

Practica pedagógica en la asignatura diseño 4: bioforma

Angelica Maria Cruz Forero

Trabajo de grado para optar al titulo de Diseñadora Industrial

Director:

Eduardo Serafin Guevara Melo

Codirectora:

Dra. Clara Isabel Lopez Gualdron

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierias Fisico Mecanicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2020

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Planteamiento del problema de diseño	12
2. Marco Teórico.....	14
2.1. Marco de referencia conceptual	15
3. Alcance	20
4. Justificación	21
5. Objetivos	23
5.1. Objetivo general.....	23
5.2 Objetivos específicos	23
6. Metodología	24
7. Resultados	27
7.1 Encuesta diagnóstico.....	27
7.2. Herramientas de Aprendizaje planteadas.....	31
7.3 Creación del Aula virtual	57
7.4. Aplicación en el Aula.....	61
7.5. Evaluación de herramientas a través de encuesta final	65
8. Conclusiones	76
9. Recomendaciones	77

Referencias Bibliográficas 78

Apéndices..... 81

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Área de aplicación del proyecto.....	14
Tabla 2. Descripción de actividades y método por objetivo	24
Tabla 3. Percepción de utilidad de cada herramienta por etapa de diseño.	28
Tabla 4. Resultados Percepción de utilidad de las herramientas inicialmente usadas	29
Tabla 5. Grado de satisfacción de los estudiantes con la utilidad de las herramientas.....	31
Tabla 6. Análisis de quintil resultados de encuesta Final	67

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Cuadro comparativo entre modelos de proceso de diseño	17
Figura 2. Grados de analogía	18
Figura 3. Ejes de desarrollo del proyecto.....	25
Figura 4. Porcentaje de percepción inicial de utilidad de las herramientas por etapa de diseño .	29
Figura 5. Percepción inicial de grado de utilidad de herramientas	30
Figura 6. Niveles de abstracción biológica	32
Figura 7. Ala de Libélula aumento 100 X en Microscopia SEM.....	33
Figura 8. Escama ala mariposa aumento 10.000 X en Microscopia SEM.....	34
Figura 9. Imágenes de estereomicroscopía, izquierda, hoja aumento 1 X, derecha, espina suculenta aumento 0,67 X.....	34
Figura 10. Ficha guía de geometrización.....	36
Figura 11. a – b tablas que conforman el Taller de Ideación Fuente: Elaboración propia	38
Figura 12. Ficha herramienta de Co-creación.....	40
Figura 13. Ejercicio práctico aplicación herramienta co-creación.....	41
Figura 14. Prueba de concepto.....	43
Figura 15. Ficha herramienta Prueba de concepto.....	44
Figura 16. Diapositiva presentación herramientas para definir el concepto de diseño.....	45
Figura 17 Algunas dimensiones de benchmarking design (Del Giorgio,2012).....	46

Figura 18. Diagrama general para el desarrollo del protocolo.....	48
Figura 19. Guía para definir el objetivo de experimentación	49
Figura 20. Tipos de variables para experimentación	50
Figura 21. Guía para definir variables	50
Figura 22. Esquema de escalas de medición.....	52
Figura 23. Herramienta de evaluación de la Innovación	53
Figura 24. Proyecto: Armasol II semestre 2018 Diseño IV	55
Figura 25. Proyecto: chaleco para agua. II semestre 2018. Diseño IV	56
Figura 26. Proyecto: Karpa. II Semestre 2018. Diseño IV	57
Figura 27. Sección “Presentación del Curso” Aula Virtual.....	58
Figura 28. Sección “Conducta de Entrada“ Aula Virtual	59
Figura 29. Sección ¡En Clase! Aula virtual	60
Figura 30. Sección Para leer Aula virtual	61
Figura 31. Visita Parque Tecnológico Guatiguara - UIS.....	62
Figura 32. Sustentación final Semestre 2018-2	63
Figura 33. Presentaciones de Clase.....	64
Figura 34. Grafica Porcentaje promedio de percepción de grado de utilidad de las herramientas	66
Figura 35. Grado de interés por herramienta	68
Figura 36. Grafica Grado de aceptación Estereomicroscopías y Microscopia SEM.....	69
Figura 37. Grado de aceptación de Matriz de Ideación	70
Figura 38. Grafica Grado de aceptación Herramienta de Co-creación	71
Figura 39. Grafica Grado de aceptación prueba de concepto	72

Figura 40. Grafica Grado de aceptación validación de la novedad	73
Figura 41. Grafica Grado de aceptación protocolo de experimentación	74
Figura 42. Grafica Grado de aceptación matriz de innovación	75
Figura 43. Gráfico Grado de aceptación herramienta: Realización	76

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Encuesta de diagnostico inicial.....	81
Apéndice B. Resultados de encuesta diagnóstico inicial	84
Apéndice C. Encuesta de seguimiento herramientas metodológicas	86
Apéndice D. Matriz de respuestas encuesta de satisfacción de metodologías.....	88

Resumen

Título: Practica pedagógica en la asignatura diseño iv: bioforma *

Autor: Angélica María Cruz Forero**

Palabras Clave: Estrategias de Aprendizaje, Biomimética, Bioconfiguración, Innovación en Diseño, Investigación en Diseño.

Descripción:

Durante la práctica docente realizada, se implementaron estrategias para fomentar la generación de conocimiento a través de la creación de artefactos basados en el enfoque de diseño bioinspirado, para la innovación desde la perspectiva de aprendizaje orientado por proyectos. Se estableció un direccionamiento hacia la integración de conocimientos teóricos y prácticos en ciencia y tecnología. A partir de este enfoque, en la propuesta de investigación se buscó diseñar e introducir en la cátedra diferentes herramientas metodológicas que permitieran promover procesos creativos facilitando en los estudiantes el fortalecimiento de las competencias para proyectar, configurar y desarrollar artefactos de alta calidad. Es así como desde esta visión, se generaron directrices para fortalecer el pensamiento de diseño integrándolo al razonamiento analógico basado en bioforma y biomimética, cuyo aporte se entiende como el uso de la naturaleza como referente para la configuración de conceptos, artefactos y nuevos materiales. Se generaron guías de apoyo que fueron involucradas en las diferentes etapas del proceso de diseño aplicadas en dos cursos de la asignatura Diseño IV cohorte 2018-2 de la escuela de Diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander y se evaluó la utilidad y aceptación de dichas herramientas por parte de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, obteniendo un banco de proyectos evaluados a partir de una matriz diseñada para medir el potencial de innovación alcanzado en el diseño desde la relación analógica con un elemento de la naturaleza.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas Escuela de Diseño Industrial Director: Eduardo Serafin Guevara Melo Codirectora: Dra. Clara Isabel Lopez Gualdrón Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas Escuela de Diseño Industrial

Abstract

Title: Pedagogical practice in the subject design iv: bioform*

Author: Angélica María Cruz Forero**

Key Words: Learning Strategies, Biomimetics, Bioconfiguration, Design Innovation, Design Research.

Description:

During the teaching practice carried out, strategies were implemented to promote the generation of knowledge through the creation of artifacts based on the bioinspired design approach, for innovation from the perspective of project-oriented learning. A direction was established towards the integration of theoretical and practical knowledge in science and technology. Based on this approach, the research proposal sought to design and introduces different methodological tools in the subject that promote creative processes, facilitating the strengthening of project skills for students, configuring, and developing high-quality artifacts.

That is why, from this vision, guidelines were generated to strengthen design thinking by integrating it into analogical reasoning based on bioform and biomimetics, whose contribution is understood as the use of nature as a reference for the configuration of concepts, artifacts and new materials.

Support guides were generated that were involved in the different stages of the design process applied in two courses of the Design IV cohort 2018-2 subject of the Industrial Design School of the Industrial University of Santander, and the usefulness and acceptance of These tools by the students in their learning process, obtaining a bank of projects evaluated from a matrix designed to measure the potential for innovation achieved in design from the analog relationship with an element of nature.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierias Físico Mecánicas Escuela de Diseño Industrial Director: Eduardo Serafín Guevara Melo Codirectora: Dra. Clara Isabel Lopez Gualdrón Facultad de Ingenierias Físico Mecánicas Escuela de Diseño Industrial

Introducción

La biomimética se ha convertido en una herramienta ventajosa para el diseño industrial apoyando la mejora del proceso de innovación aplicado en productos y servicios, mediante la interpretación, investigación, análisis y observación de la naturaleza (Sanabria, 2007). Implementar estas prácticas permite al diseñador percibir la naturaleza como fuente de ideas y soluciones técnicas. Lograr identificar y transcribir comportamientos, principios funcionales, materiales e incluso sistemas encontrados en seres vivos, permite percibir la biomimética como un elemento diferenciador que orienta el proceso proyectual en la generación de soluciones para funciones clave buscadas. (López & Berges, 2014).

La biomimética está empezando a formar parte del aprendizaje de métodos de diseño y desarrollo de producto, usada como fuente creativa por el potencial que ha demostrado (Viñolas, & Marlet, 2005), esta intensión creativa hace parte de los propósitos y competencias de la asignatura Diseño IV, perteneciente al plan de estudios de la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander (EDIUIS).

Actualmente el proceso metodológico empleado en la cátedra de Diseño IV corresponde al pensamiento de diseño, incorporando componentes de metodologías enfocadas en biomimética, lo cual ha logrado establecer un factor diferenciador en los artefactos desarrollados por los estudiantes; Pero aun así la percepción de estudiantes y profesores recopilada por medio de encuestas diagnóstico para determinar la relevancia de la implementación de este tipo de enfoques en la enseñanza de diseño, reflejan dificultad en la aplicación de ciertas herramientas empleadas

en la asignatura, lo que repercute de manera negativa en el desarrollo del proceso proyectual. Evidenciando así la necesidad de profundizar en las practicas metodológicas empleadas en la asignatura, razón por la cual se plantea el presente proyecto de grado en modalidad práctica docente cuyo objetivo se centra en la definición de instrumentos de apoyo para afianzar el proceso de diseño, aplicados en la estructura metodológica empleada en la asignatura, Diseño IV: Bioforma. Encaminando a que este enfoque logre ser adoptado con éxito dentro del proceso formativo en la cátedra universitaria de la EDIUIS.

1. Planteamiento del problema de diseño

En el campo del diseño, son conocidas las contribuciones otorgadas desde la biomimética como fuentes para la obtención de parámetros y conceptos para el desarrollo de modelos conceptuales de uso habitual (Sarmiento, 2015) permitiendo determinar funciones específicas de los seres biológicos, transferibles al diseño. Bajo esta perspectiva inspeccionar las funciones presentes en las soluciones naturales le imprime potencial innovador a los productos desarrollados (López & Berges, 2014) .

Si bien los científicos usan datos y procesos biológicos para observar, medir, analizar y categorizar, los diseñadores también pueden explorar estos datos para idear, modelar y diseñar. La biología busca principios al investigar los fenómenos naturales a través de la observación, la medición, el análisis y la categorización; esta forma empleada para la generación de conceptos es un insumo que podría constituirse como un marco de referencia en un contexto de diseño (de

Bérigny, Reinhardt, & Fay, 2017). Para validar este tipo de prácticas es esencial sistematizar los procesos pues como lo afirman López & Berges (2014) la aplicación de la biomimética en proyectos de diseño industrial y desarrollo de producto “necesita de una adaptación a los métodos tradicionales por medio de un modelo más sencillo y a través de un sistema de aprendizaje” (p.1).

La estructuración metodológica basada en el uso de la bioforma dentro del proceso de diseño, empleada en el taller de Diseño IV, de la escuela de Diseño industrial, fue analizada desde la percepción de los estudiantes que ya cursaron la asignatura. A partir de una encuesta diagnóstica realizada a 82 estudiantes que cursaron la asignatura entre los años 2015 hasta el primer semestre del 2018, logrando identificar ventajas y desventajas en el proceso metodológico actualmente empleado en la asignatura, así mismo se resumieron opiniones sobre la percepción que adquieren los estudiantes sobre el uso de la biomimética como enfoque para generación de artefactos de diseño y los aportes brindados por estas prácticas en su proceso formativo como futuros profesionales en el campo del diseño.

Dentro del diagnóstico se evidencia que a pesar de encontrar la materia interesante por los métodos o enfoques abarcados dentro de la metodología utilizada, cerca de un 57% de los estudiantes encuestados afirman que se dificulta la realización de los tres proyectos propuestos ya que al momento de abordarlos encuentran falencias en la forma de determinar que conceptos usar y como transferirlos a modo de parámetros de diseño; al igual se destacan falencias en la forma de implementar dichos parámetros o conceptos para la creación de artefactos con un alto nivel de inventiva. En consecuencia, el interés por generar artefactos con potencial innovador, conlleva a que los tiempos de desarrollo en cada etapa superen los definidos en la asignatura para el desarrollo del proyecto, por lo cual no se sienten satisfechos con el alcance obtenido.

Estos hallazgos nos ponen en evidencia una necesidad de brindarle al estudiante guías que le permitan comprender, como generar conceptos con potencial innovador en el tiempo establecido para el desarrollo de los proyectos, para la realización de los diferentes pasos del pensamiento de diseño, y con lo cual generen una interpretación más asertiva.

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta para fundamentar el proyecto: ¿En qué medida influye la aplicación de material de apoyo en la generación de conceptos con potencial innovador basados en la bioconfiguración, empleado dentro de la metodología actualmente implementada en el taller de Diseño IV?.

2. Marco Teórico

Dentro del plan de estudios impartido actualmente en la escuela de Diseño Industrial de la UIS se encuentra la asignatura Diseño IV: Bioforma correspondiente al área proyectual aplicada en el pensum durante el cuarto nivel de preparación. A continuación, se presenta una descripción de cómo se encuentra delimitada la asignatura anteriormente nombrada (Tabla 1)

Tabla 1.

Área de aplicación del proyecto.

Nombre asignatura	Propósitos y Competencias
Diseño IV Bioforma	<ul style="list-style-type: none">- Aplicar por analogía en alternativas formales a nivel bidimensional y tridimensional algunos de los principios resultados del análisis morfológico y cinético de seres vivos.- Aplicar bioforma en configuración de productos.

Nombre asignatura	Propósitos y Competencias
	- El estudiante conoce, identifica y comprende, métodos para la proyección y configuración de productos con base en el análisis y síntesis de principios formales y funcionales de seres vivos.

El proceso metodológico aplicado actualmente dentro de la asignatura corresponde al pensamiento de diseño incorporando componentes de metodologías enfocadas en biomimética, empleando como estrategias de enseñanza las siguientes:

- Documentación, revisión bibliográfica y consulta sobre los temas: biónica, biomimética, biotecnología, biomecánica, biofísica, biocinética, bioforma, morfogénesis, morfología, estructuras naturales, geometría fractal, inteligencia artificial y otros relacionados con el diseño en general.
- Análisis morfológico y cinético de un ser vivo animal, o parte de alguno de sus sistemas, para proponer formas con movimiento que retomen los principios analizados.
- Análisis morfológico de un vegetal para aplicar por analogía sus principios en propuestas formales y estéticas a nivel bidimensional y tridimensional.

El contexto dentro del cual se enmarcan dichas técnicas de enseñanza en la Escuela de Diseño Industrial se establece en el siguiente apartado.

2.1. Marco de referencia conceptual

La biomimética responde a la adaptación de una función, a distintos entornos y bajo requisitos diferentes, posibilitando la traducción de soluciones de un ser vivo para varios problemas técnicos o de varios seres para un problema genérico aplicable a varios productos (López & Berges, 2012).

Janine Benyus, afirma que existen tres ejes en que se puede emular la naturaleza, el primero es el que imita la forma natural, el segundo es el que imita los procesos naturales y el tercero es el que copia funcionamiento de los sistemas, sus conductas (Benyus, 2008) ;Al igual se emplean diferentes niveles de analogías, *inconsciencia* , *inspiración* enfocada en los aspectos formales, *transposición* donde se mantiene la relación forma-función, y por ultimo *imitación*, investigaciones que tienden hacia los biomateriales y su posterior utilización en la relación forma-función (Werner, 1984).

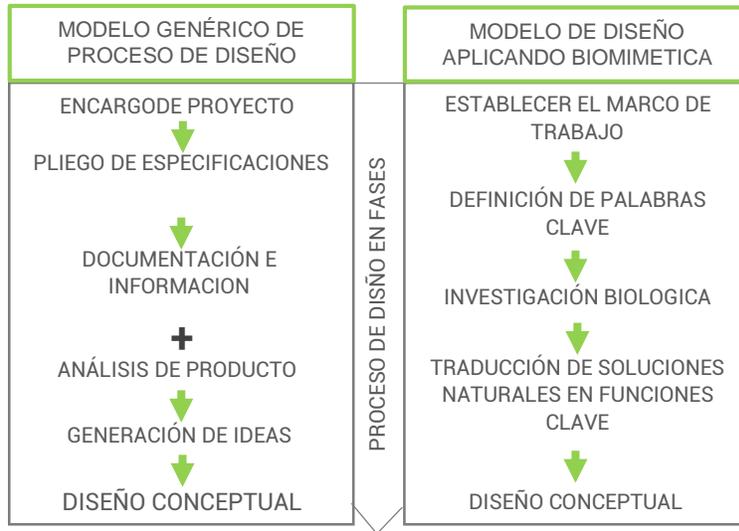
Los anteriores ejes mencionados pueden extrapolarse a la creación de objetos siguiendo los lineamientos planteados en los dos principales enfoques metodológicos (Saad, 2011) definidos para los estudios basados en biomimética, estos son:

- Enfoque basado en problemas: Para este enfoque, los diseñadores buscan en el mundo vivo soluciones luego de identificar problemas, necesitan entonces emparejarlos con organismos que han resuelto problemas similares.
- Enfoque basado en soluciones: Para este enfoque, se identifica un sistema biológico relevante para un contexto de diseño. Por lo tanto, se debe reconocer el potencial de investigación en la creación de nuevas aplicaciones.

El enfoque actual de la biomimesis es más amplio al suponer que esta metodología puede tener repercusiones en casi todos los campos en donde el diseño es herramienta fundamental. Existen lecciones tan particulares como las que resultan del análisis de estructuras de información genética (ADN), o el estudio de la organización de las colmenas. En este sentido, la biomimesis supone que toda forma y función en la naturaleza, puede abstraerse y transferirse por medio de analogías (Figura.1) a algunas de las áreas del diseño (Soffia, 2010).

Figura 1.

Cuadro comparativo entre modelos de proceso de diseño



Nota. Tomado de: (López & Berges, 2014)

En la Figura 1. Se observa una comparación en fases de cada proceso de diseño, se evidencia que, si es posible direccionar un proyecto de diseño bajo el enfoque biomimético, sin perder los parámetros convencionales de la proyección adquiridos en las cátedras comunes del diseño industrial, el punto de convergencia entre las dos metodologías generara importantes avances tecnológicos a partir del análisis de la naturaleza, como se observa en la Figura 2. (López & Berges, 2014)

Figura 2.*Grados de analogía*

Nota. Tomado de: (López & Berges, 2014)

Para lograr establecer mayores niveles analógicos y traducir los conceptos biológicos, es necesario profundizar en la investigación biológica valiéndose de observaciones, revisiones teóricas y aplicativas tecnológicas que le muestren al diseñador de manera gráfica de qué manera funcionan los organismos vivos. (López Díaz, 2017)

El nivel de profundización puede ser alcanzada en la academia por medio de los modelos de enseñanza, proponiendo diversas aplicaciones para incrementar los logros de los estudiantes (Rojas, 2004) contribuyendo así en el desarrollo del potencial creativo y propositivo de los estudiantes de diseño industrial.

La educación en Diseño debe orientarse hacia temas de originalidad, innovación, conceptos emergentes y significancia implícita, en lo que tiene que ver con el diseño de las interacciones de aula. Lo anterior se justifica en que la creación y la invención implican consideraciones que exceden los procesos formativos tradicionales (Rojas, 2004).

El Diseño Industrial, como disciplina orientada a la proyección y desarrollo objetual, implica dentro de su proceso una fase en la que la creatividad tiene un papel primordial (Galindo, 2009). Una mejora en la pedagogía referente al diseño se puede generar a través de técnicas para el desarrollo creativo, ya que, a partir de instrucciones específicas y hábitos aprendidos, se puede posibilitar o mejorar las soluciones creativas de problemas en situaciones concretas. (Marin, 2000)

Los procesos creativos sistemáticos y la evaluación de sus resultados son fundamentales para soportar la capacidad innovadora (GARDONI, 2008). Dentro de las aportaciones en técnicas de creatividad se encuentran diversas herramientas como las matrices o también denominadas metodologías TRIZ (La Teoría de la Resolución de problemas de inventiva) y Six Sigma, utilizadas para gestionar nuevas ideas y resolución de problemas (Youshin Hana, 2015), autores, involucran TRIZ y QFD (Despliegue de la función calidad), como herramientas de apoyo en gestión de la innovación (Cruz-Rivero, 2016) otros las denominan como herramientas para la gestión de la creatividad como TRIZ/USIT (Unified Structured Inventive Thinking) (Nakagawa, 2011) y la estrategia del océano azul (W. Chan Kim, 2004). Estas metodologías, técnicas y estrategias le brindan al diseñador la seguridad de la definición precisa de un problema a nivel funcional y luego proporciona indicadores sólidos hacia soluciones exitosas y, a menudo, altamente innovadoras (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer, & Pahl, 2006). Con esto el potencial innovador de un producto definido como “el resultado de una búsqueda consciente y decidida de oportunidades hacia la innovación” (Drucker, 1998) se genera a partir de un análisis complejo que examina diversas variables involucradas y no se crea al azar garantizando así no volver a definir soluciones atadas a los procesos lógicos o experiencias previas del diseñador.

3. Alcance

El alcance del presente proyecto se centra en la obtención de aplicaciones de apoyo para la generación de conceptos con potencial innovador que sirvan como estrategias de aprendizaje empleadas en el enfoque metodológico impartido actualmente en la asignatura Diseño IV: Bioforma, perteneciente al plan de estudios de la escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Esperando así, que el estudiante logre afianzar su aprendizaje transfiriendo dicha información al diseño de producto.

Finalmente se plantea que el material desarrollado sea presentado a manera de texto guía donde se estructuren las diferentes etapas del proceso de diseño aplicado en la asignatura, las diferentes herramientas utilizadas y el estado del arte alcanzado hasta el momento con el banco de proyectos pertenecientes a la ventana de observación sobre la cual se realizó la encuesta diagnóstica.

Para garantizar la divulgación de dicha información y la aplicación en cursos posteriores de lo alcanzado en el desarrollo del proyecto, se empleará el uso de TICs habilitando un aula virtual de aprendizaje contando con el apoyo del CEDEDUIS. Los resultados obtenidos se recopilarán como soporte para la creación de un libro sobre la aplicación de la bioforma en el diseño industrial.

4. Justificación

El Centro para el Desarrollo de la Docencia en la UIS- CEDEDUIS afirma que “La investigación permite dar apoyo a la acción educativa a través de la producción y profundización de conocimientos íntimamente conectados con el saber y la práctica pedagógica”, la relevancia de plantear proyectos de investigación pedagógica en la práctica del diseño industrial radica en la oportunidad de generar herramientas que secunden los procesos metodológicos aplicados en el aula aportando a la generación de conocimiento y fortaleciendo el proceso educativo universitario impartido en la EDIUIS.

Tomando en cuenta lo anterior, el propósito planteado en el presente trabajo de grado busca afianzar el proceso metodológico implantado actualmente dentro de la asignatura Diseño IV: Bioforma, introduciendo en ella aplicaciones de apoyo para la generación de conceptos traducidos a productos con potencial innovador. Resaltando la utilidad que ofrece el uso de la bioforma dentro del diseño industrial y las ventajas, que el enfoque metodológico actualmente empleado en la asignatura presenta frente a otras metodologías; mostrando así la relevancia que dichos instrumentos empleados generan tanto en la ideación de proyectos, como en el proceso formativo del diseñador industrial UIS.

Mediante la organización de los lineamientos empleados se busca brindar al estudiante una orientación que le permita gestionar el proceso creativo logrando que este haga un uso efectivo de las herramientas brindadas por el docente, generando en él un mayor nivel de afianzamiento y

empatía con el proceso metodológico, lo cual le permitirá emplearlo con éxito dentro de su campo de desempeño como diseñador.

Establecer este tipo de estrategias fortalecerá la práctica docente dentro de la Escuela de Diseño Industrial de la UIS, pues “el uso de modelos ayuda a los docentes a enseñar más eficazmente, haciendo que su forma de enseñar sea más sistemática y efectiva.” (Eggen & Kauchak, 2001), al igual se estará contribuyendo en el alcance de la misión de la EDIUIS mediante la “generación, adaptación, mejoramiento y reconstrucción del conocimiento enmarcado en el campo del diseño”.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Proponer instrumentos de apoyo para afianzar la ideación y desarrollo de conceptos con potencial innovador en la creación de artefactos basados en bioforma aplicados en la estructura metodológica empleada en la asignatura, Diseño IV: Bioforma.

5.2 Objetivos específicos

- Identificar herramientas, prácticas y aplicaciones de la biomimética y el desarrollo del potencial innovador en el diseño industrial.
- Definir guías que faciliten la síntesis de conceptos y desarrollo de potencial innovador en proyectos con enfoque en bioforma.
- Aplicar el material de apoyo definido de la investigación, como instrumento de aprendizaje en la asignatura Diseño IV: Bioforma del programa de Diseño Industrial de la UIS.
- Evaluar el material desarrollado a partir de la eficiencia lograda en la síntesis de conceptos y la generación de potencial innovador en productos de diseño industrial.

6. Metodología

En primera instancia se realizó una revisión del proceso de enseñanza mediante una encuesta diagnóstica realizada a 82 estudiantes que cursaron la asignatura a partir del 2015 hasta el segundo semestre del 2017. A partir de este momento se planteó la propuesta del proyecto, con esto se lograron identificar ventajas y desventajas en el proceso metodológico que se venía empleando en la asignatura, seguido de esto se establecieron actividades en función de cada objetivo específico planteado, cuyo desarrollo se especifica en la Tabla 2.

Tabla 2.

Descripción de actividades y método por objetivo

Objetivo específico	Actividad	Método
Identificar herramientas, técnicas, prácticas y aplicaciones de la biomimética y el desarrollo del potencial innovador en el diseño industrial	Revisión de literatura: Gestión de procesos creativos Metodologías basadas en bioforma Aplicación del enfoque biomimético en el diseño industrial Innovación en diseño	Emplear bases de datos bibliográficas como Elsevier, Scopus, Jstor, Springer. Entre otras Revisión de proyectos de grado en la base de datos de la biblioteca UIS.
Definir guías que faciliten la síntesis de conceptos y desarrollo de potencial innovador en proyectos con enfoque en bioforma	Definir rubricas para la evaluación de conceptos y potencial innovador en los ejercicios planteados	-Revisión bibliográfica sobre estrategias de creatividad e innovación existentes. - Extraer información de relevancia y adaptarla al proceso de pensamiento de diseño.

Objetivo específico	Actividad	Método
Aplicar el material de apoyo definido de la investigación, como instrumento de aprendizaje en las asignaturas Diseño IV: Bioforma del programa de Diseño Industrial de la UIS	Aplicación en el aula Aplicar la estrategia en la asignatura diseño IV, en el segundo periodo académico del 2018	Brindar el asesoramiento a los estudiantes explicando el modo de uso de la estrategia, para que sea empleada en el proceso metodológico durante el desarrollo de los proyectos propuestos en clase.
Evaluar el material desarrollado a partir de la eficiencia lograda en la síntesis de conceptos y la generación de potencial innovador en productos de diseño industrial.	Prueba del material de apoyo	Matriz de evaluación, basada en la satisfacción alcanzada en los estudiantes Rubrica diagnostico

Una vez planteadas las actividades para el cumplimiento de cada objetivo específico, se definieron cada una de las etapas a implementar para el desarrollo del proyecto. Figura 3.

Figura 3.

Ejes de desarrollo del proyecto



Preliminarmente a los ejes de desarrollo del proyecto se aplicó una encuesta diagnóstica a los estudiantes que cursaron la asignatura de Bioforma IV, entre el primer semestre del 2015 y el segundo semestre del 2017 a fin de identificar la relación y adaptación de los estudiantes a las herramientas aplicadas en el desarrollo de la asignatura.

El desarrollo del proyecto partió de la revisión de las bases de datos que permitirían profundizar en el entendimiento de estrategias y metodologías de innovación y diseño, y que pudieran ser aplicadas en tácticas de enseñanza para el desarrollo de la asignatura. A partir de estas revisiones bibliográficas y con base en las etapas del proceso metodológico de la asignatura se diseñaron las herramientas de aprendizaje como soporte de las actividades desarrolladas por los estudiantes y se generaron rubricas de evaluación a aplicar durante la práctica docente.

Para la aplicación del proyecto que se realizó sobre los 40 estudiantes que cursaron Diseño IV: Bioforma, en la escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander durante el segundo semestre del 2018, se realizó el acompañamiento de la asignatura, generando el material de clase y la implementación de las herramientas planteadas a través de asesorías, prácticas y evaluaciones de resultados que guiar a los estudiantes en el desarrollo de sus proyectos. Así mismo se generó un aula virtual para que los cursos posteriores cuenten con estas herramientas de apoyo a fin de que se puedan usar como guía los posteriores cursos de Diseño IV: Bioforma.

Una vez finalizada la práctica se evaluó la satisfacción de los estudiantes a través de una encuesta de evaluación, ponderado por la escala de LIKERT, para establecer el grado de aporte de cada herramienta al proceso innovador desarrollado durante la materia. En este proceso se resalta el constante acompañamiento de la docente encargada de la asignatura para la revisión definición y la correcta implementación de las herramientas desarrolladas en concordancia con el cronograma

de actividades establecido al inicio del semestre académico 2018-2, tiempo en el cual se finalizó el proyecto con la fase de aplicación y evaluación.

7. Resultados

A continuación, se describen los principales resultados generados a partir de las herramientas que fueron diseñadas para los diferentes momentos y proyectos llevados a cabo en el curso de diseño IV Bioforma.

7.1 Encuesta diagnóstico

Con el objetivo de obtener una evaluación inicial sobre las herramientas pedagógicas empleadas en la asignatura Diseño IV: Bioforma, se realizó una encuesta diagnóstico APÉNDICE 2 a través de la herramienta GOOGLE FORM, a 82 estudiantes que cursaron la materia entre el primer periodo académico del año 2015 y el segundo semestre del año 2017. De la cual se obtuvieron los siguientes resultados¹ :

En la encuesta realizada se indagó sobre las herramientas ya existentes en el programa pidiéndole a los estudiantes seleccionar la que a su concepto consideraban la de mayor utilidad para cada etapa de sus proyectos, la tabla 3 nos muestra los resultados obtenidos por etapa.

¹ Los resultados completos de la encuesta se muestran en el Apéndice B.

Tabla 3.

Percepción de utilidad de cada herramienta por etapa de diseño.

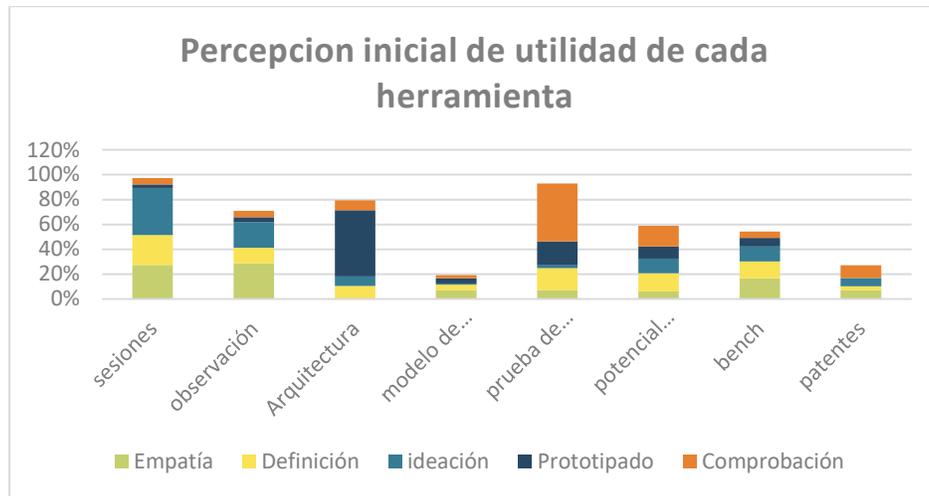
	sesiones	observación	Arquitectura	modelo de negocios	prueba de concepto	potencial innovador	bench	patentes
Empatía	27%	29%	0%	7%	7%	6%	17%	7%
Definición	24%	13%	10%	4%	18%	15%	14%	3%
ideación	38%	21%	8%	1%	2%	12%	12%	7%
Prototipado	3%	4%	53%	4%	19%	10%	7%	0%
Comprobación	5%	5%	8%	3%	47%	17%	5%	10%

En la figura 4. Se puede observar el gráfico de barras sobre el diagnóstico inicial. De acuerdo con la evaluación realizada la herramienta que los estudiantes percibían de mayor utilidad fue la de secciones en grupo la cual consiste en trabajos de revisión grupal a través de exposiciones en las que se revisaban las propuestas de manera cruzada entre los estudiantes. En otras palabras, a través de estas actividades se promovían procesos de coevaluación con el propósito de aportar retroalimentación a los proyectos.

Por otra parte, la herramienta que se percibió de menor utilidad fue la de modelo de negocio en la cual los estudiantes a través de la matriz de CANVAS evaluaban la viabilidad de su producto de diseño. Dadas las fases tempranas de desarrollo de concepto, en esta herramienta el estudiante podía establecer cuál es la propuesta de valor.

Figura 4.

Porcentaje de percepción inicial de utilidad de las herramientas por etapa de diseño



A la pregunta ¿Cuál de las estrategias empleadas fue de mayor utilidad en el proceso de desarrollo? En la que se pidió calificar estas herramientas desde 0 cuando no habían sido aplicadas hasta 5, siendo 1 muy poco útil y 5 de gran utilidad, se obtuvieron los resultados de frecuencia mostrados en la tabla 4.

Tabla 4.

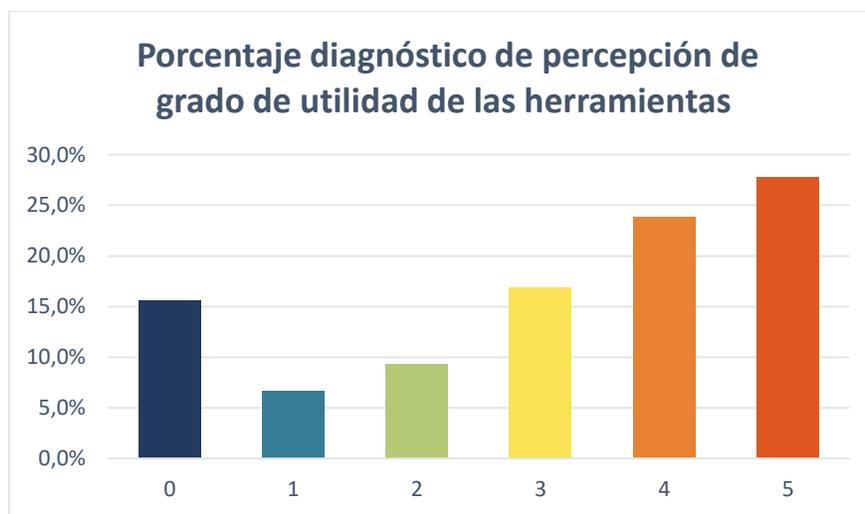
Resultados Percepción de utilidad de las herramientas inicialmente usadas

	Calificación					
	0	1	2	3	4	5
Sesiones	6	1	1	9	33	32
Observación	5	5	12	22	24	14
Arquitectura	14	4	10	18	19	17
M. negocios	17	13	17	14	13	8
P. concepto	8	5	3	14	24	28
P. innovador	9	4	5	13	15	36
Bench	6	6	6	14	16	34
Patentes	37	6	7	7	12	13
% Calificación	16%	7%	9%	17%	24%	28%

En general a través la encuesta se pudo identificar la oportunidad de mejora de las herramientas que se proponían en el desarrollo de la asignatura Diseño IV, entre los resultados, Figura 5. se encontró que un porcentaje importante de estudiante no llegaban a conocer estas herramientas en el transcurso de la materia y que el grado de insatisfacción de los estudiantes con las mismas (calificaciones de 1 y 2) ascendía al 16% de la población encuestada , mientras que un 17% no las encontraba ni útil ni no útil y la mitad de los estudiantes, el 51% aproximadamente ,la encontraba de utilidad (calificaciones de 4 y 5) lo que infería la importancia de estas herramientas, pero también la necesidad de desarrollarlas a fin de que fueran de más clara aplicabilidad y de esta forma generaran un aporte más significativo al proceso de diseño.

Figura 5.

Percepción inicial de grado de utilidad de herramientas



A través de un análisis general de las respuestas de los estudiantes ante la utilidad de las herramientas evaluadas en la encuesta diagnostico se determinó que el grado de aceptación y satisfacción sobre estas para el grupo evaluado era de un 62%, frente a un 38% de insatisfacción.

En la tabla 5 se realizó la distribución del grado de satisfacción de la utilidad de las herramientas en cuartiles y se halla el promedio de aceptación de las herramientas.

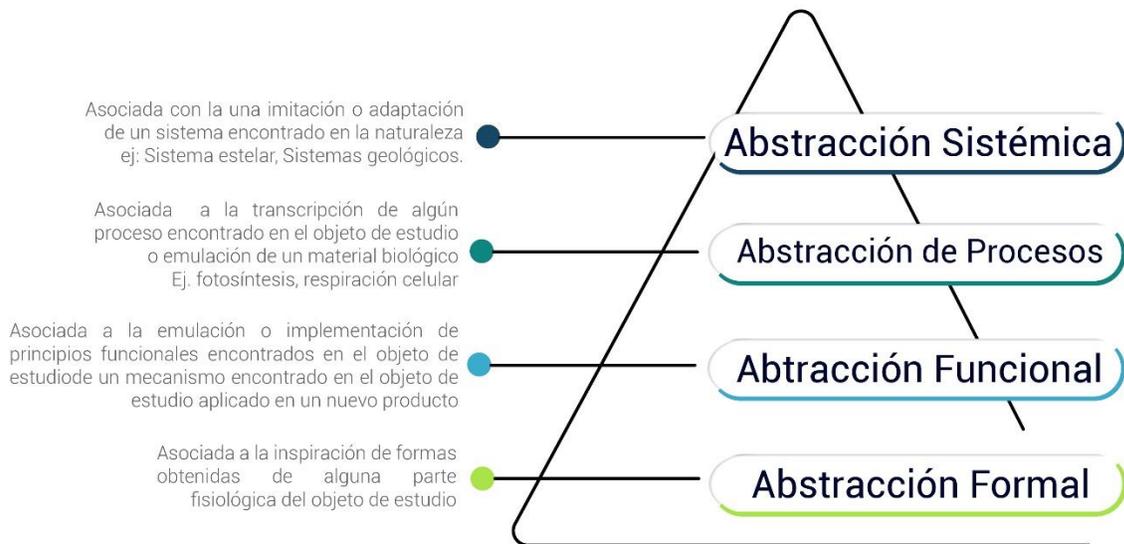
Tabla 5.

Grado de satisfacción de los estudiantes con la utilidad de las herramientas.

	Min	Max	Resultado	Quartil	% satisfacción
Sesiones	0	410	322	Q4	79%
Observación	0	410	261	Q4	64%
Arquitectura	0	410	239	Q3	58%
M. negocios	0	410	181	Q3	44%
P. concepto	0	410	289	Q4	70%
P. innovador	0	410	293	Q4	71%
Bench	0	410	294	Q4	72%
Patentes	0	410	154	Q2	38%
PROMEDIO ACEPTACIÓN HERRAMIENTAS					62%

7.2. Herramientas de Aprendizaje planteadas

A partir de la revisión bibliográfica se definieron los siguientes niveles de abstracción biológica, Figura 6., los cuales definen el alcance de relación al que puede llegar el proyecto con el objeto de estudio, para ser evaluados en cada propósito.

Figura 6.*Niveles de abstracción biológica*

Una vez identificados los niveles de abstracción posibles y con base en el resultado del diagnóstico realizado, se identificó la oportunidad de generar las herramientas de apoyo pedagógico desarrolladas buscando reducir la incertidumbre sobre cómo abordar adecuadamente el proceso de diseño con la metodología planteada en la asignatura. Con base en las diferentes etapas de pensamiento de diseño se establecieron algunas herramientas que faciliten y orienten hacia un enfoque de pensamiento más estructurado, facilitando así la asimilación del proceso de bioinspiración.

El primero de ellos en la etapa de ideación, se identificó la necesidad de involucrar herramientas que promuevan la observación y facilite la identificación de patrones de la naturaleza.

- **A: Obtención de imágenes por medio de microscopia SEM**

El propósito del diseño y aplicación de esta actividad, fue generar material de apoyo que facilite la generación de estructuras geométricas a partir del uso de tecnologías ópticas de alta

resolución y calidad, de manera que se proporcionen imágenes que no pueden ser percibidas por el ojo humano. De esta forma, el proceso de observación se lleva a cabo a partir del análisis del objeto de estudio por medio de toma de imágenes tomadas por estereomicroscopía y microscopía SEM.

A continuación, se presentan algunas de las imágenes obtenidas a través de esta técnica, además de la microscopía SEM, se emplearon estereomicroscopías obtenidos en el laboratorio de fotografía de la EDIUIS.

Figura 7.

Ala de Libélula aumento 100 X en Microscopía SEM

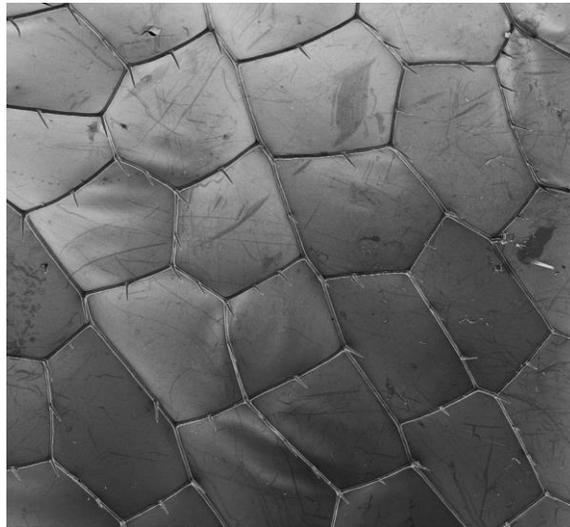
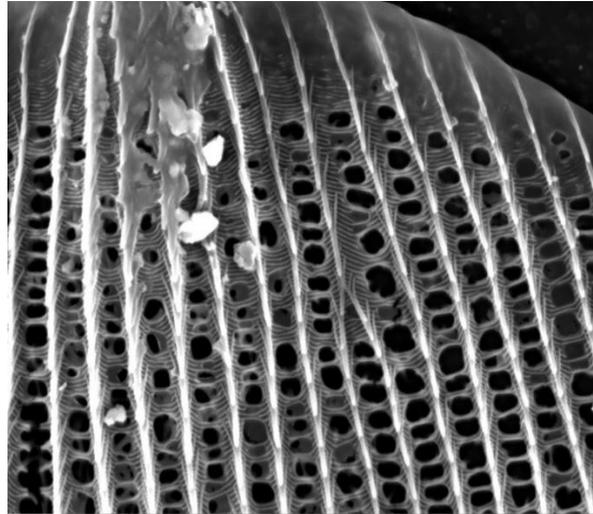
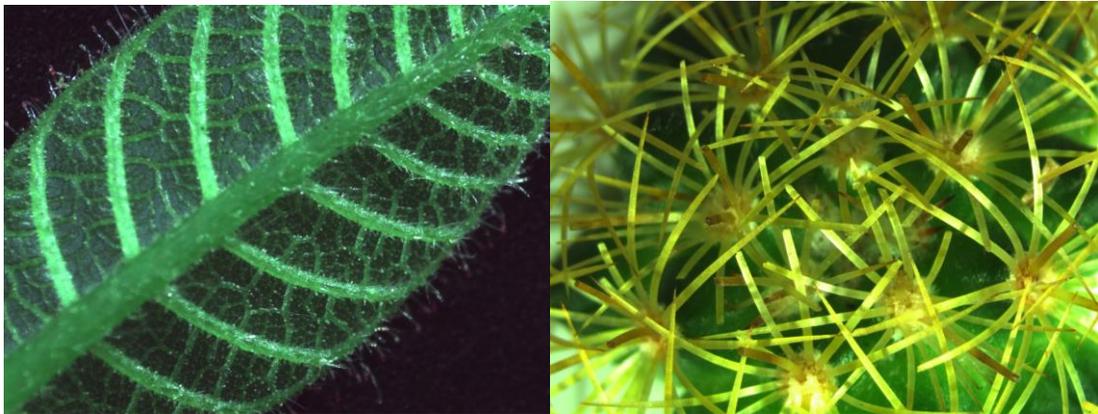


Figura 8.

Escama ala mariposa aumento 10.000 X en Microscopia SEM

**Figura 9.**

Imágenes de estereomicroscopía, izquierda, hoja aumento 1 X, derecha, espina succulenta aumento 0,67 X



Una vez identificados los patrones visibles a través de esta técnica los estudiantes podían usarlos como base en su proceso de geometrización de formas para emplearlas en composiciones o productos.

Para esta etapa de la metodología se desarrolló una guía de geometrizado donde a manera de resumen se exponían los conceptos básicos para creación de la forma controlada. El sentido de esta herramienta es tomar como insumo las imágenes estereomicroscopías y microscópicas para definir los patrones geométricos. Con base en la identificación se busca la normalización de los patrones involucrando proporciones y técnicas de geometrizado, para definir submódulos, módulos y supermódulos.

Finalmente se creó un taller guía del paso a paso que debe seguir un estudiante para establecer patrones geométricos con propiedades intraformales e interformales extraídos de la naturaleza. Su estructura metodológica de 4 etapas, geometrizar, identificar, entender la forma y construir. Así mismo, se explica cómo pueden geometrizarse estos patrones y normalizarse en una malla reticular. Esta guía tiene como estrategia de enseñanza el uso de un caso tomado como referencia para explicar de una mejor manera lo que se puede lograr en el análisis de las imágenes.

Este taller se constituye como una herramienta de apoyo en el desarrollo del primer proyecto de diseño. En esta etapa el estudiante está realizando una exploración formal siguiendo un proceso controlado de la forma y no ha establecido aún cual puede ser la posible aplicación o problema a resolver en términos del proyecto de desarrollo de producto. En este sentido la principal atención se centra en la exploración controlada.

En la figura 10 se observa uno de los ejercicios de geometrizado partiendo de las imágenes la definición de patrones, la caracterización y normalización geométrica para la definición de la malla reticular.

soluciones de diseño estén centradas en lo humano, tengan viabilidad tecnológica y una propuesta de valor establecida, es en la generación de las ideas donde se debe asumir también una postura convergente. Es decir, el proceso de ideación es por naturaleza un proceso divergente, sin embargo, en la etapa de generación de ideas es fundamental involucrar algunos requerimientos que permitirán desde etapas tempranas controlar que las ideas sean viables en su desarrollo.

En la figura 10, se observan las tablas pertenecientes al modelo de taller de ideación desarrollado, con este los estudiantes tenían la posibilidad de enlistar los atributos encontrados en el proceso de observación del objeto de estudio y definen por cada atributo una función y un posible producto a partir de la aplicación de dicha función.

La tabla a. de la figura 11, permite al estudiante ordenar de manera resumida, las características del objeto de estudio analizado, en función de los atributos encontrados, esto facilita hacer un primer acercamiento con la etapa de ideación, a manera de lluvia de ideas el estudiante empieza a generar posibles soluciones a problemas empleando los atributos encontrados en el objeto de estudio

Figura 11.

a – b tablas que conforman el Taller de Ideación Fuente: Elaboración propia

Función (Atributos del objeto de estudio: hojas flores, semillas, raíz, tallo)	Idea (Cómo lo puedo aplicar en un artefacto)	Solución (Cómo cumple esa función mi objeto de estudio)

a. Tabla sobre el objeto de estudio analizado

Idea	Tiempo de desarrollo	Novedad de la idea	Impacto (Enfocado en lo humano)	Complejidad para su desarrollo

b. Autoevaluación de la novedad de las ideas

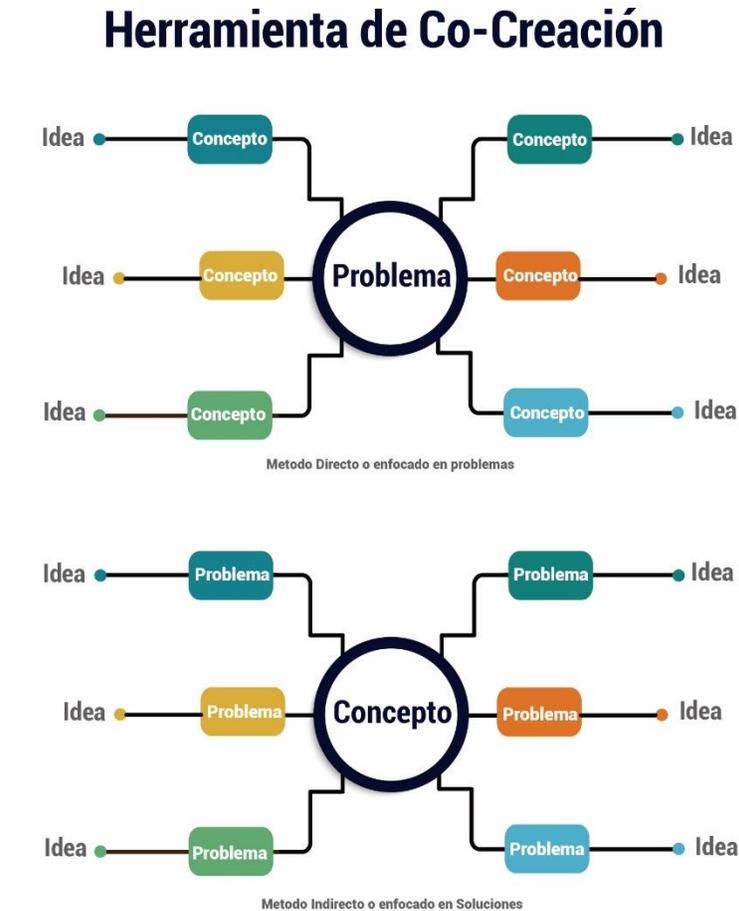
Seguido a esto el estudiante realiza a manera de ponderación una evaluación de las ideas propuestas en el punto anterior, teniendo en cuenta diferentes factores que pueden delimitar la elaboración final de la idea generada, el tiempo de desarrollo, la novedad de la idea basado en el benchmarking, el impacto enfocado a lo humano que se podría generar y la complejidad para desarrollar un modelo físico de la idea; y así, escoger las propuestas con mayor ponderación, justificando el porqué de su puntuación, ejemplificando con lo encontrado en benchmarking y revisión de literatura sobre el problema que se busca solucionar con cada idea seleccionada.

- **C: Herramienta de co-creación:** El proceso de co-creación, es planteado como una estrategia para la generación ideación, definición y verificación de ideas y nuevos conceptos. Los equipos pueden configurarse con integrantes con diferentes perfiles para aportar puntos de vista

complementarios sobre sus percepciones frente al tema o pueden estar conformados por perfiles pares que pueden asumir el rol de evaluador o generador de ideas según sus saberes y competencias. En este contexto del proceso de avance del proyecto, la herramienta de co-creación fue utilizada para generar un espacio de reflexión sobre las oportunidades en generar conceptos viables o de configurar conceptos con mayor potencial de innovación. Considerando que cada proyecto supone sus bases del análisis de un elemento de la naturaleza y a partir de allí se realiza su abstracción mimética para generar una posible solución a un problema o un nuevo concepto, mediado por un mapa de relaciones problema-concepto solución, esta herramienta funciona como un validador de la novedad de esos conceptos y un espacio donde se aportan elementos que fortalezcan estos conceptos previamente generados por los autores de cada proyecto.

Cada grupo de trabajo expuso por medio de un mapa de relaciones los conceptos, problemas y posibles soluciones encontradas en su objeto de estudio. Seguido de esto se realizó un panel de discusión para validar las ideas, donde diferentes estudiantes realizaban comentarios en post-it sobre posibles mejoras, cambios y soluciones teniendo en cuenta el papel que le había sido otorgado (1 estudiante enfocado en lo humano, 1 estudiante enfocado en la viabilidad tecnológica, 1 estudiante enfocado en el modelo de negocio y estudiante enfocado en el nivel de analogía desarrollada y la coherencia del concepto planteado).

Figura 12.

Ficha herramienta de Co-creación

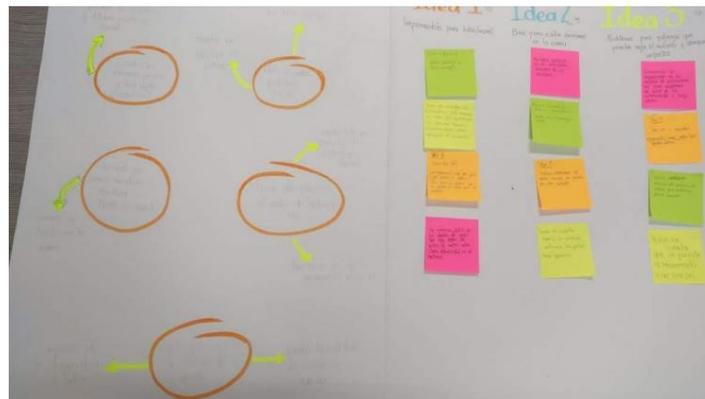
En el desarrollo de esta herramienta se aplican las siguientes técnicas:

- **Mapa de Relaciones:** Para aplicarlo se puede partir del problema y varios conceptos encontrados en el objeto de estudio que pueden resolver el problema o varios problemas o un solo concepto que solucione el problema, aquí se expresan las ideas relacionadas con los problemas generados.

- **Panel de discusión:** El panel de discusión son los equipos conformados por el grupo expositor y 4 panelistas escuchando a los expositores, Los expositores describen en este espacio los problemas identificados, los conceptos asociados para la resolución del problema y como se generaron las ideas, especificando la viabilidad tecnológica, el posible modelo de negocio, usuario, nivel de innovación y nivel de analogía de cada idea.
- **Panelista:** Cada panelista cumple un rol y hará comentarios identificando oportunidades de mejora en los pos-it identificados con un color diferente para cada panelista

Figura 13.

Ejercicio práctico aplicación herramienta co-creación



En la Figura 12. Se observa la ficha creada a manera explicativa sobre la herramienta, mientras que la Figura 13 nos permite ver algunos estudiantes aplicando la herramienta, durante una sesión grupal.

D: Prueba de concepto. Esta herramienta fue creada para verificar en temas de identidad la correspondencia entre el concepto que se desea proyectar a través de un patrón bidimensional y

lo que este comunica visualmente a terceros. A través de esta herramienta el diseñador puede comprender la veracidad entre lo que desea comunicar de forma gráfica con lo que realmente proyecta, convirtiéndose en un mecanismo que le permite iterar, reconsiderar y definir las propuestas de cara a la comunicación identitaria según lo planeado.

La prueba de concepto se propuso para el primer proyecto. Esta consiste en la verificación de correspondencia de los conceptos utilizados por el autor para definir la composición de bioforma. Y se realiza para que el encuestado identifique los conceptos percibidos que estén asociados a la composición.

En la figura 14 se describe el flujo de procesos relacionando las etapas y las actividades requeridas para construir la prueba de concepto, la cual inicia con la etapa de observación, la identificación de atributos, homologación de atributos con conceptos de diseño, generación de conceptos de bioforma o biomiméticos, definición de módulos teselados y mallas poligonales verificación y prueba de concepto. Se realizó una encuesta a usuarios para comprobar la hipótesis representada en el proyecto (atributos y sensaciones presentes), y al igual identificar la relación con el objeto de estudio percibida por los encuestados.

Figura 14.*Prueba de concepto*

Por otra parte, la Figura 15. Muestra ejemplos de la aplicación de la prueba para realizar la comprobación de composiciones 2D creadas a partir del análisis formal del objeto de estudio, patrones encontrados en la etapa de observación y su posterior tratamiento de geometrizado para ser replicados.

migra de un análisis netamente formal a uno que relacione funciones y sistemas identificados en el objeto de estudio.

Se realizó un análisis de lo existente en el mercado por medio de benchmarking haciendo revisión en contenido web y el análisis del estado de la técnica realizando búsqueda de patentes relacionadas con la idea o concepto generado. Para esta etapa se realizó una clase magistral donde se exponían las fases del Benchmarking, Figura 16, y se socializaron herramientas de búsqueda online y bases de datos para realizar de manera correcta la revisión de patentes y exploración del estado del arte de sus proyectos.

Figura 16.

Diapositiva presentación herramientas para definir el concepto de diseño



Figura 17

Algunas dimensiones de benchmarking design (Del Giorgio,2012)



La fase de planeación inicia definiendo el proyecto, producto o servicio que será objeto de análisis para el benchmarking y se establece un cronograma de trabajo decidiendo en que plataformas indagar y cuál será la posible ecuación de búsqueda, posteriormente se realiza la recolección de datos, en la cual se consolidan a manera listado y registrando las especificaciones necesarias, los resultados obtenidos en la búsqueda, que por sus características son las que mayor similitud tienen con el producto o servicio analizado, en el análisis estratégico se compara la información recolectada contemplando diferentes dimensiones del benchmarking design con el fin

de identificar posibles cambios o mejoras a incorporar en la idea a desarrollar (Del Giorgio, 2012), estas dimensiones funcionan como guías que permiten ser medidas y comparadas con otros productos , Figura 17.Finalmente se realiza la adopción y adaptación, lo que consiste en convertir desventajas encontradas en los productos analizados, en oportunidades de mejora para el producto o servicio a diseñar.

F: Protocolo de experimentación: El sentido de esta herramienta es aportar al estudiante guías y lineamientos que lo conduzcan a una validación fundamentada para el desarrollo del segundo y tercer ejercicio de diseño, para esta etapa se requiere que el estudiante genere modelos y/o representaciones físicas de la idea a desarrollar involucrando así la arquitectura del proyecto y la usabilidad de esta para ser testeada; esto teniendo en cuenta que dentro del pensamiento de diseño se plantea la verificación como herramienta para reducir incertidumbre y validar ideas (Sevilla, 2011) , permitiendo al diseñador interactuar con diferentes variables involucradas en la proyección de productos y servicios, la metodología implementada en esta fase se detalla en la figura 18 ,la cual resume las directrices para la elaboración de pruebas que se brindaron a los estudiantes para esta etapa .

Una vez establecida la hipótesis del proyecto, el estudiante establece un protocolo de experimentación con el fin de identificar las diferentes variables, tipo de pruebas e instrumentos de medición necesarias para validar la hipótesis, en las Figuras 18 - 22 se muestran los principales apartados de la guía diseñada para la aplicación de esta herramienta.

Figura 18.

Diagrama general para el desarrollo del protocolo.



En la figura 18 se sintetizan las tres directrices principales para llevar a cabo el protocolo de experimentación:

- **¿QUÉ?**

La etapa inicial para definir un protocolo corresponde a la identificación de la hipótesis que se espera comprobar con la experimentación, para esto se identifica el problema a resolver y se genera una premisa o supuesto que se cree generará la solución pertinente.

Una vez identificada la hipótesis se define el objetivo del experimento que deberá ser coherente a la hipótesis y solución ideal planteada. Para la correcta definición del objetivo se sugiere completar la ficha mostrada en la figura 19, donde el estudiante podrá relacionar en un solo espacio de trabajo, el objeto de estudio, el problema de investigación, la hipótesis planteada,

y reconocer en qué nivel del proceso de pensamiento se enmarca el objetivo de la prueba tomando como referencia la taxonomía de Bloom (Fowler, 2002).

Figura 19.

Guía para definir el objetivo de experimentación

Objeto de estudio	Problema												
Foto	Hipotesis												
¿Qué busco con el experimento? En qué nivel del proceso de pensamiento se enmarca el objetivo de la prueba (taxonomía de Bloom) Señale el verbo con el cual generara el objetivo													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Conocimiento</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Comprensión</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Aplicación</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Análisis</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Síntesis</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Evaluación</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Definir Repetir Registrar Memorizar Relatar Subrayar Identificar</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Interpretar Traducir Descubrir Reconocer Explicar Ubicar Informar Revisar</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Aplicar Emplear Utilizar Dramatizar Operar Dibujar Esbozar</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Analizar Distinguir Diferenciar Inspeccionar Probar Comparar Constatar Discutir Debatir Examinar</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Planear Proponer Diseñar Formular Reunir Construir Crear Establecer Organizar Dirigir Preparar</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Evaluar Juzgar Clasificar Estimar Valorar Evidenciar Seleccionar Escoger Medir</td> </tr> </table>		Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Síntesis	Evaluación	Definir Repetir Registrar Memorizar Relatar Subrayar Identificar	Interpretar Traducir Descubrir Reconocer Explicar Ubicar Informar Revisar	Aplicar Emplear Utilizar Dramatizar Operar Dibujar Esbozar	Analizar Distinguir Diferenciar Inspeccionar Probar Comparar Constatar Discutir Debatir Examinar	Planear Proponer Diseñar Formular Reunir Construir Crear Establecer Organizar Dirigir Preparar	Evaluar Juzgar Clasificar Estimar Valorar Evidenciar Seleccionar Escoger Medir
Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Síntesis	Evaluación								
Definir Repetir Registrar Memorizar Relatar Subrayar Identificar	Interpretar Traducir Descubrir Reconocer Explicar Ubicar Informar Revisar	Aplicar Emplear Utilizar Dramatizar Operar Dibujar Esbozar	Analizar Distinguir Diferenciar Inspeccionar Probar Comparar Constatar Discutir Debatir Examinar	Planear Proponer Diseñar Formular Reunir Construir Crear Establecer Organizar Dirigir Preparar	Evaluar Juzgar Clasificar Estimar Valorar Evidenciar Seleccionar Escoger Medir								
Objetivo del experimento: (redactado en tercera persona)													

- **¿CÓMO?**

Esta etapa corresponde a la planeación de la prueba, se identifican las variables a medir, parámetros necesarios en el experimento, se establece el número de tratamientos que se les dará a los datos (iteraciones) y se describe el procedimiento de la prueba, señalando los resultados esperados.

Figura 20.

Tipos de variables para experimentación



Los cambios o tratamientos que se le dan a la variable independiente tendrán un efecto en la variable dependiente, para este paso se sugiere completar la guía para definir variables, Figura 21.

Figura 21.

Guía para definir variables

Escala de Calificación

Tabla 2. Escala de Calificación para en nivel de abstracción biológica

Puntaje Mayor Obtenido	Nivel de Abstracción Biológica	Puntaje Ponderado
Sección 1	Abstracción formal	1
Sección 2	Abstracción Funcional	2
Sección 3	Abstracción de Procesos	3
Sección 4	Abstracción Sistémica	4

Variable Independiente	Variable Dependiente	Medición
¿Qué se puede manipular o variar para cumplir con el objetivo de la prueba?	¿Qué resultado obtengo al modificar la variable independiente?	¿En que unidades y con que instrumento se mide ese cambio?
EJEMPLOS		
Variar : las medidas de los lados de un polígono	Se obtendrán diferentes áreas en función de las diferentes medidas que se modificaron	Medir las longitudes de los lados con cinta métrica y calcular áreas. Unidades de área [m ²]
Variar : el material para guardar temperatura	Con cada material se obtendrán diferentes temperaturas	Medir la temperatura con un termómetro Unidades de temperatura [°C, °F]
Variar : el modelo de un control para analizar la usabilidad	Con cada modelo se obtendrá el número de errores que cada persona cometió al pedirle que realice un número de tareas	Medir la interacción del usuario con cada modelo por medio de tests de usabilidad

Esta guía permite visualizar las variables que se pueden presentar dentro del proyecto para realizar un experimento, obteniendo ¿qué se va a medir? y cómo influye el número de tratamientos que se le dé a la variable, al igual se podrá analizar ¿qué clase de resultados se obtendrán? y que instrumentos de medición serán necesarios, lo cual permitirá seleccionar más adelante el método correcto para tratar dichos datos. Cabe resaltar que para la comprobación de la hipótesis se pueden presentar diferentes variables independientes, para cada una se deberá realizar el análisis correspondiente y elegir la herramienta adecuada para la obtención de datos, todas las pruebas pertinentes deberán aparecer dentro del protocolo de experimentación con su respectivo procedimiento.

- **¿PARA QUÉ?**

Por último, se establece el alcance de la prueba, lo que se busca o se espera obtener del experimento y se establece como se realizará el análisis de datos; Para esto es importante tener en cuenta las diversas escalas de medición según el tipo de variables y respuestas que se obtuvieron de la prueba que se consolidan en la figura 22.

Figura 22.*Esquema de escalas de medición*

- **G: Matriz de innovación:** Esta herramienta fue pensada como evaluación del proyecto final, resultado de la aplicación de la metodología y herramientas planteadas en la asignatura , una vez terminado el proceso de diseño se evaluó por medio de una matriz, generada por los autores, el nivel de innovación alcanzado con el proyecto; en términos del nivel analógico alcanzado, la novedad de la idea generada, el enfoque en lo humano como usuario y la viabilidad tecnológica.

La herramienta se basa en una serie de preguntas mediante las cuales se evalúan los diferentes aspectos involucrados en el desarrollo de un producto innovador diseñado a partir de la relación analógica con un elemento de la naturaleza. La matriz se compone de cuatro secciones: “1. Nivel de abstracción biológica”, “2. Novedad de la idea”, “3. Viabilidad tecnológica” y “4. Impacto, enfocado en lo humano” en donde el estudiante tras responder el cuestionario generado para cada sección obtiene un puntaje ponderado que relaciona en una escala de calificación generada específicamente para cada sección, una vez se obtienen los cuatro puntajes ponderados , estos se relacionan en la matriz de puntajes ponderados para encontrar el nivel de innovación que puede ir desde solución clara hasta nuevo concepto. (Ernst & Young, 2013).En la Figura 23, se

observa la herramienta creada , presentando el cuestionario elaborado para cada sección y sus respectivas escalas de calificación.

Figura 23.

Herramienta de evaluación de la Innovación

Tabla 1. NIVEL DE ABSTRACCIÓN BIOLÓGICA

Criterio		SI (1)	NO(0)
Sección 1	¿La idea está asociada formalmente con alguna parte fisiológica de planta o animal?		
	¿Se realizó un tratamiento formal a las fisiologías analizada para ser aplicada al producto?		
	¿ la relación analógica es de tipo formal-estético?		
	¿ La idea está asociada con la aplicación de estructuras naturales?		
Total sección 1			
Sección 2	¿La relación analógica formal permite cumplir una función específica?		
	¿La idea está asociada de emulación de un mecanismo encontrado en el objeto de estudio aplicado en un nuevo producto?		
	¿La idea está asociada a la implementación de principios funcionales encontrados en el objeto de estudio, más no se aplica de manera literal dicho principio en el producto?		
	Total sección 2		
Sección 3	¿La idea está asociada a la transcripción de algún proceso encontrado en el objeto de estudio? Ej. fotosíntesis, respiración celular		
	¿El proyecto está asociado con la emulación de un material biológico?		
	¿La idea está asociada a la implementación de procesos naturales encontrados en el objeto de estudio, más no se aplica de manera literal dicho principio en el producto?		
	Total sección 3		
Sección 4	¿La idea está asociada con la una imitación o adaptación de un sistema encontrado en la naturaleza? Sistema natural: relación organizada de elementos, que puede considerarse emanada de la naturaleza. Ej. Sistemas estelar, Sistemas geológicos, Sistema molecular	Si (4)	No(0)
	Total sección 4		

Tabla 2. Escala de Calificación para en nivel de abstracción biológica

Puntaje Mayor Obtenido	Nivel de Abstracción Biológica	Puntaje Ponderado
Sección 1	Abstracción formal	1
Sección 2	Abstracción Funcional	2
Sección 3	Abstracción de Procesos	3
Sección 4	Abstracción Sistémica	4

Tabla 3. NOVEDAD DE LA IDEA

Búsqueda de patentes	
Palabras Claves	
# de Resultados obtenidos	
# de Resultados obtenidos que están asociados con mi idea	
Benchmarking	
# de resultados obtenidos en búsqueda web	
# de resultados obtenidos que están asociados con mi idea	

de resultados obtenidos → 100%

de resultados obtenidos relacionados con mi idea → X

# de resultados obtenidos	100 %
# de resultados obtenidos relacionados con mi idea	X

Tabla 4. Escala de Calificación para la novedad de la idea

Total obtenido	Puntaje Ponderado
[0% - 25%]	4
(25% - 50%]	3
(50% - 75%]	2
(75% - 100%]	1

Tabla 5. Viabilidad Tecnológica

	Si (1)	No (0)
Existen los materiales necesarios para su elaboración?		
Localmente puedo encontrar los materiales necesarios para su elaboración?		
La asequibilidad* de los materiales es alta		
La asequibilidad de los materiales es baja		
¿existe la tecnología necesaria para su elaboración?		
¿localmente puedo encontrar la tecnología necesaria para su elaboración?		
La asequibilidad de los materiales es alta		
La asequibilidad de los materiales es baja		
El tiempo de producción es favorable dentro del tiempo de ejecución del proyecto		
¿puedo generar alianzas interdisciplinarias (buscar asesoría en otras escuelas si es necesario) para facilitar su desarrollo?		
Total		

asequibilidad*: Que puede conseguirse o alcanzarse

Tabla 6. Escala de calificación para la viabilidad tecnológica

Total obtenido	Puntaje Ponderado
[0 - 2]	1
(2 - 4]	2
(4 - 6]	3
(6 - 8]	4

Tabla 9. MATRIZ DE PUNTAJES PONDERADOS

Criterio Idea	Nivel de abstracción biológica				Novedad de la idea				Viabilidad Tecnológica				Impacto (enfocado en lo humano)				Puntuación final de la idea
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
																	9

Niveles de inventiva

Tabla 10. Nivel de Inventiva

Nivel	Descripción	Puntaje
1	Solución Clara	[4 – 6]
2	Mejora Menor	(6 – 10]
3	Mejora Mayor	(10 – 14]
4	Nuevo Concepto	(11 – 14]

- **H: Realización.** Los estudiantes construyeron modelos o maquetas, en los que evidenciaron de forma funcional el concepto biomimético planteado.

En las siguientes imágenes se muestran algunos de estos modelos construidos

Figura 24.

Proyecto: Armasol II semestre 2018 Diseño IV



Autores: Manuel Revuelta y Jorge Albarracín

Figura 25.

Proyecto: Chaleco para agua. II semestre 2018. Diseño IV



Autores: Isabella Camacho, Juliana Regueros

Figura 26.

Proyecto: Karpa. II Semestre 2018. Diseño IV



Autores: Silvia Ruiz, Andrea Rodríguez

7.3 Creación del Aula virtual

En cumplimiento de los objetivos del presente trabajo de grado y en aras de garantizar la divulgación y aplicación en cursos posteriores de lo alcanzado en el desarrollo del proyecto se empleó el uso de TICs habilitando un aula virtual de aprendizaje contando con el apoyo de CEDEDUIS, en ella se centralizó información de valor para el docente y estudiantes, presentaciones explicativas con las temáticas presentadas en clase, las herramientas desarrolladas y se incluyeron videos y artículos de interés afines a las áreas de estudio de la asignatura .

La interfaz del aula virtual se muestra en las imágenes contiguas.

Figura 27.

Sección “Presentación del Curso” Aula Virtual



En la primera sección “Presentación del curso”, Figura 27, se encuentra el programa de la asignatura en donde se especifican los objetivos del curso, cronograma de actividades y bibliografía recomendada para el desarrollo de las clases.

La siguiente sección, Figura 28, “Conducta de entrada” corresponde a la ficha guía para explicar la dinámica a la primera actividad realizada en el semestre, con la cual el estudiante tendrá su primer acercamiento al diseño analógico basado en la naturaleza.

Figura 28.

Sección “Conducta de Entrada” *Aula Virtual*



Seguido se encuentra la sección “¡En Clase!”, Figura 29, en la cual se encuentra el material de clase como exposiciones y guías de las diferentes herramientas empleadas para el desarrollo del curso.

Figura 29.

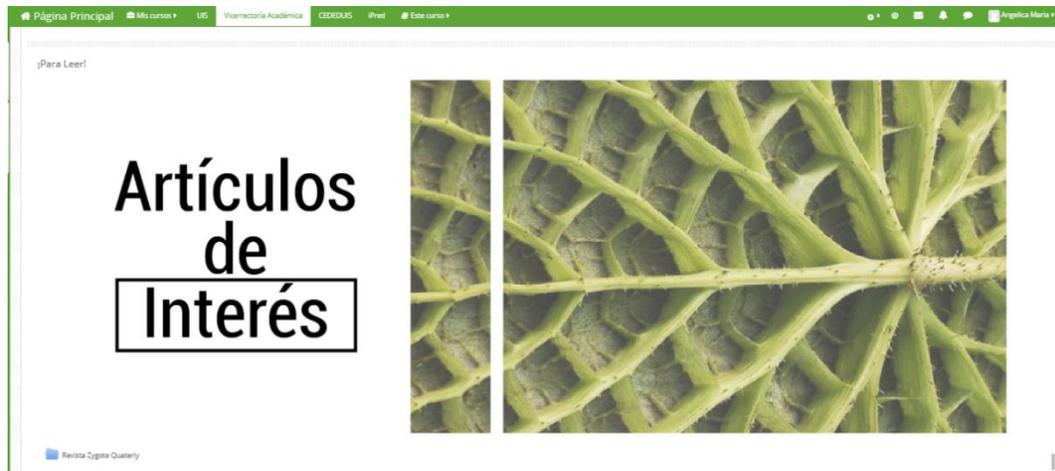
Sección ¡En Clase! Aula virtual



Finalizando se agregó la sección “Para Leer”, Figura 30, en la cual se adjuntaron artículos de interés relacionados con investigaciones en biomimética, en los cuales el estudiante puede encontrar información de apoyo para ampliar la bibliografía necesaria para el desarrollo de un proyecto bioinspirado.

Figura 30.

Sección Para leer Aula virtual

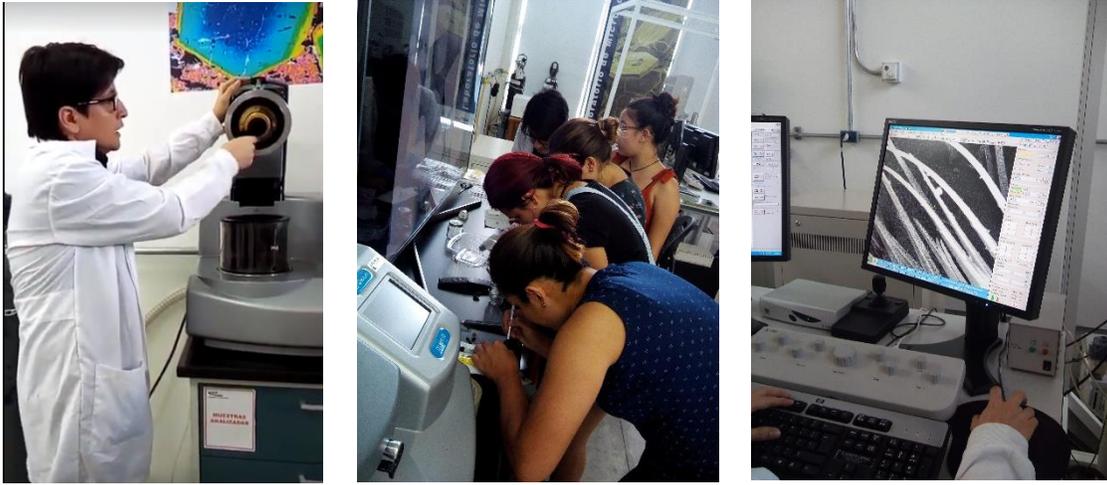


7.4. Aplicación en el Aula

Para darle un uso efectivo al material anteriormente presentado, se realizaron clases magistrales impartidas por la profesora Clara Isabel López Gualdrón, en donde se compartía la información con los estudiantes; Adicionalmente se realizaron visitas al Parque Tecnológico Guatiguara - UIS en donde los estudiantes pudieron ejecutar prácticas de microscopia SEM como apoyo al proceso de observación del objeto de estudio, Figura 31, así como constantes asesorías en horas de consulta, sustentaciones parciales donde los estudiantes mostraban el avance del proyecto y por medio de una coevaluación y una retroalimentación ofrecida por la profesora tanto a manera global como personalizada con cada proyecto para fortalecer el proceso de diseño.

Figura 31.

Visita Parque Tecnológico Guatiguara - UIS



Esta práctica se realizó con estudiantes de los grupos D1 y H1 de la asignatura Diseño IV, durante el segundo semestre del 2018, Figura 32, ajustando el desarrollo de la asignatura a las eventualidades presentadas durante el semestre académico garantizando el cumplimiento del programa y las actividades desarrolladas.

Figura 32.

Sustentación final Semestre 2018-2



En la Figura 33 se presentan las diferentes presentaciones elaboradas como material de clase para el desarrollo de cada tema y herramienta abordada.

Las presentaciones permanecen disponibles en el aula virtual para ser consultadas por los estudiantes en el momento que se requiera.

Figura 33.

Presentaciones de Clase



7.5. Evaluación de herramientas a través de encuesta final

Para dar respuesta a la pregunta de diseño planteada en la investigación se realizó una encuesta final, Apéndice C, con los 38 estudiantes matriculados en la asignatura en donde median según su percepción el grado de interés y utilidad encontrado en cada herramienta metodológica aplicada durante el curso; así mismo se reunieron a modo de comentario opiniones para encontrar oportunidades de mejora en las herramientas planteadas y el desarrollo de la asignatura.

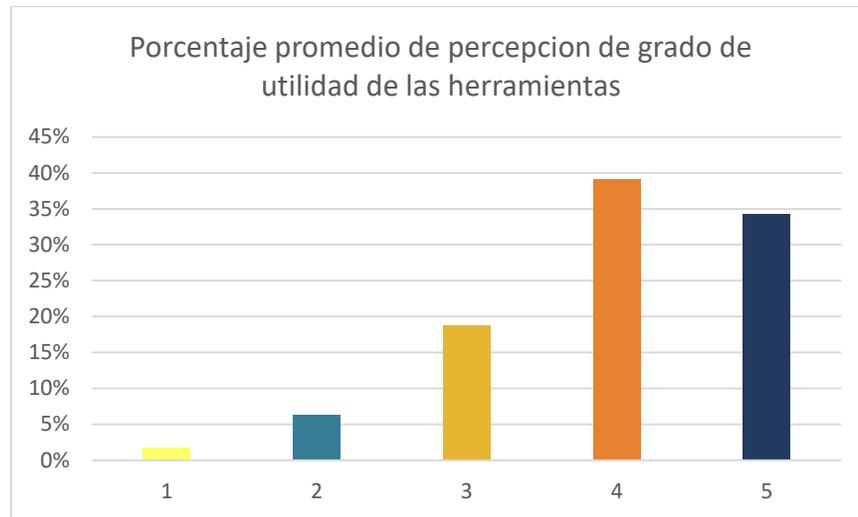
La evaluación de las herramientas se realizó, al igual que la determinación del diagnóstico inicial, bajo una encuesta de satisfacción, medida a través de una escala de LIKERT, donde uno (1) representa ningún interés del estudiante por la herramienta y cinco (5) un completo interés o satisfacción con la misma

En la Figura 34 se presenta los resultados generales promedio obtenidos por nivel de satisfacción sobre las herramientas evaluadas. ²

² Los resultados totales se muestran en el Apéndice D

Figura 34.

Grafica Porcentaje promedio de percepción de grado de utilidad de las herramientas



Como se observa en la gráfica, realizando un análisis general de las respuestas de los estudiantes, de la utilidad de las herramientas desarrolladas durante el curso, se encontró un 8% de los estudiantes no encontraron útiles las herramientas en sus proyectos (calificaciones de 1 y 2), un 19% de la población no la encontró útil o inútil (calificación de 3) y que un 73% de la población encuestada encontraron útiles en su proceso la aplicación de las herramientas.

Por otra parte, a través de un análisis de quintiles se determinó el grado de aceptación de las herramientas sobre los estudiantes evaluados, al identificar en que quintil se encontraba la mayor proporción de estudiantes. En este caso el quintil 1 representa los estudiantes insatisfechos sobre el conjunto de las herramientas implementadas, mientras que el quintil 5, los estudiantes muy satisfechos con las herramientas. De esta forma se determinó que el grado de aceptación sobre las herramientas para el grupo evaluado es del 100%, y están distribuidos como lo indica la tabla 6.

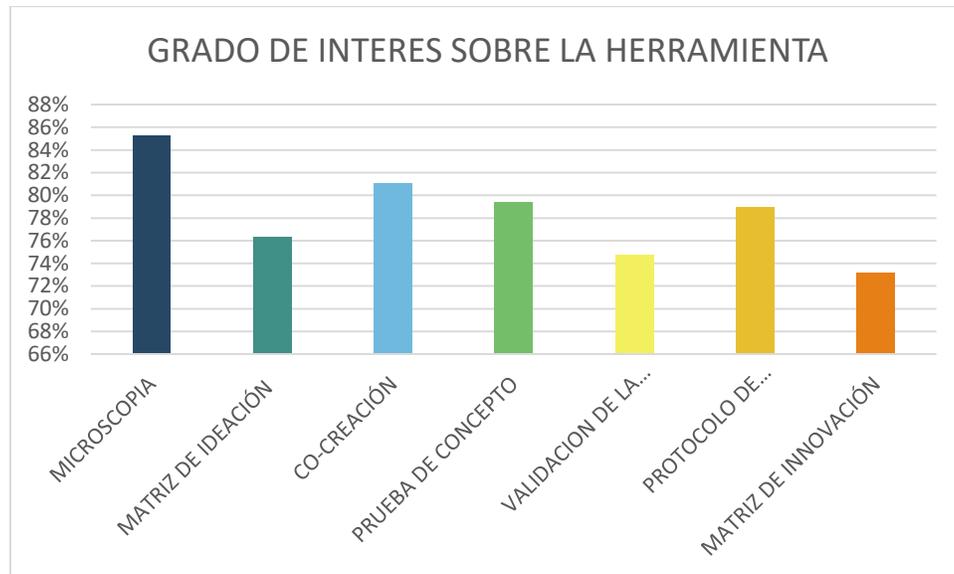
Tabla 6.

Análisis de quintil resultados de encuesta Final

	Calificación				
	Mínimo	Máximo	Resultado	% Satisfacción	Quintil
MICROSCOPIA	38	190	162	85%	Q5
MATRIZ DE IDEACIÓN	38	190	145	76%	Q4
CO-CREACIÓN	37	185	150	81%	Q4
PRUEBA DE CONCEPTO	35	175	139	79%	Q4
VALIDACION DE LA NOVEDAD	38	190	142	75%	Q4
PROTOCOLO DE EXPERIMENTACIÓN	37	185	146	79%	Q4
MATRIZ DE INNOVACIÓN	35	175	128	73%	Q4

Este resultado nos muestra la aceptación general obtenida por los estudiantes sobre el proceso metodológico implementado como herramientas de diseño, para la asignatura Diseño IV: BIOFORMA, frente a los resultados iniciales en los cuales se mostraba que solo el 62,5% de las herramientas se encontraban posicionadas en los quintiles 4 y 5.

Al analizar el grado de interés que genero cada herramienta de manera particular se observa en la Figura 35 que en todos los casos la satisfacción fue mayor al 70%.

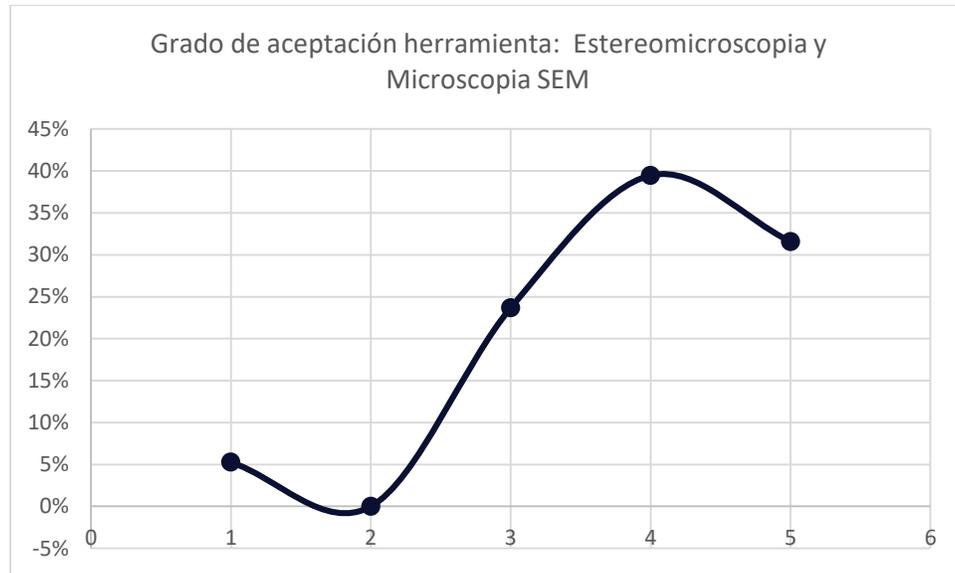
Figura 35.*Grado de interés por herramienta*

Cada apartado del cuestionario estuvo enfocado en cada una de las herramientas desarrolladas con el fin de identificar cuáles herramientas permitieron o proporcionaron las estrategias adecuadas para lograr una mejor comprensión sobre cómo definir y estructurar un proyecto de diseño a partir del análisis de un objeto de estudio, los resultados se muestran a continuación por apartado, en cada uno a través de análisis de quintiles se evaluó el grado de aceptación de la herramienta por los estudiantes.

A. Proceso de observación y análisis del objeto de estudio por medio de toma de imágenes tomadas por estereomicroscopías y microscopia SEM

Figura 36.

Grafica Grado de aceptación Estereomicroscopías y Microscopia SEM

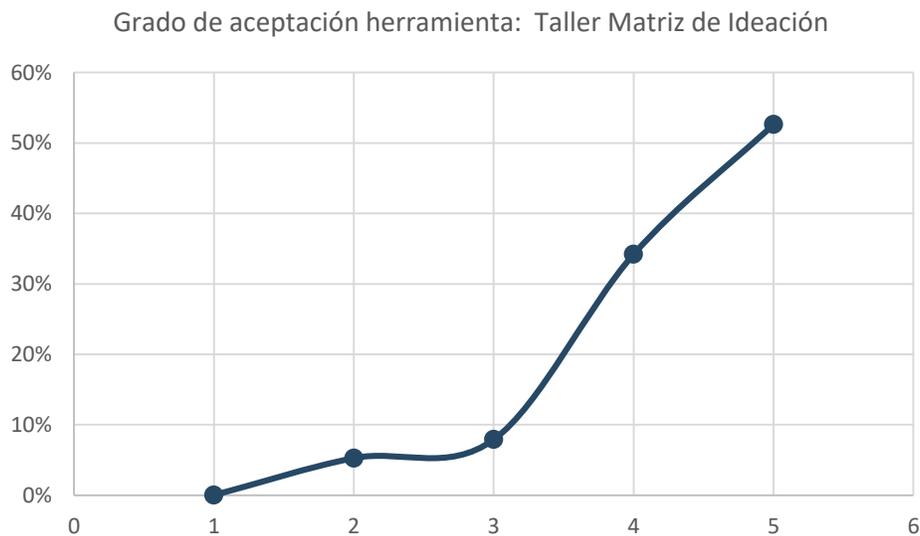


Como se observa en la Figura 36 el 5% de los estudiantes no encontraron útil la herramienta, mientras que el 71 % de los estudiantes la encontraron de utilidad para su proceso de diseño, según lo observado en las practicas esta herramienta es útil en el proceso de observación y creatividad, mas no para evaluar ideas y conceptos a desarrollar.

B. Matriz de ideación: a partir de la observación del objeto de estudio se identifican conceptos y se analiza la funcionalidad del objeto de estudio, con esto se generaron problemas y posibles soluciones para cada atributo encontrado.

Figura 37.

Grado de aceptación de Matriz de Ideación



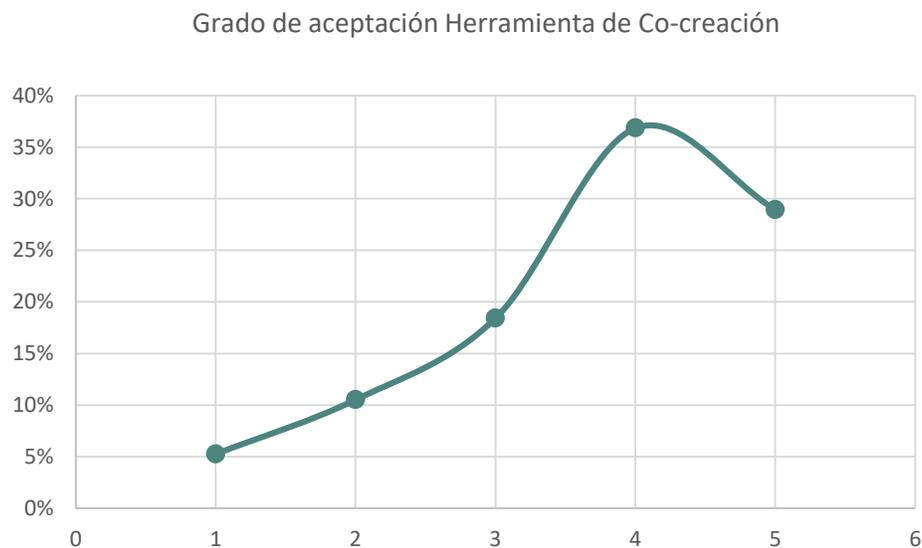
Para la herramienta Taller Matriz de Ideación los estudiantes indicaron un 87% de aceptación, encontrándola útil en la etapa de ideación pues les permitió lograr una mejor comprensión sobre los atributos del objeto de estudio para generar ideas, facilitando un mejor análisis de identificación de la idea final de proyecto.

C. Herramienta de co-creación: Cada grupo de trabajo expuso por medio de un mapa de relaciones los conceptos, problemas y posibles soluciones encontradas en su objeto de estudio.

En la Figura 38, se observa que el 16% de los estudiantes encuestados no encontraron útil la herramienta de co-creación, frente a un 66% de aceptación con puntajes de 4 y 5, esto señala que la herramienta ayudó a comprobar y verificar el cumplimiento de los requerimientos del proyecto, en las respuestas abiertas uno de los estudiantes explico que la herramienta le aportó respuestas a preguntas y necesidades para llegar a la solución ideal.

Figura 38.

Grafica Grado de aceptación Herramienta de Co-creación



D. Prueba de concepto: Se realizó una encuesta a usuarios para comprobar la hipótesis representada en el proyecto (atributos y sensaciones presentes), y al igual

identificar la relación con el objeto de estudio percibida por los encuestados. (si no fue usada esta herramienta aclararlo en los comentarios)

El 73% de los estudiantes encontró utilidad en la herramienta Prueba de Concepto gracias a la posibilidad de aplicarla tanto para selección de ideas como para el proceso de experimentación en la comprobación de conceptos, permitiendo redefinir y mejorar las ideas.

Figura 39.

Grafica Grado de aceptación prueba de concepto



Fuente: Elaboración propia

E. Validación de la novedad: Se realizó un análisis de lo existente por medio de benchmarking y búsqueda de patentes relacionadas con la idea o concepto generado.

Figura 40.

Grafica Grado de aceptación validación de la novedad

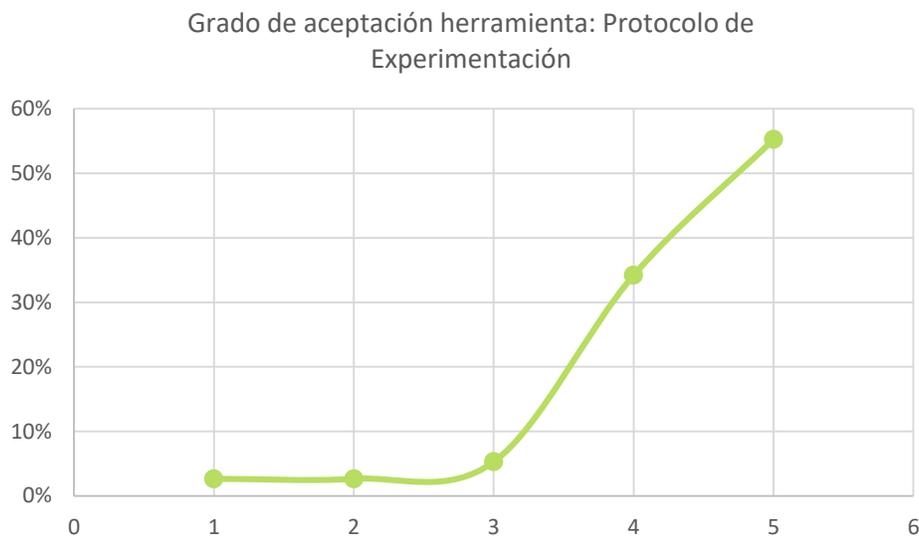


En cuanto a la herramienta Validación de la novedad, solo el 3% de los estudiantes no encontraron útil su aplicación, mientras que para 97% de estudiantes esta herramienta ayudó a comprobar y verificar la novedad de la idea planteada, para generar conceptos innovadores.

F. Protocolo de Experimentación

Figura 41.

Grafica Grado de aceptación protocolo de experimentación



Fuente: Elaboración propia

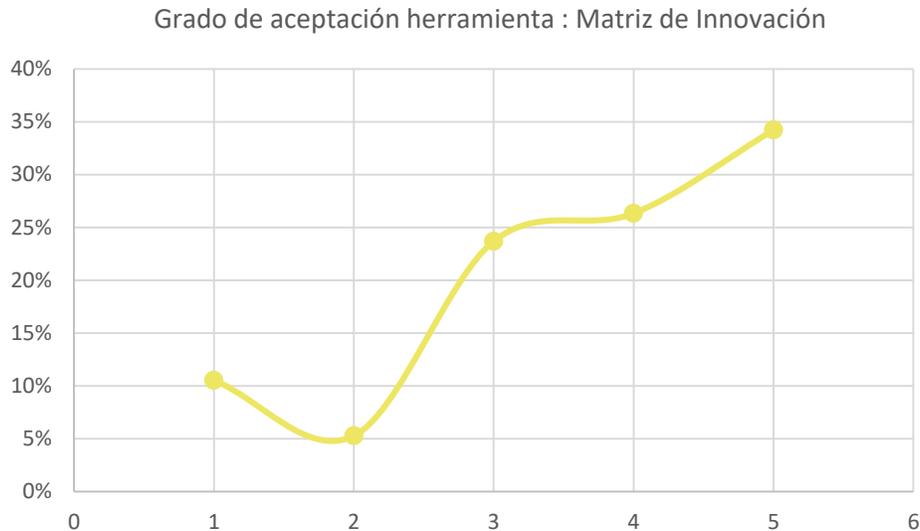
En la Figura 41, se observa que el 89% de los estudiantes encontraron útil la aplicación de la herramienta Protocolo de Investigación para realizar la validación de proyectos de diseño, logrando asimilar conceptos de variables, tipo de pruebas e instrumentos de medición necesarios para validar la hipótesis, esto permitió configurar la solución final de diseño.

G. Matriz de Innovación

El 16% de los estudiantes no reconocieron utilidad en la herramienta Matriz de Innovación, por otra parte, el 84% de los encuestados calificaron cómo útil la aplicación de esta herramienta, especificando que permitió autoevaluar el alcance del proyecto realizando una valoración más objetiva al tener una matriz que condensa los principales ejes involucrados en la innovación.

Figura 42.

Grafica Grado de aceptación matriz de innovación



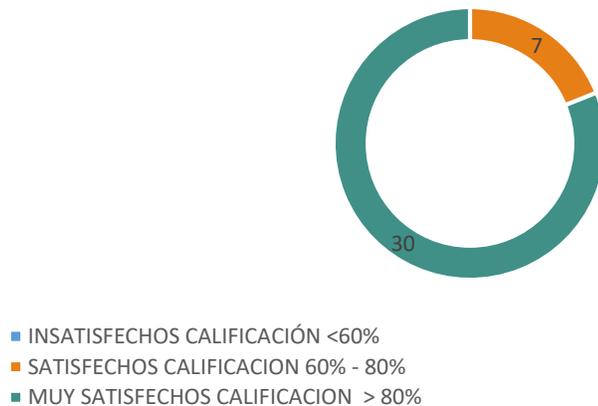
H. Realización. Los estudiantes construyeron modelos o maquetas, en los que evidenciara de forma funcional el concepto biomimético planteado.

Como pregunta final se indagó sobre el grado de satisfacción que los estudiantes percibieron en la realización del proyecto, según los alcances planteados. Evaluados los resultados mostrados en la Figura 43, se observa que el 81% de los estudiantes involucrados en el proceso de aplicación de herramientas quedaron muy satisfechos con sus logros finales, ninguno de los estudiantes evaluados mostro una calificación inferior al 60% del valor máximo esperado.

Figura 43.

Gráfico Grado de aceptación herramienta: Realización

NIVEL DE SATISFACCION FRENTE AL DESARROLLO DEL PROYECTO APLICADO



8. Conclusiones

- El grado de aceptación promedio por estudiante frente a la aplicación de las herramientas metodológicas pasó de un 62,5% según encuesta diagnóstico a un 100% obtenido en la evaluación final.
- Los resultados de satisfacción y validación de las herramientas obtenidos en la encuesta final demuestran como las estrategias docentes propuestas en el curso permiten al estudiante un mejor acercamiento al diseño
- En el desarrollo de las propuestas de diseño de cada estudiante se evidencia como la implementación de las herramientas mejoraron el desempeño de los estudiantes y los resultados

- Las estrategias de revisión sistemática para identificación de herramientas que permitan evaluar el potencial innovador de las ideas permiten al estudiante identificar el nivel de complejidad y de concepto propuesto con su diseño
- Introducir nuevas aplicaciones de apoyo en la academia que propicien el desarrollo del potencial innovador, generado por medio de instrumentos para la creación estructurada y aplicación de conceptos partiendo de referentes naturales, contribuyen a orientar un enfoque de pensamiento sistémico, facilitando así la asimilación del proceso de bioinspiración.

9. Recomendaciones

- Promover entre los docentes el uso de estas herramientas en el desarrollo de la asignatura.
- Realizar una constante revisión del contenido presentado en el material de clase, en aras de garantizar la actualización de temas, artículos, metodologías, y demás recursos educativos relevantes en el desarrollo de la asignatura.
- Efectuar procesos de retroalimentación y evaluación de las herramientas diseñadas, tanto en estudiantes como en profesores encargados de impartir la asignatura, para identificar oportunidades de mejora.

Referencias Bibliográficas

- Cheong, H., Chiu, I., & Shu, L. (2010). Extraction and Transfer of Biological Analogies for Creative Concept Generation. *ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, (pp. 151-166). Montreal.
- Benyus, J. (2008, 11 10). Innovar copiando a la naturaleza. (E. Punset, Interviewer)
- Cruz-Rivero, L. a.-O.-H. (2016). TRIZ Y QFD COMO HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN. *EDICIONES ILCSA S.A. DE C.V.*, 921-930.
- de Bérigny, C., Reinhardt, D., & Fay, N. (2017). Reimaging Coral Reefs: Remodelling Biological Data in the Design Process. *16th International Image Festival / ISEA2017*. Sydney.
- Del Giorgio, F. (2012). Benchmarking Design: multiplicación del impacto de asistencias técnicas a MiPyMEs en diseño y desarrollo de productos. *Congreso Internacional de Diseño Industrial (CIDI 2012)*. Córdoba.
- Ernst, & Young. (2013). *Metodología TRIZ para la creatividad e innovación*. Madrid.
- Fernando, B. L., Ramírez, C. A., & Álvarez, M. M. (2007). Benchcolombia, sistema de referenciación para la construcción. *Revista de Ingeniería*, 33-45.
- Fowler, B. (2002, Septiembre 28). La taxonomía de Bloom y el pensamiento crítico. Missouri, Estados Unidos .
- Galindo, R. (2009). Creatividad en el Diseño Industrial. Experiencias con dos técnicas creativas. *Revista Digital Universitaria UNAM*. Retrieved from <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num12/art83/int83.htm#a>

- GARDONI, M. C.-J.-J.-M. (2008). LA ESTRATEGIA DE CREATIVIDAD SISTEMÁTICA TRIZ CON EQUIPOS MULTIDISCIPLINARES DE DISEÑO DE PRODUCTO. *http://dx.doi.org/10.6036/1937*, 337-352. doi:<http://dx.doi.org/10.6036/1937>
- Indrovo, D. (2017). *Diseño Interior Contemporaneo con Enfoque Biomimético Integral*. Cuenca, Ecuador: Unniversidad de AZUAY.
- López Díaz, R. A. (2017). *Estrategias de enseñanza creativa : investigaciones sobre la creatividad en el aula*. Bogota D.C: Universidad de La Salle.
- López, I., & Berges, L. (2012). *Modelo metodológico de diseño conceptual con enfoque biomimético*. Zaragoza.
- López, I., & Berges, L. (2014). Aproximación al diseño biomimético. Aprendizaje y aplicación. *Dyna*, 181-190.
- Marin, R. (2000). *Manual de creatividad*. Barcelona, España: Vicens Vives.
- Nakagawa, T. (2011). Education and training of creative problem solving thinking with TRIZ/USIT. *Procedia Engineering*, 582-595.
- Rojas, M. E. (2004). *La Creatividad desde la Perspectiva de la Enseñanza del Diseño Industrial en la Universidad Iberoamericana*. Mexico DF: Unversidad Iberoamericana .
- Saad, S. (2011, Enero). BIOMIMICRY AS A TOOL FOR SUSTAINABLE ARCHITECTURAL DESIGN. Alejandria, Egipto.
- Sanabria, E. S. (2007, Febrero). *Caracterizacion De Un Modelo Metodologico Para Investigacion En Bionica; Aplicacion Del Modelo En Un Saltamontes*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander .
- Sarmiento, M. (2015). *La relación entre la biónica y el diseño para los criterios de forma y función*. Buenos Aires.

Sevilla, G. A. (2011). La Experimentación en el Diseño Industrial. *Sexto Encuentro Latinoamericano de Diseño. Diseño en Palermo*, (pp. 182-187). Buenos Aires.

Soffia, A. (2010). BIOMÍMESIS: Una oportunidad para el diseño sostenible: Relación entre la morfología animal y la producción de energía. *180º*, 46-49.

Vincent, J., Bogatyreva, O., Bogatyrev, N., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *The Royal Society*, 471- 481.

W. Chan Kim, R. M. (2004). *Blue Ocean Strategy*. Estados Unidos: Harvard Business Review.

Youshin Hana, A. L. (2015). THE WAY TO DEFINE THE GOAL. *TRIZfest 2015*, 250-255.

Apéndices

Apéndice A. Encuesta de diagnostico inicial

Encuesta Diagnostico Diseño 4

La siguiente encuesta tiene como objetivo realizar un diagnóstico sobre las herramientas pedagógicas empleadas actualmente en la asignatura Diseño IV: Bioforma

1. Señale el periodo académico en el cual curso la asignatura Diseño IV

- 2015 - 1
- 2015 - 2
- 2016 - 1
- 2016 - 2
- 2017 - 1
- 2017 - 2

4. En cual proyecto considera, obtuvo mayor potencial innovador en cuanto a nivel formal :

Tu respuesta _____

5. En cual proyecto considera, obtuvo mayor potencial innovador en cuanto a nivel conceptual:

Tu respuesta _____

6. En cual proyecto considera, obtuvo mayor potencial innovador en cuanto a nivel técnico :

Tu respuesta _____

10. Que aportes le brindo la asignatura diseño IV:Bioforma en su proceso formativo y creativo?

Tu respuesta _____

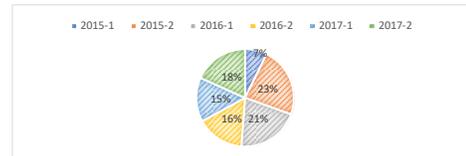
11. Mencione si lo considera pertinente algunos aspectos positivos y negativos de la materia

Tu respuesta _____

Apéndice B. Resultados de encuesta diagnóstico inicial

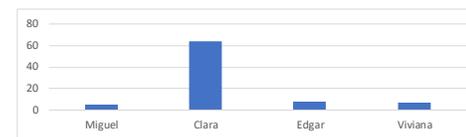
1. Señale el período académico en el cual curso la asignatura Diseño IV

2015-1	6
2015-2	19
2016-1	17
2016-2	13
2017-1	12
2017-2	15
total:	82



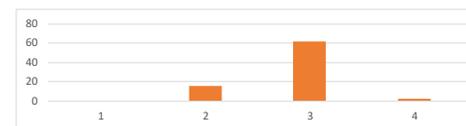
Con que profesor curso la materia?

Miguel	5
Clara	64
Edgar	8
Viviana	7



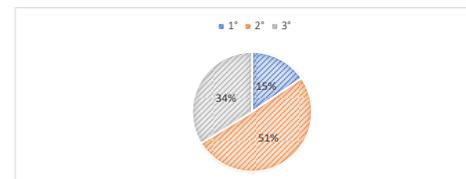
2. Cuantos proyectos desarrollo en la asignatura Diseño Iv: Bioforma?

1	
2	16
3	62
4	2



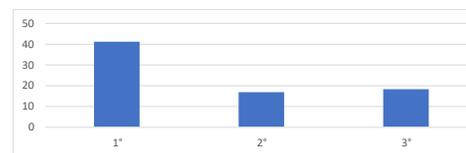
3. De los anteriores cual considera que fu el proyecto más desarrollado y por qué? 1º Proyecto, 2º Proyecto (metodología indirecta, caso de estudio una planta) ó 3º Proyecto (metodología directa, caso de estudio animal) ?

1º	11
2º	36
3º	24



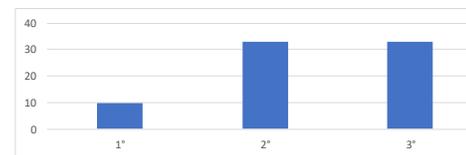
4. En cual proyecto considera, obtuvo mayor potencial innovador en cuanto a nivel formal :

1º	41
2º	17
3º	18



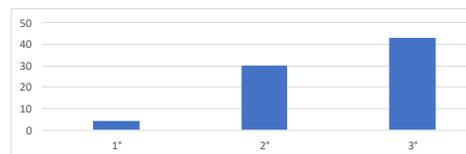
5. En cual proyecto considera, obtuvo mayor potencial innovador en cuanto a nivel conceptual:

1º	10
2º	33
3º	33



6. En cual proyecto considera, obtuvo mayor potencial innovador en cuanto a nivel técnico :

1º	4
2º	30
3º	43

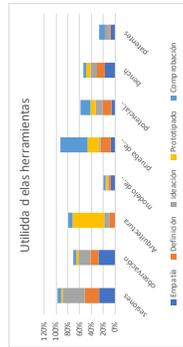


7. De las siguientes herramientas, selecciones las empleadas en la asignatura:



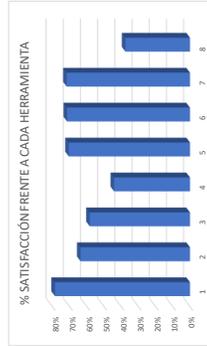
8. De las anteriores herramientas, nombra las que seleccionaste en cada etapa del proceso creativo:

	sesiones	observación	Arquitectura	modelo de negocio	prueba de concepto	potencial innovador	bench	patentes
Empatía	27%	29%	0%	7%	7%	6%	17%	7%
Definición	24%	13%	10%	4%	18%	15%	14%	3%
Identificación	38%	21%	8%	1%	2%	12%	7%	100%
Prototipado	3%	4%	53%	4%	19%	10%	7%	0%
Comprobación	5%	5%	8%	3%	47%	17%	5%	10%



9. Cual de las estrategias empleadas fue de mayor utilidad en el proceso de desarrollo? (califique cada estrategia de 0 a 5, donde 0= no empleo la herramienta, 1= muy poco útil, 5= muy útil)

estrategia	0	1	2	3	4	5	MIN	MAX	RESULTADO	QUINTIL	%
sesiones	0	1	9	33	4	5	0	410	322	C4	78%
observación	5	5	1	12	22	24	14	0	410	C4	64%
arquitectura	14	4	10	18	19	17	0	410	239	C3	58%
m.negocios	17	13	17	14	13	8	0	410	181	C3	44%
p.concepto	8	5	3	14	24	28	0	410	289	C4	70%
p.innovador	9	4	5	13	15	36	0	410	293	C4	71%
bench	6	6	6	14	16	34	0	410	294	C4	72%
patentes	37	6	7	7	12	13	0	410	154	C2	38%



BENCH
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

PATENTES
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

P-INNOVADOR
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

ARQUITECTURA
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

OBSERVACIÓN
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

M.NEGOCIOS
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

P.CONCEPTO
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

SESIONES
#0=1, #2=3, #3=4, #4=5

Apéndice C. Encuesta de seguimiento herramientas metodológicas

SEGUIMIENTO HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS

Estrategias y recursos para toma de decisiones en el proceso de desarrollo de producto basado en Biomimética

El propósito de esta valoración es identificar cuáles herramientas permitieron o proporcionaron las estrategias adecuadas para lograr una mejor comprensión sobre cómo definir y estructurar un proyecto de diseño a partir del análisis de un objeto de estudio (Biotoma de una planta u animal). (seleccione una casilla 1 – 5 de izquierda a derecha, según su grado de interés donde 1: menor grado y 5: mayor grado)

A. Proceso de observación y análisis del objeto de estudio por medio de toma de imágenes tomadas por estereomicroscopía y microscopía 3D

1. Grado de Interés que generó la actividad
2. Grado en que ésta actividad permitió comprender como podría generar ideas creativas con base en la observación del objeto de estudio
3. Grado en que ésta actividad le ayudó a identificar la idea para el desarrollo de su proyecto
4. Opinión sobre la herramienta: _____

B. Matriz de Ideación: a partir de la observación del objeto de estudio se identifican conceptos y se analiza la funcionalidad del objeto de estudio, con esto se generan problemas y posibles soluciones para cada atributo encontrado.

1. Grado de Interés que generó la actividad
2. Grado en que ésta actividad me permitió lograr una mejor comprensión sobre la planta observada para generar ideas
3. Grado en que ésta actividad le ayudó a realizar un mejor análisis e identificación de la idea de proyecto.
4. Opinión sobre la herramienta: _____

C. Herramienta de co-creación: Cada grupo de trabajo expuso por medio de un mapa de relaciones los conceptos, problemas y posibles soluciones encontradas en su objeto de estudio. Seguido de esto se realizó un panel de discusión para validar las ideas, donde diferentes estudiantes realizaban comentarios en post-it sobre posibles mejoras, cambios y soluciones teniendo en cuenta el papel que le había sido otorgado (1 estudiante enfocado en la viabilidad tecnológica , 1 estudiante enfocado en el modelo de negocio y estudiante enfocado en el nivel de analogía desarrollada y la coherencia del concepto planteado).

1. Grado de Interés que generó la actividad
2. Grado en que ésta actividad permitió definir la idea del proyecto
3. Grado en que ésta actividad ayudó a realizar un mejor análisis y toma de decisiones del proyecto.
4. En qué grado influyó esa actividad en la selección de la idea definitiva
Que otro mecanismo permitió definir la idea del proyecto: _____

D. Prueba de concepto: Se realizó una encuesta a usuarios para comprobar la hipótesis representada en el proyecto (atributos y sensaciones presentes), y al igual identificar la relación con el objeto de estudio percibida por los encuestados. (si no fue usada esta herramienta aclararlo en los comentarios)

1. Grado de Interés que generó la actividad
2. Grado en que ésta actividad ayudó a comprobar y verificar el cumplimiento de los requerimientos, para generar la composición.
3. Grado en que ésta actividad permitió definir la aplicación de la composición
4. Opinión sobre la herramienta: _____

E. Validación de la novedad: Se realizó un análisis de lo existente por medio de benchmarking y búsqueda de patentes relacionadas con la idea o concepto generado.

1. Grado de Interés que generó la actividad
2. Grado en que ésta actividad ayudó a comprobar y verificar la novedad de la idea planteada, para generar conceptos innovadores.
3. Grado en que ésta actividad permitió redefinir la aplicación del concepto

SEGUIMIENTO HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS

Estrategias y recursos para toma de decisiones en el proceso de desarrollo de producto basado en Biomimética

4. Opinión sobre la herramienta: _____

F. Protocolo de experimentación: Una vez establecida la hipótesis del proyecto, se estableció un protocolo de experimentación con el fin de identificar las diferentes variables, tipo de pruebas e instrumentos de medición necesarias para validar la hipótesis.

- 1. Grado de interés que generó la actividad
- 2. Grado de utilidad de la aplicación del ejercicio para realizar la validación de proyectos de diseño
- 3. Grado en que ésta actividad permitió configurar la solución final de diseño

G. Matriz de innovación. Una vez terminado el proceso de diseño se evaluó por medio de una matriz el nivel de innovación alcanzado con el proyecto, evaluando el nivel analógico alcanzado, la novedad de la idea generada, el enfoque en lo humano como usuario y la viabilidad tecnológica.

- 4. Grado de interés que generó la actividad
- 5. Grado en que ésta actividad permitió autoevaluar el alcance del proyecto
- 6. Grado de satisfacción alcanzado con los resultados obtenidos.

H. Realización. Los estudiantes construyeron modelos o maquetas, en los que evidenciara de forma funcional el concepto biomimético planteado.

- 1. Grado de interés que generó la actividad
- 2. Grado en que ésta actividad permitió configurar, demostrar y verificar la viabilidad de la solución de diseño basada en un concepto biomimético
- 3. Grado de satisfacción que representó la realización del proyecto, según los alcances planteados

Finalmente

- 1. En qué medida han sido útiles las herramientas metodológicas aplicadas en el curso _____
- 2. Cuál de las estrategias fue de mayor utilidad: _____
- 3. Comentario adicional: _____

Apéndice D. Matriz de respuestas encuesta de satisfacción de metodologías

	A			B			C				D			E			F			G			H		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3	G1	G2	G3	H1	H2	H3
1	5	3	2	4	4	3	5	5	5	5	4	4	4	3	5	4	5	5	5	2	2	1	4	4	2
2	5	4	2	5	4	4	4	5	5	4	4	3	4	5	4	3	4	4	4	4	3	4	4	5	4
3	5	4	4	2	4	3	4	3	4	3	2	4	2	3	4	4	4	4	5	3	4	4	4	4	5
4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5
5	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	4	5	4	5	5	5
6	4	4	3	3	4	4	5	2	4	2	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4
7	4	2	3	4	4	3	5	2	4	2	4	4	3	3	5	4	4	5	5	3	2	4	4	5	5
8	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3
9	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	3	4	3	2	5	5	4	4
11	1	2	2	2	2	2	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3	4	4	5	4	3	4	3	4	5
12	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3
13	5	5	4	3	4	4	3	3	4	3	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5
14	5	3	3	4	5	4	2	1	3	2	4	5	5	4	5	2	4	5	5	4	4	5	3	5	5
15	5	5	5	5	5	5	4	3	4	4	5	5	5	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5
16	5	4	3	4	5	5	5	5	5	5	4	4	2	5	5	4	5	4	4	3	3	2	5	5	3
17	5	5	5	4	4	5	4	5	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	5	4	5	5	4	4	4
18	5	4	4	4	5	5	2	1	1	1	5	5	4	5	5	4	3	5	5	4	3	3	3	5	3
19	5	4	1	5	4	4	4	4	2	3	5	1	1	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	3	3
20	4	4	4	5	5	5	5	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4
21	4	3	3	3	4	4	4	4	3	2	4	4	4	3	4	4	4	5	5	3	4	3	4	4	4
22	4	3	3	2	2	2	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3	2	3	3	3	4	4	4
23	5	2	1	5	5	5	4	4	3	3	1	1	1	5	5	5	3	4	5	3	4	5	5	5	5
24	4	4	3	4	4	4	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	4	4	2	2	2	2	4	4	3
25	4	4	3	5	4	5	5	5	4	5	4	3	4	4	5	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
26	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2	4	4	4	3	4	3	4	4	5	3	4	4	4	4	5
27	5	5	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
28	4	4	4	4	5	5	5	4	5	3	5	5	5	3	2	4	3	5	4	4	5	5	5	5	5
29	5	5	5	4	4	5	3	2	2	2	4	4	3	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
30	5	3	3	4	5	5	2	3	4	5	4	5	5	2	5	4	4	5	3	5	4	5	5	5	5
31	1	1	1	3	4	4	5	4	4	3	2	3	4	2	4	4	4	5	5	3	4	4	4	5	5
32	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5
33	4	4	5	3	5	5	2	4	3	4	4	5	4	3	5	3	2	5	4	3	3	3	3	4	3
34	3	4	2	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3
35	5	4	4	2	3	4	4	4	5	4	4	4	4	1	3	2	3	5	5	2	2	3	4	4	4
36	5	4	3	4	5	4	5	4	4	5	3	4	3	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4
37	5	3	3	3	3	3	4	4	3	4	5	5	5	4	3	3	5	5	4	3	3	3	5	5	4
38	3	5	3	3	4	5	5	3	4	3	4	4	3	5	4	5	2	2	2	5	5	5	5	5	5
PROMEDIO	4,3	3,8	3,3	3,8	4,2	4,1	4,1	3,8	3,8	3,6	4,0	4,0	3,8	3,7	4,2	3,8	3,9	4,4	4,4	3,7	3,8	3,9	4,4	4,5	4,2
DESV ESTANDAR	1,02	0,96	1,09	0,94	0,77	0,83	0,96	1,08	1,03	1,02	0,97	1,00	1,08	1,02	0,81	0,84	0,87	0,74	0,88	0,86	1,04	1,02	0,67	0,55	0,86

Los espacios marcados en amarillo corresponden a respuestas no dadas por los estudiantes