UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Estrategias pedagógicas adaptativas.
Un enfoque en el diseño biomimético especulativo.

Kazmy Chi Muñoz

Tesis dirigida por: Dr. Bernabé Hernandis Ortuño y Dr. Daniel Caja Rubio
Departamento de Ingeniería Gráfica. Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales.

Tesis Doctoral
Mayo, 2023

Resumen

Esta investigación tiene como objeto de estudio el diseño de estrategias pedagógicas para el diseño biomimético especulativo, sumándose a las alianzas transdisciplinarias de conocimiento que se están efectuando a nivel global entre la ciencia, el arte y el diseño. Estas estrategias académicas han sido diseñadas con la visión de adaptarse a este momento transicional de la sociedad en la era del del antropoceno.

A lo largo de la investigación se reflexiona ante el reto que tenemos los profesores como formadores de diseñadores, y si al desarrollar una serie de estrategias pedagógicas que estimulen los procesos cognitivos a través de herramientas transdisciplinarias, permitiendo estimular el aprendizaje y el asombro hacia la tecnología análoga de la naturaleza, e impulsar las propuestas de diseño por medio de la visión del diseño especulativo, se lograría guiar al estudiante en su proceso creativo, para dar respuestas de diseño acordes al contexto actual transicional de la sociedad, rompiendo las barreras del pragmatismo.

Se pretende también alimentar la investigación en torno a las estrategias de pedagogía del diseño biomimético especulativo, permitiendo sumar al cúmulo de didácticas disponibles para los académicos y todas las personas encargadas de la entrega del conocimiento.

Se plantean como preguntas de investigación: ¿los estudiantes serán capaces de hacer la transferencia del conocimiento aprendido de organismos naturales para dar respuesta a un reto de diseño?, ¿qué herramientas pedagógicas se necesitan para lograrlo?, ¿a través de qué mecanismos sería posible sensibilizar a los estudiantes de su rol?, ¿por medio de qué estrategias didácticas se podría estimular la curiosidad de los estudiantes hacia el mundo natural como mecanismo de entendimiento y aprendizaje?, ¿a través de qué enfoques se podría potencializar al diseño como herramienta para dar respuestas a los retos actuales y del futuro?, ¿por medio de qué herramientas pedagógicas se puede lograr que los estudiantes se posicionen para desarrollar propuestas de diseño de valor?

Para dar respuesta a ellas se han definido tres principios básicos que permiten plantear un trayecto para alcanzar el objetivo y a la vez forman la filosofía de enseñanza: a) la multidisciplina e interdisciplina, b) el enfoque biocéntrico y c) el diseño especulativo.

Se realiza una investigación-acción enfocada en casos de estudio dentro del ámbito de la Universidad de Monterrey, en México, y es desarrollada en tres fases. En cada fase se diseña y se ponen a prueba durante 5 años una serie de estrategias pedagógicas, que se van alimentando a sí mismas para establecer el rediseño del siguiente modelo, generando 3 modelos, para finalmente plantear como resultado de la investigación una serie de estrategias pedagógicas finales (Modelo final).

Para la validación de la información y de los resultados se ha utilizadola heurística, el sistema cruzado entre los datos recogidos por diversos mecanismos durante el desarrollo e implementación de las estrategias y, posteriormente, por medio de la evaluación realizada por expertos de los resultados proyectuales y la observación persistente de la autora de esta investigación.

Los resultados obtenidos reflejan una evolución consecuente según se realiza el diseño y replanteo de los modelos 1, 2 y 3, estableciéndose que cada modelo va demostrando resoluciones cada vez más cercanas a los parámetros deseables de los resultados proyectuales. Se confía en haber contribuido a la investigación académica para la pedagogía con enfoque en sustentabilidad, en particular para el diseño biomimético y en la resolución de futuros.

Palabras clave: diseño biomimético, pedagogía de diseño, diseño especulativo, estrategias adaptativas de diseño

Abstract

This research has as its object of study the design of pedagogical strategies for speculative biomimetic design, adding to the transdisciplinary knowledge alliances th*Estrategias pedagógicas adaptativas:Un enfoque en el diseño biomimético especulativo.*at are taking place globally between science, art and design. These academic strategies have been designed with the vision of adapting to this transitional moment of society in the era of the Anthropocene.

Throughout the research, we reflect on the challenge that teachers have as trainers of designers, and if by developing a series of pedagogical strategies that stimulate cognitive processes through transdisciplinary tools, allowing to stimulate learning and wonder towards technology. analogous to nature, and promoting design proposals through the vision of speculative design, it would be possible to guide the student in his creative process, to give design responses in accordance with the current transitional context of society, breaking the barriers of pragmatism.

It is also intended to feed the research around the pedagogy strategies of the speculative biomimetic design, allowing to add to the accumulation of didactics available for academics and all the people in charge of the delivery of knowledge.

They are posed as research questions: will students be able to transfer the knowledge learned from natural organisms to respond to a design challenge? What pedagogical tools are needed to achieve it? Through what mechanisms would it be possible? Make students aware of their role? Through what didactic strategies could students' curiosity towards the natural world be stimulated as a mechanism for understanding and learning? Through what approaches could design be potentiated as a tool for Give answers to current and future challenges? By means of what pedagogical tools can students be positioned to develop value design proposals?

In order to respond to them, three basic principles have been defined that allow us to propose a path to achieve the objective and at the same time form the teaching philosophy: a) multidiscipline and interdiscipline, b) the biocentric approach and c) speculative design.

An action-research focused on case studies is carried out within the scope of the University of Monterrey, in Mexico, and is developed in three phases. In each phase, a series of pedagogical strategies are designed and tested for 5 years, which feed themselves to establish the redesign of the following model, generating 3 models, to finally propose a series of strategies as a result of the investigation. final pedagogical (Final Model).

For the validation of the information and the results, heuristics have been used, the crossed system between the data collected by various mechanisms during the development and implementation of the strategies and, later, through the evaluation carried out by experts of the project results and the persistent observation of the author of this investigation.

The results obtained reflect a consistent evolution as the design and reconsideration of models 1, 2 and 3 is carried out, establishing that each model demonstrates resolutions that are closer and closer to the desirable parameters of the project results. It is hoped to have contributed to academic research for pedagogy with a focus on sustainability, in particular for biomimetic design and futures resolution.

Keywords: biomimetic design, design pedagogy, speculative design, adaptive design strategies

Resum

Aquesta investigació té com a objecte d'estudi el disseny d'estratègies pedagògiques per al disseny biomimètic especulatiu, afegint-se a les aliances transdisciplinàries de coneixement que s'estan efectuant a nivell global entre la ciència, l'art i el disseny. Aquestes estratègies acadèmiques han estat dissenyades amb la visió d'adaptar-se a aquest moment transicional de la societat a l'era del de l'antropocè.

Al llarg de la investigació es reflexiona davant el repte que tenim els professors com a formadors de dissenyadors, i si en desenvolupar una sèrie d'estratègies pedagògiques que estimulin els processos cognitius a través d'eines transdiscplinàries, permetent estimular l'aprenentatge i la sorpresa cap a la tecnologia anàloga de la natura, i impulsar les propostes de disseny per mitjà de la visió del disseny especulatiu, s'aconseguiria guiar l'estudiant en el procés creatiu, per donar respostes de disseny d'acord amb el context actual transicional de la societat, trencant les barreres del pragmatisme.

Es pretén també alimentar la investigació al voltant de les estratègies de pedagogia del disseny biomimètic especulatiu, permetent sumar al cúmul de didàctiques disponibles per als acadèmics i totes les persones encarregades del lliurament del coneixement.

Es plantegen com a preguntes de recerca: els estudiants seran capaços de fer la transferència del coneixement après d'organismes naturals per donar resposta a un repte de disseny?, quines eines pedagògiques es necessiten per aconseguir-ho?, a través de quins mecanismes seria possible sensibilitzar els estudiants del seu rol?, per mitjà de quines estratègies didàctiques es podria estimular la curiositat dels estudiants cap al món natural com a mecanisme d'enteniment i aprenentatge?, a través de quins enfocaments es podria potencialitzar al disseny com a eina per donar respostes als reptes actuals i del futur? Per mitjà de quines eines pedagògiques es pot aconseguir que els estudiants es posicionin per desenvolupar propostes de disseny de valor?

Per donar-hi resposta s'han definit tres principis bàsics que permeten plantejar un trajecte per assolir l'objectiu i alhora formen la filosofia d'ensenyament: a) la multidisciplina i interdisciplina, b) l'enfocament biocèntric i c) el disseny especulatiu.

Es realitza una investigació-acció enfocada en casos d'estudi dins l'àmbit de la Universitat de Monterrey, a Mèxic, i es desenvolupa en tres fases. A cada fase es dissenya i es posen a prova durant 5 anys una sèrie d'estratègies pedagògiques, que es van alimentant a si mateixes per establir el redisseny del model següent, generant 3 models, per finalment plantejar com a resultat de la investigació una sèrie d'estratègies pedagògiques finals (Model final).

Per a la validació de la informació i dels resultats s'ha utilitzat l'heurística, el sistema creuat entre les dades recollides per diversos mecanismes durant el desenvolupament i la implementació de les estratègies i, posteriorment, per mitjà de l'avaluació realitzada per experts dels resultats projectuals i l'observació persistent de l'autora d'aquesta investigació.

Els resultats obtinguts reflecteixen una evolució conseqüent segons es realitza el disseny i replanteig dels models 1, 2 i 3, establint-se que cada model va demostrant resolucions cada cop més properes als paràmetres desitjables dels resultats projectuals. Es confia haver contribuït a la investigació acadèmica per a la pedagogia amb enfocament en sustentabilitat, en particular per al disseny biomimètic i en la resolució de futurs.

Paraules clau: disseny biomimètic, pedagogia de disseny, disseny especulatiu, estratègies adaptatives de disseny

Agradecimientos

A mis estudiantes quienes me enseñaron a enseñar y en especial a quienes participaron directamente en esta tesis, (*Daniela Vázquez, Hedit L. Castro, Linda Bautista, Mariana de la Garza, Roberto B. Pérez, Diana Sanchez, Jessica Roblero, Jenny S. Mujica, German Barrera, Teresa Galán, María José Meneses, Andrea Flores, Ivana Quintanar, Ernesto Gálvez, Carlos Liñan, Verónica Jiménez, Jassiel U.Mezquitic, Daniela Castillo, Elisa Sales, Pablo Valero, Isabel García, María Esther Ancer, Juan C. Guerrero, Kevin A. Sainz, Cassandra de la Rosa, Gerardo Zepeda, Annedith Rosseau, Joshua A. Herrera, Ana L.Félix, Aldo Espinosa, Miguel Llaguno, Jaime Villarreal, Bernardo Ordiozola, Ana S. Gómez, Paula García, Daniela Arguelles, Paulina de Gortari, Marcelo Sainz, Cynthia Reséndez, Marco Machado, Diego Núnez, Andrea Garza, Joana Kort, Michelle Montoya, María J. Sepúlveda, Joseline Hernández, Andrés Salazar, Mariana Decrescenzo, Manuel de la Rosa, Miranda Oroz, Naomi A. Ramírez, Yazet Soto, Andrés de la Garza, Jesús Ochoa, Valeria Martínez, Yolisma Sedas, Daniela Lozano, Gema G. Ruíz, Santiago Sanfeliz, Catalina Quiroga, Dania I. Chávez, Carlos Jáuregui, Valeria Ambriz, Rosa M. Castelo, Nora I. Velázquez, Vanessa M. Welsh, María E. Pérez, Karla P. Rodríguez, Valeria Cárdenas, Jorge D. Aguirre, Larisa De Luna, Niurka L. Santiago, Mariana Abarca, Marysol Redona, Julio Gamero, Marianne G. Ruiz, Johana A. Alcázar, Ema I. Saldívar, Carla S. Zaldívar, Fátima García, Mónica A García, Paula S. Cardoza, Mariangela Reyes, Luisa F. Cervantes, Cristina A. Martínez, Mónica M. Martínez, Nohemí Guajardo, Lucero M. Hernández, Gabriel De la Garza, Grecia M. Sarmiento, Jimena Romero, María F. Arzate, Marcelo Guzmán, Valeria Benitez, Nathalia González, Diana D. Hernández, Alejandro Tamayo, María F. Cabriales, Santiago Álvarez, Sandra I Nieto, Paulina Guzmán, Nicole Manilla,María J Amaya, Cordelia Garza, Mauricio Cavada, Mariah Garza, Ana D. Mata, Maria E.Castro, Denisse De la Rosa, Valeria M. Salinas, Jesus E. Huerta, Emily A. Fernández, Alejandro Lerma, Angélica Guajardo Garza, Samantha Yamallel, Mariangela González, Viviana De la Fuente, Melanie Hernández, Sofia P. Serrano)*.

Asi mismo a mis colegas que se han tomado el tiempo de involucrarse con mi trabajo y a las personas apasionadas que han dedicado su tiempo y su vida a realizar investigación y compartirla, sin ello, esta tesis no habría sido posible.

Índice

Agradecimientos xii

Capítulo 1. Introducción a la investigación 01

1.1. Introducción 02
1.2. Ámbito de la investigación 02
1.3. Justificación y consideraciones de la investigación. 02
1.4. Objetivo general y objetivos específicos 03
1.5. Preguntas de investigación, Estructuración y Planteamiento de la Hipótesis 04
1.5.1. Preguntas de investigación 04
1.5.2. Estructuración de la Hipótesis 05
1.5.3. Planteamiento de Hipótesis 05
1.5.3.1. Hipótesis 1 *05*
1.5.3.2. Hipótesis 2 *05*
1.5.3.3. Hipótesis 3 *05*
1.6. Estructura de la tesis 05

Capítulo 2. Estado del Arte: La biomimética y la enseñanza en el diseño 07

2.1. El diseño biomimético 07
2.1.1. Orígenes del diseño biomimético 07
2.1.2. Ejemplificando la práctica del diseño biomimético 11
2.1.3. La biomimética y la pedagogía a nivel superior profesional. 14
2.2. Parámetros del diseño biomimético para el desarrollo de las estrategias pedagógicas. 15
2.2.1. Parámetro 1: Multidisciplina e Interdisciplina 15
2.2.2. Parámetro 2: El diseño biocéntrico y los biomateriales 18
2.2.3. Parámetro 3: Diseño Especulativo. 21
2.3. Bases pedagógicas para el diseño de las estrategias. 26

2.3.1. El aprendizaje en base a proyectos (Pedagogía dentro del laboratorio experimental y experiencial) 26
2.3.2. El aprendizaje en base a los procesos cognitivos 27
2.3.2.1. El proceso cognitivo de recordar 27
2.3.2.2. El proceso cognitivo de analizar, evaluar y crear. 29

Capítulo 3. Metodología 32

3.1. Metodología 33
3.1.1. Investigación-acción educativa. 34
3.1.2. Universo de estudio. 34
3.1.1. Sistema de recopilación y análisis de resultados. 35
3.1.1. Proceso de recopilación, reflexión y análisis de los resultados. 36
3.1.1. Estrategia de validación de los resultados. 38

Capítulo 4. Análisis de los modelos implementados 39

4.0 Introducción al análisis de los modelos. 40

4.1. Análisis de resultados de la implementación del Modelo 1. 40
4.1.1. Criterios para el análisis de los resultados de la implementación del modelo 1. 41
4.1.2. Análisis y observación por expertos. Implementación de las estrategias pedagógicas del Modelo 1. 41
4.1.3. Análisis y observaciones de la implementación del modelo 1: por parte de la autora. 45
4.1.4. Análisis por pares y la autora de los resultados proyectuales de la implementación del Modelo 1. 45
4.1.5. Anotaciones de rediseño (observaciones y recomendaciones). 51
4.2. Análisis de resultados de la aplicación del Modelo 2 52
4.2.1. Criterios para el análisis de los resultados de la implementación del modelo 2. 53
4.2.2. Análisis por medio de la encuesta a estudiantes. 54
4.2.3. Análisis y observaciones de la implementación del Modelo 2, por parte de la autora. 56
4.2.4. Evaluación de los resultados proyectuales por medio de pares y la autora, de la implementación del Modelo 2. 58
4.2.4.1. Análisis comparativo de los resultados proyectuales de la implementación de los modelos 1 y 2. 65
4.2.5. Anotaciones para el rediseño del Modelo 2 (observaciones y recomendaciones). 67
4.3. Análisis de resultados de la aplicación del Modelo 3 68
4.3.1. Análisis por medio de la encuesta a estudiantes. 68
4.3.2. Análisis y observaciones de la implementación del Modelo 3. 72
4.3.3. Evaluación de los resultados proyectuales de la implementación del Modelo 3. 74
4.3.3.1. Análisis comparativo de los resultados proyectuales de la implementación de los modelos 1, 2 y 3. 79
4.3.4. Anotaciones para el rediseño del Modelo 3 (observaciones y recomendaciones). 80

Capítulo 5: Resultados proyectuales de los modelos implementados según el proceso de investigación-acción. 82

5.0 El diseño de las estrategias pedagógicas 83

5.1. Estrategias pedagógicas del Modelo 1 84
5.1.1. Diseño de las estrategias pedagógicas del Modelo 1 86
5.1.1.1. Bloque 1: La sensibilización *86*
5.1.1.2. Bloque 2: Investigación y análisis *87*
5.1.1.3. Bloque 3: Conceptualización y desarrollo de la propuesta de diseño *92*
5.1.2. Resultados de la aplicación del del Modelo 1: resultados proyectuales. 93
5.2. Estrategias pedagógicas del Modelo 2 99
5.2.1. Diseño de las estrategias pedagógicas del Modelo 2 100
5.2.1.1. Modificaciones en el Bloque 2: Investigación y análisis *101*
5.2.1.2. Modificaciones en el Bloque 3: Conceptualización y desarrollo de propuesta de diseño. *102*
5.2.2. Resultados de la aplicación del Modelo 2: resultados proyectuales. 103
5.3. Estrategias pedagógicas del Modelo 3 109
5.3.1. Diseño de las estrategias pedagógicas del Modelo 3 111
5.3.1.1. Formatos como mecanismos para el ordenamiento de la información y guía en el proceso de ideación. *112*
5.3.1.2. El diario de introspecciones y reflexiones. *114*
5.3.1.3. Diseño especulativo y el juego de futuros. *115*
5.3.1.4. Introducción de word to image. *115*
5.3.1.5. Un breve replanteo del análisis por medio del dibujo digital y análisis morfológico. *115*
5.3.2. Resultados de la aplicación del Modelo 3: resultados proyectuales. 115
5.4. Definición del Modelo Final 120

Capítulo 6: Conclusiones y futuras líneas de Investigación 127
6.1. Conclusiones 128
6.2. Futuras líneas de Investigación 130

Capítulo 7: Referencias 132

Anexos
Anexo 1 Proceso de investigación y recopilación de resultados 141
Anexo 2 Listado de casos de estudio donde se aplicaron los modelos 1, 2 y 3. 143
Anexo 3.1 Cuestionario final para estudiantes del Modelo 1 y 2 148
Anexo 3.2 Cuestionario final a estudiantes del Modelo 3 159
Anexo 3.3 Cuestionarios a estudiantes sus percepciones de las actividades 164

Anexo 4 Cuestionario de la percepción de expertos para el Modelo 1 180
Anexo 5 Formato de evaluación de resultado proyectuales para el Modelo 1 186
Anexo 6 Formato de evaluación de resultados proyectuales de los modelos 2 y 3. 196
Anexo 7 Evaluadores 213
Anexo 8. Anotaciones cualitativas de las observaciones realizadas por la autora. 216
Anexo 9 Resúmen de resultados proyectuales 221

Listado de Imágenes

Imágen 1 Fotografía de Michael Phelps, en Roma. 12
Imágen 1 Diagrama de la generación del modelo geométrico. 12
Imágen 3 VISION neumático conceptual de la marca Michelin. 12
Imágen 4 y 5 Fotografía del look 1 de la colección Seijaku de Iris Van Herpen. 13
Imágen 6 Fotografía del vestido Spider web 2.0 de la diseñadora Anouk Wipprecht. 13
Imágen 7 Proyecto Aguahoja en el pabellón. 24
Imágen 8 Modelo tridimensional del proyecto Aguahoja demostrando biodegradación programable. 24
Imagen 9 y 10 Transforming Space: Aegis And Noosphere 25
Imágen 11 Fotografía general del pez Betta 89
Imágen 12 Fotografía a detalle de la pata del Acheta Domesticus 89
Imágen 13 “Fotografía de la visualización en microscopio de la Suculenta Echeveria. 89
Imágen 14 Dibujo análogo del pez betta 90
Imágen 15 Dibujo digital de una libélula 91
Imágen 16 Morfología del ficus 91
Imágen 17 Prototipo de estudio del pez betta 92
Imágen 18 Prototipo de estudio de un hongo 92
Imágen 19 Prototipo de estudio de la pata de un grillo 92
Imágen 20 The line. Proyecto conceptualizado por NEOM 131
Imagen 20 Estudiantes realizando observaciones por medio del microscopio. 156
Imagen 20 “Estudiantes realizando observaciones por medio del microscopio 157

Listado de Diagramas

Diagrama 1 Ciclo de la creatividad de Krebs (KCC) 17
Diagrama 2 Understanding ‘Bio’ Material Technologies 20
Diagrama 3 Cono de los posibles futuros inspirado en el cono del futurólogo Stuart Candy, Raby y Dunne. 23
Diagrama 4 Fases de la tesis. 33
Diagrama 5 Características significativas de la investigación-acción de Pring. 34
Diagrama 6 Ámbito de la investigación. 35

Diagrama 7 Proceso de investigación-acción de esta tesis 37
Diagrama 8 Organización del análisis de los resultados 39
Diagrama 9 Resúmen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio del Modelo 1. 50
Diagrama 10 Nivel de Introspección y Nivel de Emulación de la propuesta esperado casos de estudio 1 a 14. 51
Diagrama 11 Estrategia de rediseño Modelo 1 y 2 53
Diagrama 12 Resúmen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio del Modelo 2 64
Diagrama 13 Nivel de Introspección y Nivel de Emulación de la propuesta esperado casos de estudio 15 a 27 64
Diagrama 14 Resúmen comparativo de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1 y 2 65
Diagrama 15 Resúmen comparativo de los niveles de introspección y emulación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1 y 2 66
Diagrama 16 Estrategia de rediseño Modelo 1 y 2. 66
Diagrama 17 Estrategia de rediseño Modelo 1, 2 Y 3. 67
Diagrama 18 Gráficas de los resultados de la pregunta 2 del Cuestionario 1 69
Diagrama 19 Resúmen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio del Modelo 3. 77
Diagrama 20 Nivel de Introspección y Nivel de Emulación de la propuesta esperado casos de estudio 28 a 35. 77
Diagrama 21 Resumen comparativo de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1, 2 y 3 78
Diagrama 22 Resumen comparativo de los niveles de introspección y emulación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1, 2 y 3 78
Diagrama 23 Estrategia de rediseño Modelo 1, 2 y 3 79
Diagrama 24 Los bloques de actividades 83
Diagrama 25 Estrategia de resultados del Modelo 2 101
Diagrama 26 Estrategia de rediseño Modelos 1, 2 y 3 112
Diagrama 27 Mapa de posibles emulaciones 113
Diagrama 28 Estrategia de rediseño Modelo 1, 2 y 3 121
Diagrama 29 Proceso de implementación del modelo final 120
Diagrama 30 Desarrollo del proyecto de diseño 126

Listado de Tablas

Tabla 1 Resumen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de Estudio 1 al 14 (Modelo 1). 46
Tabla 2 Cuadro de resumen de los resultados proyectuales de los casos de estudio 15 al 27 (Modelo 2) 59
Tabla 3 Cuadro de resumen de los resultados proyectuales de los casos de estudio 28 al 35 (Modelo 3) 74
Tabla 4 Resúmen de Modelo 1 84
Tabla 5 Resumen de los resultados proyectuales del Modelo 1 93

Tabla 6 Resumen de Modelo 2 99
Tabla 7 Resumen de los resultados proyectuales del Modelo 2 103
Tabla 8 Resúmen de Modelo 3 109
Tabla 9 Cuadro de resumen de los resultados proyectuales del Modelo 3 116
Tabla 10 Modelo final 121
Tabla 11“Calendario de las observaciones realizadas durante la implementación del Modelo 1” 216
Tabla 12“Calendario de las observaciones realizadas durante la implementación del Modelo 2” 217
Tabla 13 “Calendario de las observaciones realizadas durante la implementación del Modelo 3” 218

Listado de Gráficas

Gráfica 1 Respuestas Pregunta 1 Cuestionario 2 54
Gráfica 2 Respuestas Pregunta 2 Cuestionario 2 54
Gráfica 3 Respuestas Pregunta 3 Cuestionario 2 55
Gráfica 4 Respuestas Pregunta 4 Cuestionario 2 55

Listado de Figuras

Figura 1 Ejemplo de caso de estudio bajo el Modelo 1 96
Figura 2 Formato de Introspección Modelo 2 102
Figura 3 Ejemplo de caso de estudio bajo el Modelo 1 106
Figura 4 Formato de Analogías naturales 112
Figura 5 Formato de Introspecciones 112
Figura 6 Formato de analogías naturales y conceptualización 113
Figura 7 Formato de síntesis del proyecto 114
Figura 8 Ejemplo de caso de estudio bajo el Modelo 1 117
Figura 9 Formato de bitácora del seguimiento del proyecto 120

Capítulo 1

Introducción a la investigación

En este capítulo se hace un acercamiento a la problemática y al proceso de la estructuración de la hipótesis a partir de las preguntas de investigación, así como también, el conjunto de objetivos que dan partida a la estructuración y el contexto de la tesis y su ámbito.

1.1. Introducción

Ésta tesis nace del interés y la necesidad como profesora de contribuir en la tarea de proveer herramientas pedagógicas que permitan a los estudiantes de diseño encontrar alternativas para contrarrestar el impacto de vivir en la era del antropoceno. Busca ser un medio que fomente el cuestionamiento y la visualización del posible desaceleramiento del proceso del agotamiento de los recursos naturales, y a la vez dar alternativas de cómo enfrentar sus causas y consecuencias.

El trabajo explora cómo la visión del diseño biomimético como estímulo, así como las estrategias de innovación del diseño especulativo, permite a los estudiantes realizar propuestas de diseño alineadas a las necesidades del futuro al impactar el presente.

1.2. Ámbito de la investigación

La investigación considera a la universidad como universo en lo general, tomándola como una organización que crea y transmite conocimiento en el campo del pensamiento crítico y complejo. Los actores principales de esta investigación son aquellos que componen la universidad en éste campo de estudio: los profesores, académicos, estudiantes de las disciplinas de diseño, y la industria relacionada a los procesos creativos y de innovación.

El universo específico de la investigación comprende a las licenciaturas de la División de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad de Monterrey (UDEM), durante los períodos académicos comprendidos del año 2017 al 2022, que integran al curso de Soluciones interdisciplinarias como parte de la currícula que se ofrece para los estudiantes de Diseño Industrial (LDI), Diseño de Interiores (LINT), Diseño de Moda (LDM), Diseño Gráfico (LDG), Artes (LA), Arquitectura (ARQ) e Ingeniería en Innovación Sustentable y Energía (IISE). Esto sin limitarse a estas disciplinas ni a esta universidad para futuras aplicaciones.

La tesis se centra en el espacio teórico e implementativo de la academia, donde el desarrollo y la impartición del currículum académico se determina y se desenvuelve, tomando en cuenta más de diez años de experiencia en el área académica y de desarrollo de contenidos de la autora.

1.3. Justificación y consideraciones

Explotamos los recursos naturales a una velocidad tal que el planeta no tiene la capacidad de replicar para regenerarse. El 1 de agosto del 2018 se declaró como el día de la sobrecapacidad de la tierra (Watson et al., 2018), día a partir del cual se establece que el planeta es incapaz de regenerar los recursos naturales que la población mundial ha consumido. El Global Footprint Network plantea que la mayoría de los países viven sobre su biocapacidad, generando un bio-déficit que será muy complejo revertir (Wackernagel & Rees, 2022).

La respuesta ante la magnitud del problema a nivel mundial, de acuerdo a la publicación de las macrotendencias del 2040 del Consejo Nacional de Inteligencia de Estados Unidos, es que las acciones gubernamentales buscan mitigar el impacto a través de la formación de comunidades resilientes e infraestructuras adaptativas; sin embargo, la investigación actual es casi en su totalidad en modelos computarizados, dentro de la academia, en las organizaciones

no gubernamentales y empresas privadas que juegan un papel fundamental (Consejo Nacional de Inteligencia, 2021, 39).

Con este reto como guía, la investigación está alineada al objetivo 12 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, titulado Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, haciendo énfasis en en el enunciado: "El objetivo del consumo y la producción sostenibles es hacer más y mejores cosas con menos recursos." (Naciones Unidas, 2015).

Tenemos el desafío de poder brindar una respuesta a este momento transicional del aumento de la atropo-masa y la disminución de la biocapacidad de la Tierra. Dentro de la academia, el diseño biomimético se presenta como una de las alternativas de mayor impulso a nivel mundial. Las instituciones de diseño lo han incorporado en sus planes de estudio, buscando desarrollar un enfoque sostenible para resolver los desafíos del mañana a través del diseño, partiendo de la naturaleza como modelo.

Asimismo, el diseño especulativo ha florecido en algunas organizaciones y disciplinas, proponiendo estrategias para obtener respuestas evitando el pragmatismo, intentando llevar a los diseñadores a cuestionar e imaginar futuros posibles, buscando diseñar e idear futuros más deseables que futuros posibles.

Si bien ambas alternativas están en marcha, todavía no hay suficiente información pedagógica y experiencia disponible por parte de los docentes. Debido a esta brecha de información y la urgencia con que debe abordarse, este documento tiene como objetivo desarrollar una serie de estrategias adaptativas que adoptan el enfoque biomimético y especulativo, para guiar la enseñanza del diseño, buscando incrementar la base de la información disponible y útil para la enseñanza en este momento transicional.

Por lo tanto, a través de este proceso de investigación se busca desarrollar estrategias encaminadas a estimular respuestas y aumentar la implementación global de las nuevas modalidades de colaboración entre la ciencia, el arte y el diseño, para brindar herramientas académicas para este momento transicional. Desde la academia y desde la perspectiva de la docencia, se desarrolla un proceso didáctico para los diseñadores, para hacer conciencia del impacto del diseño en la tarea de proteger la vida en el planeta, tomando como punto de partida la pregunta como formadores de diseñadores, ¿qué rol jugamos en el agotamiento de los recursos naturales y como mediadores de futuros?

1.4. Objetivo general y objetivos específicos

1.1.1. Objetivo general

Estimular las respuestas de diseño a través de un proceso multi y transdisciplinario, biomimético y especulativo, para diseñar y testear herramientas académicas apropiadas.

Dentro del universo de la educación superior, facilitar un proceso que estimule la mente del estudiante de diseño a tener una mente flexible y capaz de adaptarse a la transformación constante del mundo, desarrollando un conjunto de estrategias pedagógicas para las disciplinas del área de diseño, enfocadas en el diseño biomimético bajo el lente del diseño especulativo.

Dentro del universo general, como impacto lateral se pretende sumar al objetivo 12 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas de hacer más y mejores cosas con menos recursos.

1.1.2. Objetivos específicos

Desarrollar estrategias pedagógicas que fortalezcan la interacción de las disciplinas, a través de la implementación y la experimentación en casos de estudio, para buscar generar conocimiento en el escenario actual y de futuros posibles, como respuesta al uso y agotamiento de los recursos naturales.

Guiar al estudiante en el análisis de las formas de los organismos naturales que resuelven un reto de supervivencia y así emular su estrategia formal (ingeniería análoga natural) para realizar propuestas innovadoras en donde el ser humano enfrenta retos similares sin lograr resolverlos de manera sustentable.

Estimular la curiosidad de los estudiantes hacia el mundo natural como mecanismo de entendimiento y aprendizaje al experimentar con las bases del diseño biomimético como estrategia didáctica. Identificar el estado actual del diseño biomimético, sus orígenes y alcances, y tomarlo como referencia para determinar el nivel de acción y profundización, identificar lo ya establecido, analizar la ruta a tomar y determinar posibles acciones en el proceso de la enseñanza del mismo.

Determinar si a través de las bases pedagógicas del diseño especulativo, se podría guiar el proceso de diseño de los estudiantes para evitar caer en concepciones pragmáticas y ~~así~~ para dar respuestas que se alineen a los retos actuales.

1.5. Preguntas de investigación, estructuración y planteamiento de la hipótesis

Para el desarrollo ordenado de esta tesis, se plantean preguntas de investigación que definen los límites temporales y espaciales del estudio, así como el perfil de las unidades de observación de la investigación para que posteriormente permitan estructurar y plantear las hipótesis (Hernández Sampieri et al., 1995, 65).

1.5.1. Preguntas de investigación

¿Serán capaces los estudiantes de hacer la transferencia del conocimiento aprendido del organismo natural para dar respuesta a un reto de diseño?

¿Qué herramientas pedagógicas se necesitan para lograrlo?

¿A través de qué mecanismos sería posible sensibilizar a los estudiantes de su rol ?

¿Por medio de qué estrategias didácticas se podría estimular la curiosidad de los estudiantes hacia el mundo natural como mecanismo de entendimiento y aprendizaje?

¿A través de qué enfoques se podría potencializar al diseño como herramienta para dar respuestas a los retos actuales y del futuro?

¿Por medio de qué herramientas pedagógicas se puede lograr que los estudiantes se posicionen para desarrollar propuestas de diseño de valor?

1.5.2. Estructuración de la hipótesis

Al desarrollar una serie de estrategias pedagógicas que sensibilice, estimule y potencialice el proceso de diseño, dentro de un contexto de un medio adecuado, se podría dar respuesta a través de la academia al reto que enfrenta alinearse al objetivo 12 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas de hacer más y mejores cosas con menos recursos.

a) La multi y transdisciplina como mecanismo de sensibilización
b) El diseño biomimético como estrategia de estimulación
c) El diseño especulativo como mecanismo potencializador
d) El aprendizaje con base en proyectos (Laboratorio Experimental) como medio para su desarrollo.

1.5.3. Planteamiento de hipótesis

Al desarrollar una serie de estrategias pedagógicas multidisciplinarias de diseño biomimético, bajo la lente del diseño especulativo, se otorgarán herramientas académicas capaces de estimular la flexibilidad y capacidad de adaptación del estudiante para este momento transicional de la sociedad, reflejado en el proceso de diseño dentro de casos de estudio en el ámbito universitario de educación superior.

1.5.3.1. Hipótesis 1

A través de la implementación y la experimentación en casos de estudio, desarrollar bases pedagógicas que fortalezcan la interacción de las disciplinas para generar conocimiento en un escenario actual y de futuros posibles, como respuesta al uso y agotamiento de los recursos naturales.

1.5.3.2. Hipótesis 2

Al guiar al estudiante por medio de procesos cognitivos, apoyándose en las herramientas del diseño, se pretende estimular su creatividad, logrando que sea capaz de abstraer conocimiento al analizar las formas de los organismos naturales identificando cómo, por su forma, el organismo resuelve un reto de sobrevivencia y logra emular la estrategia de su tecnología análoga natural, realizando propuestas de diseño biocéntricas e innovadoras.

1.5.3.3. Hipótesis 3

A través del diseño especulativo, los estudiantes serán capaces de otorgar respuestas fuera de lo pragmático, alineando sus propuestas de diseño a los retos actuales.

1.6. Estructura de la tesis

Capítulo 1. Presenta un acercamiento a la problemática, al proceso de la estructuración de la hipótesis a partir de las preguntas de investigación, y al como el conjunto de los objetivos dan partida a la estructuración dentro del contexto de la tesis y su ámbito.

Capítulo 2. Para comprender las bases de las estrategias pedagógicas para la morfogénesis a través de la biomimética, este capítulo reflexiona sobre el diseño biomimético, sus orígenes, objetivos, y el vínculo que tiene con la formación académica a nivel superior, investigando su metodología, práctica y acercamiento a las formas de la naturaleza y los procesos académicos de form-finding o morfogénesis. Como consecuencia se indaga en los parámetros de diseño para formular las estrategias pedagógicas por medio de la biomimética.

Capítulo 3. Describe la metodología utilizada en esta investigación, el universo de estudio, los sistemas y proceso de recopilación, reflexión y análisis de resultados, así como las estrategias de credibilidad para la validación de los resultados.

Capítulo 4. Contiene el análisis de los resultados proyectuales y de los modelos propuestos de las estrategias pedagógicas como resultado de la implementación de las estrategias pedagógicas, evaluados por medio de los actores de la investigación y de la evaluación por pares

Capítulo 5. Presenta los resultados proyectuales y los modelos propuestos de las estrategias pedagógicas, los resultados que comprenden a las bases pedagógicas-cognitivas del diseño de las estrategias pedagógicas, así como su replanteamiento como consecuencia de la evaluación y análisis de los resultados proyectuales de los estudiantes, que fungen como casos de estudio.

Capítulo 6. Recopila las conclusiones y las futuras líneas de investigación, siendo los aspectos que resultaron ser potencialmente interesantes y que posiblemente podrían complementar esta investigación, que si se incluyeran, estarían fuera del contexto específico de esta tesis.

Capítulo 7. Referencias bibliográficas. La bibliografía está comprendida por fuentes que alimentan los fundamentos teóricos que sustentan y guían este estudio donde ha sido fundamental conocer la dinámica del entorno académico donde se desarrolla esta investigación.

Anexos: En este apartado se recopilan documentos que enriquecen y dan sentido global a la investigación, como: una tabla del proceso de investigación y recopilación de resultados, un listado de casos de estudio, los formatos de los cuestionarios a estudiantes, formatos de observación y evaluación de expertos y el listado de los evaluadores de los resultados proyectuales.

Capítulo 2

Estado del arte

La biomimética y la enseñanza en el diseño

Para comprender las bases de las estrategias pedagógicas para la morfogénesis a través de la biomimética, este capítulo reflexiona sobre el diseño biomimético, sus orígenes, objetivos, y el vínculo que tiene con la formación académica a nivel superior, investigando a profundidad su metodología, práctica y acercamiento a las formas de la naturaleza y los procesos académicos de form-finding o morfogénesis. Como consecuencia se indaga en los parámetros de diseño para formular las estrategias pedagógicas por medio de la biomimética.

2.1. El diseño biomimético

Biomimética, del origen griego: *bio*, vida, *mimesis* imitar.

Significados: Emulación de los procesos, diseños, ingeniería o inventiva de la naturaleza.
Diseño por medio de la tecnología análoga biológica.
Innovación por medio de la emulación de formas, procesos, patrones y sistemas de la naturaleza.
Emulation of nature's genius (Emulación de la sabiduría o genialidad de la naturaleza) (Benyus, 2002, 27)

La biomimética, como su nombre lo indica, estudia, analiza e intenta replicar los procesos de la naturaleza para solucionar un reto de sobrevivencia de los humanos, que hasta ahora no hemos sido capaces de resolver de manera completamente sustentable. La visión de la biomimética no es solo admiración de la belleza e inteligencia de la naturaleza, sino también es una postura ética ante el desmedido uso de los recursos naturales. Para adentrarse en el tema del diseño biomimético y su vínculo con la enseñanza, se recurre a una serie de referentes del zeitgeist del diseño que toman la forma de la naturaleza no solo como fuente de investigación y análisis, sino que -en su mayoría- toman a la naturaleza como base para establecer posturas que cuestionan el rol de quien la investiga.

2.1.1. Orígenes del diseño biomimético

Otto Schmitt, inventor y biofísico, estudió los nervios de los calamares en su investigación doctoral s. Posteriormente, desarrolló un artefacto que emula la capacidad de un nervio para transferir energía, llamado Schmitt trigger. A él se le atribuye el término de biomimética, que usa como parte del título del artículo: *Some Interesting and Useful Biomimetic Transforms* (Schmitt, 1969, 297) publicado en el Tercer Congreso Internacional de Biofísica en 1969, dando pie a que en 1974 apareciera por primera vez en el diccionario Webster's [1] la palabra biomimética.

La metáfora, que hace referencia a que estamos dentro de una nave espacial llamada Tierra donde todos somos tripulantes (Fuller, 1969, 15-17), es una de las ejemplificaciones más cercanas a la experiencia de lo que es vivir y obtener recursos para sobrevivir en este planeta. Richard Buckminster Fuller, arquitecto y filósofo, describe cómo estamos flotando en el espacio, dentro de una nave espacial que obtiene energía de una nave madre llamada Sol. Esta nave, Tierra, está tan perfectamente diseñada que a pesar de estar a bordo de ella por más de dos millones de años no nos percatamos de ello. Está diseñada con la capacidad de regenerar vida; sin embargo, como todos los sistemas físicos, pierde energía (lo que se conoce con el término de entropía), por lo que es necesario obtener energía de la nave madre. Como humanos no somos capaces de procesar la energía del Sol directamente, pero nuestra nave tiene un diseño que nos permite obtener energía mediante recursos alternos, como las plantas y los animales; al hacerlo, hemos sobreexplotado los recursos, contaminando y debilitando los procesos de regeneración del sistema. El diseño de esta nave no tiene planos ni instructivos que permitan conocer directamente su funcionamiento, lo que nos ha llevado a usar el intelecto, para desarrollar investigación que nos permita descifrar el funcionamiento de nuestra nave, a manera de prueba y error.

[1] El diccionario Webster´s es un diccionario de la lengua inglesa editado por el lexicógrafo Noah Webstersurge en el siglo IX.

Fuller hace referencia a la palabra tripulación, determinando que nada ni nadie en la nave es un pasajero es decir, cada persona tiene un rol específico para hacerla funcionar. En su rol como arquitecto tomó a la naturaleza como referente al diseñar una geometría para construir refugios ligeros y resistentes, capaces de ser transportados y construidos de manera eficiente durante la segunda guerra mundial. Para ello analizó la tela de las telarañas, cuya geometría les permite resistir tormentas y ciertos niveles de peso mucho mayores al propio, de acuerdo al concepto de sinergética, basándose en los patrones observados de energía que observó en la naturaleza, diseñando la estructura del globo geodésico, que es parte de su legado.

Fuller buscaba una ciencia de diseño que se definiera como: "la eficaz aplicación de los principios de la ciencia hacia el diseño consciente de nuestro medio ambiente con el objetivo de contribuir a que los recursos naturales finitos de la Tierra satisfagan las necesidades de toda la humanidad sin interrumpir o distorsionar los procesos ecológicos del planeta" (Instituto Buckminster Fuller, n.d.).

Dentro de sus observaciones determinó que era crucial hacer más con menos, y que la geometría se lo permitiría. Así, busca encontrar una forma eficiente en cuanto a material y espacio, y llega a la conclusión de que es un domo geodésico formado por triangulaciones a través de su observación de las telas de araña y experimentos en prototipos. En su afán por llevar esta investigación a un alto nivel, para la exposición Universal de Montreal en 1967, que tenía como temática El hombre y su mundo: Ser hombre es sentir que se contribuye con algo a la creación de un mundo, Fuller construyó uno de sus grandes domos para el pabellón de Estados Unidos. El domo tenía un sistema formado de celdas de acrílico que le permitía controlar la temperatura de su interior, haciendo referencia a los poros de la piel (Bonnemaison & Beesley, 2008, 16-67).

Aunque aún no estaba establecido el concepto del diseño biomimético en sus tiempos, el artista, inventor y visionario Leonardo Da Vinci encontró grandes referentes en la naturaleza para desarrollar sus inventos. Hombre del siglo XV, investigó el vuelo de las aves y los murciélagos como parte de su obsesión por desarrollar la máquina voladora, cuando aún la idea de una máquina estaba en estado rudimentario y las que existían eran un tanto primitivas -aunque extraordinarias-, como la brújula, la imprenta o el astrolabio. La idea de conceptualizar una máquina que pudiera volar, salía del consciente colectivo del entendimiento de lo que era una máquina.

Su observaciones y diseños de las aves han servido de inspiración para la industria aeronáutica y están reflejados en el manuscrito *Código Da Vinci* de las aves voladoras. Al inicio de este proceso, Da Vinci emula el mecanismo del aleteo de las alas de los murciélagos y aves, buscando generar propulsión y elevación, ideando y dibujando ornitópteros, donde unas alas estaban incorporadas a los brazos de la persona y esta debía aletear para conseguir la fuerza de propulsión para conseguir montarse en vuelo. Sin embargo, se encontró con la dificultad de que los humanos no tienen la misma fuerza que las aves para mover rápidamente los brazos, lo que lo llevó a observar con mayor detenimiento no solo las alas, sino el efecto de las alas en todo el cuerpo del animal volador, lo que le permitió entender el efecto del centro de gravedad y el centro de la presión que ejercen las alas al elevarse sobre todo el cuerpo, siendo así que, por medio de diagramas, analiza una idea rudimentaria de la relación de la curvatura del ala y su soporte, planteando el concepto del aire como fluido, concepto que entonces fundamenta la aerodinámica (Jakab, 2013). Cabe aclarar que el concepto de gravedad ya está presente en ese siglo, pero aún no es un referente adoptado por toda la humanidad.

Por la misma línea experimental se encuentra Galileo Galilei, matemático y filósofo cuyos experimentos de ingeniería, realizados por medio de la observación de fenómenos encontrados en la naturaleza, le permitieron comprobar teorías matemáticas. Su *Libro de la Vida*, escrito en 1619, es una perspectiva filosófica de su visión

científica, donde afirma que la naturaleza es inexorable e inmutable, que nunca viola sus propias leyes y no le importa si sus motivos y formas no están entendidas por el hombre; asevera que es parte de sí misma que comprenderla esté por fuera de nuestras capacidades intelectuales. Con estas mismas bases introduce la metáfora de que la naturaleza es un libro escrito en el lenguaje de las matemáticas, donde sus personajes son triángulos, círculos, pirámides, todas las figuras geométricas, y si no somos capaces de entender ese lenguaje, estamos predestinados a vagar en un oscuro laberinto; planteando un legado significativo para la investigación del entendimiento de las formas de la naturaleza (Gorham & Waters, 2016, Capítulo 6).

Para el biólogo y matemático D'Arcy Wentworth Thompson, la morfología de la naturaleza puede ser entendida por medio de la matemática pura. Thompson concibe la forma como un proceso matemático donde el resultado de las fuerzas aplicadas a la masa determinan su transformación y crecimiento (Thompson, 1992, 9). En 1917, en su libro *Sobre el crecimiento y la forma*, hace referencia a sus observaciones empíricas y estudios morfológicos de la naturaleza, donde por medio de un método de coordenadas que permite la deformación de sus ejes, es capaz de ejemplificar en diagramas la transformación y crecimiento de las especies (Thompson, 1992, 262).

El objetivo de sus observaciones es relacionar los principios matemáticos y leyes físicas con el crecimiento, estructura y forma de los organismos, considerando la formación de esta como una configuración material y mecánica (Thompson, 1992, 8). Las observaciones muestran nuevos métodos para entender la influencia de las fuerzas físicas en el ambiente; determinan que un organismo es un diagrama de fuerzas, es un evento en el espacio-tiempo, donde la forma no es estática y se va desarrollando gracias a las fuerzas aplicadas en la masa, provocando rotaciones, flexiones, refinamientos, adelgazamiento, crecimiento, etc. (Thompson, 1992,10).

A pesar de que Thompson dejó la química fuera de la ecuación de la generación y transformación de la forma, entre otros factores esenciales de la biología y genética, son las analogías y el proceso que él realiza, más que los resultados de sus observaciones, las que han servido de referente para el mundo del diseño y en particular para la arquitectura. Un ejemplo de ello es el trabajo del arquitecto Calatrava, quien analiza la morfología de los sistemas óseos para diseñar estructuras complejas y en algunas ocasiones flexibles, utilizando la relación de las flexiones estructurales de los esqueletos y el mundo de la ingeniería arquitectónica (Bonnemaison & Beesley, 2008, 16-27). O en el caso de la arquitectura de la firma Zaha Hadid Architects, que por medio del diseño computacional y paramédico logra emular patrones y sistemas de los sistemas naturales para crear espacios capaces de reducir de manera significativa el uso de la energía y la generación de emisiones.

Janine Benyus, en 1997, en su libro *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* hizo que el término biomimética fuera popularmente conocido; en él expone una perspectiva de innovación para resolver problemas emulando la naturaleza. Es ella quien institucionaliza el concepto de diseño biomimético a través de la firma consultora Biomimicry 3.8, y ha sido capaz de ejercer influencia dentro de organizaciones con alto impacto, como Shell, Nike, General Motors, entre otras, y por medio de organizaciones como el Biomimicry Institute y la organización Ask Nature, enfocadas en desarrollar material de consulta y herramientas educativas para acercar el conocimiento de la naturaleza a las comunidades.

Benyus establece que tenemos al alcance de la mano el uso de 3.8 billones de conocimiento acumulado en la naturaleza desde el surgimiento de la primera bacteria, proponiendo un modelo de aprender de la naturaleza en vez de extraer de ella;usarla como modelo, como medida y como mentor (Benyus, 2002, 27). Por ejemplo, al emular las hojas de las plantas se pueden obtener celdas solares, fibras que imitan el tejido de las telas de las arañas, cerámica con la rigidez de las conchas de mar y hasta computadoras que emiten las señales como lo hacen las células.

Benyus se pregunta cómo es que el ser humano al enfrentarse a los mismos retos de sobrevivencia que la naturaleza, solo ha intentado resolverlos de manera insostenible y no ha aprendido lo suficiente de las estrategias esculpidas y pulidas durante miles de millones de años por el mundo natural, que no solo da respuestas a los retos, sino que lo hace de una manera sostenible. Latouche, en su libro *Salir de la Sociedad del Consumo* (Octaedro, 2014), hace un planteamiento similar, introduciendo el concepto del decrecimiento, que plantea la necesidad de regresar al medio natural los recursos que hemos ido agotando, por medio de productos que contribuyan a la restauración de sistemas naturales.

Latouche determina que nuestra visión se ha formateado para explotar sin medida los recursos naturales, hemos nacido y crecido en sociedades y sistemas donde no hay conciencia del impacto a escala global que tiene cada ser humano. En las instituciones gubernamentales, en la academia, los grupos independientes y de manera individual, se comienzan a ejercer alternativas con la intención de desacelerar este llamado progreso y replantear los sistemas de vida, comenzando por alternativas en la producción de comida, adquiriendo productos locales y de bajo impacto, entre muchas otras alternativas (Octaedro, 2014).

La biomimética moderna es mucho más que usar las formas de la naturaleza en el diseño, se ha convertido en el proceso interdisciplinario sistemático para la resolución de problemas, que con un enfoque sostenible y ecológico apoyado en los avances de la tecnología, permite proteger el planeta y alargar la vida de la humanidad en el.

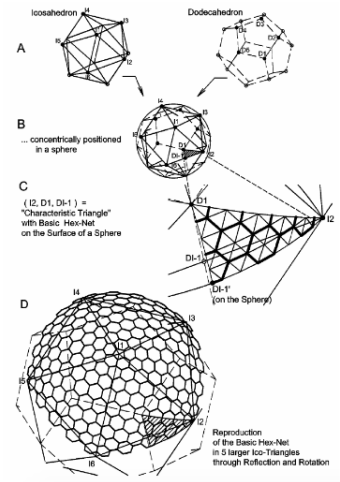
La perspectiva de biomimética se está convirtiendo en una plataforma propulsora de la innovación gracias a la apertura de las disciplinas de compartir conocimiento, permitiendo crear una base para desarrollar propuestas viables; los diseñadores están logrando determinar el curso de diseño biomimético, aterrizando ideas que antes parecían imposibles, tomando un rol catalizador que sienta las bases para un futuro en armonía con los recursos naturales, con la nave Tierra. Lo podemos ver reflejado en el zeitgeist de internet donde cada día está más poblado de pequeños estudios, organizaciones no gubernamentales, proyectos individuales, empresas, etc, que tienen un enfoque biocéntrico.

2.1.2. Ejemplificando la práctica del diseño biomimético

En el área de innovación de diseño textil está el proyecto Speedo LZR Racer, que es una colaboración entre Aqualab, la unidad de desarrollo e investigación de la marca de trajes de baño Speedo y la Dirección de Misiones Aeronáuticas de la NASA, para encontrar soluciones para reducir la fricción generada por la piel en contacto con el agua y permitir que los nadadores puedan alcanzar mayor velocidad.

Gracias a los años de investigación en dinámica de fluidos de la Dirección de Misiones Aeronáuticas, se pudieron hacer testeos de 60 materiales distintos para después diseñar el material LZR pulse, fabricado por medio de un tejido ultrasónico que emula las escamas de la piel del tiburón, formada por escamas duras llamadas dentículos dérmicos, que están estratégicamente colocados apuntando hacia la cola del tiburón para ayudar a reducir la fricción con el agua (Speedo's LZR Racer, 2008). El Speedo LZR Racer fue utilizado en los Juegos Olímpicos de Verano de 2008 en Beijing, donde el 98% de los ganadores de medallas en competencias de natación ganaron. De los 25 récords mundiales batidos en esos Juegos Olímpicos, 23 fueron logrados por nadadores que usaban el traje (Record Breaking Benefits, 2012).

Imágen 1 “Fotografía de Michael Phelps, en Roma”
Imágen 2 “Diagrama de la generación del modelo geométrico”
Imágen 3 “VISION neumático conceptual de la marca Michelin”



Fuente: *DPA Picture Alliance Archive/Alamy Stock Photo, 2009*
Fuente: *Knebel & Sánches-Álvares, 2011*
Fuente: *Imágen extraida del video A Visionary Concept Tire | Michelin*

En el área de la escala arquitectónica está la visión del arquitecto biomimético Michael Pawlyn, quien para sus diseños analiza estructuras de los sistemas naturales por medio de la fabricación digital en prototipos. Esta estrategia tecnológica le permite visualizar a otra escala microestructuras encontradas, por ejemplo, en el hueso del cráneo de los pájaros o en las conchas de mar (Pawlyn & TED Talks, 2001). En el 2001, para el diseño de los biodomos del proyecto Edén, ubicado en Cornwall, Inglaterra, Pawlyn emula la geometría de las burbujas, logrando la mayor rigidez estructural minimizando la cantidad de material y uso del suelo requerido. Esta estrategia encontrada en la naturaleza le facilitó el tener grandes vacíos en forma de hexágonos cubiertos por una membrana de acrílico extremadamente ligero permitiéndole captar la mayor luz solar. Al usar poco metal y poder controlar la temperatura por medio de la radiación solar, se pudieron optimizar recursos (Knebel & Sánches-Álvares, 2011).

En el área de desarrollo de nuevos productos, la marca comercial Michelin ha desarrollado VISION, un concepto de un neumático inteligente sin aire, inspirado en la naturaleza, impreso en 3D en un material llamado butadieno sintético, un biomaterial compuesto con derivados de astillas de madera, paja, subproductos del azúcar y naranja. El diseño de la forma del neumático está inspirado en la estructura alveolar de los pulmones, siendo una microestructura organizada en *clusters* en forma de árbol. Michelin, con ayuda de la inteligencia artificial, visualiza que estos neumáticos se pueden adaptar a distintos terrenos, siendo posible que en tiempo real los neumáticos con una simple instrucción puedan cambiar de ser neumáticos de ciudad a ser neumáticos para todo terreno, con el uso de la impresión 3D adaptada en el automóvil (Michelin - The VISION Concept, n.d.).

Es clave mencionar que existe una radical diferencia entre diseño inspirado en la naturaleza y el diseño que emula la naturaleza, es decir la bioinspiración o biomorfismo y la bioemulación. Dicha diferencia radica en el nivel con el que se profundiza la respuesta, es decir, la biomimética busca dar una solución a un reto o a una problemática, donde al final la respuesta no necesariamente está conectada directamente a la forma visualmente evidente del organismo a diseñar. Por otro lado, la bioinspiración o biomorfismo sí está visualmente conectado

directamente con el organismo y no necesariamente está resolviendo un problema, sino más bien está tomando la estética y geometría del organismo.

Un ejemplo de bioinspiración o biomorfismo, es el trabajo de la diseñadora de modas Iris Van Herpen, con colaboraciones multidisciplinarias con la arquitectura, ciencia, tecnología y arte. Su trabajo está centrado en el diseño de volúmenes biomorfos y las relaciones simbióticas de la naturaleza, particularmente centrado en la fluidez del agua y las formas que genera al cristalizarse; la utilización del biomorfismo a través de la experimentación y profundo análisis, hace de Van Herpen un referente en la industria de la moda, al ser capaz de comunicar un *statement* de artista donde pone en evidencia lo que no se ve a simple vista, y utiliza a la naturaleza como fuerza de inspiración. Así, su colección Seijaku AW 16/17, utiliza el mecanismo de la cimática para analizar y, en consecuencia, utilizar los desplazamientos ejercidos por la vibraciones generadas por el sonido, aplicado a una membrana o un líquido, haciendo posible transformar el sonido en forma a través de la generación de patrones geométricos de sonido sobre el cuerpo de las personas, permitiendo visualizar el sonido vibrando en el cuerpo. (Iris Van Herpen, n.d.)

Imágen 4 y 5 " Fotografía del look 1 de la colección Seijaku de Iris Van Herpen"
Imágen 6 "Fotografía del vestido Spider web 2.0 de la diseñadora Anouk Wipprecht"

Fuente: (*Iris Van Herpen*, n.d.)
Fuente: Anouk Wipprecht fotografiado por Lidia Ratoi

Un ejemplo de diseño biomimético en el mundo de la moda es el trabajo de la artista Anouk Wipprecht El diseño del vestido mecatrónico Spider web 2.0 emula la geometría de las patas de las arañas que reaccionan gracias a un chip que es capaz de detectar bioseñales y detecta amenazas de proximidad haciendo que las patas de la araña o más bien los componentes de este vestido se desdoblen, brindando un radio de espacio personal a quien lo usa. La reacción de las extremidades pueden ser lentas si quien se aproxima lo hace con calma, o rápidas si el acercamiento es más brusco (Anouk Wipprecht, n.d.).

El diseño biomimético es un proceso que implica la multidisciplinariedad e interdisciplinariedad; debido a la naturaleza de su significado, emular a la naturaleza, amerita que los diseñadores indaguen en el mundo de la biología y sus sistemas, para lo cual necesitan herramientas y recursos de disciplinas como la biología y entomología, y a la vez amerita que se utilicen los mejores recursos de distintas disciplinas para lograr alimentarse de diversas perspectivas, utilizar la información abstraída, y posteriormente aplicarla en una solución de diseño.

Por otro lado, el diseño y aplicación de materiales sustentables en el diseño biomimético es clave para cerrar el círculo de impacto, ya que aunque el diseño emule perfectamente un sistema natural y el proceso permita la eficientización y la reducción del impacto de su huella ecológica, si los materiales con los que está conservado son materiales con alto impacto, el objetivo de la biomimética no estaría completo. Se requieren materiales como los que menciona Latouche: que permitan la regeneración de los recursos naturales.

2.1.3. La biomimética y la pedagogía a nivel superior profesional

Gracias al *momentum* global del desarrollo de la biomimética, las organizaciones educativas están empezando a incluir en su currículum estudios en biomimética a nivel profesional y posgrado. Para entender el estado de la enseñanza del diseño biomimético, se han consultado *journals* y bibliografía, recopilando información de estrategias pedagógicas-cognitivas que han sido generadas con el objetivo de entender, desarrollar y compartir con académicos interesados en el diseño biomimético dentro de aula.

Fayemi *et al*. determinan que el proceso del diseño biomimético puede ser facilitado por las herramientas existentes de los métodos creativos, generalmente pasando por las fases de análisis, abstracción, transferencia de conocimiento (naturaleza-diseño), identificación de posibles modelos naturales, selección de modelos naturales, abstracción de la estrategias biológicas, transferencia de tecnología análoga, implementación y testeo en un contexto (Fayemi et al., 2017, 7). Cada una de estas fases contiene herramientas específicas que ayudan a su cumplimiento, siendo herramientas de análisis, transferencia, abstracción y aplicación.

El estudio realizado por la profesora Yen *et al*. del Instituto Tecnológico de Georgia en Atlanta, donde se han desarrollado y aplicado estrategias para el diseño bio-inspirado con estudiantes del área de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), ha tenido resultados significativos utilizando estrategias que presentan un impacto cognitivo del aprendizaje en distintos niveles. Un ejemplo es la utilizada en el curso, que se basa en ejercicios en clase en equipos multidisciplinarios, donde los estudiantes practican su capacidad para describir la función de los sistemas biológicos y traducir estas propiedades funcionales a posibles diseños para el uso del humano (Yen et al., 2016, 332).

En la fase inicial de este proceso se hace el uso de la herramienta de una guía clara para la investigación bibliográfica por medio de *journals* y se busca estimular el razonamiento analógico transdisciplinario, permitiendo entablar estrategias de análisis donde los estudiantes de las distintas disciplinas pueden discutir sus hallazgos; los mecanismos a los que se recurre para lograr este intercambio son el uso de diarios de reflexión personal, donde los estudiantes durante el transcurso de las observaciones y análisis de objetos de la naturaleza hacen sus propias reflexiones, y por medio de la estrategia a la que denominan por sus siglas en inglés WWH *What why how* que se traduce como Qué, porqué y cómo (Yen *et al*., 2016, 336), los estudiantes son capaces de compartir sus impresiones en un orden claro y directo de las analogías realizadas.

Teniendo en cuenta que al trabajar en grupos de distintas disciplinas el entendimiento de cada estudiante es variado, parte de las experiencias de aprendizaje y hace uso de la interacción directa con los objetos de estudio por medio de la herramienta de experimentos improvisados, permitiendo evaluar las reacciones de los objetos de estudio, fomentando la interacción interdisciplinaria al usar representaciones multimodales. De acuerdo a Hmelo *et al.,* citado por Yen (Yen *et al*.,2016, 340) la construcción de modelos en un diseño práctico es una buena estrategia para aprender sobre sistemas complejos como los que contiene la naturaleza.

Un hallazgo de gran valor del grupo de investigadores que realizaron un estudio comparativo de un ejercicio para enseñar los *Life Principles* (LP)[2] a grupos de estudiantes interdisciplinarios en tres universidades, Arizona State University (ASU) en Phoenix, Arizona (EEUU.), College of Charleston (CofC) en Charleston, Carolina del Sur (EE. UU.) y la Universidad de Ciencias Aplicadas de La Haya (THUAS) en la Haya (Países Bajos) durante el semestre de primavera de 2021, determina que los resultados proyectuales mostraban mejoras cuando se utiliza como herramienta de aprendizaje el mecanismo de dibujo a mano (Stevens et al., 2022, 3).

Roballo y McCardle plantean que para una apta colaboración entre los dominios de la biología y el diseño, es de gran ayuda entregar herramientas para comprender ambos lenguajes. Se plantea que el uso de prototipos permite hacer la transferencia de la ingeniería análoga de la naturaleza al lenguaje del diseño y que es posible con ellos generar la abstracción y transferencia de principios de diseño derivados de la biología (Rovallo y McCardle, 2019, 1), así como también pueden servir como objetos de límite para acortar las brechas entre las diferentes competencias de los participantes en el proceso de diseño (Rovallo y McCardle, 2019, 4).

2.2. Parámetros del diseño biomimético para el desarrollo de las estrategias pedagógicas.

Para el desarrollo de estrategias pedagógicas que sean capaces de emular a la naturaleza es necesario definir parámetros que vayan acorde a sus principios y formas, entendiendo que según Derry y Murphy, citado por Beltrán (Beltrán, 2002, 7), una estrategia pedagógica es el conjunto de actividades mentales empleadas por el individuo, en una situación particular de aprendizaje, para facilitar la adquisición de conocimiento. Así, están dentro del dominio de las estrategias cognitivas, una familia más amplia de capacidades, que permiten a los estudiantes ejercer el control ejecutivo sobre cómo piensan en situaciones de solución de problemas.

Para ello es necesario definir principios básicos que permitan alcanzar el objetivo, que a su vez forman la filosofía de enseñanza, con la intención de sembrar las bases en los estudiantes, los diseñadores del futuro y con enfoque en una metodología pedagógica de aprendizaje en base a proyectos (Pedagogía dentro del laboratorio experimental y experiencial).

Principios básicos para las estrategias pedagógicas:

a) Multidisciplina e interdisciplina.
b) Enfoque biocéntrico.
c) Diseño especulativo.

2.2.1. Parámetro 1: multidisciplina e interdisciplina

Nos ubicamos en un momento clave para el ámbito de la creatividad y el diseño, donde con más frecuencia van floreciendo manifestaciones de colaboraciones de las áreas creativas con otras disciplinas; el área creativa se está

[2] *Life principles*, significando los principios de la vida. Es una estrategia de clasificación utilizada por la organización Biomimicry 3.8, para organizar las posibles emulaciones que se pueden encontrar en los sistemas y organismos naturales.

vinculando para permitir la innovación, ya que trae consigo otra perspectiva de acción y va abriendo camino para crear estrategias anteriormente imprevistas, rompiendo esquemas preconcebidos, y propiciando la generación de conocimiento.

La colaboración entre disciplinas no solo brinda una plataforma que permite la expansión del conocimiento, sino que al ser un intercambio multi e interdisciplinario, también permite que al ser visualizado por diferentes perspectivas, este se procese de una manera diversa y distinta, permitiendo que los resultados sean complementarios y con ello más asertivos.

Planteamos que los individuos traen consigo una carga de conocimiento producto de su formación, experiencia, acceso a recursos, etc. Bento habla de que cada individuo trae consigo su software y wetware. El software puede ser el conocimiento almacenado fuera del cerebro humano, por ejemplo en libros, publicaciones, la nube, es decir, el acceso a información análoga y digital. Cuando, por el contrario, el wetware es, por el contrario, el conocimiento almacenado en la computadora húmeda, el cerebro humano, siendo las creencias, habilidades, el talento, etc. (Bento et al., 2004, 25)

Le suma la carga de conocimiento que los individuos traen consigo, como el *know-what* y el *know-why* (el saber qué y el saber por qué), el primero refiriéndose a aspectos de orden de información en datos y el segundo a aspectos de orden de la explicación del porqué de las cosas. Por el otro lado están el *know-how* y el *know-who* (el saber cómo y el saber quién) siendo uno la capacidad de ejecución y el otro el conocimiento de saber quién puede hacer qué. (Bento et al., 2004, xii)

Cada individuo con su software, wetware, know how, etc, trae consigo una fuente de procesamiento capaz de contribuir en gran escala al sumarse a el software, wetware, etc, de otros individuos, formando una máquina de procesamiento de alto rendimiento que probablemente tiene una gran capacidad de acercarse a ideas que previamente no se habían explorado, brindando una mayor oportunidad para la generación de respuestas innovadoras y ricas en contenido.

El rol que cada una de las disciplinas puede ejercer en un grupo multidisciplinario puede llevar a definir una resolución a una problemática con un alcance no solo mayor, permitiendo la democratización de las ideas y el espacio para la diversidad de visiones, acercándose más al entendimiento y al procesamiento del conocimiento ya oportunidades de generar un impacto. En el llamado ciclo de la creatividad de Krebs (KCC) de Neri Oxman se nos presenta una visión clara y creativa de la interacción y alimentación de las áreas de conocimiento y la correlación simultánea en el proceso creativo.

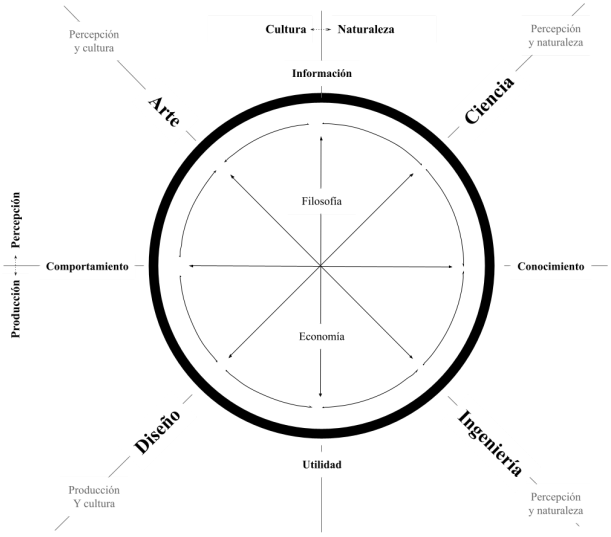
El KCC, basado en los 4 sombreros de la creatividad de Maeda, quien propone un rectángulo dividido en cuatro partes asignando a cada cuadrante una visión única, la de la ciencia, la de la ingeniería, la del diseño y la del arte. La visión de la ciencia para él es la exploración; de la ingeniería, la inventiva; del diseño, la comunicación y para el arte, la expresión. A diferencia de Maeda, en el KCC de Oxman, donde él establece la diferencia entre las visiones, Oxman propone un ciclo donde todas las visiones son partícipes y se alimentan entre sí, permitiendo romper las fronteras de las disciplinas, abriendo oportunidades y cuestionando las posibilidades.

El ciclo de la creatividad de Krebs establece que el rol de la ciencia es el de explicar y predecir el mundo a nuestro alrededor. La información la convierte en conocimiento. El rol de la ingeniería es aplicar el conocimiento científico al desarrollo de soluciones de problemas empíricos. El conocimiento lo convierte en utilidad. El rol del diseño es materializar soluciones para maximizar la función y aumentar la experiencia humana. La utilidad la convierte en comportamiento. El rol del arte es cuestionar el comportamiento y hacernos conscientes del mundo que nos rodea. El comportamiento lo convierte en nuevas percepciones de información, volviendo a presentar los datos que inició la ciencia (Oxman, 2016).

La representación del ciclo es circular, para permitir la transición fluida entre las disciplinas, entre las diferentes visiones. La manera en que se lee el diagrama es estableciendo que la ciencia produce conocimiento usado por los ingenieros. La ingeniería produce utilidad que es usada por los diseñadores. Los diseñadores producen cambios en el comportamiento, percibido por los artistas. El arte produce nuevas percepciones del mundo, ofreciendo nueva información e inspirando nuevas investigaciones científicas, y así sucesivamente.

El ciclo que establece Oxman es un proceso especulativo que no necesariamente se utiliza de manera circular consecutiva, sino que permite transitar de un lado a otro pasando infinidad de veces por todos los sitios, de manera aleatoria, alimentándose constantemente. Donde al centro del círculo podemos visualizar nuevas perspectivas filosóficas afectando de manera directa e indirecta los procesos.

Diagrama 1 "Ciclo de la creatividad de Krebs (KCC)"



Fuente: Oxman (2016)

La importancia del enriquecimiento que establece este ciclo empieza a ser de gran notoriedad al momento de materializar un concepto de diseño. Este concepto que se ha visto previamente fortalecido por conocimiento, siendo que el conocimiento que es el que muchas de las veces destruye al concepto, en está ocasión lo refuerza, y a su vez el concepto permite la generación de nuevo conocimiento. La teoría conocida por su nombre en inglés C-K, *Concept-Knowledge* (concepto-conocimiento) es muy clara al determinar que el concepto se va haciendo más robusto a manera que vamos entendiendo y obteniendo más información de la cuestión; y a manera que vamos teniendo más conocimiento el concepto se ve transformado (Hatchuel y Weil, 2009) y fortalecido, y así sucesivamente.

Pudieran aparecer algunas ideas como específicas a alguna disciplina, pero el valor que implica el involucramiento en el análisis de las otras disciplinas puede llegar a brindar todo un camino para la exploración de nuevas perspectivas y posibilidades para el fortalecimiento y generación de nuevo conocimiento. Así, el intercambio de conocimiento en equipos colaborativos multidisciplinarios favorece la capacidad innovativa, permitiendo que un individuo ofrezca su hardware y wetware de una disciplina como herramientas que los demás individuos que pertenecen a distintas disciplinas pueden utilizar y transformar en algo completamente nuevo, procesado por las distintas perspectivas, dando un giro al punto de vista.

Las posibilidades que brinda una plataforma de intercambio y transmutación de las ideas puede llegar a representar a la vez un reto .Sin embargo, las disciplinas se transforman en complementos clave para la definición de un concepto como punto de partida. Dentro de estas estrategias pedagógicas, la multidisciplinariedad representa un factor clave para estimular la imaginación y alcanzar el objetivo. No solo se trata de agrupar individuos con diferentes disciplinas, sino que también se pretende estimular la adopción de otras formas de visualizar e investigar, se trata de utilizar los softwares y wetwares, know hows, etc., para crear un proceso enriquecedor. Se experimenta con las reacciones de ¿qué pasaría si a un artista se le da un microscopio como herramienta?, ¿si a un arquitecto se le da una máquina de coser? Es decir, si se hace un intercambio de herramientas y perspectivas, permitiendo que los estudiantes amplíen el panorama tanto de su visualización como de los procesos para resolver una problemática.

Así como Oxman lo plantea, navegando libremente en el Ciclo de la creatividad de Krebs, adquiriendo información que se transforma en conocimiento, que al momento de aplicarlo se pone a prueba y genera un cambio de visión, que a su vez genera nueva información, la cual detona nuevo conocimiento y así sucesivamente, es como se replantean los alcances de cada disciplina.

Mover estos límites del alcance representa un reto cultural significativo; se requiere de voluntad y cierta percepción para permitir cruzar las fronteras y cruzarlas uno mismo. Se requiere eliminar las predisposiciones y estar abiertos a que la multidisciplina nos muestre el camino al planteamiento de nuevos paradigmas. La flexibilidad y el conocimiento del profesor y del estudiante permitirá esta participación activa en el intercambio de sistemas de aprendizaje.

2.2.2. Parámetro 2: El diseño biocéntrico y los biomateriales

El diseño biocéntrico, a diferencia del diseño antropocéntrico, está enfocado en el diseño tomando al *bios*, a la vida, como centro, contrario al diseño antropocéntrico, que pone al hombre y sus necesidades como centro. El diseño biocéntrico busca la preservación de la vida y estrategias para generar ambientes aptos para la vida. Bajo el declinamiento de los sistemas naturales, se visualiza un planteamiento post-carbono para la fabricación de materiales alternativos bajo un contexto cambiante transicional, donde las innovaciones radicales son necesarias (Rognoli *et al*., 2021, 208).

La sustentabilidad busca la resiliencia como mecanismo para economizar recursos y energía. La cuarta revolución industrial, que trae consigo el auge en el *Additive Manufacturing* (AM), comúnmente conocido como la impresión 3D, ha permitido añadir características no antes vistas en la fabricación de materiales tanto en su estructura como composición. Se están creando tecnologías receptivas y adaptativas que están transformando la experiencia de cómo vivimos un material, que permiten que los materiales emulen modelos biológicos y ecológicos, y sean capaces de cosechar energía con propiedades autoregenerativas, de autodiagnóstico y propiedades inteligentes.

Según la publicación de las macrotendencias para el 2040 del Consejo de Inteligencia Nacional Pública de Estados Unidos, se está desarrollando una nueva generación de materiales, donde la convergencia entre tecnologías digitales, la física y la biología, están determinando los cambios en el mundo como parte de la cuarta revolución industrial . Se visualiza que los materiales serán más óptimos:más ligeros, flexibles, fuertes, sostenibles, conductores de energía y programables (The Strategic Futures Group & National Intelligence Council, 2021, 59-60).

Como parte de esta nueva generación de materiales para el diseño están los biomateriales sumados a los materiales inteligentes, con posibilidades de desarrollo desde una perspectiva que considera al *bios* como centro,

que podrían ser capaces de no comprometer la vida y los recursos naturales de la Tierra si se desarrollan y aplican adecuadamente.

Partiendo desde el punto de vista de que en la actualidad los humanos vemos a la tecnología como una extensión de nuestro cuerpo, los materiales inteligentes son un paso natural de la evolución de los mismos. En una visión simbiótica de ecosistemas de alta tecnología, los avances en la investigación para el desarrollo de materiales inteligentes han logrado generar materiales que por medio de sensores son capaces de dar lectura a parámetros que le permiten reaccionar, ya sea cambiando su forma, textura, color, temperatura, mandar señales de alerta, por mencionar algunas características (Schwartz, 2008, xi). Esta tendencia se puede evidenciar en la miríada de propuestas dirigidas hacia esta simbiosis.

Los biomateriales para el diseño son materiales de bioingeniería concebidos a base de los residuos orgánicos, micelios, bacterias, microorganismos, con el objetivo de reemplazar la utilización del plástico y reducir el impacto en la fabricación de los materiales tradicionales, como aquellos desarrollados con combustibles fósiles (Rognoli et al., 2021, 290).

El mundo de la fabricación de biomateriales para el diseño es un proceso donde se cruzan los caminos de la biociencia con diversas disciplinas (Cecchini, 2017, S1600) y aunque su desarrollo aún está en fases iniciales, las iniciativas para su evolución están dictaminadas por el dinamismo y entusiasmo de quién está en la tarea de su desarrollo; estas iniciativas están conformadas por multinacionales, pequeñas y medianas industrias, universidades, investigadores independientes, *startups* y proyectos parte del movimiento conocido por su acrónimo en inglés DIY (*Do it yourself*; hágalo usted mismo); sin embargo, se espera que mientras más organizaciones se sumen a su desarrollo, se obtendrán más fondos económicos y mayor será la calidad de la investigación y sus posibilidades de desarrollo (BioFabricate & Fashion for Good, 2020).

El reto es crear materiales a partir de desechos de comida, recursos renovables, y no a partir de cultivos agrícolas. Por ejemplo, biomateriales de cáscaras de naranjas usadas por la industria juguera o de la cáscara de las uvas para el vino (Cecchini, 2017, S1599). La idea es hacer uso de cadenas de suministro cortas usando materiales locales.

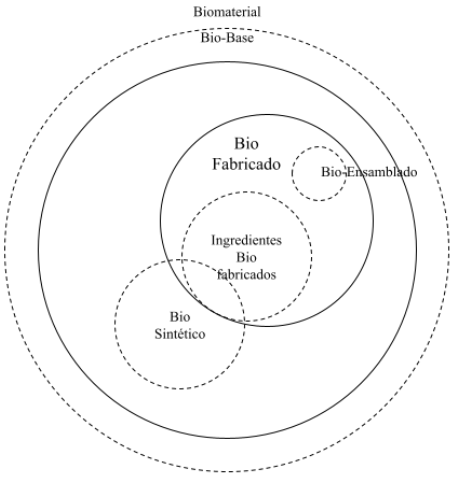
El proceso de crear un biomaterial puede iniciar directamente en el estudio de diseño o en el laboratorio, sin tener que pasar por el proceso tradicional de cultivar -por ejemplo- una planta de algodón que se ha de cortar, trasladar, producir en hilares, posiblemente ha de cruzar un océano para convertirse en un textil, y hasta entonces transformarse en una prenda; por el contrario, los biomateriales tienen la posibilidad de hacerles crecer directamente en un molde y extraerlos ya como la prenda misma o como el material listo para ser convertido en una prenda (Lee & TED Summit 2019, 2020), sin la necesidad, por un lado, de esperar a que todo el proceso tradicional se efectúe, y por el otro, reduciendo una huella de carbono al mínimo, ya que la materia prima de estos materiales por lo general son desechos orgánicos locales, microorganismos u hongos que crecen dentro del mismo proceso y no de cultivos agrícolas.

En el reporte del 2020, BioFabricate y Fashion for Good determinan la siguiente clasificación de los biomateriales, según su composición:

a) Bio-Base: son materiales que incluyen desde cueros convencionales y veganos, que contienen residuos de frutas o vegetales combinados con polímeros sintéticos, hasta un tela de algodón puro o, una mezcla de poliéster y algodón.
b) Bio-Fabricados: son materiales que solo incluyen bloques de construcción producidos microbianamente para polímeros tanto naturales como sintéticos; tales como la seda y el nailon.

c) Biosintéticos: son materiales que incluyen la producción de productos químicos para polímeros sintéticos, como precursores de nailon y poliéster, obtenidos mediante conversión catalítica de biomasa o biofabricados con uso de microbios vivos en procesos de fermentación.
d) Bioensamblados: son materiales que incluyen cueros cultivados por micelio, bacterias o células de mamíferos.

Diagrama 2 "Understanding 'Bio' Material Technologies"



Fuente: (BioFabricate & Fashion for Good, 2020).

Otra clasificación que le podemos dar a los biomateriales en el diseño, es si están generados a partir de cultivos de celulosa bacteriana o de celulosa vegetal. La gran diferencia radica en que la celulosa bacteriana genera como resultado final un gel y la celulosa bacterial genera fibras (De Santa Costa et al., 2017, 17). Gracias a esa diferencia física, los diseñadores los han desarrollado pensando en aplicaciones similares al plástico o al textil, denominándose bioplásticos o biotextiles.

a) Los bioplásticos son generados por medio de celulosa bacteriana, son una familia de materiales con diferentes aplicaciones según sus propiedades, que pueden ser de tipo bio-base, es decir, que son polímeros formados en su mayoría por materia biológica formada por la biomasa, conformada por celulosa o caña de azúcar; o biodegradables, es decir que los microbios los pueden descomponer por medio de un proceso químico y convertirlos en agua, dióxido de carbono o composta. También pueden presentar ambas propiedades en sí mismos. No todos los plásticos de bio-base son biodegradables y no todos los biodegradables son de bio-base. También es posible que los plásticos biodegradables pueden no biodegradarse en todos los ambientes (European Bioplastics, 2020).

   Los bioplásticos ofrecen propiedades de autodestrucción, autofijación y modelación cuando entran en contacto con líquidos. Para evitar la autodestrucción del material, Souzane Lee, fundadora del proyecto Biocouture, está desarrollando procesos en conjunto con la nanotecnología para lograr añadir moléculas hidrofugantes. La capacidad de modelación se utiliza para generar objetos o prendas por medio de un molde donde no se necesitan costuras o uniones de otro material, colocando el gel en este molde y esperando a que la gel deseche el agua y humedad, permitiéndole tener una forma con cierta rigidez según su espesor. Otra técnica es la inmersión del molde en medio de cultivos de microorganismos hasta que los microorganismos construyan la forma (De Santa Costa et al., 2017, 15) .

b) Los biotextiles son generados por medio de celulosa vegetal, un material formado por la microfibrilla celulósica, compuesto natural presente en la pared celular de plantas y vegetales que presenta características de insolubilidad en agua y una alto grado de cristalinidad (De Santa Costa et al., 2017, 16). El proceso es similar al proceso tradicional de extracción de hilo de algodón de su flor, con la diferencia de que los biotextiles se obtienen de los desechos de frutas o vegetales, teniendo un gran impacto en la reducción del uso del agua, donde para obtener 1 kilo de tela de algodón, se requieren 10,800 litros de agua (Cortéz et al., 2007, 5).

2.2.3. Parámetro 3: Diseño especulativo

El diseño es usualmente una disciplina que piensa en positivo, enfocada en hacer mejor las cosas, ya sea a través de la estética, la forma o la función; los diseñadores creen que el cambio existe, son visualizadores de un mundo mejor a través de valores e ideales. El proceso creativo es un proceso de imaginación positiva. No es que sea incapaz de ver la negatividad, sino al contrario, el diseñador utiliza la negatividad en los problemas como retos para solucionarlos, hacerlos notar, criticar o denunciar.

En la actualidad los diseñadores están jugando un rol interesante en la visión y diseño de cómo será el futuro, ya que nos encontramos en un momento de transición donde nos cuestionamos cómo podremos solucionar la vida en un mundo donde pareciera que es más fácil imaginarnos el fin del mundo que el fin del capitalismo (Fredric Jameson, citado por Raby y Dunne, 2).

Con los ojos puestos en este rol y en el compromiso de los diseñadores de brindar medios que ayuden a asimilar la visión necesaria de cómo será el mundo en el futuro, ya que como lo dice la escritora de ficción Charlie Jane Anders, antes teníamos una visión más clara de lo que sería el futuro, con carros voladores y viajes intergalácticos, pero visionamos este futuro a algo muy lejano que era casi una fantasía, y pareciera que hoy en día ese futuro es muy cercano, no estamos preparados para la manera tan rápida que ha evolucionado la tecnología ni sabemos cómo será el futuro de nuestras vidas en unos años, menos en unas décadas o en el siguiente siglo (Anders y TEDWomen, 2019).

En diseño, la rama llamada diseño especulativo está encargada de visualizar y analizar posibles futuros. El diseño especulativo, sin tratar de hacer predicciones, trata de manifestar posibilidades para prepararnos a retos inconvenientes y facilitar un futuro más deseable y posible *(Balgatas y Google Design, 2019),* por medio de experimentos, prototipos, objetos, dándoles vida a los aspectos del futuro, haciéndolos concretos y tangibles, con la idea de poder visualizar el impacto de esos futuros posibles. Se trata de generar herramientas que nos ayuden a conectar el presente con el futuro, para ser participantes activos del futuro que queremos, un futuro que funcione para todos (Jain y TED, 2017).

Citando a Raby & Dunne, en el libro de Speculate Everything, “el diseño especulativo es una forma de disidencia expresada a través de propuestas de diseño alternativas”. Su objetivo es ser inspirador, contagioso y catalítico, alejándose y retrocediendo para abordar los valores y la ética. Se esfuerza por superar el muro invisible que separa los sueños y la imaginación de la vida cotidiana, borrando las distinciones entre lo real "real" y lo real "irreal". El primero existe aquí y ahora, mientras que el segundo se encuentra detrás de pantallas de vidrio, dentro de las páginas de los libros y encerrado en la imaginación de las personas (Raby & Dunne, 2013, 160*)*.

El diseño especulativo es un viaje intelectual basado en desafiar y cambiar valores, ideas y creencias (Raby & Dunne, 2013, 35) al incorporar ideas, ideales y ética en propuestas especulativas; el diseño puede desempeñar un papel importante en la ampliación de nuestra concepción de lo que es posible (Raby y Dunne, 2013, 162).

Hasta ahora el ejercicio del diseño especulativo ha arrojado ideas para el futuro como un mundo simbiótico entre lo natural y tecnológico, adoptado como una realidad inevitable, gracias al análisis de las tecnologías presentes y en desarrollo, como lo son los avances en la inteligencia artificial, la realidad aumentada y los *wearables*, por mencionar algunos ejemplos.

El ejercicio de visionar futuros no trata solo de diseñarlos, sino primordialmente de cuestionarlos, para indagar las posibilidades de cómo sería el mundo, por ejemplo, si la inteligencia artificial llegara a alcanzar su objetivo, ¿qué pasaría en el momento de la singularidad? ¿dónde quedamos los humanos y toda la vida de este planeta? La idea es encontrar reacciones y posibles soluciones si el futuro visionado no es lo que queremos para este mundo y dar partida a la generación de políticas en cuanto al entorno de tecnologías; o, por el contrario, si se visualiza un futuro óptimo para para la humanidad donde nos fusionamos con la mente de la inteligencia artificial, se podrían encaminar la vida en esa dirección, asegurando la democratización de las tecnologías.

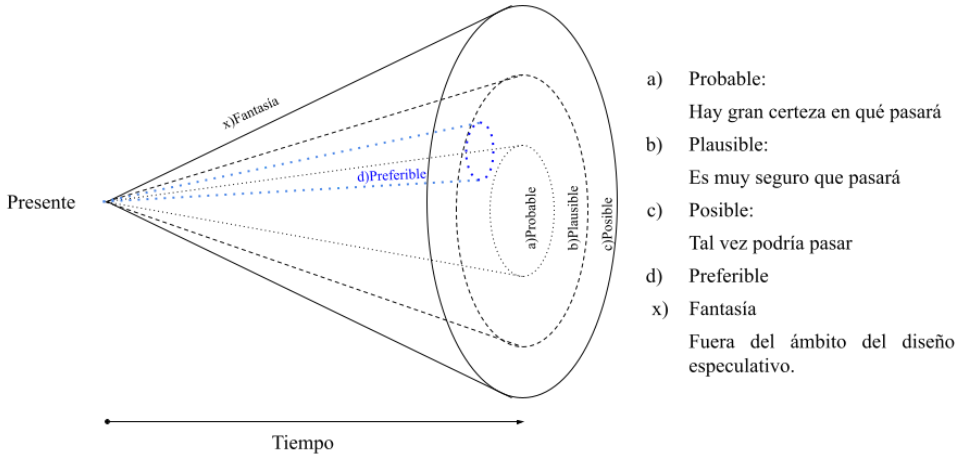
La idea es indagar en los futuros posibles para usarlos como herramientas para mejorar el entendimiento del presente y discutir el tipo de futuro que las personas querrían o rechazarían. El diseño especulativo plantea una escala en el tiempo donde en vez de tratar de acotarla, la amplía y se hace la pregunta ¿y si?, usando como mecanismo los problemas retorcidos[3] que por naturaleza son provocativos, simples y ficcionales, con el objetivo de promover el debate y la discusión para estimular a que la imaginación vuele, siendo la ficción un factor esencial para permitir que las personas dejen que su imaginación responda, en vez de usar datos de las cosas como ya lo son, permitiendo remover posibles limitaciones en las ideas que se pueden estar desarrollando.

El espacio de trabajo del diseño especulativo está entre la realidad y lo imposible y en redefinir como diseñadores nuestro rol, el nuevo contexto y los nuevos métodos. De acuerdo a Raby y Dunne, para encontrar inspiración es necesario mirar más allá de los procesos de creación del cine, la literatura, la ciencia, la ética, la política y el arte; los mundos ficticios, cuentos con moraleja, escenarios hipotéticos, experimentos mentales, contrafácticos, experimentos de reducción al absurdo, futuros prefigurativos, etc.; explorando, haciendo híbridos, tomando prestado y aprovechando las herramientas disponibles para crear no solo cosas, sino también las ideas (Raby y Dunne, 2013,3).

El cono de los futuros posibles es una herramienta guía usada por el diseño especulativo que permite abrir el espectro de escenarios al abrir el panorama del espacio tiempo. El primer cono, al centro, es el de lo posible, el área donde la mayoría de los diseñadores trabaja, el espacio tiempo donde hay gran certeza del qué pasará; después está el segundo cono de lo plausible, es decir, el espacio tiempo donde es muy seguro que pasará; y al final el cono del espacio de lo posible, de lo que tal vez podría pasar (Balgatas y Google Design, 2019); fuera del cono está el espacio de la fantasía, que el diseño especulativo deja fuera, considerándola fuera del alcance del diseño (Raby y Dunne, 2013, 4). En el ejercicio de plantear posibilidades, el diseño especulativo introduce una cuestión y la analiza dentro del escenario de lo probable, lo plausible y posible, buscando enfrentarnos a posibles futuros y situaciones donde se tengan que tomar decisiones en el presente, y así identificar los preferible. Sin establecer que se puede predecir el futuro, la idea es poner sobre la mesa las probabilidades e identificar los factores que puedan conducir a los futuros deseables.

[3] De acuerdo a Horst Rittel, los problemas retorcidos son problemas con muchos factores interdependientes que los hacen parecer imposibles de resolver, porque los factores son a menudo incompletos, cambiantes y difíciles de definir.

Diagrama 3 "Cono de los posibles futuros inspirado en el cono del futurólogo Stuart Candy, Raby y Dunne"



Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

A la par, otra herramienta que usa el diseño especulativo son los prototipos diegéticos para ayudar a dar una experiencia sobre las posibilidades de esa idea o cambio, estableciendo un panorama de reacciones, evaluando si es una posibilidad deseable, ayudando a la reflexión del futuro, provocando un debate interno o comunitario. De acuerdo a Roselló, diegético se refiere a la capacidad que tiene el objeto de participar y evocar una narrativa, en este caso de futuro (Roselló y Mejia, 2017). Es decir que, a diferencia de un prototipo, el prototipo diegético es parte de una narrativa, proveniente del griego diḗgēsis, es el desarrollo narrativo de los hechos en una obra literaria o cinematográfica (RAE, 2022), es parte de un contexto establecido donde se cuenta una historia de la que el prototipo es parte, no un prototipo de un objeto, sino un prototipo de un objeto que existe en un espacio tiempo determinado en el futuro, donde ese futuro tiene ciertas características particulares (Levine, 2016).

Un ejemplo, es el trabajo de la arquitecta, científica, ingeniera e inventora Neri Oxman, quien ha fundado el Mediated Matter Group en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) que trata de desarrollar el tema de la ecología material, fusionando la tecnología con la biología para alinear al diseño con los principios de ecología sustentable, preguntándose cómo sería la vida en un contexto de la naturaleza simbiótica.

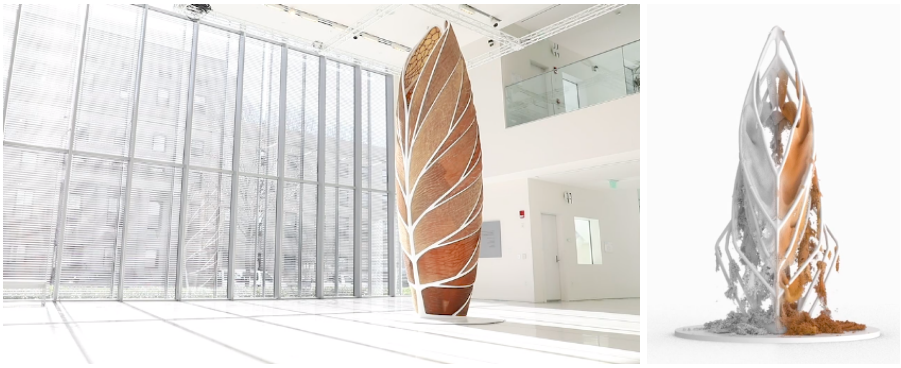
Oxman dice que un rascacielos aún no es un árbol, pero ¿qué pasaría si reemplazamos la unidad de construcción, por la unidad de crecimiento? Hemos visualizado y diseñado el espacio en las dimensiones estáticas en las que hemos sido instruidos, xyz, siendo que la naturaleza ofrece contextos que son mucho más complejos y dinámicos, ya que incluye dimensiones ambientales como temperatura, luz, humedad, epidemiológicas asociadas a la inmunidad biológica. ¿Será que podríamos emular la tecnología análoga de la naturaleza para hablar el mismo lenguaje de la naturaleza? ¿Será que podríamos ir más allá de la visión de que la naturaleza es una entidad infinita y trascender el edificio como el núcleo de la arquitectura? Cuando se invita a la visión científica en la innovación tecnológica, para la fusión de átomos con bits y bits con genes, es cuando la acción de construir permitirá nuevas formas de interacción de los humanos y su entorno. Y será hasta ese entonces que podremos crecer y evolucionar como iguales (Oxman & The Mediated Matter Group, 2020).

Por medio de la búsqueda de desarrollo de tecnología y la visión del diseño especulativo, el Mediated Matter Group está buscando diseñar estrategias que ponen en el centro a la naturaleza bajo los siguientes principios:

a) Tecnología por encima de la tipología: la tecnología tiene el poder de mejorar o completamente innovar una nueva tipología capaz de adaptarse a las nuevas visiones.
b) Deterioro sobre eliminación: el deterioro se diseña orientando biomateriales a la biodegradación programable para reincorporarse a un ecosistema e impulsar un nuevo crecimiento.
c) Multiespecies sobre monoespecies: preservando y potencializando la vida por medio de un balance entre naturaleza y tecnología.
d) Heterogeneidad sobre homogeneidad: materiales que puedan regenerar o restaurar la biodiversidad
e) Sistemas sobre objetos: los edificios no como un objeto, sino como un sistema colaborativo vinculado a su entorno natural.

El proyecto Aguahoja está conformado por la impresión 3D de prototipos diegéticos de sistemas a forma de objetos que plantean una alternativa al uso del plástico, usando biopolímeros renovables y biocompatibles con propiedades mecánicas, ópticas, olfativas y gustativas; que además tienen la característica de ser programables para descomponerse y regresar a la tierra a contribuir al crecimiento de otro sistema u objeto. La misión de este proyecto es plantear la posibilidad de, a través de diseños de sistemas que incentiven la protección y el fortalecimiento de los ecosistemas, brindar a los humanos una nueva frontera de diseño y producción en armonía con su entorno natural.

Imagen 7 “ Proyecto Aguahoja en el pabellón
Imagen 8 Modelo tridimensional del proyecto Aguahoja demostrando biodegradación programable”



Fuente: (Imágenes obtenidas del video por Oxman & The Mediated Matter Group, 2020).

Otro ejemplo es el trabajo e investigación del arquitecto Philip Beeslys a través del grupo multidisciplinario Living Architecture Systems (LAS), el cual se centra en el desarrollo de tecnologías innovadoras, nueva estética como forma de crítica y en métodos de trabajo de diseño integrador, ayudando a dar herramientas a una nueva generación de diseñadores con habilidades y perspectiva de crítica para trabajar en entornos complejos.

El LAS plantea la posibilidad de transformar las estructuras físicas que soportan los edificios y los sistemas técnicos que los controlan por medio de la construcción de prototipos diegéticos, buscando explorar los sistemas de biología sintética autorrenovable y cómo se podrían integrar en las nuevas generaciones de edificios. A partir de estudios de la morfología de la naturaleza, plantean sistemas de arquitecturas adaptativas, auto-regenerativas, emulando ecosistemas de organismos que se auto-regulan a través de materiales inteligentes biogenerados. Se ha

especializado en estructuras avanzadas, mecanismos, sistemas de control, aprendizaje automático, interacción hombre-máquina, biología sintética y pruebas psicológicas (LAS, n.d.).

En su proceso especulativo se preguntan: ¿Puede la arquitectura integrar las funciones de la vida?, ¿podrían los edificios del futuro pensar y preocuparse? Para dar respuesta han desarrollado una serie de proyectos especulativos envisionando continuar las interrogativas y plantear posibles alternativas de solución, estableciendo como base cómo la arquitectura semiviva puede integrar comportamientos basados en máquinas e intercambios químicos, y a la vez investigando las respuestas cognitivas, fisiológicas y emocionales de los ocupantes (LAS, n.d.).

El proyecto Transforming Space para el Museo Real de Ontario (ROM), en colaboración con el profesor Rob Gorbet y la profesora Dana Kulić de la Universidad de Waterloo, se compone de dos piezas de arte, Aegis y Noosphere, que plantean a nivel conceptual la combinación biología sintética, inteligencia artificial, mecánica, sonido, luz y sistemas de filtrado.

Aegis, el laboratorio viviente, pieza conceptual nombrada a partir del mito griego de la existencia de un velo que protege y alberga toda la vida, está compuesto por una matriz de hojas y ramificaciones receptivas que cubren una malla estructural flexible con inteligencia artificial. A medida que las hojas agitan el aire por medios electrónicos, se activan microprocesadores y sensores organizados capaces de aprender y mostrar curiosidad. La inteligencia artificial del prototipo está programada con un algoritmo basado en la curiosidad, que hace que el sistema busque y encuentre constantemente nuevos patrones de comportamiento (LAS y Beesley, n.d.).

La segunda pieza conceptual, el Noosphere, está planteada sobre la idea de que dentro de su composición contiene células prototipo que muestran propiedades similares a las de la vida. Las combinaciones de aceite, productos químicos inorgánicos y soluciones a base de agua estimuladas por luces crean capas químicas dentro de estas células, que podrían conducir a nuevos tipos de capas autorrenovables para futuros edificios. La malla estructural de la escultura utiliza hebras superpuestas dentro de células cónicas en forma de tallo que poseen una fuerza extraordinaria, utilizando cantidades mínimas de material (LAS y Beesley, n.d.).

Imagen 9 y 10 “Transforming Space: Aegis And Noosphere”

Fuente: (Imágenes obtenidas de la web de LAS, Toronto, 2018).

Así como ellos, existen -aunque en pequeña escala- visionarios de la especulación dentro del ámbito de las universidades, industrias, organizaciones de financiamiento y mercados, en el *underground* o en estudios individuales, que desarrollan ideas intentando imaginar un mundo mejor para todos.

El diseño especulativo tiene las posibilidades de estimular la creatividad e imaginación no solo de quien lo genera, sino también de quien lo experimenta, dando alternativas a los desafíos a los que nos enfrentamos como sociedad y como diseñadores, demarcando un contexto para poder proponer y sugerir posibilidades cargadas de imaginación, improbabilidades y provocación, estimulando el cuestionamiento a manera reflexiva, destacando los dilemas y las ventajas y desventajas de las decisiones que tomamos como humanidad. En última instancia, es un catalizador para los sueños sociales (Raby y Dunne, 2013, 189).

2.3. Bases pedagógicas para el diseño de las estrategias

Bajo la guía de los parámetros de diseño de las estrategias, se estudia la pedagogía del diseño, con la finalidad de alinear la postura de enseñanza con didácticas que permitan estimular el aprendizaje, como lo es el aprendizaje en base a proyectos y los procesos cognitivos.

2.3.1. El aprendizaje en base a proyectos (pedagogía dentro del laboratorio experimental y experiencial)

El aprendizaje en base a proyectos comprende un formato de laboratorio conformado por el aprendizaje activo y experiencial, el cual involucra a los participantes al aprender haciendo. Según Bento (*et al*.), las actividades que requieren una participación activa fomentan el aprendizaje de una manera profunda, permitiendo a los estudiantes el aplicar y demostrar su conocimiento y competencias en nuevas situaciones (Bento *et al*., 2004, 142).

La forma del aprendizaje activo demarca al estudiante como el monitor y asesor activo de su propio proceso mental; el aprendizaje experiencial brinda al instructor el rol de estimular el proceso mental del estudiante; es decir, el aprendizaje experiencial es el aprendizaje en base a la experiencia y el instructor define estrategias y actividades que estimulan al estudiante a indagar por sí mismo. Con esta visión del aprendizaje, sumado a un método instructivo, se espera que el estudiante adquiera conocimiento y capacidades, sin que se le presenten directamente, pero como una consecuencia de la experiencia (Bento *et al.*, 2004, 142).

Así mismo Bento (*et al.*), nos indica que para aprender algo nuevo se requiere práctica y movimiento por medio del descubrimiento en distintos contextos y con diferentes combinaciones; esto suele ser posible dentro del formato laboratorio, ya que se incorporan todas las áreas en un sistema complejo de experiencias, con el objetivo de integrar los sistemas de conocimiento y formas de ejecución. Asimismo, permite la experimentación con ideas nuevas y la exploración de otras posibilidades, apoyando la construcción del conocimiento, partiendo de lo conocido a lo por conocer, acercándose al aprendizaje significativo, donde el estudiante construye nuevos conocimientos a partir aquéllos que ha adquirido anteriormente, y así facilita la introspección generada por medio de un proceso metacognitivo (Bento *et al*., 2004, 139)

Dentro del aula, las actividades que estimulan el aprendizaje significativo tienen su centro en el desarrollo de actividades metacognitivas. Éstas identifican que el aprendizaje es un proceso activo y el resultado de lo aprendido depende de cómo es transferido el conocimiento y cómo el estudiante lo procesa. (Gutiérrez, 2005, 1).

El enfoque cognitivo y metacognitivo del proceso del aprendizaje nos indica que los procesos cognitivos son la capacidad interna de procesar información. Este procesamiento de información está influenciado por las experiencias, expectativas y valores de cada ser humano. Estos procesos se categorizan en dos distintos niveles:

los de nivel superior y los de inferior, siendo este último la base en donde se apoya otro proceso cognitivo (Manrique, 2020, 164 y 170-171).

Según la versión modificada de la taxonomía de Bloom, realizada por Forehand de la Universidad de Georgia, existen dos dimensiones en los procesos cognitivos que se contraponen para complementarse; la dimensión del conocimiento y la dimensión del proceso para adquirir este conocimiento. La primera está compuesta por cuatro niveles: los hechos, el concepto, los procesos y las metacogniciones. La segunda consiste en seis niveles: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear (Forehand, 2005, 3).

Las dimensiones del conocimiento y cómo se adquiere, se desarrollan por medio de acciones en forma de actividades o acciones para encaminar la obtención de resultados del aprendizaje; estas definen el nivel de proceso al que se refiere (Forehand, 2005, 9).

a) Recordar: recuperar, reconocer y recordar conocimiento relevante desde la memoria de largo plazo.
b) Comprender: construir significado desde la interpretación de lo verbal, visual y escrito, ejemplificando, clasificando, resumiendo, infiriendo, comparando y explicando.
c) Aplicar: llevar a cabo un procedimiento a través de la ejecución o implementación.
d) Analizar: diseminar material desde sus partes constituyentes, determinando cómo las partes se relacionan entre sí dentro de un mismo sistema, a través de la diferenciación, organización y atribución.
e) Evaluar: Realizar juicios basados en criterios y estándares a través de la crítica y la comprobación.
f) Crear: Reunir los elementos para formar un todo coherente, reorganizando los elementos en una nueva estructura por medio de la planificación, generación y producción.

Desde el ámbito teórico-empírico y experiencial de un proceso multidisciplinario, estas acciones rigen la dirección para estimular los procesos cognitivos, en este caso de los estudiantes de diseño, por lo que se añade a continuación una serie de acciones estratégicas basadas en la taxonomía de Bloom y su modificación, apoyándose en órdenes de inferior e superior:

2.3.2. El aprendizaje en base a los procesos cognitivos

Desde el ámbito teórico-empírico y experiencial de un proceso multidisciplinario, estas acciones rigen la dirección para estimular los procesos cognitivos, en este caso de los estudiantes de diseño, por lo que se añade a continuación una serie de acciones estratégicas basadas en la taxonomía de Bloom y su modificación, apoyándose en órdenes de inferior e superior:

2.3.2.1. El proceso cognitivo de recordar

Siendo que el proceso cognitivo de orden inferior de recordar se compone de acciones de recuperar, reconocer y recordar conocimiento relevante desde la memoria de largo plazo (Forehand, 2005, 9), es la memoria el agente activo en esta acción. La memoria es un proceso psicológico que efectúa la acción de almacenar información y recuperarla cuando se estimula a la mente para que lo haga. El enfoque está en definir estrategias para la obtención de información para que el estudiante recupere lo aprendido y sea capaz de usar esa información como su *wet-ware* (Bento *et al*., 2004, xii) para tomar decisiones y desarrollar ideas.

De los procesos de la memoria se desglosan actividades estimulantes del proceso de cognición de recordar. Estos procesos son (Lupón et al., 2012, 22):

a) Codificar: se refiere a un proceso interno individual en el cual según nuestro contexto vamos desglosando consciente o inconscientemente la información y generando relaciones para comprenderlo.
b) Almacenar: la información codificada se retiene por cierto tiempo, ya sea en la memoria a corto o largo plazo.
c) Recuperar; es el proceso que se efectúa cuando la mente es estimulada y recupera la información almacenada.

La acción dentro del aprendizaje activo es guiar al estudiante a determinar la información concreta y dirigida para establecer su camino de lo conocido a lo por conocer. Como primer intento de indagación, activando los procesos cognitivos y metacognitivos, se incentiva la motivación para que lo por conocer se transfiera a ser lo conocido. Para facilitar este proceso dentro del formato laboratorio, se permite que el estudiante elija sus propios procesos para recordar, siendo el objetivo principal de la acción -en este caso- el determinar la relevancia de localizar, reconocer y utilizar información adecuada para la investigación, por medio de la revisión bibliográfica.

Una forma práctica que Roa y Díaz comparten en la publicación del diseño de un sistema de actividades para el aprendizaje de referencias bibliográficas (Roa-Contreras y Díaz-Bravo, 2021, 280-281), plantea que apoyar al estudiante en la selección de la bibliografía es crucial para encauzar su búsqueda y comunicar con anterioridad el objetivo de la investigación bibliográfica es crucial, ya que siendo la concretización previa, les servirá de guía para que los mismos estudiantes puedan establecer su ruta a seguir en el vasto mundo de la información, tanto como en medios impresos como en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

Proponen plantear preguntas de investigación, tareas específicas con rúbricas concretas donde se evalúan ciertos parámetros que determinan el nivel de profundización de la investigación, así como la tipología de información, apoyándose con comunicación persuasiva y ejemplos para motivarlos a investigar. El desarrollo de actividades con competencias específicas determinará el éxito del uso de este recurso.

Por otro lado, en el mundo de las TIC, un concepto interesante es el conectivismo, término que ha cobrado relevancia en los últimos años debido a la relación que tienen las personas con los medios digitales, que suelen ser la primera entrada al mundo de la información. Actualmente los estudiantes son nativos digitales que tienen acceso a un mundo amplio de información al alcance de un clic en su mano por medio del teléfono celular o en sus computadoras conectadas al internet. El conectivismo, según Brazuelo y Gallego, citados por Mendoza, está constituido por conocimientos útiles en distintos contextos y pueden estar almacenados en dispositivos; plantea que el conocimiento puede residir fuera del cuerpo humano en formas artificiales de almacenamiento, siendo el teléfono celular conectado a internet un aliado del conocimiento, con información que se está actualizando constantemente (Mendoza, 2004, 15).

Retomando la idea de Neri Oxman con el ciclo de la creatividad de Krebs, el conocimiento se puede ver alimentado con este conectivismo ya puede permitir el desarrollar el conocimiento colaborativo (Oxman, 2016), basado en su hiperconectividad social que facilita los enlaces entre personas, instituciones, disciplinas e información, siendo un hiperenlace activo que permite el intercambio de información y el debate de ideas.

El uso del teléfono celular dentro del aula se le determina como *Mobile Learning*, donde su uso puede fungir no solo como herramienta, sino como medio de aprendizaje.Mendoza afirma que el uso del celular:

a) Fomenta la creatividad, la personalización, la flexibilidad de los contenidos y la interacción social.

b) Permite y potencia el aprendizaje colaborativo y significativo, centrado en el alumno en cualquier momento y lugar, mejorando la interacción didáctica de forma sincrónica y asincrónica.
c) Facilita el acceso a los multimedia relacionados con el aprendizaje.
d) Permite la comunicación entre el alumnado y la institución.

Y según Figueroa, usando el teléfono celular como medio para el proceso de enseñanza-aprendizaje, citando a Ferrari, determina que este proceso de la búsqueda de información está constituido por tres competencias (Figueroa, 2016):

a) Navegación, búsqueda y filtro de información.
b) Evaluación de la información (reunir, procesar y evaluar).
c) Almacenamiento y recuperación de información

Un ejemplo del uso del celular son las aplicaciones móviles que complementan el aprendizaje de un idioma, mientras una personas está en una clase de una lengua extranjera, al momento que está escuchando la clase y realizando las actividades puede ir consultado el significado de palabras y términos que aún no conoce, sin necesidad de interrumpir al profesor con la duda del significado de la palabra, o más bien tal vez interrumpiéndolo diciendo una frase con la aplicación de esa palabra, permitiendo que los demás compañeros sean partícipes, detonando un proceso activo de comprensión y aprendizaje.

En el caso de consultas de catálogos de bibliotecas y con expertos el camino es similar, ya que está apoyado en la información previa que se ha encontrado en línea, ayudando que se perfile mejor la búsqueda; es aquí cuando es posible establecer en conjunto el profesor y el estudiante, objetivos más específicos de la búsqueda, así como fuentes de primera y segunda mano.

En conclusión, para estimular el proceso cognitivo de recordar se hace uso de distintos medios de obtención de información, apoyados por el estímulo de la tecnología como medio para facilitar la recuperación de dicha información, ya sea a través de la memoria o por medios tecnológicos.

2.3.2.2. El proceso cognitivo de analizar, evaluar y crear.

Tomando como punto de partida que la percepción es el proceso de extracción activa de información de los estímulos, y elaboración y organización de representaciones para la dotación de significado (Lupón *et al*., 2012, 4); como acción para comprender y analizar, se identifica que estimular la percepción es un mecanismo básico para desarrollar cualquier proceso creativo, tomando en cuenta que ésta es un fundamento de entrada de información al cerebro (Rendón, 2009, 130).

Como estrategia de sensibilización se identifica que el tener contacto directo con el objeto de análisis facilita la estimulación de la percepción de los estudiantes, constituyéndose en un mecanismo básico para desarrollar cualquier proceso creativo (Rendón, 2009, 130), así como lo es utilizar herramientas transdisciplinarias que permiten el cambio del foco de la percepción, permitiéndoles explorAr otras áreas y salir de su contexto habitual, provocando el asombro y la curiosidad.

Juhani Pallasmaa establece que la mano realiza su percepción conectada de una manera intrínseca al pensamiento, haciendo referencia a Heidegger, quien determina que la acción de pensar está directamente

vinculada a la mano: *¨La esencia de la mano nunca puede determinarse o explicarse por el hecho de ser un órgano que puede agarrar (...). Cada movimiento de la mano en cada uno de sus trabajos lleva consigo el elemento del pensamiento, cada parte se soporta dentro de este elemento¨* (Pallasmaa, 2012, 13-14).

La mano al percibir está intrínsecamente vinculada al pensamiento, dentro del proceso cognitivo la acción de la mano y el pensamiento pierden su independencia y se convierten en un sistema singular *(Pallasmaa, 2012, 90).* Es así como al ir percibiendo el mundo, haciendo conexiones neuronales donde lo transmitido por los sentidos es computado como conocimiento, en el área académica el uso de medios análogos de análisis y creación permite al estudiante generar percepciones intrínsecas entre lo que ven, tocan, escuchan, moldean, dentro de un flujo mental y material.

Alejándonos de los ejercicios hápticos, es decir, ejercicios de percepciones a través del tacto aplicados en el marco de la educación infantil, el proceso de vincular el conocimiento por medio de las manos en la educación superior en las áreas de diseño tiene un efecto de acercamiento con lo analizado y logra que los estudiantes piensen y a su vez analicen con las manos, como lo puede ser el *analytical sketching* (bocetaje analítico) y la fabricación de prototipos (análogos) de estudio, permitido la abstracción de formas tridimensionales para testear el proceso mental de la percepción en la materialidad.

El dibujar es un ejercicio de internalización donde se computa el mundo percibido y la imaginación; al dibujar se toca la forma y la materialidad del objeto existente o imaginado y de manera inconsciente se internaliza la información observada-dibujada. Es una herramienta cargada del *affordance* de lo visual, siendo una de las herramientas más vinculadas al mundo del diseño. Los diseñadores al ser entes visuales son capaces de comprender el mundo por medio de lo visual y, de la misma manera, son capaces de sintetizar y traducir conocimiento por medio del dibujo.

En el ámbito de la arquitectura frecuentemente se recurre al recurso del *analytical sketching* como herramienta háptica para comprender la composición arquitectónica, identificando sus elementos espaciales, concepto, técnicas constructivas, etc, llevando a la compresión del proceso del pensamiento de dicho arquitecto. El proceso permite el análisis reflexivo alimentando el proceso de adquisición del conocimiento. Este recurso estimula nuevos procesos de diseño, al no estar analizando con palabras, sino con dibujos, al final se obtienen piezas de doble uso, unas de análisis y otras como el inicio de un posible proceso creativo (Sollgruber, 2021, 4).

En el proceso del *analytical sketching*, se toma al dibujo como si fuera el proceso de leer bibliografía, es la fuente de la información, donde de manera reflexiva se va interpretando la percepción en una hoja de papel. Se puede recurrir a los dibujos realizados como si fueran notas tomadas al hacer una lectura, ya que al ser análitico contiene la información relevante e informativa de lo que se ve.

Una vez que se dibuja algo por medio de la observación, el cerebro lo capta como información acumulada y es capaz de repetirlo con la precisión del detalle al que se haya dibujado, es decir, percibido. Lo relevante en este caso es que esta información no solo se reproduce, sino que también se procesa, se comprende, generando abstracciones e interpretaciones de lo percibido y propiciando una fuente de generación de una nueva imaginería donde el proceso mental de la creación se pone en movimiento.

Sumando a esto, Hartmann dice que según la teoría de la cognición incorporada, el pensamiento realizado por la mente y la acción realizada a través del cuerpo están profundamente integrados y en conjunto producen aprendizaje y razonamiento. Desde este punto de vista, pensar a través de hacer permite obtener ideas a un nivel

de lo tangible, por lo que la construcción de artefactos concretos, como lo es la creación de prototipos, puede ser una estrategia cognitiva importante para razonar con éxito sobre una problemática de diseño (Hartmann, 2009, 17).

Asimismo, Hartmann argumenta que construir prototipos trae consigo beneficios cognitivos, ya que el prototipo es un elemento tangible que funge como un anclaje material, permitiendo la acción de estabilizar el conocimiento conceptual, estimulando la práctica reflexiva. Es decir, acciona los mecanismos de encuadre y evaluación, y es a su vez un mecanismo de aprendizaje que refuerza la intuición del diseñador (Hartmann, 2009, 19).

Podemos concluir que la biomimética en el área de diseño a nivel de educación superior está en un momento emergente, donde no existen aún grandes referentes; sin embargo, existen diversas iniciativas y estudios con validez suficiente para estimular y permitir alimentar esta dinámica. La mayoría de las iniciativas académicas enfocan sus estrategias en generar herramientas de transferencia de tecnología análoga, implementación y testeo en un contexto (Fayemi et al., 2017, 7). Por ello, esta tesis se concentra en testear estrategias que estimulen el proceso creativo por medio de la multidisciplina, interdisciplina, enfoque biocéntrico y el diseño especulativo, en un formato de aprendizaje en base a proyectos.

Capítulo 3

Metodología

En este capítulo se describe la metodología utilizada en esta investigación, el universo de estudio, los sistemas y proceso de recopilación, reflexión y análisis de resultados, así como las estrategias de credibilidad para la validación de los resultados.

3.1. Metodología

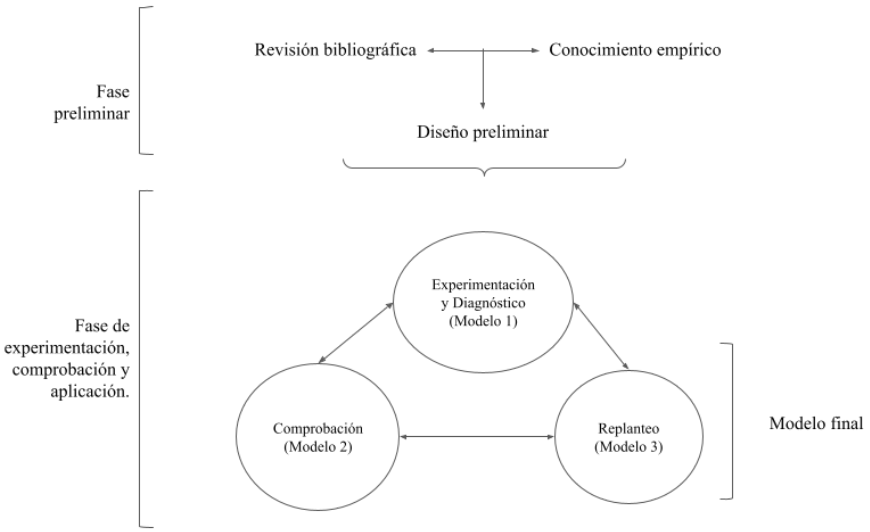
Esta investigación se desarrolla con la metodología de investigación-acción, donde existe un proceso de revisión y replanteo en cada una de sus fases, en todo momento. En ella se indaga en el proceso del diseño biomimético en un marco referencial de casos de estudio aplicados dentro del ámbito académico.

Consta de las siguientes fases (anexo 1):

1) Fase preliminar: donde por medio de la investigación bibliográfica y del conocimiento empírico como profesora, se diseñan y definen las bases para el desarrollo de las estrategias pedagógicas para el primer modelo.
2) Fase de experimentación, comprobación y replanteo:
    a) Experimentación y diagnóstico (implementación del Modelo 1): Los primeros dos períodos académicos comprendidos del otoño 2017 a otoño 2019 fungieron como la fase de experimentación para la implementación de las estrategias pedagógicas, de donde se obtienen resultados y se genera un replanteamiento, para posteriormente implementarse en los siguientes períodos.
    b) Comprobación y aplicación (implementación del Modelo 2): Durante los períodos académicos comprendidos entre PR20, OT20 y PR21 se implementa la reestructuración del modelo de las estrategias y se obtienen resultados conclusivos de la fortaleza y debilidades de las estrategias.
    c) Replanteo (implementación del Modelo 3): comprendida durante los períodos académicos VR22 y OT22, la cual funge como la fase para dar pie a la definición del Modelo final.
3) Fase de definición, Modelo final: Se plantea el Modelo final de las estrategias para términos de esta tesis doctoral; sin embargo, al ser una investigación activa, se establece que puede seguirse adaptando a su tiempo y según el avance de la tecnología.

Durante este período se cuenta con un total de 35 casos de estudio, con 119 estudiantes. 14 de estos casos pertenecen a la fase de experimentación y diagnóstico, 13 a la fase de comprobación y aplicación, y 8 a la fase de replanteo (anexo 2).

Diagrama 4 "Fases de la tesis"



Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

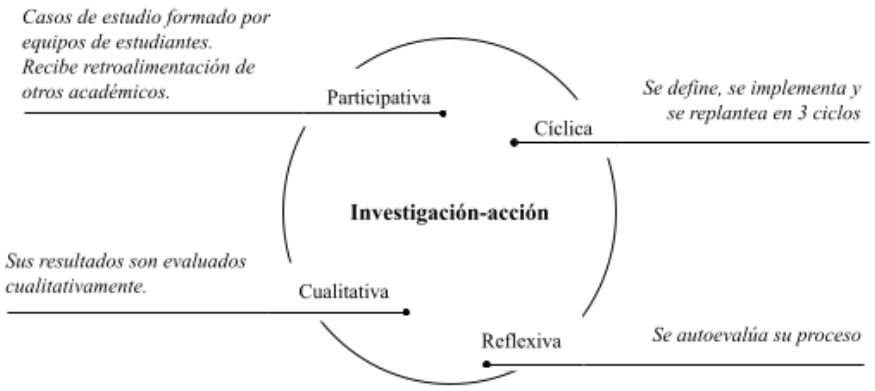
Los alcances de esta investigación son de carácter académico, pretendiendo fortalecer los procesos creativos de los estudiantes, donde el proceso es el protagonista, e impactando los resultados proyectuales de los mismos estudiantes, guiándolos en el proceso para profundizar en el análisis y su relación con las posibilidades de innovación.

3.1.1. Investigación-acción educativa

La presente investigación se realiza bajo un modelo metodológico de investigación-acción que de acuerdo a Latorre (Latorre, 2003, 23), comprende la identificación de estrategias de acción que son implementadas, observadas, reflexionadas y transformadas. Este tipo de investigación es considerada como un instrumento que genera cambio y conocimiento sobre la realidad —en este caso educativa— y que proporciona autonomía, así como poder a quienes la realizan.

El motivo por el que se ha elegido esta metodología es porque la investigación-acción en el ámbito educativo, según Elliot, citado por Latorre (Latorre, 2003, 23), se centra en el descubrimiento y resolución de los problemas con los que se enfrenta el profesorado para llevar a la práctica sus valores educativos y supone una reflexión simultánea sobre los medios y fines.

Diagrama 5 "Características significativas de la investigación-acción de Pring"



Fuente: (Latorre, 2003, 28)

Considerando las características significativas de la investigación-acción de acuerdo a Pring citado por Latorre (Latorre, 2003, 28), esta tesis se realiza dentro de un ciclo de diseño y replanteo, donde se ponen a prueba las reflexiones en un marco participativo, recopilando y evaluando información cualitativa. La investigación centra su enfoque en el análisis de casos de estudio a lo largo de varios ciclos escolares, permitiendo realizar observaciones y replanteamientos en distintas fases.

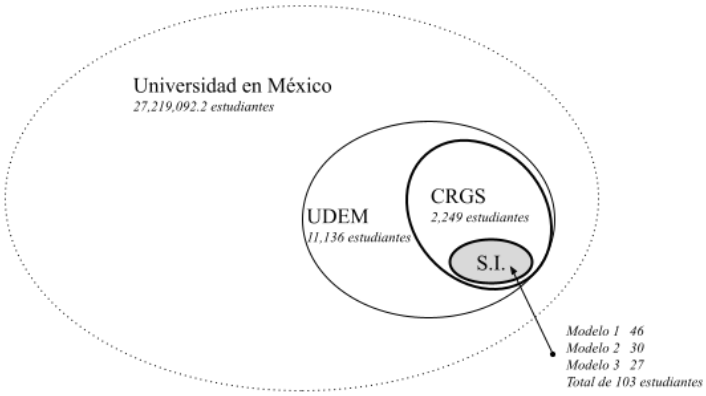
3.1.2. Universo de estudio

Se toma como universo general de la investigación a la universidad, considerándola como una organización creadora y transmisora de conocimiento en el campo del pensamiento crítico y complejo. Siendo los actores principales de esta

investigación aquellos de la universidad: los profesores, académicos, estudiantes de las disciplinas de diseño e industrias relacionadas a los procesos creativos y de innovación.

El universo específico de la investigación es el ámbito de las licenciaturas de las escuelas de Arte, Diseño, Arquitectura y ciencias del Hábitat de la Universidad de Monterrey (UDEM), durante los períodos académicos comprendidos del año 2017 al 2022, dentro del ámbito del curso de Soluciones Interdisciplinarias (S.I.), dirigido a los estudios de Diseño Industrial (LDI), Diseño de Interiores (LINT), Diseño de Moda (LDM), Diseño Gráfico (LDG), Artes (LA), Arquitectura (ARQ) e Ingeniería en Innovación Sustentable y Energía (IISE); sin estar limitado a estas disciplinas ni a esta universidad para aplicaciones futuras.

Diagrama 6 "Ámbito de la investigación"



Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

La muestra se compone de 103 estudiantes (Modelo no.1, 46 estudiantes, Modelo no.2, 30 estudiantes y Modelo no.3, 27 estudiantes) representando el 4,62 % de la población objetivo de 2. 249 estudiantes del Centro Roberto Garza Sada (CRGS) del área de profesional de la Universidad de Monterrey (G.Verástegui, 22 de diciembre del 2022), que a su vez representan el 0,04 % de la población total que estudia en México, siendo 27. 219. 029 estudiantes (INEGI, 2021).

Asimismo, esta tesis se centra en el espacio teórico e implementado dentro de la academia, donde el desarrollo y la impartición del currículum académico se determina y se desenvuelve, tomando en cuenta más de diez años de experiencia en el área académica y de desarrollo de contenidos de la autora de esta tesis.

3.1.3. Sistema de recopilación y análisis de resultados

Al ser esta una investigación cualitativa, se han elegido métodos de recopilación de datos sobre lo que está ocurriendo que permiten evidenciar el porqué de las transformaciones reflejadas en el replanteo.

Los sistemas de recopilación y análisis de datos están determinados según quien los analizará y qué es lo que se estará analizando. Para esta tesis se han clasificado en dos tipologías de resultados, una relacionada a las estrategias pedagógicas y la otra a los resultados proyectuales (reflejados en los capítulos 4 y 5 de esta tesis). Para ello se utilizan una serie de mecanismos e instrumentos de recopilación de la información y el análisis de resultados.

Métodos de recopilación de datos y resultados:

a) Cuestionarios: diseñados para que los estudiantes participantes de la investigación, de forma anónima, reflejen su perspectiva en relación a experiencia y aprendizaje, permitiendo conocer y contrastar perspectivas (anexo 3.1, 3.2 y 3.3).
b) Encuesta: diseñada para que externos especialistas brinden información cualitativa sobre aspectos específicos de los resultados proyectuales y del proceso de implementación de las estrategias pedagógicas (anexo 4).
c) Registros abiertos de observaciones sistemáticas: realizadas por la autora de la tesis, con la finalidad de tener un historial descriptivo-anecdótico de las acciones y reacciones de implementación. La observación se realiza por medio de la observación participante, combinando las técnicas de observación y participación directa (anexo 8)..
d) Síntesis de casos de estudio: se realizan formatos de síntesis que recopilan la información esencial de los resultados proyectuales, permitiendo el ser evaluados bajo los mismos criterios.

Esta información posteriormente se integra en escalas de medida de acuerdo con los criterios de los parámetros de diseño de las estrategias pedagógicas, intentando identificar los incidentes críticos, evaluar y definir las acciones del replanteo.

3.1.4. Proceso de recopilación y reflexión

El análisis y diseño de esta investigación se realiza por medio de un proceso cíclico, donde cada fase de la tesis comprende el diseño, implementación y replanteo para formular el modelo siguiente. Cada modelo se pone a prueba dentro del aula, por varios períodos académicos, donde se realizan observaciones del entendimiento e impacto de las estrategias pedagógicas y se evalúan los resultados proyectuales realizados por los estudiantes.

El rediseño de cada modelo contiene información del previo, no se hacen rediseños totales, sino que se hacen modificaciones de mejora sobre el planteamiento base, como se ve reflejado en el diagrama del proceso de investigación acción de esta tesis.

Para el desglose y entendimiento del diagrama 7 del proceso de investigación acción de esta tesis, se presenta a continuación la descripción de cada una de sus partes:

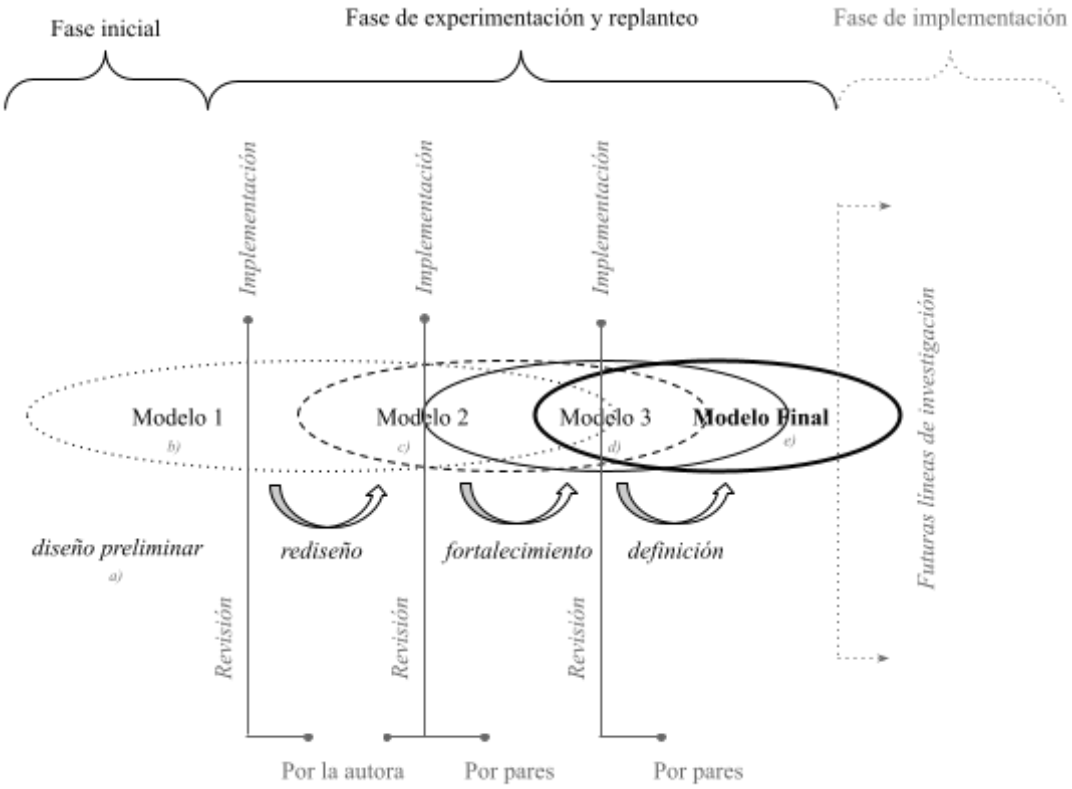
a) Para sentar las bases del Modelo 1, previamente se establece un diseño preliminar en una base teórica-empírica.

b) El Modelo 1 se analiza y valora por sus dos componentes, 1) las estrategias pedagógicas y 2) los resultados proyectuales. Para la evaluación de las estrategias pedagógicas se utiliza el recurso de anotaciones de observación realizadas por la autora de la tesis (anexo 8), y una encuesta de datos cualitativos en torno a la percepción del grupo de estudiantes que ha participado (anexo 3.1).

   Para la evaluación de los resultados proyectuales a manera general, se recurre al mecanismo de la evaluación de expertos por medio de un cuestionario (anexo 4), analizando la percepción de los resultados proyectuales expuestos por los mismos integrantes de los equipos de manera remota o presencial. La autora de esta tesis evalúa también los resultados proyectuales de manera específica y determina el cumplimiento de los objetivos de las estrategias pedagógicas.

Como paso siguiente, se realiza la recolección de datos e introspecciones (capítulo 4), se analizan y se fijan las bases para el rediseño, el cual se ve reflejado en el Modelo 2.

Diagrama 7 "Proceso de investigación-acción de esta tesis"



Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

c) El Modelo 2, al igual que el Modelo 1, se pone a prueba dentro del aula por los períodos académicos que comprenden del otoño del 2017 al otoño del 2019. Durante todo el semestre académico de cada período, se realizan observaciones del entendimiento e impacto de las estrategias pedagógicas y al final del semestre de cada periodo se evalúan los resultados proyectuales realizados por los estudiantes.

Las estrategias pedagógicas han sido evaluadas por medio de la observación constante durante toda su implementación en el aula en cada periodo académico (anexo 8), utilizando el mismo recurso de las anotaciones cualitativas por parte de la profesora (autora de la tesis).

Los resultados proyectuales han sido evaluados al final de cada periodo académico (anexo 8) de manera directa por pares atendiendo a su especialización (anexo 6), determinando el cumplimiento de los objetivos de las estrategias pedagógicas.

Como paso siguiente se recolectan los datos e introspecciones, se analizan y se sientan las bases para el rediseño, el cual se ve reflejado en el Modelo 3.

d) El Modelo 3, al igual que los modelos 1 y 2, se pone a prueba dentro del aula, por los períodos académicos comprendido del verano 2022 y otoño del 2023 (anexo 8), al constituirse como una fase conclusiva para generar el modelo final de su rediseño (se plantea como final para términos de esta tesis doctoral, sin embargo, al ser una investigación activa, puede seguirse alimentando a sí misma con mejoras y modificaciones).

   En este modelo se evalúan los resultados proyectuales por medio de la observación de pares y las estrategias pedagógicas por medio de la entrevista a expertos, pretendiendo tener una retroalimentación más profunda por parte de los académicos.

e) El modelo final se plantea como el resultado definitivo de esta investigación; sin embargo, al ser la propia naturaleza de esta investigación, seguirá siendo posible evolucionar y replantear, mientras el campo del diseño biomimético siga siendo explorado en el ámbito académico y profesional.

3.1.5. Estrategia metodológica para la validación de los resultados

Para la validación de las estrategias pedagógicas se integra la percepción y la evaluación de 18 profesores externos al curso, que con su perspectiva y experticia, contribuyen a mantener la objetividad de las observaciones de la investigación. Para la selección de los evaluadores de los resultados proyectuales, se consideraron la diversidad de su profesión dentro del ámbito del diseño y sus años de experiencia en impartición de clases o dirección de programas de diseño. Se establece que los evaluadores tienen un conocimiento profesional y pedagógico apropiado para clasificarlos como especialistas, siendo su punto de vista el que le da validez a la información aportada por los mismos (anexo 7).

Además, se valida por medio de la observación persistente, de acuerdo a Latorre, donde la autora de esta tesis observa y registra la realidad por medio de notas de observación y registros anecdóticos (Latorre, 2003, 93).

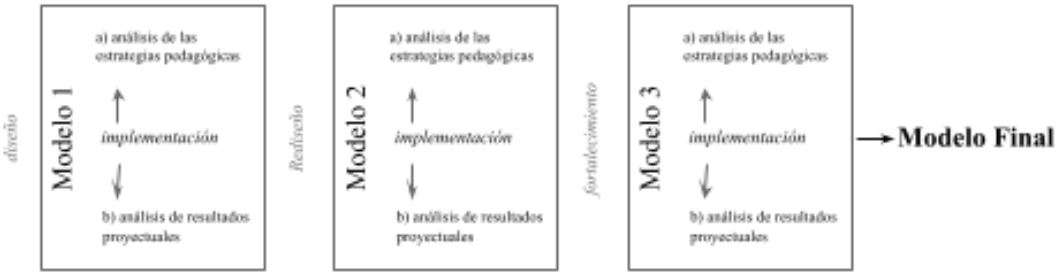
Otro mecanismo de validación es la triangulación, que se define como la combinación de metodologías de un mismo fenómeno. Consiste en un control cruzado entre diferentes fuentes de datos, en este caso siendo expertos, distintos instrumentos de recopilación de la información, como han sido mencionados anteriormente en el apartado de Sistema de recopilación y análisis de resultados (Latorre, 2003, 93).

Capítulo 4

Análisis de los modelos implementados

En este capítulo se recopila el análisis de dos tipos de resultados: *a)* del diseño de las estrategias pedagógicas o modelos y *b)* resultados proyectuales (una vez que dichas estrategias o modelos se aplican). El análisis se realiza en diferentes momentos de la investigación, evaluando cada proceso de su aplicación y los resultados proyectuales (directamente relacionados con las estrategias), siendo un proceso cíclico generando 3 modelos, con 3 momentos de resultados, dando lugar a la definición de un modelo final, como resultado conclusivo de esta investigación.

Diagrama 8 "Organización del análisis de los resultados"



Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

4.0 Introducción al análisis de los resultados.

El análisis de los resultados se enfoca en dos aspectos: el desarrollo de la implementación de las estrategias pedagógicas y del resultado proyectual de cada uno de los casos de estudio, concluyendo con las anotaciones de rediseño para definir el modelo siguiente.

Para el análisis de las estrategias pedagógicas se realiza un análisis heurístico de cada una de las estrategias implementadas durante el desarrollo de las clases por medio de la observación directa realizada por la autora de esta tesis, evaluando la implementación de los objetivos de la actividad diseñada contra los resultados observados; a la par, se analiza por medio de la herramienta de la encuesta anónima aplicada a los estudiantes, diseñada por medio de la escala Likert, evaluando las actividades por medio de un sistema de percepción, con el objetivo de conocer su opinión personal de la experiencia.

El análisis de los resultados proyectuales de cada uno de los casos de estudio se lleva a cabo mediante un análisis de datos multivariantes, y se genera una escala comparativa de resultados, evaluando lo esperado contra los resultados obtenidos y, posteriormente, se completa aplicando la la herramienta de encuesta directa a profesores expertos que observaron las presentaciones de los resultados proyectuales expuestos por los estudiantes y por la autora de esta tesis.

4.1. Análisis de resultados de la implementación del Modelo 1

El Modelo 1, corresponde a la fase de diseño y diagnóstico de las estrategias pedagógicas, comprendida por 14 casos de estudio desarrollados del período académico de otoño del 2017 al período académico de otoño del 2019, en el marco del curso de Soluciones multidisciplinarias de la Universidad de Monterrey. Cada caso de estudio se llevó a cabo durante un semestre académico, en equipos multidisciplinarios de 3 a 4 personas, incluyendo a un total de 46 estudiantes.

Se analiza la implementación del Modelo 1 y los resultados proyectuales por medio de la herramienta del cuestionario a expertos. Los estudiantes al final del semestre realizaron presentaciones donde mostraron sus resultados proyectuales, los profesores (expertos) observaron estos resultados y los han evaluando de manera cualitativa, según su perspectiva de los niveles de cumplimiento de los procesos cognitivos de las estrategias pedagógicas.

Por otro lado, se analizan los resultados proyectuales por medio de la evaluación por pares, desde el sistema de criterios opuestos, evaluando de manera cualitativa y según su perspectiva, el cumplimiento de estos criterios y terminado notas de retroalimentación a los estudiantes.

La autora de esta tesis realiza observaciones, generando registros de observaciones sistemáticas, obteniendo resultados cualitativos que permiten generar la reflexión para evaluar las posibilidades de mejora de las estrategias pedagógicas. Como complemento, se define un sistema de niveles de introspección y emulación que refleja el nivel esperado de las estrategias pedagógicas contra el resultado obtenido en los resultados proyectuales.

4.1.1. Criterios para el análisis de los resultados de la implementación del Modelo 1.

Para el análisis de los resultados proyectuales de cada caso de estudio se generó un sistema de criterios de evaluación basados en los parámetros de las estrategias pedagógicas implementadas, que forman la filosofía de la enseñanza. En el primer modelo estos parámetros son: la multidisciplina e interdisciplina, el enfoque biocéntrico, y la búsqueda de la innovación. Se plantea un sistema de niveles que varía del nivel de lo altamente deseado y lo que está por debajo del nivel deseado. Ésto se puede medir por la mediación entre opuestos; por ejemplo, es altamente deseado que el resultado proyectual sea con un enfoque biocéntrico al contrario del enfoque antropocéntrico.

Lo anterior tomando en cuenta que cada caso de estudio tiene como alcance un diseño conceptual que emule la respuesta morfológica de la naturaleza bajo la premisa de que las formas de la naturaleza tienen una función específica para resolver un problema de supervivencia de manera sostenible.

Criterios de evaluación bajo el sistema de criterios opuestos:

a) Altamente deseado el diseño biocéntrico - Se pretende evitar el diseño antropocéntrico.
b) Altamente deseadas la transdisciplina y la multidisciplina - Se pretende evitar la monodisciplina.
c) Altamente deseado el diseño innovador - Se pretende evitar el diseño tradicional.
d) Altamente deseado el uso de los biomateriales - Se pretende evitar el uso de los materiales sintéticos.

A la vez se plantea un sistema de medición de niveles de introspección y nivel de emulación de la propuesta, que indaga en el entendimiento de la guía de las estrategias pedagógicas, definiendo el nivel de resultado de cada caso de estudio clasificando los niveles en el esperado, nivel intermedio según lo esperado y nivel por debajo de lo esperado.

Criterios del sistema de niveles de Introspección (I) y Emulación (E):

a) Se identifica con *x* para demarcar como nivel por debajo de lo esperado.
b) Se identifica con *y* para demarcar como nivel intermedio de lo esperado.
c) Se identifica con *z* para demarcar como nivel dentro de lo esperado.

4.1.2. Análisis y observación por expertos. Implementación de las estrategias pedagógicas del Modelo 1.

En la observación por expertos (anexo 7, grupo A) se aplicó un cuestionario (anexo 4) a los profesores que tuvieron la oportunidad de observar de manera presencial o virtual las presentaciones finales de los resultados proyectuales expuestos por los mismos integrantes de los equipos, quienes en una presentación de aproximadamente 20 minutos los estudiantes han comunicado su proceso, hallazgos, conclusiones y propuesta conceptual final de diseño.

Las respuestas por parte de los pares se analizan a nivel de manifiesto y en algunas ocasiones de sugerencias por parte de los mismos.

Preguntas del cuestionario:

1) Como estrategia, se pide a los estudiantes que elijan un objeto de análisis, ya sea una planta o un animal. Desde su perspectiva, según lo observado en las presentaciones ¿qué impacto cree que pueda tener esto en los

estudiantes al ser estudiantes de las carreras de diseño?

2) Como fase inicial del proceso de diseño, se plantea el análisis por medio de la fotografía en 3 zooms: uno a simple vista, otro a nivel detalle y otro por medio de observaciones en el microscopio. Desde su perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, ¿este mecanismo de observación ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema que afrontamos los humanos? (¿No, por qué?, ¿Sí, a qué grado?)
3) Como fase consecuente del proceso de diseño, se plantea el análisis por medio de la fabricación de prototipos para analizar la geometría y las funciones del objeto de análisis. Desde su perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, ¿este mecanismo de replicación ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema al que afrontamos los humanos? (¿No, por qué?, ¿Sí, a qué grado?)
4) Desde su perspectiva, ¿los proyectos han sido capaces de comprobar el haber identificado una problemática y las posibilidades de resolución con relación a las conclusiones del análisis? Es decir, ¿existió coherencia con relación a la conclusión de cómo es que su objeto de análisis resuelve un problema y cómo el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido. (¿No, por qué?, ¿Sí, a qué grado?)
5) Desde su perspectiva, ¿cree que haya algún valor agregado en que las propuestas se hayan realizado en equipos multidisciplinarios o fue algo que no se detectó?
6) Según su opinión, ¿las propuestas de diseño tenían un sentido antropocéntrico o biocéntrico? ¿Por qué? O, ¿no fue algo que fuera destacable de identificar?
7) Según su observación y perspectiva, ¿se presentaron ideas innovadoras gracias al proceso de diseño o no fueron ideas innovadoras, o sí lo fueron, pero no fue gracias al proceso de diseño?

Para el diseño de este cuestionario se tomaron en cuenta los objetivos de esta investigación y a su vez los objetivos académicos de cada una de las estrategias implementadas. A continuación se realiza un desglose del diseño del cuestionario integrando el objetivo y el rol de cada una:

> *Pregunta 1: Como estrategia, se les pide a los estudiantes que elijan un objeto de análisis, ya sea una planta o un animal. Desde su perspectiva, según lo observado en las presentaciones, ¿qué impacto cree que pueda tener esto en los estudiantes al ser de las carreras de diseño?*

Esta primera pregunta, tiene como objetivo identificar si el proceso cognitivo de comprender y analizar al objeto de análisis, siendo este un animal o planta, tiene posibilidades de generar impacto positivo en los estudiantes al fortalecer el empoderamiento, permitiendo la generación de experiencias y la construcción de estructuras mentales.

Según la opinión de pares, el uso de un animal o planta como objeto de análisis despierta en los estudiantes muchos puntos de reflexión que no se hacen habitualmente, permitiéndoles ser capaces de proponer soluciones dentro de un espectro mucho más amplio del que se enseña en clases; les ayuda a que en el futuro piensen de forma natural en alternativas sobre cómo diseñar de forma no sesgada.

Por no ser una estrategia común en las clases de la Universidad de Monterrey, los estudiantes son retados a cambiar radicalmente el proceso creativo y readaptar finalidades, herramientas y referencias que normalmente se utilizan por un proyecto de diseño arquitectónico, de interiores o también industrial.

Como recomendación, se plantea que la actividad podría tener más éxito si no se hiciera la distinción entre planta o animal y si el sujeto de referencia se describiera como una forma de vida; hay una tendencia a identificarse con el animal como un ser total, en lugar de buscar comprender sus sistemas performativos, órdenes estructurales, composición celular e interactividades.

> *Pregunta 2: Como fase inicial del proceso de diseño se plantea el análisis por medio de la fotografía en 3 zooms: uno a simple vista, otro a nivel detalle y otro por medio de observaciones en el microscopio. Desde su*

> *perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, ¿este mecanismo de observación ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema al afrontamos los humanos? (¿No, por qué?, ¿Sí, a qué grado?)*

La segunda pregunta hace referencia al proceso cognitivo de analizar y crear, con el objetivo de estimular por medio del cambio de percepción como acción para comprender, siendo un mecanismo básico para desarrollar un proceso creativo (Rendón, 2009, 130).

Según la perspectiva de pares se determina que para pasar de las capacidades técnicas a las interpretaciones conceptuales y compositivas, el análisis fotográfico ampliado brinda la oportunidad de interrogar ideas y procesos, y observar en la naturaleza, transformando los elementos aprendidos en convincentes, en lugar de simplemente replicarlos; para ello, plantea que la fotografía es un punto de partida útil, pero tiende a la imagen completa como representación, en lugar de ser utilizada como una herramienta de investigación. La fotografía podría considerarse como un proceso ampliado que incluye rayos X, ultrasonido, microscopía electrónica, imágenes infrarrojas o una mayor utilización de filtros dicroicos y escaneo LIDAR; todos los procesos que a menudo ofrecen las cámaras de los teléfonos inteligentes.

También se manifiesta que esta estrategia se identificó con algo de dificultad al usar herramientas o métodos fuera de su disciplina, pero, en vez de ser algo negativo, fue muy enriquecedor, mostrando que el nivel de involucramiento en el proyecto depende del alumno; establecer un estímulo como el uso de los distintos zooms, ayuda al estudiante a explorar decisiones de diseño a las que no hubiese llegado de otra manera.

Por otro lado, se plantea que se debe tener en cuenta que la mayoría de los estudiantes se enfoca en uno de los zoom o escala y desarrolla el proyecto a partir de este zoom. Faltando una aproximación multiescala.

> *Pregunta 3: Como fase consecuente del proceso de diseño, se plantea el análisis por medio de la fabricación de prototipos para analizar la geometría y las funciones del objeto de análisis. Desde su perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, este mecanismo de replicación ¿ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema que afrontamos los humanos? (¿No, por qué?, ¿Sí, a qué grado?)*

La tercera pregunta está diseñada con el objetivo de evaluar el mecanismo de replicación que fortalece el proceso cognitivo antes mencionado de analizar y crear, vinculado a la acción de crear con las manos y realizar conexiones de percepciones y de pensamiento.

De acuerdo a lo manifestado por pares, las propuestas de los alumnos fueron radicalmente distintas de lo que una industria tradicional explora como posibilidad. El análisis de geometría y funciones tuvo un impacto en los resultados proyectuales, ya que se arriesgaron a tomar decisiones de diseño que no hubiesen tomado si el proceso de diseño hubiese sido otro.

Por otro lado, se encuentra que no todos los grupos entienden la diferencia entre función, funcionalidad y forma. Algunos equipos trabajaban en el entendimiento de un movimiento o un mecanismo, otros se limitaban a una lectura más superficial de forma o de apariencia.

> *Pregunta 4: Desde su perspectiva, ¿los proyectos han sido capaces de comprobar el haber identificado una problemática y las posibilidades de resolución con relación a las conclusiones del análisis? Es decir, ¿existió coherencia con relación a la conclusión de cómo es que su objeto de análisis resuelve un problema y cómo el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido? (¿No, por qué?, ¿Sí, a qué grado?)*

Para esta pregunta se cambia un poco el formato, haciendo más énfasis en una deducción por parte de los observadores que una observación directa de los resultados proyectuales, con el objetivo de identificar si el proceso cognitivo de conceptualizar reflexionando lo observado, identificado, comprendido y replicado permite la hipotetización adecuada.

Según lo manifestado por los pares sí existió coherencia. Plantean que una de las razones es que no estaban diseñando al aire, sino que tenían una metodología a seguir, la cual impactó directamente en el proceso de diseño y el producto final. Gracias a la metodología, los equipos tuvieron la capacidad de pensar en grande y analizar problemas reales, con soluciones lógicas, pero hay diferencia en la coherencia de los resultados dependiendo del nivel de fortaleza académica de cada estudiante y su grado.

A manera de sugerencia, se plantea que si bien se prefirió un modelo que permita identificar oportunidades en lugar de problemas, ya que es una estructura más difícil para establecer asignaciones, podría ser más productivo que las propuestas surjan de la investigación en la identificación de sistemas performativos y propiedades materiales, en lugar de establecer un problema o tarea para ser resuelto con las características descubiertas en establecer una solución biomimética.

> *Pregunta 5: Desde su perspectiva ¿cree que haya algún valor agregado en que las propuestas se hayan realizado en equipos multidisciplinarios o fue algo que no se detectó?*

La quinta pregunta está diseñada con el objetivo de conocer la opinión de los pares con relación al trabajo realizado en equipos multidisciplinarios buscando fortalecer el proceso creativo y de adquisición de conocimiento.

Según la opinión de pares, se tiene una probabilidad más alta de resolver un problema cuando existe mayor variación de elementos de conocimiento o *knowledge elements*, que se pueden combinar entre ellos. Siendo —especialmente en la fase de lluvia de ideas— la multidisciplinariedad del grupo la que puede permitir limitar las rutinas proyectuales que los estudiantes desarrollan y repiten en su propia carrera. Además, tienen que desarrollar un vocabulario común para explicar el concepto inicial a miembros del grupo que pertenecen a otras disciplinas.

Los equipos multidisciplinarios o interdisciplinarios son fundamentales para el éxito de las intenciones pedagógicas y se considera que los resultados se beneficiarían de la participación de la ingeniería, ciencia de materiales, ciencia médica, botánica, ciencias animales, e incluso la ciencia ficción especulativa.

> *Pregunta 6: Según su opinión, ¿las propuestas de diseño tenían un sentido antropocéntrico o biocéntrico? ¿Por qué? ¿o no fue algo que fuera destacable de identificar?*

El objetivo de esta pregunta es identificar el nivel de respuesta hacia soluciones biocéntricas por parte de los equipos, centrándose como uno de los parámetros de las estrategias pedagógicas que busca brindar soluciones de diseño poniendo al ser humano como parte de un sistema contrario a un modelo antropocéntrico, que pone al ser humano como centro.

La evaluación por pares indica que durante las presentaciones los equipos no hicieron referencia en este sentido, pero se pudo detectar como elemento importante dentro de la investigación y definición de los problemas a resolver. Sin embargo, el interés proyectual ha estado más enfocado en la definición de un beneficio para un usuario y eso pone el acento en un sentido antropocéntrico.

> *Pregunta 7: Según su observación y perspectiva, ¿se presentaron ideas innovadoras gracias al proceso de diseño o no fueron ideas innovadoras, o sí lo fueron pero no fue gracias al proceso de diseño?*

El objetivo de esta pregunta es detectar si los resultados proyectuales fueron influenciados por el cambio de perspectiva como estímulo durante el proceso de análisis de cada uno de los equipos.

La respuesta de los pares plantea que, a un nivel intencional, se aprecia innovación e invención. Denominando que el valor está en el desarrollo y la implementación de la metodología de trabajo innovadora, donde las ideas y los resultados tienen un grado de innovación proporcional a un estudio en una carrera de diseño.

4.1.3. Análisis y observaciones de la implementación del Modelo 1: por parte de la autora .

Para la evaluación de los resultados proyectuales, por medio de la observación por parte de la autora de esta tesis (anexo 8), se establece un sistema de escalas de medidas relacionado con los parámetros de diseño de las estrategias pedagógicas midiendo los niveles desde lo altamente deseado y lo que está por debajo del nivel deseado, por medio de una mediación entre los siguientes opuestos:

a) Monodisciplina opuesto a multidisciplina y transdisciplina.
   Se plantea como por debajo de lo deseado, que los resultados proyectuales no sean multidisciplinarios, ya que el enfoque de las estrategias pedagógicas es multidisciplinar e interdisciplinar, buscando que al momento de desarrollar proyectos en equipos multidisciplinarios los estudiantes tengan respuestas fuera de su propia disciplina, buscando estimular su perspectiva de resolución de problemas y estimulación para el exitoso proceso creativo. (Bento et al., 2004, 335).
b) Materiales tradicionales opuesto a Biomateriales.
   Como parte del parámetro que busca respuestas de diseño con enfoque biocéntrico, es altamente deseable que los resultados proyectuales contengan una propuesta material de materiales de nueva generación y de base bio, es decir, biomateriales, buscando que el diseño sea capaz de no comprometer la vida y los recursos naturales de la Tierra.
c) Diseño tradicional opuesto a innovación.
   Es altamente deseable que las respuestas proyectuales sean innovadoras, planteando que está por debajo de lo deseable que los resultados sean basados en preconcepciones y diseño con una baja innovación.
d) Antropocéntrico opuesto a Biocéntrico.
   Como parte del parámetro que busca respuestas de diseño con enfoque biocéntrico, es altamente deseable que los resultados proyectuales busquen plantear un diseño con una perspectiva sustentable y de búsqueda de la recuperación de los recursos naturales por medio de estrategias que emulen a la naturaleza y siendo el enfoque antropocéntrico un nivel por debajo de lo deseado.

4.1.4. Análisis por pares y la autora de los resultados proyectuales de la implementación del Modelo 1.

Para el análisis de los resultados proyectuales se genera un sistema complementario del análisis por pares y la perspectiva de la aurora de la medición de los niveles de introspección y emulación esperados.

Para recopilar las percepciones de los evaluadores, se recurre al mecanismo del cuestionario (anexo 4), analizando la percepción de los resultados proyectuales expuestos por los mismos integrantes de los equipos de manera remota o

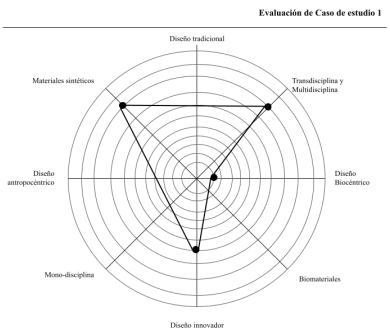
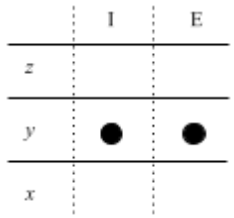
presencial. Para el análisis de las estrategias pedagógicas se utiliza el recurso de anotaciones de observación realizadas por la autora de la tesis (anexo 8), así mismo la autora de la tesis evalúa los resultados proyectuales de manera específica y determina el cumplimiento de los objetivos de las estrategias pedagógicas (anexo 6).

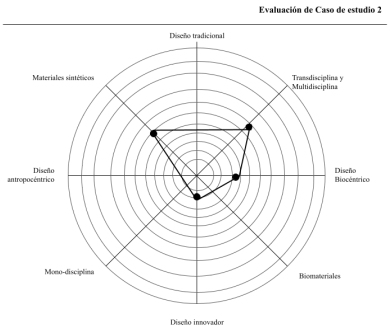
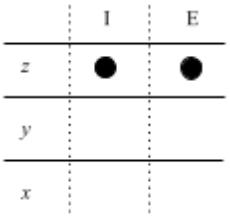
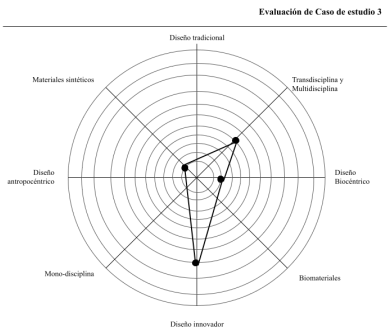
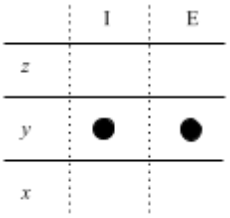
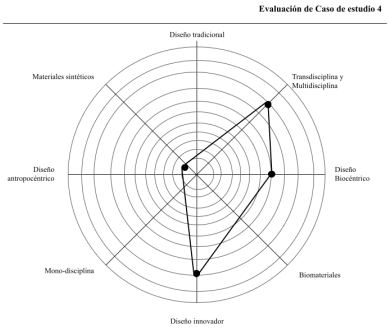
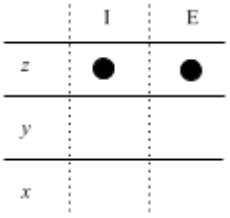
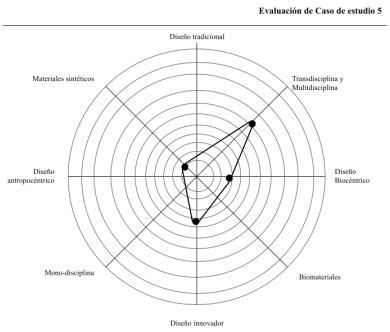
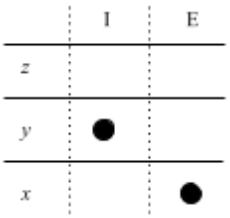
La evaluación de cada resultado proyectual se concentra en un cuadro, donde por una lado está la medición de niveles y por el otro lado la descripción de sus aciertos, debilidades, niveles de introspección y niveles de emulación de la respuesta.

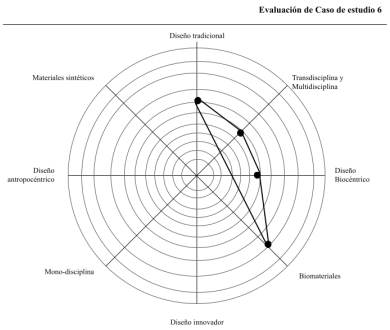
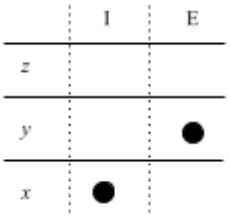
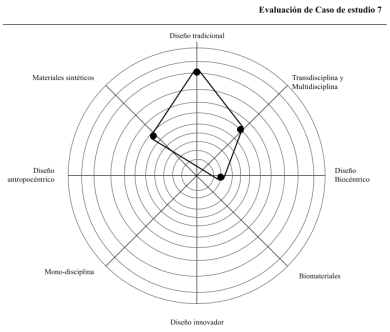
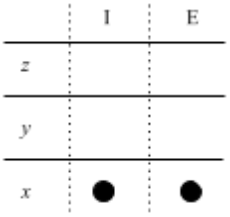
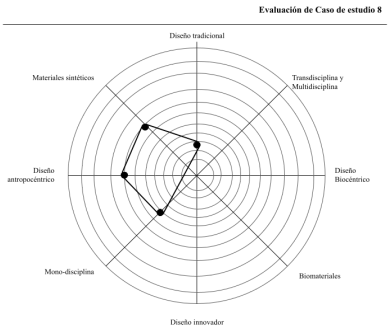
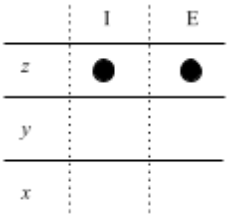
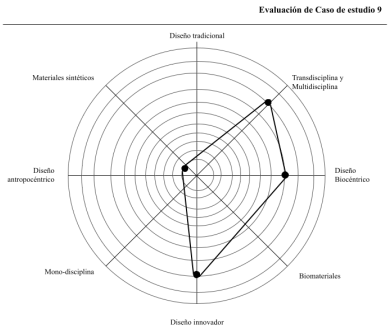
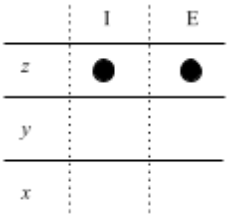
En la tabla 1 se recolecta el análisis de los resultados de la aplicación del Modelo 1, buscando determinar las posibilidades de mejora de las estrategias. En la primera columna se ubica el diagrama de análisis de datos multivariantes determinado por la evaluación por pares; en la segunda columna, se encuentra el resumen de los comentarios realizados por los pares; en la tercera columna está el resultado de la evaluación realizada por la autora de los niveles de introspección y emulación.

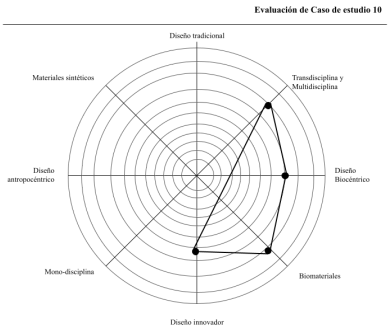
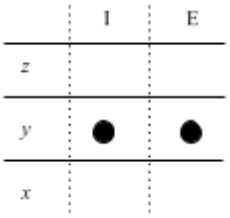
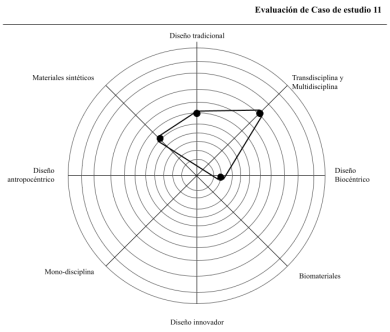
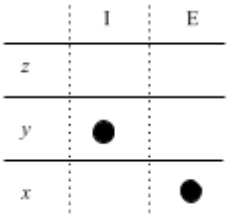
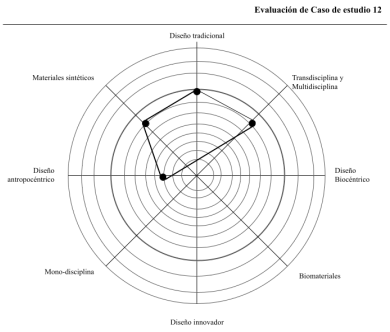
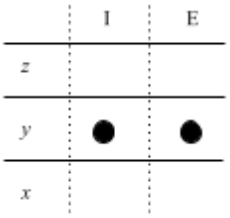
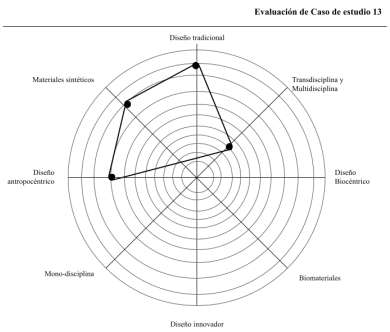
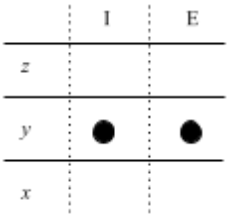
Codificación de medida de nivel de Introspección (I) y niveles de Emulación de la respuesta (E):
Se identifica con un 0 para demarcar como nivel por debajo de lo esperado
Se identifica con un 5 para demarcar como nivel intermedio de lo esperado
Se identifica con un 10 para demarcar como nivel dentro de lo esperado

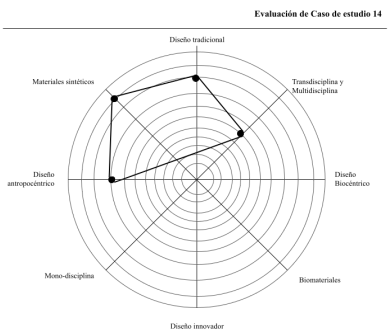
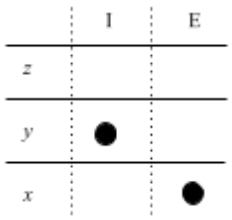
Tabla 1 "Resumen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio 1 al 14 (Modelo 1)"

Diagrama de análisis de datos multivariantes (Diagramas realizados por la autora de acuerdo con la evaluación realizada por los pares)	**Observación** (Los datos recopilados son los apuntes textuales de los comentarios de los pares indicados en el Anexo 7)	**Niveles de introspección y emulación** (Diagramas realizados por la autora de acuerdo con la evaluación realizada por ella)
	**Caso de estudio 1** Presenta una propuesta de diseño un tanto innovadora, ya que plantea un nuevo sistema de transporte que favorece los preceptos del diseño sustentable, al proponer su propulsión por medio de fuerza mecánica como la de una bicicleta y el uso de energía solar para darle mayor poder y elementos eléctricos. Sin embargo, los estudiantes tuvieron muchas dificultades para llegar a esta propuesta, no confiaban en sus hallazgos y querían replicar estrategias encontradas en otros sistemas de transporte ya encontradas en el mercado, como por ejemplo, en el casterboard o ripstick. Se les ha tenido que guiar para que su propuesta sea directamente de los resultados obtenidos de su propio análisis.	

	**Caso de estudio 2** Su nivel de introspección es adecuado y el nivel de emulación de su propuesta también, siendo una propuesta exitosa derivada de su investigación. Sin embargo, tiene un enfoque un tanto antropocéntrico, ya que su elección de materiales no indaga en una materialidad sustentable.	
	**Caso de estudio 3** El equipo de este caso de estudio, perdió mucho tiempo al estar buscando su objeto de estudio, ya que tenían una gran curiosidad por las plantas carnívoras, pero no son plantas de la región y lo único que tenían a su alcance eran plantas muy pequeñas. Sí llegaron a encontrar una que les funcionara para el estudio, pero ya iba muy tarde según la planeación de las actividades y esto se vió reflejado en el nivel de introspección y nivel de emulación de la propuesta, resultando no tener la profundización esperada.	
	**Caso de estudio 4** Este caso de estudio presenta una propuesta exitosa derivada de su investigación. Sin embargo, tiene un enfoque un tanto antropocéntrico ya que su elección de materiales no indaga en una materialidad sustentable, pero en términos de proceso innovativo puede considerarse una exploración exitosa con un nivel de introspección y una alta innovación en su nivel de emulación.	
	**Caso de estudio 5** Aunque la propuesta es interesante a nivel concepto, el desarrollo de su morfología es un tanto superficial, el equipo no logró desarrollar un nivel profundo de análisis, lo que puede ser debido a la elección del caso de estudio y falta de herramientas cognitivas por parte de los integrantes del equipo para realizar un análisis más profundo. Al ser el erizo de tierra un mamífero, no supieron cómo observar y extraer información morfológica de un ser vivo e identificar la geometría de su forma.	

	**Caso de estudio 6** La propuesta sí emula la respuesta del organismo, aunque es un tanto básica; el equipo en muchas ocasiones durante el análisis quería buscar una aplicación para el diseño en vez de continuar observando y analizando, tal vez siendo un factor que evitó su profundización al momento de realizar una propuesta.	
	**Caso de estudio 7** En este caso de estudio, su nivel de introspección y emulación al momento de realizar la propuesta de diseño no es el esperado. El nivel de los hallazgos en el análisis denotan un entendimiento de su forma, pero no de la relación función-forma, lo que resulta en un proyecto biomorfo y no biomimético.	
	**Caso de estudio 8** Este equipo presentó la problemática de iniciar su análisis con preconcepciones de lo que ya sabían del objeto de estudio y dirigieron el estudio para que las conclusiones tuvieran el sentido que ya habían definido desde un inicio.	
	**Caso de estudio 9** El equipo de este caso de estudio tuvo un alto entendimiento de la ingeniería análoga de su caso de estudio, teniendo una introspección y emulación de su propuesta según el nivel esperado, además de manifestar la seguridad de integrar en su propuesta conceptual la tecnología e inteligencia artificial como elemento clave para su funcionamiento.	

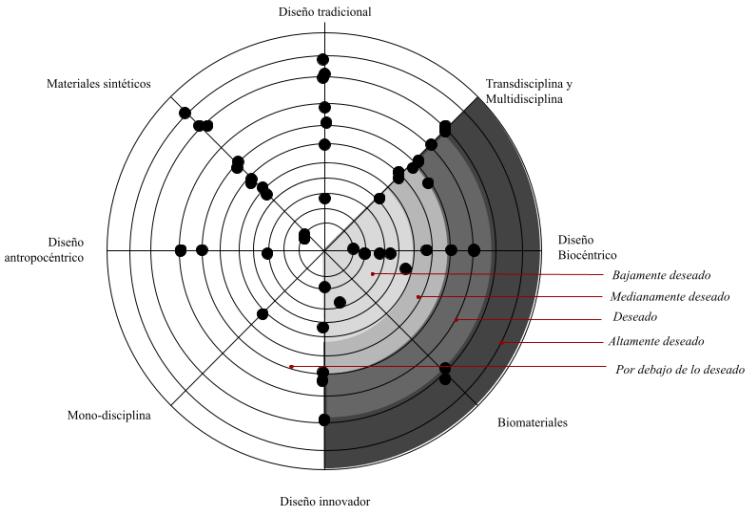
	**Caso de estudio 10** El equipo de este caso de estudio tuvo un muy buen entendimiento de la ingeniería análoga de su caso de estudio. Sin embargo, necesitaron una guía muy de cerca para confiar en sus decisiones y estimularlos a que, aunque parecieran fuera de lo común las ideas, era el camino adecuado a seguir.	
	**Caso de estudio 11** En este caso de estudio, el nivel de introspección y emulación al momento de realizar la propuesta de diseño no es el esperado. El nivel de los hallazgos en el análisis denotan un entendimiento de su forma y de la relación función-forma. Sin embargo, al momento de realizar una propuesta de diseño, aunque conceptualmente conservaron la función, resultó en un proyecto mayormente biomorfo, con cierto grado de biomimétismo.	
	**Caso de estudio 12** El nivel de introspección y emulación es a un nivel medio de lo esperado. A este equipo le costó trabajo experimentar la transdisciplina y saberse capaz de ofrecer soluciones de alto valor, al brindar su experiencia de otra disciplina; la propuesta tiene potencial, sin embargo, a nivel creativo es un proyecto dentro de las ideas preconcebidas.	
	**Caso de estudio 13** El nivel de introspección y emulación es a un nivel medio de lo esperado. El equipo tuvo una proceso de análisis exitoso y muy creativo al momento de realizar los prototipos, pero demostró no haber reflexionado lo suficiente sobre su propio proceso y sus hallazgos, realizando una propuesta que sí emula la estrategia del organismo, pero no es un proyecto igualmente creativo como su proceso de análisis.	

	**Caso de estudio 14** En este caso de estudio, su nivel de introspección y emulación al momento de realizar la propuesta de diseño no es el esperado. El nivel de los hallazgos en el análisis denotan un entendimiento de su forma y de la relación función-forma. Sin embargo, al momento de realizar una propuesta de diseño, aunque conceptualmente conservaron la función, resultó en un proyecto con un nivel de creatividad por debajo de lo esperado, ya que denota un diseño tradicional.	

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Para entender mejor los resultados de los niveles del cumplimento de los parámetros en los resultados proyectuales de los casos de estudio 1 al 14, se hace una gráfica sumatoria del total de las evaluaciones en el diagrama 9, obteniendo como resultado en el parámetro del diseño con enfoque biocéntrico que la mayoría de los resultados están a un nivel bajo o por debajo de lo deseado, en el parámetro de la inmaterialidad casi todos están por debajo de lo deseado, en el parámetro de la innovación, la mayoría de los resultados están a un nivel bajo o por debajo de lo deseado, y en el ámbito de la multidisciplina y transdisciplina la mayoría está en el nivel medianamente deseado.

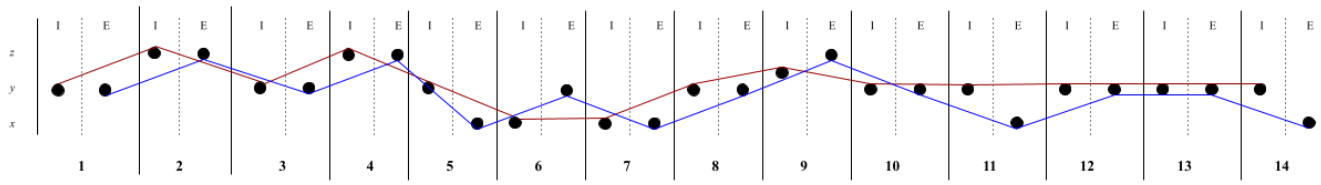
Diagrama 9 "Resumen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio del Modelo 1"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

En la misma dinámica, en el diagrama 10 se realiza una compilación de los resultados de los niveles de introspección resultado un 28.57% que reflejan un nivel dentro de lo esperado, un 42.85% que reflejan un nivel intermedio de lo esperado y un 8.57% que reflejan un nivel por debajo de lo esperado, pudiendo concluir que la minoría está en un nivel por debajo de lo esperado. En el caso de los resultados de los niveles de emulación de las propuestas esperadas resultado un 28.57% que reflejan un nivel dentro de lo esperado, un 42.86% que reflejan un nivel intermedio de lo esperado y un 28.57% que reflejan un nivel por debajo de lo esperado.

Diagrama 10 "Nivel de Introspección y nivel de Emulación de la propuesta esperado casos de estudio 1 a 14"



Codificación de medida de nivel de introspección (I) y niveles de emulación de la respuesta (E):
Se identifica con un x para demarcar como nivel por debajo de lo esperado
Se identifica con un y para demarcar como nivel intermedio de lo esperado
Se identifica con un z para demarcar como nivel dentro de lo esperado

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Se puede concluir que la minoría está en un nivel por debajo de lo esperado, siendo necesario reforzar las estrategias para facilitar la introspección y elevar el nivel de emulación de las propuestas de diseño.

4.1.5. Anotaciones de rediseño (observaciones y recomendaciones).

Según los resultados de las evaluaciones y observaciones (anexo 8), podemos clasificar en grandes grupos las acciones al evaluar y realizar la propuesta de rediseño de las estrategias pedagógicas. Estos grupos están enfocados a resolver las posibles preconcepciones que están realizando los equipos, a corregir la desconexión que manifiestan algunas propuestas de diseño entre el análisis, la propuesta, y a la vez definir mecanismos para fomentar la innovación a nivel proyectual de los casos de estudio.

a) Los estudiantes se encuentran con la dificultad de vincular sus observaciones con sus hallazgos: durante el proceso de implementación de las estrategias pedagógicas, haciendo que gran parte de la información e introspección obtenida en el proceso quede limitada, afectando el proceso de conceptualización y en gran parte al diseño, teniendo un impacto en el inlcumplimiento de los parámetros de las estrategias pedagógicas. Es necesaria la generación de mecanismos que apoyen la metacognición y recuperación del conocimiento adquirido y facilitar la transición entre los hallazgos de las observaciones y resolución de problemáticas a través de la morfología de la naturaleza.

b) Varios casos de estudio presentan un cierto nivel de desconexión de las conclusiones: realizadas durante el análisis y su propuesta, o a la vez. La propuesta pareciera forzada para cumplir el ejercicio de realizar una que estuviese vinculada a dar solución a un problema usando la ingeniería análoga de su caso de estudio. Se plantea que para evitar esta entropía, es necesario establecer un mecanismo guía, sin que limite las posibilidades de exploración de respuestas. Este mecanismo debe permitirles cuestionar sus conclusiones y en vez de plantear un problema a solucionar, sería plantear la identificación de oportunidades donde podrían aplicar un diseño basado en la emulación de las respuestas que realiza su objeto de estudio.

c) Preconcepciones de lo ya conocido a lo a conocer: evitar que los equipos quieran hacer una propuesta de diseño previo a finalizar su investigación es casi inevitable, ya que parte del proceso creativo y de investigación es ir estimulando a los estudiantes a que fluya su imaginación, por lo que se requiere de un mecanismo que les guíe para empezar a construir una lluvia de ideas, pero también a entender que es un proceso que hasta no tener mayor información, no se podrá llegar a las conclusiones finales.
También se pretende otorgar herramientas para que los estudiantes sean capaces de identificar la función por medio de la forma y estimularlos a que sus propuestas estén relacionadas con la función de la forma y no solo

la forma como concepto, para identificar ingeniería análoga de la naturaleza.

d) Tomando como base que la innovación en los resultados proyectuales en ciertas ocasiones es exitoso, se detecta que esto es debido a que los estudiantes encuentran libertad de diseño al no pedirles que se diseñe algo en específico, sino que ellos mismos pueden elegir qué resolver según sus hallazgos de investigación previa, detalle que solo ciertos equipos han encontrado como ventaja, ya que para la mayoría, tanta libertad les ha impedido poder explorar sus ambiciones creativas. Al no tener límites, ellos mismos se plantean sobre todo límites técnicos, o bien no saben por dónde empezar a idear.

   Para compensar la ausencia de límites, el profesor es quien hace la tarea de estimular la ruta y fungir como guía, siendo una debilidad de la estrategia. Para esto se plantea la posibilidad de establecer un sistema guía para la exploración de soluciones por medio de dinámicas colaborativas y se establece un sistema de definiciones de escala para ayudar a acotar las posibilidades de solución, planteando que los estudiantes puedan ofrecer respuestas a escala objeto, escala espacio o escala territorio.
   Por otro lado, se abre la posibilidad de incluir tecnología y materiales aún en desarrollo, para permitirles visualizar aspectos tecnológicos que podrían apoyar sus propuestas, que previamente podrían considerar como no factibles, ya que no existe una tecnología que lo sustente.

e) Los estudiantes externaron necesitar mayor tiempo para profundizar, tanto la investigación como la propuesta de diseño; debido a que la estrategias se desarrollan dentro de un curso de 40 horas lectivas más 40 horas de trabajo en casa durante un semestre académico, es imposible agregar más tiempo; sin embargo, será esencial eficientizar los pasos para poder cumplir con los objetivos de cada uno de los pasos de la metodología.

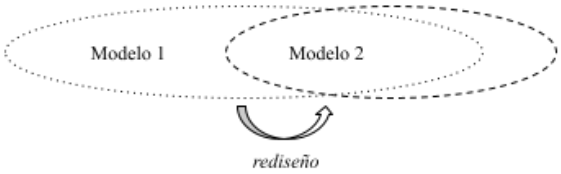
f) Los estudiantes plantean necesitar de mayor guía por parte del profesor en la fase de creación de propuestas, esto denota una debilidad de las estrategias en la fase de conceptualización y propuesta; para corregir esta debilidad será necesario reforzar este proceso por medio de estrategias que ayuden al estudiante a aterrizar lo analizado contra lo propuesto de una manera clara y efectiva, así como una descripción mayormente detallada de los alcances de cada fase.

4.2. Análisis de resultados de la aplicación del Modelo 2

El Modelo 2, corresponde a la fase de rediseño y replanteo de las estrategias pedagógicas establecidas en el modelo anterior; está comprendida por 13 casos de estudio desarrollados del período académico de primavera del 2017 al periodo académico de primavera del 2021, dentro del mismo marco del curso de Soluciones multidisciplinarias de la Universidad de Monterrey. Igualmente cada caso de estudio fue desarrollado durante un periodo académico, en equipos multidisciplinarios de 3 a 4 personas, incluyendo a un total de 30 estudiantes.

Para analizar el Modelo 2 como resultado del rediseño del Modelo 1, sus modificaciones están determinadas según los resultados de las observaciones y evaluaciones de la aplicación del modelo en los casos de estudio 15 a 27, reflejados en el capítulo 5 de esta tesis.

Diagrama 11 "Estrategia de rediseño Modelo 1 y 2"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Para el análisis de la implementación de este modelo, se estudian las estrategias pedagógicas por medio de encuestas aplicadas a estudiantes en momentos clave de la implementación de éstas (anexo3.2). También se realizan registros de observaciones sistemáticas durante el proceso de implementación del modelo (anexo8). Por otro lado, se analizan los resultados proyectuales por medio de la evaluación por pares (anexo 6), bajo el mismo sistema de criterios opuestos con el que fue evaluado el Modelo 1, con criterios determinantes según el rediseño, evaluando de manera cualitativa, según su perspectiva, el cumplimiento de estos criterios y terminando con notas de retroalimentación a los estudiantes.

4.2.1. Criterios para el análisis de los resultados de la implementación del Modelo 2.

Con un formato similar al análisis de las estrategias pedagógicas del Modelo 1, en este apartado se realiza el análisis de las estrategias pedagógicas aplicadas y resultados proyectuales del Modelo 2, donde el análisis de los resultados del modelo se realizan por medio de observación directa y de la encuesta a estudiantes, buscando representar y comunicar de manera clara y objetiva el proceso de aplicación y evaluación de este modelo.

Para el análisis de los resultados proyectuales de cada caso de estudio como resultado de la implementación de las estrategias pedagógicas del Modelo 2 se realizó una evaluación por pares, utilizando el mismo sistema de criterios de evaluación basados en los parámetros de las estrategias pedagógicas implementadas, que forman la filosofía de la enseñanza. En el segundo modelo estos parámetros son: la multidisciplina e interdisciplina, el enfoque biocéntrico y el diseño especulativo. Se plantea el mismo sistema de niveles que va de lo altamente deseado y lo que está por debajo del nivel deseado, lo cual se puede medir a través de la mediación entre opuestos.

Criterios de evaluación bajo el sistema de criterios opuestos:

a) Altamente deseado el diseño biocéntrico - Se pretende evitar el diseño antropocéntrico.
b) Altamente deseadas la transdisciplina y la multidisciplina - Se pretende evitar la monodisciplina.
c) Altamente deseado el diseño especulativo - Se pretende evitar el diseño pragmático.
d) Altamente deseado el uso de los biomateriales - Se pretende evitar el uso de los materiales sintéticos.

Los criterios opuestos de medición de niveles a), b) y d), se conservan tal como están definidos para medir el Modelo1, el criterio de medición c) Diseño pragmático - diseño especulativo, perteneciente al Modelo 2, determina que es altamente deseable que las respuestas proyectuales tengan una respuesta especulativa, planteando que está por debajo de lo deseable que los resultados sean basados en preconcepciones y diseño con una visión pragmática.

Se utiliza el mismo sistema de medición de niveles de introspección y nivel de emulación de la propuesta, definiendo el nivel de resultado de cada caso de estudio clasificando los niveles en nivel esperado, nivel intermedio según lo esperado y nivel por debajo de lo esperado.

4.2.2. Análisis por medio de la encuesta a estudiantes

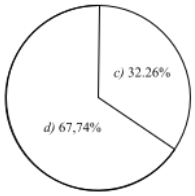
Se realizó un cuestionario a los estudiantes al finalizar el curso para evaluar sus impresiones (Anexo 3.2). El cuestionario fue diseñado de tal manera que permite a los participantes responder en distintos niveles de medición con relación a su opinión de la experiencia vivida como agentes activos de la investigación, además de permitirles de manera opcional el explicar el porqué de su respuesta, con el objetivo de detectar oportunidades de mejora vinculadas a sus propios procesos cognitivos. Las preguntas son anónimas, de opción múltiple dentro de una escala de valores con la opción de dar un porqué a su respuesta de manera escrita. (Tamaño de la población 48, nivel de confianza 95%, tamaño de la muestra 31, márgen de error 11%).

Para el diseño de este cuestionario se han tomado en cuenta los objetivos de esta investigación y a su vez, los objetivos de aprendizaje de las estrategias implementadas. A continuación se realiza un desglose del diseño del cuestionario integrando el objetivo y el rol de cada una:

Pregunta 1: ¿Cómo fué tu experiencia al generar un proyecto a partir de la transdisciplina y la multidisciplina?

Opciones de respuesta:
a) Mi experiencia fue igual a la de siempre, no hizo ninguna diferencia.
b) Mi experiencia fue negativa, no me gustó trabajar con personas de otras disciplinas.
c) Mi experiencia fue un tanto positiva, me pareció buena.
d) Mi experiencia fue excelente, me pareció una experiencia enriquecedora.

Gráfica 1 "Respuestas Pregunta 1 Cuestionario 2"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Haciendo referencia al parámetro de la multidisciplina e interdisciplina, definido en el ciclo de la creatividad de Krebs (Oxman, 2016). Esta pregunta tiene como objetivo medir el nivel de percepción de la experiencia de su participación en un equipo multidisciplinario y del cómo al participar en el ámbito de otras disciplinas e experimentar la interdisciplinariedad, podrían llegar a tener resultados fuera de lo que ellos habrían concebido por sí mismos, siendo partícipes de una experiencia enriquecedora y con posibilidades de hacer crecer su conocimiento.

La respuesta de los estudiantes refleja que el 67.74% de los estudiantes percibieron la experiencia de trabajar en equipos multidisciplinarios como excelente, el 32.26% percibieron su experiencia un tanto positiva, y el 0% no la encontraron como negativa o igual a la de siempre; centrando el total de las respuestas en un porcentaje mayormente positivo de la experiencia.

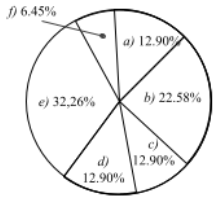
De estos, 21 estudiantes de 31 dieron una explicación al porqué de su respuesta, haciendo énfasis a cómo el trabajar en equipos multidisciplinarios en una perspectiva interdisciplinaria les ayudó a pensar en soluciones desde otro punto de vista, a encontrar diferentes formas de llegar a una solución, así como en las ventajas de complementarse en técnica y conocimiento y de explorar ideas que no se les habían ocurrido por sí mismos.

Pregunta 2: ¿Cuál fue el momento más estimulante de la clase y por qué?

Gráfica 2 "Respuestas Pregunta 2 Cuestionario 2"

Opciones de respuesta:
a) Análisis por medio de la fotografía general.
b) Análisis por medio de observación con el microscopio.

c) Análisis por medio del dibujo análogo.
d) Análisis por medio del dibujo digital.
e) Análisis por medio de la fabricación de prototipos.
f) Otro



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

La pregunta 2 tiene como objetivo determinar cuáles son las técnicas pedagógicas que con mayor éxito logran la estimulación del estudiante, ayudándolo a ser un agente participativo y, por el otro lado, conocer cuáles son las oportunidades de mejora en las actividades que ellos identifican como menos estimulantes.

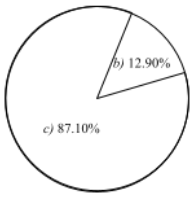
El 12.90% encuentra estimulante el análisis por medio de la fotografía general, así como por medio del dibujo digital, y el análisis por medio del dibujo análogo. El 22.58% encuentran estimulante el análisis por medio de observaciones en el microscopio y el 32.26% encuentran estimulante el análisis por medio de la fabricación de prototipos.

El resultado es que el análisis por medio de observaciones en el microscopio y por medio de la fabricación de prototipo son las actividades que los estudiantes encuentran más estimulantes, mientras que la fotografía, el dibujo análogo y digital, las que menos. Se plantea reforzar la metacognición en estas últimas, para hacer consciente a los estudiantes de su relevancia en el proceso y dinamizar el estímulo, provocando un interés y curiosidad natural, para lograr cumplir el objetivo de estimulación por medio de estas herramientas.

Pregunta 3: Durante y después del curso de soluciones interdisciplinarias enfocado en el diseño biomimético ¿tuviste la percepción de haber conocido más y haberte acercado un poco al mundo natural?

Opciones de respuesta:
a) No
b) Un poco
c) Sí

Gráfica 3 "Respuestas Pregunta 3 Cuestionario 2"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

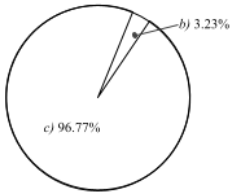
Esta pregunta tiene como objetivo medir el nivel del impacto de las estrategias pedagógicas en su acercamiento al mundo natural y, sobre todo, en su nivel de curiosidad hacia la misma, siendo uno de los principales objetivos de la tesis el buscar estimular al estudiante a relacionarse con su entorno natural, planteándose como la base para generar proyectos biocéntricos, intentando alejar respuestas antropocéntricas.

La mayoría de los estudiantes confirma sí tener la percepción de haber conocido más y haberse acercado un poco al mundo natural, representando un 87.10%; por el contrario, 12.90% indican que un poco y 0% responde que no; siendo una respuesta en su mayoría positiva, teniendo un bajo porcentaje de un nivel medio, se pretende reforzar esta relación con el mundo natural por medio de estrategias que permitan la metacognición y autoreflección.

Pregunta 4: ¿La metodología te ayudó a entender tu rol como diseñador/diseñadora y tu impacto en la transformación a escala global?

Gráfica 4 "Respuestas Pregunta 4 Cuestionario 2"

Opciones de respuesta:
a) No
b) Un poco
c) Sí



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Esta pregunta está ligada al objetivo de la tesis que intenta hacer consciente al estudiante de diseño del rol en este momento transicional con el objetivo de medir el nivel de involucramiento y entendimiento que se tiene en su rol como diseñador, buscando el empoderamiento de la profesión.

A pesar que el 96.77% responde que sí le ha ayudado a entender su rol como diseñador, en las respuestas opcionales de explicar porqué, la mayoría hace comentarios en relación a la metodología: están más sensibles al mundo natural, sin embargo, son sólo un par de estudiantes los que hablan de entender su rol e impacto como diseñadores. Sin llegar a asumir que a los estudiantes no les ayudó la metodología, ya que ellos afirman en la encuesta que sí, se pretende aún así reforzar esta cuestión por medio de estrategias que les permitan estar aún más conscientes de la importancia de su rol.

Pregunta 5: Por favor, da un comentario general para la mejora de la metodología.

La pregunta final tiene como objetivo, además de cerrar la actividad de la encuesta, recabar información omitida en el diseño de la misma y que los estudiantes podrían considerar relevante, para posteriormente alimentar los cambios del modelo de las estrategias pedagógicas siguientes. Las 20 respuestas obtenidas se clasifican en dos categorías: falta de tiempo para profundizar tanto el análisis como el diseño y necesidad de mayor guía en el proceso de realizar propuestas de diseño.

Comparten que el involucramiento del profesor en todas las etapas fue necesario y nunca faltó, y comentan sentir que pudo haber ayudado un poco más asesoramiento en la parte de creación de soluciones; en la misma línea se menciona la necesidad de una guía de lo que el libreto final debería incluir. Por lo que se puede concluir que hay una falta de autonomía y debe estructurarse la actividad para que sientan mayor seguridad en su toma de decisiones.

4.2.3. Análisis y observaciones de la implementación del Modelo 2: por parte de la autora.

En este apartado, continuando con el mismo proceso, se realiza el análisis por medio de la observación directa para obtener datos primarios de la investigación (anexo 8). Recordando que cada estrategia está conformada por un proceso cognitivo y un objetivo de aprendizaje que a la vez se vinculan entre ellas para formar un conjunto sistémico de actividades.

Actividad 1.1: al reemplazar la palabra problemática por el concepto del contexto de estado actual, los estudiantes reflejan un entendimiento claro de la situación y de su vínculo como seres humanos que son parte de un sistema biológico, y no son los humanos el centro de este sistema.

Actividad 1.2: se introduce al diseño especulativo como filosofía. Los estudiantes se manifiestan estimulados y curiosos de hasta dónde se podría llegar con las respuestas por medio del diseño. Los estudiantes comienzan a hacer reflexiones sobre su rol como diseñadores y conexiones con su proceso de diseño y aprendizaje. Se añade este apartado para vincular el proceso introspectivo individual de su rol como diseñadores ante el contexto actual, exponiendolos a visiones de otros diseñadores que toman posturas claras de su filosofía de diseño.

Actividad 1.3: se observó una dinámica fluida. Se tuvo cuidado de no repetir la selección del objeto de estudio de otros periodos académicos.

Actividad 2.1: sigue siendo un reto que los estudiantes consulten fuentes confiables; sin embargo, el proceso de la consulta bibliográfica fue puntual y adecuadamente autodirigida.

Actividad 2.2: El uso de microscopios sigue logrando estimular la curiosidad de los estudiantes. El denominado momento wow, sigue contagiando de entusiasmo, motivación e interés por querer indagar más en relación a su objeto de estudio y el de los demás equipos.

Actividad 2.3: el formato de introspección diseñado para cada uno de los análisis ayudó a que las actividades, además de brindar estímulo, fueran un apoyo para entender sus propios procesos mentales. Los estudiantes reaccionaron con mucha naturalidad al entender el funcionamiento de este mecanismo, como si fuera un respiro el poder descargar las ideas y pensamientos que les iban ocurriendo durante las actividades.

Actividad 2.4: la terminología de dibujo digital genera en algunos estudiantes la confusión entre ilustración y medios digitales, cuando el objetivo es que se plasmen las proporciones y medidas de la geometría que compone el objeto de estudio.

Actividad 2.5: el análisis morfológico y dibujo digital podría tener mayor éxito si uno es consecuente del otro, ya que se detecta que no siempre los equipos hacen la relación entre ambos, al ser actividades independientes.

Actividad 2.6: los estudiantes por lo general necesitan apoyo de los integrantes del equipo que pertenecen a la carrera de diseño gráfico ya que, a pesar de mostrarles ejemplos y explicar el objetivo de este análisis, les resulta complejo realizar la abstracción de las formas. Como observadora, considero que esta dificultad se establece al estar analizando un ser orgánico vivo y no un elemento inerte, como lo podría ser una silla.

Actividad 2.7: el taller de biomateriales fue un éxito, los estudiantes se mostraron muy involucrados y estimulados al momento de descubrir que su capacidad para palpar el proceso de algo a lo que suelen estar ajenos, al menos los estudiantes de diseño.

Actividad 3.1: los estudiantes de nuevo se mostraron muy interesados en compartir y en escuchar los hallazgos de los otros equipos, permitiendo que las presentaciones se convirtieran en conversaciones en las que se comparte conocimiento e impresiones, sintiéndose empoderados al adquirir conocimientos de un nuevo tema, fuera de su disciplina.

Actividad 3.2: Los equipos en general reflejaron un entendimiento de las posibilidades que daba el establecer una propuesta a través del cono de futuros, aunque no todos los equipos lograron con facilidad visualizar el contexto del futuro y se necesitó guía del profesor para establecer un contexto en el futuro, donde podrían situar su propuesta de diseño.

Actividad 3.3: los estudiantes se mostraron entusiasmados en poder explorar ideas donde los límites de las posibilidades se movieran; sin embargo, aún necesitaron mucha guía para sentirse cómodos con sus decisiones, pareciera que no confiaban en sus propias conclusiones y creatividad.

Actividad 4.1: los equipos, aunque han elevado sus niveles de introspección y propuestas de diseño innovadoras, aún les cuesta no hacer conclusiones forzadas o presentan cierto nivel de necesidad de guía del profesor para ayudarles a visualizar sus propias conclusiones, las cuales no parecían muy claras para ellos. Es necesario generar un mecanismo guía para ayudarles a utilizar sus mismas conclusiones en el proceso de ideación y diseño de la propuesta.

Actividad 4.2: se encontró que los entregables, aunque han sido buenos en cuanto a resultados y contenido, requieren mucho tiempo de la fase de diseño, que pudiera ser mejor utilizado para realizar propuestas de mayor profundidad y calidad.

4.2.4. Evaluación de los resultados proyectuales por medio de pares y por la autora, de la implementación del Modelo 2.

Para la evaluación de los resultados proyectuales por pares, se seleccionaron profesores y directores de diferentes áreas de diseño que no han presenciado los resultados proyectuales y desconocen la metodología pedagógica, con el objetivo de validar la coherencia de los resultados y alimentar la investigación con las percepciones de especialistas (anexo 7, grupo b).

Para recopilar las percepciones de los evaluadores, al igual que en el Modelo 1, cada evaluador recibió la información proyectual en síntesis del caso de estudio, acompañado del formato de evaluación y de las instrucciones para su llenado (anexo 6). El formato comprende dos partes, una enfocada en las fases de diseño y en sus objetivos, permitiendo al evaluador dar comentarios de una manera abierta y otra enfocada en los parámetros del Modelo 2: la multidisciplina, interdisciplina, el enfoque biocéntrico y las respuestas de diseño a nivel especulativo.

La evaluación se realiza por medio de la percepción de los especialistas, guiados por una estructura ligada a las fases del proyecto. Esta guía en su primera parte se dividió en los objetivos de las distintas fases de evolución de las estrategias, siendo la primera la fase de investigación y análisis, la segunda las conclusiones del análisis e investigación y la tercera la propuesta de diseño. Para evaluar la fase de investigación y análisis, se determinó la percepción del evaluador en cuanto al nivel de profundización que los alumnos manifiestan en el proceso de analizar por medio de la fotografía, el dibujo y el proceso de fabricación de prototipos de estudio y cómo ellos comunican su introspección por medio de la comunicación visual y escrita a través de diagramas y textos argumentativos.

La segunda parte del formato de evaluación está comprendida, como se mencionó anteriormente, por la medición de los niveles del cumplimiento de los parámetros académicos de las estrategias, de la misma manera que se había medido el Modelo 2, pero con la diferencia de que los parámetros académicos han tenido variaciones con relación a la

modificación y mejora del modelo, siendo la diferencia principal el suplir el enfoque de la innovación por el enfoque del diseño especulativo especulativo :

a) *Monodisciplina en oposición a multidisciplina y transdisciplina.*
   Se plantea como por debajo de lo deseado que los resultados proyectuales sean multidisciplinarios, ya que el enfoque de las estrategias pedagógicas es multidisciplinar e interdisciplinar, buscando que al momento de desarrollar proyectos en equipos, los estudiantes tengan respuestas fuera de su propia disciplina, buscando enriquecer su perspectiva de resolución de problemáticas y favorecer que el proceso creativo sea exitoso (Bento et al., 2004, 335).
b) *Materiales tradicionales en oposición a biomateriales.*
   Como parte del parámetro que busca respuestas de diseño con enfoque biocéntrico, es altamente deseable que los resultados proyectuales contengan una propuesta material de materiales de nueva generación y de base bio, es decir, biomateriales, buscando que el diseño sea capaz de evitar comprometer la vida y los recursos naturales de la Tierra.

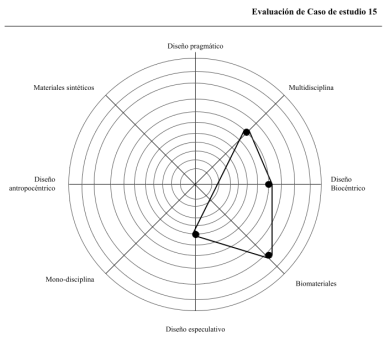
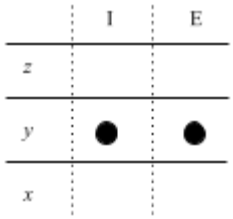
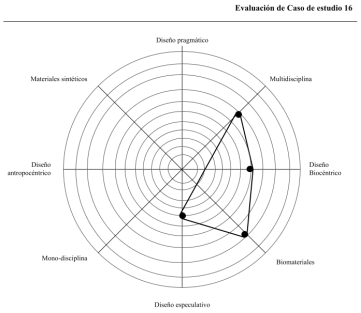
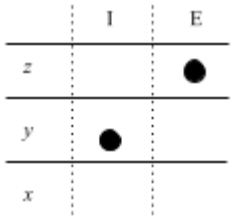
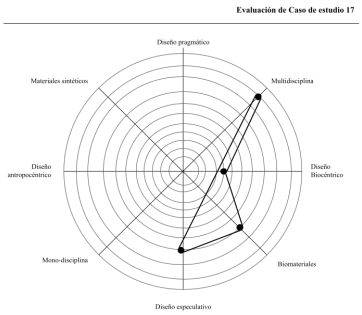
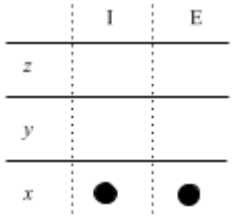
c) *Diseño pragmático en oposición a diseño especulativo.*
   Es altamente deseable que las respuestas proyectuales tengan un enfoque especulativo, siendo un diseño que rompe con los objetivos tradicionales y trabaja en una línea de tiempo del futuro preferible, planteando que está por debajo de lo deseable que los resultados sean basados en preconcepciones previamente establecidas.
d) *Antropocéntrico en oposición a biocéntrico.*
   Como parte del parámetro que busca respuestas de diseño con enfoque biocéntrico, es altamente deseable que los resultados proyectuales intenten plantear un diseño con una perspectiva sustentable y de búsqueda de recuperación de los recursos naturales por medio de estrategias que emulen a la naturaleza y siendo el enfoque antropocéntrico un nivel por debajo de lo deseado.

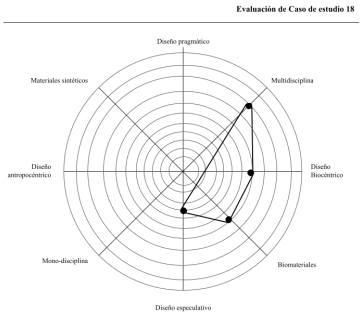
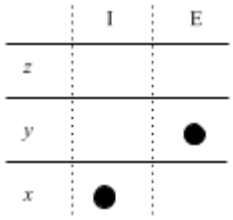
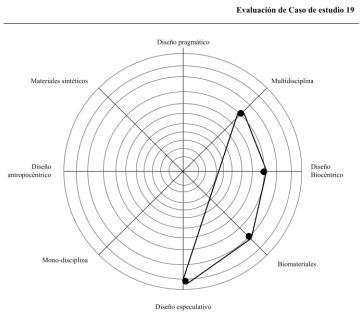
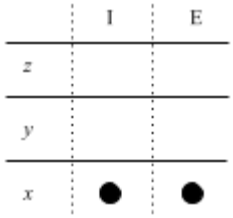
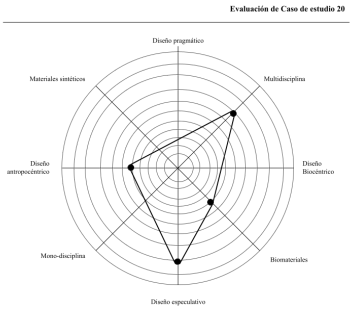
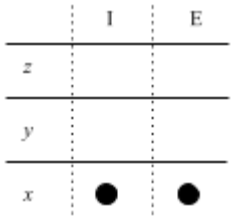
Como fase consecuente se efectúa el análisis a través de la percepción de la autora de esta tesis, con relación a las conclusiones que realizan los equipos de trabajo, para detectar el nivel de profundidad observado de la claridad de la identificación de la problemática y la demostración de las posibilidades de resolución en cuanto a estas mismas conclusiones de su análisis. La fase concluyente evalúa la percepción con relación a la propuesta de diseño, indicando el nivel de profundidad observado en la propuesta de diseño a nivel conceptual, evaluando si el resultado proyectual tiene coherencia con conclusión del cómo es que su objeto de estudio resuelve una problemática o un reto de sobrevivencia, y cómo la propuesta de diseño emula la respuesta de lo que demuestra haber descubierto por medio de su análisis.

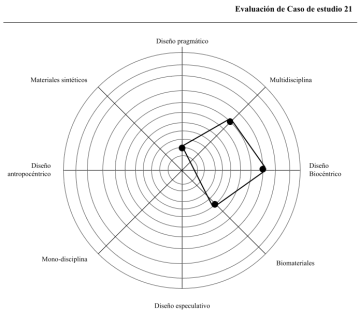
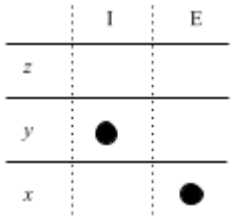
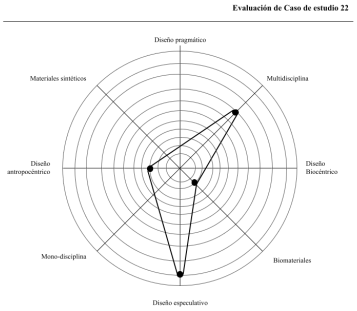
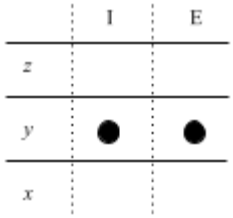
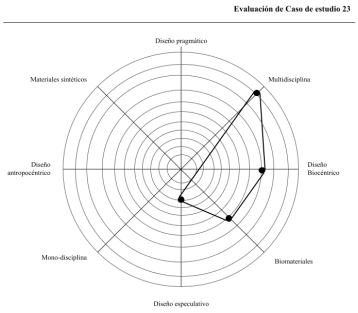
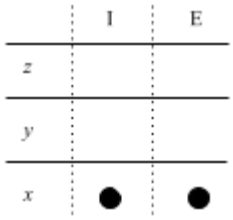
En la tabla 2, al igual que en el Modelo 1, se realiza la recolección del análisis de los resultados de la aplicación del Modelo 2, buscando determinar las posibilidades de mejora de las estrategias. En la primera columna está el diagrama de análisis de datos multivariantes determinado por la evaluación por pares; en la segunda se encuentra el resumen de los comentarios realizados por los pares; y en la tercera se encuentra el resultado de la evaluación realizada por la autora en cuanto a los niveles de introspección y emulación.

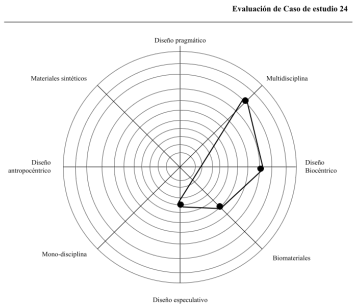
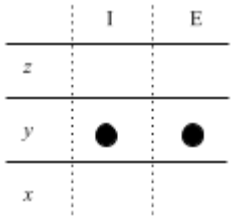
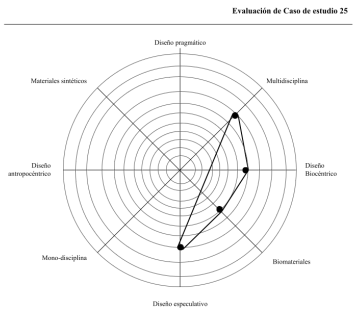
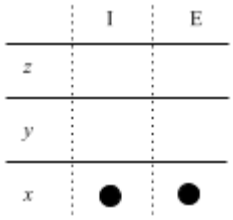
La codificación de medida del nivel de Introspección (I) y niveles de Emulación de la respuesta (E), se definen de la siguiente manera: a) Se identifica con un 0 para demarcar como nivel por debajo de lo esperado, b) Se identifica con un 5 para demarcar como nivel intermedio de lo esperado y c) Se identifica con un 10 para demarcar como nivel dentro de lo esperado.

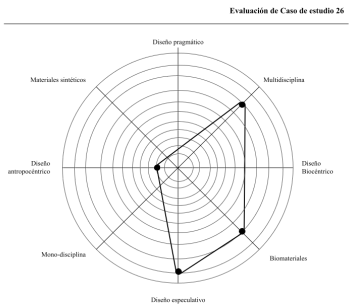
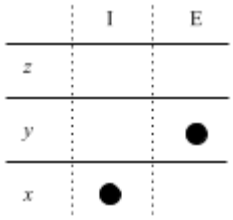
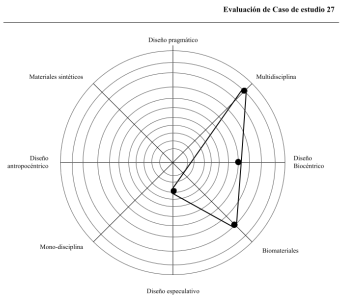
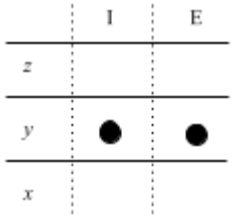
Tabla 2 "Cuadro de resumen de los resultados proyectuales de los casos de estudio 15 al 27 (Modelo 2)"

Diagrama de análisis de datos multivariantes (Diagramas realizados por la autora de acuerdo con la evaluación realizada por los pares)	**Observación** (Los datos recopilados son los apuntes textuales de los comentarios de los pares indicados en el anexo 7)	**Niveles de introspección y emulación** (Diagramas realizados por la autora de acuerdo con la evaluación realizada por ella)
	**Caso de estudio 15** Bien la investigación tanto teórica, como la observación, analizando la morfología y función de la planta. Sí se observa un análisis morfológico, quizás faltó un poco de análisis de la función. Me parece que la aplicación es buena y un buen comienzo para la experimentación e interacción.	
	**Caso de estudio 16** Bien la investigación tanto teórica como la observación, analizando la morfología y función de la planta. Sí se observa un análisis morfológico, quizás faltó un poco de análisis de la función. Se aprecia una deficiencia en la exploración, se puede seguir evolucionando.	
	**Caso de estudio 17** El proyecto presenta un análisis adecuado de representación visual de la propuesta. Los autores argumentan que su propuesta absorbe vibraciones e impactos laterales mientras que en el análisis de elementos finitos podemos ver una rigidez uniforme en la estructura al momento del impacto lateral, lo que implicaría una absorción prácticamente inexistente del impacto. La propuesta de diseño no tiene secciones de tipo "fusible", es decir, que se deformen o absorban en realidad el impacto y que no solo lo distribuyen. La propuesta tiene un nivel adecuado, el análisis funcional tiene un alcance muy corto ya que estructuralmente no ofrece mayor diferencia a la deformación con respecto a los chasis actuales.	

	**Caso de estudio 18** El análisis gráfico es muy bueno, alcanzando síntesis a la hora de definir los aspectos salientes de la morfología de los escarabajos, la especie de referencia. Sin embargo, el uso de lenguaje técnico es algo impreciso, se utiliza la palabra "cóncavo" pero no con respecto a qué, si al observador o al contenido. En caso de que fuese con respecto a la resistencia de impactos externos, lo correcto debería ser convexo. Es posible alcanzar un mayor grado de síntesis a partir de esta propuesta. ¿Por qué hacer una estructura exterior compleja, que requiere soldadura, cuando se puede resolver una estructura más integrada usando hidroformado? Dado que es un concepto de diseño, la propuesta alcanza un nivel satisfactorio. En el caso de usar baterías de litio, no recomendaría usar magnesio En la estructura exterior para protegerlas, dado que el Mg es un material inestable a altas temperaturas (se vuelve inflamable), y éste tipo de baterías tienden a incendiarse en caso de cortocircuitos causados por choques y/o defectos. En ese caso, los biopolímeros y los compuestos con elementos naturales reciclables (fibras de basalto) proveen resistencia mecánica en un material sustentable.	
	**Caso de estudio 19** Excelentes soluciones para comunicar la flexibilidad del material y su entramado. Acertada y concreta manera de solucionar el problema planteado, quizás faltó una revisión a las posibles fallas del producto. Revisar las maneras en las que se recolectarán la red de filtros. Excelente propuesta, podría contemplar las formas en las que se desecharán o limpiarán las estructuras**.**	
	**Caso de estudio 20** Buen análisis. Sintetiza sus intereses en las capacidades biológicas del ojo de la hormiga y los relaciona a necesidades del ser humano. Es coherente. Es profundo y se relaciona a necesidades actuales y su reflexión toma en cuenta el futuro inmediato. Considera la joyería, los dispositivos móviles y nuestra piel como ejes para desarrollar su propuesta.	

	**Caso de estudio 21** Durante la fase de investigación y análisis se demuestra una búsqueda detallada sobre las toronjas. Se incluye un análisis morfológico. Destacó el uso del microscopio para observar a detalle la toronja. Realiza un extraordinario análisis de la geometría utilizando el dibujo digital. El análisis experimental es muy completo, destacando la imagen 1.4 del bordado de las vesículas. Se demuestra un conocimiento suficiente sobre la problemática, hay coherencia entre los riesgos de fenómenos naturales, como actividad volcánica y los materiales con la propuesta de solución. La propuesta de diseño combina la conclusión obtenida durante el análisis y la problemática. Considera materiales resistentes al contexto de erupción volcánica como el kevlar y el nitrógeno, pero no se incluyen detalles para terremotos o tsunamis. Hay detalles que pudieran ser claves que no se incluyen, por ejemplo: factibilidad de la maleta para convertirse en una cápsula completa al rellenarse con nitrógeno, y tener un recubrimiento de memory foam y la cubierta de kevlar. El tiempo en el que puede mantenerse con vida una persona ¿incluye oxígeno?, ¿se pueden transmitir sonidos de dentro hacia afuera? La base de la cápsula es curva, sería importante considerar si la cápsula está diseñada para estar en posición horizontal o vertical y qué tan resistente puede llegar a ser frente a cada fenómeno natural propuesto.	
	**Caso de estudio 22** Análisis detallado de la forma del caparazón, estudio muy profundo sobre los lugares de soporte del material. Gran parte del diseño final se soluciona con otro tipo de innovación tecnológica. Aunque estos responden a puntos de seguridad extra, realmente no son parte del diseño y no están relacionados con el estudio de la cochinilla. A nivel conceptual la propuesta es excelente.	
	**Caso de estudio 23** Nivel Alto. El análisis muestra conocimiento de estructuras especializadas de la libélula y muestra la capacidad de explicar la complejidad geométrica de la estructura Voronoi. La estructura microcrítica es superficialmente explicada. Se beneficiaría de comentarios más técnicos acerca de la manera en que las estructuras mejoran o perjudican la distribución de tensión o bien, se podrían explicar mejor otras fuerzas y debilidades de las mismas. Nivel medio-alto. Se describe un problema real y se propone una manera de atacar los problemas a través de la investigación biomimética que se llevó a cabo. Los problemas conductuales implicados en las costumbres de las personas que se busca ayudar (personas con osteoartritis valgus) está pendiente de evaluar, ya que la comodidad de la ortesis puede no ser el único factor que deba considerarse para promover su uso durante el período recomendado (considerar Thaler & Sunstein,	

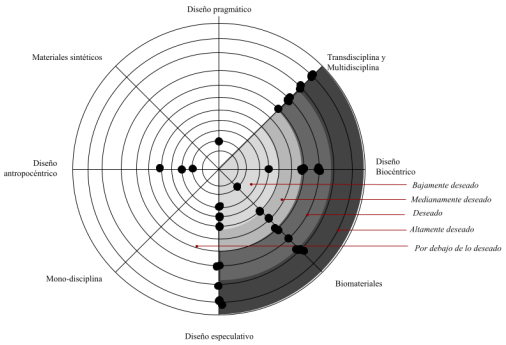
	2022 – '*Nudge*'). Nivel medio-alto. Se propone una solución estéticamente creativa y técnicamente impresionante; sin embargo, ésta parece ir más allá de lo factible o explicable con el nivel del estudiante. Da la impresión de estar en el límite de la ciencia ficción a la realidad alcanzable. Se beneficiaría de una consultoría de ingeniería para aterrizar mejor.	
	**Caso de estudio 24** Las muestras visuales tanto de la referencia botánica como de las posibles aplicaciones arquitectónicas son adecuadas. No se profundiza en mecanismos, quizá por no tener contemplada la viabilidad del proyecto en esta fase. Los autores muestran una problemática adecuada y una identificación de una posible solución igualmente apropiada. Hay coherencia en la idea y la propuesta. Falta profundizar en la aplicación y viabilidad funcional, pues es de cuestionarse si la inversión en superficies de pintura fotovoltaica no resultará en un consumo mayor de energía que lo que pudieran acumular de energía las "hojas absorbentes". Esta propuesta de diseño a nivel conceptual tiene una profundidad aceptable.	
	**Caso de estudio 25** La estructura analizada de la lufa son las redes de fibras vegetales, lineales, livianas y resistentes que sirven para contener las semillas. Se enfocan en esta estructura. El análisis es confuso, en tanto que se mencionan a estas estructuras lineales abiertas como "superficies flotantes", cuando no lo son. La flotabilidad está dada por su peso específico bajo, no porque sea una estructura de celdas cerradas ni laminar que contenga aire. Desde luego, podría especularse que aplicada en una versión artificial o de crecimiento alterando su genética, se lograría una versión de gran escala con la capacidad de dar la flotabilidad necesaria. En la propuesta se mantiene la idea de "superficie". Desde luego, puede considerarse a un tejido plano de cierto grosor de celdas abiertas como una superficie. En este caso habría que aclarar y mostrar un poco mejor en el diseño cómo podría ser esta versión, pero solo se muestran renders y esquemas algo confusos. Aunque son propuestas conceptuales, es necesaria una mejor comunicación visual y escrita. Aparentemente se propone que esta estructura sea como un andamio/*scaffold* para hacer que el hielo tarda en derretirse o formar una balsa gigante, lo cual es interesante y merecería un poco más de desarrollo.	

	**Caso de estudio 26** Análisis detallado de la forma, estructura y material del hongo. Es posible ver en sus dibujos el nivel de entendimiento del material al que llegaron. Gran parte del diseño final se soluciona con otro tipo de innovación tecnológica, que implica muchísimo más desarrollo, y no se relaciona con la profundidad del estudio anterior. A nivel conceptual la propuesta es excelente.	
	**Caso de estudio 27** Su análisis es muy interesante, llegan a profundizar sus observaciones de manera notable. El nivel de profundidad de las conclusiones contra lo propuesto denota un nivel medio, ya que la profundidad de lo observado no se refleja en sus conclusiones. A nivel conceptual la propuesta es interesante, sin embargo, la ya mencionada falta de profundidad de sus conclusiones se refleja en la respuesta de diseño.	

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Para entender mejor los reultados de los niveles del cumplimento de los parámetros en los resultados proyectuales de los casos de estudio 1 al 14, se hace una gráfica sumatoria del total de las evaluaciones, obteniendo como resultado en el parámetro del diseño con enfoque biocéntrico que la mayoría de los resultados están a un nivel bajo y por debajo de lo deseado; en el parámetro de la inmaterialidad casi todos están por debajo de lo deseado; en el parámetro de la innovación, la mayoría de los resultados están a un nivel bajo y por debajo de lo deseado; y en el ámbito de la multidisciplina y transdisciplina la mayoría está en el nivel medianamente deseado.

Diagrama 12 "Resumen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio del Modelo 2"



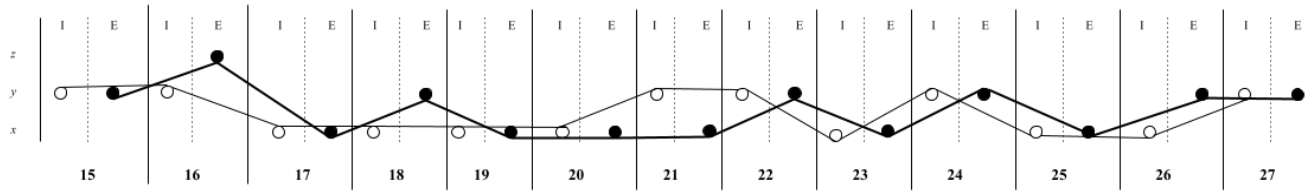
Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

A manera global, los resultados de niveles del cumplimento de los parámetros en los resultados proyectuales de los casos de estudio 15 al 27, al igual que en la evaluación del Modelo 1, se realiza una gráfica sumatoria del total de las evaluaciones en el diagrama 12, obteniendo resultados de mayormente dentro de lo esperado a distintos niveles con una distribución equitativa entre lo bajamente, medianamente y altamente deseado, y se presenta en una pequeña fracción por debajo de lo deseado, siendo el diseño antropocéntrico un área a mejorar, y evidenciándose la necesidad de procurar el estímulo para generar proyectos con enfoque especulativo. Sin dejar de tomar en cuenta que en todos

los parámetros se ha de buscar llegar a lo más cercano a que la mayoría de los resultados proyectuales presenten parámetros dentro de lo altamente deseado.

En la compilación de los resultados de los niveles de introspección esperados del Modelo 2 reflejados en el diagrama 13, resulta que un 7.69% está en un nivel intermedio de lo esperado y un 92.31% en un nivel dentro de lo esperado. En el caso de los resultados de los niveles de emulación de las propuestas esperadas, un 38.46% se ubica en un nivel intermedio de lo esperado y 61.54% refleja un nivel dentro de lo esperado.

Diagrama 13 "Nivel de Introspección y Nivel de Emulación de la propuesta esperado casos de estudio 15 a 27"



Se identifica con un X para demarcar como nivel por debajo de lo esperado
Se identifica con un Y para demarcar como nivel intermedio de lo esperado
Se identifica con un Z para demarcar como nivel dentro de lo esperado

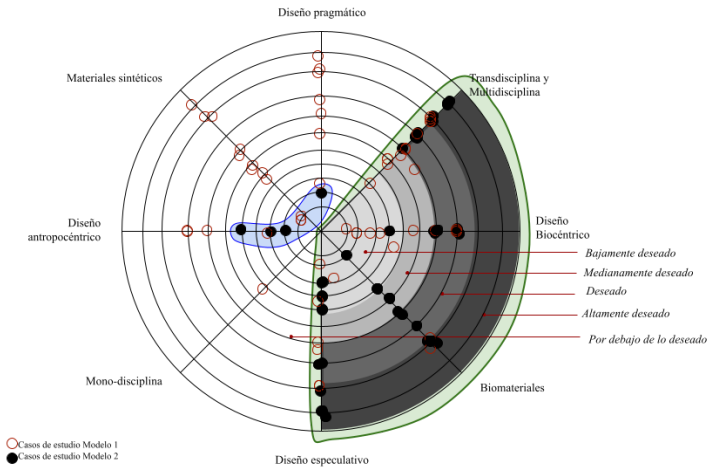
Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Es posible concluir que los niveles de introspección reflejados en los resultados proyectuales tiene un efecto positivo; sin embargo, los niveles de emulación de las propuestas presentan aún deficiencias de nivel intermedio y es necesario reforzar las estrategias para lograr que estén dentro del nivel de lo deseado.

4.2.4.1. Análisis comparativo de los resultados proyectuales de la implementación de Modelo 1 y 2

A manera de visualizar la evolución del cumplimiento de los objetivos académicos y su transformación dentro de la evaluación de los resultados proyectuales, se comparan los modelos 1 y 2 en un mismo diagrama de análisis de datos multivariantes (Diagrama 14), para determinar las estrategias de replanteamiento y modificación.

Diagrama 14 "Resumen comparativo de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1 y 2"



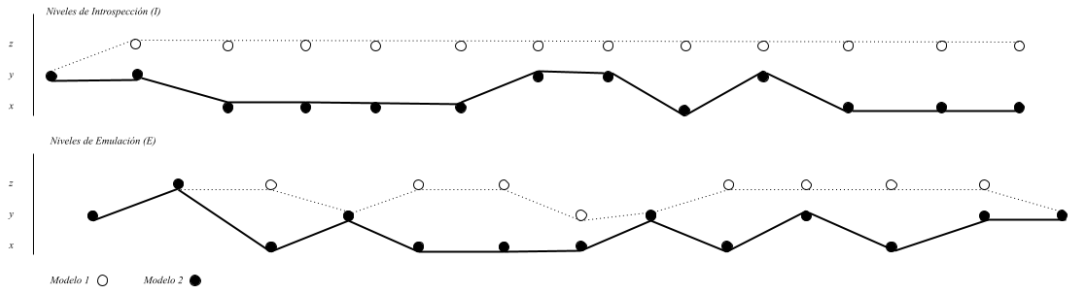
Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Tomando la división octante del diagrama, el resultado ideal se ha de encontrar en tres de ellos indicados en el área verde del diagrama, en una ubicación radial lo más lejano del centro posible, siendo el perímetro de estos tres cuadrantes la figura curva gris obscuro el área de lo altamente deseado.

Los datos variados que refleja el diagrama indican que el Modelo 2 (indicador en negro), han resultado una evolución positiva del Modelo 1 (indicador en rojo), demarcando un acercamiento hacia el cumplimiento de los objetivos académicos-cognitivos presentando áreas de oportunidad en todos los parámetros a un nivel equitativo de un nivel medianamente deseado hacia lo altamente deseado.

El área en azul identifica los resultados del Modelo 2, que están por debajo de lo esperado, reflejando una minoría que indica que el área que los parámetros del diseño especulativo y diseño biocéntrico son una área de oportunidad para el rediseño de las estrategias.

Diagrama 15 "Resumen comparativo de los niveles de introspección y emulación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1 y 2"



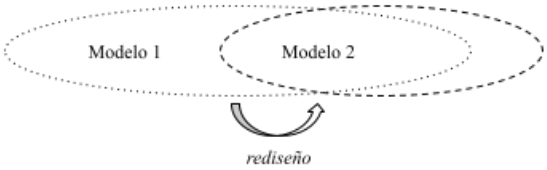
Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

De la misma manera, en el diagrama 15, donde se realiza un resumen comparativo de los niveles de introspección y emulación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1 y 2, se puede concluir que los niveles de emulación han logrado acercarse al nivel de introspección de lo esperado; sin embargo, el nivel de emulación sigue teniendo muchas variantes, reflejando muchos casos de estudio por debajo de lo deseado.

4.2.5. Anotaciones para el rediseño del Modelo 2 (observaciones y recomendaciones).

Para el rediseño del Modelo 2, es necesario retomar las observaciones y recomendaciones de rediseño para el Modelo 1, y evaluar la modificación en el marco general del rediseño establecido en el Modelo 2, en comparación con los resultados de las evaluaciones del Modelo 2. Para ello se toman de las observaciones del Modelo 1 las que se detectan según los resultados de la evaluación del Modelo 2 como recurrentes o aún no solucionadas al nivel que se considera óptimo para el desarrollo de un proceso cognitivo de valor.

Diagrama 16 “Estrategia de rediseño Modelo 1 y 2”



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

a) Se determina que es necesario reforzar el vínculo de las conclusiones del análisis con el proceso de conceptualización, debido a que aún existe un vínculo medianamente débil en algunas ocasiones, en algunas propuestas de diseño, que parecieran un tanto forzadas.

   Para contrarrestar esta debilidad de las estrategias detectada en la evaluación del Modelo 1, se implementó un formato de introspecciones como mecanismo que les permitiera, a manera de bitácora grupal, plasmar lo aprendido de las observaciones experienciales. Al momento de implementar este formato en el Modelo 2, solo se utilizó durante el análisis y no se tomó como referencia al realizar el proceso de conceptualización,udiendo ser una estrategia para corregir lo observado en la evaluación por pares del Modelo 2, donde se detectó la necesidad de reforzar el vínculo de las conclusiones y la conceptualización, aún existiendo una brecha del proceso creativo, donde gran parte de lo aprendido de la tecnología análoga se pierde al no confiar en su proceso imaginativo y creativo.

   También se determina la posibilidad de desarrollar un mecanismo que compile el proceso de las estrategias y que haga de guía para los estudiantes, sin que limite su proceso creativo, pero que les permita administrar la lógica y la validez de las conclusiones y su propuesta.

b) El área en azul del diagrama es un resumen comparativo de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio del modelo 1 y 2. En los resultados del Modelo 2 se identifica que en una minoría de casos de estudio los parámetros del diseño antropocéntrico y del especulativo están por debajo de lo esperado. Aunque sea minoría, sí es un indicador de que el área que estimula estos parámetros es la filosofía de diseño de los estudiantes, por lo que se buscará reforzar la visión del diseño especulativo por medio de mecanismos que permitan potencializar la visualización del rol del diseñador ante los retos actuales.

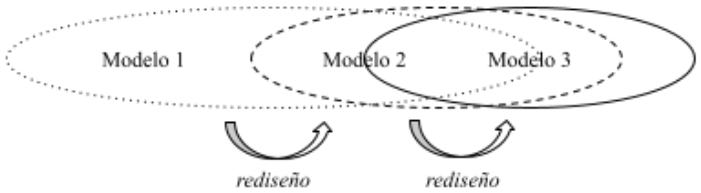
c) Los expertos hacen un grán énfasis de los tecnicismos pasados por alto dentro de los resultados proyectuales, y aunque se determina que es un proyecto a nivel conceptual, se puede concluir que la estrategia mayormente ligada a la tecnicidad de la ingeniería análoga de los ejercicios es el dibujo digital, siendo ésta una estrategia que, a pesar de ser tomada como exitosa al momento de realizarse, al realizar su propuesta los estudiantes no toman la información como un acierto y una herramienta a utilizar al momento de plantear su idea; se considera un reforzamiento en el objetivo de esta estrategia y llamarle análisis por medio de planos técnicos, estableciendo que utilizar un término claro y familiar para los estudiantes podrá permitir una perspectiva más clara desde el inicio.

4.3. Análisis de resultados de la aplicación del Modelo 3

Para establecer el Modelo 3 como resultado del rediseño del Modelo 1 y 2, las modificaciones resultan de las observaciones y evaluaciones de la aplicación del modelo en los casos de estudio 15 a 27 durante el período

académico de primavera del 2020 al periodo académico de primavera del 2021, reflejados en el capítulo 5 de esta tesis.

Diagrama 17 "Estrategia de rediseño Modelo 1, 2 Y 3"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

La mayor parte del rediseño del Modelo 3 se enfoca en fortalecer las estrategias ya aplicadas, más que en realizar cambios sustanciales. El fortalecimiento se realiza por medio de formatos como guías para el aprendizaje, cambios de nombres de las actividades por nombres de mayor comprensión y exactitud, y como estrategia clave se añaden estrategias didácticas para facilitar la visión del diseño especulativo, buscando una mayor creatividad en los resultados proyectuales y en la estimulación de proyectos que se acerquen mayormente a los resultados esperados.

Con un formato similar del análisis de las estrategias pedagógicas del Modelo 2, en este apartado se estudian las estrategias pedagógicas aplicadas del modelo presente, donde se presenta el análisis por medio de la observación directa (anexo 8) y de la encuesta a estudiantes (anexo 3.2), buscando representar y comunicar de manera clara y objetiva el proceso de aplicación y evaluación de este modelo.

Los criterios de evaluación tanto como de las estrategias pedagógicas y como de los resultados proyectuales son los mismos establecidos en el Modelo 2 debido a que, como anteriormente se menciona, el Modelo 3 es el fortalecimiento de las estrategias del modelo pedagógico previo.

4.3.1. Análisis por medio de la encuesta a estudiantes

Se realizaron una serie de cuestionarios de la percepción de los estudiantes en torno a las activades, en momentos clave durante el curso (Anexo 3.3) y se aplicó un cuestionario final (Anexo 3.2). El diseño del cuestionario de la percepción en torno a las actividades, contempla ser respondido de manera anónima y fue diseñado por medio de la escala Likert, permitiendo a los participantes responder en distintos niveles de medición con relación a su experiencia vivida. Asimismo, se les realizaron preguntas, fomentando la introspección y la comunicación libre de su percepción.

Este cuestionario fue aplicado en distintos momentos, para evaluar las estrategias pedagógicas referentes a: a) el análisis a través del microscopio y de la fotografía, b) el análisis a través de la ilustración científica, c) el análisis morfológico y dibujo técnico y d) el análisis a través de prototipos análogos.

Para su diseño se han tenido en cuenta los objetivos de aprendizaje de las actividades establecidas para el Modelo 3. A continuación se realiza un desglose del diseño del cuestionario, integrando el objetivo y respuestas obtenidas de cada una para un tamaño de la población de 27, con un nivel de confianza del 95%, con un tamaño de la muestra de 23 y un márgen de error del 9%.

Pregunta 1:Describe tu experiencia al momento de realizar el ejercicio

La pregunta 1 de los cuestionarios 1 a 4, tiene como objetivo conocer la perspectiva del estudiante en relación a la experiencia de realizar el análisis por los distintos medios, con la intención de detectar si es una actividad que se realiza con éxito o tiene oportunidades de mejora.

Las respuestas de los estudiantes agrupadas según el medio que fue evaluado:

a) *Microscopio y fotografía: "*¡Me encantó! Es increíble como un organismo se ve tan hermoso y geométrico cuando uno lo observa bajo el microscopio.
Me resultó muy interesante que pudimos observar los organismos desde tres diferentes perspectivas, dándonos el espacio para enfocarnos en diferentes características con cada uno".

b) *Ilustración científica: "*Me gustó porque el hecho de que estés dibujando cualquier parte del objeto en estudio puedes notar muchísimos detalles ya que los estás ilustrando a mano, cosa que en una foto a veces no apreciamos cada parte del objeto, por lo que para mí esta experiencia fue esencial para informarme y poder explorar un poco más cada una de las partes que lleva el objeto".

c) *Análisis morfológico y dibujo técnico: "*Me llamó mucho la atención la complejidad de mi objeto de estudio y cómo a través del análisis morfológico se pueden encontrar muchas figuras geométricas. Además, el dibujo técnico me ayudó a entender los detalles precisos de mi objeto".

d) *Prototipos análogos: "*Me sentí impactada al ver el resultado de los prototipos y cómo se parecían mucho con la realidad de mi objeto de estudio. Me ayudó a comprender las funciones de flexibilidad y de transportar cosas. Descubrí muchas cosas e hice más pruebas de lo que tenía pensado".

Pregunta 2: Desde tu perspectiva determina qué tan estimulante encontraste la actividad. (Opciones de respuesta: altamente estimulante, muy estimulante, medianamente estimulante, algo estimulante y nada estimulante o indiferente).

La pregunta 1 de los cuestionarios 1 a 4, tiene como objetivo conocer la perspectiva del estudiante en relación a la experiencia de realizar el análisis por los distintos medios, como se enlistan anteriormente, con la intención de detectar si es una actividad que se realiza con éxito o tiene oportunidades de mejora.

Las respuestas de los estudiantes agrupadas según el medio que fue evaluado:

a) *Microscopio y fotografía:* el 60,87% de los estudiantes encontraron el análisis por medio de la visualización por medio del microscopio y la fotografía altamente estimulante y 34,78% muy estimulante. Por lo tanto, se puede determinar que la mayoría encontró que la actividad les estimula, lo que permite afirmar que la actividad cumplió su objetivo de aprendizaje.

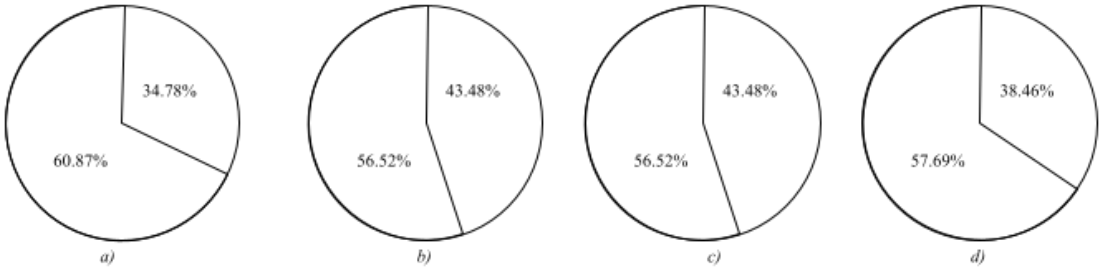
b) *Ilustración científica:* el 56,52% de los estudiantes encontraron el análisis por medio de la realización de ilustraciones científicas altamente estimulante y un 43,48% muy estimulante. Por lo que igualmente se puede decir que todos los estudiantes encontraron la actividad estimulante, y se determina que la actividad cumplió su objetivo de aprendizaje.

c) *Análisis morfológico y dibujo técnico:* el 56,52 % de los estudiantes encontraron el análisis morfológico y el análisis por medio del dibujo técnico altamente estimulante y 43,48% muy estimulante. Por lo tanto, se

puede considerar que está actividad les permitió estimular su aprendizaje.

d) *Prototipos análogos:* el 57,69% de los estudiantes encontraron el análisis por medio de la realización de prototipos análogos para el estudio de su organismo vivo altamente estimulante y 38,46% muy estimulante, por lo que se puede concluir que la actividad cumplió satisfactoriamente su objetivo.

Diagrama 18 "Gráficas de los resultados de la pregunta 2 del Cuestionario 1"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Pregunta 3: ¿Crees que se deban realizar algunos cambios en esta actividad? ¿Cuáles?

La pregunta 1 de los cuestionarios 1 a 4, tiene como objetivo conocer la perspectiva del estudiante con relación a la experiencia de realizar el análisis por los distintos medios, como se enlistan anteriormente; con la intención de detectar si es una actividad que se realiza con éxito o tiene oportunidades de mejora.

Las respuestas de los estudiantes agrupadas según el medio que fue evaluado:

a) *Microscopio y fotografía:* No necesitan cambios, les gustó mucho y les pareció muy interesante, aunque mencionan que a veces sí fue difícil encontrar el ajuste perfecto para ver el objeto, pero ya al tenerlo todo era mejor.
b) *Ilustración científica:* Los estudiantes comentan que esta actividad les pareció mucho más interesante de lo que esperaban, indicando que tal vez se pudiera realizar individualmente.
c) *Análisis morfológico y dibujo técnico:* Los estudiantes indican que no necesita cambios, creen que esta actividad funciona perfectamente, ya que cada quien tiene la libertad de escoger la plataforma que desea para realizar el dibujo técnico digital, lo que facilita mucho más la actividad; creen que es una actividad esencial para tener más detalles del trabajo y poder llegar a un muy buen resultado.
d) *Prototipos análogos:* La mayoría comentó que no necesita cambios. Un comentario que es muy valioso es que le gustaría saber más sobre lo que se espera de esta actividad.

El diseño del cuestionario final del Modelo 3 (Anexo 3.2), fue establecido para ser respondido de manera anónima, diseñado para conocer los niveles de percepción de la experiencia de los estudiantes de manera conclusiva, aplicado al final del curso. Los resultados son de tipo cuantitativo y ofrecen información para la comprobación de aceptación de las estrategias, así como comentarios para su mejora.

Para el diseño de este cuestionario final se han tenido en cuenta los objetivos de aprendizaje de las actividades establecidas para el Modelo 3, con un cambio en el enfoque, incluyendo su impresión con relación a la inclusión del elemento del diseño especulativo y la experiencia de la fabricación de biomateriales. A continuación se realiza un desglose del diseño del cuestionario integrando el objetivo y respuestas obtenidas de cada una para un tamaño de la

población de 27, con un nivel de confianza del 95%, con un tamaño de la muestra de 26, y un márgen de error del 10%.

> *Pregunta 1: La clase de biomimética y diseño especulativo, ¿crees que te haya despertado mayor curiosidad por el mundo natural?*

El diseño de esta pregunta se realiza en el Modelo 2, siendo la pregunta 3 del Cuestionario 3. Tiene el objetivo de conocer si los estudiantes lograron sensibilizarse en relación al agotamiento de los recursos naturales y el rol de los diseñadores para evidenciar consecuencias y posibles soluciones.

El 69.23% determina que sí, el 30.77% un poco,

Los estudiantes dicen haber ampliado su nivel de percepción a través de la meticulosa observación de los mecanismos naturales analizados, lo que los ha llevado a profundizar más sus cuestionamientos, sobre todo al contrastar la mímesis natural con la intervención humana que intenta modificar la misma, abriéndose la posibilidad creativa de innovar al tomar en cuenta desde el diseño hasta la biomímesis como una posible solución a los problemas ambientales. También agradecen la dinámica creativa del proceso, que les ha incentivado a trabajar con más libertad que con estricto rigor.

> *Pregunta 2: ¿Crees que agregando la dimensión de futuros, te haya estimulado para realizar propuestas de diseño más creativas que lo habitual?*

El 69.23% determina que sí, el 30.77% un poco

Comentan lo complejo que es aventurarse a imaginar otros futuros debido a la incertidumbre del mañana, pero les parece crucial comenzar a especular de manera creativa otras alternativas menos dañinas para el planeta y sus formas vivientes. Mencionan que una de las ventajas de la especulación es que logró incentivarlos a diseñar con más atrevimiento, a equiparar el avance tecnológico con las posibilidades actuales del diseño; el contraponer escenarios diferentes les hizo cambiar de perspectiva y enfoque en cuanto a diseño, y se vio reflejado en propuestas fuera de la zona de confort habitual del estudiante.

> *Pregunta 3: ¿Cuál fue la actividad o actividades que consideras han sido de mayor aprendizaje y porqué?*

a) Análisis por medio del uso del microscopio 38,46 %
b) Análisis por medio de la fotografía 38,46 %
c) Análisis por medio de prototipos 30,77 %
d) Análisis por medio del dibujo análogo 23,08 %
e) Análisis por medio del dibujo digital 15,38 %
f) Uso de inteligencia artificial para la generación de imágenes (*Midjourney*) 76,92 %
g) Conceptualización por medio de la escala de futuros (diseño especulativo) 53,85 %

Las respuestas de los estudiantes reflejan que la experiencia de utilizar la inteligencia artificial como mecanismo de comunicación visual de una idea fue altamente popular, con un 76,92% de las respuestas como la actividad de mayor aprendizaje; como segunda popular se ubica la conceptualización por medio de la escala de futuros con un 53,85%. Se incluyeron comentarios anónimos tales como el siguiente extracto del cuestionario: *"Pienso que al tomar las fotografías pudimos ver a profundidad las partes del objeto de estudio y así nos dio más claridad para poder sacar*

una propuesta de diseño. Además, la conceptualización ayudó a visualizar de mejor manera el prototipo y fue muy interesante llevar a cabo el diseño especulativo con referencia al objeto de estudio" (Anónimo, 2022).

Evidenciando que el cambio en el Modelo 3, de la utilización de la escala de futuros y una herramienta de apoyo a la representación de una idea, fue un elemento motivador para estimular las ideas de los estudiantes.

Pregunta 4: ¿Qué recomendaciones podrías dar para que esta clase mejore?

El diseño de esta pregunta tiene su origen en el Cuestionario 2 del Modelo 2, sumando al objetivo de conocer las opiniones y los comentarios de los estudiantes que el cuestionario no haya incluido y de además crear un espacio donde ellos puedan comunicar sus impresiones, haciéndolos partícipes de reflexionar en su proceso de aprendizaje.

Dentro de los comentarios comunes están que los estudiantes hacen énfasis en el tiempo de dedicación a la fase de desarrollo de propuesta de diseño, que les gustaría dedicar una mayor parte al diseño, sin eliminar pasos del proceso del análisis y conceptualización.

Por otra parte, se realizan comentarios de la posibilidad de realizar un poco más de actividades de manera individual, debido a que no todos los estudiantes integrantes de un equipo dedican el mismo tiempo a los entregables, desbalanceando la carga de trabajo.

4.3.2. Análisis y observaciones de la implementación del Modelo 3

En este apartado, continuando con el mismo proceso utilizado en los Modelos 1 y 2, se realiza el análisis por medio de la observación directa por parte de la autora (anexo 8) en cuanto a la aplicación de las notificaciones hechas al modelo previo y la evaluación de cómo estas son recibidas por los estudiantes.

Las anotaciones siguientes presentan un resumen con el enfoque de comunicar las observaciones relevantes, de las en las actividades añadidas y las que sufrieron cambios sustanciales:

Actividad 1.1, 1.2 y 1.3: por medio de la estrategia del debate, los estudiantes han comunicado sus impresiones acerca del su posicionamiento ante la temática del agotamiento de los recursos naturales y su rol como diseñadores, denotando una especie de enojo y, al mismo tiempo, de entusiasmo al saberse partícipes de las posibilidades futuras, donde no solo como diseñadores, sino como una nueva generación de jóvenes que tienen la energía y el entusiasmo por definir un futuro mejor. La mayoría de los estudiantes se muestran interesados por una vía sustentable.

Actividad 2.1: la selección del objeto de estudio fue muy rápida y realizada de una manera muy práctica, posiblemente el haber mostrado ejemplos de cursos anteriores, ayudó en la selección, sabiendo que cualquier objeto de estudio es interesante, aunque no lo parezca.

Actividad 2.2: esta actividad se realizó de una manera muy efectiva gracias al ejemplo de cursos anteriores, permitiendo que los equipos realizarán la actividad con calidad y alcances muy similares.

Actividad 2.3: los estudiantes por primera vez ven tan de cerca el objeto de estudio seleccionado, muestran entusiasmo y generan expectativas de lo que será este curso, ya que es la primera actividad que sale un poco

fuera de la norma de otros cursos que han tenido dentro de sus estudios profesionales. Todos se comunican entre sí permitiendo un ambiente de compartir conocimiento e impresiones.

Actividad 2.4: es una actividad que requiere cierta paciencia y estado mental, cosa que los estudiantes logran después de unos minutos de dedicación. Al inicio no saben cómo empezar, ya que no todos están familiarizados con esta herramienta, pero su actitud de respuesta es muy positiva y logran alcanzar un objetivo determinado por la actividad de manera exitosa.

Actividad 2.5: el inicio de la actividad es un poco complejo, ya que a alguno estudiantes se les dificulta generar abstracciones geométricAs de un elemento orgánico, es una reacción que considero dentro de lo esperado, ya que es una estrategia que tiene un nivel de complejidad media al inicio, y es esperado que mientras se van familiarizando con la herramienta los resultados son mejores y las frustraciones de los estudiantes se van disipando.

Actividad 2.6: el análisis por medio de prototipos, es una actividad que los estudiantes realizaron con una actitud muy positiva, aunque haya habido quienes nunca había realizado prototipos físicos, se vieron muy interesados en probar sus hallazgos.

Actividad 2.7: la fabricación de biomateriales, es una actividad que detonó un gran interés por los estudiantes, pueden experienciar y tomar sus propias manos un material que ellos mismo fabrican en sus casas, estimulandolos de manera positiva, ya que manifestaron el estar muy interesados en conocer más y experimentar más estas posibilidades.

Actividad 3.1 y 3.2: los formatos de introspecciones fueron clave para el éxito de estas actividades, ya que les ha ayudado ha de manera lógica aterrizar los hallazgos obtenidos en el análisis, en propuestas claras con objetivos ligados a la ingeniería análoga natural del organismo seleccionado.

Actividad 3.3: el juego de futuros, fue una dinámica interesante, que les permitió a los estudiantes a la visualización de futuros, así mismo que en el contexto lúdico permitirse romper las reglas de los límites pre-establecidos por ellos mismos, y vieron que al "jugar" un poco, se daban la libertad de ser más creativos.

Actividad 3.4: el uso de *Midjourney* como herramienta colectiva para la representación de una idea, fue un mecanismo que resultó muy atractivo para los estudiantes, sin embargo, no todos los estudiantes lo supieron aplicar como idealmente se ha pensado. Existen dos tipos de uso: el de colaboración, donde se busca obtener visualizaciones que apoyen una idea definida, y el de muleta (por así llamarlo) ya que se apoyaban en lo que de manera aleatoria la inteligencia artificial les iba otorgando.

Actividad 4.1: los equipos en su mayoría fueron capaces de realizar un diseño conceptual dentro de la escala de futuros, aunque a algunos les fue más sencillo que a otros. Para algunos equipos fue todo un reto visualizar el futuro con relación a las macrotendencias y evaluar cómo sería la evolución social, cultural y tecnológica, el tiempo al que se estaban dedicando.

Actividad 4.2: el formato de resumen de proyecto final resultó muy valioso, permitiendo que los equipos organizaran su tiempo. Por otro lado, la herramienta de síntesis del video, fue un elemento clave de comunicación de proyecto, debido a que los estudiantes de manera muy cuidadosa prepararon la comunicación de una idea, acompañado de efecto visuales y auditivos que permitían dar un contexto global.

4.3.3. Evaluación de los resultados proyectuales por medio de pares y por la autora, de la implementación del Modelo 3.

Para la evaluación de los resultados proyectuales por pares, así como en el Modelo 2, se seleccionaron profesores y directores de diferentes áreas de diseño (anexo 7, grupo b), con el objetivo de validar los resultados y a su vez permitir tener percepciones externas de especialistas.

Para recopilar las percepciones de los evaluadores, se realizó la misma dinámica efectuada (anexo 6) para evaluar los resultados proyectuales de los modelos previos, así como el uso de las mismas rúbricas bajo los mismo criterios, con la intención de evaluar si el reforzamiento de las estrategias habia arrojado resultados proyectuales dentro de lo esperado.

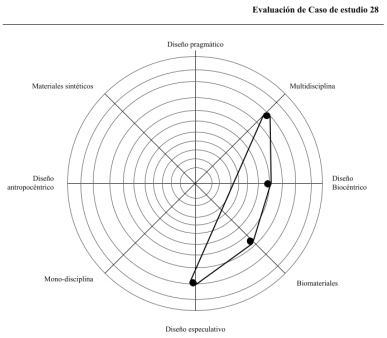
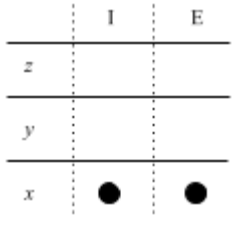
Recordando que los criterios de evaluación son:

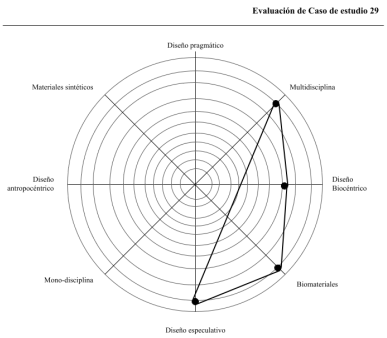
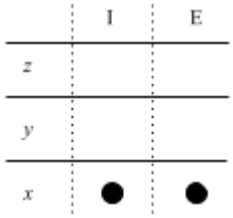
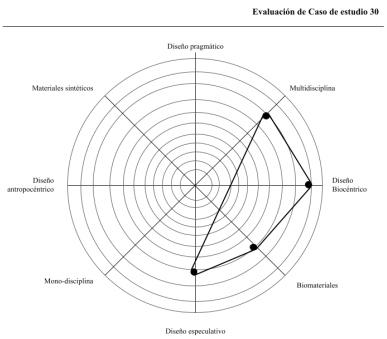
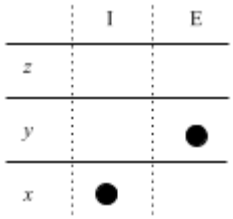
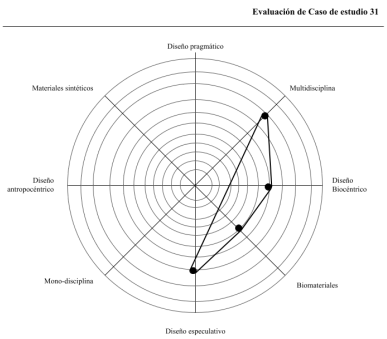
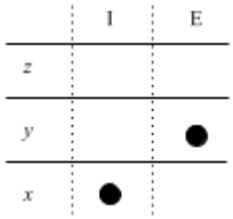
a) *Monodisciplina opuesto a multidisciplina y transdisciplina.*
b) *Materiales tradicionales opuesto a biomateriales.*
c) *Diseño pragmático opuesto a diseño especulativo.*
d) *Antropocéntrico opuesto a biocéntrico.*

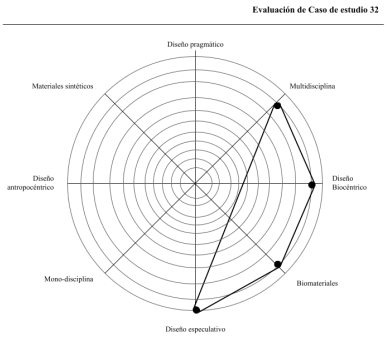
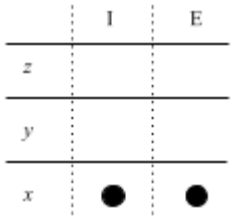
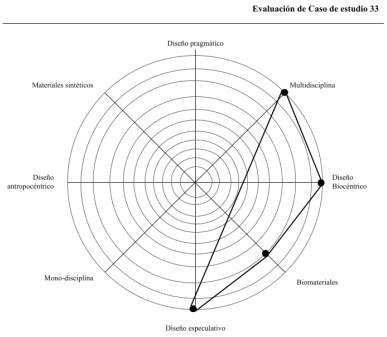
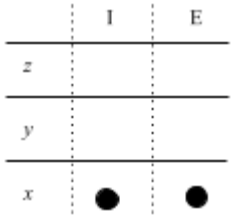
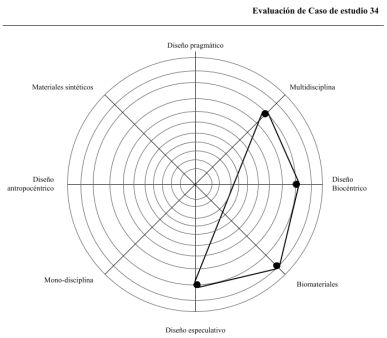
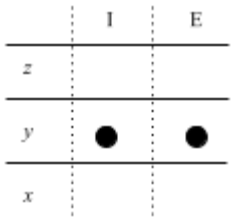
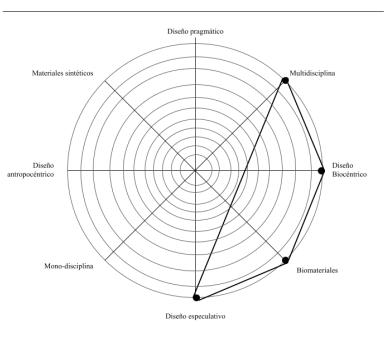
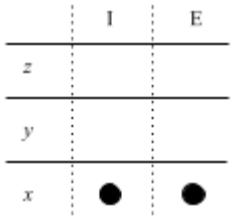
Como en el análisis de los modelos previos, como fase siguiente se realiza un análisis por medio de la percepción de la autora de esta tesis, detectando los niveles de introspección y de emulación de los resultados proyectuales de cada equipo.

En la tabla 3, al igual que en los Modelos 1 y 2, se realiza la recolección del análisis de los resultados de la aplicación del Modelo 3, buscando determinar las debilidades de las estrategias. En la primera columna está el diagrama de análisis de datos multivariantes determinado por la evaluación por pares, en la segunda columna se encuentra el resumen de los comentarios realizados por los pares, y en la tercera columna se encuentra el resultado de la evaluación realizada por la autora de los niveles de introspección y emulación.

Tabla 3 "Cuadro de resumen de los resultados proyectuales de los casos de estudio 28 al 35 (Modelo 3)"

Diagrama de análisis de datos multivariantes (Diagramas realizados por la autora de acuerdo con la evaluación realizada por los pares)	**Observación** (Los datos recopilados son los apuntes textuales de los comentarios de los pares indicados en el anexo 7)	**Niveles de introspección y emulación** (Diagramas realizados por la autora de acuerdo con la evaluación realizada por ella)
	**Caso de estudio 28** La investigación fue media. Sí se investigaron algunos aspectos poco usuales sobre la tela de araña sin llegar a una descripción detallada o comprensión profunda de su morfología o razón de ser. Las fotografías eran atractivas, aunque poco informativas en lo general. Identificación de problemática media también. Se identificó un problema real del mundo: la contaminación del aire. Una propuesta de solución: filtrado del mismo por un textil de dimensiones urbanas. En intentar dar a ese textil un uso específico se puso de	

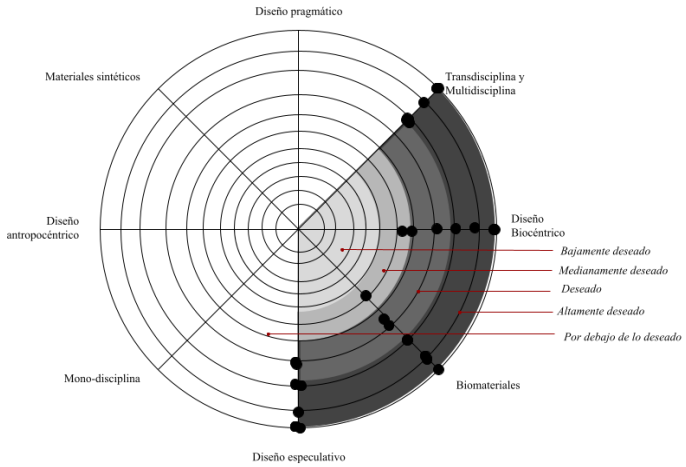
	manifiesto que no hay una comprensión de los sistemas que dan lugar a la contaminación, ni se comprende que cayeron justamente en uno de ellos. Nivel de profundidad superficial. Se llegó hasta el punto de identificar la tela de araña como una tela. No se concluyó mucho sobre su naturaleza geométrica, su relación con el entorno o sus capacidades resistentes. La Geósfera era una mala traducción de imagen a proyecto; muy superficial y completamente innecesaria.	
	**Caso de estudio 29** Se arranca con la problemática identificada, lo cual da mayor claridad en la narrativa del proyecto. El análisis se vuelve más puntual y acotado. Hubo mayor profundidad en la exploración de materiales y tecnologías. La solución es sólida, y clara. Sin embargo, no contempla los dilemas filosóficos y de calidad de vida de la población en el futuro. El salto entre el planteamiento inicial y la solución es muy grande, y no ve el resto de implicaciones que tiene el desarrollo de un proyecto de este tipo. La propuesta se centra totalmente en la función, pero no contempla otros aspectos igual de importantes en términos de las necesidades de la humanidad y el entorno para que pueda operar.	
	**Caso de estudio 30** No queda claro si las alumnas lograron profundizar en la comprensión de los conceptos que presentan, algunos muy particulares de la botánica. La parte contextual es importante, pero hace falta identificar si para ello sería pertinente acotar la investigación más hacia la parte explicativa. El proceso exploratorio es relevante, y arroja resultados de valor que abonan a la propuesta de diseño. Sin embargo, las limitantes en términos de conocimiento de materiales y procesos de manufactura del equipo queda en evidencia. Además, la premisa de diseño es muy abierta, sin tener una aplicación clara del producto. La aplicación del producto en algún contexto particular queda endeble, ya que no se describen posibilidades de manera clara.	
	**Caso de estudio 31** Se nota un proceso de investigación bastante robusto en términos de la morfología y atributos del objeto en cuestión (rosa) así como de los posibles materiales para el prototipo. Hay consistencia entre la problemática y solución planteada aunque considero que ambas son demasiado reducidas. Salta directo a una única solución en vez de considerar diversas posibilidades de resolución. Propuesta de solución reducida a muy pocos factores, faltó un enfoque sistémico de mayor amplitud en búsqueda de propuestas más sólidas.	

	**Caso de estudio 32** Muy buen análisis, en algún momento quizás faltó justificar las formas de los "picos" y el porqué se eligieron en esa posición a la hora del enterrado. En la comunicación en la presentación faltó un poco de explicación, pero en el video se aclaran las dudas. Buen análisis de la problemática, considero que deberían agregar en esta propuesta el líquido, humedad, o algún agente que detone este factor para promover el crecimiento en este escenario prospectivo. Faltó algún diagrama para explicar el paso a paso, no solo relatarlo, para dejar más claro el concepto. Diseño conceptual con un nivel de profundidad alto.	
	**Caso de estudio 33** La única mejora es ver de nuevo el perfil del suelo, que ahora está hecho con una sola curva extruida hacia un lado, y no va funcionar al cien por ciento en cuanto a mantener la estabilidad lateral. Sería mejor hacerlo en 3D o algo similar, como las llantas todo terreno.	
	**Caso de estudio 34** La secuencia o estructura que siguieron en la investigación pareciera no estar enlazada. La exploración y prototipado no parece estar vinculada al resultado final. El objeto de estudio (margarita) se empieza a perder cuando llegamos a hablar del producto. El planteamiento, en términos de tiempo, se queda corto. Las características que la ligan con la margarita se desvanecen en la presentación de la solución final. Las funcionalidades y prestaciones de la propuesta final también se perciben muy limitadas en cuanto a lo que la tecnología probablemente permita hacer en los próximos 50 años. La exploración con *midjourney* ayuda, pero no termina de resolver. La forma de la solución final carece de suficiente estudio e interacciones para poder encontrar algo más innovador. Las limitaciones que plantean no son necesariamente algo que a futuro no se pueda resolver, y por el contrario, acortan el alcance del proyecto.	
	**Caso de estudio 35** Seguramente hicieron un buen análisis, pero no se vió totalmente representado en la presentación final. Lo resuelve y se ve algo directamente relacionado con la problemática. Podrían profundizar más, pero para el tiempo de la clase es un buen alcance.	

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Para analizar de una manera más clara los resultados de los niveles del cumplimento de los parámetros en los resultados proyectuales de los casos de estudio 27 al 35 se hace una gráfica sumatoria del total de las evaluaciones, obteniendo como resultado en el parámetro.

Diagrama 19 "Resumen de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio del Modelo 3"

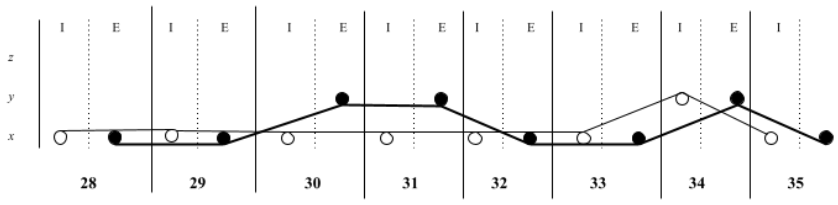


Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

El diagrama nos indica que el parámetro de la multi y transdisciplina están dentro de los altamente deseado, cuando los parámetros del diseño especulativo y diseño biocéntrico tienen resultados muy parecidos distribuidos a lo largo de lo deseado y altamente deseado, y el parámetro del uso de los biomateriales en la propuesta de diseño está establecida con unos pocos elementos en lo medianamente deseado, sin embargo, está mayormente distribuida por lo deseado y altamente deseado.

Al igual que en la evaluación de los modelos previos, se realiza un diagrama que permite obtener una visión global de los resultados de niveles del cumplimento de los parámetros en los resultados proyectuales de los casos de estudio 28 al 35, la gráfica sumatoria del total de las evaluaciones está reflejada en el diagrama 19, obteniendo resultados mayormente dentro de lo esperado a distintos niveles, con una distribución equitativa entre lo medianamente y altamente deseado. Siendo el uso de los biomateriales en las propuestas de diseño un parámetro a reforzar. Sin dejar de tomar en cuenta que en todos los parámetros se ha de procurar llegar lo más cercano a que la mayoría de los resultados proyectuales presenten parámetros dentro de lo altamente deseado.

Diagrama 20 "Nivel de Introspección y nivel de emulación de la propuesta esperado casos de estudio 28 a 35"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

En la compilación de los resultados de los niveles de introspección esperados del Modelo 3 reflejados en el diagrama 20, resultando un 12.5% reflejan un nivel dentro de lo esperado y un 87,5% refleja lo altamente esperado. En el caso

de los resultados de los niveles de emulación de las propuestas esperadas, un 37,5% refleja un nivel dentro de lo esperado y un 62.5% refleja lo altamente esperado.

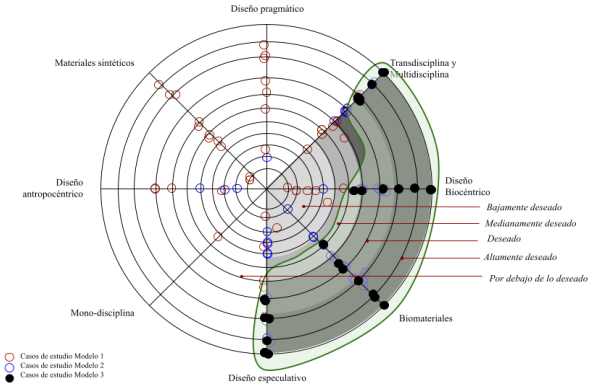
Es posible concluir que los niveles de introspección reflejados en los resultados proyectuales están teniendo un efecto muy positivo, y los niveles de emulación de las propuestas, están dentro de lo esperado, aunque existen áreas de oportunidad para su reforzamiento para lograr que estén dentro del nivel de lo altamente deseado.

4.3.3.1. Análisis comparativo de los resultados proyectuales de la implementación del modelo 1, 2 y 3.

A manera de visualizar la evolución del cumplimiento de los objetivos académicos y su transformación dentro de la evaluación de los resultados proyectuales, se comparan los modelos 1, 2 y 3, en un mismo diagrama de análisis de datos multivariantes (Diagrama 21) para determinar las estrategias de replanteamiento y modificación

Como previamente se había mencionado, los resultados proyectuales deben situar su evaluación dentro de los 3 octantes sombreados en escala de grises, en una distribución radial, donde entre más cerca estén del perímetro, más se aleja a la evaluación esperada y entre más se acerque al centro o se salga de estos 3 octanes, se ubican por fuera de lo que se espera.

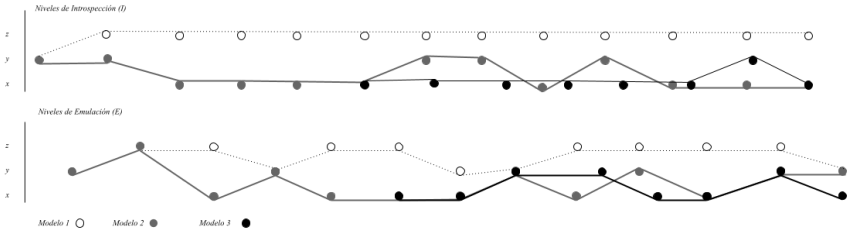
Diagrama 21 "Resumen comparativo de la evaluación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de modelos 1, 2 y 3"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Los datos variados que refleja el diagrama 22 indican que el Modelo 3 (indicador en negro), ha resultado una evolución en positivo del Modelo 1 (indicador en rojo) y 2 (indicador en azul), demostrando que el rediseño de las estrategias ha arrojado resultados proyectuales con un mayor cumplimiento de los objetivos académicos-cognitivos, permitiendo las posibilidades de definición para el modelo consecuente (final).

Diagrama 22 "Resumen comparativo de los niveles de introspección y emulación de los resultados proyectuales de los casos de estudio de Modelo 1, 2 y 3"



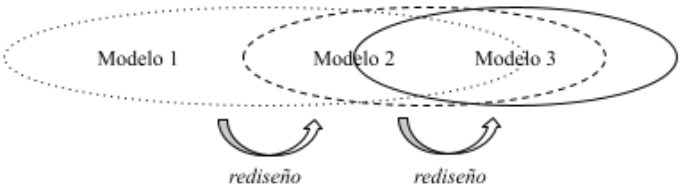
Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

En el diagrama 22 se realiza un resumen comparativo de los niveles de introspección y emulación de los resultados proyectuales de la aplicación de los Modelos 1, 2 y 3, en el se puede visualizar que los niveles de introspección, así como los niveles de emulación han logrado acercarse al nivel de lo altamente esperado, teniendo aún algunas vertientes dentro de lo esperado, reflejando un área de oportunidad.

4.3.4. Anotaciones para el rediseño del Modelo 3 (observaciones y recomendaciones).

Las anotaciones y recomendaciones de rediseño de este modelo servirán de partida para la definición del modelo final; como se menciona en el apartado de la metodología, este modelo final es el reflejo del rediseño del Modelo 1, que da lugar al Modelo 2 y el reforzamiento del Modelo 3, que da a lugar al modelo final. Para esto se han clasificado las observación en relación a las modificaciones esenciales que han impactado los resultados de este modelo, como lo son el reforzamiento del diseño dentro de una escala de futuros, el uso de la plataformas de inteligencia artificial para la generación de visuales, así como las herramientas de organización e introspección.

Diagrama 23 "Estrategia de rediseño modelos 1, 2 y 3"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

a) El uso de los formatos a lo largo de todo el proyecto ayudó a los equipos a organizar sus reflexiones y proceso de investigación, determinado un camino para la documentación del proyecto muy claro para los equipos.

b) Los tiempos de las actividades presentan áreas de mejora, pudiendo compactar algunas de las actividades de la fase de análisis, permitiendo dedicar un poco de más tiempo a la fase de la conceptualización.

c) El juego de futuros podría ser una herramienta introductoria al curso, para dar a los estudiantes mayor tiempo de reflexionar en relación a esto, para que al llegar el momento de realizar una propuesta de diseño, tengan mayormente asumida la dinámica.

d) Para fomentar un mejor entendimiento de lo que se espera de cada actividad y su valor dentro del curso, se podría recurrir a un uso mayor de ejemplos y rúbricas más detalladas.

e) Desvinculamiento del análisis y la propuesta de diseño; para el perfil de estudiante UDEM, en la fase de análisis, le cuesta ver el valor que tiene en un proyecto de investigación-creación, ya que están muy acostumbrados a crear sin que necesariamente registren su proceso de pensamiento, haciendo que al momento de realizar una propuesta de diseño, le cueste justificar claramente o la propuesta no esté al cien por ciento vinculada a los resultados obtenidos en la investigación, aunque hayan tenido un análisis exitoso, con

introspecciones muy interesantes.

Para ayudarles en este proceso, se implementó durante el desarrollo de las estrategias pedagógicas el uso de una bitácora de registro de su aprendizaje, donde los estudiantes de manera individual anotan sus impresiones y hallazgos en momentos claves del proyecto, y se les invita a responder las preguntas: ¿qué es lo que aprendí?, ¿cómo me sentía al momento de realizar esta actividad?, ¿qué fue lo que pensé durante la actividad? Pretendiendo que esto les ayude al momento de realizar un concepto de diseño, al consultar los hallazgos realizados.

f) La motivación y el interés: es evidente como algunos estudiantes se ven muy motivados al estar analizando algo que no habían visto nunca de esa manera, el uso del microscopio y zoom de las cámaras son muy valiosos en este momento, se puede decir con seguridad que la mayoría se ve muy motivado por ese momento; sin embargo, me pregunto, en los pocos que no se captó su interés, ¿porqué será? Esto lo marco como el gran reto de todo momento de enseñanza, el porqué a pesar de buscar estimular al estudiante por diversos medios, éste aún no se ve cien por ciento implicado en la actividad. Intentando superar este momento, durante todo el curso se añaden otro tipo de estímulos denotando el valor de la interdisciplina y cómo cada estudiante tiene un rol valioso en el equipo, intentando que aquellos que estaban poco involucrados vean el valor de su rol y un poco la presión que esto implica, ya que sus compañeros de equipo le otorgan naturalmente una función de acuerdo a sus habilidades y perspectivas de acuerdo a su área.

   Considerando el ciclo de Kerbs de Neri Oxman (Oxman, 2016), el acierto es poder dar cabida a la diversidad de las disciplinas y así posibilitar la generación de innovación y conocimiento.

g) La predisposición y el pragmatismo: otro momento clave es la transición del análisis a la conceptualización. Durante la investigación, este es un momento en el que como docente era necesario mi involucramiento como guía para la toma de decisiones y en diversas ocasiones intentaba hacerles ver cómo estaban ellos mismos estableciendo un límite en sus ideas y actuando con preconcepciones y pragmatismo. No fue hasta integrar el diseño especulativo como un elemento central de la pedagogía que los estudiantes comenzaron a dejar que su creatividad ligada a los hallazgos de las investigación, les permitiera comenzar a visualizar conceptos complejos y que reflejaran un alto entendimiento de su rol como diseñadores y las posibilidades que tienen.

h) La representación como limitante: aunado a esto, aunque los estudiantes empezaron a plasmar ideas innovadoras, acotan sus propuestas en relación a lo que pueden representar, limitándose a los programas que dominaban, siendo una gran limitante, y los resultados empezaban a ser determinados por las competencias de conocimiento y manejo de software. Para permitir que los conceptos fueran profundos y no limitados por su representación, se integró el uso de la inteligencia artificial como medio de comunicación visual de una idea. Ya que el objetivo de esta clase es el generar una propuesta conceptual y permitirles a los estudiantes que visualicen de lo que sus ideas son capaces, la representación pasa al nivel de comunicación de un proyecto y no es el centro de ella. Para ellos se utiliza la herramienta de *word to image*, en este caso la versión gratuita de *midjourney*.

Capítulo 5

Resultados proyectuales de los modelos implementados según el proceso de investigación-acción

En éste capítulo se muestra el análisis de los resultados proyectuales de la implementación de las estrategias pedagógicas, evaluados por los actores de la investigación y la evaluación por pares. En esta investigación se obtuvieron dos tipos de resultados: los modelos propuestos de las estrategias pedagógicas y los resultados proyectuales de la implementación de estas estrategias. Para determinar los resultados de los modelos propuestos, se considera su diseño y replanteo como parte del resultado de la investigación, así como su implementación dentro del aula en forma de casos de estudio, de donde se obtienen los resultados proyectuales. El replanteo y la implementación de los modelos se realiza en 3 momentos; lo que aquí se presenta son los resultados de los 3 momentos de su implementación y la evolución que han tenido según las transformaciones en referencia a las recomendaciones de modificación.

5.0 El diseño de las estrategias pedagógicas

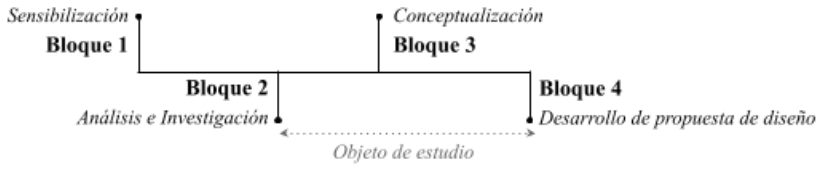
Las estrategias pedagógicas —indicadas en el Capítulo 2— tienen el objetivo de ser capaces de estimular a los estudiantes a experienciar un proceso adaptativo de diseño y aprendizaje significativo bajo la premisa del diseño biomimético especulativo. Se han tomado como base 3 principios básicos: a) la multidisciplina e interdisciplina, b) el enfoque biocéntrico y c) el diseño especulativo. Cabe destacar que éste último se añade como principio a partir del rediseño e implementación del Modelo 2.

Su diseño se realiza por medio de la investigación teórica-empírica, la identificación de actividades basadas en estimular el proceso cognitivo del aprendizaje utilizado en los cursos de diseño y cómo éstos, a través del aprendizaje activo, pueden constituir los peldaños para establecer unas estrategias que estimulen a los estudiantes en este momento transicional de la sociedad.

Se establece como línea organizacional partir de lo conocido a lo por conocer, por medio de aprendizajes significativos; es decir, el estudiante construye nuevos conocimientos a partir de los ya que ha adquirido anteriormente.

El desarrollo de las estrategias pedagógicas sigue el formato laboratorio, con el objetivo de estimular el aprendizaje con base a proyectos, desarrollando una propuesta de diseño biomimético centrado en un objeto de estudio, dentro de un período académico. Las estrategias están divididas en cuatro grandes bloques organizativos de actividades determinadas por medio de sus objetivos cognitivos; el bloque 1, es de sensibilización, seguido por el bloque 2, de actividades para el análisis e investigación, posteriormente el bloque 3, de actividades de conceptualización y finalmente el bloque 4, de actividades para desarrollo del proyecto.

Diagrama 24 “Los bloques de actividades”



Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

El diseño de las actividades se determina a modo instructivo e intenta fomentar el aprendizaje activo, donde el profesor tiene el rol de estimular y guiar al estudiante, siendo el encargado de monitorear su propio proceso; además, estas actividades intentan abarcar las dimensiones del conocimiento con un enfoque cognitivo y metacognitivo, donde los estudiantes toman decisiones paralelas de al menos cuatro niveles de abstracción: conceptual, topológico, tipológico y formal (De Garrido, n.d.).

Se plantean en su mayoría actividades en equipos multidisciplinarios, siguiendo el concepto de que el intercambio de ideas está enriquecido por las diferentes perspectivas y estrategias, sin dejar de lado las actividades individuales, generalmente enfocadas en la introspección, para estimular al individuo a contribuir a las perspectivas colectivas (Bento et al., 2004, 167).

Las actividades se desarrollan en torno a un objeto de análisis,un organismo vivo, que funciona como guía, estímulo e inspiración para plantear propuestas de diseño basados en la emulación de la forma-ingeniería análoga del objeto de estudio, formulando una propuesta de diseño que se desarrolló durante el semestre académico.

Cada una de las estrategias está plasmada en una tabla resumen con los siguientes apartados:

a) *Dinámica*: se refiere a si la actividad se realiza de manera colectiva o individual, impactando en el proceso cognitivo y en el objetivo de la misma. En este caso, las actividades se realizan de manera individual o en equipos multidisciplinarios de 3 a 4 personas.
b) *Bloque*: las estrategias están divididas en cuatro grandes bloques organizativos: bloque 1, de sensibilización; bloque 2, actividades para el análisis e investigación; bloque 3, de actividades de conceptualización; y bloque 4, de actividades para desarrollo del proyecto.
c) *Proceso cognitivo*: determina el proceso del aprendizaje y las dimensiones del conocimiento con las que se adquiere el conocimiento.
d) *Tema*: determina la temática que se estará trabajando.
e) *Actividad:* son las acciones que se realizan como parte de la clase para facilitar el conocimiento.
f) *Objetivo*: mecanismo que influye en el diseño de las actividades pronosticando los resultados cognitivos de los estudiantes.

5.1. Estrategias pedagógicas del Modelo 1

La tabla 4, representa el diseño resumido del conjunto de recursos didácticos del Modelo 1, en ella se comprenden las estrategias pedagógicas que están formadas por sus actividades, objetivo, proceso cognitivo y la dinámica de cómo se llevan a cabo.

Tabla 4 “Resumen de Modelo 1”

Dinámica	Bloque	Proceso cognitivo	Tema	Actividad	Objetivo
Individual	Sensibilización	Comprender y analizar	Sensibilización y contextualización de la problemática: Antropoceno/Recursos naturales no renovables/ Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.	1.1 Cuestionar y definir mi rol como diseñador ante el conocimiento del impacto de las actividades de la humanidad con relación al uso de los recursos naturales.	Empoderar
			El diseño biomimético como alternativa para la búsqueda de soluciones.	1.2 Descubrir el proceso del diseño biomimético como una alternativa para los diseñadores.	
Equipos multidisci-plinarios	Análisis e investigación	Analizar, evaluar y crear	Selección del objeto de estudio.	2.1 Seleccionar un objeto de análisis.	Estimular
			Investigación bibliográfica con expertos.	2.2 Revisar artículos y publicaciones para obtener información introductoria acerca del objeto de análisis.	
			Análisis por medio de la fotografía.	2.3 Observar con detenimiento a través del lente de la cámara para identificar los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio. Observación a través de	

Dinámica	Bloque	Proceso cognitivo	Tema	Actividad	Objetivo
				tres zooms: 1) Vista general 2) Detalles 3) Por medio del microscopio.	
			Análisis de su geometría por medio del dibujo análogo.	2.4 Observar con detenimiento a través del dibujo análogo para comprender la geometría de los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio.	
			Análisis de su geometría por medio del dibujo digital.	2.5 Observar con detenimiento a través del dibujo digital para identificar las proporciones y dimensiones para replicar la geometría de los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio.	
			Análisis morfológico.	2.6 Diseminar los elementos compositivos geométricos para comprender su morfología y función.	
			Análisis por medio de prototipos.	2.7 Replicar la geometría de los sistemas, las partes del objeto de estudio por medio de prototipos de estudio para experimentar sus funciones.	
	Conceptualización	Conceptualizar	Conclusiones.	3.1 Reflexionar sobre lo observado, identificado, comprendido, analizado y replicado.	Potencializar
			Preguntas de investigación y la posible solución.	3.2 Hipotetizar un problema a resolver en relación a las conclusiones obtenidas.	
	Desarrollo de proyecto	Crear	Propuesta de diseño.	4.1 Desarrollar una propuesta de diseño que dé respuesta a la hipótesis establecida, alineada al objetivo de emular la respuesta que da un organismo a un reto de supervivencia y que por su forma lo resuelve, bajo los preceptos del diseño sustentable.	Crear

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Es importante considerar que este primer modelo es el diseño preliminar de las estrategias pedagógicas, el cual recopila información esencial para el desarrollo integral de esta investigación, ya que funge como la base para el posible modelo final; el modelo puede llegar tener transformaciones parciales y radicales, pero conservará su esencia y objetivos.

5.1.1. Diseño de las estrategias pedagógicas del Modelo 1

Para el desarrollo del Modelo 1 se tomó como base el conocimiento empírico que tengo como profesora, así como el marco referencial de esta tesis. Considerando que este primer modelo es la base de toda la investigación, podría sufrir modificaciones de forma y posiblemente no de fondo.

5.1.1.1. Bloque 1: La sensibilización

El primer bloque está demarcado por perfilar la sensibilización individual de los estudiantes, entendiendo que la sensibilización en el ámbito académico, según Bruner, citado por Beltrán (Beltrán, 2002, 7), se define como el proceso relativo al marco del aprendizaje y está formado por tres grandes subprocesos de carácter afectivo-motivacional que son: la motivación, la emoción y las actitudes. Es coincidente con lo que Bruner (Beltrán, 2002, 7) denomina predisposición. Se trata de suscitar una predisposición inicial y activa en el estudiante hacia la actividad de aprendizaje que va a emprender. Una vez dispuesto, el alumno inicia.

Este proceso tiene como objetivo impactar sobre su perspectiva y estimular valores de respeto, admiración y empatía con el tema a investigar.

El bloque está constituido por dos niveles de sensibilización. El primero enfocado a la contextualización del marco referencial de la situación actual de los recursos naturales; el segundo, al entendimiento del diseño biomimético como una alternativa desde el ámbito de diseño para su posible recuperación.

a) Sensibilización y contextualización de la problemática

Como estrategia inicial se utilizan los recursos de ponencia y debate, donde los alumnos inician la revisión de reportes por las organizaciones que recaudan información del agotamiento de los recursos naturales, las estrategias y posturas de grupos gubernamentales y no gubernamentales, así como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, pretendiendo que descubran por ellos mismos información relevante que sustentE el estado actual y el momento de transición en que nos encontramos como humanidad.

Los estudiantes presentan sus hallazgos en un formato de ponencia y se realiza un debate de su opinión con relación a las respuestas a pequeña y gran escala de todos los agentes implicados en este proceso. La actividad se realiza de forma individual con el objetivo de que formen sus propias conclusiones y desarrollo en lenguaje argumentativo para posteriormente cuestionar y restablecer su visión por medio de las impresiones del debate grupal.

b) El diseño biomimético como alternativa para la búsqueda de soluciones.

Como estrategia consecuente, se utiliza el recurso de búsqueda en el *zeitgeist* del internet en relación a las alternativas que ofrece el mundo del diseño respondiendo al impacto de los recursos naturales, se analizan proyectos donde se haya utilizado el diseño biomimético para resolver un reto de diseño o realizar una innovación, para posteriormente discutir cómo el diseñador juega un rol importante no solo en diseñar, sino también en comunicar un posible cambio de paradigma. Con el objetivo de empoderar a los estudiantes de herramientas argumentativas que posteriormente fortalezcan su proceso de conceptualización y diseño.

5.1.1.2. Bloque 2: Investigación y análisis

La investigación y análisis como estrategia pedagógica tienen la finalidad de otorgar conocimiento con relación a su objeto de estudio. Mientras más se sabe del objeto de estudio hay mayores posibilidades de realizar propuestas valiosas que resuelvan problemas actuales reales con una visión hacia el futuro posible.

Es en este momento cuando el estudiante tiene la oportunidad de absorber lo que la naturaleza le puede enseñar de un determinado organismo. Para esto se plantean estrategias de observación buscando el cambio de percepción como un mecanismo de estimulación para el aprendizaje.

Se sugiere que dentro de la información a obtener incluya:

a) Nombre científico.
b) Nombre común.
c) Familia.
d) Promedio de vida y reproducción.
e) Características físicas: tamaño, peso, color.
f) Características particulares.
g) Hábitat y lugar de origen.
h) Alimentación.
i) Descripción de sus sistemas y particularidades.

a) El objeto de análisis y su elección

Se toma como centro de las estrategias pedagógicas un objeto de análisis que funge de elemento principal del desarrollo de todas las actividades. Este objeto de análisis es una forma de vida viva, se puede elegir ya sea flora o fauna. Durante todo el proceso los equipos estarán a cargo de preservar, observar y analizar.

Como estrategia de sensibilización, se identifica que el tener contacto directo con el objeto de análisis facilita la estimulación de la percepción de los estudiantes, tomando en cuenta que la percepción es un fundamento de entrada de información al cerebro, constituyéndose en un mecanismo básico para desarrollar cualquier proceso creativo (Rendón, 2009, 130).

Partiendo desde el concepto de que la percepción ayuda a hacer una conexión más íntima con el objeto de análisis, se pretende acercar a los estudiantes un poco al conocimiento de mundo natural, acercándose a su genialidad, como lo define Benyus (Benyus, 2002, 27), sensibilizando con sus acciones diarias y cómo este organismo vive actualmente ante los diferentes retos de supervivencia; es decir, cómo se alimenta, absorbe energía, se desplaza, se transforma, etc.

Por otro lado, desde el punto de vista multidisciplinar donde el diseñador se ve expuesto a un ámbito no familiar, se plantea así como lo define Oxman en el ciclo de la creatividad de Krebs (KCC), el desplazar al estudiante por otras áreas de conocimiento y así estimular su proceso creativo (Oxman, 2016).

Para elegir el objeto de estudio es necesario se tenga en cuenta que se ha de tener bajo el cuidado del equipo investigador durante el tiempo total de la investigación; para esto, a continuación se presentan una serie de variables a tomar en cuenta antes de su elección:

a) En el caso de elegir flora, se aconseja que sea de un tamaño al cual sea posible asegurar su supervivencia, es decir, ha de ser una planta con cierto grado de crecimiento y no a nivel de semilla, a excepción de si se tiene el tiempo de observar el proceso de crecimiento, en ese caso podría ser desde ese momento. En caso de no ser posible por los tiempos de la investigación, ha de ser ya con varias ramas y/u hojas en crecimiento. Se aconseja que sea una especie endémica, para evitar la distorsión de su desarrollo natural ya que requeriría cuidados especiales al estar fuera de su contexto natural.

b) Debido a que el cuidado de este objeto de estudio debe ser posible durante toda la investigación, se ha de acondicionar un espacio especial para que esto sea posible y evitar que la planta se seque, se pudra o agentes externos, como por ejemplo plagas, la dañen.

c) En el caso de elegir fauna, se aconseja que sea un animal muy pequeño, y que sea posible traer a las instituciones académicas para su estudio. Gran parte de las instituciones no permiten el acceso de animales a las instalaciones, por lo que esto debe ser tomado en cuenta antes de hacer la elección. Debido al proceso de análisis, se aconseja elegir un insecto u otro animal muy pequeño, (ej. pez de acuario como betas, ángel, etc), no es muy aconsejable elegir mamíferos o aves. Por la naturaleza de la metodología a aplicar, los objetos de estudio se analizan en el microscopio y en el estereoscopio, por lo que un animal grande dificulta su análisis y no se podría profundizar en una gran parte esencial del proceso.
   Como el cuidado de este debe ser posible durante toda la investigación, se debe acondicionar un espacio especial para que sea posible y evitar que el objeto de estudio perezca o modifique su desarrollo por la condiciones del contexto.

Es importante considerar que no existen objetos de estudio con menor o mayor potencial, todos pueden ser analizados al mismo nivel y todos tienen la posibilidad de otorgar información muy valiosa, lo que sí puede llegar a pasar en muchos casos es que sean objetos poco estudiados por la ciencia, por lo que existe la posibilidad de no encontrar suficientes referencias bibliográficas , lo que podría suponer una dificultad para llegarle a conocer con profundidad.

Se pueden analizar:

a) *Características físicas y mecánicas como*: articulaciones, flexiones, forma.
b) *Texturas y patrones*: por lo general encontradas en la piel o en las nanoestructuras.
c) *Masa*: frecuentemente encontrada en el interior.
d) *Sistemas*: de crecimiento, de organización, de movimiento, etc.

b) Investigación bibliográfica y documental del objeto del estudio.

La búsqueda bibliográfica y documental como estrategia pedagógica permite un acercamiento introductorio a lo desconocido, motivada por el paso previo, que es el tener en sus manos el objeto de análisis. Es primordial para guiar el enfoque de la atención a sus características principales y poco a poco ir descubriendo y profundizando según la investigación vaya avanzando.

a) El primer paso es investigar el nombre correcto de su objeto de estudio, ya que la mayoría de las veces conocemos a las plantas y animales por su nombre coloquial o genérico; es decir, se suele llamar a todo el

grupo de cactus y suculentas por su nombre genérico, sin embargo dentro de la especie existen muchos tipos diferentes y es necesario saber exactamente cuál es para poder acotar la búsqueda de referencias. Para este paso se puede apelar a los recursos dentro de las aplicaciones móviles como Naturalist, Seek, Merlin y eBird, que dan un panorama interesante introductorio a la información de los animales y plantas, muchas de ellas están alimentadas por los mismos usuarios, siendo información que puede ser tomada como introductoria del consciente colectivo. Otro aspecto interesante es que pueden llegar a redes de comunidades en donde se facilita el encontrar instituciones y expertos en el tema, con la posibilidad de entrevistarlos.

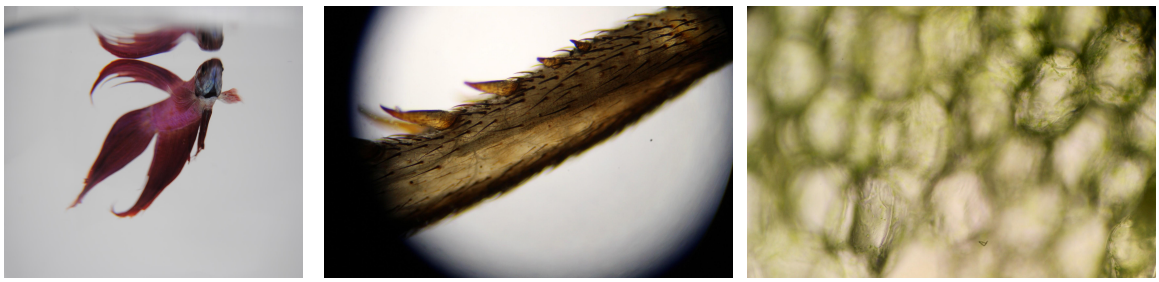
b) Como paso secuencial se lleva a cabo la investigación en medios impresos y digitales, buscando información preferentemente en publicaciones a nivel científico y no en publicaciones a nivel jardinería o cuidado de mascotas, que por la naturaleza de la investigación, es común que salten a la vista de los estudiantes, lo que puede traducirse en una consulta un tanto superficial que no provee información que realmente pueda potencializar su concepto y propuesta.

Es esencial que a partir de este momento, se empiece a observar a través de la lente del análisis cada pieza de información obtenida, se deben generar preguntas en torno a su forma y cómo ésta ayuda al objeto de estudio a solucionar un reto de sobrevivencia. Siempre preguntando el porqué del comportamiento del objeto de estudio, bajo la lupa de la solución a situaciones de sobrevivencia con relación a su forma.

c) Análisis por medio de la fotografía

Con la intención de trabajar el proceso cognitivo de analizar, evaluar y crear, se plantea como punto de partida la observación estimulada por herramientas que permitan al estudiante observar con mayor detenimiento lo que a simple vista no se puede captar. Para esto se propone el uso de la cámara fotográfica como cambio de perspectiva, utilizando la fotografía como una herramienta didáctica y vehículo optimizador del ambiente de aprendizaje, convirtiéndose así en un estímulo para la reflexión (Holzbrecher, 2015, 381). Se plantea que la fotografía tiene la capacidad de despertar la curiosidad y motivación de los estudiantes al causar reacciones naturales y espontáneas de asombro en cuanto a lo observado en el contexto real y estimulando la imaginación. (Aragón et al., 2013, 14)

Imágen 11 “Fotografía general del pez betta”
Imágen 12 “Fotografía a detalle de la pata del Acheta Domesticus”
Imágen 13 “Fotografía de la visualización en microscopio de la Suculenta Echeveria”



Fuente: Acervo de la autora. (2017) - Autores del proyecto Vázquez, et al. (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al. (2017) - Autores del proyecto Pérez, et al.

La estrategia didáctica consta de realizar fotografías del objeto de estudio en tres niveles: a nivel general, a nivel detalle y a nivel microscópico o estereoscopio, siendo estos últimos un intento más profundo de cambiar el foco de percepción del estudiante, convirtiendo la estrategia pedagógica en transdisciplinaria al trasladar una herramienta de

las ciencias naturales para el uso de observación del área de diseño y permitiendo estimular al estudiante a generar curiosidad y conocimiento de una manera automática.

Durante el proceso de observación por medio de la cámara fotográfica se pretende que no solo los integrantes de equipo visualicen a detalle su objeto de estudio, sino que se favorezca una dinámica donde todos los equipos puedan ser partícipes de las observaciones de todos los objetos de estudio.

Cada equipo es encargado de realizar la toma de las fotografías de su objeto de estudio y organizarlas en carpetas digitales divididas en los niveles de observación, para su futura consulta en los pasos subsecuentes.

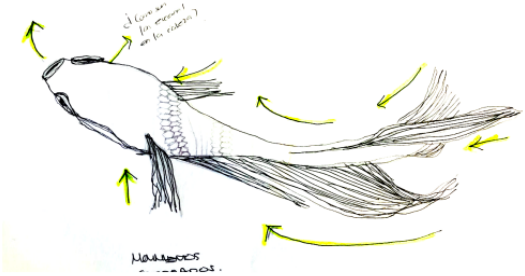
d) El uso del dibujo como herramienta para descubrir.

Reforzando el proceso cognitivo de analizar, evaluar y crear de la estrategia previa, se plantea como actividad consecuente el observar aún con mayor detenimiento los hallazgos visuales previamente encontrados Para ello se hace el uso del boceteo analítico o *analytical sketching*, así como el análisis por medio del dibujo digital y el análisis morfológico.

Análisis a través del dibujo análogo, ver con las manos: El boceteo analítico o *analytical sketching*, se planeta como una herramienta que permite la internalización e introspección de lo que se percibe y se imagina, otorgando la capacidad de sintetizar y traducir conocimiento al momento de ejecutarlo (Pallasmaa, 2012, 99).

En este proceso se toma la disciplina del dibujo, como dibujar para analizar, donde cada movimiento que se realiza con el lápiz está relacionado a la forma del objeto de estudio. A la vez, el estudiante ha de iniciar el proceso de preguntarse el porqué de cada una de las formas de su objeto a estudiar, y a la par ha de ir consultando y deduciendo, buscando respuestas de su morfología.

Imágen 14 “Dibujo análogo del pez betta”



Fuente: Acervo de la autora (2017) - AutorES del proyecto Vázquez, et al.

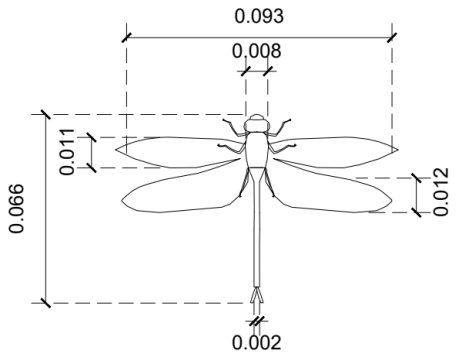
Al momento de dibujar se realizan las siguientes acciones simultáneas:

- Análisis e identificación de los elementos y principios compositivos de la forma, composición y proporciones.
- Análisis e identificación de los elementos y principios compositivos de materialidad flexible, rígida, translúcida, opaca o transparente, las acciones a la forma (abstracción, adición etc).

Análisis a través del dibujo digital: ésta estrategia pretende estimular el proceso cognitivo de codificación y síntesis, permitiendo que el estudiante reflexione sobre lo observado, y por medio de la herramienta digital de dibujo en dos dimensiones —según su disciplina— pueda aterrizar sus observaciones con relación a las dimensiones, formas y

funciones del objeto de estudio. Se espera que realicen dibujos vectoriales acotados del objeto de estudio en todas sus vistas: vista superior, inferior y laterales.

Imágen 15 "Dibujo digital de una libélula"

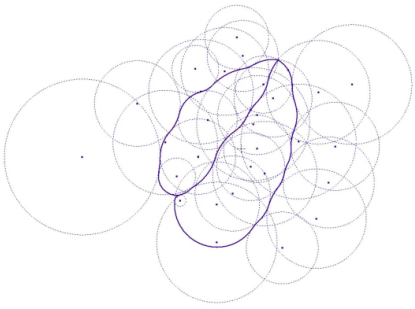


Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto García, et al.

Para realizar esta actividad se utilizan herramientas digitales como AutoCAD e Ilustrador, sin embargo, no está ligada a ellas, ya que con un programa de dibujo a vectores se puede llevar a cabo la actividad. Debido a que los equipos son multidisciplinarios, es el momento que cada integrante empieza a compartir su *know how* (Bento et al., 2004, xii) con el resto del grupo.

Análisis morfológico: esta estrategia tiene como objetivo académico brindar elementos cognitivos de analizar, recordar, comprender y crear. De la misma manera que el análisis por medio del dibujo digital, el análisis morfológico tiene el objetivo de sintetizar los hallazgos por medio de la fotografía, la diferencia radica en que en vez de plantear un dibujo detallado, el análisis morfológico pretende detectar cuál es el origen geométrico de la forma analizada.

Imágen 16 "Morfología del ficus"



Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Herrera, et al

Esta actividad puede ser desarrollada por medio de la combinación del dibujo análogo y digital o de la forma que cada equipo se sienta más cómodo. La idea es que, con todo el material obtenido en fotografías y dibujos, se realice una abstracción geométrica hasta llegar al origen de la forma y con ello categorizar las partes del objeto de estudio. A la vez, como actividad paralela se sigue consultando y deduciendo el porqué de estas formas, es decir, qué función tienen.

f) Análisis experimental sobre prototipos del objeto de estudio.

La intención de propiciar el análisis por medio de la realización de prototipos del objeto de estudio, es relacionar al estudiante de una manera directa con la parte tangible del objetivo de estudio, es decir, llevar el sentido del tacto y conectarlo directamente con lo observado. Juani Pallasma en su libro La mano que piensa (Editorial GG, 2012), establece una teoría muy acertada con relación a la información que poseen las manos, y cómo por medio de su expresión se pueden llegar a comunicar ideas que no podemos hacer con las palabras —esta concepción de lo percibido traducido a otro lenguaje— en este caso a un modelo tridimensional palpable. Un prototipo puede hacer que las ideas abstractas sean concretas y proporcionar un enfoque para la exploración y el debate (Rovallo y McCardle, 2019, 4).

Imágen 17 "Prototipo de estudio del pez betta"
Imágen 18 "Prototipo de estudio de un hongo"
Imágen 19 "Prototipo de estudio de la pata de un grillo"

Fuente: Acervo de la autora . (2018) - Autores del proyecto Flores, et al. (2019) - Autores del proyecto Garza, et al. (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al.

Es importante que el estudiante esté consciente que los prototipos siguen siendo parte del análisis, no es aún el momento de generar diseño, la idea es generar réplicas abstractas del todo o de algunas partes del objetivo de estudio para entender su funcionamiento.

éstos facilitan la experimentación morfológica como herramienta para desarrollar propuestas de alto grado de complejidad, y permiten identificar e imitar la materialidad, las articulaciones, las flexiones, uniones de las piezas, su estructura y componentes; se determinan como réplicas de la morfología que compone la geometría del objeto de estudio.

5.1.1.3. Bloque 3: Conceptualización y desarrollo de la propuesta de diseño

La estrategia pedagógica de la conceptualización, como su mismo nombre lo indica, está enfocada en incentivar el proceso cognitivo de conceptualizar, que consiste en la acción de asimilar la información y otorgarle significado, permitiendo que el estudiante aterrice sus hallazgos en un proceso mental para definir las ideas base, y así determinar los parámetros de diseño.

El objetivo es que sean capaces de identificar una problemática a resolver y determinar un planteamiento de resolución a este problema; para ésto, los equipos, como primer paso, se han de preguntar:

a) ¿Qué problema de sobrevivencia resuelve mi objeto de estudio a través de su forma y cómo lo resuelve?
b) ¿Existe algún momento en que los humanos nos enfrentemos al mismo reto?

c) ¿Cómo lo resolvemos los humanos? Si ya lo resolvemos, ¿lo resolvemos de manera sustentable?
d) ¿Se podría mejorar la solución? ¿Se podría plantear una nueva solución?

Esta investigación, al estar mayormente enfocada en el proceso de diseño de los estudiantes más que al producto final de diseño, se plantea alcances de diseño a nivel conceptual, permitiendo que la mayor parte del tiempo se dedique al proceso de estimulación de la creatividad que permite que se realicen propuestas innovadoras.

5.1.2. Resultados de la aplicación del Modelo 1: resultados proyectuales

Los resultados presentados son la consecuencia de la aplicación del Modelo 1, correspondiente a la fase de diseño y diagnóstico de las estrategias pedagógicas; estos comprenden los resultados proyectuales de 14 casos de estudio desarrollados del período académico de otoño del 2017 al período académico de otoño del 2019, dentro del marco del curso de Soluciones Multidisciplinarias de la Universidad de Monterrey. Cada caso de estudio fue desarrollado durante un semestre académico, en equipos multidisciplinarios de 3 a 4 personas, incluyendo a un total de 46 estudiantes.

En la tabla 5 se realiza un resumen de estos resultados proyectuales, la cual integra el número asignado a cada caso de estudio, el objeto de análisis elegido por los equipos, una breve descripción de la emulación desarrollada y descripción de su propuesta. En el anexo 9 se puede consultar una versión más extensa, conteniendo un resúmen de su proceso y propuesta conceptual de diseño.

Tabla 5 “Resumen de los resultados proyectuales del Modelo 1”

Caso de estudio	Anexo 9	Equipo	Objeto de estudio	Emulación	Propuesta de diseño
No. 1	Pág. 221	4 integrantes (LINT, LDG y 2 ARQ)	**Nombre común:** Pez betta **Nombre científico:** Betta Splendens	Movimiento hidrodinámico del pez.	Transporte anfibio emulando el movimiento del pez, adaptado al cuerpo humano, propulsado mecánicamente y por medio de energía híbrida.
No. 2	Pág 224.	4 integrantes (ARQ, 2 LINT Y LDG))	**Nombre común:** Suculenta **Nombre científico:** Suculenta Echeveria	Capacidad de absorción y filtración del agua de lluvia.	Sistema de bloques capaces de absorber y almacenar agua de lluvia. El sistema de absorción está diseñado en base a la emulación de la piel de la suculenta y su sistema interno de filtración donde cambia la densidad de sus masa y genera vacíos donde el agua se acumula.

No. 3	Pág. 226	3 integrantes (ARQ, LA Y LINT)	**Nombre común:** Venus Atrapamoscas **Nombre científico:** Dionaea muscipula	Capacidad de detección de la presión de los filamentos de su superficie, haciendo mover fluidos de su interior para provocar el cambio de forma y a consecuencia se cierra para atrapar el alimento.	Un portabebé para el baño, el cual cambia su forma al añadir peso, logrando sostener con seguridad a un infante. Está pensado para ser utilizado en lugares de higiene para obtener un mayor soporte y no correr ningún riesgo en lugares húmedos/mojados, como lo es en la bañera.
No. 4	Pág. 229	3 integrantes (2 LDI Y ARQ)	**Nombre común:** Pez ángel **Nombre científico:** Pterophyllum scalare	La fricción que generan las escamas de pez en el agua y le ayudan a desplazarse con rapidez.	Traje para buceo o apnea, en donde el traje está diseñado con base en las escamas del pez, de manera que quién esté practicando el deporte pueda regresar a la superficie de la manera más rápida posible.
No. 5	Pág. 232	3 integrantes (LDI, IISE Y ARQ)	**Nombre común:** Erizo Africano. **Nombre científico:** Erinaceus europaeus	Defensa por medio de sus púas, que usa cuando se siente amenazado.	Tienda de campaña para prevenir los ataques de osos, emulando el mecanismo del erizo, que al verse amenazado acciona su mecanismo de defensa haciendo lanzar las púas de su cuerpo.
No. 6	Pág. 234	3 integrantes (LDG, LINT e IISE)	**Nombre común:** Caracol destructor **Nombre científico:** Rumina decollata	Mecanismo de regulación de la humedad en su cuerpo. Esto lo realiza por medio de la textura de su piel que le permite mantenerse hidratado.	Maceta para interiores que regula la humedad emulando las características del caparazón del caracol destructor, planteando 3 modelos distintos en relación a un porcentaje diferente de humedad.
No. 7	Pág. 236	3 integrantes (LDG, LDI e IISE)	**Nombre común:** Caracola **Nombre científico:** Columbella rustica.	Mecanismo de protección y acción de ahorro de materiales.	Fusión entre sleeping bag y tienda de campaña, la cual imita la estructura central de la caracola.
No. 8	Pág. 239	4 integrantes (2 IISE, LINT y ARQ)	**Nombre común:** Cactus Cordón Órgano Parado **Nombre científico:** Pachycereus Marginatocereus	El mecanismo de absorción del cactus.	Sistema de absorción y filtración de agua de lluvia a escala urbana; emulando la geometría del cactus en un material permeable, para hidratar de manera natural al subsuelo cuando lo necesite, con un fin de mantener las áreas cercanas verdes y facilitar

					la llegada del agua que desciende de las montañas al río.
No. 9	Pág. 243	4 integrantes (2 IISE, ARQ y LDI)	**Nombre común:** Ficus trepador **Nombre científico:** Ficus Pumila	Mecanismo de absorción de energía, recolección de agua y purificación del aire, sumado a la maniobra de agarre de las raíces aéreas.	Sistema conformado por una serie de robots que emulan las funciones de las hojas del ficus, que por medio de sus raíces aéreas son capaces de recorrer los edificios buscando captar la energía del sol, el agua de lluvia y a la vez purifican el aire.
No. 10	Pág. 245	3 integrantes (LDG, LDI e IISE)	**Nombre común:** Grillo **Nombre científico:** Acheta Domesticus	Movimiento de impulso hacia adelante y hacia arriba que realizan las patas del grillo.	Calzado reactivo de uso diario, que permite avanzar con más velocidad y con menor esfuerzo, emulando el funcionamiento de las patas del grillo.
No. 11	Pág. 247	3 integrantes (ARQ, LDI y LINT)	**Nombre común:** Libélula **Nombre científico:** Anisoptera	Morfología voronoi del ala que permite la rigidez, flexibilidad y ligereza.	Vela para tabla de windsurf que cuenta con una estructura estable, permeable y ligera, así como convergen con las problemáticas que resuelve la morfología de la libélula.
No. 12	Pág. 250	4 integrantes (ARQ , LINT, LDI e IISE)	**Nombre común:** Concha Viera **Nombre científico:** Pecten Jacobaeus	Mecanismo de corrugación de la concha viera como medio de protección que brinda gran rigidez a pesar de tener poco espesor en su sección.	Casco adaptativo para niños diseñado a partir de la emulación de la morfología de la concha viera que por su morfología de corrugación le permite tener rigidez en su exterior para proteger el interior.
No. 13	Pág. 252	3 integrantes (LDI, LA e IISE)	**Nombre común:** Hongo **Nombre científico:** Heliocybe Sulcata	La dispersión ocasionada por las laminillas del hongo que protegen y almacenan las esporas para una exitosa reproducción.	Difusor que contiene un agente extintor del fuego, el cual puede ser proyectado y dirigido sobre el fuego por la acción de una presión interna, destinado a sofocar un fuego incipiente o controlado, hasta la llegada de personal especializado.
No. 14	Pág. 255	3 integrantes (LDG, LDI y ARQ)	**Nombre común:** Pez danio cebra **Nombre científico:** Brachydanio rerio	Movimiento de la estructura esquelética de las aletas, que le permiten generar	Techumbre dinámica y ligera que mimetiza el movimiento de las aletas capaz de recolectar y recuperar energía.

				desplazamientos prolongados y versátiles.	

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

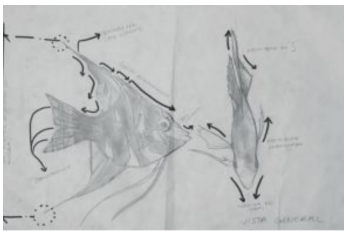
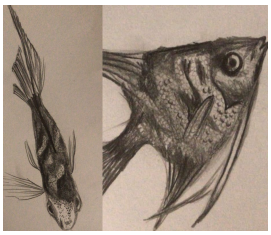
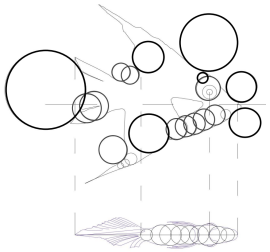
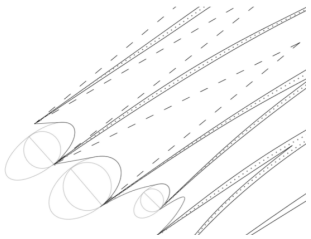
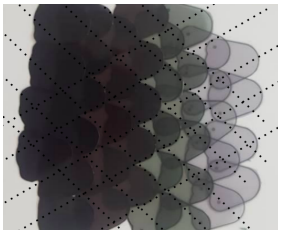
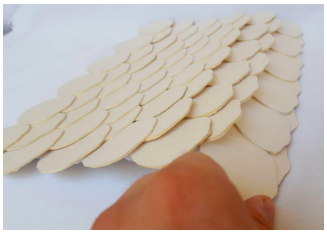
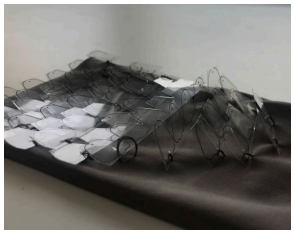
Cada uno de los equipos desarollo una serie de entregables para comunicación y exposición de la propuesta conceptual, comprendiendo un documento que integre a) la conceptualización y bocetaje, b) prototipos de estudio, c) planos de la propuesta, d) modelo tridimensional de la propuesta, e) prototipo final de la propuesta, además de las láminas finales y una presentación ante un jurado externo.

En la figura 1 se presenta como ejemplo de resultado de documento final, de uno de los casos de estudio, donde se puede visualizar, el nivel de profundidad y calidad de la propuesta, así como las formas de presentación y comunicación de una propuesta de diseño biomimético multidisciplinario.

Figura 1 "Ejemplo de caso de estudio bajo el Modelo 1"

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR18 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 4**	**Integrantes del equipo:** LDI / Andrea Flores LDI / Ivana Quintanar ARQ/ Ernesto Gálvez
Nombre común de objeto de estudio: pez Ángel **Nombre científico:** Pterophyllum scalare **Emulación:** La fricción que generan las escamas de pez en el agua y le ayudan a desplazarse con rapidez.	**Descripción de propuesta:** Se intenta crear un producto el cual cambie la forma de practicar el buceo o la apnea, en donde el traje está diseñado con base en la piel y manera de funcionar del pez ángel, de manera que quién esté practicando el deporte pueda regresar a la superficie de la manera más rápida posible y no morir por falta de oxígeno.

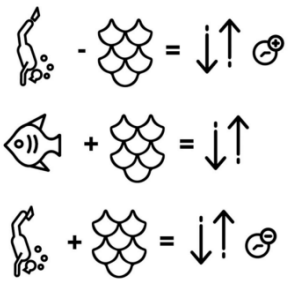
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.

Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	  Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	  Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	  Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.
Introspección:	Las escamas del pez generan una mejor fricción con el agua por lo que al tener contacto con ella disminuye el tiempo de nado vertical.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: El Apnea es un deporte peligroso ya que se necesita	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**

de mucha contención de aire dentro de nuestro cuerpo puesto que se recorren grandes distancias debajo del agua. La finalidad del deporte es llegar cada vez más a profundidad.

Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:

Las escamas del pez generan una mejor fricción con el agua por lo que al tener contacto con ella disminuye el tiempo de nado vertical.



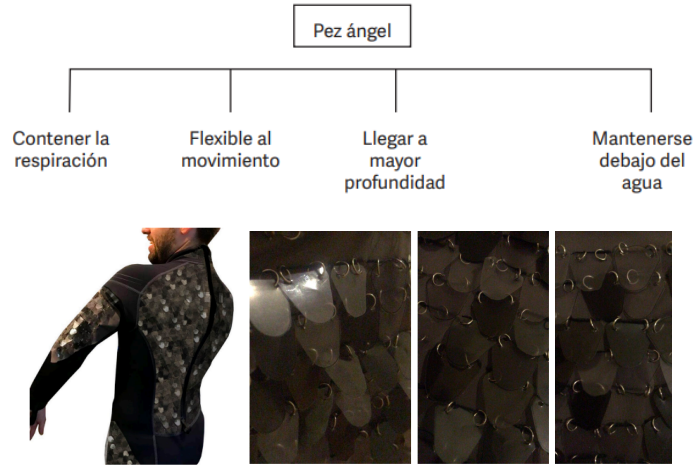
Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al..

Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)

Se pretende crear un traje de buzo para practicar el deporte de apnea basado en la piel del pez ángel: "Cuando nada, su cuerpo se mantiene echado hacia arriba y con las aletas dorsal, pectoral y ventral se impulsa" de esta manera la persona practicante de tal deporte, al sentir que estar por terminarse su oxígeno, pueda impulsarse y salir rápidamente del agua y lograr respirar.

Propuesta de diseño

El Apnea es un deporte peligroso ya que se necesita de mucha contención de aire dentro de nuestro cuerpo puesto que se recorren grandes distancias debajo del agual La finalidad del deporte es llegar cada vez más a profundidad, es por eso que nuestra solución se basa en hacer un traje que basado del pez ángel sea un producto que ayude a controlar la velocidad y mejor movimiento para el ser humano en contacto con el agua.



	Fuente: Acervo de la autora (2018) -Autora del proyecto Flores, et al.

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

5.2. Estrategias pedagógicas del Modelo 2

La tabla 6, presenta el rediseño resumido del conjunto de recursos didácticos del Modelo 2, en ella se comprenden las estrategias pedagógicas conformadas por sus actividades, objetivos, procesos cognitivos y las dinámicas de su desarrollo.

Tabla 6 "Resumen de Modelo 2"

Dinámica	Bloque	Proceso cognitivo	Tema	Actividad	Objetivo
Individual	1. Sensibilización	Comprender y analizar	Sensibilización y contextualización del estado actual de los recursos naturales. El rol del diseñador: El diseño biomimético y la especulación como alternativa para la búsqueda de soluciones.	1.1 Cuestionar y definir mi rol como diseñador ante el conocimiento del impacto de las actividades de la humanidad en relación al uso de los recursos naturales. 1.2 Identificar las acciones que puedo realizar como diseñador o diseñadora a partir del diseño biomimético.	Empoderar
Equipos multidisciplinarios			Selección del objeto de estudio	1.3 Observación y conexión directa con el objeto de análisis	Estimular
	2. Análisis e investigación	Analizar, evaluar y crear	Investigación bibliográfica y con expertos	2.1 Revisar artículos y publicaciones para obtener información introductoria acerca del objeto de análisis.	
			Análisis por medio de la fotografía	2.2 Observar con detenimiento a través del lente de la cámara para identificar los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio. Observación a través de tres zooms, general a detalle y por medio del microscopio.	
			Análisis de su geometría por medio del dibujo análogo	2.3 Observar con detenimiento a través del dibujo análogo para comprender la geometría de los sistemas, las partes y	

Dinámica	Bloque	Proceso cognitivo	Tema	Actividad	Objetivo
				las funciones del objeto de estudio.	
			Análisis de su geometría por medio del dibujo digital	2.4 Observar con detenimiento a través del dibujo digital para identificar las proporciones y dimensiones para replicar la geometría de los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio.	
			Análisis morfológico	2.5 Diseminar los elementos compositivos geométricos para comprender su morfología y su función.	
			Análisis por medio de prototipos	2.6 Replicar los elementos compositivos geométricos para comprender su morfología y su función.	
			Fabricación de biomateriales	2.7 Replicar los elementos compositivos y geométricos para profundizar el entendimiento de su morfología y su función.	
	3. Conceptua-lización	Evaluar	Conclusiones Preguntas de investigación y la posible solución Conceptualizar	3.1 Reflexionar sobre lo observado, identificado, comprendido, analizado y replicado. 3.2 Identificar una oportunidad en relación a las conclusiones obtenidas y la especulación del futuro. 3.3 Definición de las directrices de diseño	Potencializar
	4. Desarrollo de proyecto	Crear	Propuesta de diseño Entregables	4.1 Definir una propuesta de diseño especulativo a partir de las conclusiones realizadas. 4.2 Desarrollar los documentos de comunicación de una propuesta de diseño.	Crear

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

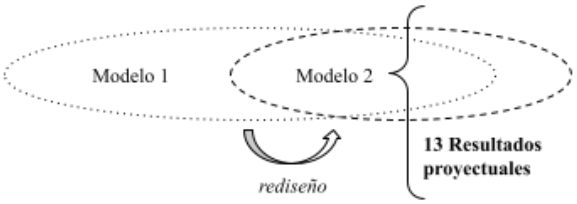
Es importante recordar que el segundo modelo, es el rediseño de las estrategias pedagógicas comprendidas en el Modelo 1, que recopila información revisada y adaptada para el desarrollo integral de esta investigación, ya que funge como la evolución para una definición del modelo final. Este modelo presente ha sufrido transformaciones parciales y radicales, pero conserva su esencia y objetivos.

5.2.1. Diseño de las estrategias pedagógicas del Modelo 2

Los resultados de este modelo se han obtenido fundamentalmente del rediseño de las estrategias pedagógicas y los resultados proyectuales obtenidos de su aplicación. Para la realización del rediseño del modelo se han tomando los

resultados y los apuntes de recomendación del modelo previo, ubicados en el Capítulo 4, teniendo como foco el objetivo principal de las estrategias: estimular las respuestas de diseño a través de un proceso multi y transdisciplinario en este momento transicional de la sociedad.

Diagrama 25- "Estrategia de resultados del Modelo 2"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Las modificaciones del modelo se realizan principalmente en el bloque 2, correspondiente al análisis y la investigación, y en el bloque 3, integrando la conceptualización y el desarrollo de propuesta de diseño. Sin embargo, éstas modificaciones impactan de forma general en el modelo presente, ya que las estrategias son una consecuencia de la otra.

Las modificaciones están principalmente enfocadas en apoyar el proceso de deducción de las observaciones por parte de los estudiantes, así como en buscar resolver la desconexión de las conclusiones de diseño con sus hallazgos en las mismas. Por otra parte, se busca evitar las preconcepciones de lo ya conocido para lograr propuestas con mayor innovación, por medio de estrategias didácticas que estimulen el proceso creativo y las posibilidades de innovación de las respuestas de diseño.

También se organizan las actividades de manera más eficiente para poder dedicar un tiempo adecuado para cada actividad y permitir generar propuestas de calidad, así como para generar mecanismos que den apoyo a los procesos para que sirvan de guía a los estudiantes.

5.2.1.1. Modificaciones en el bloque 2: análisis e investigación

En relación a la selección del objeto de estudio, se realizó una guía para que se haga de manera adecuada, evitando que los estudiantes pierdan tiempo en la selección, buscando eficientar los tiempos y prevenir que se disperse el enfoque determinado por la estrategia previa, el rol del diseñador.

Para la investigación bibliográfica y con expertos se plantea reducir la investigación a elementos principales como los de taxonomía e información introductoria, ya que el objetivo de esta actividad es empezar a indagar y no es aún el profundizar, con el objetivo de prevenir el sentido de frustración en los estudiantes al no existir mucha información de primera mano y que no es ciertamente relevante para alcanzar el objetivo de la emulación de su geometría. La investigación de fuentes se va fortaleciendo a lo largo del análisis, ya que es ahí cuando se obtienen una serie de hallazgos y es entonces que es necesario indagar el porqué de ellos.

En el análisis por medio de fotografía-dibujo, análisis por medio del dibujo tanto análogo como digital y el análisis por medio de prototipos se introducen los formatos de introspección como guía para el proceso metacognitivo. Es en este momento en el que el estudiante tiene la oportunidad de absorber lo que la naturaleza le puede enseñar de un determinado organismo. Para apoyar este paso, se definen guías para que sea posible realizar introspecciones de

calidad, que en este caso se le llama el Formato de Introspección (Figura 2). Debido a que la introspección —la mayoría de las veces— está determinada por el nivel de profundidad con el que los estudiantes investigadores trabajan, se pretende estimular esta introspección y observación con detenimiento, para así poder conseguir resultados óptimos y propuestas de mayor alcance de resolución.

Figura 2 "Formato de introspección Modelo 2"

FORMATO DE INTROSPECCIÓN **Caso de estudio No.00 Nombre**

Curso: OT20 Soluciones Interdisciplinarias

Centro de estudios: Universidad de Monterrey

Análisis por medio de:

Estudiantes:

Nombre /Disciplina
Nombre /Disciplina
Nombre /Disciplina

Caso de estudio: (nombre común y nombre científico)

Identifica las partes que comprende a tu objeto de estudio y describe las características de cada una de estas partes observadas. (para cada una de las partes utiliza esta tabla).

Nombre del detalle:	
(Fotografías aquí)	Descripción: Características geométricas: Dimensiones, proporciones Función: Características especiales:

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Por otro lado, siguiendo con la premisa de guiar al estudiante en vincular y profundizar sus hallazgos morfológicos y de función con la respuesta de diseño, se guía al estudiante en el lenguaje geométrico de la naturaleza, explicando los preceptos geométricos-morfológicos previamente usados en el diseño, como la serie Fibonacci, los patrones Voronoi y fractales; permitiendo otorgar herramientas claras de vinculación contra lo que se conserva y lo que se conoce.

Se detectó que los estudiantes no lograban profundizar por sí mismos la investigación y a su consecuencia, esto se veía reflejado en necesitar una alta guía por parte del profesor para aterrizar sus propuestas. Por ello, se introduce un taller de fabricación de biomateriales como respuesta a la postura ideológica. Una vez implementada, fue de manera casi natural que los estudiantes detectaron las acciones a realizar para lograr investigar y proponer un diseño con mayor relevancia. El formato de esta estrategia es de tipo laboratorio, donde los estudiantes pueden fabricar en equipo una serie de bioplásticos, además de introducir de manera teórica los materiales del futuro.

5.2.1.2. Modificaciones en el bloque 3: conceptualización y desarrollo de propuesta de diseño

Dentro del bloque de conceptualización en lo referente a la conclusión del análisis, para lograr una conclusión guiada, se establecen estrategias de ordenamiento y clasificación de las ideas por medio de mecanismos como mapas mentales o infografías, que responden de una manera visual a las preguntas de investigación.

Asimismo, para evitar que al momento de aterrizar las posibles emulaciones, el estudiante se perciba con más posibilidades de respuesta de lo podría abarcar y no tener un parámetro de acotación determinado, se establece un sistema de escalas de ideación como lo son la escala objeto, espacio o sistema. Pudiendo concentrarse en

oportunidades en una sola escala o plantear posibilidades para cada una de las escalas.

Se introduce el diseño especulativo, buscando estimular el proceso cognitivo de crear, permitiendo otorgar herramientas a los estudiantes para romper sus propias limitaciones pragmáticas y plantear posibilidades analizando la realidad actual y, por medio de un proceso lógico, estimar las posibilidades del futuro, para así poder determinar un diseño que nos lleve a un futuro dentro de lo preferible.

5.2.2. Resultados de la aplicación del Modelo 2: resultados proyectuales

Los resultados proyectuales de la aplicación de las estrategias pedagógicas del Modelo 2, engloba los resultados de 13 casos de estudio (15 al 27) obtenidos durante el período académico de primavera 2020 a primavera 2021, dentro del mismo marco del curso de Soluciones multidisciplinarias de la Universidad de Monterrey. Igualmente, cada caso de estudio fue desarrollado durante un período académico, en equipos multidisciplinarios de 3 a 4 personas, incluyendo a un total de 30 estudiantes.

En la tabla 7 9 se realiza un resumen de estos resultados proyectuales, la cual integra el número asignado a cada caso de estudio, el objeto de análisis elegido por los equipos, una breve descripción de la emulación desarrollada y descripción de su propuesta. En el anexo 9 se puede consultar una versión más extensa, conteniendo un resúmen de su proceso y propuesta conceptual de diseño.

Tabla 7 “Resumen de los resultados proyectuales del Modelo 2”

Caso de estudio	Anexo 9	Equipo	Objeto de estudio	Emulación	Propuesta de diseño
No. 15	Pág. 258	3 integrantes (2 LINT y LDI)	**Nombre común:** Diente de León **Nombre científico:** Taraxacum Officinale	Equilibrio que brinda el vilano del diente de león brinda equilibrio a las semillas balanceando su peso.	Diseño de chasis para pick-up eléctrica, creado a base de anillos y radios para la protección y el acomodo de las baterías, buscando brindar estabilidad.
No. 16	Pág. 260	4 integrantes (ARQ , 2 IISE y LA)	**Nombre común:** Pulpo **Nombre científico:** Octopus Vulgaris	Aerodinamicidad del cuerpo del pulpo.	Rediseño completo del chasis para pick-up eléctrica,buscando mejorar la flexibilidad y eficiencia en relación a la protección de las baterías y la estabilidad ante el impacto.
No. 17	Pág. 263	3 integrantes (2 IISE y ARQ)	**Nombre común:** Cucaracha de Madagascar	La curvatura del caparazón exterior, así como las curvaturas laterales, emulando la	Chasis para pick-up eléctrica, emulando su resistencia al impacto, para mejorar la resistencia al momento del impacto lateral.

			Nombre científico: Gromphadorhina Portentosa	flexibilidad, rigidez y resistencia al recibir un impacto.	
No. 18	Pág. 266	3 integrantes (LINT, LDG e IISE)	**Nombre común:** Escarabajo **Nombre científico:** Pasimachus strenuus	Resistencia, peso y dureza del caparazón.	Chasis para pick-up eléctrica que busca brindar protección a las baterías tal como el caparazón del escarabajo protege sus músculos y órganos.
No. 19	Pág. 269	3 integrantes (LINT, IISE y LA)	**Nombre común:** Pluma de ala de paloma **Nombre científico:** Pluma remeras	Barbulas absorbentes e impermeables de las plumas de las alas de aves que les permiten conservar su temperatura.	Estructura esférica que emula la red de las bárbulas de la pluma para absorber contaminantes, como el petróleo.
No. 20	Pág. 272	3 integrantes (LINT, IISE y ARQ)	**Nombre común:** hormiga **Nombre científico:** Lasius Niger	El ojo compuesto de la hormiga le permite tener una percepción de su entorno a 160°, capaz de detectar movimientos rápidos.	Joyería y tatuajes digitales que forman un sistema conectado al sistema nervioso de las personas, capaz de detectar el contexto y otorgar una percepción sensorial al usuario invidente.
No. 21	Pág. 274	4 integrantes (LINT, 2 IISE y ARQ)	**Nombre común:** Toronja o Pomelo **Nombre científico:** Citrus paradisi	Mecanismo de protección por medio de las capas y vesículas internas que conforman el gajo de la toronja.	Mochila que emula el mecanismo de protección de las capas y vesículas de la toronja, que se convierte en una cápsula para proteger al usuario de posibles daños colaterales causados por fenómenos naturales, así como proporcionar un ambiente ameno para resguardarse.
No. 22	Pág. 277	4 integrantes (LINT, 2 IISE y ARQ)	**Nombre común:** Cochinilla **Nombre científico:** Oniscídeos	Mecanismo de protección del exoesqueleto de la cochinilla de enrollarse para proteger su interior.	Portabebé enfocado en la protección de los bebés en situaciones de accidentes automovilísticos. El diseño del portabebé está basado en las funciones principales de la cochinilla, emulando su respuesta natural ante una amenaza al enrollarse para protegerse rápidamente.
No. 23	Pág. 280	1 integrante (LDTM)	**Nombre común:** Libélula	El patrón de teselación Voronoi de sus alas en	Propuesta de rediseño de una ortesis como un wearable para pacientes con la condición

			Nombre científico: Odonatos	relación a la estructura ligera y transparente. Microestructura microtrichia ubicada en la cabeza de la libélula que le permite la estabilización durante su apareamiento.	de osteoartritis valgus, por medio de emulación de la estructura teselada del Voronoi de las alas de la libélula y la microestructura microtrichia para su estabilidad.
No. 24	Pág. 283	3 integrantes (IISE, LMEC y ARQ)	**Nombre común:** Suculenta **Nombre científico:** Graptopetalum paraguayense	Mecanismo de la disposición de sus hojas que le permite recibir la misma cantidad de radiación solar; así como la dilatación y contracción de la membrana exterior para captar agua y evitar su evaporación.	Estructura inteligente para edificios y construcciones capaz de aprovechar la radiación solar y el agua del ambiente para producir energía eléctrica y almacenar este líquido vital para el ser humano.
No. 25	Pág. 286	4 integrantes (2 IISE, LDI y ARQ)	**Nombre común:** Luffa **Nombre científico:** Luffa Aegyptiaca	El tejido fibroso de ramificaciones delgadas de la lufa.	Estructura para el resguardo y protección de los animales migratorios del polo norte.
No. 26	Pág. 289	3 integrantes (IISE, LDTM y ARQ)	**Nombre común:** Hongo Ostra **Nombre científico:** Pleurotus ostreatus	Capacidad de las láminas del hongo de elevar las esporas para que estén separadas del suelo, así como sostener al sombrero para su protección.	Tenis adaptativos que crecen con el pie de los niños. Estos brindan seguridad y soporte para las distintas etapas de su desarrollo.
No. 27	Pág. 291	4 integrantes (2 IISE, LDI y ARQ)	**Nombre común:** Catarina **Nombre científico:** Coccinellidae	Mecanismo de adhesión y compactación de las alas y élitros de la catarina.	Refugio temporal que proteja y resguarde a las personas en situación de calle cuyo diseño sea ligero, adaptativo, de fácil transportación y compacto.

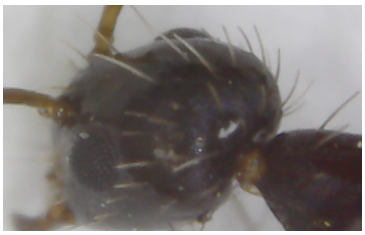
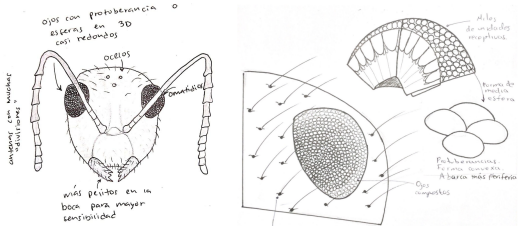
Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

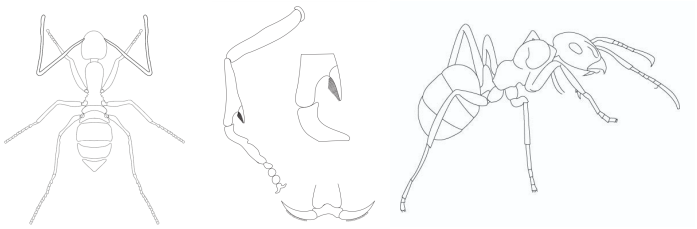
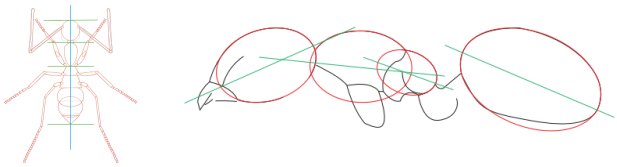
Los equipos desarrollaron entregables similares a los entregables del Modelo 1, con la diferencia de la integración de los formatos incluidos en algunas de las actividades.

A manera de síntesis, en la figura 3 se presenta un ejemplo de uno de los casos de estudio donde se aplicaron las estrategias pedagógicas del segundo modelo. Este ejemplo, más que por considerarse exitoso, se eligió porque refleja con claridad cada uno de los pasos de las estrategias desarrolladas:

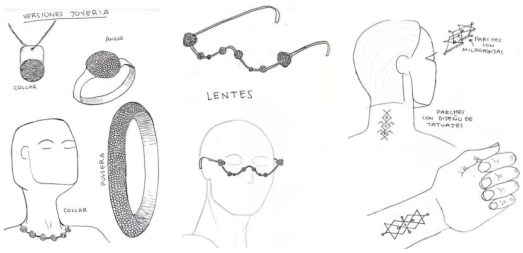
Figura 3 “ Ejemplo de caso de estudio bajo el Modelo 1”

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No.20 hormiga**	**Integrantes del equipo:** LINT / Welsh Sanmartín, Vanessa M. IISE / Pérez Ruiz Velasco, María E IISE / Rodríguez Carvajal, Karla P. ARQ / Cárdenas Lozano, Valeria
Nombre común de objeto de estudio: hormiga **Nombre científico:** *Lasius Niger* **Emulación:** El ojo compuesto de la hormiga de forma esférica que le permite tener una percepción de su entorno a 160°, capaz de detectar movimientos rápidos; ven un amplio rango de ángulos sólidos.	**Descripción de propuesta:** Dispositivo en base a la funcionalidad de los ojos compuestos de la hormiga que sea capaz de detectar el contexto y otorgar una percepción sensorial al usuario, para brindarles seguridad al tener una percepción más amplia de su panorama. Este dispositivo está diseñado como piezas de joyería conformados por un anillo, un auricular y tatuajes que funcionan como injertos conectados con el sistema nervioso del usuario.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.

Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Introspección:	El ojo de la hormiga gracias a su forma esférica compuesta de múltiples puntos de visión en vez de solo uno, tiene una percepción sensorial de su contexto, con un rango de visión de 160° en comparación a los 91,5º del ser humano. Los ojos de la hormiga no tienen un foco central, lo cual implica una baja resolución de imagen. Sin embargo, los ojos compuestos son capaces de detectar movimientos rápidos y percibir un amplio rango de ángulos sólidos.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática Las personas con discapacidad visual cuentan con una percepción del entorno limitada y una manera de solucionarlo parcialmente es por medio de lentes especiales, guías,	El ojo de la hormiga gracias a su forma esférica compuesta de múltiples puntos de visión en vez de solo uno, le permite tener una percepción sensorial de su contexto, teniendo un rango de visión de 160° a comparación a los 91,5º del ser humano. Los ojos de la hormiga no tienen un foco central, lo cual implica una baja resolución de imagen. Sin embargo, los ojos compuestos son capaces de detectar movimientos rápidos, perciben un amplio rango de ángulos sólidos.

bastones o aplicaciones móviles.



Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.

Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)

Enfocándose en las personas con discapacidad, se puede implementar un dispositivo con base a la funcionalidad de los ojos compuestos de la hormiga que sea capaz de detectar el contexto y otorgar una percepción sensorial al usuario, para brindarle seguridad al tener una percepción más amplia de su panorama.

Propuesta de diseño

Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al

Dispositivo (anillo) con cámaras y sensores (tatuajes) con diversos funcionamientos y un auricular, que proporcionarán una visión nocturna, infrarroja, fotográfica y ultravioleta. Además de sensores de movimiento, infrarrojos y sensores ultrasónicos de alto y bajo rango. Éstas en conjunto tendrían una visión de 160° de alto radio de alcance para poder analizar la ruta o el espacio en donde el portador esté transitando.

Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.

Las cámaras podrán ser capaces de enviar una señal hacia unos tatuajes que se conectan al sistema nervioso; estos dispositivos serán capaces de procesar esta señal y podrán inmovilizar el músculo o emitir microespasmos en una zona determinada del cuerpo, para que se mueva en caso de alguna amenaza del exterior.

De igual forma, contará con un auricular que se intercomunica con el dispositivo con cámaras por medio de *bluetooth* para brindarle comando por voz al usuario; éste proporcionará información completa del entorno y detección de posibles riesgos.

	El dispositivo se podrá enlazar al celular, permitiendo acceso a internet, facilitando tareas como hacer llamadas de emergencias, cargar indicaciones de dirección o recibir instrucciones en caso de una emergencia. Los materiales a elaborar son chapa de oro 80% reciclado. En el caso de los tatuajes, estos contarán con microagujas de acero quirúrgico que se conectan con el sistema nervioso central y envían señales a través de éste. La base del parche está compuesta de un polímero transparente y flexible.

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

5.3. Estrategias pedagógicas del Modelo 3

La tabla 8 presenta, a manera de compendio, las estrategias pedagógicas redefinidas por medio del fortalecimiento de los recursos didácticos para determinar el Modelo 3. En ella se comprenden las estrategias pedagógicas conformadas por sus actividades, objetivos, procesos cognitivos y las dinámicas de su desarrollo.

Tabla 8 "Resumen de Modelo 3"

Dinámica		Bloque	Proceso cognitivo	Tema	Actividad	Objetivo
Individual		Sensibilización	Comprender y analizar	1.1 Sensibilización y contextualización del estado actual de los recursos naturales.	Cuestionar y definir mi rol como diseñador ante el conocimiento del impacto de las actividades de la humanidad con relación al uso de los recursos naturales.	Empoderar
				1.2 El rol del diseñador.	Identificar las acciones que puedo realizar como diseñador o diseñadora a partir del diseño biomimético y de la visualización de futuros.	
				1.3 El diseño biomimético y la especulación como alternativa para la búsqueda de soluciones.		
Equipos multi-disciplinarios	De manera indivi-dual se plasman reflexio-nes indivi-duales en una	Análisis e investigación	Analizar, evaluar y crear	2.1 Selección del objeto de estudio.	Observación y conexión directa con el objeto de análisis.	Estimular
				2.2 Investigación bibliográfica y con expertos.	Revisar artículos y publicaciones para obtener información introductoria acerca del objeto de análisis.	
				2.3 Análisis por medio de la fotografía.	Observar con detenimiento a través del lente de la cámara para identificar los sistemas, las partes y	

	bitácora				las funciones del objeto de estudio. Observación mediante tres zooms: general, a detalle y por medio del microscopio.	
				2.4 Análisis de su geometría por medio del dibujo análogo.	Observar con detenimiento a través del dibujo análogo para comprender la geometría de los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio.	
				2.5 Análisis de su geometría y morfología por medio del dibujo digital.	Observar con detenimiento a través del dibujo digital para identificar las proporciones y dimensiones y poder replicar la geometría de los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio. Diseminar los elementos compositivos geométricos para comprender su morfología y su función.	
				2.6 Análisis por medio de prototipos.	Replicar la geometría de los sistemas, las partes del objeto de estudio por medio de prototipos de estudio para experimentar sus funciones.	
				2.7 Fabricación de biomateriales.	Experiencia de primera mano, el cómo por medio del concepto de DIY (*do it yourself*), se pueden fabricar materiales con base en elementos orgánicos en laboratorios caseros.	
		Conceptualización	Evaluar	3.1 Conclusiones.	Reflexionar sobre lo observado, identificado, comprendido, analizado y replicado, por medio de analogías de la naturaleza.	Potencializar
				3.2 Preguntas de investigación y la posible solución.	Identificar una oportunidad en relación a las conclusiones obtenidas.	
			Conceptualizar	3. 3 Juego de futuros	Abstraer analogías para definir las directrices para un diseño especulativo., bajo el cuestionamiento de las macrotendencias y disrupciones del futuro.	
				3.4 Uso de procesadores de imágenes en colaboración con la inteligencia artificial.	Definir el concepto de diseño por medio de un enunciado como medio de comunicación entre humano y la plataforma de *Word to Image*, generando visuales complementarias al concepto.	

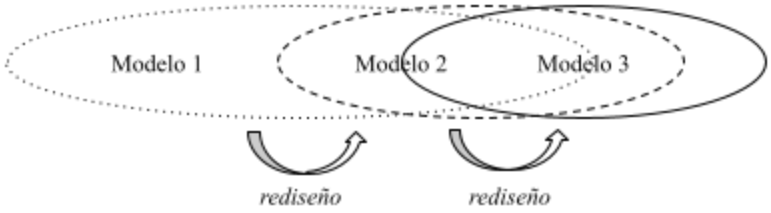
		Desarrollo de proyecto	Crear	4.1 Propuesta de diseño.	Definir una propuesta de diseño especulativo a partir de las analogías de la naturaleza y la visualización de futuros.	Crear
				4.2 Entregables.	Elaborar la documentación del proceso para llegar a un prototipo diegético que pruebe la analogía definida.	

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

5.3.1. Diseño de las estrategias pedagógicas del Modelo 3

Los resultados de este modelo se han obtenido a partir del fortalecimiento del rediseño de las estrategias pedagógicas y los resultados proyectuales obtenidos de su aplicación. Este modelo sólo ha sufrido cambios parciales para permitir el fortalecimiento y adaptación de las herramientas, permitiendo ser un sistema más flexible y congruente a su objetivo.

Diagrama 26 "Estrategia de rediseño modelos 1, 2 y 3"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Las modificaciones radican principalmente en la introducción de mecanismos didácticos para permitir la transición de la información resultante del bloque de análisis a la fase de conceptualización de las ideas de diseño. Para ello, se introducen una cantidad mayor de formatos que apoyan la organización de la información.

Se incrementaron los medios para el apoyo de las introspecciones y el seguimiento controlado de la evolución del proyecto, a manera tal que éste pueda seguirse de forma un tanto independiente por parte de los estudiantes.

Por otro lado, se integraron mecanismos didácticos para la evolución del diseño en la escala de futuros, apoyando el objetivo de esta tesis, buscando generar un proceso claro que permita a los estudiantes visualizar para este momento transicional de la sociedad y por el ende del diseño.

5.3.1.1. Formatos como mecanismos para el ordenamiento de la información y guía en el proceso de ideación.

Los formatos fungen como documentación que se otorga al estudiante como un sistema de *roadmap* a seguir, permitiéndole visualizar desde un inicio el camino que va a recorrer y las herramientas que utilizará, clarificando la intención de las actividades, por un lado para involucrarse en el proceso y, por el otro, para permitir que el proceso de

aprendizaje sea global y sean ellos mismos quienes transiten el *roadmap* con ciertos niveles de independencia, gracias a una guía clara, permitiendo y con ello permitir la metacognición de una forma mayormente exitosa.

Se introduce este mecanismo al inicio del curso, permitiendo al estudiante analizar el proceso de principio a fin y establecer su propio proceso mental de organización de tiempo y distribución de sus tareas.

a) *Formato de analogías naturales (Figura 4):* este formato sustituye al de introspección usado en el Modelo 2. Éste se rediseña a partir del replanteamiento del formato WWH, de Yen (Yen et al., 2016, 336), donde se realizan preguntas orientativas para una observación eficiente, como: ¿Cuáles son los componentes relevantes del sistema? (estructura); ¿por qué el sistema requiere el mecanismo? (función); y ¿cómo interactúan los componentes para ejecutar el mecanismo?

   En este caso, se reformulan las preguntas para enfocarlas al estudio de la geometría del objeto del estudio para encontrar oportunidades de aplicación en un diseño para los humanos. Resultando las siguientes preguntas: ¿cuáles son los componentes formales del objeto de estudio?, ¿por qué el objeto de estudio tiene éstas formas?, ¿cómo el objeto de estudio por medio de su forma realiza una acción específica?

Figura 4 "Formato de analogías naturales"

<table>
<tr><td colspan="3">FORMATO RESÚMEN DE LAS ANALOGÍAS NATURALES
Curso: Soluciones Interdisciplinarias
Centro de estudios: Universidad de Monterrey UDEM</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Caso de estudio No.00 Nombre
Estudiantes:
Nombre /Disciplina
Nombre /Disciplina
Nombre /Disciplina

Identifica las analogías naturales de tu objeto de estudio, reúne los recursos de las observaciones por medio de la fotografía, el dibujo y el análisis por medio de prototipos.
Selecciona las que consideres de mayor relevancia e interés y responde las preguntas para cada analogía.</td><td>Función que realiza :</td><td>Analogía:</td></tr>
<tr><td>(Fotografías y dibujos aquí)</td><td>¿Qué hace el organismo vivo?
¿Por qué necesita hacerlo? (¿Está resolviendo un desafío de supervivencia a través de su forma?)
¿Cómo lo hace?</td></tr>
</table>

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

b) *Formato de introspección (Figura 5):* se introduce para que los equipos de trabajo determinen qué estrategias naturales de su objeto de estudio se consideran mayormente relevantes y de interés, con el objetivo de acotar la investigación y el enfoque de los estudiantes para iniciar el proceso de selección de posibles emulaciones y dar respuesta a una oportunidad de diseño. El formato es utilizado al momento de realizar las observaciones y el análisis por medio de la fotografía, del dibujo análogo, digital y del análisis de prototipos de estudio.

Figura 5 "Formato de introspecciones"

<table>
<tr><td colspan="3">FORMATO DE INTROSPECCIÓN
Curso: Soluciones Interdisciplinarias
Centro de estudios: Universidad de Monterrey UDEM</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Caso de estudio No.00 Nombre
Estudiantes:
Nombre /Disciplina
Nombre /Disciplina
Nombre /Disciplina

Análisis por medio de:

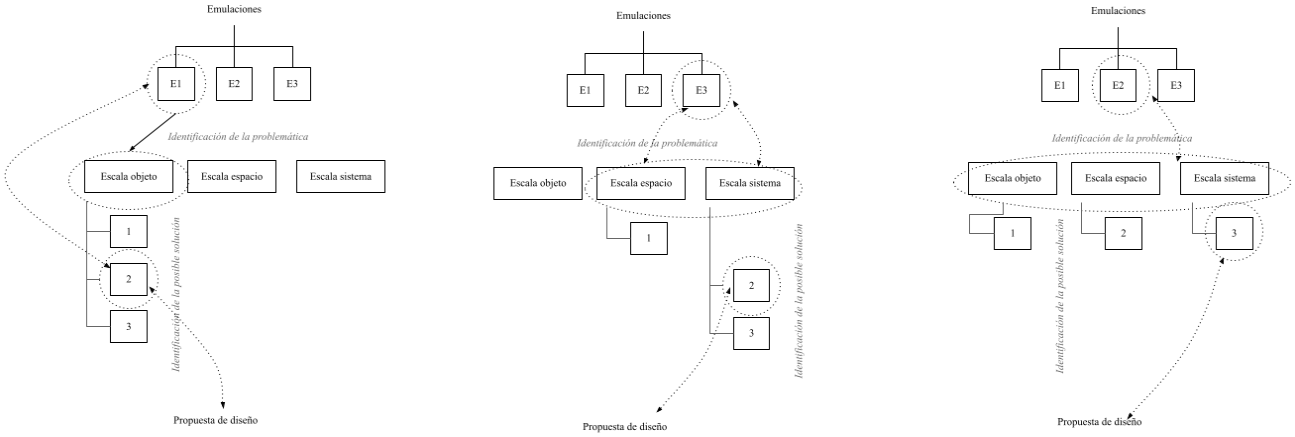
Caso de estudio: (nombre común y nombre científico)

Identifica las partes que comprende a tu objeto de estudio, su geometría y describe las características de cada una de estas partes observadas y del como su geometría le ayuda a realizar una acción.</td><td colspan="2">Función que realiza :</td></tr>
<tr><td>(Fotografías o dibujos aquí)</td><td>a) Parte o componente del objeto de estudio:
b) Forma: describe las características geométricas (formas, dimensiones, proporciones, etc)
c) Función: describe la función de esta forma y cómo le ayuda a realizar una acción específica.</td></tr>
</table>

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

c) *Formato de analogías y concepto (Figura 6):* aquí los equipos organizan la selección de las emulaciones a las que han decidido enfocarse. Cada equipo selecciona en conjunto con la guía del profesor, las emulaciones de la geometría que podrían tener un potencial para posteriormente desarrollarse como propuesta de diseño.

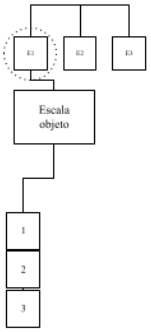
Diagrama 27 "Mapa de las posibles emulaciones"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Los estudiantes tienen varías posibilidades a seguir, se les indica que establezcan posibles emulaciones y propuestas a tres escalas: escala objeto, escala espacio y escala sistema, donde ellos deciden si realizan una propuesta de emulación para escala o si realizan varias propuestas de emulación para una sola escala. Por ejemplo, en el diagrama 26 se muestra una emulación a escala objeto donde se plantean 3 posibles emulaciones o, por el otro lado, una emulación con dos posibles escalas de ideación, o una emulación con tres posibles escalas. Se plantea que el estudiante tenga varias opciones (más de tres) de emulación o escala, para facilitar la experimentación y diversidad de las ideas y no limitar el proceso natural de la interpretación de analogías.

Figura 6 "Formato de analogías naturales y conceptualización"

FORMATO DE ANALOGÍAS NATURALES Y CONCEPTUALIZACIÓN *Curso: Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey UDEM*	
Caso de estudio No.00 Nombre Estudiantes: Nombre /Disciplina Nombre /Disciplina Nombre /Disciplina 	Emulación 1 Descripción de la emulación. Descripción del contexto de la propuesta (escala temporal) A quién va dirigido Cuál es la postura de diseño detrás de la propuesta Emulación 2 Descripción de la emulación. Descripción del contexto de la propuesta (escala temporal) A quién va dirigido Cuál es la postura de diseño detrás de la propuesta Emulación 3 Descripción de la emulación. Descripción del contexto de la propuesta (escala temporal) A quién va dirigido Cuál es la postura de diseño detrás de la propuesta

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

d) *Formato de síntesis de desarrollo de proyecto (Figura 7):* con la finalidad de eficientizar los tiempos y permitir que los estudiantes se enfoquen en generar contenido, se facilita un formato que guía de principio a fin el registro de los resultados proyectuales de los equipos de trabajo. Este formato hace la sustitución del libreto previamente utilizado como entregable en los modelos 1 y 2. Este formato fue utilizado previamente por la autora de la tesis como formato resumen para la evaluación por medio de pares, y con ello se llegó a la conclusión de que es un formato que permite la comunicación del proceso y del desarrollo de los resultados proyectuales.

Figura 7 "Formato de síntesis del proyecto"

FICHA CASO DE ESTUDIO
Curso: Soluciones Interdisciplinarias
Centro de estudios: Universidad de Monterrey UDEM

Caso de estudio No.00 Nombre

Integrantes del equipo:
- Nombre / Disciplina
- Nombre / Disciplina
- Nombre / Disciplina

El objeto de estudio

Nombre científico:

Nombre común:

Emulación:

Descripción de propuesta:

Análisis
1. Análisis por medio de la Fotografía
2. Análisis de la geometría a través del dibujo análogo
3. Análisis de la morfológico y dibujo técnico
4. Análisis experimental por medio de prototipos

Introspección y Analogías

¿Qué hace el organismo vivo?

¿Por qué necesita hacerlo? (¿Está resolviendo un desafío de supervivencia a través de su forma?)

¿Cómo lo hace?

Proceso de conceptualización y diseño
a) Analogía natural seleccionada
b) Time frame y como es el contexto en ese momento
c) Descripción de cómo es el Uso + experiencia
d) Materiales
e) Diagramas del concepto
f) Parrafo usado para mid journey e imagenes del proceso e imágenes finales.
g) Planos conceptuales de la propuesta de diseño
h) Prototipos análogos o digitales de la propuesta de diseño
i) Conclusiones
j) Referencias

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Se plantean que los estudiantes tengan acceso a los formatos desde el inicio del curso, favoreciendo el autoaprendizaje y la organización de las actividades a nivel individual y como grupo.

5.3.1.2. El diario de introspecciones y reflexiones

En forma individual se pide a los estudiantes realizar reflexiones durante todo el proceso, acción que ya se les había recomendado en los modelos 1 y 2, sin embargo, se les había dado la opción de registrar sus observaciones y reflexiones a modo electivo en el formato que ellos consideran mejor En éste caso, para el Modelo 3 se hace la introducción de una bitácora de reflexiones e introspecciones, en un formato de diario de papel como mecanismo de ordenación, con la finalidad de plasmar y no perder los detalles de su experiencia. Los diarios pueden incluir texto, dibujos y diagramas, así como objetos biológicos que consideren adecuados. De acuerdo con Schoen citado por Yen "el acto de reflexión profundiza la comprensión de los estudiantes en todos los aspectos de la clase" (Yen et al., 2016, 339).

Al introducir este elemento, las actividades que están diseñadas para realizarse en equipo empiezan a tener un elemento individual, el cual fortalece la calidad de las interacciones grupales, ya que de manera individual los estudiantes han realizado el proceso de pensamiento y traen consigo mayores elementos de conocimiento para intercambiar con los demás.

5.3.1.3. Diseño especulativo y el juego de futuros

Se hace un reforzamiento del diseño especulativo. Se puntualiza mayormente en mecanismos de conceptualización bajo la lente del diseño especulativo por medio de estrategías de ideación discursiva y de cómo traducir estas estrategias a representaciones visuales capaces de comunicar por medio de prototipos diegéticos situados en un contexto de un futuro específico. Una de las estrategias que se plantea es el juego de ideación de *The Thing from the Future* (Candy et al., 2015) , donde por medio del juego se provoca a que los participantes tengan ideas de artefactos para el futuro, permitiendo tener un flujo dinámico de ideas con las que posteriormente se construyen prototipos diegéticos para poner a prueba la respuesta a la analogía encontrada.

5.3.1.4. Introducción de Word to Image

Debido a que los estudiantes suelen acotar su propuesta con relación a lo que podían representar, limitándose a los programas que dominan, los resultados de las propuestas se determinan por las competencias de conocimiento y manejo de *software*. Para permitir que los conceptos fueran profundos y no limitados por su representación se integró el uso de la inteligencia artificial como medio de comunicación visual de una idea. Ya que el objetivo de éstas estrategias es el generar una propuesta conceptual y permitir a los estudiantes que visualicen lo que sus ideas son capaces, la representación pasa al nivel de comunicación de un proyecto y no es el centro de ella. Para ellos se integra la herramienta de *Word to Image*, en este caso la versión gratuita de Midjourney.

5.3.1.5. Un breve replanteo del análisis por medio del dibujo digital y análisis morfológico.

En la actividad 2.5, se replantea el proceso del análisis morfológico y dibujo digital buscando que sean un complemento directo uno del otro, es decir, se unifican en una sola estrategia, donde el análisis morfológico es el primer acercamiento a la geometría del objeto de estudio, y el dibujo digital-ahora llamado dibujo técnico- es una conclusión del análisis morfológico.

5.3.2. Resultados de la aplicación del Modelo 3: resultados proyectuales

Los resultados proyectuales de la aplicación de las estrategias pedagógicas del Modelo 2, engloba los resultados de 13 casos de estudio (15 al 27) obtenidos durante el período académico de primavera 2020 a primavera 2021, dentro del mismo marco del curso de Soluciones multidisciplinarias de la Universidad de Monterrey. Igualmente cada caso de estudio fue desarrollado durante un periodo académico, en equipos multidisciplinarios de 3 a 4 personas, incluyendo a un total de 30 estudiantes.

En la tabla 9 se realiza un resumen de estos resultados proyectuales, la cual integra el número asignado a cada caso de estudio, el objeto de análisis elegido por los equipos, una breve descripción de la emulación desarrollada y descripción de su propuesta. En el anexo 9 se puede consultar una versión más extensa, conteniendo un resúmen de su proceso y propuesta conceptual de diseño.

Tabla 9 "Cuadro de resumen de los resultados proyectuales del Modelo 3"

Caso de estudio	Anexo 9	Equipo	Objeto de estudio	Emulación	Propuesta de diseño
No. 28	Pág. 294	3 integrantes (LDI , LINT y LDG)	**Nombre común:** Araña Tigre **Nombre científico:** Argiope Argentata	Telaraña. Nanoestructura de la seda de araña, que permite la purificación del aire por medio de la electrostática.	Estructura colgante transitable entre los edificios de la ciudad. Conteniendo los mismos beneficios de la telaraña, limpiando del aire contaminado.
No. 29	Pág. 297	4 integrantes (LDI , ARQ, IISE y LDG)	**Nombre común:** Girasol **Nombre científico:** Helianthus Annuus	Heliotropismo, es decir el movimiento del talle que le permite buscar energía solar. Y la organización radial del núcleo que le permite la colocación de cada semilla, para su máximo desarrollo.	Proyecto arquitectónico residencial inteligente que usa el mecanismo del heliotropismo para permitir que un espacio habitable gire para buscar la captación de recursos naturales, tales como la energía solar y el agua de lluvia.
No. 30	Pág. 300	2 integrantes (ARQ y LDG)	**Nombre común:** Rosa de jardín. **Nombre científico:** Rosaceae	Función hidrofóbica de los pétalos de la rosa.	Prenda inteligente a partir de biomateriales que se automodifica. Detectando en qué estado atmosférico se encuentra, el tejido de la prenda cambia de ser permeable a ser hidrofóbica en climas lluviosos.
No. 31	Pág. 302	2 integrantes (LDG)	**Nombre común:** Rosa de jardín. **Nombre científico:** Rosaceae	Hidrofobicidad de la rosa.	De acuerdo a las propiedades hidrofóbicas del pétalo de la rosa, se creó un material de recubrimiento para exteriores que protege de la lluvia ácida. Es un material permeable, ligero y resistente hecho con biomateriales.
No. 32	Pág. 305	4 integrantes (LDTM, LDI, ISSE y LMEC)	**Nombre común:** Palomilla Nocturna o Polilla.	Mecanismo de control de temperatura por medio del movimiento	Wearable que se usa como segunda piel formada por un material compuesto por nano

			Nombre científico: Heterocera	de las escamas de las alas.	escamas distribuidas en áreas clave para regular la temperatura corporal.
No. 33	Pág. 307	4 integrantes (LMEC, 2 LDI e IISE)	**Nombre común:** Hormiga **Nombre científico:** Heterocera	Sistema de agarre de la pata de la hormiga a través de una almohadilla que le permite caminar o subir por cualquier tipo de superficie sea de manera horizontal o vertical.	Calzado de las ciudades futuras, que emula la función de la pata de una hormiga que le permite caminar por superficies de manera vertical u horizontal, con una suela especial para asimilar el agarre de la pata de la hormiga
No. 34	Pág. 310	4 integrantes (LINT, 2 LMEC y LDI).	**Nombre común:** Margarita **Nombre científico:** Bellis Perennis	Receptáculo de la margarita cuya función es proteger al estambre o centro de la misma cuando la flor.	Prenda inteligente reactiva que se transforma en impermeable cuando el clima lo requiera.
No. 35	Pág. 313	3 integrantes (LDG, LDI y LMEC)	**Nombre común:** *Pennisetum* **Nombre común:** Sericura	Capacidad de la sericura de retener nutrientes en sus espigas para liberarlas al momento que la planta las necesite.	Cápsula biodegradable anclada a un dron llena de semillas y nutrientes, para la apoyar a la reforestación.

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

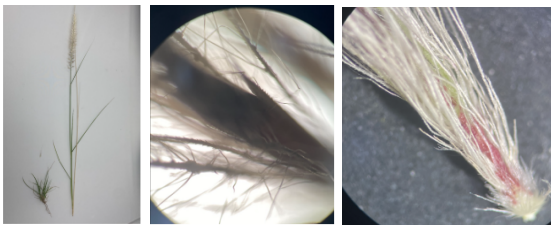
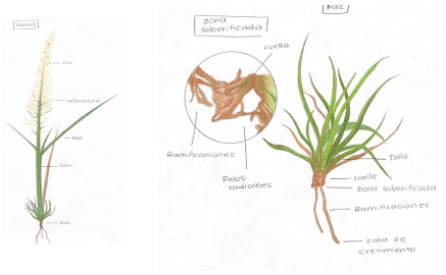
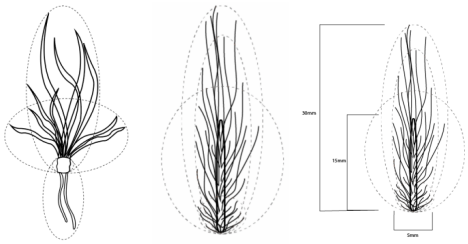
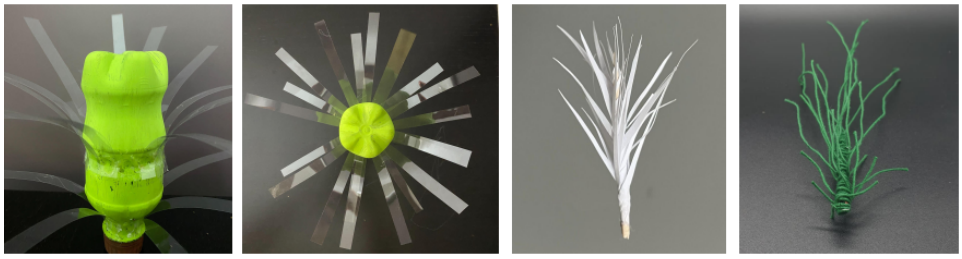
Los equipos desarrollaron entregables similares a los del Modelo 1, con la diferencia de la integración de los formatos incluidos en algunas de las actividades.

A manera de síntesis, en la figura 8 se presenta un ejemplo de uno de los casos de estudio donde se aplicaron las estrategias pedagógicas del segundo modelo. Este ejemplo, más que por considerarse exitoso, se eligió porque refleja con claridad cada uno de los pasos de las estrategias desarrolladas.

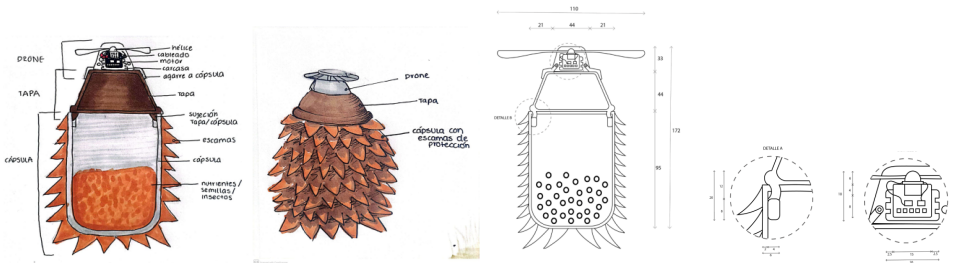
Figura 8 "Ejemplo de caso de estudio bajo el Modelo 1"

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT22 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No.35 *pennisetum***	**Integrantes del equipo:** Sofia Paola Serrano Leal / LDG Viviana de la Fuente Martínez / LDI Melanie Alessandra Hernández Salazar / LMEC

Nombre científico: *Pennisetum* **Nombre común:** Sericura **Emulación**: La capacidad de la sericura de retener nutrientes en sus espigas para liberarlas al momento que la planta las necesite.	**Descripción de propuesta:** La propuesta de diseño es una cápsula biodegradable anclada a un dron llena de semillas y nutrientes, la cual se mandará a lugares que necesitan reforestación de árboles y plantas; la finalidad de esta cápsula es liberar su contenido en las zonas donde se requieran y que se pueda devolver la vida a dichos lugares en riesgo de perder su fauna y flora.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Análisis morfológico y dibujo técnico	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Introspección Analogías	*Analogía 1*- El transporte de nutrientes a través del tallo comparado con el esófago *Analogía 2* - La resistencia del tallo comparado con las columnas de edificios *Analogía 3* - El movimiento y almacenamiento de agua a través de la inflorescencia comparado con un recolector de agua.

Proceso de conceptualización y diseño

Concepto	Se creó un sistema de distribución de recursos usando cápsulas biodegradables. Éstas son transportadas por medio de drones o aviones (dependiendo la cantidad); las cápsulas cargan con los recursos necesarios y son posteriormente selladas. A medida que se desintegran, los nutrientes y organismos pueden nutrir el suelo. Estas cápsulas están protegidas por "escamas", emulando la dirección de los pelos de la inflorescencia, para caer suavemente y llegar al suelo en posición vertical. Estas escamas podrán tener direcciones y dimensiones diferentes dependiendo del área a la que se busca llegar. Por ejemplo, se usarían escamas más largas y abiertas para caer sobre árboles y atorarse en las ramas, o escamas cortas en posición vertical para llegar rápidamente al suelo.
***Time frame* y contexto**	En el futuro, a 10 años, llegaremos a un punto en donde los ecosistemas ya no son autosuficientes gracias a la falta de recursos y extinción de algunas especies, por lo que se requiere hacer llegar los recursos necesarios de manera urgente. El gobierno quiere enviar nutrientes, agua, organismos, etc. a estos hábitats de una manera no intrusiva y sin ocasionar más daño al ambiente ni dejar desechos. Ya se había intentado hacer llegar estos recursos, pero no se hizo suficientemente rápido y la llegada de camiones que cargaban los recursos, ocasiona más daño. Gracias a estos intentos fallidos, las personas no quieren que el gobierno se entrometa. Sin embargo, si no se hace llegar asistencia, estos lugares quedarán completamente desiertos en 2 años.
Descripción del uso y experiencia	Para comenzar se van a programar los drones para que vayan a cierto lugar que necesite de su ayuda y después se envían, llenos con los recursos necesarios (agua, semillas, tierra, etc…). Posteriormente, cuando estos lleguen a su destino se desprende la cápsula, que caerá al suelo, en donde por el impacto se abrirá el sello, liberando su contenido.
Materiales	Carcasa y escamas hechos de biopolímeros capaces de desintegrarse por completo en aproximadamente 1 mes. Tapa de la cápsula biodegradable en 2 semanas para poder acceder a los nutrientes rápidamente.
Diseño	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Prompt (Párrafo usado para Mid Journey): *A futuristic brown capsule made of long scales being dropped by a drone in a forest pine tree forest, minimalistic, happy environment, hyper realistic, hyper quality, cinematic, futuristic theme, hyper detailed, artstation trending, high quality, extra graphics, photo realistic, octane render.*	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al. y Midjurney.
Conclusiones	En el presente proyecto creamos un producto que servirá para un futuro en donde el ambiente ya no puede producir sus propios recursos naturales a causa de la sobreexplotación, y nuestro prototipo inspirado en la capacidad de retención de recursos naturales y caída de la inflorescencia de la sericura

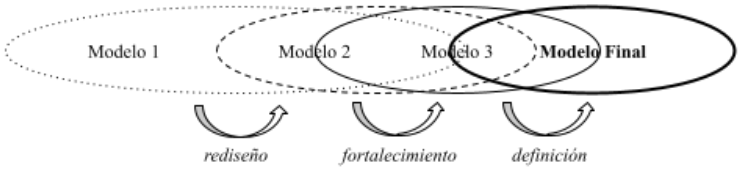
	es nuestra propuesta de solución a esto. Actualmente, el planeta tierra es un lugar en peligro y es muy importante que las futuras generaciones comiencen a tomar acción y pensar a futuro, ésto con la finalidad de llegar a una mejor calidad de vida y evitar nuestra extinción. El diseño no tiene límites y es muy importante no dejar que la creatividad pare, es la única solución para seguir adelante y descubrir cosas increíbles.
Video	https://www.youtube.com/watch?v=U8HKeobFUIw

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

5.4. Definición del Modelo Final

Para la definición del modelo final, se han considerado el rediseño del Modelo 2 y el fortalecimiento de las estrategias pedagógicas del Modelo 3, tomando en cuenta el impacto que han tenido en un total de 104 estudiantes distribuidos en 35 casos de estudio, desarrollados a lo largo del período comprendido del año 2018 al 2022.

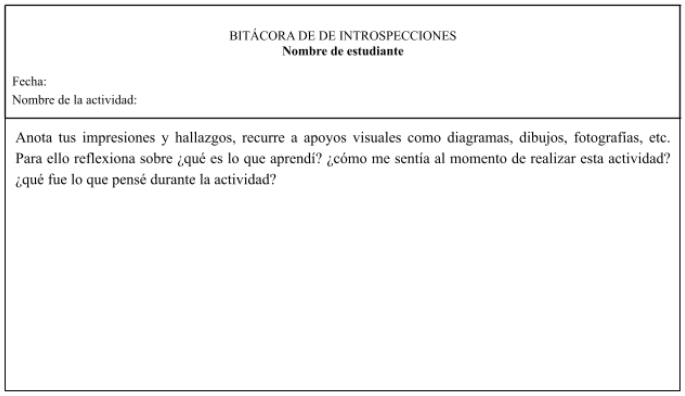
Diagrama 28 "Estrategia de rediseño modelo 1, 2 y 3"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Para lograr la redefinición de este modelo se reforzaron las estrategias del registro de las introspecciones por medio de la bitácora individual del seguimiento del proyecto (Figura 9), estableciendo un formato específico para su llenado; por otro lado se revisaron los tiempos en los que se realizan las actividades, es decir, se consideraron los tiempos lectivos y de práctica dentro del marco de de la clase de Soluciones interdisciplinarias de la UDEM, así como una breve reorganización del orden de las actividades, y por último se definieron rúbricas y ejemplos como recursos de consulta para apoyar el entendimiento de las metas del curso.

Figura 9 " Formato de bitácora del seguimiento del proyecto"


BITÁCORA DE DE INTROSPECCIONES
Nombre de estudiante

Fecha:
Nombre de la actividad:

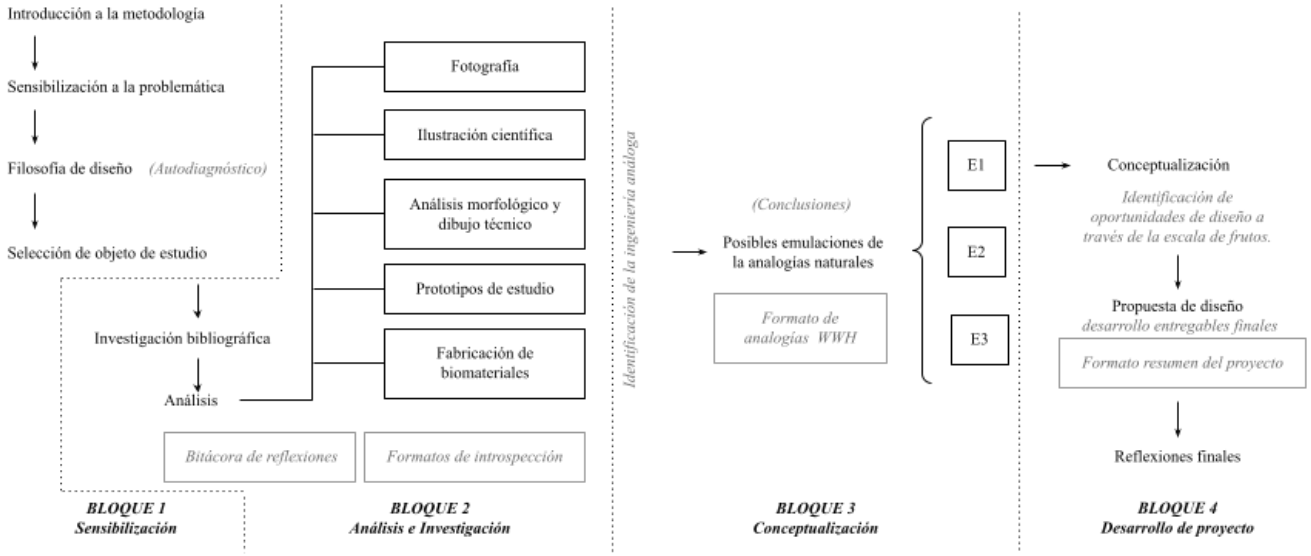
Anota tus impresiones y hallazgos, recurre a apoyos visuales como diagramas, dibujos, fotografías, etc. Para ello reflexiona sobre ¿qué es lo que aprendí? ¿cómo me sentía al momento de realizar esta actividad? ¿qué fue lo que pensé durante la actividad?

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

El modelo final integra los bloques establecidos en el modelo inicial, con la variante de agregar una estrategia de introducción a la temática al inicio, con el objetivo de apoyar el proceso cognitivo de recordar. Posteriormente, está el

bloque de la sensibilización, con el objetivo de empoderar mediante el proceso cognitivo de comprender y analizar; como segundo bloque está el del análisis e investigación, con el objetivo de estimular los procesos cognitivos de analizar, evaluar y crear; como bloque siguiente, está el de la conceptualización, con el objetivo de potencializar los procesos cognitivos de evaluar; finalmente el cuarto bloque comprende el desarrollo del proyecto con el objetivo de experienciar el proceso cognitivo de crear. En el diagrama 29, se plasma la secuencia sugerida de las estrategias pedagógicas para el diseño biomimético especulativo del modelo final.

Diagrama 29 "Proceso de implementación del modelo final"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

A continuación se presenta el modelo final en la tabla 10, considerando que los tiempos y las sesiones están determinados por la logística del curso;. Sin embargo, se hace una propuesta de división para poder acoplarse a otros tiempos más largos o cortos. Los tiempos de las sesiones son de 3 horas y se realizan una vez a la semana, permitiendo realizar las actividades y hacer la reflexión de las mismas.

Tabla 10 " Modelo final"

MODELO FINAL	***Estrategias pedagógicas adaptativas: un enfoque en el diseño biomimético especulativo***
Bloque de introducción	
Tema: romper el hielo e introducción a la metodología del diseño biomimético especulativo, a través de la escala de futuros.	**Actividad 1.0:** conocer e interesarse por la metodología del curso a través del juego "*A thing for the future*".
Proceso cognitivo: comprender y analizar.	**Dinámica:** equipos aleatorios.
Objetivo: recordar.	
Material de apoyo:	**Modalidad de calificación:** se califica de manera individual

https://situationlab.org/futurething-print-and-play-edition/ **Ejemplo:** ejemplo 1.0	

Bloque 1: sensibilización	
Tema: sensibilización y contextualización del estado actual de los recursos naturales. **Proceso cognitivo:** comprender y analizar. **Objetivo:** empoderar. **Ejemplo:** ejemplo 1.1	**Actividad 1.1:** cuestionar y definir mi rol como diseñador ante el conocimiento del impacto de las actividades de la humanidad con relación al uso de los recursos naturales. **Dinámica:** individual. **Modalidad de calificación:** Se califica de manera individual.
Tema: el rol del diseñador. El diseño biomimético y la especulación como alternativa para la búsqueda de soluciones. **Proceso cognitivo:** comprender y analizar. **Objetivo:** empoderar. **Material de apoyo:** https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf	**Actividad 1.2:** a través del debate identificar las acciones que puedo realizar como diseñador o diseñadora a partir del diseño biomimético y de la visualización de futuros. **Dinámica:** individual/grupal. **Modalidad de calificación:** se califica de manera individual

Bloque 2: análisis e investigación	
Tema: selección del objeto de estudio. **Proceso cognitivo:** analizar, evaluar y crear. **Objetivo:** estimular. **Material de apoyo:** guía para la selección del objeto del estudio. **Ejemplo:** Ejemplo 2.1	**Actividad 2.1:** observación y conexión directa con el objeto de análisis. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal.
Tema: investigación bibliográfica y con expertos **Proceso cognitivo:** analizar, evaluar y crear. **Objetivo:** estimular. **Ejemplo:** ejemplo 2.2	**Actividad 2.2:** revisar artículos y publicaciones para obtener información introductoria acerca del objeto de análisis. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal.

Tema: análisis por medio de la fotografía. **Proceso cognitivo:** analizar, evaluar y crear. **Objetivo:** estimular. **Ejemplo:** ejemplo 2.3 a y 2.3 b **Material de apoyo:** Formato de introspecciones grupales. Bitácora de seguimiento de proyecto.	**Actividad 2.3:** observar con detenimiento a través del lente de la cámara para identificar los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio. Observación a través de tres zooms: general, a detalle, y por medio del microscopio. **Dinámica:**equipos multidisciplinarios / individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%
Tema: análisis por medio de la ilustración científica. **Proceso cognitivo:** analizar, evaluar y crear. **Objetivo:** estimular. **Ejemplo:** ejemplo 2.4 a y 2.4 b **Material de apoyo:** Formato de introspecciones grupales. Bitácora de seguimiento de proyecto.	**Actividad 2.4:** observar con detenimiento a través del dibujo análogo para comprender la geometría de los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%
Tema: análisis de su geometría y morfología por medio del dibujo digital. **Proceso cognitivo:** analizar, evaluar y crear. **Objetivo:** estimular. **Ejemplo:** ejemplo 2.4 a y 2.4 b **Material de apoyo:** Formato de introspecciones grupales. Bitácora de seguimiento de proyecto .	**Actividad 2.4:** observar con detenimiento a través del dibujo digital para identificar las proporciones y dimensiones para replicar la geometría de los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio. Diseminar los elementos compositivos geométricos para comprender su morfología y su función. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%
Tema: análisis por medio de prototipos. **Proceso cognitivo:** analizar, evaluar y crear. **Objetivo:** estimular. **Ejemplo:** ejemplo 2.5 a y 2.5 b **Material de apoyo:** formato de introspecciones grupales.	**Actividad 2.5:** replicar la geometría de los sistemas, las partes del objeto de estudio por medio de prototipos de estudio para experimentar sus funciones. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%

Bitácora de seguimiento de proyecto	
Tema: fabricación de biomateriales. **Proceso cognitivo:** analizar, evaluar y crear. **Objetivo:** estimular. **Ejemplo:** ejemplo 2.5 a y 2.5 b **Material de apoyo:** Formato de introspecciones grupales. Bitácora de seguimiento de proyecto.	**Actividad 2.5:** experiencias de primera mano, el cómo por medio del concepto de DIY (*do it yourself*) se pueden fabricar materiales con base en elementos orgánicos en laboratorios caseros. **Dinámica:** Individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%

Bloque 3: conceptualización	
Tema: conclusiones. **Proceso cognitivo:** evaluar. **Objetivo:** potencializar. **Ejemplo:** ejemplo 3.1	**Actividad 3.1:** reflexionar sobre lo observado, identificado, comprendido, analizado y replicado, por medio de analogías de la naturaleza. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%
Tema: preguntas de investigación y la posible solución. **Proceso cognitivo:** evaluar. **Objetivo:** potencializar. **Ejemplo:** ejemplo 3.2	**Actividad 3.2:** identificar una oportunidad con relación a las conclusiones obtenidas. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%
Tema: juego de futuros. **Proceso cognitivo:** conceptualizar. **Objetivo:** potencializar. **Ejemplo:** ejemplo 3.2	**Actividad 3.3:** abstraer analogías para definir las directrices para un diseño especulativo, bajo el cuestionamiento de las macrotendencias y disrupciones del futuro. **Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual. **Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%

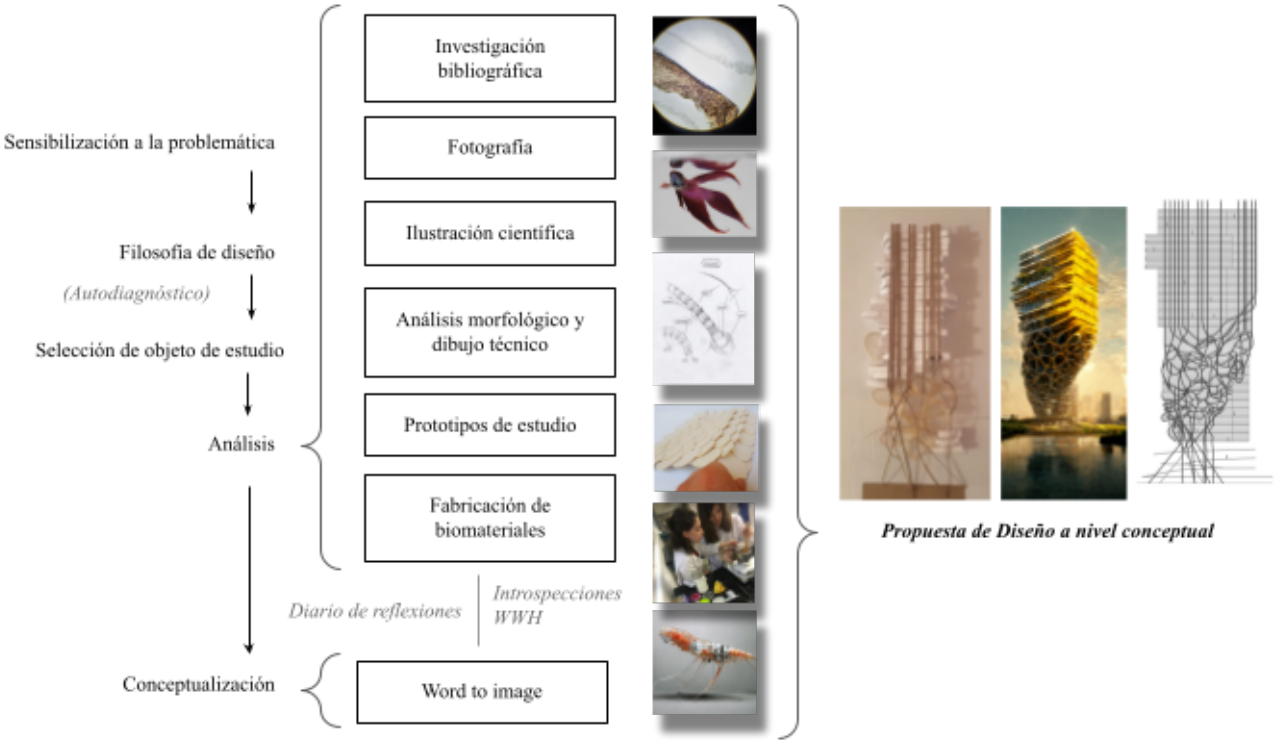
Tema: uso de procesadores de imágenes en colaboración con la inteligencia artificial.	**Actividad 3.3:** definir el concepto de diseño por medio de un enunciado como medio de comunicación entre humano y la plataforma de *Word to Image*, generando visuales complementarias al concepto.
Proceso cognitivo: conceptualizar.	**Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual.
Objetivo: potencializar.	
Ejemplo: ejemplo 3.3	**Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%

Bloque 4: desarrollo de proyecto	
Tema: propuesta de diseño.	**Actividad 4.1:** definir una propuesta de diseño especulativo a partir de las analogías de la naturaleza y la visualización de futuros.
Proceso cognitivo: crear.	**Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual.
Objetivo: crear.	
Ejemplo: ejemplo 4.1	**Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%
Tema: entregables.	**Actividad 4.2:** Elaborar la documentación del proceso para llegar a un prototipo diegético que pruebe la analogía definida.
Proceso cognitivo: crear.	**Dinámica:** equipos multidisciplinarios / individual.
Objetivo: crear.	
Material de apoyo: Formato de resumen de proyecto **Ejemplo:** ejemplo 4.2	**Modalidad de calificación:** se califica de manera grupal e individual Introspección grupal 50% Individual 50%

Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

La propuesta de diseño que desarrollan los estudiantes es especulativa de diseño morfológico a través de la biomimética, visualizando el futuro preferible como respuesta a los retos que nos enfrentamos los diseñadores y las disciplinas creativas con relación al agotamiento de los recursos naturales. Se visualiza que a través de este diseño se den respuestas sostenibles de diseño.

Diagrama 30 "Desarrollo del proyecto de diseño"



Fuente: Acervo de la autora para el desarrollo de la investigación (2022)

Capítulo 6

Conclusiones y futuras líneas de investigación

En este capítulo se realiza una descripción del cumplimiento de los objetivos de la investigación, así como de las líneas futuras de investigación que son aquellos aspectos que pueden ser de gran interés y deben ser analizados de manera independiente a ésta investigación, ya que su alcance va más allá de lo inicialmente previsto.

6.1. Conclusiones

Por medio de esta investigación se busca estimular las respuestas de diseño y sumar a las estrategias que se están efectuando a nivel global de los nuevos modelos de colaboración entre la ciencia, el diseño y la educación; se pretende otorgar herramientas académicas para este momento transicional de la sociedad; desde los alcances de la academia y la enseñanza, se considera necesario establecer procesos para formar diseñadores con una visión sistémica de su impacto en la preservación de la vida en la Tierra. Para ello, se toma como punto de partida las preguntas o retos como formadores de diseñadores: ¿qué rol tenemos en el agotamiento de los recursos naturales?, ¿qué rol tenemos en la mediación de futuros?

Como diseñadores y académicos responsables de formar diseñadores, nos enfrentamos al reto de ser capaces de dar respuestas académicas a este momento transicional, ante las consecuencias de la creciente atropo-masa y la reducción de la biocapacidad del planeta. Una de las alternativas que está mostrando un *momentum* global es que instituciones académicas de diseño han incorporado el diseño biomimético en su currículum, buscando desarrollar un enfoque sostenible que utilice a la naturaleza como modelo para buscar soluciones a los retos del mañana por medio del diseño.

Asimismo, el diseño especulativo ha tenido un auge en algunas organizaciones y disciplinas, planteando estrategias para obtener respuestas fuera de lo pragmático, pretendiendo llevar al diseñador a un planteamiento de cuestionamientos y visualización de futuros posibles, buscando diseñar e imaginar el futuro preferible.

Estas dos perspectivas, aunque están en boga, aún no cuentan con suficiente información didáctica disponible y experiencia por parte de los profesores para llevarlas a la práctica. Debido a este vacío de información y la urgencia con la que se necesita dar respuesta, se busca proponer esta serie de estrategias adaptativas para guiar la enseñanza del diseño con un enfoque biomimético y especulativo en las disciplinas de diseño y así incrementar la base de la información accesible y útil para la enseñanza en esta época de transición.

Para la definición del modelo de las estrategias pedagógicas, se han diseñado y aplicado 3 modelos. Cada uno de ellos se pone a prueba en el aula en casos de estudios y los resultados sirven de apoyo para el rediseño del siguiente modelo, resultando una investigación que comprende un total de 104 estudiantes, distribuidos en 35 casos de estudio desarrollados a lo largo del periodo comprendido del año 2018 al 2022.

La tipología de actividades comprendidas son dentro del formato laboratorio de diseño, con un enfoque en el aprendizaje experiencial, siendo su proceso la columna vertebral de todo lo que se realiza. Se ha definido y detallado cada paso con la intención de apoyar al estudiante para que después de haberlo experimentado sea capaz de aplicarlo en futuros procesos de diseño sin la guía del profesor.

Este proceso es multi y transdisciplinario, biocéntrico y especulativo, facilita las acciones de observación, análisis e introspección, buscando fortalecer el entendimiento de las posibilidades para las que se está diseñando. Se recurre al proceso de la sensibilización en torno a la temática, permitiéndoles definir sus puntos de vista personales como factor para establecer los criterios de su propio diseño.

El enfoque de laboratorio de diseño de estas estrategias les permite experimentar con biomateriales, tecnología emergente y herramientas de la biología y el diseño, como lo son el uso del microscopio, el dibujo análogo y digital y la exploración a través de prototipos de estudio.

El alcance de las estrategias en el ámbito conceptual, con la intención de que los estudiantes indaguen profundamente en ideas de un futuro posible y les permita dejar de lado los posibles límites pragmáticos del diseño funcional. Se diseñan objetos, espacios o sistemas, con énfasis en la función, por medio de la emulación de la forma de la tecnología análoga natural de un organismo vivo que le ayuda a resolver un resto de sobrevivencia y que los humanos podríamos emular para crear ideas sustentables que ayuden a la recuperación de los recursos naturales y, a la vez, a la adaptación al momento actual y de transformación de la sociedad y el diseño.

El proceso de diseño lleva al estudiante por una serie de pasos (estrategias pedagógicas) que le permiten crear una propuesta de diseño biomimético especulativo. Este proceso multidisciplinario, de múltiples bloques, provee una estructura de guía, estableciendo pasos claros y secuenciales, permitiendo el entendimiento de la contextualización, un proceso analítico, introspectivo, de definición y creación de soluciones sustentables de diseño multidisciplinario.

El modelo (diagrama 27) establece un proceso *hands-on*, por su expresión anglosajona, y está compuesto por una serie intrincada de objetivos cognitivos, identificados para determinar detalladamente el impacto que tiene en el proceso de la adquisición de conocimiento y desarrollo de habilidades. Se estimula a los estudiantes a descubrir el proceso de diseño, entender el contexto actual y posibilidades para el futuro, la interacción del rol del diseñador y la sociedad, técnicas adaptativas de visualización de proyectos, desarrollo de la forma, conceptualización de las ideas, el biodiseño como filosofía y la ingeniería análoga de la naturaleza como guía.

Las estrategias pedagógicas toman en cuenta, al momento de diseñarse, que su centro es en torno a los estudiantes, considerándolos como seres humanos que involucran en su proceso de aprendizaje y profesional el uso de las manos, su proceso de pensamiento, ideas y emociones, por lo que se procura establecer que sea estimulante a través de actividades metacognitivas por medio de los objetivos de aprendizaje, impactando las competencias de diseño.

Las actividades metacognitivas buscan llegar a lograr un impacto en el autoaprendizaje, la capacidad de sintetizar, de ser creativo y de colaborar. Se recurre al autoaprendizaje para motivarlos a indagar por sí mismos e incrementar su curiosidad, provocando que busquen experimentar, interactuar y tomar sus propias decisiones. Asimismo, se busca impactar en su capacidad de sintetizar, para propiciar que se realicen conexiones y relaciones basadas en su intuición y experiencias pasadas, invitándoles a usar la visualización para articular y conectar ideas a través de los sentidos y el pensamiento.

Por otro lado, se busca fomentar la creatividad, potenciando el estímulo de la habilidad para recolectar soluciones, referencias, analogías y metáforas, para usarlas como elementos propicios para desarrollar nuevas conexiones de pensamiento y crear nuevos conceptos. Todo ésto aunado a la colaboración, provocando la interacción con otras disciplinas y herramientas para cerrar la brecha de los procesos transdisciplinarios, permitiendo la adaptación e integración de diferentes formas de pensamiento y perspectivas, diversificando las ideas y propuestas de diseño.

Los temas centrales de las estrategias son el diseño biomimético y especulativo, donde se realizan asociaciones y analogías naturales para establecer un planteamiento conceptual, que busca obtener como resultado proyectual objetos, espacios o sistemas.

Dado el contexto de transición actual, con el agotamiento de los recursos naturales y la tecnología, el hombre está encontrando su lugar. Es relevante que el estudiante no solo reconozca su rol en sociedad, sino que también es aconsejable que las instituciones de nivel superior se involucren en el desarrollo y poner a disposición las

herramientas necesarias para ejercer su rol y desarrollar su potencial creativo; ésto tendría un impacto importante al sumarse a la tarea contribuir a la adaptación de acuerdo con los retos actuales de la sociedad.

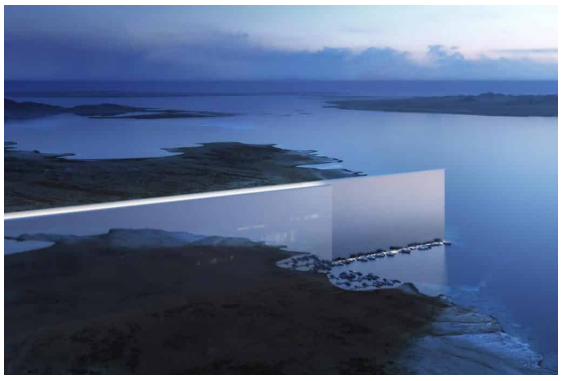
Se confía en haber contribuido a la investigación académica para la pedagogía con enfoque en sustentabilidad, en particular para el diseño biomimético y en la resolución de futuros.

6.2. Futuras líneas de investigación

Con la intención de que esta tesis contribuya al ámbito del proceso de enseñanza-aprendizaje, la siguiente etapa consistiría en profundizar en los hallazgos obtenidos,y evolucionar las estrategias pedagógicas, que como su nombre lo determina, son adaptativas, pretendiendo que se desarrollen en conjunto con las posibilidades y el proceso de diseño.

a) *Diseño del hábitat a través del diseño biomimético especulativo:* Siendo este un proceso multidisciplinario, la mayoría de los resultados proyectuales de los 35 casos de estudio, han sido en su mayoría objetos o *wearables*; se pretende, a manera exploratoria, establecer como alcance de diseño, el diseñar un espacio habitable con un impacto a nivel territorio, explorando las posibilidades de las megaciudades, que es una tendencia del diseño arquitectónico, con el objetivo De analizar las posibilidades de estos diseños planteados como las ciudades del futuro, propiciando las reflexiones y visualizando dentro de la escala de futuros, los posibles futuros.

Imágen 20 “The line. Proyecto conceptualizado por NEOM”



(NEOM, 2022)

b) *Plataformas de Word to Image como herramienta colaborativa para el diseño multidisciplinario:* ante el incremento del uso de las plataformas de colaboración con la inteligencia artificial como herramientas generadoras de imágenes tales como Midjouney, Dall-e, entre otras, se estudian las ventajas y desventajas que podría tener la generación de diseño y cómo esto afectará de manera directa o indirecta los proceso de diseño y lo métodos de enseñanza del mismo.

Morfología biomimética especulativa: los biomateriales y soft robotics, para la generación de formas adaptativas: debido a sus posibilidades de uso e incremento de las exploraciones de la suma de disciplinas que buscan explorar las

variables para alcanzar la sustentabilidad, están las posibilidades de la explicación de los biomateriales, que sumados a la tecnología de los *soft robotics*, abren un campo para la investigación académica y con potencialidad de, según sus resultados, tener un impacto en la manera que percibimos el diseño y su enseñanza dentro del aula.

Capítulo 7
Referencias

Anders, C. J., & TEDWomen. (2019, Diciembre). *Go ahead, dream about the future*. TEDWomen. https://www.ted.com/talks/charlie_jane_anders_go_ahead_dream_about_the_future

Anouk Wipprecht. (n.d.). *Anouk Wipprecht*. Anouk Wipprecht. http://www.anoukwipprecht.nl/

Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., & Macías, C. (2013, Mayo). *La fotografía como medio de aprendizaje de la educación ambiental.* Una propuesta didáctica en la educación infantil. Educación y Comunicación. Universidad de Cadiz, *6*, 13-25.

Balgatas, P., & Google Design. (2019). *Design Is [Speculative] Futures Design Thinking - a new toolkit for preemptive design*. https://www.youtube.com/watch?v=UB9UVHGI6AI

Beltrán, J. (2002, Abril 28). *Procesos, estrategias y técnicas del aprendizaje.* Revista Complutense de Educación, 6(2), 235. https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/RCED9595220235A

Bento, J., Heitor, M. V., & Duarte, J. P. (Eds.). (2004). *Collaborative Design and Learning: Competence Building for Innovation*. Praeger.

Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Harper Perennial.

BioFabricate y Fashion for Good. (2020, Diciembre). *Understanding 'bio' material innovation: a primer for the fashion industry*.

Bonnemaison, S., y Beesley, P. (Eds.). (2008). *On Growth and Form: Organic Architecture and Beyond*. Dalhousie Architectural Press.

Candy, S., Watson, J., y Candy, S. (2015). *Situation Lab*. Situation Lab. https://situationlab.org/

Cecchini, C. (2017, Abril 12-14). *Bioplastics made from upcycled food waste*. Prospects for their use in the field of design. The Design Journal, *20*(1), S1596-S1610. 10.1080/14606925.2017.1352684

Consejo Nacional de Inteligencia. (2021). *Global Trends 2040: A More Contested World*. Washington, D.C.: National Intelligence Council.

Cortéz, A., López, F., Arrengo, M., y Tejeda. (2007, Octubre - Diciembre). *El agua virtual y la huella hídrica.* Agua virtual en México, Ingeniería Hidráulica en México, XXII(4), 1-12.

Crutzen, P. J., y Stoermer, E. F. (2000). *The "Anthropocene."* Global Change Newsletter, (41), 17 - 18. http://www.igbp.net/publications/globalchangemagazine/globalchangemagazine/globalchangenewslettersno4159.5.5831d9ad13275d51c098000309.html

De Garrido, L. (n.d.). *Proceso Cognitivo de Diseño.* Luis de Garrido. Consultado 7, diciembre 2022, de https://luisdegarrido.com/es/investigacion/proceso-cognitivo-de-diseno-luis-de-garrido/

De Santa Costa, A. F., Vasconcelos, M. A., y Sarubbo, L. A. (2017, Febrero). *Review - bacterial cellulose: an ecofriendly biotextile*. International Journal of Textile and Fashion Technology, *7*(1), 11-26. http://www.tjprc.org/search.php

Eco, U. (2001). *Cómo se hace una tesis: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura*. Gedisa.

EDUCREA. (1999). Aprendizaje por Indagación. Educrea. Consultado Mayo 23, 2022, de https://educrea.cl/aprendizaje-por-indagacion/

El Club de Roma. (2018). *The Climate Emergency Plan*. The Club of Rome. https://www.clubofrome.org/publication/the-climate-emergency-plan/

European Bioplastics. (2020, April 15). *European Bioplastics eV*. European Bioplastics. https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/

Fayemi, P. E., Wanieck, K., Zollfrank, C., Maranzana, N., y Aoussat, A. (2017, Enero 23). *Biomimetics: process, tools and practice. Bioinspiration & Biomimetics*, 12. https://doi.org/10.1088/1748-3190/12/1/011002

Figueroa, C. S. (2016, Abril 20). *El uso del smartphone como herramienta para la búsqueda de información en los estudiantes de pregrado de educación de una universidad de Lima Metropolitana.* Educación, 25(49). http://dx.doi.org/10.18800/educacion.201602.002

Forehand, M. (2005). *Bloom´s Taxonomy: Original Revised*. Emerging perspectives on learning, teaching and technology. https://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1FPRRBRBK-1V1PZ0J-2JPL/Blooms%20revised%20Taxonomy.pdf

Fuller, B. (1969). *Operating Manual For Spaceship Earth* (6ta ed.). New York : Simon and Schuster.

Global Footprint Network. (n.d.). *Global Footprint Network*. https://www.footprintnetwork.org/

Gorham, G., y Waters, C. K. (Eds.). (2016). *The Language of Nature: Reassessing the Mathematization of Natural Philosophy in the Seventeenth Century*. University of Minnesota Press.

Gutierrez, D. (2005, Septiembre). *Aprendizajes significativos.* INED, Universidad Pedagógica de Durango, (4), 21-18.

Hartmann, B. (2009, Septiembre). *Gaining design insight through interaction prototyping tools*. Stanford University. https://people.eecs.berkeley.edu/~bjoern/dissertation/hartmann-diss-toc.pdf

Hatchuel, A., y Weil, B. (2009). *C-K design theory: an advanced formulation* (19th ed., Vol. 181). Res Eng Design. https://doi.org/10.1007/s00163-008-0043-4

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. d. P. (1995). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana.

Holzbrecher, A. (2015, enero - abril). *La fotografía en la educación mediática: su papel en la labor educativa (extra) académica*. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, *19*(1), 380-394. 1138-414X

Instituto Buckminster Fuller. (n.d.). *Geodesic Domes*. Buckminster Fuller Institute. https://www.bfi.org/about-fuller/geodesic-domes/

INEGI. (2021). *Características educativas de la población*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/

IPCC, 2014*: Cambio climático 2014: Informe de síntesis* (IPCC, Compiler) [Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)].]. (2014). R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.).

Iris Van Herpen. (n.d.). *Iris van Herpen: Earthrise*. http://www.irisvanherpen.com

Jain, A., y TED. (2017, Abril). *Why we need to imagine different futures*. TED Ideas worth spreading. https://www.ted.com/talks/anab_jain_why_we_need_to_imagine_different_futures

Jakab, P. (2013, August 22). *Leonardo da Vinci and Flight | National Air and Space Museum*. National Air and Space Museum. https://airandspace.si.edu/stories/editorial/leonardo-da-vinci-and-flight

Joao, B., Duarte, J., Heitor, M., y Mitchell, W. (2004). *Collaborative Design and Learning: Competence Building for Innovation.* Praeger Publishers.

Knebel, K., y Sánches-Álvares, J. (2011, Agosto). *The Eden Project - Design, fabrication and assembly of the largest greenhouse of the world*. Research Gate. https://www.researchgate.net/publication/294617101_The_Eden_Project_-_Design_fabrication_and_assembly_of_the_largest_greenhouse_of_the_world

LAS. (n.d.). *About – Living Architecture Systems Group*. Living Architecture Systems Group. https://livingarchitecturesystems.com/about/

Latorre, A. (2003). *La investigación-acción: conocer y cambiar la práctica educativa* (3rd ed.). Editorial Grao.

Latouche, S. (2014). *Salir de la sociedad de consumo: Voces y vías del decrecimiento* (M. Sirera Manchado, Trans.). Editorial Octaedro, S.L.

Lee, S., y TEDSummit 2019. (2020, January 13). *Suzanne Lee: Why "biofabrication" is the next industrial revolution*. TED. https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_why_biofabrication_is_the_next_industrial_revolution?language=en

Levine, D. (2016, March 13). *Design Fiction. "The future is no longer regarded as…* | by Davis Levine | Digital Experience Design. Medium. https://medium.com/digital-experience-design/design-fiction-32094e035cd7

Living Architecture Systems Group y Beesley, P. (n.d.). *Transforming Space: Aegis and Noosphere – Living Architecture Systems Group*. Living Architecture Systems Group. https://livingarchitecturesystems.com/project/transforming-space/

Lupón, M., Torrents, A., Quevedo, L. J., y Universidad Politécnica de Cataluña. (2012). *Apuntes de psicología en atención visual* (Universitat Politècnica de Catalunya ed.) [Lecture notes]. Barcelona, Cataluña, España. https://upcommons.upc.edu/handle/2117/189580

Manrique, M. S. (2020). Tipología de procesos cognitivos. *Una herramienta para el análisis de situaciones de enseñanza.* Pontificia Universidad Catolica del Peru, 29(57), 163-185. Gale Academic OneFile. 10.18800/educacion.202002.008

Mendoza, M. I. (2004, Septiembre - Diciembre). El teléfono celular como mediador en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Omnia. Universidad del Zulia*, *20*(3), 9-22. https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091002.pdf

Michelin - *The VISION Concept*. (n.d.). The Michelin Group. https://www.michelin.com/en/innovation/vision-concept/#airless

Monterde, F. R. (2021, Mayo 1). *Génesis histórica del transhumanismo: evolución de una idea*. Cuadernos de bioética: revista oficial de la Asociación Española de Bioética y Ética Médica, 32(105), 141 - 148. 10.30444/CB.93

Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 12: Producción y consumo responsables*. Consumo y producción sostenibles - Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/

Naciones Unidas. *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* (Vol. 2020). (2020). Lois Jensen.

NASA. *Record Breaking Benefits*. (2012, October 31). https://www.nasa.gov/offices/oct/home/tech_record_breaking.html

O'Connell, M., Boyden, E., y Gleiser, M. (2018, Marzo 28). *Cyborg, Futuristic & Transhumanism: A conversation*. Museo de Ciencia, Boston, Massachusetts, Estados Unidos. https://www.youtube.com/watch?v=gHoTiGb2jlo

Open Data Platform del Global Footprint network. (2018). *Open Data Platform*. https://data.footprintnetwork.org/#/

Oxman, N., y The Mediated Matter Group. (2020). *Nature X Humanity*. Vimeo. https://vimeo.com/646455566?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=18583901

Oxman, N. N. (2016, 1 13). *Age of Entanglement.* Journal of Design and Science. https://doi.org/10.21428/7e0583ad

Pallasmaa, J. (2012). *La mano que piensa: sabiduría existencial y corporal en la arquitectura* (M. Puentes, Trans.). Gustavo Gili.

Pawlyn, M., y TED Talks. (2001, Febrero). *Michael Pawlyn | Speaker*. TED. https://www.ted.com/speakers/michael_pawlyn

Raby, F., y Dunne, A. (2013). *Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming*. MIT Press.

RAE. (2022, March 26). *diégesis | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. Diccionario de la lengua española. https://dle.rae.es/di%C3%A9gesis

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (n.d.). *Diccionario de la lengua española* (23rd ed., Vol. Versión 23.5 en línea). https://dle.rae.es

Rendón, M. A. (2009). *Creatividad y cerebro : bases neurológicas de la creatividad*. Aula. Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca, (15), 117-135. https://hdl.handle.net/10495/6956

Roa-Contreras, L. I., y Díaz-Bravo, T. (2021, Septiembre 9). *Sistema de actividades para el aprendizaje de las referencias bibliográficas desde un entorno virtual.* Pedagogía y Sociedad, 24(62). 1608-3784

Rognoli, V., Karana, E., y Pedgley, O. (Eds.). (2021). *Materials Experience 2: Expanding Territories of Materials and Design*. Elsevier Science.

Roselló, E., y Mejia, R. (2017, June 14). *Diseño ficción: prototipando futuros deseables | CCCB LAB*. CCCB Lab. https://lab.cccb.org/es/diseno-ficcion-prototipando-futuros-deseables/

Rovallo, E., y McCardle, J. (2019, Julio 16). Performance Based Abstraction of Biomimicry Design Principles using Prototyping. *Designs*, *3*(38). https://doi.org/10.3390/designs3030038

Schmitt, O. (1969). *Some interesting and useful biomimetic transforms*. Third Int. Biophysics Congress.

Schwartz, M. (Ed.). (2008). *Smart Materials*. Taylor y Francis Group.

Sollgruber, E. (2021, Noviembre). Artefacts of Design. The Significance of Analytical Drawings in Design Driven Research. *CA²RE / CA²RE+ Hamburg REFLECTION*. 10.34712/142.18

Speedo's LZR Racer. (2008, September 15). *Science In The News*, Harvard University. https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2008/issue47-2/

Stevens, L. L., Fehler, M., Bidwell, D., Singhal, A., y Baumesiter, D. (2022, Febrero 5). *Building from the Bottom Up: A Closer Look into the Teaching and Learning of Life's Principles in Biomimicry Design Thinking Courses*. Biomimetics, Biomimetic Process and Pedagogy (7), 1 a 25. 10.3390

The Strategic Futures Group y National Intelligence Council. (2021). *Global Trends 2040: A More Contested World*. Washington, D.C.: National Intelligence Council.

Thompson, D. W. (1992). *On Growth and Form: The Complete Revised Edition*. Dover Publications.

Universidad de Monterrey. (2017). *UDEM - CRGS*.

Wackernagel, M., y Rees, W. (n.d.). *Ecological Footprint*. Global Footprint Network. https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/

Watson, J., Kendall, J. A., Negret, P., y Fuller, R. (2018, August 1). *Los humanos ponemos en peligro un tercio de las reservas naturales de la Tierra*. EL PAÍS. https://elpais.com/elpais/2018/07/25/planeta_futuro/1532520582_575473.html

WWF, Almond, R.E.A., Grooten, M., y Petersen, T. (2020). *WWF. 2020. Informe Planeta Vivo 2020: Revertir la curva de la pérdida de biodiversidad.* Resumen.

Yen, J., Weissburg, M. J., Helms, M., y Goel, A. K. (2016). *Biologically Inspired Design: A Tool for Interdisciplinary Education*. In Biomimetics: Nature-Based Innovation (332 a 356). Taylor y Francis Group.

Anexos

Anexo 1 Proceso de investigación y recopilación de resultados

Planteamiento	Revisión bibliográfica		
	Conocimiento pedagógico empírico.		
Experimentación y Diagnóstico	Diseño de las estrategias pedagógicas: Modelo 1.		
	Aplicación de las estrategias en casos de estudio y revisión de los resultados.	OT17, PR18, PR19 y OT19	Caso de estudio 1: Pez Beta Caso de estudio 2: Suculenta Caso de estudio 3: Venus atrapamoscas Caso de estudio 4: Pez Ángel Caso de estudio 5: Erizo de tierra Caso de estudio 6: Caracol Destructor Caso de estudio 7: Caracola Caso de estudio 8: Cardón Órgano Parado Caso de estudio 9: Ficus Pumila Caso de estudio 10: Grillo Acheta Domesticus Caso de estudio 11: Libélula Caso de estudio 12: Concha de mar Caso de estudio 13: Hongo Heliocybe Sulcata Caso de estudio 14: Pez Danio Cebra
	Replanteamiento de las estrategias pedagógicas: Modelo 2.		
Comprobación, aplicación y replanteo	Aplicación de las estrategias en casos de estudio y revisión de los resultados.	PR20, OT20 y PR21	Caso de estudio 15: Diente de León Caso de estudio 16: Pulpo Caso de estudio 17: Gromphadorhina Portentosa Caso de estudio 18: Escarabajo Caso de estudio 19: Pluma Caso de estudio 20: Hormiga Caso de estudio 21: Toronja Caso de estudio 22: Cochinilla Caso de estudio 23: Libélula Caso de estudio 24: Graptopetalum paraguayense Caso de estudio 25 Luffa Caso de estudio 26 Agaricus bisporus Caso de estudio 27 Catarina
	Fortalecimiento de las estrategias pedagógicas: Modelo 3.		

	Aplicación de las estrategias en casos de estudio y revisión de los resultados.	VR22 y OT22	Caso de estudio 28: Tela de araña Caso de estudio 29: Girasol Caso de estudio 30: Rosa 1 Caso de estudio 31: Rosa 2 Caso de estudio 32: Palomilla Caso de estudio 33: Hormiga Caso de estudio 34: Margarita Caso de estudio 35: Sericurra
Definición de las estrategias pedagógicas: Modelo final.			

Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

Anexo 2 Listado de casos de los casos de estudio donde se aplicaron los modelos 1, 2 y 3.

Casos de los estudio donde se aplicó el Modelo 1

(periodos académicos OT17, PR18, PR19 y OT19)

Caso de estudio:	Pez Betta	No. 1
Periodo académico:		OT17
Disciplina	**Estudiante**	
LINT	Daniela Vázquez Gómez	
LDG	Hedit L. Castro Ruiz	
ARQ	Linda Bautista	
ARQ	Mariana de la Garza	

Caso de estudio:	Suculenta	No. 2
Periodo académico:		OT17
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	Roberto B. Pérez	
LINT	Diana Sanchez	
LINT	Jessica Roblero	
LDG	Jenny Stephanie Mujica	

Caso de estudio:	Venus Atrapamoscas	No. 3
Periodo académico:		OT17
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	German Barrera	
LA	Teresa Galán	
LINT	María José Meneses	

Caso de estudio:	Pez ángel	No. 4
Periodo académico:		PR18
Disciplina	**Estudiante**	
LDI	Andrea Flores	
LDI	Ivana Quintanar	
IISE	Ernesto Gálvez	

Caso de estudio:	Erizo de Tierra	No. 5
Periodo académico:		PR18
Disciplina	**Estudiante**	
LDI	Carlos Liñan	
LDG	Verónica Jiménez Lemus	
IISE	Jassiel Uriel Mezquitic Valadez	

Caso de estudio:	Caracol destructor	No. 6
Periodo académico:		PR18
Disciplina	**Estudiante**	
LDG	Daniela castillo Guasch	
LDG	Elisa Sales Domíguez	
ARQ	Pablo Valero Ramos	

Caso de estudio:	Caracola	No. 7
Periodo académico:		PR19
Disciplina	**Estudiante**	
LDG	Isabel García Polina	
LDI	María Esther Ancer González	
IISE	Juan Carlos Guerrero Tamez	

Caso de estudio:	Cordón órgano parado	No. 8
Periodo académico:		PR19
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	Kevin Alonso Sainz Elenes	
LINT	Cassandra de la Rosa	
IISE	Gerardo Zepeda Ramírez	
ARQ	Annedith Rosseau Camacho	

Caso de estudio:	Ficus pumila	No. 9
Periodo académico:		PR19
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	Jaime Villarreal	
LDI	Bernardo Odriozola Santos	
LDG	Ana Sofía Gómez	

Caso de estudio:	Acheta domesticus	No. 10
Periodo académico:		PR19
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	Joshua Ascencio	
IISE	Ana Lucía Félix de la Garza	
IISE	Aldo Espinosa Valenzuela	

Caso de estudio:	Libélula	No. 11
Periodo académico:		OT19
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	Paula García	
LDI	Daniela Arguelles	
LINT	Paulina de Gortari López	

Caso de estudio:	Concha viera	No. 12
Periodo académico:		OT19
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	Marcelo Sainz	
LINT	Cynthia Reséndez	
LDI	Marco Machado	
IISE	Diego Núnez	

Caso de estudio:	Heliocibe sulcata	No. 13
Periodo académico:		OT19
Disciplina	**Estudiante**	
LDI	Andrea Garza Dávila	
LA	Joana Kort Mascort	
IISE	Michelle Montoya Ortiz	

Caso de estudio:	Pez danio cebra	No. 14
Periodo académico:		OT19
Disciplina	**Estudiante**	
LDG	María José Sepúlveda	
LDI	Joseline Hernández	
ARQ	Andrés Salazar	

Casos de los estudio donde se aplicó el Modelo 2

(periodos académicos PR20, OT20 y PR21)

Caso de estudio:	Diente de león	No. 15 A
Periodo académico:		PR20
Disciplina	**Estudiante**	
LDG	Mariana Decrescenzo	
IISE	Manuel de la Rosa	

Caso de estudio:	Escarabajo	No. 18
Periodo académico:		PR20
Disciplina	**Estudiante**	
LINT	Catalina Quiroga Cantú	
LDG	Dania Itzel Chávez Villarreal	
IISE	Carlos Jáuregui Camacho	

Caso de estudio:	Diente de león	No. 15 B
Periodo académico:		PR20
Disciplina	**Estudiante**	
LINT	Miranda Oroz Bojorquez	
LINT	Naomi A. Ramírez Esquivel	
LDI	Yazet Soto Elizondo	

Caso de estudio:	Pluma	No. 19
Periodo académico:		OT20
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	Ambriz Sepúlveda, Valeria	
LA	Castelo Ibarra, Rosa M.	
LINT	Velázquez Gordillo, Nora I.	

Caso de estudio:	Pulpo	No. 16
Periodo académico:		PR20
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	Andrés de la Garza	
IISE	Jesús Ochoa	
LA	Valeria Martínez	
IISE	Yolisma Sedas	

Caso de estudio:	Hormiga	No. 20
Periodo académico:		OT20
Disciplina	**Estudiante**	
LINT	Welsh Sanmartín, Vanessa M.	
IISE	Pérez Ruiz Velasco, María E	
IISE	Rodríguez Carvajal, Karla P.	
ARQ	Cárdenas Lozano, Valeria	

Caso de estudio:	Gromphadorhina Portentosa	No. 17
Periodo académico:		PR20
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	Daniela Lozano Treviño	
ARQ	Gema Guadalupe Ruíz Ávalos	
IISE	Santiago Sanfeliz Espinosa	

Caso de estudio:	Toronja	No. 21
Periodo académico:		OT20
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	Aguirre Gómez, Jorge D.	
LINT	De Luna Cantú, Larisa	
IISE	Santiago Dzul, Niurka L.	
IISE	Abarca Chávez, Mariana	

Caso de estudio:	Cochinilla	No. 22
Periodo académico:		OT20
Disciplina	**Estudiante**	
ARQ	Redona Peralta, Marysol	
IISE	Gamero Montejano, Julio	
LINT	Ruiz Castro, Marianne G.	
IISE	Alcázar Carrillo, Johana A.	

Caso de estudio:	Libélula	No. 23
Periodo académico:		OT20
Disciplina	**Estudiante**	
LDM	Ema Idalia Saldívar González	

Caso de estudio:	Graptopetalum paraguayense	No. 24
Periodo académico:		PR21
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	Zaldívar Palomino, Carla S.	
Merca	García Carrasco, Fátima	
ARQ	García Tamez, Mónica A.	

Caso de estudio:	Luffa	No. 25
Periodo académico:		PR21
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	Cardoza Nuñez, Paula S.	
LDI	Reyes De los Santos, Mariangela	
IISE	Cervantes Palencia, Luisa F.	
ARQ	Martínez Balboa, Cristina A.	

Caso de estudio:	Agaricus bisporus	No. 26
Periodo académico:		PR21
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	Martínez Yáñez, Mónica M.	
ARQ	Guajardo Piña, Nohemí	
LDTM	Hernández Vargas, Lucero M.	

Caso de estudio:	Catarina	No. 27
Periodo académico:		PR21
Disciplina	**Estudiante**	
IISE	De la Garza Flores, Gabriel	
ARQ	Sarmiento Rojas, Grecia M.	
LDI	Romero Medina, Jimena	
IISE	Arzate González, María F.	

Casos de los estudio donde se aplicó el Modelo 3

(periodos académicos VR22 y OT22)

Caso de estudio:	Tel araña	No.	28
Periodo académico:		VR22	
Disciplina	**Estudiante**		
IISE	Guzmán Manzur, Marcelo		
LDG	Benitez Dominguez, Valeria		
LDI	González Acosta, Nathalia		
LINT	Hernández Orduña, Diana D.		

Caso de estudio:	Palomilla	No.	32
Periodo académico:		OT22	
Disciplina	**Estudiante**		
IISE	Cavada Félix, Mauricio		
merca	Garza Villarreal, Mariah		
Moda y derecho	Mata Y Garza, Ana D.		
LDI	Castro Ávila, Maria E.		

Caso de estudio:	Girasol	No.	29
Periodo académico:		VR22	
Disciplina	**Estudiante**		
ARQ	Tamayo Jr., Alejandro		
LDG	Cabriales Sánchez, María F.		
IISE	Álvarez González, Santiago		
LDI	Nieto Contreras, Sandra I.		

Caso de estudio:	Hormiga	No.	33
Periodo académico:		OT22	
Disciplina	**Estudiante**		
LDI	De la Rosa Ramírez, Denisse		
merca	Salinas Almanza, Valeria M.		
LDI	Huerta Romero, Jesús E.		
IISE	Fernández Rivas, Emily A.		

Caso de estudio:	Rosa	No.	30
Periodo académico:		VR22	
Disciplina	**Estudiante**		
LDG	Guzmán Salas, Paulina		
ARQ	Manilla Huerta, Nicole		

Caso de estudio:	Margarita	No.	34
Periodo académico:		OT22	
Disciplina	**Estudiante**		
LDI	Lerma Garza, Alejandro		
Merca	Guajardo Garza, Angélica		
LINT	Yamallel Guerra, Samantha		
Merca	González Cienfuegos, Mariangela		

Caso de estudio:	Rosa	No.	31
Periodo académico:		VR22	
Disciplina	**Estudiante**		
LDG	Amaya Tirado, María J.		
LDG	Garza, Cordelia		

Caso de estudio:	Sericura	No.	35
Periodo académico:		OT22	
Disciplina	**Estudiante**		
LDI	De la Fuente Martínez, Viviana		
merca	Hernández Salazar, Melanie		
LDG	Serrano Leal, Sofia P.		

Anexo 3.1 Cuestionario final para estudiantes del Modelo 1 y 2

(Este cuestionario fue aplicado por medio de la plataforma *surveymonkey* al finalizar el curso)

1. ¿Cómo fué tu experiencia al generar un proyecto a partir de la multidisciplina?

   a) Mi experiencia fue igual a la de siempre, no hizo ninguna diferencia.
   b) Mi experiencia fue negativa, no me gustó trabajar con personas de otras disciplinas.
   c) Mi experiencia fue un tanto positiva, me pareció buena.
   d) Mi experiencia fue excelente, me pareció una experiencia enriquecedora.
   Explica tu respuesta

2. ¿Cuál fue el momento más estimulante de la clase y por qué?
   a) Análisis por medio de la fotografía general.
   b) Análisis por medio de observación por el microscopio.
   c) Análisis por medio del dibujo análogo.
   d) Análisis por medio del dibujo digital.
   e) Análisis por medio de la fabricación de prototipos.
   f) Otro

3. ¿Durante y después del curso de soluciones interdisciplinarias enfocado en el diseño biomimético tuviste la percepción de haber conocido más y haberte acercado un poco al mundo natural?
   a) No
   b) Un poco
   c) Si
   Explica tu respuesta

4. ¿La metodología te ayudó a entender tu rol como diseñador / diseñadora y tu impacto en la transformación a escala global?
   a) No
   b) Un poco
   c) Si
   Explica tu respuesta

5. Por favor da un comentario general para la mejora de la metodología, sería de gran ayuda.

Respuestas del cuestionario final a estudiantes del Modelo 1

Pregunta 1: ¿Cómo fué tu experiencia al generar un proyecto a partir de la transdisciplina y la multidisciplina?

ANSWER CHOICES	RESPONSES	
Mi experiencia fue igual a la de siempre, no hizo ninguna diferencia.	0.00%	0
Mi experiencia fue negativa, no me gustó trabajar con personas de otras disiplinas.	0.00%	0
Mi experiencia fue un tanto positiva, me pareció buena.	32.26%	10
Mi experiencia fue excelente, me pareció una expeiencia enriquecedora.	67.74%	21
TOTAL		31

Comentarios para pregunta 1:
Considero que desarrollé algo dentro de mí que desconocía que existía, así como el poder identificar que existen distintas formas y tamaños de la misma naturaleza y todo tiene un por qué. Creo que el hecho de trabajar con gente de otras disciplinas me ayudó a pensar en soluciones desde otra perspectiva, contemplando otros factores que posiblemente antes no hubiera podido considerar. Nunca había hecho algo así, el proyecto era un reto pero muy interesante. Realizar un proyecto desde un enfoque multidisciplinario te da una perspectiva aún más enriquecedora de lo que estás llevando a cabo. Me gustó el proceso de diseño y el programa que utilizamos. Me pareció una materia muy diferente a las demás, sentí que me impulsó a realmente analizar y pensar en detalles de la naturaleza y poder relacionarlos con el diseño y hacer una creación. Encontrar diferentes formas de llegar a una solución, gracias a la experiencia de cada uno El trabajar con compañeros de otras disciplinas y tratar de aportar desde nuestra experiencia a un proyecto en común fue enriquecedor. Creo que fue una experiencia muy agradable ya que cada integrante tuvo diferentes soluciones, puntos de vista y herramientas para llegar a un resultado Me agradó el poder colaborar con otro alumno de la carrera de diseño industrial, pues tiene otra forma de plantear las soluciones.

Conocí otros aspectos del diseño, nunca había tenido clase con alumnos de otra carrera de esta manera y creo que es bueno ver como piensa otra gente creativa

Me ayudó mucho a enriquecer mi metodología de diseño aprovechando morfologías y funciones de elementos naturales. En arquitectura, mi carrera, me ha servido para brindar espacios de protección y seguros, justificados y bien planteados. Creo que las soluciones biomiméticas son una base segura para el éxito en cualquier proyecto.

Se vio un objeto de estudio desde diferentes perspectivas, haciendo que fuera más enriquecedora la experiencia.

Fue una experiencia enriquecedora poder colaborar con estudiantes de otras carreras con otra percepción de las cosas al momento de diseñar.

Me pareció muy interesante el trabajar con personas de diferente carrera y con habilidades de razonamiento diferentes

Aprendí cosas que no había visto en mi carrera, sobre todo en cuanto al funcionamiento del chasis de los vehículos además de que puede reforzar mis conocimientos en el modelado en 3D.

Fueron temas nunca antes vistos, me abrieron mi panorama de investigación y mi perspectiva de cómo ver las cosas.

Fue una experiencia interesante ya que cada uno aportaba de diferente forma. Por ejemplo yo no era buena en dibujar sin embargo teníamos a alguien con experiencia en el dibujo y eso nos ayudó bastante en el proyecto.

Me encanto ser parte del proceso de crear proyectos colaborativos y me ayudó a ampliar mi visión sobre mi carrera ya que hay muchas posibilidades de trabajos con esta visión de innovación.

Al estar con otras personas de diferentes carreras llegas a abrir el panorama y descubrir muchísimas soluciones a una problemática.

Al ser multidisciplinario fue posible tener ideas nuevas que nunca antes se me habían ocurrido. Además, hubo mayor exploración de talento y nuevas herramientas que empleamos para desarrollar nuestros proyectos.

Pregunta 2: ¿Cuál fue el momento más estimulante de la clase y por qué?

ANSWER CHOICES		RESPONSES	
Análisis por medio de la fotografía general.		12.90%	4
Análisis por medio de obser por el microscopio.		22.58%	7
Análsis por medio del dibujo análogo.		12.90%	4
Análsis por medio del dibujo digital.		12.90%	4
Análsis por medio de la fabricación de prototipos.		32.26%	10
Otro		0.00%	0
Otro (especifique)	Responses	6.45%	2
TOTAL			31

Respuestas de otro:
Me ayudó a entender mejor y se me hizo más interesante. Todo me encanto desde la captura del insecto, la observación, análisis, descubrimiento. Son pasos super importantes para dar paso a una solución.

Pregunta 3:¿Durante y después del curso de soluciones interdisciplinarias enfocado en el diseño biomimético tuviste la percepción de haber conocido más y haberte acercado un poco al mundo natural?

ANSWER CHOICES	RESPONSES	
No	0.00%	0
Un poco	12.90%	4
Si	87.10%	27
TOTAL		31

Comentarios a pregunta 3:
Descubrí que TODO tiene una razón de ser. No existe simplemente por una casualidad, si no que hay algo más detrás de este. En mi caso, estudiamos un organismo del cual no sabía la importancia de este para el ecosistema. Así que investigué todo sobre el organismo: anatomía, maneras de reproducción, cómo convive y ayuda a otros organismos a coexistir, etc. En realidad lo disfruté bastante. Mi equipo y yo investigamos la catarina y nos abrió a investigar sobre más tipos de insectos con alas parecidas.

Normalmente no nos enseñan con este enfoque y en lo personal, fue muy gratificante el aprendizaje del curso gracias a los conocimientos que fuimos adquiriendo realizando el proyecto, al igual que conociendo de los diferentes temas que se presentaron.

Pude observar las partes de un animal que no se pueden ver a simple vista.

Aprendí realmente la perfección de la naturaleza y me hizo apreciarla aún más.

Creo que conocí y pude ver cosas que no estaba acostumbrado, inclusive a entender el por qué de ellas.

Creo que fue algo enriquecedor el volvernos mucho más observadores de cada detalle del objeto de estudio propio y de otros equipos.

Al comenzar a analizar mi caso de estudio que fue una toronja, retomé la curiosidad que de pequeña tenía por el mundo natural. Siempre me ha fascinado el tratar de entender por qué la naturaleza está diseñada de tal forma, y al tener una metodología para analizar mi objeto, me sentí muy motivada e inspirada a seguirme cuestionando el entorno.

Te pone a reflexionar más porque actúa la naturaleza de tal manera.

Aprendí un método interesante para estudiar lo natural, observar su comportamiento, su función y razón de ser, habilidades y amenazas de cada uno.

Ahora me preguntó más la función de cada parte de lo que veo en un elemento de la naturaleza.

Se vio más a fondo la funcionalidad del objeto de estudio.

Se despertó más mi consciencia del entorno natural que me rodea

Ahora analizo más las figuras que encuentro en la naturaleza.

Esto me permitió ampliar mi panorama de la funcionalidad de las cosas y como el medio natural es una base fundamental para futuras innovaciones

No es muy profundo pero ahora que veo cualquier animal siento que puedo ver más a profundidad la percepción de su existencia.

Viví y puse en práctica la relación entre el diseño y la naturaleza.

Si, realmente fue muy interesante que por medio de un animal o objeto natural se pudieran crear cosas para la vida cotidiana del ser humano.

Al conocer más detalle y tener el objeto de estudio me hizo darme cuenta que debemos de ser más observadores porque las soluciones están a nuestro alrededor para los problemas de diseño o ideas de futuros productos o ya sea estrategias.

Me gusto descubrir características sobre los seres vivos y como cada uno funciona de diferente manera

Gracias a este enfoque me di cuenta de que la naturaleza es capaz de resolver prácticamente todos nuestros problemas, solo hace falta observar, estudiarla y entenderla.

Pregunta 4: ¿La metodología te ayudó a entender tu rol como diseñador / diseñadora y tu impacto en la transformación a escala global?

ANSWER CHOICES	RESPONSES	
No	0.00%	0
Un poco	3.23%	1
Si	96.77%	30
TOTAL		31

Comentarios a pregunta 4:

Terminas entendiendo que la naturaleza funciona a la perfección y hay muchas cosas que puedes replicar para solucionar problemas.

Nunca había trabajado de manera "al revés", como investigar un organismo y luego encontrar soluciones. Normalmente, se buscan soluciones y luego se relaciona a un organismo.

Creo que es importante que nosotros como diseñadores o arquitectos, tengamos una percepción mayor del diseño. La metodología fue muy valiosa y que hasta hoy en día intento poner en práctica en mi trabajo como profesional.

Ya que de algo muy pequeño puedes llevarlo a una escala mucho mayor.

Fue una metodología muy bien estructurada, ya que paso a paso íbamos avanzando y aprendiendo conforme avanzábamos, no se hacía pesada.

Me ayudó a entender cómo desde mi conocimiento y habilidades puedo aportar a una mejora en la sociedad.

Creo que como tal no reflexioné tanto sobre mí impacto a escala global al diseñar una solución basada en la biomimética, pues en mi mente me mantuve muy enfocada en la creación de mi solución pensando más en esta misma que en el usuario y en el resto de la sociedad.

Si, me ayudó a darme cuenta de cómo estudiar elementos tan pequeños o incluso curiosos pueden aportar soluciones que impactan y favorecen a grandes escalas.

Más puntos de vista para el diseño a partir de un organismo y cómo esto puede ayudar.

Fue un proceso muy guiado y con pasos simples que te llevan al diseño final sin pensarlo tanto

Me ayudó a entender cómo realizar un proyecto que tiene como base la parte experimental. El prototipo. Si, porque es importante un diseñador para la creación de objetos naturales e invenciones innovadoras que ayuden al medio ambiente. Si diseñamos más conscientes nuestro productos o proyectos en base a la metodología podríamos darnos cuenta del potencial que tiene el proceso y lo que importa es llegar ahí con estas herramientas que se proporcionaron ya que sin guía puede llegar a ser confuso. Si porque cada diseño, desde un producto hasta alguna obra arquitectónica, impacta al mundo en muchos ámbitos como el social o el ambiental. Porque fue a través de la fotografía, el dibujo, sketching, modelado 3D y mucha creatividad lo que nos llevó al resultado final.

Pregunta 5: Por favor da un comentario general para la mejora de la metodología.

Respuestas a pregunta 5
Considero que la fabricación de prototipos es de lo más complicado, ya que hay veces con las que no se cuenta con materiales ideales para conseguir un prototipo ideal. El involucramiento del profesor en todas las etapas fue necesario y nunca faltó. Donde sí siento que pudo haber ayudado un poco más asesoramiento fue en la parte de creación de soluciones. Se me hizo que tuvimos mucho tiempo de investigación y poco tiempo en hacer el producto. O más bien, tiempo adecuado para investigar y muy poco para hacer el producto. Excelente curso. Mi experiencia en el curso estuvo padre, sin embargo el Reto Metalsa no dejó que exploramos 100% del todo. Fue una gran metodología, pero tal vez hubiera sido bueno contar con más tiempo de curso al día para desarrollar dudas o avances a la par de los maestros. Creo que la clase es muy interesante y te incita a ser más curiosa. Por el momento no se me ocurre qué podrían mejorar. Incluir más carreras afines (no solo de diseño).

La metodología es muy interesante e interactiva, creo que incentiva a las personas a querer conocer más sobre lo natural.

Definir desde un inicio que el prototipo puede ser especulativo y no totalmente funcional.

Más investigación en la parte del prototipo.

Me gusto mucho la metodología, siento que se abordaron los temas en enfoques diferentes lo que hizo del proyecto más enriquecedor.

Utilizar microscopios y equipo de fotografía más especializados para la documentación del proceso así como una guía de lo que el libreto final debería incluir para estar más completo.

Todo fue excelente, la clase fue enriquecedora. Agradezco a la maestra por su apoyo. Ahora como egresado extraño aún más este tipo de clases. Éxito en su proyecto maestra.

Mayor seguimiento a la exploración del elemento escogido a través de experimentación en talleres de diferentes disciplinas.

La verdad la metodología como la lleve en la clase me parece muy completa solo sería qué tal vez el tiempo de la clase no es lo suficiente para explorar toda la metodología.

Agregar tal vez principios o algo con diseño circular sustentabilidad como uno de los pilares ya que la sociedad y el mundo pide que se tomen en cuenta para generar menos daños y intentar solucionar lo que actualmente estamos viviendo, el proceso de la metodología me ayudó a tener una guía para poder llegar a resultados que antes no me creía capaz o no sabía cómo llegar ahí.

¡Muy buena clase!

Habría sido increíble poner a prueba nuestros productos finales. Sin embargo, entiendo que el tiempo lo hace imposible.

Respuestas del cuestionario final a estudiantes del Modelo 2

Pregunta 1: ¿Cómo fué tu experiencia al generar un proyecto a partir de la transdisciplina y la multidisciplina?

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Mi experiencia fue igual a la de siempre, no hizo ninguna diferencia.	0,00 %	0
Mi experiencia fue negativa, no me gustó trabajar con personas de otras disiplinas.	0,00 %	0
Mi experiencia fue un tanto positiva, me pareció buena.	36,36 %	4
Mi experiencia fue excelente, me pareció una expeiencia enriquecedora.	63,64 %	7
TOTAL		11

Comentarios para pregunta 1:
Me ayudó mucho a salir de mi zona de confort. Me gusto mucho pero se me hizo un poco pesado ya que no todas los integrantes del equipo sabían utilizar programas y hacíamos más trabajo unos que otros. El unir personas de varias carreras, permitió que pudiera ver varias perspectivas. Además, el resultado fue un conjunto de ideas de cada uno. Muy interesante el objetivo del proyecto. Logré comprender acerca del diseño biomimético y lo importante que es la creación de nuevos materiales que nos beneficien de acuerdo a las problemáticas del futuro. La generación de este proyecto me ayudó bastante a poder conocer el proceso que se debe llevar a cabo para poder generar soluciones innovadoras de diseño a través de la biomimética, además de reconocer todo lo que debe investigarse para conocer el objeto de estudio y poder desarrollar la creatividad dada las propiedades de este. Me fue muy útil tener a alguien de otra carrera en mi grupo. Fue muy interesante porque yo era el único ingeniero en el equipo y mucho del proyecto era diseño, entonces a veces batallaba para poder hacer partes del proyecto.

Pregunta 2: ¿Cuál fue el momento más estimulante de la clase y por qué?

OPCIONES DE RESPUESTA		RESPUESTAS	
Análisis por medio de la fotografía general.		18,18 %	2
Análisis por medio de obser por el microscopio.		27,27 %	3
Análsis por medio de la ilustración científica		0,00 %	0
Análsis por medio del dibujo técnico y morfologíco.		9,09 %	1
Análsis por medio de la fabricación de prototipos.		36,36 %	4
Otro		0,00 %	0
Otro (especifique)	Respuestas	9,09 %	1
TOTAL			11

Respuestas de otro:
Laboratorio y Fotografía. Al estar en presencial, y ver tales detalles (maravillas) de los objetos de estudio, se pudo hacer conexión con los demás integrantes del equipo.

Pregunta 3:¿Durante y después del curso de soluciones interdisciplinarias enfocado en el diseño biomimético tuviste la percepción de haber conocido más y haberte acercado un poco al mundo natural?

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
No	0,00 %	0
Un poco	18,18 %	2
Si	81,82 %	9
TOTAL		11

Comentarios a pregunta 3:
Muy buena, muy interesante. Pude detectar cómo funcionan ciertos organismos y como, al conectar con sus funciones, los humanos podemos sacar cierta apreciación e inspiración para futuras soluciones. Al conocer más sobre las funciones, se me hizo muy interesante. Aprendí a analizar mejor los organismos vivos y me di cuenta de cómo sus funciones pueden crear materiales y diseños nuevos e innovadores que beneficien al mundo que nos rodea. Porque por ejemplo, en el caso de la rosa, son seres vivos con los que convivimos en varios momentos de nuestra vida pero que no les prestamos atención más allá de lo que podemos observar y que mantienen un proceso muy detallado e interesante, del cual pude aprender durante el desarrollo del proyecto para poder aplicar estas propiedades a la creación de una respuesta para una problemática mayor. me hizo crear conciencia sobre las crisis que están por venir.

Pregunta 4: ¿La metodología te ayudó a entender tu rol como diseñador / diseñadora y tu impacto en la transformación a escala global?

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
No	0,00 %	0
Un poco	9,09 %	1
Si	90,91 %	10
TOTAL		11

Comentarios a pregunta 4:
El saber las problemáticas sociales, del presente y futuro, permite que uno busque hacer diseños que brindan cierta solución, o que inclusive evite la incrementación de éstos problemas. Si me ayudo a conocer más aproximaciones. La metodología me ayudó a entender y analizar mejor a los organismos del mundo en el que vivimos y cómo con sus características podemos crear diseños a escala mayor, que sean beneficiosos al medio

ambiente y cumplan con el objetivo de resolver cierta crisis que está sucediendo**.** Si, debido a que me di cuenta que como diseñadores, podemos basarnos en cómo funcionan diferentes elementos en nuestra naturaleza para la creación de soluciones innovadoras, además de aprender a cómo se pueden sacar estas propiedades y utilizarlas en un plano real y a escala. Me hizo considerar las cosas que puedo llegar a hacer.

Pregunta 5: Por favor da un comentario general para la mejora de la metodología.

Respuestas a pregunta 5
Está muy padre, pero batallé con el equipo e hice casi todo yo solo. El método de la clase fue efectivo para el resultado del proyecto final. Considero que todo estuvo acorde al proceso, a pesar que haya sido muy rápido por llevar el curso en Verano. La clase es interesante, solamente creo que fue mucha carga. En mi opinión siento que hubieran mejores resultados de propuestas si primero se analizará la problemática y después encontramos un objeto de estudio con características que la resuelvan. Podría funcionar a lo mejor el pensar en un problema primero antes que en la solución, tal vez podría ser un poco más fácil de identificar aquellas propiedades de un ser vivo que nos ayudarían a poder solucionarlo. Me encantó la clase, fue muy útil y me hizo tener una mente más abierta en diseños. Muy buena clase. Estuvo muy padre la clase solamente me hubiera gustado que hubiera más espacio para que los ingenieros tengan donde brillar, porque había muy pocas áreas donde verdaderamente podemos brillar, casi todo era diseño. Interesante clase, aprendí mucho acerca del tema y me familiaricé con los problemas actuales con el medio ambiente en los que vivimos.

Anexo 3.2 Cuestionario final a estudiantes del Modelo 3

(Este cuestionario fue aplicado por medio de la plataforma *surveymonkey* al finalizar el curso)

1. La clase de biomimética y diseño especulativo, ¿crees que te haya despertado mayor curiosidad por el mundo natural?

a) No
b) Si, un poco
c) Si, mucho

Explica tu respuesta

2. ¿Crees que agregando la dimensión de futuros, te haya estimulado para realizar propuestas de diseño más creativas que lo habitual?

a) No
b) Si, un poco
c) Si, mucho

Explica tu respuesta

3. ¿Cuál fue la actividad o actividades que consideras han sido de mayor aprendizaje y por qué?

a) Análisis por medio del uso del microscopio
b) Análisis por medio de la fotografía
c) Análisis por medio de prototipos
d) Análisis por medio del dibujo análogo
e) Análisis por medio del dibujo digital
f) Uso de inteligencia artificial para la generación de imágenes (*Midjourney*)
g) Conceptualización por medio de la escala de futuros (diseño especulativo)

¿Por qué?

4. ¿Qué recomendaciones podrías dar para que esta clase mejore?

Respuestas del cuestionario final a estudiantes del Modelo 3

Pregunta 1. La clase de biomimética y diseño especulativo, ¿crees que te haya despertado mayor curiosidad por el mundo natural?

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
No	7,69 %	1
Sí, un poco	23,08 %	3
Sí, mucho	69,23 %	9
TOTAL		13

Respuestas a pregunta 1:
Ahora veo cosas y pienso en todo su mecanismo o me llevo las preguntas mas alla que antes Nunca antes de esta clase había pensado en cómo es que muchas veces imitamos a la naturaleza para nuestra conveniencia y ahora creo en la posibilidad de biomimética para encontrar soluciones a problemas ambientales. Se me hizo interesante el diseño futuristico Fue la segunda clase más creativa de mi semestre, haciendo cosas muy diferentes Me ha dado curiosidad ya que varios de los objetos que estudiamos en clase cuando los veía en el mundo real me decía a verlos con más detalle. También me empecé a fijar si en diseños o edificios que veía emulaban algo de la naturaleza. Nunca pensé estar tan interesada en temas como estos, pero me encanto el poder ver necesidades en la naturaleza ser resueltas por la misma naturaleza y su gran diseño Pensé en cosas que no se ven a simple vista y me quedé con ganas de seguir aprendiendo. Me ayudó a observar problemáticas actuales y/o futuras y cómo resolverlas con la naturaleza. Depende del tema, no todos los temas se me hicieron interesantes, el hecho de quedarnos con un objeto de estudio creo que afecto la motivación. Creo que si hubiéramos hecho una prueba con un objeto de estudio como ejemplo y luego ya el bueno, creo que hubiera sido totalmente diferente el proceso y exposición final. Yo pienso que fue muy interesante el trabajar 50 años en el futuro y ponernos a pensar en lo que podemos llegar a ocasionar y llegar a soluciones. Me pareció muy interesante saber acerca de la naturaleza y como impartirlo en el diseño de producto Se me hizo muy interesante el aprender de los biomateriales y como se puede ayudar al medio ambiente.

Te hace pensar en cómo trabajar sin formato o base.

Pregunta 2. ¿Crees que agregando la dimensión de futuros, te haya estimulado para realizar propuestas de diseño más creativas que lo habitual?

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
No	15,38 %	2
Sí, un poco	15,38 %	2
Sí, mucho	69,23 %	9
TOTAL		13

Respuestas a pregunta 2:
Este semestre a parte de este proyecto me interesó intentar llevar la biomimética al diseño de modas e investigar sobre el pez betta. Es difícil proyectarse a futuro por la incertidumbre del mañana, pero me parece interesante especular sobre maneras creativas en que podamos facilitar la vida y conservar o limitar el daño a la naturaleza. Me abrió a nuevas cosas como mid journey Hay muchas ideas que quiero presentar para el mundo y que se usen en un futuro, esto solo alimenta ese sueño. Sí. Especular hacía el futuro creo que nos permitió ser mucho más atrevidos porque al ver lo rápido que avanza la tecnología nos permite creer que todo es posible y podemos crear los diseños más atrevidos que se nos ocurran. El ver escenarios diferentes te hacen cambiar tu perspectiva y el enfoque del diseño, por lo cual creo que las propuestas si fueron más creativas de lo habitual. Si porque hay áreas para pensar en tecnología y situaciones que aún no existen. Sí, ya que me hizo pensar más allá de lo normal (outside the box), y salir de mi zona de confort. Creo que fue una limitante y mucho enfoque en un mundo que no sabemos cómo va a ser. Pienso que fue muy creativo el hecho de trabajar con una línea del tiempo mayor. Fue interesante Midjourney. Si, nos ayudo a ver más allá para la realización del proyecto

Si porque te hace evaluar si tu propuesta es práctica para el futuro.

Pregunta 3. ¿Cuál fue la actividad o actividades que consideras han sido de mayor aprendizaje y porqué?

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Análisis por medio del uso del microscopio	38,46 %	5
Análisis por medio de la fotografía	38,46 %	5
Análisis por medio de prototipos	30,77 %	4
Análisis por medio del dibujo análogo	23,08 %	3
Análisis por medio del dibujo digital	15,38 %	2
Uso de inteligencia artificial para la generación de imágenes (Midjourney)	76,92 %	10
Conceptualización por medio de la escala de futuros (diseño especulativo)	53,85 %	7
Total de encuestados: 13		

Respuestas del ¿Por qué? de la pregunta 3

Midjurney es nueva para mi y me pareció muy interesante

El microscopio nos permitía ver las características del organismo vivo más a detalle para después dibujarlas y tratándolo crear una imagen en la mente del mecanismo de dicho organismo. De esta forma comienza a trabajar la mente en ideas creativas. Los prototipos permiten percatarnos de materiales que simularán al organismo y así ver el peso o ligereza que hace que todo funcione como lo hace. Por último, Midjourney nos ayudó a plantear la idea generada en la mente para verlo en digital y poder ampliar nuestras opciones y saber explicar a los demás el planteamiento de dichas ideas.

Porque se me hizo ya más real el concepto no nomas imaginado

Es algo que no he hecho en ninguna otra clase en casi 3 años de carrera.

Estos nos permitieron desarrollar de manera más avanzada los conceptos y poder jugar con el tipo de diseño que queríamos.

El ver un diseño ya hecho complemento nuestra investigación y nos permitió tener un conocimiento más amplio de la visión que ya teníamos

Porque son habilidades nuevas.

Pienso que al tomar las fotografías pudimos ver a profundidad las partes del objeto de estudio y así nos dio más claridad para poder sacar una propuesta de diseño. Además, la conceptualización ayudó a visualizar de mejor manera el prototipo y fue muy interesante llevar a cabo el diseño especulativo con referencia al objeto de estudio.

Porque me considero una persona visual al momento de aprender Creo que estas actividades me llegaron a ver un poco más sobre el estudio al poder notar cada uno de los detalles así como expandir mis ideas creativas al usar las plataformas como midjourney que nos ayuda como herramienta Herramienta muy interesante El microscopio nos ayudó a ver los detalles específicos de la palomilla y me gustó la actividad. Conceptos nuevos que estimulan el pensar.

Pregunta 4. ¿Qué recomendaciones podrías dar para que esta clase mejore?

Respuestas pregunta 4
Tener trabajos individuales para que la maestra vea quién del equipo trabaja. Que hubieran más sesiones destinadas a la creación de biomateriales y también que no influyera tanto la clase sino el docente en la selección de la mejor sugerencia de idea que se trabajará para el proyecto final. Nada, todo muy bien. Tener una sesión un poco más profundizada de midjourney para obtener mejores diseños. La verdad esta clase fue de mis favoritas, yo creo que no hay mejoras ya que yo y mi equipo hicimos un gran trabajo y con la ayuda de la miss nos fue muy bien. Nada, me gustan las actividades, los tiempos de entrega y el ritmo de la clase. Entender que no somos de las mismas carreras y no todos tienen los mismos programas, herramientas etc. Empezando que era una clase en línea, tuvimos que realizar actividades por fuera que no eran de nuestra carrera. Creo que es muy buena, cada una de las actividades, me hubiera gustado tener un poco más de comunicación de manera presencial, creo que si ese fuera el caso tendríamos mejores resultados, no 100% en línea. Todo bien. Me parece que la clase está muy completa.

Anexo 3.3 Cuestionarios a estudiantes sus percepciones de las actividades

Este cuestionario fue aplicado por medio de la plataforma *surveymonkey*, después de cada una de las siguientes actividades:
a) Análisis a través del microscopio y de la fotografía
b) Análisis a través de la ilustración científica
c) Análisis morfológico y dibujo técnico
d) Análisis a través de prototipos análogos.

1.1 Describe tu experiencia al momento de analizar a través (del microscopio y de la fotografía, de la ilustración científica,del análisis morfológico y dibujo técnico y prototipos análogos).

1.2 Desde tu perspectiva determina qué tan estimulante encontraste la actividad.

a) Altamente estimulante
b) Muy estimulante
c) Medianamente estimulante
d) Algo estimulante
e) Nada estimulante o indiferente

1.3 ¿Crees que se deban realizar algunos cambios en esta actividad? ¿Cuáles?

Respuestas del cuestionario a estudiantes de sus percepciones de las actividades

a) Análisis a través del microscopio y de la fotografía

Pregunta 1.1 Describe tu experiencia al momento de analizar a través del microscopio y de la fotografía.

Respuestas de la pregunta 1.1
Fue muy fascinante ver los objetos bajo el microscopio y ver más allá de lo que el ojo normalmente puede ver.
Interesante.
Se me hizo muy interesante ver las partículas de nuestro objeto que no se alcanzan a ver a simple vista.
Super interesante, no me imagine que fuera tan interesante una rosa y tenga tanto que aprender por solo verlo de cerca en un microscopio.
Fue una gran experiencia puesto que uno puede cambiar su percepción de las partes que conforman su producto de estudio.

Estuvo muy interesante ver diversos objetos de cerca y a detalle.

Me pareció muy interesante observar detalladamente la araña.

Fue muy interesante poder ver las partes de la araña en una distancia mucho más cercana y precisa. los detalles fueron impresionantes y me gustó que estando ahí pudimos detectar que era una araña distinta a la que pensábamos que era.

Estuvo muy interesante, me llamó mucho la atención el nivel de detalle que tiene este insecto que con el ojo no se alcanza a ver.

Me divertí mucho al hacer todo un estudio de fotografías en casa.

Asombroso.

No fue tan fácil tomar las fotografías desde el microscopio ya que tardaba en enfocarse, pero definitivamente este reto me va a servir para mi carrera de Diseño Gráfico.

Me encanto haber tomado fotografías ya que puedo regresar a ellas y analizarlas no solo con mi memoria. Me gusta tomar fotografías ya que es una manera de recordar, me facilita al analizar algo y ver todo más pacíficamente y observar tranquilamente todo en la foto.

Fue una experiencia que aportó al aprendizaje de la clase y de un taller extra (en este caso el taller de fotografía).

Batalle mucho ya que es muy pequeña la araña, no lograba enfocar mi cámara y tomamos con el cel pero no se ve HD.

Sumamente interesante observar un objeto para relacionarlo con algo de la vida cotidiana

Interesante el tener que buscar la manera en la que salga bien y se enfoque, ya que la araña es muy pequeña

Me gustó mucho porque el ver la manera que está construida la anatomía de la araña te pone a pensar el por que de las cosas, de que le sirve cada parte de su cuerpo y cómo se adapta a sus necesidades.

Fue una experiencia magnífica ya que observe con mucho detalle mi objeto de estudio

Me impresionó muchísimo poder visualizar el detalle que compone a la flor. Además, pude percibir de mejor manera los colores brillantes que la conforman.

Mi experiencia observando a la hormiga fue interesante ya su vez complicada ya que nuestra hormiga no paraba de moverse, recurrimos a dormirla y aun así seguía moviéndose, fue complicado pero a su vez muy interesante.

Me pareció muy extraño verlo tan detallado ya que nunc alo habia visto, en ese tamaño

Se me hizo interesante verla muy a cerca y ver el resultado y los detalles.

Me sorprendió mucho como la margarita tiene unos aspectos muy interesantes y se que esto lo podemos usar a nuestro favor para la investigación, cada uno de los elementos sigue una simetría muy exacta, y desde aspectos como el centro, tallo, hojas, pétalos, siguen diferentes dimensiones y juegan con las direcciones que al juntar cada uno de ellos se forma la margarita generando una belleza y esencia de ella misma.

¡Me encanto! Es increíble como un organismo se ve tan hermoso y geométrico cuando uno lo observa bajo el microscopio.

Me resultó muy interesante que pudimos observar los organismos desde tres diferentes perspectivas, dándonos el espacio para enfocarnos en diferentes características con cada uno.

Pensé que lo que íbamos a observar era a nivel celular los diferentes componentes del organismo, pero se logró apreciar también los detalles muy pequeños de cada parte, lo cual para mí estuvo más interesante y logré comprender el por qué de sus cualidades.

Fue interesante, ver los colores reales y todos los detalles que tenía en sus alas, había muchas características que no se ven normalmente cuando ves una palomilla nocturna.

Se me hizo padre poder ver mas a detalle como es el insecto escogido.

Fue muy impresionante ver de tan de cerca mi planta, ya que es una que. veo muy seguido en la udem sin embargo no sabía todos los componentes que tiene y la gran función que cada uno de ellos tiene para su supervivencia.

Fue muy interesante ver cosas que a simple vista el ojo humano nunca hubiera podido ver, además me gusto mucho el resultado de las fotografías porque se ven interesantes y en algunos casos nunca te darías cuenta lo que estás viendo aunque ya lo hayas visto antes.

Fue un poco difícil ya que el objeto de estudio se movía mucho

Mi carrera involucra mucha fotografía por ser mercadotecnia, incluso llevamos clases de ello en el programa. Me gustó poder poner en práctica mis aprendizajes anteriores y me hizo sentir muy motivada el haber escogido el objeto que estamos analizando.

Desde mi carrera me pareció muy interesante ya que puedo observar texturas, colores y formas para recrearlas en diseños estratégicos.

Desde el punto de mi carrera me parece muy interesante por la creatividad que este puede desarrollar.

se me hizo bien divertido ver el resultado final de la fotografía y como se ven todos los detalles, muy interesante como han hecho cosas desde cómo son los animales.

Era un poco difícil enfocar el lente de la cámara con la del microscopio pero aun así se pudieron conseguir fotos de calidad.

Mi carrera es muy creativa y al mismo tiempo exploratoria, me permite investigar a fondo el porqué de las cosas y llegar a conclusiones, el trabajar con un organismo vivo y usarlo para crear algo que nos

ayudará en un futuro se me hace super interesante, creo que el tomar estas fotografías nos ayuda a admirar la belleza del organismo y explorar cada una de las partes que lo complementa.

Me resultó interesante ya que aunque personalmente tomé las fotografías de mi teléfono, se pudo ver cada detalle del organismo con buena resolución.

Para mí fue muy necesario el uso de las fotografías ya que así no tardamos tanto tiempo en ver el organismo desde el microscopio, pudimos observar más a detalle en la computadora.

Las fotografías nos sirvieron mucho para realizar un análisis más detenido y no tener que estar mucho tiempo observando desde el microscopio. Hizo que la actividad fuera más ágil. Sin embargo, se nos dificultó un poco sacar fotos enfocadas.

Me pareció divertido e interesante, ya que después pudimos ver todas las fotografías juntas y todas las partes de la palomilla que tomamos fotos.

Me pareció muy interesante el tener que fotografiar el proceso, se ve más profesional.

Al comienzo si fue un poco dificil tomar las fotografias a traves del microscopio, sin embargo con la ayuda de mi equipo pudimos obtener maravillosas imágenes de cerca de nuestra planta

Mi carrera es diseño gráfico así que tomar buenas fotografías era importante para mi, y también lograr que se vean llamativas e interesantes. Asimismo, descubrí una nueva manera de tomar fotos y tal vez use el concepto del microscopio más adelante para otro proyecto.

Pregunta 1.2 Desde tu perspectiva determina qué tan estimulante encontraste la actividad.

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	88,89 %	8
Muy estimulante	11,11 %	1
Medianamente estimulante	0,00 %	0
Algo estimulante	0,00 %	0
Nada estimulante o indiferente	0,00 %	0
TOTAL		9

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	50,00 %	7
Muy estimulante	35,71 %	5
Medianamente estimulante	0,00 %	0
Algo estimulante	7,14 %	1
Nada estimulante o indiferente	7,14 %	1
TOTAL		14

Pregunta 1.3 ¿Crees que se deban realizar algunos cambios en esta actividad? ¿Cuáles?

Respuestas a pregunta 1.3
Ninguno.
Ninguno.
No, se me hizo muy bien
No, considero que es bueno ver todas las partes del objeto dentro del microscopio para tener mayor comprensión de éste.
Esta perfecto asi, muy padre
No.
No, todo me pareció bien.
No.
Ninguno
Ninguno
No, todo muy bien
Vincular el estudio fotográfico de la UDEM con el proyecto, para que los estudiantes puedan contar con las herramientas profesionales.
Separar el estudio para mejores fotos en grupo
No
El no necesitar un estudio necesariamente
No.
Considero que no hay cambios
No creo que se deban realizar cambios en esta actividad. :)
Me parece una actividad buena, muy interesante e interactiva.
Me agradó bastante.

Consideraría tomar fotos de los organismos vivos al igual que muertos para no batallar con el movimiento.
No creo que se deban de realizar cambios en esta actividad. :)
Me parece bien la técnica de fotografiar solo si el organismo está quieto
Ser mas especifico con que fotos desea la miss
Me gustó mucho el resultado final.
Si existiera un aditamento o accesorio que alinee la cámara con el otro lenta estaría bien.
No, yo creo que el usar estos 3 tipos de zooms nos ayuda a llegar a la explotación máxima del organismo por lo que creo que en lo personal logre captar cada elemento al usar este tipo de herramienta.
Ninguna.
No cambiaría nada.
No, nos tomó un poco de tiempo pero lo considero la manera más eficiente en la que se pudo haber hecho.
No, creo que fue bueno tomar las fotos y no solo ver en el microscopio, para después poder hacer un análisis más completo
No hiciera cambios
La verdad no, a mi me pareció una actividad muy buena con sus propias dificultades pero nada que no se pudo solucionar como equipo.
No, me gusta mucho tomar fotos y analizarlas para encontrar algo diferente y nuevo.

b) Análisis a través de la ilustración científica

Pregunta 1.1 Describe tu experiencia al momento de analizar a través de la ilustración científica.

Respuestas a pregunta 1.1
Me gustó mucho el poder representar de manera de dibujo lo que fue mi objeto de estudio (margarita). Me relajó mucho y encontré detalles nuevos que no vi al momento de hacer la introspección por medio de la fotografía.

Me di cuenta que hay muchos detalles y nomenclaturas importantes que es vista dentro del ejercicio de ilustración científica, que a la hora de hacer la observación no se ve a profundidad.

Me gusto mucho que tuviéramos que dibujar al organismo ya que nos permitió ver con más detalle y con tiempo las partes específicas que este tiene.

Al ilustrar el organismo vivo, vi detalles que no había visto antes ya que los tenía que dibujar y colocar cuidadosamente.

Me gusta dibujar, siento que es una manera interactiva de poder transmitir tus ideas, además de que recuerdas más visualmente la actividad.Fue muy interesante porque al resaltar detalles en el dibujo me hizo fijarme en partes que no había visto

Siento que es una gran manera de aprender sobre un objeto al tenerlo enfrente de ti y analizarlo, te vas dando cuenta de todo los elementos que tiene al igual de sus características

Batalle en dibujarlo y no me quedó igual pero si logré identificar ciertos detalles más a fondo por ejemplo el patrón de líneas , los colores, división simétrica del rostro de la araña, entre otros.

Agregar etiquetas

Me gusto mucho ya que mientras yo estuve dibujando me fijaba mucho más en los detalles y reaccionaba de muchas cosas que con solo observar una fotografía a lo mejor y no lo apreciaba tanto.

Me gusto la actividad ya que trabajé mis habilidades de dibujo más detalladamente y pude analizar mejor el objeto seleccionado.

Al principio fue un poco complicado poder dibujar mucho detalle, pero poco a poco buscando más información de los detalles se logró un buen resultado

Me dió mayor entendimiento de las figuras, tipos de líneas, y patrones que conforman al objeto.

Excelente ya que pude observar diversas cosas mientras hacía los dibujos.

Hice una ilustración científica de las alas con su detalles, fue interesante

Pudimos ver y saber de muchas estructuras que no habíamos notado solo con la observación.

Muy interesante, cabe decir que da una nueva perspectiva acerca de todo ser vivo, y lo complejo que puede llegar a ser.

Proceso largo de dibujo.

Al hacer la ilustración científica pude analizar más a detalle la especie que nos tocó ya que aunque se haya usado un microscopio dibujando tuve que investigar más sobre cada parte. Pude entrar más a detalle de las funciones de la hormiga y que hace cada parte de su cuerpo.

Se me hizo interesante ver todas las partes a detalle.

Me pude fijar más en los detalles de las partes del objeto de estudio. Para mí fue muy interesante percatarse de las verdaderas dimensiones de la margarita con la ayuda de la hoja en cuadrícula porque el resultado fue muy diferente a los dibujos realizados en mi primera bitácora de introspecciones. Me parece muy bien el después de ver en el microscopio complementar eso con búsqueda en internet sobre sus funciones y fotos Me gusto porque el hecho de que estés dibujando cualquier parte del objeto en estudio puedes notar muchísimos detalles ya que los estás ilustrando a mano, cosa que en una foto a veces no apreciamos cada parte del objeto por lo que para mi esta experiencia fue esencial para informarse y poder explorar un poco más cada una de las partes que lleva el objeto.

Pregunta 1.2 Desde tu perspectiva determina qué tan estimulante encontraste la actividad.

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	75,00 %	6
Muy estimulante	25,00 %	2
Medianamente estimulante	0,00 %	0
Algo estimulante	0,00 %	0
Nada estimulante o indiferente	0,00 %	0
TOTAL		8

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	40,00 %	6
Muy estimulante	53,33 %	8
Medianamente estimulante	0,00 %	0
Algo estimulante	0,00 %	0
Nada estimulante o indiferente	6,67 %	1
TOTAL		15

Pregunta 1.3 ¿Crees que se deban realizar algunos cambios en esta actividad? ¿Cuáles?

Respuestas a pregunta 1.3
No. No. No, me sirvio mucho esta manera de observar

Si es complicado para las personas que se les dificulta el dibujo, ya que se ocupan muchos detalles pero te ayuda al esfuerzo. todo bien.
Igual el poder hacer un collage de los aspectos más relevantes que se sacaron de esta actividad.
No.
No, fue muy interesante
Hacerlo individualmente
Además de dibujo tradicional si otros medios de representación para las plantas como dibujo digital o hasta modelación rápida en 3D fuera permitida.
Ninguna. Creo que es interesante analizarlo de ambas maneras por medio de foto y por medio de dibujo a detalle.
Me gusta bastante dibujar, me tardé bastante.
No.
Pienso que la actividad está muy bien pensada y que no hay nada que se le deba de cambiar.
Esta actividad me pareció mucho más interesante que las pasadas, ¡gracias miss!
No, creo que la actividad es perfecta ya que en tanto lo individual como en equipo pudimos explorar más del objeto y utilizar nuestras herramientas creativas para poder llegar a notar detalles del objeto de estudio.
Nada, todo excelente
No considero que se necesitan cambios
No, la verdad si me gusto mucho el hecho que nos tomamos el tiempo para dibujar las partes, me pareció muy enriquecedora para seguir aprendiendo sobre el organismo
No, me gusta poder trabajar a mano y enfocarme en los detalles.
Está bien por el momento.

c) Análisis morfológico y dibujo técnico

Pregunta 1.1 Describe tu experiencia al momento de analizar a través, del análisis morfológico y dibujo técnico.

Respuestas a pregunta 1.1

Estuvo muy interesante ver las formas y patrones de la araña

Me pareció interesante ya que me ayudó a ver cada una de las partes de una rosa y cómo se puede separar en distintas partes para poderla dibujar, además de aprender más acerca del dibujo a detallar

Con este análisis nos damos cuenta de la manera perfecta de cómo son cada una de las partes de nuestra flor.

Me gustó mucho pero se nos complicó hacer los planos en programas.

Fué retador debido al pequeño tamaño de la araña pero al proporcionar y al utilizar las medidas máximas de la especie logramos sacar las medidas de la araña basándose en la hembra (mayor tamaño que el macho).

La experiencia definitivamente fue algo diferente, es un poco complicado ya que las formas son muy irregulares y complejas.

La idea de medir el objeto y conocer sus proporciones fue divertido

Al principio complicado ponerle cara y hacerlo preciso con mucho detalle.

Fue una experiencia de mucha ayuda ya que me di cuenta de las dimensiones de la flor con más detalle

Permitió conocer más a fondo las figuras geométricas que conforman al objeto, y los diferentes patrones que se van repitiendo.

Súper interesante.

Hice una ilustración científica de las alas con su detalles, fue interesante

Pudimos ver y saber de muchas estructuras que no habíamos notado solo con la observación.

Muy interesante, cabe decir que da una nueva perspectiva acerca de todo ser vivo, y lo complejo que puede llegar a ser.

Proceso largo de dibujo.

Al hacer la ilustración científica pude analizar más a detalle la especie que nos tocó ya que aunque se haya usado un microscopio dibujando tuve que investigar más sobre cada parte. Pude entrar más a detalle de las funciones de la hormiga y que hace cada parte de su cuerpo.

Se me hizo interesante ver todas las partes a detalle

Me pude fijas más en los detalles de las partes del objeto de estudio

Para mí fue muy interesante percatarme de las verdaderas dimensiones de la margarita con la ayuda de la hoja en cuadrícula porque el resultado fue muy diferente a los dibujos realizados en mi primera bitácora de introspecciones.

me parece muy bien el después de ver en el microscopio complementar eso con búsqueda en internet sobre sus funciones y fotos

Me gusto porque el hecho de que estés dibujando cualquier parte del objeto en estudio puedes notar muchísimos detalles ya que los estás ilustrando a mano, cosa que en una foto a veces no apreciamos cada parte del objeto por lo que para mi esta experiencia fue esencial para informarse y poder explorar un poco más cada una de las partes que lleva el objeto.

Me gustó mucho el poder representar de manera de dibujo lo que fue mi objeto de estudio (margarita). Me relajó mucho y encontré detalles nuevos que no vi al momento de hacer la introspección por medio de la fotografía.

Me di cuenta que hay muchos detalles y nomenclaturas importantes que es vista dentro del ejercicio de ilustración científica, que a la hora de hacer la observación no se ve a profundidad.

me gusto mucho que tuvimos que dibujar al organismo ya que nos permitió ver a más detalle y con tiempo las partes específicas que este tiene

Al ilustrar el organismo vivo, vi detalles que no había visto antes ya que los tenía que dibujar y colocar cuidadosamente.

Me gusta dibujar, siento que es una manera interactiva de poder transmitir tus ideas, además de que recuerdas más visualmente la actividad.

Pregunta 1.2 Desde tu perspectiva determina qué tan estimulante encontraste la actividad.

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	45,45 %	5
Muy estimulante	45,45 %	5
Medianamente estimulante	9,09 %	1
Algo estimulante	0,00 %	0
Nada estimulante o indiferente	0,00 %	0
TOTAL		11

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	40,00 %	6
Muy estimulante	53,33 %	8
Medianamente estimulante	0,00 %	0
Algo estimulante	0,00 %	0
Nada estimulante o indiferente	6,67 %	1
TOTAL		15

Pregunta 1.3 ¿Crees que se deban realizar algunos cambios en esta actividad? ¿Cuáles?

Respuestas a pregunta 1.3
No.
No, me parece que va en un buen camino para poder aprender a detallar, en mi caso, las rosas
No, en nuestra experiencia estuvo bien
No, todo bien, a pesar de los retos al final se logró realizar la actividad
No.
No.
No, aprendimos y sacamos un buen resultado
Ninguno.
No encontré la conexión que hay de las tablas de introspección con los dibujos.
No, todo bien.
No, fue muy interesante
Hacerlo individualmente.
Además de dibujo tradicional si otros medios de representación para las plantas como dibujo digital o hasta modelación rápida en 3D fuera permitida.
Ninguna. Creo que es interesante analizarlo de ambas maneras por medio de foto y por medio de dibujo a detalle.
Me gusto bastante dibujar, me tarde bastante
No.
Pienso que la actividad está muy bien pensada y que no hay nada que se le deba de cambiar.
Esta actividad me pareció mucho más interesante que las pasadas, ¡gracias miss!
No, creo que la actividad es perfecta ya que en tanto lo individual como en equipo pudimos explorar más del objeto y utilizar nuestras herramientas creativas para poder llegar a notar detalles del objeto de estudio.
Nada, todo excelente
No considero que se necesitan cambios

No, la verdad si me gusto mucho el hecho que nos tomamos el tiempo para dibujar las partes, me pareció muy enriquecedora para seguir aprendiendo sobre el organismo
No, me gusta poder trabajar a mano y enfocarme en los detalles.
Está bien por el momento.

d) Análisis a través de prototipos análogos.

Pregunta 1.1 Describe tu experiencia al momento de analizar a través de prototipos análogos.

Respuestas a pregunta 1.1
Fue retador, pero con investigación para hacerlo funcionar, se logró.
Fue una experiencia donde aprendí mucho, ya que tuve que analizar muy bien mi parte del objeto seleccionada
Me pareció una buena forma de poder adentrarme en el concepto de cómo para poder diseñar primero debe investigarse las estructuras del modelo a estudiar, además de la importancia de estos para poder reconocer las partes de cada uno dentro de un sistema.
Fue interesante pensar y acordar con ideas las cuales podríamos utilizar para realizar un prototipo de nuestra flor.
Fue divertido poder experimentar y crearlo, cabe mencionar que no fue fácil y hubieron varios obstáculos pero se pudo lograr un buen resultado.
Permitió comprender mejor la estructura del objeto y ver la maravilla de su composición.
Interesante porque así logré entender más la anatomía y función del cuerpo arácnido
Mi experiencia fue definitivamente más fácil porque ya sabía lo que estaba haciendo, si estuve probando muchas cosas pero la idea ya estaba ahí.
Un poco confuso y difícil.
No se me hizo complicada, estuvo divertida
Super interesante y aprendí muchísimo.
Se me hizo muy interesante.
Muy educativo el poder ver una función específica de mi objeto de estudio en un prototipo, me ayudó a entender mejor su funcionamiento

Me encantó esta experiencia dado que construyendo el prototipo me di una mejor impresión de las funciones de cada parte y la razón de que el sistema tenga éxito en la composición de la flor.

Me sentí impactada al ver el resultado de los prototipos y cómo se parecían mucho con la realidad de mi objeto de estudio. Me ayudó a comprender las funciones de flexibilidad y de transportar cosas.

Fue interesante, porque tuve más conocimiento e idea del movimiento del movimiento de la espiritrompa de la palomilla.

Me gusto el entender más acerca de los movimientos que estos pueden hacer

Interesante trabajar con el insecto.

Un proceso muy largo.

Me di cuenta de que tipo de materiales servirían mejor y como tratar de hacer los prototipos más limpios y estéticos.

Cada vez se hace más interesante el prototipo, creo que no soy muy buena haciendo arts and crafts pero la investigación que sale de esto me parece más interesante.

Fue una tarea sencilla solo al momento de ponernos de acuerdo para juntarnos como equipo se complicaba, pero en la realización de los prototipos fue fácil y todo fluyó por la participación de mis compañeras.

Me pareció muy bueno empezar y terminar con una idea muy distinta al prototipo que tenía en mente a un principio de la actividad, tuve un muy buen resultado en donde se observa a detalle cada parte del organismo seleccionado.

Descubrí muchas cosas e hice más pruebas de lo que tenía pensado.

¡Muy interesante! Me gustó poder verlo en 3D y como iba cambiando las ideas y movimientos gracias al cambio de materiales.

Me gusto mucho porque al hacer manualmente algo que solo habías dibujado o visto en foto, trae a la vida muchos detalles y se logra encontrar aún más que anteriormente no se había visto.

Pregunta 1.2 Desde tu perspectiva determina qué tan estimulante encontraste la actividad.

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	41,67 %	5
Muy estimulante	50,00 %	6
Medianamente estimulante	8,33 %	1
Algo estimulante	0,00 %	0
Nada estimulante o indiferente	0,00 %	0
TOTAL		12

OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Altamente estimulante	64,29 %	9
Muy estimulante	28,57 %	4
Medianamente estimulante	0,00 %	0
Algo estimulante	0,00 %	0
Nada estimulante o indiferente	7,14 %	1
TOTAL		14

Pregunta 1.3 ¿Crees que se deban realizar algunos cambios en esta actividad? ¿Cuáles?

Respuestas a pregunta 1.3
Prototipos más enfocados en el diseño.
Ninguno.
Me parece interesante la actividad, no veo algún tipo de cambio que deba realizarse
No asi esta bien, quizas un poco más de tiempo para realizar la actividad
Pienso que debería de haber más feedback acerca de cómo elaborar, y con qué, cada prototipo. Fue difícil el poder escoger un camino adecuado.
Diría que el tiempo pero estamos en verano intensivo, me habría gustado experimentar un poco más pero igual me ayudó algo a entender su cuerpo y función.
No.
Dar un poco más de ejemplos de cómo realizar el prototipo
No.
No.
No.
No, me gusto mucho la actividad y fui muy enriquecedora para aprender más sobre mi objeto de estudio
No creo que se deban realizar cambios a esta actividad.
No.
No, fue interesante
No.
Me gusto mucho la actividad

No.

No, ningún cambio.

Me gustaría saber más sobre lo que se espera de esto.

Están bien este tipo de actividades.

No, creo que la actividad es perfectamente buena, me pareció muy interesante poner en práctica el prototipo con un buen material.

No.

Nada, muy completa.

No , me gusta como es.

Anexo 4 Cuestionario de la percepción de expertos para el Modelo 1

Nombre persona encuestada:	

1. Como estrategia, se les pide a los estudiantes que elijan un objeto de análisis, ya sea una planta o un animal. Desde su perspectiva según lo observado en las presentaciones ¿qué impacto cree que pueda tener esto en los estudiantes al ser estudiantes de las carreras de diseño?

2. Como fase inicial del proceso de diseño se plantea el análisis por medio de la fotografía en 3 zooms, uno a simple vista, otro a nivel detalle y otro por medio de observaciones en el microscopio. Desde su perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, este mecanismo de observación les ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema al que afrontamos los humanos? (¿No, por qué?, ¿Si, a qué grado?)

3. Como fase consecuente del proceso de diseño se plantea el análisis por medio de la fabricación de prototipos para analizar la geometría y las funciones del objeto de análisis. Desde su perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, este mecanismo de replicación les ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema al que afrontamos los humanos? (¿No, por qué? , ¿Si, a qué grado?)

4. Desde su perspectiva los proyectos han sido capaces de comprobar el haber identificado una problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, existió coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de análisis resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido. (¿No, por qué? , ¿Si, a qué grado?)

5. ¿Desde su perspectiva cree que haya algún valor agregado que las propuestas se hayan realizado en equipos multidisciplinarios o fue algo que no se detectó?

6. Según su opinión, las propuestas de diseño tenían un sentido antropocéntrico o biocéntrico? ¿Por qué? O, ¿no fue algo que fuera destacable de identificar?

7. Según su observación y perspectiva, se presentaron ideas innovadoras gracias al proceso de diseño o no fueron ideas innovadoras o si lo fueron, pero no fue gracias al proceso de diseño?

8. Desde su perspectiva las estrategias de diseño morfogénesis a través de la biomimética, se ven reflejadas en el proceso y propuesta de diseño de los estudiantes?

Comentarios
Se agradecería si se podrían hacer comentarios, críticas y sugerencias en relación a lo observado, para buscar los puntos débiles y los aciertos de este proceso de diseño.

Respuestas del Cuestionario de la percepción de expertos para el Modelo 1

Respuestas de pregunta 1	***Como estrategia, se les pide a los estudiantes que elijan un objeto de análisis, ya sea una planta o un animal. Desde su perspectiva, según lo observado en las presentaciones ¿qué impacto cree que pueda tener esto en los estudiantes al ser estudiantes de las carreras de diseño?***
Abril González	Fue muy interesante para nosotros desde el campo del Diseño de Moda ver el estudio de un animal para influir en no solo la conceptualización, pero en el proceso y toma de decisiones durante el diseño y su concepción. Creo que despertó en los estudiantes y en los sinodales participantes muchos puntos de reflexión que no hacemos habitualmente, ya que los estudiantes fueron capaces de proponer soluciones dentro de la disciplina de moda pero desde un espectro mucho más amplio del que le habíamos enseñado en clases.
Javier Tenorio	Alto. La mejor forma de resolver un problema es entendiéndolo desde distintas perspectivas. Hacer que los estudiantes elijan un objeto de estudio les ayuda a que en el futuro piensen de forma más natural en alternativas sobre cómo diseñar de forma no sesgada.
David J. Lieberman	La pregunta podría tener más éxito si no se hiciera la distinción entre planta y animal y si el sujeto de referencia se describiera como una forma de vida; hay una tendencia a identificarse con el animal como un ser total en lugar de buscar comprender sus sistemas performativos, órdenes estructurales, composición celular e interactividades.
Shunichiro Higashi	Las plantas estáticas afectan a la forma y la coloración del diseño. Los animales dinámicos pueden influir en la forma y la función (dinámica).
Valeria Molinari	Personalmente creo que restringiendo de alguna manera las opciones de les alumnes, les da más tiempo para explorar y diseñar y menos tiempo para divagar en la búsqueda del objeto de estudio.
Roberto Fabbri	Lo que he observado es que esta estrategia de diseño no es común en las clases UDEM. Por eso, los estudiantes tienen que cambiar radicalmente el proceso creativo y readaptar finalidades y herramientas. Por ejemplo, las geometrías que surgen del análisis de una planta o un animal son muy diferentes desde las referencias que normalmente se utilizan por un proyecto de diseño arquitectónico, de interiores o también industrial.

Respuestas de pregunta 2	***Como fase inicial del proceso de diseño se plantea el análisis por medio de la fotografía en 3 zooms, uno a simple vista, otro a nivel detalle y otro por medio de observaciones en el microscopio. Desde su perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, este mecanismo de observación les ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema al que afrontamos los humanos? (¿No, por qué?, ¿Si, a qué grado?)***
Abril González	Si fue muy útil, como punto de inspiración, pero también para resolver temas de materiales y de diseño. Si se presentó la dificultad de buscar cómo resolver con herramientas o métodos fuera de su disciplina, pero al contrario de ser algo negativo se volvió algo muy enriquecedor.
Javier Tenorio	Sí, la cantidad de observaciones y re-creación de diferentes perspectivas es suficiente. Como el nivel de involucramiento en el proyecto depende del alumno, es mejor que se exceda el análisis requerido para alcanzar una media alta de conocimiento adquirido por equipo.

David J. Lieberman	La fotografía es un punto de partida útil, pero tiende a la imagen completa como representación, en lugar de ser utilizada como una herramienta de investigación. La fotografía podría considerarse como un proceso ampliado que incluye rayos X, ultrasonido, microscopía electrónica, imágenes infrarrojas o una mayor utilización de filtros dicroicos y escaneo LIDAR; todos los procesos que a menudo ofrecen las cámaras de los teléfonos inteligentes. La lista no está completa. Para pasar de las capacidades técnicas a las interpretaciones conceptuales y compositivas, el análisis fotográfico ampliado brinda la oportunidad de interrogar ideas y procesos y observar en la naturaleza, transformando los elementos aprendidos convincentes, en lugar de simplemente replicarlos.
Shunichiro Higashi	Sí, la perspectiva del zoom en tres fases es útil para el proceso de diseño. Observando el progreso del estudio de diseño, me parece útil
Valeria Molinari	Si, haciendo estas observaciones se puede ver de cerca no solo el animal como tal, sino sus procesos, movimientos, etc. Lo cual puede ayudar al estudiante a explorar decisiones de diseño a las que no hubiese llegado de otra manera.
Roberto Fabbri	Hasta un cierto nivel, si. Pero no completamente. Lo que me acuerdo es que la mayoría de los estudiantes se enfoca en uno de los pasos (escala/zoom) y desarrollar el proyecto desde esto. No hay un approche multi-escala. Pero en la segunda fase, después del análisis, todos los grupos tratan de aplicar el mecanismo 'natural' para resolver un tema o un problema 'humano'.

Respuestas de pregunta 3	***Como fase consecuente del proceso de diseño se plantea el análisis por medio de la fabricación de prototipos para analizar la geometría y las funciones del objeto de análisis. Desde su perspectiva ¿esto se ve reflejado en las propuestas de diseño? Es decir, este mecanismo de replicación les ayudó a los estudiantes a comprender, identificar, analizar y replicar estratégicas tomadas de la naturaleza para resolver un problema al que afrontamos los humanos? (¿No, por qué? , ¿Si, a qué grado?)***
Abril González	Si se ve reflejado, tal vez no tanto a nivel visual pero a nivel utilitario, se presentaron soluciones muy innovadoras y útiles para un problema que normalmente dentro de su disciplina nunca resolverían.
Javier Tenorio	Sí. Las propuestas de los alumnos fueron radicalmente distintas de lo que una industria tradicional explora como posibilidad. El análisis de geometría y funciones tiene un impacto muy alto en un proyecto en el que se está buscando resolver un problema basado en diseño de forma innovadora.
David J. Lieberman	La respuesta a si las propuestas de diseño son importantes para enfrentar los problemas que enfrentamos como humanos es un rotundo SÍ.
Valeria Molinari	Si, se notaba a primera vista como les alumnes hicieron un análisis del producto y de su uso. Les alumnes se arriesgaron a tomar decisiones de diseño a las cuales no hubiesen tomado, si el proceso de diseño hubiese sido otro.
Roberto Fabbri	No todos los grupos entienden la diferencia entre función/ funcionalidad y forma. Me acuerdo de que varios estudiantes trabajaban en el entendimiento de un movimiento o un mecanismo, otros se limitaban a una lectura más superficial/formal o de apariencia.

Respuestas de pregunta 4	***Desde su perspectiva los proyectos han sido capaces de comprobar el haber identificado una problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, existió coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de análisis resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido. (¿No, por qué? , ¿Si, a qué grado?)***
Abril González	Si lo resuelve, al grado que el prototipo es algo útil que se puede poner a prueba, claro, se requiere de su uso y un análisis en bloques de tiempo para tomar mediciones junto con expertos y ver el grado de solución, pero en sí, se puede resolver y proponer un prototipo para su uso inmediato.
Javier Tenorio	Sí. Creo que la problemática es fácil de explicar pero difícil de implementar. Los alumnos entendieron el concepto y propusieron diseños de acuerdo a lo planteado. Sus conclusiones fueron suficientes para poder proponer un diseño por encima de las expectativas.
David J. Lieberman	Mi preferencia es identificar oportunidades en lugar de problemas. Es una estructura más difícil para establecer asignaciones, pero podría ser más productivo que las propuestas surjan de la investigación en la identificación de sistemas performativos y propiedades materiales en lugar de establecer un problema o tarea para ser "resuelto" con las características descubiertas en establecer una biomimética. "solución".
Shunichiro Higashi	Sí, al utilizar la observación de la naturaleza como punto de partida para el proceso de diseño, los estudiantes pueden aumentar la proporción de perspectivas de observación objetiva al diseñar
Valeria Molinari	Si existió coherencia, creo que una de las razones es que no estaban diseñando al aire, si no tenían un metodología a seguir, la cual impactó directamente en el proceso de diseño y el producto final. Personalmente, creo que les alumnes, gracias a la metodología, tuvieron la capacidad de pensar en grande y analizar problemas reales, con soluciones lógicas.
Roberto Fabbri	En general, si, pero hay diferencia en la coherencia de los resultados dependiendo del nivel de fortaleza académica de cada estudiante, y su grado.

Respuestas de pregunta 5	***¿Desde su perspectiva cree que haya algún valor agregado que las propuestas se hayan realizado en equipos multidisciplinarios o fue algo que no se detectó?***
Abril González	Como se mencionó antes, se logró presentar soluciones utilitarias desde la disciplina de moda que normalmente nuestra área nunca toca, que al trabajar de manera interdisciplinaria, no sólo pueden los estudiantes aprender de otras áreas para presentar soluciones si no que la moda se vuelve con canal de solución utilitaria y de deseo para el “cliente”.
Javier Tenorio	Sí lo creo. Hay literatura que dice que se tiene una probabilidad más alta para resolver un problema cuando existe mayor variación de elementos de conocimiento “knowledge elements” que se pueden combinar entre ellos. [Oguz, Ali Acar and Van den Ende, Jan. Knowledge Distance, Cognitive-Search Processes, and Creativity: The Making of Winning Solutions in Science Contests. Psychological Science. 2016.]
David J. Lieberman	Los equipos multidisciplinarios o interdisciplinarios son fundamentales para el éxito de las intenciones pedagógicas y se beneficiarían de la participación más allá de los programas habituales relacionados con el diseño con la inclusión de ingeniería, ciencia de los materiales, ciencia médica, botánica, ciencias animales en múltiples especies, e incluso la inclusión de

	ciencia ficción especulativa.
Shunichiro Higashi	Supondría un valor añadido en cuanto a la ampliación de la vista del diseño. Para añadir profundidad a la calidad del diseño, el equipo combinado tiene que estar equilibrado.
Valeria Molinari	Por supuesto que si, esta creo que es la clave de los grupos. El hecho de que sean multidisciplinarios enriquece el proceso de diseño y por ende el resultado final.
Roberto Fabbri	Creo que sí, especialmente en la fase de lluvia de ideas. La multidisciplinariedad del grupo permite limitar las rutinas proyectuales que los estudiantes desarrollan y repiten en su propia carrera. Además, tienen que desarrollar un vocabulario común para explicar el concepto inicial a miembros del grupo que manejan otras disciplinas.

Respuestas de pregunta 6	***Según su opinión, las propuestas de diseño tenían un sentido antropocéntrico o biocéntrico? ¿Por qué? O, ¿no fue algo que fuera destacable de identificar?***
Abril González	No se tocó el tema a profundidad durante las presentaciones, pero sí fue importante dentro de la investigación y definición de los problemas a resolver.
Javier Tenorio	Biocéntrico. El hecho de que el proceso comprenda las circunstancias que enfrenta el objeto de estudio y cómo su diseño biológico le ayuda a enfrentarlas, hace que la relación con el hombre pase a segundo plano.
David J. Lieberman	Sin duda, las cualidades antropomórficas fueron evidentes en muchos aspectos si las propuestas y los potenciales de la biomimética son un territorio aún sin explotar de gran promesa para las profesiones del diseño..
Valeria Molinari	Por lo que recuerdo, si. Todas las propuestas tenían una fuerte raíz en una problemática cotidiana real.
Roberto Fabbri	Me acuerdo que el interés proyectual estaba siempre más enfocado en la definición de un beneficio para un usuario, y eso pone el acento en un sentido antropocéntrico.

Respuestas de pregunta 7	***Según su observación y perspectiva, se presentaron ideas innovadoras gracias al proceso de diseño o no fueron ideas innovadoras o si lo fueron, pero no fue gracias al proceso de diseño?***
Abril González	Sí me pareció innovador, tanto la propuesta para solucionarlo como la ejecución con el uso de métodos y materiales nuevos para un prototipo final de estética.
Javier Tenorio	Sí, estudiar y tomar un objeto de estudio animal o planta generó diseños fuera de lo común. Estos modelos innovadores están relacionados directamente al proceso que se siguió.
David J. Lieberman	La innovación y la invención son la ambición y la intención del proceso, y quedaron en evidencia en las propuestas “exitosas”. Como referencia una cita de Peter Rice El ingeniero imagina. “Diferenciaría la diferencia entre el ingeniero y el arquitecto diciendo que la respuesta del

	arquitecto es principalmente creativa, mientras que la del ingeniero es esencialmente inventiva".
Valeria Molinari	Las ideas fueron en su mayoría innovadoras, y profundas. Creo que la clave de dicha profundidad se debió mayormente a la metodología dentro del proceso de diseño.
Roberto Fabbri	Según mi perspectiva el valor está en el desarrollo de una metodología de trabajo innovadora. Las ideas y los resultados tenían un grado de innovación proporcional a una clase / estudio en una carrera de diseño.

Respuestas de pregunta 8	***Desde su perspectiva las estrategias de diseño morfogénesis a través de la biomimética, se ven reflejadas en el proceso y propuesta de diseño de los estudiantes?***
Abril González	Sí se mostró de manera clara, fue bastante abrumador para los estudiantes poder aterrizar y explicar tanta información hacia un producto "comercial" pero fue distinto a los proyectos habituales gracias a la biomimética en todo su proceso.
Javier Tenorio	Sin duda. Hay una relación directa entre la estrategia y la propuesta.
David J. Lieberman	SI. El experimento es el comienzo de una forma productiva de enseñar y de desarrollar ideas.
Valeria Molinari	Recuerdo en varios de los casos, si se veía claramente dentro de las propuestas de los estudiantes.
Roberto Fabbri	Según mi perspectiva el valor está en el desarrollo de una metodología de trabajo innovadora. Las ideas y los resultados tenían un grado de innovación proporcional a una clase / estudio en una carrera de diseño.

Anexo 5 Formato de evaluación de resultados proyectuales para el Modelo 1 por parte de la autora.

Caso de estudio No. 00	Nombre:

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	

Identificación del nivel de:

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Biomateriales
Diseño tradicional						x					Diseño innovador

Mono-disciplina: una sola disciplina
Multidisciplina: varias disciplinas
Diseño Antropocéntrico: diseño centrado en los humanos
Diseño biocéntrico: diseño que considera al hombre como parte de un ecosistema
Materiales sintéticos: creados generalmente a base de combustibles fósiles.
Materiales de nueva generación: Biomateriales y Materiales inteligentes
Diseño pragmático: diseño basado en las preconcepciones previamente establecidas.
Diseño especulativo: diseño que rompe con los objetivos tradicionales y trabaja en una línea de tiempo del futuro preferible.

Respuestas de las evaluaciones por parte de la autora de los resultados proyectuales del Modelo 1

Caso de estudio No. 1

Nombre: Pez Betta

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*Presenta una propuesta de diseño un tanto innovadora, ya que plantea un nuevo sistema de transporte que favorece los preceptos del diseño sustentable, al proponer su propulsión por medio de fuerza mecánica como la de una bicicleta y el uso de energía solar para darle mayor poder y elementos eléctricos. Sin embargo, los estudiantes tuvieron muchas dificultades para llegar a esta propuesta, no confiaban en sus hallazgos y querían replicar estrategias encontradas en otros sistemas de transporte ya encontradas en el mercado, como por ejemplo, en el casterboard o ripstick. Se les ha tenido que guiar para que su propuesta sea directamente de los resultados obtenidos de su propio análisis.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico					x						Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos		x									Biomateriales
Diseño tradicional						x					Diseño innovador

Caso de estudio No. 2

Nombre: Suculenta

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.

Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*Su nivel de introspección es adecuado y el nivel de emulación de su propuesta también, siendo una propuesta exitosa derivada de su investigación. Sin embargo, tiene un enfoque un tanto antropocéntrico, ya que su elección de materiales no indaga en una materialidad sustentable.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico						x					Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos			x								Biomateriales
Diseño tradicional					x						Diseño innovador

Caso de estudio No. 3

Nombre: Venus atrapamoscas

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*El equipo de este caso de estudio, perdió mucho tiempo al estar buscando su objeto de estudio, ya que tenían una gran curiosidad por las plantas carnívoras, pero no son plantas de la región y lo único que tenían a su alcance eran plantas muy pequeñas. Sí llegaron a encontrar una que les funcionara para el estudio, pero ya iba muy tarde según la planeación de las actividades y esto se vió reflejado en el nivel de introspección y nivel de emulación de la propuesta, resultando no tener la profundización esperada.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico						x					Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos				x							Biomateriales
Diseño tradicional								x			Diseño innovador

Caso de estudio No. 4

Nombre: Pez ángel

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*Este caso de estudio presenta una propuesta exitosa derivada de su investigación. Sin embargo, tiene un enfoque un tanto antropocéntrico ya que su elección de materiales no indaga en una materialidad sustentable, pero en términos de proceso innovativo puede considerarse una exploración exitosa con un nivel de introspección y una alta innovación en su nivel de emulación.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico									x		Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos				x							Biomateriales
Diseño tradicional								x			Diseño innovador

Caso de estudio No. 5

Nombre: Erizo de tierra

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*Aunque la propuesta es interesante a nivel concepto, el desarrollo de su morfología es un tanto superficial, el equipo no logró desarrollar un nivel profundo de análisis, lo que puede ser debido a la elección del caso de estudio y falta de herramientas cognitivas por parte de los integrantes del equipo para realizar un análisis más profundo. Al ser el erizo de tierra un*

	mamífero, no supieron cómo observar y extraer información morfológica de un ser vivo e identificar la geometría de su forma.

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico						x					Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos					x						Biomateriales
Diseño tradicional								x			Diseño innovador

Caso de estudio No. 6

Nombre: Caracol destructor

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	La propuesta sí emula la respuesta del organismo, aunque es un tanto básica; el equipo en muchas ocasiones durante el análisis quería buscar una aplicación para el diseño en vez de continuar observando y analizando, tal vez siendo un factor que evitó su profundización al momento de realizar una propuesta.

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos									x		Biomateriales
Diseño tradicional			x								Diseño innovador

Caso de estudio No. 7

Nombre: Caracola

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*En este caso de estudio, su nivel de introspección y emulación al momento de realizar la propuesta de diseño no es el esperado. El nivel de los hallazgos en el análisis denotan un entendimiento de su forma, pero no de la relación función-forma, lo que resulta en un proyecto biomorfo y no biomimético.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico						x					Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos				x							Biomateriales
Diseño tradicional		x									Diseño innovador

Caso de estudio No. 8

Nombre: Cordón órgano parado

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*Este equipo presentó la problemática de iniciar su análisis con preconcepciones de lo que ya sabían del objeto de estudio y dirigieron el estudio para que las conclusiones tuvieran el sentido que ya habían definido desde un inicio.*

Mono-disciplina			x								Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico			x								Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos			x								Biomateriales
Diseño tradicional			x								Diseño innovador

Caso de estudio No. 9

Nombre: Ficus pumila

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*El equipo de este caso de estudio tuvo un alto entendimiento de la ingeniería análoga de su caso de estudio, teniendo una introspección y emulación de su propuesta según el nivel esperado, además de manifestar la seguridad de integrar en su propuesta conceptual la tecnología e inteligencia artificial como elemento clave para su funcionamiento.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos				x							Biomateriales
Diseño tradicional								x			Diseño innovador

Caso de estudio No. 10

Nombre: Acheta domesticus

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis.

	Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*El equipo de este caso de estudio tuvo un muy buen entendimiento de la ingeniería análoga de su caso de estudio. Sin embargo, necesitaron una guía muy de cerca para confiar en sus decisiones y estimularlos a que, aunque parecieran fuera de lo común las ideas, era el camino adecuado a seguir.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Biomateriales
Diseño tradicional						x					Diseño innovador

Caso de estudio No. 11

Nombre: Libélula

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*En este caso de estudio, el nivel de introspección y emulación al momento de realizar la propuesta de diseño no es el esperado. El nivel de los hallazgos en el análisis denotan un entendimiento de su forma y de la relación función-forma. Sin embargo, al momento de realizar una propuesta de diseño, aunque conceptualmente conservaron la función, resultó en un proyecto mayormente biomorfo, con cierto grado de biomimétismo.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico						x					Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos				x							Biomateriales
Diseño tradicional			x								Diseño innovador

Caso de estudio No. 12

Nombre: Concha viera

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*El nivel de introspección y emulación es a un nivel medio de lo esperado. A este equipo le costó trabajo experimentar la transdisciplina y saberse capaz de ofrecer soluciones de alto valor, al brindar su experiencia de otra disciplina; la propuesta tiene potencial, sin embargo, a nivel creativo es un proyecto dentro de las ideas preconcebidas.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico					x						Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos			x								Biomateriales
Diseño tradicional				x							Diseño innovador

Caso de estudio No. 13

Nombre: Helicoide sulcata

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*El nivel de introspección y emulación es a un nivel medio de lo esperado. El equipo tuvo una proceso de análisis exitoso y muy creativo al momento de realizar los prototipos, pero demostró no haber reflexionado lo suficiente sobre su propio proceso y sus hallazgos, realizando una propuesta que sí emula la estrategia del organismo, pero no es un proyecto igualmente creativo como su proceso de análisis.*

Mono-disciplina						x					Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico		x									Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos			x								Biomateriales
Diseño tradicional		x									Diseño innovador

Caso de estudio No. 14

Nombre: Pez danio cebra

Fase	**Nivel del objetivo esperado**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.
Comentarios	*En este caso de estudio, su nivel de introspección y emulación al momento de realizar la propuesta de diseño no es el esperado. El nivel de los hallazgos en el análisis denotan un entendimiento de su forma y de la relación función-forma. Sin embargo, al momento de realizar una propuesta de diseño, aunque conceptualmente conservaron la función, resultó en un proyecto con un nivel de creatividad por debajo de lo esperado, ya que denota un diseño tradicional.*

Mono-disciplina						x					Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico			x								Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos		x									Biomateriales
Diseño tradicional			x								Diseño innovador

Anexo 6 Formato de evaluación por expertos de los resultados proyectuales de los modelos 2 y 3

Caso de estudio No.	Nombre:
Nombre de la persona evaluadora:	

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	

Instrucciones: Colocar una X en el recuadro donde se acerca más al criterio que representa el proyecto evaluado:

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático						x					Diseño especulativo

Mono-disciplina: una sola disciplina
Multidisciplina: varias disciplinas
Diseño Antropocéntrico: diseño centrado en los humanos
Diseño biocéntrico: diseño que considera al hombre como parte de un ecosistema
Materiales sintéticos: creados generalmente a base de combustibles fósiles.
Materiales de nueva generación: Biomateriales y Materiales inteligentes
Diseño pragmático: diseño basado en las preconcepciones previamente establecidas.
Diseño especulativo: diseño que rompe con los objetivos tradicionales y trabaja en una línea de tiempo del futuro preferible.

Respuestas de las evaluaciones por expertos de los resultados proyectuales de los modelos 2 y 3

Caso de estudio No. 15

Nombre: Diente de León
Nombre de la persona evaluadora: Leslie Lizeth Olán Benítez, MDI

Fase	Nivel del objetivo	Comentarios
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Bien la investigación tanto teórica, como la observación, analizando la morfología y función de la planta.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Si se observa un análisis morfológico, quizás faltó un poco de análisis de la función.*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Me parece que la aplicación es buena y un buen comienzo para la experimentación e iteración.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático						x					Diseño especulativo

Caso de estudio No. 16

Nombre: Pulpo
Nombre de la persona evaluadora: Leslie Lizeth Olán Benítez, MDI

Fase	Nivel del objetivo	Comentarios
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Bien la investigación tanto teórica, como la observación, analizando la morfología y función de la planta.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis.	*Si se observa un análisis morfológico, quizás faltó un poco de análisis de la función.*

	Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Siento una deficiencia en la exploración, se puede seguir evolucionando.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático			x								Diseño especulativo

Caso de estudio No. 17

Nombre: Gromphadorhina Portentosa
Nombre de la persona evaluadora: Carlos Alberto Chaveznava Treviño, Dr

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*El proyecto presenta un análisis adecuado de representación visual de la propuesta.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Los autores argumentan que su propuesta absorbe vibraciones e impactos laterales mientras que en el análisis de elementos finitos podemos ver una rigidez uniforme en la estructura al momento del impacto lateral, lo que implicaría una absorción prácticamente inexistente del impacto. La propuesta de diseño no tiene secciones de tipo "fusible", o sea, que se deformen o absorban en realidad el impacto y no solo que lo distribuyan.*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*La propuesta tiene un nivel adecuado, el análisis funcional tiene un alcance muy corto ya que estructuralmente no ofrece mayor diferencia a la deformación con respecto a los chasis actuales.*

Mono-disciplina									x		Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico						x					Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático						x					Diseño especulativo

Caso de estudio No. 18

Nombre: Escarabajo

Nombre de la persona evaluadora: Patricio Ortiz Silva, M. Des.

Fase	Nivel del objetivo	Comentarios
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*El análisis gráfico es muy bueno, alcanzándo síntesis a la hora de definir los aspectos salientes de la morfología de los escarabajos, la especie de referencia.* *Sin embargo, el uso de lenguaje técnico es algo impreciso, se utiliza la palabra "cóncavo" pero no con respecto a qué, si al observador o al contenido. En caso de que fuese con respecto a la resistencia de impactos externos, lo correcto debería ser convexo.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Es posible alcanzar un mayor grado de síntesis a partir de esta propuesta. Por qué hacer una estructura exterior compleja, que requiere soldadura, cuando se puede resolver una estructura más integrada usando hidroformado?*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Dado que es un concepto de diseño, la propuesta alcanza un nivel satisfactorio. En el caso de usar baterías de litio, no recomendaría usar magnesio para la estructura exterior dado que el Mg es un material inestable a altas temperaturas (Se vuelve incendiario.) protegiendo baterías de litio, que tienden a incendiarse en caso de cortocircuitos causados por choques y/o defectos.* *En eses caso los biopolímeros y los composites que usan componentes naturales reciclables (Fibras de basalto.) Proveen resistencia mecánica en un material sustentable.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos							x				Materiales de nueva generación
Diseño pragmático					x						Diseño especulativo

Caso de estudio No. 19

Nombre: Pluma

Nombre de la persona evaluadora: Angélica Piedrahita Delgado, MFA

Fase	Nivel del objetivo	Comentarios
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis.(Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Excelentes soluciones para comunicar la flexibilidad del material y su entramado*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Acertada y concreta manera de solucionar el problema planteado, quizás faltó una revisión a las posibles fallas del producto. Revisar las maneras en las que se recolectaran la red de filtros.*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Excelente propuesta, podría contemplar las formas en las que se desecharon o limpiarán las estructuras.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático									x		Diseño especulativo

Caso de estudio No. 20

Nombre: Hormiga

Nombre de la persona evaluadora: Leo Marz, MFA

Fase	Nivel del objetivo	Comentarios
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Buen análisis.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Sintetiza sus intereses en las capacidades biológicas del ojo de la hormiga y los relaciona a necesidades del ser humano. Es coherente.*

Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Es profundo y se relaciona a necesidades actuales y su reflexión toma en cuenta el futuro inmediato. Considerando la joyería, los dispositivos móviles y nuestra piel como ejes para desarrollar su propuesta.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico				x							Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos							x				Materiales de nueva generación
Diseño pragmático									x		Diseño especulativo

Caso de estudio No. 21

Nombre: Toronja
Nombre de la persona evaluadora: Iliana María Moreno Guzmán, MA

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Durante la fase de investigación y análisis se demuestra una búsqueda detallada sobre las toronjas. Se incluye un análisis morfológico.* *Destacó el uso del microscopio para observar a detalle la toronja. Felicitaciones también por el análisis de la geometría utilizando el dibujo digital. El análisis experimental es muy completo, destacando la imagen 1.4 del bordado de las vesículas.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Se demuestra un conocimiento suficiente sobre la problemática, hay coherencia entre los riesgos de fenómenos naturales, como actividad volcánica y los materiales con la propuesta de solución.*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*La propuesta de diseño combina la conclusión obtenida durante el análisis y la problemática. Considera materiales resistentes al contexto de erupción volcánica como el kevlar y el nitrógeno, pero no se incluyen detalles para terremotos o tsunamis. Hay detalles que pudieran ser claves que no se incluyen, por ejemplo: factibilidad de la maleta para convertirse en una cápsula completa al rellenarse con nitrógeno, y tener un recubrimiento de memory foam y la cubierta de kevlar. El tiempo en el que puede mantenerse con*

		vida una persona ¿incluye oxígeno? ¿Se pueden transmitir sonidos de dentro hacia afuera? La base de la cápsula es curva, sería importante considerar si la cápsula está diseñada para estar horizontal o vertical y qué tan resistente puede llegar a ser frente a cada fenómeno natural propuesto.

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos						x					Materiales de nueva generación
Diseño pragmático			x								Diseño especulativo

Caso de estudio No. 22

Nombre: Cochinilla

Nombre de la persona evaluadora: Angélica Delgado, MFA

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Análisis detallado de la forma del caparazón, Estudio muy profundo sobre los lugares de soporte del material.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Gran parte del diseño final se soluciona con otro tipo de innovación tecnológica. Y aunque estos responden a puntos de seguridad extra, realmente no son parte del diseño y no están relacionados con el estudio de la cochinilla.*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*A nivel conceptual la propuesta es excelente.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico			x								Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos					x						Materiales de nueva generación
Diseño pragmático									x		Diseño especulativo

Caso de estudio No. 23

Nombre: Libélula: Proyecto final de carrera de Ema Idalia Saldivar González
Nombre de la persona evaluadora: Daniel Almaguer Buentello, MSc, MBPsS

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Nivel Alto. El análisis muestra conocimiento de estructuras especializadas de la libélula y muestra la capacidad de explicar la complejidad geométrica de la estructura Voronoi. La estructura microtrichia es superficialmente explicada. Beneficiaría de comentarios más técnicos acerca de la manera en que las estructuras benefician o perjudican la distribución de tensión– o bien, se podría explicar mejor otras fuerzas y debilidades de las mismas.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Nivel Medio-Alto. Se describe un problema real y se propone una manera de atacar los problemas a través de la investigación biomimética que se llevó a cabo. Los problemas conductuales implicados en las costumbres de las personas que se busca ayudar (personas con osteoartritis valgus) está pendiente de evaluar ya que la comodidad de la ortesis puede no ser el único factor que deba considerarse para promover su uso durante el periodo recomendado (considerar Thaler & Sunstein, 2022 – 'Nudge').*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Nivel Medio-Alto. Se propone una solución estéticamente creativa y técnicamente impresionante, sin embargo ésta parece ir más allá de lo factible o explicable con el nivel del estudiante. Da la impresión de estar en el límite de la ciencia ficción la realidad alcanzable. O bien beneficiaría de una consultoría de ingeniería para aterrizar mejor.*

Mono-disciplina									x		Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático				x							Diseño especulativo

Caso de estudio No. 24

Nombre: Graptopetalum paraguayense
Nombre de la persona evaluadora: Carlos Alberto Chaveznava Treviño, Dr

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Las muestras visuales tanto de la referencia botánica como de las posibles aplicaciones arquitectónicas son adecuadas.* *No se profundiza en mecanismos, quizá por no tener contemplada la viabilidad del proyecto en esta fase.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Los autores muestran una problemática adecuada y una identificación de una posible solución igualmente apropiada. Hay coherencia en la idea y la propuesta.* *Falta profundizar en la aplicación y viabilidad funcional, pues es de cuestionarse si la inversión en superficies de pintura fotovoltaica no resultará en un consumo mayor de energía que lo que pudieran acumular de energía las "hojas absorbentes"*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Esta propuesta de diseño carece de profundidad suficiente para un nivel de ejecución, así como no contener revisión de materiales similares o casos ya existentes. Si los objetivos del curso no abarcaban un alcance con estas características antes mencionadas, entonces a nivel conceptual tiene una profundidad aceptable.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático				x							Diseño especulativo

Caso de estudio No. 25

Nombre: Luffa
Nombre de la persona evaluadora: Patricio Ortiz Silva, M. Des.

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*La estructura que estudiaron de la lufa son las redes de fibras vegetales, lineales, livianas y resistentes que sirven para contener las semillas. Se enfocan en esta estructura, Hasta ahí, bien.*

Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Aquí hay algo de confusión, ya que mencionan a esta estructura lineal abierta como "superficies flotantes", cuando no lo son. La flotabilidad está dada por su peso específico bajo, no porque sea una estructura de celdas cerradas ni laminar, que contenga aire.* *Desde luego, podría especularse que aplicada en una versión artificial o de crecimiento alterando su genética, se lograrse una versión de gran escala y esta poder dar la flotabilidad necesaria.*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*En la propuesta se mantiene la idea de "superficie". Desde luego, puede considerarse a un tejido plano de cierto grosor de celdas abiertas como una superficie. Entiendo que son propuestas conceptuales, pero requiere de una mejor comunicación visual y escrita. Aparentemente se propone que esta estructura sea como un andamio / scaffold para hacer que el hielo tarde en derretirse o formar una balsa gigante, lo cual es interesante y merecería un poco más de desarrollo.*

Mono-disciplina							x				Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático						x					Diseño especulativo

Caso de estudio No. 26

Nombre: Hongo Ostra

Nombre de la persona evaluadora: Angélica Piedrahita Delgado, MFA

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos).	*Análisis detallado de la forma, estructura y material del hongo. Es posible ver en sus dibujos el nivel de entendimiento del material al que llegaron.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve	*Gran parte del diseño final se soluciona con otro tipo de innovación tecnológica, que implica muchísimo más desarrollo, y no se relaciona con la profundidad del estudio anterior.*

	un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*A nivel conceptual la propuesta es excelente.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico			x								Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático									x		Diseño especulativo

Caso de estudio No. 27

Nombre: Catarina Coccinellidae

Nombre de la persona evaluadora: Angélica Piedrahita Delgado, MFA

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Su análisis es muy interesante, llegan a profundizar sus observaciones y realizan una profundización notable.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*El nivel de profundidad de lo concluido contra lo propuesta denota un nivel un tanto medio, ya que lo observado refleja una gran profundidad y denotan la capacidad de profundización no reflejada en sus conclusiones.*
Propuesta de diseño	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*A nivel conceptual la propuesta es interesante, sin embargo al no ser tan profundas sus conclusiones, esto se ve reflejado en la respuesta de diseño.*

Mono-disciplina									x		Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico							x				Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático				x							Diseño especulativo

Caso de estudio No. 28

Nombre: Telaraña
Nombre de la persona evaluadora: David Pedroza Castañeda, M.

Fase	Nivel del objetivo	Comentarios
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*La investigación fue interesante. Se investigaron algunos aspectos poco usuales sobre la tela de araña con una descripción peculiar de su morfología. Las fotografías eran atractivas e informativas en aspectos generales, habría sido interesante ver un poco más de las particularidades.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Identificación de problemática interesante. Se identificó un problema real del mundo: Contaminación del aire. Una propuesta de solución: filtrado del mismo por un textil de dimensiones urbanas.*
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Nivel de profundidad mediano. Se llegó hasta el punto de identificar la tela de araña como una tela. Habría sido interesante conocer más a detalle sobre su naturaleza geométrica y su relación con el entorno o sus capacidades resistentes.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático									x		Diseño especulativo

Caso de estudio No. 29

Nombre: Caso estudio 29 Girasol
Nombre de la persona evaluadora: José Luis Preciado Chagoya, M.

Fase	Nivel del objetivo	Comentarios
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Se arranca con la problemática identificada, lo cual da mayor claridad en la narrativa del proyecto. El análisis se vuelve más puntual y acotado. Hubo mayor profundidad en la exploración de materiales y tecnologías.*

Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*La solución es sólida, y clara. Sin embargo, no contempla los dilemas filosóficos y de calidad de vida de la población en el futuro.* *El salto entre el planteamiento inicial y la solución es muy grande, y no ve el resto de implicaciones que tiene el desarrollo de un proyecto de este tipo.*
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*La propuesta se centra totalmente en la función, pero no contempla otros aspectos igual de importantes en términos de las necesidades de la humanidad y el entorno para que pueda operar.*

Mono-disciplina									x		Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos									x		Materiales de nueva generación
Diseño pragmático									x		Diseño especulativo

Caso de estudio No. 30

Nombre: Rosa 1

Nombre de la persona evaluadora: José Luis Preciado Chagoya, M.

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*No queda claro si las alumnas lograron profundizar en la comprensión de los conceptos que presentan, algunos muy particulares de la botánica. La parte contextual es importante, pero hace falta identificar si para ello sería pertinente acotar la investigación más hacia la parte explicativa.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*El proceso exploratorio es relevante, y arroja resultados de valor que abonan a la propuesta de diseño. Sin embargo, las limitantes en términos de conocimiento de materiales y procesos de manufactura del equipo queda en evidencia. Además, la premisa de diseño es muy abierta, sin tener una aplicación clara del producto.*
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*La aplicación del producto en algún contexto particular queda endeble, ya que no se describen posibilidades de manera clara.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico									x		Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático								x			Diseño especulativo

Caso de estudio No. 31

Nombre:
Nombre de la persona evaluadora: Emma Palmer, Dra.

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Se nota un proceso de investigación bastante robusto en términos de la morfología y atributos del objeto en cuestión (rosa) así como de los posibles materiales para el prototipo*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Hay consistencia entre la problemática y solución planteada aunque considero que ambas son demasiado reducidas.* *Salto directo a una única solución en vez de considerar diversas posibilidades de resolución.*
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Propuesta de solución reducida a muy focos factores, faltó un enfoque sistémico de mayor amplitud en búsqueda de propuestas más sólidas.*

Mono-disciplina									x		Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico								x			Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos							x				Materiales de nueva generación
Diseño pragmático						x					Diseño especulativo

Caso de estudio No. 32

Nombre: Palomilla

Nombre de la persona evaluadora: Leslie Lizeth Olán Benítez, MDI

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Seguramente hicieron un buen análisis, pero no se vió totalmente representado en la presentación.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Lo resuelve y está algo directamente relacionado con la problemática.*
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Podría profundizar más pero para el tiempo de la clase es un buen alcance.*

Mono-disciplina									x		Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico									x		Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos									x		Materiales de nueva generación
Diseño pragmático										x	Diseño especulativo

Caso de estudio No. 33

Nombre: Hormiga

Nombre de la persona evaluadora: Arne Riekstins, Dr.

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Nivel alto. Sin mas comentarios.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de	*Nivel alto. Sin mas comentarios.*

	estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Creo que la única mejora es ver de nuevo el perfil del suelo - ahora está hecho con una sola curva extruida hacia un lado, entonces no va funcionar al cien para mantener la estabilidad lateral. Sería mejor hacerlo más 3D o sea algo similar como las llantas todoterreno.*

Mono-disciplina										x	Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico										x	Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos								x			Materiales de nueva generación
Diseño pragmático										x	Diseño especulativo

Caso de estudio No. 34

Nombre: Margarita

Nombre de la persona evaluadora: José Luis Preciado Chagoya, M.

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*La secuencia o estructura que siguieron en la investigación pareciera no estar enlazada. La exploración y prototipado no parece estar vinculada al resultado final. El objeto de estudio (margarita) se empieza a perder cuando llegamos a hablar del producto.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel de profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*El planteamiento, en términos de tiempo, se queda corto. Las características que la ligan con la margarita se desvanecen en la presentación de la solución final.* *Las funcionalidades y prestaciones de la propuesta final también se perciben muy limitadas en cuanto a lo que la tecnología probablemente permita hacer en los próximos 50 años.*
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*La exploración con mid journey ayuda, pero no termina de resolver. La forma de la solución final carece de suficiente estudio e iteraciones para poder encontrar algo más innovador. Las limitaciones que plantean no son necesariamente algo que a futuro no se pueda resolver, y por el contrario, acortan el alcance del proyecto.*

Mono-disciplina								x			Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico									x		Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos									x		Materiales de nueva generación
Diseño pragmático								x			Diseño especulativo

Caso de estudio No. 35

Nombre: Sericura

Nombre de la persona evaluadora: Irma E, Peñuri García, MDI, Doctoranda

Fase	**Nivel del objetivo**	**Comentarios**
Investigación y análisis	Nivel de profundización observada por medio de la comunicación visual y escrita del apartado del análisis. (Análisis por medio de fotografías, diagramas y prototipos)	*Buen análisis, en algún momento quizás faltó justificar las formas de los "picos" para justificar porqué se eligieron en esa posición a la hora del enterramiento.* *La comunicación en la presentación faltó explicación.* *Video bien ejecutado.*
Conclusiones del análisis e investigación	Nivel profundidad observado de la identificación de la problemática y las posibilidades de resolución en relación a las conclusiones del análisis. Es decir, coherencia en relación a la conclusión de cómo es que su objeto de estudio resuelve un problema y como el proyecto lo resuelve emulando lo aprendido.	*Buena análisis de la problemática, si considero que deberían agregar en esta propuesta el líquido, humedad, o algún agente que detone este factor para promover el crecimiento en este escenario prospectivo.* *Faltó algún diagrama para explicar el paso a paso, no solo mencionarlo hablado, donde fuera más claro el concepto.*
Propuesta de diseño conceptual	Nivel profundidad observado de la propuesta de diseño a nivel conceptual, en relación al nivel de los objetivos pedagógicos.	*Diseño conceptual con un nivel de profundidad intermedio.* *En cuanto a la presentación dejaba algunas dudas, sin embargo con el video si se logró esclarecer las dudas.*

Mono-disciplina										x	Multidisciplina
Diseño Antropocéntrico										x	Diseño Biocéntrico
Materiales sintéticos										x	Materiales de nueva generación
Diseño pragmático										x	Diseño especulativo

Anexo 7 Evaluadores externos de los resultados proyectuales

Grupo A

1. Higashi, Shunichiro
   Arquitecto. M. por la Universidad Politécnica de Valencia. Dr en filosofía por la Universidad de Chiva
   división de Arquitectura y Ciencias Urbanas
   Profesor del Departamento de diseño de Interiores
   https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/shunichiro-higashi-me

2. Fabbri, Roberto
   Arquitecto. M. en arquitectura y Dr en filosofía por la Universidad de Boloña.
   Profesor asociado para el departamento de Arte e Innovación creativa en la Universidad Zayed de Abu Dhabi
   https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/dr-roberto-fabbri-phd

3. Lieberman, David J.
   Arquitecto BFA AADipl RIBA AAA OAA MRAIC
   Profesor de la Universidad Akademie der bildenden Künste en Viena
   Profesor asociado Emeritus de la Universidad de Toronto
   https://www.daniels.utoronto.ca/people/professors-emeriti/david-lieberman

4. Molinari, Valeria
   BS En Arte y Animación. M. en Ilustración por el Instituto de arte Maryland
   Profesora del departamento de diseño de moda y textil de la Universidad de Monterrey
   https://www.linkedin.com/in/valeriamolinaridesign/

5. Tenorio, Javier
   Lic. en diseño Industrial. M. en Antropología y Ética por el Centro Panamericano de Humanidades.
   Líder del departamento de Open Innovation & I.P. de Metalsa México
   https://www.linkedin.com/in/javiertenorio/

Grupo B

6. Almaguer Buentello, Daniel
   MA en Aplicaciones multimedia para internet por la Universidad Politécnica de Valencia
   Licenciado en Diseño Gráfico por la la Universidad de Monterrey
   Profesor de diseño gráfico para la Universidad de Monterrey
   https://www.linkedin.com/in/danielalmaguer89/

7. Chaveznava Treviño, Carlos Alberto
   PhD, Design Science, Chiba University

MSM Maestría en Sistemas de Manufactura, ITESM
LDI, Licenciado en Diseño Industrial,
Profesor de Diseño Industrial para la Universidad de Monterrey
https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/carlos-alberto-chaveznava-trevino-phd

8. González, Abril
   Lic en diseño de Indumentaria. MBA (Master en negocios de la moda) por IFA Paris.
   Directora del Programa de Diseño Textil y Moda de la Universidad de Monterrey
   https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/abril-gonzalez-mba

9. Marz, Leo
   MFA New Media. Transart Institute Donau Universität.
   Director de Programa Académico de Licenciatura en Artes Educación
   https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/leo-marz-mfa

10. Moreno Guzmán, Iliana Maria
    MA en Administración de Diseño, University of Southampton, UK.
    Lic. en Diseño de Información, Universidad De Las Américas Puebla, UDLAP
    Profesora del departamento de diseño gráfico para la Universidad de Monterrey
    https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/iliana-moreno-ma

11. Preciado Chagoya, José Luis
    Lic. en diseño gráfico. M. en diseño tipográfico por el Centro de Estudios Gestalt para el Diseño
    Profesor de diseño gráfico e integrante de la división de desarrollo, innovación y desarrollo de proyectos estratégicos y de futuro para la Universidad de Monterrey.
    https://www.linkedin.com/in/jol85/

12. Pedroza, David
    Arquitecto. M. en diseño y restauración de estructuras por la Universidad Politécnica de Cataluña.
    Profesor para el departamento de arquitectura para la Universidad de Monterrey y fundador de la firma de arquitectura P+0.
    https://www.linkedin.com/in/david-pedroza-19a69038/

13. Palmer, Emma
    Doctor en Psicología, M. en Psicología Educativa y Dr. en Psicología Educativa por la Universidad de Oxford.
    Vicerrectora de transformación estratégica
    https://www.linkedin.com/in/emma-palmer-815ab5224/

14. Peñuri García, Irma E.
    Doctoranda y Licenciada en Diseño Industrial. Estudios de maestría en la Universidad Politécnica de Valencia sobre Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos con especialización en Ecodiseño.
    Directora de Programa Académico de Licenciatura y Posgrado en Diseño Industrial e Ingeniería en Innovación Sustentable y Energía
    https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/irma-penunuri-mdi

15. Olán, Leslie
    Maestría en Diseño e innovación en producto, ITESM campus Monterrey.
    Lic. en Diseño Industrial, Universidad de Monterrey.
    Directora y profesora del departamento de Arquitectura y Ciencias del Hábitat
    https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/leslie-olan-benitez-mdi

16. Ortiz Silva, Patricio
    Master en Diseño, Universidad de Cincinnati.
    Lic. en Diseño Industrial, Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
    Profesor de Diseño Industrial para la Universidad de Monterrey
    https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/patricio-ortiz-silva-m-des

17. Piedrahita Delgado, Angélica
    MFA Media Studies. State University of New York, University at Buffalo
    Licenciada en Artes Visuales por la Universidad Javeriana Bogotá
    Profesora para el departamento de Arte para la Universidad de Monterrey
    https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/angelica-piedrahita

18. Riekstins, Arne
    Ph.D. Arquitectura, Riga Technical University, Latvia.
    Máster Universitario en Arquitectura BioDigital, Universitat Internacional de Catalunya, España.
    Master of Science in Architecture, Riga Technical University, Latvia.
    Profesor para el departamento de arquitectura para la Universidad de Monterrey.
    https://crgs.udem.edu.mx/arte-arquitectura-y-diseno/academia/profesores/dr-arne-riekstins-phd

Anexo 8 Anotaciones cualitativas de las observaciones realizadas por la autora

En este anexo se presenta un ejemplo de las anotaciones realizadas por parte de la autora durante una observación de la implementación de una de las estrategias pedagógicas, así como los calendarios divididos por aplicaciones de modelos, donde se plasman cada una de las observaciones realizadas por la autora durante la investigación.

Los calendarios indican el periodo académico cuando se realizó la observación, así como la fecha, quién la ha realizado, el número de personas que han sido observadas y la actividad que se observó.

El Modelo 1 (tabla 11) fué observado durante 4 períodos académicos comprendidos entre el otoño del 2017 al otoño del 2019.

Tabla 11 "Calendario de las observaciones realizadas durante la implementación del Modelo 1"

Curso: *Soluciones Interdisciplinarias* Modelo implementado: 1 Observaciones realizadas por: Kazmy Chi	Periodo académico: *OT17* Casos de estudio: 1: Pez Beta 2: Suculenta 3: Venus atrapamoscas Número de participantes: 11	Periodo académico: *PR18* Casos de estudio: 4: Pez Ángel 5: Erizo de tierra 6: Caracol Destructor Número de participantes: 9	Periodo académico: *PR19* Casos de estudio: 7: Caracola 8: Cardón Órgano Parado 9: Ficus Pumila 10: Grillo Acheta Domesticus Número de participantes: 13	Periodo académico: *OT19* Casos de estudio: 11: Libélula 12: Concha de mar 13: Hongo Heliocybe Sulcata 14: Pez Danio Cebra Número de participantes: 13
Actividad observada	**Fecha de la observación**	**Fecha de la observación**	**Fecha de la observación**	**Fecha de la observación**
Sensibilización y contextualización de la problemática.	8 de agosto del 2017	15 de enero del 2018	28 de enero del 2019	5 de agosto del 2019
Selección del objeto de estudio	8 de agosto del 2017	18 de enero del 2018	6 de febrero del 2019	8 de agosto del 2019
Investigación bibliográfica y con expertos	15 de agosto del 2017	25 de enero del 2018	21 de febrero del 2019	8 de agosto del 2019
Análisis por medio de la fotografía	15 de agosto del 2017	29 de enero del 2018 Número de participantes: 9	28 de febrero del 2019 Número de participantes: 13	12 de agosto del 2019 Número de participantes: 13
Análisis de su geometría por medio del dibujo análogo.	22 de agosto del 2017	1 de febrero del 2018	4 de marzo del 2019	15 de agosto del 2019
Análisis de su geometría por medio del dibujo digital	4 de septiembre del 2017	5 de febrero del 2018	7 de marzo del 2019	19 de agosto del 2019
Análisis morfológico	4 de septiembre del 2017	8 de febrero del 2018	14 de marzo del 2019	22 de agosto del 2019

Análisis por medio de prototipos	12 y 19 de septiembre del 2017	12,15, 19, 22 y 26 de febrero del 2018	21, 25 y 28 de marzo del 2019	2, 5, 9 y 12 de septiembre del 2019
Conclusiones	19 de septiembre del 2017	1 de marzo del 2018	1 de abril del 2019	30 de septiembre del 2019
Preguntas de investigación y la posible solución	26 de septiembre del 2017	5 de marzo del 2018	1 de abril del 2019	3 de octubre del 2019
Desarrollo de propuesta de diseño	10 de octubre del 2017	15 de marzo del 2018	4 de abril del 2019	7 de octubre del 2019
Presentación de propuesta de diseño	21 de noviembre del 2017	10 de Mayo del 2018	16 de mayo del 2019	31 de noviembre del 2019

Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

El Modelo 2 (tabla 12) fué observado durante 3 períodos académicos comprendidos entre la primavera del 2020 al la primavera del 2021.

Tabla 12 "Calendario de las observaciones realizadas durante la implementación del Modelo 2"

Curso: *Soluciones Interdisciplinarias* Modelo implementado: 2 Observaciones realizadas por: Kazmy Chi	Periodo académico: *PR20* Casos de estudio: 15: Diente de León 16: Pulpo 17: Gromphadorhina Portentosa 18: Escarabajo Número de participantes: 15	Periodo académico: *OT20* Casos de estudio: 19: Pluma 20: Hormiga 21: Toronja 22: Cochinilla 23: Libélula Número de participantes: 16	Periodo académico: *PR21* Casos de estudio: 24: Graptopetalum paraguayense 25: Luffa 26: Agaricus bisporus 27: Catarina Número de participantes: 15
Actividad observada	**Fecha de la observación**	**Fecha de la observación**	**Fecha de la observación**
Sensibilización y contextualización. El rol del diseñador.	13 de enero del 2021	9 de agosto del 2020	25 de enero del 2021
Selección del objeto de estudio	15 de enero de 2021	14 de agosto del 2020	4 de febrero de 2021
Investigación bibliográfica y con expertos	15 de enero de 2021	14 de agosto del 2020	4 de febrero del 2021
Análisis por medio de la fotografía	20 de enero de 2021	21 de agosto del 2020	8 de febrero del 2021
Análisis de su geometría por medio del dibujo análogo	22 de enero de 2021	18 y 19 de agosto del 2020	15 y 18 de febrero del 2021
Análisis de su geometría por medio del dibujo digital	27 de enero del 2021	22 y 23 de agosto del 2020	22 de febrero del 2021
Análisis morfológico	29 de enero de 2021	8 de septiembre del 2020	1 y 4 de marzo del 2021
Análisis por medio de	5, 10, 12, 17 y 19 de febrero	12 de septiembre del 2020	8, 11 y 12 de marzo del 2021

prototipos	del 2021		
Fabricación de biomateriales	24 de febrero del 2021	12 de septiembre del 2020	18 de marzo del 2021
Conclusiones	26 de febrero del 2021	15 de septiembre del 2020	22 de marzo del 2021
Preguntas de investigación y la posible solución	2 de marzo del 2021	19 de septiembre del 2020	22 de marzo del 2021
Conceptualizar	4 de marzo del 2021	30 de septiembre del 2020	8 de abril del 2021
Desarrollo de la propuesta de diseño	9 de marzo del 2021	7 de Diciembre del 2020	12 de abril del 2021
Propuesta de diseño	6 de mayo del 2021	7 de Diciembre del 2020	15 de mayo del 2021

Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

El Modelo 3 (tabla 13) fué observado durante 2 períodos académicos comprendidos entre el verano del 2022 y el otoño del mismo año.

Tabla 13 "Calendario de las observaciones realizadas durante la implementación del Modelo 3"

Curso: *Soluciones Interdisciplinarias* Modelo implementado: 3 Observaciones realizadas por: Kazmy Chi	Periodo académico: *VR22* Casos de estudio: 28: Tela de araña 29: Girasol 30: Rosa 1 31: Rosa 2 Número de participantes: 12	Periodo académico: *OT22* Casos de estudio: 32: Palomilla 33: Hormiga 34: Margarita 35: Sericurra Número de participantes: 15
Actividad observada	**Fecha de la observación**	**Fecha de la observación**
Sensibilización y contextualización. El rol del diseñador.	7 de junio del 2022	9 de agosto del 2022
Selección del objeto de estudio	7 de junio del 2022	9 de agosto del 2022
Investigación bibliográfica y con expertos	8 de junio del 2022	16 de agosto del 2022
Análisis por medio de la fotografía	9 de junio del 2022	26 de agosto del 2022
Análisis por medio de la ilustración científica	10 de junio del 2022	30 de agosto del 2022
Análisis de su geometría y morfología por medio del dibujo digital	13 de junio del 2022	6 de septiembre del 2022
Análisis por medio de prototipos	15 de junio del 2022	14 y 20 de septiembre del 2022
Fabricación de biomateriales	16 de junio del 2022	4 de octubre del 2022

Conclusiones	17 de junio del 2022	27 de septiembre del 2022
Preguntas de investigación y la posible solución	17 de junio del 2022	27 de septiembre del 2022
Juego de futuros	20 de junio del 2022	18 de octubre del 2022
Uso de procesadores de imágenes en colaboración con la inteligencia artificial	10 de junio del 2022	25 de septiembre del 2022
Desarrollo de propuesta de diseño	8 de julio del 2022	8 de noviembre 6 de septiembre del 2022
presentación de propuesta de diseño	8 de julio del 2022	22 de noviembre del 2022

Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2022)

A continuación se presenta a manera de ejemplo una fichas de anotaciones cualitativas, realizada por parte de la autora durante la implementación de una de las estrategias pedagógicas:

Figura 10 " Ejemplo de anotaciones cualitativas realizadas por la autora"

Curso: Soluciones Interdisciplinarias	15 de agosto del 2017	**Periodo académico:** OT17
Análisis por medio de la fotografía Observar con detenimiento a través del lente de la cámara para identificar los sistemas, las partes y las funciones del objeto de estudio. Observación a través de tres zooms: 1) Vista general 2) Detalles 3) Por medio del microscopio.	**Observación realizada por:** Kazmy Chi	**Número de participantes**: 11 **Equipos:** Caso de estudio 1: Pez Beta Caso de estudio 2: Suculenta Caso de estudio 3: Venus atrapamoscas

Observación:

Los estudiantes llegaron temprano y curiosos de lo que pasaría ese día, ya que es una actividad muy distinta para ellos.

Para empezar les explico cómo sería la actividad de ese día, con cada uno de los pasos y ejemplos de los que se espera de la actividad. Los estudiantes se muestran inquietos por empezar la actividad cuanto antes.

Consecuentemente el técnico encargado del manejo de los microscopios, Horacio Ovalle, les realiza las indicaciones de cómo debe ser el uso general del equipo.

Así mismo en el aula tenemos 2 estudios portátiles de fotografía para poder realizar las fotografías de los zoom 1 y 2.

Se dividen en grupos y 2 de ellos empiezan a hacer su análisis fotográfico usando el microscopio guiados por el encargado del laboratorio, y los otros dos grupos comienzan a realizar las fotografías usando el estudio portátil de fotografía.

Frecuentemente le llamo el momento wow!, ya que es la expresión que más dicen los estudiantes al estar haciendo las observaciones con el microscopio.

Imagen 20 "Estudiantes realizando observaciones por medio del microscopio"

Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2017)

Cada equipo tiene una serie de dificultades en relación a su objeto de estudio:

Caso de estudio 1: Pez Beta
Las observaciones con la cámara son exitosas, sin embargo las observaciones por medio del microscopio, debido a que el objeto de estudio está vivo y el calor del microscopio lo lastima y al no poder diseccionar, se les dificulta realmente obtener imágenes que les otorguen información visual relevante. Por lo que deciden realizar con un mayor detalle las fotografías cuando estudio de fotografía portátil.

Caso de estudio 2: Suculenta
Caso de estudio 3: Venus atrapamoscas
En el caso de estos dos equipos se vieron muy sorprendidos al poder ver los detalles del su objeto de estadio tan de cerca en los 3 zooms. No presentaron mayores dificultades, solo les he tenido que guiar un poco respecto a saber que observar, ya que no era muy evidente para los integrantes del equipo la relevancia de su objeto de estudio. Una vez que empezamos a usar la investigación bibliográfica previamente realizada, fue que empezaron a mostrar mayor curiosidad y autonomía durante la actividad.

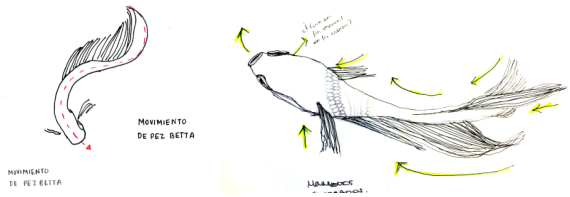
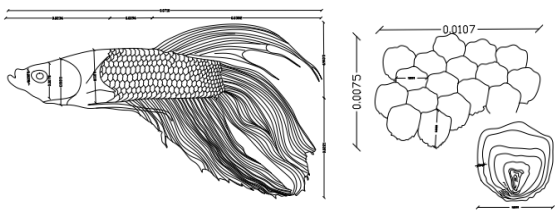
Nota: En el caso de la tela de araña, previamente se había definido que el caso de estudio sería la araña pero al momento del análisis se han enfocado en la tela de la araña.

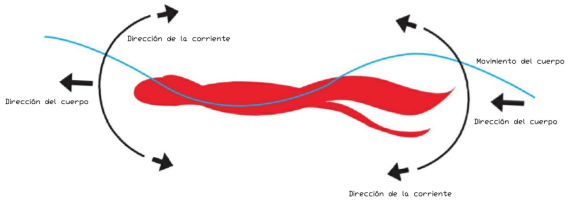
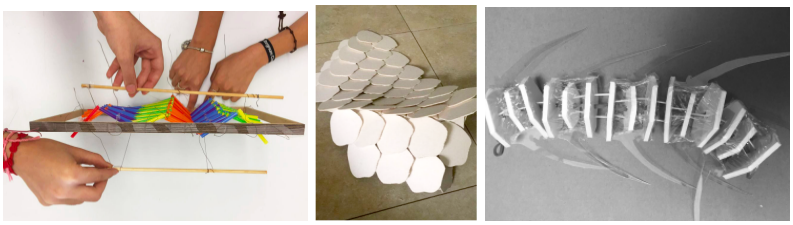
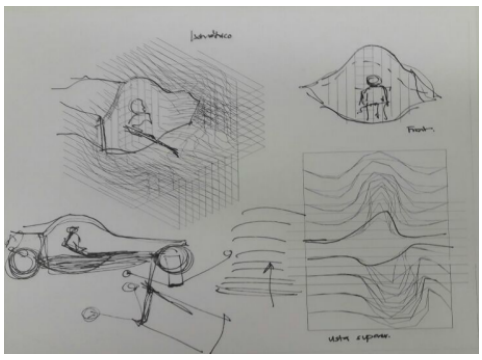
Imagen 21 "Estudiantes realizando observaciones por medio de la fotografía"

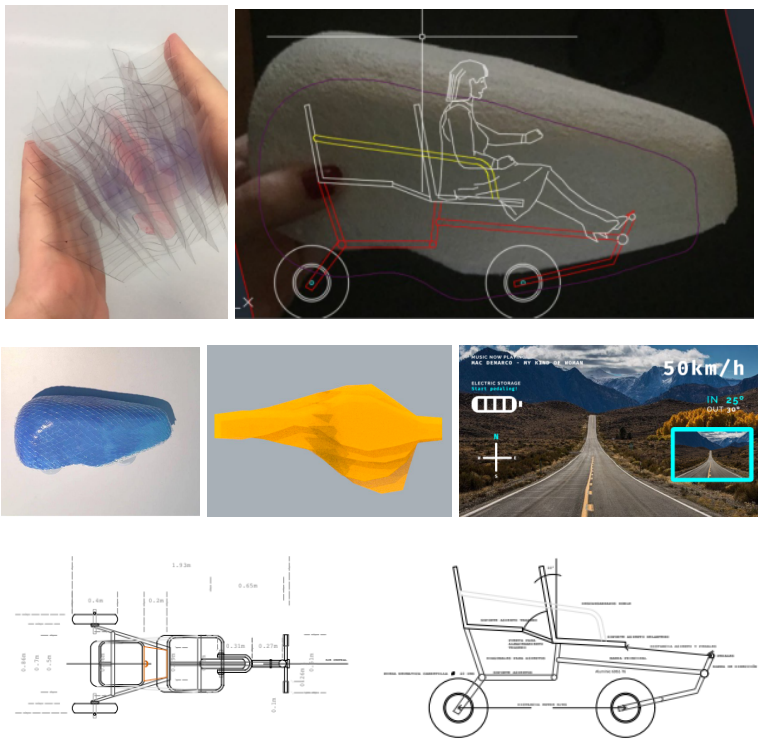
Fuente: Desarrollado por la autora, para el desarrollo de la investigación (2017)

Anexo 9 Resúmen de resultados proyectuales

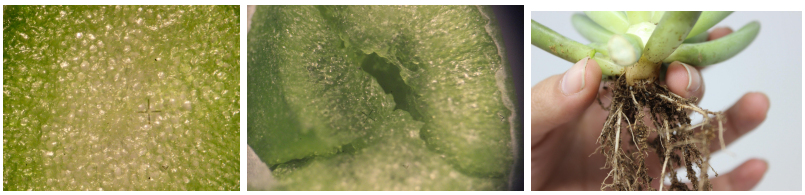
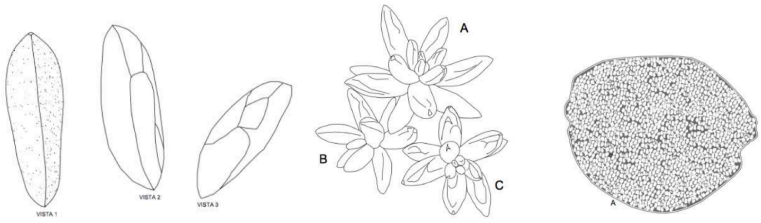
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT17 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 1**	**Integrantes del equipo:** LINT / Daniela Vázquez Gómez LDG / Hedit L. Castro Ruiz ARQ / Linda Bautista ARQ / Mariana de la Garza
Nombre común de objeto de estudio: pez betta **Nombre científico :**Betta Splendens **Emulación:** El movimiento hidrodinámico del pez Betta.	**Descripción de propuesta:** Transporte anfibio adaptado al cuerpo humano, que se desplaza propulsado manualmente y con ayuda de energía híbrida.. Dirigido a las personas que se transportan en ciudades donde no es posible transportarse mediante bicicleta o vía peatonal y desean evitarse grandes cantidades de tráfico, así mismo cuidar el ambiente.

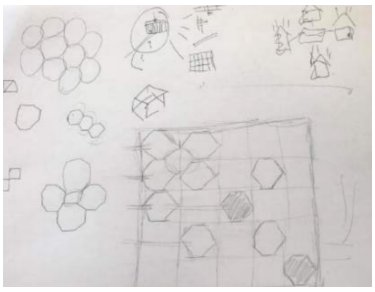
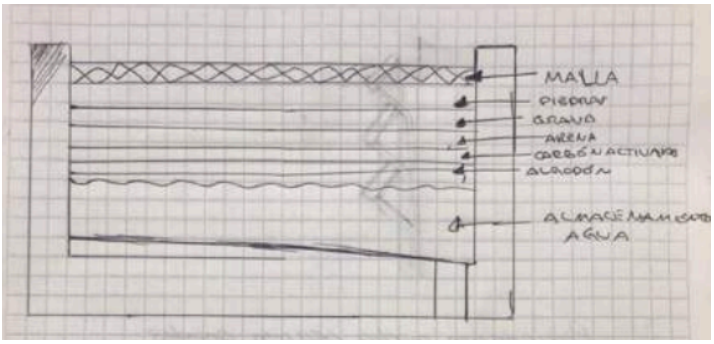
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Vázquez, et al..
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Vázquez, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Vázquez, et al.

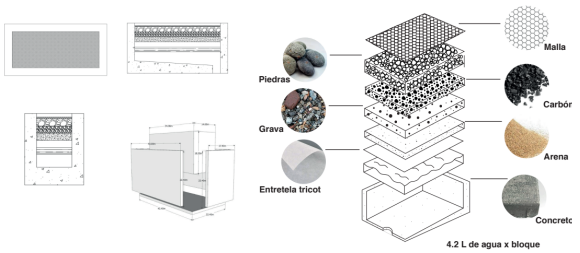
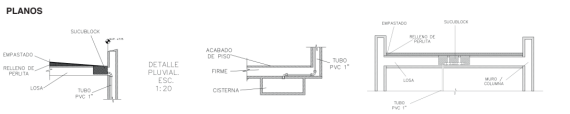
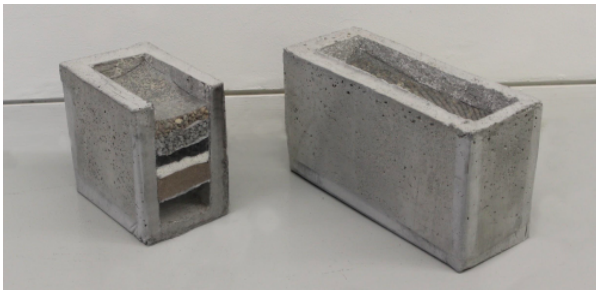
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Vázquez, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Vázquez, et al.
Introspección:	En el diagrama de movimiento se representaron las diferentes fases en la forma de nadar del pez betta. Utilizando las fotografías se trazó la forma del mismo, para posteriormente reproducir el movimiento considerando las partes involucradas. Mediante este diagrama se puede analizar de forma detallada un movimiento que a simple vista es muy rápido. Mediante este diagrama se unifican las fases de movimiento permitiendo así apreciar la simetría y geometría de la naturaleza del objeto de estudio. Se puede apreciar igual que en el diagrama anterior las diferentes fases que conlleva el movimiento del pez.
Proceso de conceptualización y diseño	
Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis) Por un medio de transporte anfibio que se desplace de una forma manual y mecánica con ayuda de una energía híbrida, adaptada al cuerpo humano, se buscará evitar utilizar recursos que generen deterioro ambiental como lo hacen los medios de transporte que utilizan el diesel y la gasolina.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Vázquez, et al. **Identificación de la problemática:** Desplazamientos del ser humano dentro de zonas urbanizadas por medio de vehículos como coches, motocicletas que tiene como fuente de poder la gasolina, siendo un agente de alta contaminación al

	medio ambiente. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** Gracias a su forma de huso del pez betta splendens, le permite navegar con gran fluidez en el agua permitiendo el movimiento mediante sus aletas y su cuerpo. Este movimiento le permite crear resistencia mediante su fuerza y su cuerpo y así provocar el movimiento, la forma en la que se mueve es oscilatoria y emplea todo su cuerpo.
Propuesta de diseño	
Inspirado en los movimientos hidrodinámicos del pez betta, se diseña un vehículo individual mecánico, eléctrico y anfibio, pensando en las cualidades y condiciones de las ciudades del futuro que además de ser un híbrido que combina la energía mecánica con la eléctrica, es capaz de transportarse por espacios terrestres y acuáticos. derecha-izquierda con las piernas.	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Vázquez, et al. Además de tener una conciencia importante con el medio ambiente, este transporte ofrece diferentes cualidades como una pantalla electrónica panorámica así como espacio para almacenamiento, entre otros.Usa el principio de acción-reacción para moverse, que consiste en hacer un movimiento zigzagueante en el agua. Sin cadenas, se hacen movimientos

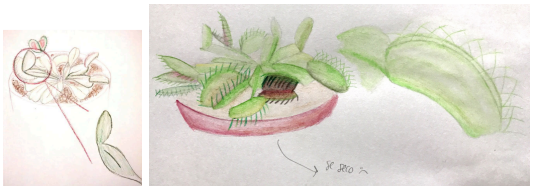
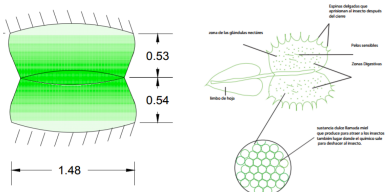
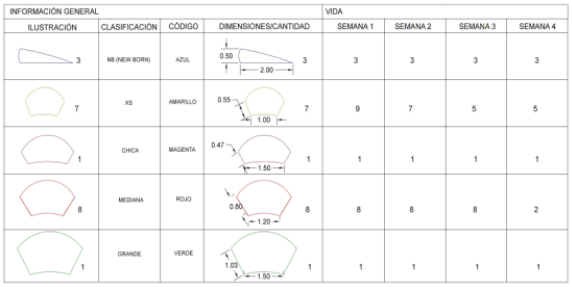
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT17 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 2**	**Integrantes del equipo:** ARQ / Roberto B. Pérez LINT / Diana Sanchez LINT /Jessica Roblero LDG /Jenny Stephanie Mujica
Nombre común de objeto de estudio: Suculenta **Nombre científico:** Suculenta Echeveria **Emulación:** Capacidad de absorción y filtración del agua de lluvia.	**Descripción de propuesta:** Sistema de bloques de concreto capaces de absorber el agua de lluvia y se logre almacenar una gran cantidad de agua que sea útil para el resto de los meses del año. El sistema de absorción está diseñado en base a la emulación de la piel de la suculenta y su sistema interno de filtración donde cambia la densidad de sus masa y genera vacíos donde el agua se acumula.

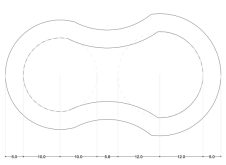
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Pérez, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Pérez, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Pérez, et al.

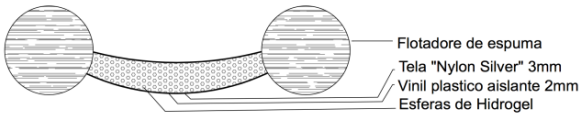
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Pérez, et al..
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Pérez, et al.
Introspección:	La Suculenta Echeveria, tiene la capacidad de almacenar el agua filtrada por sus diferentes capas compuestas por diferentes membranas que presentan una porosidad distinta cada una, permitiéndole absorber el agua, filtrarla y evitar que se evapore.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Periodos de sequía en Nuevo León, México y carencia de un sistema sostenible de recolección y almacenamiento de agua de lluvia. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** Los tallos y hojas de la suculenta tienen cierto grosor por su capacidad de almacenar agua. Mediante su piel porosa absorbe el agua y se almacena en canales.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Pérez, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Para los periodos de sequía en Nuevo León, México se quiere implementar un sistema de absorción en las superficies existentes de las viviendas, en las que en tiempos de lluvia se logre capturar una gran cantidad de agua que sea útil para el resto de los meses del año.

Evitando su evaporación mediante su tejido que abraza a los canales.	
Propuesta de diseño	
Material absorbente, capaz de filtrar el agua. Para ser colocado en muros de una vivienda. Durante tiempos de lluvia se espera con este capturar una gran cantidad de agua que sea útil para el resto de los meses del año. La agua recolectada podrá ser usada para riego, baños, lavabos, entre muchas otras.	   Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Pérez, et al.

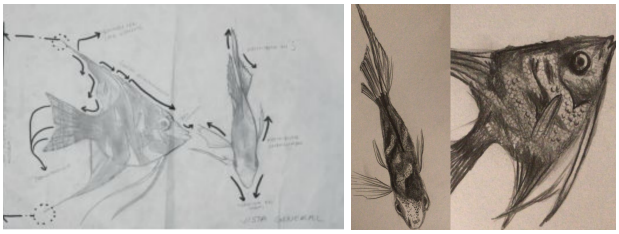
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT17 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 3**	**Integrantes del equipo:** ARQ / German Barrera LA / Teresa Galán LINT /María José Meneses
Nombre común de objeto de estudio: Venus Atrapamoscas **Nombre científico:** Dionaea muscipula **Emulación:** Los filamentos de su superficie detectan la presión y la planta reacciona haciendo mover el líquido en su interior para provocar el cambio de forma y a consecuencia se cierra para atrapar el alimento.	**Descripción de propuesta:** Un portabebé para el baño, el cual cambia su forma al añadir peso logrando sostener con seguridad un infante. Está pensado para ser utilizado en lugares de higiene para obtener un mayor soporte y no correr ningún riesgo en lugares húmedos/mojados, como lo es en la bañera.

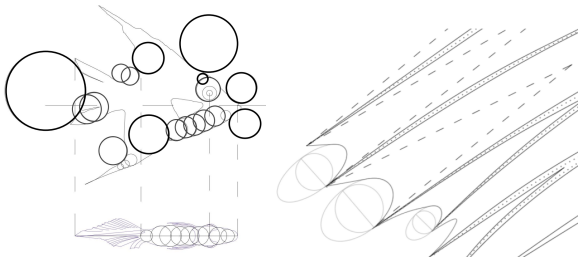
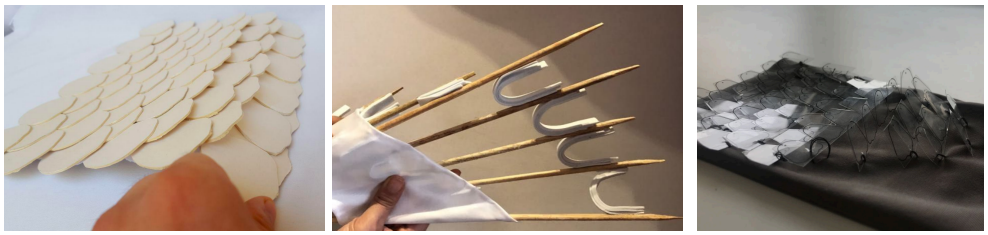
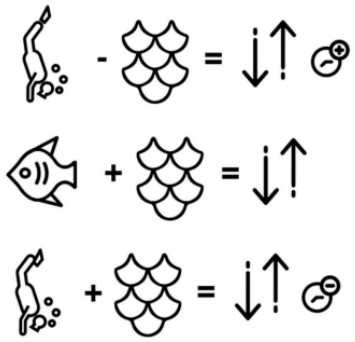
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Barrera, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Barrera, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Barrera, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Barrera, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Barrera, et al.
Introspección:	Cuando una presa intenta escapar de la trampa cerrada, tocará inevitablemente los pelos sensoriales de su interior. Cualquier contacto mecánico con dichos pelos desencadena una señal eléctrica que se

	expande en oleadas por la trampa. Desde la tercera señal, la planta produce la hormona jasmonato; después de la quinta, se activan las glándulas digestivas que recubren el interior de las trampas.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Se identifican la problemática que durante el baño de la instantes la posibilidad que esté se resbale dentro de la bañera. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La venus atrapamoscas utiliza el mecanismo de cerrar su cabeza para atrapar un insecto, por medio de movimiento del líquido interior, ejerciendo una presión sobre su cabeza y en consecuencia sobre su presa.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño** Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Barrera, et al.. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Un producto que emula la su acción de cambiar de forma de la venus atrapamoscas y a consecuencia cerrarse al aplicar un peso externo. Se intenta crear un producto el cual cambie su forma al añadir peso logrando sostener con seguridad un infante. Está pensado para ser utilizado en lugares de higiene para obtener una mayor soporte y no correr ningún riesgo en lugares húmedos/mojados
Propuesta de diseño	
Un portabebé para el baño, el cual cambia su forma al añadir peso logrando sostener con seguridad un infante. Está pensado para ser utilizado en lugares de higiene para obtener un mayor soporte y no correr ningún riesgo en lugares húmedos/mojados, como lo es en la bañera.	

	 Fuente: Acervo de la autora (2017) - Autora del proyecto Barrera, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR18 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 4**	**Integrantes del equipo:** LDI / Andrea Flores LDI / Ivana Quintanar ARQ/ Ernesto Gálvez
Nombre común de objeto de estudio: Pez ángel **Nombre científico:** Pterophyllum scalare **Emulación:** La fricción que generan las escamas de pez en el agua y le ayudan a desplazarse con rapidez.	**Descripción de propuesta:** Se intenta crear un producto el cual cambie la forma de practicar el buceo o la apnea, en donde el traje está diseñado con base en la piel y manera de funcionar del pez ángel, de manera que quién esté practicando el deporte pueda regresar a la superficie de la manera más rápida posible y no morir por falta de oxígeno.

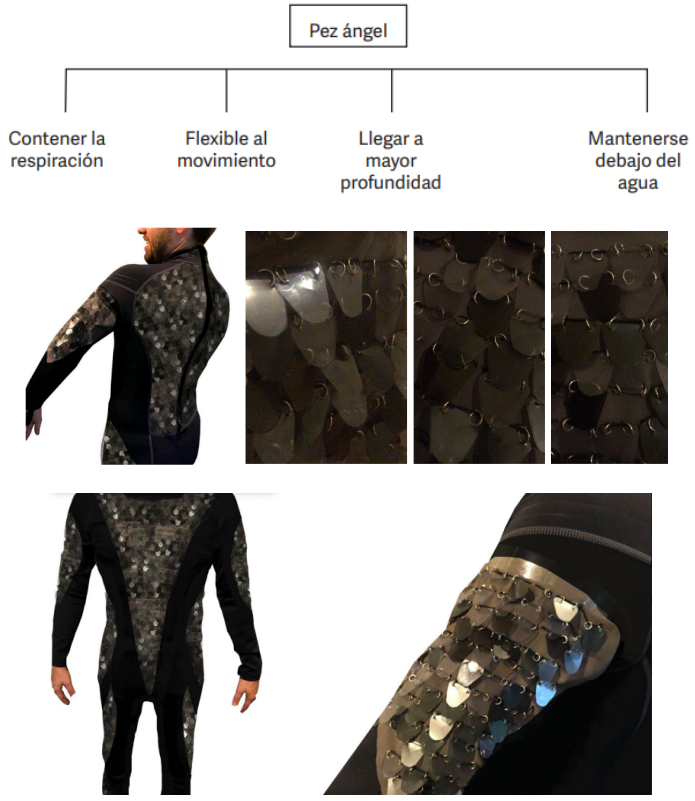
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.

Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al.
Introspección:	Las escamas del pez generan una mejor fricción con el agua por lo que al tener contacto con ella disminuye el tiempo de nado vertical.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: El Apnea es un deporte peligroso ya que se necesita de mucha contención de aire dentro de nuestro cuerpo puesto que se recorren grandes distancias debajo del agua. La finalidad del deporte es llegar cada vez más a profundidad.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Flores, et al..

Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:	**Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)**
Las escamas del pez generan una mejor fricción con el agua por lo que al tener contacto con ella disminuye el tiempo de nado vertical.	Se pretende crear un traje de buzo para practicar el deporte de apnea basado en la piel del pez ángel: "Cuando nada, su cuerpo se mantiene echado hacia arriba y con las aletas dorsal, pectoral y ventral se impulsa" de esta manera la persona practicante de tal deporte, al sentir que estar por terminarse su oxígeno, pueda impulsarse y salir rápidamente del agua y lograr respirar.

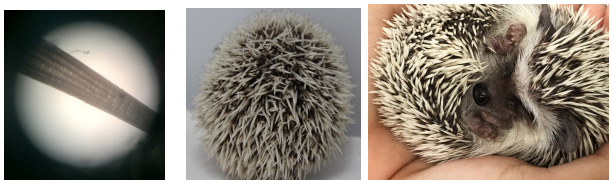
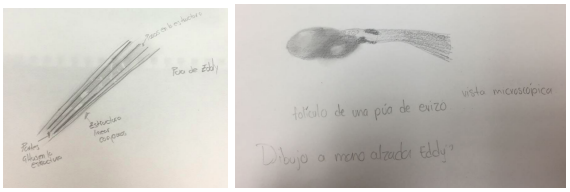
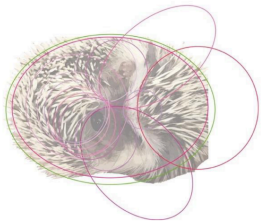
Propuesta de diseño

El Apnea es un deporte peligroso ya que se necesita de mucha contención de aire dentro de nuestro cuerpo puesto que se recorren grandes distancias debajo del agua La finalidad del deporte es llegar cada vez más a profundidad, es por eso que nuestra solución se basa en hacer un traje que basado del pez ángel sea un producto que ayude a controlar la velocidad y mejor movimiento para el ser humano en contacto con el agua.



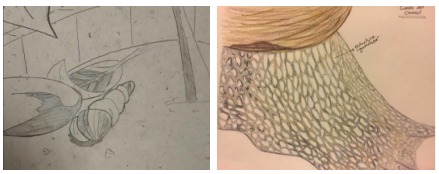
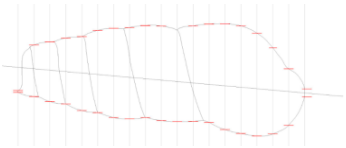
Fuente: Acervo de la autora (2018) -Autora del proyecto Flores, et al.

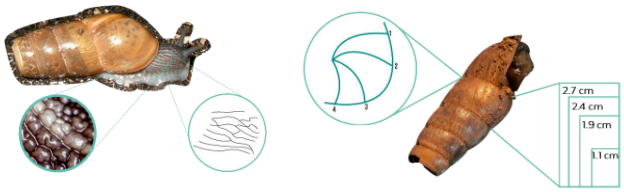
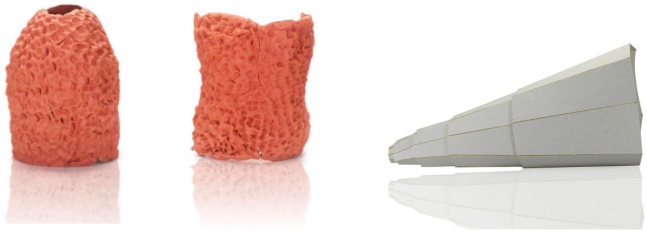
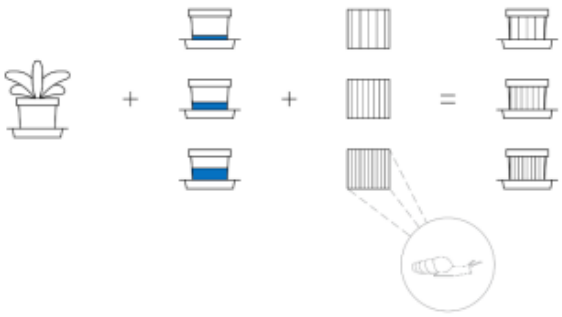
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR18 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 5**	**Integrantes del equipo:** LDI / Carlos Liñan ARQ / Verónica Jiménez Lemus IISE/Jassiel Uriel Mezquitic Valadez
Nombre común de objeto de estudio: Erizo Africano. **Nombre científico:** Erinaceus europaeus **Emulación:** Defensa por medio de sus púas, que usa cuando se siente amenazado.	**Descripción de propuesta:** Tienda de campaña para prevenir los ataques de osos, emulando el mecanismo del erizo, que al verse amenazado acciona su mecanismo de defensa haciendo lanzar las púas de su cuerpo.

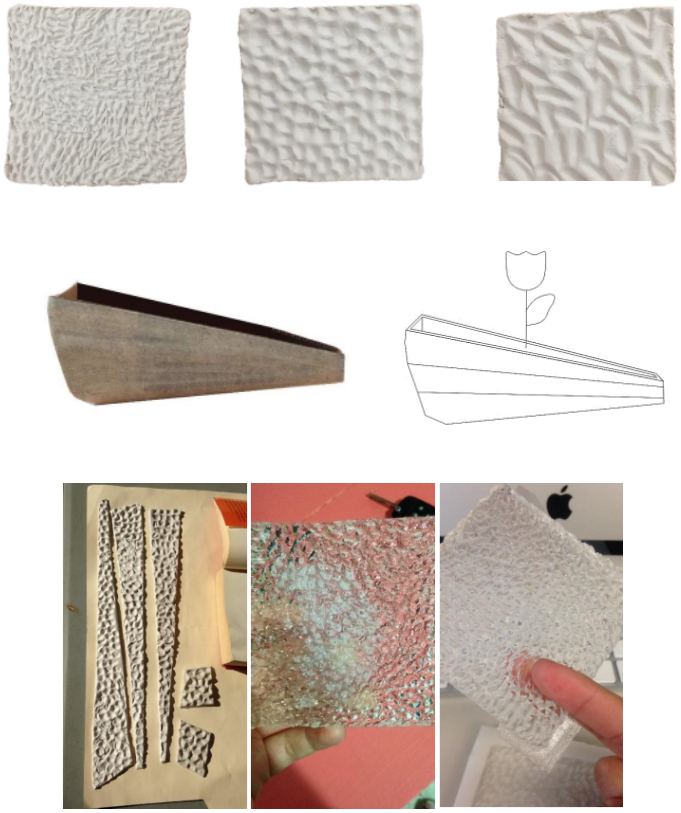
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Liñan, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Liñan, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Liñan, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	

	Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Liñan, et al.
Introspección:	El erizo africano de tierra, se envuelve en su cuerpo al momento de sentirse en peligro o amenazado, esto permite que haga un movimiento acomodándose, permitiendo que sus púas lo protejan de sus depredadores lastimándolos y alejándolos con su cuerpo.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Ataques de osos a campistas. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** El erizo africano tiene como defensa principal sus espinas, que solo usa cuando se siente amenazado por un depredador, su forma de usarlas es enrollar todo su cuerpo en ellas, formando una bola de espinas que suelen ser muy puntiagudas.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño** Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Liñan, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Prototipo de tienda de campaña emulando la defensa del erizo por medio de sus púas, para proteger a los campistas de la zona del parque Yellowstone, hábitat del oso Gisley, donde se han presentado algunos ataques de osos.
Propuesta de diseño	
Tienda de campaña emulando la defensa del erizo por medio de sus púas, para proteger a los campistas de la zona del parque Yellowstone, hábitat del oso Gisley, donde se han presentado algunos ataques de osos.	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Liñan, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR18 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 6**	**Integrantes del equipo:** LDG / Daniela Castillo Guasch LINT/Elisa Sales Domíguez IISE/Pablo Valero Ramos
Nombre común de objeto de estudio: Caracol Destructor **Nombre científico:** Rumina decollata **Emulación:** El mecanismo de sobrevivencia del caracol es de regular su nivel de humedad, el cual lo realiza por medio de la textura de su piel que le permite mantenerse hidratado. Está formada por canales irregulares de un sistema grumoso que le permite acumular agua entre sus hendiduras.	**Descripción de propuesta:** Maceta para interiores que contribuye a la retención de la humedad emulando las características del caparazón del caracol destructor, planteando 3 modelos distintos en relación a un porcentaje diferente de humedad.

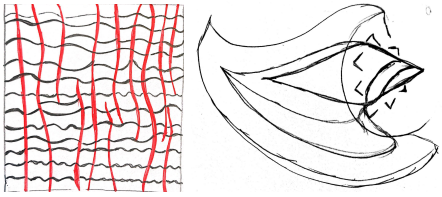
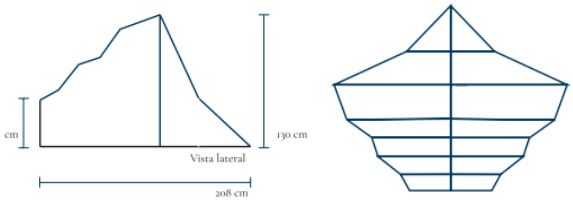
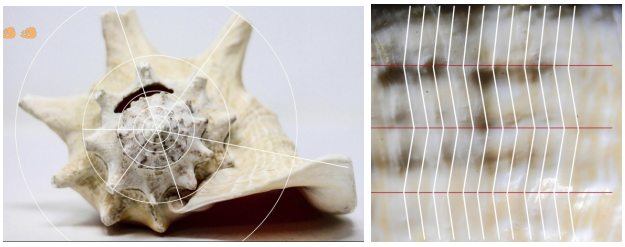
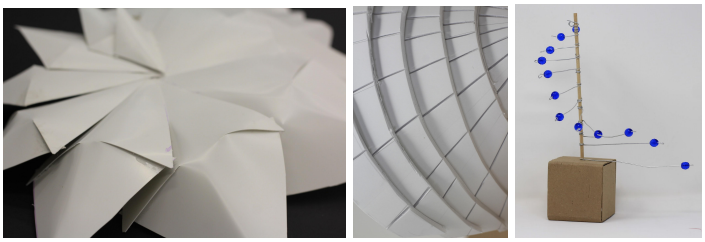
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Castillo, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Castillo, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Castillo, et al.

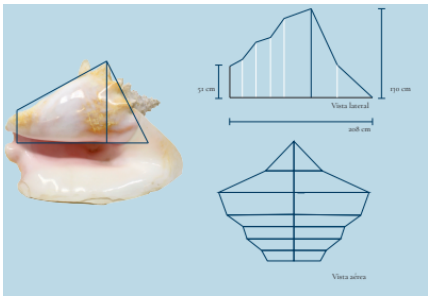
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Castillo, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Castillo, et al.
Introspección:	El mecanismo del caparazón y la textura de la piel del caracol len permite mantenerse fresco y húmedo pese a altas temperaturas. La concha de los caracoles, en la mayoría de los casos caracoles desérticos, les ayuda a sobrevivir en ambientes extremos gracias a su poder reflectante, y a la presencia de capas de aire en su interior que hacen de aislante térmico. La mayor inspiración obtenida del caracol proviene de su propia estructura. De igual manera, el caparazón usa una estrategia de refrigeración gracias a que es curvo y superpuesto, y minimiza la cantidad de radiación que incide sobre su superficie.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Hay una ineficiente distribución de humedad en plantas de interiores en macetas, hace que no alcance el crecimiento óptimo. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** Para poder sobrevivir el caracol necesita regular su nivel de humedad, la textura de su piel le permite	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Castillo, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)**

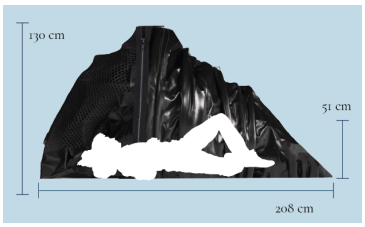
mantenerse hidratado. Está formada por canales irregulares de un sistema grumoso que le permite acumular agua entre sus hendiduras.	Mediante la bio mimetización de la piel del caracol, se crea una maceta que retenga la humedad por un mecanismo de estrés semejante a la piel del caracol. Tiene una textura granulosa que ayuda a que por medio de unas estrías, el animal esté hidratado constantemente, distribuyendo el agua de manera uniforme en el tiempo que lo necesite.
Propuesta de diseño	
Maceta para interiores que contribuye a la retención de la humedad emulando las características de la piel del caracol destructor, planteando 3 modelos distintos en relación a un porcentaje diferente de humedad. Materiales: bioplástico con base de maíz y lino.	 Fuente: Acervo de la autora (2018) - Autora del proyecto Castillo, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 7**	**Integrantes del equipo:** LDG / Isabel García Polina LDI / María Esther Ancer González IISE / Juan Carlos Guerrero Tamez
Nombre común de objeto de estudio: Caracola **Nombre científico:** Columbella rustica.	**Descripción de propuesta:** Fusión entre sleeping bag y tienda de campaña, la cual imita la estructura central de la caracola.

Emulación: Mecanismo de protección y acción de ahorro de materiales.	

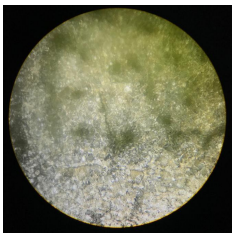
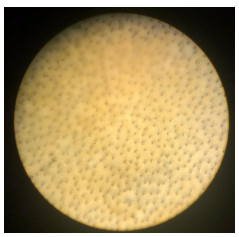
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	

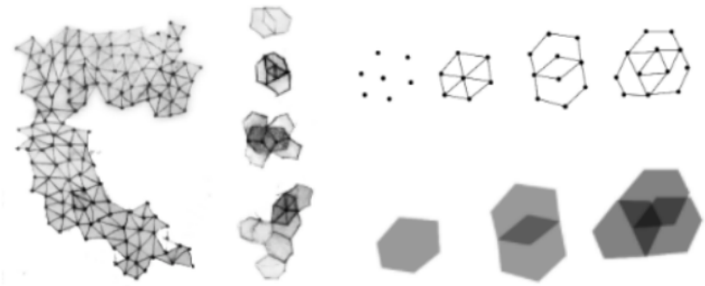
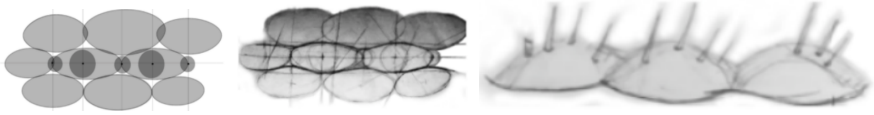
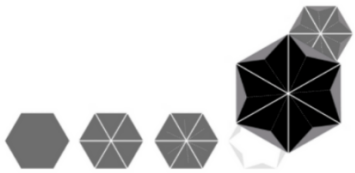
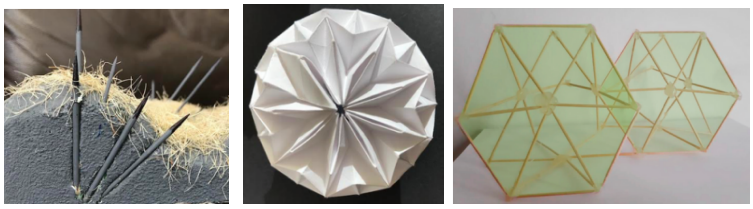
	Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Introspección:	La caracola reina resuelve el problema de la protección en general. Mantiene al molusco en un ambiente seguro para vivir. Esto lo realiza por medio de su estructura en forma de espiral y cerrada evitando que los depredadores puedan cazarlos de manera fácil; si se mantienen dentro de la concha, es muy difícil que la boca de otro animal entre para comerlos.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Fusionar una tienda de campaña y sleeping bag que ayude a la protección del campista, reduciendo el peso de transportación al ser un solo elemento el que se necesita llevar. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La caracola reina resuelve el problema de la protección en general. Mantiene al molusco en un ambiente seguro para vivir. Con su estructura en forma de espiral y cerrada evita que los depredadores puedan cazarlos de manera fácil; si se mantienen dentro de la concha, es muy difícil que la boca de otro animal entre para comerlos. Su textura exterior está hecha para camuflarse con la arena y despistar a cualquiera que intente cazarlos.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Al imitar dos problemáticas que resuelve la caracol la reina: protección/refugio y ahorro de material. Se diseña una propuesta de fusión entre sleeping bag y tienda de campaña, la cual imita la estructura central de la caracola. De la misma manera, la estructura resolverá el problema de ahorro de material al poder doblarla de tal manera que no ocupe mucho espacio de almacenaje ya no habría necesidad de llevar sleeping bag y una tienda de campaña al lugar en dónde se vaya a acampar.
Propuesta de diseño	

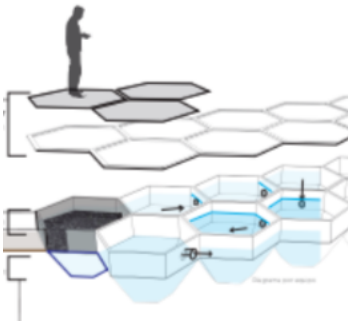
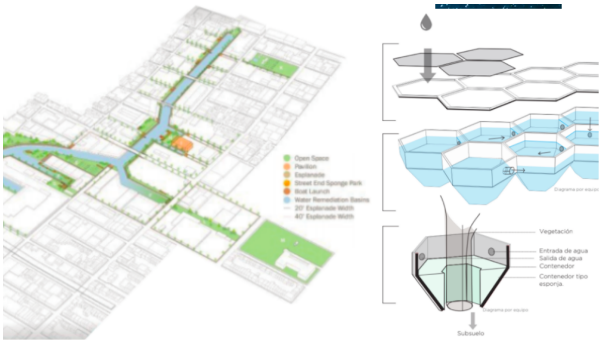
Tienda de campaña con las cualidades térmicas para no necesitar un sleeping bag, con mecanismo impermeable. Es decir, una fusión entre tienda de campaña y bolsa para dormir que se guarda torciendo la estructura para formar al final un círculo, emulando la estructura de la caracola.	

Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 8**	**Integrantes del equipo:** IISE / Kevin Alonso Sainz Elenes LINT / Cassandra de la Rosa IISE / Gerardo Zepeda Ramírez ARQ /Annedith Rosseau Camacho
Nombre común de objeto de estudio: Cactus Cordón Órgano Parado **Nombre científico:** Pachycereus Marginatocereus **Emulación:** El mecanismo de absorción del cactus.	**Descripción de propuesta:** Sistema para calles y banquetas, tomando como base la estructura de absorción del cactus, emulando la geometría del cactus en el concreto permeable por medio del diseño de una geometría a base de huecos muy finos que permitirá la filtración solamente del agua, para hidratar de manera natural al subsuelo cuando lo necesite, con un fin de mantener las áreas cercanas verdes y facilitar la llegada del agua que desciende de las montañas al río.

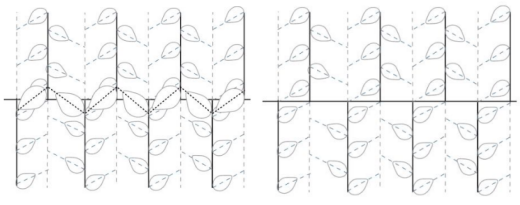
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 

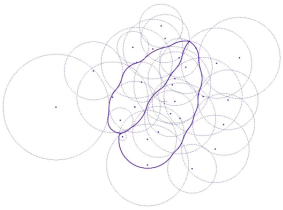
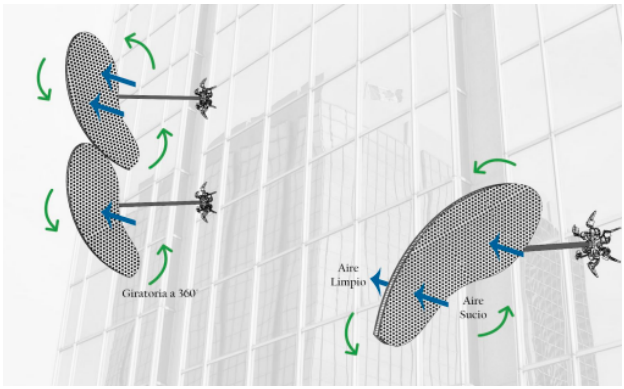
	Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Introspección:	El cactus Cordón Órgano Parado capta agua a través de los estomas que se abren por presión hidrostática. Estos se abren durante la noche reduciendo la evaporación por calor. Los estomas se organizan en una estructura geométrica hexagonal. La transportación del agua se realiza mediante unos conductores en el interior del tallo que se organizan en columnas y se llaman haces vasculares. La eficacia del almacenamiento del agua se debe a la cantidad de capas que tiene antes de llegar al tallo permitiendo conservar el agua sin que se evapore por el calor. El agua almacenada en las vacuolas tienen la capacidad de inflarse según la cantidad de agua que tengan.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática:	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**

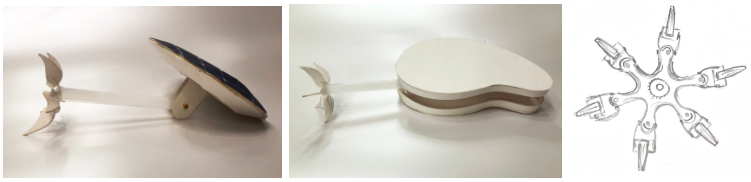
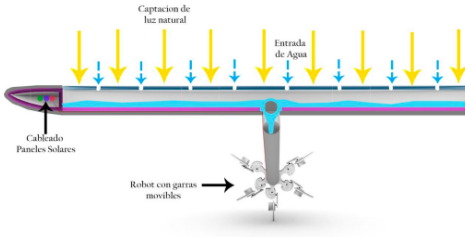
Aprovechamiento del agua de lluvia en zonas públicas urbanas. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** Capacidad de almacenamiento del cactus Cordón Órgano Parado a través de los estomas	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Se plantea un sistema de captación de agua por medio de un sistema modular fácil de producir y adaptable al sitio, donde la retícula emula la distribución de los estomas (corteza del cactus) quienes serán los captadores de agua. La transportación es de manera equitativa, todos lo hacen de la misma manera, cada módulo tiene su límite de captación, ese nivel se da por una compuerta que permite liberar el agua a otros módulos. De esta manera todos se llenan y transportan el agua directamente. La retención y el uso será por medio de unas esponjas, quienes servirán para retener el agua y filtrar el agua al subsuelo cuando sea necesario con un fin de hacer llegar el agua al Río y mantener áreas verdes.
Propuesta de diseño	
Diseño de sistema que aplica para calles y banquetas urbanas, formado por concreto permeable con huecos muy finos que permitirá la filtración solamente del agua, esponjas que sirven para hidratar de manera natural al subsuelo cuando lo necesite, con un fin de mantener las áreas cercanas verdes y facilitar la llegada del agua que desciende de las montañas al río.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 9**	**Integrantes del equipo:** ARQ / Joshua Ascencio Herrera IISE / Ana Lucía Félix de la Garza IISE / Aldo Espinosa Valenzuela LDI / Miguel Llaguno
Nombre común de objeto de estudio: Ficus trepador **Nombre científico:** Ficus Pumila **Emulación:** El mecanismo de absorción de energía, recolección de agua y purificación del aire y la maniobra de agarre de las raíces aéreas.	**Descripción de propuesta:** Sistema conformado por una serie de robots que emula las funciones de las hojas del ficus y que por medio de sus raíces aéreas son capaces de recorrer los edificios buscando captar la energía del sol, el agua de lluvia a la vez que purifican el aire.

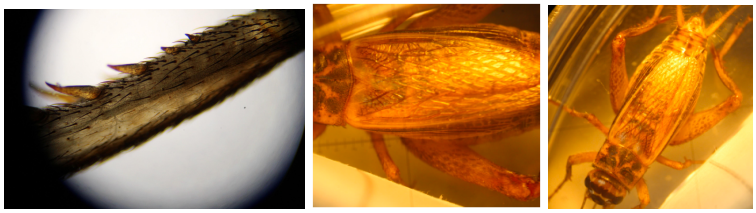
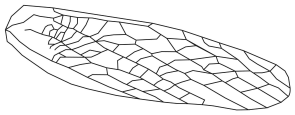
Análisis

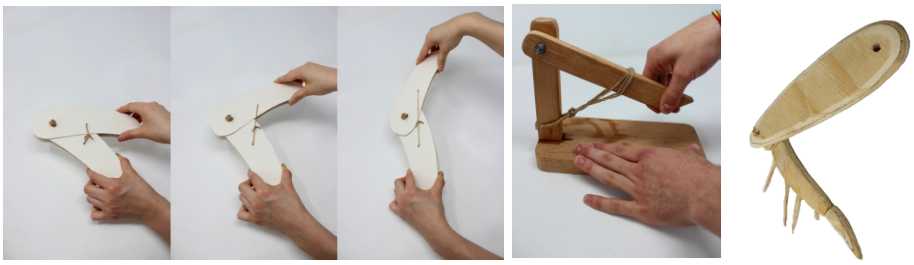
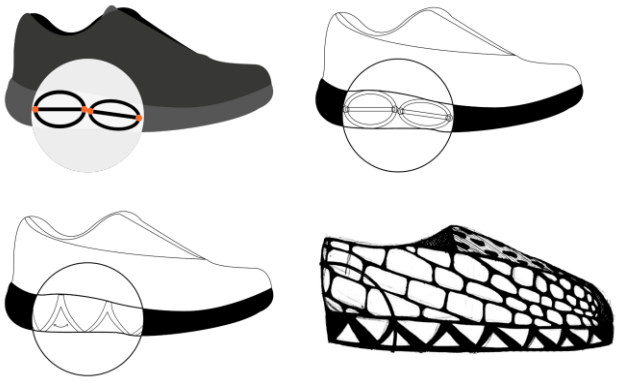
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.

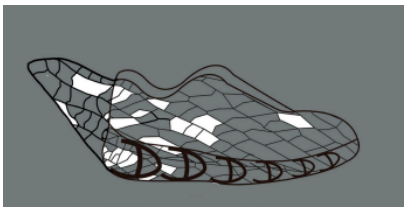
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Introspección:	En resumen el objeto de estudio tiene una captación del agua, rayos solares, purificación del aire y crecimiento vertical. Las hojas llegan a sacar agua de las raíces y el aire entra en las hojas por medio de las estomas, las cuales son pequeños orificios en las hojas y en las estomas abiertas, se deja entrar el aire y la planta pierde agua mediante la evaporación.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Las grandes ciudades, manifestaban mala calidad del aire a causa de transporte y actividad industrial, la gran demanda energética (energía eléctrica), creciente demanda de agua y desarrollo urbano deficiente o falta de espacio. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** El ficus pumila tiene una captación del agua, rayos solares, purificación del aire y crecimiento vertical. Las hojas llegan a sacar agua de	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Creación de un objeto el cual pueda aplicar los 4 principios de la planta Ficus Pumila: captación de la luz solar, captación de agua, purificación del aire y crecimiento vertical. La propuesta es generar una solución para los problemas encontrados principalmente en las grandes ciudades, en específico; la mala calidad del aire a causa de transporte y actividad industrial, la gran demanda energética (energía

las raíces y el aire entra en las hojas por medio de las estomas, las cuales son pequeños orificios en las hojas y en las estomas abiertas, se deja entrar el aire y la planta pierde agua mediante la evaporación.	eléctrica), creciente demanda de agua y desarrollo urbano deficiente o falta de espacio. Esta solución consiste en un sistema modular interconectado de robots equipados con una estructura de captación solar (paneles), captación de agua y filtros purificadores de aire, programados para adherirse en edificaciones verticales los cuales mediante un sistema computacional son regidos para posicionarse en el lugar correcto, con la dirección e inclinación correcta.
Propuesta de diseño	
Esta propuesta se enfoca en la captación de los recursos mediante el aprovechamiento del espacio en las edificaciones verticales, estos robots funcionarán con los principios aprendidos de la planta Ficus Pumila, los cuales a diferencia de la planta, trabajarán como un parásito positivo, debido a que estos ayudaran a la estructura en la cual se encuentran adheridos.	   Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Herrera, et al.

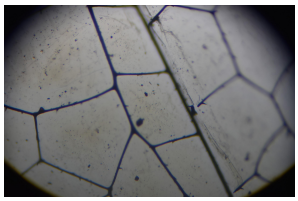
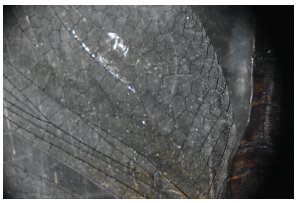
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 10**	**Integrantes del equipo:** IISE/ Jaime Villarreal LDI / Bernardo Ordiozola Santos LDG / Ana Sofia Gómez
Nombre común de objeto de estudio: Grillo **Nombre científico:** Acheta Domesticus **Emulación:** Movimiento de impulso hacia adelante y hacia arriba que realiza de impulso de las patas del grillo.	**Descripción de propuesta:** La propuesta surge a través de la principal característica del "acheta domesticus", su capacidad de desplazamiento mediante saltos hacia adelante, por lo cual el objetivo es crear un zapato que sirva para uso diario, que permita dar la capacidad de avanzar con más velocidad y con menor esfuerzo, gracias al funcionamiento de las patas del grillo.

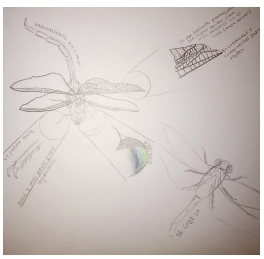
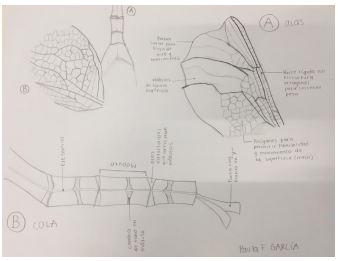
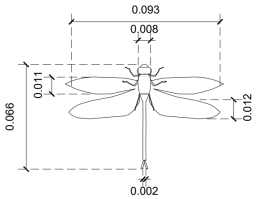
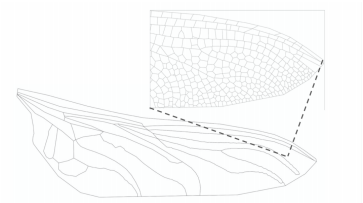
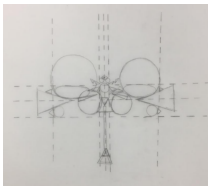
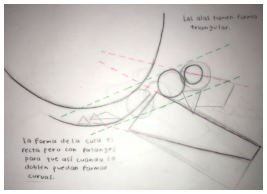
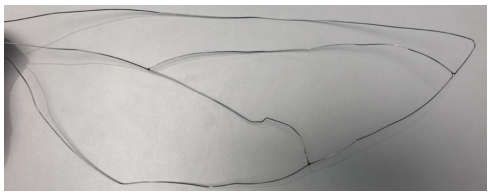
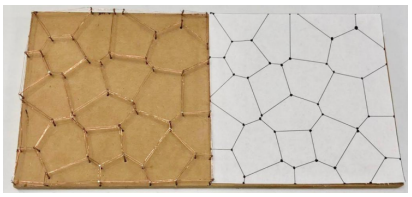
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al.

Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al.
Introspección:	Esta especie de grillo no salta como un saltamontes, sino que se arrastra y se desplaza hacia adelante con mayor velocidad gracias al impulso que ejerce en las articulaciones de sus patas.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: No existe como tal una problemática pero el funcionamiento de un grillo es más veloz a la caminata de un humano por lo cual el desplazamiento lo resolvemos los humanos mediante nuestras piernas, realizando el acto del caminar o el de correr. Para los humanos lograr realizar estos actos, el patrón que debe de estar siempre presente es el de la secuencia del apoyo del pie, que es básico para lograr la movilidad del hombre con ayuda de sus miembros.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Un zapato que mimetizara el salto del grillo emulando la característica del “acheta domesticus”, su capacidad de desplazamiento mediante impulsos hacia adelante. Un zapato con esta funcionalidad puede aumentar la zancada del usuario. Este diseño en sí, no es que quiera resolver un problema, sino que aumenta la habilidad del ser humano para desplazarse de manera cómoda y rápida. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** Crear un zapato que sirva para uso diario, que permita dar la capacidad de avanzar con más velocidad y con menor esfuerzo, gracias a la emulación del impulso ejercido por las patas del grillo.

Propuesta de diseño	
Un zapato ergonómico tomando como referencia la estructura y la estética de las alas del grillo. Se agregó el elemento del diseño del ala, para poder analizar el comportamiento del patrón del ala en un pie en desplazamiento (caminando). La suela mimetiza el desplazamiento del grillo, entre otros elementos de diseño con un enfoque meramente estético. Materiales: Corcho y celulosa de bambú.	  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Villareal, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 11**	**Integrantes del equipo:** ARQ / Paula García LDI / Daniela Arguelles LINT / Paulina de Gortari Lopez
Nombre común de objeto de estudio: Libélula **Nombre científico:** Anisoptera **Emulación:** Morfología voronoi del ala que permite la rigidez, flexibilidad y ligereza.	**Descripción de propuesta:** Vela para tabla de windsurf que cuente con una estructura estable, permeable y ligera, así como convergen con las problemáticas que resuelve la morfología de la libélula; ya que permitirá una mejor navegación por su ligereza, estabilidad y un mejor manejo de la misma.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.

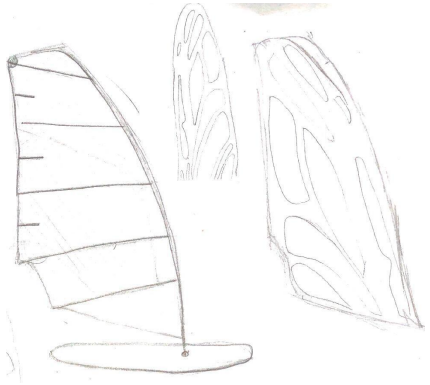
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Análisis morfológico	  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.
Introspección:	Para generar el vuelo de la manera más óptima, el ala cuenta con una morfología variada que permite la rigidez, flexibilidad y ligereza. La estructura cuenta con diversas vértebras principales de mayor grosor las cuales fungen como ejes rectores de la estructura, seguida por dos variaciones principales en lo que se puede llamar la estructura secundaria. De esta estructura se puede ver que en torno a la parte superior del ala, la retícula sigue un patrón ortogonal perpendicular con respecto a las vértebras principales, de manera seriada se repiten estas sub vértebras las cuales otorgan la mayor rigidez para sostener las alas desde el torso de la libélula. Por otra parte, la segunda variación de la estructura secundaria, se observa en las partes inferiores del ala, en los extremos, con lo que se forma una estructura reticular tipo voronoi la cual consiste de polígonos que permiten un tejido de carácter más orgánico y flexible, dándole mayor tridimensionalidad al objeto para permitir el flujo del aire.

Proceso de conceptualización y diseño

Identificación de la problemática:

El manejo de las velas es su función principal para el buen funcionamiento de un velero por lo que existen algunos casos en los que no todos los veleros cuentan con una vela que les de esa rigidez y flexibilidad.

Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño



Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.

Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)

Propuesta de vela para windsurf; buscando estabilidad, permeabilidad y ligereza emulando la morfología del ala de la libélula.

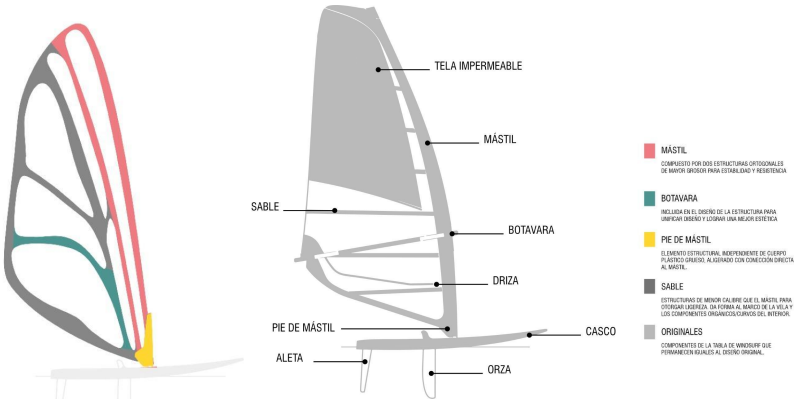
Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:

Las alas de la libélula formadas por la compleja estructura del patrón voronoi se sostienen por medio de una membrana visiblemente permeable, la cual logra el factor de ligereza en la morfología. De este modo, los diferentes elementos del ala permiten la estabilidad y rapidez del animal al emprender el vuelo.

Propuesta de diseño

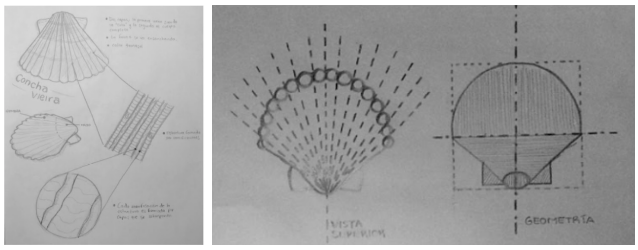
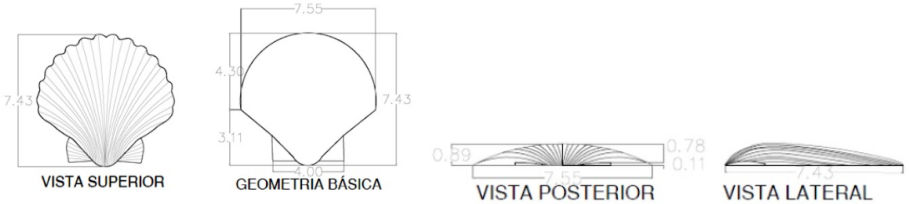
La propuesta consiste en generar una vela para la tabla de windsurf que cuente con una estructura similar a el ala de la libélula.

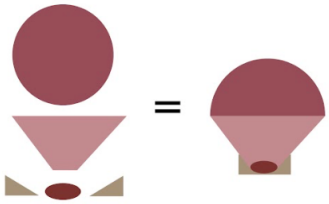
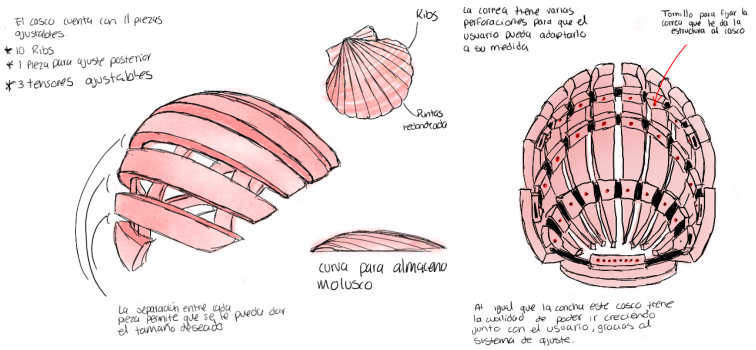
La estructura de las alas de la libélula permiten un nivel de rigidez y ligereza.



Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto García, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 12**	**Integrantes del equipo:** ARQ / Marcelo Sainz LINT / Cynthia Resendez LDI / Marco Machado IISE / Diego Núnez
Nombre común de objeto de estudio: Concha Viera **Nombre científico:** Pecten Jacobaeus **Emulación:** Mecanismo de corrugación de la concha viera como medio de protección que la rigidez a pesar de tener poco espesor en su sección.	**Descripción de propuesta:** Casco para niños diseñado a partir de la emulación de la morfología de la concha viera que por su morfología de corrugación le permite tener rigidez en su exterior para proteger el interior.

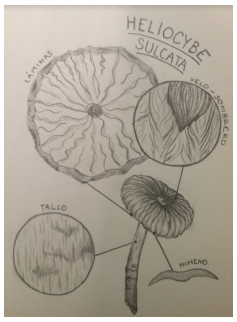
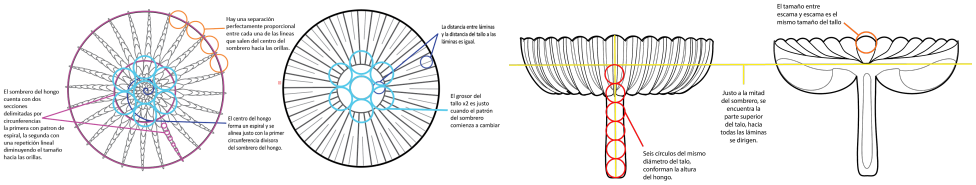
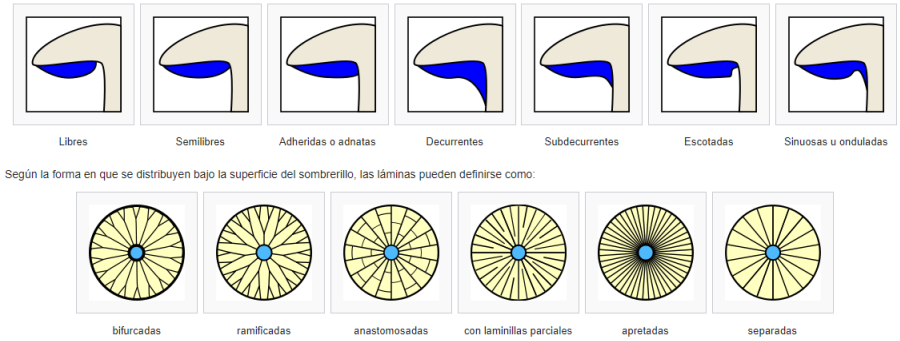
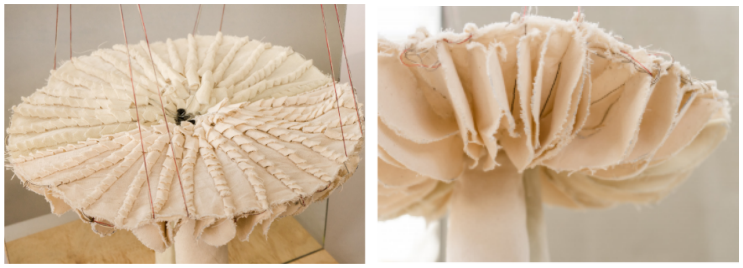
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.

Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.
Introspección:	La geometría corrugada del exterior de la concha viera, le permite ser resistente a los impactos y así proteger al molusco que se recuerda al interior, además de realizar esto con el menor material posible.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: En la niñez los niños al querer aprender a andar en bicicleta suelen comprar el equipo de protección, pero al ir creciendo este equipo de protección va cambiando dependiendo como se desarrolla la persona, por lo que el gasto y contaminación que generan el cambio de estos productos es muy grande, por lo que se creó una nueva opción para reducir este gasto y aumentar la vida de uso del casco de protección.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Casco para andar en bicicleta, enfocado en niños, capaz de ir creciendo con el tamaño de la cabeza del niño mientras se va desarrollando. Emulando la corrugación exterior de la concha viera. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La geometría corrugada del exterior de la concha viera, le permite ser resistente a los impactos y así proteger al molusco que se recuerda al interior, además de realizar esto con el menor material posible.
Propuesta de diseño	
Casco de alta resistencia a los impactos que se adapta al	

crecimiento de los niños que están aprendiendo a andar en bicicleta. Este diseño busca disminuir esta problemática siendo un casco eficiente y que a la vez ayuda a reducir la cantidad de cascos que resultan inservibles con el paso del tiempo para estos niños y que generan desechos..	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Sainz, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 13**	**Integrantes del equipo:** LDI / Andrea Garza Davila LA / Joana Kort Mascort IISE / Michelle Montoya Ortiz
Nombre común de objeto de estudio: Hongo **Nombre científico:** Heliocybe Sulcata **Emulación:** La dispersión ocasionada por las laminillas del hongo que a su vez protegen y almacenan las esporas para una exitosa reproducción.	**Descripción de propuesta:** Difusor que contiene un agente extintor del fuego, el cual puede ser proyectado y dirigido sobre el fuego por la acción de una presión interna, destinado a sofocar un fuego incipiente o controlado hasta la llegada de personal especializado. Además de tener un modelo basado en la estructura de un hongo, cuenta con un mejoramiento en comparación con los agentes de extintor de hoy en día al momento de suceder un evento específicamente en el interior de la casa, en el cual sea necesario apagar el fuego.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Garza, et al.

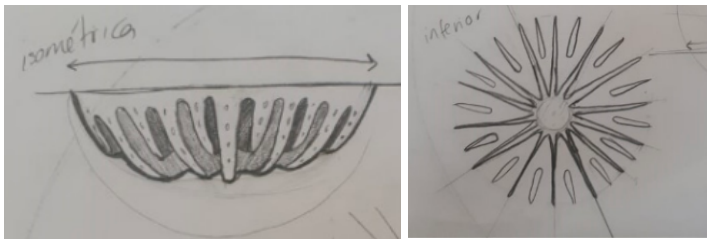
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Garza, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Garza, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Garza, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Garza, et al.
Introspección:	El hongo Heliocybe Sulcata cuenta con funciones muy amplias en cuanto a su morfología. La que nos pareció más interesante para trabajar fue la dispersión de sus esporas que se genera gracias a la distribución estratégica de láminas y laminillas.

Proceso de conceptualización y diseño

Identificación de la problemática:

Según la ONU(N/D), bajo el contexto actual de cambio climático, en 2030, casi la mitad de la población mundial vivirá en áreas de estrés hídrico debido a la escasez de recursos hídricos. Cada vez este recurso está en continuo aumento de valor, por esto es importante buscar soluciones alternas de uso de este recurso

Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño



Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Garza, et al..

Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)

Este proyecto propone una solución alternativa para los sistemas de prevención de incendios, el cual no utiliza agua. Es un dispositivo que se encuentra diseñado con base a la morfología del hongo Heliocybe Sulcata, el cual se puede instalar en los hogares con mínimas intervenciones de instalación, evitando así en un incendio el potencial uso de una cantidad fuerte de agua.

Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:

Las láminas del hongo fungen la funcionalidad de la dispersión de las esporas, gracias a que esta funcionalidad se concentra en su particularidad de ordenarse de tal manera que la dispersión de esporas tenga un mayor alcance, asegurando así la futura reproducción de la especie.

Propuesta de diseño

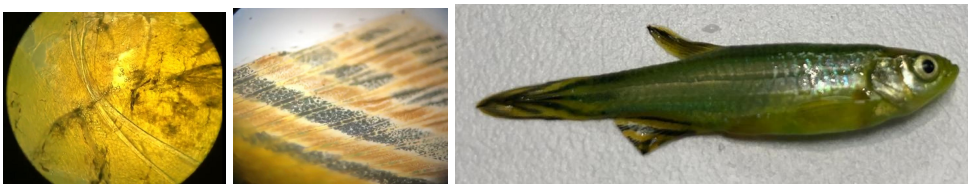
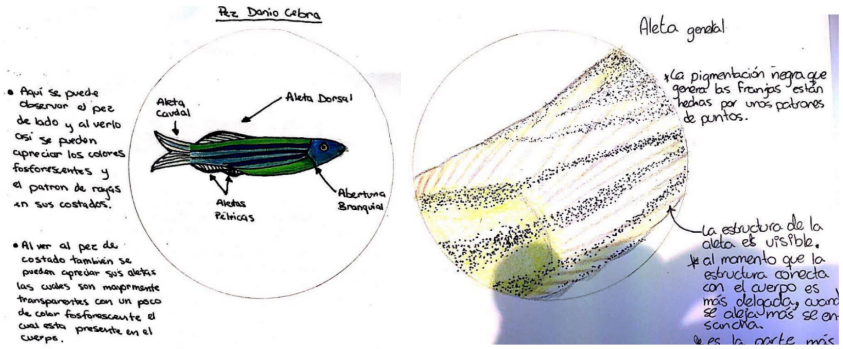
Diseño basado en las láminas y laminillas del hongo Heliocybe Sulcata, el cual tiene su manera de mover este sistema reproductivo para dispersar las esporas de manera eficiente. El diseño está basado en la morfología del hongo en su etapa óptima de reproducción para tener un mejor alcance de dispersión.

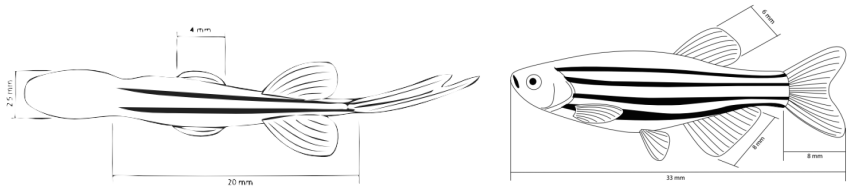
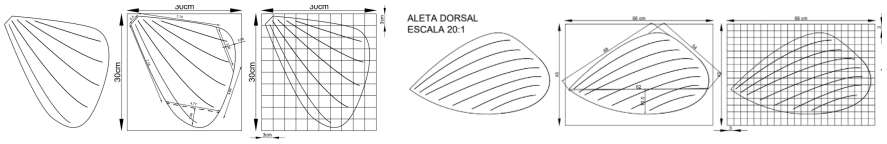
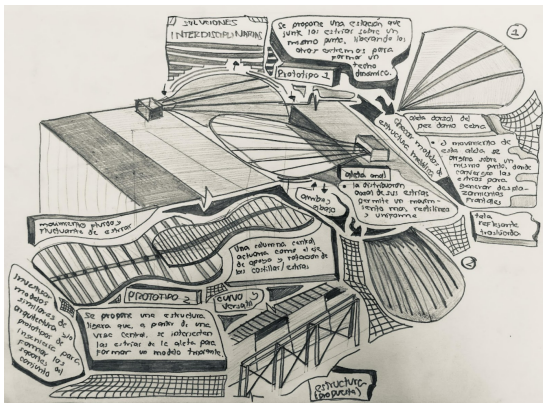
Funcionamiento: El objeto está diseñado para dispersar de mejor manera el agente extintor PQS (polvo químico

Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Garza, et al.

seco) al momento de suceder un incendio en el interior de un hogar promedio.	

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT19 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 14**	**Integrantes del equipo:** LDG / María José Sepúlveda LDI / Joseline Hernández ARQ / Andrés Salazar
Nombre común de objeto de estudio: Pez danio Cebra **Nombre científico:** Brachydanio rerio **Emulación:** Mimetizar el movimiento y la función de las estrías y estructura de las aletas del Pez Danio Cebra, esto emulando la estructura esquelética de ese ser vivo y apropiando y adaptándolo al diseño para generar desplazamientos prolongados y versátiles.	**Descripción de propuesta:** Techumbre dinámica y ligera que mimetiza el movimiento de las aletas y además genera un diseño sustentable que puede recolectar y recuperar energía.

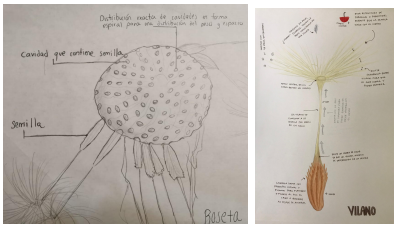
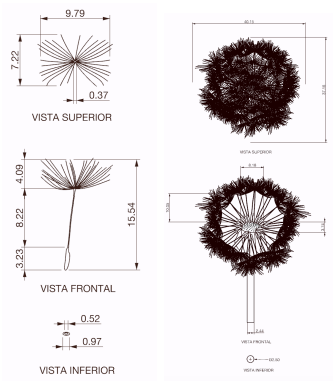
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Sepúlveda, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Sepúlveda, et al.

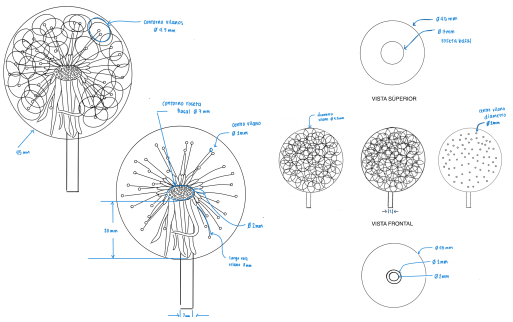
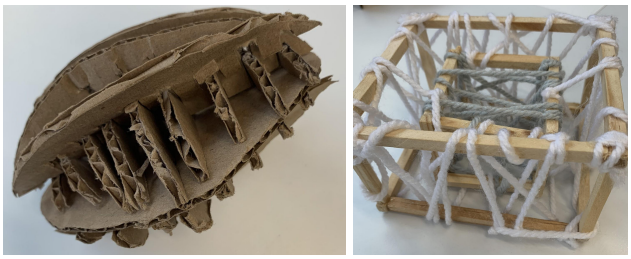
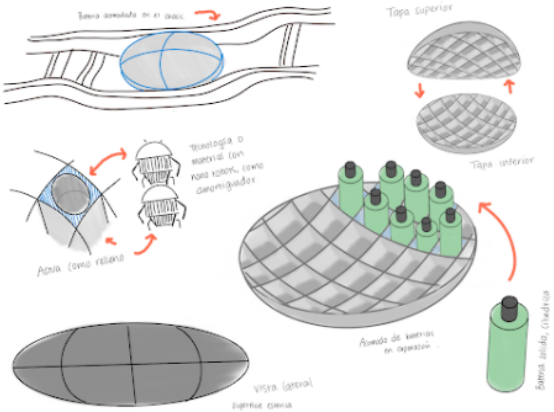
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Sepúlveda, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Sepúlveda, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Sepúlveda, et al.
Introspección:	Cada aleta responde particularmente a las necesidades de desplazamiento del pescado. Mientras la aleta dorsal y anal representan la orza de un velero, la aleta pélvica, pectoral y caudal demuestran ser aquellas que le permiten moverse lateral y frontalmente. Asimismo, otro hallazgo fue que el primer conjunto de aletas cuenta con un número y tamaño mayor de estrías que aquellas que generan el movimiento, con articulaciones que varían de forma longitudinal o frontal.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Se plantea como una oportunidad para generar energía eléctrica a través del movimiento **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** El pez mediante la funcionalidad de sus estrías y la estructura de sus aletas,	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Sepúlveda, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)**

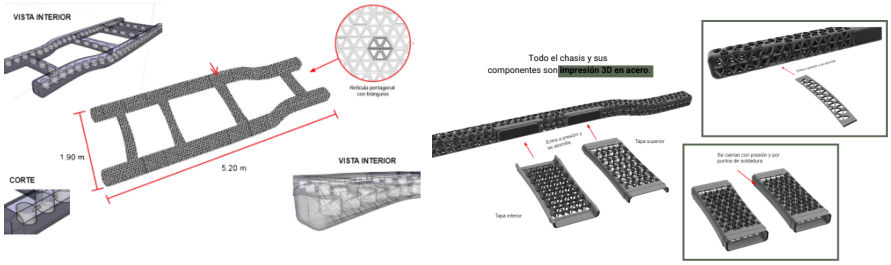
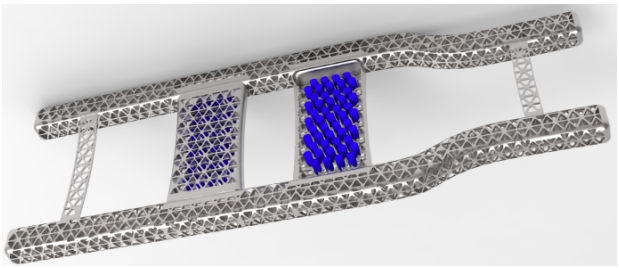
logra generar desplazamientos prolongados y versátiles.	Un techo con una estructura emulando las aletas del pescado, para que dicha estructura pueda moverse con el viento y así producir su propia energía, la cual se utilizaría para iluminar el camino en donde se encuentre el techo.
Propuesta de diseño	
Techumbre emulando la estructura de las aletas del pescado, capaz de moverse con el viento y así producir su propia energía, utilizada para iluminar su interior.	Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autores del proyecto Sepúlveda, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 15**	**Integrantes del equipo:** LINT Miranda Oroz Bojorquez LINT Naomi A. Ramírez Esquivel LDI Yazet Soto Elizondo
Nombre común de objeto de estudio: Diente de León **Nombre científico:** Taraxacum Officinale **Emulación:** El vilano del diente de león brinda equilibrio a las semillas balanceando su peso, evitando que caigan abruptamente	**Descripción de propuesta:** Diseño de un chasis emulando la estructura ligera de los vilanos del diente de león, creando anillos o radios para protección y acomodo de las mismas, brindando estabilidad a cada una de las baterías que albergan.

Análisis

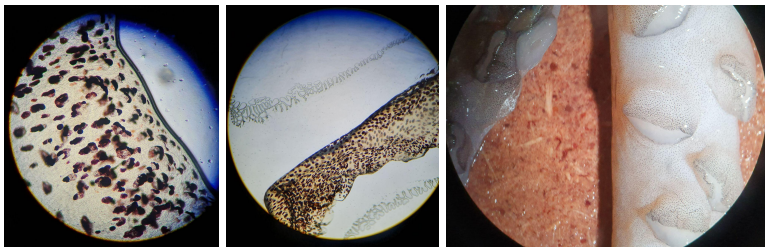
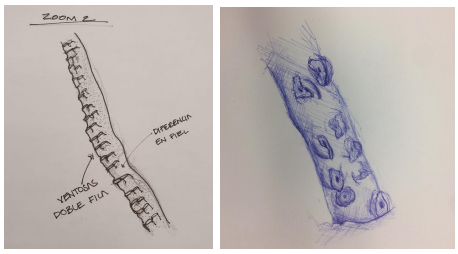
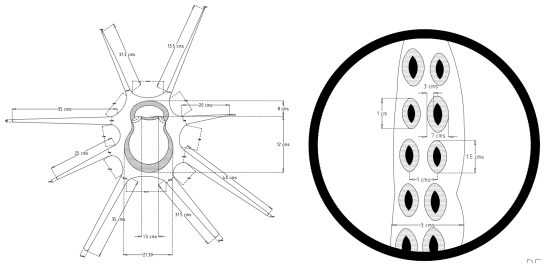
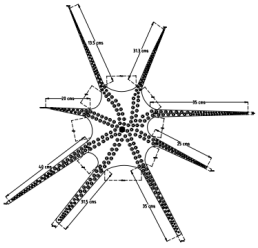
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Oroz et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Oroz et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Oroz et al.

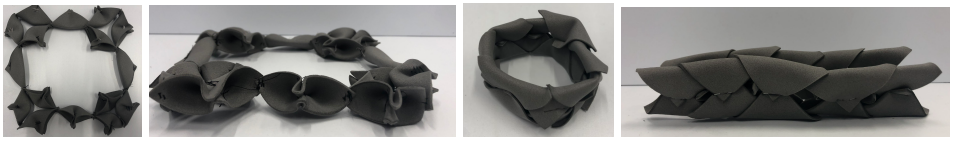
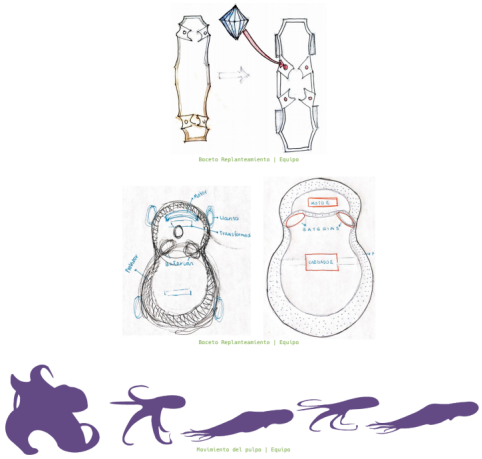
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Oroz et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Oroz et al.
Introspección:	Por medio de su forma, el diente de león permite que cada semilla se desarrolle de manera individual pero al mismo tiempo manteniendo una forma en conjunto. Esto permite que todas las semillas maduren y se empiezan a esparcir con el viento. Es una planta que necesita coexistir por medio de todos sus componentes para poder después dividirse para reproducirse. Su morfología permite que más de 50 semillas vivan en armonía en una sola superficie. Creando anillos o radios para protección y acomodo de la misma
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Por medio del diseño biomimético identificar posibilidades para el desarrollo de un diseño conceptual de chasises para jeeps y pick ups eléctricas, buscando evitar la combustión provocada por la vibración y el calentamiento de las baterías.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Oroz et al.

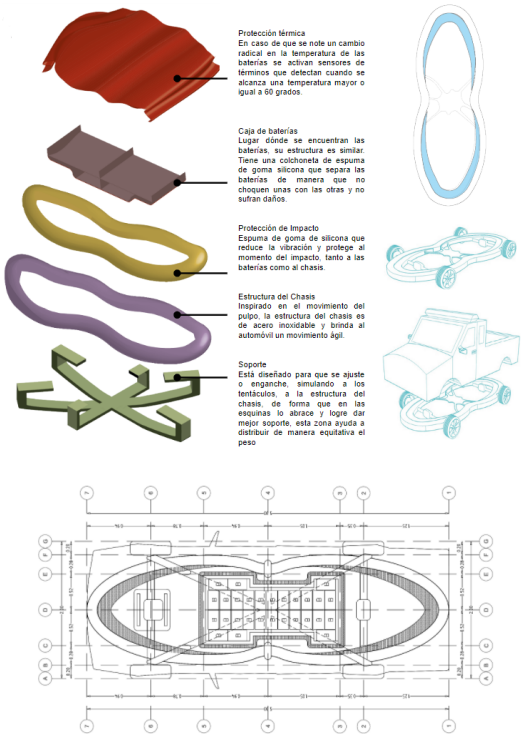
	Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis) Se busca evitar la combustión de las baterías de las pick ups y jeeps eléctricos provocada por la vibración, por medio de la emulación del balance que brinda el vilano a las semillas. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La morfología del vilano tiene un eje de simetría justo por la mitad atravesándolo de manera vertical.La geometría que se analiza en este diagrama, forma diversos triángulos alargados al cerrar en un cuadro los pelos de este mismo.Los pelos del vilano doblan el tamaño de la semilla que cargan y esto es para que cuando el villano se separe pueda cargar el peso de la semilla y que esta no caiga abruptamente.
Propuesta de diseño	
Un chasis ligero y a la misma vez resistente, gracias a la retícula del chasis basada en los vilanos del diente de león. El cual está conformado por dos contenedores de baterías, basándose en los anillos o radios del diente de león para la protección y acomodo de las baterías y en los filamentos para cubrir y suspenderlas. Se distribuyen las baterías a lo largo de todo el cuerpo del chasis. Se propone fabricarlo con metal de impresión en 3D .	  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Oroz et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 16**	**Integrantes del equipo:** ARQ / Andrés De La Garza IISE / Jesús Ochoa LA / Valeria Martínez IISE / Yolisma Sedas

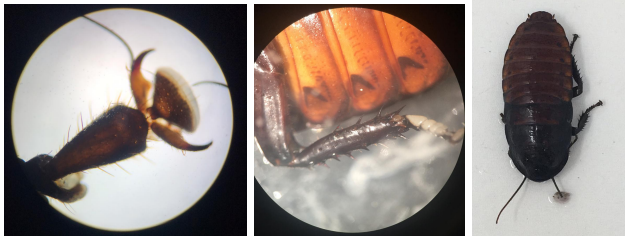
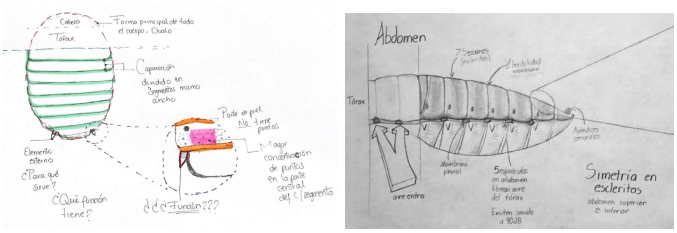
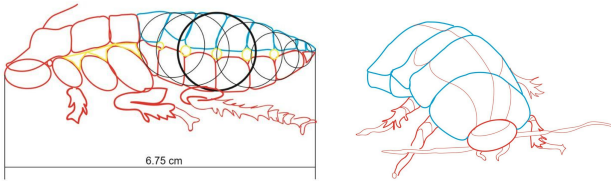
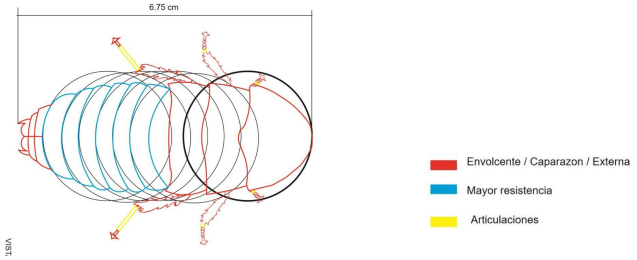
Nombre común de objeto de estudio: Pulpo **Nombre científico:** Octopus Vulgaris **Emulación:** Aerodinamicidad del cuerpo del pulpo.	**Descripción de propuesta:** Rediseño completo del chasis ya que es necesario para mejorar ciertas áreas de oportunidad, tales como la flexibilidad, la eficiencia en relación a la protección de las baterías y la estabilidad ante el impacto. Esto se llega a solucionar gracias a la implementación de características y funciones del objeto de estudio, el pulpo.

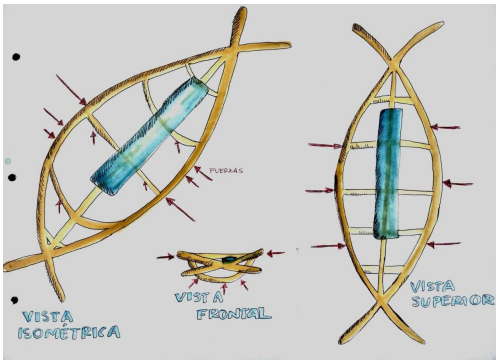
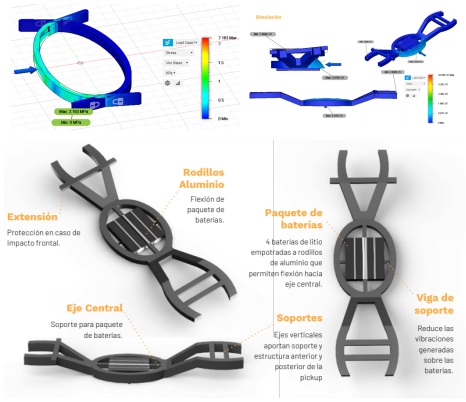
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto De La Garza, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto De La Garza, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto De La Garza, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto De La Garza, et al.

Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto De La Garza, et al.
Introspección:	Al identificar las necesidades del chasis de Metalsa y lo que el pulpo ofrece, se llega a la conclusión de que el pulpo tiene resistencia al impacto, ya que cuenta con músculos que se tensan y se destensan y alcanzan una gran flexibilidad. Con esto, se comenzó a investigar formas y materiales para brindarle las mismas cualidades al interior del chasis. También se buscaron formas de imitar el músculo del pulpo, para brindarle la protección necesaria a los elementos dentro del chasis, cómo lo son las baterías.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: La problemática surge de la necesidad de rediseñar el chasis para una camioneta eléctrica, con el objetivo de que el chasis alcance los requisitos de desempeño como, choque, rigidez, vibraciones, entre otros requisitos, y optimizar el espacio para las baterías eléctricas. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** El pulpo al momento de estar en un ambiente de peligro expulsa tinta y modifica su cuerpo de forma que se comprime y se estira para huir. La acción de modificación de su cuerpo se debe a la capacidad de sus	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto De La Garza, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Con base a nuestro objeto de estudio y estudios de su morfología nos percatamos de que el pulpo al momento de estar en un ambiente de peligro expulsa tinta y modifica su cuerpo de forma que se comprime y se estira para huir. Se utilizó como base este cambio en su morfología para lograr el rediseño de este chasis, el cual está conformado por dos círculos principales, los cuales están de cierta forma intercalados, esto para lograr estabilidad y una base que tiene como objetivo ser la base de soporte.

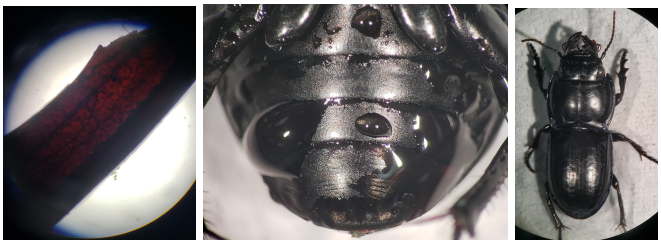
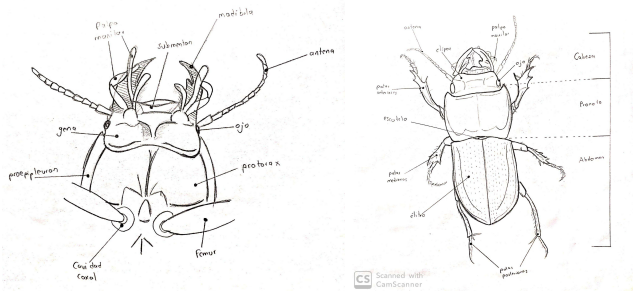
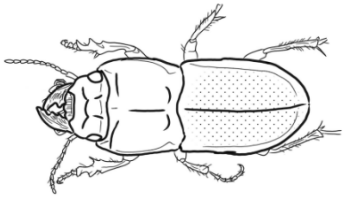
músculos de tensarse y destensarse.	
Propuesta de diseño	
Inspirado en la forma y movimiento del pulpo, nace el rediseño de un chasis para camioneta eléctrica. El nuevo chasis, es una combinación de características y funciones que solo el octopus vulgaris puede brindar, como su forma aerodinámica, elasticidad interna y la capacidad de enfriarse al alcanzar temperaturas extremas. Además, por su espacio interior, puede almacenar más baterías que un chasis convencional.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto De La Garza, et al.

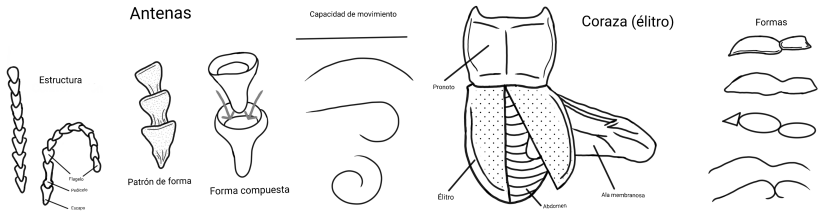
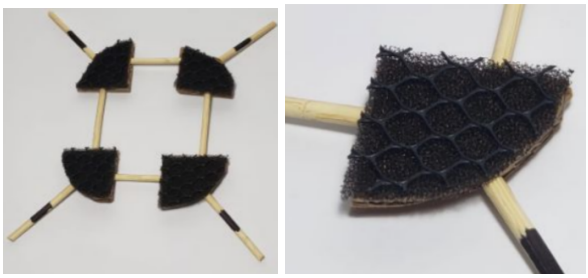
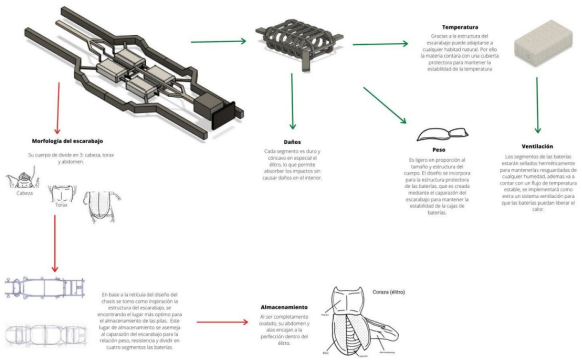
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 17**	**Integrantes del equipo:** IISE / Daniela Lozano Treviño ARQ / Gema Guadalupe Ruíz Ávalos IISE / Santiago Sanfeliz Espinosa
Nombre común de objeto de estudio: Cucaracha de Madagascar **Nombre científico:** Gromphadorhina Portentosa **Emulación:** La curvatura del caparazón exterior, como las curvaturas laterales y la flexibilidad que le permite hacerse más rígido y resistente en situaciones de peligro o al recibir un impacto.	**Descripción de propuesta:** Chasis inspirado en la forma de caparazón de la cucaracha de Madagascar emulando su resistencia al impacto y con ello mejorar la resistencia al momento del choque lateral. La extensiones del chasis tendrían forma de una "x" alargada con el propósito de poder brindar estabilidad a la caja y cofre del vehículo; y en el caso de las baterías la flexibilidad especificada con anterioridad fue inspiración para la creación de un paquete a base de la membrana intersegmental del insecto, capaz de permitir la contracción al momento de sufrir un impacto sin descuidar la protección y seguridad de estas (baterías).

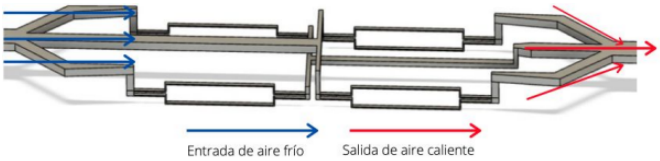
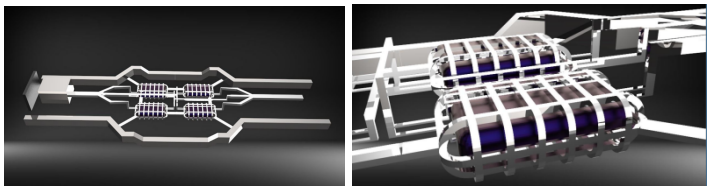
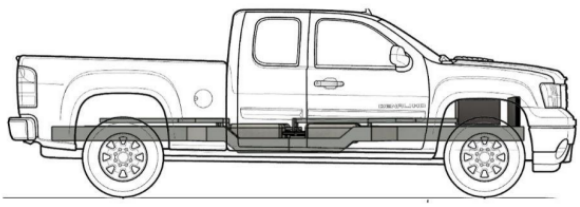
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Lozano, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Lozano, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Lozano, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Lozano, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Lozano, et al.

Introspección:	Se detectan los siguientes parámetros a emular: La curvatura del caparazón exterior y las curvaturas laterales. La flexibilidad del caparazón, gracias al sistema seccionado y unido por medio de su membrana flexible.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: La problemática que se buscó resolver es el reto al que se enfrenta la industria automotriz de disminuir las combustiones de las baterías al momento de posibles coaliciones de los vehículos. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La cucaracha al encontrarse en un momento de impacto o de peligro tiene la capacidad de rigidificar o flexibilizar su caparazón por medio de su sistema de segmentos unidos por membranas flexibles.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Lozano, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** El reto se sitúa en el poder innovar el diseño de la estructura de los vehículos, de forma que tras colisionar con otro cuerpo, un impacto en el chasis pudiera reducir los daños. Se plantea emular las características del caparazón de la cucaracha para realizar un diseño eficiente y resistente a estos impactos, contemplando de igual forma la configuración de las baterías además de buscar un mejor acomodo y protección de las mismas para que tengan mayor autonomía estos vehículos.
Propuesta de diseño	
La propuesta consiste en un chasis modificado a manera de membrana flexible que permite la contracción por medio de un eje central, permitiendo que las baterías queden aisladas y así disminuir las posibilidades de combustión al momento de las colisiones entre vehículos.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Lozano, et al.

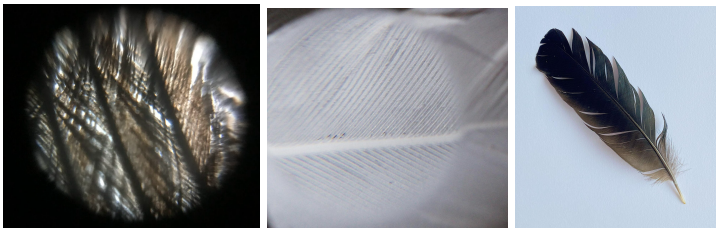
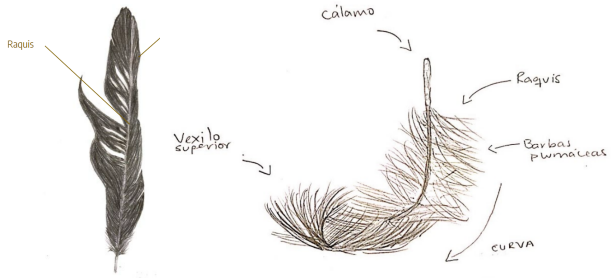
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 18**	**Integrantes del equipo:** LINT / Catalina Quiroga Cantú LDG / Dania Itzel Chávez Villarreal IISE / Carlos Jáuregui Camacho
Nombre común de objeto de estudio: Escarabajo **Nombre científico:** Pasimachus strenuus **Emulación:** Resistencia, peso y dureza del caparazón.	**Descripción de propuesta:** Brindar protección a las baterías tal como lo hace el caparazón al interior de sus órganos, y el hecho de que la cubierta esté sellada, que también ha sido inspiración del escarabajo, pues se comprobó en el laboratorio que está completamente sellado y únicamente él lo puede abrir a voluntad propia.

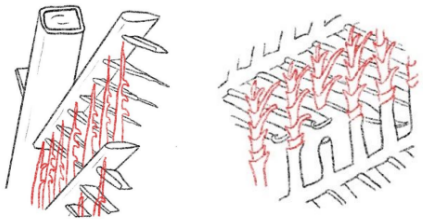
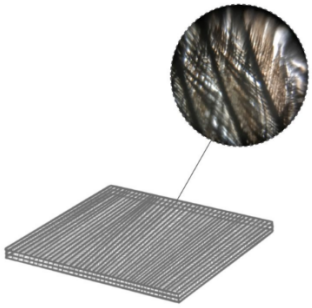
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Quiroga, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Quiroga, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Quiroga, et al.

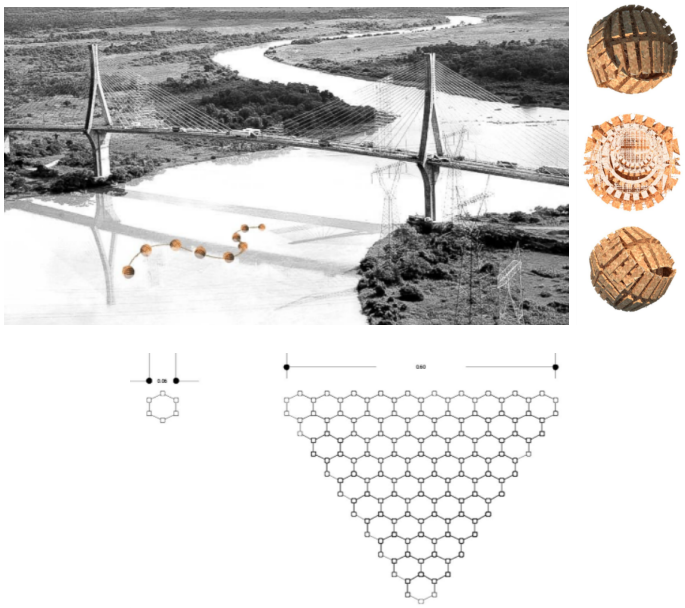
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Quiroga, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Quiroga, et al.
Introspección:	El escarabajo se enfrenta a retos de: *Impacto*: Su coraza (élitro) es rígida y delgada de forma cóncava, que permite proteger el abdomen donde se encuentran sus principales órganos internos además de sus alas. *Vibraciones*: Tiene la capacidad de realizar un movimiento equilibrado y rectilíneo en casi cualquier superficie sin importar las imperfecciones del terreno. *Capacidad de Almacenamiento:* En cuanto a su fisonomía interna, su coraza está dividida en dos lo que permite el acomodo perfecto de sus alas.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Dentro del reto Metalsa (industria de manufactura de piezas de automóviles) se busca: reducir los impactos, vibración y mejorar el almacenamiento y uso de espacios, por medio del rediseño del chasis emulando la resistencia, peso y dureza del caparazón del escarabajo.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Quiroga, et al.

	Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis) Brindar protección a las baterías tal como lo hace el caparazón al interior de sus órganos y el hecho de que la cubierta esté sellada de manera hermética y únicamente él lo pueda abrir. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** En el caso del impacto, la coraza del caparazón de los escarabajos es rígida, delgada y de forma cóncava, que permite proteger el abdomen donde se encuentran sus principales órganos internos además de sus alas. En el caso de las vibraciones, este insecto tiene la capacidad de realizar un movimiento equilibrado y rectilíneo en casi cualquier superficie sin importar las imperfecciones del terreno; y finalmente la fisonomía interna del insecto nos permite aprender de ella y usar propiedades y características de su diseño para la capacidad de almacenamiento y distribución de espacios en el chasis. Se puede utilizar el concepto como en coraza está dividida en dos y le permite el acomodo perfecto de sus alas.
Propuesta de diseño	
Diseño de un sistema para el chasis el cual está dividido en cuatro segmentos la distribución de las baterías. Cada división es cubierta por un exoesqueleto inspirado en la forma del caparazón y cada exoesqueleto está forrado por una delgada capa que lo sella por completo. Materiales: Exoesqueleto de magnesio, Cubierta MATER-BI (Biopolímero a partir de almidón de maíz).	   Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Quiroga, et al. Parámetros de diseño: Que contenga las baterías de la manera más eficiente y recomendable. Que el vehículo pueda operar en diferentes terrenos manteniéndose frío en zonas específicas y sin importar que se moje o humedezca. Que brinde el mismo (o mejor) nivel de protección y firmeza que brinda el actual diseño del chasis.

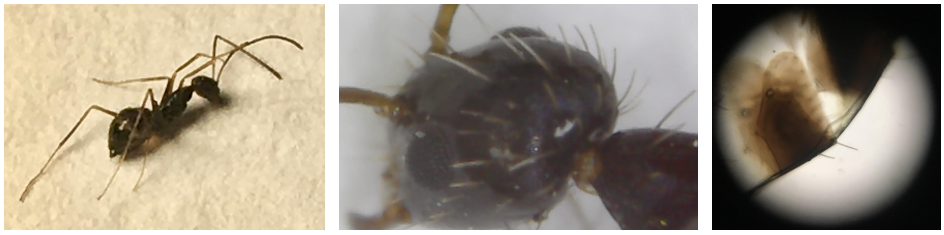
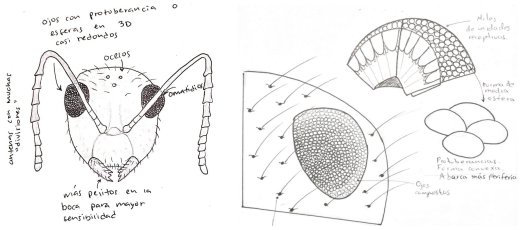
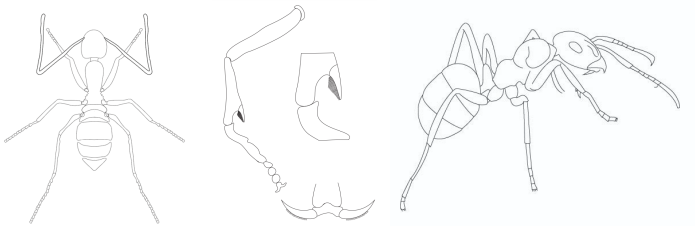
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 19**	**Integrantes del equipo:** IISE / Ambriz Sepúlveda, Valeria LA / Castelo Ibarra, Rosa M. LINT / Velázquez Gordillo, Nora I
Nombre común de objeto de estudio: Pluma de ala de paloma **Nombre científico:** Pluma remeras **Emulación:** Tejido que forman las barbulas de la pluma de las alas de las aves ayudándoles a conservar su temperatura, la impermeabilidad, la absorción y la flexibilidad.	**Descripción de propuesta:** Estructura esférica que emula la red de las bárbulas de la pluma para absorber contaminantes, como el petróleo.

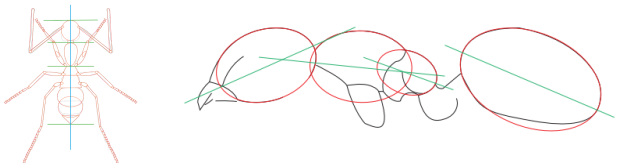
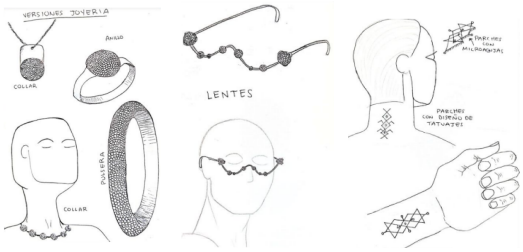
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Ambriz , et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Ambriz , et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Ambriz , et al.

Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Ambriz , et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Ambriz , et al.
Introspección:	Las barbas son muy flexibles y fuertes con las interrelaciones que tiene con las otras barbas y con el raquis. Las barbas se ven entrelazadas y enganchadas, salen desde las barbas plumaceas que van conectadas al raquis. Estas forman una red que aguanta pesos grandes. Al abrir el tejido de la pluma después es muy fácil que vuelva a su textura original. Las aves hacen esto ayudadas de su pico, a lo que se le llama acicalamiento, actividad en la que algunas especies invierten largos periodos de tiempo para el mantenimiento de las plumas. Todas las plumas se encuentran dirigidas hacia atrás, propiciando una circulación del aire con menor resistencia y por esto el ave cuenta con características aerodinámicas. El raquis es la parte más fuerte de la pluma y tiene una gran rigidez para mantener a la pluma firme.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Derrames de hidrocarburos al agua, que tienen efectos nocivos en el entorno natural, la vida de animales y la salud humana. Hoy en día abundan lagos, ríos y partes de mar contaminados por industrias, por lo que sería un proyecto sustentable.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Ambriz , et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Por medio del mecanismo de absorción de la pluma de ave, se propone una estructura esférica en donde con ayuda de aperturas puedan emular la red de las bárbulas de la pluma para absorber contaminantes, como el petróleo al ser colocadas al agua. Esta estructura puede desplazarse sobre cuerpos de agua fácilmente logrando así capturar toda la capa superficial de petróleo, desechos y

	contaminantes. La estructura cuenta con aperturas en donde se ve el interior y la red que se forma con el material del bagazo emulando el tejido que forman las barbulas de la pluma de ave. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** Las aves usan la estrategia de absorción en el tejido de sus plumas. Al estar húmedas la pluma de ave, las puntas de las bárbulas se levantan aumentando a su vez el área de superficie de la pluma que después absorbe agua por acción capilar. A nivel molecular, la queratina en las plumas húmedas se vuelve menos cristalina, lo que hace que las plumas absorban. Las moléculas del agua se unen con la proteína de las barbulas que luego se expanden y separan para acomodar el agua, esto es lo que hace que la queratina pierda su estructura cristalina, este proceso es reversible, al estar secas, la queratina vuelve a su estado original.
Propuesta de diseño	
Diseño de estructuras esféricas con la capacidad de absorber contaminantes de espacios de agua. Posee un sistema de geotecnología y geolocalización. Fabricado en plástico biodegradable a base de bagazo y fibras de bagazo que forman red de las bárbulas de las plumas de ave.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Ambriz , et al.

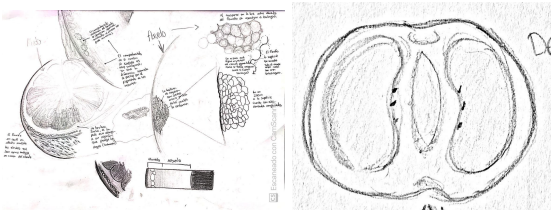
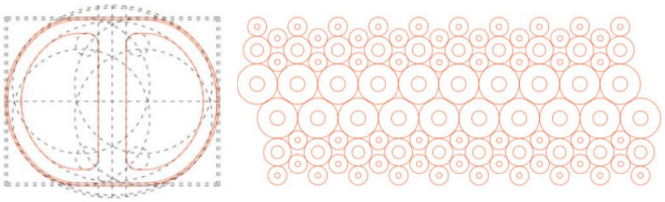
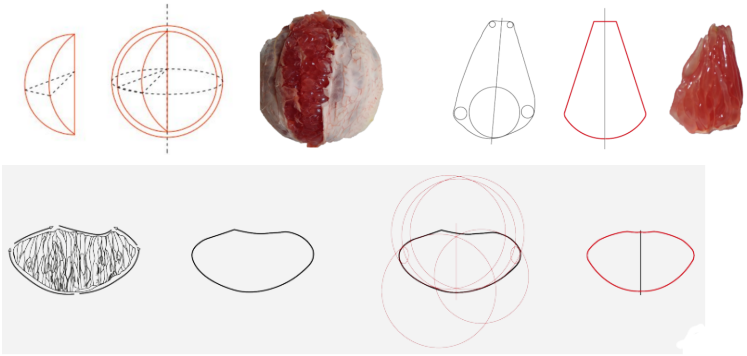
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 20**	**Integrantes del equipo:** LINT / Welsh Sanmartín, Vanessa M. IISE / Pérez Ruiz Velasco, María E IISE / Rodríguez Carvajal, Karla P. ARQ / Cárdenas Lozano, Valeria
Nombre común de objeto de estudio: hormiga **Nombre científico:** Lasius Niger **Emulación:** El ojo compuesto de la hormiga de forma esférica que le permite tener una percepción de su entorno a 160°, capaz de detectar movimientos rápidos; ven un amplio rango de ángulos sólidos.	**Descripción de propuesta:** Dispositivo en base a la funcionalidad de los ojos compuestos de la hormiga que sea capaz de detectar el contexto y otorgar una percepción sensorial al usuario, para brindarles seguridad al tener una percepción más amplia de su panorama. Este dispositivo está diseñado como piezas de joyería conformados por un anillo, un auricular y tatuajes que funcionan como injertos conectados con el sistema nervioso del usuario.

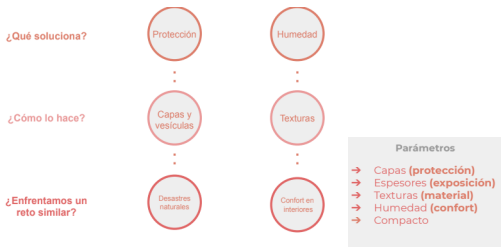
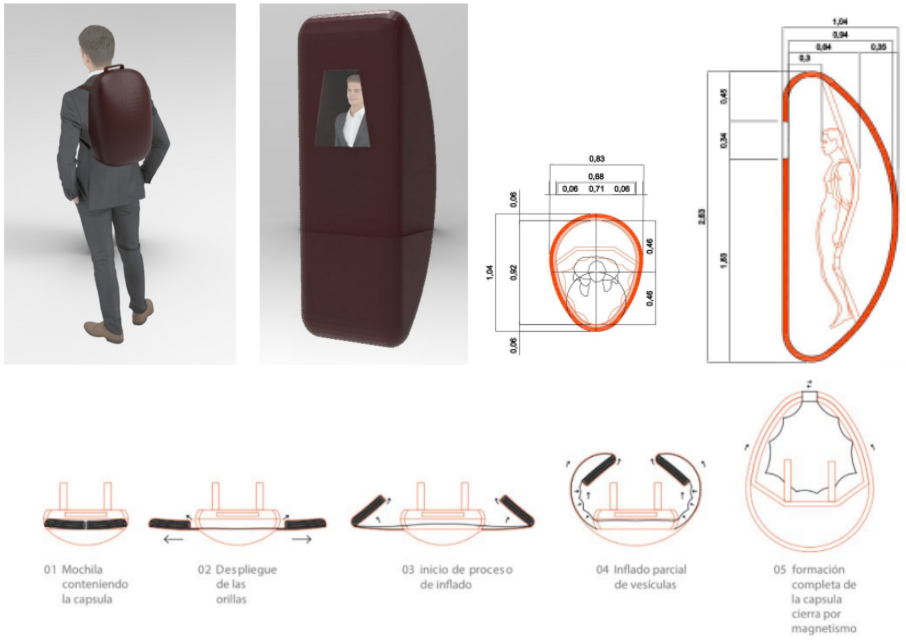
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.

Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al.
Introspección:	El ojo de la hormiga gracias a su forma esférica compuesta de múltiples puntos de visión en vez de solo uno, tiene una percepción sensorial de su contexto, con un rango de visión de 160° en comparación a los 91,5º del ser humano. Los ojos de la hormiga no tienen un foco central, lo cual implica una baja resolución de imagen. Sin embargo, los ojos compuestos son capaces de detectar movimientos rápidos y percibir un amplio rango de ángulos sólidos.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática Las personas con discapacidad visual cuentan con una percepción del entorno limitada y una manera de solucionarlo parcialmente es por medio de lentes especiales, guías, bastones o aplicaciones móviles.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Enfocándose en las personas con discapacidad, se puede implementar un dispositivo con base a la funcionalidad de los ojos compuestos de la hormiga que sea capaz de detectar el contexto y otorgar una percepción sensorial al usuario, para brindarle seguridad al tener una percepción más amplia de su panorama. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** El ojo de la hormiga gracias a su forma esférica compuesta de múltiples puntos de visión en vez de solo uno, le permite tener una percepción sensorial de su contexto, teniendo un rango de visión de 160° a comparación a los 91,5º del ser humano. Los ojos de la hormiga no tienen un foco central, lo cual implica una baja resolución de imagen. Sin embargo, los ojos compuestos son capaces de detectar movimientos rápidos, perciben un amplio rango de ángulos sólidos.

Propuesta de diseño	
Dispositivo (anillo) con cámaras y sensores (tatuajes) con diversos tipos de funcionamientos y un auricular, que proporcionarán una visión nocturna, infrarroja, fotográfica y ultravioleta.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto Welsh, et al. Además de sensores de movimiento, infrarrojos y sensores ultrasónicos de alto y bajo rango. Éstas en conjunto tendrían una visión de 160° de alto radio de alcance para poder analizar la ruta o el espacio en donde el portador esté transitando. Los materiales a elaborar son chapa de oro 80% reciclado.

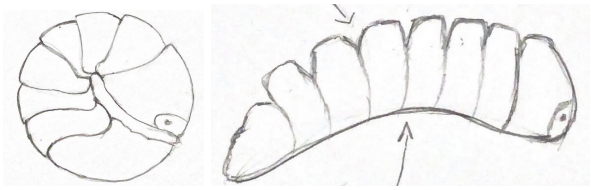
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 21**	**Integrantes del equipo:** ARQ/ Jorge D. Aguirre Gómez, LINT/ Larisa de Luna Cantú IISE/ Niurka L. Santiago Dzul IISE / Mariana Abarca Chávez
Nombre común de objeto de estudio: Toronja o Pomelo **Nombre científico:** Citrus paradisi **Emulación:** El mecanismo de protección por medio de las capas y vesículas internas que conforman el gajo de la toronja.	**Descripción de propuesta:** Diseño de una mochila basado en el mecanismo de protección de las capas y vesículas, que se convierte en una cápsula para proteger al usuario de posibles daños colaterales causados por fenómenos naturales, así como proporcionar un ambiente ameno para resguardarse. Dirigido a personas las cuales puedan llegar a vivir en zonas abundantes de fenómenos naturales. La propuesta cuenta con puntos clave que son que cuenta con una cápsula para desastres naturales, brinda protección y seguridad, es un mecanismo fácil y rápido, ergonómico, tiene GPS y sistema radar incluido.

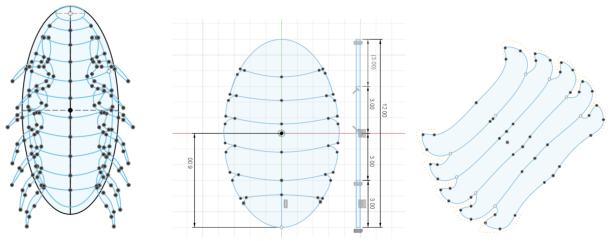
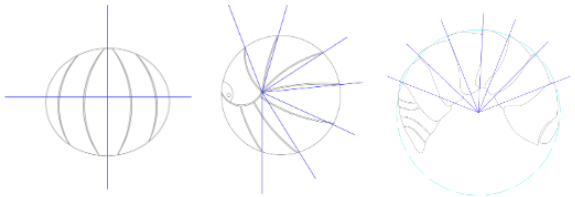
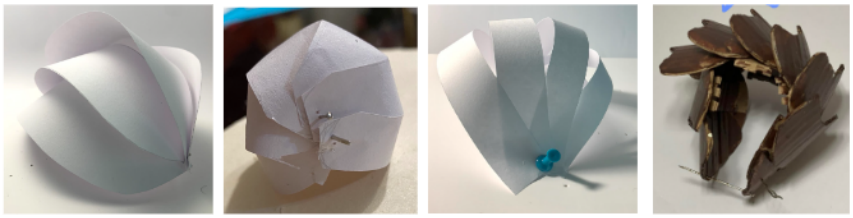
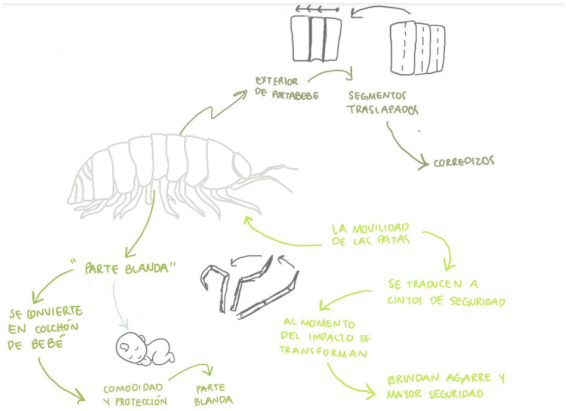
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Aguirre, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Aguirre, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Aguirre, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Aguirre, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Aguirre, et al.

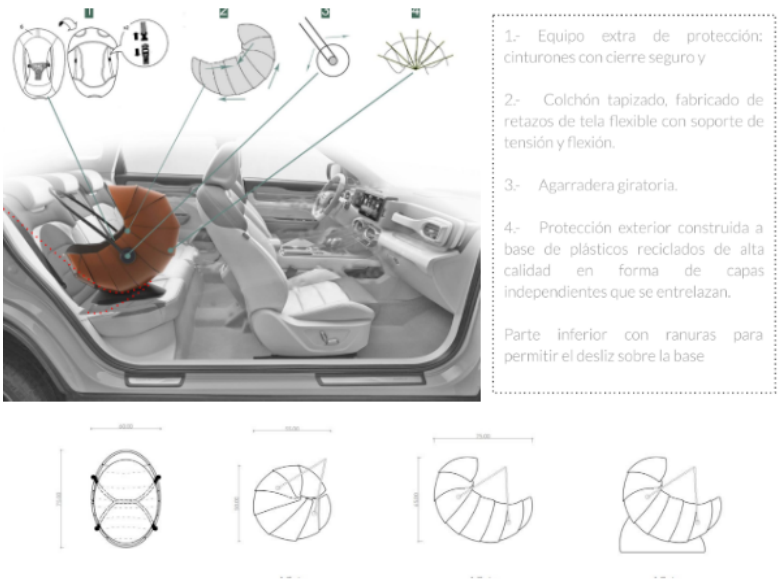
Introspección:	La toronja por medio de un sistema de capas soluciona dos factores, la protección y conservación de la humedad, esto lo hace por medio capas y vesículas texturizadas.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: La región metropolitana de Ciudad de México se encuentra ubicada en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), una franja topográfica que cruza el país de este a oeste y en la que se ubican los volcanes más activos de México. Los habitantes de las zonas urbanas se encuentran desprotegidos al momento de la ocurrencia de estos fenómenos naturales.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Aguirre, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Se desarrolla esta propuesta con el objetivo de proteger al usuario de daños colaterales causados por fenómenos naturales como terremotos, tsunamis, entre otros, que pongan en riesgo la vida del usuario, y por ello mismo este necesite un método fácil, rápido, seguro y cómodo de protección. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La toronja está formada por un sistema de capas que le permiten proteger su interior al momento de sufrir la caída del árbol.
Propuesta de diseño	
Cápsula de vida la cual es capaz de proteger al usuario de desastres naturales, ayudando a la supervivencia del usuario, emulando a las capas de la toronja, en particular al endocarpo. Se plantea una cápsula de supervivencia con un diseño ergonómico, equipado con un sistema GPS y sistema de radar incluido.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Aguirre, et al.

	La cápsula de vida es un sistema de material flexible que se puede almacenar en una mochila, que al momento de estar en vísperas de un desastre natural, está puede ser desdoblada e inflada por medio de su tecnología integrada. Materiales: el exterior y cuerpo de la cápsula son de kevlar (poliamida sintetizada), el interior es de memory foam y se rellena de aire con nitrógeno.

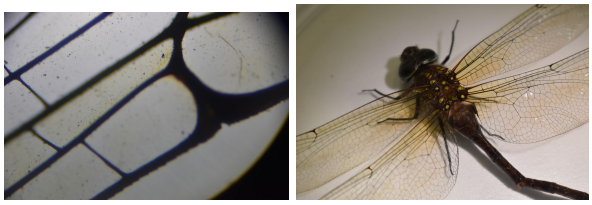
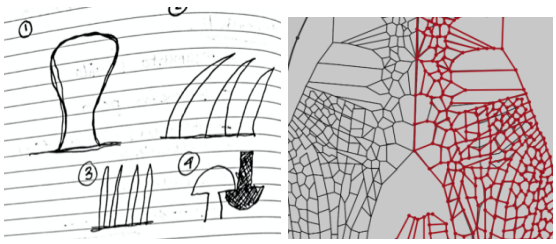
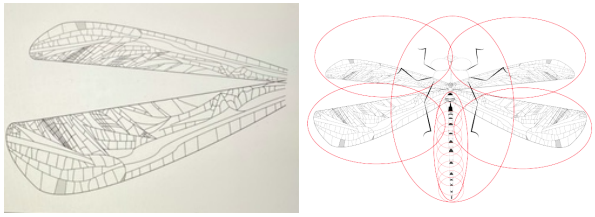
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 22**	**Integrantes del equipo:** ARQ / Marysol Redona Peralta IISE / Julio Gamero Montajeno LINT / Marianne G. Ruiz Castro IISE / Johana A. Alcázar Carrillo
Nombre común de objeto de estudio: Cochinilla **Nombre científico:** Oniscídeos **Emulación:** Mecanismo de protección del exoesqueleto de la cochinilla de enrollarse o cerrarse para proteger su interior, su parte blanda que es el tórax.	**Descripción de propuesta:** Portabebé con un diseño enfocado en la protección de los bebés en situaciones de accidentes automovilísticos. El diseño del portabebé está basado en las funciones principales de la cochinilla, emulando su respuesta natural ante una amenaza al enrollarse para protegerse y su rapidez de transformación (cambio de forma).

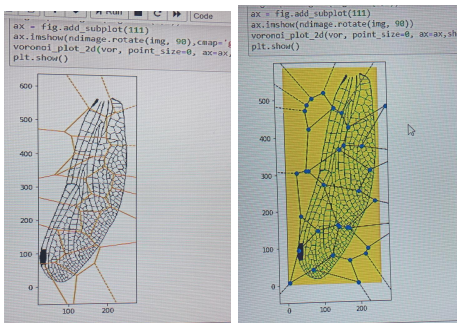
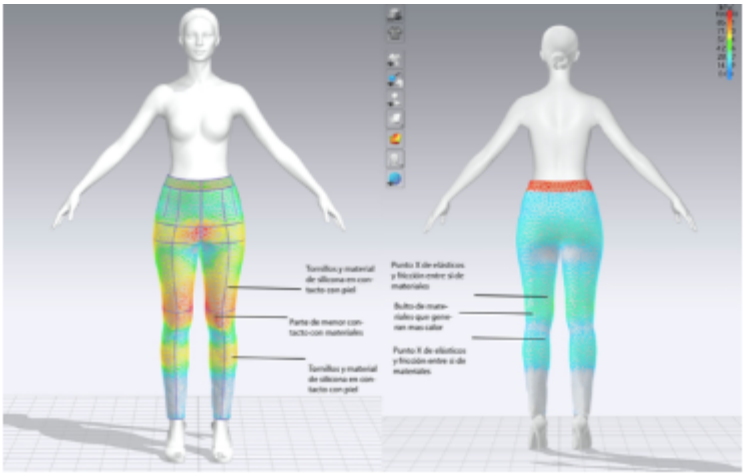
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Peralta, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Peralta, et al.

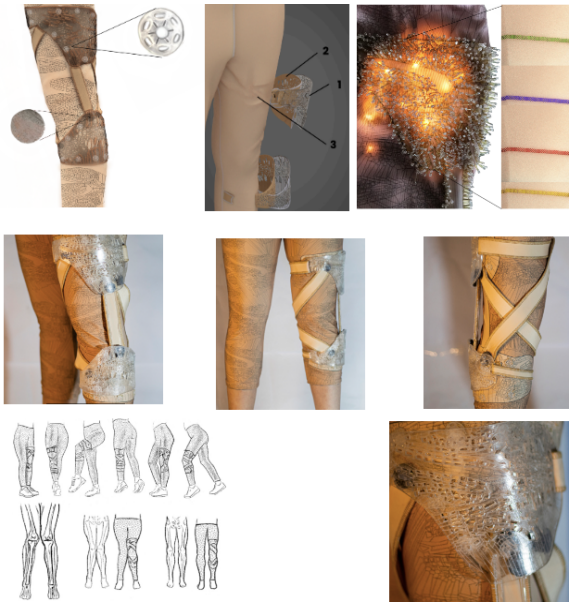
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Peralta, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Peralta, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Peralta, et al.
Introspección:	El proceso de transformación de la forma de la cochinilla lo realiza con grán rapidez, comenzado por el centro de su exoesqueleto que sirve como eje de rotación, activando sus caparazón segmentado con terminaciones en zigzag que le ayuda a empalmarse al momento de enroscarse.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Según datos del INEGI, en 2018, una de las primeras causas de muerte en menores de 1 año fueron los accidentes de transporte, ocupando el 30.1%. En niños de 1 a 4 años este porcentaje se reduce a 19.8% y en niños de 5 a 15 años el porcentaje es de 20.6%. La OMS reporta que la utilización de	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Peralta, et al.

dispositivos como la silla de seguridad reduce el riesgo de traumatismos graves en un 77% a diferencia cuando sólo se protege con cinturón de seguridad.	**Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Diseño de un portabebé basado en las funciones principales de la cochinilla, emulando su respuesta de enrolarse o cerrarse con rapidez para protegerse ante una amenaza. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La cochinilla al sentirse en peligro, enrosca su exoesqueleto para convertirse en una esfera rígida, protegiendo su planta más blanda que es su centro, su tórax.
Propuesta de diseño	
Portabebé con un diseño enfocado en la protección de los bebés en situaciones de accidentes automovilísticos.. El diseño del portabebé está basado en las funciones principales de la cochinilla, emulando su respuesta natural ante una amenaza al enrollarse para protegerse y su rapidez de transformación (cambio de forma). Materiales: D30 Impact Protection ,textil reciclado, polímeros reciclados como PP, ABS (estándar y alto impacto), PC/ABS alto impacto, PBT y Quitosano (polímero natural).	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autor del proyecto Peralta, et al.. El mecanismo del portabebé para que este se cierre en momentos de impacto se basa en tres funciones diferentes: 1 Sensor de impacto: el portabebé estará conectado al sensor de impacto del auto, el sensor además de desbloquear todas las puertas del auto y encender las luces del interior, también activará el mecanismo de seguridad del portabebé para que este se cierre inmediatamente en el momento del impacto. 2 Comando por voz: el portabebé se configurará con la voz de los papás del bebé, para que ellos mediante un comando en específico puedan ordenar al portabebé que se cierre en cualquier momento. 3 Cintos: al momento de que los cintos se tensen a causa de un movimiento brusco, el portabebé activará su mecanismo de seguridad. Además de estos mecanismos, el portabebé también contará con un sistema de localización.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT20 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 23**	**Integrantes del equipo:** LDTM/ Ema Idalia Saldivar Gonzalez (Proyecto final de carrera)
Nombre común de objeto de estudio: Libélula **Nombre científico:** Odonatos **Emulación:** El patrón de teselación Voronoi de sus alas en relación a la estructura ligera y transparente. Microestructura microtrichia ubicada en la cabeza de la libélula que le permite la estabilización durante su apareamiento.	**Descripción de propuesta:** Propuesta de rediseño de una ortesis como un wearable para pacientes con la condición de osteoartritis valgus, por medio de emulación de la estructura teselada del Voronoi de las alas de la libélula y la microestructura microtrichia para su estabilidad.

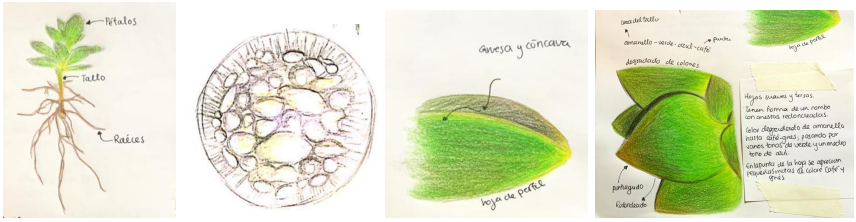
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Ema Saldivar
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Ema Saldivar
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Ema Saldivar

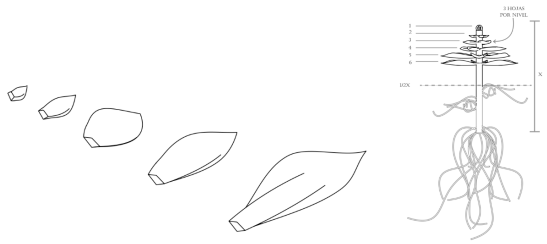
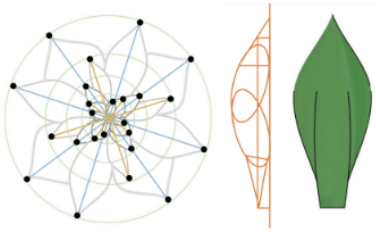
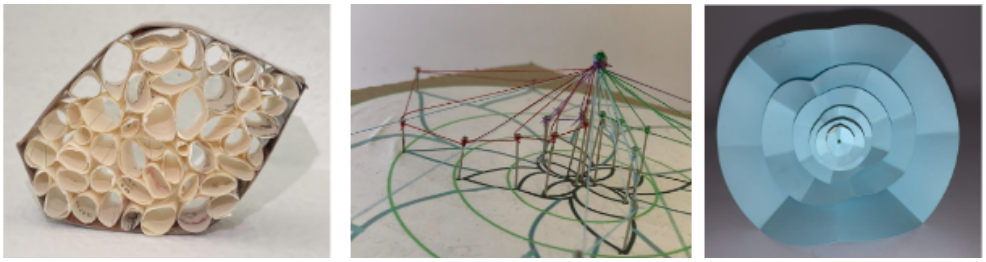
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Ema Saldivar
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Ema Saldivar
Introspección:	Al momento en que la libélula vuela, sus alas se despliegan en 6 direcciones diferentes y tienen la particularidad de ser uno de los insectos que recorren distancias a gran velocidad por la forma y funcionamiento de sus alas estables gracias a la estructura teselada de sus alas. Esta teselación y características geométricas cuentan con elementos geométricos que podrían ayudar en el proyecto al ser emulados para lograr controlar la estabilidad y transpiración necesaria.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Los pacientes con la condición de osteoartritis valgus no terminan su tratamiento al sentir incomodidades de origen físico y emocional con la ortesis existente. Estas incomodidades se refieren a que la ortesis para poder ser fijada a la pierna, necesita ejercer presión sobre la piel, causando dolor y a su nivel	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Ema Saldivar

estético, las personas no lo encuentran atractivo y suele no usarla el tiempo recomendado por el especialista.	**Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** A través de un diseño personalizado y el uso de materiales adecuados se pretende estimular al paciente con la condición osteoartritis valgus use la órtesis por el periodo sugerido por el doctor especialista y así logre terminar su tratamiento. Se diseña una pieza a manera de wearable, donde por medio de la tecnología se puede controlar la presión de ajuste para permitir que la pieza permanezca en su lugar, sin causar molestia o dolor al paciente, esta presión es ejercida por medio de una serie de robots que emulan la estructura microtrichia de la libélula. A su vez se emula el patrón de sus alas para diseñar esta pieza con eficiencia de material, para usar el menos posible y sea ligera, pero a su vez tenga la rigidez necesaria para realizar su función. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La libélula resuelve el reto de la estabilidad por medio de su microestructura microtrichia ubicada en la cabeza de la libélula que le permite la estabilización durante su apareamiento. El patrón Voronoi le permite a la libélula, con menos material lograr la estabilidad y la rigidez de sus alas.
Propuesta de diseño	
wearable para pacientes con la condición de osteoartritis valgus, por medio de emulación de la estructura teselada del Voronoi de las alas de la libélula y la microestructura microtrichia para su estabilidad. Materiales: Bioplástico magnético, textiles conductores, hilo de cobre.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Ema Saldivar Wearable está formado por 3 capas: Interior: Capa de estabilización y presión emulando la microtrichia, formado por nanorobots. Capa de tecnología (intermedia) formada de microsensores para monitorear el progreso del paciente así como aplicar diversas terapias como la hidroterapia, temperatura por calor y frío. Exoesqueleto: Capa de fijación y permeabilidad diseñada a partir del patrón Voronoi de las alas de libélula.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 24**	**Integrantes del equipo:** IISE / Carla S. Zaldívar Palomino LMEC / Fátima García Carrasco ARQ / Mónica A. García Tamez
Nombre común de objeto de estudio: Suculenta **Nombre científico:** Graptopetalum paraguayense **Emulación:** El mecanismo de la disposición radial y concéntrica de sus hojas que le permite que cada una de ellas reciba la misma cantidad de radiación solar sin solaparse; además el mecanismo de dilatación y contracción de la membrana exterior y los poros de sus hojas que realizan a lo largo del día con el fin de captar agua del ambiente y evitar su evaporación en los periodos calurosos, respectivamente.	**Descripción de propuesta:** Estructura inteligente para edificios y construcciones capaz de aprovechar la radiación solar y el agua del ambiente para producir energía eléctrica y almacenar este líquido vital para el ser humano.

Análisis

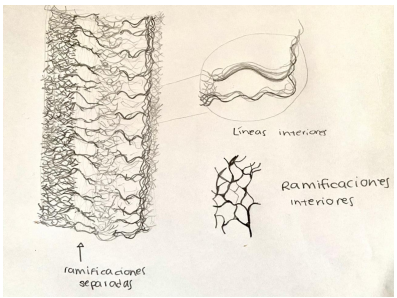
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.

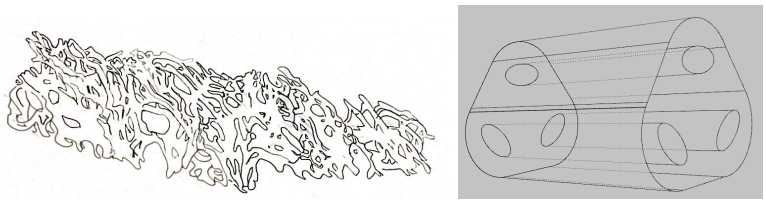
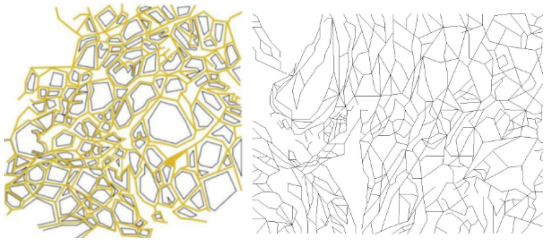
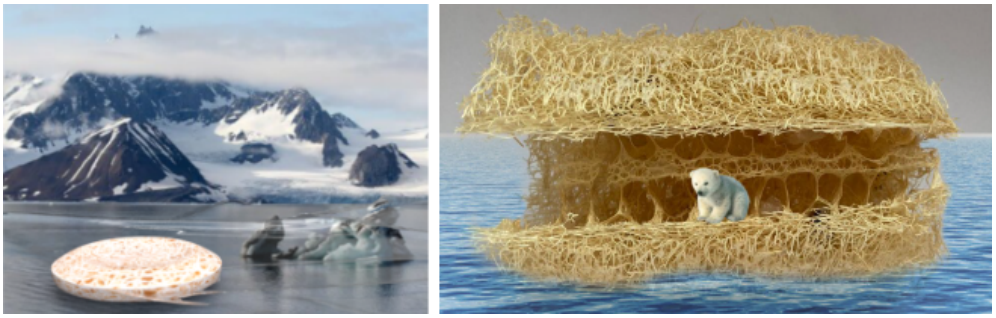
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.
Introspección:	La geometría de la Graptopetalum Paraguayense, determina la distribución, forma, tamaño y proporciones de la planta tienen una razón específica que la ayudan a sobrevivir; especialmente en términos de dependencia energética e hidratación continua. Estos dos problemas son enfrentados por la suculenta gracias a la anatomía y morfología de sus hojas. Por un lado, la disposición radial y concéntrica de estas permite que cada una de ellas reciba la misma cantidad de radiación solar sin solaparse; mientras que la membrana exterior y los poros de sus hojas se dilatan y contraen a lo largo del día con el fin de captar agua del ambiente y evitar su evaporación en los periodos calurosos, respectivamente.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: El mundo actualmente sufre por una alta demanda energía eléctrica y térmica, por la	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**

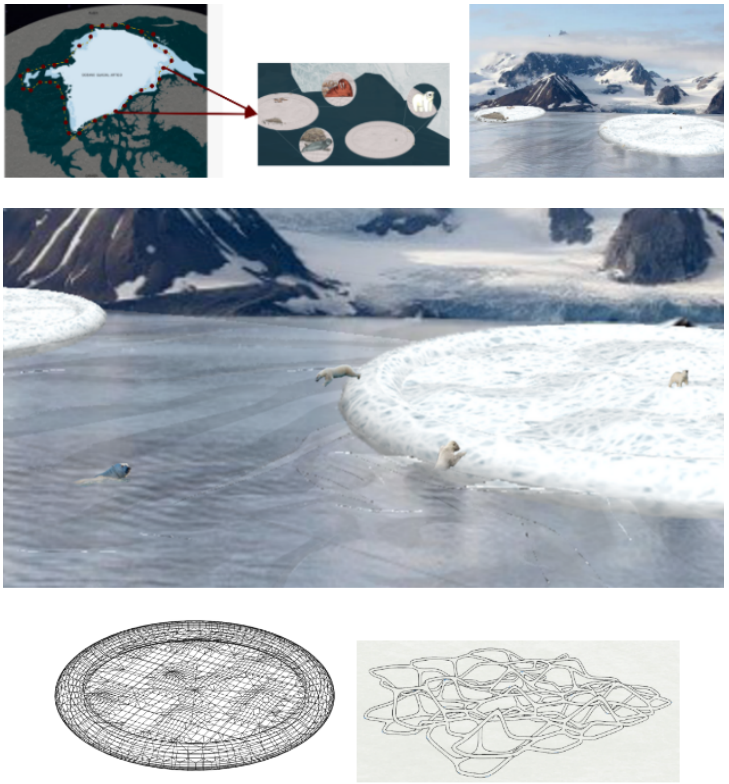
dependencia a hidrocarburos, por el deterioro ambiental y calentamiento global. Al igual que por la escasez de agua potable, ya que la contaminación de cuerpos de agua dulce causa que 1000 millones de personas carecen de agua potable (OMS, 2021).	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Bajo el diseño de una estructura inteligente para edificios y construcciones que sea capaz de aprovechar la radiación solar y el agua del ambiente para producir energía eléctrica y almacenar este líquido vital para el ser humano, pretende emular el mecanismo de sobrevivencia de la Graptopetalum Paraguayense y así ayudar a suplir la demanda energía eléctrica y térmica, sin la dependencia a hidrocarburos. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** La Graptopetalum Paraguayense tiene un mecanismo de la disposición radial y concéntrica de sus hojas que le permite que cada una de ellas reciba la misma cantidad de radiación solar sin solaparse; además el mecanismo de dilatación y contracción de la membrana exterior y los poros de sus hojas que realizan a lo largo del día con el fin de captar agua del ambiente y evitar su evaporación en los periodos calurosos, respectivamente.
Propuesta de diseño	
Estructura inteligente para edificios y construcciones capaz de aprovechar la radiación solar y el agua del ambiente para producir energía eléctrica y almacenar este líquido vital para el ser humano.	 Fuente: Acervo de la autora (2019) - Autora del proyecto Herrera, et al.

	Esta estructura está formada por módulos independientes que pueden ensamblarse unos con otros de manera vertical y horizontal hasta formar una piel en las fachadas de los edificios, como balcones. Cada uno de los módulos está fabricado con cemento fotocatalítico y permeable capaz de purificar el aire por medio de una reacción química de fotocatálisis; cuenta con perforaciones tipo celosías que emulan los poros en las hojas de la suculenta y que propicien la recuperación pluvial de agua. A su vez, se cuenta con una capa de pintura fotovoltaica para generar energía eléctrica cuando ésta entra en contacto con la radiación del Sol, transfiriendo la energía obtenida a un centro de carga o la red eléctrica municipal.

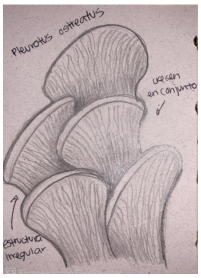
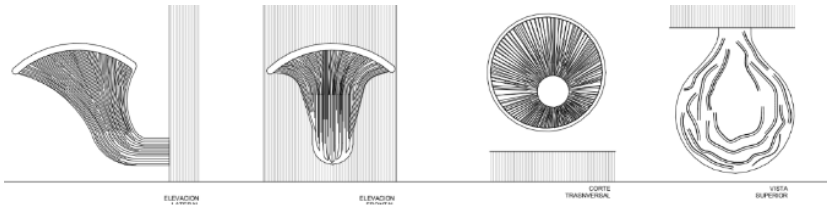
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 25**	**Integrantes del equipo:** IISE / Paula S. Cardoza Nuñez LDI / Mariangela Reyes De los Santos IISE / Luisa F. Cervantes Palencia ARQ / Cristina A. Martínez Balboa
Nombre común de objeto de estudio: Luffa **Nombre científico:** Luffa Aegyptiaca **Emulación:** El tejido de la lufa de material fibroso de ramificaciones delgadas.	**Descripción de propuesta:** Adaptar el tejido de la lufa y su morfología estructural, para crear una estructura que ayude al resguardo y protección de los animales migratorios del polo norte tales como el oso polar, leones marinos, focas y pingüinos.

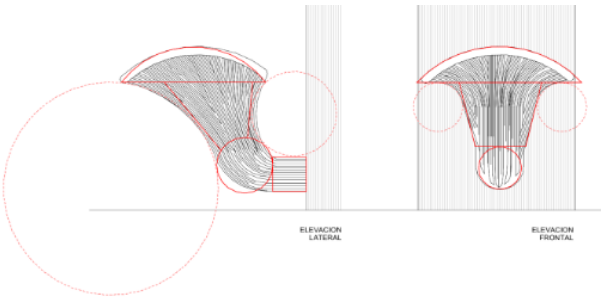
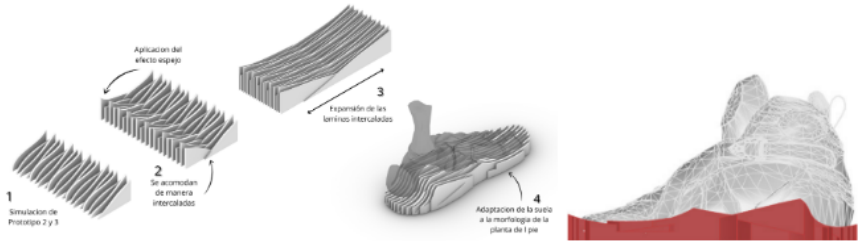
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Cardoza, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Cardoza, et al.

Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Cardoza, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Cardoza, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Cardoza, et al.
Introspección:	El tejido de la lufa seca tiene enlaces de ramificaciones muy delgados y entre estos se encuentran sus semillas. El material fibroso de la lufa se encuentra entre 0.5 a 1 milímetro de espesor y tiene un parecido a las raíces de distintas vegetaciones. Sus enlaces de ramificaciones son realmente delgados y entre estos se encuentran sus semillas. Este tipo de ramificaciones le permite ser un material con una estructura ligera y resistente.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Reducción en la población de la especie del oso polar de un 25%, gracias la reducción de área de glaciares y las largas distancias que tienen que recorrer nadando de un glaciar a otro, provocando en muchas ocasiones la muerte por hambre y agotamiento.	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Cardoza, et al.

	Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis) Se plantea el diseño de superficies flotantes con la estructura fibrosa de la lufa, con tecnología de referencia que permita a los animales migratorios del polo norte como el oso polar, ir de una superficie a otra como lo hacía previamente con los témpanos de hielo. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** El tejido de la lufa formado por fibrosidades de ramificaciones delgadas, le permite con muy poco material cubrir áreas mayores a su masa, además de brindar una estructura de protección a sus semillas interiores.
Propuesta de diseño	
Estrategia de adaptación flotante para los animales, la cual simulará un terreno helado, de manera temporal, con el objetivo de que los animales sobrevivan en las temporadas con temperaturas altas. Material biodegradable fabricado con alga de la zona, Kelp.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Cardoza, et al. Esta plataforma será una superficie segura y adaptable para que las especies del ártico puedan descansar de sus traslados y tengan la oportunidad de alimentarse con facilidad. Esta estructura tiene un sistema de propulsión con motores para permitir el control de ubicación.

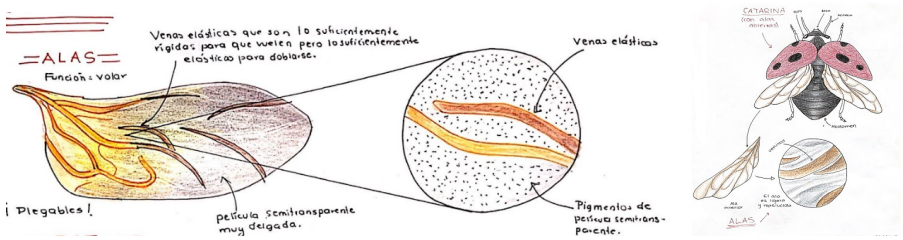
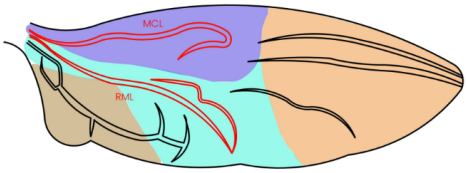
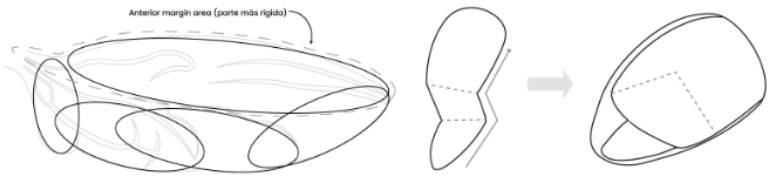
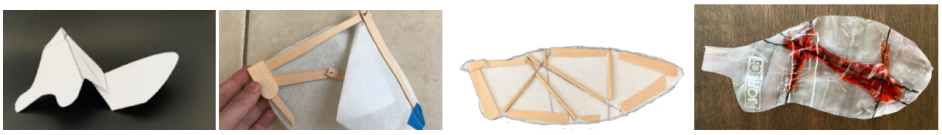
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 26**	**Integrantes del equipo:** IISE / Mónica M. Martínez Yáñez ARQ / Nohemí Guajardo Piña LDTM / Lucero M. Hernández Vargas
Nombre común de objeto de estudio: Hongo Ostra **Nombre científico:** Pleurotus ostreatus **Emulación:** La capacidad de las láminas del hongo ayudan a elevar las esporas para que estén separadas del suelo, además de sostener al sombrero que les brinda protección.	**Descripción de propuesta:** Tenis adaptativos que crecen con el pie del usuario hasta por 4 tallas más. Destinado a personas en crecimiento, los tenis brindan seguridad y soporte para distintas etapas de su desarrollo, emulando la estructura de las laminillas del hongo.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Martínez, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Martínez, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Martínez, et al.

Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Martínez, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Martínez, et al.
Introspección:	Desde el Pileo, siendo una de las partes visiblemente curvas, se observa que esa curva en específico está relacionada directamente con el crecimiento y acomodo de las láminas. El sombrero del hongo cumple una función adaptativa en el hongo, que se va expandiendo según sea el crecimiento y la expansión de las láminas sirviendo de protección del cuerpo restante.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de la problemática: Los humanos necesitamos protección contra el medio ambiente. Nos la hemos ingeniado para realizar distintas soluciones para protegernos del medio ambiente como lo es un techo, un paraguas, lentes de sol, gorras, celosías en edificios, etc. Todo esto para protegernos del sol, lluvia, vientos, etc. Esta última década, se ha optado por generar este tipo de soluciones de manera sustentable con materiales	**Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño**  Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Martínez, et al. **Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Se plantea un diseño de unos tenis adaptativos que crecen con el pie del usuario hasta por 4 tallas más. Destinado a personas en crecimiento, los tenis brindan seguridad y soporte para distintas etapas de su desarrollo, emulando la estructura de las laminillas del hongo. **Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:** El sombrero y las láminas protegen a las esporas del medio ambiente y de depredadores. Asimismo, la altura de los hongos ayuda a que las esporas estén separadas del suelo. Las láminas almacenan las esporas para su futura reproducción. Su unión y cercanía una de la otra hace que se cumpla bien su

biodegradables o que el negocio de éstos se rija por una economía circular.	función. La gírgola es adaptable a diferentes tipos de climas y temperaturas a excepción de un clima seco. Esta adaptabilidad permite la sencilla reproducción de éste.
Propuesta de diseño	
Calzado que emula a las laminillas del hongo que brinda soporte al pie creando una silueta que sea capaz de adaptarse a la necesidad del pie del usuario siendo cómodo y a su vez ergonómico. A su vez se pretende que el calzado crezca junto con el usuario, brindándole seguridad entre muchas otras ventajas para distintas etapas de su desarrollo.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto Martínez, et al. La propuesta busca emular la protección del objeto de estudio brindando estabilidad, movilidad, y adaptación al crecimiento del usuario, así como la adaptación a distintos ambientes climatológicos en los que se encuentre el mismo. Enfocado a la población en crecimiento como niños y adolescentes. Materiales: PET reciclado con Microcápsulas PCM, elastómero a base de algas.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 27**	**Integrantes del equipo:** IISE / Gabriel De la Garza Flores ARQ / Grecia M. Sarmiento Rojas LDI / Jimena Romero Medina IISE / María F. Arzate González
Nombre común de objeto de estudio: Catarina **Nombre científico:** Coccinellidae **Emulación:** Mecanismos de adhesión y compactación presentes en las alas y élitros de la catarina.	**Descripción de propuesta:** Refugio temporal que proteja y resguarde a las personas en situación de calle cuyo diseño sea ligero, adaptativo, de fácil transportación y compacto para su uso eficiente, inspirado en los principios morfológicos de la catarina y respondiendo a las problemáticas de traslado y protección que resuelve a través de su forma, específicamente con sus alas y élitros.

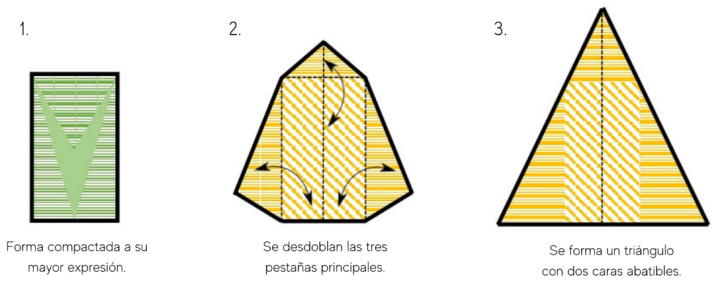
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto De la Garza, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto De la Garza, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto De la Garza, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto De la Garza, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto De la Garza, et al.
Introspección:	Por medio de las características de adhesión y compactación presentes en las diferentes partes de la catarina (especialmente en su par de alas y en el pronotum), se completa una morfología sinérgica que garantiza la seguridad e integridad del insecto.

Proceso de conceptualización y diseño

Identificación de la problemática:

Se prescinde de un sistema ligero y transportable de vivienda para las personas en situación de calle que permita a su usuario transportarlo todo el día.

Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño



Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto De la Garza, et al.

Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)

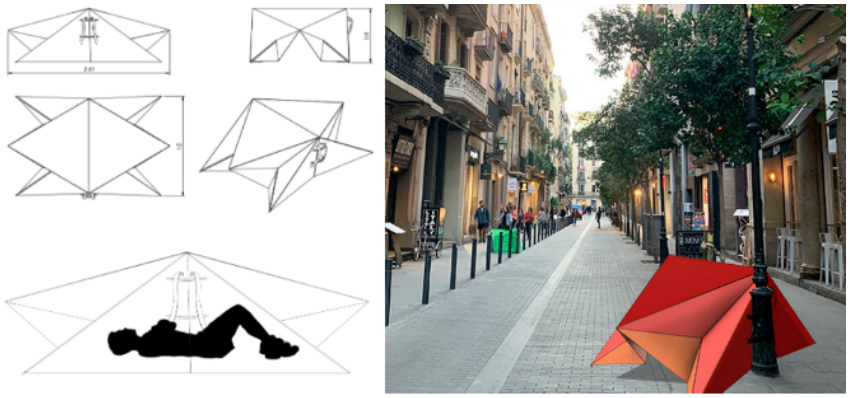
Refugio temporal que proteja y resguarde a las personas en situación de calle cuyo diseño sea ligero, adaptativo, además de que tiene un uso fácil transportación y compacto para su uso eficiente, inspirado en los principios morfológicos de la catarina y respondiendo a las problemáticas de traslado y protección que resuelve a través de su forma, específicamente con sus alas y élitros.

Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:

La catarina cuenta con un sistema de alas que transporta dentro de sus élitros, que al ser necesario se desdoblan y expanden. Las alas están divididas en 4 segmentos plegables y son el doble de tamaño que el total de la catarina, sin embargo su estructura delgada y ligera cuenta con la capacidad de doblarse en sí misma para compactarse y adaptarse al interior de los élitros donde se resguardan.

Propuesta de diseño

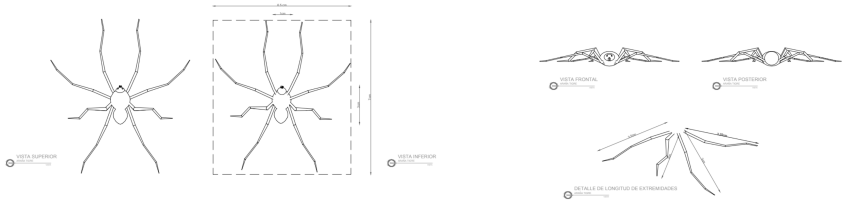
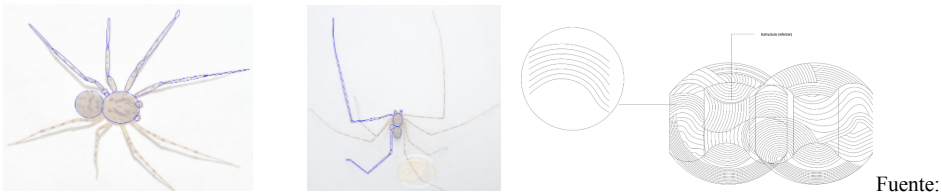
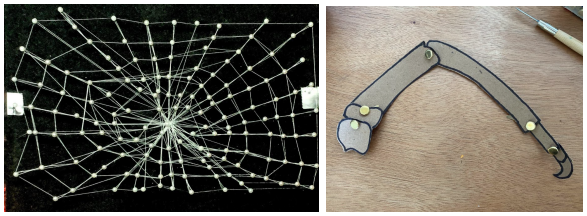
Diseño de un refugio temporal que protege y resguarda a las personas en situación de calle, el diseño es pensado en ser ligero, adaptativo, de fácil transportación y compacto para su uso eficiente, inspirado en los principios morfológicos de la catarina y respondiendo a las problemáticas de traslado y protección que resuelve a



través de su forma, específicamente con sus alas y élitros. Materiales: estructura de aluminio y cubierta de lona de PVC.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autora del proyecto De la Garza, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 28**	**Integrantes del equipo:** LDI /Nathalia González Acosta LINT/ Diana Hernandez Orduña LDG/ Valeria Benitez Dominguez ISSE/ Marcelo Guzmán Manzur
Nombre común de objeto de estudio: Araña Tigre **Nombre científico:** Argiope Argentata **Emulación:** Telaraña - La nanoestructura de la seda de araña, que permite la descontaminación del aire por medio de la electrostática.	**Descripción de propuesta:** Desarrollo de un concepto que beneficie al medio ambiente emulando la telaraña, por medio de una estructura colgante transitable entre los edificios de la ciudad. Conteniendo los mismos beneficios de la telaraña, limpiando del aire contaminado (a través de la electroestática).

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto González, et al.

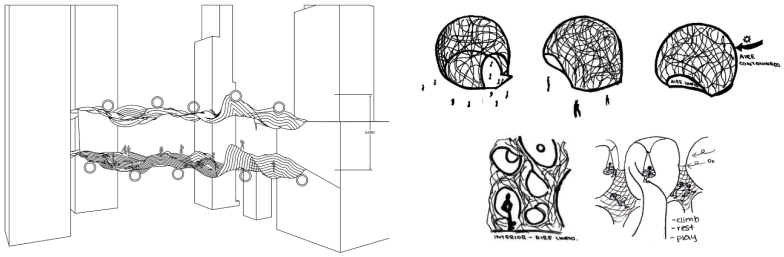
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto González, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto González, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto González, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto González, et al.
Introspección:	*Analogía 1: Patas, pedipalpos y cefalotórax:* Este organismo, juntando las patas, los pedipalpos y el cefalotórax permiten la unión de estas partes del cuerpo arácnido y asimismo crean una función importante, el movimiento. Aparte de que en el cefalotórax es donde se encuentran órganos importantes, su principal función es brindar movilidad a la araña a través de las patas y los pedipalpos. *Analogía 2: Ojos / Ocelos:*La araña tiene 8 ojos. No por tener más ojos significa que tienen una excelente visión, ese no es el caso. Las arañas principalmente se guían del olfato para buscar comida y de los pelos para escanear su entorno. Las arañas se guían por vibraciones para percibir señales de peligro o presas en sus telarañas. *Analogía 3: Hileras y telarañas:* Las telarañas se forman a partir de la seda de araña que las arañas bio-sintetizan y secretan a través de sus glándulas de hilado, en la parte posterior del abdomen.

Proceso de conceptualización y diseño

Identificación de las oportunidades de diseño:
Colocado una "telaraña" en forma de puentes entre los edificios en donde los usuarios tendrán la oportunidad de caminar por arriba y poderse mover de un lugar a otro, viviendo de esta experiencia en la cual al mismo tiempo el ambiente está siendo purificado por la telaraña.

Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:
Beneficios de la tela de la araña que es capaz purificar el aire de su área a través de la electroestática, reteniendo las partículas de contaminación.

Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño



Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto González, et al..

Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)

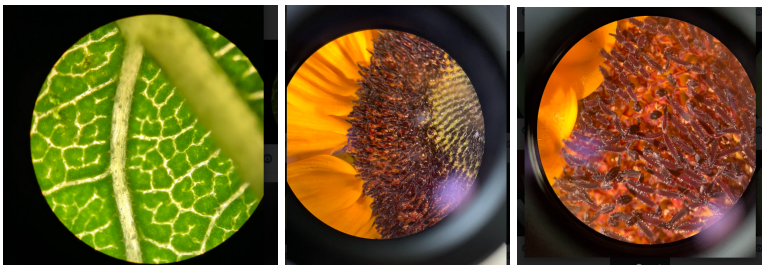
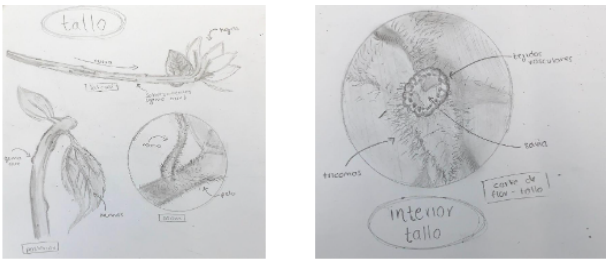
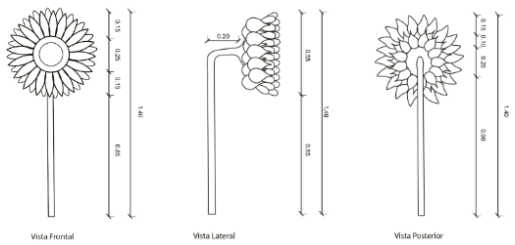
Mediante este diseño y el uso de materiales adecuados con la nanoestructura y características de la seda de araña se pretende purificar el aire al eliminar agentes contaminantes, principalmente en lugares estratégicos en los cuales haya una gran concentración de personas. Simultáneamente se podrá hacer uso de un transporte ecológico, el cual funcionará por medio del efecto coanda y de la electrostática. De esta manera se podrán disminuir las emisiones de gases efecto invernadero o agentes contaminantes tóxicos que son producidos por los medios de transporte.

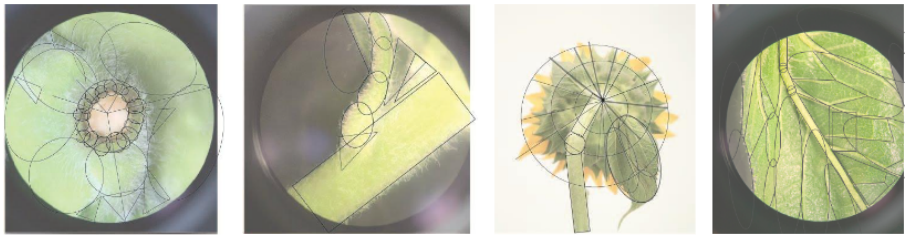
Propuesta de diseño

Instalar una emulación de telaraña entre los edificios de la ciudad. Conteniendo los mismos beneficios de la telaraña, siendo limpia del aire contaminado (a través de la electroestática).

Fuente: Acervo de la autora (2020) - Autores del proyecto González, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 29**	**Integrantes del equipo:** LDI / Sandra Irene Nieto ARQ / Alejandro Tamayo IISE / Santiago Alvarez LDG / Mafer Cabriales
Nombre común de objeto de estudio: Girasol **Nombre científico:** Helianthus Annuus **Emulación:** Heliotropismo, es decir el movimiento del talle que le permite buscar energía solar. Y la organización radial del núcleo que le permite la colocación de cada semilla, para su máximo desarrollo.	**Descripción de propuesta:** Proyecto arquitectónico residencial inteligente que usa el mecanismo del heliotropismo para permitir que un espacio habitable gire para buscar la captación de recursos naturales, tales como la energía solar y el agua de lluvia.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo del autor (2022) - Autores del proyecto Nieto et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo del autor (2022) - Autores del proyecto Nieto et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo del autor (2022) - Autores del proyecto Nieto et al.

<table>
<tr><td>Análisis morfológico</td><td> 
Fuente: Acervo del autor (2022) - Autores del proyecto Nieto et al.</td></tr>
<tr><td>Análisis experimental por medio de prototipos</td><td>
Fuente: Acervo del autor (2022) - Autores del proyecto Nieto et al.</td></tr>
<tr><td>Introspección:</td><td>Analogía 1 Configuración del Núcleo: La estructura permite la colocación de cada semilla. Es un patrón radial que permite el crecimiento, y soporte, de las semillas, las cuales son fundamentales para la vida del organismo.
Analogía 2 Heliotropismo :Un movimiento natural de flexión dentro del tallo para seguir la luz solar.
Analogía 3 Bráctea: Las brácteas protegen a la flor y todo lo que está en el interior como los floretes, pétalos y semillas.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Proceso de conceptualización y diseño</td></tr>
<tr><td>Identificación de las oportunidades de diseño:
Se estima que para el año 2040, la contaminación va a ser una de las problemáticas con mayor potencial. Esta va a tener lugar principalmente por el factor de la sobrepoblación, la cual va a presentarse mundialmente, causando que las viviendas y superficies privadas no sean posibles. Esto llevaría a la constante búsqueda de estancias, en donde la gente no tendría oportunidad de tener un hogar fijo porque,</td><td>Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)
Se busca la emulación del acomodo del núcleo y el heliotropismo del girasol. El primero permitirá el acomodó y soporte de las nuevas estancias humanas, las cuales servirán para satisfacer las necesidades básicas del usuario (alimentación, descanso, baño, etc), y las cuales estarán inspiradas en el acomodo de las semillas de esta flor. Por otro lado, la segunda permitirá que la estructura arquitectónica sea capaz de buscar la luz solar como fuente de energía, haciendo que ésta pueda flexionarse apuntando a la luz natural. La energía acumulada, será aquella que se utilizará en las mismas instalaciones.
Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño</td></tr>
</table>

dado de que fuera así, el mayor porcentaje de población quedaría en las calles.

Fuente: Acervo del autor (2022) - Autores del proyecto Nieto et al.

Identificación de cómo el objeto de estudio resuelve la problemática:

El núcleo consta de una distribución radial, en donde cada espacio (círculo) se encuentra en medio, detrás de otros dos. Se empieza con seis, continua con 12, 24, 36 y más. Esto permite un orden racional, el cual puede constar de pocas o varias filas según la longitud del diámetro.

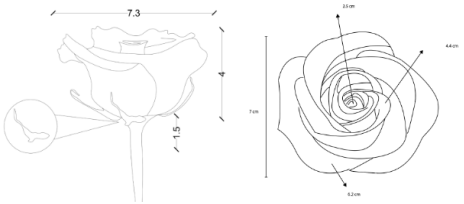
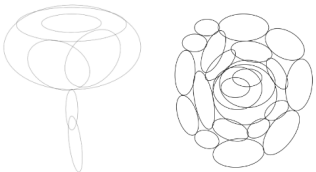
En cuanto al heliotropismo, la capacidad de flexibilidad es la que permite que se pueda buscar la luz solar, con la finalidad de absorber energía. Esto es mediante el peso, en este caso de las células, que se recarga de un lado u otro. Sin embargo, en la estructura arquitectónica, se utilizará un mecanismo que tenga automanejo y no requiera de este peso extra.

Propuesta de diseño

El diseño propuesto es un edificio de viviendas colectivas, el cual emula el sistema de heliotropismo y núcleo de un girasol. La emulación del heliotropismo se refleja en la flexión del edificio para recaudar la mayor cantidad de recursos, principalmente la luz solar.

Fuente: Acervo del autor (2022) - Autores del proyecto Nieto et al.
(Imágen generado con *Midjourney*)

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 30**	**Integrantes del equipo:** ARQ / Nicole Manilla Huerta LDG / Paulina Guzman Salas
Nombre común de objeto de estudio: Rosa de jardín. **Nombre científico:** Rosaceae **Emulación:** Función hidrofóbica de los pétalos de la rosa.	**Descripción de propuesta:** Prenda inteligente a partir de biomateriales que se automodifica. Detectando en qué estado atmosférico se encuentra, el tejido de la prenda cambia de ser permeable a ser hidrofóbica en climas lluviosos.

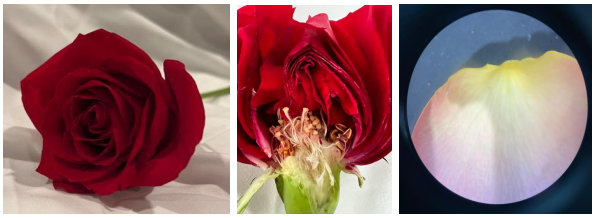
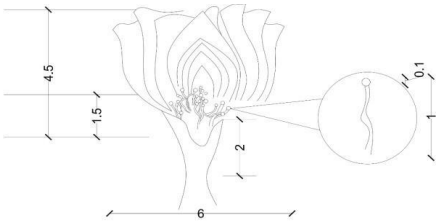
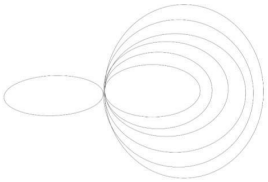
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Guzmán et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Guzmán et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Guzmán et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Guzmán et al.

Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Guzmán et al.
Introspección:	*Analogía 1* Protección a través de los pétalos (Pétalos de la Rosa):Atrae a los insectos que obtienen el néctar de la flor y activan su reproducción sexual por medio de los pétalos. *Analogía 2* Soporte + transportación de nutrientes (Tallo, yemas y aguijones): El tallo es la porción de la planta que sirve como un eje estructural. Da soporte hacia las hojas, flores y frutos al igual que transportar y elaborar las sustancias. *Analogía 3* Reproducción por medio del estigma (Parte interior de la rosa): Se reproduce por medio del estigma.
Proceso de conceptualización y diseño	
Identificación de las oportunidades de diseño: Es muy común salir a la calle con varios artículos de ropa. Esto para estar listo para cualquier cambio climático o necesidad. Pero lo que no nos damos cuenta es que, por más artículos de ropa que existen, más contaminación y daño le hacemos al mundo. Después de cumplir su propósito inicial, la prenda se envía a la basura donde termina en un vertedero. Esto hace que se emite metano, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático.	**Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)** Diseño de prenda de materiales que fácilmente son manipulados para responder de manera controlable y reversible, modificando sus propiedades a estímulos externos. Reacciona a las circunstancias climáticas cambiando la forma de tejido. Por ejemplo, en un estado frío y lluvioso, el tejido de la ropa regular se transformara en un tejido hidrofóbico, convirtiéndo la prenda impermeable. Este producto ayuda a reducir la carga de artículos necesarios al salir a la calle. Nuestro producto también tiene la habilidad de deshacerse completamente. Ya que obtiene material biodegradable, en el momento cuando ya no se requiere la prenda, se entierra y rápidamente se deshace por completo, esto para no contaminar el mundo y reducir los residuos causados por la ropa. **Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño** Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Guzmán et al.

Propuesta de diseño	
Diseño de prenda de materiales que fácilmente son manipulados para responder de manera controlable y reversible, modificando sus propiedades a estímulos externos. Reacciona a las circunstancias climáticas cambiando la forma de tejido. Por ejemplo, en un estado frío y lluvioso, el tejido de la ropa regular se transformara en un tejido hidrofóbico, convirtiéndo la prenda impermeable. Este producto ayuda a reducir la carga de artículos necesarios al salir a la calle.	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Guzmán et al. Este producto también tiene la habilidad de deshacerse completamente. Ya que obtiene material biodegradable, en el momento cuando ya no se requiere la prenda, se entierra y rápidamente se deshace por completo, esto para no contaminar el mundo y reducir los residuos causados por la ropa.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 31**	**Integrantes del equipo:** LDG / María José Amaya LDG / Cordelia Garza
Nombre común de objeto de estudio: Rosa de jardín **Nombre científico:** Rosaceae **Emulación:** Hidrofobicidad de la rosa. Propiedad física de una molécula de repelerse de una masa de agua. Las moléculas hidrofóbicas suelen ser no polares, y por esto prefieren moléculas neutras y disolventes no polares. Las moléculas de agua son	**Descripción de propuesta:** De acuerdo a las propiedades hidrofóbicas del pétalo de la rosa, se creó un material de recubrimiento para exteriores que protege de la lluvia ácida. Es un material permeable, ligero y resistente hecho con biomateriales.

polares y por esta razón las moléculas hidrofóbicas no se disuelven entre ellas.	

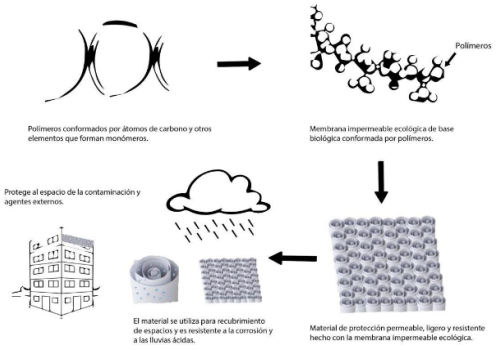
Análisis	
Análisis por medio de la fotografía Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Amaya, et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Amaya, et al.
Análisis de la geometría a través de dibujo digital	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Amaya, et al.
Análisis morfológico	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Amaya, et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Amaya, et al.
Introspección:	*Analogía 1* Protección a través de los pétalos: Atrae a los insectos que obtienen el néctar de la flor y activan su reproducción sexual por medio de los pétalos *Analogía 2* Soporte + transporte de nutrientes: El tallo sirve como un eje estructural. Da soporte hacia las hojas, flores y frutos al igual que transportar y elaborar las sustancias. *Analogía 3* Hidrofóbia, característica de la rosa de repeler el agua de sus pétalos.

Proceso de conceptualización y diseño

Identificación de las oportunidades de diseño:

Se espera que las condiciones del ambiente sean muy dañinas para el ser humano y que se pueda producir lluvia ácida, con lo que se necesitarán nuevos materiales para recubrir superficies.

Diagrama conceptual de la la estrategia de diseño



Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Amaya, et al.

Explicación de la posible solución propuesta (hipótesis)

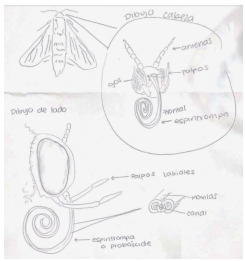
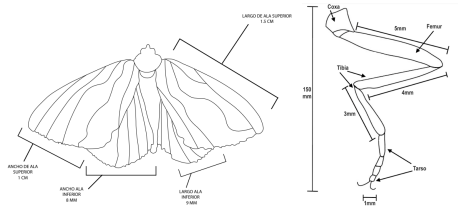
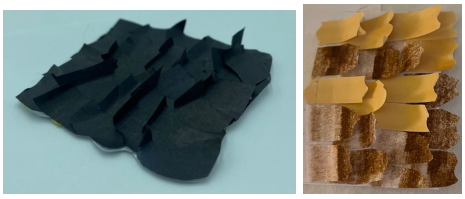
Se busca proteger a las viviendas de la lluvia ácida, por medio de un material permeable, ligero y resistente hecho con biomateriales. El material estaría compuesto de una membrana impermeable de base biológica, resistente a la corrosión y permeable como lo son los pétalos de la rosa.

Propuesta de diseño

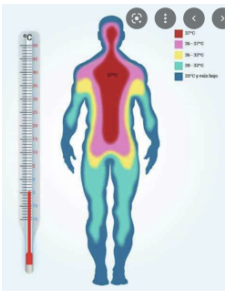
La creación de un material de recubrimiento para exteriores que protege de la lluvia ácida. Es un material permeable, ligero y resistente hecho con biomateriales. La membrana impermeable ecológica de base biológica conformada por polímeros, que son átomos de carbono y otros elementos con enlaces covalentes unidos para formar monómeros, hacen que el material sea resistente a la corrosión y conserve la permeabilidad, como lo hace la rosa.

Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autores del proyecto Amaya, et al.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 32**	**Integrantes del equipo:** LDTM / Ana Daniela Mata LDI / Maria Elena Castro ISSE / Mauricio Cavada LMEC / Mariah Garza
Nombre común de objeto de estudio: Palomilla Nocturna o Polilla. **Nombre científico:** Heterocera **Emulación:** Mecanismo de control de temperatura por medio del movimiento de las escamas de sus alas.	**Descripción de propuesta:** Wearable que se usa como segunda piel formada por un material compuesto por nano escamas distribuidas en áreas clave para regular la temperatura corporal.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía. Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - AutorES del proyecto Mata el al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Análisis morfológico y dibujo técnico	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.

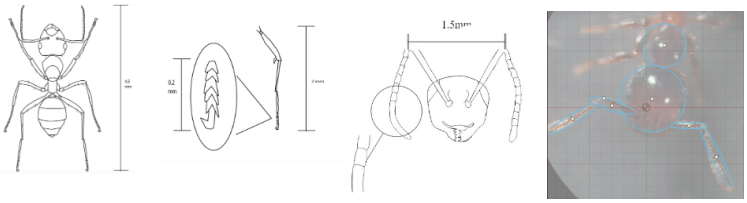
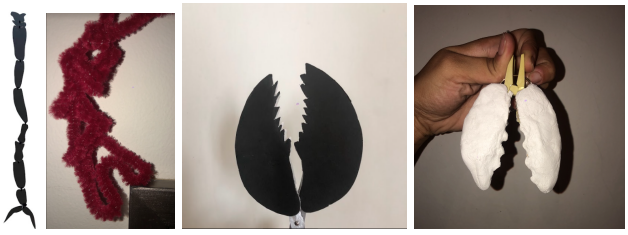
Introspección Analogías	*Analogía 1*- Patas. Tienen tres pares, seis patas en total, cada una segmentada en varias unidades. Se dividen en patas anteriores, patas medias y patas posteriores, según su ubicación. *Analogía 2* - Escamas en las alas. Son aislantes térmicos también ayudan a concentrar y reflejar la luz solar con esto se puede elevar y disminuir su temperatura corporal, estas escamas también les da su coloración por la difracción de la luz en la microestructura de las escamas y logra que la luz en estas haga un efecto iridiscente según el ángulo en el que la veas, estas también tienen las glándulas exocrinas que sacan feromonas para atraer a su pareja, estas escamas también absorben ruido. *Analogía 3* - Espiritrompa.Se usa para succionar el néctar de las flores, frutas que se comen y otros fluidos, se enrolla cuando está en descanso (sin uso) y se desenrolla cuando se va a realizar la acción de succionar líquidos.

Proceso de conceptualización y diseño	
Concepto	Escamas (como en las palomillas) que se pegan al cuerpo humano de materiales hipoalergénicos y compatibles con el cuerpo humano que hagan la función que hacen las escamas en el cuerpo de la palomilla subir o bajar la temperatura corporal, por el cambio drástico de temperaturas debido al cambio climático y el ser humano necesite una sencilla manera de templar su cuerpo a estos cambios
***Time frame* y contexto**	Dentro de 150 años, en este momento el calentamiento global va a ser por demás agresivo y las temperaturas van a cambiar abruptamente, pero gracias a la tecnología avanzada se logran cosas inimaginables.
Descripción del uso y experiencia	El uso sería diario, ya que no se sabe en qué momento sería el abrupto cambio de clima durante el día, la experiencia al usarlo será de alivio, porque las personas lograrán regular su temperatura corporal y seguir con sus actividades diarias.
Materiales	El tamaño de estas escamas es muy pequeño (.5 cm) y la sensación es ligera el material es una combinación de biomateriales a partir de plasma humano y agarosa que simula la piel humana similar a los procesos que se hacen hoy en día para replicar piel en personas que necesitan trasplantes, y con tecnología similar a la de los termómetros registra la temperatura corporal con esta información los alambres actúan para subir y bajar las “escamas” con las cuales regulan la temperatura corporal.
Diseño	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente et al.

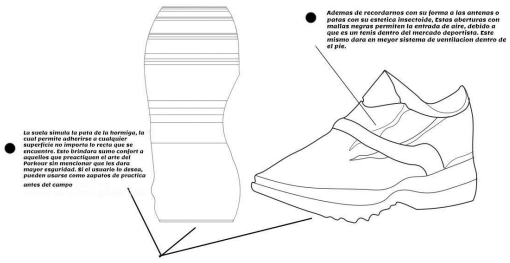
Prompt (Párrafo usado para Mid Journey): *A photograph of the arm a person with fish scales, futuristic themed, hyper realistic, cinematic, hyper detailed, artsation trending, high quality, extra graphics, photorealistic, octane render.*	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente et al. y Midjurney.
Prototipo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Conclusiones	Teniendo en mente que la contaminación y el calentamiento global ha afectado de una manera impactante a los ecosistemas, se realiza un diseño especulativo, teniendo la visión de un futuro probable. Buscando la manera de poder brindar calidad de vida a las personas en este futuro probable, donde nos encontraremos temperaturas cambiantes, de mucho calor a mucho frío y viceversa en cuestión de poco tiempo, hemos buscado alternativas sustentables y por medio del proceso del diseño biomimético hemos analizado y aplicado el mecanismo regulador de temperatura de la heterocera (palomilla). Este diseño resulta en un wearable compuesto de una malla que funge como segunda piel, conformado por una textura diseñada que emula las escamas del cuerpo de la palomilla, regulando la temperatura corporal de quienes la usan.

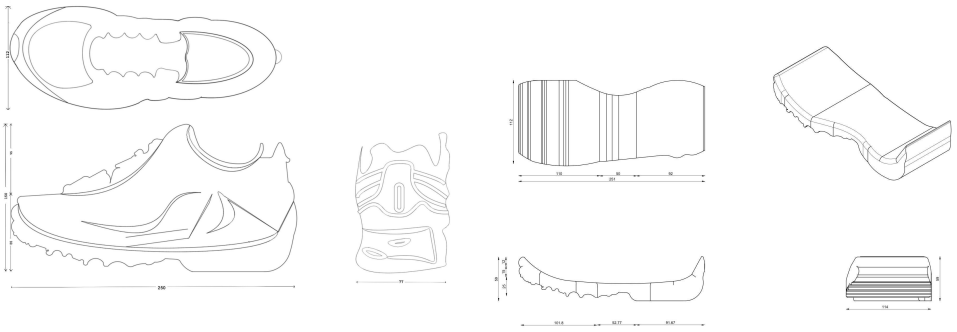
FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 33**	**Integrantes del equipo:** LMEC / Valeria Maria Salinas Almanza LDI / Denisse De la Rosa Ramírez IISE / Emily Aurora Fernández Rivas LDI / Jesús Emmanuel Huerta Romero
Nombre común de objeto de estudio: Hormiga **Nombre científico:** Heterocera	**Descripción de propuesta:** Calzado que se utilizará en las ciudades futuras, que emula la función de la pata de una hormiga que le permite caminar por

Emulación: Sistema de agarre de la pata de la hormiga a través de una almohadilla que le permite caminar o subir por cualquier tipo de superficie sea de manera horizontal o vertical.	superficies de manera vertical u horizontal, con una suela especial para asimilar el agarre de la pata de la hormiga.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía. Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Salinas et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Salinas et al.
Análisis morfológico y dibujo técnico	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Salinas et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Salinas et al.
Introspección Analogías	*Analogía 1*- Mandíbulas. Corte rápido como el de unas tijeras.o *Analogía 2* - Pata. Sistema de agarre de diferentes suelas de zapatos. *Analogía 3* - Mandíbula. Fuerza de agarre como el de unas pinzas de herramientas.

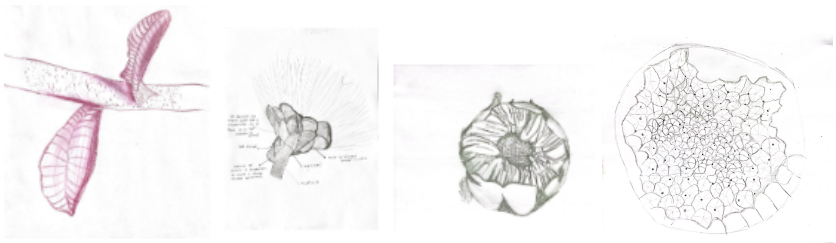
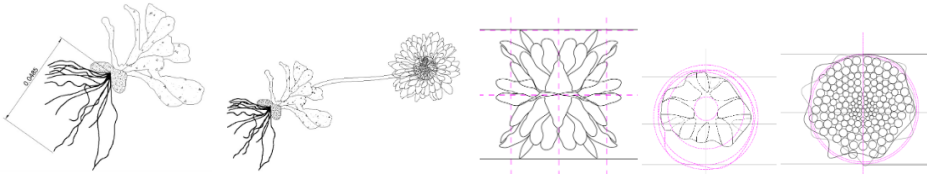
Proceso de conceptualización y diseño	
Concepto	Zapatos de alta tecnología desarrollados para poder caminar largas distancias dentro de las mega ciudades. Se puede utilizar para caminar o subir por distintas superficies como edificios, calles, etc.

***Time frame* y contexto**	Dentro de los próximos 30 años la ropa será accesible a todos y será muy homogénea. Las personas utilizarán prendas básicas y funcionales ya que los hace ser más eficientes y perder menos tiempo al vestirse para sus actividades diarias. Hay un boom aún más grande de looks monocromáticos. También la manera de transportarte es ecológicamente sustentable ya que la mayoría de las personas se mueven caminando, en bicicletas o transportes públicos. Existirán calles exclusivamente para peatones elaboradas como si fueran parques y simula que estás caminando por la naturaleza. Por lo mismo que tuvimos que construir de manera sustentable los edificios y ciudades se hicieron compactas y largas. Se basan en el tipo de "smart cities" desarrolladas en Arabia Saudita. En este tipo de ciudades se camina a todas partes y puedes recorrer la ciudad entera a pie. Casbas, M. (2022).
Descripción del uso y experiencia	Este tipo de zapato sería para uso diario ya que en el futuro imaginado las personas caminan a todas partes y pueden recorrer toda la ciudad caminando. Estas tendrían diferentes tipos de caminos que no necesariamente son horizontales sino también verticales. Simulando la función y el sistema de agarre de las patas de una hormiga.
Materiales	El zapato está compuesto de materiales reciclados como plásticos reciclados para hacer la suela o bioplásticos. Material de maíz y plantas como base para la suela para hacer esta una suela biodegradable. La tela del zapato también es muy suave y cómoda al utilizar una mezcla de tela 100% algodón y telas recicladas.
Diseño	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Salinas et al.
Prompt (Párrafo usado para Mid Journey): *A high tech hiking tennis shoe, hyper realistic, sustainable materials, cinematic, hyper detailed*	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Salinas et al.. y Midjurney.

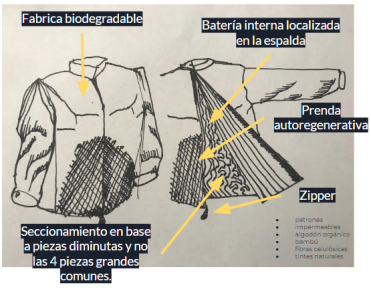
Planos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Salinas et al.
Conclusiones	De este proyecto logramos concluir que varios de los diseños que nos rodean día a día pueden ser encontrados en la naturaleza. También nos demuestra cómo podemos inspirarnos en nuestro alrededor y ver más a detalle cómo podemos diseñar en base a la naturaleza. El proyecto nos permitió enfocarnos en un objeto de estudio y analizar sus partes y cómo diseñar de manera conceptual y utilizar lo que nos rodea para poder innovar. También hacer el proyecto por partes nos permitió mejorar en nuestras habilidades de investigación, manejo de tiempo y como llevar un concepto a un prototipo final.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: PR21 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 34**	**Integrantes del equipo:** LINT / Samantha Yamallel Guerra LMEC / Mariángela González Cienfuegos LMEC / Angélica Guajardo Garza LDI / Alejandro Lerma Garza
Nombre común de objeto de estudio: Margarita **Nombre científico:** Bellis Perennis **Emulación:** Receptáculo de la margarita cuya función es proteger al estambre o centro de la misma cuando la flor.	**Descripción de propuesta:** Prenda inteligente reactiva que se transforma en impermeable cuando el clima lo requiera.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía. Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Guerra et al.

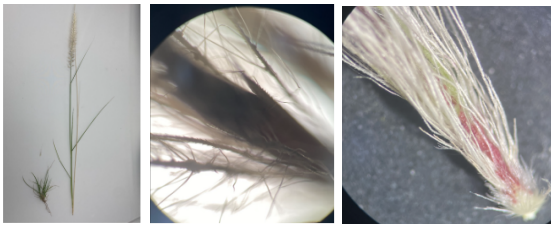
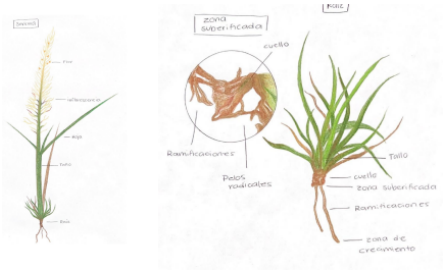
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Guerra et al.
Análisis morfológico y dibujo técnico	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Guerra et al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Guerra et al.
Introspección Analogías	*Analogía 1*- Raíz - venas del cuerpo humano *Analogía 2* - Estambre - huevo (se abre y genera otra vida) *Analogía 3* - Flor fértil - ropa (atracción y protección)

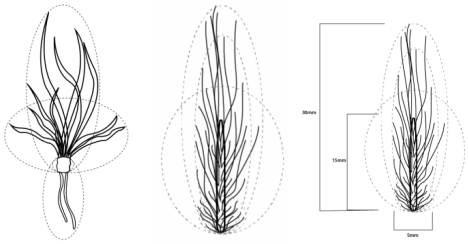
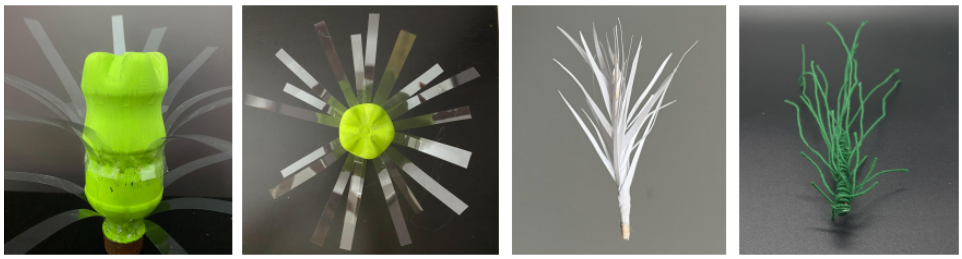
Proceso de conceptualización y diseño	
Concepto	Wearable (prenda inteligente) que se activa en relación al ambiente es decir se vuelve impermeable si llega a llover. Así como la margarita que hace protegiendo al estambre cuando está en desarrollo. Esta prenda inteligente obtiene su energía en relación al contacto con el cuerpo humano donde va acumulando carburante en una batería que le permite activar su mecanismo de protección.
***Time frame* y contexto**	50 años en años en el futuro la ropa fuera de ser un elemento estético y tener especializaciones superficiales como ropa para el verano o el invierno serán más extremas en sus capacidades para ofrecer ciertas protecciones impermeables. Una chaqueta cuyos hilos de la prenda se adaptan dependiendo del clima o se expanden para cubrir o un área muy pequeña del cuerpo del usuario como el torso o de pies a cabeza. Casi como si la prenda fuera una entidad viviente. Esta misma puede regenerarse en caso de sufrir daños en la tela al ser compuesta de materiales biodegradables y por ser expuesta a entornos con climas extremos.
Descripción del uso y experiencia	Como las estaciones para cargar baterías sin cables las dos placas reaccionan inmediatamente, los mismos pulsos eléctricos del sistema nervioso dan vida a la prenda para reaccionar. Si el usuario está

	mojado los hilos de la chaqueta cambian a ser impermeables, se expanden para proteger al usuario del frío, lluvia, viento, etc. La chamarra luce brillante pero obscura. Su diseño es sencillo y sutil pero resalta el estambre de la margarita gracias a la textura que tiene la tela. Se siente un poco rasposa de una dirección pero lisa en la otra dirección. Al momento de reaccionar, la prenda se vuelve lisa para que la lluvia resbale de sí misma. En el día a día la chaqueta es muy ligera, es fácil de doblar y no tiene peso. Se vuelve una segunda capa de piel para el usuario. Hasta en días calurosos es muy cómoda de tenerla puesta gracias a que es muy liviana y no provoca calor.
Materiales	Las dos placas están compuestas con un metal flexible que se ajusta a diferentes tipos de cuerpo y los hilos son un composito de fibras de carbono para ofrecer comodidad y protección al usuario. El tipo de batería utilizada es una batería portátil la cual está hecha de zinc y dióxido de manganeso. La batería utilizada es una batería hermética la cual es impermeable, se puede estirar hasta 3 veces su longitud original, es resistente al agua y lavado de prenda y sobre todo es hecha con materiales bastante baratos. En temas de sustentabilidad, esta prenda puede ser traspasada a futuras generaciones gracias a los hilos que no se desintegran fácilmente. Prenda biodegradable.
Diseño	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Guerra et al.. y Midjurney.
Prompt (Párrafo usado para Mid Journey): *A waterproof jacket with a futuristic design made of carbon fiber*	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto Guerra et al.. y Midjurney.
Conclusiones	En conclusión, nosotros como equipo empezamos con un entendimiento muy limitado sobre todas las funciones de la margarita y cuál es su propósito en la tierra. Ha sido muy interesante descubrir paso a paso todo lo que conlleva cada parte que conforma este organismo. Fue gracias a una metodología inmersa en las características y funcionalidad de la margarita que pudimos aprender de la labor que hace que ésta sea identificada como una flor con la cualidad de protegerse a climas extremos y que se abaste sola por un largo periodo de tiempo. El proyecto se desarrolla primero con toda la información base de la margarita desde su nombre científico hasta cada componente individual. Tuvimos que obtener una mayor comprensión sobre todas las partes antes de poder proponer lo que sería nuestro

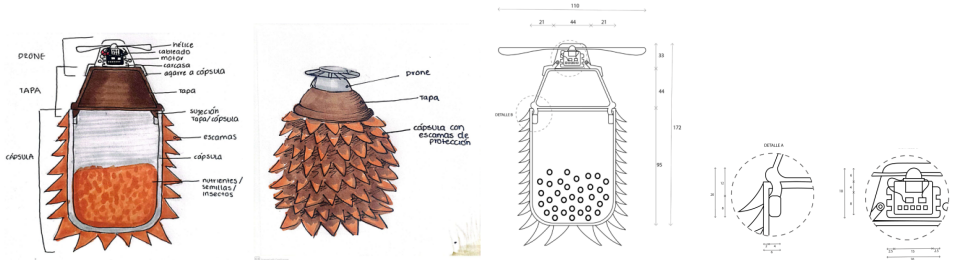
	proyecto. Esto fue posible gracias a la investigación recabada y el proceso de analizar detenidamente a la Bellis Perennis primero fotografiándose, después viéndola bajo el microscopio y haciendo bocetos a lápiz y luego digitales para finalmente crear prototipos de esta y luego de nuestra propuesta de concepto. Con este procedimiento nos percatamos que el mayor provecho que se le puede imitar en nuestro proyecto de biomímesis fue su capacidad de adaptación a los cambios climáticos enfatizando la parte de la flor mejor conocida como receptáculo.

FICHA CASO DE ESTUDIO *Curso: OT22 Soluciones Interdisciplinarias* *Centro de estudios: Universidad de Monterrey* **Caso de estudio No. 35**	**Integrantes del equipo:** LDG / Sofia Paola Serrano Leal LDI / Viviana de la Fuente Martínez LMEC / Melanie Alessandra Hernández Salazar
Nombre científico: *Pennisetum* **Nombre común:** Sericura **Emulación**: La capacidad de la sericura de retener nutrientes en sus espigas para liberarlas al momento que la planta las necesite.	**Descripción de propuesta:** La propuesta de diseño es una cápsula biodegradable anclada a un dron llena de semillas y nutrientes, la cual se mandará a lugares que necesitan reforestación de árboles y plantas; la finalidad de esta cápsula es liberar su contenido en las zonas donde se requieran y que se pueda devolver la vida a dichos lugares en riesgo de perder su fauna y flora.

Análisis	
Análisis por medio de la fotografía. Fotografía general, en detalle y visualización por medio del microscopio.	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente et al.
Análisis de la geometría a través del dibujo análogo	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.

Análisis morfológico y dibujo técnico	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Análisis experimental por medio de prototipos	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Introspección Analogías	*Analogía 1*- El transporte de nutrientes a través del tallo comparado con el esófago *Analogía 2* - La resistencia del tallo comparado con las columnas de edificios *Analogía 3* - El movimiento y almacenamiento de agua a través de la inflorescencia comparado con un recolector de agua.

Proceso de conceptualización y diseño	
Concepto	Se creó un sistema de distribución de recursos usando cápsulas biodegradables. Éstas son transportadas por medio de drones o aviones (dependiendo la cantidad); las cápsulas cargan con los recursos necesarios y son posteriormente selladas. A medida que se desintegran, los nutrientes y organismos pueden nutrir el suelo. Estas cápsulas están protegidas por "escamas", emulando la dirección de los pelos de la inflorescencia, para caer suavemente y llegar al suelo en posición vertical. Estas escamas podrán tener direcciones y dimensiones diferentes dependiendo del área a la que se busca llegar. Por ejemplo, se usarían escamas más largas y abiertas para caer sobre árboles y atorarse en las ramas, o escamas cortas en posición vertical para llegar rápidamente al suelo.
***Time frame* y contexto**	En el futuro, a 10 años, llegaremos a un punto en donde los ecosistemas ya no son autosuficientes gracias a la falta de recursos y extinción de algunas especies, por lo que se requiere hacer llegar los recursos necesarios de manera urgente. El gobierno quiere enviar nutrientes, agua, organismos, etc. a estos hábitats de una manera no intrusiva y sin ocasionar más daño al ambiente ni dejar desechos. Ya se había intentado hacer llegar estos recursos, pero no se hizo suficientemente rápido y la llegada de camiones que cargaban los recursos, ocasiona más daño. Gracias a estos intentos fallidos, las personas no quieren que el gobierno se entrometa. Sin embargo, si no se hace llegar asistencia, estos lugares quedarán completamente desiertos en 2 años.
Descripción del uso y experiencia	Para comenzar se van a programar los drones para que vayan a cierto lugar que necesite de su ayuda y

	después se envían, llenos con los recursos necesarios (agua, semillas, tierra, etc…). Posteriormente, cuando estos lleguen a su destino se desprende la cápsula, que caerá al suelo, en donde por el impacto se abrirá el sello, liberando su contenido.
Materiales	Carcasa y escamas hechos de biopolímeros capaces de desintegrarse por completo en aproximadamente 1 mes. Tapa de la cápsula biodegradable en 2 semanas para poder acceder a los nutrientes rápidamente.
Diseño	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al.
Prompt (Párrafo usado para Mid Journey): *A futuristic brown capsule made of long scales being dropped by a drone in a forest pine tree forest, minimalistic, happy environment, hyper realistic, hyper quality, cinematic, futuristic theme, hyper detailed, artstation trending, high quality, extra graphics, photo realistic, octane render.*	 Fuente: Acervo de la autora (2022) - Autoras del proyecto De la Fuente el al. y Midjurney.
Conclusiones	En el presente proyecto creamos un producto que servirá para un futuro en donde el ambiente ya no puede producir sus propios recursos naturales a causa de la sobreexplotación, y nuestro prototipo inspirado en la capacidad de retención de recursos naturales y caída de la inflorescencia de la sericura es nuestra propuesta de solución a esto. Actualmente, el planeta tierra es un lugar en peligro y es muy importante que las futuras generaciones comiencen a tomar acción y pensar a futuro, ésto con la finalidad de llegar a una mejor calidad de vida y evitar nuestra extinción. El diseño no tiene límites y es muy importante no dejar que la creatividad pare, es la única solución para seguir adelante y descubrir cosas increíbles.
Video	https://www.youtube.com/watch?v=U8HKeobFUIw

GRACIAS

kazmy.chi@udem.edu