección frente al entorno físico, protección frente a depredadores.

La tercera razón es por la aspiración a una arquitectura en fusión con la naturaleza, que ha llevado a Benyus (2002) a establecer que existen conceptos generales y comunes aplicables al diseño de objetos. Esto ya que para los biólogos, en la naturaleza específicamente en el comportamiento de las especies no existen principios universales. Los principios propuestos primeramente por Benyus para su integración en disciplinas ajenas a la biología, deben ser aprendidos e integrados por los diseñadores en su ejercicio profesional. Para la arquitectura, estos conceptos son delimitados a aquellos que se encuentran presentes en el diseño animal, y que pueden ser llamados principios naturales de diseños biológicos o también principios biológicos, ya que se refiere a características similares encontradas por Santibañez (2007) en diversos diseños producidos por seres vivos. Estos diseños según el autor tienen los siguientes atributos:

En las soluciones hechas por animales:

Son funcionales

Son económicas

Son sencillas

Son duraderas

Son coherentes

Presentan simetrías

Son minimalistas en su forma

Son una totalidad

Presentan un orden

Se percibe una planidad

Presentan equilibrio

Presentan implementaciones

Son instintivas

En la relación de las soluciones hechas por animales con su contexto:

Son biodegradables

Son intemporales

Protegen el entorno natural

Se relacionan íntegramente al entorno natural

Son discretas

Presentan ajustes

Presentan irregularidades

En la relación de las soluciones hechas por animales con el usuario:

Son espontáneas

Son expresivas

Son difusas

Son engañosas

Presentan una imagen fragmentada

Son fáciles de emplear por el usuario

Presentan armonía formal o estética

Se gestan de las aptitudes del usuario

Se gestan de las necesidades del usuario

Satisfacen los requisitos fisiológicos y ergonómicos

Son seguras

4.6 Principios Biológicos seleccionados

Se proponen los siguientes principios biológicos, extraídos del análisis de los atributos del diseño animal propuesto por Santibañez (2007), cotejados con los principios de la vida del Biomimicry (1997) de Janine Benyus. Estos se presentan en el gráfico 47 junto con los requisitos de sustentabilidad de la vivienda según la ONU.

Principios de la vida	Principios biológicos		Elemento
1. Funcionar a partir de la luz solar 2. Usan solamente la energía imprescindible 3. Adecuan forma y función 4. Lo reciclan todo 5. Recompensa la cooperación 6. Acumulan diversidad 7. Contrarrestan los excesos desde el interior 8. Utilizan la fuerza de los límites 9. Aprende de su contexto 10. Cuidan de las generaciones futuras, la vida genera vida (protege y fomenta la diversidad) 11. Química verde 12. Auto ensamblaje 13. Utiliza el co2 como materia prima 14. Degradación (no obsolencia)	1 Son funcionales 2 Son económicos 3 Son sencillas 4 Minimalistas en su forma 5 Totalidad 6 Presentan un orden 7 Se percibe una planidad 8 Presenta un equilibrio 9 Presenta una implementación 10 Son instintivas 11 En vinculación al contexto 12 Biodegradables 13 Intemporales 14 Protegen el entorno natural 15 Relación integra al entorno natural 16 Discretas 17 Presentan ajustes 18 Presentan irregularidades 19 En relación con los usuarios: 20 Espontáneos 21 Expresivos 22 Difusos 23 Engañosos 24 Imagen fragmentada 25 Fácil de emplear por el usuario 26 Gestado de la necesidad del usuario 27 Satisfacen requisitos ergonómicos y fisiológicos 28 Seguros 29 La naturaleza se copia a sí misma y hace ajustes pequeños	Económico	Asequibilidad
			Financieramente viable
			Promueve innovación en la vivienda
		Social	Derecho a vivienda adecuada y derecho a la ciudad
			Habitabilidad flexible
			Asiste la transición de poblaciones de áreas rurales a urbanas
			Vivienda a grupos vulnerables
			Desarrolla e Integra conocimiento indígena, local y tradicional de culturas
			Resiliencia
			Vivienda adaptable a las necesidades actuales y futuras
			Saludable y segura (peligro fisiológico, peligro psicológico, peligro a infecciones, peligro a accidentes, peligros ambientales).
			Accesible a transporte, facilidades de equipamiento y servicios.
			Promueva la mixturización

<p>programada</p> <p>15. Resiliente y curativa</p> <p>16. Detecta y responde</p>	<p>30 Principio de variación el cual se emiten varias alternativas teniendo similitudes y variaciones en su forma, color, tamaño, textura, proporción, extensión</p> <p>31 Reutilizable</p> <p>32 Versatilidad (realizar varias funciones) (tipo de materiales para su uso en la construcción del habitáculo)</p> <p>33 Aprovechar las propiedades del terreno</p> <p>34 Uso de todos los sentidos</p> <p>35 Planificar a futuro los habitáculos</p> <p>36 Construcción en proporción a las capacidades físicas del individuo</p> <p>37 Materiales de construcción consumibles por el inquilino</p> <p>38 Uso de material en referencia al depredador, sino siempre en resistencia del material, si en camuflaje</p> <p>39 Habitáculos siguen un criterio de aprovechamiento del máximo espacio en una mínima área, permitiendo utilizar el mínimo material y trabajo con la máxima seguridad.</p> <p>40 Un simple elemento en la naturaleza puede tener muchos tipos de aplicación y convertirse en diversos instrumentos.</p>	<p>ambiental</p>	<p>de usos</p>
			<p>Reduce huella ambiental en términos de energía, GEI, agua, suelo, uso de materiales y desperdicio</p>
			<p>Asegura ambientes y entornos habitables saludables (impacto salud pública, reduce contaminación, salubridad, calidad del aire)</p>
			<p>Fortalece resiliencia y la adaptación</p>
			<p>Ciclo de vida de los materiales</p>
			<p>Reduce los impactos a los ecosistemas</p>

Gráfico 47 Resumen de requerimientos de sustentabilidad de la vivienda según criterios seleccionados de UN-HABITAT (2012). Sustainable Housing for Sustainable Cities, A policy framework for developing cities. Recuperado de <https://unhabitat.org/books/sustainable-housing-for-sustainable-cities-a-policy-framework-for-developing-cities/> y Recopilación de principios biológicos, derivados de Santibañez (2007) y cotejados con los principios de la vida del Biomimicry (1997) de Janine Benyus.

Fuente: Elaborado por autor

A large orange circle with a thin, lighter orange border is centered on the page. Inside the circle, the number '05' is written in a white, serif font.

05

OBJETO DE ESTUDIO

5 Objeto de estudio empírico

La investigación atiende a la sectorización, entre la formación profesional y ejercicio profesional del arquitecto, del concepto de vivienda sustentable. Por este motivo a continuación se expone el análisis crítico de tal concepto, definiendo un concepto para la investigación a partir del cruce de la sustentabilidad y los principios naturales aplicados al diseño arquitectónico.

La ciudad es el principal hábitat del hombre contemporáneo, ya que es el ambiente donde la población humana vivirá en el futuro según proyecciones de la ONU. El hábitat según UN Agenda 21(1992) debe ser reconciliable con el manejo sustentable del ambiente y proveer de protección y desarrollo urbano. Con base en lo anterior el hábitat debe ser sustentable y por consecuencia la vivienda. Sin embargo el Programa Hábitat de la ONU solo señala como prioridad el desarrollo sostenible de asentamientos humanos y la promoción por parte de los gobiernos del acceso a vivienda adecuada para todos. De igual manera la Agenda 21 y los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio mencionan: *“garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y el derecho a una vivienda adecuada e incluyente”*. La vivienda sustentable no es mencionada en ningún apartado.

Desde el enfoque de la ONU, la sustentabilidad es una cualidad de la vivienda que se abona al requerimiento de vivienda adecuada según los parámetros de la Agenda 21, Programa Hábitat y los Objetivos del Desarrollo del Milenio. Para la investigación es necesario diferenciar el concepto de vivienda, vivienda adecuada y vivienda sustentable. Además de construir una definición integral de vivienda en relación a su entorno (Hábitat); como derecho humano de vivienda adecuada para todos; y componente catalizador de desarrollo sustentable de los asentamientos humanos.

Hábitat

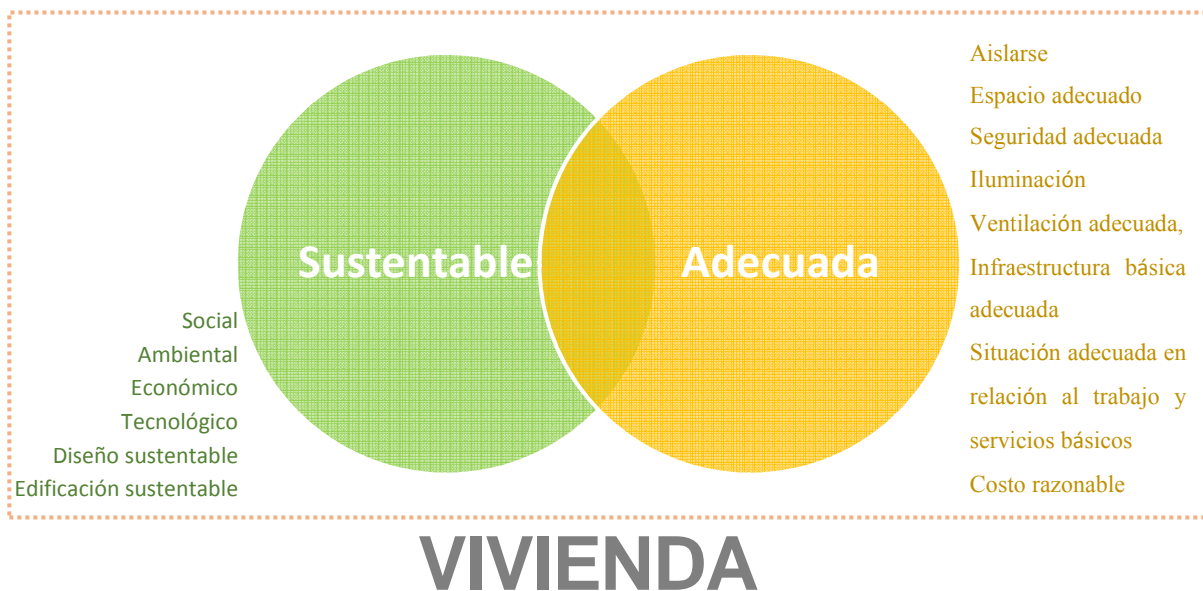


Gráfico 48 Esquema de cualidades y características que integran a la vivienda

Fuente: Elaborado por autor

5.1 Vivienda

5.1.1 Definición de vivienda

El concepto de vivienda deriva de aquel promulgado en la conferencia de HABITAT I de Vancouver en 1976:

“la vivienda se entiende no sólo como la unidad que acoge a la familia, sino que es un sistema integrado además por el terreno, la infraestructura de urbanización y de servicios, y el equipamiento social- comunitario dentro de un contexto cultural, socio-económico, político, físico-ambiental. Al mismo tiempo tiene su manifestación en diversas escalas y lugares, esto es: localización urbana o rural, barrio y vecindario, conjunto habitacional, entorno y unidades de vivienda. Sus diversos atributos se expresan en aspectos funcionales, espaciales, formales (estéticas y significativas), materiales y ambientales” (Citado Haramoto, 1998).

Existen diversas definiciones de vivienda:

La Ley de Vivienda de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 2° define a la vivienda como: *“Se considerará vivienda digna y decorosa la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de construcción, habitabilidad, salubridad, cuente con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, así como protección física ante los elementos naturales potencialmente agresivos”*.

El Código de Edificación de Vivienda de México, la define como *“Estructura material destinada a albergar una familia o grupo social, con el fin de realizar la función de habitar, constituida por una o varias piezas habitables y un espacio para cocinar, y generalmente, sobre todo en el medio urbano, un espacio para el baño y limpieza personal. Es el ámbito físico-espacial que presta el servicio para que las personas desarrollen sus funciones vitales.”*

Pinilla (2005) define a la vivienda como una construcción física, al lugar acotado arquitectónica y jurídicamente donde alguien tiene su residencia, su domicilio. La vivienda es un espacio físico, un lugar conformado por paredes, piso y cubierta, con acceso a la calle (sin pasar por áreas de uso exclusivo de otras viviendas) y con espacios administrables como la sala, el comedor, el lavadero, el patio, la cocina y el baño.

En las definiciones anteriores se distinguen las siguientes características que determinan el concepto de vivienda: Habitabilidad, espacio físico-espacial, necesidades básicas del ser humano, seguridad jurídica incluyendo la accesibilidad a la misma. Cuervo (2010) engloba estos conceptos clave y define la vivienda como objeto socio-físico. *“La materialidad hace referencia a la habitabilidad (en cuanto al bienestar humano), es decir, un refugio que protege al hombre de las inclemencias del tiempo y de aquellos que nos quieran despojar. La vivienda como objeto social se asocia a un valor económico, una pieza que hace*

parte de la ciudad y que se deja impactar por los asuntos económicos y políticos del contexto. Lo social se relaciona a un desarrollo cuantitativo, como la vivienda social”.

La investigación toma como base esta definición e integra diversos aspectos propuestos por Rugiero (2000) en base a diversos autores:

- 1.- Vivienda como factor social
- 2.- Vivienda como objeto (valor inmobiliario)
- 3.- Vivienda como satisfactor de necesidades-existenciales y axiológicas
- 4.- Vivienda como proceso habitacional
- 5.- Vivienda como sistema
- 6.- Vivienda como género de vida

Desde la sustentabilidad, la investigación muestra que la vivienda debe ser vista desde otro punto.

- 7.- Vivienda como objeto ambiental

Este asociado a la búsqueda de una integración ambiental colaborativa con el entorno natural inmediato así como condiciones adecuadas de habitabilidad. Es entonces la vivienda un objeto socio-físico-ambiental, componente básico permanente, transitorio o temporal del hábitat urbano.

5.2 Vivienda adecuada

El concepto de ‘vivienda adecuada’, es el derecho de toda persona a disponer de un lugar dónde poder aislarse si se desea; espacio adecuado, seguridad adecuada, iluminación y ventilación adecuadas, una infraestructura básica adecuada y una situación adecuada en relación al trabajo y servicios básicos, todo ello a un costo razonable” (UNDP, 2004). Además respecto a la gobernanza e institucionalización de la vivienda menciona que es obligación de los gobiernos protegerlas, mejorarlas y garantizar que todos tengan una vivienda adecuada que

sea salubre, segura, accesible y asequible, que comprenda servicios, instalaciones y comodidades básicas, bajo un contexto de no discriminación en materia de vivienda y seguridad jurídica de la tenencia” (United Nations, 1996). Además la vivienda debe contribuir al fin común de construcción del hábitat sustentable de la ciudad.

5.3 Vivienda sustentable

CONAVI define a la vivienda sustentable como *“la vivienda construida tomando en cuenta aspectos de sustentabilidad como diseño bioclimático y eficiencia energética, esto último, mediante la incorporación de tecnologías sustentables definidas en un paquete básico referidas a: Gas, Electricidad y Agua, para obtener ahorros en: consumo de energía, pagos de servicios (gas, electricidad y agua) y emisiones de CO₂e”*. Este concepto busca integrar la cadena productiva asociada a la construcción de vivienda, para reducir la huella de carbono del ciclo de vida de la vivienda que incluye la fabricación de los materiales de construcción, su transporte, el proceso de edificación y equipamiento de los desarrollos habitacionales y las viviendas además de la operación de la misma durante su vida útil.

La Asociación Vivienda y Entorno Sustentable (VESAC) que agrupa a las principales instituciones públicas del sector vivienda en México, a algunas de las principales empresas desarrolladoras de vivienda y al Centro Mario Molina, define a la vivienda sustentable como *“el espacio a través del cual los mexicanos podamos mejorar nuestra calidad de vida, generar ahorros económicos y elevar la plusvalía de nuestro territorio al tiempo que optimizamos el consumo de recursos como el agua, energía y suelo. Esta visión también incluye la creación de comunidades mejor estructuradas y organizadas, de manera que sean competitivas y responsivas a las condiciones climáticas de cada región del país”* (Fundación IDEA, A.C. 2013).

Para Pandey & Singh (2012) la vivienda sustentable es aquella que permite al usuario alcanzar una buena calidad de vida a un precio accesible, ambos a corto y

largo plazo. Para alcanzarla las iniciativas de vivienda sustentable deben ser económicamente viable, socialmente adecuada y confortable, técnicamente factible y ambientalmente amigable con bajos impactos. Establece que la vivienda sustentable debe ser definida en concordancia a características del desarrollo sustentable.

Si bien las definiciones tratan de integrar las dimensiones básicas de la sustentabilidad en la vivienda, aunque de manera desarticulada como es el caso de CONAVI, enfocado particularmente a la dimensión ambiental. Pandey & Singh (2012) propone una definición que procura la interconectividad e interdependencia de todas las dimensiones, con un carácter de desarrollo progresista e incluye los requerimientos del desarrollo sustentable.

Se infiere de la revisión conceptual mostrada que en la actualidad el concepto de vivienda se construye a partir de la adecuación y la sustentabilidad.

La vivienda adecuada se plantea a partir de la asequibilidad y su entorno físico inmediato, primordialmente referido a todos los requerimientos físicos básicos para su funcionamiento como lo son las instalaciones, entre otras. Es vista como edificación que responda a los requerimientos sociales, para su adecuado funcionamiento. Por otra parte la vivienda sustentable se plantea desde factores ambientales relacionados con el cambio climático o condiciones propias de la actual crisis ecológica, así como de calidad de vida. Ambos conceptos son complementarios y muestran que en la actualidad la vivienda requiere cubrir estas dos características.

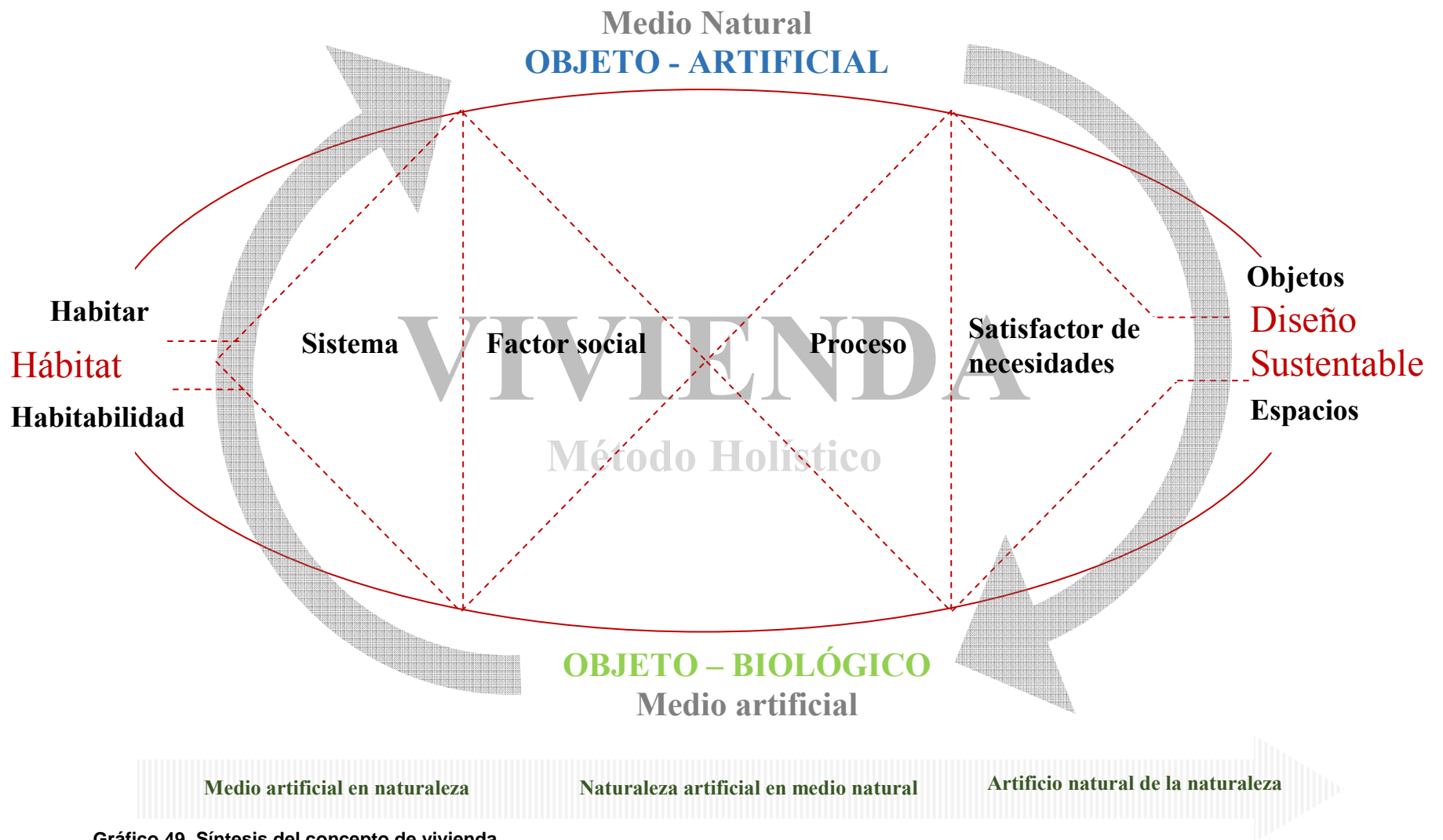


Gráfico 49 Síntesis del concepto de vivienda

Fuente: Elaborado por autor

5.4 Indicadores de vivienda Sustentable

La sustentabilidad de la vivienda es un constructo de diversos factores por lo que para definir de manera objetiva la sustentabilidad, han de manejarse una serie de indicadores. La investigación hizo uso de los indicadores de vivienda sustentable, seleccionados de la UN-HABITAT (2012).

Dimensiones de la sustentabilidad	
Económico	Asequibilidad
	Financieramente viable
	Promueve innovación en la vivienda
Social	Derecho a vivienda adecuada y derecho a la ciudad
	Habitabilidad flexible
	Asiste la transición de poblaciones de áreas rurales a urbanas
	Vivienda a grupos vulnerables
	Desarrolla e Integra conocimiento indígena, local y tradicional de culturas
	Resiliencia
	Vivienda adaptable a las necesidades actuales y futuras
	Saludable y segura (peligro fisiológico, peligro psicológico, peligro a infecciones, peligro a accidentes, peligros ambientales).
	Accesible a transporte, facilidades de equipamiento y servicios.
	Promueva la mixturización de usos
Ambiental	Reduce huella ambiental en términos de energía, GEI, agua, suelo, uso de materiales y desperdicio
	Asegura ambientes y entornos habitables saludables (impacto salud pública, reduce contaminación, salubridad, calidad del aire)
	Fortalece resiliencia y la adaptación
	Ciclo de vida de los materiales
	Reduce los impactos a los ecosistemas

Gráfico 50 Indicadores de sustentabilidad de la vivienda, abordados en la investigación

Fuente: Nota: Elaborado por autor según los indicadores de vivienda sustentable, extraídos de UN-HABITAT (2012). Sustainable Housing for Sustainable Cities, A policy framework for developing cities.

Recuperado de <https://unhabitat.org/books/sustainable-housing-for-sustainable-cities-a-policy-framework-for-developing-cities/>



06

**DISEÑO
METODOLÓGICO DE
LA INVESTIGACIÓN**

6 Metodología y métodos aplicados en la investigación

La sustentabilidad de la vivienda en la fase de diseño arquitectónico requiere de la interdisciplinariedad de todos los actores que intervienen en ella, para integrar de manera holística todas las dimensiones de la sustentabilidad. Es por esto que el proceso de diseño de un objeto arquitectónico es algo complejo y coloca la investigación realizada en el paradigma epistemológico de la complejidad. En las diferentes etapas del proyecto se aplicaron diversos métodos. Para las fases cuantitativas se utilizó el método estadístico y analítico descriptivo. En las fases cualitativas se aplicó el método hermenéutico, método de la teoría fundamentada y el método de investigación teórica.

La metodología de la investigación fue mixta, predominantemente cualitativa por la aplicación teórica-empírica de herramientas y métodos de diseño emergentes en el proceso predominante de diseño arquitectónico. La investigación se diseñó en cuatro etapas (gráfico 51):

Etapa 1. Con base en una investigación sobre la sustentabilidad de la vivienda en el AMG, se estableció el origen teórico-metodológico-conceptual del problema. En función de lo anterior se abordó la problemática desde la fase de diseño para establecer las metodologías y herramientas de diseño arquitectónico usadas por profesionales y estudiantes. Se procedió a identificar aquellas ubicadas dentro del paradigma de arquitectura biológica así como aquellas cuyo objetivo era abstraer conceptos naturales a un objeto, para luego seleccionar las más adecuadas para integrarlas al proceso de diseño arquitectónico.

Por otro lado se estudiaron experiencias en las que se aplicaban principios de la naturaleza al área de diseño arquitectónico, concretamente las que conjugaban metodología tradicional y metodologías emergentes, a través de un ejercicio empírico con alumnos de la licenciatura en arquitectura de diversas universidades del mundo. Esta etapa es cualitativa y cuantitativa.

Etapa 2. Con base en los conceptos, casos estudiados, las metodologías y herramientas identificadas se procedió a diseñar el estudio de aplicación y análisis de metodología del diseño arquitectónico, integrando técnicas y principios del biodiseño y la Arquitectura Biológica. El estudio se realizó en 3 fases, cada una correspondiente a semestres diferentes de la Licenciatura en Arquitectura. La fase 1 que está enfocada a la aplicación de una bitácora, para conocer y analizar un organismo vivo, y extraer conceptos de diseño. La fase 2 enfocada a la aplicación de principios de Janine Benyus y principios naturales del diseño animal, en conjunto con una propuesta de criterios metodológicos de diseño arquitectónico planteada a partir de revisión documental sobre el biodiseño, biomimesis, biología y ecología. La fase 3 correspondiente a la aplicación de la herramienta abstracción de funciones en conjunto con resultados metodológicos de la fase anterior. La fase 4 consistió en una encuesta para conocer las variables que ayuden a determinar por qué los alumnos obtienen distintos resultados en los proyectos.

Etapa 3. A continuación se aplicaron entrevistas a arquitectos y diseñador. Se procedió a analizar los datos del estudio aplicado y encuestas, mediante la evaluación y comparación de los productos de ejercicios realizados, se obtuvieron los primeros hallazgos y conclusiones. Selección y propuesta de principios naturales, para posteriormente comparar los criterios de sustentabilidad de la vivienda.

Etapa 4. Finalmente con el análisis de los resultados del estudio, las entrevistas y los principios propuestos se identifican criterios metodológicos que ayuden a introducir herramientas y métodos derivados del biodiseño, en la metodología de diseño arquitectónico predominante. Por último se realizaron las conclusiones finales de la investigación además de comentarios sobre temas que surgieron paralelamente a la investigación.

Metodología de Investigación

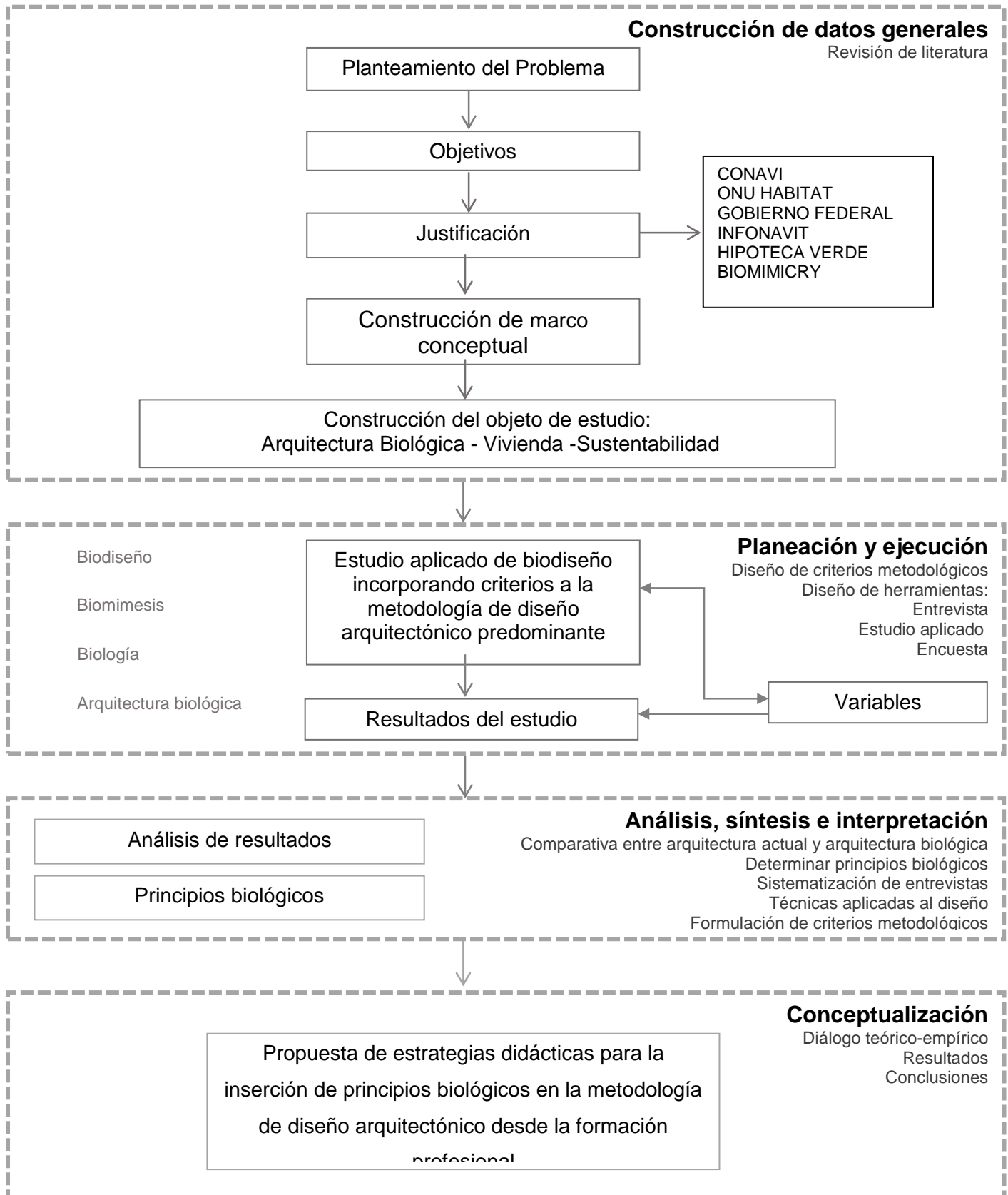


Gráfico 51 Metodología General de la investigación realizada

Fuente: Nota: Elaborado por autor

6.2 Objeto de estudio empírico y conceptual

La vivienda sustentable del Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco (Objeto empírico)

La metodología de diseño arquitectónico, arquitectura biológica y sustentabilidad (Objeto conceptual)

6.3 Ejes Directrices de la investigación: Preguntas, hipótesis y/o supuestos, objetivos de la investigación

- Preguntas de investigación
 - a) ¿Cómo se podría integrar el estudio de principios biológicos en la metodología de diseño arquitectónico desde la formación de arquitectos para fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño?
 - b) ¿Cuáles son las herramientas de diseño arquitectónico que se utilizan para aplicar principios biológicos en la arquitectura?
 - c) ¿Cuáles son las variables del uso de herramientas de diseño arquitectónico que aplican principios biológicos en la formación de los arquitectos?
 - d) ¿Cómo integrar principios biológicos a la metodología predominante de diseño arquitectónico considerando las variables y herramientas metodológicas, para poder contribuir a fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño?

- Hipótesis y/o supuestos
 - a) La relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño se puede fortalecer si se integran estrategias didácticas en la metodología de diseño arquitectónico, que incluyan el estudio de principios biológicos en la formación de arquitectos
 - b) Mediante herramientas de diseño arquitectónico derivadas del biodiseño se podrían aplicar principios biológicos a la arquitectura
 - c) Existen variables que determinan la aplicación de principios biológicos mediante herramientas de diseño arquitectónico en la formación de los arquitectos
 - d) Realizar recomendaciones didácticas para considerar las variables y herramientas metodológicas en la metodología predominante de diseño arquitectónico ayudaría a integrar los principios biológicos para fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño

- Objetivo general
 - a) Aplicar estrategias didácticas en la metodología de diseño arquitectónico, que incluyan el estudio de principios biológicos en la formación de los arquitectos, con el fin de fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño

- Objetivos específicos
 - b) Determinar las herramientas que aplican principios biológicos a la metodología de diseño arquitectónico
 - c) Identificar las variables que determinan el uso de principios biológicos a través de herramientas de diseño arquitectónico en la formación de los arquitectos
 - d) Realizar recomendaciones didácticas de integración de los principios biológicos a la metodología predominante de diseño arquitectónico que incluyan las variables y herramientas, para poder fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño

Tabla de alineación epistémica

Objetivos	Hipótesis y supuesto	Preguntas
General		
a) Aplicar estrategias didácticas en la metodología de diseño arquitectónico, que incluyan el estudio de principios biológicos en la formación de los arquitectos, con el fin de fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño	La relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño se puede fortalecer si se integran estrategias didácticas en la metodología de diseño arquitectónico, que incluyan el estudio de principios biológicos en la formación de arquitectos	¿Cómo se podría integrar el estudio de principios biológicos en la metodología de diseño arquitectónico desde la formación de arquitectos para fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño?
Particulares		
b) Determinar las herramientas que aplican principios biológicos a la metodología de diseño arquitectónico	Mediante herramientas de diseño arquitectónico derivadas del biodiseño se podrían aplicar principios biológicos a la arquitectura	¿Cuáles son las herramientas de diseño arquitectónico que se utilizan para aplicar principios biológicos en la arquitectura?
c) Identificar las variables que determinan el uso de principios biológicos a través de herramientas de diseño arquitectónico en la formación de los arquitectos	Existen variables que determinan la aplicación de principios biológicos mediante herramientas de diseño arquitectónico en la formación de los arquitectos	¿Cuáles son las variables del uso de herramientas de diseño arquitectónico que aplican principios biológicos en la formación de los arquitectos?
d) Realizar recomendaciones didácticas de integración de los principios biológicos a la metodología predominante de diseño arquitectónico que incluyan las variables y herramientas, para poder fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño	Realizar recomendaciones didácticas para considerar las variables y herramientas metodológicas en la metodología predominante de diseño arquitectónico ayudaría a integrar los principios biológicos para fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño	¿Cómo integrar principios biológicos a la metodología predominante de diseño arquitectónico considerando las variables y herramientas metodológicas, para poder contribuir a fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño ?

Gráfico 52 Tabla de alineación epistémica

Fuente: Nota: Elaborado por autor

6.4 Tradiciones académicas

La aplicación de la biología al diseño adquiere diferentes definiciones según la disciplina y el objetivo para la que es aplicada, sea biónica, biomimética o biomiméisis. Para cada rama de investigación se identificaron diversos centros y asociaciones de divulgación, investigación y educación.

Centros y asociaciones de biomimesis

El centro más importante es la Asociación Biomimicry 3.8 fundada por Janine Benyus & Dayna Baumeister (fines de lucro). La Universidad del estado de Arizona (ASU), como modelo de desarrollo de nuevos productos: Integrated innovation y biomimesis. Colaboran the Herberger Institute for Design and the Arts, Ira A. Fulton Schools of Engineering y W.P. Carey School of Business en Arizona State University. Además existe el Biomimicry Institute (sin fines de lucro), cuyo objetivo es la difusión del diseño mediante la biomimesis tanto para aprendices, como educadores u organizaciones.

Centros académicos

Los centros académicos pueden dividirse en aquellos que investigan el desarrollo de nuevos materiales, tal es el caso de The University of Akron Biomimicry Research and Innovation Center (BRIC), Center for Biologically Inspired Design at Georgia Tech (CEBID), el Center for Biologically Inspired Materials and Material Systems, Pratt School of Engineering, Duke University, Center for Bio-Inspired NanoMaterials [CBIN] en Montana State University.

También existen las universidades con investigaciones biónicas, por ejemplo, Center for Interdisciplinary Bio-inspiration, Integrative Biomechanics in Education and Research (CIBER) en UC Berkeley. Biomimetics and Dexterous Manipulation Lab at Stanford University. Center for Biomimetics and Bioinspired Engineering (COBRE) en George Washington University. El Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering at Harvard University. Biomechanics and Bio-Inspired Design Group at Mississippi State University. También hay investigaciones en otras

disciplinas como la arquitectura, diseño industrial o diseño textil. En el Massachusetts institute of Technology, en el MIT Media Lab de Media Arts and Sciences, existe un grupo de investigación sobre la intersección de diseño computacional, fabricación digital, biología sintética y ciencias materiales de la escala micro a la macro. Emergent Technology and design en Reino Unido. En Francia el Instituto INSPIRE (Iniciativa para la Promoción de una Industria Reconciliada con la Ecología y la Sociedad) o el registro de productos certificados Cradle to cradle, que promueve la búsqueda de materiales sustentables bajo la ideología “ de la cuna a la cuna”. El biodiseño o biodesign está presente en: el Standford Byers center Biomimicry Institute de Estados Unidos.

En México, la biónica está presente en:

- 1.- La UNAM un seminario de biología aplicada al diseño industrial dentro del posgrado de diseño industrial; además de contar con un laboratorio para la biología aplicada al diseño industrial.
- 2.- Instituto Politécnico Nacional con la carrera de Ingeniero Biónico: diseño biomédico.
- 3.- Universidad Autónoma Metropolitana con la materia Biónica en la licenciatura en Diseño Industrial.
- 4.- Universidad de Aguascalientes y la escuela Gestalt de diseño de Orizaba, Veracruz en su programa de maestría.

6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entrevista Diseñador

Objetivo: Conocer la postura de un diseñador ante la visión del biodiseño y de qué manera ha sido recibido en la práctica docente como catalizador hacia una modificación en los procesos del diseño, para alcanzar la sustentabilidad del mundo de objetos producidos para satisfacer las necesidades del ser humano. Además de qué manera se integra la biología y en qué medida estas dos disciplinas colaboran para generar diseños holísticos.

Preguntas:

1. ¿Cómo podría definir al “Biodiseño”?
2. En su experiencia, ¿Cuáles son las relaciones entre diseño y biología para que esta sea importante en todo proceso de diseño?
3. ¿Cuáles son los conocimientos básicos de biología que un diseñador debe conocer?
4. ¿Cuáles considera serían los principios para diseñar con enfoque biológico y holístico?
5. En su experiencia, ¿Cuál ha sido la aceptación en la universidad de esta visión de diseño con fundamentos biológicos o biomímesis?
6. ¿Qué requiere un objeto diseñado para integrarse a la naturaleza? sea este arquitectónico
7. ¿Cuál es la responsabilidad del diseño en los actuales problemas ambientales del planeta?
8. ¿Cuál es la metodología de diseño que mejor se adapta a otras disciplinas?
9. ¿Podría un objeto diseñado comportarse como un organismo vivo o viceversa?

Entrevista Arquitecto

Objetivo: Conocer las herramientas, de qué manera y en qué medida el medio ambiente es integrado dentro del proceso de diseño arquitectónico. Además de saber la opinión de la sustentabilidad en arquitectura y si se conoce algún método para diseñar con principios de sustentabilidad. Además conocer si el arquitecto integra los principios básicos de la biología para que este pueda realizar un análisis del “medio físico natural”. Por último será conocer la postura ante la naturaleza: objeto artificial en medio natural, medio natural dentro de objeto artificial, naturaleza artificial en medio natural; así de cómo conciben la integración de un objeto artificial a la naturaleza.

Preguntas:

1. En su opinión, en la actualidad ¿Diseñamos o reproducimos soluciones arquitectónicas ya existentes?
2. ¿En su experiencia cuáles considera que son las etapas del proceso de diseño arquitectónico?
3. ¿Cuáles son las herramientas de análisis del contexto natural?
4. En su ejercicio profesional, ¿Cómo considera que la biología ha abonado en sus proyectos?
5. ¿Cómo puede un objeto arquitectónico estar integrado de una manera sustentable a su entorno?
6. En su opinión ¿Cómo debería la arquitectura contribuir ambientalmente a la naturaleza o los ecosistemas donde estos se localicen? Valor ambiental
7. ¿Cuáles de las tres siguientes posturas considera ser la más adecuada? objeto artificial en medio natural, medio natural dentro de objeto artificial o naturaleza artificial en medio natural
8. ¿Si un objeto arquitectónico fuera un organismo vivo, cómo debería ser éste para existir dentro de un ecosistema?
9. ¿La arquitectura en la actualidad responde correctamente a las necesidades sociales, económicas y ambientales?
10. Desde su perspectiva, ¿Qué representa la naturaleza para la arquitectura, el espacio y el ser humano?

Persona	Fecha de entrevista	Cargo
Arq. Jorge Eduardo Robles Prado	Abril-2017	Docente de la Universidad Enrique Díaz de León
Arq. Francisco Alejandro Peña Cabrera	Noviembre 2017	Docente Universidad de Especialidades
Arq. José Alberto Cano Nuño	Enero 2018	Coordinador de la Licenciatura en Arquitectura de UNEDL
Mtro. Héctor García Sahagún	Enero del 2018	Coordinador del Programa Educativo de Diseño de la Universidad ITESO

Gráfico 53 Concentrado de personas entrevistadas

Nota. Fuente: Elaborada por autor

6.6 Estudio aplicado del proceso de diseño arquitectónico con enfoque biológico

Tipo de estudio

Se realizó un estudio cuantitativo, cualitativo y explicativo, desarrollado con un enfoque hermenéutico con teoría fundamentada, desarrollado en 3 fases de aplicación empírica y una cuarta fase donde se evaluaron los ejercicios y una fase final de aplicación encuestas para conocer las variables.

Fase 1. Taller de Observación. Semestre 1 Proceso de aplicación de metodología de observación de la naturaleza BITÁCORA (Aula de jardín de niños y ludoteca)
Duración: 1 semestre ° 2hrs por semana
6 de febrero al 10 de marzo del 2017

Fase 2. Taller integral. Diversos Semestres, 2 y 4
PROCESO DE DISEÑO BIOLÓGICO COMPLETO
Duración: 7 semanas ° 2hrs por semana
9 de marzo - 8 de mayo 2017 (2 semanas de vacaciones primavera)

Fase 3. Taller de diseño. Semestre 6
PROCESO DE DISEÑO BIOLÓGICO CON MODIFICACIONES
Duración: 2 meses ° 7hrs por semana
8 mayo del 2017 – 16 de junio 2017

Fase 4. Evaluación de los ejercicios
EVALUACIÓN SEGÚN CRITERIOS DISEÑADOS, DE EJERCICIOS DE TRES FASES PREVIAS

Fase 5. Encuesta | Variables
GENERAL PARA ALUMNOS QUE PARTICIPARON EN LAS TRES FASES PREVIAS

Gráfico 54 Esquema del estudio aplicado del proceso de diseño con enfoque biológico

Fuente: Nota: Elaborado por autor

La población y muestra estuvo conformada por estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la Universidad Enrique Díaz de León (UNEDL) y la Universidad de Especialidades (UNE). En ellos se observó la manera en que desarrolla un proceso de diseño arquitectónico predominante con herramientas que ayudan a integrar principios biológicos. Para posteriormente analizar los resultados determinar variables y condicionantes dentro del método tradicional. La muestra se conformó como lo indica el gráfico 55.

	Semestre	Muestra	Herramienta	Lugar de aplicación
Etapa1	1°	13	Bitácora	UNE
Etapa2	2° y 3°	28	Biodiseño	UNEDL
Etapa3	6°	13	Definición de funciones y biodiseño	UNEDL
Etapa 4	7° y 6°	29	Encuesta	UNEDL

Gráfico 55 Conformación de la muestra del estudio

Fuente: Elaborado por autor

El estudio se diseñó en base de manera ascendente, es decir, en la primera fase analizaría una herramienta de abstracción de conceptos de la naturaleza; en la segunda fase se planteó la resolución de un proyecto biométrico, aplicó esta herramienta en la resolución de un problema arquitectónico en conjunto de principios de la vida, principios biológicos y elementos de la metodología tradicional, para formular un método biológico; en la fase tres se integró la herramienta de observación y abstracción de funciones, los principios biológicos y la metodología de diseño tradicional en la resolución de un problema arquitectónico de mayor complejidad

Fase 1. Taller de observación. Semestre 1

BITÁCORA

(Aula de jardín de niños y ludoteca)

Duración: 5 semanas a 14 semanas °2hrs por semana

PROPÓSITO

La bitácora, primeramente se registra la observación directa del organismo vivo observado, posteriormente se investiga información científica para corroborar lo observado y finalmente se realizan conceptos en base a la abstracción. Evaluar el método de observación, registro y análisis de la naturaleza propuesto por Égido (2012) para poder aplicar una metodología de biodiseño posteriormente. Se conocerán las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del método mediante su aplicación empírica. Se conocerá también la facilidad del diseñador para observar, analizar y abstraer de la naturaleza conceptos prácticos.

Fase 2. **Taller integral**. Diversos Semestres, 2° y 4°
PROCESO DE DISEÑO BIOLÓGICO COMPLETO
(Refugio para un organismo vivo)
Duración: 7 semanas °2hrs por semana

PROPÓSITO

Taller donde se desarrolla un proyecto arquitectónico, formulado a partir de un proceso de diseño hacia los organismos vivos como usuario y el humano como contexto condicionante. El usuario de estudios es la naturaleza, lo que implica un cambio de paradigma y aprendizaje de nuevo conocimiento.

Objetivos: desantropocentrización del proceso de diseño arquitectónico

Fase 3. **Taller de diseño** Semestre 6°
PROCESO DE DISEÑO BIOLÓGICO INTEGRANDO DISEÑO
ARQUITECTÓNICO TRADICIONAL
(Edificio con jardín botánico y oficinas)
Duración: 2 meses °7hrs por semana

PROPÓSITO

Con base en las experiencias e información obtenida de la fase 1 y 2 se proponen transformaciones en el proceso de diseño con un enfoque biológico. El objetivo fue

identificar, analizar e interpretar las condicionantes en el proceso de diseño tradicional con herramientas biomiméticas incluidas.

Cada fase del estudio se diseñó según el tiempo disponible, como se muestra en el cronograma de desarrollo del estudio.

Cronograma de temas y desarrollo del estudio				
Fase	Semana	Instrumento	Objetivo	Producto
Taller de observación (Fase 1)	1	Definición del problema arquitectónico	Plantear el problema arquitectónico a resolver mediante la analogía	Redacción
	2	Desarrollo de bitácora	Desarrollar paso a paso las etapas de la bitácora propuesta por Egido (2012)	Bitácora formato carta con contenido según Egido (2012)
	3	Analogía biológica	Proponer una solución arquitectónica mediante la conceptualización a través de la analogía	Maqueta bocetos
	4	Diseño conceptual	Desarrollar conceptos de solución, resultados de la investigación y análisis realizados en la bitacora	Maqueta y lámina con los elementos analizados en la bitacora

Taller integral (Fase 2)	1	Conceptualización de organismo vivo e investigación de sus características	Concepto de organismo vivo y sus características	Documento
	2	Seleccionar un organismo vivo del sitio y definir todas sus características Diagrama de relaciones del sistema vivo con su entorno	Conocer los características de un ente vivo seleccionado del sitio y sus relaciones con el ecosistema	Presentación del organismo vivo Programa de necesidades biológicas Diagrama del ecosistema (Diagrama de funcionamiento)
	3	Seleccionar un elemento natural para abstraer una forma que responda a las necesidades características de un organismo vivo	A partir de las formas naturales, abstraer conceptos formales, funcionales y estructurales.	Maqueta conceptual Cuadro de estrategias

	4	Elaboración en clase de Matriz Biológica Presentación del concepto biodiseño	Realizar las relaciones del edificio con el ecosistema	. Matriz Biológica . Metabolismo . Desarrollo
	5	Semana de evaluación		
	6	Análisis de información climatológica	Contextualizar el sitio	Gráficas
	7	Definición de estrategias constructivas		Carta síntesis
	8	Aplicación al caso de estudio		Maqueta y esquemas
	9	Semana de Evaluación 28 de abril al 8 de mayo		

Taller de diseño (Fase 3)	1	Conceptualización de ecosistema; definición y caracterización del ecosistema del Área Metropolitana de Guadalajara	Concepto de ecosistema y definición del ecosistema de la AMG	Documento Diagrama del ecosistema (Diagrama de funcionamiento)
	2	Conceptualización de organismo vivo e investigación de sus características	Concepto de organismo vivo y sus características	Documento
	3	Seleccionar organismos vivos del sitio y definir todas sus características Diagrama de relaciones del sistema vivo con su entorno	Aplicar las características de un ente vivo en un organismo vivo seleccionado del sitio	Presentación del organismo vivo Programa de necesidades biológicas
	4	Abstracción de funciones de los organismos vivos seleccionados	Definir funciones y conceptos de un organismo	Tabla de funciones biológicas de diversos organismos
	5	Abstracción de funciones y formulación de conceptos en base a tabla de funciones	Realizar estrategias de diseño	Cuadro de estrategias
	6	Desarrollo de propuesta		

*El sitio refiere al lugar donde se desarrolló la propuesta

*Ente biológico y organismo vivo son sinónimos

Gráfico 56 Cronograma de temas y desarrollo del estudio

Fuente: Nota: Elaborado por autor

6.7 Evaluación de los ejercicios realizados en el estudio

Los ejercicios realizados por los estudiantes en cada fase, fueron evaluados mediante los criterios del gráfico 57, diseñados según las investigaciones similares, presentadas en el capítulo 3.

Criterios evaluados en los ejercicios							Total
A	Marco	No válido		Válido			
B	Etapas						
C	Abstracción de conceptos	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	
		6	14	22	28	33.33	
D	Función Clave						
E	Analogía	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto	
F	Uso de la metodología	Incompleto		Completo			
G	Aplicación a la arquitectura	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
H	Equipos/Alumno						

Gráfico 57 Matriz de evaluación de los ejercicios del estudio

Fuente: Nota: Adaptado de la tabla para evaluación propuesta por López-Forniés, I., y Berges-Muro, L. (Diciembre, 2014).

Descripción de los aspectos a evaluar en cada uno de los proyectos de las diferentes fases de la investigación:

A) Marco, es resultado de la evaluación y determina si un proyecto o propuesta es válida o no como un proyecto en el que se realizó un diseño arquitectónico integral.

B) Etapa, indica la etapa del estudio aplicado en que se realizó el proyecto evaluado.

C) Abstracción de conceptos, indica el nivel de abstracción lograda y los conceptos derivados, ya sea funcionales, formales, estructurales, espaciales u otro concepto. Vincent (2001) indica a mayor grado de abstracción del parecido con la naturaleza, la integración al entorno.

D) Función clave, es la función (es) abstraídas de un ser vivo y desarrolladas durante cada fase

E) Analogía, herramienta utilizada durante cada fase de desarrollo del estudio, se refiere al grado de analogía lograda, desde una imitación de un elemento de un organismo vivo, hasta una simbiosis de la propuesta con el ecosistema donde se localiza el proyecto.

F) Uso de la metodología, apartado que refiere si durante el desarrollo de cada fase del proyecto se utilizó la metodología propuesta.

G) Aplicación a la arquitectura, apartado que clasifica las propuestas desde las de mayor viabilidad arquitectónica de aquellas carentes de factibilidad. Su análisis está enfocado a los requerimientos de habitabilidad de un espacio.

H) Equipos, nombre del equipo y /o integrante(s) que realizaron el proyecto

6.8 Encuesta final

Objetivo: con base en los resultados de las fases previas y en investigaciones similares, se desarrolló un instrumento para conocer cuantitativamente y cualitativamente las variables que influyen en los resultados de los ejercicios evaluados.

Del uso de la biología					
Sobre la biología en la arquitectura					
	1 Muy desacuerdo	2 Desacuerdo	3 Ni acuerdo ni desacuerdo	4 De acuerdo	5 Totalmente de acuerdo
La arquitectura debería ser capaz de preservar, regenerar y prolongar los ecosistemas y los procesos biológicos (por ej. anidación, reproducción, polinización, otros).					

Del uso de formas biológicas					
Son necesarios conocimientos avanzados de geometría					
Depende de la preferencia y antecedentes del diseñador					
Presentan dificultades técnico-constructivas					
Son exclusivas de un entorno rural					
Son más eficientes que las formas geométricas					

De la proyección de espacios biológicos					
Son más funcionales que un espacio regular					
Presentan mejores condiciones de confort térmico, lumínico, psicológico, etc.					
Permite diversidad de distribución					

De la proyección de estructuras biológicas					
Requieren conocimientos técnicos específicos					
Dependen de los materiales de la región					
Generan altos costos de construcción					
Mejoran la estética de un edificio					
Ayudan a generar espacios más funcionales					

La biología en el proceso de diseño arquitectónico					
Involucra un análisis biológico y ecológico del sitio					
Se condiciona en base a la experiencia y gusto del diseñador por la naturaleza					
Exige conocimientos previos de biología					
Ayuda a construir y preservar ecosistemas					
Ayuda a mejorar las condiciones espaciales					
¿Cuáles son las condicionantes del uso de la biología en la arquitectura?					

¿Cómo permiten los espacios biológicos una integración de la arquitectura con el ecosistema inmediato?					

¿Cuáles son tus referencias más usadas para generar un concepto para resolver un proyecto arquitectónico?

¿De qué manera las estructuras y materiales biológicos ayudan a generar espacios saludables?

¿Para qué es útil la integración de la biología en el proceso de diseño arquitectónico?

¿Qué piensas de aplicar la experiencia de biomimesis en la arquitectura?

Gráfico 58 Ejemplo de formato de encuesta

Fuente: Elaborado por autor



07

**EL ESTUDIO
APLICADO**

7.1 Desarrollo y análisis de las tres fases del estudio aplicado del proceso de diseño con enfoque biológico

A continuación se presenta cada una de las fases del estudio aplicado en búsqueda de un proceso de diseño con enfoque biológico. Primeramente se muestra la metodología utilizada en cada una de las fases y posteriormente se presentan los productos obtenidos por los alumnos. Finalmente la evaluación de los productos y el análisis comparativo de cada fase.

Fase 1 Desarrollo y resultados del Taller de observación de organismos vivos

Recordemos la pregunta que guía esta fase, ¿Cómo aprender de la naturaleza de una manera ordenada y sistemática? La bitácora de Égido (2012), es una propuesta por un proceso de aprendizaje guiado de la naturaleza, por esta razón su selección e integración en la investigación. Se decidió comenzar con el primer semestre bajo el supuesto que los alumnos de primero tienen menos prejuicios de sobre cómo debería ser la arquitectura según la academia.

El proceso de diseño se desarrolló en las siguientes etapas a través del estudio de los organismos biológicos utilizando una bitácora: 1. Observación; 2. Interpretación; 3. Abstracción; 4 Solución.

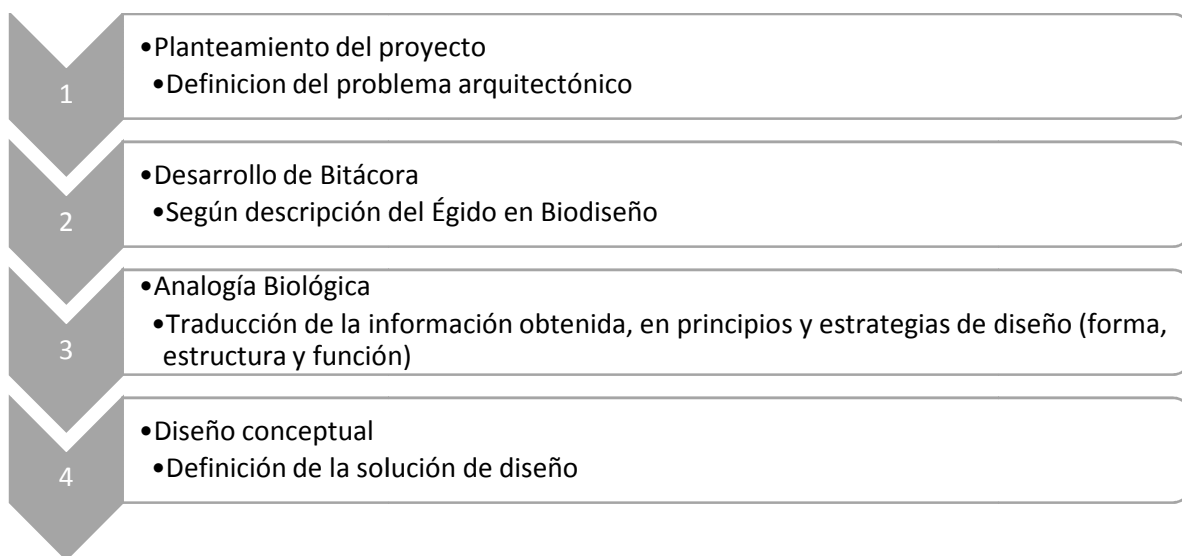
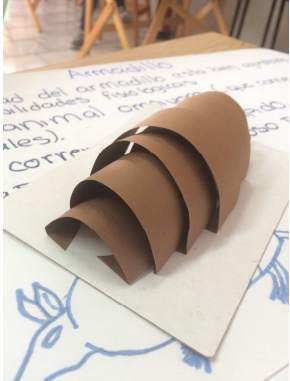

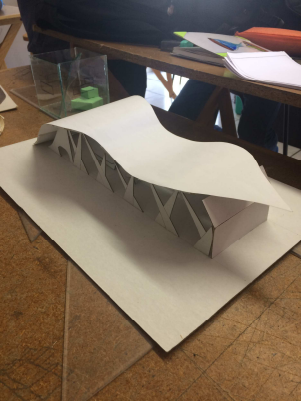





Gráfico 59 Proceso de desarrollo de la fase I
Fuente: Elaborado por autor con base en Égido (2012)

Resultados

A continuación se presentan los productos obtenidos del proceso con alumnos de primer semestre en la fase 1. El ejercicio consistió en diseñar un aula de jardín de niños que incluyera una pequeña ludoteca, a través de la conceptualización de un organismo vivo aplicado a resolver un problema arquitectónico. El desarrollo fue de manera individual.

	Trabajo del estudiante	Interacción	Descripción
A			Inspirado por el vuelo del organismo "columbidae", comúnmente conocido como paloma. Abstracción del funcionamiento y forma de la estructura de las alas.
B			Abstracción del organismo Amanita Muscaria de la familia de hongos. Reinterpreta los elementos que lo componen, hilos e hifas. Hace uso del color y la relación de los elementos formales
C			Basado en el girasol, la propuesta emula unas hojas perimetrales, sin sentido alguno. Y en planta la geometría representa una flor. La abstracción se realizó a nivel formal, aunque sin lógica y unidad en el objeto arquitectónico.

D			<p>Basado en un armadillo, el resultado emula las capas del caparazón.</p>
E			<p>Basado en una hoja, la analogía fue aplicada a nivel formal, exclusivamente para realizar la cubierta. Pudo haberse abstraído más funciones de la hoja y realizar la analogía en distintos niveles.</p>
F			<p>Basado en el Fraxinus Udhel (fresno). La analogía se realizó en un nivel alto de abstracción</p>

G			<p>Bonsai, la propuesta fue principalmente formal, específicamente el uso del contorno y visto en planta. Sin aplicar ninguna cualidad visual o funcional del organismo vivo.</p> 
H	<p>Solo bitácora elaborada parcialmente Maqueta no entregada</p>		<p>Bryophyta sensu stricto No se entregó maqueta</p>
I			<p>Buho Lenado. El producto fue una reproducción de la apariencia del búho, es decir un objeto arquitectónico con forma de búho. Sin ningún aprendizaje evidenciado sobre el organismo de interés.</p>
J			<p>Oryctolagus cuniculus ejercicio incompleto</p>

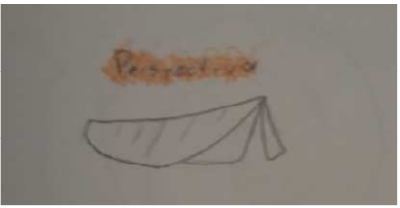
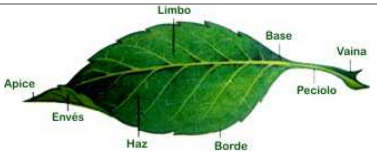



K			<p>Hoja de un árbol, sin especificar especie o tipo de hoja. El proceso se realizó parcialmente, con un conocimiento deficiente del elemento.</p>
L			<p>Helix Aspersa comúnmente conocido como caracol.</p>
M	<p>Solo bitácora elaborada parcialmente Maqueta no entregada</p>		<p>Helix Aspersa comúnmente conocido como caracol. Este ejercicio tomo el mismo organismo que el anterior y con los mismos resultados, solo la bitácora realizada.</p>

Gráfico 60 Trabajos finales de alumnos de la Fase 1

Fuente: Elaborado por autor

Fase 2 Desarrollo y resultados del Taller integral

¿Cómo integrar principios derivados de la naturaleza a la arquitectura a través del biodiseño? A esta interrogante se planteó la fase 2 bajo el supuesto que **los alumnos de niveles intermedios tienen las bases metodológicas para comprender cómo aplicar un método, y se les puede comenzar a integrar los conceptos biológicos propuestos en el capítulo 3 aplicado al diseño arquitectónico.** Se les pidió diseñar un refugio para un organismo vivo y el ser humano, ambos en un mismo habitáculo.

Los ejercicios se desarrollaron siguiendo las etapas del gráfico 61.

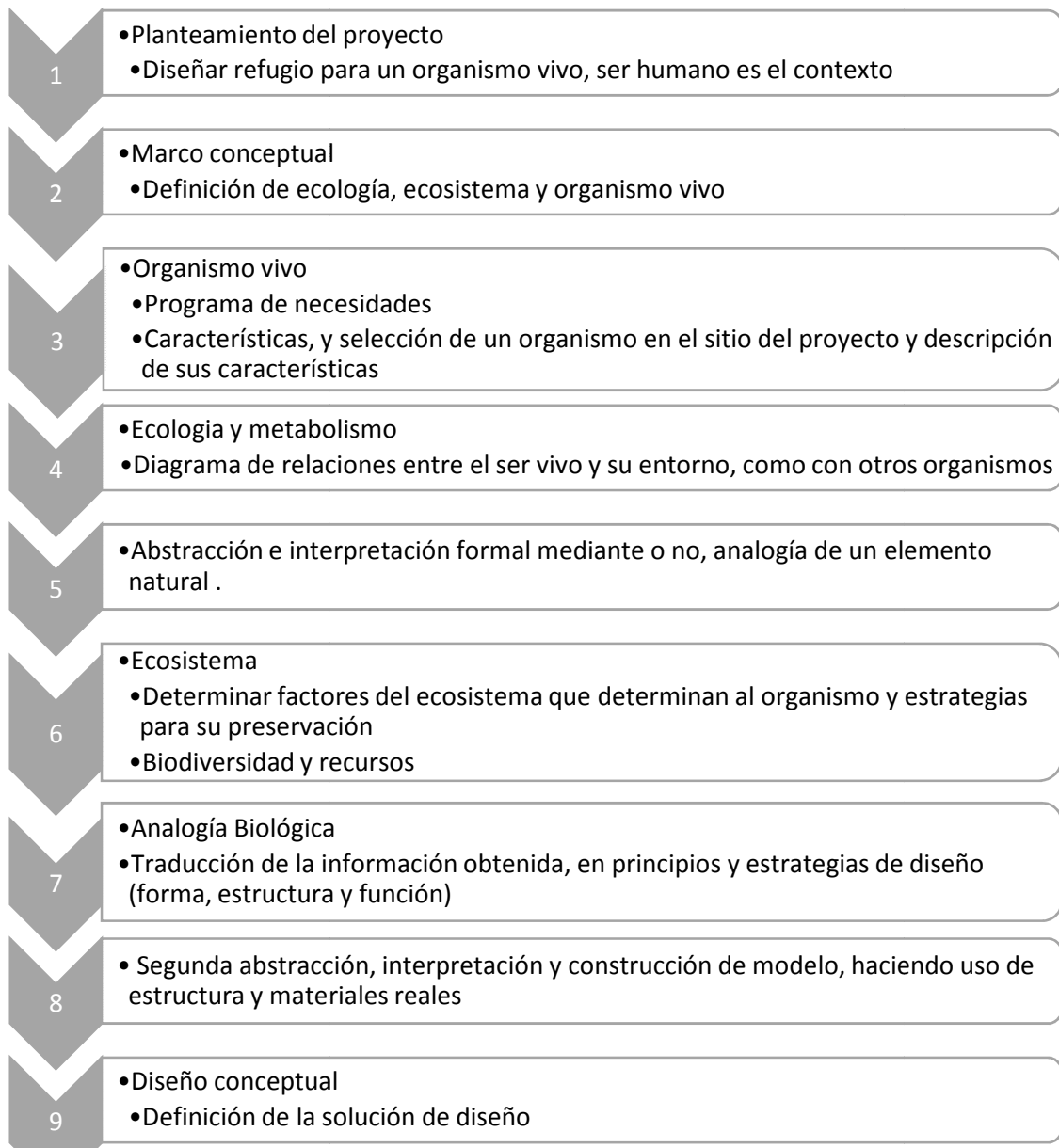


Gráfico 61 Proceso del desarrollo de la fase II

Fuente: Elaborado por autor

Resultados

A los alumnos se les solicitó el primer día diseñar un refugio en el bosque de los Colomos; inmediatamente comenzaron a realizar bocetos en un hoja de papel y los resultados proporcionaron información muy importante. El boceto del gráfico 62 muestra una planta arquitectónica ortogonal de dos niveles más parecida a una vivienda que un refugio. De igual manera el gráfico 63 y gráfico 64 se asemejan mas a una cabaña. Las tres propuestas muestran una idea preconcebida de una arquitectura ortogonal, donde el simple hecho de haber indicado a los alumnos que se localizaría en el bosque de Colomos el proyecto, trasladaron su experiencia a cabañas, por ejemplo en Mazamitla, como lo muestra el gráfico 66. Además ningún alumno preguntó a quien iría destinado el refugio por lo que diseñaron en base a una familia. Otro detalle interesante es que en ningún boceto existe rastro alguno del contexto indicado, ya bien los alumnos podrían estar proyectando para la ciudad como para el campo bajo los mismos criterios de diseño.

Este sencillo inicio de la fase 2 muestra un diseño poco reflexivo con base a la arquitectura funcionalista y racionalista comenzada en el movimiento moderno con grandes exponentes como Louis Sullivan y Le Corbusier.

Además este ejercicio denota el recurrente uso de los casos similares o análogos como fuente para comenzar a diseñar, de una manera superficial. Esto ya que como se muestra en los bocetos, ninguno comenzó por un análisis del sitio o una definición del usuario así como del tema. Es de notar el antropocentrismo en el pensamiento de los alumnos, que en ningún momento previeron que el refugio sería para un ser vivo como usuario principal.

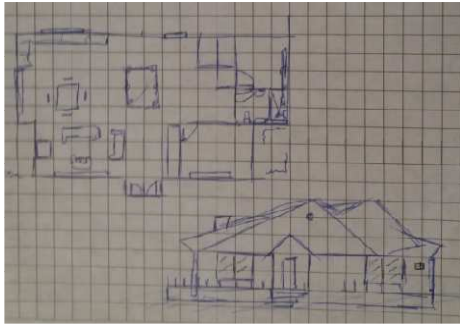


Gráfico 62 Boceto inicial I

Fuente: Realizado por alumno en fase 2

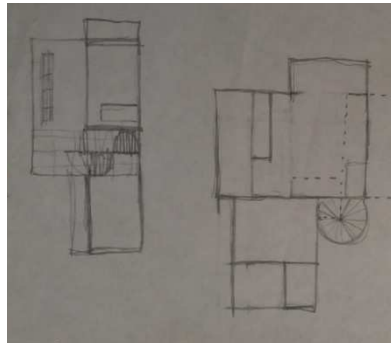


Gráfico 63 Boceto inicial II

Fuente: Realizado por alumno en fase 2

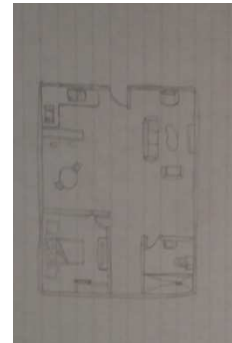


Gráfico 64 Boceto inicial II

Fuente: Realizado por alumno en fase 2

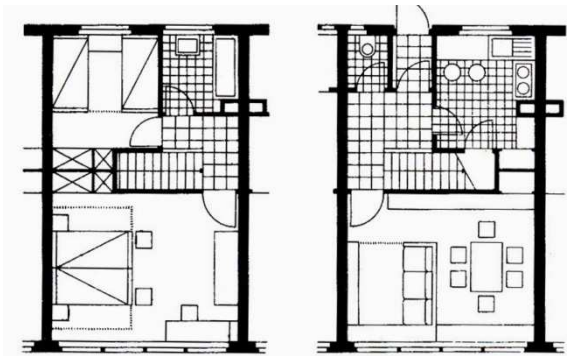


Gráfico 65 Propuesta de vivienda mínima, discutida en 1929 en el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM)

Fuente: <http://elarquitectoimpenitente.blogspot.mx/2014/07/la-vivienda-minima-y-otras-quimeras.html>

Nótese la similitud compositiva entre los bocetos de los alumnos y la propuesta de vivienda de 1929 del CIAM. Trazos ortogonales con base en una retícula que ayuda a crear un orden espacial racional y funcional.

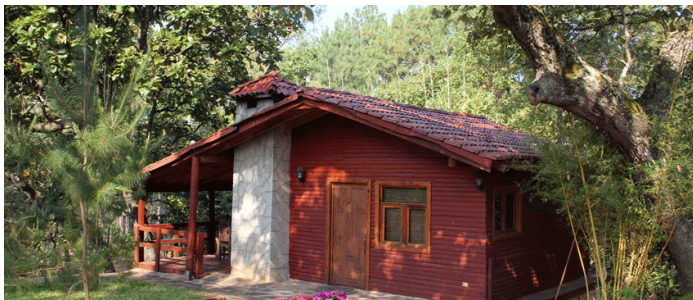









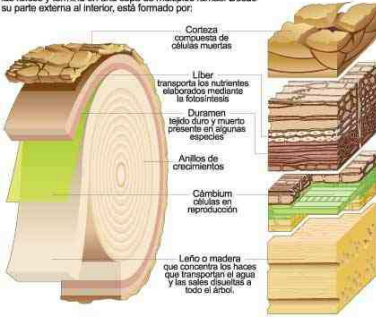


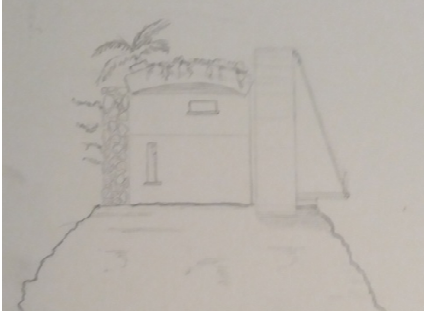

Gráfico 66 Cabaña en Mazamitla

Fuente: <http://www.mazamitla.com.mx/cabanas>

A continuación se presentan los trabajos elaborados por lo alumnos en esta fase. Nótese el grado de mayor complejidad que los anteriores.

No.	Trabajo del estudiante	Interacción	Descripción
1			<p>Basado en el capullo de una flor, procura generar un espacio habitable para un caballo. Abstracción de la interrelación de los pétalos y su funcionamiento como captadora de agua.</p>
Habitáculo para: caballo y ser humano			
2			<p>Basado en la Bougainvillea, procura generar un espacio habitable para un caballo. Realizó la abstracción de los pétalos y la estructura.</p>
Habitáculo para: caballo y ser humano			
3			<p>Basado en el Xiphias Gladius, popularmente conocido como pez espada. Realiza la abstracción de la estructura o sea del organismo, aunque falta su aplicación para crear un espacio habitable.</p>
Habitáculo para: y ser humano			

4			<p>Espacio para una lechuza, basado en la forma piramidal del pino. En la parte superior de la maqueta se dejó un pequeño espacio para la ave. Se dio mayor importancia al humano, sin salir del proceso de diseño tradicional.</p>
Habitáculo para: buho y ser humano			
5			<p>Basado en el caparazón de una tortuga, se intentó realizar una cubierta a través de la abstracción de este elemento. Sin embargo, el resultado fue inconcluso y requería mayor trabajo.</p>
Habitáculo para: tortuga y ser humano			
6			<p>Basado en una hoja, el resultado fue habitáculo para el caballo y el ser humano. La propuesta emula la eficiencia de la hoja que recoge agua y responde positivamente a la radiación solar.</p>
Habitáculo para: caballo y ser humano			

7		<p>El esqueleto de un árbol Cada árbol tiene al menos un tronco que se inicia después de las raíces y termina sin una copa de múltiples ramas. Desde su parte externa al interior, está formado por:</p> 	<p>La propuesta se basó en un refugio emulando habitar dentro de un tronco. Sin embargo el objetivo de proteger un organismo no se cumplió, ya que se antepuso al ser humano. No se conoció a fondo el elemento, estructura, función, entre otros.</p>
Habitáculo para: ser humano			
8			<p>Se propuso utilizar una cueva localizada en el parque Colomos, sin embargo se omitieron aspectos de habitabilidad. El habitar es distinto al estar, siendo la segunda la propuesta de este equipo.</p>
Habitáculo para: ser humano			
9			<p>La propuesta se centró en el ser humano y el resultado fue una cabaña, lejos de la analogía o el biodiseño y sobre todo del objetivo, proyectar un refugio para un ser vivo.</p>
Habitáculo para: tortuga y ser humano			
10	<p>El equipo que debía realizar el ejercicio, no concluyó ni realizó la actividad, por lo que el ejercicio fue un resultado con un nivel muy bajo</p>		

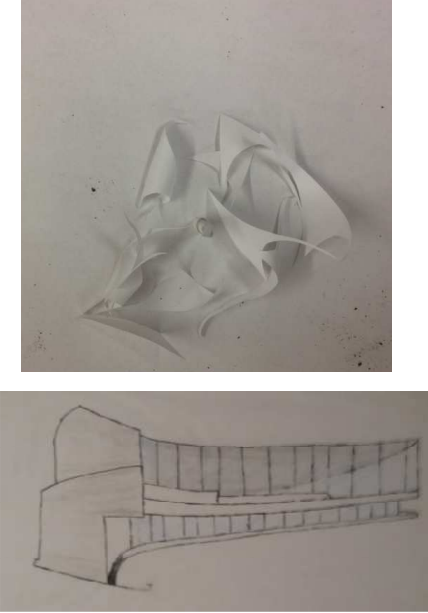

11			<p>Aunque la etapa 1 de abstracción fue exitosa como se observa en la imagen, el siguiente paso no se pudo concluir. La abstracción a una materialización lógica, funcional, formal y constructiva no se realizó.</p>
Habitaculo para: mariposa y ser humano			

Gráfico 67 Ejercicios resultantes de la fase 2
Fuente: Nota: Elaborado por autor

Fase 3 Desarrollo y resultados del Taller de diseño

¿Cómo mejorar la metodología de diseño arquitectónico predominante hacia un método de diseño más integral? A esta interrogante se planteó la fase 3, como una etapa de comprobación, derivada de las fases anteriores, donde **la implementación de herramientas derivadas del biodiseño y aplicadas en conjunto con la metodología de diseño arquitectónico predominante podría ayudar a conjugar un método más integral encaminado hacia un proceso de diseño sustentable.**

En esta etapa se integró la herramienta “abstracción de funciones”, a través de investigación documental, mapas mentales y tablas.

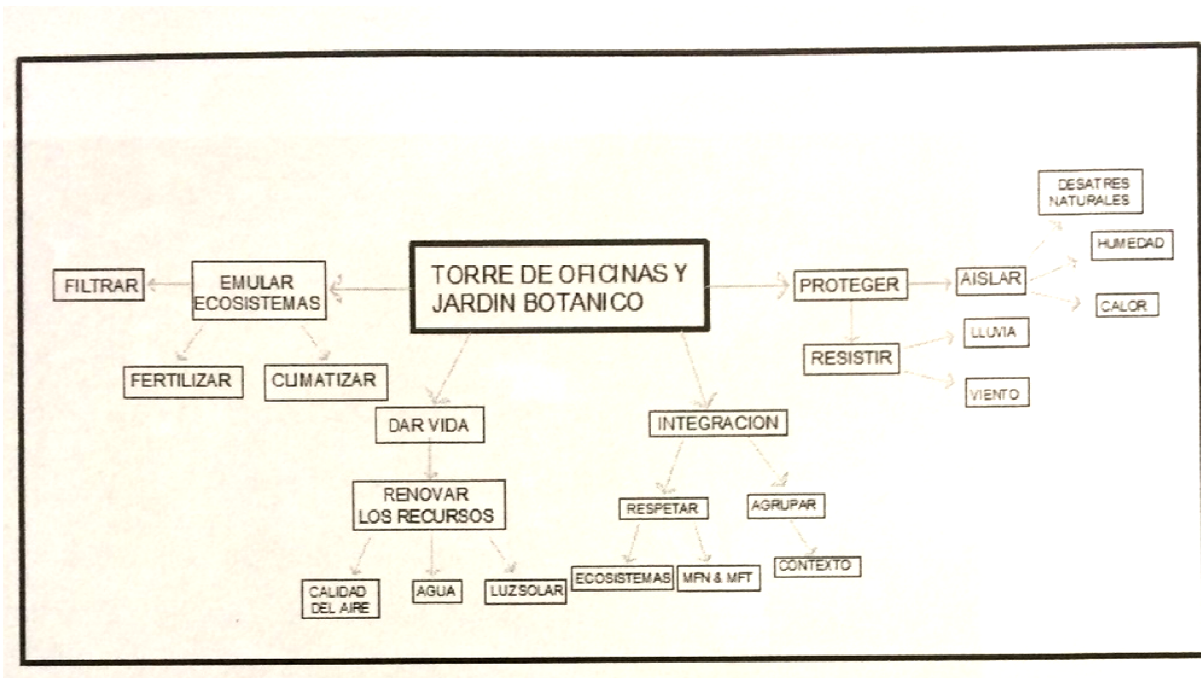


Gráfico 68 Mapa mental de análisis de funciones derivadas de los organismos e integradas al ejercicio, elaborado por alumno de la fase 3 del estudio

Fuente: Nota: Imagen tomada del ejercicio de alumno de la fase III

TORRE DE OFICINAS Y JARDIN BOTANICO				
OBJETIVO	FUNCION CLAVE	REGUNTABILOGIZANTE		REFERENCIA NATURAL
EMULAR ECOSISTEMAS	CLIMATIZAR	PARA QUE?	PERMITIR FOTOSINTESIS	ABEJA, SUELO, HELECHO
		COMO?	REGULACION DE ILUMINACION Y TEMPERATURA	
	FERTILIZAR	PARA QUE?	MEJORAR LA CALIDAD DEL SUELO	LOMBRIZ, Bacterias autótrofas, CASCARON DE HUEVO, INSECTO.
		COMO?	INTRODUCIR RESIDUOS ORGANICOS EN EL SUELO	
	FILTRAR	PARA QUE?	PURIFICAR EL AIRE Y EL AGUA	ESPONJA MARINA, TRIDACNA.
		COMO?	TRATAMIENTO DE LIMPIEZA	
DAR VIDA	RENOVAR LOS RECURSOS	PARA QUE?	PARA REUTILIZARLOS	CORAL DURO Y BLANDO, PALOMA, ESCARABAJA PELOTERO,
		COMO?	PLANTAS DE TRATAMIENTO, PANELES SOLARES, RECICLAJE	
		DONDE?	BAÑOS, REGAR PLANTAS, MUEBLES	
INTEGRACION	RESPETAR	QUE?	EL ENTORNO INMEDIATO	GORGONIAS
		PARA QUE?	NO AFECTAR EL ECOSITEMA DEL LUGAR	
		COMO?	MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA SE LOS SERES VIVOS DEL LUGAR	
	SER	QUE?	PARTE DE SU ENTORNO	ANEMONA,
		PARA QUE?	LOGRAR UNA FUSION CON EL LUGAR	
		COMO?		
PROTEGER	RESISTIR	QUE?	DE DESASTRES NATURALES Y FACTORES DE PELIGRO	CAPARAZON
		PARA QUE?	CUIDAR AL USUARIO	
		COMO?	CREAR ELEMENTOS RESISTENTES AL EXTERIOR	
	AISLAR	DE QUE?	AGUA, CONTAMINACION, CALOR	CACTUS,
		PARA QUE?	CONSERVAR UN CLIMA AGRADABLE	
		COMO?		

Gráfico 69 Tabla de análisis derivada de BioTRIZ, elaborada por alumno.

Fuente: Nota: Imagen tomada del ejercicio de alumno de la fase III

La fase 3 se realizó en las etapas que se presentan a continuación, integrando el biodiseño y herramientas derivadas de esta metodología, a la metodología de diseño arquitectónico predominante.

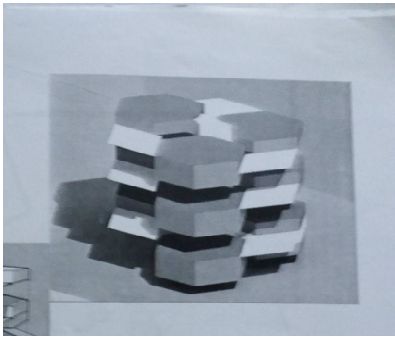
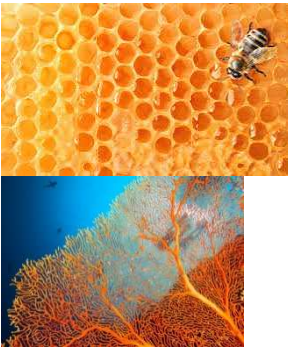
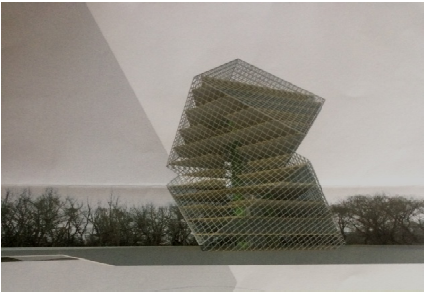





Gráfico70 Proceso del desarrollo de la fase III del estudio

Fuente: Nota: Elaborado por autor

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la fase 3.

No	Trabajo del estudiante	Interacción	Descripción
1			Basado en el panal y coral, reproduce una estructura hexagonal verticalmente como parte fundamental de la composición
2			Basado en el capullo de una flor, procura generar un espacio habitable para un caballo. Abstracción de la interrelación de los pétalos y su funcionamiento como captadora de agua.
3			Se desarrolló una envolvente basada en la estructura de la piel de camaleón, se planteo una pantalla cambiante como el camaleón
4			La propuesta se baso en las alas de la mariposa. La primera abstracción fue muy buena, sin embargo al integrar requerimientos espaciales, el

			resultado se perdió.
5	  		La propuesta resultante carecía de algún analogía, por el contrario pretendió ser resultado de los requerimientos del programa arquitectónico. No respondía al contexto natural como artificial.
6	  		Se planteó analizar el cactus, sin embargo como se observa en la imagen, el resultado fue un edificio muy parecido al paradigma de rascacielos, tan cultivado en el imaginario colectivo. Carecía de la abstracción funcional del organismo.
7	 		El planteamiento inicial fue analizar al cangrejo, sin embargo el resultado fue visual. Como se observa en la imagen la planta simula la silueta del cangrejo. Al ver la imagen superior, se nota un edificio sin ningún concepto derivado del cangrejo.






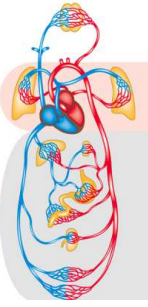

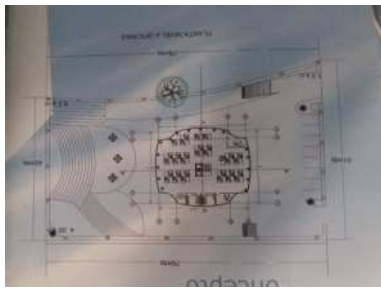



9		 	<p>El planteamiento fue funcional, intentando abstraer conceptos del funcionamiento, forma y estructura del panal de abejas. El resultado fue una abstracción visual del polígono que conforma las celdas de un panal. Este se utilizó como protección solar. Por último no se concretó abstracción alguna, ya que se manejaron los mismos conceptos ya conocidos.</p>
10	<p>RE DE CRISTAL CON BASTA ILUMINACION Y DAPTADA CON PANELES SOLARES QUE HACENAN ENERGIA PARA LA ILUMINACION DENTRO DEL EDIFICIO</p> 	 	<p>El planteamiento fue basado en la luciérnaga. El resultado una planta con silueta de luciérnaga, ninguna función abstraída.</p>
11			<p>Propuesta planteada de manera funcional. No se desarrolló ninguna abstracción sobre el funcionamiento de algún organismo</p>
12		 	<p>Propuesta basada en en el árbol de secoya</p>

Gráfico 71 Trabajos finales de alumnos de la fase 3

Fuente: Nota: Elaborado por autor


7.2 Evaluación de los ejercicios de las distintas fases del estudio. Se realizó la evaluación mediante los criterios citados y fue de mayor interés conocer los resultados obtenidos de los ejercicios en los aspectos abstracción, analogía y aplicación a la arquitectura en una escala valorativa como se indica el gráfico 72.

	Muy bajo (6)	Bajo (14)	Normal (22)	Alto (28)	Muy alto (33.33)
Abstracción de conceptos	Interpretación parcial de un organismo como individuo, sin conexión alguna al entorno.	Aparecen abstracciones ecológicas de un organismo como individuo, de manera superficial, interpretando sus cualidades visuales.	Aparecen abstracciones ecológicas de un organismo como especie en relación a su entorno	Existen conceptos abstraídos del comportamiento, estructura de los organismos a nivel ecológico como especie y comunidad que habita un hábitat.	Existen conceptos abstraídos de los organismos a nivel ecológico como especie, comunidad y se incluyen principios del funcionamiento de un ecosistema.
Analogía	El objeto es una representación visual de un organismo base. No existe investigación – entendimiento del organismo y su hábitat. El objeto presenta una abstracción formal reducida a siluetas que representan o se asemejan a un organismo vivo. En su mayoría una representación figurativa	La analogía presenta poco conocimiento y el objeto es una representación formal que no responde a ninguna función abstraída de la vida	El objeto presenta abstracciones formales de las características visuales y 1-2 características funcionales. Sin relación, la forma no corresponde a la función del elemento u organismo analizado. El espacio como producto de la forma.	El objeto presenta un espacio creado en base a la abstracción de las cualidades funcionales de la forma de un organismo vivo. Incorpora criterios de requerimientos eco sistémico.	El objeto presenta conceptos propios del funcionamiento de un ecosistema, buscando emular el funcionamiento orgánico de un ser vivo en un hábitat determinado.
Aplicación a la arquitectura	Incongruencia entre el espacio contenido, ya que no cumple con las características mínimas de habitabilidad así como sustento técnico estructural	Poca congruencia entre la forma y las condicionantes del medio natural y los requerimientos sociales.	Congruencia formal – espacial con lógica estructural, muestra principios de eficiencia, ahorro energético, hídrico y de recursos.	Muestra adaptación y lógica entre espacio contenido y forma. Espacio habitable que presentan algunos principios biológicos.	Un espacio se adapta al ecosistema circundante como un elemento que intercambia saludablemente energía y recursos, proporcionando un espacio adecuado a la vida

Gráfico 72 Escala valorativa de los aspectos abstracción, analogía y aplicación a la arquitectura.

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

Después de evaluados los ejercicios, se catalogaron utilizando la escala del gráfico 73, elaborada con base en la matriz de “*abstracción de ideas basadas en la naturaleza*” de Vincent (2001) y en el Instituto de Biomimesis.



Muy alto 85-100	Copia Transcripción Traducción	Abstracción de conceptos
		Analogía
		Aplicación en la arquitectura
	Resolución técnica muy alta	
Alto 67-84	Réplica Copia	Abstracción de conceptos
		Analogía
		Aplicación en la arquitectura
	Resolución técnica alta	
Normal 43-66	Emular Imitar	Abstracción de conceptos
		Analogía
		Aplicación en la arquitectura
	Resolución técnica normal	
Bajo 19-42	Simular Mimetizar	Abstracción de conceptos
		Analogía
		Aplicación en la arquitectura
	Resolución técnica baja	
Muy Bajo 0-18	Inspiración Sugerencia Interpretación	Abstracción de conceptos
		Analogía
		Aplicación en la arquitectura.
	Resolución técnica muy baja	

Gráfico 73 Escala que explica el nivel de abstracción de ideas basadas en la naturaleza, alcanzado por los alumnos del estudio.

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

7.3 Interpretación de los resultados del nivel de aplicación de biodiseño y sus herramientas, obtenido en las distintas fases

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos en cada fase del estudio y evaluados con base en el formato mencionado anteriormente. El número de ejercicios de cada etapa fue muy similar por lo que se realizó el análisis comparativo de los diferentes aspectos evaluados.

- a) Primero se presenta la comparativa de los resultados de los niveles de aplicación de biodiseño alcanzados en cada fase.
- b) Después se muestra el análisis de los resultados obtenidos en las tres fases en los aspectos principales: analogía, abstracción de funciones y aplicación a la arquitectura.
- c) Al final la interpretación de las variables registradas durante el estudio y que influyeron en los resultados obtenidos.

a) Comparativa del nivel de aplicación de biodiseño y sus herramientas, obtenido en las distintas fases.

En el gráfico 75 la fase 3 comienza con un mayor número de ejercicios con un resultado muy bajo seguido de la fase 2 y 1 consecutivamente. Posteriormente la fase 3 y 1 obtuvieron la misma cantidad de ejercicios con un resultado alto. El resultado final indica que la fase 1 obtuvo mayor número de ejercicios con resultado muy alto y consecutivamente la fase 2 y 3.

	1 Muy bajo	2 Bajo	3 Normal	4 Alto	5 Muy alto	Total de Trabajos
Fase 1	3	2	4	1	3	13
Fase 2	2	3	3	1	2	11
Fase 3	2	4	4	1	1	12

Gráfico 74 Presentación de la evaluación de los ejercicios realizados en estudio.

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

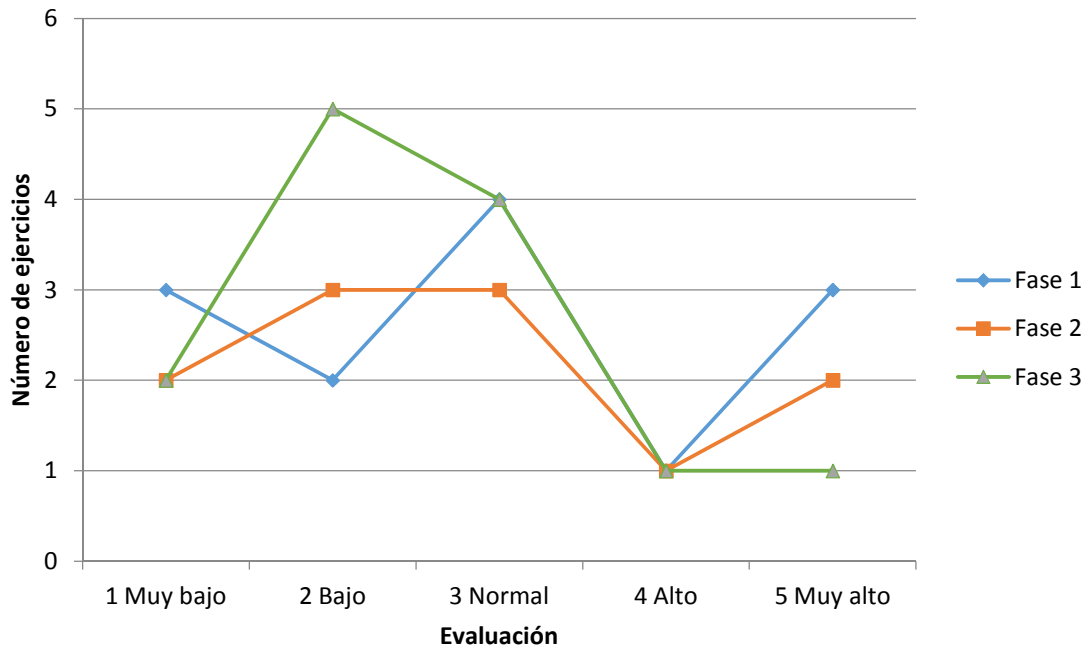


Gráfico 75 Comparativa de los resultados de las tres fases

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

Como conclusión se observa una tendencia de a menor nivel de conocimientos de arquitectura, existe mejor respuesta a una metodología de diseño alternativa que incluya herramientas de diseño poco conocidas entre los estudiantes. A mayor nivel de estudios, de 2 a 6 semestre, los estudiantes presentan menor habilidad para aplicar y aceptar una metodología y herramientas de diseño arquitectónico no tradicionales.

b) Comparativa de los aspectos de abstracción de conceptos, analogía y aplicación a la arquitectura de la fase 1

¿Cuáles son las razones de la disparidad de resultados entre las distintas fases? Analicemos los tres aspectos evaluados para poder identificar si existe un aspecto clave que represente la causa de tales diferencias entre fases.

En la fase 1, como se muestra en el gráfico 76, se obtuvieron igual cantidad de ejercicios con resultados muy bajos y muy alto. Predomina un nivel normal de abstracción de conceptos y analogías. Las propuestas en su mayoría presentan

una muy alta aplicación a la arquitectura. En esta fase la analogía y abstracción de funciones es de normal a alta con un alto grado de aplicación a la arquitectura.

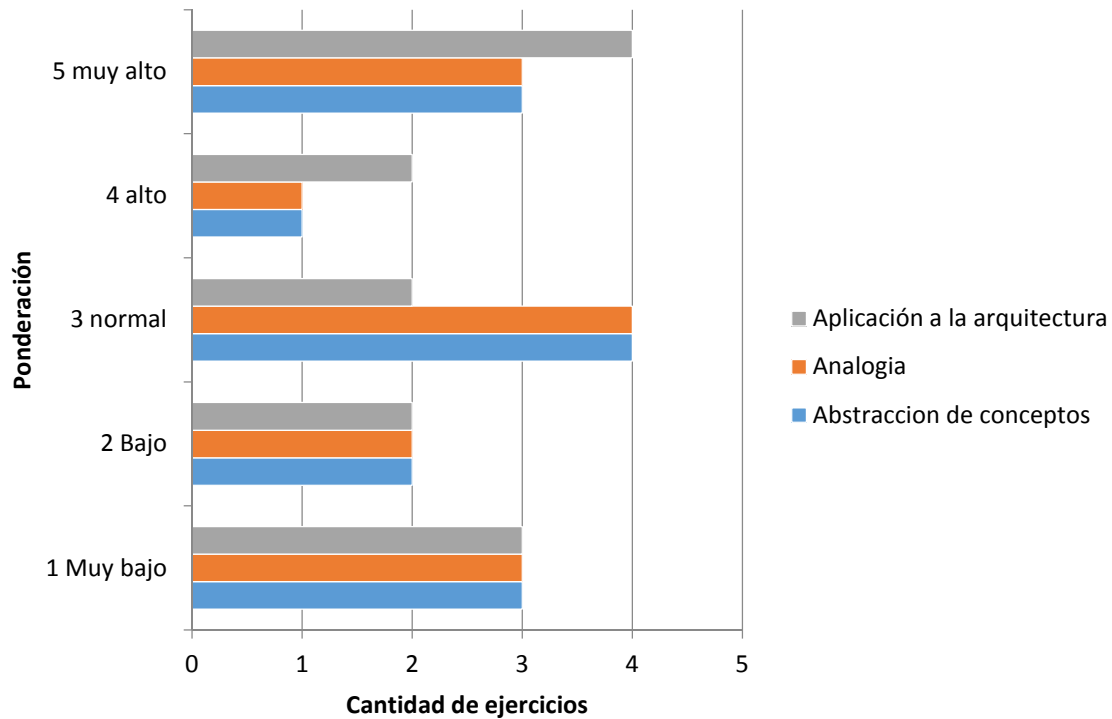


Gráfico 76 Comparativa de los aspectos, en la fase 1

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

Se puede deducir lo siguiente:

- . Que los alumnos de recién ingreso tienen mayor habilidad para explorar conceptos derivados de la naturaleza.
- . La herramienta que se utilizó y denominada “bitácora” es comprensible, perfectible y aplicable en el diseño arquitectónico.
- . La bitácora potencializa la analogía y abstracción de funciones, derivados de la naturaleza.

Comparativa de los aspectos abstracción de conceptos, analogía y aplicación a la arquitectura de la fase 2

En la fase 2 el comportamiento de los aspectos es muy similar. Analogía y abstracción de conceptos oscilan en cantidad de ejercicios similares entre un nivel muy bajo y muy alto. Sin embargo predomina la analogía con un nivel bajo. ¿Reflejan estos datos la comprensión por parte de los alumnos del proceso metodológico aplicado así como la herramienta utilizada? Si bien los datos buscan conocer en qué medida se comprendió el proceso aplicado, la enseñanza del proceso representa en sí un punto para una futura investigación.

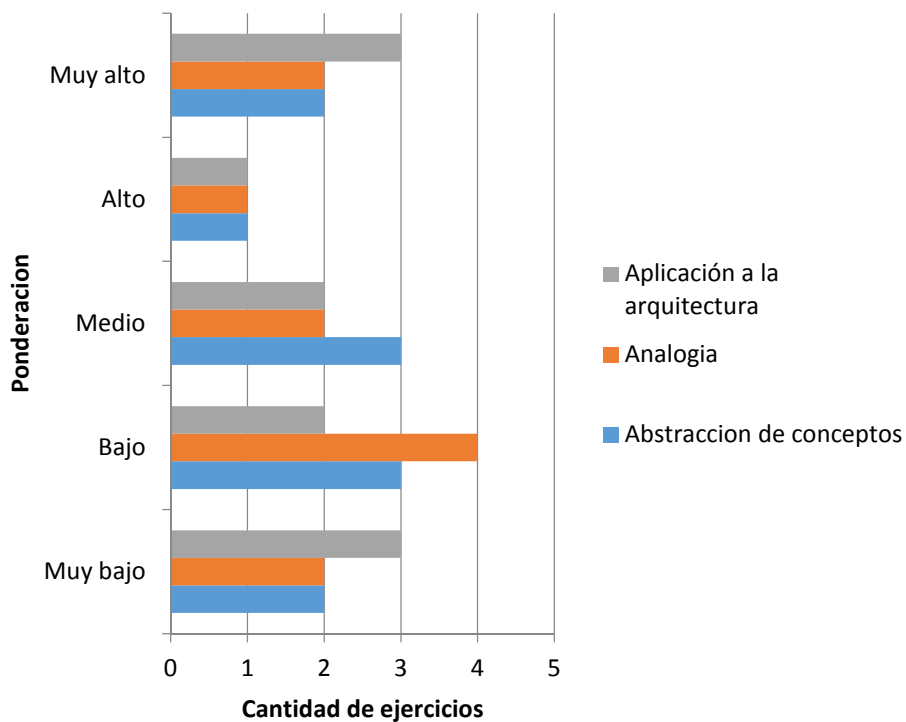


Gráfico 77 Comparativa de los aspectos, en la fase 2

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

Los grados de segundo al tercer semestre presentan un conocimiento de la analogía, principalmente formal. Sin embargo se les dificulta abstraer conceptos más significativos que puedan ser aplicados en la arquitectura.

Comparativa de los aspectos abstracción de conceptos, analogía y aplicación a la arquitectura de la fase 3

En la fase 3, el gráfico 78 muestra que los estudiantes de sexto semestre tienen un nivel predominantemente bajo.

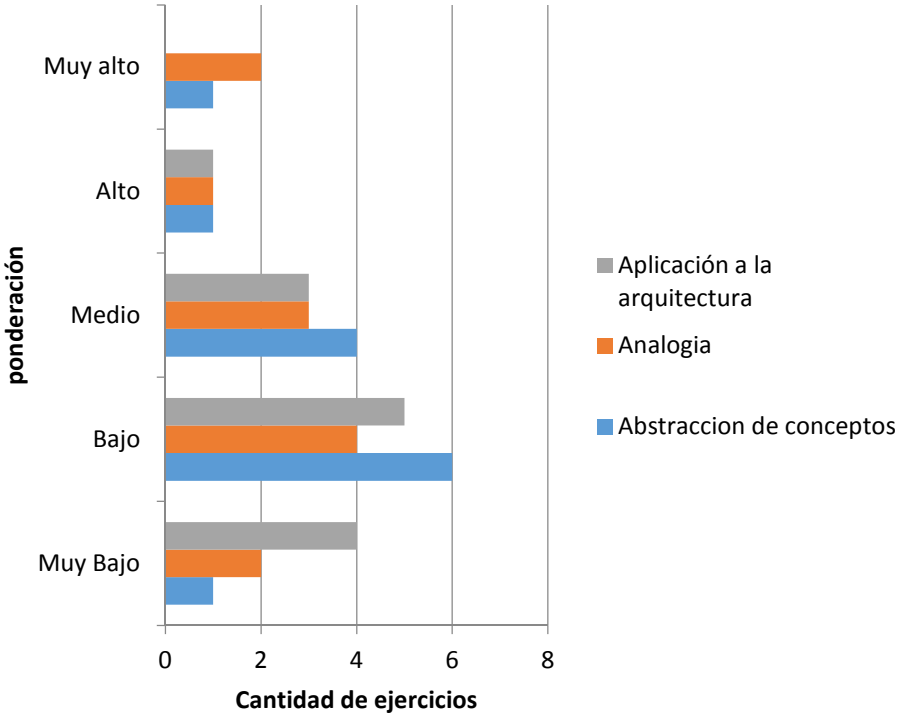


Gráfico 78 Comparativa de los aspectos, en la fase 3

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

Se deduce, que en niveles avanzados, la habilidad para la utilización de analogías en arquitectura como medio para abstraer conceptos de la naturaleza y aplicarlos a la arquitectura es muy reducida.

Se han mostrado los resultados de los aspectos de cada fase, sin embargo:
¿Cuáles son las variables que determinan la disparidad de resultados entre los diversos niveles de estudios?

b) Análisis de los resultados obtenidos en las tres fases en los aspectos principales: analogía y abstracción de funciones.

- Comparativa de los resultados obtenidos en las tres fases en el aspecto analogía

En la comparativa de las tres fases por aspecto, primero en analogía, se obtuvieron los siguientes resultados.

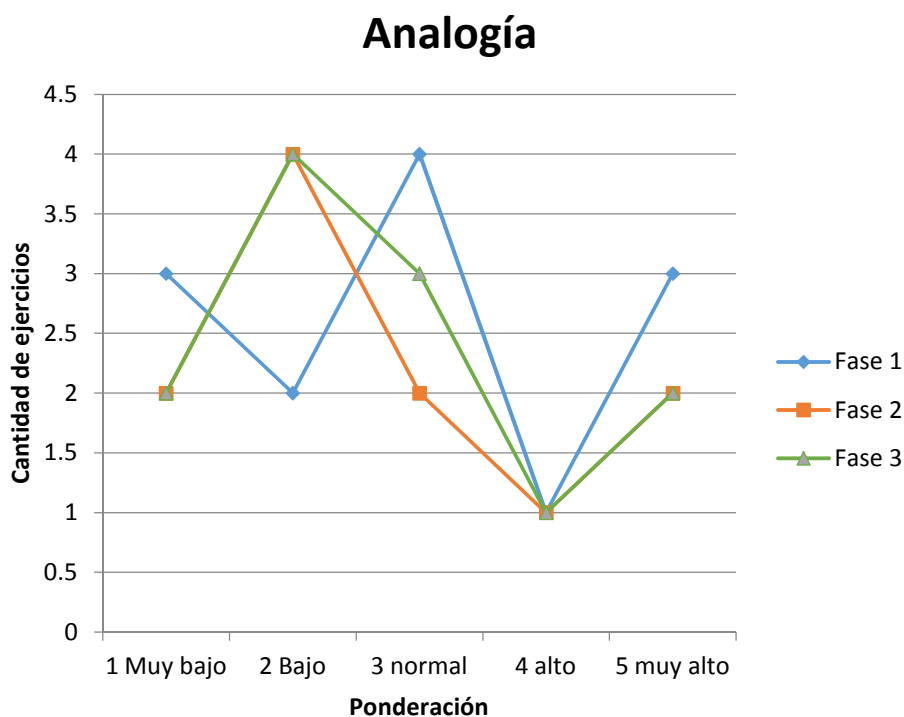


Gráfico 79 Comparativa de las tres fases en el aspecto analogía

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

La fase 1 obtuvo el mayor nivel de analogía, seguido de la fase 3 y la fase 2. Sin embargo el resultado final indica que los estudiantes de la fase 1 pudieron desarrollar mejor un mayor número de analogías, a diferencia la fase 2 y 3 obtuvieron la misma cantidad de analogías. Estos datos muestran que los alumnos de nuevo ingreso pueden realizar con mayor habilidad una analogía. Sin embargo, ¿Cuál es la razón de esta habilidad? ¿Se deberá al desconocimiento de los

fundamentos teóricos de la arquitectura en la actualidad? ¿La capacidad creativa se potencializa por desconocer de casos arquitectónicos de referencia?

- Comparativa de los resultados obtenidos en las tres fases en el aspecto abstracción de funciones.

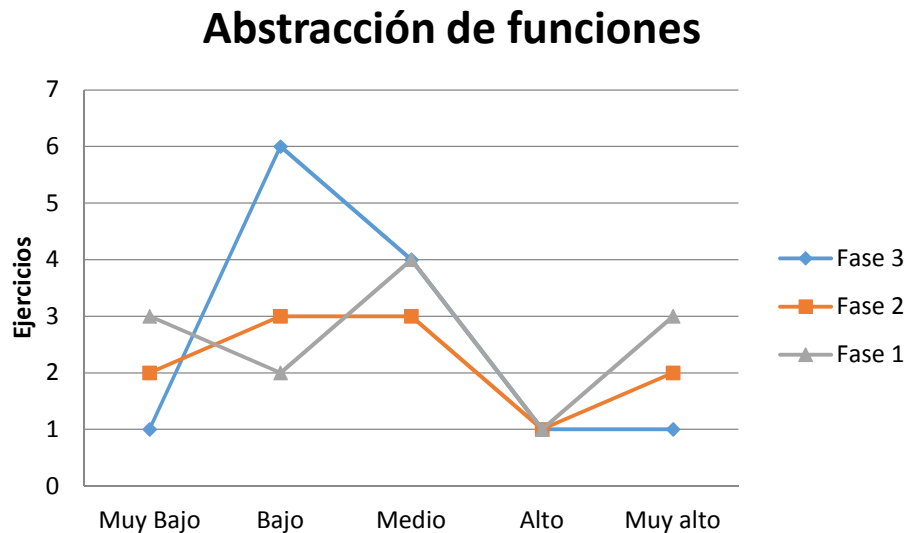


Gráfico 80 Comparativa de las tres fases en el aspecto abstracción de funciones

Fuente: Nota: Elaborado por autor.

El comportamiento en la abstracción de funciones es muy similar, la fase 1 presentó la mayor cantidad ejercicios con resultados muy altos, seguido de la fase 2 y 3 consecutivamente. Los resultados obtenidos generaron diversas interrogantes, ¿Por qué existen resultados tan diferentes entre alumnos como entre grupos de diferentes niveles en las diferentes fases? Para responder a esta incógnita los resultados dispares trataron de ser explicados por diversas variables. Se dividieron las variables en dos grupos:

- . Variables textuales, propias de los estudiantes como conocimiento de la teoría en arquitectura, manejo de analogía, conocimiento de criterios sustentables, biodiseño y/o biomimesis, entre otras.
- . Variables contextuales, propias del ambiente de los estudiantes como lugar del estudio, tiempo y método de enseñanza.

7.4 Variables observadas y registradas en las fases de la investigación

En la tabla se presenta una comparativa de los resultados de las tres diferentes fases de la investigación, así como de las variables identificadas que condicionan los resultados obtenidos.




	Trabajo del estudiante	Variables textuales y contextuales
Fase 1 : Primer semestre		<ul style="list-style-type: none"> . Desconocimiento de teoría de la arquitectura . Primeros pasos en la arquitectura . Inquietud por aprender . El 90% de los resultados fueron propuestas más orgánicas y biológicas libres de preconcepciones . No están familiarizados con la búsqueda de casos análogos . Mayor susceptibilidad al cambio de paradigma . Se desconoce la sustentabilidad de un objeto arquitectónico
Fase 2: Cuarto y segundo semestre		<ul style="list-style-type: none"> . Conocen los fundamentos teóricos de la arquitectura . Solo el 5% de los resultados son objetos arquitectónicos orgánicos y presenta principios derivados de la naturaleza . Siempre que comienza un proyecto buscan un caso análogo y/o similar . Poca susceptibilidad al cambio de paradigma . Se comienza a ligar la sustentabilidad de un objeto arquitectónico a partir de la eficiencia energética e hídrica, así como la tecnología implementada para estos fines.
Fase 3: Sexto semestre		<ul style="list-style-type: none"> . Interpretan y aplican la teoría e historia de la arquitectura . Existe una preconcepción de arquitectura fortalecida con base en las experiencias y proyectos similares o análogos, desarrollados en el modelo tradicional durante la carrera. . Poca o nula susceptibilidad al cambio de paradigma . La sustentabilidad de un objeto arquitectónico es concebida a partir de la tecnología (ecotecnias) utilizadas.

Gráfico 81 Tabla de variables observadas y registradas durante el desarrollo del estudio con los alumnos

Se concluye que a menor aprendizaje de la teoría de la arquitectura, historia y metodología de diseño arquitectónico, mayor susceptibilidad de aprendizaje del diseño animal, del biodiseño y se obtienen soluciones más biológicas. Además se corrobora como menciona Cocom-Herrera y Gonzalez-Cetz (2015), la tradición se basa en analizar un repertorio basado en proyectos arquitectónicos o urbanos que resuelven problemas similares, los cuales construyen una preconcepción de la solución arquitectónica y reduce la capacidad del diseño biológico en los estudiantes. El paradigma de la sustentabilidad a través de ecotecnias condiciona la capacidad de buscar soluciones innovadoras, tal y como lo expresaron los estudiantes durante los cursos del estudio: Maestro ¿cuándo vamos a ver celdas solares, calentadores y esas cosas?

7.5 Encuesta: resultados de la encuesta y conclusiones

Después de haber realizado el análisis comparativo entre los resultados de las diferentes fases de la investigación, se realizó una encuesta para determinar las variables entre los diferentes resultados. A continuación se presentan los resultados de la encuesta realizada a alumnos de 2° a 6° nivel la Licenciatura en Arquitectura de las dos universidades donde se realizó la investigación. La encuesta se dividió en dos secciones:

- Sección 1 con preguntas cerradas con temas específicos sobre arquitectura
- Sección 2 con preguntas abiertas, para profundizar en el pensamiento de cada estudiante.

Al final se presenta una categorización de una serie de variables que tratan dar explicación a la disparidad de resultados de los ejercicios.

Sección 1. Resultados de la encuesta

Sobre la biología en la arquitectura:

		1 Muy desacuerdo	2 Desacuerdo	3 Ni de acuerdo ni desacuerdo	4 De acuerdo	5 Totalmente de acuerdo
CONDICIONANTES DEL USO DE LA BIOLOGÍA	a La arquitectura permite la permanencia de procesos biológicos de los organismos vivos (por ej. anidación, hibernación, reproducción, otros).	2	2	2	6	17

Las formas orgánicas usadas en la arquitectura:

CONDICIONANTES DEL USO DE FORMAS BIOLÓGICAS	B Son necesarios conocimientos avanzados de geometría	3	2	1	8	15
	C Depende de la preferencia y antecedentes del diseñador	2	3	6	8	9
	D Presentan dificultades técnico-constructivas	2	3	6	5	12
	E Son exclusivas de un entorno rural	14	8	3	2	1
	F Son más eficientes que formas geométricas	9	6	10	1	2

Los espacios contenidos en formas orgánicas:

CONDICIONANTES Y PERCEPCIÓN DE LA PROYECCIÓN DE ESPACIOS BIOLÓGICOS	G Son más funcionales que un espacio regular	6	5	12	1	4
	H Presentan mejores condiciones de confort térmico, lumínico, psicológico, ot.	2		14	4	9
	I Permite diversidad de distribución	1	2	6	9	10

Las estructuras orgánicas:

CONDICIONANTES Y PERCEPCIÓN DE LA PROYECCIÓN DE	J Requieren conocimientos técnicos específicos	2	3	1	7	16
	K Dependen de los materiales de la región	5	3	4	5	11
	L Generan altos costos de construcción	5	4	13	3	3

Estructuras BIOLÓGICAS							
M	Mejoran la estética de un edificio	1	1	4	7	15	
N	Ayudan a generar espacios más funcionales	1	4	9	5	9	
La integración de biología en el proceso de diseño							
Ñ	Involucra un análisis biológico y ecológico del sitio		1	2	6	19	
O	Se condiciona en base a la experiencia y gusto del diseñador por la naturaleza	1	2	4	9	12	
LA BIOLOGÍA EN EL PROCESO DE DISEÑO	P	Exige conocimientos previos de biología	2	3	4	8	11
	Q	Ayuda a construir y preservar hábitats naturales	1	2	1	11	13
	R	Ayuda a mejorar las condiciones espaciales	1	1	5	11	10

Gráfico 82 Resultados de la encuesta realizada a alumnos que participaron en alguna fase de la investigación así como alumnos que no participaron.

Fuente: Nota: Elaborado por autor

Sección 1. Conclusiones a preguntas cerradas

1. El uso de la biología en el diseño de espacios funcionales permite la permanencia de los procesos biológicos, responde a las necesidades humanas y ayuda a preservar los hábitats naturales.
2. El uso de formas biológicas en la arquitectura requiere de tendencia a trabajar con conceptos basados en la naturaleza, así como conocimientos avanzados en geometría: exige un alto nivel de conocimiento técnico-constructivo, se consideran tan eficientes como las formas tradicionales y se aplican por igual en un entorno urbano como rural.
3. La proyección de espacios biológicos permiten una total integración al entorno, son igual de funcionales que los espacios geométricos y fueron considerados con mejores condiciones de confort (fisiológico y psicológico).

4. La proyección de estructuras biológicas requiere un mayor nivel de conocimiento técnico (especialización), no generan altos costos ni dependen de materiales regionales, y en cambio ofrecen una mayor estética de los espacios, así como generan espacios más funcionales.
5. La biología en el diseño involucra realizar un análisis biológico y ecológico del sitio, exige al diseñador un conocimiento de biología que puede influenciar en una tendencia a la biofilia y el desarrollo de formas más orgánicas; ayuda a construir mejores condiciones espaciales y preservar hábitats naturales.

Sección 2. Resultados y conclusiones de la encuesta a preguntas abiertas

Finalmente a partir de las preguntas abiertas de la segunda sección de la encuesta realizada, se agruparon las respuestas y se dedujeron una serie de condicionantes que tratan dar explicación a la disparidad de resultados de los ejercicios.

1. ¿Cuáles son las condicionantes del uso de la biología en la arquitectura?
2. ¿Quiénes consideras que son los principales usuarios de la arquitectura?
3. ¿Cómo permiten los espacios biológicos una integración de la arquitectura con el ecosistema inmediato?
4. ¿Cuáles son tus referencias más usadas para generar un concepto para resolver un proyecto arquitectónico?
5. ¿De qué manera las estructuras y materiales biológicos ayudan a generar espacios saludables?
6. ¿Para qué es útil la integración de la biología en el proceso de diseño arquitectónico?

1 Variables del uso de la biología en la arquitectura

Los resultados se agruparon en diferentes categorías y se establecieron variables según su origen. Variables culturales, donde se engloba principalmente el imaginario que tiene la sociedad sobre el uso de formas, espacios y estructuras de inspiración y origen biológico.

Variables técnicas sobre los requerimientos que implica una arquitectura biológica a nivel profesional para el diseño, construcción, mantenimiento y evaluación de una obra.

Variables geométricas relacionadas a los requerimientos que implica conocer, analizar e interpretar la dimensión física de los seres vivos.

Variables espaciales sobre la relación del espacio con su medio biológico y lo que se requiere para que un espacio pueda ser habitable en referencia a las necesidades y requerimientos de un ecosistema.

Variables ambientales, son aquellas características del entorno que determinan un objeto arquitectónico, el cual debería ser resultado de este.

Variables disciplinares, son aquellas relacionadas al nivel de instrucción del diseñador para poder realizar un proyecto con enfoque biológico.

CULTURAL	TÉCNICA	GEOMÉTRICO	ESPACIAL	AMBIENTAL	DISCIPLINAR
Costumbres edificatorias predominantes como el sistema de concreto armado	El arquitecto conoce y desliga la disciplina de la biología	Falta de conocimiento técnico para resolver formas orgánicas	El acceso a materiales que permitan formas naturales	Características del clima	El conocimiento previo o noción de cómo funcionan, trabajan y se forma una estructura biológica u organismo, (partes en que se componen).
Poca información pública sobre las ventajas y desventajas de los materiales no industriales	Falta de información técnica sobre ventajas de materiales naturales	Criterio estructural para formas orgánicas no convencionales	Espacios orgánicos difícilmente resuelven las necesidades humanas	Mínima reflexión sobre las condicionantes biológicas de un proyecto	Falta de relación de un objeto arquitectónico con las soluciones que genera problemas eco sistémicos.

				(biodiversidad, relaciones y límites de los ecosistemas, entre otros).	
					Falta de Interdisciplinaridad
					Falta de capacitación en conocimientos extras a la formación de arquitecto

Gráfico 83 Tabla que presenta las variables obtenidas de los resultados de la encuesta realizada a alumnos.

Fuente: Nota: Elaborado por autor

2 Usuario de la arquitectura

En su mayoría, las respuestas concordaron que el ser humano es el usuario de la arquitectura, pero ¿qué ocurre con nuestras mascotas? ¿Las aves que habitan en edificios abandonados o crean sus nidos en recovecos de algunas edificaciones, no cuentan como usuarios? A esta reflexión cabe resaltar la siguiente respuesta de un alumno: La arquitectura es para todo ser vivo que sea capaz de convivir en un mismo espacio.

3 Integración del espacio a un ecosistema

Un espacio biológico permite una arquitectura menos agresiva con el entorno, mediante estrategias como la mimetización de un objeto arquitectónico, muy similar en los animales; congruencia entre forma y espacio que se ve reflejado en un eficiencia y ahorro, tal como lo realiza la naturaleza en sus obras; respeto y valoración de cada elemento natural y vivo para conjugar una arquitectura colaborativa y que aporta a regenerar los ecosistemas y no tan sólo minimizar impactos; creado por la naturaleza, la forma resultado del entorno y el contenido resultado de la forma.

4 Referencias para diseñar

Las referencias más usuales para proyectar fueron: el uso de formas irregulares, formas llamativas, formas extraídas del contexto o formas geométricas. La función destinada a un proyecto y por último la analogía.

5 Estructuras y Materiales Biológicos

Los encuestados concordaron que los materiales naturales son más saludables ya que estos no generan los problemas de los materiales industriales, tales como la contaminación, excesivo consumo de recursos, reducción de la calidad del aire, alteración en el comportamiento térmico de una vivienda, mayor gasto energético y emisiones de CO2

6 Utilidad de la integración de la biología en el proceso de diseño arquitectónico

Integrar la biología al proceso de diseño arquitectónico, resultado del análisis de la encuesta se identificaron 6 ámbitos: formal, Técnico-constructivo, ambiental, espacial, bienestar y comunicación. A continuación, una tabla donde se especifican las actividades de esta mezcla disciplinar, categorizadas por ámbitos.

Formal	Arquitectura amigable con el entorno	Técnico-Constructivo	Utilizar materiales no contaminantes
	Crear formas basadas en la biología		Ahorrar materia prima
	Descubrir nuevas formas		Crear estructuras más eficientes y ahorradoras
Bienestar	Mejorar la calidad de vida	Ambiental	Reducir los impactos ambientales
	Mejorar el confort térmico		Reducir consumo energético
	Bienestar ético-profesional		Mejorar calidad del aire
Espacial	Correlacionar el espacio con los ecosistemas	Comunicación	Mejorar la comunicación entre el ser humano y la naturaleza
	Generar emociones agradables		Reducir el estrés que genera el ser humano a las especies
	Salud espacial		Relacionar las necesidades del humano con los requerimientos del planeta
	Nuevas formas espaciales		Mimetizarse con el entorno
	Adecuación a las necesidades de los ecosistemas		Colaboración entre individuos como entre especies

Gráfico 84. Tabla que presenta los resultados de la encuesta sobre la utilidad de la integración de la biología en el proceso de diseño arquitectónico según grupos.

Incidencia de las variables en la aplicación de las herramientas de diseño que ayudan a integrar principios biológicos en un objeto arquitectónico

Variables						
Herramientas	Cultural	Técnico-constructivo	Espacial	Geométrico	Ambiental	Disciplinar
Bitácora: Estudio y observación de organismo vivo	costumbres edificatorias	El arquitecto no conoce de biología		El cubo, primera forma que utiliza, conoce e identifica a la arquitectura el estudiante.	No existe una base de datos accesible Falta de biofilia	El conocimiento previo o noción de cómo funcionan, trabajan y se forma una estructura biológica u organismo, (partes en que se componen)
Diagrama de funciones: Abstracción de funciones	Modelo civilizatorio con usos preestablecidos		La función se entiende por uso del espacio exclusivamente	Los componentes arquitectónicos cumplen una única función técnica-constructiva	Criterio estructural para formas orgánicas no convencionales Falta de conocimiento técnico para resolver formas orgánicas	
						Se desconoce la función ecológica de un edificio (vivienda- vivienda;vivienda-ciudad;vivienda-organismo,etc.)
Biomimesis: Fundamentos biológicos al diseño	Separación entre campo y ciudad; hombre y naturaleza	Falta de información técnica sobre ventajas de materiales naturales	El acceso a materiales que permitan formas naturales		Características del clima	Metodologías y herramientas alternas no incluidos en programas educativos
Biomimesis y Bitácora: Analogía	Análisis superficial de la forma				Reduccionismo del entendimiento de un ecosistema	

Gráfico 85 Tabla que presenta la incidencia de las variables en la aplicación de las herramientas de diseño que usan principios biológicos.

Fuente: Nota: Elaborado por autor

7.6 Análisis y conclusiones de las entrevistas realizadas

Se realizaron entrevistas a docentes y coordinadores de las universidades donde se realizó el estudio, así como al maestro en diseño de ITESO. Todos los profesionales con un perfil similar pero con perspectivas distintas que muestra un panorama general sobre la realidad del diseño arquitectónico y la relación entre arquitectura y medio ambiente, en el nivel profesional y académico.

A continuación se presenta el perfil de cada profesional entrevistado y posteriormente una relación de los temas identificados en las entrevistas así como los resultados obtenidos.

Persona	Fecha de entrevista	Cargo
Arq. Jorge Eduardo Robles Prado	Abril-2017	Docente de la Universidad Enrique Díaz de León
Mto.Arq.Urb. Francisco Alejandro Peña Cabrera	Noviembre 2017	Docente Universidad de Especialidades
Arq. José Alberto Cano Nuño	Enero 2018	Coordinador de la Licenciatura en Arquitectura de UNEDL
Mtro. Héctor García Sahagún	Enero del 2018	Coordinador del Programa Educativo de Diseño de la Universidad ITESO

Gráfico 86 Concentrado de personas entrevistadas

Nota. Fuente: Elaborada por autor

Arq. Jorge Eduardo Robles Prado

Docente de la universidad UNEDL y activo en el ámbito profesional.

Arq. José Alberto Cano Nuño

Coordinador de la licenciatura en arquitectura de la Universidad UNEDL.

Arquitecto egresado del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). En la actualidad es coordinador y docente de la Licenciatura en Arquitectura, así como docente del departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano de ITESO.

Mtro. Arq.Urb. Francisco Alejandro Peña Cabrera

Docente de la Licenciatura en Arquitectura. Fue coordinador de la Licenciatura en Ingeniero –arquitecto de la Universidad UNE. Ha sido catedrático invitado en universidades como UNE, UNEDL, Universidad Cuauhtémoc, Univer, Unitec. Ha

trabajado como desarrollador inmobiliario y ex regidor del municipio de Guadalajara.

Mtro. Héctor García Sahagún

Coordinador del Programa Educativo de Diseño de la Universidad ITESO

Maestro en Gestión Social del Hábitat por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). Licenciado en Diseño Industrial por la Universidad de Guadalajara (UdeG). En el ITESO ha sido profesor en la Licenciatura de Diseño, coordinador de la academia de Teoría de Diseño, coordinador de la Unidad Académica Básica de Tecnologías y, actualmente, es coordinador de la Licenciatura en Diseño. Fuera del ITESO, ha trabajado como diseñador y director de diseño en distintas empresas. De 2006 a 2007, fue representante de artesanos en el Instituto de la Artesanía Jalisciense.

En las entrevistas se identificaron los siguientes puntos en común entre los entrevistados

Temas				
Definición de sustentabilidad en arquitectura	La sustentabilidad de la vivienda en el AMG	Soluciones a la sustentabilidad de la vivienda	Organismo vivo	Analogía como herramienta de diseño
Relación entre biología y un objeto arquitectónico	Metodología predominante de diseño arquitectónico	Definición de la arquitectura	La tecnología en el proceso de diseño arquitectónico del estudiante y el profesional	Herramientas y técnicas metodológicas más comunes entre estudiantes y arquitectos
Conceptualización de un proyecto	Cómo integrar un objeto arquitectónico al contexto	Cómo conceptualizan los alumnos	La ciudad en el problema de la vivienda	Biomimesis
Teorías de la arquitectura que conjugan la biología	Tipos de conceptos	Cómo usa la tecnología los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje	Introducción de la biología en la enseñanza de la arquitectura	La profesión de arquitecto

Gráfico 87. Tabla que presenta temas obtenidos de las respuestas de los entrevistados, según sistematización de las respuestas, mostradas en extenso en anexos.

Fuente: Nota: Elaborado por autor

Conclusiones finales de las entrevistas

El coordinador de la Universidad UNEDL, hizo referencia a una sustentabilidad desde el concepto institucional de sustentabilidad y sus tres dimensiones básicas. Sin embargo el Arq. Peña mencionó que no puede existir la sustentabilidad en arquitectura, por el carácter artificial, producto del hombre, de todo objeto arquitectónico. Remarca que la sustentabilidad es lograda en base a ecotecnologías, coincidiendo con el Arq. Robles.

Los entrevistados reiteraron la existencia del paradigma de la sustentabilidad en arquitectura a través de la tecnología, la cual está presente desde la formación arquitectónica. Esta perspectiva es reforzada por la respuesta del coordinador de UNEDL quien mencionó que los alumnos en la actualidad tan solo recurren a mencionar tecnologías en una propuesta arquitectónica. Esto también muestra que en la formación arquitectónica, se diseña un objeto de manera tradicional y solo se le anexan ecotecnicas que no son comprendidas por el alumno, existiendo un problema de conceptualización de la sustentabilidad.

La tecnología por lo tanto, es un factor fundamental para la sustentabilidad de un objeto arquitectónico, sin embargo no solo consiste en su colocación como algo enunciativo, debe ser producto de un análisis preliminar, desarrollado en el proceso de diseño, al respecto coincidieron todos los profesionales de la arquitectura.

Respecto al proceso de diseño, todos coincidieron en etapas de investigación, análisis, conceptualización y resolución del problema. Estas etapas coinciden con las etapas de la metodología predominante de diseño arquitectónico, propuesta en el capítulo 2. Esto muestra que profesionistas, egresados de diversas universidades, con distintas experiencias y perfiles académicos, comparten un modelo metodológico de diseño arquitectónico, el modelo de metodología predominante de diseño arquitectónico. Donde coincidieron en mencionar que las herramientas más comunes son las de análisis del medio físico natural: *gráficas*

solares, consulta de planes parciales de desarrollo urbano, las cartas de INEGI, investigar en el Instituto de Meteorología de la Universidad de Guadalajara, la radiación solar, el concepto.

Hicieron hincapié que la sustentabilidad comienza desde el entendimiento del medio físico natural, precisamente desde el diseño de un espacio orientado a resolver el confort térmico, mediante las herramientas mencionadas.

Es importante resaltar que en todos los entrevistados, arquitecto o diseñador, el concepto tiene gran importancia. Sobre el concepto, todos coincidieron que en la actualidad se conceptualiza raramente, y existe una tendencia por copiar modelos arquitectónicos, que en el mejor de los casos pertenece al sitio del proyecto. El Arq. Robles y el Arq. Peña hicieron mención sobre la importancia de incentivar y enseñar a conceptualizar en la formación arquitectónica, tanto para resolver problemas ambientales como para proponer soluciones más integrales. Además el conceptualizar debe ser aprendido desde un nivel básico: concepto formal, funcional, contextual y técnico. Así como en otros niveles: histórico, social, natural, ecológico, entre otros. Por lo que se percibe la sectorización del concepto de sustentabilidad en arquitectura, en la vivienda.

Sobre la relación entre un objeto arquitectónico y el medio ambiente, los entrevistados coincidieron, que no deberían alterarse ni dañarse los ecosistemas. Respetar toda la vida de los seres vivos (vitalismo y naturalismo). Debe existir un cuestionamiento y análisis para poder incidir en un proyecto arquitectónico de una mejor manera, buscando el menor impacto posible al entorno natural. El Mtro. Hugo mencionó que debería ser abordado a partir del ciclo de vida de los materiales, procurando seguir un modelo de ciclo cerrado.

Los entrevistados coincidieron en que el arquitecto y la arquitectura están siendo rebasadas por las demandas sociales y la realidad ambiental. Tal como lo menciona el Arq. Cano *“El arquitecto hoy en día se está convirtiendo en un todólogo que le está costando trabajo insertarse a las nuevas necesidades de la*

sociedad. La formación del arquitecto no evoluciona, quienes van evolucionar son los que están girando alrededor de la arquitectura”:

Por esta razón debe ser modificado el pensamiento, lo cual muestra la importancia de la presente investigación. Buscar nuevos modelos de pensamiento que ayuden a generar nuevas maneras de diseñar.

Sobre conceptos biológicos, los arquitectos mencionaron que la analogía es la herramienta más utilizada, aunque a un nivel bastante más plástico-formal. A diferencia del área de diseño del ITESO donde la analogía y la abstracción de conceptos de la naturaleza son a un nivel principalmente funcional y hasta filosófico y conceptual, como cita el Mtro. Hugo, “[...] *analizamos formas, analizamos función, analizamos gamas de color que utilizan y entendemos por qué en la naturaleza existe tanto esa forma, por lo general nos damos cuenta de que hay una forma que corresponde a una necesidad de la naturaleza, de supervivencia, al igual que la función y al igual que, no sé, hasta las mismas proporciones*”.

Además se encontró que los conceptos derivados de la naturaleza, abordados desde la biomimesis o el biodiseño, es poco conocido en la arquitectura. Tal como lo expresaron los entrevistados, la biomimesis tiene pocos años como tal y ha sido más desarrollada en diseño industrial. Sin embargo existen ejemplos, como el Eastcenter en Sudáfrica, y esto representa una gran oportunidad, según fue expresado de manera unánime por todos los profesionales.

Por último, un objeto arquitectónico visto como organismo vivo, fue controversial, según la perspectiva de cada entrevistado. Para el Arq. Peña un objeto arquitectónico no puede ser vivo, ya que es creado por el hombre y solo tendrá vida mediante instrumentos tecnológicos. Además no será sustentable de manera natural. Esta respuesta contrasta con lo expresado por el Arq. Robles quien mencionó que un objeto arquitectónico visto como organismo vivo, comenzó con Frank Lloyd Wright e incluso expuso que en un futuro los edificios serán capaces

de moverse, pasando del actual estado estático de los espacios, a un dinamismo, explorando otras características, mas allá de la envolvente arquitectónica. Por otra parte el Mtro. Héctor, mencionó que será una tendencia y si no necesariamente vivo, pero que sí sea capaz de desintegrarse de la misma forma que los seres vivos. Que a su muerte genere vida. Enfatizó que la pregunta correcta es ¿los diseños que produce el ser humano podrían tener vida? a lo que respondió que es posible mediante la nanotecnología o mediante el uso de seres que estén funcionando como organismos y que al mismo tiempo estén generando una transformación en su composición para que dé una solución al ser humano.

Sobre la vivienda sustentable en el AMG. Los entrevistados coincidieron que esta no existe. Propusieron que la vivienda debería diseñarse en base a las necesidades de la familia, del habitante y transmutar generacionalmente, parcialmente y cronológicamente. Basada en cerrar el ciclo biológico de los organismos, emulando vida-muerte, a través de la planeación estratégica a nivel urbano. Por lo tanto la sustentabilidad debe ser abordada desde un nivel territorial que integre el hábitat humano (ciudad) y el hábitat natural (ecosistema). Esto para identificar a todos los actores que participan el proceso de construcción de la vivienda y buscar alinear los intereses del sector privado y social a un beneficio común, un beneficio amplio y no solamente el beneficio económico de los promotores inmobiliarios. Buscar mecanismos donde las habitantes tengan un beneficio y el gobierno pueda gestionar y coordinar estas acciones de inversión y el promotor pueda encontrar buenas opciones de inversión en la ciudad, con una muy buena gestión, y una solidez legal para lo que pueda realizar.

La vivienda sustentable es aquella como menciona el Arq. Peña que si no que motive a los cambios en un momento dado o que sea un eje de transformación de una zona, que realmente tengan una congruencia con la imagen urbana del lugar, que los materiales de construcción con que está elaborando sean materiales que existen dentro de la zona, que sean sistemas constructivos amigables, que esté analizado el impacto que va tener la construcción, con el medio socioeconómico y

con el medio ambiente del lugar, pero sobretodo, ver la aportación directa, del sistema constructivo para la solución de la problemática al momento de la construcción y que sean de fácil operatividad.

7.7 Conclusiones finales del estudio aplicado al proceso de diseño con enfoque biológico

Los resultados varían en las diversas fases del proyecto por algunas diferencias de carácter personal, académico y contextual. Sin embargo dentro de la diversidad de resultados se identificó que todas las fases comparten variables o características comunes:

- a) El cambio de usuario, de ser humano a cualquier organismo vivo como usuario de un objeto arquitectónico, genera confrontación ante los paradigmas establecidos, que determinan e interpretan que el diseño está enfocado a satisfacer necesidades del ser humano.
- b) Sin embargo se comienza a observar que el paradigma de la sustentabilidad involucra un cambio en los valores del diseño, tales como la funcionalidad vista a partir de resolver una necesidad humana, la estética arquitectónica en el imaginario colectivo que está basada en líneas ortogonales y geometría purista y simplificada. Ante esto deberíamos preguntarnos ¿cuáles son los nuevos valores del diseño, producto de la sustentabilidad?
- c) El cuadrado es la primera figura geométrica que los alumnos y profesionistas conocen cuando comienzan a diseñar. Esta forma geométrica es ligada como la más eficiente, práctica y utilizada en el medio, por lo que se considera la ideal para un espacio arquitectónico, aunque la forma más eficiente es el círculo (Santibáñez, 2007).

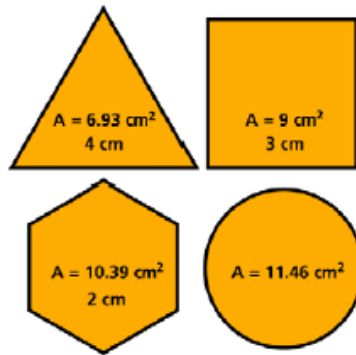


Gráfico 88. Explicación gráfica del área aprovechable en 4 formas geométricas distintas.

Fuente: Nota: Extraído de Santibáñez, Héctor (2007). Biodiseño, aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona. Barcelona. España

- d) Los casos análogos y/o similares crean prejuicios y prediseños, por lo que el objeto que se está diseñando se asemeja a una primera visualización basada en la realidad, antes que un conjunto de características producto del medio ambiente, que incluye el contexto natural, artificial y social.
- e) El comienzo de todo proceso de diseño es “una problemática funcional” donde la función es todo aquello que realiza el ser humano. Sin embargo la función vista desde la biología no es tan solo la comodidad que proporciona un espacio, es el nivel de efectividad para proteger y garantizar la seguridad de un organismo vivo. Este principio fundamental en la naturaleza está siendo omitido en la arquitectura de la actualidad. Además todo diseño producto de un organismo vivo realiza múltiples funciones, además de aquella para la que es destinada.
- f) La integración de un objeto arquitectónico al medio ambiente es concebida desde el interior hacia el exterior, es decir desde la función que realiza el hombre al interior hacia afuera. Esto visto desde un nivel formal donde una vivienda por ejemplo, debería parecerse a algún elemento de la naturaleza, sea un habitáculo o algún animal o insecto. En la mayoría de las veces, como se observo en los ejercicios evaluados, la similitud es más una reproducción literal de un ser vivo. El resultado es un objeto arquitectónico no funcional, con una pobre calidad estética y sin viabilidad estructural.

- g) La arquitectura es para proteger de las inclemencias del medio ambiente donde el entorno es visto como un medio hostil. Sin embargo es este medio el que modela todos los habitáculos de los organismos vivos en la naturaleza. ¿Por qué el ser humano continua trabajando en contra de este medio, en lugar de diseñar con él?
- h) La concepción formal en el proceso de diseño está determinado por el conocimiento técnico de sistemas y materiales de construcción impuestos por el mercado y el diseño arquitectónico predominante, que se está convirtiendo en historicista, algo así como lo que fue en su momento el Arts & Crafts. Esto imposibilita la exploración de formas modeladas por un entorno biológico.
- i) Los alumnos de 2º semestre son más susceptibles al cambio de paradigma y metodología que los alumnos de niveles superiores. Esto ya que conocen poco sobre la teoría de la arquitectura que les será enseñada posteriormente. Además los casos observados y vistos por ellos son la primera referencia a la que recurren al momento de proyectar, siendo estos la “realidad” para ellos. Esto último les dificulta en primer lugar a proponer espacios diferentes y en segundo lugar los conduce a proyectar bajo canones estéticos preestablecidos.
- j) En 4º semestre se observa que se afianza el diseño arquitectónico a partir de la metodología predominante de diseño así como el concepto de arquitectura sustentable, basada en el uso y aplicación de ecotecnias para reducir impactos ambientales.



08

**REFLEXIÓN Y
PROPUESTA FINAL**

8.1 Sobre la integración de los principios biológicos a la metodología de diseño arquitectónico predominante

La metodología de diseño arquitectónico en las universidades donde se realizó el estudio, es un ejemplo representativo de la metodología predominantemente utilizada para producir la arquitectura actual en el AMG. El proceso de diseño tiene una visión antropocéntrica, donde sólo se busca que un objeto sea funcional, entendiendo función por las actividades que realiza el ser humano. Por el contrario, la arquitectura biológica plantea un proceso biocéntrico (gráfico 94) donde la función también involucra las funciones que los elementos de un objeto arquitectónico realizan, así como las funciones entre objetos arquitectónicos, por mencionar algunos ejemplos. En este último enfoque se encuentran la diversidad de metodologías de diseño emergente, como es el biodiseño.

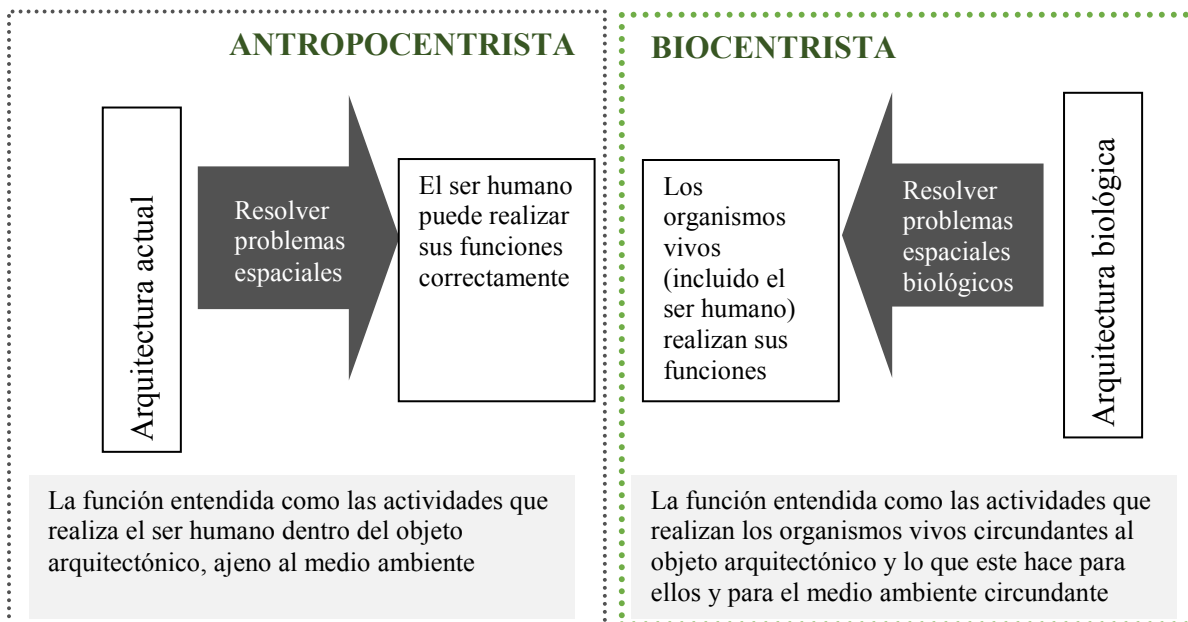


Gráfico 89 Diferencias entre el paradigma de diseño antropocéntrico y el biocéntrico

Fuente: Nota: Elaborado por autor

El antropocentrismo arquitectónico se fortalece con el programa arquitectónico que los alumnos desarrollan y los profesionales utilizan. En esta herramienta de diseño que sintetiza los requerimientos, el medio ambiente es reducido a requisitos de

habitabilidad tales como: iluminación, ventilación, entre otros. Requisitos para que dentro del objeto arquitectónico el humano realice funciones sin importar lo que ocurra al exterior.

La arquitectura desde una visión biocéntrica es no solamente inspirada en la naturaleza, sino que es humilde y se permite aprender de esta. Es más sustentable ya que al diseñar un objeto arquitectónico guiado de un diseño animal, se están transfiriendo miles de años de sabiduría que han hecho del diseño animal un producto eficaz, en el uso racional de los recursos, duradero y adaptado al medio. Por lo que el arquitecto debería considerar el análisis de los habitáculos creados por los seres vivos, más que el análisis de un organismo vivo en sí. Esto por la similitud, por ejemplo de una vivienda y un nido. Esto es importante ya que los métodos emergentes están enfocados al análisis de un organismo vivo pero el interés del arquitecto es el espacio habitable. Otro punto clave es que el biodiseño y la visión biocéntrica no sólo sirven para potencializar la creatividad del arquitecto, como tradicionalmente se ha visto al momento de proyectar, sino para potencializar la reflexión crítica sobre el habitar de la humanidad en el planeta.

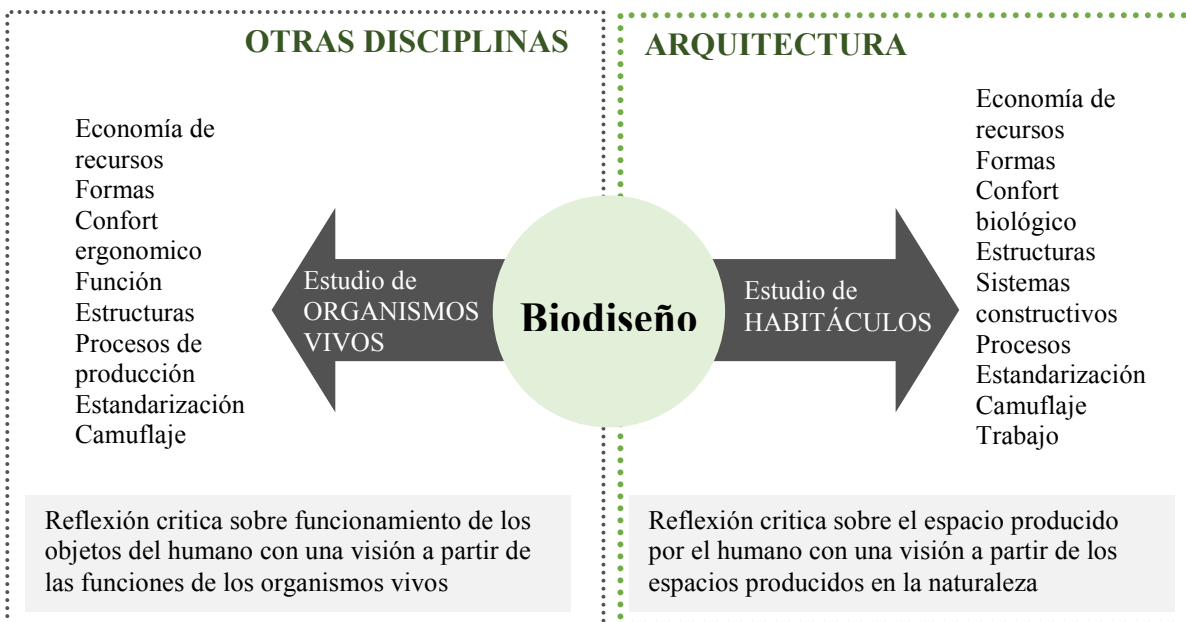


Gráfico 90 Comparativa del objeto de estudio en la naturaleza para la arquitectura y otras disciplinas

Fuente: Nota: Elaborado por autor

No existe un modelo universal de sustentabilidad en arquitectura, sin embargo el modelo principal ha sido planteado desde el uso racional de los recursos a través del uso de tecnología, y esto menciona Richman (2006), genera una sustentabilidad débil. Esto principalmente porque es una visión parcial, por el contrario, la investigación buscó plantear una visión más integral, mas eco sistémica.

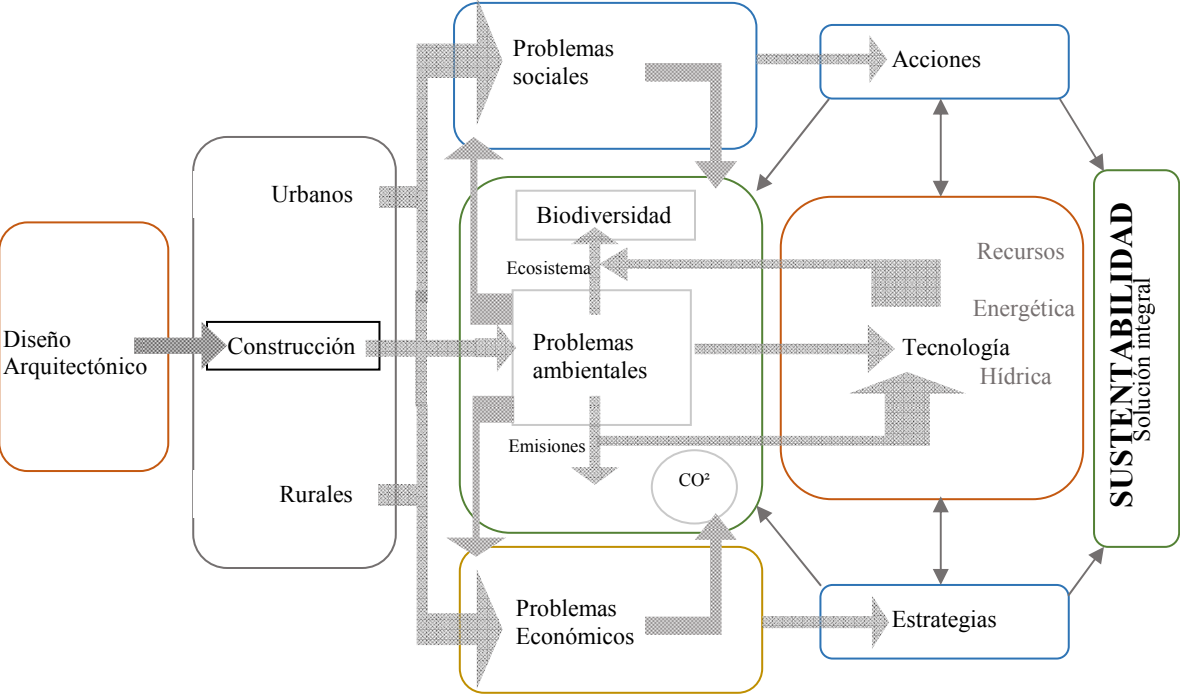
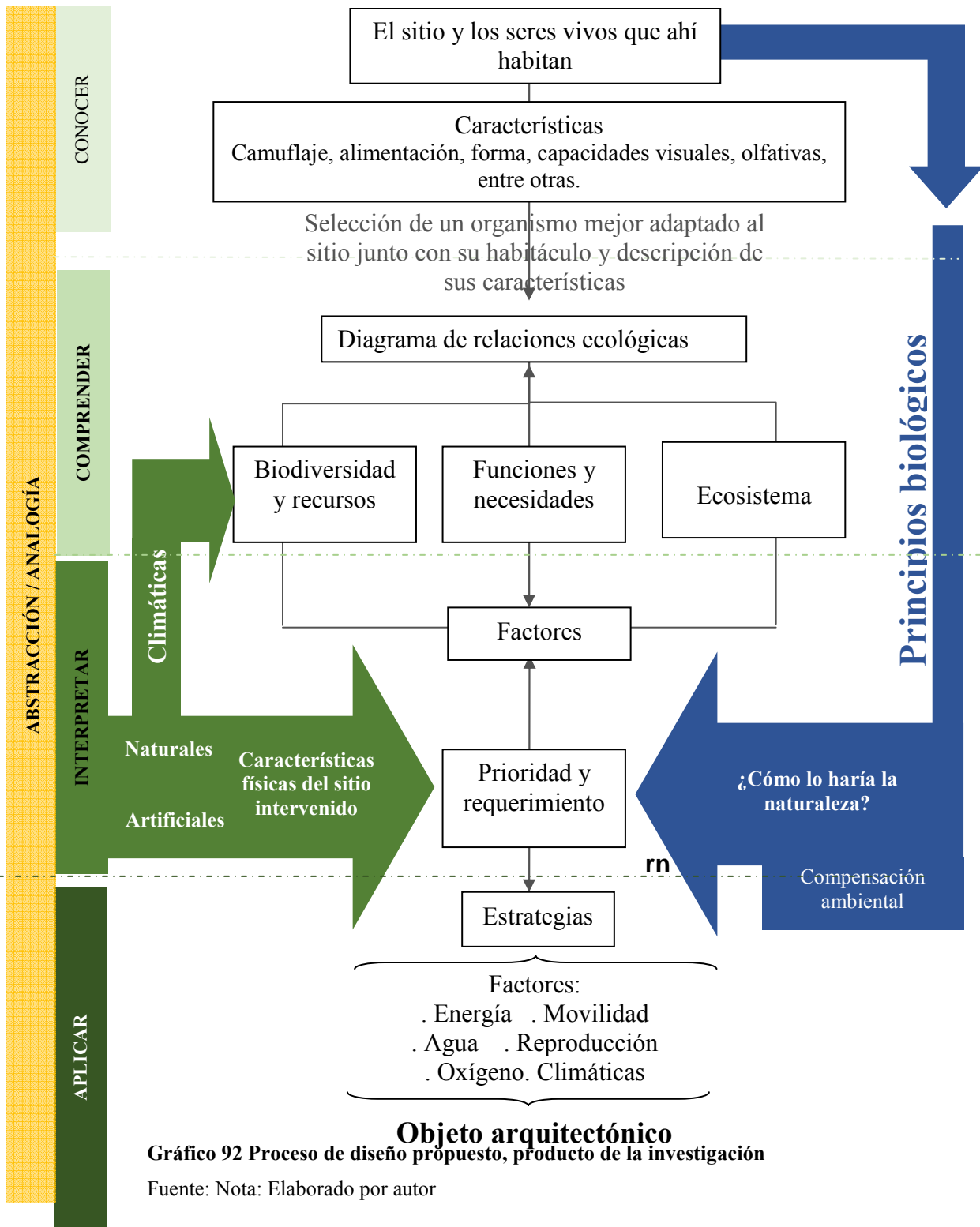


Gráfico 91. Visión integral de la sustentabilidad de un objeto arquitectónico
 Fuente: Elaborado por el autor

La investigación se centró en un proceso biocentrista, abordada desde el biodiseño y dio como resultado la siguiente metodología que sufrió diversas modificaciones durante las distintas fases. En el gráfico 92 se muestra el proceso de diseño arquitectónico producto de la investigación realizada.



Por último, el estudio mostró que los primeros semestres (primero y segundo) tienen una mayor facilidad para desarrollar propuestas con un muy alto nivel de

aplicación de principios biológicos, más biocentrista. En niveles superiores y profesionales, el diseño antropocéntrico es latente e irreversible con un nivel muy bajo de aplicación de conceptos derivados de la naturaleza, aquí se ubica la actual vivienda con criterios sustentables. Este proceso de reducción de soluciones más apropiadas al entorno biológico es consecuencia no solo de las exigencias de una sociedad, ya que se identificaron una serie de variables observadas que influyen en el proceso de diseño que se clasifican en académicas, personales y contextuales.

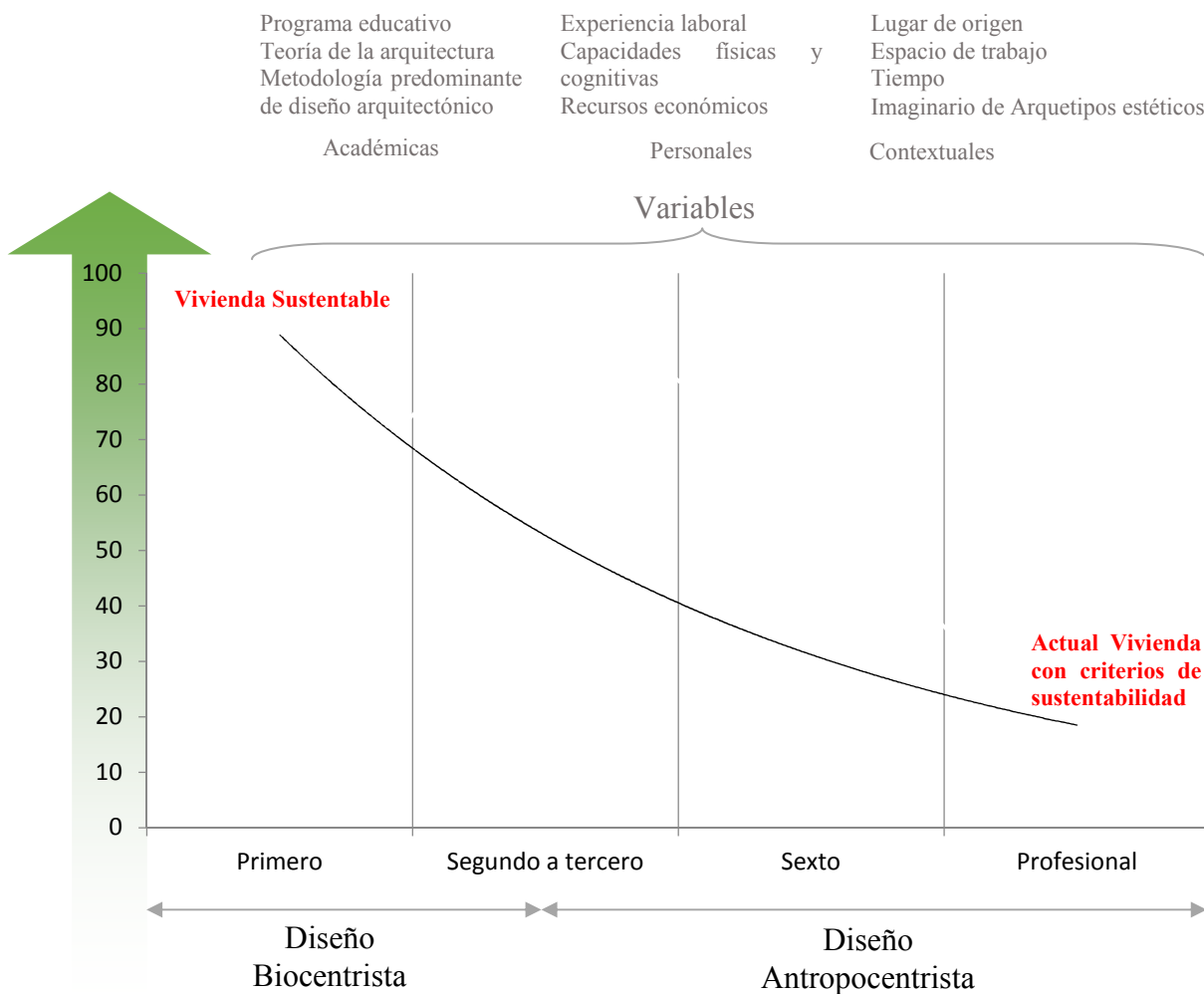


Gráfico 93 Gráfica del estudio realizado

Fuente: Nota: Elaborado por autor

Lo que se trató de demostrar con este estudio es que se puede lograr la vivienda sustentable desde la nueva concepción del diseño, al cambiar los parámetros de

una metodología tradicional con la inserción de principios biológicos desde el inicio del proceso de diseño. Con esta metodología alterna, es posible lograr diseñar la vivienda más acorde y en armonía con el medio ambiente, que responda de mejor manera a las necesidades de los seres vivos (no sólo del hombre, sino tomando al hombre como otro ser vivo más del contexto) para lograr una sustentabilidad más natural, una vivienda que forme parte constitutiva de esta naturaleza.



09

**ESTRATEGIAS
DIDÁCTICAS**

9 Estrategias didácticas

El contenido aquí presente es una serie de criterios que proponen generar las condiciones idóneas en el proceso de diseño arquitectónico predominante, para poder comenzar a permitir la permeabilidad de herramientas metodológicas que ayuden a integrar principios biológicos. Sin embargo los alcances son más amplios ya que estos permitirían comenzar a cambiar la manera de proyectar y con esto la transformación hacia una arquitectura biológica y la mejora de la sustentabilidad de la vivienda en el Área Metropolitana de Guadalajara y quizás, del mundo.

Formación

1 Actividades Medio ambientales en la formación de arquitecto.

4 Introducir talleres de biodiseño como asignatura integrada al plan de estudios de la Lic. en Arquitectura.

7 Fortalecer la enseñanza de modelado 3D y diseño paramétrico.

10 Fortalecer la formación técnica con la enseñanza de criterios estructurales y principios de estructuras naturales, tales como las telarañas

Conceptualización

2 Sustituir el uso del cuadrado como primera figura presentada a los estudiantes a través del aprendizaje de geometrías encontradas en la naturaleza

5 Incluir en el programa arquitectónico, los requerimientos de un ecosistema y de los organismos que en el habitan.

8 Priorizar análisis de habitáculos de animales antes que la realización de casos análogos o similares como referencia para diseñar un proyecto arquitectónico.

11 Priorizar el uso de la analogía como estrategia de conceptualización.

Diseñador

3 Implementar la enseñanza de herramientas de biodiseño a profesionales encargados de la formación profesional.

6 Introducir debates críticos sobre la postura arquitectónica actual y los conceptos derivados de la naturaleza.

9 Devolver la materialización de un concepto a través de maquetas físicas y devolver el contacto con la realidad al diseñador.

12 Colaboración disciplinar: introducir el desarrollo de proyectos colaborativos con otras facultades para la transformación de un pensamiento disciplinar a uno multidisciplinar.

Los criterios aquí descritos responden a las variables identificadas y están sujetos a reflexión por parte del lector para poder integrar un mayor número de acciones.

1 Actividades Medioambientales en la formación de arquitecto.

Realizar actividades que fomenten la cultura por la protección del medio ambiente y principalmente que ayuden a la identificación del diseñador con el medio físico natural inmediato. Estas actividades pueden ser por ejemplo, desde recolección de botellas de Polietileno Tereftalato (PET) en la Universidad de Guadalajara de Jalisco (ver gráfico 95), hasta huertos colectivos como en el Laboratorio de Autosuficiencia de Valladolid, del Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IAAC) en España (ver gráfico 94).



Gráfico 94 Vista de alumnos en Huerto colectivo del IAAC

Fuente: <https://www.comunicae.es/nota/el-instituto-de-arquitectura-avanzada-de-1154429/>



Gráfico 95 Vista de alumnos de UdeG recolectando botellas de PET para su posterior reciclado

Fuente: <https://ucu.edu.uy/es/reciclaje-de-botellas-en-la-universidad>

2 Sustituir el uso del cuadrado como primera figura presentada a los

estudiantes a través del aprendizaje de geometrías encontradas en la naturaleza. Bajo el principio de la arquitectura biológica que indica que las formas geométricas ortogonales son menos eficientes, para ejemplo el análisis comparativo de aprovechamiento del área entre cuatro figuras donde el círculo es la figura con mayor aprovechamiento del espacio (ver gráfico 96). Algunos conceptos claves son la teoría de fractales, sección áurea, secuencia Fibonacci, espiral logarítmica helicoide de la filotaxis en plantas, senoide y meandro, geometría euclidiana (ver gráfico 97).

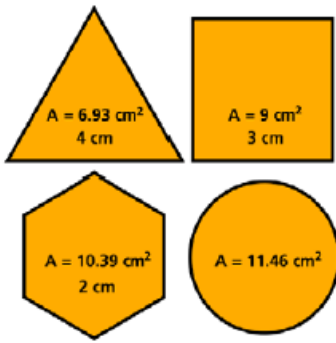


Gráfico 96 Comparativa de espacio aprovechado entre diferentes formas geométricas

Fuente: Santibáñez, Héctor (2007). Biodiseño, aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona, Barcelona, España

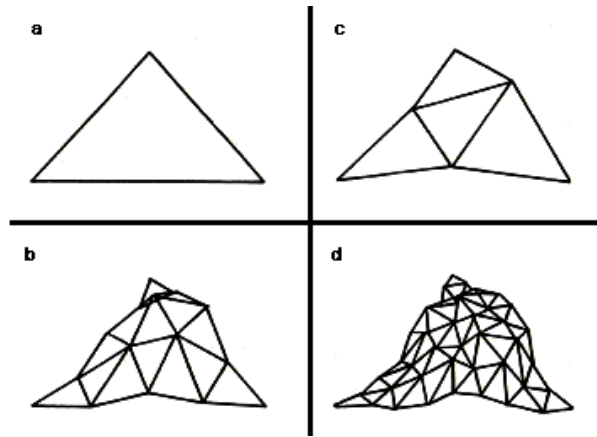


Gráfico 97 Ejemplo de realización de un fractal a partir de un triángulo

Fuente: <http://camurrieta.blogspot.mx/2015/10/fractal-que-se-refiere.html>

3 Implementar la enseñanza de herramientas de biodiseño a profesionales encargados de la formación profesional. Es muy importante la formación de formadores, esto es, que quienes tienen la responsabilidad de formar a las nuevas generaciones de arquitectos en este nuevo paradigma, conozcan y comprendan los conceptos y las herramientas que pueden facilitar la aplicación de esta metodología innovadora. Las herramientas recomendadas, por la investigación realizada son las siguientes:

- BioTRIZ
- BioMAPS
- Ecosystem for biomimetic design
- Abstracción de funciones
- Bitácora de observación de organismos vivos
- Mapas mentales.

4 Introducir talleres de biodiseño como asignatura integrada al plan de estudios de la licenciatura en Arquitectura. Las universidades, particularmente en

la carrera de arquitectura, ofertan asignaturas complementarias, siendo estas una oportunidad para introducir en el comienzo el biodiseño y el cambio de paradigma, aunque no es suficiente. Hay que integrar más asignaturas en los primeros semestres, y que en taller de proyectos o composición hagan ejercicios relacionados con los aprendizajes obtenidos en estas materias.

5 Incluir en el programa arquitectónico, los requerimientos de un ecosistema y de los organismos que en él habitan. La arquitectura, al igual que cualquier otra disciplina derivada del diseño, resuelve en la actualidad problemas de carácter biológico a través de objetos que son utilizados, primeramente por el ser humano pero también por cualquier organismo vivo. Es por esto que el arquitecto debe tener presente que ahora se diseña para la vida y todos los seres que la integran, sean vivos e inertes. Por esa razón se debe de incluir en el programa arquitectónico, requerimientos y necesidades del ecosistema donde se proponga resolver un problema espacial.

Ecosistema	Habitantes	Necesidades	Requerimientos
Bosque templado	Especies endémicas Especies introducidas	Alimentación Respiración Protección Descanso	Agua Luz Alimento Entre otros

Gráfico 98 Ejemplo de elementos que deberían integrarse al programa arquitectónico de la metodología predominante

Fuente: <http://camurrieta.blogspot.mx/2015/10/fractal-que-se-refiere.html>

6 Introducir debates críticos sobre la postura arquitectónica actual y los conceptos derivados de la naturaleza, a través de foros o debates. Jornadas también informativas como es el caso del Centro para la Cultura Arquitectónica y Urbana, A.C. en el AMG. Aquí se realizan ciclos de charlas, ponencias e incluso cine donde se invita a la reflexión a través de la divulgación de diferentes posturas sobre el hacer arquitectura y ciudad.



Gráfico 99. Izquierda. Cartel del ciclo primavera 2018 de conferencias en el CCAU. Derecha. Vista del salón de eventos donde se realizan las actividades.

Fuente: Nota: <http://www.ccau.org/>

<https://es-la.facebook.com/ccaugdl/photos/pcb.1811450788884638/1811449945551389/?type=3>

7 Fortalecer la enseñanza de modelado 3D y diseño paramétrico. Imaginar un proyecto con geometría derivada de la naturaleza es un primer paso, el segundo consiste en la materialización de esa idea. La materialización es un proceso que requiere el conocer herramientas digitales especializadas debido a la complejidad de estas formas. Para esto existe software especializado como lo son 3d Max, Rhinoceros, Grasshopper u otros programas como Sketch up y sus correspondientes plug ins. Esto también conocido como diseño paramétrico y soportado por la impresión digital además de la realidad aumentada (ver gráfico 100 y 101).



Gráfico 100 Impresión digital de una retícula modelada digitalmente

Fuente:

<https://arquitecturadevoltereta.wordpress.com/cnc/between-esgrafiado-and-grasshopper/>

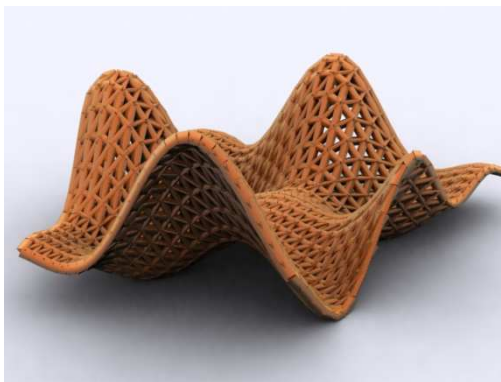


Gráfico 101 Modelo realizado en Rhinoceros y Grasshopper

Fuente:

<http://www.rhino3dmexico.com/productos/grasshopper.html>

8 Priorizar el análisis de habitáculos de animales antes que la realización de casos análogos o similares como referencia para diseñar un objeto arquitectónico. El estudio reveló que el 100% de los participantes en las diferentes fases recurren a un caso similar para proyectar, y aun más importante, comienzan a generar una idea sin conocer el contexto del objeto arquitectónico a diseñar. Se recomienda que el diseñador recurra primero al análisis de la naturaleza para conocer ejemplos reales de diseños animales o edificaciones vernáculas que responden adecuadamente a las condicionantes de un problema. Tal análisis debe ser de manera empírica mediante la observación y la reflexión.



Gráfico 102 Refugio realizado por estudiantes del SOAT

Fuente: <http://taliesin.edu/immersion-experience/>



Gráfico 103 Nidos de golondrinas, contruidos en el recoveco de una vivienda.

Fuente:

<https://www.recreoviral.com/animales/aquitectos-casas-que-construyen-animales/>

9 Devolver la materialización de una idea a través de maquetas físicas y otorgar al diseñador el contacto con la realidad social y ambiental del problema. Muy ligado al punto sobre el uso de herramientas digitales, este consiste en volver a insertar al estudiante y profesional a crear maquetas físicas más que virtuales. La realidad virtual aleja al diseñador del contacto con el origen de un problema, el uso moderado de la tecnología como herramienta debe ser incluido en la formación profesional. Reducir la arquitectura renderizada, de portadas de revistas con proyectos que venden una imagen más que una solución a un problema espacial específico. La realidad aumentada podría ser utilizada siempre que se acople a la

realidad y no sea un telón cegador en los ojos del diseñador que lo aíslen en un mundo irreal.



Gráfico 104. Uso de la aplicación Pair (antes llamado Visidraft), un ejemplo de realidad aumentada.

Fuente: Nota: <https://www.archdaily.mx/mx/879808/top-5-aplicaciones-de-realidad-virtual-y-realidad-aumentada-para-arquitectos>

10 Fortalecer la formación técnica con la enseñanza de criterios estructurales y principios de estructuras naturales, tales como las telarañas. La formulación de propuestas arquitectónicas con formas y espacios basados en la geometría sensible, denominada así por Aresta, exige un conocimiento mayor de estructuras complejas, guiadas por el dinamismo biológico de la naturaleza más que por la lógica humana. El reto es comenzar a concebir estructuras eficientes (ver gráficos 105 y 106).



Gráfico 105 Estructura de madera realizada por estudiantes del Vallaura Lab, del Iaac.

Fuente: <https://iaac.net/research-projects/self-sufficiency/vallaura-labs/>

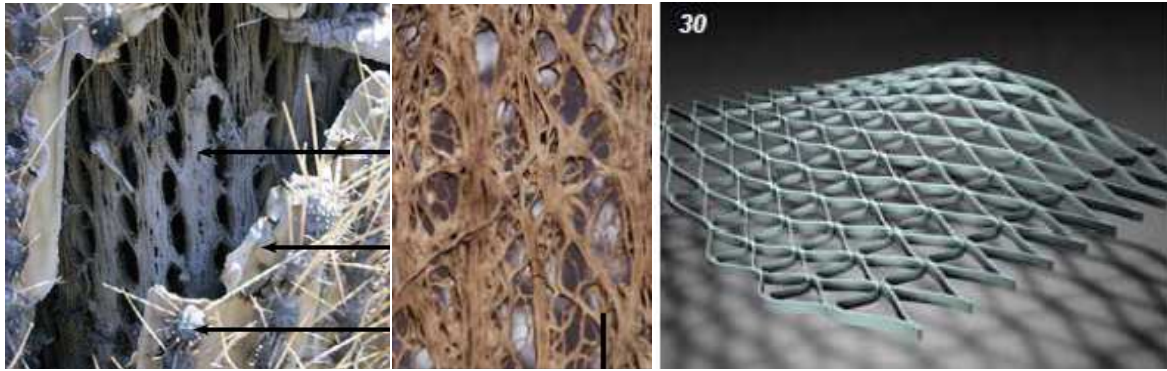


Gráfico 106 Estructura, producto de la abstracción del tejido del cactus.

Fuente: Rossi, L. (2009). Arquitectura y biomimesis Caso de estudio: análisis del tejido del cactus para modelos arquitectónicos inspirados en la naturaleza. (Tesis de Maestría) Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

11 Priorizar el uso de la analogía como estrategia de conceptualización. La conceptualización es una de las etapas del proceso de diseño más importante. Como mencionó el arquitecto Robles, Catedrático entrevistado de UNEDL, en esta etapa es donde surgen las soluciones pero también donde se comienzan a tomar decisiones importantes para un futuro objeto arquitectónico. La analogía, no tan solo de organismos vivos sino también de los espacios que estos habitan, sea ya diseñados o construidos por ellos o solamente modelados por la naturaleza. Desde nidos de aves hasta cuevas modeladas por el viento y el paso del tiempo. Analogías integrales a partir del entendimiento de cómo una forma es la morfogénesis del contexto en un espacio, adaptado y surgido del contexto.

12 Introducir el desarrollo de proyectos colaborativos con otras facultades para la transformación de un pensamiento disciplinar a uno multidisciplinar. Realizar vinculaciones entre arquitectos y especialistas de otras disciplinas.

10

RESPUESTAS Y CONCLUSIONES FINALES

10 Respuestas a preguntas de investigación y conclusiones

En este capítulo se presentan las descripciones breves de las respuestas a las preguntas e hipótesis de la investigación. Además de una revisión de los objetivos alcanzados según los resultados obtenidos y presentados en el desarrollo de este trabajo.

10.1 Respuestas breves de preguntas iniciales de investigación

a) ¿Cómo se podría integrar el estudio de principios biológicos en la metodología de diseño arquitectónico desde la formación de arquitectos para fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño?

Existen diversas maneras de integrar los principios biológicos a la metodología de diseño arquitectónico. La primera es a través de la aplicación de herramientas de diseño emanadas de teorías, tal es el caso del biodiseño y la biomimesis, que integran conceptos derivados de la naturaleza,

La segunda es a través de la analogía de ecosistemas, organismos y los diseños de estos, tales como habitáculos. Como método de conceptualización, esta siempre ha sido utilizada en el diseño arquitectónico pero los resultados obtenidos han sido más a nivel formal que en un nivel más profundo como en el orden ecosistémico.

La tercera es a través de la inclusión de los principios biológicos como parte de la teoría de la arquitectura, ya que como se descubrió en la investigación los semestres más avanzados de la licenciatura en Arquitectura y los profesionales tienen una menor habilidad para diseñar un objeto arquitectónico que responda a las necesidades de un ecosistema. Esto ya que a niveles superiores el conocimiento sobre teoría de la arquitectura tradicional se fortalece y genera una ideología predominante sobre cómo debe ser un objeto arquitectónico contemporáneo.

b) ¿Cuáles son las herramientas de diseño arquitectónico que se utilizan para aplicar principios biológicos en la arquitectura?

Existe una variedad de herramientas de diseño que ayudan o están diseñadas para integrar, abstraer y analizar conceptos derivados de la naturaleza. Sin embargo son de mayor interés aquellas que ayudan a un objeto arquitectónico en los siguientes aspectos: funcional, técnico-constructivo y espacial. La forma no es mencionada ya que como se observa en la naturaleza, la forma es resultado de una respuesta adecuada al contexto.

Estas herramientas, según se comprobó empíricamente en la investigación son: Abstracción de funciones, Bitácora de observación de organismos vivos y Mapas mentales para la abstracción de funciones y aplicación de principios biológicos.

Sin embargo existen otras que deben ser investigadas en su aplicación al diseño arquitectónico, como son:

- . BioTRIZ
- . BioMAPS
- . Ecosystem for Biomimetic Design

c) ¿Cuáles son las variables del uso de herramientas de diseño arquitectónico que aplican principios biológicos en la formación de los arquitectos?

Las variables involucradas en el uso de herramientas de diseño que ayuden a integrar principios biológicos en la vivienda, se clasificaron según los resultados de la investigación en:

Académicas: Aquellas relacionadas con el entorno educativo que involucra el proceso de enseñanza- aprendizaje en la formación de un arquitecto. Se identificaron principalmente los siguientes aspectos:

a) Programa educativo

- b) Teoría de la arquitectura
- c) Metodología predominante de diseño arquitectónico

Personales: Variables que involucran específicamente al diseñador. Se identificaron las siguientes:

- a) Experiencia laboral
- b) Capacidades físicas y cognitivas
- c) Experiencias personales de carácter familiar
- d) Lugar de crianza

Contextuales: Son todos aquellos elementos que constituyen el espacio físico donde se desarrolla un proceso de diseño, integrado por:

- a) Medios y herramientas a las que recurre el diseñador
- b) Ubicación del proyecto
- c) Espacio de trabajo
- d) Tiempo
- e) Imaginario de Arquetipos estéticos

d) ¿Cómo integrar principios biológicos a la metodología predominante de diseño arquitectónico considerando las variables y herramientas metodológicas, para poder contribuir a fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño ?

Los principios biológicos pueden ser integrados a través de la metodología de diseño arquitectónico, sin embargo para esto debe primero existir un entorno con las condiciones favorables para que el diseñador pueda desarrollar una filosofía de arquitectura biológica y evolucione a partir del paradigma predominante de arquitectura contemporánea, un rumbo establecido hacia la sustentabilidad. Para esto se proponen ciertas estrategias didácticas que ayuden a realizar un proceso de diseño que culmine en un objeto arquitectónico que responda a las necesidades y contribuya en la regeneración de los ecosistemas.

Las estrategias didácticas son las siguientes:

- 1 Actividades Medioambientales en la formación de arquitecto.
- 2 Sustituir el uso del cuadrado como primera figura presentada a los estudiantes a través del aprendizaje de geometrías encontradas en la naturaleza
- 3 Implementar la enseñanza de herramientas de biodiseño a profesionales encargados de la formación profesional.
- 4 Introducir talleres de biodiseño como asignatura integrada al plan de estudios de la Lic. en Arquitectura.
- 5 Incluir en el programa arquitectónico, los requerimientos de un ecosistema y de los organismos que en el habitan.
- 6 Introducir debates críticos sobre la postura arquitectónica actual y los conceptos derivados de la naturaleza.
- 7 Fortalecer la enseñanza de modelado 3D y diseño paramétrico.
- 8 Priorizar análisis de habitáculos de animales antes que la realización de casos análogos o similares como referencia para diseñar un proyecto arquitectónico.
- 9 Devolver la materialización de un concepto a través de maquetas físicas y devolver el contacto con la realidad al diseñador.
- 10 Fortalecer la formación técnica con la enseñanza de criterios estructurales y principios de estructuras naturales, tales como las telarañas.
- 11 Priorizar el uso de la analogía como estrategia de conceptualización.

12 Colaboración disciplinar; introducir el desarrollo de proyectos colaborativos con otras facultades para la transformación de un pensamiento disciplinar a uno multidisciplinar.

10.2 Comprobaciones breves de hipótesis iniciales de esta investigación

a) La relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño se puede fortalecer si se integran estrategias didácticas en la metodología de diseño arquitectónico, que incluyan el estudio de principios biológicos en la formación de arquitectos.

Esta hipótesis es válida ya que como se mostró en la investigación, cuanto mayor es la capacidad del diseñador para utilizar herramientas que apliquen conceptos derivados de la naturaleza, el objeto arquitectónico producido contará con mayores cualidades biológicas. Esto significa por ejemplo ser tan eficientes como los habitáculos construidos por los animales o como las formas naturales de la planta. La sustentabilidad de la vivienda puede mejorar aún más si se integran los principios biológicos desde la etapa de diseño.

b) Mediante herramientas de diseño arquitectónico derivadas del biodiseño se podrían aplicar principios biológicos a la arquitectura.

Esta hipótesis es válida ya que las herramientas como medio objetivo para producir un objeto arquitectónico son un camino para introducir nuevos conceptos así como abstraer otros de la naturaleza, como se evidenció en los ejercicios realizados.

c) Existen variables que determinan la aplicación de principios biológicos mediante herramientas de diseño arquitectónico en la formación de los arquitectos.

Como mencionan varios pensadores del diseño, en un amplio concepto que involucra diversas disciplinas como diseño gráfico, diseño industrial y diseño

arquitectónico, todo objeto diseñado es determinado por su contexto, lo mismo ocurre en un proceso de diseño de viviendas. Existen variables que influyen en el proceso de diseño, lo cual determinará en qué proporción el diseñador podrá aplicar adecuadamente una herramienta de diseño para generar un proyecto con principios biológicos. Las variables identificadas en el proceso de diseño son las siguientes:

CULTURAL	TÉCNICA	GEOMÉTRICA	ESPACIAL	AMBIENTAL	DISCIPLINAR
Costumbres edificatorias predominantes como el sistema de concreto armado	El arquitecto conoce y desliga la disciplina de la biología	Falta de conocimiento técnico para resolver formas orgánicas	El acceso a materiales que permitan formas naturales	Características del clima	El conocimiento previo o noción de cómo funcionan, trabajan y se forma una estructura biológica u organismo, (partes en que se componen).
Poca información pública sobre las ventajas y desventajas de los materiales no industriales	Falta de información técnica sobre ventajas de materiales naturales	Criterio estructural para formas orgánicas no convencionales	Espacios orgánicos podrían resolver las necesidades humanas, por su eficiencia.	Mínima reflexión sobre las condicionantes biológicas de un proyecto (biodiversidad, relaciones y límites de los ecosistemas, entre otros).	Falta de relación de un objeto arquitectónico con las soluciones que genera a problemas eco sistémicos.
					Falta de Interdisciplinaridad
					Falta de capacitación en conocimientos extras a la formación de arquitecto

d) Realizar recomendaciones para considerar las variables y herramientas metodológicas en la metodología predominante de diseño arquitectónico ayudaría

a integrar los principios biológicos para fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño.

Esta hipótesis es válida, ya que en el estudio realizado se hizo uso de herramientas en conjunción de la metodología así como de la teoría predominante de diseño arquitectónico, de manera colaborativa con significativos casos de éxito. Estos casos exitosos demuestran que es posible la integración y para potencializar esta unión, es necesario considerar también variables a fin de realizar un proceso exitoso. Sin duda los principios biológicos van a la par de las técnicas, herramientas y metodologías. Las recomendaciones son producto del estudio realizado y en una posterior investigación podría realizarse un estudio con otras universidades y con un método mejorado.

10.3 Verificaciones breves de Objetivos iniciales de esta investigación

a) Aplicar estrategias didácticas en la metodología de diseño arquitectónico, que incluyan el estudio de principios biológicos en la formación de los arquitectos, con el fin de fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño.

Se partió de la hipótesis del biodiseño y la arquitectura biológica, así como del Biomimicry Institute que toda la naturaleza es naturalmente sustentable y debemos aprender de ella para que la humanidad pueda llegar a serlo. Es así como se realizó el estudio con principios derivados de la naturaleza, y aplicados a la metodología de diseño predominante, con algunos casos de éxito. Y esto permitió identificar métodos, herramientas, conceptos y principios biológicos que aportan a la sustentabilidad.

Estos son:

Método: Biodiseño, Biomimesis

Herramientas: Bitácora de análisis de un organismo vivo, abstracción de funciones. Conceptos como diseño animal, biodiseño, arquitectura biológica, principios biológicos.

b) Determinar las herramientas que aplican principios biológicos a la metodología de diseño arquitectónico.

Se realizó la consulta de diversas herramientas y se propusieron las aplicadas en la investigación.

c) Identificar las variables que determinan el uso de principios biológicos a través de herramientas de diseño arquitectónico en la formación de los arquitectos.

Resultado de las encuestas, posteriores a los ejercicios, se pudiera determinar las variables, mismas que son apoyadas por investigaciones previas de otros autores sobre metodología de diseño.

d) Realizar recomendaciones didácticas de integración de los principios biológicos a la metodología predominante de diseño arquitectónico que incluyan las variables y herramientas, para poder fortalecer la relación entre arquitectura, naturaleza y biodiseño.

El capítulo final muestra los criterios metodológicos con los que se concluyó la investigación. Ver las recomendaciones en la página 159.

8 Conclusión final del Trabajo de Obtención de Grado

El desarrollo del TOG fue un camino de sorpresas y aventuras, crecimiento y aprendizaje, descubrimiento, pero también de tristezas ante eventos inesperados. Sin embargo la motivación fue constante ya que el tema del TOG era de interés y contaba con el apoyo de mi tutora así como de mis seres queridos. Sin embargo al comienzo, la investigación fue poco recibida en la maestría dado el perfil tecnológico de la mayoría de las investigaciones. Pese a esto descubrí y recordé que en la vida cada ser humano tiene una misión y así como estos, cada TOG tiene un objetivo. Existen quienes evalúan a otros; TOG's destinados a crear nuevas tecnologías; investigaciones enfocadas a realizar nuevas leyes o manuales, por mencionar algunos ejemplos. Pero también hay quienes dedican su vida a pensar y cuestionar lo que se ha hecho y preguntarse cómo y por qué lo han hecho para buscar el camino correcto de hacer las cosas. Es este último caso el lugar del presente TOG, cuya misión es más que proporcionar métodos o herramientas, es una invitación a la reflexión y al debate sobre el concepto de sustentabilidad en arquitectura, y cómo se está abordando desde el diseño para llegar a ella.

El estudio presentado en este trabajo tuvo la principal dificultad de contar con poca información documentada sobre el proceso y etapas de diseño en arquitectura. Esta es un área de investigación poco explorada. La arquitectura no es tan sólo la obra edificada, ya que toda edificación es producto de la mente humana, y como tal debería la academia y el gremio estar más interesados por descubrir los secretos que se esconden detrás de la creatividad y la mente humana.

Durante el desarrollo del estudio con los estudiantes, observé diversos perfiles humanos e indagué en la mente de cada uno y también en la mía. Descubrí que me encontraba conflictuado ante el hecho de estar cuestionando la formación profesional que también era parte de mí. Además de un sentido de soledad, al proponer una visión biológica de la que pocos saben, varios cuestionan y muchos

otros demeritan. Sin embargo la respuesta de los estudiantes me dio la pauta para continuar y recordar que el ser humano es una especie en constante aprendizaje. El mundo intangible de la arquitectura es uno de los más interesantes, ya que a diferencia de la técnica que es instruida, la creatividad, la sensibilidad, y otros aspectos de la mente sólo se adquieren mediante la reflexión y el constante cambio, sin existir instrucción alguna hasta el momento. La formación profesional se ha demeritado a un simple adiestramiento técnico a respuestas científicas mediante procesos complejos que tratan de explicar la arquitectura, sin existir una reflexión crítica del habitar del ser humano en el planeta. ¿Cómo regresar a la reflexión crítica, por ejemplo del movimiento moderno o el metabolismo japonés?

Otro reto fue diseñar los ejercicios de la investigación en un tiempo determinado, esto por los tiempos establecidos de cada universidad donde se realizó la investigación. Sin embargo el resultado fue un trabajo con diversos semestres en un proceso consecutivo donde surgieron diversas ideas de las diferentes fases. Otra importante dificultad fue la falta de material bibliográfico sobre el estudio de diseños animales, o su interpretación a un espacio habitable. Estos temas no aparecen frecuentemente en las bibliotecas de las universidades, por lo que se recurrió a fuentes de otros países.

A pesar de las dificultades, se aceptó el reto y se pudieron descubrir cosas muy importantes, simplemente con la observación pero también con el apoyo de otras disciplinas como la biología, la filosofía e incluso la psicología. Esta multidisciplinariedad es menos apreciada, lo que me recuerda el comentario de un alumno: maestro, eso de la biología ya lo vi en la preparatoria.

El estudio presentado en el presente TOG generó diversos temas de investigación para ser abordados, por ejemplo:

La influencia de las tecnologías de la información y la comunicación (TICS) en el proceso de diseño arquitectónico. ¿Cómo podrían implementarse conceptos derivados de la naturaleza a partir del uso de TIC's? ¿Cómo mejorar el programa educativo para permitir la incorporación de la sustentabilidad y métodos

emergentes de diseño? ¿Cómo potencializar el biodiseño en la formación arquitectónica?

Quedaron diversas propuestas para la investigación, por ejemplo, ¿Cuál sería el resultado del mismo estudio pero con arquitectos que ejercen profesionalmente o con los mismos docentes y coordinadores de la licenciatura? ¿Cuál sería el resultado si se analiza a partir de una perspectiva de género? La posibilidad de ampliar el estudio a otras universidades proporcionaría mayores resultados.

Quedó por resolver la cuestión de mostrar cuantitativamente los beneficios de la implementación de principios biológicos, así de cómo responderían profesionistas si realizan el mismo ejercicio de los estudiantes. Los resultados aunque satisfactorios, aun quedan varias incógnitas por resolver.

Bibliografía y Referencias

Aresta, M. A. (2014). Arquitectura Biológica. La vivienda como organismo vivo. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Benyus, J. M. (2002). Biomimicry : Innovation Inspired by Nature. Nueva York, EUA: William Morrow.

Braungart, M. & McDonough, W. (2005) Cradle to Cradle: Remaking the way we make things. Madrid, España: Mcgraw Hill.

Broadbent, G. (1971). Metodología del diseño arquitectónico. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Broadbent, G. (1982). Diseño arquitectónico: Arquitectura y ciencias humanas (2a edición.). México: Gustavo Gili.

Cantú, I. L. (2010). El Modelo para la Conceptualización del Diseño Arquitectónico (MCDA) presente en los mejores estudiantes de arquitectura y diseño industrial: Estudio longitudinal del 2004 al 2006. Nova scientia, 2(3), 121-150. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052010000100009&lng=es&tlng=es.

Carrasco, Gustavo (Noviembre 2004). Editorial del académico del Instituto de la Vivienda Sr. Gustavo Carrasco Pérez. Revista invi, 19 (52), 3-11. Recuperado de <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/rt/printerFriendly/341/870>

Centro Mario Molina (2012). Evaluación de la sustentabilidad de la vivienda en México. Recuperado de http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2012/09/14.-Evaluaci%C3%B3nSustetabilidadViviendaM%C3%A9xico_fin.pdf

CIATEC (2008). La Casa ecológica ¿cómo construirla? http://www.aguaybosque.org/pdf/CASA_ECOLOGICA.pdf recuperado el 31 de octubre del 2016

Chávez, S. (2015). Tesis: Propuesta y aplicación de un método de diseño inspirado en la naturaleza. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma de México. UNAM, México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/7629/3/Tesis.pdf>

Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI), (2008). Programa específico de desarrollo sustentable ante el cambio climático.

Comisión Nacional de Fomento a la vivienda (Conafovi), 2008. Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables.

Commoner, B. (1992). En paz con el planeta. Barcelona, España : Crítica, 1992, c1992.

Conafovi, (2006). Uso eficiente de la energía. <http://www.conavi.gob.mx>. Recuperado de <http://www.conavi.gob.mx/publicaciones>

Conafovi, (2012). Supported NAMA for Sustainable Housing in Mexico - Mitigation Actions and Financing Packages. Recuperado de <http://www.conavi.gob.mx/viviendasustentable>.

CONEVAL (2014). Anexo estadístico de pobreza en México. Recuperado de http://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE_pobreza_2014.aspx

Conavi, (2016). Código de Edificación de la vivienda
<http://www.conavi.gob.mx>. Recuperado de <http://www.conavi.gob.mx/publicaciones>

Coyula, M. (abril-junio, 2009). El derecho a la vivienda: una meta elusiva. *Temas*, 58, 21-31. Recuperado de http://www.temas.cult.cu/sites/default/files/articulos_academicos_en_pdf/Descargar%20art%C3%ADculo%20en_290.pdf

Coyula-Cowley, M. (2000). Housing in Cuba Recuperado de <http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/articles/coyulahousing.pdf>

Cochran, K. (2006). Construction and Demolition Debris Recycling: Methods, Markets, and Policy. (Tesis Doctoral). University Florida, Florida. Recuperado de http://etd.fcla.edu/UF/UFE0017547/cochran_k.pdf.

Cocom-Herrera, J. y González-Cetz, M. (2015). Diseño Biomimético: experiencia desde el Programa de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), México. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, Julio-Diciembre (18), 69-75.

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Cmic (2011) Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición de la cmic. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/190015/Plan_de_Manejo_de_Residuos_de_la_Construccion_y_la_Demolicion_de_la_CMIC.pdf.

CONTE IMBERT, David (2011): "El mundo de las ciudades oscuras, de Schuiten y Peeters: una topografía de la desubicacion" [en línea]. En: *Ángulo Recto. Revista de estudios sobre la ciudad como espacio plural*, vol. 3, num. 2, pp. 247-277. En: <http://www.ucm.es/info/angulo/volumen/Volumen03-2/varia08.htm>. ISSN: 1989-4015 http://dx.doi.org/10.5209/rev_ANRE.2011.v3.n2.37588

Cuervo, J. J.(2010). ¿Vivienda, casa, hogar? La construcción del concepto “hábitat doméstico”. *IconoFacto*, 6 (7), 70-88. Recuperado de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/iconofacto/article/view/1222>.

Égido, J. (2012). *Biodiseño: biología y diseño*. México: Designio.

Energy and Climate Partnership of America, (2012). “INFONAVIT-Achievements on the residential Green Mortgage Program”. Energy Efficiency Working Group Workshop, March 21-22, 2012- Web October 2012. Recuperado de http://www.ecpamericas.org/data/files/Initiatives/energy_efficiency_working_group/eewg_mexico_workshop/infonavit.pdf

Estévez, A. T., y Navarro, D. (2017). *Biomanufacturing the Future: Biodigital Architecture & Genetics*. *Procedia Manufacturing*, 12(International Conference on Sustainable and Intelligent Manufacturing, RESIM 2016, 14-17 December 2016, Leiria, Portugal), 7-16. doi:10.1016/j.promfg.2017.08.002

Errejón, C. (2012). *Construyendo ciudades sustentables: una propuesta de la industria de la vivienda en Jalisco*. Guadalajara, México: Milenio® Diario Jalisco.

Ernst, M. (2016). *Así es la biología*. [N.p.]: DEBATE

El simposio de Portsmouth : problemas de metodología del diseño arquitectónico. (1969). Argentina: Universitaria de Buenos Aires.

Eryildiz, S., & Mezini, L. (2012). *Bioarchitecture -- Inspirations From Nature*. *Gazi University Journal Of Science*, 25(1), 263-268.

Harle, R. (2011). *BIODESIGN #3: THE PANGOLIN'S GUIDE TO BIO-DIGITAL MOVEMENT IN ARCHITECTURE*. *Leonardo*, 44(1), 74-75.

Fundación para la implementación, diseño evaluación y análisis de políticas públicas, Fundación IDEA, A.C. (2013). ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA VIVIENDA SUSTENTABLE. Componente ambiental para la sustentabilidad. Recuperado de http://fundacionidea.org.mx/assets/files/F.IDEA_Estrategia%20vivienda%20sustentable%20_130311_FINAL.pdf

Garcia-Holguera M., Grant O., Sprecher A. y Gaskin S. (2016) Ecosystem biomimetics for resource use optimization in buildings. *Building Research & information*, 44(3), 263-278. <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2015.1052315>

Green, S. (2015). Revisiting generality in biology: systems biology and the quest for design principles. *Biology & Philosophy*, 30(5), 629-652. doi:10.1007/s10539-015-9496-9

García, B. (2008). *Ecodiseño : nueva herramienta para la sustentabilidad*. México: Designio, 2008, c2008.

Gebhard, D. y Zimmerman S. (1998) Romanza. *The california architecture of Frank Lloyd Wright*. Chronicle books. San Francisco, California.

Hernández, S. (2008). El diseño sustentable como herramienta para el desarrollo de la arquitectura y edificación en México. *Acta Universitaria*, 18 (002), 18-23.

Helms M. "Biologically inspired design: process and products". *Design Studies*. 2009, Vol. 30, Issue 5, p. 606-622

Huelsz L., Guadalupe (1 de septiembre 2013). "Hacia edificaciones más sustentables" *Revista Digital Universitaria*, Vol. 14, No.9, . Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.14/num9/art29/index.html>> ISSN: 1607-6079.

Jones, C. (1982). *Métodos de diseño* (3a ed.). Barcelona, España: Gustavo Gili.

Kim, J. J. y Rigdon, Brenda. (1998). Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design. National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan, EUA. Recuperado de <http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/architecture.html#sdes>

López, M. (2005). La formación medioambiental del arquitecto. Hacia un programa de docencia basado en la arquitectura y el medio ambiente (Tesis Doctoral). Escuela de Arquitectura de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/61119/01Mla01de10.pdf?sequence=1>.

López-Forniés, I., y Berges-Muro, L. (Diciembre, 2014). Aproximación al diseño biomimético. Aprendizaje y aplicación. *Dyna*, 81 (188) , 181-190. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/496/49632758024.pdf> DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n188.41671>

Lodato F. "BioDesign: The Nature of Design". MIT Media Lab. 2004. Disponible en internet: <http://www.media.mit.edu/events/di-2004-10-22/lodato2004-1022.pdf>

López-Forniés, I., y Berges-Muro, L. (Diciembre 2014). Diseño conceptual de productos. Un enfoque Biomimético para la mejora de funciones. *Dyna*, , Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260283919_DISENO_CONCEPTUAL_DE_PRODUCTOS_UN_ENFOQUE_BIOMIMETICO_PARA_LA_MEJORA_DE_FUNCIONES. DOI:10.6036/4313.

Lucero, J. R. (2007) La enseñanza del proceso de diseño arquitectónico. *Investigación y Diseño. Anuario de posgrado 04* México DF: UAM-X, CyAD; 2007 ISBN: 9703108961 recuperado de <https://publicaciones.xoc.uam.mx/Busqueda.php?Terminos=Lucero%20M%C3%A1rquez,%20Jes%C3%BAs%20Roberto&TipoMaterial=1&Indice=2>

López D. V. (2012). Sustentabilidad y desarrollo sustentable. Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa. México: Trillas

Martínez, P. A., (2013). El proyecto arquitectónico como un problema de investigación. Revista de Arquitectura, Enero-Diciembre, 54-61.

Myers, W. (2012). Bio Design: Nature, Science, Creativity. The museum of modern art (MOMA). New York, U.S: Thames & Hudson. Recuperado de <https://www.biology-design.com/>

National Geographic. (Productor) (2013) . Insectomania: 3 – Insectos arquitectos [DVD]. De <https://www.um.es/documents/378246/2964900/Normas+APA+Sexta+Edici%C3%B3n.pdf/27f8511d-95b6-4096-8d3e-f8492f61c6dc>.

Oktay, B. y Hoskara O. (2009). A Model for Measuring the Level of Sustainability of Historic Urban Quarters. European Planning Studies, 17 (5).

Oxman, N. (2011). “Material Ecology” . Mit.edu 11/2011. Recuperado de <http://spectrum.mit.edu/spring-2011/material-ecology/>

Observatorio Laboral (OLA) (2013). Panorama Anual del Observatorio Laboral Mexicano. Recuperado de http://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios_publicaciones/Ola_indice_panoramas.html

Patuel, P. (Julio-Diciembre, 2014). Towards a Sustainable Architecture. Arte y Política de Identidad: Arte y sostenibilidad, 10-11, 227-250. Recuperado de <http://revistas.um.es/api/article/view/219301/171751>

Pandey D., N. y Singh V., S. (2012). Sustainable Housing: Balancing environment with urban growth in India. Rajasthan State Pollution Control Board, 6.

Pandremenos, J., Vasiliadis, E., y Chryssolouris, G. (2012). Design Architectures in Biology. *Procedia CIRP*, 3(45th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2012), 448-452. doi:10.1016/j.procir.2012.07.077

Pina, Adrian (enero-Junio, 2013). Vivienda Social en la Zona Metropolitana de Guadalajara. *GEOCALLI*, 14 (27), 18-31. Recuperado de http://www.geografia.cucsh.udg.mx/sites/default/files/geocalli_14-27.pdf#page=1&zoom=110,-7,-35

Pinilla, R. (2005). Vivienda, casa, hogar: las contribuciones de la filosofía al problema del habitar. *Documentación social*, 138, 13-39. Recuperado de <http://cisav.mx/wp-content/uploads/2017/03/M4T1.-Pinilla-Ricardo-Vivienda-casa-hogar.pdf>

Pfannenstein, B., Anacleto E. y Sevilla S. (Julio de 2016). ¿La ciudad cerrada y exclusiva? El impacto y la expansión territorial de las urbanizaciones cerradas residenciales en el Área Metropolitana de Guadalajara (México). *Contested Cities*. Conferencia llevada a cabo en el Congreso Internacional Madrid 2016, Madrid, España. Recuperado de <http://contested-cities.net/working-papers/wp-content/uploads/sites/8/2016/07/WPCC-163505-PfrannensteinAnacletoSevilla-CiudadCerradaExclusiva.pdf>.

Pohl, G., & Nachtigall, W. (2015). *Biomimetics for Architecture & Design : Nature - Analogies - Technology*. Cham: Springer.

Rio declaration on environment and development. Recuperado de <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>

Riechman J. (2006). *Biomimesis Ensayos sobre imitación de la naturaleza, eco socialismo y autocontención*. Madrid, España: Catarata

Rocha, N. E., Rodríguez, J. A., Peña, E., y López, J. (Mayo-Agosto, 2012) Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 55, 56-61. Recuperado de <http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista55/Articulo%207.pdf>

Rugiero, A. M. (Mayo 2000). Aspectos teóricos de la vivienda. *Revistainvi*, 15 (40), 67-97. Recuperado de <http://www.revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/263/782>

Rossi, L. (2009). Arquitectura y biomimesis Caso de estudio: análisis del tejido del cactus para modelos arquitectónicos inspirados en la naturaleza. (Tesis de Maestría) Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

Santibáñez, H. (2007). Biodiseño, aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona, Barcelona, España

Sardá, O., Piqué, J., Omedes, A., Cabré, S., Piqué, J., & Omedes, A. (n.d). *Els altres arquitectes = Los otros arquitectos = The Other Architects*. Barcelona, España : Gustavo Gili, 2003, c2003

Secretaría de Gobernación (2014). Programa nacional de vivienda 2014-2018 Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014

SEMARNAT (2008). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/programas/Documents/PNPGIR.pdf>.

Senosiain, J. (2008). *Arquitectura orgánica de Senosian*. México: AM Editores.

Schulz, C. (1998). *Intenciones en arquitectura*. Barcelona, España : Gustavo Gili.

Scheler, M. (1955). *Le formalisme en éthique et l'éthique matériale des valeurs..*
Paris: Gallimard. 6 Edición

Senosiain, J. (2008). *Arquitectura orgánica de Senosian*. México: AM Editores.

Steadman, P. (1982). *Arquitectura y Naturaleza: Las Analogías Biológicas en el Diseño*. Madrid, España : Blume.

Sociedad Hipotecaria Federal (SHF)

Tavsan, C., Tavsan, F., y Sonmez, E. (2015). *Biomimicry in Architectural Design Education*. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 182(4th World Conference on Educational Technology Researches (WCETR-2014), 489-496. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.832

Tavsan, F., y Sonmez, E. (2015). *Biomimicry in Furniture Design*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197(7th World Conference on Educational Sciences), 2285-2292. doi:10.1016/j.sbspro.2015.07.255

Tetreault, D., V. (2008) *Escuelas de pensamiento ecológico en las Ciencias Sociales*. *Estudios Sociales*. 16 (32), 7-38. Recuperado de http://www.academia.edu/13721657/Escuelas_de_pensamiento_ecol%C3%B3gico_en_las_ciencias_sociales

Trebilcock, M. (2009). *Proceso de Diseño Integrado: nuevos paradigmas en arquitectura sustentable*. *Arquiteturarevista*, 5(2),Julio-Diciembre, 65-75. doi: 10.4013/arq.2009.52.01

Turati, A. (2003). *Proyecto Inicial. 2ª. Fase del proceso de creación y realización del objeto arquitectónico*, Serie material didáctico,1a ed. 2003, México, Facultad de Arquitectura-UNAM.

Topaz, M. (2016). Bioinspiration education at zoological institutions: an optimistic approach for innovation leading to biodiversity conservation. *International Zoo Yearbook*, 50(1), 112-124. doi:10.1111/izy.12123

Union Internacional de Arquitectos (1993) The Declaration of Interdependence for a Sustainable Future

UIA (2009) Copenhagen Declaration. Sustainable by design. Recuperado de https://arkitektforeningen.dk/system/files/private/uia_copenhagen_declaration_signed.pdf

UIA (2014) Sustainable by design

UNAM (2012). Construyen prototipo de vivienda sustentable. CONACYT, Agencia informativa. Recuperado de http://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/construyen_prototipo_de_vivienda_sustentable.pdf recuperado el 3 de Octubre del 2016

United Nations (1987). World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Brundtland Report, 1987. Recuperado de <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

United Nations (1988). Global Strategy for Shelter to the Year 2000. Recuperado de <http://www.un.org/documents/ga/res/43/a43r181.htm>

United Nations (1992). Agenda 21. Recuperado de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>

United Nations- Habitat, (2006) . The Habitat Agenda, Istanbul Declaration on Human Settlements. Recuperado de <http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/07/The-Habitat-Agenda-Istanbul-Declaration-on-Human-Settlements-2006.pdf>

United Nations (1996). Conferencia de las naciones unidas sobre los asentamientos humanos (Hábitat II). Recuperado de <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/CONF.165/14>

United Nations Environment Programme (2014). Situación de la edificación sustentable en América Latina. Recuperado de http://www.unep.org/sbci/documents/Situacion%20Edificacion%20Sostenible%20A_L_ESP.pdf

UNFCCC (2015). Convención Marco sobre el cambio climático. Aprobación del Acuerdo de París. Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

United Nations (2015). Transformar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo sustentable http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S

UN-HABITAT (2012). Sustainable Housing for Sustainable Cities, A policy framework for developing cities. Recuperado de <https://unhabitat.org/books/sustainable-housing-for-sustainable-cities-a-policy-framework-for-developing-cities/>

United Nations (2014). World Urbanization Prospects: the 2014 revision. Recuperado de <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>

UNFCCC (2015). Acuerdo de París. Recuperado de https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf

United Nations (np). Programa 21. Asuntos primordiales sobre el desarrollo sostenible. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agreed.htm#ii>

UNDP Colombia (2016). Hábitat y desarrollo humano. Cuadernos PNUD. UN Hábitat, Investigaciones sobre desarrollo humano 2016. Recuperado de [mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=2567&alt=1](http://www.mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=2567&alt=1)

Julian F.V. Vincent (2014) Biomimetics in architectural design, *Intelligent Buildings International*, 8:2, 138-149, DOI: 10.1080/17508975.2014.911716

Vincent J, Bogatyreva O, Bogatyrev N, et al. "Biomimetics – its practice and theory". *Interface Journal of Royal Society*. 2006, Vol. 3 no. 9 p. 471-482.- Vogel, S.

Vincent, J. V., Bogatyreva, O., Pahl, A., Bogatyrev, N., y Bowyer, A. (2005). Putting Biology into TRIZ: A Database of Biological Effects. *Creativity & Innovation Management*, 14(1), 66-72. doi:10.1111/j.1476-8691.2005.00326.x

Vincent J. (2001) Stealing Ideas from Nature. COURSES AND LECTURES-INTERNATIONAL CENTRE FOR MECHANICAL SCIENCES [serial online]. 2001:51. Available from: British Library Document Supply Centre Inside Serials & Conference Proceedings, Ipswich, MA.

Vargas, G. y Leo J. (2003) Calentamiento global de la tierra. Un ejercicio econométrico. (2003). *Momento Económico*, (125), 30-38.

Villagrán J. (1982). Teoría de la arquitectura. Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico, Numero extraordinario. 10982 México: INBA

Viñolas J. Diseño ecológico: hacia un diseño y una producción en armonía con la naturaleza. Ed Blume, 2005

Vilchis, L. d. C. (1998). Metodología del diseño: Fundamentos teóricos. México: Claves Latinoamericanas : UNAM, Escuela Nacional de Artes Plásticas.

Wright, F. L. (1970). An Organic Architecture: The Architecture of Democracy. Cambridge, EUA: Massachusetts Institute of Technology.

Wan Omar, W. F., KAA, R., & Abdullah, M. A. (2015). ANALYSIS OF STUDENTS DESIGN ACTIVITIES TOWARDS BIOMIMICRY CONCEPTUAL DESIGN. International Journal On Sustainable Tropical Design Research & Practice, 88-16.

Yurtkuran, S., Kırılı, G., y Taneli, Y. (2013). Learning from Nature: Biomimetic Design in Architectural Education. Procedia - Social And Behavioral Sciences, 89(2nd Cyprus International Conference on Educational Research (CY-ICER 2013), 633-639. doi:10.1016/j.sbspro.2013.08.907

Yedekci Arslan, G. (2014). BIOMIMETIC ARCHITECTURE A NEW INTERDISCIPLINARY APPROACH TO ARCHITECTURE. International Journal On Sustainable Tropical Design Research & Practice, 7(2), 29-35.

Sitios de Internet

biomimicry 3.8 (2012), [en línea] <http://biomimicry.net/>, usa, consultado el 2 de mayo de 2017

<http://www.arquitecturaorganica.com>

<https://asknature.org>

<http://www.biologybrowser.org/>

<http://ecolibrary.org/>

<http://www.biologynews.net/>

<http://www.biology-online.org/>

<http://www.inspire-institut.org>
<http://www.c2ccertified.org/about> cradle to cradle
http://www.conavi.gob.mx:8080/reports/inv_viv_vig/inv_x_tipviv.aspx costo y tipología de la vivienda en salarios mínimos
<https://biomimeticdesign.wordpress.com/2013/03/07/bio-inspiring-books-n-4-libros-bio-inspiradores-n-4/>

<https://datos.jalisco.gob.mx/dataset/datos-sociodemograficos-por-colonia>

<http://www.unioportunidades.com.mx/universidad/carrera/71/Arquitectura>
<http://www.snie.sep.gob.mx/SNIESC/>
http://www.sep.gob.mx/wb/sep1/directorio_de_escuelas
<http://portal.lamar.edu.mx/oficial/node/150>
<http://www.uteg.edu.mx/?fw-portfolio=arquitectura>
<http://www.uag.mx/Universidad/PlanEstudios/Arquitectura>
<http://esarq.org/>
<https://www.iteso.mx/>
<http://unedl.edu.mx/portal/>
<http://www.ucg.edu.mx/oferta3.php?ido=43>
<https://universidad-une.com/>
<http://guiadecarreras.udg.mx/licenciatura-en-arquitectura/>
<http://www.univa.mx/sedes/guadalajara/oferta-academica/licenciatura/ciencias-exactas-e-ingenierias/ingeniero-arquitecto>
<https://www.universidaduvm.mx/licenciatura-en-arquitectura#seccion-4>
<http://www.unitec.mx/>
http://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/2009_ResumenEjecutivo.pdf

ANEXOS

**REPORTE DE CAMPO CONDICIONANTES DE LA BIOLOGÍA EN LA METODOLOGÍA
PREDOMINANTE DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO MEDIANTE UN ESTUDIO APLICADO A
ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA**

Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento:

Desarrollo de tecnología apropiada

Modalidad del TOG:

Proyecto de investigación aplicada

RESUMEN

El presente reporte deriva de la investigación dentro del debate actual sobre la aplicación de la biología en el diseño arquitectónico para generar propuestas en base a un proceso de diseño integrado como nuevo paradigma de sustentabilidad en arquitectura, llamada arquitectura biológica. Se presentan los resultados obtenidos del análisis del estudio aplicado; realizado en 3 fases con estudiantes de la licenciatura de arquitectura de la Universidad Enrique Díaz de León (UNEDL). El objetivo fue determinar el comportamiento de las variables que condicionan la aplicación de la biología en el proceso de diseño arquitectónico. Como resultado se determinaran las consideraciones para que el estudiante y arquitecto modifiquen el proceso de diseño arquitectónico en base a principios biológicos, que permitan aplicar correctamente herramientas de biomimesis y generar objetos arquitectónicos en función de los requerimientos biológicos de un lugar determinado. El estudio es una investigación empírica, cualitativa, cuantitativa y explicativa dado que se realizó como parte de un taller optativo y la materia de proyectos arquitectónicos. Como instrumento, a la metodología de diseño arquitectónico tradicional se le incluyeron herramientas de biomimesis y diagramas para el entendimiento de un ecosistema. Se desarrolló una encuesta en función de las observaciones y resultados obtenidos con estudiantes.

Palabras clave: Sustentabilidad, Arquitectura biológica, diseño arquitectónico, principios biológicos, biomimesis

INDICE

	1 INTRODUCCIÓN
4	1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA
5	1.2 ESTADO DEL ARTE
5	1.3 HIPOTESIS
	2 METODOLOGIA
6	2.1 TIPO DE ESTUDIO
7	2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA
8	2.3 ETAPA 3
	2.4 INSTRUMENTO
	3 RESULTADOS
10	3.1 ETAPA 3
	3.2 RESULTADOS DE LA ENCUESTA
14	4 ANÁLISIS
	4.1 CONDICIONANTES
16	5 DISCUSIÓN Y RESULTADOS
17	6 REFERENCIAS

1 INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La investigación aborda la problemática del diseño de vivienda sustentable desde un enfoque biológico como parte del nuevo paradigma en arquitectura sustentable, arquitectura biológica (Aresta,2014;Trebilcock,2019; Eryildiz, S., & Mezini, L.2012.) . La búsqueda de un proceso de diseño arquitectónico desde un enfoque biológico involucra la unión de arquitectura y biología (Vincent,201), esta relación ha sido abordada mediante la aparición de herramientas metodológicas alternas al proceso de diseño arquitectónico tradicional. El planteamiento de la biomimesis, con autores pioneros como Janine Benyus(1997), Pedersen Zari (); además de la teoría organicista en arquitectura establecida por Frank Lloyd Wright y en México el principal representante, Javier Senusian. Incluir biología en el proceso de diseño tradicional para contar con un único método de diseño arquitectónico integrado establece varios caminos. Uno es el conocer las condicionantes y variables de la aplicación de la biología al momento de diseñar. Esta búsqueda es presentada en el presente reporte.

1.2 ESTADO DEL ARTE (lo que se ha hecho)

Diversos investigadores se han interesado por la búsqueda de un método de diseño que conjugue la relación biología y arquitectura. Vincent (2014) menciona que el carácter tecnológico (cuantitativo) de la arquitectura le dificulta la aplicación de principios biológicos, que resultan descriptivos, no lineales y sorprendidos e inesperados. Diferencias que han limitado a los diseñadores a aplicar funciones abstraídas de la naturaleza en términos formales, estructurales y funcionales para resolver problemas específicos de la arquitectura, mediante la biomimesis como herramienta agregada al proceso de

diseño tradicional. En el Instituto de Tecnología de Masachusetts, MIT por sus siglas en ingles, Oxman, Neri (2011) se encuentra desarrollando nuevos materiales inspirados y basados en organismos vivos. En la Universidad Politecnica de Cataluña, Rossi, Ludovica (2009) realizo una investigación para aplicar estructura del cactus a la arquitectura. Martínez (2013) conjuga diversas disciplinas en un diseño integrado como paradigma metodológico no lineal, emulando el organicismo de los ecosistemas. También García e.t al(2015) propone un método similar, aunque más allá de la abstracción de funciones biológicas, ayuda a crear diagramas ecológicos que permitan al diseñador proponer soluciones regenerativas para mantener la salud de los ecosistemas.

Las propuestas metodológicas, diseño integrado y diseño biomimético, han sido investigadas de manera empírica con estudiantes de arquitectura. En china, Wan, W., R., & Abdullah (2015) y en Turquía, la Universidad Técnica de Karadeniz. El investigador Yurtkuran, Kırılı, & Taneli (2013) han aplicado el proceso de diseño biomimético en estudiantes de arquitectura de primer grado a través de la resolución de un proyecto arquitectónico aplicando conceptos de los antropodos. Tavsan, C., Tavsan, F., & Sonmez, E. (2015) investigaron el método de biomimesis en alumnos de igual manera para resolver un problema habitacional en el mar ante un desastre natural, enfocándose a animales marinos.

Ignacio& Luis (2014); la experiencia de la universidad autónoma de Yucatan (Cocom& Gonzales, 2015) como parte de un taller de diseño biomimético presenta ambas metodologías independientes y contrarias. También la investigación de Cantu (2019) sobre metodología tradicional.

En todos los casos el interés es conocer sus alcances, dificultades y variables en casos de estudio empíricos para encontrar herramientas metodológicas.

1.3 HIPOTESIS (Que propongo para resolver)

Las investigaciones se ha centrado en establecer herramientas metodológicas de diseño biomimético. La presente investigación explora integrar algunas de estas herramientas en la metodología tradicional para conocer las condicionantes del uso de biología en el proceso usado por estudiantes y los profesionales en arquitectura. Dichas condicionantes permitirán establecer estrategias que ayuden a incluir la biología para posterior desarrollo de una metodología de diseño integrado en arquitectura.

2 METODOLOGÍA

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio cuantitativo, cualitativo y explicativo, desarrollado con un enfoque hermenéutico de teoría fundamentada, desarrollado en 4 etapas.

. Etapa preliminar donde se realizó una revisión documental sobre arquitectura biológica y herramientas, así como investigaciones sobre el tema para la selección del proceso metodológico a seguir en el estudio.

. Etapa 1 con el objetivo de analizar e interpretar la herramienta de biomimesis de (Egido,2012) para generar conceptos arquitectónicos.

Etapa 2 con la intención de conocer las condicionantes de la biología en arquitectura en base al diseño centrado en los organismos vivos como usuarios.

Etapa 3 con el objetivo de identificar, analizar e interpretar las condicionantes en el proceso de diseño tradicional con herramientas biomiméticas incluidas.

Etapa4 en base a los resultados de las etapas previas y en investigaciones similares, se desarrolló un instrumento para conocer cuantitativamente y cualitativamente las condicionantes de la biología en el proceso de diseño arquitectónico y determinar relaciones conceptuales.

El presente reporte muestra los resultados correspondientes a la etapa y tres y la encuesta final, producto de la investigación empírica de las 3 etapas.

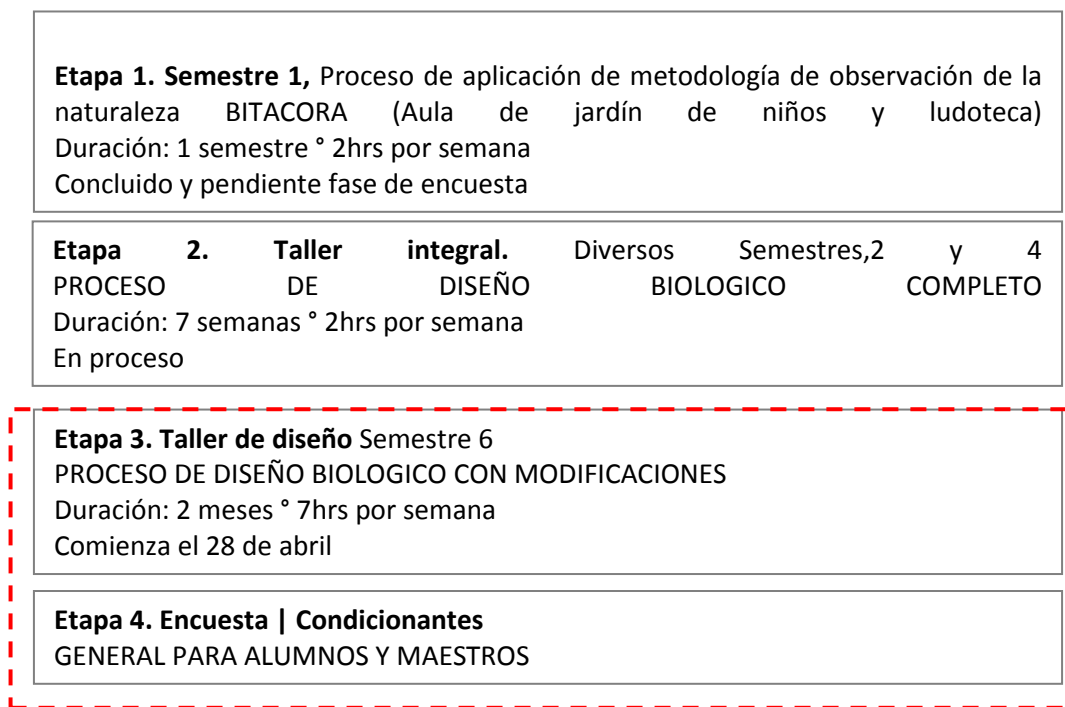


Fig. 1 Etapas del estudio aplicado a los alumnos de la licenciatura en arquitectura Fuente: Fotografía propia tomada el 26 de noviembre 2016.

2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estuvo conformada por estudiantes de arquitectura de la Universidad Enrique Díaz de León (UNEDL) y la Universidad de Especialidades (UNE). En ellos se observó la manera en que desarrollan un proceso de diseño con herramientas biomiméticas y principios biológicos, incluidos para la realización de un proyecto

arquitectónico. El propósito, determinar variables y condicionantes dentro del método tradicional. La muestra se conformó como lo indica la tabla 1.

Conformación de la muestra (N=54)

Tabla 1
Conformación de la muestra

	Semestre	Muestra	Herramienta
Etapa1	1°	13	Bitácora
Etapa2	2° y 3°	28	biodiseño
Etapa3	6°	13	Definición de funciones
Etapa 4	7° y 6°	29	Encuesta

Nota. Fuente: Elaborado por autor

2.3 Etapa 3

Los estudiantes fueron guiados a través de un ejercicio para resolver un problema de diseño arquitectónico aplicando e inspirados en la

Nota. Fuente: Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (2006) Guía para el uso eficiente de la energía. (p.15)

un jardín botánico en el Área Metropolitana de Guauajajara, como un concurso de biomimesis. El ejercicio involucro (1) conceptos relacionados a la biomimesis y la biología en arquitectura (2) identificar los componentes del ecosistema local del proyecto (3) Caracterización de las condiciones meteorológicas, geográficas y físicas del entorno del proyecto (4) identificar y obtener funciones de los organismos (5) extraer principios biológicos (estrategias) (6) aplicación al problema de diseño.

2.4 INSTRUMENTO

La recolección de los datos se realizó mediante un cuestionario diseñado en dos secciones, la primera con preguntas cerradas en una escala Likert. La segunda con preguntas abiertas. Las variables del instrumento son: uso de la biología(V1), uso de formas biológicas

(V2), Proyección de espacios biológicos(V3), proyección de estructuras biológicas(V4), la biología en el proceso de diseño arquitectónico(V5).

Tabla 2

Instrumento: Cuestionario aplicado a estudiantes

Del uso de la biología					
Sobre la biología en la arquitectura					
	1 Muy desacuerdo	2 Desacuerdo	3 Ni acuerdo ni desacuerdo	4 De acuerdo	5 Totalmente de acuerdo
La arquitectura debería ser capaz de preservar, regenerar y prolongar los ecosistemas y los procesos biológicos (por ej. anidación, reproducción, polinización, otros).					
Del uso de formas biológicas					
Son necesarios conocimientos avanzados de geometría					
Depende de la preferencia y antecedentes del diseñador					
Presentan dificultades técnico-constructivas					
Son exclusivas de un entorno rural					
Son más eficientes que las formas geométricas					
De la proyección de espacios biológicos					
Son más funcionales que un espacio regular					
Presentan mejores condiciones de confort térmico, lumínico, psicológico, etc.					
Permite diversidad de distribución					
De la proyección de estructuras biológicas					

Requieren conocimientos técnicos específicos					
Dependen de los materiales de la región					
Generan altos costos de construcción					
Mejoran la estética de un edificio					
Ayudan a generar espacios más funcionales					

La biología en el proceso de diseño arquitectónico					
Involucra un análisis biológico y ecológico del sitio					
Se condiciona en base a la experiencia y gusto del diseñador por la naturaleza					
Exige conocimientos previos de biología					
Ayuda a construir y preservar ecosistemas					
Ayuda a mejorar las condiciones espaciales					

¿Cuáles son las condicionantes del uso de la biología en la arquitectura?

¿Cómo permiten los espacios biológicos una integración de la arquitectura con el ecosistema inmediato?

¿Cuáles son tus referencias más usadas para generar un concepto para resolver un proyecto arquitectónico?

¿De qué manera las estructuras y materiales biológicos ayudan a generar espacios saludables?

¿Para qué es útil la integración de la biología en el proceso de diseño arquitectónico?

¿Qué piensas de aplicar la experiencia de biomimesis en la arquitectura?

3 RESULTADOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES Y MAPA MENTAL COMO HERRAMIENTA METODOLOGICA DE LA BIOMIMESIS

3.1.1 CONCEPTOS TEORICOS Y CARACTERIZACIÓN DEL ECOSISTEMA

El Primer paso consistió en proporcionar a los estudiantes conceptos teóricos sobre la biología; características de un organismo vivo. Definición de biomimesis y principios básicos obtenidos de la naturaleza, definidos por Benyus (1997), así como una presentación de Oxman (2011). Se presentaron casos empíricos aplicados a la arquitectura. Posteriormente se les solicito a los estudiantes identificar los componentes del ecosistema local del proyecto para realizar la caracterización e identificar (3) las condiciones meteorológicas, geográficas y físicas del entorno del proyecto.

3.1.2 ABSTRACCIÓN DE FUNCIONES

Cada alumno a partir de conocer el ecosistema donde se localiza el proyecto, realizo un mapa mental de 4 funciones principales que debería cumplir el proyecto, el cual se muestra en la fig. 2 A partir del mapa mental procedieron a (4) identificar y obtener funciones de los organismos, seleccionando 4 organismos que tienen el mejor desempeño de las funciones establecidas previamente.

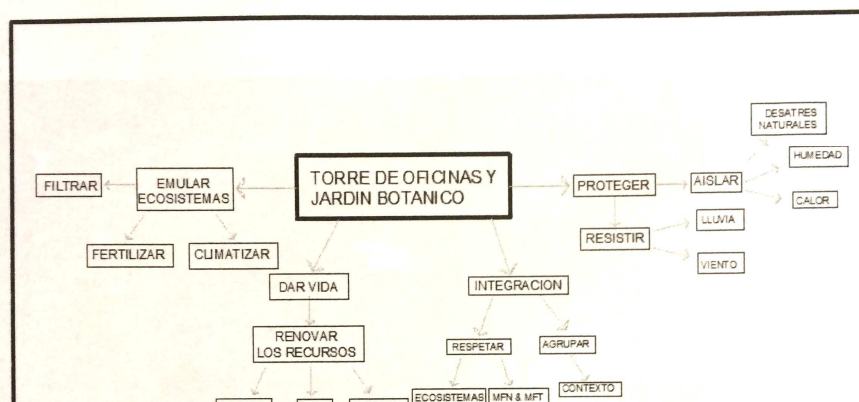


Fig. 2 Mapa mental de funciones

Fuente: Fotografía propia de ejercicio de un estudiante tomada el 10 de Julio del 2017.

3.1.3 ESTRATEGIAS Y APLICACIÓN AL PROBLEMA DE DISEÑO

Se les pidió a los estudiantes que a partir de los 4 organismos y las funciones obtenidas (ver fig. 3) procedieron a realizar una investigación mas a fondo de cada uno. Posteriormente generaron estrategias a partir de (5) extraer principios biológicos ya aplicados (6) al problema de diseño

TORRE DE OFICINAS Y JARDIN BOTANICO				
OBJETIVO	FUNCION CLAVE	REGUNTA BIOLOGIZANTE		REFERENCIA NATURAL
FORMULAR ECOSISTEMAS	CLIMATIZAR	PARA QUE?	PERMITIR FOTOSINTESIS	ABEJA, SUELO, HELECHO
		COMO?	REGULACION DE ILUMINACION Y TEMPERATURA	
	FERTILIZAR	PARA QUE?	MEJORAR LA CALIDAD DEL SUELO	LOMBRIZ, Bacterias autótrofas, CASCARON DE HUEVO, INSECTO.
		COMO?	INTRODUCIR RESIDUOS ORGANICOS EN EL SUELO	
	FILTRAR	PARA QUE?	PURIFICAR EL AIRE Y EL AGUA	ESPONJA MARINA, TRIDACNA.
		COMO?	TRATAMIENTO DE LIMPIEZA	
DAR VIDA	RENOVAR LOS RECURSOS	PARA QUE?	PARA REUTILIZARLOS	CORAL DURO Y BLANCO, PALOMA, ESCARABAJA PELOTERO,
		COMO?	PLANTAS DE TRATAMIENTO, PANELES SOLARES, RECICLAJE	
		DONDE?	BAÑOS, REGAR PLANTAS, MUEBLES	
INTEGRACION	RESPECTAR	QUE?	EL ENTORNO INMEDIATO	GORGONIAS
		PARA QUE?	NO AFECTAR EL ECOSISTEMA DEL LUGAR	
		COMO?	MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LOS SERES VIVOS DEL LUGAR	
	SER	QUE?	PARTE DE SU ENTORNO	ANEMONA,
		PARA QUE?	LOGRAR UNA FUSION CON EL LUGAR	
		COMO?		
PROTEGER	RESISTIR	QUE?	DE DESASTRES NATURALES Y FACTORES DE PELIGRO	CAPARAZON
		PARA QUE?	CUIDAR AL USUARIO	
		COMO?	CREAR ELEMENTOS RESISTENTES AL EXTERIOR	
	AISLAR	DE QUE?	AGUA, CONTAMINACION, CALOR	CACTUS,
		PARA QUE?	CONSERVAR UN CLIMA AGRADABLE	
		COMO?		

Fig. 3 Definición de funciones y organismos que las realizan

Fuente: Fotografía propia de ejercicio de un estudiante tomada el 10 de Julio del 2017.

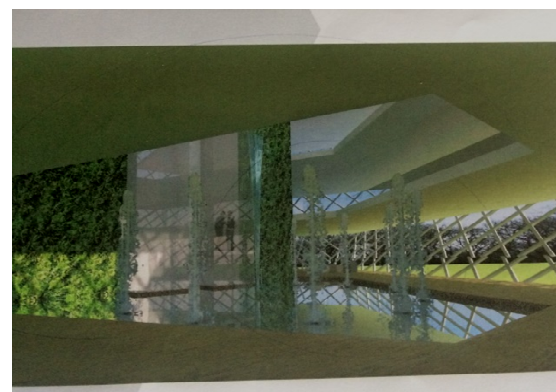
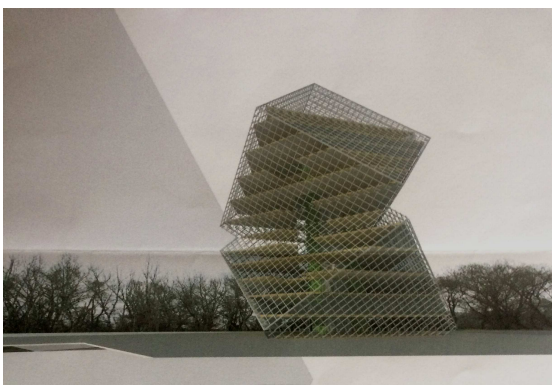


Fig. 4 Imagen Final del proyecto. Basado en un cactus

Fuente: Fotografía propia de ejercicio de un estudiante tomada el 10 de Julio del 2017.

Los ejercicios fueron evaluados mediante los criterios de la tabla 3 para determinar el nivel de biomimesis alcanzado por cada estudiante. Los resultados indican que 5 de 13 estudiantes alcanzaron un nivel normal o superior de biomimesis. Para conocer las condicionantes de la aplicación de estas herramientas se realizó una encuesta.

Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 Normal	4 Alto	5 Muy alto
Etapas		8	2	2	1

Marco	No valido		Valido		
Etapas					
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Equipos					

Los resultados de la encuesta se muestran en la tabla 5.

Tabla 4

Resultados de la encuesta

Sobre la biología en la arquitectura:

1 Muy desacuerdo	2 Desacuerdo	3 Ni de acuerdo ni desacuerdo	4 De acuerdo	5 Totalmente de acuerdo
------------------	--------------	-------------------------------	--------------	-------------------------

CONDICIONANTES DEL USO DE LA BIOLOGÍA	a	La arquitectura permite la permanencia de procesos biológicos de los organismos vivos (por ej. anidación, hibernación, reproducción, otros).	2	2	2	6	17

Las formas orgánicas usadas en la arquitectura:

	B	Son necesarios conocimientos avanzados de geometría	3	2	1	8	15
	C	Depende de la preferencia y antecedentes del diseñador	2	3	6	8	9
CONDICIONANTES DEL USO DE FORMAS BIOLÓGICAS	D	Presentan dificultades técnico-constructivas	2	3	6	5	12
	E	Son exclusivas de un entorno rural	14	8	3	2	1
	F	Son más eficientes que formas geométricas	9	6	10	1	2

Los espacios contenidos en formas orgánicas:

CONDICIONANTES Y PERCEPCIÓN DE LA PROYECCIÓN DE ESPACIOS	G	son más funcionales que un espacio regular	6	5	12	1	4
	H	Presentan mejores condiciones de confort térmico, lumínico,	2		14	4	9

BIOLÓGICOS		psicológico, ot.					
	I	Permite diversidad de distribución	1	2	6	9	10

Las estructuras orgánicas:

	J	Requieren conocimientos técnicos específicos	2	3	1	7	16
	K	Dependen de los materiales de la región	5	3	4	5	11
CONDICIONANTES Y PERCEPCIÓN DE LA PROYECCIÓN DE ESTRUCTURAS BIOLÓGICAS	L	Generan altos costos de construcción	5	4	13	3	3
	M	Mejoran la estética de un edificio	1	1	4	7	15
	N	Ayudan a generar espacios más funcionales	1	4	9	5	9

La integración de biología en el proceso de diseño

	Ñ	Involucra un análisis biológico y ecológico del sitio		1	2	6	19
	O	Se condiciona en base a la experiencia y gusto del diseñador por la naturaleza	1	2	4	9	12
LA BIOLOGÍA EN EL PROCESO DE DISEÑO	P	Exige conocimientos previos de biología	2	3	4	8	11

Q	Ayuda a construir y preservar hábitats naturales	1	2	1	11	13
R	Ayuda a mejorar las condiciones espaciales	1	1	5	11	10

Nota. Fuente: Elaborado por autor

4 ANÁLISIS

Un análisis de los resultados de la tabla 4 destaca lo siguiente:

1. Los estudiantes mayoritariamente indicaron que la arquitectura debería permitir la permanencia de los procesos biológicos de los organismos vivos.
2. El uso de formas biológicas está condicionado principalmente por que requieren conocimientos avanzados de geometría y trigonometría y presentan dificultades para ser construidas. Es importante destacar que están de acuerdo que la selección de estas formas dependen de los antecedentes del diseñador.
3. Destaca que la percepción de los espacios biológicos es neutral y tan solo solo convenientes para generar una distribución diversificada.
4. Las estructuras biológicas son percibidas económicamente accesibles, aunque requieren de un mayor conocimiento técnico y especialización disciplinar.
5. Destaca que el aplicar biología al proceso de diseño requiere mayor conocimiento de la disciplina, y un proceso interdisciplinar. Ayudaría a generar espacios y ecosistemas saludables.

Se concluyó de la sistematización de las preguntas abiertas,

Tabla 6
Condicionantes del uso de la biología en la arquitectura

CULTURAL	TECNICA	GEOMETRICO	ESPACIAL	AMBIENTAL	DISCIPLINAR
costumbres edificatorias	El arquitecto no conoce de biología	falta de conocimiento técnico para resolver formas orgánicas	El acceso a materiales que permitan formas naturales	características del clima	El conocimiento previo o noción de cómo funcionan, trabajan y se forma una estructura biológica u organismo, (partes en que se componen).
Cultura	Falta de información técnica sobre ventajas de materiales naturales	criterio estructural para formas orgánicas no convencionales	espacios orgánicos difícilmente resuelven las necesidades humanas		Falta de relación de un objeto arquitectónico con las soluciones que genera a problemas eco sistémicos.
					falta de Interdisciplinaridad

Nota. Fuente: Elaborado en base a encuesta aplicada

Tabla 6

Percepción de la utilidad de la biología en el diseño arquitectónico

FORMAL	TECNICO-CONSTRUCTIVO	ESPACIAL	BIENESTAR	COMUNICACIÓN
crear arquitectura amigable con el medio ambiente	utilizar materiales no contaminantes	correlacionar el espacio con los ecosistemas	ayuda a mejorar el confort térmico	comunicar y relacionar con la naturaleza
crear formas basadas en la biología	ahorrar materia prima	crear emociones y sensaciones	ahorrar materia prima	
nuevas formas			mejorar estilo de vida	

conceptos de proyecto		bienestar ético-profesional	oxígeno	
		percibir confort espacial	sombra	
		espacios saludables		

5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El estudio consistió en combinar dos herramientas metodológicas extraídas de la biomimesis, y aplicada en conjunto con el proceso de diseño arquitectónico predominante. Los estudiantes desarrollaron los ejercicios activamente y con una apertura para aprender nuevos métodos y conocimiento que les permitan mejorar en el diseño para resolver un problema arquitectónico. Los resultados permitieron conocer las habilidades que deben desarrollar los estudiantes para llevar a cabo tal proceso, además de las condicionantes que permitirán una introducción exitosa de estas herramientas biomiméticas y principios biológicos al diseño arquitectónico, para un proceso de diseño integrado interactivo entre arquitectura y naturaleza (.

Los resultados de los ejercicios correspondientes a cada etapa y los resultados de la encuesta produjeron las siguientes aproximaciones:

- La biomimesis es usada primordialmente para generar conceptos analógicos a nivel formal para solucionar un proyecto arquitectónico
- Se desconoce las funciones que realiza una forma, por lo que las funciones son consideradas sinónimo de actividades del usuario en el espacio; no como las actividades (funciones) del objeto arquitectónico.
- La falta de conocimientos geométricos o softwares especializados, como el diseño paramétrico, limita la exploración de formas no convencionales.

- La biología es considerada una disciplina externa no ligada a la arquitectura. Lo que lleva al arquitecto a solicitar el apoyo de un biólogo, principalmente en etapas ajenas al diseño arquitectónico.
- La especialización de estructuras biológicas son un campo de oportunidad para ingenieros y arquitectos
- El desarrollo de biología en arquitectura conlleva la creación de nuevas disciplinas como arquitectos ambientales como lo indica Trebilcock (2009).
- La herramienta de la etapa 1 resulta importante para combinarla con la obtención de funciones y poder realizar un proceso objetivo de la abstracción de un organismo vivo.
- Es necesario desarrollar una comprensión técnica de la arquitectura para poder realizar propuestas adecuadas a un contexto, específicamente a un ecosistema
- La educación en arquitectura juega un papel fundamental para poder comenzar a transformar el método de diseño arquitectónico hacia un método más integrado con otras disciplinas en el camino hacia la sustentabilidad
- La biomimesis deberá desarrollar incorporar análisis económicos y sociales de los resultados obtenidos, más allá de la innovación que se pueda obtener.

El siguiente paso de la investigación será determinar cuáles son los principios biológicos que deberían incorporarse al metodología predominante, considerando las condicionantes obtenidas. Finalmente se propondrán las recomendaciones metodológicas para poder incorporar un cambio hacia la sustentabilidad en la arquitectura, desde el ámbito profesional hasta el educativo.

Transcripción entrevista

Identificación:

JR: Arq. Jorge Eduardo Robles Prado (entrevistado)

JY: Jair Yoe Cueto (entrevistador)

- JY: ¿Cómo se relaciona la biología con la arquitectura?

- JR: Como vas a relacionar la arquitectura con la biología podemos relacionarla como lo han hecho los grandes arquitectos por ejemplo Frank Lloyd Wright nos enseña el vitalismo, naturalismo y organicismo que es una manera de interactuar con la naturaleza y nos enseña a organizar un espacio Le Corbusier nos habla del funcionalismo que es una célula y Frank Lloyd Wright nos habla que la unión de esas células al hacerlas funcionar es crear un organismo y también tiene mucha relación la función que el arquitecto da como un organismo vivo que es una teoría moderna de la arquitectura nos dice que los edificios no son máquinas como decía le Corbusier si no que son lugares que reciben a la naturaleza igual que lo hace lo hace una planta, la luz el aire y otra manera igual de relacionarlo es ponerlo en contexto si es un contexto natural se relaciona de una manera o si es un contexto de ciudad se relaciona de otra manera pero todo tiene que ver con la naturaleza, ósea no le decimos a la naturaleza que hacer es lo más sabio para un arquitecto fijarse en como los seres vivos se adaptan a un espacio , a un lugar entonces los arquitectos también debemos de saber de eso

- JY:¿En su opinión en la actualidad diseñamos o estamos reproduciendo soluciones arquitectónicas ya existentes realmente existe le diseño arquitectónico o estamos perdiendo esa parte?

-JR: Yo pienso que si existe de echo diseñan varios un decorador diseña, un diseñador industrial diseña pero un arquitecto diseña otras cosas diferentes la habitad del hombre que tiene que ver mucho con la naturaleza es lo que diseñamos los arquitectos esa interacción de la función con la misma naturaleza tiene que ver con la arquitectura directamente entonces siempre estamos proyectando vamos cambiando por que el contexto va cambiando pero en realidad siempre estamos diseñando

-JY: Dentro de su experiencia ¿cuáles considera que son las etapas de la metodología del diseño?

- JR: La base de todo arquitecto sin hablar directamente del diseño es la creatividad y el conocimiento y la imaginación ósea esos cimientos nos evocan a una función y la función nos evoca a un organismo entonces es esta la manera de relacionar la arquitectura con lo que nos rodea es lo que hemos llegado hasta ahorita ósea como ejemplo hace rato te mencionaba a Frank Lloyd Wright esa teoría de [Frank Lloyd Wright](#) por algún motivo se dejó de practicar vino le Corbusier y tapo eso pero realmente si nos acordamos de eso de lo que hizo [Frank Lloyd Wright](#) esta mas ligado a una arquitectura actual.

- JY: ¿Cuáles son las herramientas que utiliza para comprender ese contexto natural como la grafica solar?

- JR: Para conocer ese contexto esta ahorita una manera de hacerlo por medio de la conceptualización ósea no es solo el estudio del concepto si no el concepto es una parte y la conceptualización es darnos cuenta de la problemática general para hacer lo más asertivamente posible un proyecto ósea que tenga las características que deba tener no podemos darnos cuenta si no hacemos una conceptualización ahorita creo que es más importante hacer una conceptualización que un proyecto ejecutivo el proyecto ejecutivo no lo entienden las personas ajenas a la arquitectura y la conceptualización si que es esta manera en la que actualmente tiene mucha fuerza en los arquitectos de aquí en adelante.

- JY: ¿Cómo conceptualizar?

- JR: Se conceptualiza en el estudio del espacio por medio del funcionamiento que se hace un diagrama de funcionamiento o de vinculaciones se hace un estudio de flujos se hace un análisis espacial ose a cada espacio que diseñas tiene que tener un análisis antropológico y de función para comprobar que ese espacio es apto para lo que queremos atreves de esa conceptualización os lleva como propulsión a hacer las primeras propuestas arquitectónicas sin ser estas de manera concluyente ósea puede ser es perfectible la conceptualización es perfectible

puede estar cambiando pero es un acercamiento más próximo a una solución arquitectónica esa es la diferencia.

- JY: ¿Cómo pudiera un objeto arquitectónico estar integrado a su contexto ya sea natural económico social como lo podemos integrar?

- JR: La creación es una forma y esa forma es funcional y esa función pertenece a un organismo entonces el organismo se adapta al contexto automáticamente si es un organismo natural busca la manera de alimentarse, de captar el sol de tomar agua del subsuelo no sé pero ese organismo vive la arquitectura es igual a base de esa función y de ese organismo va creando espacios que sean vivos si cerramos la arquitectura que no tenga ventanas si la cerramos en un espacio completamente obscuro ahí es donde perderíamos el sentido de la integración al contexto porque sería una arquitectura ciega no ve ni tiene un propósito orgánico esa es entonces la arquitectura llamada arquitectura por fuerza tiene que pertenecer a un paisaje actualmente la arquitectura se ve a través de un paisaje los urbanistas, un proyecto urbano que no se integre al contexto a través de un paisaje pues no sirve igual los edificios arquitectónicos no se integran a un contexto pues no funcionan pues es natural ósea tiene que funcionar ósea por medio de estudios que se puedan hacer tiene que adaptarse a un contexto ósea esa conceptualización que te mencionaba es una manera de adaptarnos al contexto

- JY: ¿Considera que en la actualidad estamos totalmente integrados o que existe realmente alguna arquitectura integrada?

- JR: No porque no se está conceptualizando o sea al conceptualización realmente es un movimiento nuevo si hablamos de concepto estamos hablando de 1920 a la fecha ósea como concepto como pensamiento filosófico de la arquitectura actual que es el realismo humanista empírico ósea nace de 1920 a la fecha entonces de este tiempo a la fecha yo que tenga conocimiento pocos arquitectos conceptualizan piensan que no es importante el hacerlo el concepto y menos una conceptualización entonces esa es la diferencia entre que una arquitectura se integre a un contexto o no el uso de concepto y conceptualización nos lleva a una integración contextual y si no existe pues no existe

- JY: **A nivel académico ¿considera que se está comenzando a conceptualizar o no?**

- JR: No se hace correctamente ósea el concepto lo ven como una forma el concepto formal es parte de una conceptualización pero no es la conceptualización entonces a la hora de que ponen el planteamiento de que tienen que tener un concepto formal vamos a que el alumno ya tuvo que poner el ejemplo de una forma pero eso no es integrar una arquitectura al contexto para hacer eso de la integración al contexto se deben de tomar en cuenta todo el proceso que marca la conceptualización que son muchos puntos básicamente se divide en cuatro concepto formal , concepto funcional, contextual y el concepto técnico siguen existiendo efectivamente muchos otros conceptos puede ser el histórico, el social el natural, ecológico hay muchísimos conceptos pero el arquitecto nos basamos básicamente en esos cuatro si no conceptualizamos el concepto formal dejamos hay un hueco si no hacemos el funcional pues este la obra no va a funcionar nunca el contextual comprende lo urbano y el conocimiento de a quien le vamos a hacer la obra pues no tendría sentido hacer arquitectura ósea si dejas fuera a cualquier concepto de los que te dije de esos cuatro no tiene razón de hacer arquitectura no tiene fundamento (si si es cierto y hoy en día dejamos de lado muchas variantes muchos factores)

- JY: Dentro de la conceptualización existe un concepto biológico la biología.

- JR: Mira en esa conceptualización en esa parte que es el contexto esa integración al naturaleza cuando nos vamos a construir algo fuera de la ciudad donde no hay mas que pro bosque todo eso vamos a buscar la manera a de no alterar los sistemas por eso el naturalismo de [Frank Lloyd Wright](#) eso es lo que nos enseña que tenemos que respetar sin contaminar el subsuelo ni los ríos ni las montañas ni el bosque ósea que tenemos que buscar la manera de integrarnos a ese hábitat para que la arquitectura no se convierta en algo que va a dañar ese entorno entonces la manera de interactuar con la naturaleza es el respeto a la misma ósea sin destrozarla para yo irme a poner haya en el bosque eso e solo que deberíamos de hacer por eso te mencionaba que [Frank Lloyd Wright](#) es un ejemplo muy importante para os alumnos en el caso que aprendan es el

naturalismo y el vitalismo el respeto a la vida de todo ser vivo sean plantas animales eso también es una enseñanza de [Frank Lloyd Wright](#) que deberíamos de enseñarla como parte fundamental en una universidad

- JY: ¿Considera que en la universidad deberíamos de integrar una materia de biología?

- JR: Enfocada a la arquitectura si efectivamente toda función es una serpia la función es una célula así lo explica [Frank Lloyd Wright](#) o Le Corbusier y [Frank Lloyd Wright](#) va un poco más allá diciendo que el ir uniendo esas células forma un organismo entonces crea el organicismo como parte de ser que la naturaleza entre en nuestros proyectos y nuestros proyectos entren en la naturaleza sin afectarla esto es que en tu interior tengas un patio unos árboles este a al exterior tengas quizá un despacho un estudio sin afectar eso nos hace tener una comunicación directa con la naturaleza

- JY: ¿Existe un valor ambiental en la arquitectura pudiera regresarle algo a la naturaleza o significar algo o simplemente representaría desechos existe el valor ambiental?

- JR: Yo pienso que si ósea como seres naturales que somos buscamos donde habitar y al hacer eso lógicamente destrozamos parte de la naturaleza los animales lo hacen las plantas lo hacen un árbol nace a un lado de otro y lo va tumbando hasta que lo seca y queda esta nueva planta es un ciclo los animales igual se comen a las plantas por ejemplo un lobo pues hace cuevas y quizá destroce las raíces de varios árboles pero es la única manera de sobrevivir entonces el hombre hace lo mismo el hombre es la única manera de sobrevivir esa aportación a la naturaleza pues sería el respeto lo más que puede hacer el hombre si es inevitable pues se ve el daño que causaría una cosa con la otra si es más el daño que se hace si haces tú árbol pues hay que buscar otra solución para hacer menos daño entonces la tecnología viene a aliviarnos entonces ese problema ósea el desecho hay que tratarlo las aguas negras y todo eso para que no vayan a la naturaleza y contaminen su suelo y todo eso por otra parte el aspecto emocional del hombre requiere de un espacio donde se sienta cómodo no

es igual un animal que se adapta fácilmente al exterior el ser humano actual no se adapta a muchas cosas tiene que refugiarse del sol de muchas cosas un perro puede andar todo el día en la calle y no le pasa nada a su piel pero los hombres actuales nos quema la cara necesitamos bloqueador todo eso los bloqueadores vienen a contaminar el ambiente a la hora que nos bañamos usamos el jabón y empezamos a contaminar ósea es irremediable contaminar pero hay que hacerlo en una medida menor y tratar tecnológicamente que esos daños que estamos haciendo se mitiguen o se suavicen tratar de que sea fácil que se restablezca el medio ambiente eso es lo que perseguiríamos como arquitectos

- JY: ¿Cuál es la responsabilidad que tiene el arquitecto en la arquitectura frente a los actuales problemas sociales, económicos, ambientales?

-JR: No somos responsables como sociedad somos muy irresponsables por que el hombre ha revolucionado mucho tecnológicamente actualmente las computadoras y todo eso nos ubica en una evolución muy rápida pero mas sin embargo si vemos nuestros inicios y nuestro proceder en una ciudad somos como animales vemos como la gente sale y no le importa como tirar basura y contaminar las paredes las pintan las raya pues con grafiti sin importar que a ese señor le cueste mucho trabajo su fachada, y luego arrojamos cosas al subsuelo como químicos las fabricas arrojan a los ríos y luego van y buscan ríos en todo su cauce si las cuencas se contaminan porque alguien está vertiendo hay algo porque es nocivo para la salud pos esa cuenca pues va ir al rio del rio al mar y es una cadena de contaminación vemos por ejemplo que nuestras lagunas aquí en México pues son lagunas que completamente el agua no puede uno meterse a bañarse los peces ya no hay los poquitos que hay ya se están muriendo por la contaminación ósea el hombre no obedece ni responde cuando está en una comunidad a eso aunque hay ambientalistas que luchan por el bienestar común no es suficiente porque la conciencia de masas no tenemos educación en México para conservar el hábitat lo acabamos de ver con el incendio que hubo a gente que no le importa ni tiene respeto a la vida va y quema un bosque no solo los árboles son afectados si no todo el sistema el ecosistema los animalitos todos se mueren y eso viene a cambiar la temperatura en la ciudad viene a transformar eso

a hacer más calor vamos a usar más aire acondicionado y viene a trastornar todo y contaminamos toda vía mas no solo eso que paso sino todo lo que viene lo que falta por venir se ve seriamente alterado

- JY: ¿La arquitectura del futuro es una arquitectura teologizada para responder adecuadamente a los problemas ambientales o deberíamos de alejarnos del uso de la tecnología?

- JR: Yo pienso que la tecnología nos va a salvar por que la tecnología en el futuro nos va a evitar contaminar va a permitir limpiar el aire que este contaminado y restaurar todos los ecosistemas que se han perdido ósea por medio de la tecnología y es la única esperanza que tenemos los seres humanos que por medio de la tecnología porque de otra manera nadie va a denunciar a lo obtenido hasta ahorita las comodidades al manejo de masas toda es agente que es manejada por los lideres solamente ven su bienestar social y económico pero no ven la realidad social esa gente que está manipulando si comentó o no eso no les importa a ellos a ellos les importa que quizás sea más fácil que los políticos adopten técnicas para suavizar toda esta contaminación a que la gente deje de usar la tecnología que a volver a un sistema más primario es muy difícil no renunciaríamos a nuestras comodidades el orgullo si todo eso que cuando ves la política mundial te das cuenta que es uno contra el otro y a ver quién es más fuerte el hombre no cambia, hay que hacer tecnologías para suavizar todo no somos capaces de influenciar a los políticos a que hagan las cosas bien con parques con bosques interiores con cosas que deberíamos de hacerlo no somos capaces ni siquiera de influenciar a la autoridad o de ocupar esos puestos para nosotros hacer las cosas bien no hemos podido hacerlo porque el plan de desarrollo urbano te das cuenta que son buenos reglamentos pero no se cumplen por que el H.Ayuntamiento se vende y terminan haciendo mal las cosas las donaciones las vuelven a vender las calles las llenan de puestos ósea no se puede caminar por una calle no se digan las personas que no ven que no pueden ni caminar por las banquetas es una ciudad muy insegura al menos Guadalajara es una ciudad muy mal planeada

Transcripción entrevista

Identificación:

AP: Mto. Urb. Arq. Francisco Alejandro Peña Cabrera

JY: Jair Yoe Cueto

- JY: Buenas Tardes Arquitecto por permitirme este tiempo. ¿En tu experiencia como interpretas o que es para ti la sustentabilidad en la arquitectura?

- AP: No creo en la sustentabilidad.

- JY: ¿Por qué no cree en la sustentabilidad?

- AP: No creo en la sustentabilidad por que la sustentabilidad refiere como termino a que las cosas se regeneran por si solan, poder sostenerse por si solas, y la sustentabilidad no trabaja de esa manera. En la arquitectura se requieren de medios mecánicos o humanos para poder regenerar o restablecer lo que estas proponiendo. Creo que existen medios tecnológicos o eco tecnológicos aplicables a la arquitectura, si lo creo. Conocidas como ecotecnologías.

- JY: En sus experiencia, ¿Cuáles considera que son las etapas en un proceso de diseño arquitectónico?

- AP: Primero, La investigación o entrevista con el cliente, realizar un análisis de necesidades, detectar la problemática, de ahí hacer un análisis de funciones, para poder generar el concepto y aplicar la conceptualización.

- JY: Y... ¿Cuál es la importancia del concepto?

- AP: Generar la trascendencia d la arquitectura, la semiótica y obvivamente, en su momento realizar o tener visible, el objeto que quiere el cliente. Soy muy enredoso.

- JY: ¿Considera que la mayor parte de la arquitectura, hoy en día es conceptualizada?

- AP: No.

- JY: ¿Por qué piensa que no?

- AP: Porque están confundiendo la conceptualización con una idea principal y la conceptualización vas mas alla de una idea principal, ya que llega a tener valores, los valores de la arquitectura, la semiótica, pero sobretodo llega a solucionar problemas, para llegar a tener un observación de la solución ala problemática.

- JY: Siguiendo estas ideas, ¿la arquitectura, entonces, considera que responde correctamente a las necesidades sociales, económicas y ambientales de la actualidad?

- AP: A las necesidades económicas tal vez si. A las necesidades sociales y ecológicas no.

- JY: ¿ Por qué no responde la arquitectura?

- AP: ¿Por qué no responde? Por que no hay un análisis de la .. o no hay un muestreo de la sociedad en general y muchas de las veces el impacto que tiene la industria de la construcción al momento del diseño y construcción de la obra, obviamente no son los mismos. ¡Pero! Este... ecológicamente tampoco por que el impacto ecológico urbano, que tienen las construcciones, pues muchas de las veces resultan ser mas devastador. En el tema ecológico que amigable con el medio ambiente, sobre todo por los tipos de sistemas que se utilizan, o las zonas que son invadidas.

- JY: Y.. Específicamente en vivienda ¿ Considera que la... existe la vivienda sustentables hoy en día? ¿Pudiera llegar a existir?

- AP: Pudiera llegar a existir, pero hoy en día no existen.

- JY: ¿Cuales son los factores, porque no existe?

- AP: Por que al momento de hablar de vivienda sustentable, estas hablando de sistemas constructivos amigables con el medio ambiente. Y la vivienda hoy en dia

ha sido automatizada a ser generada con concreto y el concreto no es para nada sustentable. Puede ser amigable pero no sustentable.

- JY: En su opinion, ¿Cómo podría llegar a ser sustentable o que se requeriría?

- AP: Yo considero, que a lo mejor...

- JY: aquí en el área metropolitana

- AP: Aplicar sistemas ecológicos o sistemas de eficiencia ecológica mas bien, donde por ejemplo el sistema de eficiencia energética, en cuestión de por ejemplo del poliestireno en la construcción, los blocks elaborados con extractos de coco, de la fibra de coco. Cambiar el sistema constructivo operativo con que se tiene el día de hoy para poder llegar a ser amigables, sustentables, creo que, desde mi punto de vista, estamos muy lejos todavía.

- JY: Ah..eh.. Hipoteca verde, NAMA, las estrategias de infonavit por ejemplo, ¿Han ayudado en cierta medida en la sustentabilidad de la vivienda?

- AP: La verdad no. Por que las hipotecas verdes las consideran desde el impermeabilizante, que es mas contaminante, por ejemplo el impermeabilizante en rollo que esta elaborado o de carpeta que esta elaborado a base de petróleo o de fibras asfálticas. O sea realmente las hipotecas verdes de infonavit cuando surgieron eran únicamente para trabajar el tema de eficiencia energética, no tenían nada que ver con el tema de la sustentabilidad, en el termino congruente, en el termino real. Y únicamente fue un tema que se elaboro para bajar los subsidios de gobierno federal, del ramo 33.

- JY: Fue este.. coordinador de la licenciatura de ingeniero arquitecto de UNE y lleva varios años como docente en diversas universidades. ¿ Considera que existe en los planes académicos donde ha participado, ha colaborado eh.. la inserción de la enseñanza de la sustentabilidad.

- AP: No

- JY: ¿ En ninguna?

- AP: En ninguna

- JY: ¿Cual considera que es la razón? ¿El programa educativo, los maestros, la coordinación?

- AP: Yo creo es el lucro a la enseñanza únicamente, por que para hablar de sustentabilidad, primero deberíamos hablar sobre los temas de orientaciones, en cuestión a orientaciones, graficas solares, uso del suelo y hoy en dia únicamente se les enseña a programas, a realizar arquitectura masiva o ha copiar prácticamente las estrategias o los modelos de solución económica, social, urbana, ecológica de otros modelos de participación de otras ciudades y otros tipos de arquitectos pero no se les enseña a los alumnos ha razonar sobre el trabajo que se tiene que hacer y la línea donde debemos trabajar mano a mano con medio ambiente, desarrollo urbano, problemas sociales y problemas económicos.y creo que son los planes de estudio los que no ayudan fomentar ese tipo de circunstancias. Están rebasados.

- JY: Ahorita mencionada el análisis del contexto natural,. Eh.. ¿Cuáles son las herramientas que se deben utilizar para ese análisis?

- AP: Pues mas que nada son graficas solares, planes parciales de desarrollo urbano, eh.. toda la información de las cartas de INEGI, investigar en el instituto de meteorología de la Universidad de Guadalajara, como esta afectándose al cambio climático el día de hoy, como estamos operando a nivel del cambio climático de la zona, conocer muy bien las zonas geográficas, como trabajan, sobre todo la radiación solar. Por que otros de los temas que no se han considerado y poco se consideran es la precipitación pluvial y es uno de los temas donde mas problemas hay al momento de que generamos o tapamos vasos reguladores, por ejemplo y no observamos que pudiera llegar a haber inundaciones o son zonas de riesgo para poder convertirlas zonas habitacionales. Mas sin embargo pues también las normatividades o el desconocimiento a las normatividades aplicables a la construcción y el desarrollo de las ciudades.

- JY: ¿cual seria, desde su perspectiva, una arquitectura realmente integrada a su entorno? ¿Como seria o cual seria?

- AP: Seria aquella que no solo de la solución parcial en el predio o el terreno, sino que motive a los cambios en un momento dado o que sea un eje de transformación de una zona, que realmente tengan una congruencia con la imagen urbana del lugar, que los materiales de construcción con que esta elaborando sean materiales que existen dentro de la zona, que sean sistemas constructivos amigables,, que sea, que este analizado el impacto que va tener la construcción, con el medio socioeconomico, con el medio ambiente de l lugar, pero sobretodo, ver la aportación directa,del sistema constructivo para la solución de la problemática al momento de la construcción y que sean de fácil operatividad.

- JY: ¿ En su experiencia como profesional o academica, ha escuchado el termino biomimesis?

- AP: Si

- JY: ¿Y lo ha visto alguna vez aplicado en arquitectura o considera que debería aplicarse?

- AP: Creo que es un tema demasiado antiguo que tiene apenas 5-7 años que lo estamos abordando pero es un tema que ya venia viéndose desde hace mucho tiempo y la aplicación es aun demasiado débil, no la he visto aun al 100%. Mas que en caricatura o películas.

- JY: ¿Por qué caricaturas o películas?

- AP: Por que ha habido soluciones mas como escenografía nada mas, y realmente en la actualidad no he visto algo realmente acerca realmente sobre ese tema. ¿ usted si?

- JY: De manera física en mexico, podría mencionarse la obra de Javier senosian, por ejemplo.

- AP: Eh.. en los proyectos en los que ha participado ha colaborado alguna vez con profesionales ajenos a la arquitectura? Por ejemplo mas conectado al medio ambiente, biólogo, ingenieros ambientales.

- JY: Si

- AP: ¿Cuál ha sido la aportación?

- JY: han aportado una visión multidisciplinaria, la empatía del medio ambiente con el trabajo del arquitecto, pues prácticamente cambia completamente en el sentido que la visión del impacto social y económico, sobre todo cultural ante el medio ambiente es prácticamente a como lo concebimos nosotros. Y si, aplicado prácticamente a lo que es la barranca de huentitan, antes que se declarara area natural protegida, cuando se quiso hacer la presa de arcediano y ahí es donde pudimos observar el trabajo multidisciplinario de diversas disciplinas. Donde entraron químicos, entraron biólogos, pues obviamente se tuvo que frenar el proyecto dado que el impacto ecológico que iba a tener en ese momento era demasiado vulnerable para la ciudad.

- JY: Por ejemplo a nivel académico, ¿existe ese acercamiento multidisciplinar?

- AP: No, hasta el momento no ha existido. Salvo en la licenciatura en urbanismo y medio ambiente, que si se da ese acercamiento pues es una carrera que ha permitido la universidad de Guadalajara, el desplazarse a diversos centros, para poder tomar ciertas materias, y no las dan los arquitectos al cien por ciento, las dan otros profesores, por ejemplo en el area de la administración publica pues si la dan en el centro universitario de ciencias administrativas, y al centro universitario de biológica para poder tomar estudios de impacto ambiental, análisis de aguas residuales y todos ese tipo de cuestiones. Entonces si es una carrera mas disparada al tema de manera multidisciplinar pero en arquitectura no lo he visto al 100%.

- JY: Desde este punto de vista, ¿el arquitecto se esta quedando obsoleto?

- AP: Obsoleto no, creo que esta siendo un poquito revasado por la realidad nada mas. Pero considero que si tenemos la oportunidad y estamos en el mejor momento de poder cambiar la mentalidad de que el arquitecto, por lo general debe trabajar solo. Y debemos empezar a enseñar a las nuevas generaciones a trabajar en equipos multidisciplinarios para que pueden realizar proyectos que abonen realmente a una aportación ecológica y arquitectónica prácticamente tangible.

- JY: y por ultimo, en cuanto a la tecnología, ¿ De que manera influye la tecnología a la hora de proyectar, sea una vivienda o cualquier otro edificio?

- AP: De que manera influye, yo creo que abona demasiado, nada mas siempre y cuando tengamos al 100% la conciencia de que la tecnología únicamente dibuja y la proyección es parte de un incentivo personal que debemos tener cada quien. No debemos dejar que la tecnología diseñe, es unicamente, son herramientas que tenemos para trabajar ciertos aspectos y presentaciones de proyectos muy específicos.

- JY: Muchas gracias arquitecto por su tiempo.

Transcripción de entrevista

Identificación

JC: Arq. José Alberto Cano Nuño (entrevistado)

JY: Jair Yoe Cueto (entrevistador)

- JY: Buenas Tardes Arquitecto, muchas gracias por su tiempo. Eh. ¿ En tu experiencia como interpretas o que es para ti la sustentabilidad en la arquitectura?

- JC: Bien, mira. La sustentabilidad es un tema muy actual en el que los profesionales estamos muy inmersos, es un tema en el que deben estar alineados tres elementos. Uno que es lo ambiental, lo económico y lo social. Esos tres elementos deben estar, eh interactuando de forma eh eh relacionada para poder tener un equilibrio en lo que es la sustentabilidad

- JY: Y eh, estas como coordinador ahorita de la universidad, eh ¿Dentro del plan académico consideras que existe una enseñanza medio ambiental? Por que bueno, me, busque dentro del programa académico y encontré que existen solamente ecología sustentable y progra. Una materia optativa de ecotecnologías dentro del programa de la universidad. ¿ Como consideras que están aboradando dentro de la universidad, dentro del programa académico el tema de la sustentabilidad?

- JC: Bien efectivamente dentro de nuestro programa académico, trae materias muy enfocadas a la cuestión sustentable como en primer semestre la asignatura de ecología sustentable ma sin embargo eh, toda la licenciatura el tema sustentable es transversal. El docente y los alumnos deben tomar conciencia que la arquitectura debes estar o esta impactando en un entorno ambiental, esta inserta en el entorno ambiental y debe considerar otros aspectos como es el económico, los costos y como es el social. Es decir el alumno y el estudiante deben tener una visión social de lo que es la arquitectura, de lo que es el urbanismo. Por lo tanto nuestra licenciatura abona a lo que es la sustentabilidad en esos tres elementos importantes. Pareciera que el alumno cree que el tema

sustentable solamente , eh, es lo verde, el pasto, la vegetación, pero el tema sustentable hoy en día como una concepción más amplia requiere estos tres elementos. No, lo medio ambiental, lo social y lo económico.

- JY: Tomas un punto importante ¿Cual es la percepción o la aplicación del alumno entorno a la sustentabilidad? ¿Como percibes en la universidad, con tus propios alumnos, el desarrollar un proyecto sustentable por parte de los de los alumnos?

- JC: ¿Consideras que tiene las herramientas para desarrollarlos, se les esta proporcionando o tienen el interés, o cual es tu percepción?

- JC: Eh. Bien el alumno llega a la licenciatura y tienen dudas, no tienen una claridad de lo que es el termino sustentable. En tanto si, durante su proceso se le debe estar orientando sobre los componentes de la sustentabilidad, en particular en la materia que imparto que es normas del diseño urbano pues el alumno toma conciencia que la edificación, que el proyecto arquitectónico forman parte de un contexto. Un contexto urbano, un contexto social, un contexto económico y debemos de pensar que esta arquitectura debe estar inserta y debe de respetar todos estos elementos, como parte integradora, de lo contrario el proyecto arquitectónico no se sustenta o no se inserta correctamente en un hábitat y esto puede generar un desequilibrio o un proyecto que venga ya de origen con problemas estructurales, con problemas técnicos, con problemas sociales, y generar un problema para la comunidad.

- JY: Entorno a la, específicamente a la vivienda, ¿ Consideras que la sustentabilidad. la vivienda en Guadalajara, en el Área metropolitana, es tendiente a ser sustentable o cual tu opion?

- JC: Pienso que no. Es decir, hay varios indicadores que nos muestran que la vivienda que actualmente se esta construyendo no responde a estos interesesn que la sustentabilidad. Pero respondiendo mas a temas economicos. Y los temas económicos están generando un problema de desarticulación de las viviendas, es decir viviendas alejadas, viviendas que son insostenibles por los altos costos de

traslado de los ciudadanos a su hábitat. Por falta de espacios educativos. Por lo tanto desde mi punto de vista se está edificando. Se están construyendo ciudades que no son sustentables. Debemos de ver a un modelo más integrador, un modelo más compacto donde los propios habitantes puedan integrarse en entornos eh, donde no requieran el uso del automóvil o en menor medida el uso del automóvil, pero que si estos respondan a mejores condiciones en un entorno más compacto

- JY: ¿ Como consideras que podríamos atacar esta problemática de la vivienda? Desde la, es decir desde los constructores, a nivel gubernamental? Eh, ¿ A nivel académico? Como podríamos

- JC: Eh. Bueno, yo creo que la forma de atender esta problemática deberíamos hacerlo a través de la planeación estratégica, que son nuevos instrumentos que vienen eh a insertarse en el ámbito arquitectónico y urbano que buscan identificar todos los actores que participan en un proceso, en este caso en la construcción de la vivienda y buscar o alinear los intereses a un beneficio común, un beneficio amplio y no solamente el beneficio económico de los promotores inmobiliarios. Creo que a través de estos instrumentos de planeación podemos buscar mecanismos donde los habitantes tengan un beneficio y el gobierno pueda gestionar y coordinar estas acciones de inversión y el promotor pueda encontrar buenas opciones de inversión en la ciudad, con una eh, con una muy buena gestión, eh, y una eh solidez legal para lo que pueda realizar.

- JY: Específicamente entrando un poco a la dimensión ambiental de la sustentabilidad, ¿ Consideras que es importante introducir la biología en la enseñanza, en el hacer arquitectónico de la academia?

- JC: Bien, en este término de biología, lo veo pues muy amplio. El arquitecto y la formación del arquitecto no se si afortunadamente si desafortunadamente, el arquitecto es un individuo que se adentra en muchos temas, en temas del patrimonio, en temas urbanos, en temas legales, en temas artísticos, en temas eh. Estructurales, etc. Y creo que si el arquitecto se adentra en estos temas de la

biología como tal sería una carga muy amplia de conocimiento el cual sería muy difícil aplicarlo, yo le apuesto más a que el arquitecto sea un individuo que tenga la capacidad de involucrarse y de gestionar con profesionales de sus áreas, nuevas formas de trabajo colaborativo. En este caso creo que el arquitecto debe vincularse con biólogos, debe de vincularse con topógrafos, debe de vincularse con cualquier profesionalista donde se requiere para poder insertar un proyecto que responda a estas necesidades.

- JY: ¿Como consideras que debería ser esta integración?, a nivel ambiental, a través de ecotecnologías, a través de la .. la tecnología es un medio o existe otro camino.

- JC: Bueno eh. Efectivamente creo que hoy en día las tecnologías que se están desarrollando en temas urbanos y en temas de la vivienda son muy importantes. Eh. El estudiante debe de conocer las nuevas formas de hábitat para poder involucrarlas en su en los nuevos proyectos arquitectónicos. Las ecotecnias y pues otros sistemas, están dando la pauta y están haciendo repensar lo que es arquitectura y creo se abren muy buenas, oportunidades hoy en día para desarrollar un vivienda más sustentable.

- JY: Un poco regresando al tema académico, ¿cómo consideras que ha influenciado o cual es el impacto de la tecnología en la enseñanza de la arquitectura? Me refiero, algunos alumnos creen que con mostrar una imagen, un render ya vendieron el proyecto o ya realmente cumplieron con el deber social por ejemplo. En tu experiencia ¿Cuál ha sido, que has observado en cuanto al impacto de la tecnología en la enseñanza?

- JC: Si efectivamente, el alumno se limita a colocar un detalle, hacer mención de un sistema, pero no tiene el interés por explorar más allá el funcionamiento, cual es el impacto y creo yo que es un área de oportunidad para las universidades donde el alumno tiene que cuestionar y tiene que repensar como están funcionando estos nuevos sistemas y tecnologías. Eh porque el simple hecho de colocarlo, hacer referencia, no ayuda no abona a lo que es, eh el a lo que tienden

estos nuevos sistemas a profundidad. Creo que sí, el arquitecto hoy en día debe de ser un investigador, debe de cuestionar y debe de buscar como ese elemento que está ayudando se puede perfeccionar y como se debe adaptar a un contexto inmediato, si un contexto urbano, un contexto rural, etc. No solamente es el elemento inserto en el proyecto arquitectónico, si no una reflexión más profunda del beneficio, del costo beneficio que este, que esta tecnología implica.

- JY: Dentro de las, ¿has escuchado de la biomimesis?

- JC: sí, sí sí. Biomimetismo.

- JY: Se habla de que el objeto arquitectónico un edificio, podría llegar a ser un organismo vivo. ¿Que opinas sobre esta idea o esta tendencia?

- JC: Pues efectivamente creo que hoy en día la respuestas a muchos de nuestros problemas urbanos y de nuestros problemas de la vivienda, de la edificación, de los sistemas constructivos, estamos tratando de entrar, de encontrar la solución a través de la naturaleza, inspirado en la naturaleza, en su funcionamiento y creo que se están dando casos muy interesantes de cómo una vivienda puede disminuir su consumo energético a través de inspirados en el funcionamiento de una hoja. Eh. Como se pueden aprovechar los vientos a través de la inspiración de los pájaros, su vuelo es decir. Creo que es un área muy interesante donde el arquitecto y el estudiante de arquitectura debe estar buscando esa analogía y como la naturaleza ha dado solución a sus problemas y la arquitectura debería de hacer lo mismo. No. Hay algunos ejemplos más sin embargo creo que se pueden ir desarrollando y analizando otros más.

- JY: Has trabajado.. bueno te has desarrollado más en el ambiente urbano.

- JC: Urbano sí así es

- JY: ¿has trabajado con biólogos?

- JC: Eh no

- JY: O algún tema ambiental, o sea has recurrido a otras profesiones a otras disciplinas ante algún tema ambiental que te hayas enfrentado.

- JC: No eh. Básicamente el arquitecto a tratado de observar el funcionamiento de la naturaleza para poder interpretarlo. Pero si es un area donde este el arquitecto debe involucrarse pero si es un area donde el arquitecto debe involucrarse. Lo que si el arquitecto debe ser muy respetuoso de su entorno natural y esto pues deberá llevar a custionamientos y de análisis para poder incidir en un proyecto arquitectónico de una mejor manera. Buscando el menor impacto posible al entorno natural.

- JY: Considera una herramienta para poder integrar la arquitectura al entorno ha sido la analogía por ejemplo ¿ Considera que debería en la universidad por ejemplo, o en la enseñanza deberíamos promover esta herramienta o conjugarla con otra herramienta?

- JC: Si. Los alumnos en su formación llevan materias que tienden al análisis del contexto y estos análisis son las primeras etapas del proyecto arquitectónico y urbano, que buscan comprender un poco como esta funcionando el tema ambiental, entre ellos viento, asoleamiento, macizos arbolados, concentración de vegetación, si hay alguna fauna en la zona y entonces el alumno hoy en día tiene que cuestionarse primero sobre el entorno urbano, el entorno rural. Para asi empezar a dar propuestas contemplando el contexto natural, a través de una metodología de análisis.

- JY: Bueno, pues muchas gracias por tu tiempo, arquitecto.

- JC: Si, si. Del mimetismo este tengo una materia que se llama análisis, visiones urbanas. Y en esa materia, eh. Tratamos de dar respuesta a muchos fenómenos urbanos. Entonces utilizamos la fenomenología, utilizamos la teoría del caos, los fractales, el biomimetismo para tratar de entender los que no tiene respuesta a través de estas pautas buscando la respuesta. Y los análogos, los ejemplos análogos, este por ejemplo shiguya en Tokio como cuando se pone un alto un siga, una gran concentración de individuos cruzan una calle, ese es el caos pero

después de un momento el caos retorna a su estado original, a su estado pasivo, entonces como la ciudad, como el comportamiento de la ciudad es caótico y luego regresa a una estabilidad. Caos-orden-estabilidad. Entonces creo hay ejemplos muy interesantes, también algo que canalizamos era la propuesta de este, de gaudí. Como el se inspiraba de la naturaleza, fue un joven que creció en un entorno natural, mucho tiempo observo la naturaleza y eso le sirvió para su inspiración y su propuesta arquitectónica. Entonces yo creo que tenemos que mirar ahora la naturaleza con otros ojos.

- JY: Pero por ejemplo gaudí por el mismo contexto donde vivió, nació pues pudo evolucionar o desarrollar esa habilidad pero por ejemplo aquí como podríamos desarrollar esa habilidad en un contexto urbano.

- JC: Yo creo que el estudiante tiene que ser muy sensible, muy muy sensible, sorprenderse de todo. Desde un insecto que está volando hasta una hoja seca. Creo que tenemos que desarrollar en los futuros arquitectos esa sensibilidad, esa habilidad de observar los detalles, también creo que se están abriendo nuevas oportunidades con la ciencia, cosas que no veíamos a través de microscopios como estamos comprendiendo y como estamos viendo la naturaleza ya a una escala micro y estamos viendo nuevos comportamientos de bacterias, de células, estamos viendo nuevas composiciones y creo eso está llevando a inspirar arquitectos en sus obras. Como quien se está inspirando en la estructura del genoma humano, lo está llevando a reproducir esas formas a nivel arquitectónico o reproducir las colmenas. La forma de la colmena, este polígono regular como lo podemos llevar a una estructura en arquitectura, entonces yo creo que estamos haciendo algunas reflexiones de lo que es la naturaleza.

- JY: Por ejemplo para poder desarrollar esas nuevas propuestas también exige un mayor nivel técnico.

- JC: sí, ahí es donde entran los biólogos, el profesionalista debe buscar aliados, debe buscar eh, técnico o profesionales en una área para poder interpretar y poder apoyarse y entonces dar una propuesta basada en estos elementos.

- JY: Entonces consideras que ya dejaremos de ser todólogos como históricamente se ha venido desarrollando.

- JC: No al contrario, cada vez este. Esto se esta volviendo peor. Es una critica a lo que es la arquitectura por que ahora, involucra nuevas habilidades como es la tecnología, osea el alumno ya debe de dominar un monton de software para poder realizar un proyectoa rquitectonico, el alumno ya debe de hablar de sustentabilidad, el alumno ya debe de hablar de temas económicos, el alumno ya debe de hablar de temas políticos, legales. **Como el ámbito de acción del arquitecto es la ciudad en la sociedad**, y la sociedad y la ciudad es un conglomerado de varios entes entonces se hace como un experto de todo y a la vez de nada. Creo que el futuro de la arquitectura será que tengamos que hacernos especialistas en arquitectura sustentable, arquitectura urbana, arquitectura social, arquitectura vertical, por que veo muy difícil que en los próximos años sigamos formando arquitectos todólogos.

- JY: Si de hecho en un articulo lei por ejemplo que surgirían por ejemplo arquitecto ambientales.

- JC: Si

- JY: Por la misma presión. Por ejemplo ya entrando en primero ya queremos que corran cuando ni siquiera.

- JC: Arquitectos del patrimonio, arquitectos urbanos, yo creo que poco a poco, asi como lo hizo administración de empresas. Ahora son, estaba nada mas la carrera de administración, pero ya después surgen los economistas, surgen los analistas financieros, surgen los contadores, surgen los mercadólogos, yo creo que al rato va surgir arquitecto s con varias ramas.

- JY: Pero ¿Ya nos tardamos? O consideras que, ¿ cual es tu percepción?

- JC: Considero que no nos hemos arriesgado, por que la palabra arquitecto es una palabra que enamora y es como muy celosa. El arquitecto lo es todo pero no debe ser asi, dentro de nuestra sociedad la imagen del arquitecto esta bien

posicionada como un individuo que conoce de historia, puede hablar de política, poesía, muchas muchas habilidades. Pero la realidad es que no no es así. El arquitecto hoy en día se está convirtiendo en un todólogo que le está costando trabajo insertarse a las nuevas necesidades de la sociedad.

- JY: Ósea es una, son muchas cosas. Hacer un proyecto de paneles solares, cubiertas verdes por ejemplo.

- JC: Sí, yo creo que cada vez la formación del arquitecto no evoluciona, quienes van evolucionar son los que están girando alrededor de la arquitectura, entonces vamos a tener ingenieros especialistas en concretos, ingenieros especialistas en acero, como ya lo hay. Vamos a tener este, topógrafos especializados en eh bueno no necesariamente topógrafos pero vamos a tener mercadólogos especializados en el tema inmobiliario, vamos a tener sociólogos enfocados en el tema de la vivienda, es decir todas las demás carreras van a empezar a absover arte de lo que es la arquitectura. Vamos a tener ambientalistas que se enfocan a la tecnología, vamos a tener geógrafos, en el tema del análisis de la prevención, y otras carreras van a empezar a tomar lo que el arquitecto no ha podido separar.

- JY: Incluso ya está en riesgo porque en Holanda

Transcripción de entrevista

Identificación:

HG: Mtro. Héctor García Sahagún (entrevistado)

JY: Jair Yoe Cueto (entrevistador)

- JY: Buenas tardes, eh ,eh me gustaría saber ¿Cómo podría definir a la biónica, la biomimesis? ¿Cuál es su concepción de esta?

- HG: Ok. Bueno. Entiendo dos cosas distintas, una por biónica y una por biomimesis, no. Eh, por biónica, es eh.. la forma en que la hemos trabajado es tomando como un referente a un ser vivo, sea planta, sea animal o una parte de la planta, una parte del animal, sería porque el ser humano también está dentro de la categoría de los animales , no. Y entonces ya que elegimos una de las partes, analizamos formas, analizamos función, analizamos gamas de color que utilizan y entendemos por qué en la naturaleza existe tanto esa forma, por lo general nos damos cuenta de que hay una forma que corresponde a una necesidad de la naturaleza, de supervivencia, al igual que la función y al igual que, no se, hasta las mismas proporciones. Y una vez que identificamos podemos partir de esa forma a ver que soluciones nos puede dar hacia el diseño.

La otra manera puede ser identificando una necesidad del ser humano y sobre la necesidad del ser humano empezamos a ver que hay en la naturaleza para que a partir de lo que ya existe en la naturaleza, identifiquemos que puede servir de manera muy similar a la necesidad del ser humano, hacemos como una especie de transpiración, te voy a citar un ejemplo. Si quisiéramos identificar como como contener un líquido para poderlo ingerir analizaríamos primero que elementos tiene la naturaleza en donde se contengan los líquidos y características tienen. Por darte un ejemplo podría ser el mismo coco, no. Que contiene el agua y que tiene una capa muy gruesa para cuando caiga de lejos, cierta altura, la parte dura no se vaya quebrar. Entonces tiene una función esa ese material, tiene una función también el mismo color y entonces veríamos si los envases que tenemos tienen esa misma resistencia o esa misma característica de poder ser térmico por que se absorbe el calor que hay temperaturas muy altas para que el agua no se evapore

y se conserve mas tiempo. Entonces esas características, que analizamos ya en la naturaleza son las mismas que podríamos estar como considerando para un nuevo diseño de algún objeto que podría contener también el agua que pueda ser utilizada para el ser humano, asi como una cantiflora que tiene características muy similares a las de un coco. Aunque no necesariamente formales pero si en cuanto a sus proporciones, o los tipos de materiales o las capas y asi es mas o menos como se puede como lo hemos ido trabajando.

En cuanto a la biomimesis nosotros lo identificamos más como la manera de acercarse casi de combinarse o de hacerse una misma parte de la naturaleza, es decir el diseño que se hace puede llegar a formr parte de la naturaleza y no saber si es parte de la naturaleza o si esta hecho por el ser humano. Osea esa manera de mimetizarse es como camuflajar, camuflajearse como integrarse de manera muy cercana a lo natural es como entiendo estos dos conceptos.

- JY: Siguiendo esta ultima idea ¿ Considera que sea posible que un diseño pudiera mimetizarse o por ahí en la bibliografía se habla de ser un organismo vivo?

- HG: Yo creo que va ser una de las tendencias y si hay no necesariamente vivo pero que si sea capaz de desintegrarse de la misma forma que los sere vivos. Por ejemplo si utilizamos materiales que sean cuando son biodegradables o sea se extraen de los seres vivos aunque no sean necesariamente ya su estado de vida cuando esta en la función pero sabemos que cuando se deseche o cuando tenga alguna reacción química se vuelva a integrar otra vez a la naturaleza, generando de nuevo vida, entonces el reto es, si o la pregunta que que valdría la pena hacerse es ¿ Si los diseños que hace el ser humano podrían tener vida? , pero para que esto se pueda dar o es mediante la nanotecnología o mediante el uso de seres que estén funcionadno como organismos y que al mismo tiempo este generando una transformación en su composición para que de una solución al ser humano.

- JY: ¿Cuáles considera que son las relaciones entre el diseño y la biología para que sea, para que exista una fusión o pueda alcanzarse eso, la biomimesis?

- HG: Eh... yo creo que, mmm.. por el momento la cercanía con la muerte, con la similitud de la muerte, osea antes de hablar de la vida que es bio, se debería tener mayor similitud con la muerte. Las cosas que estamos fabricando no mueren sanamente osea mueren generando un daño al mismo medio ambiente. Entonces la idea es que el primer paso, ¿ por que no hacemos que lo que muere de lo que hemos diseñado, muere de la misma manera que mueren los objetos naturales? Si. Un objeto natural muere dándole vida a otros seres , no quitándola. Y una gran parte de las cosas que hacemos muere dañando y quitándole vida a otros seres. Entonces antes de generar objetos con vida habría que pensar en darles una muerte digna, o una muerte que no genere mas muertes. Se muere para generar vida y es como se hace como ese ciclo de la vida que tiene la naturaleza. Hay un ser que nace de otros organismos, crece, se desarrolla, se reproduce y el cuerpo muere. Se integra de nuevo para servir como alimento y darle vida a otros organismos. Ese ciclo creo que aun no lo hemos podido concluir.

- JY: vivimos en un proceso antinatural, el ser humano. Eh en cuanto, en su experiencia sobre este ejercicio que realizo con alumnos, ¿ Cual ha sido la aceptación en la universidad de esta visión de diseño.

- HG: Bueno es un requisito, es total osea, el tener esa visión, no solo de la forma porque de repente creemos que al ser biónica es que tenga la forma solamente del objeto que hay en la naturaleza, pero yo creo que deben ser mas alla, es decir que se pueda mimetizar tanto si, que no genere un problema el que exista un objeto nuevo, eh. A lo que hemos llegado es mucho trabajar con las formas y con el color. Osea en el caso de la comunicación trabajamos mucho tomando en cuenta el color que existe en la naturaleza, en la composición del animal, del plumaje, los animales, entendemos! por ejemplo que eh los seres que tienen mas colorido a diferencia de los que tienen menos colorido en su apariencia corresponden en gran medida a la forma de ver de ese anima, si por ejemplo para los insectos es mas importante detectar los colores que las formas, se han hecho estudios y se ve entonces simulando la manera muy parecida como un insecto y parece como especie de manchones en los que unos tonos contrastan sobre los otros como cuando ves borroso, si. Y esa es la manera en que ven los insectos

por que ellos van a basarse mas en el color para distinguir las flores por ejemplo o para distinguir algunas especies de las cuales se pueden alimentar no tanto de la forma. En el caso de las aves por ejemplo, las aves tienen una visión mas amplia y mas aguda que el ser humano o que otras especies de mamíferos, el hecho de esto es que el animal que tiene mejor vista que todos los que existen en el planeta es el águila, si. Para poderse alimentar a cientos kilómetros, puede ver, el águila puede ver un raton a dos kilómetros creo de distancia puede ver un raton, imagínate la agudeza visual que puede tener. Si nosotros analizamos el plumaje de las aves nos vamos a dar cuenta de que son las que tienen mas colorido, si. Eso corresponde también a la manera de poder percibir las cosas mediante el ojo que es, a demás de mayor amplitud el ave puede ver 360 grados a diferencia de otros animales, nosotros no llegamos a los digamos 100 – 250 grados, tu no puedes ver lo que hay detrás de ti, mientras que un ave puede ver todo lo que esta a su alrededor entonces eso hace esa agudeza visual es necesidad de estar atento o alerta a lo que esta pasando alrededor, desarrolla también cierta habilidades y necesidades para poderse identificar entre las mismas aves. Por ejemplo para aparearse utilizan el colorido, el sonido, si, por que es algo fundamental para la supervivencia. Entonces yo siento que toda esa parte esta conectada por una razón de ser. Por ejemplo, animales como el perro que tiene mas desarrollado el olfato que la vista, en el caso de una comparación entre el ser humano y el perro, se ha detectado que tenemos una gama mas amplia nosotros en cuanto al colorido que lo que tiene el perro, quizás por la evolución o quizás por algunos otros factores que hemos pasado a través del tiempo. No tenemos esa habilidad de oler para identificar pero si podemos ver para poder nos ocultar, no somos una especie que la naturaleza ha ido evolucionando para que con nuestro cuerpo nada mas podamos alimentarnos de otros, necesitamos de herramientas y de otros utensilios no. A diferencia del perro que el sin herramientas tiene que sobrevivir, entonces, esto ha hecho que el desarrolle mas mayor medida su olfato, su vista es de menor alcance que la nuestra, pero al mismo tiempo eh, la forma enb que se representan los colores de los perros tiende a ser mediante colores neutrales, sin embargo los aromas que utilizan para poder atraerse de un de una

perra a un perro el aroma, bueno el olor es algo fundamental para la supervivencia. Entonces como conclusión podríamos ver que los seres vivos van desarrollando mas unas cualidades que otras para poder seguir existiendo, reproducirse, alimentarse, en fin y esas habilidades que van desarrollando son las que van determinando las diferencias entre unos seres y otros. En el diseño como se aplicaría, pues cual va ser la función, cual es la necesidad y entonces desde ahí se tendía que partir que es lo que se quiere desarrollar y cuales son los seres vivos que tiene características muy similares a lo que tu quieres desarrollar para entonces si consultar que fue lo que hizo la naturaleza en cuanto al diseño para resolverlo y es la mejor forma de tomar el ejemplo. Es lo mas cercano a la pues a la manera de hacer diseño como en la vida.

-JY: y a nivel académico ¿ Cuales han sido las respuestas de los alumnos?

- HG: ninguna

- JY: resistencia, facilidad

- HG: No ninguna, se sorprenden cada vez que analizan por que se trata de observar, no solo de ver sino de observar comprender y analizar que es lo que esta sucediendo en la naturaleza y de repente se darán cuenta los alumnos de que cada cosa que hace la naturaleza tiene una razón de ser, cada cosa, sea un color, sea una textura, la textura aterciopelada corresponde a una cuestión de impermeabilidad que no tienen otros seres y que no requieren tanto de humedad todos esos detalles que van analizando, te van generando como una reflexión hacia lo que es la naturaleza con respecto a lo que es el ser humano y al final nos damos cuenta de que todo lo que ha hecho el ser humano siempre ha tomado como un referente a la naturaleza, sea consciente o inconscientemente.

-¿ y la biónica debería, a su experiencia, poderse aplicar o extender por ejemplo a la arquitectura?

-De hecho se hace, no sería como un hallazgo sino, yo se que hay quienes han trabajado la arquitectura desde la biónica por ejemplo eh. La torre biónica. ¿has escuchado hablar de la torre biónica?. Es como un torre que se están basando en la forma de un árbol y la manera en la que va creciendo el árbol, que es de manera vertical y con capas hacia afuera como lo hace la corteza y hay un

planteamiento de un arquitecto que desarrolla una ciudad ni siquiera un edificio. Que la ciudad debería crecer de la misma forma para que no invadir tanto la superficie y conform y dejar preparada la a ese tronco para la siguiente corteza conforme vaya aumentando la cantidad de personas que habitarían en la ciudad o reduciéndola, de la misma manera la altura y la ventaja que se tendría es que la gravedad sería un recurso energético que no se tendría que ... para transportarse por ejemplo basta con eh trabajar sobre pesos y así como a manera de ... de poleas en donde tu ves más fácil que usa la gravedad como un recurso energético que para subir o para bajar que para desplazarte de manera horizontal de una ciudad a otra que como lo hacemos actualmente. Entonces ya existe no es algo que se debería de hacer, es algo que ya se ha hecho y que ofrece muchas ventajas también.

- JY: pero, ¿considera que se debería integrarse a los planes de estudios probablemente de esta carrera?

- HG: yo creo que sí, yo creo que sí lo hacen, no es algo totalmente ajeno. Se han hecho algunos proyectos, eh al hablar de sustentabilidad, al hablar del respeto al medio ambiente, al hablar de cómo tenemos que cuidar el futuro de las generaciones que aun no nacen, es de alguna forma en pensar en eso en cuanto la función, en cuanto a la manera de dar respuesta nosotros, repito no es nada más la forma, no corresponde nada más al color, son más las cuestiones que tendrían que considerarse para hacer diseño bionico.

- JY: Por último, ¿Cuál es la responsabilidad del diseño, de un diseñador ante los problemas ambientales? ¿Cuál es la.. ante esta gran complejidad?

- HG: Ok. Cada vez que tu tomes una decisión y esa decisión se vaya respetar, va repercutir esa decisión de alguna forma. Si. Si yo decido imprimir y no cuido, si es mi propuesta, con indicaciones para que se utilicen ciertas tintas o ciertos papeles por que eso también lo podría decidir yo, si no soy cuidadoso en eso entonces esas decisiones la va tomar otra persona si, y si las toma otra persona por que yo no lo estoy previendo, ni siquiera se si van usar el papel que contaminan menos o van usar la tinta que solamente se puede diluir con solventes que van a dañar a otros seres vivos. Es decir las decisiones que tu tomes en cuanto a los materiales

en cuanto a los procesos que se van a utilizar para lo que tu vas a diseñar. Si yo hago una silla que requiere solamente de un proceso con una maquina que consume muy poca energía, yo estoy abonando y estoy ayudando, a diferencia de hacer un objeto donde no me importen todos los procesos que se requieran, sean veinte o treinta y la maquinaria que se utilice y sila maquinaria va requerir de combustibles fosiles o no para que se pueda fabricar, creo que ahí hay una responsabilidad que tenemos que tomar en cuanto las desiciones para que el diseño que tu hagas genere el menor daño, de acuerdo.

-

9.3.1 Resultados de encuesta, sección preguntas abiertas

1 ¿Cuales son las condicionantes del uso de la biología en la arquitectura?

La falta de información (conocimiento de biología) pudiera ser el que más frena su uso, se necesita más conocimiento de ello o trabajar con algún biólogo. El uso de materiales en distintas regiones pudiera también complicar la construcción ya que muchas veces no hay el material adecuado y es necesario traerlo de otras partes

Que sean espacios adecuados para el uso humano, de las necesidades de los usuarios

Nos da un criterio más amplio en cuanto a forma y conceptos orgánicos para una mayor estética y funcionalidad.

deben adecuarse los espacios y los edificios a la función que se les da y para la que son aptos, no solo limitarse a la forma "per-se", y ser creados siempre con carácter de funcionamiento lógico

los mantos freáticos a la vez de pasar por algún proyecto

debes saber cómo recubrir los muros o techos para que no dañe la estructura o los muros y que ambos se puedan conservar

deficiente falta más métodos por emplear

La integración

en la forma conceptual de un edificio basado en la biología

determinar espacios repensados en todos los ámbitos naturales, no solo de beneficencia o bienestar humano

LA CULTURA DE LAS PERSONAS RESPECTO AL USO DE DIFERENTES MATERIALES CON RESPECTO A LOS COMUNES YA QUE NO SE IMPARTE LA SUFICIENTE INFORMACIÓN REFERENTE A LAS VENTAJAS QUE CADA UNO OFRECE.

Las condicionantes de la biología en la arquitectura dependen de los lugares en los que se encuentre la edificación, su clima, el tipo de lugar y los materiales que ayudan a este sistema.

Los principales usuarios son los seres vivos que habitan el lugar

El conocimiento previo o noción de cómo funcionan, trabajan y se forma una estructura biológica u organismo, (partes en que se componen).

-El cómo se desenvuelve la idea y esta con una crítica lógica resolverá un problema en cuanto a: Cómo está afectado el ecosistema, a qué especie vegetal o animal, de qué manera se desenvuelven, cómo ayudar al ecosistema, capacidades, etc..

-En cuanto a forma de un edificio, conocimiento geométrico y de composición de las formas orgánicas, frutales, intercalados, repetición, etc.. y cómo a partir de estos creamos un criterio estructural

El entorno, el conocimiento de las formas
geométricas y su descomposición

si se habla que se utiliza en construcciones o edificios para humanos creo no sería recomendable en cuestión de
animales en vegetación si y la arquitectura a logrado grandes diseño para preservar los ecosistemas como los
mariposarios, etc.

2 ¿Quiénes consideras que son los principales usuarios de la arquitectura?

TODOS LOS SERES VIVOS QUE SEAN CAPAZ DE CONVIVIR EN UN MISMO ESPACIO

-Los seres humanos, siguiendo el orden con los animales domésticos o en cautiverio y en este mismo escalón las
plantas o flora

El hombre

seres humanos

La persona que habitara este tipo de lugares tanto en un tiempo temporal como prolongado de vera estar
confortable.

3 ¿Cómo permiten los espacios biológicos una integración de la arquitectura con el ecosistema inmediato?

toda forma tiene una función, y siempre, con un buen análisis de la misma se logra mimetizar con el entorno y de
este que sea mas agradable para todos los seres vivos

El conocimiento de las formas que existen en la naturaleza es una condicionante, ya que está, a la vista, nos
refiere a la estructura de la misma

-La forma en que basaremos nuestro proyecto, un espacio que se sienta creado por la naturaleza.

-El uso o lugar de emplazamiento del concepto de naturaleza

El espacio de vera conformar una armonía con el espacio y este será uno mismo con la naturaleza.

Crea un espacio donde la arquitectura puede actuar en conjunto con el ecosistema dando un lugar para la
correlación entre ser humano y ecosistema.

respetar y preservar plantas e integrando mas vegetación aportando a los ecosistemas

que se adecue bien al entorno sin modificarlo

no alterando el entorno de forma perjudicial

Forma

si son logrados con inteligencia y solucionados de manera adecuada, conjuntando (materiales, forma y función) pueden ser menos agresivos con el entorno natural. (naturaleza)

creo va mas alla a como integramos la arquitectura a los ecosistemas para que no exista un cambio en el ecosistema y los dos puedan convivir en armonia

Puede ser en la visualización o ventana al espacio abierta, un espacio de conservación o muestra de lo que se puede lograr y conservar. Lo que debemos preservar

en los microclimas que se generan

en la conservacion mas natural del mismo

respetando y valorando las necesidades de cada elemento

4

¿Cuáles son tus referencias mas usadas para generar un concepto para resolver un proyecto arquitectónico?

Dependiendo de la función del espacio, y el entorno es el concepto, para lograr una fusión con el entorno es necesario el análisis del mismo y por consiguiente la facilidad de llegar a un concepto adecuado

- Las formas irregulares, geometría y su conjunción para crear formas lo más acercado a lo orgánico.

La forma del entorno al jugar con todos los elementos naturales y materiales de la región determinar que forma puede unirse la forma y la naturaleza.

La forma y la función dentro de ella

referencias historicas del predio o proyecto

humanidades

Pensar tal ves en formas radiales o un ritmo para este lleve un antes y un después y ver cómo será el impacto que realice al aplicarse.

experiencia, vivencias, la emoción y la función
conjuntando todos esto elementos para conseguir
belleza arquitectonica

Espacios amplios, frescura, confort, tranquilidad

LA FUNCION ESPECIFICA DEL PROYECTO Y ALGUN ELEMENTO REFERENTE Y SIGNIFICATIVO SOBRE EL MISMO

formas geometricas

Tomar un tema que me llame la atención o interprete algo del tema que se creara y desarrollar un conjunto de ideas desde el concepto principal

el uso de elementos simbólicos y filosóficos

elementos orgánicos, filosóficos o
geométricos/abstracciones

un árbol o una hoja

investigación, necesidades, condicionantes,
integración artística

investigar temas para un objetivo; belleza y
funcionalidad para resolver necesidades

el uso y sensaciones que se quieren lograr

Gudi, formas orgánicas o naturales como referencias

5 ¿de qué manera las estructuras y materiales biológicos ayudan a generar espacios saludables?

DEBIDO A QUE SON MATERIALES CON UN PROCESO MENOS CONTAMINANTE Y QUE A SU VEZ CONTIENEN PROPIEDADES TÉRMICAS QUE FAVORECEN EL AMBIENTE DE LOS DIFERENTES ESPACIOS

los materiales estructurales comunes, la mayoría, son aleaciones que dañan la capacidad del aire que por el contrario los materiales orgánicos no afectan el ambiente

Los materiales de la región evitan el gasto de servicios

Creando espacios de confort

Estos materiales ayudarían al ecosistema hoy en día, utilizar materiales de la región crea menos contaminación y ayuda a explotar los recursos nacionales, al igual que también pueden ayudar a limpiar el aire o crear vida dentro de un lugar

-En que tenemos una arquitectura más sustentable, ecológica y que implementa y fuerza a nuestras generaciones a realizar esfuerzos e impulsos creativos para crear e innovar en las formas arquitectónicas y su construcción

de la manera que los materiales no dañen al entorno
con materiales naturales

quizás resulte su uso menos agresivo con el usuario
humano

no generar CO₂, uso de materiales para no dañar el
sistema y uso de menos energía

al generar un impacto visual y ambiental

generar un ambiente visual

con una correcta intervención y congenear ambas
partes para la óptima utilización

evitando procesos nocivos a la naturaleza

Materiales bioclimáticos evitar usar electricidad de manera innecesaria

en el cambio de la atmósfera y percepción psicológica del espacio

ayudan a que los espacios sean más agradables

6 ¿para que es útil la integración de la biología en el proceso de diseño arquitectónico

POR QUE ASI SE GENERA UNA ARQUITECTURA MAS AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE Y PSICOLOGICAMENTE PROVOCA EMOCIONES Y SENSACIONES AGRADABLES PARA EL USUARIO

para no generar daño al planeta y también ahorrar materias primas

La integración de la biología en el aspecto formal

DEBIDO A QUE SON MATERIALES CON UN PROCESO MENOS CONTAMINANTE Y QUE A SU VEZ CONTIENEN PROPIEDADES TÉRMICAS QUE FAVORECEN EL AMBIENTE DE LOS DIFERENTES ESPACIOS

Es útil para diseñar espacios que lleven a una armonía del hombre con la naturaleza, y haya esa conexión

Para crear espacios de correlación con el ecosistema

en generar espacios saludables y con una aportación sensorial muy importante

para crear espacios más en comunicación y relación con la naturaleza

para una percepción espacial más cómoda

desde la esencia hasta lo estructural y espacial

mejoramiento de estilo de vida

para generar conceptos y formas biológicas y naturales

para preservar en buen estado la madre tierra y como bienestar ético-profesional

para dar nuevas formas espaciales y generar nuevos espacios agradables

para tener un entorno armónico y tener una buena sombra y oxigenación en el lugar

para gastar menos recursos

-Por que nos ayuda a incluir espacios realmente adecuados para un entorno ecológico, amigable con el ambiente, aparte que se toman más en cuenta cuestiones ecológicas y humanas para la solución espacial.

para generar espacios que le dan vida a los proyectos arquitectónicos, generan frescura y bienestar

7 ¿Qué piensas de aplicar la experiencia de biomimesis en la arquitectura?

las nuevas tecnologías están a la orden del día, espero en un futuro no muy lejano seamos más capaces para poder aplicarla de manera correcta y mejorar la calidad de vida de todos los seres vivos.

Todo los aspectos formales y la agrupación con la naturaleza

bien, ahora que la arquitectura va de la mano con todas las ramas para ser más completa en su forma

9.3 Resultados de la encuesta. Primera Sección, preguntas cerradas

Sobre la biología en la arquitectura:

		1 Muy desacuerdo	2 Desacuerdo	3 Ni de acuerdo ni desacuerdo	4 De acuerdo	5 Totalmente de acuerdo
CONDICIONANTES DEL USO DE LA BIOLOGÍA	a					
	La arquitectura permite la permanencia de procesos biológicos de los organismos vivos (por ej. anidación, hibernación, reproducción, otros).		2	2	2	6

Las formas orgánicas usadas en la arquitectura:

CONDICIONANTES DEL USO DE FORMAS BIOLÓGICAS	B	Son necesarios conocimientos avanzados de geometría	3	2	1	8	15
	C	Depende de la preferencia y antecedentes del diseñador	2	3	6	8	9
	D	Presentan dificultades técnico-constructivas	2	3	6	5	12
	E	Son exclusivas de un entorno rural	14	8	3	2	1
	F	Son más eficientes que formas geométricas	9	6	10	1	2

Los espacios contenidos en formas orgánicas:

CONDICIONANTES Y PERCEPCIÓN DE LA PROYECCIÓN DE ESPACIOS BIOLÓGICOS	G	son mas funcionales que un espacio regular	6	5	12	1	4
	H	Presentan mejores condiciones de confort térmico, lumínico, psicológico, ot.	2		14	4	9
	I	Permite diversidad de distribución	1	2	6	9	10

Las estructuras organicas:

CONDICIONANTES Y PERCEPCIÓN DE LA PROYECCIÓN DE ESTRUCTURAS BIOLÓGICAS	J	Requieren conocimientos técnicos específicos	2	3	1	7	16
	K	Dependen de los materiales de la región	5	3	4	5	11
	L	Generan altos costos de construcción	5	4	13	3	3
	M	Mejoran la estética de un edificio	1	1	4	7	15
	N	Ayudan a generar espacios mas funcionales	1	4	9	5	9

La integración de biología en el proceso de diseño

LA BIOLOGÍA EN EL PROCESO DE DISEÑO	Ñ	Involucra un análisis biológico y ecologico del sitio		1	2	6	19
	O	Se condiciona en base a la experiencia y gusto del diseñador por la naturaleza	1	2	4	9	12
	P	Exige conocimientos previos de biología	2	3	4	8	11
	Q	Ayuda a construir y preservar hábitats naturales	1	2	1	11	13
	R	Ayuda a mejorar las condiciones espaciales	1	1	5	11	10

9.4 Universidades de Arquitectura en el Área Metropolitana de Guadalajara

1 Centro de Estudios Universitarios Guadalajara Lamar, Campus: Guadalupe Zuno (SEP; sin materia relacionada a la sep)

2 Centro Universitario UTEG, Campus: Campus UTEG (SEP;1 materia: Proyecto Bioclimatismo 7º)

3 Escuela Superior de Arquitectura (SEP; ecololigia y sistemas sustentables 1º)

4 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (SEP; Instalaciones sustentables en edificaciones Y Edificacion sustentable 7º)

5 Instituto Vocacional Enrique Díaz de León, Campus: Sur (Ecología urbana sustentable 1º)

6 Universidad Autónoma de Guadalajara, Campus: Guadalajara (SEP, sin materia sust.)

7 Universidad Cuauhtémoc, Campus: Guadalajara (Taller de arquitectura sustentable; sep)

8 Universidad de Especialidades, Campus: Centro y tlajomulco (anexa a udeg) (Ecologia urbana)

9 Universidad de Guadalajara, Campus: Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (Especializante Proyecto y diseño bioclimático; arquitectura rural y desarrollo sustentable)

10 Universidad del Valle de Atemajac, Campus: Guadalajara (Bioclimatismo; sep)

11 Universidad del Valle de México, Campus: Guadalajara, norte (SEP;ninguna materia)

12 Universidad Tecnológica de México UNITEC, Campus: Zapopan (SEP; ninguna)

13 Centro Universitario Especializado en Diseño en Guadalajara UEA
(SEP;ninguna)

14 Universidad veracruzana UNIVER (Bioclimatismo; SEP)

En el área metropolitana de Guadalajara existen 15 universidades que ofertan la carrera de arquitectural Los programas de estudios de las universidades se dividen en dos grupos, el programa manejado por la Universidad de Guadalajara y el segundo el programa manejado por la Secretaria de Educación Pública (SICYT). Se revisaron los programas y se encontró que la sustentabilidad se encuentra como área optativa o especializante La sustentabilidad en los programas de estudios

Materia optativa

Resumen de Universidades y sus respectivas asignaturas

No.	Universidad	Programa de estudios	Materia relacionada a la sustentabilidad	Básica común, obligatoria u optativa
1	Lamar	SYCIT	Ninguna	
2	UTEG	SEP	Proyecto Bioclimatismo 7°	Obligatoria
3	ESARQ	SEP	ecología y sistemas sustentables 1°)	Obligatoria
4	ITESO	SEP/ITESO	Instalaciones sustentables en edificaciones Y Edificación sustentable 7°)	Obligatoria
5	UNEDL	SYCIT	Ecología urbana sustentable 1°; ecotecnia)	Obligatoria
6	UAG	-	Sin materia	
7	Universidad Cuauhtémoc	SEP	Taller de arquitectura sustentable	Obligatoria
8	UNE	UDEG	Ecología urbana	Obligatoria
9	Udeg	UDEG	(Especializante Proyecto y diseño bioclimático; arquitectura rural y desarrollo sustentable)	Optativa especialízatne
10	UNIVA	SEP	Bioclimatismo	Obligatoria
11	UVM	SEP	Ninguna	Ninguna
12	UNITEC	SEP	Ninguna	Ninguna
13	UEA	SEP	Ninguna	Ninguna
14	univer	SYCIT	Bioclimatismo	obligatoria

Sistematización de las respuestas de las entrevistas realizadas.

Tema	Arquitecto 1	Arquitecto 2 coordinador	Arquitecto 3	Diseñador
Definición de sustentabilidad en arquitectura	Se desarrollo con el concepto de arquitectura ecologica y el organicismo de wright por lo que sustentabilidad es mas ligada este concepto, y al uso de ecotecnologias para resolver los actuales problemas ambientales	Cree en la definicion de sustentabilidad otorgada por la ONU y las tres dimensiones basicas, economica, social y ambiental	No creo en la sustentabilidad por que la sustentabilidad refiere como termino a que las cosas se regeneran por si solan, poder sostenerse por si solas, y la sustentabilidad no trabaja de esa manera. En la arquitectura se requieren de medios mecanicos o humanos para poder regenerar o restablecer lo que estas proponiendo. Creo que existen medios tecnológicos o ecotecnologicos aplicables a la arquitectura, si lo creo. Conocidas como ecotecnologías.	
Vivienda		muestran que la vivienda que actualmente se esta construyendo no responde a estos interesen que la sustentabilidad. Pero respondiendo mas a temas economicos. Y los temas económicos están generando un problema de desarticulación de las viviendas, es decir viviendas alejadas, viviendas que son insostenibles por los altos costos de traslado de los ciudadanos a su hábitat. Se están construyendo ciudades que no son sustentables. Debemos de ver a un modelo mas intagrador, un modelo mas compacto	hipoteca verdam no es sustentable. Por que las hipotecas verdes de infonavit cuando surgieron eran únicamente para trabajar el tema de eficiencia energética, no tenían nada que ver con el tema de la sustentabilidad, en el termino congruente, en el termino real. Y únicamente fue un tema que se elaboro para bajar los subsidios de gobierno federal, del ramo 33. vivienda sustentable, estas hablando de sistemas constructivos amigables con el medio ambiente. Y la vivienda hoy en dia ha sido automatizada a ser generada con concreto y el concreto no es para nada	La vivienda deberia diseñarse en base a las necesidades de la familia, del habitante y transmutar generacionalmente, parcialmente y cronologicamente. Basada en cerrar el ciclo biologico de los organismos, emulando vida-muerte.
Soluciones a la sustentabilidad de la vivienda		son nuevos instrumentos que vienen eh a insertarse en el ámbito arquitectónico y urbano que buscan identificar todos los actores que participan en un proceso, en este caso en la construcción de la vivienda y buscar o alinear los intereses a un beneficio común, un beneficio amplio y no solamente el beneficio económico de los promotores inmobiliarios. buscar mecanismos donde las habitantes tengan un beneficio y el gobierno pueda gestionar y coordinar estas acciones de inversión y el promotor pueda	solución parcial en el predio o el terreno, sino que motive a los cambios en un momento dado o que sea un eje de transformación de una zona, que realmente tengan una congruencia con la imagen urbana del lugar, que los materiales de construcción con que esta elaborando sean materiales q ue existen dentro de la zona, que sean sistemas constructivos amigables,, que sea, que este analizado el impacto que va tener la construcción, con el medio socioeconomico, con el medio ambiente de l lugar, pero sobretodo, ver la aportación directa,del sistema constructivo para la solución de la problemática	Que sea adaptable en el tiempo según los requerimientos humanos.
Organismo vivo	La celula es la función (espacio) y en su conjunto forman un organismo.	La biomimesis es un area muy interesante donde el arquitecto y el estudiante de arquitectura debe estar buscando esa analogía y como la naturaleza ha dado olucion a sus problemas y la arquitectura		Sera una tendencia y si no necesariamente vivo, pero que si sea capaz de desintegrarse de la misma forma que los sere vivos. Que a su muerte genere vida. La pregunta es ¿ Si los diseños que hace el ser

Analogía	Debemos ver como los seres vivos se adaptan a un espacio y aprender de este, debemos saber de eso (notese el despertar por estudiar la manera que se adaptan, adaptación)	el arquitecto a tratado de observar el funcionamiento de la naturaleza para poder interpretarlo		no solo de la forma porque de repente creemos que al ser biónica es que tenga la forma solamente del objeto que hay en la naturaleza, pero yo creo que deben ser mas alla, es decir que se pueda mimetizar
Relacion entre biología y un objeto arquitectónico	La arquitectura deberia no alterar ni dañar los sistemas, respetar sin contaminar. Respetar toda la vida de los seres vivos (vitalismo y naturalismo)	arquitecto debe ser muy respetuoso de su entorno natural y esto pues deberá llevar a cuestionamientos y de análisis para poder incidir en un proyecto arquitectónico de una mejor manera. Buscando el menor impacto posible al entorno natural.		la muerte, con la similitud de la muerte, osea antes de hablar de la vida que es bio, se debería tener mayor similitud con la muerte. Las cosas que estamos fabricando no mueren sanamente osea mueren generando un daño al mismo medio ambiente. Entonces la analizamos formas, analizamos
Metodología de diseño	Base : Creatividad, conocimiento e imaginación esto evoca una función esta evoca un organismo		Primero, La investigación o entrevista con el cliente, realizar un análisis de necesidades, detectar La problemática, de ahí hacer un análisis de funciones, para poder generar el concepto y aplicar La conceptualización.	analizamos formas, analizamos función, analizamos gamas de color que utilizan y entendemos por qué en la naturaleza existe tanto esa forma, por lo general nos damos cuenta de que hay una forma que corresponde a una
Definición de la arquitectura	Los edificios son lugares que reciben a la naturaleza igual que lo hace una planta, la luz, el aire. Estos se relacionan con la naturaleza en cualquier contexto, sea natural o urbano.	Todología. Es una critica a lo que es la arquitectura por que ahora, involucra nuevas habilidades como es la tecnología, osea el alumno ya debe de dominar un monton de software para poder realizar un proyectoa rquitectonico, el		
La tecnología	La tecnología permitira restaurar los ecosistemas en el futuro. Esto por que nadie renunciaria a las comodidades actuales, los gobiernos hacen poco para acciones no tecnologizadas.	El estudiante debe de conocer las nuevas formas de hábitat para poder involucrarlas en su en los nuevos proyectos arquitectónicos. Las ecotecnias y pues otros sistemas, están dando la pauta y están haciendo repensar lo que es		
Herramienta metodologica	Conceptualizacion: Para darnos cuenta de la problemática gral. Para crar un proyecto con características acertadas según el problema. Es mas importante ahora "REALIZAR UNA CONCEPTUALIZACIÓN	la fenomenología, utilizamos la teoría del caos, los fractales, el biomimetismo ; casos analogos	graficas solares, planes parciales de desarrollo urbano, eh.. toda la información de las cartas de INEGI, investigar en el instituto de meteorología de la Universidad de Guadalajara, como esta afectándose al cambio climático el día de hoy, como estamos operando a nivel del	

Conceptualización	El proceso de conceptualización se realiza a través de la función: 1 diagrama de funcionamiento o vinculaciones 2. estudio de flujos 3. analisis espacial (analisis antropologico y funcional) 4. primeras propuestas arquitectónicas		El concepto es importante por que trata de generar la trascendencia d la arquitectura, la semiótica y obvivamente, en su momento realizar o tener visible, el objeto que quiere el cliente. Soy muy enredoso.	vivos van desarrollando mas unas cualidades que otras para poder seguir existiendo esas habilidades que van desarrollando son las que van determinando las diferencias entre unos seres y otros. cual va ser la función, cual es la necesidad y entonces desde ahí se tendía que partir que es lo que se quiere desarrollar y cuales son los seres vivos que tiene características muy similares a lo que tu quieres desarrollar para entonces si consultar que fue lo que hizo la naturaleza en cuanto al diseño para resolverlo y es la mejor forma de tomar el ejemplo. Es lo mas cercano a la pues a la manera de hacer diseño como en la vida.
Como integrarse al contexto	La arquitectura por fuerza tiene que pertenecer a un paisaje (Proyecto integrado al contexto mediante el paisaje) Mediante la conceptualización de un proyecto	y debe de respetar todos estos elementos, como parte integradora, de lo contrario el proyecto arquitectónico no se sustenta o no se inserta correctamente en un hábitat y esto puede generar un desequilibrio o un proyecto que venga ya de origen con problemas estructurales, con problemas técnicos, con		
Como conceptualizan los alumnos	En la actualidad, a nivel academico se conceptualiza erroneamente, considerando solo un concpeto formal. Primeo se propone una forma al contexto sin conocer al contexto			repito no es nada mas la forma, no corresponde nada mas al color, son mas las cuestiones que tendrían que considerarse para hacer diseño bionico.
Tecnología	La tecnología ayuda a redicir los daños ambietnales causados por el ser humano y la arquitectura. Sin embargo la arquitectura y el	El arquitecto hoy en dia debe de ser un investigador, debe de custionar y debe de buscar como ese elemento que esta ayudando se puede		
La ciudad	La corrupción e interes personales dificultan la ejecucion de la mortividad que permita un desarrollo urbano controlado con fines	Como el ámbito de acción del arquitecto es la ciudad en la sociedad , y la sociedad y la ciudad es un conglomerado de varios entes entonces se		
Objetivo de la arquitectura	El arquitecto diseña el habitat del humano			

	La creación es una forma que es funcional y esta pertenece a un organismo, entonces se adapta al contexto.			
Tipos de conceptos	Basico: concepto formal, funcional, contextual y tecnico. Otro: historico, social, natural, ecologico, otro.			
Biomimesis Definición				Bionica (Analizar un organismo y aplicar al diseño o viceversa) Biomimesis: la manera de acercarse casi de combinarse o de hacerse una misma parte de
Teorias de la arquitectura que conjugan la biología	Vitalismo, naturalismo organicismo Funcionalismo			
Como usa la tecnología los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje		el alumno se limita a colocar un detalle, hacer mención de un sistema, pero no tiene el interés por explorar mas alla el funcionamiento, cual es el impacto y creo yo que es un area de oportunidad para las universidades donde el alumno tiene que cuestionar y tiene que repensar como están funcionando estos nuevos sistemas y tecnologías.	nada mas siempre y cuando tengamos al 100% la conciencia de que la tecnología únicamente dibuja y la proyección es parte de un incentivo personal que debemos tener cada quien. No debemos dejar que la tecnología diseñe, es unicaamente, son herramientas que tenemos para trabajar ciertos aspectos y presentaciones de proyectos muy específicos.	
Respuesta de los alumnos				Sorpresa. no solo de ver sino de observar comprender y analizar que es lo que esta sucediendo en la naturaleza y de repente se darán cuenta los alumnos de que cada cosa que hace la naturaleza tiene una razón de ser. (Analisis luego reflexión)
Concepto de sustentabilidad del alumno		el alumno llega a la incienatura y tienen dudas, no tienen una claridad de lo que es el termino sustentable. el alumno cree que el tema sustentable solamente , eh, es lo verde, el pasto, la vegetación, pero el tema sustentable hoy en dia como una concepción más amplia requiere estos tres elementos. No, lo medio ambiental, lo social y lo económico. durante su proceso se le debe estar orientando sobre los componentes de la sustentabilidad		

<p>Introduccion de la biologia en la enseñanza de la arquitectura</p>	<p>si el arquitecto se adentra en estos temas de la biología como tal seria una carga muy amplia de conocimiento el cual seria muy difícil aplicarlo, yo le apuesto mas a que el arquitecto sea un individuo que tenga la capacidad de involucrarse y de gestionar con profesionales de sus areas, nuevas formas de trabajo colaborativo.</p>			
<p>El arquitecto</p>		<p>El arquitecto lo es todo pero no debe ser asi, dentro de nuestra sociedad la imagen del arquitecto esta bien posicionada como un individuo que conoce de historia,. El arquitecto hoy en día se esta convirtiendo en un todologo que le esta cstando trabajo insertarse a las nuevas necesidades de la sociedad.</p>	<p>esta siendo un poquito relevado por la realidad nada mas. Pero considero que si tenemos la oportunidad y estamos en el mejor momento de poder cambiar la mentalidad de que el arquitecto, por lo general debe trabajar solo. Y debemos empezar a enseñar a las nuevas generaciones a trabajar en equipos multidisciplinarios para que pueden realizar proyectos que</p>	

Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 Normal	4 Alto	5 Muy alto	Total
Etapa 1	3	2	4	1	3	13
Etapa 2						
Etapa 3						

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	33.3
Función Clave	Columbidae		Estructura de las alas Forma de las alas			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	33.3
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	33.3
Alumno (A)	Paulo Cesar Espiritu angulo					100

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	22
Función Clave	Girasol		Forma de los pétalos como estructura. Contorno de las flores bidimensionalmente			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	22
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	28
Alumno (C)	Brian					72

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	28
Función Clave	Hoja del arbol		Forma de la hoja del arbol Parcialmente la estructura			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	28
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	33.3
Alumno (E)	Sharai Bautista					89.3

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	22
Función Clave	Arbol Bonsai inclinado (shakan) (acacia)		Contorno del arbol (Tronco y follaje)			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	22
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	22
Alumno (G)	Saray Madrigal Ayala					66

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	22
Función Clave	Buho Leonado		Forma visual del buho como contenedor de un espacio			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	22
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		

9.6 Evaluación de trabajos de la Fase 1

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	33.33
Función Clave	Amanita Muscaria		Estructura del hongo (hifas y tejido muerto) Forma (Elementos formales y color)			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	33.33
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	33.33
Alumno (B)	Alumno					99.99

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	22
Función Clave	Armadillo		Estructura de las alas Forma de las alas			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	22
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	28
Alumno (D)	Zacarias					72

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	33.33
Función Clave	Fraxinus Udhel (fresno)		Estructura de la corteza Crecimiento de las ramas Formas del follaje y Decorativo, ramas			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	33.33
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	33.33
Alumno (F)	Michelle Barajas Gonzalez					99.99

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	6
Función Clave	bryophyta sensu stricto		Forma visual del hongo (confusion hubo con el musgo)			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	6
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	6
Alumno (H)	Daniela Campos Jara					18

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	14
Función Clave	Conejo de monte (Oryctolagus cuniculus)		Incompleto			
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	14
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		

Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	22
Alumno (I)	Erika Noemi Partida Aguirre					66

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	14
Función Clave	Hoja					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	14
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	14
Alumno (K)	Ochoa					42

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	6
Función Clave	Caracol			Forma aparente, caricaturesco		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	6
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	6
Alumno (L)	Aldo					18

Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	14
Alumno (J)	Diego de Jesus					42

Marco	No valido		Valido			Total
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	6
Función Clave	Caracol			Forma aparente, caricaturesco		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto	6
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	6
Alumno (L)	Leslie					18

Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 Normal	4 Alto	5 Muy alto	Total de Trabajos
Etapa 1	3	2	4	1	3	13
Etapa 2	2	3	3	1	2	11
Etapa 3						

9.6 Evaluación de trabajos de la Fase 2

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Capullo de una flor		Forma del capullo Estructura de la flor, como se traslapan		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 1	(Airam lizette y Leticia Yvone)				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Bugambilia		Abstraccion de la forma y propiedades del petalo de la bugambilia		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 2	(Ingrid y maria del consuelo)				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Pez espada		Estructura osea del pez espada		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 3	3 (4 alumnos)				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Pino		Forma piramidal hecha con ramas y un espacio para buho		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 4	Christian abraham, Honathan Migeillares, arturo dominguez				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Tortuga		Se trato utilizar el caparazon de la tortuga		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 5	Flores bonifacio, saul ricardo, jorge luis, aneyreth, maria				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Hoja (s)		Estructura de la corteza Crecimiento de las ramas Forma del follaje y simbolico Decorativo, ramas		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 6	Prudencio y andres				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Isla		Consistio en		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 7	alondra y sergio				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	piedra				
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 8	Marin robles y karla				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Nulo				
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 9	jose eduardo, jose rafael, jose de jesus				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Conejo de monte (Oryctolagus cuniculus)		Incompleto		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 10	Martinez Maranel				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Hoja				
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Parcial	Completo	
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipo 11	Karen y Berenice				

Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 Normal	4 Alto	5 Muy alto	Total de Trabajos
Etapa 1	3	2	4	1	3	13
Etapa 2	2	3	3	1	2	11
Etapa 3	2	5	4	1	1	13

9.6 Evaluación de trabajos de la Fase 3

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave	Coral		Panel		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 1	Miguel				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave			Cactus	Girasol	
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 2	Adrian				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave			Camuflaje		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 3	Patricia				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Función Clave			Aleteo de la mariposa		
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 4	Helena				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave	Salamandra	Neurotrnasmisor	Camaleon	Secoya	
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 5	Jairo				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave	Caracol	Semillas	Girasol	Panel	
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 6	Plascencia				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 7	Erika				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 8	Jessica				

Marco	No valido		Valido		
-------	-----------	--	--------	--	--

Marco	No valido		Valido		
-------	-----------	--	--------	--	--

Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 9	Alejandra				

Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 10	Emmanuel				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 11	Lalo				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 12	Eliseo Serafin				

Marco	No valido		Valido		
Abstracción de conceptos	Total	Bajo	Medio	Alto	
Función Clave					
Analogía	1 Muy bajo	2 Bajo	3 normal	4 alto	5 muy alto
Uso de la metodología	Incompleto		Completo		
Aplicación a la arquitectura	Total	Bajo	Medio	Alto	
Alumno 12	Jaime				