



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

MAESTRÍA EN DISEÑO AVANZADO

DISEÑO DE SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS
VERTICALES BIO-RECEPTIVAS

TESIS

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN DISEÑO AVANZADO

PRESENTA:

RAMSES VLADIMIR SALGADO MELO

ASESOR DE TESIS:

AXEL BECERRA SANTACRUZ

CO-ASESOR DE TESIS:

HABID BECERRA SANTACRUZ

Febrero, 2021, Morelia, Mich.

Bio-Skin

DISEÑO DE SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS
VERTICALES BIO-RECEPTIVAS

Bio-Skin

DISEÑO DE SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS
VERTICALES BIO-RECEPTIVAS

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

MAESTRIA EN DISEÑO AVANZADO
2018-2020

Bio-Skin

DISEÑO DE SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS
VERTICALES BIO-RECEPTIVAS

Presenta | Ramses Vladimir Salgado Melo

Asesor de Tesis | Axel Becerra Santacruz

Co-Asesor de Tesis | Habid Becerra Santacruz

Sinodal | Jorge Humberto Flores Romero

Sinodal | Pablo Ignacio Kobayashi Santoscoy

Sinodal | Jorge Alberto Borrego Pérez



AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirme día con día

A mi madre, por su amor incondicional y ejemplo de verdadera fuerza

A mi padre por su amor y enseñarme a superarme cada día

A mi pequeña, por ser la mejor compañera que dios me pudo haber puesto en mi camino, te amo

A mis hermanos, por su cariño y por el buen ejemplo que siempre me han dado

A mis asesores por su guía en esta gran empresa, y a todo el núcleo académico que conforma la MDA,

A aquellos que se convirtieron en mentores

A las grandes amistades que nacieron en este camino, hermanos por elección

Y a todos los que de una manera directa o indirecta participaron en la realización de esta Tesis, amigos, colegas, familia...

DISEÑO DE SUPERFICIES BIORECEPTIVAS

RESUMEN

A lo largo de la historia el ser humano se ha servido de la naturaleza y del conocimiento de la misma para la obtención de infinidad de recursos, los cuales ha transformado y utilizado para su subsistencia y beneficio. Esto da como resultado la creación de objetos, mecanismos y tecnología, a lo largo de la historia y que se encuentra en un constante devenir morfológico y conceptual. Por otro lado, la naturaleza ha aprovechado por millones de años los recursos y los ha transformado de tal manera que logra un equilibrio con el entorno.

Actualmente las manifestaciones en el campo diseño apuntan a tendencias en donde se buscan que los objetos reproduzcan acciones y gestos, que den lugar a hechos donde lo inanimado se vuelva animado, lo estático se convierta en transitorio. La biomimética aborda el análisis de los potenciales y las estrategias que utilizan los entes biológicos para crecer, reproducirse, adaptarse y cambiar ante las condiciones presentes de su entorno.

Entre algunas estrategias que se han ejecutado desde dicho enfoque y que son aplicadas en el diseño, se encuentra el uso de elementos vegetativos sobre los envolventes arquitectónicos, tales como las 'cubiertas verdes' y los jardines verticales, donde se tienen datos que propician el mejoramiento de la capacidad tér-

mica de estas pieles arquitectónicas (Oberndorfer et al., 2007). Aún se presentan algunos inconvenientes en el uso de dichas estrategias tales como el alto uso de recursos hídricos, el requerimiento de estructuras adosadas y de alto coste, aunado al requerimiento de sistemas robustos para su construcción y su mantenimiento.

En la búsqueda de propuestas y soluciones, por medio de estrategias pasivas, la presente tesis propone desarrollar tecnología e innovación aplicada en el desarrollo de una superficie bio-receptiva que genere las condiciones propicias para el desarrollo de agentes vegetativos propios de la región. Utilizando como base portante el concreto, uno de los materiales más comunes usados en la construcción en México (10° productor a nivel mundial de dicho material)(Ganesh Babu & Martínez González, 2018); modificando sus niveles de pH con el objetivo de generar un equilibrio para la proliferación de briofitos, en específico la especie *Polytrichum commune*. Mediante procesos experimentales iterativos, se busca una relación entre forma, superficie y composición material, para generar un prototipo que produzca condiciones de bio-receptividad.

Palabras clave: Responsividad, bio-receptividad, variabilidad, colonización, briofitos.

ABSTRACT

Throughout history, human beings have used nature and its knowledge to obtain an infinity of resources, which they have transformed and used for their subsistence and benefit. This results in the creation of objects, mechanisms and technologies, throughout history that are in a constant morphological and conceptual evolution. On the other hand, nature has used resources for millions of years and transformed them in such a way that it achieves a balance with the environment.

Currently the manifestations in the field of design point to trends where objects are sought to reproduce actions and gestures, which give rise to events where the inanimate becomes animated, and the static becomes transitory. Biomimetics deals with the analysis of the potentials and the strategies that biological entities use to grow, reproduce, adapt and change according to the present conditions of their environment.

Among some strategies that have been executed from this approach and that are applied in design is the use of vegetative elements on the architectural envelopes, such as the 'green covers' and the vertical gardens. There is data that shows that these strategies favor the improvement of the thermal capacity of these architectural skins (Oberndorfer et al., 2007). There are still some drawbacks in the use of these strategies, such

as the high use of water resources, the requirement for high-cost attached structures, plus the requirement for robust systems for their construction and maintenance.

In the search for proposals and solutions, by means of passive strategies, this thesis proposes to develop technology and applied innovation in the development of a bio-receptive surface that generates the favorable conditions for the development of vegetative agents typical of the region. Using concrete as a supporting base, one of the most common materials used in construction in Mexico (10th producer of said material worldwide) (Ganesh Babu & Martínez González, 2018); modifying their pH levels with the objective of generating a balance for the proliferation of bryophytes, specifically the species *Polytrichum commune*. Through iterative experimental processes, a relationship between shape, surface and material composition is sought to generate a prototype that produces bio-receptivity conditions.

Keywords: Responsiveness, bio-receptivity, variability, colonization, bryophytes.

CONTENIDO

PREAMBULO

MATERIA

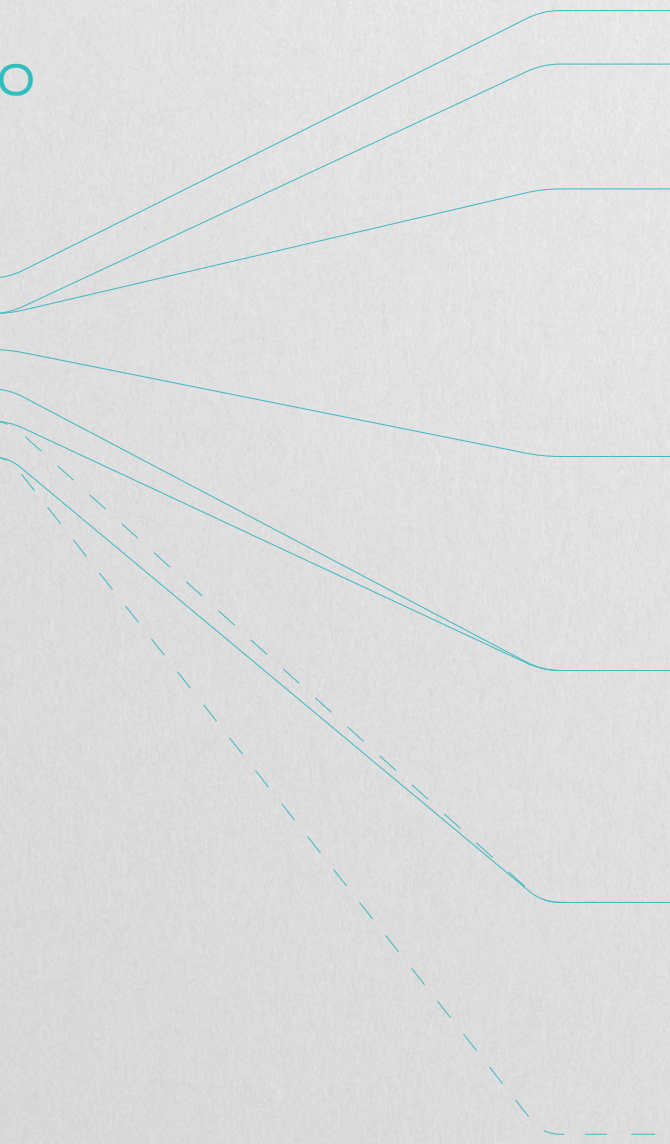
MÉTODO

DATA

EXPERIMENTACIÓN

PROCEDIMIENTOS

"split the world
into parts then
put the parts
together to
make wholes"
(Yuce,2020)



			3	Resumen Abstract
INTRODUCCIÓN	I		15	
			16	Planteamiento del Problema
			22	Justificación Objetivos Hipótesis
ESTADO DEL ARTE	II		25	
			26	Antecedentes
			32	Marco Conceptual
			42	Estrategias
			52	Autoridades
			50	Referentes
			70	Conclusiones Estado del Arte
METODOLOGÍA	III		75	
			76	Metodología Proyectual
			77	Design Thinking
			78	Análisis Biomimético
			80	Proceso de diseño de envoltente
PROCESO EXPERIMENTAL	IV		83	
			84	Análisis Situacional
			88	Especie Vegetativa
			100	Exploración - PMR
			116	Exploración - MSG
			122	Exploración - LZT
PROTOTIPADO	V		125	
			126	Indicadores de pH - MAB
			154	Exploración - SPF
			172	Prototipado molde
			182	Fabricación - SPF
			192	Exploración morfológica
CONCLUSIONES	VI		205	
			206	Proceso de colonización
			208	Escenario especulativo
			210	Reflexiones finales
			212	Bibliografía

INTRODUCCIÓN



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre las distintas problemáticas con las cuales nos enfrentamos actualmente en el mundo de la arquitectura y el diseño se encuentran los drásticos cambios en las condiciones climáticas de nuestro planeta, esto debido al abrupta modificación que el hombre ha hecho de su entorno natural. La manera en la cual opera el entorno construido genera 39% de las emisiones de CO2 a nivel global (Laski & Burrows, 2017).

Dentro de las distintas vertientes que contiene el campo del diseño, en específico la arquitectura, las envolventes o pieles arquitectónicas juegan un rol importante en el tema del control del confort, eficiencia y funcionamiento de una edificación, ya que es el elemento que protege al interior y a sus usuarios de las inclemencias externas. Entre las distintas propuestas y enfoques que nos acercan a variadas soluciones técnicas de elementos envolventes en la arquitectura se encuentran los envolventes verdes o muros verdes.

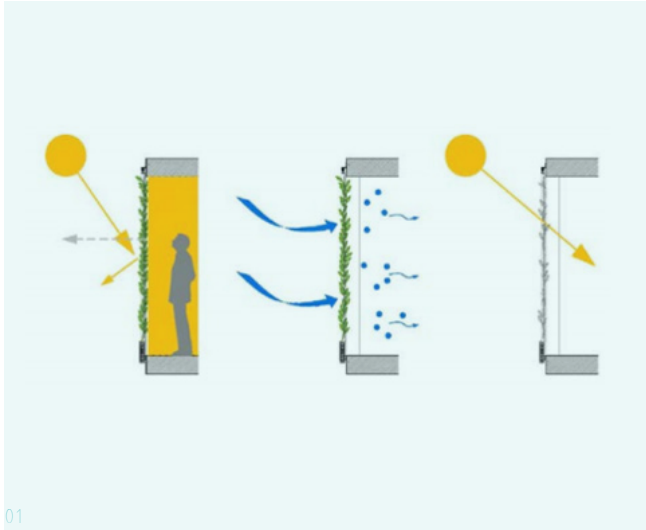
"Los edificios cambian el flujo de energía y materia a través de los ecosistemas urbanos, a menudo causando problemas ambientales. Estos problemas pueden mitigarse parcialmente mediante la alteración de las propiedades superficiales de los edificios. La adición de vegetación (...) puede disminuir varios efectos negativos de los edificios en los ecosistemas locales y puede reducir el consumo de energía de los edificios"

(Oberndorfer et al., 2007).

El nivel de tecnología, así como el uso de las especies vegetativas en conjunto con su contexto, influyen en la variedad de propuestas realizadas en el campo de las pieles con elementos vegetativos. Desde superficies de alta tecnología que dependen de un intrincado sistema de riego y monitoreo para hacer subsistir a los entes vivos, hasta propuestas donde se busca el uso de especies más resistentes y que cada vez ocupen menos mantenimiento e infraestructura.

En comparación con un estudio realizado en Alemania, el 5% de todas las fachadas de Berlín son verdes (Oberndorfer et al., 2007). En el caso de Morelia, no se cuenta con un conteo específico del número de edificaciones que utilizan dichos sistemas. Esto nos abre un gran campo de exploración en nuestro contexto.

Se tienen registro de que el uso de vegetación en fachadas ayuda a mejorar las condiciones de aislamiento hacia el interior de una edificación, Según Köhler en un estudio realizado en Berlín, Alemania, en invierno, las plantas de tipo enredadera denominados 'escaladores jóvenes' ayudan a generar una diferencia de



temperatura de $+3^{\circ}\text{C}$ en el interior de una edificación con respecto a la temperatura del exterior, esto registrado en el monitoreo de las noches más frías registradas en dicha temporada, que pueden llegar a los -2°C en promedio. Y en verano hasta -3°C en el interior (a la sombra), con respecto a la temperatura exterior que puede llegar a los 24°C (Oberndorfer et al., 2007) con un 25% de pérdida de calor para una fachada (dependiendo del aislamiento del edificio).

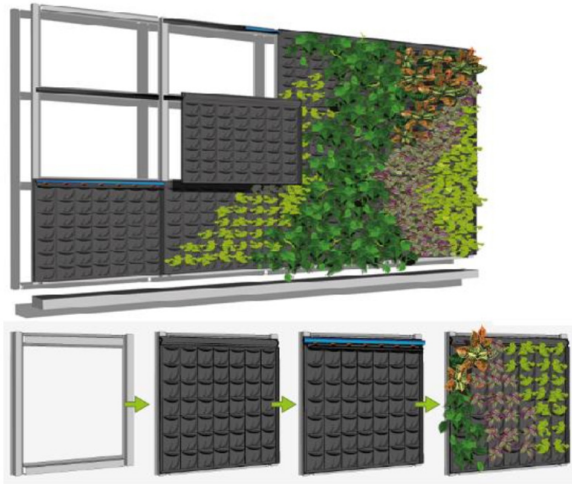
Así mismo generan otros beneficios indirectos como la reducción de ruido, dependiendo de la robustez de la capa vegetativa, el consumo de energía necesaria para el mantenimiento de los climas interiores, de-

bido a que la vegetación en proceso de crecimiento intercepta y disipa la radiación solar.

El uso de especies vegetativas (más en el caso de los techos verdes) pueden ayudar a mitigar la escorrentía de aguas pluviales de las superficies de los edificios al retener la precipitación, reduciendo así el volumen de flujo hacia la infraestructura de aguas pluviales urbanas y vías fluviales. Propicia mejores condiciones para el hábitat de la vida silvestre, mejora de la calidad del aire y reducción del efecto de isla de calor urbano (Oberndorfer et al., 2007), además del beneficio de mejorar la percepción estética de un espacio o un ambiente ya sea interior o exterior.

En México, por medio de la "Ley General del equilibrio ecológico y la protección al ambiente" se busca promover el uso de eco tecnologías referentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente (La & Hurtado, 2016). En contraparte, existe una contraparte, con respecto al estudio de la implementación de especies vegetativas para los envolventes arquitectónicos, ante una ausencia de especificaciones técnicas y normativas con respecto a su implementación y utilización, además del alto costo que implica la

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



02

construcción y mantenimiento de los muros verdes, que constan de un sistema de estructura adosada, ya sea de acero inoxidable, aluminio (...), además que esta debe soportar el peso que genera el sustrato vegetal, el cual se sostiene por medio de una geo membrana en donde se puede depositar la cantidad necesario de tierra y nutrientes para el crecimiento de la planta, además del peso de la planta misma, con su sistema de riego automatizado o hidropónico en algunos casos. Ya sea también que cuente con un sistema de recirculación de agua o que sea solo de agua perdida.

Al no encontrarse referencias locales de precios pa-

ramétricos estandarizados del m² de construcción de un muro verde, se toma el ejemplo de los precios europeos, en específico la referencia de España, en donde se estima que el costo mínimo se encuentra alrededor de los 190 € (Cuanto Cuesta Un Jardin Vertical | Precio Jardin Vertical, n.d.) (aproximadamente \$4,670.00 MXN). Como hemos comentado anteriormente el sistema puede variar en regiones además de los elementos a utilizar las especies vegetativas a implementar.

En un cambio de escala se han propuesto distintas soluciones con base en el estudio de las estrategias de especies vegetativas más resistentes. En el reino vegetal (Methaphyta /Platae), se subdivide en tres grandes dominios que son los Gimnospermas (plantas/arboles con semilla, sin flor ni fruto), Angiospermas (plantas con flor o fruto y semilla), Filicíneas (helechos), Lycopodiáceas (de pequeño tallo con solo un filamento), Equisetáceas (plantas de un solo tallo, la mayoría fósiles), las Algas verdes y rojas (marinas) y las Briofitas. Las briofitas o comúnmente conocidas como musgos son plantas verdes, generalmente pequeñas, miden desde unos milímetros hasta 20-30

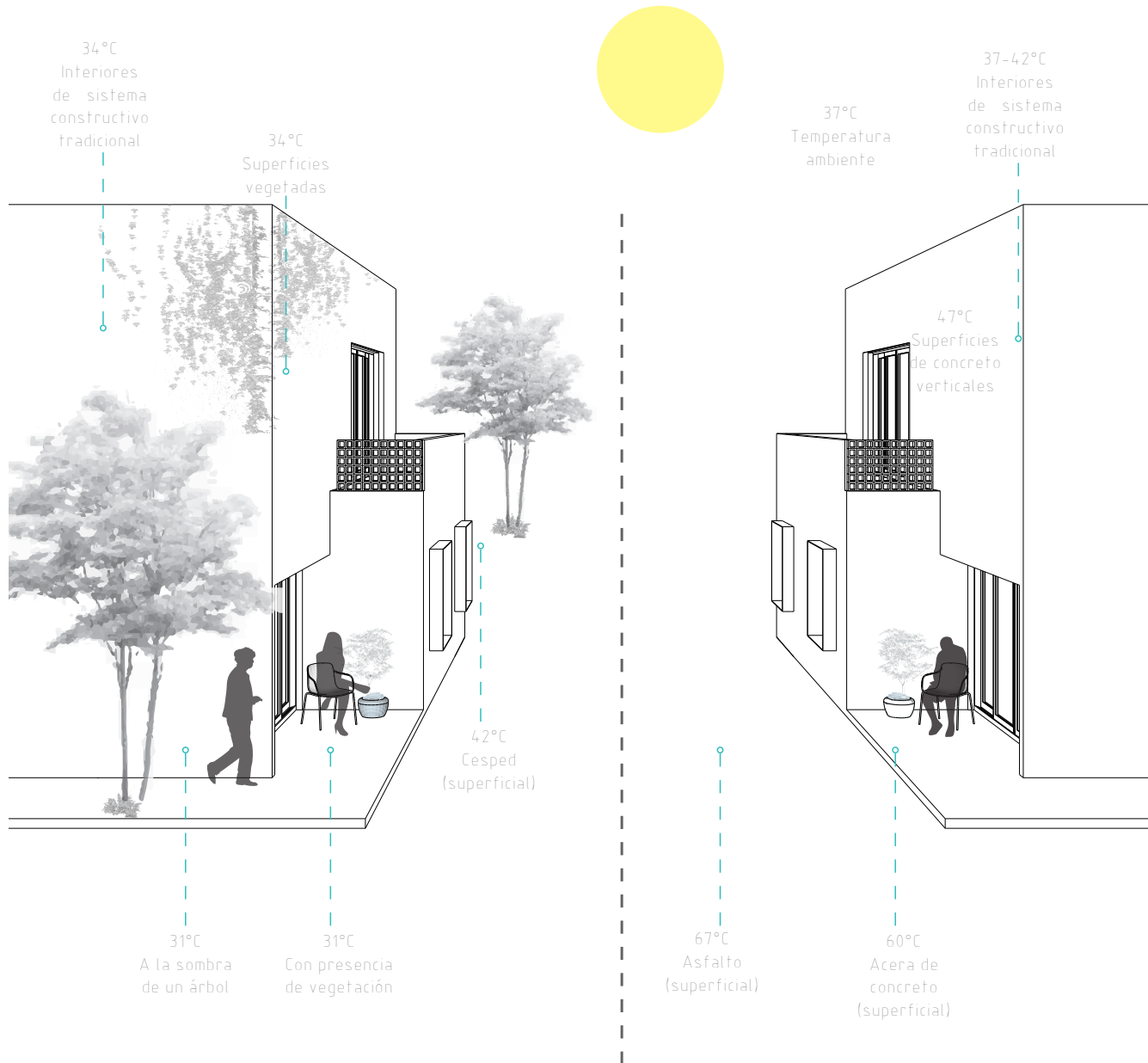
01) Composición de los muros verdes tradicionales (Estructura, sustrato y vegetación seleccionada. 02) Esquema beneficios de incidencia solar y confort de muros verdes.

cm, aunque en algunas formas erectas o con tallos colgantes alcanzan en ocasiones casi 1 metro. Viven sobre el suelo, rocas o flotado en agua dulce (Delgadillo-Moya, 2014).

Por sus características, generan interés en el campo de estudio de la fabricación de concretos bio-receptivos, ya que no requieren de gran mantenimiento, crecen de manera aleatoria en superficies donde se generan las condiciones adecuadas de humedad y asoleamiento necesarias para obtener sus nutrientes. Sus bases portantes pueden llegar a ser muros de diversos materiales en donde crecen de manera aleatoria. Esto abre las puertas a la utilización de especies vegetativas que requieren de un mínimo de mantenimiento y que pudieran generar condiciones de mejoramiento de la capacidad térmica de los materiales de construcción, en este caso específico el de los envolventes arquitectónicos.

03) Diagrama de comparación de la temperatura con y sin implementación de vegetación en su arquitectura.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



JUSTIFICACIÓN

Ante la propuesta de generar un acercamiento entre el control de la materia viva y su proliferación en ciertos materiales propensos a ser colonizables, se pueden aprovechar dichas propiedades para su integración en nuestro ambiente construido, dando alternativa a aquellos proyectos y edificaciones que no contemplan aspectos de sostenibilidad, eficiencia energética y confort, por medio del diseño de superficies, de uso común en la construcción, como lo es el concreto. La utilización de este como base portante, modificando sus propiedades, pueden generar ciertos niveles de bio-receptividad.

Es por esto que resulta de especial interés conocer los elementos y procesos experimentales que nos permitan crear las circunstancias favorables para la fabricación de este tipo de superficies y así aprovechar sus capacidades de aislamiento.

El registro de los procesos experimentales, puede traer consigo importantes beneficios, el crear una propuesta para generar espacios con un mejor confort térmico, y poder obtener propuesta de muros verdes que requieran un menor mantenimiento, así

como explorar nuevos lenguajes tectónicos en los envolventes arquitectónicos.

Así mismo este tipo de proyectos que integren cada vez más los elementos naturales en su entorno construido pueden propiciar una cultura de mayor entrelazamiento entre la naturaleza y el ser humano.

Por otro lado, el presente trabajo de investigación pretende aportar datos metodológicos y de experimentación para contrastarlos con otras propuestas similares, analizando las distintas variables aplicadas a los prototipos generados, que puedan abrir más el campo del conocimiento sobre la temática.

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

El diseño y materialización de una pieza física para su inserción en pieles arquitectónicas, que pueda crear las condiciones necesarias de bio-receptividad para la proliferación de elementos vegetativos, en este caso específico de musgos de la familia polytrichaceae, tomando como base sustentante el concreto

simple y sus modificaciones compositivas.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Exponer y analizar los antecedentes de las distintas estrategias y casos de éxito, aplicados en la integración de elementos vegetativos al concreto para pieles arquitectónicas.
- Realizar modificaciones a la mezcla tradicionales del concreto simple para poder generar las condiciones ideales de bio-receptividad para la proliferación de elementos vegetativos en su superficie.
- Analizar y seleccionar especies vegetales específicas, de preferencia especies endémicas, para su introducción en el elemento de físico de concreto.
- Diseñar la morfología de la pieza mediante exploraciones análogas y digitales, en donde ambos rocesos se retroalimentarán entre sí, y llevar a cabo los ajustes pertinentes durante el proceso de iteración para lograr la mayor efectividad posible y optimización de su funcionamiento. Esto, retomando procesos creativos experimentales y metodologías de diseño como: 'Metodología Proyectual' y 'Design Thinking'.

HIPÓTESIS

La hipótesis del proyecto se basa principalmente en proponer una pieza materiales que integren propiedades de bio-receptividad con el uso de especies de Briófitos endémicos, que en su proliferación se espera que genere envolvente arquitectónica, que pueda mejorar las capacidades térmicas de envolventes fabricados con concreto. Se propone además crear una alternativa de integración entre la naturaleza y nuestro entorno construido para obtener beneficios como estéticos, formales y de transformación del contexto construido.

ESTADO DEL ARTE



ANTECEDENTES

Las referencias del uso de la vegetación en el diseño de espacios van desde funciones ornamentales, de confort, para la demostración de poder político y manifestaciones religiosas, entre otras. Referentes como los templos del Egipto antiguo, Los Zigurats de Mesopotamia, Los Jardines Colgantes de Babilonia, referte histórico-cultural de la conjunción de la naturaleza con la arquitectura; los Hortus del Imperio Romano, en donde se vislumbraba la distinción de jardines para el disfrute de la población en general (espacio público)

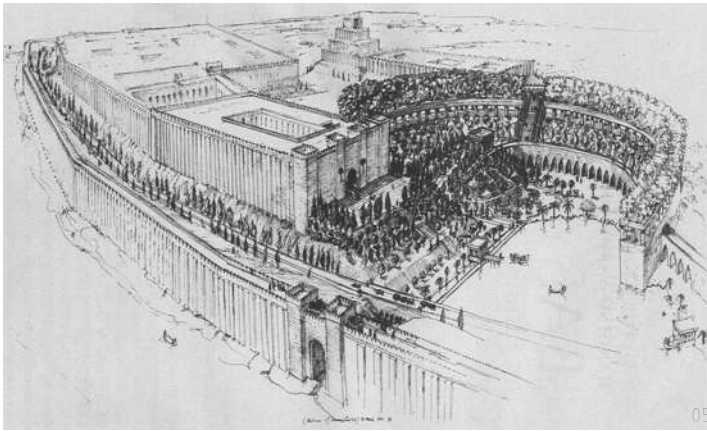
En la época del renacimiento, se toman elementos idílicos como los jardines colgantes y varios referentes de la arquitectura oriental y se introduce el uso

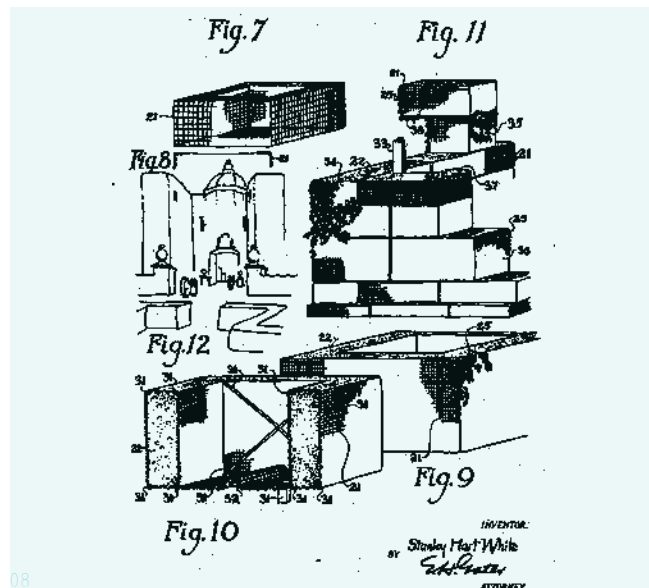
de terrazas y jardines elevados. Manuscritos como los de Leonardo da Vinci, donde plantea un tipo de urbanismo a distintos niveles con jardines colgantes y terrazas con jardines elevados para la reforma de Milano (Leal. F., 2009).

A raíz del comienzo de la era de la revolución Industrial, en el mundo occidental comienza a dejar de lado la tradición vernácula de la construcción de edificaciones para dar paso a los procesos constructivos industrializados. Por lo tanto, los elementos ve-

04) Representación de los Jardines colgantes de Babilonia 05) Zigurats de Mezopotamia. 06) El edificio Ahmedabad Textile Mill Owners 'Association House, Le Corbusier 07) Fresco en una casa de la antigua Pompeya (S. I A.C.), representación de un jardín.

ANTECEDENTES





getativos reducen su uso a un mero ornamento.

No es hasta el siglo XX en donde el concepto del uso de la naturaleza en la arquitectura y el urbanismo cobra un nuevo sentido. La arquitectura racionalista de principios de siglo busca dar solución técnica, social, cultural y ambiental a las distintas problemáticas que surgen del habitar.

En la segunda mitad del siglo XX la conciencia acerca de la conservación de los ecosistemas y los movimientos ecologistas comienzan a tornar su visión de la conservación de la naturaleza como su principal objetivo, influenciando otros campos del conoci-

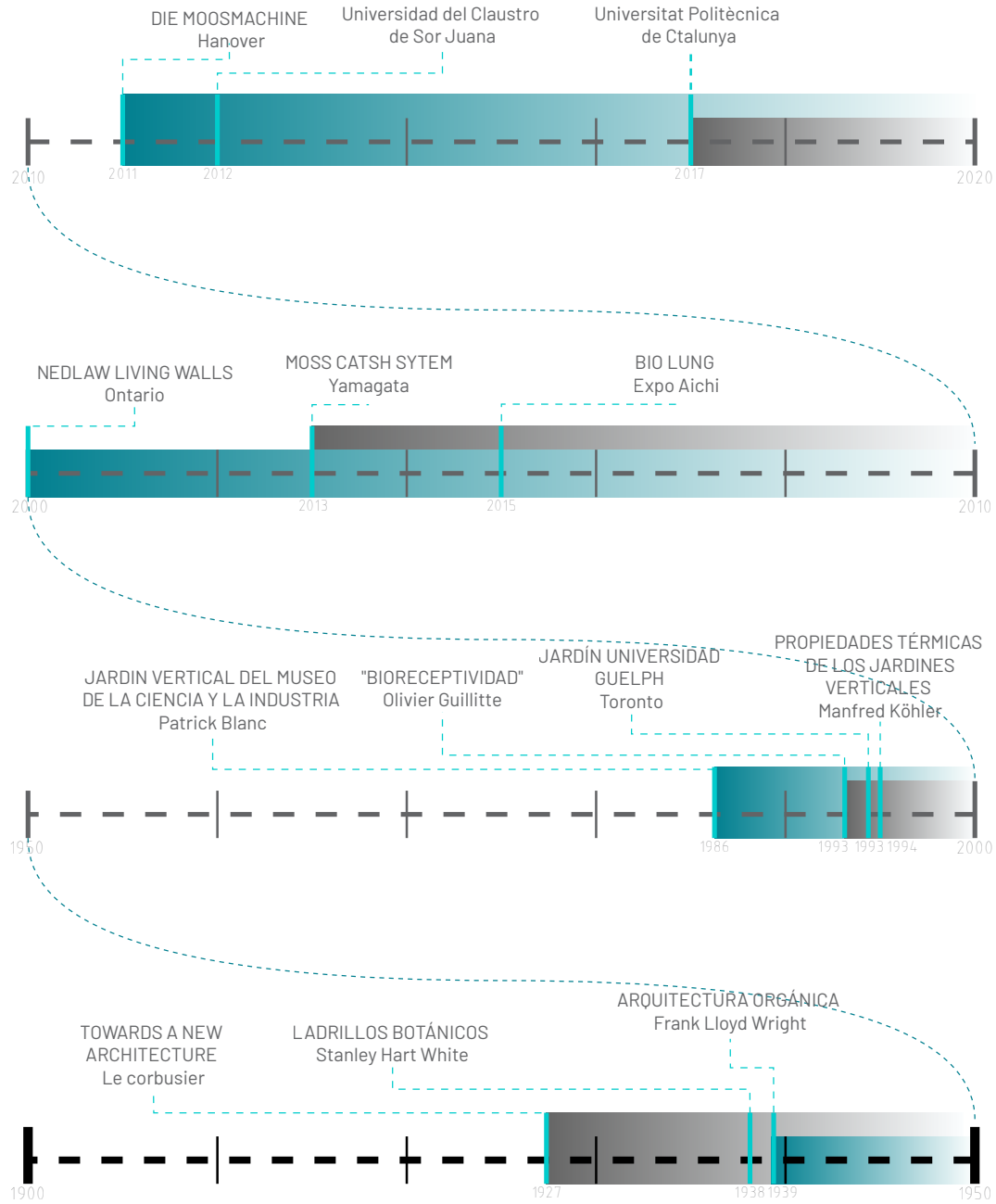
miento, como la arquitectura.

En el año de 1938 el arquitecto Stanley Hart White propone el "Vegetation-bearing architectonic structure and system" o sistema/estructura arquitectónica soportante de vegetación. La patente consta de elementos similares a los ladrillos, pero conformados por un exterior de mallas que contienen en su interior una mezcla específica de tierra y composta seleccionada, con ciertas semillas de enredaderas, algunas similares a las vides, para generar al poco tiempo, con la constante dosificación de agua, el crecimiento de un follaje denso en su superficie (White, 1938).

Desde un punto de vista formal y conceptual, el arquitecto estadounidense, Frank Lloyd Wright, acuña el término "arquitectura orgánica". Esto basado en el conocimiento de las relaciones de forma y función, centrado en el trabajo de Louis Sullivan ("la forma sigue a la función"), pero dando un sentido holístico donde la observación axiomática de que la forma y la función no están simplemente ligadas, sino que son

08) Esquema del sistema/estructura arquitectónica soportante de vegetación, Stanley Hart White. 09) Línea del tiempo de algunos de los casos más relevantes relacionados con el uso de la vegetación integrados en la arquitectura.

ANTECEDENTES



integrales ("la forma y la función son una"). Como lo es en la naturaleza. Formula algunas proposiciones centrales de organicidad entre las que destaca la concepción de la arquitectura a través de la observación de la naturaleza:

"Un edificio debe parecer crecer fácilmente a partir de su sitio y tener la forma como si fuera creado por la naturaleza para y a partir de ese paisaje".

"El color debe derivar de los campos y bosques para adaptarse a estas formas naturales".

Wright no intenta imitar la naturaleza de una manera alusiva o formal, busca interpretar los principios de la naturaleza, con un lenguaje acerca de las propiedades de los materiales y el respeto por la relación entre forma, diseño y función de sus edificaciones. (Arquitectura orgánica y el ecosistema sustentador | Fundación Frank Lloyd Wright, n.d.).

Posteriormente viene aportes como los de Patrick Blanc, destacado botánico francés, en donde el término muro verde se populariza a nivel global y propone técnicas innovadoras en lo que respecta a un sistema más estandarizado y funcional acerca del

funcionamiento y operación de elementos verticales con vegetación.

Ingeniero ecológico y especialista en especies vegetales tropicales, crea una de sus primeras instalaciones destacadas en el año de 1986 en el museo de la ciencia y la industria de París.

Destaca también el trabajo del investigador alemán Manfred Köhler, el cual estudió las propiedades térmicas de los jardines verticales, cómo la capa aislante verde que enfría los edificios en verano y retiene el calor en invierno. Manfred Köhler colabora con investigadores de todo el mundo y ha contribuido a una famosa guía alemana de jardinería vertical: *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege Von Fassadengegrüngen*, publicada en 1995. (Oberndorfer et al., 2007).

Así como el trabajo de Olivier Guillite, donde define el término bio-receptividad. Propone un concepto de bio-colonización de los materiales de construcción y propone una nueva escala en el concepto de la utilización de la vegetación en la arquitectura (1995). (Guillitte, 1995).

Actualmente existen varios sistemas, que replican los mismos principios del uso de especies vegetativas, con diferencias en sus elementos constructivos y tecnología. Algunas tienen en común la utilización de especies como el musgo, ya que se encuentra presente en la mayor parte del mundo. Ha evolucionado para adaptarse a varios tipos de ecosistemas ya que son el primer grupo de plantas terrestres que se diversificó a lo largo de la tierra. Varios proyectos tanto académicos como de carácter particular han producido prototipos que tienen la particularidad del uso de musgos en sus sistemas de fachadas verdes. Destacan: Nedlaw living walls, con base en Canadá; Die Moosmaschine, en Alemania; Woolvly Moss y Moss Catch System Yamagata, Japón; y el "Conjunto Multicapa en base a cemento" en España de Sandra Manso.(Verdes et al., 2017).

Cada uno con distintos enfoques como: la purificación del aire tanto en interiores como en exteriores, la disminución de las islas de calor, la preservación de los materiales constructivos mediante capas vegetales amortiguadoras ante la intemperie y mejorar la eficiencia energética de los edificios.

MARCO CONCEPTUAL

Dentro de los conceptos clave que conforman el eje vertebral del trabajo de investigación, surgen términos que guardan relación entre la coexistencia de lo artificial con la materia viva, la interrelación de lo producido por la mano del hombre con la naturaleza. Esto crear una relación de transversalidad de conocimientos entre la biología, la botánica y la tecnología de materiales, buscando un punto de convergencia a través del diseño. A continuación, se definen y discuten algunos conceptos a tratar.

RECEPTIVIDAD

En la medicina se refiere a la “predisposición del organismo a contraer ciertas enfermedades de carácter infeccioso” (receptividad | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE, n.d.). Uno de los términos surgidos a finales del siglo pasado y que hace referencia a como los objetos de diseño y las obras arquitectónicas tienen la función de ser cambiantes, es el ‘diseño responsivo’.

Aunque el concepto tiene una connotación negativa, habría que determinar qué tipos de agentes son los que benefician o podrían complementar la función de un material, ya sea para hacerlo más resistente, aislante y/o biodegradable. El concebir a un material como cambiante a través de la acción de microorganismos nos

hace adéntranos más a un conocimiento holístico sobre la arquitectura. Identificando cuales son los elementos que buscamos tengan receptividad, podemos tener un nivel de especificidad que contemple acciones concretas en un material.

BIO-RECEPTIVIDAD

El término se podría definir como “la aptitud de un material (o cualquier otro objeto inanimado) para ser colonizado por uno o varios grupos de organismos vivos sin necesariamente sufrir ningún bio-deterioro” (Guillitte, 1995).

Guillitte clasifica tres diferentes tipos de bio-receptividad:

- 1 La primaria hace referencia la receptividad específica del potencial inicial de colonización.
- 2 la secundaria se refiere a las nuevas propiedades como consecuencia de la acción de organismos colonizadores u otros factores,

3 Y la terciaria corresponde a modificaciones de las bio-receptividades primarias o secundarias por actividades humanas (Manso et al., 2014).

Biodegradación o bio-deterioro hacen referencia a la degradación de sustancias o compuestos químicos bien definidos. Estos términos tienden a dar connotaciones negativas y, a veces, totalmente subjetivas a la "colonización". De hecho, la invasión de materiales por organismos vivos no necesariamente conduce a la degradación física y/o química, sino simplemente a cambios de color reversibles que se perciben de manera diferente según el tipo de construcción, la ubicación y la persona que los estudia (Guillitte, 1995).

Algunos autores consideran que los cambios de color son estéticamente agradables, les atribuye un papel protector contra la agresión inducida por el hombre o el clima y sugiere que tienen un efecto de limpieza que beneficia al medio ambiente. Otro factor que puede ser benéfico es que los organismos vivos en un ambiente urbano, pueden funcionar como bio-indicadores acerca de las condiciones climáticas y ambientales presentes en el contexto. La arquitectura podría fungir como un organismo indicador de

la ciudad.

COLONIZACIÓN

El término colonización, específicamente, hace referencia a las condiciones que deben cumplirse para albergar, desarrollar y multiplicar organismos biológicos. Excluye la capacidad de un material de recibir organismos vivos en una manera transitoria y fortuita (Guillitte, 1995).

En este orden de ideas, implica que existe una relación ecológica entre el material y los organismos colonizadores. Para plantear cuales podrían ser las condiciones que debe de cumplir un material para ser colonizado, es necesario conocer, investigar y clasificar, las condiciones en las cuales un organismo vivo se desarrolla de manera natural.

Aunque el objetivo de en la industria de la producción de materiales y elementos de construcción está enfocado en producir elementos imperecederos, por cuestiones de seguridad, mercado, entre otras, el considerar la colonización cambiaría el paradigma de como construimos y concebimos la arquitectura; constriñe al campo del conocimiento del diseño el integrar seres vivos, con un debido control y conocimiento de la técnica.

SUCEPTIBILIDAD

En el campo médico, el término "susceptibilidad" es utilizado para describir la vulnerabilidad de un organismo a enfermedades, especialmente enfermedades infecciosas. En la medicina veterinaria se define la susceptibilidad como la "aptitud de un organismo para albergar un patógeno, para permitir su desarrollo o multiplicación, sin necesariamente sufrimiento" (B. Toma et al., 1991). Este término se traduce de manera literal debido a su origen anglosajón, pero se podría relacionar con el término de 'receptividad'.

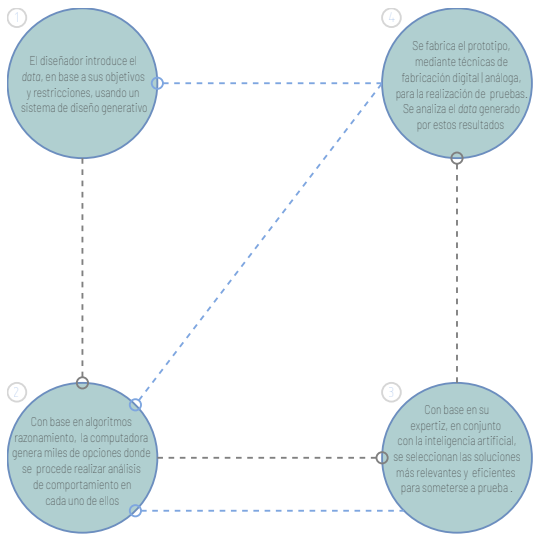
Por mencionar otro concepto como la 'simbiosis', donde se produce una asociación íntima de un organismo de especie distinta para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital (Oxford Languages and Google - Spanish | Oxford Languages, n.d.), este término podría aplicarse a la simbiosis del material con un organismo vivo, donde el primero genere microambientes favorables para la presencia del agente vivo y viceversa.

DISEÑO GENERATIVO

Es la colaboración de las computadoras, que por medio de programas utilizan scripts (algoritmos),

que potencian de manera ilimitada el procesamiento de datos y herramientas, para obtener infinidad de opciones para la solución de un problema de diseño. El factor humano se encarga de introducir información específica como tipos de materiales, fuerza, resistencia, costo (para objetos y construcciones) y/o datos estadísticos como población, territorios, geografía (...), utilizando su propio razonamiento, dichos scripts generan infinidad de opciones que de manera tradicional no se podrían realizar en tan corto tiempo. Es posterior a este paso donde el diseñador, ingeniero o experto, en base a su conocimiento y perfil, identifica y selecciona o discrimina la solución adecuada a sus objetivos y alcances; no sin antes determinar y evaluar por medio de la asistencia de Ai (inteligencia artificial con sus siglas en inglés), las soluciones más relevantes. El siguiente paso es la fabricación de un prototipo (por medio de impresión de tecnología aditiva, corte laser CNC, extrusión, entre otras), para su comprobación. Si es necesario se regresa a la etapa de selección de opciones para fabricar un nuevo prototipo (What is Generative Design?, n.d.).

Esto apunta a que los métodos de diseño, incluyendo a la arquitectura deberían ser más precisos, justos y



10

francos en el sentido de producir la mejor y más lógica solución a un problema, esto sigue en discusión ya que como menciona Latour “La ciencia no está “hecha de mineral científico puro”(Proctor, 2002).

Existe el dilema del sesgo científico acerca del modo en el cual utilizamos las nuevas herramientas de fabricación digital, de cómo esto está sujeto a cuestiones de mercado, gobierno y sociedad. A los objetivos de instituciones (tanto privadas como educativas e institucionales). “Los productos de la ciencia plantean dilemas éticos que evocan preocupaciones religiosas”(Proctor, 2002).

El sesgo del diseñador muchas veces apunta a soluciones que dejan entrever sus inclinaciones tanto técnicas, como estéticas. Algunos casos en donde nos encontramos con la más eficiente solución, entran en juego factores económicos, culturales y sociales, donde el diseñador tiene la tarea de “balancear” dichos factores y encontrar el punto medio para llevar cabo con éxito la solución a una problemática específica.

Actualmente el factor ambiental y de crisis climática han influenciado de manera directa el quehacer de los diseñadores, ya no por una cuestión ética o moral si no por necesidad y emergencia.

DISEÑO RESPONSIVO

Es aquí donde comienza la aplicación de las teorías acerca de la articulación de los edificios para generar una respuesta al entorno. En algunos casos, inspirada en procedimientos biológicos, químicos, físicos, presentes en el medio. Según Philippe Beesley, la responsividad es un término que se usa para “hablar de cómo los sistemas naturales y artificiales pueden interactuar y adaptarse. Hablando de evolución, po-

10) Esquema general del proceso del diseño generativo.

dríamos pensar en cómo los entornos actúan a través de la selección natural en diversas poblaciones. Si bien su definición tradicional es literal, también queremos incluir la acción consciente. La capacidad de respuesta implica 'sensibilidad'(Beesley et al., 2006). El sistema responsivo no solo cumple con una función lineal, sino que se retroalimenta por medio de la acción del usuario, el ambiente responde a la estimulación de su principal agente, y realiza un cambio en el entorno (Philip Vlasak, 1973).

En referencia a la colonización, termino anteriormente descrito y que tienen relación con el diseño responsivo, Guillite menciona que ciertos materiales que contienen algunos organismos, "el color cambia para ser estéticamente agradable, les atribuye un papel protector contra el hombre o agresión inducida por el clima y sugieren que tienen un efecto limpiador que beneficia al medio ambiente" (Guillitte, 1995).

El cambio de coloración en la vegetación indica cambios tanto físicos como químicos a causa de las temporadas del año. Son prueba clara de la capacidad bio-indicadora que tiene la naturaleza implícita en su conformación biológica. Más allá de la replicación de movimientos o articulaciones de elementos mecáni-

cos en una fachada, surge mayor interés en el estudio de los cambios biológicos, que se manifiestan en la naturaleza de diversas maneras.

En el campo de la botánica, por ejemplo, el uso del musgo *Bryum argenteum*, es útil en el monitoreo del grosor de la capa de ozono en la Antártida porque tiene la capacidad de variar la producción de flavonoides con estímulos de UV-B (Morales et al., 2017).

BIOMIMÉTICA

Su objetivo es el análisis de la naturaleza para motivar la creación e innovación humana, es una labor multidisciplinaria (ingeniería, diseño, medicina, arquitectura, artes, música, etc.), y fundamentada en los conceptos de las ciencias biológicas, físicas y químicas, con el fin de obtener artificialmente productos o procesos que posean las cualidades de lo natural. El análisis biomimético produce ideas que, siendo reproducidas artificialmente, emulan la funcionalidad y los beneficios de lo natural.

En esta búsqueda, las especies sirven de referente desde la multiplicidad de formas, materiales y mecanismos compuestos por células, sustancias, tejidos, órganos y sistemas integrados para cumplir



11

alguna tarea. Así, las estrategias de la naturaleza o de la vida, se basan en integrar perfectamente estos componentes en una unidad llamada organismo, que se ha adaptado perfectamente a las condiciones en las que habita.

En este sentido, cada especie presenta particularidades en las habilidades para sobrevivir y reproducirse en su medio natural, desarrolladas durante miles o millones de años de evolución y gradual adaptación al ecosistema. Entonces, cada organismo presenta infinidad de miradas en torno a la biomimética gracias al análisis detallado de sus componentes y de acuerdo a nuestras necesidades o preguntas (Biomimética Biomimética y diseño, n.d.).

Tomando en cuenta las cuestiones aplicativas a los términos antes descritos, hacemos referencia a los envolventes arquitectónicos que son nuestro objeto de estudio. La envolvente ha llegado a formar parte importante en el campo del diseño, ya que desde distintos enfoques tanto técnicos como epistemológicos, representan cuestiones desde estéticas y de diálogo con las distintas capas del contexto (social, cultural, económico, ambiental, tecnológico). Actualmente es un elemento determinante que representa los avances tecnológicos para enfrentar las inclemencias del exterior.

11) Diagrama de funcionamiento de mecanismos naturales (.

Si bien el término biomimética se ha generalizado como un modelo de inspiración basado en la naturaleza, expresado de manera meramente formal, la presente investigación se basa en el objetivo de generar los procesos, estrategias y potenciales biomiméticos para el desarrollo de especies vegetativas aplicadas en envolventes arquitectónicos. La determinación de los elementos que funjan como provocadores de colonización en un envolvente resultaran producto de dichos procesos.

SUSTENTABILIDAD

Sustentabilidad

La sustentabilidad es un término muy utilizado actualmente que ha tenido un impacto en la mayoría de los campos del conocimiento, existen diversas definiciones de dicho término, por lo cual nos apegaremos a los términos que define la siguiente:

“El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Marcuse, 2006).

Según Marcuse se debe de ver a la sustentabilidad como una serie de restricciones, ya que el verlo como un objetivo, propiciaría a replicar los sistemas

económicos, políticos, sociales y referente al diseño, podríamos caer en el error de encajar nuestras prácticas en dicho paradigma.

La problemática se encuentra en los procedimientos tradicionales con los cuales realizamos el quehacer del diseño. Hacer encajar las líneas de producción, construcción o fabricación, en los términos de la sustentabilidad, no llevan a replicar las mismas prácticas que nos han situado en la crisis ambiental actual.

Para el caso particular de esta investigación, entendemos que los materiales comúnmente utilizados en la construcción, como es el caso del concreto, no pueden dejar de ser utilizados abruptamente; pero el repensar su uso, e incluir elementos como residuos naturales o de construcción en ellos para aminorar su volumen de uso, o generar las condiciones para que estos tengan una segunda función como base portante biológica, podrían significar alternativas para la regeneración de los ecosistemas urbanos.

La expansión de los asentamientos humanos, una de las principales problemáticas de hoy en día, no lleva a replantearnos el modo en el cual dichos asentamientos están planteados para su crecimiento y evolución. Estos han modificado el ambiente y han traído consigo condiciones en las cuales se ven puesto en

peligro los recursos naturales para futuras generaciones. Sin profundizar demasiado surge el termino de ecología urbana, en donde:

"...El considerar a la ciudad como un ecosistema ayuda a entender su funcionamiento y resulta esencial para diseñar estrategias de futuro y vigilar su desarrollo (Terradas & Franquesa, 2011)."

CONFORT

El término "confort" es un galicismo cuyo significado puede asimilarse al concepto de bienestar, aunque éste parece ser más amplio y relacionado directamente con la salud. La Organización Mundial de la Salud define la salud como "el estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades" (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Por otra parte, podemos describir el confort como el estado físico y mental en el cual el hombre expresa satisfacción (bienestar) con el medio ambiente circundante. Como se puede apreciar no existe diferencia significativa entre las dos definiciones, sin embargo, conceptualmente la primera se refiere a

un estado temporal más amplio (aunque no permanente) y además abarcando aspectos que no son considerados por el segundo.

La palabra confort se refiere, en términos generales, a un estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios.

El confort es un estado físico y mental en el cual el hombre expresa satisfacción con el medio ambiente circundante. El término confort considera factores físicos, psicológicos y sociales del individuo. Es un estado de percepción ambiental, el cual está determinado por el estado de salud del individuo, pero considera factores distintos externos e internos.

- Factores internos: Raza, sexo, edad, características físicas y biológicas, salud física o mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica, experiencia y asociación de ideas, etc.

- Factores externos: Grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta, factores ambientales como temperatura del aire, temperatura radiante, hume-

dad del aire, radiación, velocidad del viento niveles lumínicos, niveles acústicos, calidad del aire, olores, ruidos, elementos visuales, etc. (Fuentes Freixanet, 1997).

ENVOLVENTES ARQUITECTÓNICAS

Actualmente el rol que juega el tema de las envolventes arquitectónicas tiene especial importancia, ya que en el estudio de estas se ha creado numerosas propuestas, técnicas, tecnologías y posturas, en donde este elemento llega a conformarse como nuestra tercera piel protectora, antecedida de nuestra vestimenta y antes que esta la corpórea.

La envolvente arquitectónica, en el estudio de su forma y la geometría de sus vanos y ventanas, permite el ingreso de la luz natural a la edificación, y en conjunto con la selección de sus materiales de construcción son los encargados de realizar los intercambios de calor entre la arquitectura interior y el entorno (Goia et al., n.d.).

CONCLUSIONES:

El rol del potencial biológico presente en la biodiversidad de nuestra región, puede dar respuesta a

las distintas alteraciones que sufre el metabolismo urbano de ciertos asentamientos humanos. En este caso particular de Morelia, el proyecto se centra en el diseño y fabricación de envolventes de muros vivos, que a través de la identificación de las estrategias biomiméticas, puedan originar un acercamiento a los siguientes resultados:

- Generar las condiciones propicias para generar un ambiente bioreceptivo.
- Describir las cualidades, potenciales biomiméticos para así realizar la selección de la especie que cuente con las condicionantes adecuadas para adaptarse a un ambiente en su superficie como lo es el concreto.
- Generar por medio del manejo de la materialidad y la forma, colonización de nivel primario y secundario, desglosar las características de cada uno de estos en el proceso del análisis de resultados.

ESTRATEGIAS

Referente a los usos de la integración de sistemas y soluciones en la arquitectura en específico de los envolventes arquitectónicos, se plasman a continuación distintas estrategias, que nutren la investigación acerca de este tema. El nivel de tecnología es diverso en cada una de las propuestas, por lo que se trata de dar un esquema general acerca de la influencia del diseño en la resolución de pieles arquitectónicas. Se exponen de manera que los sistemas se van complejizando y van añadiendo tanto en su composición formal como en los procesos de diseño elementos y estrategias biológicas reponsivas.

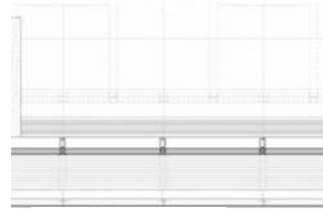
DOBLES FACHADAS

La fachada de doble piel es un tipo de construcción compuesta por varias capas, teniendo cada una su propia función dentro de un solo conjunto. El sistema consta de una primera piel compuestas de fachadas integrales acristaladas o algún tipo de elemento divisorio, seguido de una cámara de aire o espacio intersticial, y una segunda piel exterior, compuesta en ocasiones por celosías, louvers, parasoles, entre otros. También es común la incorporación de sistemas de protección solar en dicha cámara.

ESTRATEGIAS



MURO CORTINA ELEVACIÓN



MURO CORTINA PLANTA



CORTE POR FACHADA

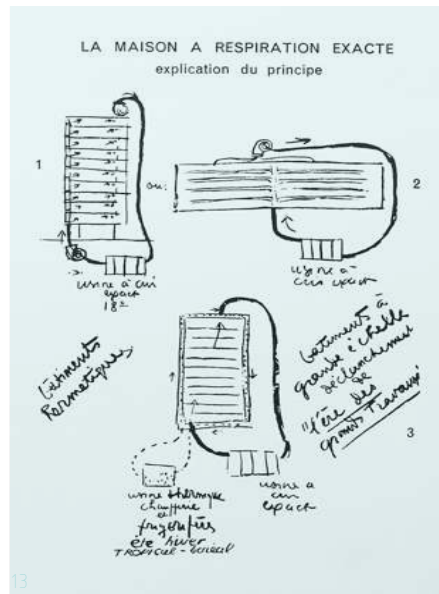
12

Aunque el sistema de doble fachada es tema de estudio en la actualidad y ha sido popularizado sobre todo por los proyectos con certificación sostenible. Le Corbusier hizo sus primeras investigaciones sobre cómo incorporar tuberías de frío-calor en cámaras de aire de cierto espesor cerradas por grandes acristalamientos en ambos lados. Este concepto fue bautizado como “mur neutralisant”, o muro neutralizante en su traducción literal (Ramírez-Balas et al., 2015).

Los sistemas constructivos actuales consisten en edificios acristalados con condiciones interiores adecuadas, se intenta optimizar el uso de energía de la edificación. En edificaciones verticales, principalmente los edificios con grandes superficies acristaladas, el costo suele ser bastante elevado considerando que para lograr las condiciones interiores adecuadas requieren de una gran inversión en la instalación de varias capas aislantes.

FACHADAS CINÉTICAS

Este tipo de fachadas dinámicas, realizan acciones por medio de estímulos detectados por una serie de sensores programados, los cuales reaccionan a varios estímulos como la luz, la temperatura, la presión. Este concepto transforma los elementos de envolventes arquitectónicos pasivos a elementos arquitectónicos responsivos dinámicos. No está exento el mencionar que estas propuestas contienen conceptos como diseño generativo, sistemas de automatización compuestos por sensores, ya sea para detectar la intensidad de la radiación solar o la temperatura del exterior, la humedad relativa o la precipitación; emiten comandos para activar los diversos mecanismos actuadores para realizar la articulación

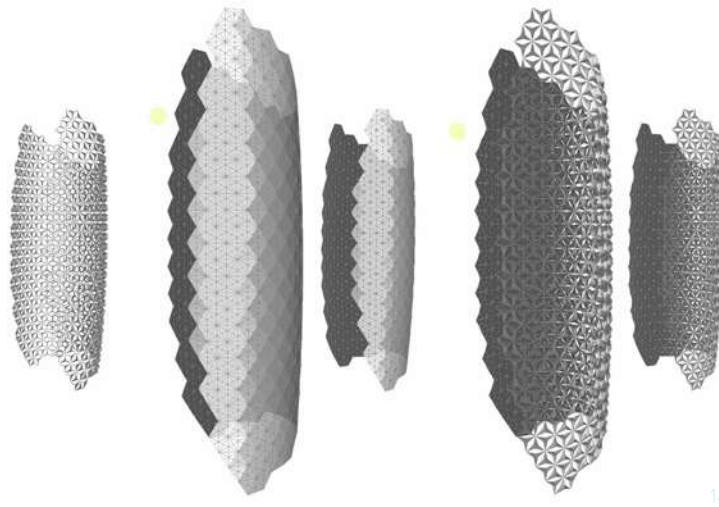


ya sea de paneles, cancelos, diafragmas o la modificación de la inclinación de un parasol.

Actualmente las fachadas cinéticas han logrado un gran avance gracias a la inteligencia artificial y el diseño generativo. Aunque para nuestro contexto se estudia la viabilidad debido al alto consumo de energía y los costes de la instalación, mantenimiento tanto de los sistemas mecánicos actuadores y sus componentes.

12) Representación CAD de una 'doble fachada' 13) Bocetos de Le Corbusier del funcionamiento del "mur neutralisant", o muro neutralizante.

ESTRATEGIAS

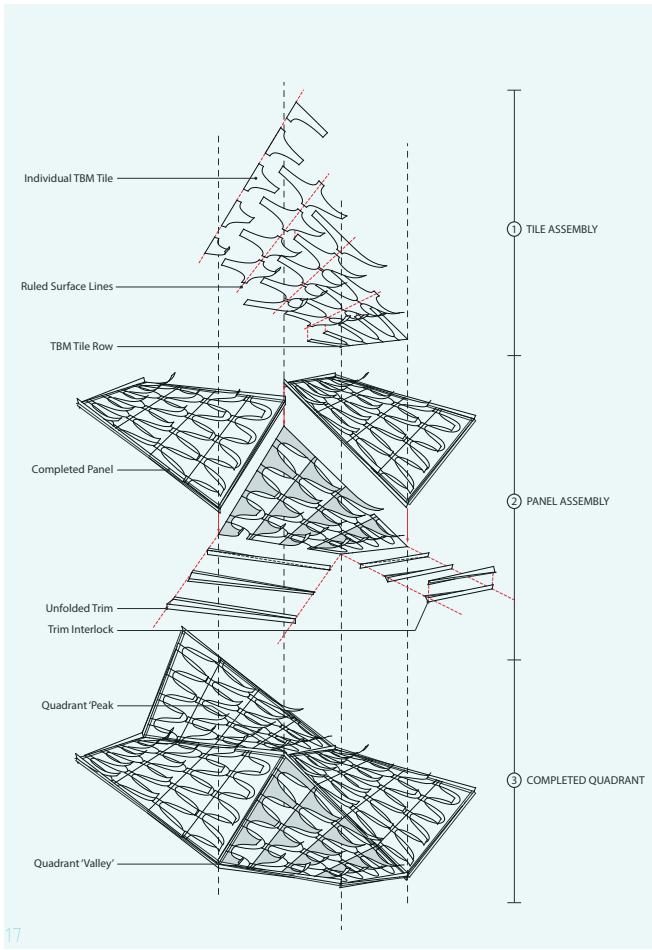


14



15

14) Diagrama de la segunda piel de las torres 'Al Bahar', Aedas Architects. 15) Diagrama del funcionamiento del módulo principal que compone los elementos plegables de las torres de 'Al Bahar'.



FACHADAS CINÉTICAS RESPONSIVAS

El campo en donde el diseño generativo, la fabricación digital, en sumatoria con el estudio de la materialidad de las pieles responsivas, se pueden generar respuestas a los estímulos del contexto exterior con actuadores pasivos. Esto con el fin de generar ahorros energéticos que se traducen en bajos costos de operación tanto de las edificaciones como del sistema de fachadas.

Dentro de estas propuestas Doris Sung, conjuga el diseño paramétrico con el de los denominados "smart materials" y la fabricación digital, para la creación de envolventes que permitan tener reacciones a la incidencia solar, mediante la aplicación de los principios de termodinámica y transferencia de calor de algunos componentes metálicos laminares, como lo es el acero inoxidable, y una variante fabricada especialmente para dichos fines que Sung denomina Termobimetale.

Debido a la temperatura ambiental, más el factor de la incidencia solar, son las variables que generan los estímulos para que dichas pieles generen cierta curvatura para el control de la iluminación al interior de

las edificaciones. Estos funcionan como diafragmas plegadizos, que mediante el control de las perforaciones por medio de diseño paramétrico, se realizan patronales de corte laser, que conforman pieles en forma de celosía.

"Alterando la composición molecular del laminado metal, su comportamiento puede ser optimizado y mejorado, dependiendo de su forma. Dentro del alcance de las capacidades de los arquitectos, la adición de materiales inteligentes desafiará a los diseñadores a abrazar las ciencias de una manera completamente nueva"(Sung, 2016).

Otro ejemplo de sistemas responsivos, a base de materiales inteligentes y que actúan en base a la humedad presente en el ambiente es el realizado por la Universidad de Stuttgart dirigido por el profesor Achim Meges.

16) Vistas del prototipo denominado "Bloom", concebido como un monocasco compuesto por una estructura panelizada, compuesta de 9000 piezas de termobimetal, en forma de celosía. 17) Explosión axonométrica de la secuencia de del prototipo "Bloom", mostrando la relación de la geometría individual de las piezas para formar los paneles en forma 'hypar'. 18) Cuando el sol penetra en la superficie, ciertas piezas en forma de celosía se curvan con determinada inclinación específica, para sombrear, ventilar y / o mantener la visibilidad a través de ellas.

“Este modo de realizar arquitectura sensible al clima utiliza la capacidad de respuesta natural de un material básico, el enchapado de madera, para permitir una manipulación simple y dinámica de la humedad de un edificio. Al no requerir una fuente adicional de energía o control mecánico, HygroSkin utiliza la elasticidad natural de la madera en relación con el contenido de humedad para ajustar el movimiento de las aberturas incrustadas dentro de las láminas de madera contrachapada cóncavas” (HygroScope: Meteorosensitive Morphology | Institute for Computational Design and Construction | University of Stuttgart, n.d.)

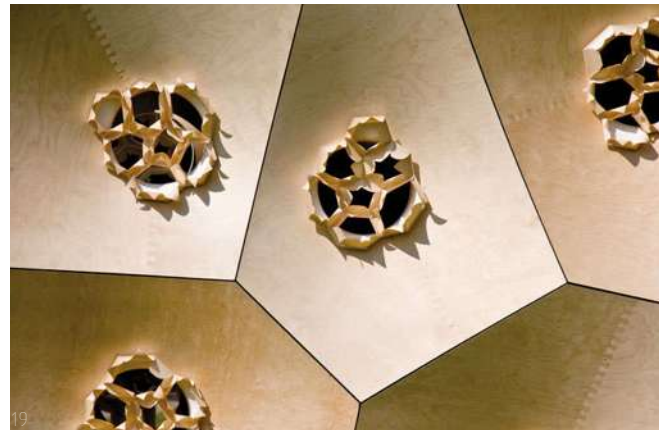
El control de las materias primas puede ser un gran potencial para la aplicación en pieles y fachadas responsivas, en las cuales se necesite optimizar recursos y consumo energético.

El movimiento cinético es realizado por el estudio de las propiedades físicas y de porosidad del material, permitiéndole tener un movimiento por voluntad a las condicionantes climáticas del entorno. Lo que demuestra este tipo de proyectos es que el campo de los materiales inteligentes no se reduce solo a aquellos transformados por la mano del hombre, también existen aquellos materiales naturales que

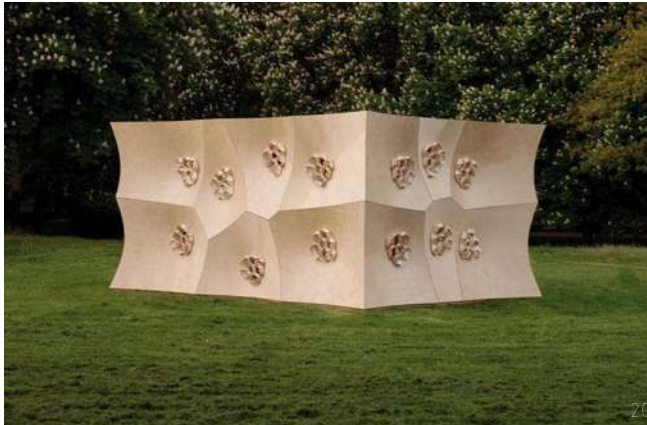
por sus propiedades inherentes generan resultados dinámicos.

Mediante la morfogénesis computacional para dar forma y función a la inestabilidad del comportamiento de la madera ante la humedad. Como parte de una exhibición en el museo Gorge Pompidou se presenta otra variante del prototipo.

Este proyecto emplea estrategias de diseño similares para programar físicamente un sistema de materiales que no requiere de ningún tipo de control mecánico o electrónico, ni de suministro de energía externa.



ESTRATEGIAS



20



21



22



23



24



25



26



27

19) 29 Pabellón HygroScope, Stuttgart, Alemania 20) y 21) Acercamiento a los diafragmas de chapa de madera del pabellón HygroScope. 22)-27) Exhibición de sistema responsivo HygroScope, Museo George Pompidou, 2012.

FACHADAS VEGETATIVAS

Las fachadas vegetativas han sido un gran aporte en el campo de la arquitectura y el diseño, que tuvo una gran revalorización desde los años 70's del siglo pasado hasta nuestros días. Existen una infinidad de sistemas, técnicas y especies vegetativas usadas en este tipo de fachadas, que dependiendo de las condicionantes de la ubicación en la que se instalan. Han generado numerosos resultados satisfactorios y que han sido un recurso con múltiples manifestaciones alrededor del mundo.

Los sistemas vegetativos verticales para edificios representan un concepto similar al de las cubiertas vegetales o denominados "roof gardens" solo que adaptadas a los muros verticales. Normalmente las plantas utilizadas son de pequeño porte y con capacidad de poder crecer en vertical. Las más utilizadas son las plantas tapizantes que en su medio natural ya crecen en superficies no horizontales. Se debe tener en cuenta diversos factores: climáticos, disponibilidad de agua, orientación de la fachada en relación con la disponibilidad de la luz solar, requerimientos de nutrientes, entre otros.

Para fines de realizar una síntesis acerca de los sistemas más generales de muros verdes, se subdividirán en dos clases: Las fachadas vegetativas y los muros vivos.

MUROS VIVOS

También denominados muros verdes son sistemas que se fijan a las paredes del edificio, y llegan a formar parte del mismo. Se encarga de sustentar y contener la vegetación, de manera que las plantas crecen en el sistema. Por lo regular se lleva una preparación de módulos con elementos de sustrato vegetal, determinado por el tipo de planta a utilizar y que lleva ya sea una especie de malla o una bio-membrana para la contención del mismo sustrato. Las partes más importantes de una fachada vegetal son sus módulos o marcos, su soporte y el sustrato vegetal que es donde obtiene la planta sus nutrientes (Grujic, 2011).

FACHADAS VEGETALES

Las fachadas vegetativas son sistemas que utilizan estructuras diseñadas específicamente para su colocación y retención del sustrato. Tales como cables, enrejados, mallas o jardineras. Son estructuras que

ESTRATEGIAS

se disponen en la envolvente de los edificios para guiar el crecimiento de las plantas en sentido vertical y que tienen por objetivo cubrir el área deseada, pero sin asociarse a la superficie del edificio.



28

28) Diagrama de los diferentes diseños de fachadas vegetativas A- Muro vivo, con relación directa a estructura, raíces en suelo. B- Muro tipo A + estructura adosada. C- Muro tipo B, con selección de especies y control de sustrato en jardinera. D- Fachada vegetal es independiente a estructura, minuciosa selección de especies vegetativas y elementos de estructura y sustratos compuestos por 'geo-membranas', específicas para las dichas especies.

AUTORIDADES

En la construcción del estado del arte acerca del uso de agentes vegetativos implementados en la fachadas y envolventes arquitectónicos, se encuentra una transición del uso aislado de la vegetación al uso e integración de agentes biológicos a diferentes escalas (desde sistemas intrincados que permiten el crecimiento de especies vegetales a escala humana, al uso de cianobacterias para potenciar los procesos fotosintéticos, de ahí a la nano escala para crear superficies adecuadas para el crecimiento de especies de musgos y líquenes). A continuación, se mencionan algunos de las autoridades más destacadas en donde se esboza la relación de ese cambio de escala. el común denominador es el hilo conductor de la instrumentación de la naturaleza como principal agente de cambio en el ejercicio del diseño de envolventes y espacios habitables.

AUTORIDADES

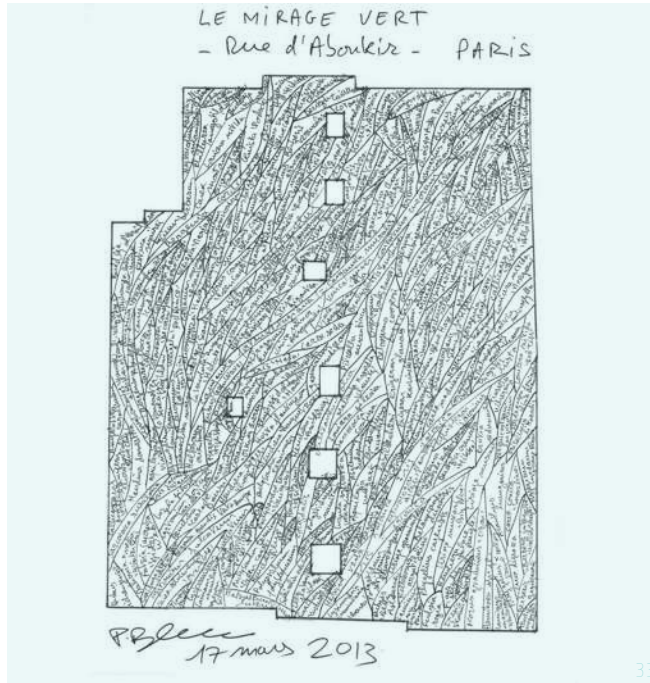




PATRICK BLANC

Botánico francés que ideó el primer muro verde en 1988, en la Ciudad de las Ciencias y de la Industria (París). Desde entonces, sus creaciones han ido de la mano de arquitectos de renombre a nivel mundial. Blanc patenta el sistema de jardines verticales a finales de los 80. Desde entonces, Blanc ha sido el promotor y creador de más de 300 jardines verticales alrededor del mundo. Entre sus proyectos más destacados se encuentran los jardines verticales más altos del mundo: Le Nouvel, en Kuala Lumpur y el One Central Park, en Sydney. Ambos tienen más de 160 metros de altura, para el arquitecto Jean Nouvel.

AUTORIDADES



Cabe destacar que su sistema innova al concebir una estructura adosada a las fachadas, con un elemento portante llamado geo-membrana donde se depositan los principales nutrientes y que está compuesto por materiales lo suficientemente permeables para retener la humedad necesaria para alimentar la selección de plantas a desarrollarse en este tipo de elementos que por lo regular son plantas como helechos y arbustos de bajo tamaño.

Su enfoque diferencial es que su concepto de jardín vertical es el de una "segunda piel" del edificio, de tal manera que las raíces de las plantas se extienden verticalmente, pero dejando intacta la pared interna. Los jardines verticales de Blanc se disponen en una estructura metálica auxiliar, separada físicamente del cerramiento de la fachada, lo que evita que las raíces de las plantas puedan dañar el edificio.

La propuesta de Blanc es aligerar lo más posible las estructuras metálicas de soporte, se complementa con una lámina de PVC, que aporta rigidez, y una capa de poliamida (de alta permeabilidad que evita que se pudra), lo que permite a las plantas introducir sus raíces y sustentarse.

Enfocados en este tipo de sistema, se hace referencia al término de bio-receptividad, que propone la idea de generar un control entre las condiciones que permiten que una superficie material pueda generar las condiciones ideales de colonización de elementos vegetativos.

29) Imagen del jardín vertical de la "Rue d'Aboukir, Paris. 30-32) Proceso de instalación, crecimiento y desarrollo de dicho jardín vertical. 33) Boceto de la distribución de las 236 diferentes especies vegetativas utilizadas en dicho muro vertical, dispuestas según sus características biológicas, morfológicas y estéticas.

Concluyendo con este referente, que sigue siendo punto de partida entre los precursores de la integración de la naturaleza en la arquitectura contemporánea, se destaca por la técnica y la introducción del conocimiento científico en el diseño arquitectónico y urbano.

Las estrategias utilizadas, derivadas de su formación como botánico, encontraron un nicho en el potencial biomimético de especies vegetativas con cierto grado de resistencia a la modificación de su hábitat para ser trasladadas a ambientes urbanos. Esto ayudó a poder diseñar sistemas de base portante vertical vegetados, que como consecuencia ampliaron los usos y las fronteras de la vegetación en el diseño de envolventes. Aunque sus intervenciones siguen siendo reconocido actualmente y su trabajo sigue siendo exclusivo de algunas firmas de arquitectura renombradas a nivel global, sus propuestas se han logrado extender en el imaginario popular.

OLIVIER GUILLITTE

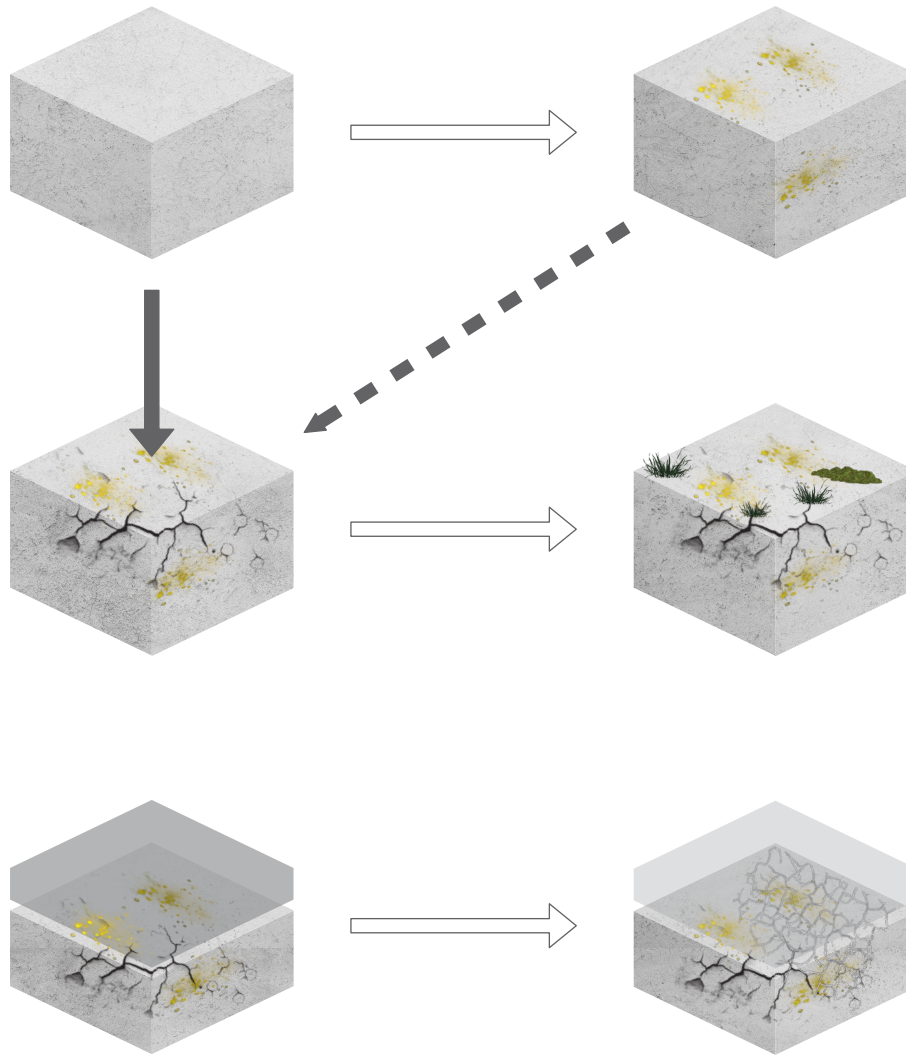
Guillitte define la bio-receptividad como la capacidad de un material de ser colonizado por organis-

mos vivos. Define varios niveles de bio-receptividad: primaria, secundaria, terciaria. La bio-receptividad también se puede definir como la totalidad de las propiedades materiales que contribuyen al establecimiento, anclaje y desarrollo de fauna y / o flora. En materiales rocosos, se relaciona principalmente con las propiedades del área expuesta a la intemperie, como rugosidad, porosidad, humedad y la composición química de la capa superficial. La porosidad de un material también puede ser una propiedad que afecte la colonización del mismo, ya que, en estos poros, según su contexto, se pueden depositar ciertos nutrientes que propicien el crecimiento de organismos.

Cuando un material aún no ha sido expuesto a colonización, la bio-receptividad se expresará como nula. Sólo durante la aparición del primer colonizador, siempre y cuando las propiedades del material sigan siendo muy similares o idénticas a las de su estado inicial. A esto Guillitte le denomina "bio-receptividad primaria".

La característica de estas propiedades puede evolucionar con el tiempo bajo la acción de organismos colonizadores u otros factores que provocan cam-

AUTORIDADES



34

34) Biorreceptividad primaria, secundaria y terciaria en un material pedregoso. Flechas blancas, flechas negras y líneas discontinuas representan los mecanismos de colonización, deterioro físico-químico y biodeterioro, respectivamente

bios en dicha superficie o material, y dan como resultado un nuevo tipo de bio-receptividad, que llamaremos "bio-receptividad secundaria".

Guillite sostiene que la bio-receptividad secundaria suele ser más importante que la bio-receptividad primaria. Cualquier actividad humana que afecte la consolidación del material ya sea en su superficie o en su interior, si se recubre con algún agente que potencie la colonización, o modifique su superficie en cuestión de textura, puede inducir en la aceleración o la disminución del proceso de colonización primaria y secundaria. La colonización depende de múltiples factores que no solo recaen en la determinación de la especie vegetativa. Las denominaremos variables para el caso de este trabajo de investigación: Composición del material, textura, porosidad, recubrimiento adicional (impregnación, pintura, agente biológico) o algún otro tratamiento ya sea físico o químico que altere las propiedades del material.

Para llevar a cabo La bio-receptividad, podemos destacar que toca varias disciplinas como la biología, la botánica, además de las ya implícitas como la tecnología de materiales. La transversalidad de conocimientos surge a partir de los requerimientos de la

solución de las problemáticas (Guillitte, 1995).

MARCOS CRUZ

Perteneciente a la Bartlett School of Architecture, Faculty of the Built Environment; Sostiene que el crecimiento superficial de las plantas sobre un material se conoce como "colonización biológica" de edificios, específicamente en los materiales de construcción: todos son propensos a cubiertas vegetales en algún momento, especialmente microorganismos y "criptógamas abundantes en sistemas de aire, agua y suelo". La creación de diversas comunidades microbianas que están en competencia y / o sinergia entre sí en las superficies de los materiales están en proceso de ser entendidos.

Los estudios en base a microorganismos son pioneros en la investigación de bio-películas y Los tipos de especies presentes en los edificios colonizados. Cierta tipo de materiales propician la proliferación de colonizadores iniciales que tienden a ser fotótrofos (que se alimentan de la luz, específicamente de los rayos solares): algas y cianobacterias que solo requieren materiales inorgánicos para crecer. Cruz sostiene que mediante el estudio microscópico y a



nano-escala es como se pueden propiciar la vida a nivel superficie de ciertas especies vegetales unicelulares como cianobacterias y micro algas. Y mediante el estudio y "la observación de tal crecimiento en edificios muestra claramente que la colonización es más probable que ocurra en algunos materiales que otros y que esto es depende de la física y química características del material sustrato" (Cruz & Beckett, 2016).

35) Muestra de la exhibición 'Les Turbulences, Frac Centre, Marcos Cruz.

REFERENTES

La creación de nuevos sistemas constructivos, que no solo imitan si no crean una interrelación entre lo construido y lo vivo, sumado con los potenciales y estrategias biomeméticos además de la introducción de otros elementos como lo son los sistemas vivos, abren un campo de estudio en función de mejorar las condiciones de habitabilidad del ser humano en sinergia con el entorno.

En este apartado se mencionan algunos proyectos referentes a los usos y estrategias que integran sistemas bio-receptivos y responsivos. Cada uno de estos maneja distintos niveles de responividad/receptividad, por los instrumentos y/o componentes que utiliza, como materiales, elementos vegetativos, la función que realizan y los procesos que están implícitos en cada propuesta. Mediante las estrategias y potenciales biomiméticos analizaremos sus particularidades.

36) H.O.R.T.I.U.S. XL. 37) Conjunto Multicapa 38) PROSOLVE370E 39) Moss Regimes.

REFERENTES



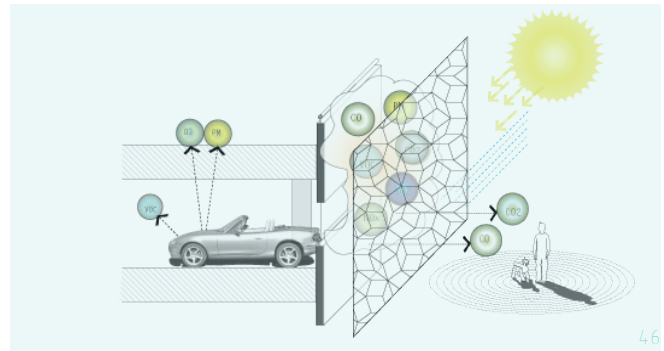
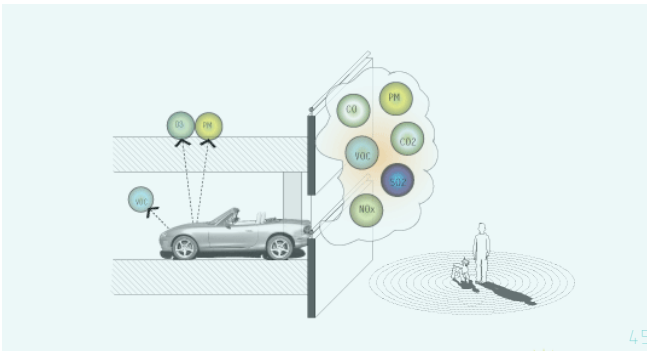


PROSOLVE370E

Elegant Embellishments | Allison Dring & Daniel Schwaag
Berlín, Alemania | Ciudad de México, México.

En respuesta a las prioridades para reducir las muertes por contaminación ambiental y los daños que esta ocasiona en la salud mundial, Elegant Embellishments desarrolla un sistema de celosías denominadas 'pro-solve370e', que están recubiertas con dióxido de titanio (TiO_2) para neutralizar los contaminantes del aire. Las baldosas se pueden colocar cerca de fuentes de contaminación y, cuando se instalan en una fachada, pueden servir para dirigir la luz natural hacia un edificio y reducir el flujo de viento, generando así turbulencias que mejoran la distribución de los contaminantes del aire por la superficie de las baldosas. La morfología de la celosía se basa en la geometría de las esponjas y corales marinos, pero guardan una lógica regular de

REFERENTES



patrones que generan piezas de fácil anclaje y ensamble. Los módulos ligeros y huecos en el interior están compuestos por láminas de plástico ABS, termo-formadas al vacío, con un alma de perfiles de aluminio. Su capa exterior está impresa, como terminado final, el TiO₂.

Su nivel de responsividad se basa en el proceso de oxidación que se produce cuando los rayos ultravioletas activan los electrones en las partículas de TiO₂, proceso similar al de la fotosíntesis en las plantas, descompone las partículas contaminantes como las de NO₂ (dióxido de nitrógeno), reteniendo el nitrógeno y liberando subproductos de agua y nitrato de calcio, que se eliminan al ser mojadas las piezas. Se calcula que la fachada de la Torre de Especialidades del Hospital General Dr. Manuel Gea González, elimine NO_x en el equivalente a 8.750 vehículos por día (elegant embellishments, n.d.).

40) Torre de Especialidades del Hospital General "Manuel Gea González" 41-44) Soportes láminas de plástico ABS. 45,46) Diagrama del funcionamiento del proceso de superficies fotocatalíticas.



H.O.R.T.U.S. XL

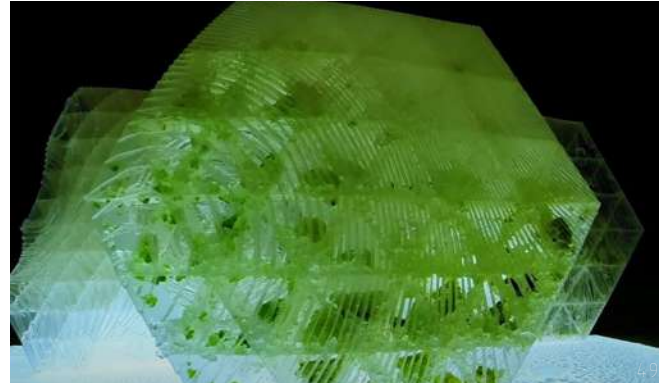
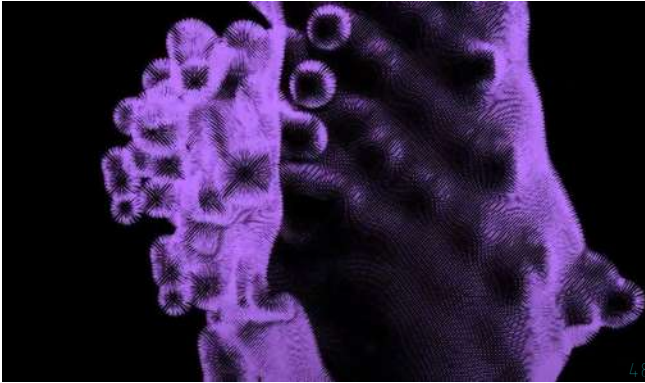
EcoLogic Studio & Synthetic Landscape Lab/University of Innsbruck (2018-19)

University of Innsbruck

Escultura que propone la construcción del concepto de lo “vivo” desde la artificialidad, por medio de la tecnología de fabricación aditiva. La geometría se basa en la simulación digital del crecimiento del sustrato inspirado en la morfogénesis colectiva del coral.

El elemento es impreso con una configuración de capas de 400 micras, soportadas por celdas triangulares de 46 mm, subdivididas en elementos hexagonales de 18.5 cm. Dentro de estos elementos están depositadas especies de cianobacterias fotosintéticas, inoculadas en un bio-gel que les aporta cierta protección del

REFERENTES



ambiente y nutrientes. Cada uno de esos repositorios es denominado bio-pixel, que son las unidades que realizan los procesos fotosintéticos que sostienen el sustento de vida y crecimiento del sistema. “Las cianobacterias obtienen CO_2 de los habitantes circundantes y del medio ambiente a través de la estructura porosa impresa en 3d, debido a que están en un estado de gel, no tienen necesidad de circular”.

Esta propuesta apoya la idea de formas futuras de inteligencia espacial que podrán funcionar y mantenerse a sí mismos. Como el coral en el que se inspiró, H.O.R.T.U.S. XL proporciona una robusta estructura que se puede incorporar en varios espacios habitables”. (: H.O.R.T.U.S. XL - EcoLogicStudio :, n.d.)

47)Exhibición de H.O.R.T.U.S. XL 48)Morfogénesis digital del coral. 49)Monitoreo del crecimiento de las cianobacterias dentro de las microceldas. 50-51)Desarrollo de crecimiento de la materia viva sobre los bio-píxeles.



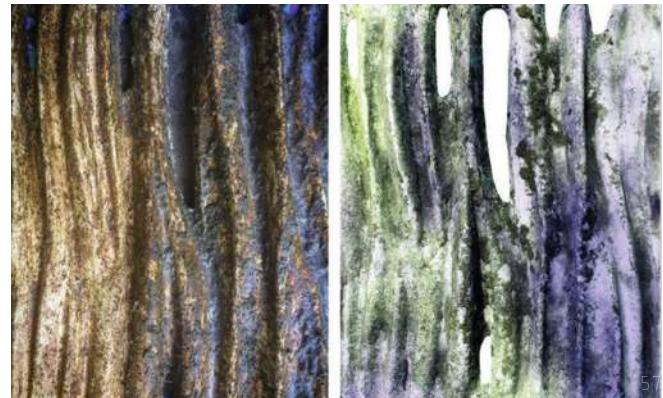
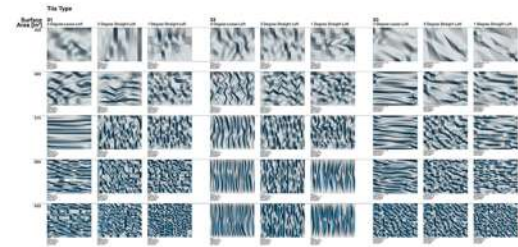
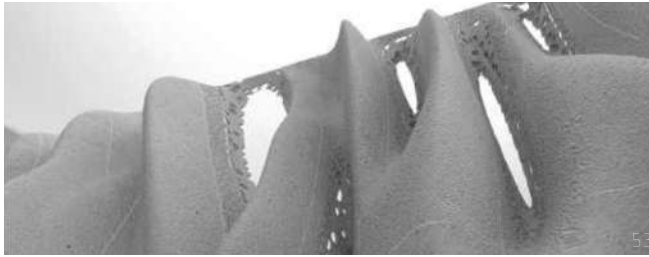
MOSS REGIMES

Dana

Carnegie Mellon School of Architecture

Esta propuesta tiene como objetivo fungir como un “Sistema autorregulado pasivo”, donde el prototipo está conformado por una base portante cerámica que en conjunto con su geometría y su porosidad generan las condiciones para la proliferación de musgo. Y que dichas piezas en su proliferación funcionen como un sistema de fachada vertical, replicando la estrategia biomimética de los troncos de árbol: autorregular la temperatura superficial dependiendo las características de su entorno. “Esta investigación se basa en un cuerpo de trabajo previo centrado en la relación entre la geometría de la superficie y los coeficientes de transferencia de calor en sistemas pasivos de masa térmica. Se aboga por el diseño de sistemas pasivos con mayor fide-

REFERENTES



alidad al espacio multivariable entre rendimiento y percepción”. Cupcova sostiene que “instrumentalizar los principios de diseño para la coreografía de gradientes térmicos entre edificios y su entorno desde perspectivas experienciales, espaciales y topológicas”(Cupkova, 2018).

Al aumentar el área de las piezas, reduce la transferencia de calor y la distribuye en su superficie. Para el análisis digital del comportamiento de las diferentes variantes geométricas, se partió de la lógica de simulación de flujo computacional. El posterior análisis material, permitió comprobar que las superficies generadas digitalmente podían gestar materia viva en su superficie, esto para aumentar el potencial de autorregulación y capacidad térmica de la pieza.

52) Pieza final con crecimiento de musgo 53-54) Imagen especulativa del crecimiento del musgo sobre pieza. 55) Materialización de prototipo cerámico. 56) Análisis de simulación de flujo computacional con las distintas variantes de superficies. 57) Colonización del musgo sobre pieza cerámica.



CONJUNTO MULTICAPA EN BASE CEMENTO

Sanadra Manso et al.

Universidad Politécnica de Cataluña.

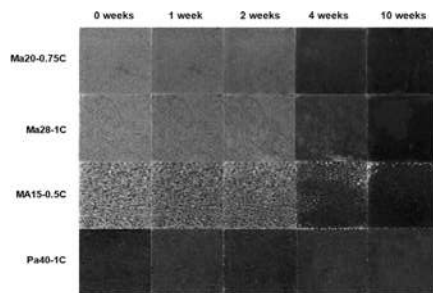
Sandra Manso y un equipo de la Universidad Politécnica de Cataluña trabajan en el desarrollo de la propuesta de un soporte biológico material destinado para fachadas principalmente recubrimientos verticales. Dicho enfoque busca potenciar las propiedades de bio-receptividad de los materiales de construcción cementosos, para lo cual han desarrollado un conglomerante hidráulico de bajo pH que sirve de soporte para el crecimiento de cianófitos, clorófitos y briófitos.

El sistema tiene una capa estructural, una capa de anclaje e impermeabilización (que debería favorecer el

REFERENTES



59



61



62

anclaje entre las capas estructural y biológica, y además evitar el paso de agua hacia la capa estructural), una capa biológica de colonización, y una capa de revestimiento e impermeabilización que permite la entrada de agua al material, pero no su salida. Además, presenta una serie de huecos que dejan al descubierto la capa inmediatamente inferior (capa biológica). Este sistema multicapa permitiría captar el agua de lluvia y almacenarla en la micro-estructura interna del material, evitando su pérdida, y constituiría un elemento ornamental en el edificio (Manso et al., 2014)

58) Imagen especulativa, del Centro Cultural Aeronáutico de El Prat de Llobregat 59) Imagen especulativa, transición del crecimiento de briofitos en fachada 60) Musgo y líquenes en su estado natural. 61) Muestras materiales de la última capa bioreceptiva, transición durante diez semanas. 62) Imagen especulativa del cambio de estación y coloración del musgo en una fachada.

CONCLUSIONES
ESTADO DEL ARTE

REFERENTES	ESTRATEGIA BIOMIMETICA	POTENCIAL BIOMIMÉTICO
PROSOLVE370E	Procesos de oxidación presentes en las plantas (fotosíntesis)	Procesos de oxidación del TiO2
HORTUS	Proceso de alimentación de CO2 de cianobacterias	Modulo fotosintético autótrofo y de autoregulación
MOSS REGIMES	Autoregulación de la temperatura superficial, troncos de los arboles	Termoregurable, variación morfológica responde a la transferencia de calor
CONJUNTO MULTICAPA	Crecimiento de especies vegetativas regulando el pH del material de soporte	Potenciar los niveles de colonización de un material artificial

REFERENTES

AGENTE RESPONSIVO	TIPO DE SUPERFICIE	OPERACIÓN
Químico, dióxido de titanio (TiO2) + rayos UV (luz solar) = Fotocatálisis	Lisa pulida, auto-lavable	Dependiente del mantenimiento humano
Biológico, cianobacterias	Permeable, filamentos	Teóricamente autosustentable, autotrofa.
Biológico, musgo en conjunto con la materialidad y morfología de la pieza	Irregular, rugosa.	Autoregulable
Biológico y químico, musgo y líquenes	Porosa, rugosa	Autoregulable

63)Análisis de los referentes e identificación de sus propiedades biomiméticas.

Utilizando el análisis biomimético, se clasifica y catalogan cada uno de los referentes expuestos en este apartado. Se resaltan, catalogan y generalizan las estrategias y los potenciales biomiméticos implícitos en los procesos. Las variables y los tipos de indicadores utilizados para determinar el grado de respuesta de los materiales difieren en cada uno de los referentes, así como los objetivos y sus materialidades.

Para la aplicación en nuestra investigación, resaltan, en el apartado de los potenciales biomiméticos:

- Crecimiento de especies vegetativas, regulando el ph del material de soporte.

Resalta en el apartado de potencial biomimético:

- Los procesos de fotosíntesis (están implícitos ante la utilización de una especie vegetativa),
- potenciar los niveles de colonización de un material artificial.

Aunque cada una de las propuestas en su contenido son muy variadas y las estrategias son distintas,

dependiendo de los objetivos a alcanzar, el hilo conductor de estas son la introducción de los procesos fisicoquímicos y biológicos presentes en las especies vegetativas.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

En la siguiente tabla se detallan los referentes biomiméticos que se han utilizado en esta investigación.

REFERENTES

M E T O D O L O G Í A



En los procesos creativos y de solución de problemas, es necesario establecer metodologías que nos ayuden a crear una estructura de trabajo, para enfocar nuestros esfuerzos de manera inteligente evitando la pérdida de tiempo y el malgasto de recursos en otros aspectos innecesarios. Tomando no solo los elementos materiales como nuestro recurso de trabajo, si no nuestro tiempo y energía invertidos en un proceso ya sea técnico, teórico, de carácter científico o de diseño.

"Hay personas que frente al hecho de tener que observar reglas para hacer un proyecto, se sienten bloqueadas en su creatividad. ¿En qué queda entonces la personalidad?, se preguntan. ¿Nos estamos volviendo todos locos? ¿Todos robots? ¿Todos nivelados, todos iguales?"(Munari, 1983)

MÉTODO PROYECTUAL

Según Munari, en su proceso de "método proyectual", plantea su metodología como una serie de "operaciones que obedecen a valores objetivos que se convierten en instrumentos operativos en manos de proyectistas creativos"(Munari, 1983).

Esto quiere decir que no obedece a ningún carácter estilístico, ni a ningún interés personal o imaginativo. La idea primigenia, siempre es un pensamiento que obedece más a la intuición que a la objetividad y la veracidad de los hechos.

En la metodología de Bruno Munari, se realizan una serie de pasos estratégicos, que gráficamente, re-



presentan un proceso lineal y sistemático pero que engloba procesos de experimentación prototipo, verificación, hasta llegar a una solución final.

DESIGN THINKING

Método que tiene su origen en los procesos generados por los diseñadores de producto, consiste en la generación de ideas a partir de la comprensión y de todos los aspectos relacionados con el usuario. De ahí su nombre, que en español se traduce de forma literal como "Pensamiento de Diseño".

Consistente en tres etapas primordiales las cuales son el entendimiento del problema, la exploración, que genera un ciclo en donde la experimentación y el prototipado de ideas lo componen; y la materialización.

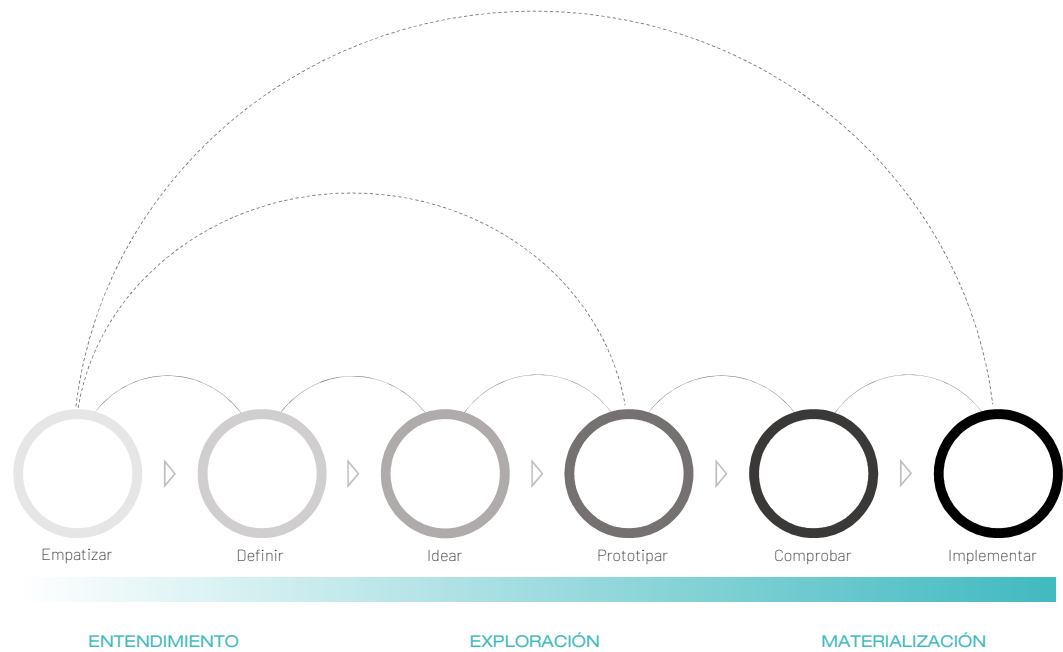
Del mismo modo se subdividen en etapas más específicas: Una de las primeras etapas, es la "Empatización". La cual consiste en una profunda comprensión de las necesidades de los usuarios implicados en la solución que estemos desarrollando en relación con un entorno específico.

Durante la etapa de "Definición" se realiza una selección de la información recopilada durante la fase de "Empatía", esto para la construcción de nuestra propuesta que aporte valor al proyecto y nos lleve al alcance de nuevas perspectivas. Posteriormente se identifica la problemática donde su solución(es) serán clave para la obtención de un resultado inicial.

La etapa de "Ideación" tiene como objetivo la generación de un proceso de generación de soluciones que se someterán a decantación. La propuesta inicial deberá someterse a ciertas pruebas. En esta fase, las actividades favorecen el pensamiento expansivo y debemos eliminar los juicios de valor.

En la etapa de Prototipado volvemos las ideas realidad. Construir prototipos hace las ideas palpables y nos ayuda a visualizar las posibles soluciones, poniendo de manifiesto elementos que debemos mejorar o refinar antes de llegar al resultado final.

Durante la fase de prueba, probaremos nuestros prototipos con los usuarios implicados en la solución que estemos desarrollando. Esta fase es crucial, y nos ayudará a identificar mejoras significativas, fallos a resolver, posibles carencias.



Durante esta fase evolucionaremos nuestra idea hasta convertirla en la solución que estábamos buscando. (Design Thinking en Español, n.d.).

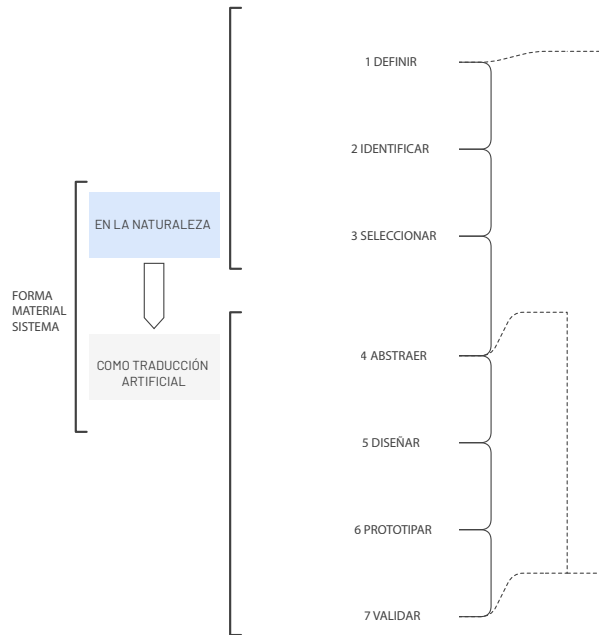
De igual manera estos pasos sistematizados, no resultan ser etapas inamovibles, y son susceptibles de ser perfeccionadas constantemente y modificados.

Las iteraciones son procesos que se deben de adaptar a un tiempo determinado y un presupuesto ya que los procesos de iteración van más allá de los proyec-

tos ya que en la naturaleza de las cosas todo es perfectible.

ANÁLISIS BIOMIMÉTICO

La manera en la cual actúan los organismos vivos de la naturaleza, así como los entes inertes, siguen una serie de lógicas y patrones a los cuales denominaremos "estrategias biológicas". Tales estrategias bus-



La respuesta que genera un organismo ante los estímulos presentes en la naturaleza es lo que genera un ciclo de diversas acciones que tratan de responder a dicho estímulo. La eficiencia de la evolución de la naturaleza ha creado una infinidad de estrategias y las sigue generando a partir de la retroalimentación que produce los diversos accidentes del contexto. La condición del ser humano es la constante transformación del entorno para responder a dichos accidentes. El repensar dicha condición, de hacerla más natural que humana, puede generar soluciones más eficientes y naturalmente responsivas, estas soluciones se encuentran en el gran acervo intelectual de la naturaleza.

66

can ejecutar ciertas necesidades como alimentación, protección, supervivencia, reproducción, etc. Estas acciones se llevan a cabo por el estímulo de un agente externo el cual detona dichas acciones en los organismos: una planta que por medio de la luz solar, detona que se produzca el fenómeno de la fotosíntesis, produciendo su propio alimento, asimilando los nutrientes necesarios para su subsistencia. También como lo podría hacer un armadillo, al verse amenazado por un depredador se protege con su dura coraza exterior.

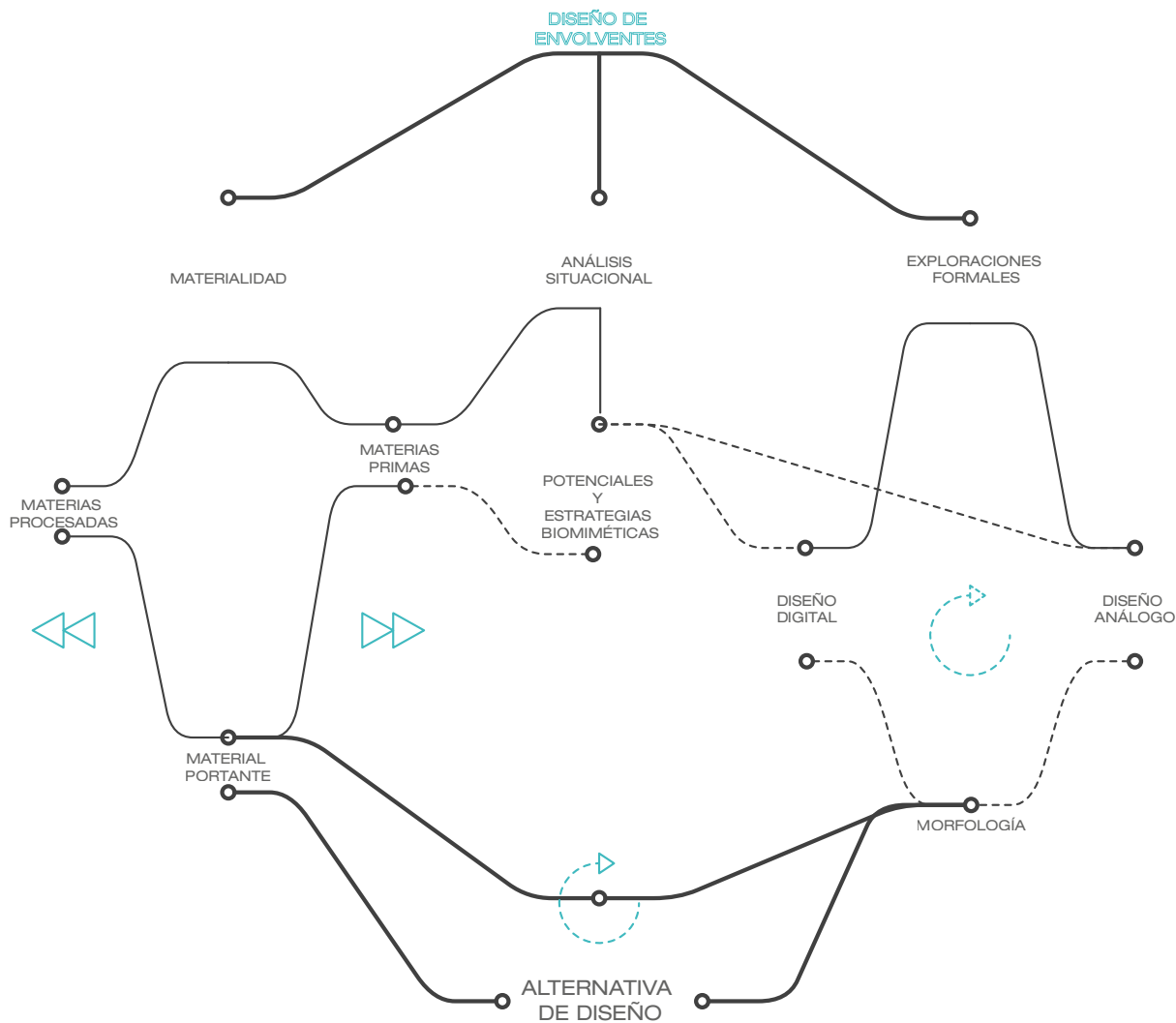
65) 66) Diagrama de los pasos del Método proyectual, Bruno Munari.

PROCESO DE DISEÑO DE ENVOLVENTE

Como parte del proceso de diseño, la propuesta apunta a mejorar las condiciones de habitabilidad de un edificio mediante el diseño de sus envolventes por medio del análisis de las estrategias biomiméticas pasivas y que pueden ser aplicadas a nuestro favor en el diseño de una pieza modular que en su proliferación generen un sistema que conforme una alternativa de envolvente.

Nuestro procesos experimentales, con base en las metodologías antes presentadas, nos permite esbozar este diagrama en donde tenemos tres líneas principales de operación, en donde la materialidad, la evaluación del contexto y la morfología son tres líneas claves en las que se trata de conformar nuestro sistema. La línea de la forma y la función se subdivide entre el diseño digital y el análogo.

PROCESO DE DISEÑO DE ENVOLVENTE



PROCESO
EXPERIMENTAL
IV

ANÁLISIS SITUACIONAL

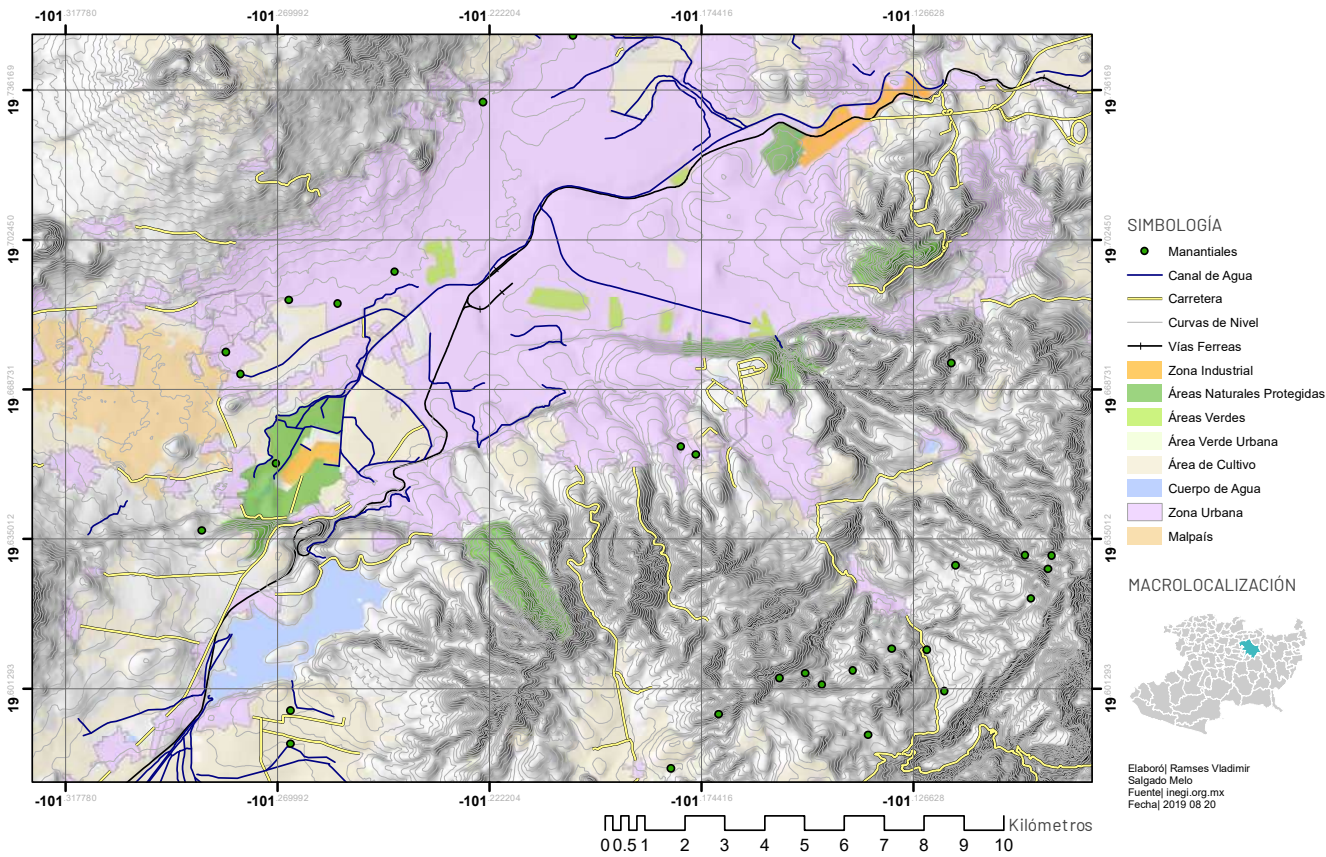
En el comportamiento de elementos inertes con la combinación de elementos vivos, es de suma importancia conocer los factores en los cuales se desarrolla dicho elemento vivo, para poder considerar las distintas variables que generan un ambiente adecuado para su preservación y reproducción.

Cada elemento necesita de una serie de factores que lo hacen subsistir en un lugar y tiempo determinado. La alteración de algunos de estos factores modifica su comportamiento ya sea en beneficio o en perjuicio de su existencia.

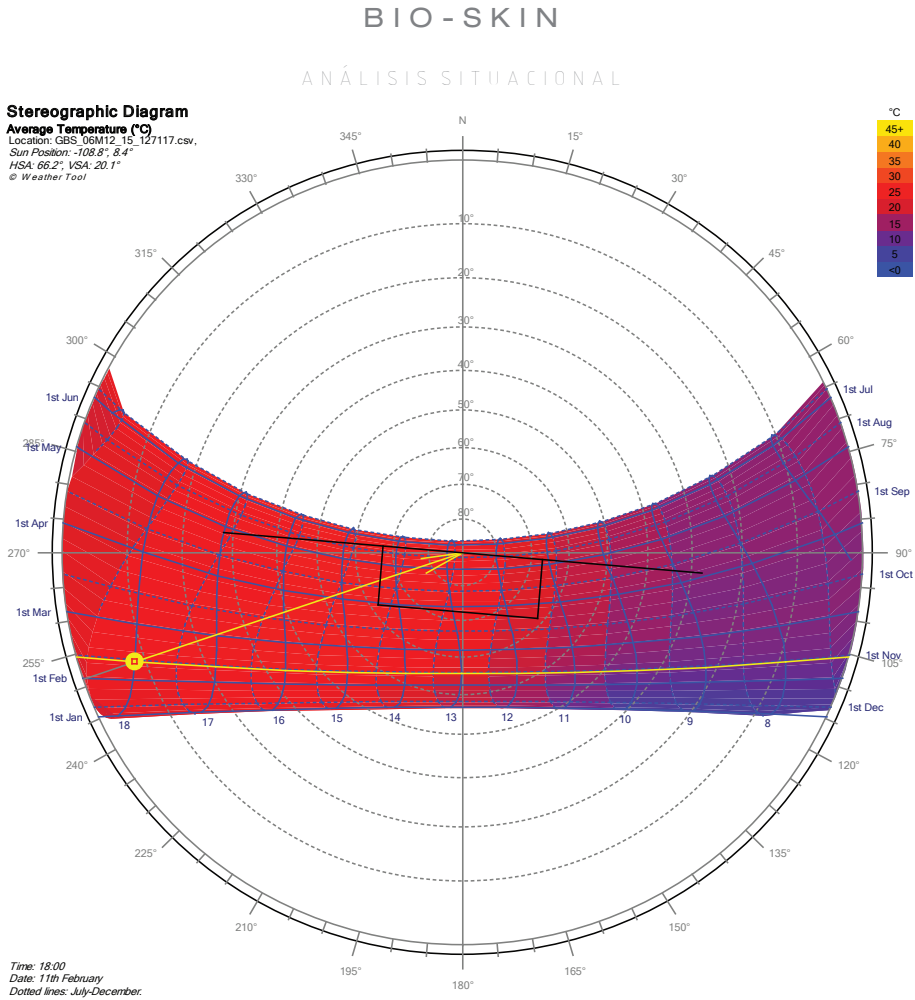
A continuación, se describen y analizan los elementos del clima incluyen aspectos como la temperatura, las precipitaciones, la humedad y el viento. Estos datos documentan las características a las cuales estará sometido nuestro prototipo y que serán las determinantes para ajustar las variaciones que este deba tener para determinar su eficiencia y éxito.

El municipio de Morelia, capital del estado de Michoacán, se encuentra al noreste de dicho territorio, con una superficie aproximada de 1200 km², con una población de 784 776 hab. Con coordenadas Latitud: 19.7006,

ANÁLISIS SITUACIONAL



68) Localidad de Morelia, áreas verdes y sus relación con los accidentes naturales.

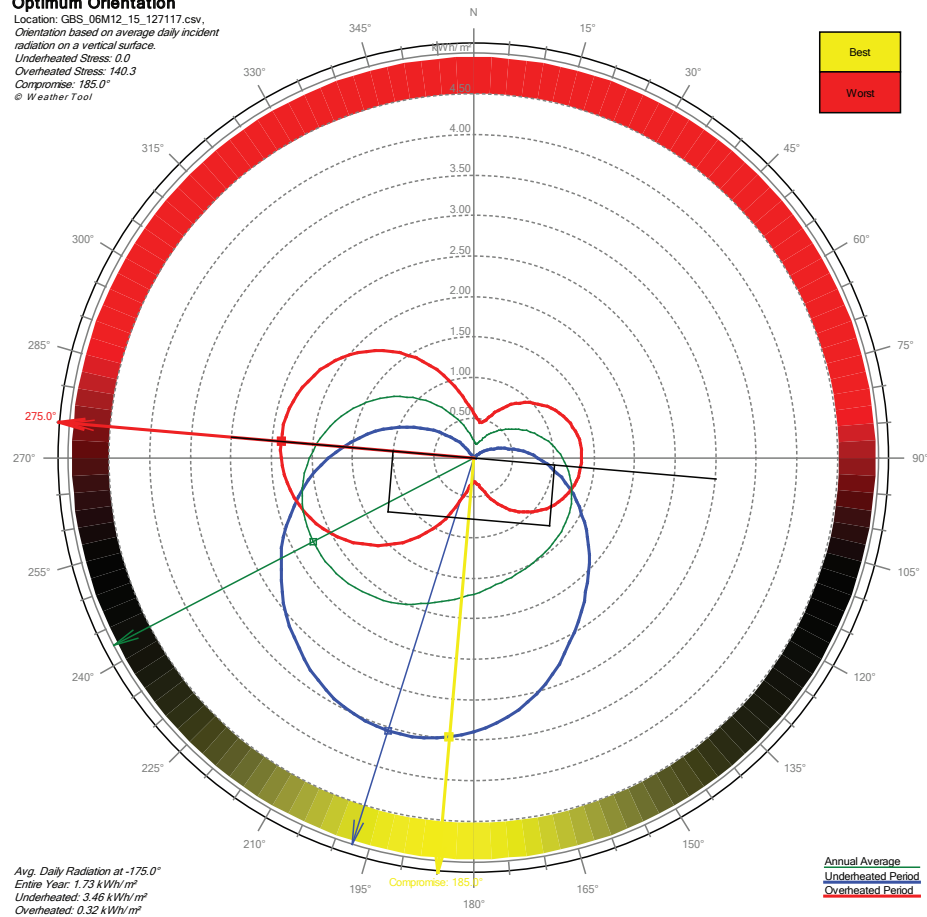


Longitud: -101.186 19° 42' 2" Norte, 101° 11' 10" Oeste. Cuenta con un clima templado subhúmedo, con precipitaciones en verano, sin superar los 2000 mm. anuales.

ANÁLISIS SITUACIONAL

Optimum Orientation

Location: GBS_06M12_15_127117.csv,
 Orientation based on average daily incident
 radiation on a vertical surface.
 Underheated Stress: 0.0
 Overheated Stress: 140.3
 Compromise: 185.0°
 © Weather Tool



70

Su mejor orientación se encontrav a 185° sur, este. Y la menos favorable se encuentra al oeste, a 275° noroeste. Esto se toma en cuenta al análisis de la cantidad de incidencia solar a lo largo del periodo anual, donde nos ayuda a determinar las orientaciones y los puntos críticos de mayor incidencia solar en una fachada.

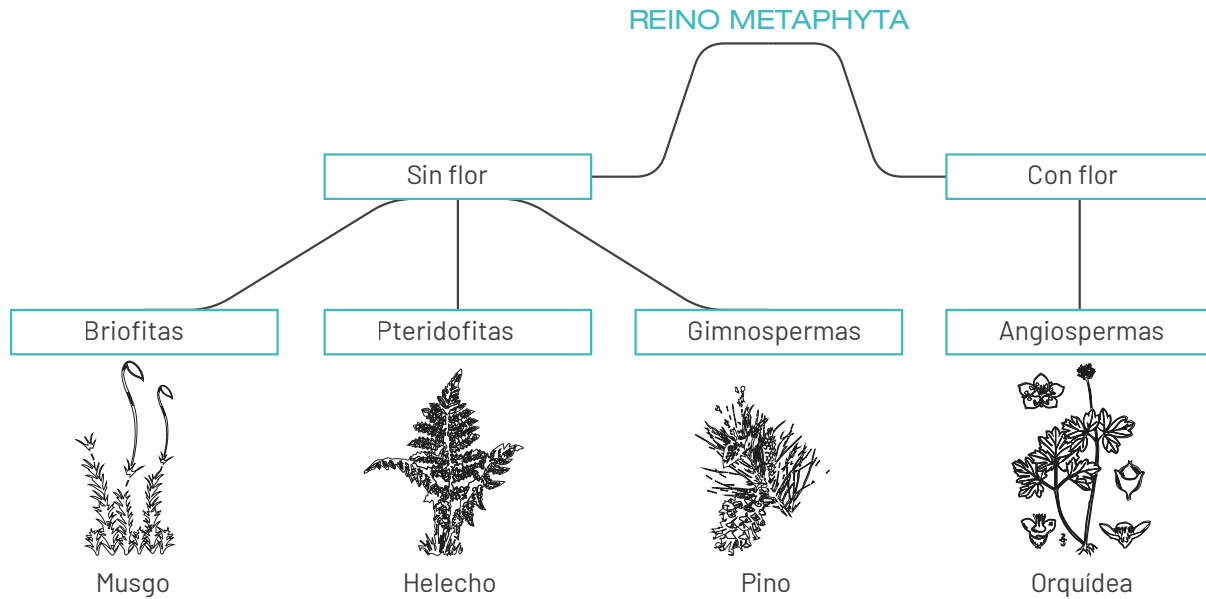
69) Diagrama estereográfico con la trayectoria solar a lo largo del año y 70) Diagrama de mejor orientación. Weather Tool Ecotect Analysis I.

ESPECIE VEGETATIVA

Para la selección de la especie vegetativa, se tomó en cuenta algunos de los casos análogos, una base teórica para conocer sus características y sus usos, así como la accesibilidad a ellas con respecto al contexto en el que nos encontramos. El éxito del desarrollo de un elemento vegetativo, en este caso aplicado a una superficie vertical, depende de la correcta identificación de las características esenciales de la especie a utilizar. En este apartado se hace referencia a los criterios con los cuales se selecciona la especie vegetativa a utilizar debido a sus características, su crecimiento y su resistencia a la intemperie, además de los nutrientes y mantenimiento que requieren.

Basándonos en la taxonomía de Carlos Linneo, que determina para la clasificación de las plantas, esta se realiza de acuerdo con la presencia, ausencia y forma de órganos fundamentales, como raíces, tallos, hojas, flores y frutos, de acuerdo con la presencia de uno o dos cotiledones (primeras hojas al salir de la semilla) en la germinación de la semilla, etc. EL reino Methapyta, o lo que conocemos regularmente como el reino vegetal, se clasifica en 2 grandes grupos: con flor y sin flor.(Nociones básicas de taxonomía vegetal - Angel Marzocca - Google Libros, n.d.)

ESPECIE VEGETATIVA



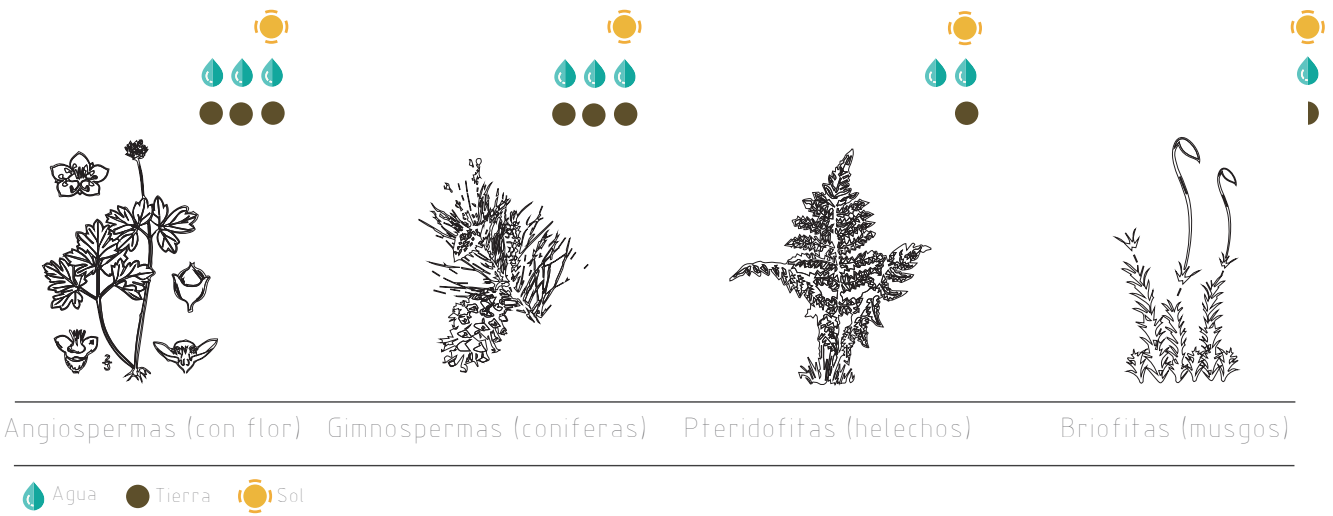
71

Plantas sin flor: son aquéllas que no producen flor, por ejemplo, helechos, colas de caballo, musgos, pinos, abetos y cipreses (se dividen en briofitas, pteridofitas y gimnospermas).

Plantas con flor: son aquéllas con flores complejas que suelen ser llamativas, las semillas están recubiertas por un fruto que las protege. De ellas se obtiene un gran número de materias primas y productos naturales. Por ejemplo, encinos, manzanos, orquídeas (se llaman angiospermas).

En una clasificación superficial y dadas las características de estos grandes grupos se hace una clasificación con base al consumo de agua, el nivel de sustrato que utilizan y el nivel de energía solar que requieren para obtener su alimento.

CLASES DE VEGETACIÓN



72

En el diagrama podemos apreciar las estructuras morfológicas más generales de esta taxonomía del reino Methapyta.

Los angiospermas como se menciona anteriormente son organismos más complejos y que requieren de ciertas características para su subsistencia como mayor cantidad de agua, sustrato y sus variedades dependen de un conjunto de complejas circunstancias que hace que sus proliferaciones sean únicas en cada región del mundo.

Del otro lado tenemos a las briofitas, que se podrían clasificar como una especie básica y resistente, ya que es prácticamente nulo el nivel de sustrato que requieren y la obtención de la mayoría de agua requerida, la obtienen de la humedad del ambiente.

A comparación de las Pterodofitas, guardan una relación muy estrecha al ser las primeras plantas terrestres. Estas plantas son más antiguas que las vasculares y existen desde hace más de 400 millones de años" (Estébanez Pérez et al., 2011).

Los Gimnospermas a pesar de ser organismos vasculares y con el desarrollo de un tallo leñosos solo guardan la similitud de no tener flor, pero si una estrecha relación con los requerimientos de agua y sustrato que necesitan los Angiospermas.

"La importancia de los briófitos no es solamente evolutiva: se trata del segundo grupo de plantas terrestres más diversificado (muy por delante de las gimnospermas y de los pteridófitos), y aunque raramente dominan en cuanto a biomasa los ecosistemas, juegan un papel estabilizador crecientemente reconocido" Las briofitas pertenecen al grupo de las plantas terrestres no vasculares; son plantas que carecen de tejido vascular que transporta agua, minerales y nutrientes hacia todas las partes del organismo. La forma, biología y taxonomía de las briofitas es muy diferente de la de las traqueofitas (plantas o árboles leñosos). (Estébanez Pérez et al., 2011). Poseen 3 divisiones: Marchantiophyta (hepáticas), Anthocero-

phyta (antocerotófitos) y Bryophyte (musgos).

En sentido estricto, las briofitas son los musgos, pero en su sentido amplio la palabra designa a dichas divisiones. Las briofitas más comunes son los musgos y las hepáticas, aunque son más conocidos los primeros.

En sentido estricto, las briofitas son los musgos, pero en su sentido amplio la palabra designa a dichas divisiones. Las briofitas más comunes son los musgos y las hepáticas, aunque son más conocidos los primeros.



72) Diagrama de requerimiento de agua, sustrato y asoleamiento de los diferentes Phylums 73) Tipos de briofitas.

El número de especies de briófitos se estima, entre 13 000 y 20 000. Son el segundo grupo de plantas terrestres más diverso, por delante de pteridófitos y gimnospermas, y sólo detrás de las angiospermas. "Aunque su biomasa es mayor en ambientes mesotróficos, se encuentran especies de briófitos en todos los hábitats en que puedan crecer las plantas vasculares, salvo en aguas marinas. Sin embargo, son frecuentemente ignorados en inventarios florísticos, y a menudo, a cualquier escala geográfica, la diversidad está insuficientemente conocida" (Estébanez Pérez et al., 2011).

En México se conocen al menos 1000 especies aproximadamente: De acuerdo con Delgadillo, la flora de musgos de México incluye 984 especies y variedades. Además, en la Colección de Briofitas del Herbario Nacional de México (MEXU) están depositados ejemplares que representan especies no citadas en otras fuentes y que deben ser confirmados para nuestra flora. (Delgadillo-Moya, 2014).

En Michoacán se tiene un registro de al menos de 279 especies hasta el 2015, pero según estudios actualizados demuestran 452 especies registradas ante

el segundo Estudio de Estado, por parte del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMSNH (Isela Edith Zermeño Hernández, Ileri Suazo Ortuño, 2020).

ESTRUCTURA DE LAS BRIOFITAS

Las briofitas, a diferencia de la estructura regular de una planta común, están desprovistas de tejidos vasculares verdaderos. Están compuestas de tejidos simples especializados en el transporte del agua que aprovechan de otras plantas, pero otras absorben el líquido y los minerales disueltos sobre las superficies que habitan por medio de las hojas; posteriormente, el agua se mueve por acción capilar hacia el resto de la planta, gracias a que las hojas y los tallos normalmente se superponen o exhiben escamas.

Una briofita común tiene:

Rizoides. Funcionan a modo de raíces; son una especie de pelos que se fijan al sustrato pero son simples estructuras para evitar que la planta se mueva. Absorben el agua y los nutrientes por acción capilar.

Caulidio. Es el homólogo del tallo de las vasculares.

Se presenta erecto o al ras de la tierra (rastrero) y se une con los rizoides. Por lo general, el caulidio es bastante corto y puede superponerse con otros caulidios, aunque ciertas hepáticas cuentan solo con un caulidio plano sin "hojas".

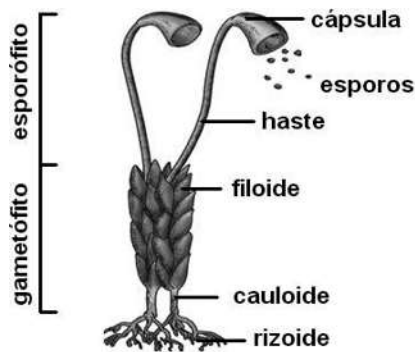
Filidio. Se llama así a lo que sería una hoja en las plantas vasculares. Los filidios tienden a emerger de los caulidios y no crecen más que unos cuantos milímetros o centímetros. Los musgos suelen tener hojas en espiral, mientras que las de las hepáticas forman 3 filas, sin un nervio central.

"los briófitos son poiquilohídricos porque carecen de un mecanismo para regular el contenido hídrico y prevenir la desecación. A pesar de esto, algunas especies son anhidrobióticas porque no solo resisten la desecación, sino que sus células al hidratarse retoman sus funciones fisiológicas, permitiéndoles revivir aún pasados muchos años".

"El uso del musgo *Bryum argenteum*, es útil en el monitoreo del grosor de la capa de ozono en la Antártida porque tiene la capacidad de variar la producción de flavonoides con estímulos de UV-B (Morales et al., 2017)".

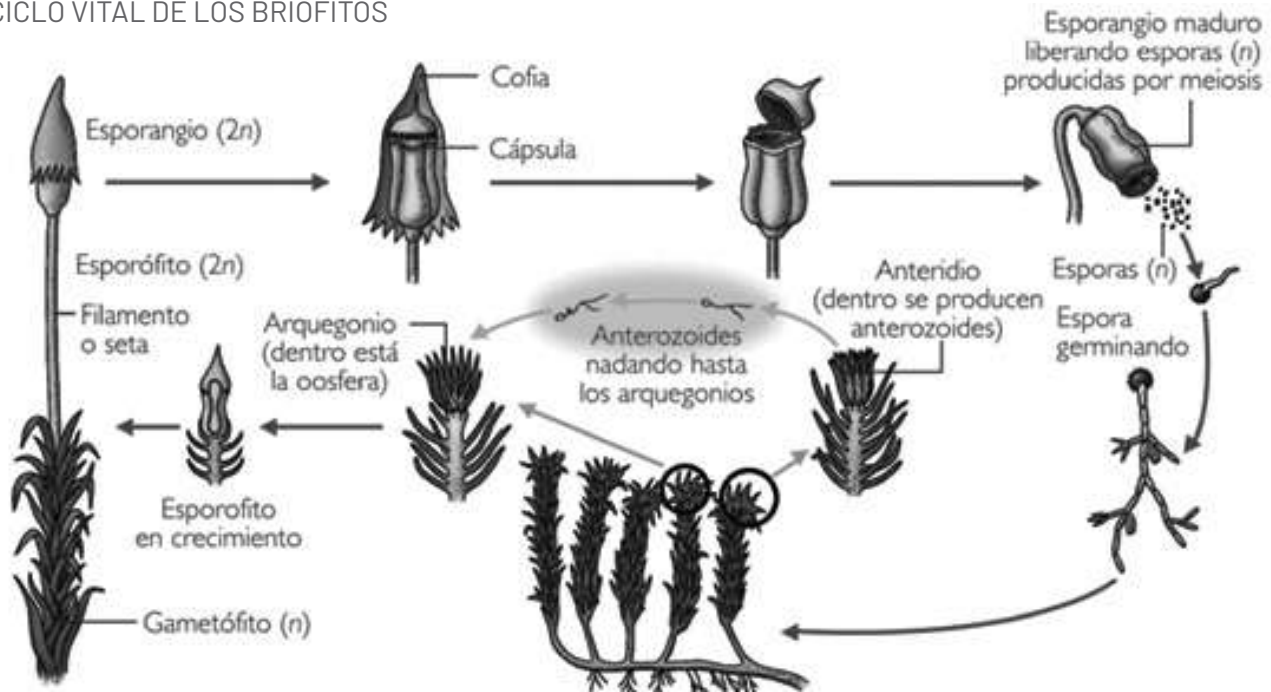
Entre las características principales que caracteriza a los musgos de las hepáticas y de las antocerotas es son capaces de retener un 80% de agua en su peso, sus células tienen las paredes celulares reforzadas para absorber grandes cantidades de agua.

Los humedales formados por esta planta se caracterizan por ser ácidos e inhibidores del crecimiento microbiano, impidiendo la degradación del material vegetal y convirtiéndose en reservorios de carbono.



74

CICLO VITAL DE LOS BRIOFITOS



75

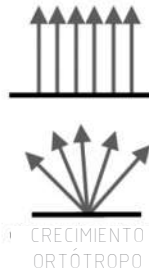
MUSGOS

En los musgos (Div. Bryophyta) los gametofitos son siempre foliosos y los filidios se disponen típicamente en espiral, aunque hay algunos géneros que presentan una complanación secundaria (*Fissidens*, por ejemplo). Alcanzan en este grupo su mayor diferenciación histológica. Normalmente, el caulidio tiene una epidermis diferenciada (a veces, como hialodermis, es decir, de células hialinas), un córtex y una traza conductora, normalmente de hidroides. En el orden Polytrichales hay además leptoides, y frecuentemente hay elementos fibrosos de sostén con paredes engrosadas, llamados estereidas.

Sus formas de crecimiento (ortótropa: con ejes principales perpendiculares al sustrato, o plagiótropa: ejes



A)



76



B)



77

principales paralelos al sustrato) y de ramificación son características de los diversos taxones. (Estébanez Pérez et al., 2011).

MUSGO POLYTRICHUM COMMUNE

Michoacán , al encontrarse geográficamente en el denominado corredor florista, referenciado por la topografía del eje neovolcánico, hace que converja con una gran variedad de poblaciones biológicas comunes. En este eje neovolcánico convergen una variedad de 70 especies diversas del phylum Bryophyta.

Para Michoacán se reportan 7 especies de musgos y una hepática, debido a que los registros de ese estudio no son de índole completamente florístico, ya que se hicieron con el objeto de asociar la presencia de musgos epífitos como indicadores de la calidad del aire y relacionar sus preferencias para colonizar determinado tipo de árboles. (Delgadillo-Moya, 2014). Lamentablemente en el caso particular de la zona urbana de Morelia, la diversidad, cobertura, frecuencias y vitalidad de las poblaciones de musgos y líquenes epífitos se han visto afectadas negativamente por el deterioro de la vegetación y las diferentes emisiones de contaminantes (Morón et al., 2014).

En zonas urbanas de Morelia, se han identificado en espesuras, principalmente en la zona oriente, donde se identifican árboles como el Oyamel, el Pinus y Quercus.

Estas espesuras están delimitadas entre las sub-provincias fisiográficas de la "Neo-volcánica tarasca" y la de "Mil Cumbres".

Su biomasa no se limita solo a la corteza de los árboles si no también se extiende entre los suelos cercanos a dichas especies arbóreas y en forma de

follajes, cubriendo suelos cerca de escurrimientos y cuerpos de agua, así mismo en suelo completamente expuesto a la radiación solar (Morón et al., 2014) (Verdes et al., 2017).

Mediante un análisis morfológico y con el análisis taxonómico recabado, se pudo hallar una variedad de la especie, después identificada como Polytrichum commune. Se realizó una consulta para la confirmación de la especie, por medio del biólogo Manuel Gonzales, en donde se identificó y confirmo características morfológicas referente a sus elementos principales como gametofitos y esporofitos, su modo de reproducción, así como el tipo de rizoide que contiene y sus características de patrón de crecimiento.

FICHA BRIOLÓGICA POLYTRICHUM COMMUNE:

- Reino: Plantae
- Phylum o división: Bryophyta
- Clase: Bryopsida
- Orden: Polytrichales
- Familia: Polytrichaceae
- Género: Polytrichum

77-82) Registro fotográfico de la briofita polytrichum commune en su sobre muro.

ESPECIE VEGETATIVA





83

5.2 MM



84

8.4 MM



85

26.8 MM



86

4.3 MM



87

4.6 MM



88

7.1 MM

83-88) Imágenes microscópicas de la especie briofita Polytrichum Com-mune.

Especie: *Polytrichum commune*

Nombre científico: *Polytrichum commune*

Determinador(es): Manuel Gonzalez (UNAM, 2020).

CONCLUSIONES:

Al identificar tanto morfológicamente como sus potenciales biológicos, se toma como agente vegetativo el uso de especies briofitas, específicamente la *polytrichum commune*, de esta especie que es endémica, encontrada entre los 1900 y los 2000 m.s.n.m. de la zona urbana de Morelia.

- Una especie básica y resistente, con nulo el nivel de sustrato requerido,

- la obtención de la mayoría de agua requerida, la obtienen de la humedad del ambiente,

- Las briofitas representan el del segundo grupo de plantas terrestres más diversificado,

- Sus ecosistemas, juegan un papel estabilizador crecientemente reconocido,

- las briofitas que se mantienen en áreas urbanas

suelen ser tolerantes al estrés causado por perturbaciones naturales o antropogénicas,

- Muestran tanto en su ciclo de vida como a través de su reproducción asexual, niveles de tolerancia y especialización funcional y morfológica que les permiten responder a disturbios estacionales,

- Colonizan con rapidez diversos espacios,

- Se mantienen en condiciones desfavorables para después reverdecer.

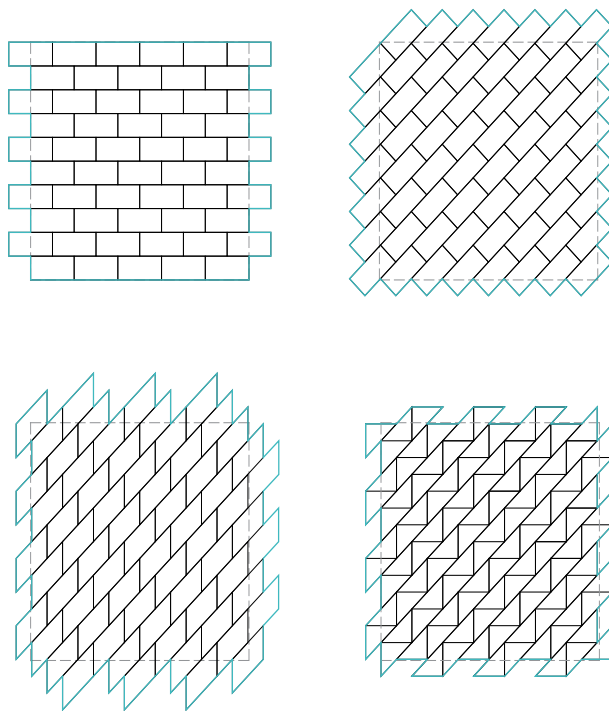
- Por esto que la composición de las colonias de briofitas y, en especial, la sensibilidad o resistencia que exhiben algunos musgos a la contaminación del aire, han mostrado ser buenos indicadores en programas de monitoreo y calidad ambiental (Verdes et al., 2017) (Delgadillo-Moya, 2014)

EXPLORACIÓN - PMR



La suma de los datos recabados, tanto teóricos como los prácticos, dan como resultado el punto de partida para la exploración y la propuesta de los elementos con los cuales se irá construyendo nuestro prototipo. El resultado final del proceso tanto de exploración como el de experimentación será solo un continuum, que marcará un resultado determinado mediante los proceso de iteración.

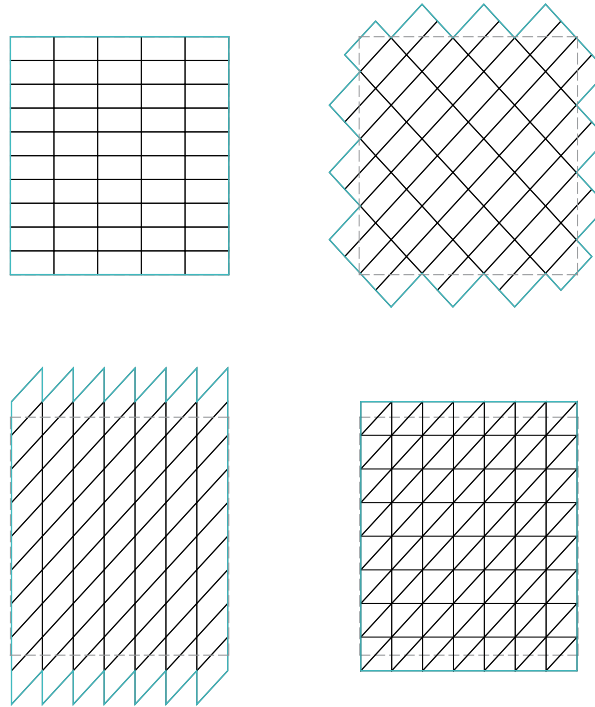
El proceso es lo que nos da la pauta para determinar cuáles son los resultados idóneos a poner en práctica y cuáles son los que serán discriminados por efecto de sus resultados. A continuación, se expone la etapa de exploraciones material y digital, donde cada una de esta se pone a prueba ciertas variables tanto intuitivas y objetivas. La materialización de las primeras ideaciones digitales van nutriendo de manera sistematizada la evolución del prototipo. Los protocolos a seguir en el proceso de exploración son más abiertos y susceptibles de cambio conforme a los resultados y a comparación del proceso experimental que están cargados de mayor rigor, estos también ejercen cantidad de datos que pueden ser insertados en el proceso de construcción de nuestro prototipo.



90

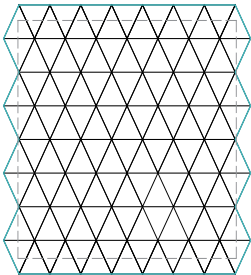
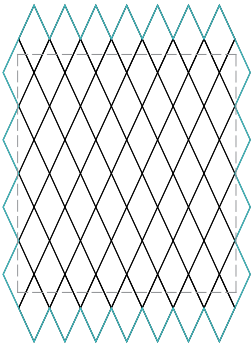
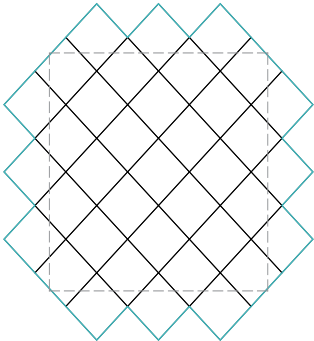
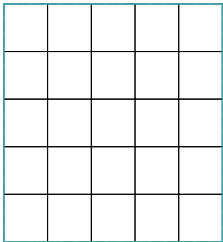
En este apartado se realiza el análisis de la subdivisión de la piel o envolvente arquitectónica que nos pueda generar un acomodo sistemático, una replicación de piezas para la estandarización en base al criterio geométrico de aprovechamiento en X y Y. Tomando esto como punto de partida para posteriormente generar una pieza en X,Y y Z.

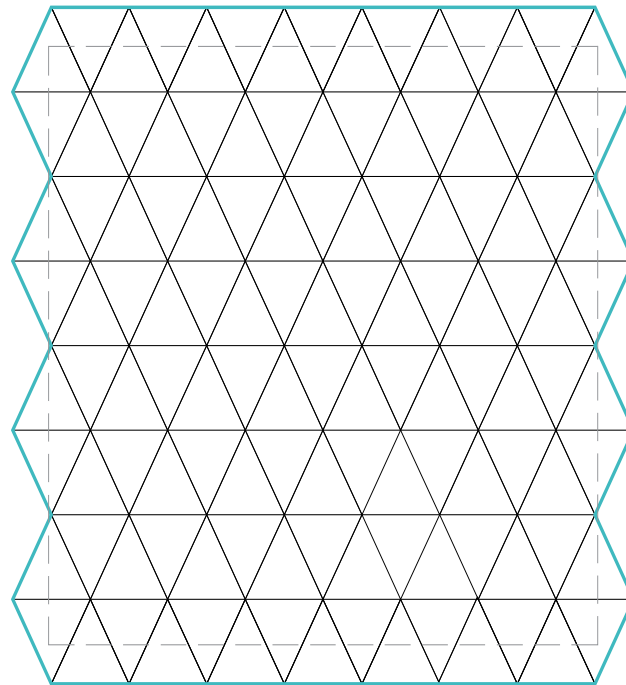
EXPLORACIÓN - PMR



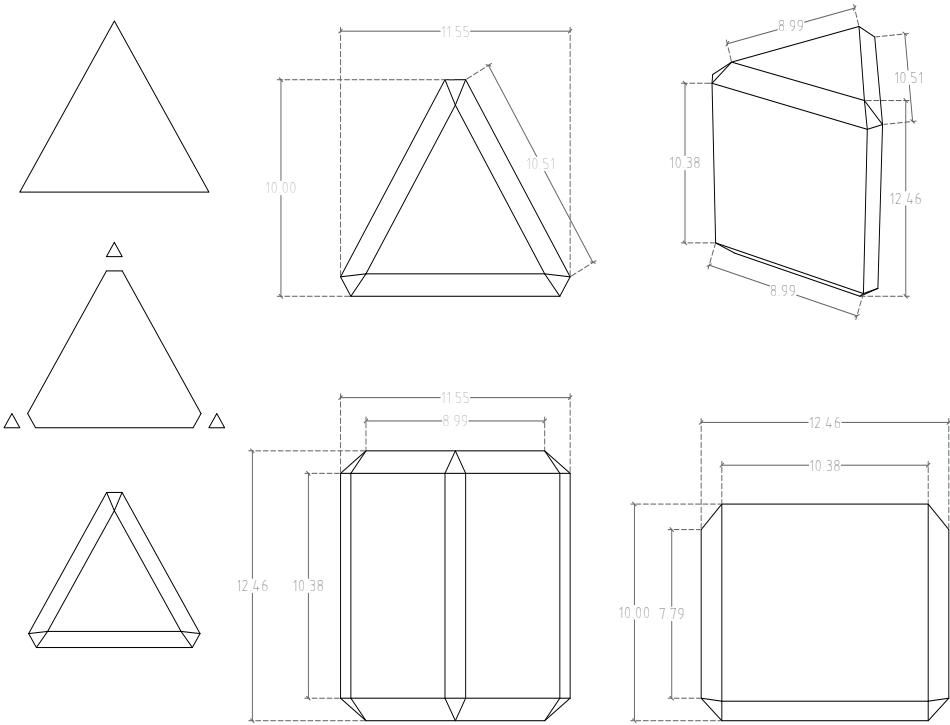
91

Objetivo: definir en la exploración un objeto base, para en su unidad genera una proliferación de piezas para poder construir un molde de manera digital para su posterior fabricación, y con este construir el prototipo.



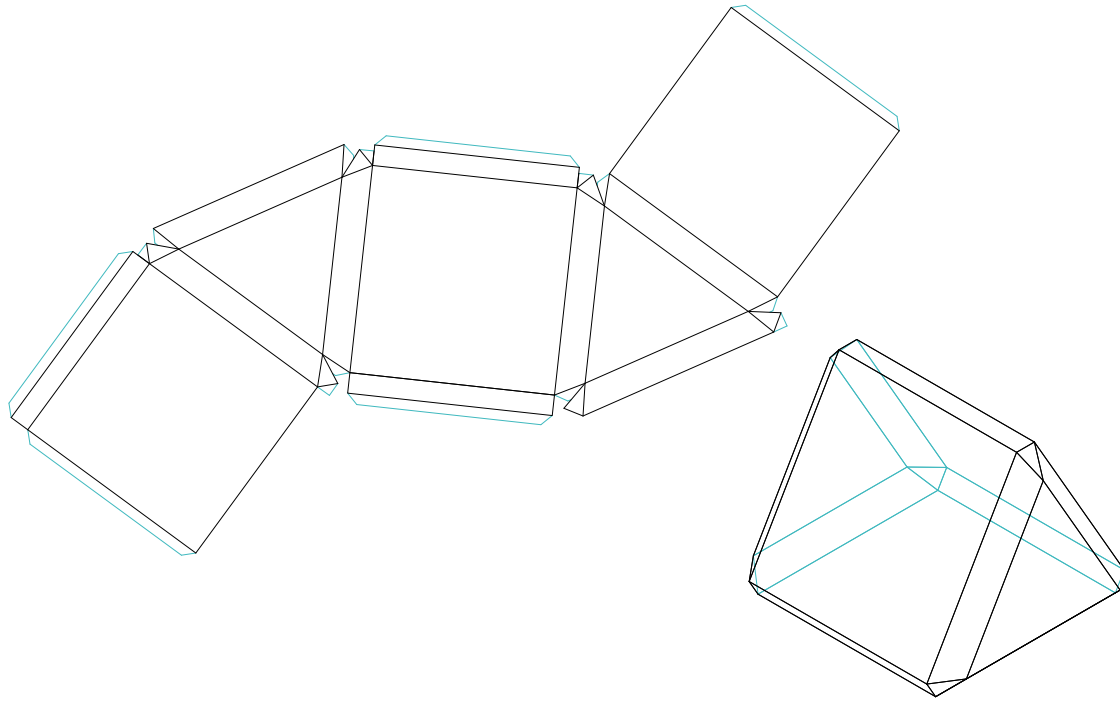


93



94

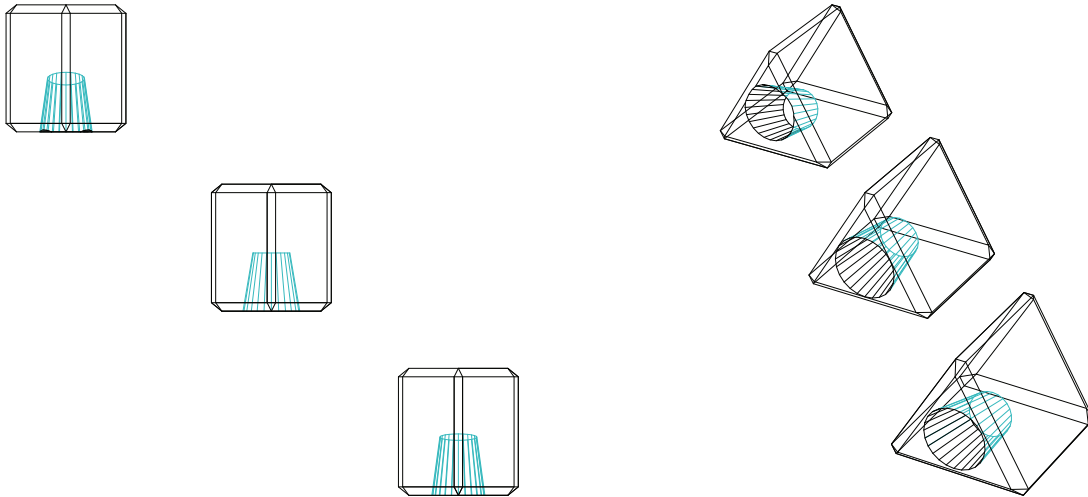
A partir de la generación de un prisma triangular, se procede a generar los patrones del desarrollo del molde para su posterior fabricación. También tomando en cuenta aspectos técnicos y de resistencia, la forma prismática triangular es más estable, tanto en el molde como en la proliferación de la pieza, que la cuadrangular, ya que no permite deformaciones en sus ejes x y y.



95

El molde prototipo, el cual denominaremos PRM, se fabrica por medio de la impresión del desarrollo digital de la figura y a partir de generar el extensil, se corta y se fabrica con los siguientes materiales:

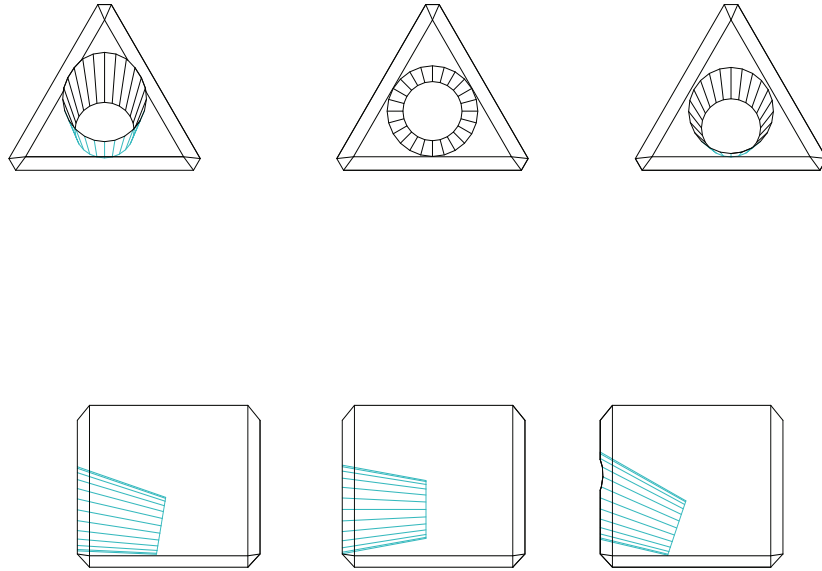
- Foam board blanco,
- Tabla salva cortes,
- Cutter.
- Regla metálica.



Para el proceso de exploración, se plantea como hipótesis en el prisma triangular crear un orificio el cual pudiera funcionar como receptáculo para albergar especies como helechos o la proliferación de musgos en su interior.

Variable: Angularidad del orificio.

Objetivo: observar el comportamiento de la mezcla con la morfología del molde.



Los orificios quedan determinados a una forma circular que abarca la mayor parte de la cara frontal de la pieza PMR, con una variación angular en su base de:

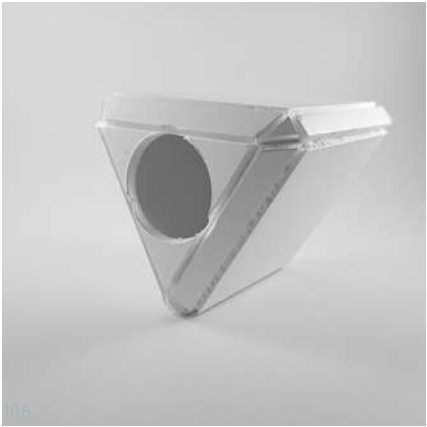
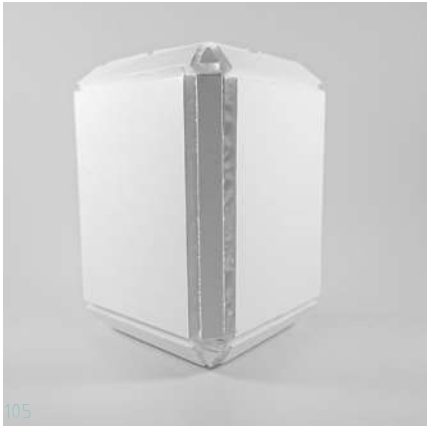
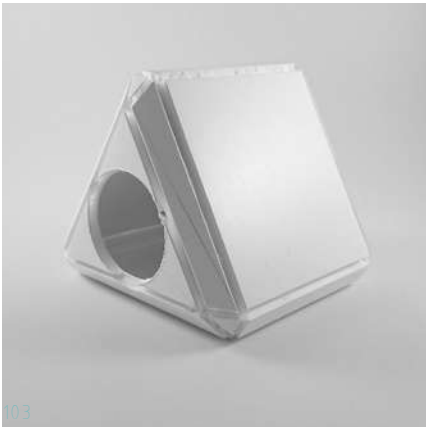
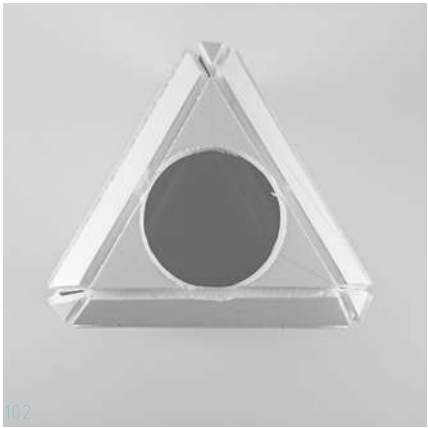
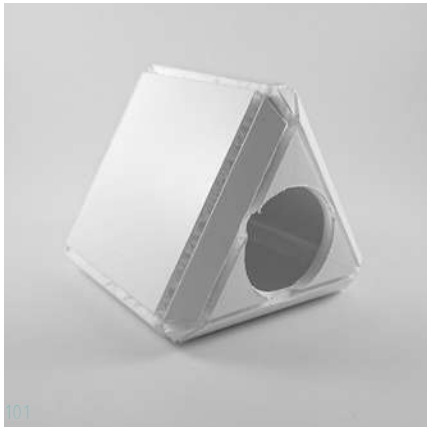
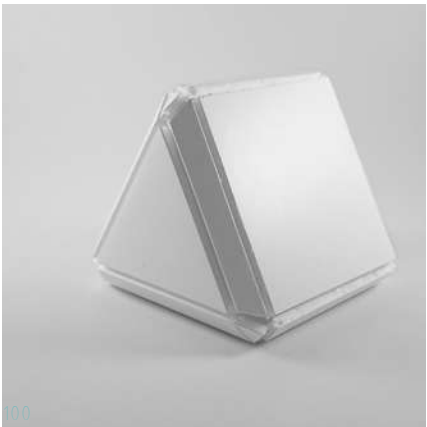
PMR-01 + orificio $\pm 0^\circ$

PMR-02 + Orificio $+15^\circ$

PMR-02 + Orificio -15°

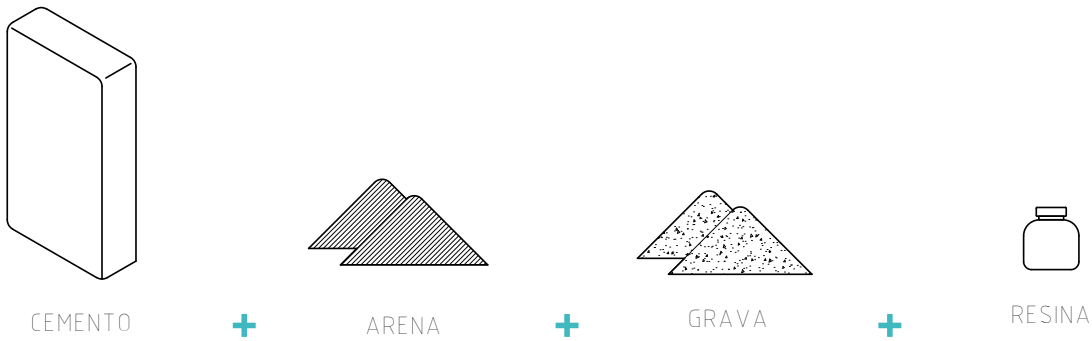
BIO-SKIN

EXPLORACIÓN - PMR





96) Vistas en planta e isométrico, y 97) Vistas frontal y laterales de pieza PMR



108



108) Diagrama de los distintos materiales a utilizar en la mezcla base de la pieza PMR. 109-110) proceso de colado de piezas PMR. 111-113) PMR-1, 114-116) PMR-2, 117-119) PMR-3.

EXPLORACIÓN - PMR

PMR-1



PMR-2



PMR-3



PMR-3



119

La mezcla utilizada para las piezas corresponde a un concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$. Se produce cierta disgregación por el tamaño de agregados lo que genera irregularidades en las piezas. Esta particularidad que sucede se toma como una vía para utilizar la irregularidad de una superficie como elemento base para seguir explorando, ahora en su control y manipulación. El entendimiento de los factores aleatorios que modifican la materialidad y la búsqueda de 'controlar el

119) Pieza PMR-3

descontrol', no es sino un pretexto para tomar otra lógica de fabricación y producir una alternativa más coherente a las morfologías naturales.

La irregularidad de las superficies nos da un norte para trabajar con base en el control de la variabilidad, además de buscar un equilibrio de la materia misma para generar niveles de bioreceptividad.

EXPLORACIÓN - MSG

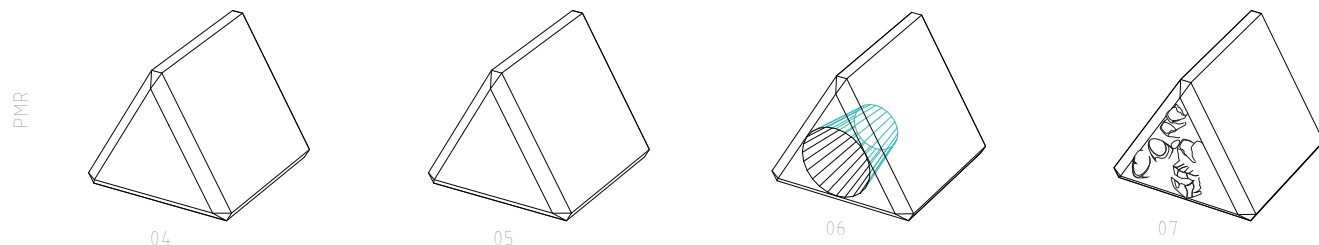


120

Para este ejercicio se toma en cuenta la misma geometría de la pieza PMR pero haciendo un cambio en la variable en una de sus caras; donde se modifica la superficie y se trata de generar un control en la variabilidad de los accidentes de dicha cara frontal. Se sigue utilizando la misma mezcla de la exploración anterior. Además de esto se prepara una mezcla de musgo, para poder adherir esta mismas(ver diagrama 120), y documentar las distintas reacciones de esta mezcla a las superficies. Se fabrican 4 piezas donde una funge como testigo, sin aplicarle el preparado de musgo.



120) Diagrama de la preparación de la fórmula de la solución de musgo. 121-124) Aplicación de la fórmula de musgo en piezas PMR.



125

Para este ejercicio se toma en cuenta la misma geometría de la pieza PMR pero haciendo un cambio en la variable en una de sus caras; donde se modifica la superficie y se trata de generar un control en la variabilidad de los accidentes de dicha cara frontal. Se sigue utilizando la misma mezcla de la exploración anterior. Además de esto se prepara una mezcla de musgo, para poder adherir esta mismas (ver diagrama 120), y documentar las distintas reacciones de esta mezcla a las superficies. Se fabrican 4 piezas donde una funge como testigo, sin aplicarle el preparado de musgo. Las piezas se monitorean por un corto tiempo de 14 días naturales, expuestas a la intemperie y con una orientación sur 185° N, para ver las reacciones que estas generan en sus superficies.

Conclusión: EN esta etapa, después de los 14 días, en la prueba testigo, no se produce ningún cambio, más que solo el cambio de coloración debido a su exposición a la intemperie, igual que las otras tres piezas. Lo que en las demás piezas se genera una capa marrón, donde se pueden apreciar especies de líquenes y otros hongos presentes en las piezas. No se genera niveles de bio-receptividad para el crecimiento de la especie de *polytrichum commune*, pero se genera una capa espesa de biomaterial más acentuada en la pieza con irregularidades en su superficie.

EXPLORACIÓN - MSG

PMR-4



126

Antes



127

14 Días despues

PMR-5



132

Antes



133

14 Días despues

PMR-6



128

Antes



129

14 Días despues

PMR-7



130

Antes



131

14 Días despues

125) Peizas PMR con 3 distintas variables e textura + un testigo. 126-131) Antes y despues de aplicación de la fórmula de musgo en PMR's. 134-141) Inndicios de colonización biológica, nivel primario.



134



135



136



137

EXPLORACIÓN - MSG



138



139

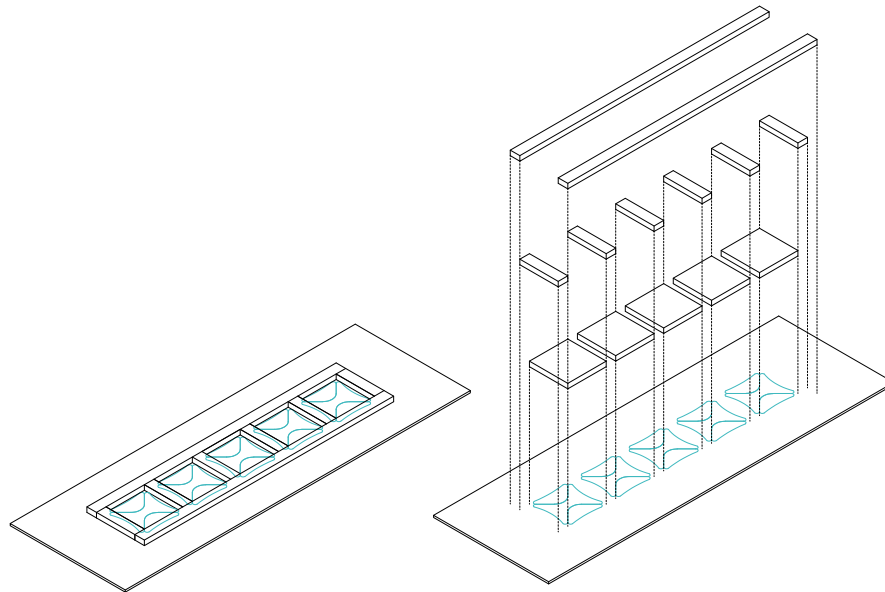


140



141

EXPLORACIÓN - LZT



142

En esta exploración morfológica, se replican patrones de formas geométricas que responden a ciertas ondas vibratorias, en el caso específico se trata de replicar un patrón en 2D basado en geometrías derivadas del estudio de la cimática, a una frecuencia de 349 Hz, seleccionada por su resultado geométrico regular, se toma como muestra para su replicación.

La realización del experimento consiste en generar una vibración controlada sobre una lámina delgada, dejando una cobertura de material granulado en este caso sal refinada, y por medio de altavoces se replica dicha frecuencia, resultado se manifiestan los patrones vibratorios generando regiones de desplazamiento



máximo y mínimo. Estos patrones se replican, para generar diferenciación en etas geometría, con la aplicación de diferentes agregados en determinadas zonas del patrón. El objetivo del ejercicio es generar patrones presentes en la naturaleza, en este caso patrones cimáticos, únicamente para calibrar la técnica y el control de la variabilidad sobre una superficie plana.

142) dirama de explosi3n de elementos de fabricaci3n de pieza L Z T, con base en patrones cimáticos. 143-147) Piezas L Z T-01 al 05.

PROTOTIPADO

V

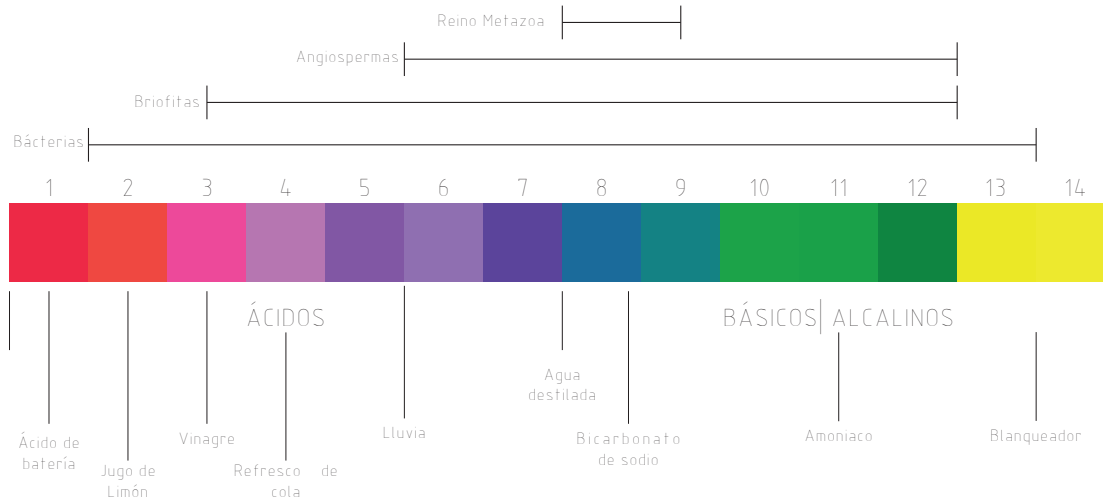
INDICADORES DE pH - MAB

En el desarrollo del material portante, el cual estará denominado como material base (MAB), se busca modificar algunas de las propiedades del concreto convencional, esto con el objetivo de desarrollar ciertas condicionantes que nos permitan la colonización de la misma.

La especie colonizadora, como la mayoría de los organismos del reino Metaphyta, tienen una importante relación con el medio en el que se desarrollan, principalmente su crecimiento y desarrollo están ligados a la obtención de sus nutrientes, los cuales, en las diferentes proporciones encontradas en el medio, están muy relacionados a las variaciones pH (concentración de iones de hidrógeno en una solución) que sus sustratos contienen. El pH funciona como un indicador de las propiedades químicas, físicas y biológicas del sustrato, este a su vez tiene una relación directa acerca de la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas y sus cantidades para que estas estén equilibradas. (Contreras & Rojas, 2014).

El pH, como indicador, permite conocer que tan ácida o alcalina es una solución, en este caso el sustrato(s). En la escala del pH, los valores van del 0.0 al 14.0, siendo el valor del 1 al 7 ácido y del 7 al 14 básico o alcalino, el valor 7.0 es neutro.

INDICADORES DE pH - MAB



148

"La mayoría de los ambientes naturales tienen un pH entre 4 y 9. El pH del agua de mar es generalmente entre 7.5 y 8.4. En agua dulce, un pH con un valor de 6.5 a 8.5. Sin embargo, el valor del pH tolerado por diferentes organismos varía" (Contreras & Rojas, 2014). En el caso de las briófitas, en suelos ácidos se encuentran algunas especies de *Sphagnum* y *Leucobryum* (3-4) y de saturación de bases, en *Leptobryum*, *Funaria* y *Pohlia* (7-8.5) (Morales et al., 2017).

El concreto generalmente cuenta con valores de pH de 12 y 13. Esto se debe a que debe generar un ambiente alcalino para evitar así la corrosión del acero de refuerzo (Cemento - CEMEX, n.d.).

142) Colorimetría de pH para análisis con antocianinas, y comparativa de pH en organismos vivos y sustancias químicas.

Lo que se busca es poder estabilizar los valores del Ph en nuestro MAB para así generar un cierto grado de receptividad en la mezcla del material.

OBJETIVO DEL EXPERIMENTO pH 01

la calibración de la tonalidad del pigmento de antocianina y su aplicación en diversas sustancias para su comprobación como indicador de pH, que posteriormente será usado en la determinación del pH de las MAB de concreto.

Indicador: Reacción de la coloración de la Antocianina

Ingredientes:

- Antocianina extraída de Col morada/ lombarda.
- cloro doméstico,
- sumo del limón,
- agua,
- bicarbonato de sodio,
- jabón líquido.

UTENSILIOS

- 4 Cups de cristal de 150 ml
- 4 Cups de plástico de 1 oz
- 1 cup de plástico de 4 oz
- Filtros de papel
- Agitador de acero inoxidable
- Cedazo de metal
- Cutter
- Parrilla de gas
- Vaso recipiente de acero inoxidable
- Guantes plásticos
- Cubrebocas

DESARROLLO

Para el desarrollo del experimento, existen varios métodos (tanto químicos, electrónicos, iónicos, naturales) por los cuales se puede determinar los valores de pH de diferentes soluciones. En este caso, por ser un método más gráfico, que nos puede ayudar a determinar los valores de pH, es el uso de la sustancia denominada 'antocianina',

"Las antocianinas constituyen un grupo de pigmentos que son responsables de la coloración roja, azul o violeta de muchas flores, frutas, vegetales y cereales. En la actualidad se estudia su aplicabilidad

como indicadores y/o sensores de pH" (Ballesteros & Barros, 2019).

Para el desarrollo de dicho experimento obtendremos la sustancia de la antocianina de la col morada (lombarda), por medio de la ebullición de 200 gr. de dicha planta, previamente cortada, sumergidos en 1 lt de agua, De la ebullición esta se obtendrá una sustancia de color purpura, que se tendrá que filtrar. Esta se dejará reposar por lo menos un día en refrigeración. Esta servirá como nuestro indicador de antocianina.

Posteriormente, en un recipiente de plástico de 4 oz, se vaciará 100 ml del preparado de antocianina, y se mezclará con agua potable. Este nos servirá como testigo, ya que el agua tiene un pH neutro.

En los cuatro cups de cristal se vacía 100 ml del preparado de antocianina. El experimento consistirá en comprobar la reacción de la antocianina a diversas sustancias que van desde valores de pH ácidos hasta básicos.

Una vez obtenidos los resultados se hace una comparativa de la coloración obtenida de las mezclas con la escala gráfica de pH para la antocianina. Y se de-

termina si los valores gráficos corresponden con los valores teóricos.

RESULTADOS

Se obtiene con los resultados gráficos de la coloración de las mezclas en comparación con la escala gráfica de pH, una reacción satisfactoria y correspondientes a los valores teóricos de las sustancias.

CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

La sustancia de antocianina, acorde a los resultados, puede ser utilizado de manera efectiva como un indicador natural de pH y así mismo determinar los valores de pH de las mezclas de concreto a realizar en los siguientes elementos, así como para determinar que sustancias de manera aleatoria e intuitiva pueden ayudarnos a estabilizar el pH de nuestro MAB.

INDICADORES DE pH - MAB



INDICADORES DE pH - MAB



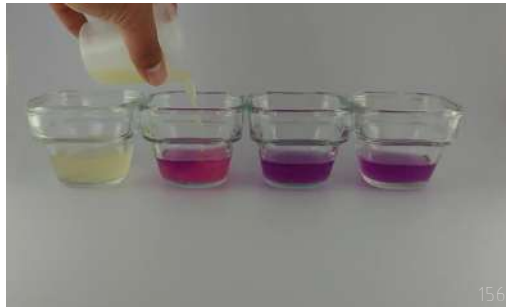
152



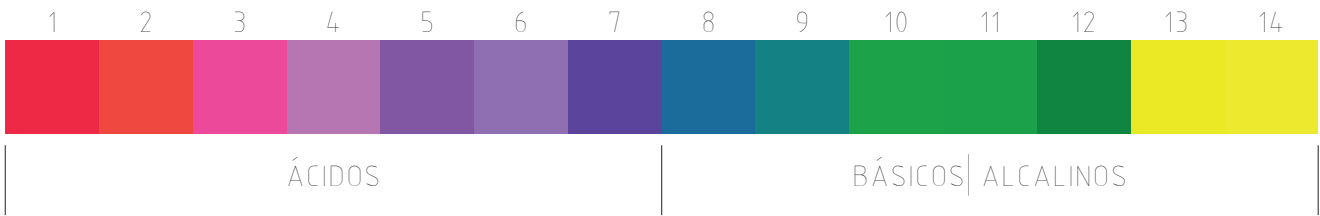
153

149-151) Antocianina disuelta en agua, 100 ml 152-153) Sustancia con antocianina 100 ml en c/ cup de cristal y testigo neutro..

INDICADORES DE pH - MAB



INDICADORES DE pH - MAB



154-155) Vaciado de cloro doméstico en cup 01. 156-157) Vaciado de jugo de limón en cup 02. 158-159) Vaciado de bicarbonato de sodio en cup 03. 160-161) Vaciado de detergente en cup 04. 162) Sustancia con antocianina 100 ml en c/ cup de cristal y testigo neutro. 163) Resultado de las sustancias.

OBJETIVO DEL EXPERIMENTO pH 02|

Probar distintos tipos de agregados que puedan ser incluidos en el MAB y puedan equilibrar el nivel de pH del mismo, esto para favorecer la colonización de la especie vegetativa de la superficie de nuestro prototipo.

Indicador: Reacción de la coloración de la Antocianina.

INGREDIENTES

- Antocianina extraída de Col morada/ lombarda.
- Tierra para cesp d
- Tepetate
- Calcinado de biomasa (ceniza)
- Cemento portland puzolánico

UTENSILIOS

- 4 Cups de cristal de 150 ml
- 4 Cups de plástico de 1 oz
- 1 cup de plástico de 4 oz
- Filtros de papel
- Agitador de acero inoxidable

- Cedazo de metal
- Cutter
- Guantes plásticos
- Cubrebocas

DESARROLLO|

Para el desarrollo del experimento dos, se utiliza el mismo procedimiento del experimento 01, colocando los cuatro recipientes con 100 ml del compuesto de la antocianina.

Se seleccionan dos tipos de agregados de origen natural los cuales son tierra común para cesp d y tepetate. El primero con la característica de generar un sustrato idóneo para el crecimiento de un rango mayor de especies vegetativas, conteniendo pH de entre 5.5 y 6.5, y el tepetate, con un pH teórico de entre 7 y 8, pudiera ayudar a estabilizar el pH del concreto. Además de tener la ventaja de ser un material comúnmente usado en el campo de la construcción. Por el contrario, el tepetate tiene la desventaja de disminuir la resistencia a la compresión y tensión del concreto. Además, se considera el uso del producto de la calcinación de biomasa (ceniza), ya que en algunos casos documentados se tiene registro que

ciertos productos de calcinación estabilizan el pH de concretos específicos (). Y se prueba también el cemento para corroborar su nivel de alcalinidad.

Una vez obtenidos los resultados se hace de nuevo la comparativa de las mezclas obtenidas con la escala gráfica de pH para la antocianina.

RESULTADOS

Se obtiene con los resultados gráficos sustancias cercanas al neutro tanto con la tierra de césped y el tepetate. Aunque con la materia calcinada, se obtienen resultados similares de alcalinidad que el concreto. Estos dos últimos al ser productos resultantes de la calcinación a altas temperaturas, (el concreto a temperaturas de 1450 °C (Cemento - CEMEX, n.d.)), la coloración de las mezclas en comparación con la escala gráfica de pH es similar.

CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

Las sustancias como la tierra de césped no son idóneas como agregado del concreto ya que por sus mismas propiedades y compuesto, disminuye a mayor grado la resistencia del concreto, pero nos ayuda a crear la comparativa con un material seleccionado

y de uso común en la construcción como lo es el tepetate.

En ciertas cantidades podría ser más idóneo el uso del tepetate, para disminuir su alcalinidad. También materia de origen orgánico pudieran ser una alternativa para añadir las como agregado estabilizante del pH del concreto. Se discrimina el uso de cualquier material producto de calcinación.



164



165

164-165) Sustancia con antocianina 100 ml en c/ cup de cristal y testigo neutro. 166-173) Vaciado de los diferentes componentes en la sustancia de antocianina.

INDICADORES DE pH - MAB

Sustrato



Tepetate



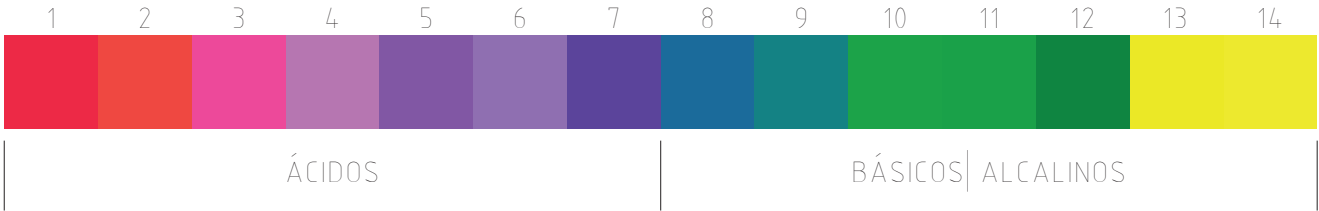
Calcinado



Cemento



INDICADORES DE pH - MAB



174-177) Comparativas del antes y el después de las diferentes sustancias reaccionando al indicador de antocianina. comparativas con el testigo neutro.

OBJETIVO EXPERIMENTO pH 03

Se realiza la siguiente prueba, con 2 muestras materiales minerales naturales, y una que es producto del residuo natural, en este caso se toma el residuo del molido del café por sus propiedades granulares y ácida, esto para equilibrar el pH del MAB final.

Indicador: Reacción de la coloración de la Antocianina .

INGREDIENTES

- Antocianina extraída de Col morada/ lombarda.
- Cloruro de sodio (Sal granulada)
- Tepetate
- Sedimento de café 'borra'

UTENSILIOS

- 3 Cups de cristal de 150 ml
- 3 Cups de plástico de 1 oz
- 1 cup de plástico de 4 oz
- Filtros de papel
- Agitador de acero inoxidable
- Cedazo de metal

- Cutter
- Guantes plásticos
- Cubrebocas

DESARROLLO

Para el desarrollo del experimento tres, se utiliza el mismo procedimiento del experimento 01 y 02, colocando ahora 3 recipientes con 100 ml del compuesto de la antocianina. En este caso las soluciones son cloruro de sodio con un pH de 7, se vuelve a probar el tepetate y se introduce la borra de café, esto como un elemento de origen vegetal y de residuo, se decanta esta opción al ser un producto de consumo común y diversificado a nivel global, pero no exclusivamente podría ser este producto. El uso de cualquier otro material de origen vegetal con ciertas características podría ser utilizado en la modificación del pH, mientras que no afecte las condiciones de resistencia del concreto.

Una vez obtenidos los resultados se hace de nuevo la comparativa de las mezclas obtenidas con la escala gráfica de pH para la antocianina.

INDICADORES DE pH - MAB

Cloruro de sodio



Tepetate



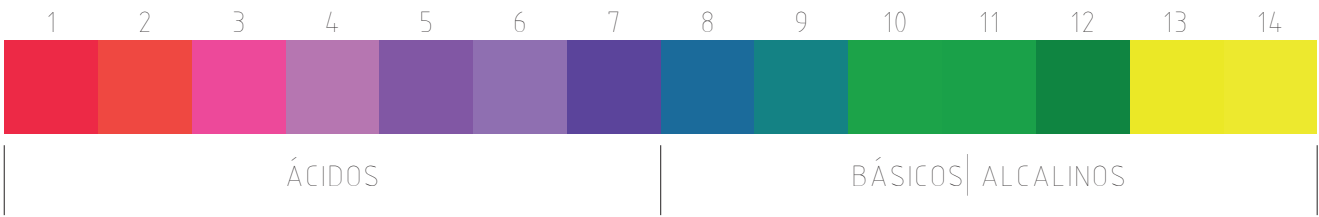
Borra



Resultados



INDICADORES DE pH - MAB



178-183) Vaciado de las sustancias de cloruro de sodio disuelto, tepetate y borra de café en los cups 1, 2 y 3, respectivamente. 186-187) Resultados de las reacciones del tepetate. 188-189) Resultados de las reacciones de la borra de café.

RESULTADOS

En el caso del cloruro de sodio disuelto en un 50% de agua, genera niveles de pH neutros.

En el caso del tepetate sigue generando los mismos resultados de la prueba anterior, de igual maneras cercanas al neutro.

En el caso del café, se podría considerar neutra. Debido a la coloración de la sustancia resultante no nos arroja un resultado claro, pero por su contenido de pH se sometería de nuevo a prueba.

Debido a la coloración de los materiales como el tepetate y el café se pueden determinar ciertas tonalidades, producto de su composición química, que es una manifestación de los resultados.

CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

En cuestión del cloruro de sodio, al ser una sustancia neutra no arroja resultados en donde pueda variar el pH de una sustancia. Se destaca el uso del tepetate y el uso del café por sus niveles de pH. Teóricos y se someterán a prueba como prueba de muestreo de

dos tipos de materiales, uno de origen mineral y el otro de origen vegetal, para determinar su uso en la MAB.

INDICADORES DE pH - MAB

Cloruro de sodio



Tepalcate



Borra



Resultados



PRUEBA MAB

Se realiza una prueba de resistencia de las piezas, para determinar la MAB, para posteriormente ser modificada con los agregados en base al proceso de experimentación del indicador de pH. Para las muestras se determina generar una especie de mortero, descartando agregados como sello o grava, ya que por su tamaño es improcedente para el vaciado en los moldes, únicamente se utiliza lo siguiente:

- Arena cernida, malla - 14
- Cemento portland puzolánico
- Resina acrílica norma ASTM C-1059, tipo II
- Desmoldante

Utensilios:

- Tubo de cartón d:2"
- Recipiente plástico de 1lt
- Agitador de madera
- Cup plástico de 4 oz
- Cuchara metálica 6"

Las proporciones de la mezcla original se expresan para las tres pruebas de la siguiente manera:

MAB-01 1:3

MAB-02 1:2

MAB-03 1:1

Procedimiento:

Se mezcla cemento y arena y se va agregando poco a poco el agua. En las tres muestras se fue agregando una proporción de $\frac{3}{4}$ partes de agua con respecto a los demás materiales. Al conformar la mezcla de manera maleable, se procede a vaciar a los moldes de tubo de cartón, previamente impregnados de desmoldante en su interior. Se deja fraguar y reposar durante 7 días.

Conclusiones:

La MAB-01-3 presentan un buen comportamiento en cuanto a su resistencia, a excepción de sus aristas y cantos. En el proceso de colado las mezclas se comportan de igual manera, y en el fraguado después de 21 días, presenta mejor registro la prueba MAB-03.

Se selecciona la muestra MAB-03 para fines de poder tener un mejor registro en el colado de las superficies irregulares del diseño del molde de la pieza.

190-197) Resultado de las pruebas de selección de la mezcla base (MAB).

PRUEBA MAB + pH

Una vez determinada la MAB, se realizan ciertas modificaciones a la composición de los agregados de la mezcla de concreto. Añadiéndolo a razón de ¼ parte con los dos materiales analizados anteriormente que son el tepetate y la borra de café.

Mediante el uso de tiras reactivas previamente impregnadas con el indicador de antocianina, se procede a medir los niveles de pH en las muestras. Los materiales a utilizar son los siguientes:

- Arena cernida, malla – 14
- Cemento portland puzolánico
- Resina acrílica norma ASTM C-1059, tipo II
- Desmoldante
- Tepetate
- Borra de café.

Utensilios:

- Tubo de cartón d:2"
- Recipiente plástico de 1lt
- Agitador de madera
- Cup plástico de 4 oz

- Cuchara metálica 6"
- Tiras reactivas

Las proporciones de las pruebas para el agregado de tepetate son las siguientes:

- MAB-03-T1 1:3/4:1/4
- MAB-03-T2 1:1/2:1/2
- MAB-03-T3 1:1/4:3/4

Las proporciones de las pruebas para el agregado de tepetate son las siguientes:

- MAB-03-C1 1:3/4:1/4
- MAB-03-C2 1:1/2:1/2
- MAB-03-C3 1:1/4:3/4

Procedimiento:

Se mezcla cemento y arena, y los agregados de tepetate y borra respectivamente a las proporciones antes descritas. En las seis muestras de fue agregando una proporción de ¾ partes de agua con respecto a los demás materiales. Al conformar la mezcla de manera maleable, se procede a vaciar a los moldes de tubo de cartón, previamente impregnados de des-

moldante en su interior. Se deja fraguar y reposar durante 7 días.

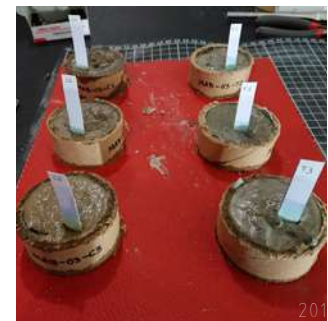
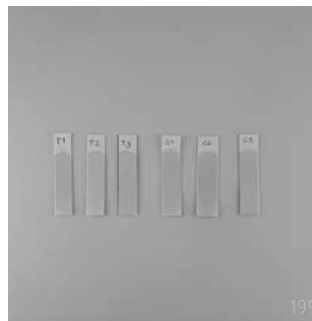
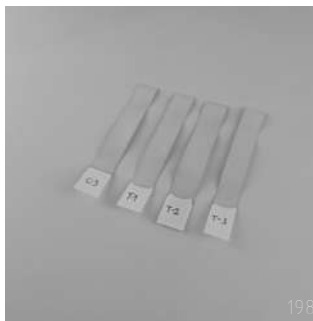
Conclusiones:

Al desmoldar las piezas MAB-03-T se puede comprobar un buen registro y resistencia al asirlas.

Caso contrario a las piezas MAB-03-C, en donde la única que presento mayor resistencia al desmoldado fue la MAB-03-C1. La MAB-03-C2 se fractura y la MAB-03-C3 se pulverizo al intentar desmoldarla.

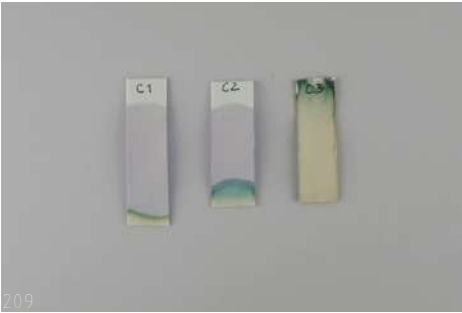
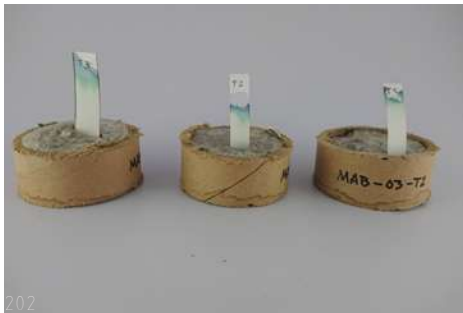
Las tiras reactivas en el caso de las piezas MAB-03-T siguen mostrando altos niveles de alcalinidad lo cual no demuestra la alteración del pH en la mezcla MAB. En cambio, en las piezas MAB-03-C se presenta una coloración amarillenta, producto de la composición de la borra.

Aun no son resultados contundentes, por lo que se procede a tomar una muestra física de alrededor de 10gr de la MAB-03-T3, la cual contiene mayor cantidad de tepetate y no se ve afectada su resistencia ni su registro y una muestra de la MAB-03-C1, la más resistente de su grupo.



198-199) Tiras reactivas para la medición de pH en muestras de concreto. 200-201) Colocación de las respectivas tiras reactivas para la selección de muestra de concreto con tepetate y borra de café.

INDICADORES DE pH - MAB



202-205) Tiras reactivas en muestras de concreto. 206-209) Resultados de las tiras reactivas.

INDICADORES DE pH - MAB



210



211



212



213



214



215



216



217

210-2017) Fila izq. muestra desmoldadas con la variable del agregado de tepetate. Fila der. muestra desmoldadas con la variable del agregado de borra de café.



218-221) Colocación de 10gr de muestra MAB-03-T3 y C1 para prueba de indicador de pH.

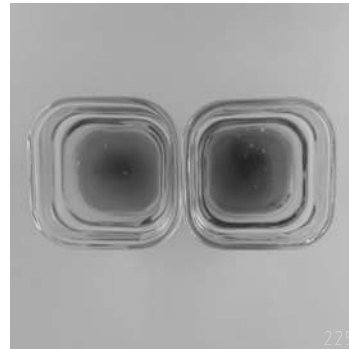
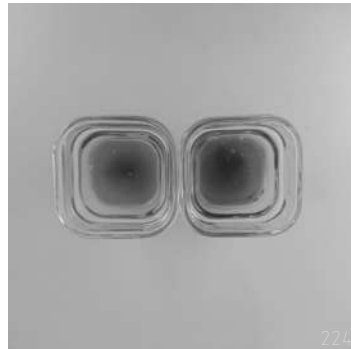
PRUEBA MAB + pH 02

Al tomar una pieza de 10 gr de cada una de las muestras finales MAB-03-T3 y MAB-03-C1, se sumergen en dos cups de cristal con 50 ml de antocianina previamente preparada. De deja reposar las muestras para su reacción alrededor de 72 hrs.

Material utilizado:

- Antocianina
- 10 gr muestra de MAB-03-T3
- 10 gr muestra de MAB-03-C1

INDICADORES DE pH - MAB



222-225) Resultados de colocación de 10gr de muestra MAB-03-T3 y C1, Izq. y der. respectivamente, en prueba de indicador de pH.

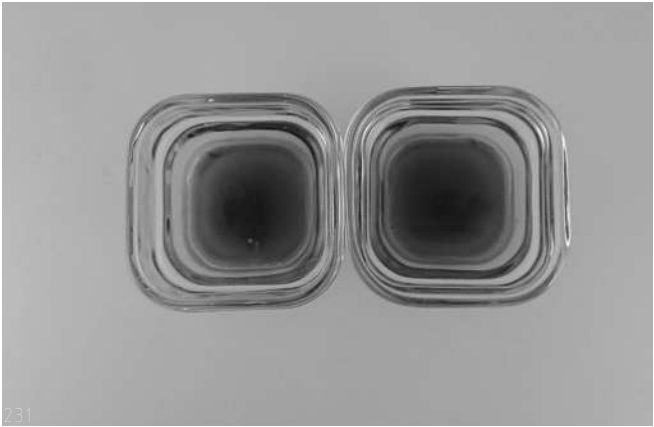
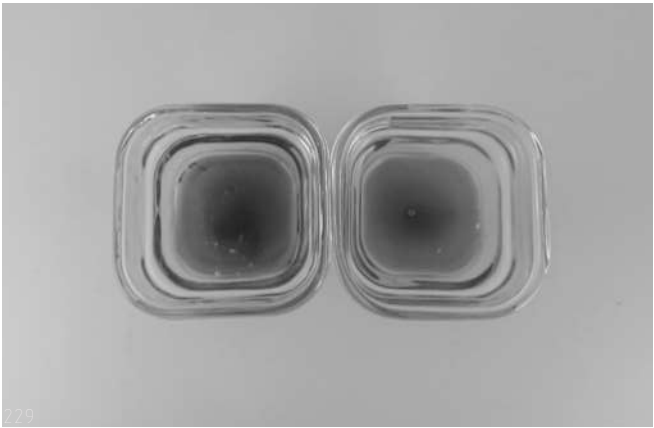
vUtensilios:

- 2 Cups de cristal de 150 ml
- 2 Cups de plástico de 1 oz
- 1 cup de plástico de 4 oz
- Guantes plásticos

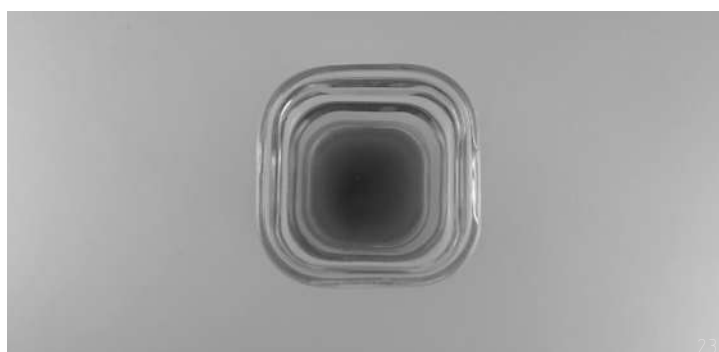
Conclusiones:

El cambio de coloración como lo muestra en las imágenes da resultados alcalinos, sin haber variación en la muestra de tepetate MAB-03-T3 en comparación a la coloración del cemento (pH entre 12 y 13).

INDICADORES DE pH - MAB

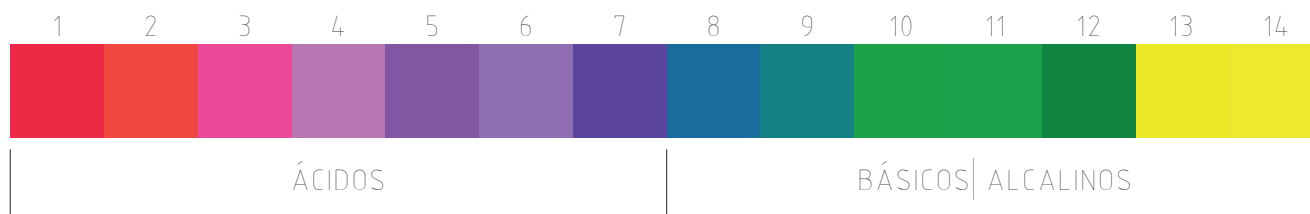


INDICADORES DE pH - MAB



226-231) Procedimiento repetición de y resultados de colocación de 10gr de muestra MAB-03-T3 y C1, Izq. y der. respectivamente, en prueba de indicador de pH.

232-233) Resultados de colocación de 10gr de muestra MAB-03-T3 y C1, Izq. y der. respectivamente, en prueba de indicador de pH. Segunda prueba.



Caso contrario en la muestra de pieza la MAB-03-C1, la cual resulta con modificaciones en sus pH visibles en el cambio de coloración dando como resultado en la escala gráfica de pH valores aproximados al 9.

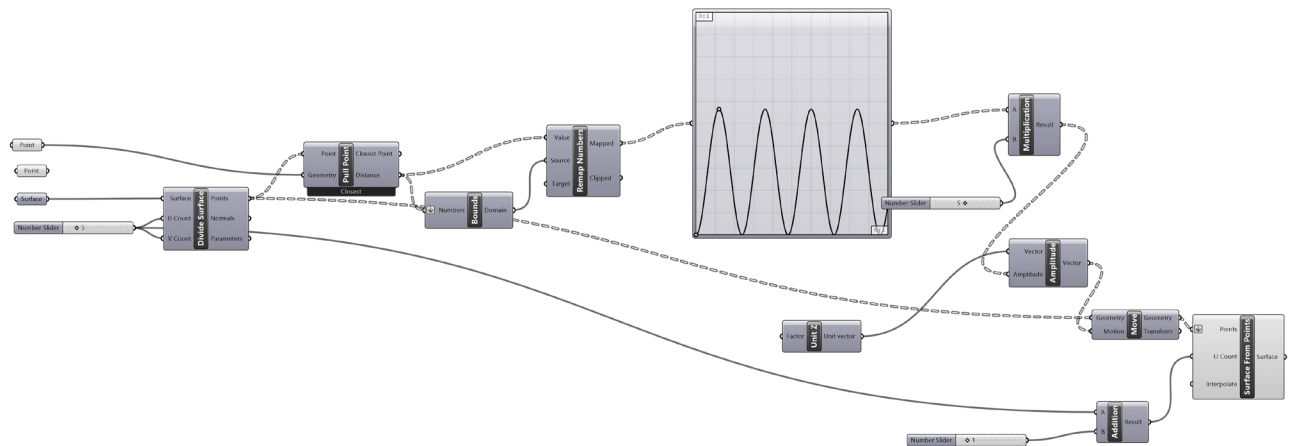
Podemos concluir que nos arroja un dato satisfactorio, ya que al alterar los niveles de pH de una mezcla de concreto, podemos acercarnos a niveles de bio-receptividad a nivel material. Se repite el procedimiento por segunda vez para corroborar los resultados y la reacción coincide con la anterior según los niveles de pH de la colorimetría para la antocianina.

EXPLORACIÓN - SPF

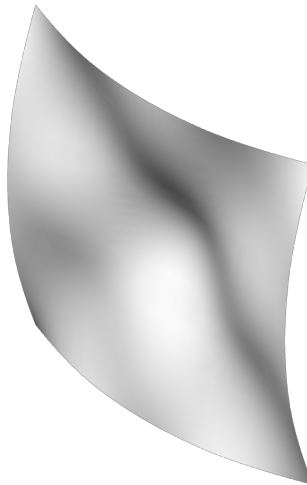
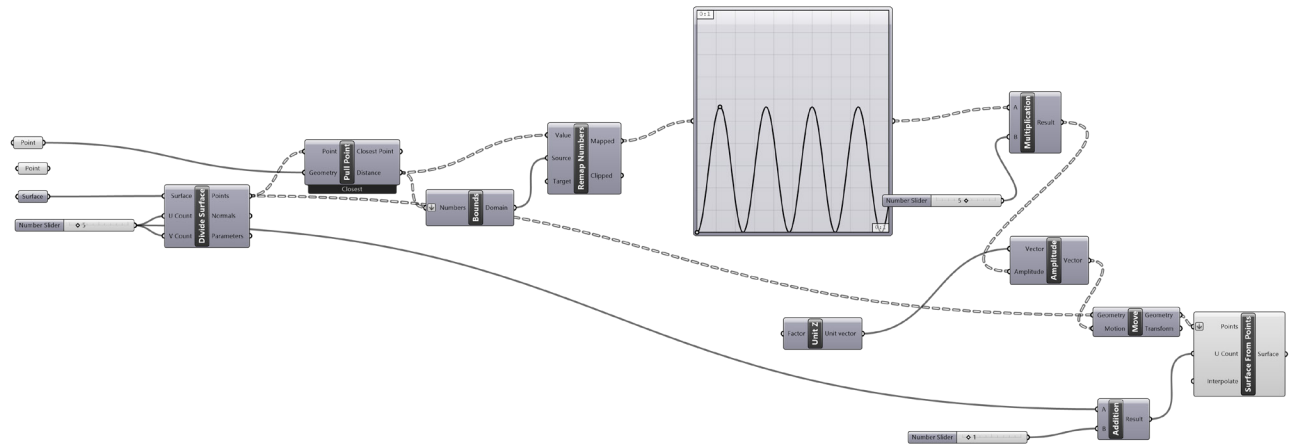
La propuesta de exploración de la modificación de una superficie, basada en un *script*, se basa en el análisis de la lógica de las estrategias biomiméticas de crecimiento de los entes vivos y su crecimiento en las superficies, con el objetivo de poder recrear hasta emular las superficies naturales, mediante el control de la variabilidad de la morfología.

Se plantea un lenguaje formal basado en el crecimiento de las briofitas, sobre otras especies arbóreas como lo es el Pinus, Encino Quercus y el Oyamel, especies encontradas a lo largo del eje neovolcánico de la sierra en el estado de Michoacán. El análisis hecho con los musgos, como guía de los procesos de construcción más la materialidad como soporte para albergar vida, son las pautas a seguir para el control y el diseño de la superficie.

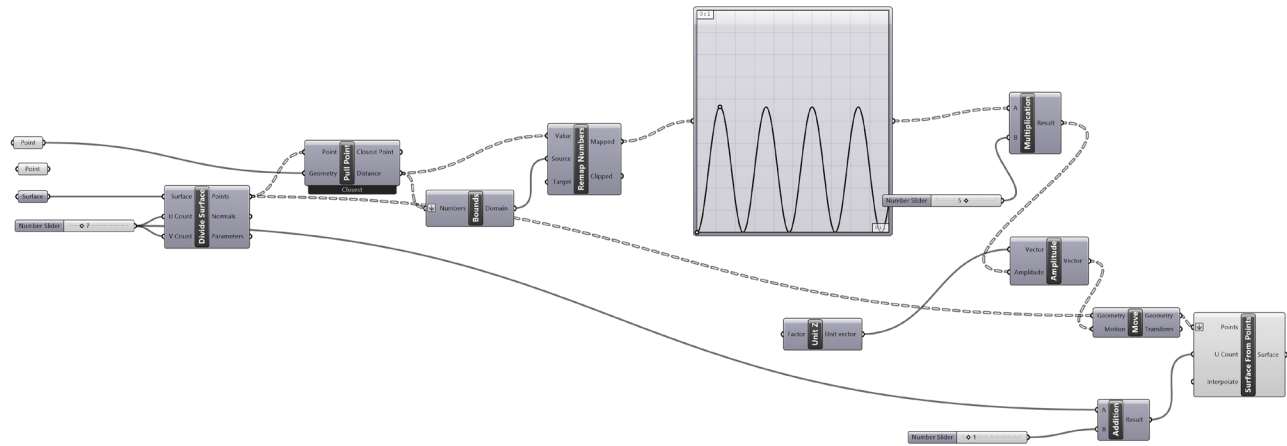
Objetivo: control de la variabilidad mediante el uso del diseño paramétrico digital.



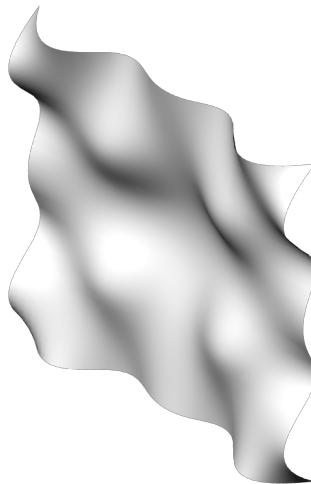
234



EXPLORACIÓN - SPF



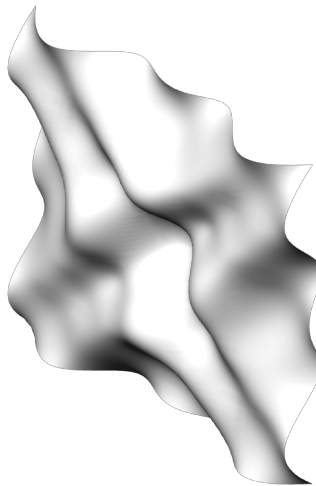
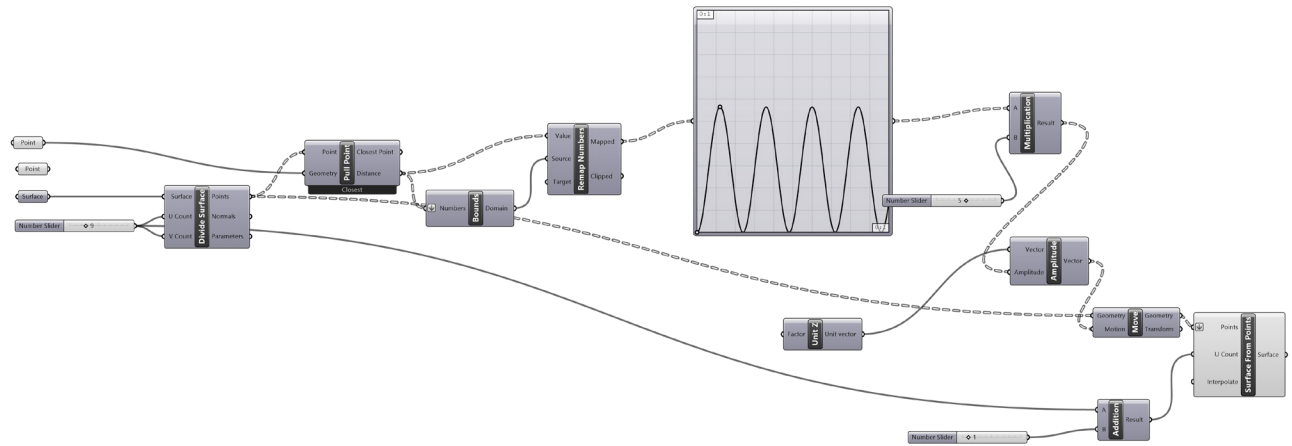
237



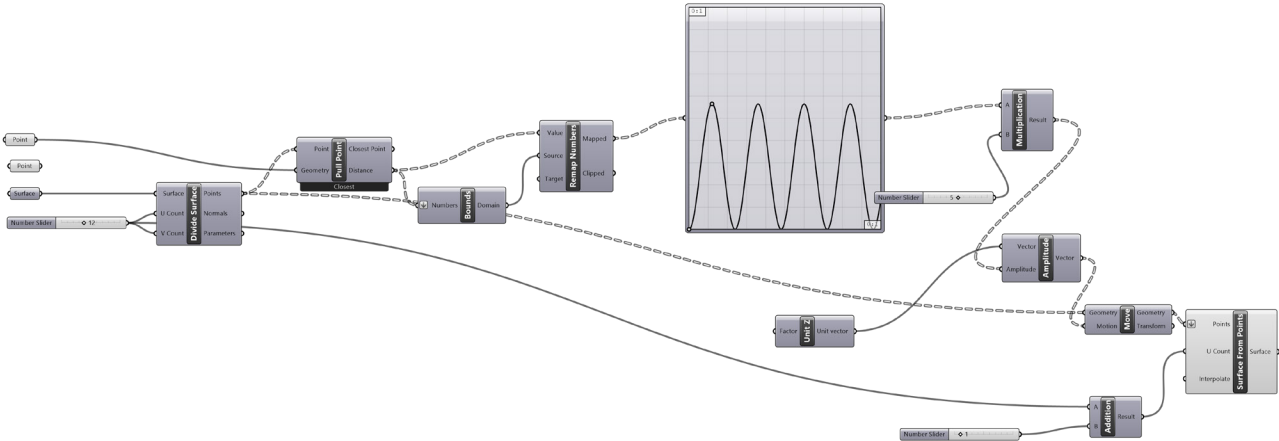
238

235-238) Definición algorítmica: Rhinoceros + Grasshopper1.001. Superficie demo y 1.1. respectivamente.

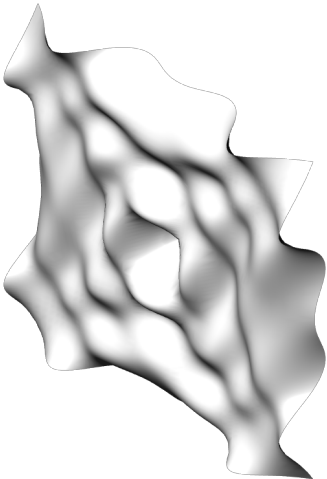
BIO-SKIN



BIO-SKIN
EXPLORACIÓN - SPF

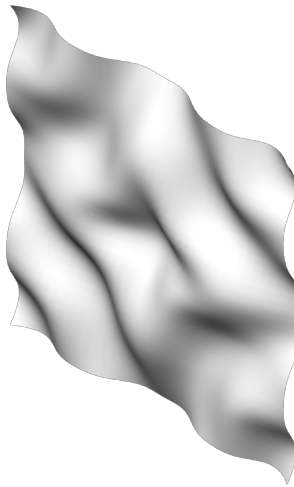
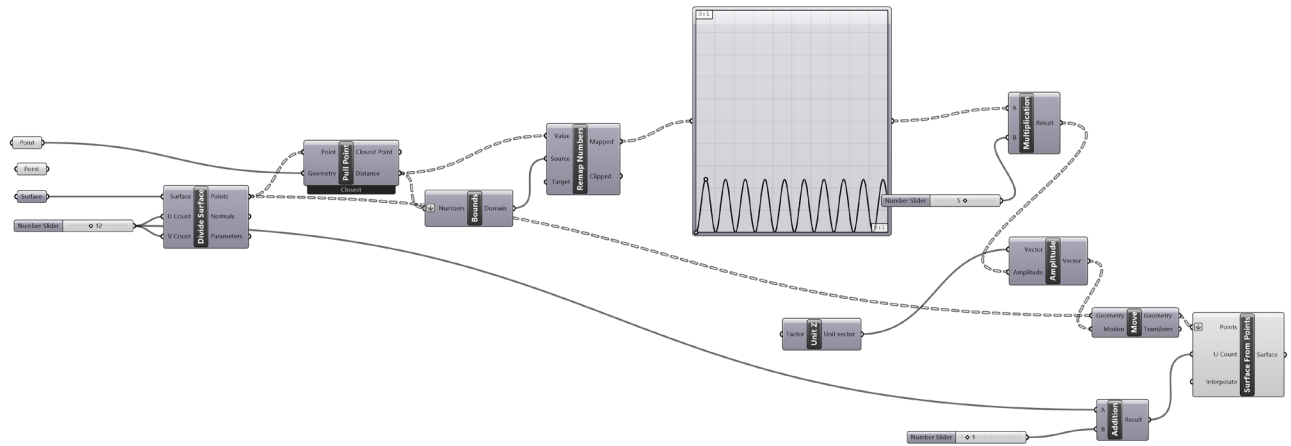


243

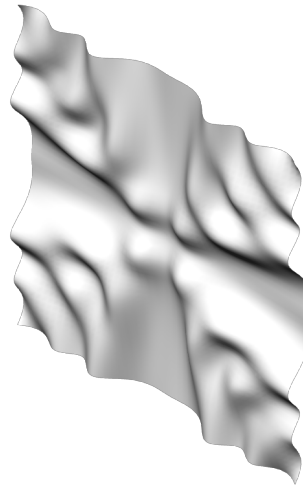
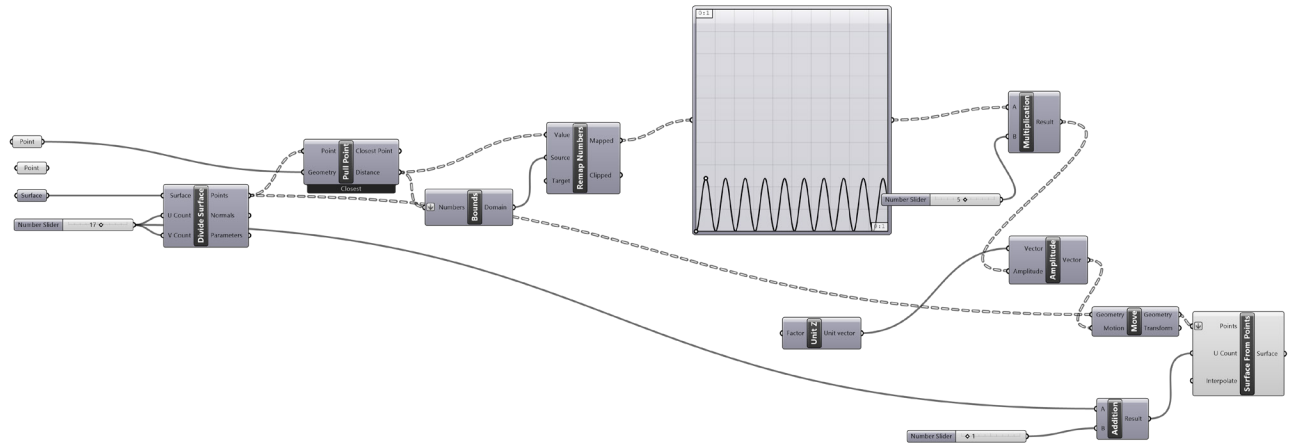


244

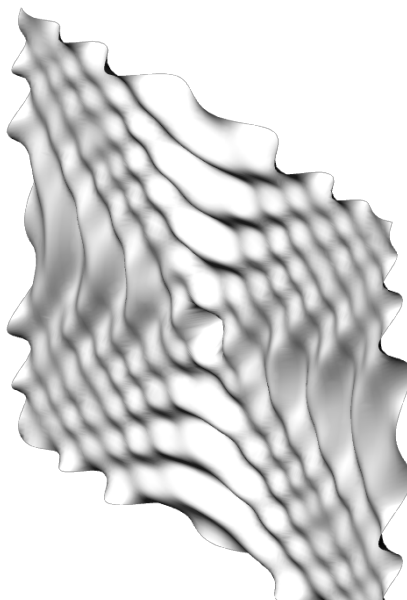
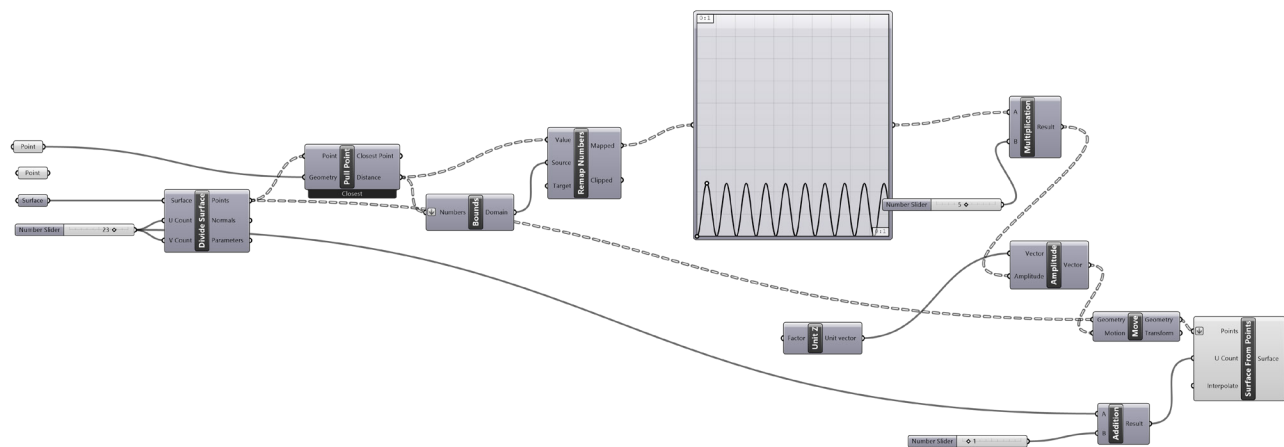
BIO-SKIN



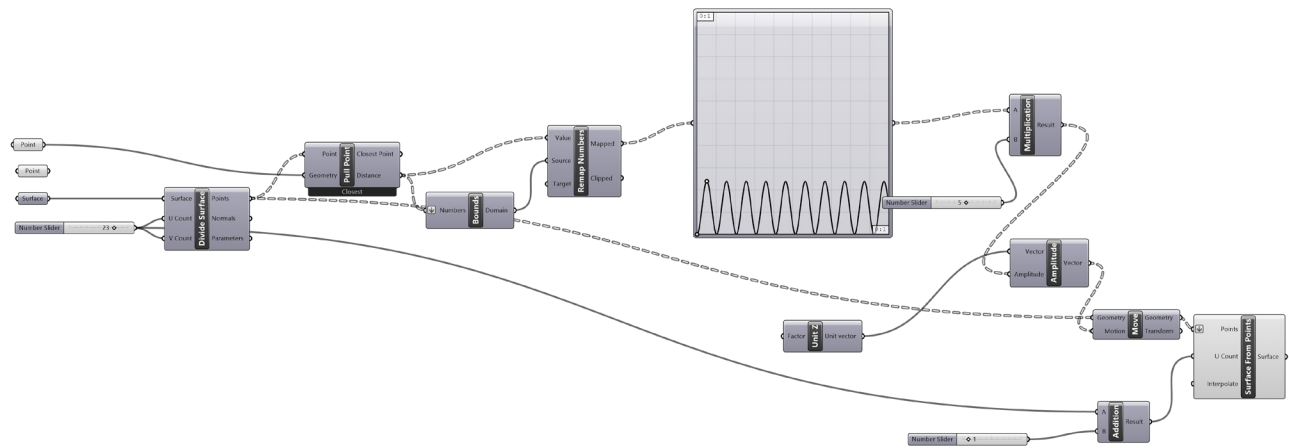
BIO-SKIN



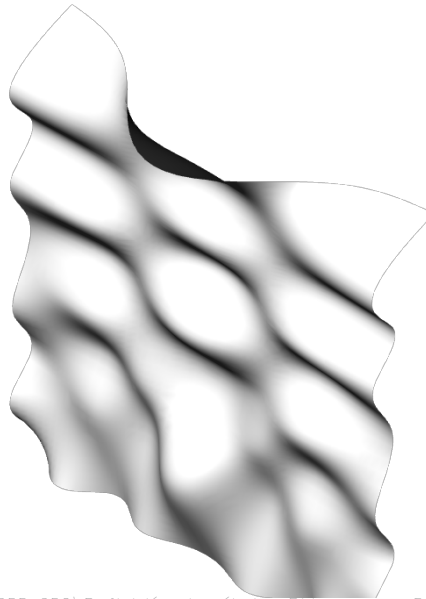
BIO-SKIN



EXPLORACIÓN - SPF



257



258

255-258) Definición algorítmica. Rhinoceros + Grasshopper1.001. Superficie 2.3 y 2.4 respectivamente.

BIO-SKIN

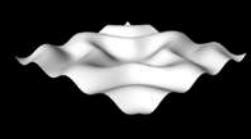
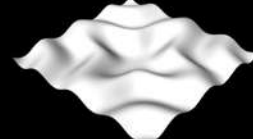
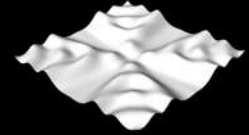
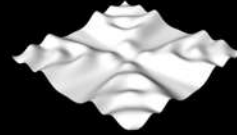
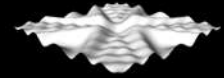
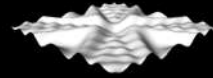
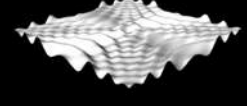
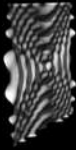
EXPLORACIÓN - SPF

VISTA LATERAL

ALZADO

ISOMETRICO 1

ISOMETRICO 2



DISEÑO DE SUPERFICIES BIORECEPTIVAS

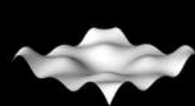
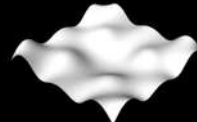
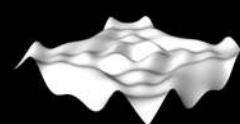
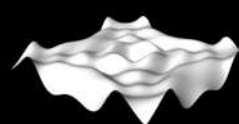
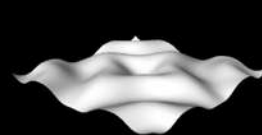
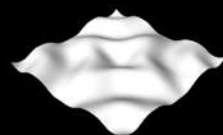
EXPLORACIÓN - SPF

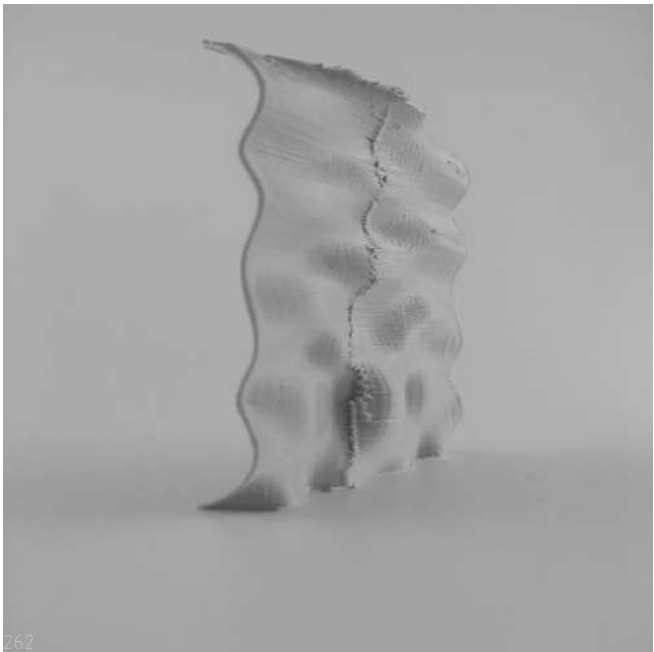
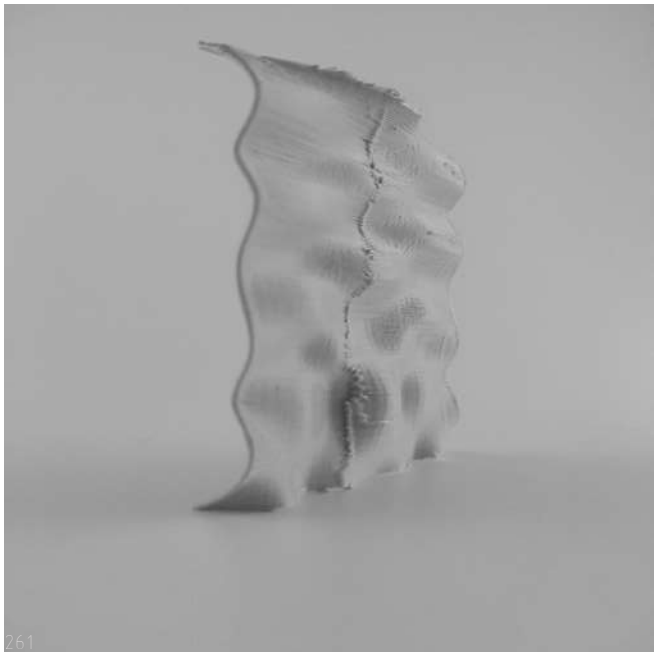
VISTA LATERAL

ALZADO

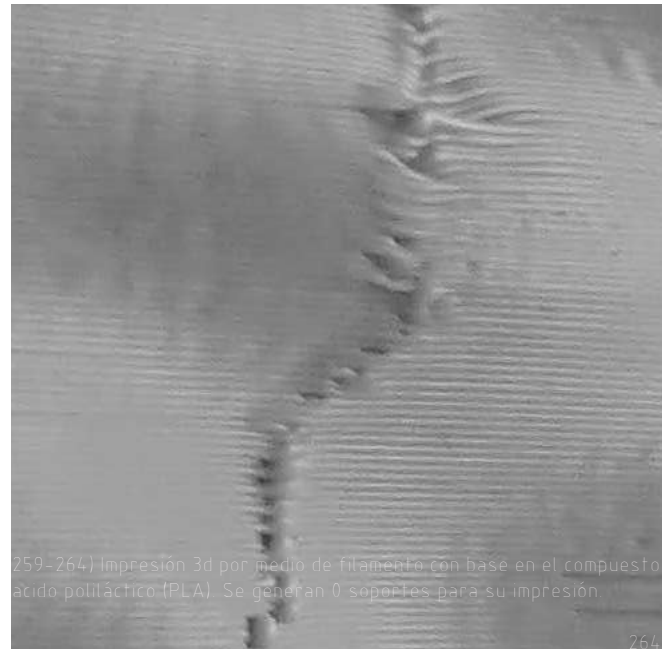
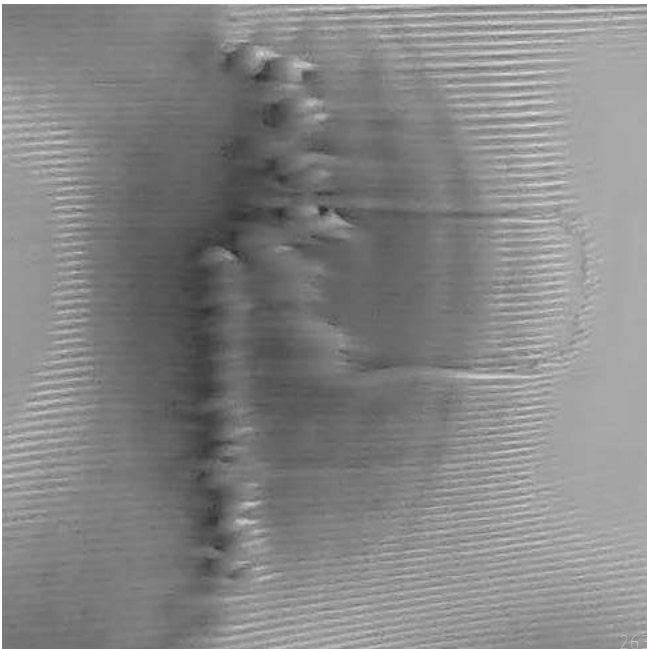
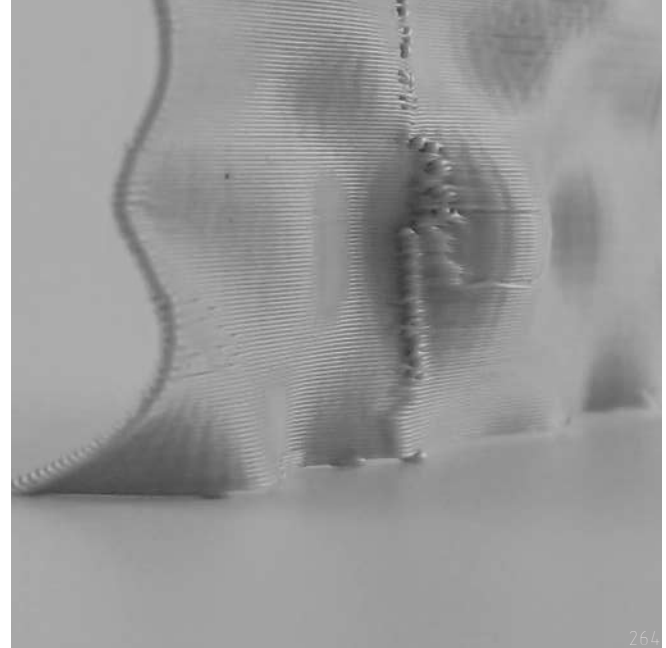
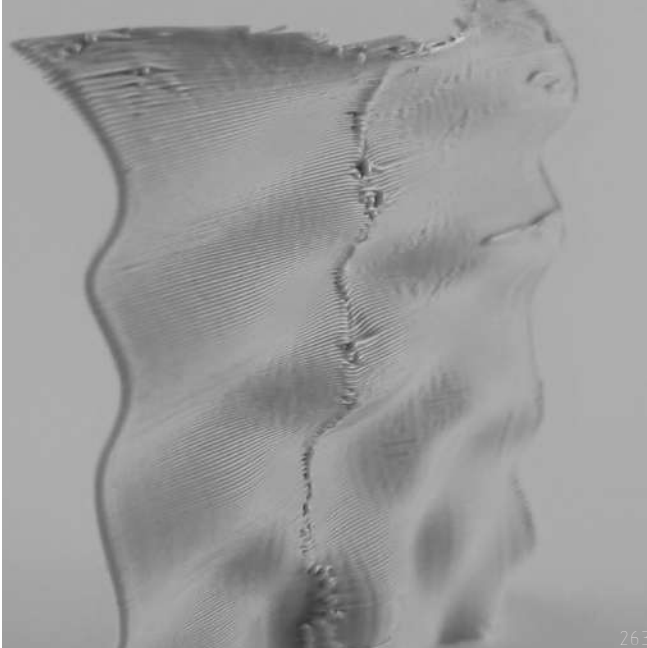
ISOMETRICO 1

ISOMETRICO 2





EXPLORACIÓN - SPF



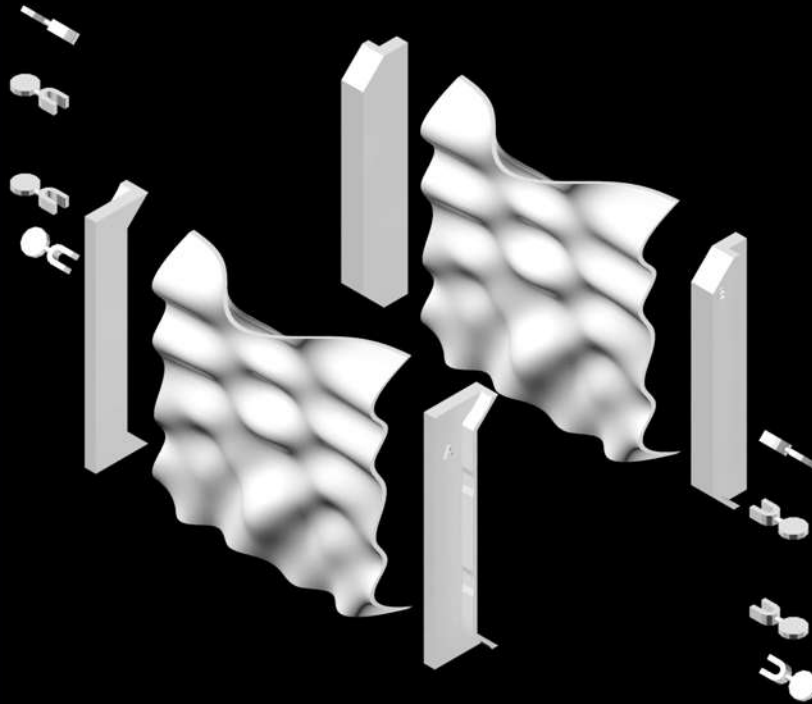
259-264) Impresión 3d por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA). Se generan 0 soportes para su impresión.

BIO-SKIN

PROTOTIPADO MOLDE

DISEÑO DIGITAL DE MOLDE

PROTOTIPADO MOLDE



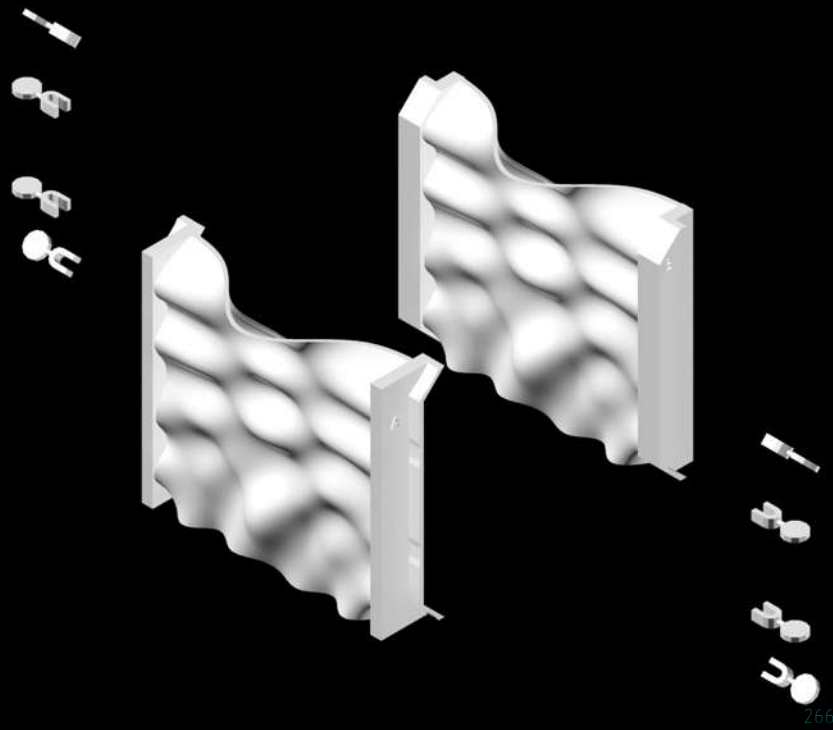
265

Modelo digital de despiece de molde

DISEÑO DE SUPERFICIES BIORECEPTIVAS

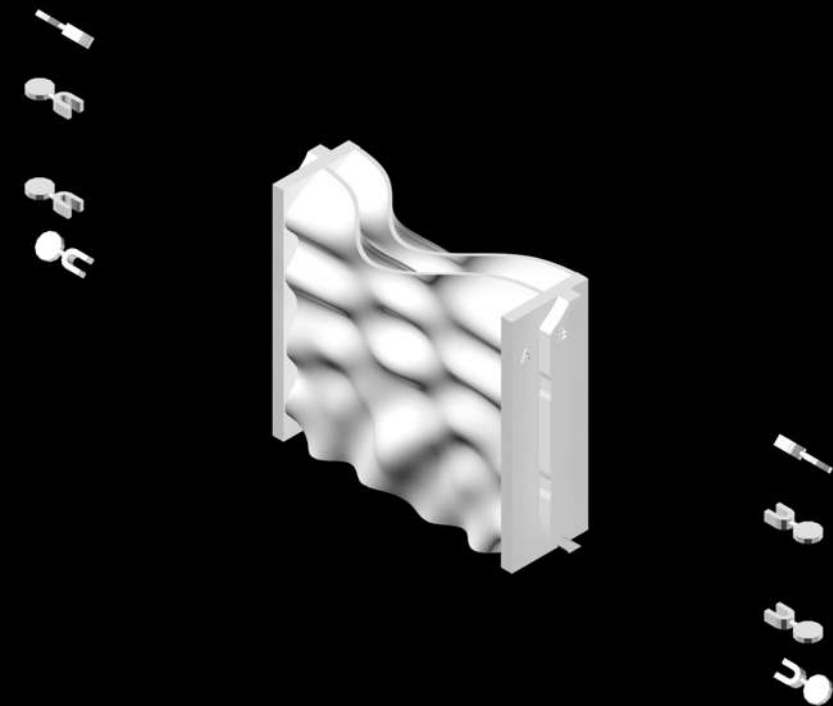
PROTOTIPADO MOLDE

PROCESO DIGITAL DE ARMADO DE MOLDE



266

Fig. 000 Modelo digital de despiece de molde



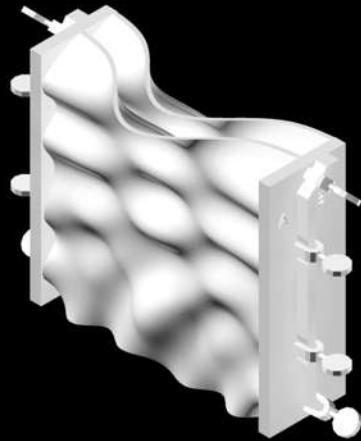
267

Modelo digital de despiece de molde

DISEÑO DE SUPERFICIES BIORECEPTIVAS

PROTOTIPADO MOLDE

PROCESO DIGITAL DE ARMADO DE MOLDE



268

Modelo digital de despiece de molde

PROCESO DE FABRICACIÓN ADITIVA DE MOLDE

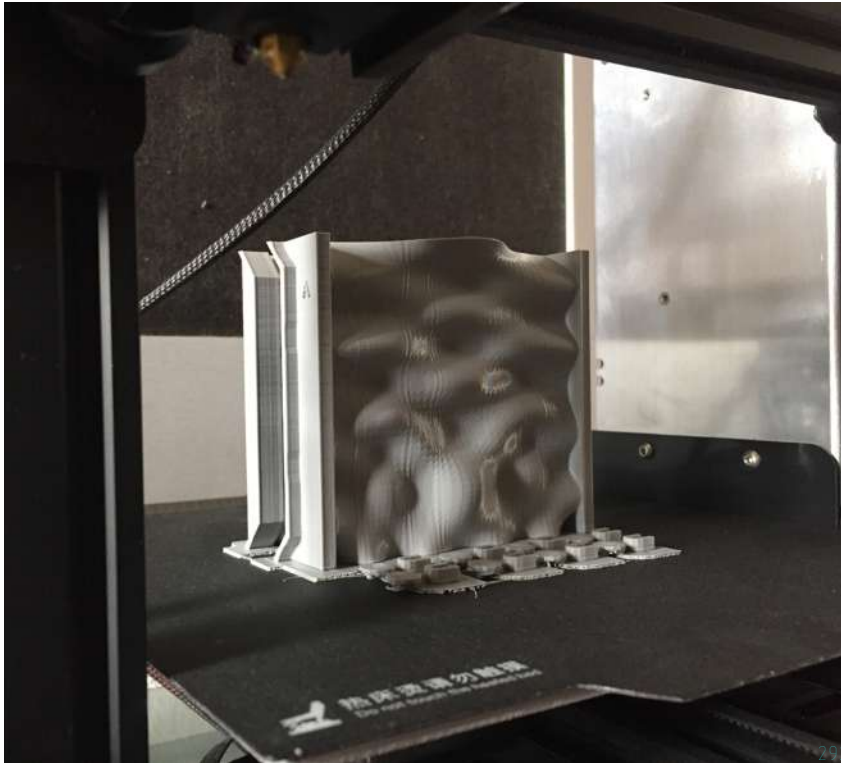


Impresión 3d de base de prototipo de molde Fig. 268. Elevación de estructura de molde impresión 3d con filamento PLA . Finalización de impresión 3d de molde para fabricación de superficie X1

269-291) Proceso de fabricación digital de molde por medios aditivos, impresión 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

PROTOTIPADO MOLDE

PROTOTIPO DE MOLDE PARA FABRICACIÓN DE SUPERFICIE X1



Molde impreso en 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

292) Finalización del proceso de fabricación digital de molde por medios aditivos, impresión 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

PROCESO DE FABRICACIÓN ADITIVA DE MOLDE



293



294



295

Vista Lateral de molde impreso en 3d para fabricación de Prototipo SPF-3.1 con material MAB-03-T3 y C1.
Vista superior de molde impreso en 3d para fabricación de Prototipo y armado de molde impresión en 3d.

293-295) Despiece de molde, impresión 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

PROTOTIPADO MOLDE

PROTOTIPO DE MOLDE PARA FABRICACIÓN DE SUPERFICIE X1

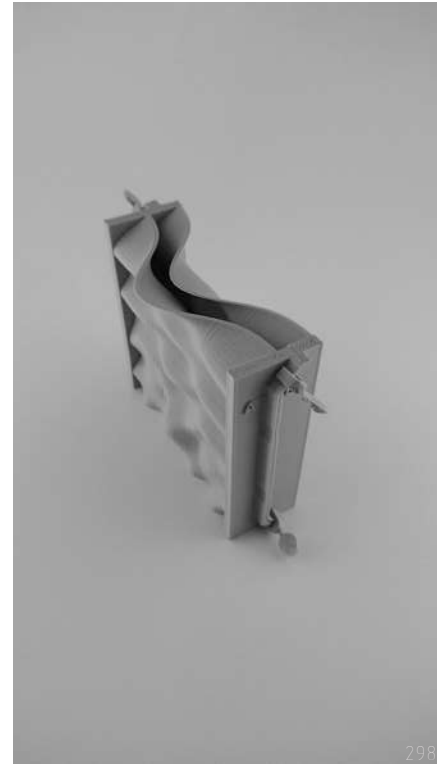
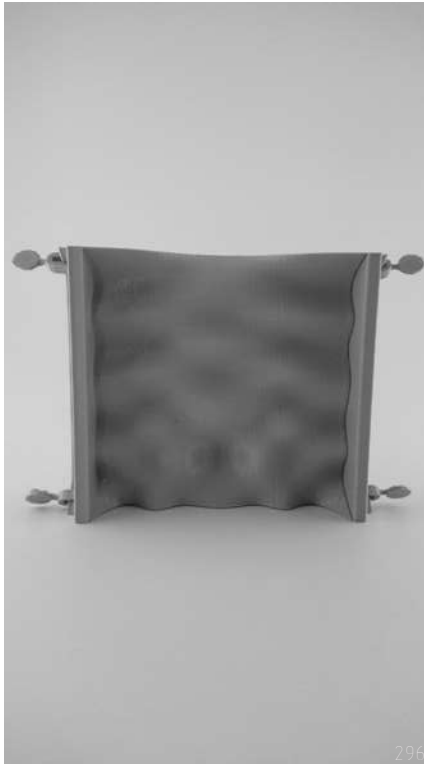


Fig. 000 Vista frontal de molde armado, impreso en 3d para fabricación de Prototipo X1 Fig. 000 Vista superior de molde armado, impreso en 3d para fabricación de Prototipo X1 Fig. 000 Vista en perspectiva de molde armado, impreso en 3d.

296-298) Montaje y armado de molde, impresión 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

PROTOTIPO DE MOLDE PARA FABRICACIÓN DE SUPERFICIE X1



Molde impreso en 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

299) Molde final, fabricado por medios aditivos, impresión 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

PROTOTIPADO MOLDE

FABRICACIÓN MOLDE PARA PROTOTIPO SUPERFICIE X1

FABRICACIÓN - SPF



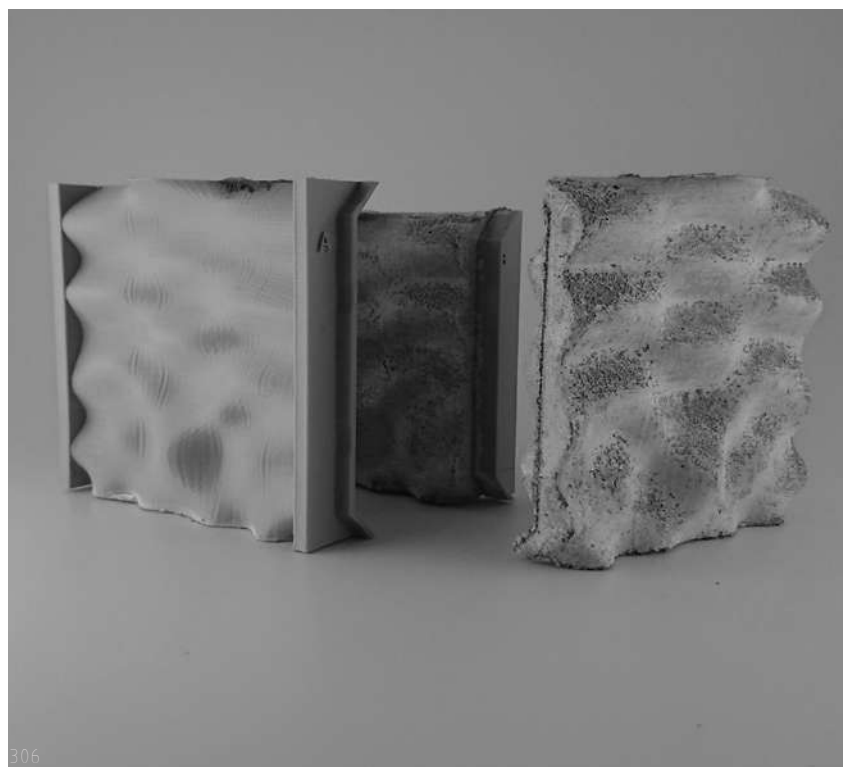
Proceso de colado de molde, la fluidez con la cual se realiza la mezcla no permite de inicio que el concreto fluya a través del molde por lo que se repite el proceso, agregando hasta $\frac{1}{4}$ parte más de agua en la mezcla.

SPF - FABRICACIÓN

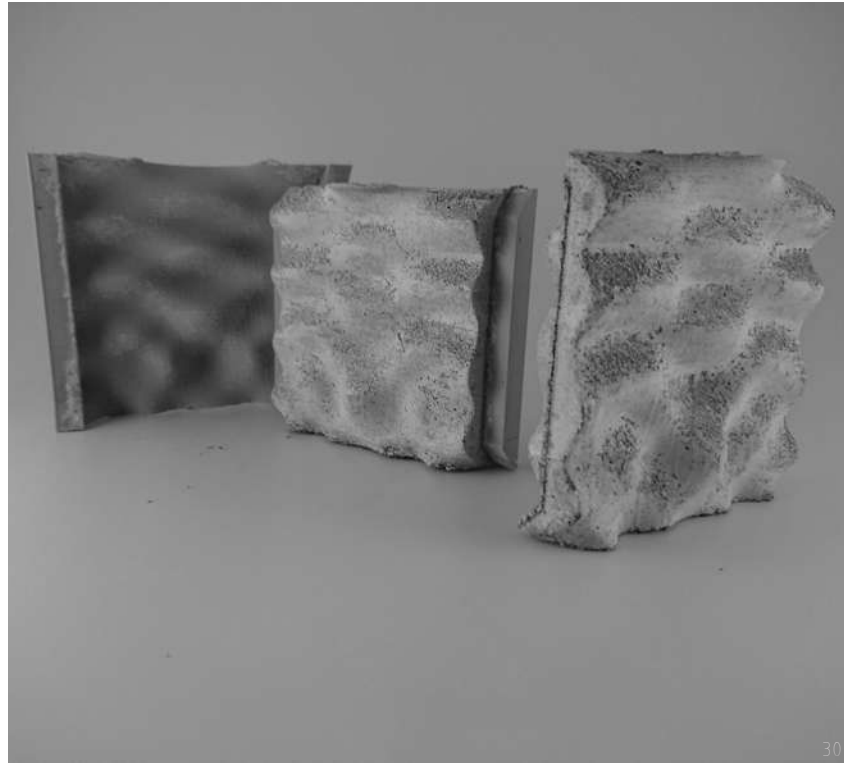


300-305) Fabricacion de pieza de concreto prototipo SPF 3.1 material portante MAB-03. Molde, impresión 3D por medio de filamento con base en el compuesto ácido poliláctico (PLA).

Proceso de colado de molde, se logra un nivel de fluidez en la mezcla óptimo. El proceso de desmolde se realiza después de 24 horas. en la pieza se observa que uno de los puntos críticos son las aristas superiores, producto del modelado digital, por lo cual se tomara registro de ello para la modificación y perfeccionamiento de la geometría.



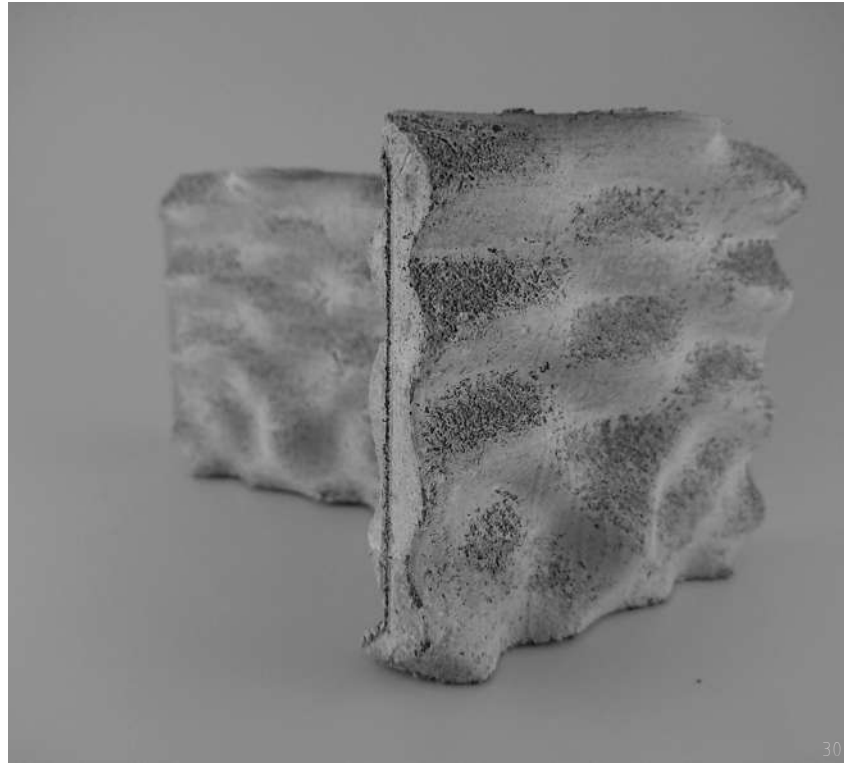
306) Resultados del colado y desmoldado de la pieza de concreto con la MAB-03.



307) Resultados del colado y desmoldado de la pieza de concreto con la MAB-03.



308) Resultados del colado y desmoldado de la pieza de concreto con la MAB-03.



309) Resultados del colado y desmoldado de la pieza de concreto con la MAB-03.



310-311) Resultados del colado y desmoldado de la pieza de concreto con la MAB-03.



312) Resultados del colado y desmoldado de la pieza de concreto con la MAB-03.

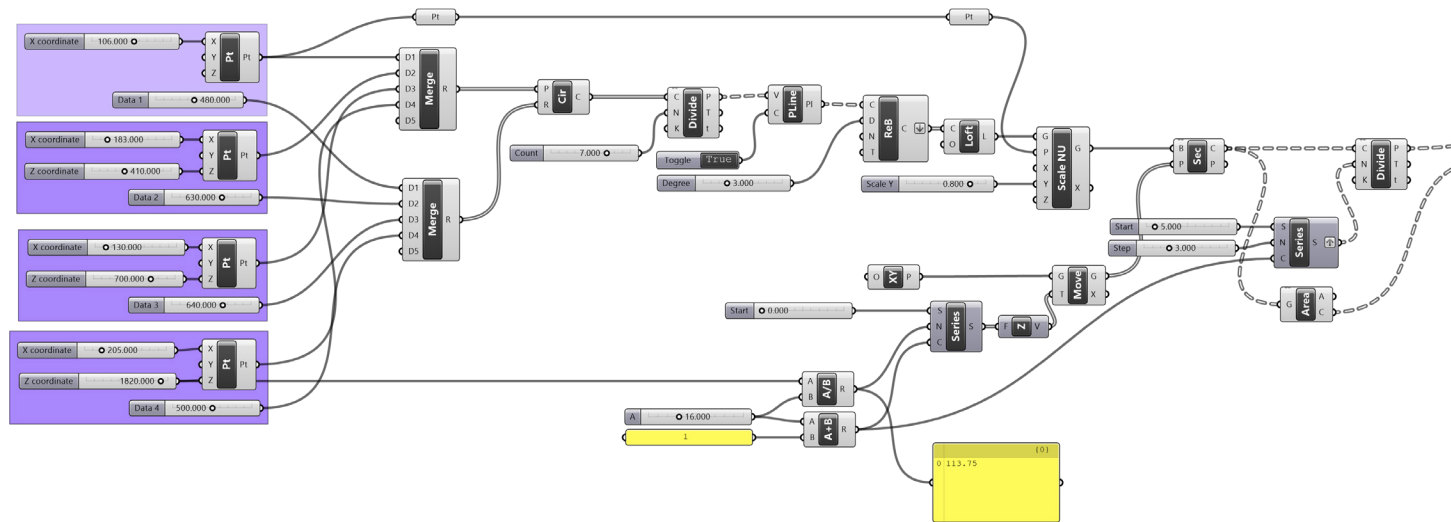
SPF - FABRICA

En el proceso de generación de molde de la pieza final de concreto, con mezcla portante MAB-03, se obtienen resultados satisfactorios después de la segunda prueba. Otro punto a destacar es que se eficienta la producción de moldes, al obtenerlos directamente del diseño digital a su fabricación como negativo en impresión 3d de filamento PLA. Obteniendo un buen registro y desempeño de la pieza tanto en el proceso de colado de la mezcla (al ajustar los parámetros de fluidez después de la prueba inicial), como en el proceso de desmoldado.

Al colar nuestra pieza de manera vertical, permitimos un fraguado óptimo de la pieza y con la suficiente resistencia para proceder al desmolde sin inconvenientes.

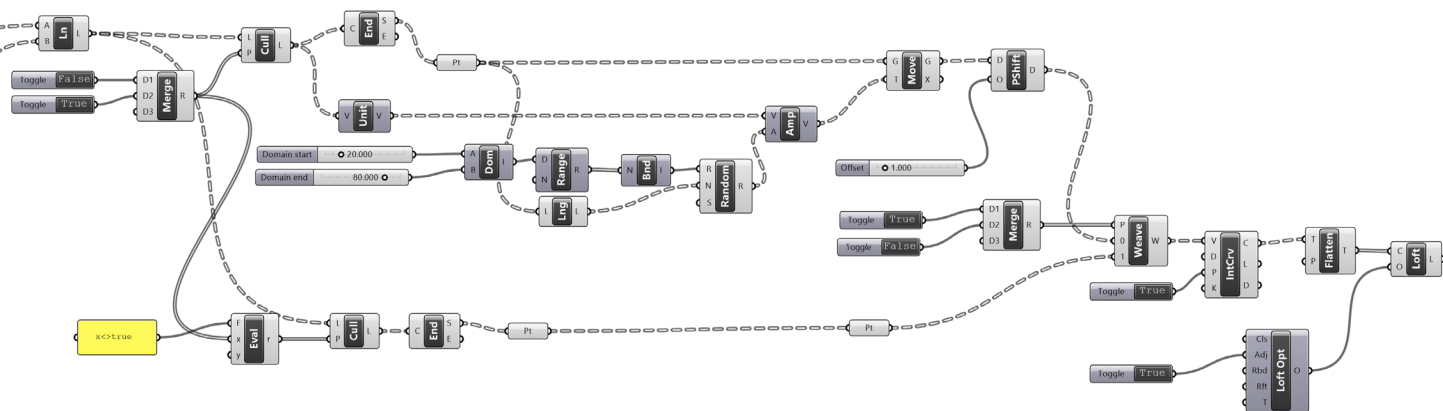
Posteriormente se procede a realizar el colado de las piezas con la mezcla MAB-03-T3 y C1, para realizar la aplicación de la mezcla de musgo en su cara frontal, esto para corroborar los niveles de responsividad, en específico de la colonización de dicha superficie.

EXPLORACIÓN MORFOLÓGICA

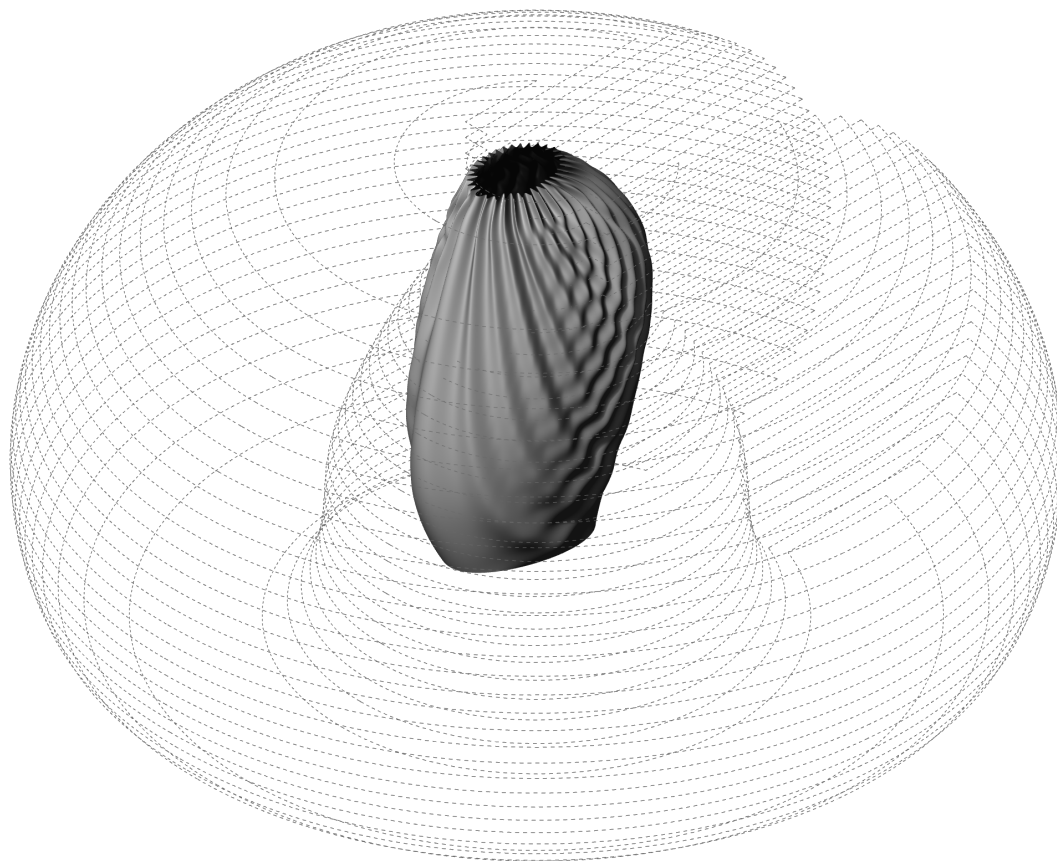


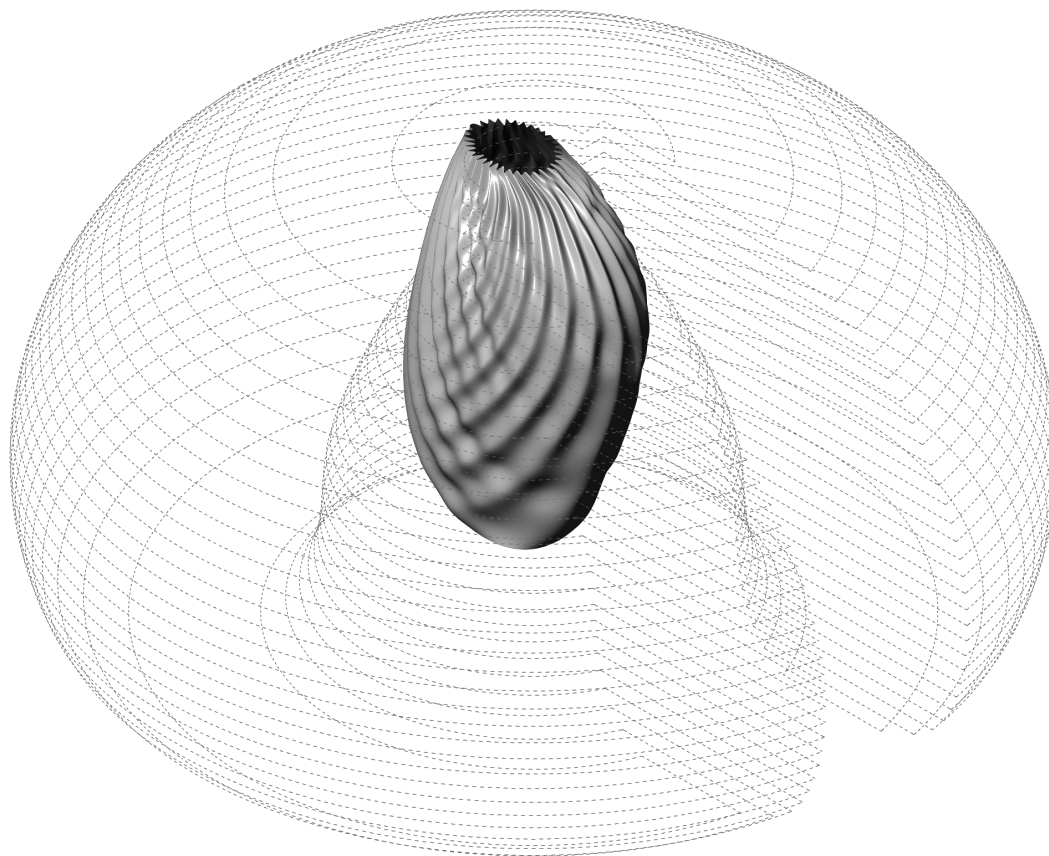
La propuesta de la siguiente exploración morfológica se basa en el análisis de las estrategias biomiméticas de crecimiento de los objetos vivos en la naturaleza, que por medio de la deposición de material orgánico, conforman estructuras verticales con ciertas características estructurales y morfológicas. Esta lógica ha sido replicada mediante los procesos de fabricación aditiva aplicados en la arquitectura.

Se plantean un diseño digital que sirven como norte para la construcción de la materialidad, concibiendo las características morfológicas que nos podría dar la utilización del concreto, y especulando con la muestra final resultante de los procesos de experimentación de nuestro material base MAB-03-T3 y C1. Nuestro concreto portante, en conjunto con la tectónica de las superficies resultantes de la definición mostrada



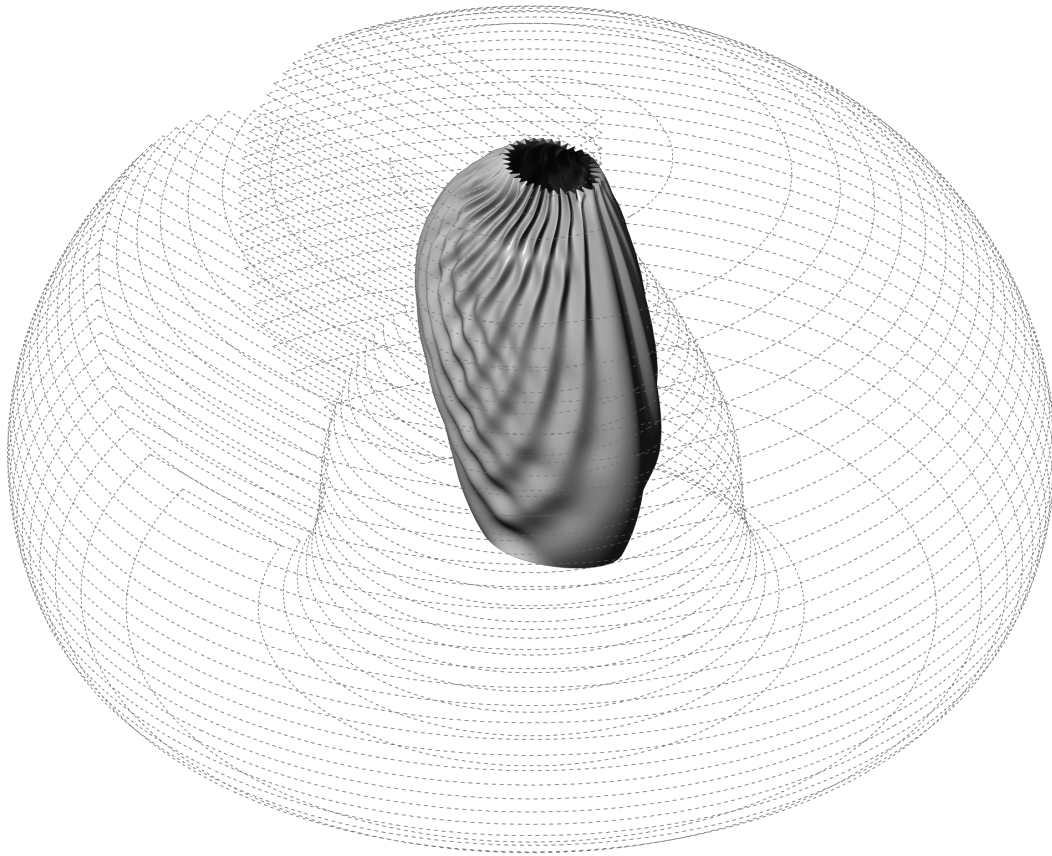
(Estrategias de diseño y programación para fabricación aditiva en arquitectura, 2020), nos permite crear un ambiente propicio para la proliferación de especies vegetativas, con el fin de conformar superficies que generen condiciones de bio-colonización para una especie vegetativa, en este caso el briofito de la especie *Polytrichum commune*. Como resultante podemos tener superficies verticales vivas que puedan traer consigo distintas aplicaciones, tanto para generar condiciones de confort al interior de una edificación y al exterior próximo de la misma. Se plantea un lenguaje visual y operativo basado en los procesos de fabricación aditiva, más la materialidad como soporte para albergar vida.

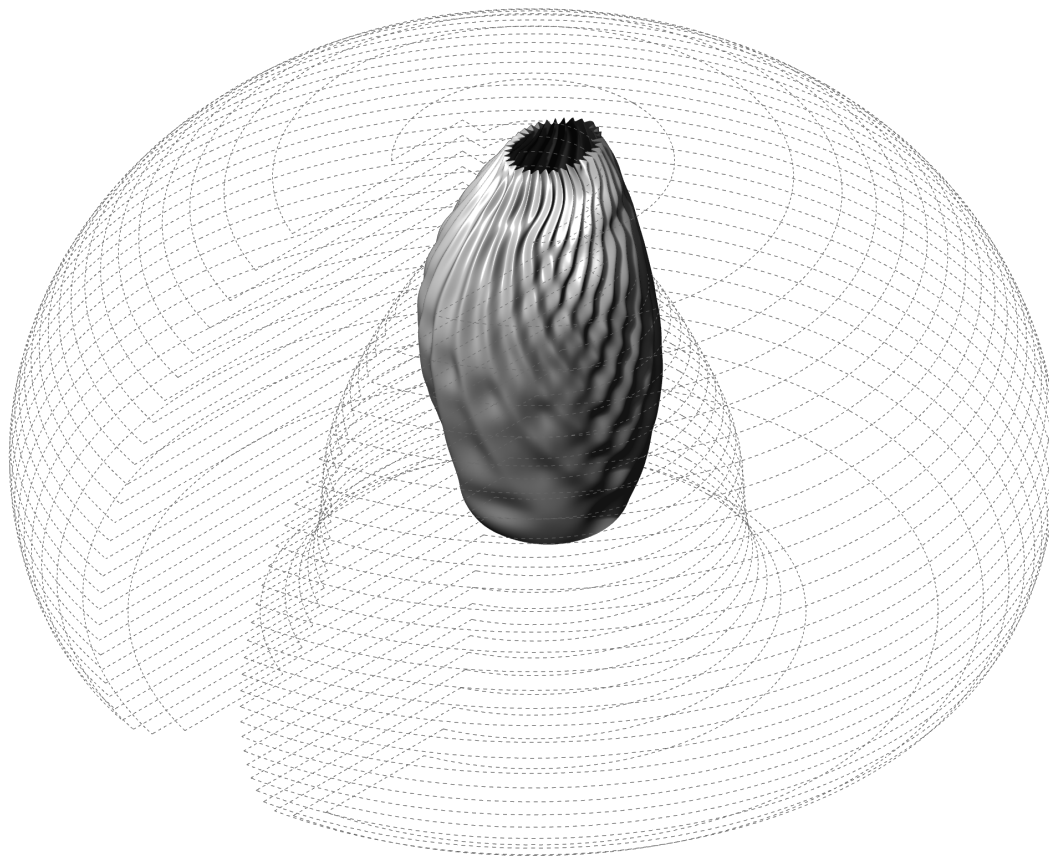




320

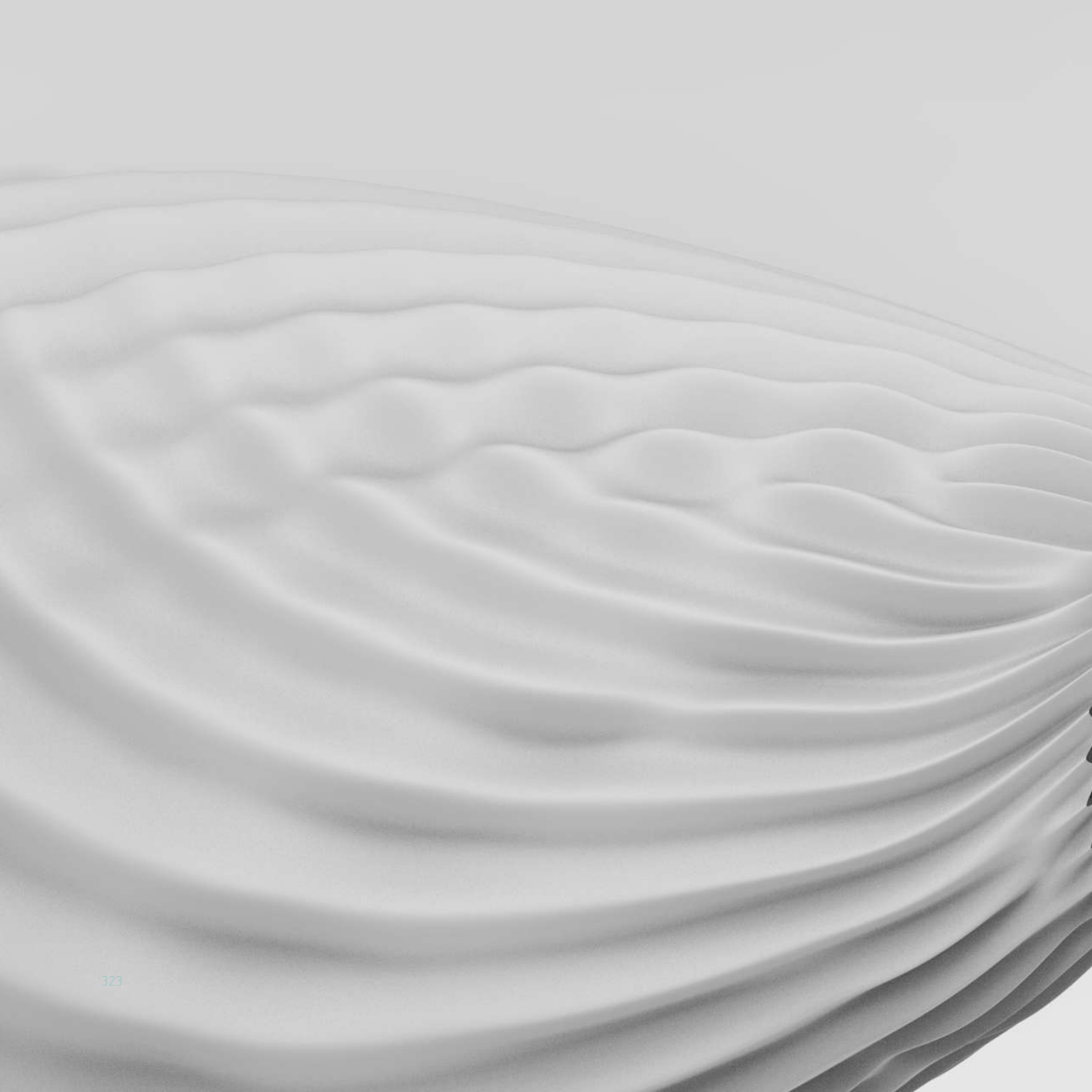
319-320) Superficie paramétrica con base en morfologías bio-receptivas, vistas NW y NE respectivamente.





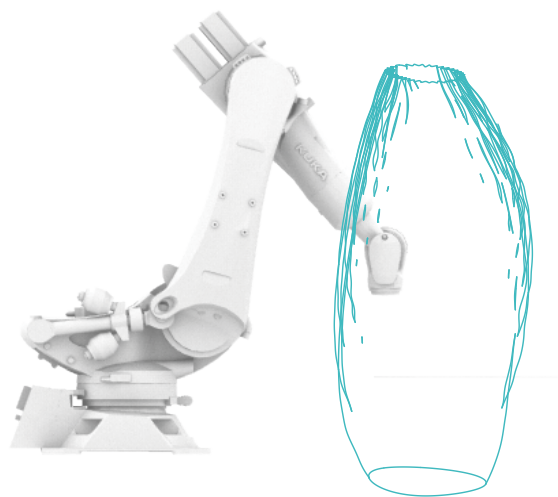
322

321-322) Superficie paramétrica con base en morfologías bio-receptivas, vistas SW y SE respectivamente.





323) Imagen especulativa de estructura bio-receptiva como alternativa para diseño de envolventes arquitectónicas.



324

En la implementación y uso de las herramientas de diseño digital, la tecnología de impresión aditiva nos ofrece una alternativa en el campo de la fabricación para el diseño. Ya que las lógicas de sobre posición de material en capas, están basadas en estrategias presentes en la naturaleza y que responde a lógicas de crecimiento biológico. (Taller Impresión Robótica – SIGraDi2020, n.d.).

A través de la generación de los moldes para el diseño de nuestra pieza SPF-3.1, nos permitió observar que en el proceso de su impresión se generaron 0 soportes para su fabricación. Así pues, el pensar en otras escalas y la manera en cómo podemos simpli-

ficar procesos, tal como se hizo en la fabricación e impresión de moldes, nos obliga a plasmar esta reflexión, ya que es pertinente, seguir trabajando en el manejo de dichas herramientas de fabricación, que paulatinamente se encuentran más a nuestro alcance. Con esto no se trata de reducir nuestro abanico de opciones a un solo tipo de tecnología de fabricación digital-material, pero nos ayuda dar dirección de hacia donde podría llegar nuestro trabajo de investigación en proyectos futuros.

324) Ilustración de simulación de impresión aditiva en concreto para la generación de estructuras bio-receptivas en arquitectura. 325) Imagen especulativa de estructura bio-receptiva como alternativa para diseño de envolventes arquitectónicos.



CONCLUSIONES

VI

325



326



98-101) Imagen especulativa de colonización de briofitos en superficie bio-receptiva. Colonización a nivel primario y secundario..

PROCESO DE COLONIZACIÓN

327



328







329) Imagen de escenario especulativo de propuesta de habitáculos de pieles bio-receptivas con base en las estrategias de diseño y programación para fabricación aditiva en arquitectura

REFLEXIONES FINALES

En la búsqueda de la modificación del pH de nuestro material portante, se concluye con un determinado resultado que nos plantean otras estrategias de composición y fabricación de concreto para un fin biológico, el cual sigue sometido a prueba para afinar y calibrar la mezcla que nos pueda generar altos niveles de colonización biológica.

El amalgamar la forma y la materialidad para dicho fin genera resultados satisfactorios, pero que seguirán en constate perfeccionamiento.

Otro aspecto a resaltar es que, con la disposición y la apertura de la exploración de la tecnología de fabricación aditiva, tanto a escala objeto como a escala

arquitectura, nos ayudan a optimizar recursos, tiempo y procesos de fabricación. Mediante el entendimiento de las herramientas digitales, podemos comprender las lógicas del crecimiento natural, y con esto desarrollar las geometrías paramétricas, para abonar a producir geometrías bio-receptivas.

En el tema de su aplicación, no solo a especie de briofito estudiada en este caso puede ser una alternativa, si no que existen otras más especies adaptadas a ambientes con climas más extremos, y que podrían ser otra alternativa de sistema pasivo para generar altos índices de confort térmico para envolventes arquitectónicos de poco o nulo mantenimiento. Un factor a tomar en cuenta es identificar cuáles

son las especies que se encuentran en el contexto determinado, y modificar los parámetros de superficie para su crecimiento.

v

Todo esto nos adentra a repensar las ciudades, como ambientes construidos que en su materialidad contengan organismos vivos y nos permitan conformar elementos pasivos que nos den confort y disminuyan el consumo energético de los asentamientos humanos. A partir de esta propuesta, surge una alternativa para el desarrollo de envolventes arquitectónicos más receptivos y responsivos al entorno.

En el acercamiento a las herramientas de diseño y estrategias biológicas, se buscan producir un lenguaje en donde el diseño no solo sea un instrumento

para la subsistencia del hombre, sino un medio por el cual el ser humano puede coexistir con su medio natural.

La materialidad se plantea, no como un elemento estéril que impide ser “invadida” por agentes extraños, se convierte en un soporte para albergar vida en él.

BIBLIOGRAFÍA

v.: H.O.R.T.U.S. XL - EcoLogicStudio :: (n.d.). Retrieved January 22, 2021, from <http://www.ecologicsstudio.com/v2/project.php?idcat=7&idsubcat=59&idproj=177>

Arquitectura orgánica y el ecosistema sustentador | Fundación Frank Lloyd Wright. (n.d.). Retrieved January 18, 2021, from <https://franklloydwright.org/organic-architecture-and-the-sustaining-ecosystem/>

Beesley, P., Hirose, S., & Ruxton, J. (2006). Toward responsive architectures. *Responsive Architectures: Subtle Technologies*, 3-11. <http://riversidearchitecturalpress.com/responsive-architectures/>

Biomimética Biomimética y diseño. (n.d.).

Cemento - CEMEX. (n.d.). Retrieved January 18, 2021, from <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/cemento>

Cruz, M., & Beckett, R. (2016). Bioreceptive design: A novel approach to biodigital materiality. *Architectural Research Quarterly*, 20(1), 51-64. <https://doi.org/10.1017/S1359135516000130>

[org/10.1017/S1359135516000130](https://doi.org/10.1017/S1359135516000130)

Cuanto Cuesta Un Jardin Vertical | Precio Jardin Vertical. (n.d.). Retrieved December 14, 2020, from <https://mijardinvertical.es/cuanto-cuesta-un-jardin-vertical-precio-jardin-vertical/>

Cupkova, D. (2018). Moss Regimes. *Proceedings of the 2018 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture*.

Delgadillo-Moya, C. (2014). Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.). <https://doi.org/10.7550/rmb.30953>

Design Thinking en Español. (n.d.). Retrieved April 20, 2020, from <http://www.designthinking.es/inicio/>

Elegant embellishments. (n.d.). Retrieved July 6, 2020, from <http://www.elegantembellishments.net/>

Estébanez Pérez, B., Draper y Díaz de Atauri, I., & Medina Bujalance, R. (2011). Briofitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Bryophytes: An Approximation to the Simplest Land Plants.*

BIBLIOGRAFÍA

9(January), 19–73.

FINAL issue 310517.compressed.pdf

Grujic, J. (2011). Arquitectura vegetada: funcionalidades de la vegetación en el metabolismo del edificio.

Guillitte, O. (1995). Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. *Science of the Total Environment*, 167(1–3), 215–220. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04582-L](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04582-L)

HygroScope: Meteorosensitive Morphology | Institute for Computational Design and Construction | University of Stuttgart. (n.d.). Retrieved July 6, 2020, from <https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/hygro-scope-meteorosensitive-morphology/>

Isela Edith Zermeño Hernández , Ileri Suazo Ortuño. (2020). 15610.

La, M. D. E., & Hurtado, M. (2016). TITULO PRIMERO Disposiciones Generales CAPITULO UNICO. 1-268.

Laski, J., & Burrows, V. (2017). From Thousands to billions. Coordinated Action towards 100% Net Zero Carbon Buildings By 2050. World Green Building Council, 52. [http://www.worldgbc.org/sites/default/files/From Thousands To Billions WorldGBC report_](http://www.worldgbc.org/sites/default/files/From%20Thousands%20To%20Billions%20WorldGBC%20report.pdf)

Manso, S., Mestres, G., Ginebra, M. P., De Belie, N., Segura, I., & Aguado, A. (2014). Development of a low pH cementitious material to enlarge bioreceptivity. *Construction and Building Materials*, 54, 485–495. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.001>

Morales, C., Ospino, J., Jiménez, J., Barbén, A., & Negritto, M. (2017). Briófitos: Un Mundo En Miniatura. *INFOFLORA Boletín de Botánica*, 1, 12. http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CN_7567_2007.pdf

Morón, M. Á., Nogueira, G., Rojas-Gómez, C. V., & Arce-Pérez, R. (2014). Biodiversidad de Melolonthidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), 108–124. <https://doi.org/10.7550/rmb.31834>

Munari, B. (1983). Cómo nacen los objetos.

Nociones básicas de taxonomía vegetal - Angel Marzocca - Google Libros. (n.d.). Retrieved January 23, 2021, from <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=hhZ0SDbSdegC&oi=fnd>

d&pg=PA255&dq=carlos+linneo+taxonomia&ots=-jZ625wgVJ4&sig=pVM87IOeM1Hw4_vh75Qrw1RVk-Jw#v=onepage&q=carlos linneo taxonomia&f=false Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K. K. Y., & Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), 823-833. <https://doi.org/10.1641/B571005>

Organización Mundial de la Salud. (2018). Calidad del aire y salud. Organización Mundial de La Salud. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30143-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30143-7)

Oxford Languages and Google - Spanish | Oxford Languages. (n.d.). Retrieved February 19, 2021, from <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>

Proctor, G. (2002). Proceedings of the 2018 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture.

Ramírez-Balas, C., Fernández-Nieto, E. D., Narbona-Reina, G., Sendra, J. J., & Suárez, R. (2015). Numerical simulation of the temperature evolution in a room with a mur neutralisant. Application to "The

City of Refuge" by Le Corbusier. *Energy and Buildings*, 86, 708-722. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.032>

Receptividad | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE. (n.d.). Retrieved December 10, 2020, from <https://dle.rae.es/receptividad>

Sung, D. (2016). Smart Geometries for Smart Materials: Taming Thermobimetal to Behave. *Journal of Architectural Education*, 70(1), 96-106. <https://doi.org/10.1080/10464883.2016.1122479>

Terradas, J., & Franquesa, T. (2011). Ecología urbana. Verdes, E., Con, D. E. E., Una, B., Garabito, D., Vallejo, R., Montero, E., & Garabito, J. (2017). Revisión Del Estado Actual De La Cuestión Green Building Envelopes With Bryophytes . a Review of the State of the Art. 16(December), 1-16.

What is Generative Design? (n.d.). Retrieved February 19, 2021, from <https://redshift.autodesk.com/what-is-generative-design-2/>

White, S. H. (1938). Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System. US Patent.

BIBLIOGRAFÍA

Ballesteros, L., & Barros, A. (2019). LA ANTOCIANINA COMO SUSTITUTO DE LOS INDICADORES DE pH SINTÉTICOS: UN PASO HACIA LOS PRODUCTOS VERDES. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.

Cemento - CEMEX. (n.d.). Retrieved January 18, 2021, from <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/cemento>

Contreras, E., & Rojas, G. (2014). pH Folleto Inf. 3-7.
Morales, C., Ospino, J., Jiménez, J., Berbén, A., & Negritto, M. (2017). Briófitos: Un Mundo En Miniatura. *INFOFLORA Boletín de Botánica*, 1, 12. http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CN_7567_2007.pdf

Taller Impresión Robótica - SIGraDi2020. (n.d.). Retrieved February 24, 2021, from <https://sigradi2020.upb.edu.co/talleres/taller-impresion-robotica/>

DISEÑO DE SUPERFICIES BIORECEPTIVAS

