



Instituto
Superior
de Diseño

Instituto Superior de Diseño

Facultad de Diseño Industrial

**HERRAMIENTA PARA APLICAR LA BIOMIMÉTICA A LA
CONCEPTUALIZACIÓN DE OBJETOS EN EL PROCESO DE DISEÑO
DEL INSTITUTO SUPERIOR DE DISEÑO DE CUBA**

Tesis para optar por el Título académico de Máster en Gestión e Innovación
del Diseño

Autora: D.I. Carilyn de la Vega Hernández

Tutora: MsC. D.I. Milvia Pérez Pérez

La Habana, 2017

AGRADECIMIENTOS

A mami por su segundo título de Máster y a papi por su apoyo logístico,

A Carlos,

A la monga y a Mánue,

A la profe Miriam,

A mi tutora Milvia,

Al profe Pimienta,

A la profe Noelia,

Al colectivo del Centro de Información del ISDi,

A todas las personas dentro y fuera del Instituto que me han apoyado.

RESUMEN

Asumir el Diseño de Objetos a tenor de especificaciones satisfechas por soluciones propias de la naturaleza, resulta viable con la aplicación de la Biomimética. Sin embargo, no existe sistematización de su uso como parte de las técnicas para generar ideas creativas durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi; de ahí el objetivo general de esta tesis: elaborar una herramienta que sistematice el uso de la Biomimética en las condiciones referidas.

Se emplearon los métodos Histórico-lógico, Análisis-síntesis, Sistematización, Modelación y Revisión documental para analizar la evolución de la Biomimética y su aplicación en el Proceso de Diseño de Objetos, y para sistematizar los elementos con que se modeló la herramienta. Se aplicó en la asignatura Diseño Básico III a una población de 38 estudiantes pertenecientes al grupo 22 de la Facultad de Diseño Industrial del ISDi en los cursos 2014-15 y 2015-16; la Observación y la Encuesta permitieron valorar los resultados de su utilización.

La herramienta en formato Word está integrada por dos instrumentos, uno para identificar al sujeto natural con atributos análogos a los del problema, el otro para analizar las características formales, estructurales y/o funcionales del sujeto análogo, factibles de extrapolar a la solución de Diseño. Cuatro mapas conceptuales facilitan su manejo y comprensión.

Este trabajo aporta el primer recurso de ayuda para utilizar la Biomimética en la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi y sirve de guía para canalizar la creatividad de los estudiantes.

Palabras clave: Biomimética, Biónica, Biomímesis, Diseño, Conceptualización de Objetos, ISDi

ABSTRACT

Assuming Object Design employing solutions provided by nature is viable through the application of Biomimetics. Nevertheless, there is no current systematization regarding the use of Biomimetics in order to generate creative ideas during the Objects Conceptualization in the Design Process performed in the ISDi. Therefore, the main objective of this thesis is to elaborate a tool allowing a systematization of the use of Biomimetics in the referred conditions.

The following methods were employed: Historic-logic, Analysis-synthesis, Systematization, Modeling and Bibliographic review, in order to analyze the evolution of Biomimetics and its application in the Process of Objects Design, and to systematize the elements involved in the modeling of the tool. It was applied to a population of 38 students corresponding to the group 22 during the courses 2014-15 and 2015-16 at Industrial Design Faculty belongs to ISDi; Observation and Survey allowed valuing the results of the tool's utilization.

Two instruments compose the tool that is a Word document: one is devoted to the identification of the natural subject with analogue attributes to those of the problem; the other is dedicated to analyze formal, structural and functional characteristics of the analogue subject, which would allow the extrapolation to yield the Design solution. Indeed, four conceptual maps enable comfortable handling and comprehension of this tool.

This work constitutes the first approach aiming to employ Biomimetics with the purpose to assist the search of solutions during Objects Conceptualization in the Design Process in the ISDi, and therefore presents adequate guidelines to convey student's creativity.

Keywords: Biomimetics, Bionics, Biomimicry, Design, Objects Conceptualization, ISDi

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	9
1.1 BIÓNICA Y BIOMIMÉTICA	9
1.2 APLICACIÓN DE LA BIOMIMÉTICA AL DISEÑO	13
1.2.1 Vanden Broeck	13
1.2.2 Bombardelli	14
1.2.3 Songel	17
1.2.4 Biomimicry Institute	20
1.2.5 Universidad de Friburgo	23
1.3 DEFINICIÓN DE DISEÑO	24
1.3.1 Esferas de actuación del Diseño	26
1.3.2 Esfera de actuación Objeto	27
1.4 PROCESO DE DISEÑO EN EL ISDi	28
1.4.1 Etapas del Proceso de Diseño	28
1.4.2 Conceptualización	30
1.5 UTILIZACIÓN DEL TÉRMINO HERRAMIENTA	35
CAPÍTULO 2: DISEÑO METODOLÓGICO	37
2.1 Tipo de investigación	37
2.2 Métodos empleados	37
2.3 Población y muestra	38
2.4 Variables y operacionalización	39
2.5 Recolección de datos	44
2.6 Procesamiento de la información recogida	45
2.7 Consideraciones éticas	45
CAPÍTULO 3: HERRAMIENTA PARA APLICAR LA BIOMIMÉTICA A LA CONCEPTUALIZACIÓN DE OBJETOS EN EL PROCESO DE DISEÑO DEL ISDi	46
3.1 Características de la herramienta	46

3.2 Instrumento 1	47
3.2.1 Clasificación	47
3.3 Instrumento 2	49
3.3.1 FORMA	51
3.3.1.1 Definiciones	51
3.3.1.2 Clasificación	51
3.3.1.2.1 Forma física	51
3.3.1.2.2 Forma percibida	57
3.3.2 ESTRUCTURA	59
3.3.2.1 Definiciones	59
3.3.2.2 Organización de componentes	59
3.3.2.3 Procesos de transformación	60
3.3.2.3.1 Principios constructivos básicos	62
3.3.3 FUNCIÓN	67
3.3.3.1 Tipología de funciones	67
3.3.3.2 Principios de funcionamiento	68
3.3.3.3 Portadores de funciones	69
3.4 Aplicación de la herramienta en la asignatura Diseño Básico III durante los cursos académicos 2014-15 y 2015-16 en el ISDi	69
3.4.1 Observación	70
3.4.2 Encuestas	74
3.4.3 Tabulación de la relación corte evaluativo – calificación del ejercicio – comportamiento del rendimiento académico	76
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Asumir la Conceptualización de Objetos a tenor de especificaciones satisfechas por soluciones de la naturaleza, se ha convertido en una línea de pensamiento y accionar proyectual en el ámbito del Diseño. El término Biomimética integra justamente ese espacio de conocimiento y actuación donde “la naturaleza sirve de modelo, medida y mentor” (Benyus, 2002), que resulta interdisciplinar, incluyente y consensuado, comprometido con la creación sostenible del entorno artificial en que evoluciona la humanidad.

La aplicación de la Biomimética en la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización en el Proceso de Diseño de Objetos, presupone imitar y emular – de los seres vivos y sus ecosistemas- sus formas, las cualidades de sus estructuras y materiales, la eficiencia de sus procesos, el aprovechamiento de sus recursos y la optimización de sus funciones, lo cual puede aportar ingeniosas soluciones que ya han sido comprobadas en la naturaleza.

Desde sus orígenes, en que el término Biónica fue acuñado por Jack Steele en los albores de la segunda mitad del siglo XX (Steele, 1960), más los antecedentes del estudio de la naturaleza y su directa relación con el Diseño Básico encontrados en los cursos iniciales de la Bauhaus (Droste, 2006) y posteriormente en la Escuela de Ulm (Bistolfi, 1985), ha existido una plétora de autores que han abordado la temática mediante ejemplos concretos de su aplicación y/o enfocados en la búsqueda de estrategias genéricas que permitan su incorporación sistemática al Proceso de Diseño. Bombardelli y Di Bartolo del departamento de Biónica del Instituto Europeo de Diseño de Milán; Songel de la Universidad Politécnica de Valencia; Janine Benyus del Instituto de Biomimética (Biomimicry Institute) en Estados Unidos; Milwich y Speck de la Universidad de Friburgo; Vincent de la Universidad de Bath en Reino Unido; Helms del Centro para el Diseño Inspirado Biológicamente (Center for Biologically Inspired Design) del Instituto Tecnológico de Georgia, son exponentes a referir (López Forniés, 2012; Cheong & Shu, 2013). Asimismo, Latinoamérica cuenta con estudios de interés procedentes de la Universidad Autónoma Metropolitana de

México (Herrera Batista, 2010) y la Universidad de Palermo en Argentina (Sarmiento, 2015) por citar algunos.

Sin embargo, la contemporaneidad mayoritaria de la actividad de Diseño sigue signada por el manejo superficial y empírico de la Biomimética durante la Conceptualización de Objetos, donde la solución elegida en la naturaleza se imbrica al proceso de manera generalmente intuitiva y accidental, y ello no contribuye a enriquecer y organizar el despliegue de creatividad que debe centrar la actuación del diseñador en esta etapa.

Una solución factible pudiera presuponer la intervención en los espacios académicos para promover la formación de los diseñadores con la adquisición y aplicación de una cultura de la Biomimética no como valor añadido del Diseño, sino como elemento a utilizar dentro del arsenal de técnicas de creatividad con el que deben egresar dotados para su desempeño profesional.

Una contribución al respecto pretende propiciar la tesis que se presenta, al proponer una herramienta que permita sistematizar la aplicación de la Biomimética en la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

Aunque las fuentes bibliográficas consultadas refieren teorizaciones, investigaciones y aproximaciones entre Diseño y naturaleza empleando mayormente el término Biónica, como en los últimos tiempos se ha manejado con mayor frecuencia el vocablo Biomimética, se decidió utilizarlos indistintamente en este trabajo según contexto de referencia, independientemente de que se asumió Biomimética para el título del trabajo.

Antecedentes

La Biónica desde sus inicios presupuso un campo de acción interdisciplinar que involucraba fundamentalmente a las ciencias naturales, exactas y técnicas, siendo privilegiada la Biología. Se relacionó inicialmente con la Cibernética en función de

desarrollar modelos que reprodujeran los sistemas de recepción-tratamiento de información, coordinación y autorregulación de los seres vivos, además de destacarse su vinculación con la Medicina, la Mecánica, la Nanotecnología, la Bioingeniería, entre otras, y, por supuesto, con el Diseño, esfera en la cual “su intención es formalizar el uso de analogías biológicas para resolver problemas proyectuales” (Di Bartolo, 2000).

A fin de lograrlo, han sido creadas herramientas tales como metodologías, bases de datos, tablas, matrices de búsqueda, sistemas léxicos de búsqueda por palabras clave, todas las cuales intentan facilitar el manejo adecuado del binomio problema-solución en la naturaleza.

Hoy día la Biomimética aplicada al Diseño se explora principalmente en dos realidades: a nivel institucional no universitario -con entidades consagradas a este fin donde coexiste la atención al Diseño con otras disciplinas como las Ingenierías y la Arquitectura- y a nivel académico a través de departamentos y cátedras en universidades de disciplinas proyectuales. En el primer caso se encuentran BIONIS en el Reino Unido y BIONIKON Bionics Competence Network en Alemania, que ofrecen servicios de consultoría a empresas de proyecto en Europa. En el segundo caso aparecen el Centro de Investigaciones de Estructuras Naturales del Instituto Europeo de Diseño de Milán, la Universidad de Friburgo, el Politécnico de Valencia, entre otros. Además está el Biomimicry Institute en Estados Unidos, donde se ofrece consultoría a empresas y se desarrollan programas educacionales (Martínez Ruíz & Mendoza Vélez, 2012).

“La postura proyectual propuesta por la Biónica, en definitiva, aparece cada vez más actual si consideramos la atención a los recursos y a la economía general de las soluciones que ella incorpora inevitablemente consigo, resultando una premisa preciosa para la sostenibilidad ambiental, fruto obvio de un pensar automáticamente en coincidencia con la naturaleza y con la correcta gestión del ambiente” (López Forniés & Berges Muro, 2014).

Contexto

Este trabajo se realizó en el Instituto Superior de Diseño (ISDi), única institución de educación superior que en Cuba se dedica a la formación de profesionales en las carreras de Diseño. Cuenta con una vasta experiencia acumulada desde el 28 de mayo de 1984 en que es fundado mediante el acuerdo No. 1707 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros (Peña Martínez, 2014).

La instauración de una Universidad de Diseño en el seno de la sociedad revolucionaria cubana ha representado para la profesión y para la institución un desafío político, ético y académico. La diferenciación conceptual y procedimental que ha distinguido a la economía nacional en sus diversas etapas, trajo consigo la realización de extraordinarios y continuos esfuerzos para impartir una docencia competente y comprometida con cada momento. “No basta con insertar la universidad en la realidad, hay que diseñar en la realidad, con una nueva forma de enfrentar los retos de cada momento (...) Esa misión demanda diseñadores formados para nuestra realidad, con un elevado compromiso social, sensibilidad con las personas, responsabilidad, integralidad, vocación de cooperación y postura sustentable” (Peña Martínez, 2014).

La aplicación de la Biomimética al Diseño es una tendencia muy socorrida ante coyunturas sociales que demandan soluciones proyectuales comprometidas con el desarrollo sostenible, siendo además un recurso para fomentar la creatividad durante el Proceso de Diseño. Como no se concibe al diseñador cubano desligado del compromiso con el desarrollo sostenible ni del ejercicio de su creatividad, es lógico que maneje este campo de conocimientos en su desempeño profesional para garantizar su pertinencia social; sin embargo, la observación efectuada a trabajos realizados por estudiantes de segundo año de Diseño del ISDi, los criterios que aporta la experiencia de trabajo de la autora en la docencia durante siete años impartiendo las asignaturas Diseño Básico III y IV a estudiantes de segundo año, la consulta realizada a especialistas docentes y la revisión a bibliografía afín a los temas referidos, no arrojaron información alguna sobre proyectos nacionales

encaminados a incentivar el uso de este recurso y a suplir el déficit de información que existe acerca del mismo para su aplicación sistemática durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

En dicha institución docente, los contenidos inherentes a este tema se incluyeron en el plan de estudios de la carrera Diseño Industrial en 1998. Se impartían en la asignatura Diseño Industrial I a segundo año -cuando la especialización comenzaba en este año académico- mediante una conferencia, donde se presentaba la Biónica como un recurso de ayuda para conceptualizar. En el 2004 se interrumpió la docencia referida justo cuando la especialización se trasladó al tercer año y se incluyó el segundo año en el tronco común a las dos carreras. No es hasta el 2014 en que el instituto se reestructuró en dos facultades: Facultad de Diseño Industrial y Facultad de Diseño de Comunicación Visual, que se rescata la impartición de estos contenidos incluyéndolos en la asignatura Diseño Básico III para ambas carreras; con ello se pone en práctica una de las acciones de la *Estrategia para la enseñanza del diseño sustentable* en el ISDi que plantea “incorporar ejercicios de Biónica en Diseño Básico III y IV” (*Estrategia para la enseñanza del diseño sustentable*, 2010). Pueden considerarse antecedentes de estos resultados, los ejercicios proyectuales de las asignaturas Diseño Básico I y II que se imparten en primer año, donde los estudiantes realizan síntesis formales de sujetos naturales pertenecientes a la flora y la fauna.

En el X Congreso Internacional Universidad 2016 que se desarrolló presidido por el lema: *Universidad innovadora por un desarrollo humano sostenible*, el Rector del ISDi planteó que “ser innovador en una universidad a veces es difícil porque las universidades son instituciones que se consolidan a partir de sus propias tradiciones, lo cual es una antítesis de la innovación”; sin embargo, reiteró que dicha institución “tiene el reto de formar estudiantes creativos e innovadores” (Guerra Moré, 2016). La herramienta que propone este trabajo tributa a ese encargo social.

Situación problemática

No existe sistematización del uso de la Biomimética como parte de las técnicas para generar ideas creativas durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

Problema científico

¿Cómo sistematizar el uso de la Biomimética como parte de las técnicas para generar ideas creativas durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi?

Objeto de estudio

Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

Campo de acción

Uso de la Biomimética como parte de las técnicas para generar ideas creativas durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

Objetivo general

Elaborar una herramienta que sistematice el uso de la Biomimética como parte de las técnicas para generar ideas creativas durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

Objetivos específicos

- Analizar la evolución de la Biomimética y su aplicación en el Proceso de Diseño de Objetos.
- Sistematizar los elementos que conforman la herramienta para utilizar la Biomimética como parte de las técnicas para generar ideas creativas durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

- Valorar los resultados obtenidos por los estudiantes al aplicar la herramienta en la asignatura Diseño Básico III durante los cursos académicos 2014-15 y 2015-16 en el ISDi.

Aportes

- Constituye el primer de recurso de ayuda para utilizar la Biomimética en la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.
- Constituye una aplicación concreta de la *Estrategia para la enseñanza del diseño sustentable* en el ISDi.
- Enriquece el cuerpo teórico de la asignatura Diseño Básico III porque complementa los contenidos inherentes a las técnicas para generar ideas creativas en la etapa de Conceptualización.
- Eleva el grado de motivación de los estudiantes por lo atractivo que resulta el uso de la Biomimética para emular a la naturaleza en la solución de problemas.
- Favorece el protagonismo del estudiante, el hábito de proceder reflexivamente, su independencia cognoscitiva y la autorregulación del aprendizaje.

Estructura

El desarrollo de este trabajo está estructurado en los siguientes capítulos:

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO, donde se abordan las acepciones correspondientes a los términos Biónica y Biomimética, con los criterios de la autora acerca de los enfoques que prevalecen en cada una y los aspectos comunes que presentan. Se explican los procedimientos y métodos desarrollados por diversos autores para aplicar la Biomimética al Diseño que han servido de base en la confección de la herramienta que propone esta investigación, señalando los aportes de los mismos. Se enuncian las definiciones de Diseño de interés para este trabajo y de las Esferas de actuación del Diseño, con detenimiento en la Esfera Objeto que es en la que interviene el resultado de esta tesis; el Proceso de Diseño en el ISDi y sus etapas, profundizando en la etapa Conceptualización para la cual se conforma la

herramienta. Asimismo se argumenta la selección del término herramienta para designar el resultado del presente trabajo.

CAPÍTULO 2. DISEÑO METODOLÓGICO, que contiene la descripción del tipo de investigación realizada, los principales métodos utilizados, la población empleada, la definición y operacionalización de las variables de interés para el estudio, y las técnicas y procedimientos aplicados para recopilar y procesar información con las consideraciones éticas pertinentes, todo ello para argumentar cómo se realizó la investigación.

CAPÍTULO 3. HERRAMIENTA PARA APLICAR LA BIOMIMÉTICA A LA CONCEPTUALIZACIÓN DE OBJETOS EN EL PROCESO DE DISEÑO DEL ISDi, donde se exponen los resultados de la investigación que reseña esta tesis. Para ello primeramente se presenta la herramienta, el propósito que persigue, sus características y los dos instrumentos que la integran con sus respectivos componentes; posteriormente, se describen los resultados de su aplicación en la asignatura Diseño Básico III durante los cursos académicos 2014-15 y 2015-16 y la valoración de la autora sobre los mismos.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordan primeramente diversas acepciones correspondientes a los términos Biónica y Biomimética, con los criterios de la autora acerca de los enfoques que prevalecen en cada una y los aspectos comunes que presentan. Seguidamente se explican los procedimientos y métodos desarrollados por distintos autores para aplicar la Biomimética al Diseño, que han servido de base en la confección de la herramienta que propone esta tesis, señalando los aportes de los mismos. A continuación se enuncian las definiciones de Diseño de interés para este trabajo y de las Esferas de actuación del Diseño con detenimiento en la Esfera Objeto que es en la que interviene el resultado de esta tesis; el Proceso de Diseño en el ISDi y sus etapas, profundizando en la etapa Conceptualización para la cual se conforma la herramienta. Asimismo se argumenta la selección del término herramienta para designar el resultado del presente trabajo.

1.1 BIÓNICA Y BIOMIMÉTICA

Desde su surgimiento, los términos Biónica y Biomimética han sido definidos a partir de múltiples enfoques, muchas veces particularizados por los campos de acción de sus autores; sin embargo, existe un grupo de características invariantes en todos ellos que pueden considerarse el núcleo de sus definiciones. Para arribar a la identificación de esas características comunes, se recorrerá cronológicamente una selección de las definiciones más representativas.

Etimológicamente, la palabra Biónica proviene de la raíz griega *bios* que significa vida y el sufijo *-ico* que significa relativo a; su homólogo Biomímesis (de *bio*, vida y *mimesis*, imitar) también se conoce como Biomimética o Biomimetismo en la literatura referente al tema (Smith, 2007).

Los autores fundacionales de estos términos expresaron visiones diferentes del concepto que encerraban los mismos. En 1957, Otto Herbert Schmitt, que pudiera considerarse precursor de la Biónica, preconiza el papel de la biofísica al plantear que se trata de “una aproximación a los problemas de la ciencia biológica utilizando

la teoría y la tecnología de las ciencias físicas” (Harkness, 2002). Por su parte, Jack Steele -pionero de estos particulares- señala que “la Biónica es la ciencia de los sistemas que tienen un funcionamiento copiado del de los sistemas naturales, o que representan las características específicas de los sistemas naturales o que son análogos a ellos” (Steele, 1960).

Finalizando la década del 60, se destaca un enunciado muy claro y abarcador: “la Biónica es el arte de aplicar, a la solución de problemas técnicos, el conocimiento que poseemos sobre los sistemas vivientes” (Gerardin, 1968).

La idea anterior se formaliza y en los 70, en el diccionario Webster, aparece la definición de Biónica como el “estudio de la formación, estructura o función de las sustancias y materiales de origen biológico (como enzimas o seda) y los mecanismos y procesos biológicos (como la síntesis de proteínas o la fotosíntesis), sobre todo con el fin de sintetizar productos similares por mecanismos artificiales que imitan a los naturales” (Webster, 1974).

No obstante, los decenios 70-80 estuvieron signados por definiciones más abocadas al aspecto procedimental-tecnológico, posición que perduró en épocas posteriores entre muchos autores dedicados al tema. Es de referir aquella que plantea que la Biónica es el “estudio de los sistemas vivientes con el objetivo de descubrir nuevos principios, técnicas y procesos que puedan encontrar aplicaciones técnicas (...); analiza, desde un punto de vista cualitativo, los sistemas biológicos, sus principios y sus características funcionales, buscando una fuente de inspiración para desarrollar nuevas orientaciones en la concepción de sistemas técnicos que tengan características análogas” (Offner, 1974). “Es el estudio de sistemas vivientes para aplicar a las tecnologías sus principios técnicos y procedimientos, siendo particularmente apta para estimular la capacidad de captar los detalles tridimensionales y los principios formales que los estructuran, así como para incrementar la capacidad de transformación (...)” (Bonsiepe, 1975). Este autor también valora el papel de la Biónica en la estimulación de la creatividad.

Menos afán tecnológico tiene la definición de Papanek que declara que “la Biónica es la utilización de prototipos biológicos en el diseño de sistemas sintéticos creados por el hombre; (...) se trata de estudiar los principios fundamentales de la naturaleza y llegar a la aplicación de principios y procesos a la satisfacción de las necesidades humanas” (Papanek, 1977).

Con perfil técnico, el italiano Bruno Munari refiere que la Biónica “estudia los sistemas vivientes y tiende a descubrir procesos, técnicas y nuevos principios aplicables a la tecnología. Examina los principios, las características y los sistemas con transposición de materia, con extensión de mandos, con transferencia de energía y de información. Se toma como punto de partida un fenómeno natural y a partir de ahí se puede desarrollar una solución proyectual” (Munari, 1983).

Sin embargo, la tónica abarcadora se retoma con Di Bartolo cuando expresa que “bajo el término Biónica se estudian generalmente dos tipos de trabajos científicos, dentro de los cuales hay uno más relacionado con el diseño, que estudia la naturaleza en su equilibrio entre forma-materiales-funciones, tratando de encontrar soluciones utilizables por el hombre para su medio ambiente...” (Di Bartolo, 1985). Este autor hace mención explícita del Diseño en su definición.

A finales del siglo XX e inicios del XXI no dejan de coexistir enfoques con mayor y menor intención tecnológica. De la primera corriente es ejemplo el enunciado que plantea que “la Biónica es la ciencia que busca entre los seres vivos, animales y vegetales, modelos de sistemas en vista a realizaciones técnicas” (Coineau & Kresling, 1994); también aquel que refiere que la Biónica es la “asimilación de principios de ingeniería que se utilizan en sistemas naturales, y la aplicación de estos principios al diseño o mejora de sistemas tecnológicos o materiales” (Lodato, 2000). Muestra de la segunda es la acepción que se refiere a la Biónica como una “nueva ciencia que estudia ejemplos de la naturaleza y posteriormente imita o se inspira en estos diseños y procesos para solucionar problemas del hombre” (Benyus, 2002). En la misma bibliografía la autora -usando el término homólogo- expresa que “...los hombres y mujeres exploran las obras maestras de la naturaleza y después copian

sus diseños y procesos de producción para resolver nuestros propios problemas, esa búsqueda es la Biomimética, la consciente emulación de la genialidad de la vida, la innovación inspirada en la naturaleza” (Benyus, 2002).

Criterios más recientes refieren que la Biónica “es el uso práctico de mecanismos y funciones de las ciencias biológicas en ingeniería, diseño, química, electrónica...” (Vincent et al., 2007). En su tesis doctoral, el autor Ignacio López Forniés plantea que “hay una relación entre la biología e ingeniería o diseño demostrada históricamente, y que esta relación se ha basado en el estudio y análisis de las formas vivas para sintetizar soluciones (...) estos análisis se han fundamentado en varios niveles desde lo micro hasta lo macro, desde el orden celular hasta el ecosistema, desde los sistemas o productos complejos hasta la investigación actual en el orden de las nano escalas”, y precisa que “la observación se ha planteado en principios, sistemas, estructuras, materiales, funciones, formas, colores y texturas, tratando de obtener conocimientos aplicables en la síntesis de los nuevos resultados” (López Forniés, 2014). La autora argentina Mariluz Sarmiento sentencia que “el Diseño puede encontrar soluciones innovadoras y óptimas a través de una observación detallada de la naturaleza.” (Sarmiento, 2015).

Analizando las definiciones expuestas en el recuento realizado, la autora considera que todas tienen en común los siguientes aspectos:

- Estudio de los sistemas vivientes: principios, procesos y mecanismos, así como características inherentes funcionales, estructurales, formales y de los materiales.
- Extrapolación de las características de los sistemas vivientes en función de desarrollar nuevos sistemas técnicos.
- Utilización del método de análisis y síntesis.

1.2 APLICACIÓN DE LA BIOMIMÉTICA AL DISEÑO

A continuación se presentan algunos procedimientos y métodos desarrollados por diversos autores para aplicar la Biomimética al Proceso de Diseño. El principal elemento que distingue a unos de otros es el modo de imbricarse Diseño e investigación de la naturaleza, o sea, qué precede o condiciona a qué en cada propuesta.

1.2.1 Vanden Broeck

Vanden Broeck, profesor de la Universidad Autónoma Metropolitana de México en la Unidad Académica de Azcapotzalco, plantea "...dos actividades a través de las cuales ocurre la aplicación de la Biónica al Diseño. Las mismas exigen del diseñador modos de actuación de mayor o menor complejidad, con orientaciones que se debaten principalmente entre el proyecto y la investigación" (Vanden Broeck, 2000).

-La investigación y experimentación básicas: "observación de fenómenos naturales sin necesariamente tener presentes aplicaciones inmediatas" (Vanden Broeck, 2000). Esta actividad presupone crear un banco de datos innovadores potencialmente utilizables a posteriori en proyectos de Diseño. Dichos datos no se circunscriben solo a soluciones técnicas, sino que también pueden estar relacionados con aspectos conceptuales y metodológicos del Diseño.

-La investigación aplicada: "búsqueda de soluciones a un proyecto específico por analogía" (Vanden Broeck, 2000). Esta actividad demanda tener un banco de datos previo, así como un modo de aproximarse desde el Diseño al sujeto o proceso natural.

Analizando la división anterior, la investigación y experimentación básicas presuponen buscar información, analizar y procesar datos, todo ello relacionado con el modo de actuación del diseñador como investigador, independientemente de que demanden trabajo interdisciplinario con otros especialistas como biólogos, por ejemplo. Por su parte, la investigación aplicada se imbrica dentro de las prácticas del

diseñador como proyectista, así que se incluye dentro del modo de actuación de Proyecto.

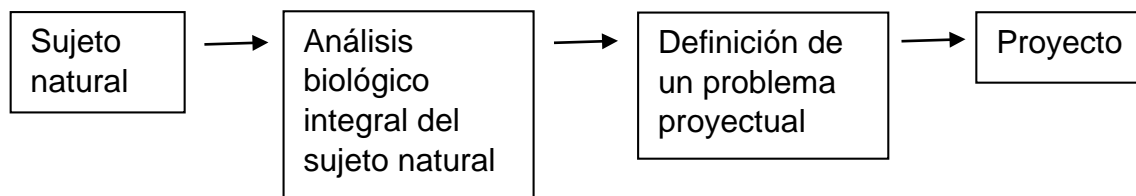
Luego, es de interés para este trabajo la investigación aplicada en tanto presupone una metodología de aproximación al fenómeno natural.

1.2.2 Bombardelli

Los aportes realizados por Bombardelli en el estudio de los métodos y casos aplicativos experimentados en el Centro de Investigaciones de Estructuras Naturales del Instituto Europeo de Diseño de Milán (CRSN de Milán) revisten trascendental importancia para comprender las posibles formas de acceder a la Biónica desde el Diseño.

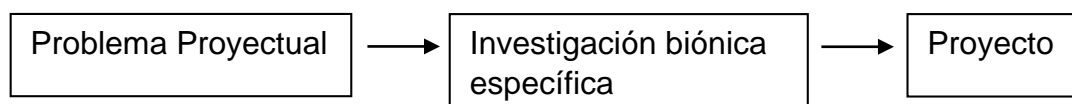
A continuación se exponen los diversos métodos que este autor propone (Bombardelli, 1985; Songel, 1994; Lozano Crespo, 1994).

- Método 1



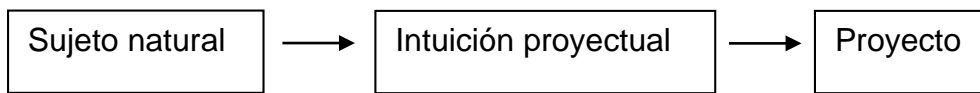
Se parte de analizar un sujeto en función de encontrar luego la aplicación de estos conocimientos a la solución de un problema proyectual. No puede aplicarse a un encargo real pues iría en contra de la secuencia lógica del Proceso de Diseño. Sin embargo, es un buen método para generar un banco de información de posibles aplicaciones de la Biónica a proyectos de Diseño.

- Método 2



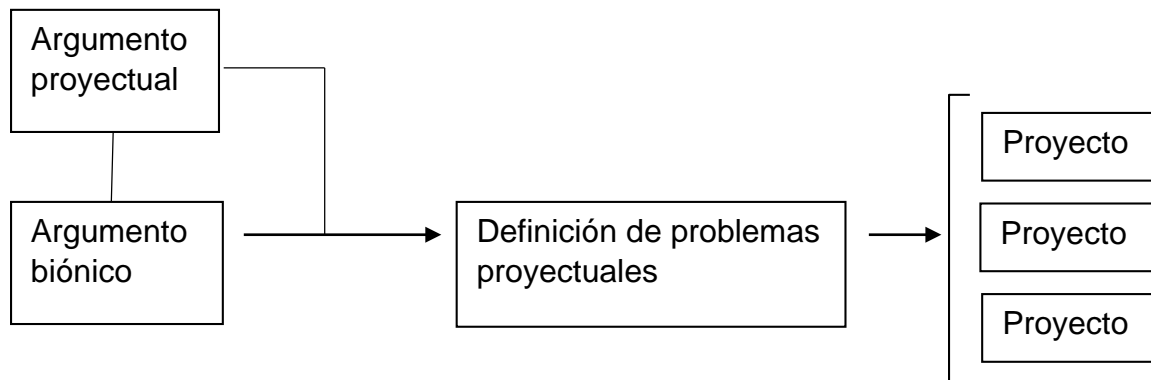
Se parte de un problema proyectual y a continuación se lleva a cabo la investigación biónica en función de encontrar en la naturaleza posibles principios de trabajo que resuelvan problemas similares. Es muy difícil en la fase de investigación biónica lograr un análisis completo donde no se excluyan seres vivos que pueden ofrecer información valiosa; para hacerlo se requeriría demasiado tiempo que operativamente no procede en un contexto proyectual productivo.

- Método 3



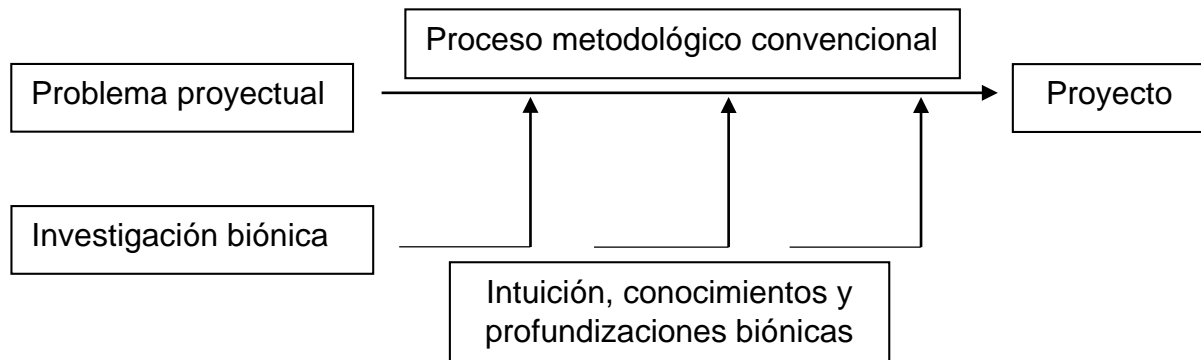
Este método es bastante fortuito, pues a partir de la observación del sujeto natural, el diseñador intuye un problema proyectual. No es operativo ante un encargo real pues iría en contra de la secuencia lógica del Proceso de Diseño.

- Método 4



Aquí la definición del argumento proyectual condiciona sucesivamente el argumento biónico. Deviene casi directamente en la búsqueda de analogías mediante la investigación biónica, que a su vez puede condicionar varias propuestas proyectuales. Es un método efectivo para la creación de un banco documental con posteriores usos, pero no es operativo ante un encargo real porque demandaría mucho tiempo la recopilación de información suficiente para enfrentar el mismo.

- Método 5



En este método la investigación se integra como complemento de un Proceso convencional de Diseño. Los resultados de dicha investigación pueden provenir de investigaciones anteriores o ser parte de las propias del proyecto.

Según criterio de la autora de este trabajo, el método 5 del CRSN de Milán es un referente importante para la presente tesis porque concibe la Biónica como elemento de apoyo a un Proceso convencional de Diseño y no como pie forzado para desarrollar el mismo. La sitúa como parte de las técnicas para generar ideas creativas, particularmente de la Sinéctica.

En este punto del discurso y para facilitar su comprensión, sería conveniente hacer un breve aparte para la Sinéctica, técnica desarrollada por el psicólogo William Gordon en la Universidad de Harvard, que se basa en el uso de analogías para resolver un problema. En vez de enfrentar el mismo directamente, se compara este con otra entidad, para lo cual emplea cuatro tipos de analogías:

1. "Analogía personal: al identificarse personalmente con los elementos de un problema, el individuo deja de verlo en los términos de los elementos previamente analizados.
2. Analogía directa: este mecanismo describe la comparación verdadera de hechos paralelos, conocimiento o tecnología.

3. Analogía simbólica: usa imágenes objetivas e impersonales para describir el problema...en términos de respuesta poética. Es una descripción comprimida de la función o de los elementos del problema...se ve el problema cualitativamente con la súbita totalidad de una frase poética...es inmediata. Una vez creada, es un torrente de asociaciones.
4. Analogía fantástica: como deseáramos que en nuestra fantasía más loca funcionara... -tal cosa-. Implica la ficción de que algo va a suceder con sólo desearlo” (Gordon, 1992).

La analogía que interesa a este trabajo es la directa pues permite establecer relaciones entre el problema de Diseño y otros semejantes de diferentes disciplinas como la biología, algunas ciencias tecnológicas, el arte, entre otras. Es importante agregar que la Sinéctica es empleada en el Proceso de Diseño como técnica para generar ideas creativas durante la Conceptualización.

1.2.3 Songel

Gabriel Songel –coordinador del Grupo de Investigación y Gestión del Diseño en la Universidad Politécnica de Valencia, España- en su tesis doctoral propone un modelo metodológico para aplicar la Biónica al Diseño. Según él, “las realizaciones que el hombre ha hecho tomando como referencia a la naturaleza (...) podríamos agruparlas siguiendo el criterio de cuál ha sido la relación entre la referencia natural y su materialización en el mundo de lo artificial” (Songel, 1991). Esta relación se basa en el grado de analogía entre el sujeto natural y el objeto creado. Consecuentemente estableció cuatro niveles analógicos:

1. “Inconsciencia: realizaciones que llegan a través de métodos convencionales de diseño a soluciones análogas a las naturales, sin saberlo sus autores.
2. Inspiración: realizaciones caracterizadas por la toma anecdótica de aspecto(s) manifiesto(s) en la naturaleza, sin considerarlo(s) como parte y consecuencia de un proceso evolutivo-funcional.
3. Transposición: realizaciones caracterizadas por la toma parcial de aspectos de la naturaleza, respetando siempre la armonía aglutinadora de la misma.

4. Imitación: realizaciones caracterizadas por la transposición al producto artificial de todos los aspectos importantes de un sujeto natural: función, estructura, forma, etc.” (Songel, 1991).

La herramienta propuesta en este trabajo es afín con los niveles de inspiración y transposición ya que puede funcionar tanto para la selección de aspectos aislados de la naturaleza, como para la de otros interrelacionados en conjunto, respetando dichas interacciones. Pudiera emplearse en el nivel de imitación solo si “todos los aspectos importantes” a extrapolar del sujeto natural, competen a la profesión de Diseño.

En la misma línea de trabajo del CRSN, Songel propone un método genérico de aplicación de los principios básicos de la Biónica a la resolución de problemas proyectuales, cuyas etapas son:

“Etapa 1. Planteamiento y análisis de las necesidades: se presenta la necesidad en forma de enunciado lo suficientemente genérico como para ser trasladado a un argumento biónico. Debe demostrarse una necesidad económica y una disponibilidad de satisfacerla.

Etapa 2. Identificación del problema: con los datos precedentes y con la información técnica, se identifica el problema y se establece el argumento biónico que en el mundo natural puede presentar soluciones a ese mismo problema. El planteamiento del argumento biónico debe tener un equilibrio entre lo genérico y lo específico, permitiendo centrar el tema a investigar pero sin llegar a dar o sugerir soluciones concretas.

Etapa 3. Concepto del proyecto: consiste en la búsqueda de posibles soluciones manifestadas en la naturaleza. Es una etapa que requiere capacidad de sintetizar el enunciado, capacidad de observación y reconocimiento de ese enunciado en diferentes realidades del mundo natural. En definitiva, capacidad analógica, que puede suplirse en algunos casos por la disposición de mucha información visual de diferentes

ámbitos de la naturaleza. Se eligen aquellos sujetos naturales que mejor representen al argumento enunciado. Conduce a más de una concepción del proyecto.

Etapa 4. Análisis de sujetos naturales: se analiza cada uno de los sujetos naturales seleccionados en la etapa anterior. El análisis específico consta de:

- Diferenciación de los mecanismos del sujeto natural.
- Estudio de las relaciones formales entre ellos.
- Comprensión de la naturaleza y organización de los materiales.
- Estudio de la estructura funcional.

Se preserva la información a través de fotografías, gráficos, esquemas y maquetas que sinteticen las propuestas formales observadas.

Etapa 5. Propuestas de aplicación: según los análisis anteriores, se va realizando una exhaustiva relación de posibles aplicaciones, sin descartar aquellas que parezcan disparatadas, utópicas o inalcanzables.

Etapa 6. Estudios de mercado y viabilidad económica: se procede al estudio de lo existente en el mercado tanto en lo referente al problema proyectual como en lo concerniente a las manifestaciones del argumento biónico en productos ya realizados. Se realiza una exhaustiva relación de posibles áreas de intervención, bien en cuanto a nuevos productos o bien en cuanto a mejoras competitivas con lo existente. Tras la comparación entre esta relación y la obtenida en la etapa anterior, se podrán detectar las áreas de interés, o incluso productos concretos a desarrollar.

Etapa 7. Evaluación económica: en esta etapa se debe producir una primera evaluación por parte del promotor de las ofertas innovativas que se le proponen, y, en consecuencia, bien la selección de una o varias de ellas que vayan de acuerdo con su disponibilidad económica o interés estratégico, o bien el rechazo de todas ellas, suponiendo en este caso una retroalimentación hacia etapas anteriores.”

(Songel, 1991).

La autora considera que para este trabajo resulta relevante la Etapa 4 del método de Songel porque desglosa algunas de las características que estudia la herramienta que propone la presente investigación.

1.2.4 Biomimicry Institute

El Instituto de Biomimética -con su insigne líder Janine Benyus- promueve el manejo de este concepto emulando las formas naturales, sus procesos y los ecosistemas en que se desarrollan, para crear diseños y tecnologías sostenibles.

Vale aclarar que las propuestas de esta institución no están dirigidas exclusivamente a diseñadores; su espectro de opciones se abre a arquitectos, ingenieros, entre otros profesionales, en función de potenciar creaciones sostenibles. Su atención no la dedican solo al Diseño de Objetos, sino también a la concepción de sus ciclos de vida completos.

Según sus postulados, el proceso que involucra el manejo de la Biomimética se describe en la “espiral de diseño” que se muestra en la Figura 1.

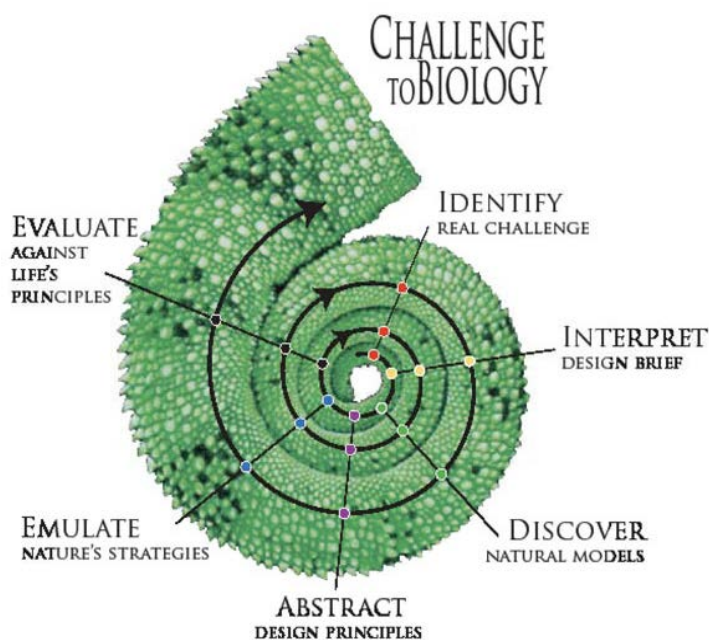


Figura 1. Proceso propuesto por el Instituto de Biomimética. (Biomimicry Group Inc., 2014).

Como se observa, tiene carácter reiterativo -de ahí la espiral-, pues a medida que se soluciona un problema y se evalúa la solución comparando con las características seleccionadas del referente natural, se procede a un nuevo desafío relacionado con el problema inicial y el proceso vuelve a comenzar. Tiene gran aplicación en el Diseño de Objetos, específicamente en la fase de Conceptualización, en la cual propone analizar los problemas relacionados con los procesos inherentes al ciclo de vida del Objeto que también pueden ser resueltos mediante analogías naturales.

El método que propone este instituto consta de los siguientes pasos:

“1- Identificar. Documentar los preliminares del problema.

- Elaborar un proyecto de Diseño con detalles sobre el problema a resolver, la necesidad humana a satisfacer y la aplicabilidad de la propuesta de solución.
- Determinar la función que debe desempeñar el Diseño. Esto significa preguntarse: ¿Qué quieres que haga tu diseño? en lugar de ¿qué quieres diseñar?

2- Interpretar. Biologizar la cuestión.

- Traducir las funciones desempeñadas en la naturaleza a la función de Diseño. Preguntarse: ¿Cómo hace la naturaleza esta función? y ¿de qué manera no la hace?
- Realizar definiciones biológico-sociales: Hábitat, ubicación, condiciones climáticas, nutrientes, condicionantes sociales y temporales.

3- Descubrir. Buscar en la naturaleza quién tiene éxito y qué puede dar respuesta o resolver el problema planteado.

- Encontrar los modelos de la naturaleza y los organismos naturales que mejor resuelven el problema. Preguntarse: ¿Qué supervivientes dependen de ello? y observar las situaciones extremas del hábitat.
- Analizar el problema desde diversos ángulos, considerando lo literal y lo metafórico.
- Intercambiar con biólogos y especialistas en el campo.

4- Abstraer. Encontrar los patrones que se repiten dentro de la naturaleza en aquellos procesos que permitan alcanzar el éxito.

- Crear la taxonomía de las estrategias de vida.
- Seleccionar los candidatos con más éxito, con las estrategias más relevantes para resolver el reto particular de Diseño.
- Determinar los principios que permiten alcanzar este éxito.

5- Emular. Desarrollar soluciones basadas en los modelos naturales mediante:

- Imitación formal, para lo cual es necesario:
 - Conocer los detalles de la morfología.
 - Comprender los efectos de la escala.
 - Considerar los factores que influyen en la eficacia de la forma para el organismo.
 - Considerar formas en las que puede profundizar para imitar.
- Imitación de la función, para lo cual es necesario:
 - Averiguar los detalles del proceso biológico.
 - Comprender los efectos de escala.
 - Considerar los factores que influyen en la eficacia del proceso para el organismo.
 - Considerar los modos de profundizar en la conversación ambiental o incluso imitar el ecosistema.
- Imitación de los ecosistemas, para lo cual es necesario:
 - Conocer los detalles del proceso biológico.
 - Comprender los efectos de escala.
 - Considerar los factores que influyen en la eficacia del proceso para el organismo.

6- Iniciar el ciclo de nuevo. Identificar, desarrollar y perfeccionar el proyecto de Diseño sobre la base de las lecciones aprendidas de la evaluación de las soluciones propuestas.

Se debe recordar que la naturaleza trabaja con pequeños bucles de retroalimentación, en constante aprendizaje, adaptación y evolución. El Diseño también puede beneficiarse de este pensamiento, evolucionando a través de repetidos pasos de observación y desarrollo, descubriendo nuevas lecciones y aplicándolas constantemente a lo largo del proceso que la acción de diseñar presupone.” (Biomimicry Group Inc., 2014; López Forniés, 2014).

En esta metodología sobresale el paso número 2 (“biologizar” el problema). En él se acota el universo de búsqueda, reduciéndola a partir de preguntas cuyas respuestas ofrecen un derrotero más preciso de por dónde comenzar a buscar una solución análoga en la naturaleza. Esto es muy útil en comparación con otras iniciativas donde el usuario indaga en la profusión de soluciones naturales, sin precisión guía inicial alguna.

1.2.5 Universidad de Friburgo

La metodología desarrollada en la Universidad de Friburgo en Alemania contempla dos enfoques para integrar la Biónica al desarrollo de productos; autores tales como Milwich y Speck definen los procesos que dan sustento a estos enfoques: Top-Down (de arriba hacia abajo) y Bottom-Up (de abajo hacia arriba).

- “Top-Down: partiendo de un problema específico se buscan posibles modelos biológicos como soluciones mediante la aplicación de un modelo de Diseño basado en la Biomimética. El mismo comprende:
 - Formulación del problema técnico
 - Búsqueda de las analogías en la biología
 - Identificación de los correspondientes principios
 - Abstracción del modelo biológico
 - Aplicación de la tecnología a través de prototipos y pruebas

- Bottom-Up: lleva a cabo investigación en biomecánica y morfología funcional para generar un banco de conocimientos aplicables a soluciones tecnológicas. Comienza partiendo de identificar un sistema biológico con oportunidades de

servir de referente para el desarrollo de una forma, material, estructura, función, proceso, etc. Comprende:

- Identificación de un sistema biológico
- Análisis de la biomecánica, la morfología funcional y la anatomía
- Comprensión de los principios
- Abstracción del modelo biológico
- Aplicación de la tecnología a través de prototipos y pruebas” (Milwich et al., 2006).

Ambos procesos implican irremediablemente el vínculo interdisciplinario entre biólogos y profesionales de la proyectación y/o tecnólogos, porque presuponen el dominio de muchas competencias, difíciles de encontrar en un solo profesional. Y a pesar de reconocer la importancia que tiene la intervención de los biólogos en estos empeños, se aboga por una herramienta con la que el diseñador se pueda orientar y desempeñar de manera autónoma, al menos a un nivel primario. Esa es la intención de la herramienta que propone el presente trabajo.

En resumen, todos los procedimientos y métodos referidos para aplicar la Biomimética al Proceso de Diseño -pertenecientes a distintas corrientes, escuelas y autores- tienen en común las características seleccionadas para analizar; las mismas son: forma, estructura, función y material. Las tres primeras se incluyen en la propuesta que presenta este trabajo; mientras que el estudio de materiales será pertinente en investigaciones multidisciplinarias que involucren al Diseño con otras profesiones de competencias más afines a dicha característica.

1.3 DEFINICIÓN DE DISEÑO

Aun cuando se sabe que el universo de definiciones para el término Diseño es muy amplio, solo se seleccionaron algunos por su interés para el presente trabajo.

Apunta el Arq. Armando Cabrera Bustamante –profesor de vasta experiencia en la academia cubana de Diseño- que “el ISDI desde su fundación, independientemente de matices coyunturales, siempre ha asumido la concepción del Diseño como una

actividad racional y ordenada, puesta al servicio de la solución de las necesidades reales de los seres humanos y alejada tanto de los empirismos miopes como de las estériles divagaciones abstractas.” (Cabrera Bustamante, 1996).

Un enunciado que sienta pautas en el Diseño cubano es el que propone el actual Rector del ISDi -MsC. DI. Sergio Luis Peña Martínez- retomado por la MsC. DI. Milvia Pérez Pérez, Decana de la Facultad de Diseño Industrial de la citada institución, “Diseño es una actividad cuyo objetivo es la concepción de los productos, para que estos cumplan eficientemente su finalidad útil y puedan ser producidos garantizando su circulación y consumo.” (Peña Martínez, 2007; Pérez Pérez, 2013).

Sin embargo, si se revisan los referentes foráneos que toma en cuenta la escuela de Diseño cubana, se encuentra la definición del argentino Tomás Maldonado -uno de los directores que tuvo la Escuela de Diseño de Ulm- que precisa que el Diseño es una “...actividad proyectual que consiste en determinar las propiedades formales de los objetos que serán producidos industrialmente. Por propiedades formales no hay que entender solo las características exteriores, sino, sobre todo, las relaciones funcionales y estructurales que hacen que un objeto tenga unidad coherente desde el punto de vista tanto del productor como del usuario.” (Maldonado, 1971).

Ahora bien, si se busca una definición que globalice el término y sea incluyente de los criterios diversos de las distintas latitudes y escuelas, siendo más realista acerca de cómo es la profesión actualmente, es menester referir la adoptada por el International Council of Societies of Industrial Design (ICSID): “...es una actividad creativa cuyo objetivo es establecer las cualidades multifacéticas de objetos, procesos, servicios y sus sistemas en todo su ciclo de vida. Por tanto, es un factor central de la humanización innovadora de las tecnologías y el factor crucial del cambio cultural y económico.” (International Council of Societies of Industrial Design, 2012).

La autora asume los calificativos que las definiciones vistas asocian al Diseño como actividad racional, ordenada, proyectual, creativa y humanista.

1.3.1 Esferas de actuación del Diseño

“(…) Para describir dónde actúa el Diseño y caracterizar las áreas proyectuales en que se desempeña, se escoge el concepto de Esferas de actuación, diferenciadas a partir de las escalas en que se mueven los problemas profesionales, las zonas donde habitan los proyectos, aquellos terrenos donde se materializa la profesión y dentro de los que el diseñador buscará soluciones sin compromisos ni fronteras” (Peña Martínez, 2007). “Son aquellos lugares donde se manifiesta la profesión, las áreas fundamentales de desempeño laboral.” (Horruitiner, 2006).

“Las Esferas de actuación del Diseño son algo más que clasificaciones, no son divisiones artificiales ni especialidades, ni constituyen compartimentos estancos. Una solución de Diseño generalmente involucra a más de una Esfera para encontrar una propuesta integral y eficiente.” (Peña Martínez, 2007).

Sin embargo, en la literatura foránea consultada, no aparecen referencias exactas a las Esferas de actuación del Diseño aunque existen denominaciones que pueden utilizarse de manera homóloga teniendo en cuenta cómo han sido definidas. Tal es el caso de las Áreas de aplicación del Diseño -según el profesor Manuel Lecuona López de la Universidad Politécnica de Valencia-, las cuales “permiten observar claramente cómo las actividades del Diseño son desarrolladas en tres grandes ámbitos de la acción empresarial: el Diseño industrial o de producto, el Diseño gráfico con varias funciones que pueden agruparse en diseño de la identidad o imagen corporativa y diseño de la información y la comunicación; y el Diseño de entornos o espacios físicos interiores o exteriores, tanto efímeros (ferias, exposiciones) como perdurables (oficinas, puntos de venta).” (Lecuona López, 2008).

En el artículo *Diseño. El objeto de la profesión* publicado en la revista A3manos del ISDi, los autores hacen referencia a la clasificación que combina áreas proyectuales con modos de actuación, propuesta por la Chartered Society of Designers de Londres: “Management Design, Exhibition Design, Fashion Design, Graphic Design, Interactive media Design, Interior Design, Product Design y Textile Design.” (Pérez Pérez & Peña Martínez, 2015).

Dichos autores plantean que “existe diversidad y dispersión categorial (...) y que es necesario definir las Esferas de actuación del Diseño en correspondencia con una lectura más flexible y holística del desempeño profesional.” (Pérez Pérez & Peña Martínez, 2015). Por eso, para la propuesta que ellos hacen de las Esferas de actuación del Diseño, “se consideró como criterio de clasificación las escalas en que opera la actividad Diseño y aquellos escenarios productivos, tecnológicos o contextuales donde se materializa el desempeño profesional. La Esferas resultantes son seis (...): Esfera Espacio, Esfera Maquinaria, Esfera Objeto, Esfera Digital, Esfera Gráfica y Esfera Audiovisual.” (Pérez Pérez & Peña Martínez, 2015).

El resultado de esta tesis se aboca a la Esfera de actuación Objeto, por ser la escala objetual la de mayor afinidad con los componentes que estructuran la herramienta que se desarrolla.

1.3.2 Esfera de actuación Objeto

“Esta Esfera agrupa problemas profesionales relacionados con los soportes funcionales de la actividad humana, comprende todos los artefactos que complementan, apoyan, facilitan y mejoran la calidad de vida, artículos y productos de uso personal y social, entre los que se pueden citar: el vestuario, los textiles y complementos; juguetes; muebles, lámparas, vajillas, enseres decorativos y utilitarios para usos doméstico, social e industrial, mobiliario técnico y de oficina entre otros; productos de alta y de baja tecnología como equipos de informática, computadoras, cámaras fotográficas, videocámaras, relojes, teléfonos; utillaje e instrumental científico”. (Peña Martínez, 2007).

La Esfera Objeto “concentra proyectos relacionados con los productos que permiten al hombre realizar funciones como extensiones de sí mismo (...) artículos de uso personal y social, de baja, media y alta complejidad técnica y con escala igual o menor que el ser humano”. (Pérez Pérez & Peña Martínez, 2015).

“Esta Esfera se caracteriza por el vínculo estrecho del Diseño con las soluciones de la ingeniería, los principios de funcionamiento, sistemas técnicos y tecnologías; las

soluciones son esencialmente de dominio humano, de dimensiones manejables, adecuadas al cuerpo humano. En esta Esfera, el Diseño opera a escala objetual, de ahí su nomenclatura.” (Peña Martínez, 2007).

Las definiciones y consideraciones anteriores corroboran la selección de la Esfera de actuación Objeto para el desarrollo de esta tesis.

1.4 PROCESO DE DISEÑO EN EL ISDi

Acerca del Diseño entendido como un proceso, de modo muy general Cabrera Bustamante se refiere a “...una transformación sistemática, sujeta a determinadas regularidades, que ocurre en un cierto fenómeno. Parte de una situación inicial y arriba a una situación final cualitativamente diferente del fenómeno o lo transforma totalmente en otro.” (Cabrera Bustamante, 2000).

Asimismo, Peña Martínez lo define como una “secuencia de acciones, transformaciones, concatenación de pasos que tienen como resultado un estado diferente al de origen.” (Peña Martínez, 2007).

Partiendo de la definición anterior, Gordillo Paneque plantea que el Proceso de Diseño es “la sucesión no lineal de acciones, pasos u operaciones organizadas que orientan, organizan y determinan la actividad de Diseño.” (Gordillo Paneque, 2011).

La autora se adscribe a los planteamientos anteriores por su formación en dicha institución de la cual proceden los autores citados.

1.4.1 Etapas del Proceso de Diseño

“El Proceso de Diseño se organiza a partir de reconocer tres grandes momentos en el desarrollo de nuevos productos: Necesidad, Proyecto y Producción, dentro de los cuales se hace énfasis en la fase de Proyecto y sus respectivas subetapas, dado que el diseñador es el mayor responsable de su implementación y de sus resultados. En cada una de estas etapas se realiza un conjunto de acciones, el diseñador se desdobra en diferentes comportamientos, aplica un sinnúmero de técnicas y

herramientas, al mismo tiempo que controla y evalúa los resultados según los objetivos y su complejidad.



Figura 2. Proceso de Diseño integrador (Peña Martínez, 2007).

El desarrollo de proyectos de Diseño, es una secuencia de acciones que comienzan con las etapas de Necesidad y Problema en las que se precisa un accionar más analítico e investigativo para definir el producto que se va a desarrollar en correspondencia con el problema y las necesidades que resuelve, considerando las condicionantes contextuales y del usuario, productivas, tecnológicas y mercadológicas, entre otras.

Le sigue la etapa de Concepto, donde la prioridad en la actuación del diseñador es ser creativo, generar ideas con flexibilidad y fluidez, así como el uso de herramientas para la evaluación y selección de las propuestas de acuerdo a los requisitos del proyecto.

Continúa el proceso con la generación de alternativas, los detalles y las soluciones técnico constructivas, hasta llegar a la solución exigiendo un accionar Desarrollador del diseñador; hay que combinar la creatividad con el conocimiento tecnológico, principios técnicos, materiales y procesos, logística de mercado y muchas variables de diversas naturalezas, para llegar a la solución.

Por último, en la Implementación es imprescindible evaluar los primeros prototipos, los demos funcionales, las pruebas de impresión, las series cero, valorar la implementación de las soluciones, su puesta en el mercado y la aceptación e impacto real de la solución en los públicos metas.” (Peña Martínez, 2007).

La etapa de Implementación es donde se pone el producto en el mercado. “El énfasis ahora se desplaza de la actividad de crear a la de controlar lo creado y su efecto. El diseñador cuida de que no se produzcan desviaciones del proyecto.” (Cabrera Bustamante, 2000).

Es en la etapa de Conceptualización, donde actúa la herramienta que propone el presente trabajo. Se ahondará en ella a continuación.

1.4.2 Conceptualización

Antes de declarar el accionar del diseñador en la etapa de Conceptualización, se impone revisar algunas definiciones sobre el Concepto de Diseño:

“Idea básica de la solución a un problema de diseño”. (Bonsiepe, 1969).

“Síntesis ideal de principios básicos, determinantes para la solución del problema definido. Es la idea rectora del Proceso de Diseño”. (Frick, 1982).

“...un camino a la solución a nivel macro, la estrategia de proyecto, las vías para llegar al resultado final dentro del Proceso de Diseño, la textualización y visualización de las soluciones potenciales, una síntesis de la configuración formal y funcional de la posible respuesta a un problema de Diseño.” (Pérez Pérez, 2004).

“Creación de los rasgos esenciales del Objeto de Diseño, que determinarán su ulterior desarrollo...” (Cabrera Bustamante, 2010).

Referente al desempeño del diseñador, “el comportamiento creativo es protagónico y significativo en el Proceso de Diseño y en especial en la etapa de Conceptualización, aquí es donde se realiza la síntesis creativa de las variables y componentes a tomar

en cuenta en el problema; se conceptualiza, es decir, se definen las posibles vías y alternativas de solución que se establecen como guía para las posteriores soluciones.

La Conceptualización es considerada el núcleo central de todo el Proceso de Diseño. Es en ella donde se integra el trabajo analítico anterior y aparece la cualidad más esencial del profesional, la creatividad, que se traduce en: originalidad (considerar las cosas o relaciones bajo un nuevo ángulo), flexibilidad (utilizar de forma inusual pero razonable los objetos), sensibilidad (detectar problemas o relaciones hasta entonces ignoradas), fluidez (apartarse de los esquemas mentales rígidos) e inconformismo (desarrollar ideas razonables enfrentadas a lo común y cotidiano)." (Peña Martínez, 2007).

"Esta fase es considerada como el núcleo central de todo el Proceso de Diseño. Incluso, llegando a extremos, hay quien ha afirmado que es el trabajo básicamente propio del diseñador industrial..."

A disposición del diseñador está un surtido de las llamadas técnicas de creatividad o de generación de ideas, cuya aplicación supone contar con unos datos de entrada, un procedimiento y, supuestamente, una salida que debe satisfacer los propósitos por los que se aplicó la técnica.

El empleo de técnicas trata de reducir el tiempo de obtención de ideas de solución en lugar de sentarse a que «baje la inspiración». Más bien se trata de que ésta sea forzada.

La esencia de la generación es la asociación de cosas conocidas y no la creación a partir de «la nada». Brainstorming, analogías (como base de la Sinéctica), cadenas de pensamiento y otras técnicas se basan en este principio..." (Cabrera Bustamante, 2010).

En la asignatura Diseño Básico III perteneciente al currículo del segundo año de la carrera Diseño Industrial en el ISDi, como parte de la docencia relativa a la

Conceptualización, se imparte un conjunto de técnicas para generar ideas creativas, entre las cuales se encuentra la Sinéctica, definida anteriormente en el acápite 1.2.2; dentro de la misma se hace un aparte dedicado a la Biomimética como recurso basado en analogías naturales. A continuación de ese contenido, se imparte el concerniente a la estructura de la Conceptualización (Figura 3):



Figura 3. Estructura de la Conceptualización. (Colectivo de profesores de Diseño Básico III de la Facultad de Diseño Industrial del ISDi, 2016).

La explicación de la figura se sustenta en los criterios emitidos por el colectivo de profesores de la asignatura Diseño Básico III, Facultad de Diseño Industrial del ISDi, en el curso 2016-2017.

- “Estrategia de Diseño: Acción (Acciones) de Diseño asociada(s) a los factores de Diseño relacionados con el encargo. Ella(s) guiará(n) el proyecto y satisfará(n) los propósitos definidos al inicio del mismo.
 - Tiene un grado de generalidad alto.
 - Puede venir planteada por el cliente (cuando está bien acotado el encargo del proyecto) o ser elaborada por el diseñador.
 - Es la directriz que concatena las expectativas del cliente con las posibilidades del diseñador.
 - Depende del nivel de complejidad del producto a diseñar.
 - Puede estar vinculada a un factor de Diseño o a la combinación de varios aunque, por lo general, se pondera uno.

- Premisa Conceptual: texto que sintetiza la intencionalidad de la Estrategia y lista los atributos imprescindibles que particularizan la solución.
 - Deviene de la Estrategia de Diseño y tiene un nivel de generalidad menor que el de ella.
 - Todas las Premisas Conceptuales son válidas.
 - Para derivar Premisas Conceptuales de una Estrategia de Diseño es preciso listar los atributos propios de la Estrategia (características, fenómenos asociados, grados de iconicidad, estilos, tendencias de trabajo, componentes, tiempos de rendimiento, filosofías de trabajo, etc.)
 - Se puede ilustrar con imágenes (existentes) en función de brindar una idea general de lo que se quiere lograr.

- Alternativa Conceptual: representación verbal y esquemática (opcional) de la posible solución a la(s) Premisa(s) Conceptual(es).
 - Describe posibles caminos de resolución a cada atributo planteado en la(s) Premisa(s) Conceptual(es). Usualmente son entre dos y más.

- Tiene un nivel de generalidad menor que la(s) Premisa(s).
 - Se puede ilustrar con imágenes (existentes) si es pertinente.
 - Se evalúa en función de hallar sus ventajas y desventajas a partir de criterios de evaluación establecidos por el diseñador.
- Concepto descrito: cierre parcial de las descripciones verbal y esquemática del Concepto. Enmarca los límites entre los que se moverán las futuras alternativas de solución. A pesar de insertarse dentro de la estructura de la Conceptualización, funge como un momento de resumir todo lo que se ha desarrollado hasta ese entonces; por lo que, en ocasiones, no se considera una parte propiamente hablando de dicha estructura.
 - Alternativas de Solución: para generarlas es necesario primero detectar los subproblemas a resolver con las mismas. Un subproblema deviene de la apertura de un problema para analizarlo en partes más pequeñas y a mayor profundidad. Por lo general, los subproblemas se enfocan hacia las relaciones entre uso, función y tecnología, incididos por los factores de mercado y contextuales.
 - Variantes de Solución: representación icónica (dibujos, modelos físicos y digitales) de la posible solución.
 - Las Variantes de Solución son exploraciones formales de la Alternativa de Solución seleccionada. En ellas se combinan de forma tangible y optimizada las soluciones a los subproblemas definidos.
 - Se evalúan en función de hallar sus ventajas y desventajas a partir de criterios de evaluación establecidos por el diseñador.
 - Concepto Óptimo: comprende la información final que se genera en la etapa de Conceptualización. Como parte del mismo se presenta:
 - Descripción verbal de todos los elementos que definitivamente conforman el Concepto (descripción de las soluciones a los subproblemas, enumeración de las partes que conforman el producto y la relación entre ellas, demostración de la factibilidad productiva del producto, etc.).

- Perspectivas del producto desde diferentes ángulos en pos de dar la mayor cantidad de información visual posible; vistas con dimensiones generales; detalles funcionales, de uso (con referencia humana en posturas involucradas) y técnicos.
- Animaciones relacionadas con la descripción del funcionamiento y del uso del producto (opcionalmente).” (Colectivo de profesores de Diseño Básico III de la Facultad de Diseño Industrial del ISDi, 2016).

Luego de esta descripción, resulta pertinente la aplicación de la herramienta que propone este trabajo en diferentes partes de la Estructura de la Conceptualización, principalmente en la generación tanto de Premisas como de Alternativas Conceptuales y, en menor medida, en la búsqueda de soluciones a los subproblemas de las Variantes de Solución.

1.5 UTILIZACIÓN DEL TÉRMINO HERRAMIENTA

La inclusión de este epígrafe en la tesis se debe a la justificación terminológica que requiere el título de la misma y su resultado. Para su redacción, se tomó como punto de partida el texto elaborado por el Profesor MsC. Arq. Armando Cabrera Bustamante titulado *Acerca del Proceso de Diseño: una visión* (Cabrera Bustamante, 2000) y los criterios del experto Juan Ramón Montaña Calcines, Doctor en Ciencias Pedagógicas, funcionario del Ministerio de Educación Superior cubano.

Resulta demasiado abarcador definir que la propuesta es una metodología, si se tiene en cuenta la definición dada por el MsC. Arq. Armando Cabrera Bustamante que plantea que “metodología es una disciplina destinada al análisis de los métodos y las técnicas de investigación adoptados en una ciencia o en diversidad de ciencias.” (Cabrera Bustamante, 2000).

Tampoco constituye un método pues no se ajusta a lo que define el propio autor Cabrera referente a la aplicación de técnicas: “Método es un proceder ordenado de trabajo, repetible y auto-correctible que garantiza la obtención de resultados válidos, con indicaciones acerca de las técnicas a seguir.” (Cabrera Bustamante, 2000).

Por otra parte, la técnica es “un conjunto de reglas capaces de dirigir eficazmente una actividad específica cualquiera.” (Cabrera Bustamante, 2000). Si se considera que regla es “aquello que ha de cumplirse por estar así convenido por una colectividad” o “precepto, principio o máxima” (DRAE, 2008), la propuesta de este trabajo no clasifica como tal porque no tiene carácter regulatorio.

En definitiva, se decidió catalogar el resultado como herramienta “por ser un recurso útil para un fin determinado, de carácter instrumental, que en el ámbito docente puede contribuir al desarrollo de determinadas habilidades en los estudiantes. Puede confeccionarse en soporte impreso o digital, utilizando plataformas que faciliten el acceso del destinatario, como es el caso de archivos de texto elaborados en Microsoft Word y presentaciones electrónicas confeccionadas en Microsoft PowerPoint, por citar algunas de las más frecuentemente encontradas en literatura nacional y foránea correspondiente a la formación universitaria y en la práctica docente en Cuba.” (Montaño Calcines, 2017). Para la investigación que se presenta se escogió formular la herramienta en soporte digital mediante un archivo de texto porque su contenido es eminentemente textual; en formato Word, por el buen manejo que hacen de esta aplicación los estudiantes de Diseño a quienes va dirigida, por su accesibilidad dentro y fuera del ISDi y porque en caso de querer imprimir la herramienta, lo pueden lograr de manera expedita sin requerimientos de equipamiento sofisticado ni de altos estándares de calidad.

Además, para facilitar su uso, se acompañó de cuatro mapas conceptuales por ser “representaciones gráficas que expresan organizadamente un conocimiento y sintetizan lo más importante de un mensaje, tema o texto, facilitando el ordenamiento de la información mental.” (Enciclopedia de Características, 2017).

Como “el impacto visual de los mapas conceptuales favorece los procesos de leer, interpretar, relacionar y asimilar el contenido que representan” (Sánchez Riaño et al., 2012), la autora consideró pertinente su inclusión para representar la composición de la herramienta y cada una de las características que ella aborda: la forma, la estructura y la función.

CAPÍTULO 2: DISEÑO METODOLÓGICO

Este capítulo describe el tipo de investigación realizada, los principales métodos utilizados, la población empleada, la definición y operacionalización de las variables de interés para el estudio, y las técnicas y procedimientos aplicados para recopilar y procesar información con las consideraciones éticas pertinentes, todo ello para argumentar cómo se realizó la investigación.

2.1 Tipo de investigación

Descriptiva, no experimental, de corte transversal (Hernández Sampieri, 1991; Artiles Visbal et al., 2008). Clasifica así porque pretende describir de modo sistemático las características de un área de interés, funcionando en las condiciones habituales de ocurrencia, con estudio de las variables definidas de manera simultánea en un período de tiempo dado; entiéndase, la herramienta para aplicar la Biomimética a la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi y su utilización en la docencia de Diseño Básico III durante los cursos 2014-15 y 2015-16.

2.2 Métodos empleados

Teóricos:

- Histórico-lógico: para conocer la evolución de la Biomimética a través de su historia, las etapas fundamentales por las que atraviesa en su sucesión cronológica y las condiciones que matizan dicho proceso; ello conduce a la comprensión de su lógica y de sus leyes de desarrollo internas posibilitando la aproximación a los referentes teóricos del tema y la interpretación de los criterios de los diversos autores sobre el mismo con un enfoque contextualizado en tiempo y espacio y ajustado al nivel de desarrollo científico técnico de cada época.
- Análisis-síntesis: para descomponer las características forma, estructura y función sobre las cuales se basa la analogía entre sujeto natural y solución de Diseño, para encontrar la mayor cantidad de elementos que tributan a tal fin y con ellos construir la herramienta.

- **Sistematización:** para realizar el estudio de todo el material disperso con el propósito de encontrar las regularidades y concomitancias entre las diversas propuestas de uso multidisciplinario de la Biomimética y su inserción en el contexto ISDi como herramienta para la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño.
- **Modelación:** para crear la herramienta resultante del estudio realizado, la cual pretende ayudar al estudiante de Diseño en la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.

Empíricos:

- **Revisión documental:** para profundizar el estudio de la aplicación de la Biomimética en la búsqueda de soluciones en el Diseño de Objetos, elaborar el marco teórico conceptual de la investigación, y obtener los resultados de los cortes evaluativos de los estudiantes y sus calificaciones en el ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III durante los cursos 2014-15 y 2015-16.
- **Observación:** para conformar la valoración del proceso y de los resultados de la aplicación de la herramienta en las soluciones del ejercicio docente.
- **Encuesta:** para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes con la utilización de la herramienta.

Estadísticos:

- **Técnica de Estadística Descriptiva** para calcular la distribución de frecuencias absolutas y relativas correspondientes a cada variable, y así procesar cuantitativamente los resultados de la observación y de la aplicación de la encuesta, así como del corte evaluativo y el ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III en los dos períodos académicos involucrados en el presente estudio.

2.3 Población y muestra

La población estuvo compuesta por todos los estudiantes del grupo 22 de la Facultad de Diseño Industrial del ISDi en los cursos 2014-15 y 2015-16; 18 del primero, 20 del segundo, en total 38 estudiantes. No se trabajó con muestras.

2.4 Variables y operacionalización

De la observación:

- Levantamiento organizado de información
- Amplitud del levantamiento de información
- Levantamiento pertinente de información
- Solución final original
- Calidad formal de la solución final
- Solución técnica fiable
- Usabilidad del Objeto

Nombre de la variable	Definición operacional	Naturaleza de la variable	Valores que toma la variable	Procedimientos para su medición
Levantamiento organizado de información	Si ocurre la detección ordenada de los sujetos a analogar	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Amplitud del levantamiento de información	Según la cantidad de características encontradas para hacer la analogía	Cualitativa ordinal	-Reducida: si se encontraron 1 o 2 características. -Adecuada: si se encontraron 3 o más características.	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Levantamiento pertinente de información	Si la información encontrada es relevante para	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias:

	aplicar en la analogía que conduce a la solución de Diseño			- absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Solución final original	Si la solución resulta novedosa y no se constatan precedentes de soluciones iguales, al mismo problema de Diseño que la originó	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Calidad formal de la solución final	Utilización de los recursos formales (visuales, perceptivos e instrumentales) en la solución	Cualitativa ordinal	-Buena -Regular -Mala	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Solución técnica fiable	Cuando la solución cumple las funciones para las que fue prevista: básica, secundarias, complementarias y agregadas -si las tuviera-	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes

Usabilidad del Objeto	Cuando el Objeto posee las adecuaciones ergonómicas que garantizan facilidad de uso del mismo por parte del usuario	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
-----------------------	---	---------------------	------------	--

De la encuesta:

- Comprensión
- Acceso
- Confiabilidad operacional
- Manipulación
- Ayuda a Conceptualizar Objetos
- Característica más lograda
- Característica propuesta a perfeccionamiento

Nombre de la variable	Definición operacional	Naturaleza de la variable	Valores que toma la variable	Procedimientos para su medición
Comprensión	Si el usuario entiende cómo está estructurada la herramienta y el orden en que se presenta la información que contiene	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes

Acceso	Si al usuario le resulta fácil acceder a la información que busca	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Confiabilidad operacional	Si el usuario no detecta fallas al manipular la herramienta	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Manipulación	Si el usuario logra una interacción fácil y cómoda con la herramienta	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Ayuda a Conceptualizar Objetos	Si la herramienta orienta con acierto la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi	Cualitativa nominal	-Si -No	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes

Característica más lograda	Característica que el usuario ha logrado extrapolar con mayor facilidad al Objeto conceptualizado, usando la herramienta	Cualitativa nominal	-Forma -Estructura -Función	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Característica propuesta a perfeccionamiento	Característica a extrapolar de la naturaleza, que el usuario preferiría se perfeccionara en versiones posteriores de la herramienta	Cualitativa nominal	-Forma -Estructura -Función	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes

De la revisión documental a Registros de asistencia y evaluación e Informes de los cortes semestrales, en ambos períodos lectivos:

- Corte evaluativo
- Calificación del ejercicio final
- Comportamiento del rendimiento académico

Nombre de la variable	Definición operacional	Naturaleza de la variable	Valores que toma la variable	Procedimientos para su medición
Corte evaluativo	Resultado de la evaluación cualitativa realizada a mediados del semestre al	Cualitativa ordinal	-Bien -Regular -Mal	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas

	desempeño académico del estudiante en la asignatura Diseño Básico III			- relativas expresadas en porcentajes
Calificación del ejercicio final	Nota que obtiene el estudiante en el ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III, expresada como cualidad	Cualitativa ordinal	-Bien: si el estudiante obtuvo 4 o 5 en el ejercicio final. -Regular: 3 -Mal: 2	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes
Comportamiento del rendimiento académico	Resultado de la comparación entre el corte evaluativo y la calificación del ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III	Cualitativa ordinal	-Mejora: si teniendo un corte evaluativo Regular o Mal, la calificación del ejercicio final es superior. -Se mantiene: si conserva la misma nota en la calificación del ejercicio final que en el corte evaluativo	Cálculo de la distribución de frecuencias: - absolutas - relativas expresadas en porcentajes

2.5 Recolección de datos

La observación permitió obtener información sobre el modo en que los estudiantes utilizaron la herramienta; los datos se recogieron durante la exposición realizada por cada estudiante en los seminarios 1 y 3 que tributan al ejercicio final de la asignatura

Diseño Básico III. Se confeccionaron dos guías de observación, una por cada seminario (Anexos 1 y 2).

Las encuestas aplicadas a los estudiantes (Anexo 3) posibilitaron recoger información sobre el grado de satisfacción que estos experimentaron al utilizar la herramienta en su ejercicio docente, incluyendo sus consideraciones acerca de la influencia que esta tuvo en la calificación alcanzada.

La revisión realizada a los documentos que contienen los resultados de los cortes evaluativos de los estudiantes y sus calificaciones en el ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III durante los cursos 2014-15 y 2015-16, complementaron el estudio del comportamiento del rendimiento académico una vez utilizada la herramienta que propone este trabajo.

2.6 Procesamiento de la información recogida

La información obtenida por las vías antes referidas se depositó en un archivo con formato de hoja de cálculo y fue procesada con la aplicación Microsoft Excel 2013 sobre plataforma Windows 7. Se calcularon las distribuciones de frecuencias absolutas y relativas –estas últimas expresadas en porcentajes- correspondientes a las variables estudiadas. Para una mejor comprensión de los resultados del procesamiento, se complementó la presentación de los mismos con la inclusión de tablas estadísticas en el documento.

2.7 Consideraciones éticas

Esta herramienta se concibió con total respeto a la autoría de los resultados que le sirven como antecedentes y que son citados como tal. La observación la realizó la autora del trabajo en el transcurso habitual de sus clases, lo cual no introdujo desencadenantes de afectaciones a la autenticidad del proceder de los estudiantes. La encuesta fue aplicada después de otorgada la calificación de la asignatura para que los estudiantes se sintieran libres de emitir sus criterios con la mayor honestidad posible. Es una investigación que arroja un producto factible de patentar.

CAPÍTULO 3: HERRAMIENTA PARA APLICAR LA BIOMIMÉTICA A LA CONCEPTUALIZACIÓN DE OBJETOS EN EL PROCESO DE DISEÑO DEL ISDi

En este capítulo se exponen los resultados de la investigación que reseña la tesis. Para ello primeramente se presenta la herramienta, el propósito que persigue, sus características y los dos instrumentos que la integran con sus respectivos componentes; posteriormente, se describen los resultados de su aplicación en la asignatura Diseño Básico III durante los cursos académicos 2014-15 y 2015-16 y la valoración de la autora sobre los mismos.

La herramienta que propone esta investigación guía al estudiante de Diseño para utilizar la Biomimética en la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi, y puede incentivar su creatividad.

3.1 Características de la herramienta

- Se aplica específicamente en los momentos de generar premisas conceptuales y/o alternativas conceptuales, aunque también puede ser factible durante la búsqueda de soluciones a los subproblemas inherentes a las variantes de solución (tomando como referente la estructura definida en el ISDi para la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño).
- No aborda la característica Materiales ya que las Esferas de Actuación de la Profesión de Diseño no comprenden la creación de materiales, siendo esto afín a las competencias de otras profesiones.
- Está compuesta por dos instrumentos: uno para identificar el sujeto natural análogo y el otro para determinar las características que posee, factibles de extrapolar a la solución de Diseño.
- Para su mejor manipulación por parte del estudiante, la herramienta se graficó utilizando cuatro mapas conceptuales: uno para la presentación de la herramienta con sus dos instrumentos y los tres restantes para las características -Forma,

Estructura y Función- que se analizan en el Instrumento 2. Ellos se muestran en las Figuras 4 - 7.

- Es un archivo de texto que se implementó utilizando la aplicación Microsoft Word para Windows.

A continuación se describe cada instrumento.

3.2 Instrumento 1

Está dirigido a la identificación y selección del sujeto o los sujetos naturales cuyos atributos sean análogos a los del problema en cuestión.

Para lograr el objetivo enunciado, el instrumento propone una clasificación para los sujetos naturales vivos y no vivos elaborada por la autora sobre la base de consultas a los textos de Bransden & Joachain, 2002; Lodish et al., 2005; Paniagua et al., 2002; Ehrlich & Walter, 2012; contextualizada al campo de acción de esta tesis.

3.2.1 Clasificación

- Sujetos naturales vivos

Niveles de organización de la materia viva:

1. **Átomo:** partícula material de pequeñez extrema considerada hasta el siglo XIX como la unidad básica e indivisible que componía la materia y que a los efectos de este trabajo puede asumirse como punto de partida de la clasificación, aun cuando se sabe que existen partículas subatómicas como los protones (con carga positiva), electrones (con carga negativa) y neutrones (eléctricamente neutros).
2. **Molécula:** formada por la unión de dos o más átomos.
3. **Célula:** unidad básica de la vida. Agrupación de moléculas en unidades con vida propia y capacidad para auto-replicarse. A partir de la misma comienza la organización de los seres vivos, pues los anteriores a ella corresponden a la materia inanimada.

4. Tejido: conjunto organizado de células con una estructura determinada que realizan una función especializada.
5. Órgano: agrupación de diversos tejidos formando una unidad estructural encargada del cumplimiento de una función determinada
6. Sistema de órganos: conjunto de órganos que actúan de forma coordinada para realizar una función específica.
7. Organismo: conjunto estructural de organización superior en el cual las células, tejidos, órganos y sistemas integran un ser vivo individual que se relaciona con el medio ambiente mediante intercambio de materia y energía de forma ordenada.
8. Población: agrupación de organismos de la misma especie para formar un núcleo que coexiste en un mismo espacio y comparte ciertas propiedades biológicas que le confieren una alta cohesión.
9. Comunidad: conjunto de organismos de diferentes especies que conviven en un mismo espacio el cual ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia.
10. Ecosistema: conjunto compuesto por los organismos de una comunidad y el entorno físico que habitan, así como las interacciones que se establecen entre ellos.
11. Biosfera: diversidad de ecosistemas del planeta Tierra y sus relaciones, se dice que es el ecosistema global.

- **Sujetos naturales no vivos**

Creados como resultados de procesos de las ciencias naturales:

- Resultantes de procesos biológicos, específicamente de comportamientos y actividades de los sujetos vivos.
- Resultantes de procesos geológicos, específicamente de cambios que experimenta el globo terrestre.
- Resultantes de procesos meteorológicos, específicamente de cambios y fenómenos ambientales.

- Resultantes de procesos hidrológicos, específicamente del ciclo hídrico.
- Resultantes de procesos del océano, específicamente del movimiento de las aguas y de su relación con el ambiente físico.
- Resultantes de procesos físicos, específicamente de interacciones de la materia y la energía.
- Resultantes de procesos químicos, específicamente de reacciones químicas que experimenta la materia.
- Resultantes de procesos de la astronomía, específicamente de fenómenos ligados a los cuerpos celestes.

3.3 Instrumento 2

Está dirigido al análisis de la o las características formales, estructurales y/o funcionales del sujeto análogo, que sean factibles de extrapolar a la solución de Diseño.

Para lograr el objetivo enunciado, el instrumento se construye con definiciones y clasificaciones que la autora ha elaborado sobre la base de consultas a los textos de Vanden Broeck, 2000; Wong, 1986; Eco, 1986; Williams, 1984; Vanden Broeck & Muñoz, 1986; Bogatyreva et al., 2003; contextualizando al campo de acción de esta tesis. Una fuente bibliográfica de vital importancia fue la multimedia *Recursos básicos para el Diseño de estructuras formales* de la MsC. Arq. Miriam Abreu Oramas, profesora de vasta experiencia en el ISDi, principalmente en los cursos de Formación Básica.

Antes de proceder al análisis de las referidas características, se muestra el mapa conceptual 1 que presenta la herramienta y sus dos instrumentos (Figura 4).

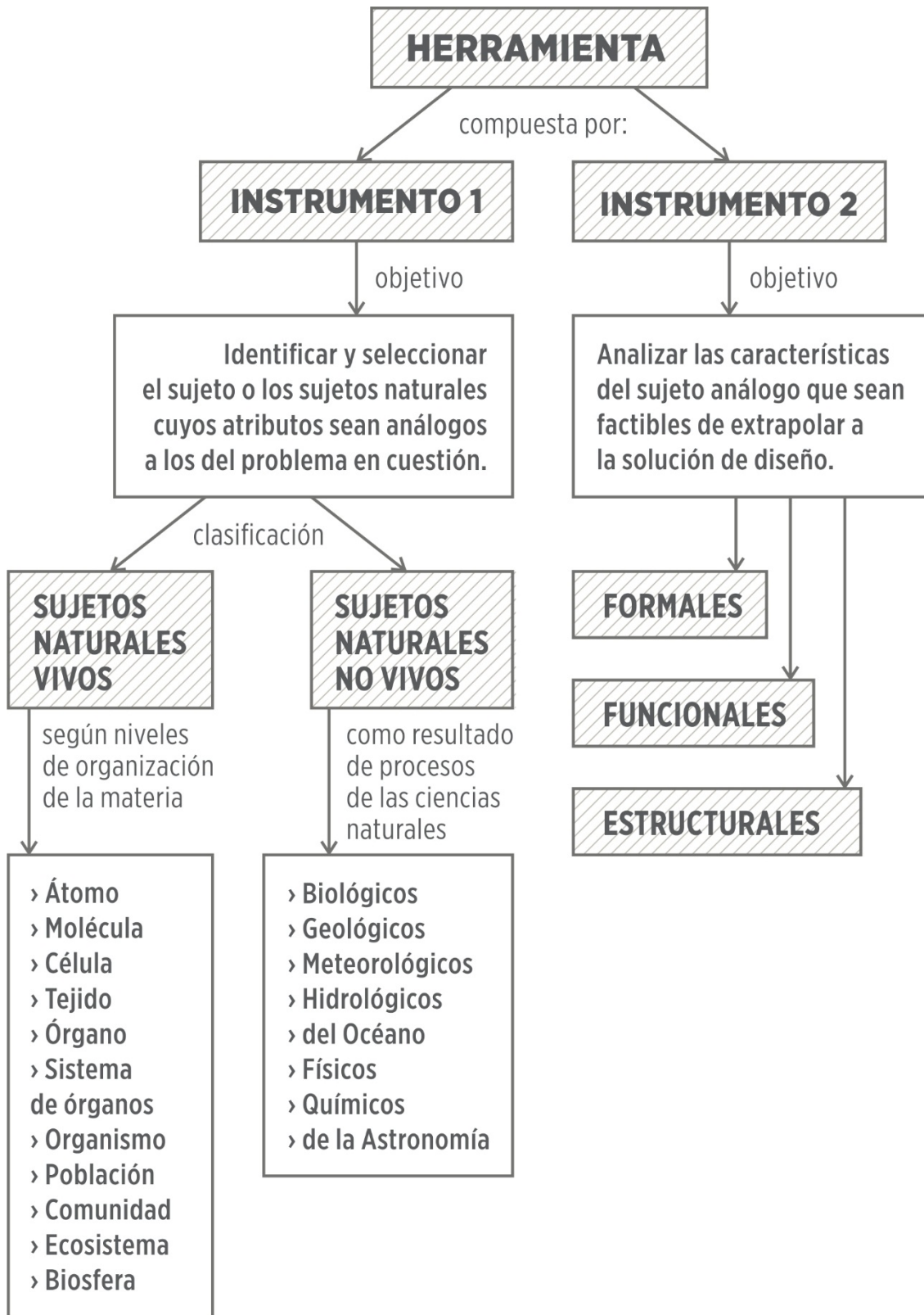


Figura 4. Estructura de la herramienta (Mapa conceptual 1)

3.3.1 FORMA

El instrumento garantiza el manejo de las características formales en dos aristas: definiciones y clasificación.

3.3.1.1 Definiciones

- “Apariencia externa de una cosa.” (DRAE, 2008).
- “Las formas en la naturaleza están determinadas por la interacción de fuerzas intrínsecas y extrínsecas. Toda forma es un equilibrio entre estas dos fuerzas.” (Vanden Broeck, 2000).
- “Todo lo que pueda ser visto, posee una forma que aporta la identificación principal en nuestra percepción.” (Wong, 1986).

3.3.1.2 Clasificación

- “Forma física: incluye los aspectos de la forma perceptibles por los sentidos. A ella se asocian los recursos visuales, que además constituyen la materia prima para su generación, junto a los recursos instrumentales.
- Forma percibida: comprende el contenido comunicacional de la forma, está relacionada con el significado de la misma.” (Abreu Oramas, 2003).

3.3.1.2.1 Forma física

Para el estudio de la forma física, se analizan los recursos visuales y los instrumentales en función de decodificar con qué elementos y cómo fue generado el sujeto biológico a analizar.

- “RECURSOS VISUALES: están asociados a la forma física. Constituyen la materia prima para la generación de estructuras formales. Están divididos en dos grupos: elementos básicos y elementos básicos de relación.
 - Elementos básicos: objetos primarios empleados para organizar y/o generar las formas visuales.” (Abreu Oramas, 2003). Se decidió analizar según pertinencia con esta herramienta, los siguientes:

- a) "Punto: elemento adimensional. Se asocia primordialmente a estructuras bidimensionales. Puede resultar de la intersección de segmentos de líneas.
- b) Segmento de línea: elemento unidimensional. Puede ser recto o curvo. Puede resultar de la junta de otros segmentos de líneas. Los segmentos de línea son la base de las tramas. Se asocian a estructuras bi y tridimensionales.
- c) Superficie: elemento bidimensional. Según su estructura puede ser plana o curva. Según su contorno; geometrizable o gestual. Un conjunto de superficies puede generar un volumen.
- d) Volumen: elemento tridimensional, sólido, limitado por superficies. Puede estar limitado por caras planas o por superficies curvas. Puede ser cóncavo o convexo.
- e) Contorno: borde de una superficie o volumen virtual. En la bidimensión puede ser el límite de una superficie. Un conjunto de contornos puede constituir una trama o retícula.
- f) Dimensión: trata del adecuado tamaño perceptivo de las partes de una estructura para el logro de la armonía formal.
- g) Color: impresión que hace la luz reflejada por los objetos en la retina del ojo. Es una propiedad de los límites de la forma. Se definen por sus atributos:
 - ✓ Tinte o matiz: la croma del color.
 - ✓ Claridad o luminosidad: cantidad de luz que refleja el color.
 - ✓ Saturación o pureza: cantidad de croma que posee un color.
- h) Textura: existe solamente cuando es posible asociarla al concepto de trama. Es una propiedad de los límites de la forma. Las texturas se clasifican según: el modo de percibir, la procedencia, el material portador, los procesos de texturización y las cualidades perceptivas." (Abreu Oramas, 2003). Para esta investigación se analiza la inherente a las cualidades perceptivas (estrechamente relacionadas con el portador y el entorno en que el mismo se encuentre):

Cualidad de la trama	Grado de la cualidad			
Claridad	Muy opaca	Opaca	Brillante	Muy brillante
Accidente	Muy lisa	Lisa	Rugosa	Muy rugosa
Compacidad	Muy compacta	Compacta	Fragmentada	Muy fragmentada

- “Elementos básicos de relación: objetos primarios empleados para organizar y/o generar las formas visuales. Se caracterizan por sus propiedades físicas en relación con otros elementos o con el entorno en que se insertan. Se decidió analizarlos principalmente desde el punto de vista de la relación entre las partes respecto al todo de los sujetos biológicos a analizar.” (Abreu Oramas, 2003) Según pertinencia con esta herramienta, se propone estudiar los siguientes:
 - ✓ “Proporción: relación entre largo, ancho y altura.
 - ✓ Escala: cualidad resultante de la comparación de dimensiones. Es un elemento que está relacionado con la percepción del todo en relación con el entorno o de la parte en relación con el todo.
 - ✓ Ubicación: lugar que ocupa un objeto en un entorno o una parte en el todo dentro de un mismo objeto.
 - ✓ Dirección: línea de movimiento de un cuerpo.
 - ✓ Sentido: polos de dirección. Influye en el equilibrio de las estructuras formales.
 - ✓ Espacio: oquedades entre elementos de la tridimensión.

- RECURSOS INSTRUMENTALES: tienen como objetivo la producción de alternativas de manera rápida y eficaz. Son pautas para la generación formal. Pueden ser de dos tipos: simetría y transformaciones.
 - Simetría
 - ✓ Indica la posición que ocupan las partes de un todo.
 - ✓ Caracteriza el orden de las formas naturales.

- ✓ Se sustenta en las operaciones que se realizan con un conjunto de elementos estructurantes, luego es conveniente analizar por separado los referidos elementos y las operaciones.

Elementos estructurantes

- a) Motivo: unidad a partir de la que se generan estructuras.
- b) Muestra: agrupación mínima de motivos que determina la simetría del conjunto.
- c) Órganos de simetría: Elementos geométricos con relación a los que se organiza la simetría.
 - Tipos: puntos, rectas o planos.
 - El movimiento del motivo para generar muestras así como el de las muestras para generar estructuras, se realiza con relación a los órganos de simetría.
 - Permiten fraccionar en partes, estructuras bi y tridimensionales.
 - La clasificación del equilibrio está dada por la disposición perceptiva de las partes con respecto a un órgano de simetría.
Tipos de equilibrio: Radial, si se percibe la generación alrededor de un punto; Axial, si se percibe la generación con respecto a un eje; No evidente, cuando no clasifica en los casos anteriores.
- d) Período: medida de la distancia que recorre el motivo.
 - Tipos de período: Lineal, cuando el motivo recorre una longitud medible, en una misma dirección, para generar la muestra; Angular, cuando el motivo gira alrededor de un punto o eje, varía la dirección; Combinado, cuando resulta de una combinación de ambos.
- e) Clasificaciones de la simetría: Existen dos criterios para clasificarla: según la relación formal entre los motivos y según la forma de los órganos de simetría.
 1. Clasificación de la simetría según la relación formal entre motivos:
 - Isometría: los motivos son iguales.
 - Homeometría: los motivos son semejantes.
 - Catametría: no se aprecia una relación evidente entre motivos.

2. Según la forma de los órganos de simetría:

- Ortosimetría: órganos rectos.
- Kyrtosimetría: órganos curvos.

Operaciones que se realizan con los elementos estructurantes

a) Operaciones de superposición: se caracterizan por la identidad de los motivos. Son de tres tipos:

- Identidad: todo motivo o muestra se superpone consigo mismo.
- Traslación: corrimiento simple del motivo o muestra a lo largo de un órgano de simetría lineal (recto o curvo) con ajuste a un período, también lineal.
- Rotación: movimiento del motivo o la muestra alrededor de un punto o eje (órgano de simetría), con ajuste a un período angular.

b) Operaciones homeométricas simples: se caracterizan por la semejanza de los motivos. Son de dos tipos:

- Extensión: incremento o disminución de tamaño a partir de un punto denominado de extensión.
- Reflexión: movimiento del motivo según un arco de 180 grados, perpendicular al eje de giro.

- Transformaciones

- ✓ Son modificaciones de las estructuras existentes (generalmente geometrías simples) para generar formas que guardan poca o ninguna relación con las de partida.
- ✓ Se asocian a las deformaciones que adquieren comúnmente los materiales ante la acción de fuerzas externas.
- ✓ Se emplean de forma combinada con la simetría.
- ✓ Tipos de transformaciones:
 - Seccionamiento: fraccionamiento en partes de estructura existentes. Genera sección. Debe estar precedido de un análisis de los órganos de simetría. Se realiza para eliminar parte o partes de la estructura madre; o para dividir la misma en partes y componer posteriormente con ellas.

- Desplazamiento: movimiento relativo de las partes de una estructura. Es común que esté antecedido por el seccionamiento. Se refiere al deslizamiento de una parte de la estructura con respecto a otra. La aparición de zonas vacías tanto en la bidimensión como en la tridimensión es una consecuencia del desplazamiento.
- Adición: incremento de las partes de una estructura. Puede producirse de dos formas: por aparición de zonas vacías o por acople de nuevas partes o estructuras.
- Substracción: acción de retirar de la estructura una porción que no modifica esencialmente las cualidades de la misma. Deja huella en la forma de partida. Existen cuatro tipos de substracciones:
 - a) Chanfle: substracciones de borde. Se emplea para suavizar los tránsitos entre partes.
 - b) Vaciado: extracción de una porción de la estructura por succión.
 - c) Corte: extracción de una porción de la estructura por deslizamiento. Conserva contacto con el exterior.
 - d) Perforación: extracción de una porción de la estructura por deslizamiento. Solo posee contacto con el exterior en las zonas por las que se realiza la extracción.
- Deformación: imitación de modificaciones estructurales de los materiales ante la acción de fuerzas externas. Provoca cambios sustantivos en las estructuras formales; los más comunes son:
 - a) Compresión: las estructuras resultantes están caracterizadas por un acortamiento del eje comprimido y un ensanchamiento de la sección perpendicular al eje de compresión.
 - b) Tracción: las estructuras resultantes presentan una tendencia al incremento de la longitud, al estrechamiento de la sección perpendicular al eje de tracción.
 - c) Flexión: el efecto más notorio de la flexión es el cambio de dirección que puede ser brusco o tenue.

- d) Torsión: rotación de los extremos de la forma en sentido contrario uno con relación al otro.” (Abreu Oramas, 2003).

3.3.1.2.2 Forma percibida

Para el análisis de la Forma percibida se estudian elementos vinculados directamente con la Semiótica, específicamente con el área de la Semántica, en función de determinar el significado de cada signo natural evaluado. Para ello se examinará, de los componentes de la estructura del signo, solamente el “significado”.

Según el escritor y filósofo Umberto Eco, “Significado es una unidad cultural. En toda cultura una unidad es, simplemente, algo que está definido culturalmente y distinguido como entidad. Puede ser una persona, un lugar, una cosa, un sentimiento, una situación, una fantasía, una alucinación, una esperanza o una idea.” (Eco, 1986).

Para contextualizar al espacio académico del ISDI, se pueden citar las definiciones expuestas en dos conferencias impartidas en la asignatura Diseño Básico III, donde se hace alusión al término Significado como “Mensaje, contenido. Forma percibida. Información. Contenido comunicacional.” (ISDi, 2011-2012). También se le considera como “Interpretación general que se le da a un signo; conocimiento sobre la correlación de este signo con determinados objetos, fenómenos o acontecimientos.” (ISDi, 2006-2007).

Este breve aparte que se hace con la Forma percibida solo pretende reforzar en el usuario de la herramienta la concientización que debe tener acerca de la trascendencia sígnica que muchos sujetos de la naturaleza tienen en la sociedad.

Para concluir la característica Forma, se presenta el mapa conceptual 2 con el gráfico correspondiente (Figura 5).

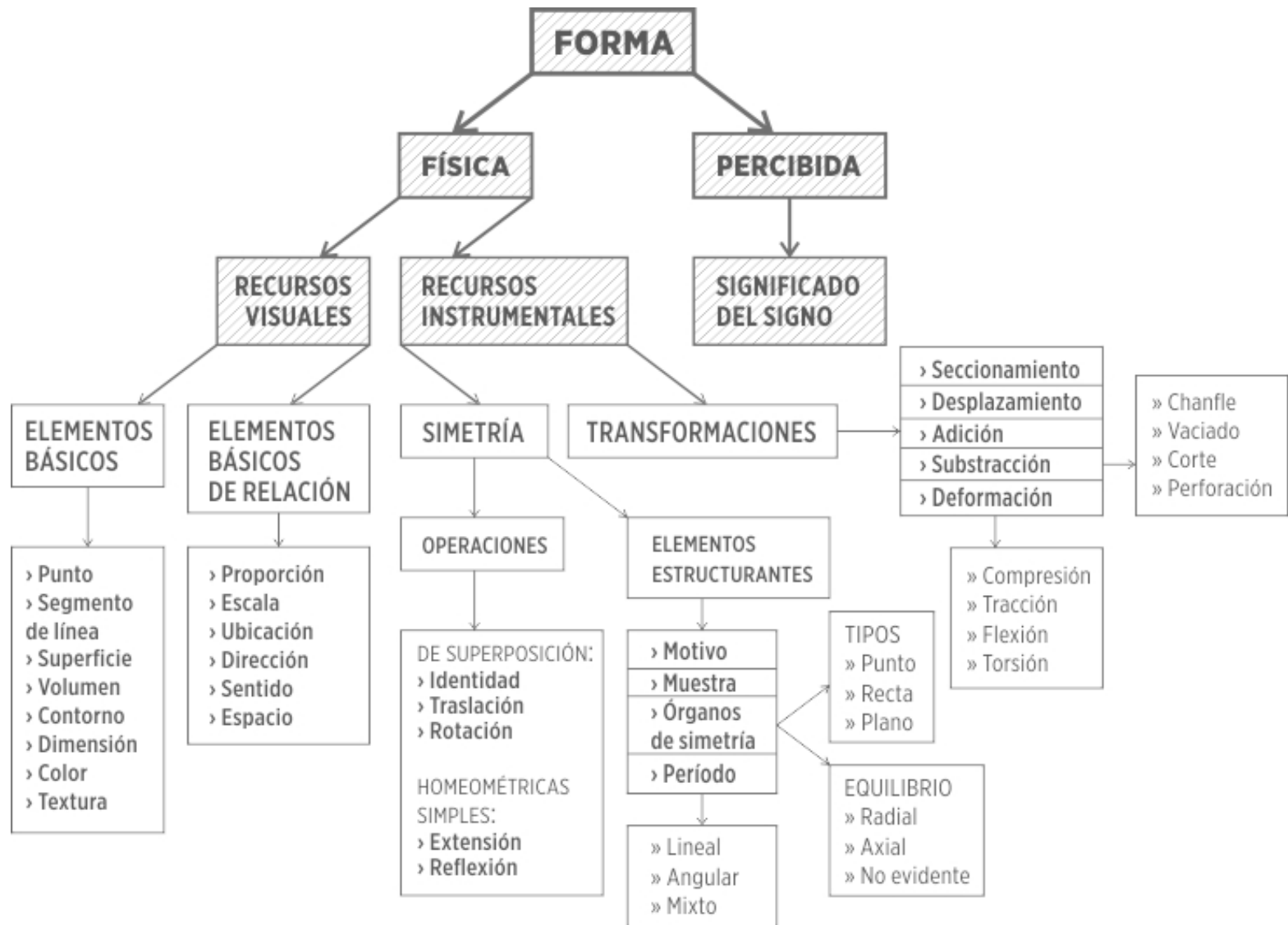


Figura 5. Manejo de la FORMA en la herramienta (Mapa conceptual 2)

3.3.2 ESTRUCTURA

Para el abordaje de las características estructurales, el instrumento parte de algunas definiciones. Seguidamente, en función de optimizar el análisis, se hace un desglose en los siguientes acápite: organización de componentes y procesos de transformación.

3.3.2.1 Definiciones

“La estructura es la manera en que una forma es creada, construida u organizada junto a otras formas... Impone un orden y predetermina las relaciones internas de las formas.” (Wong, 1986).

“...queda enfocada en una dirección: conseguir el máximo mediante el mínimo. No consiste en hacer algo más fuerte, agregando masa y volumen, sino en utilizar menos material de la manera más apropiada (...) la estructura es economía.” (Williams, 1984).

“Define la manera en que el material se organiza para dar respuesta a las solicitudes funcionales de la naturaleza.” (Pérez Pérez, 2013).

3.3.2.2 Organización de componentes

Está asociada al modo en que se reparten los recursos en la estructura. Puede estar dada por las siguientes soluciones:

- Espiral: es económica (pocos segmentos involucrados). Ocupa el espacio de manera uniforme, pero es muy indirecta ya que, para llegar al último punto partiendo del centro, es necesario pasar primero por todos los demás. Es también muy útil para compactar un recorrido lineal largo en el menor espacio posible. La espiral es el principal patrón de crecimiento, la expresión vertical de la espiral es el helicoide, que juega un papel fundamental en la conformación de múltiples estructuras verticales. El meandro es también una variante de la espiral y tiene propiedades similares, el mismo recorrido total y la misma cualidad de indirecto.

- Explosión: es muy directa pero utiliza muchos más segmentos y concentra el material en torno a un punto dispersándolo conforme avanza hacia el exterior. El modelo de la explosión aparece cuando el imperativo es la directividad. La explosión se manifiesta también con la necesidad de una rápida dispersión.
- Ramificaciones: introducen la noción de jerarquía y se obtienen entonces ramificaciones de primero, segundo y tercer grados, etc., estableciendo toda una tipología jerárquica.

3.3.2.3 Procesos de transformación

Están relacionados con la evolución de la forma y la estructura. Contemplan no solo las etapas de Construcción mediante el surgimiento, expansión y crecimiento de la materia, sino también su Declinación a través de la muerte, la deshidratación, la putrefacción y la acción devastadora de los agentes naturales externos. Desde el momento en que se inicia la construcción, comienza la declinación.

Estos procesos se registran tanto en formas orgánicas (asociadas en esta tesis con los sujetos naturales vivos) como en formas minerales (asociadas con los sujetos naturales no vivos).

- Construcción de formas orgánicas:
 - Aparece desarrollada desde dentro
 - La forma de expansión es habitualmente una superficie suave y redondeada.
 - La superficie orgánica es empujada hacia afuera, en un intento por contener a la sustancia en expansión que empuja desde dentro.
 - La parte interior queda en estado de compresión, pero la parte exterior está en tensión.
 - La tensión superficial colabora significativamente en la forma de la célula orgánica.

- Declinación de formas orgánicas:
 - La superficie se contrae en pliegues, y no en una disminución de su área, cuando ya no hay empuje de un mayor crecimiento y el interior se hace más pequeño.
 - La superficie queda floja y ya no está asociada a la masa que contiene.

- Construcción de formas minerales:
 - El crecimiento mineral se hace por el lado exterior.
 - Las formas de crecimiento mineral son angulares, con caras lisas y bordes marcados.
 - La pared del mineral es levantada en capas chatas y esquinas marcadas.
 - Toda la actividad es exterior, y nada ocurre en el interior después que la sustancia ha sido colocada en su sitio.
 - La cristalización influye significativamente sobre las formaciones minerales.

- Declinación de formas minerales:
 - La forma inorgánica disminuye desde fuera.
 - Casi todos los agentes de la erosión (viento, agua, nieve, hielo) son habitualmente menos duros que las sustancias sobre las que operan, como la piedra, el acero y la tierra.
 - El desgaste es una consecuencia de la fricción entre una sustancia y otra. Cada sustancia que esté en contacto y en movimiento libera cierta cantidad de su volumen ante la acción y desgaste de la otra.

La comprensión de los procesos de transformación sirve para decodificar el modo en que se genera la estructura. A continuación se presentan algunos principios constructivos básicos.

3.3.2.3.1 Principios constructivos básicos

- Fluidos: toda la materia fluye, moldeándose de esta manera a los esfuerzos externos, acusando con su forma una confrontación dinámica con el medio. En general, la materia sufre un proceso ininterrumpido de fluidez, inducido por las fuerzas del medio. Este fenómeno se relaciona con la cantidad de energía presente en la materia, que permite una mayor o una menor actividad molecular. El agua es el arquetipo de los fluidos.
- Tensión superficial: está asociada con la capacidad contractiva de un líquido que, oponiéndose a las fuerzas disociativas externas, produce ciertas formas.

El extremo exterior de todo líquido se encuentra en un estado constante de transferencia de energía. Las moléculas de la superficie quedan atraídas por las inferiores y contiguas, y así intentan continuamente trasladarse de la parte exterior a la interior.

Es una energía que siempre busca una igualación. Intenta juntar entre sí las formas y distribuir la energía tan parejamente como sea posible: nunca se encuentra un ángulo agudo en la formación de líquidos.

La fuerza de la tensión superficial aumenta de modo considerable en los tamaños diminutos y se constituye en igual a la de muchas atmósferas de presión, cuando los tamaños son poco mayores que las moléculas mismas.

Tiene una gran importancia en la formación de células.

- Agregación celular: en ciertas fases de la interacción de un fluido con otro, se observa una relación contenedor-contenido asociada a un patrón, la agregación celular, donde el fluido más denso juega el papel de contenedor sin perder su cohesión. Tanto en el plano como en el espacio, la agregación celular genera geometrías de acomodo. Que se trate de átomos en los cristales (de sujetos no vivos) o de células (en sujetos vivos), la disposición relativa de estos elementos define una geometría.

- Craquelamiento: aparece en emulsiones cuando las fuerzas externas vencen a la fuerza contractiva que daba cohesión a la emulsión. El proceso de vencimiento de la fuerza contractiva es un proceso susceptible al tiempo en donde los craquelamientos se suceden jerárquicamente: primero sucede una cisión primaria, luego varias secundarias y muchas más terciarias.
- Apilamiento compacto: se caracteriza por la búsqueda de economía de espacio catalizado por la acción de fuerzas externas sobre varios elementos semejantes.
- Curvatura: es uno de los patrones formativos más importantes en la naturaleza. Del principio de curvatura se desprenden todas las tipologías de superficies estructuradas que tienen como premisa otorgar resistencia por la forma; la idea de las superficies estructuradas es que resistan a todo tipo de carga en base a la forma (Vanden Broeck & Muñoz, 1986). Entre ellas se encuentran: las superficies estructuradas sencillas, complejas y las placas estructuradas.
 - Superficies estructuradas sencillas: básicamente se dividen en dos grupos: superficies continuas y superficies con rigidizaciones localizadas.
 - a) Superficies continuas: son aquellas donde no hay accidentes o cambios bruscos de forma. La continuidad es una ventaja estructural ya que permite la fluidez de los esfuerzos, evitando su concentración en sectores particularizados de la superficie. Las superficies estructuradas continuas son generadas por la curvatura del plano. Entre ellas se encuentran las siguientes:
 - ✓ Superficie de curvatura simple: son superficies desarrollables. Surgen del plano y pueden, por lo tanto, regresar a él; como el cilindro, el cono y sus secciones. Estas superficies abiertas por definición, ofrecen sus mejores características estructurales cuando son cerradas paralelamente al plano de la curvatura ya que las versiones abiertas como los ondulados, requieren de un sistema complementario que les permita mantener su forma, evitando que se aplanen cuando son

sometidos a carga. La naturaleza evita este tipo de estructura ya que puede colapsar fácilmente.

- ✓ Superficie no desarrollable: se caracteriza por dos curvaturas. Estas superficies son más estables y más resistentes que las superficies desarrollables, ya que, por no surgir del plano, no tienden a aplanarse. Dentro de esta categoría se incluyen algunas superficies de revolución como la esfera o sus secciones generadas por una forma en rotación alrededor de un eje, así como las superficies de revolución -parabólicas y elípticas-, los toros, los paraboloides elípticos y los hiperboloides parabólicos. Las superficies esferoidales completas constituyen óptimos contenedores; por sus características geométricas, la esfera es la forma idónea de protección, es el cuerpo espacial que protege el máximo de volumen por unidad de superficie. Luego, es menester haberle dedicado esta breve puntualización por su importancia y recurrencia en la naturaleza.
 - ✓ Superficie reglada: esta categoría incluye a las superficies conoidales, generadas por el deslizamiento de una recta cuyos extremos se apoyan sobre dos curvas diferentes. Las mismas tienen iguales desventajas que el cilindro en tanto pueden colapsar fácilmente cuando son sometidas a esfuerzos.
- b) Superficies con rigidizaciones localizadas: estas superficies se caracterizan por ser discontinuas. Son menos eficientes que las continuas debido a que las rigidizaciones localizadas constituyen potenciales focos de concentración de esfuerzos. Sin embargo, los procesos de fabricación no siempre permiten la construcción de una superficie continua. La sectorización, cuando no afecta la cohesión o continuidad en el material, tiene una ventaja estructural: se divide el problema en subproblemas disminuyendo así los esfuerzos. El aspecto crítico se centra entonces en la continuidad o cohesión entre pequeñas superficies.

Existen dos grupos cualitativamente distintos de rigidizaciones localizadas: en torno a una línea y en torno a un punto.

- ✓ Rigidizaciones en torno a una línea: las rectas deberían ser evitadas por constituir potenciales bisagras o ejes de abatimiento, que facilitan el cedimiento de una superficie bajo carga.
- ✓ Rigidizaciones en torno a un punto: estas satisfacen la sectorización y tienen la ventaja de ser más económicas y menos discontinuas con respecto a las rigidizaciones en torno a una línea.
- Superficies estructuradas complejas: se caracterizan por combinar diferentes principios de estructuración en una superficie: forma, rigidizaciones localizadas y nervaduras. Son muy frecuentes en la naturaleza.
- Placas estructuradas: la superficie se estructura mediante un sistema auxiliar de nervaduras. Intervienen dos sistemas diferentes: la superficie y la red jerarquizada de nervaduras.

Para concluir la característica Estructura, se presenta el mapa conceptual 3 en la Figura 6.

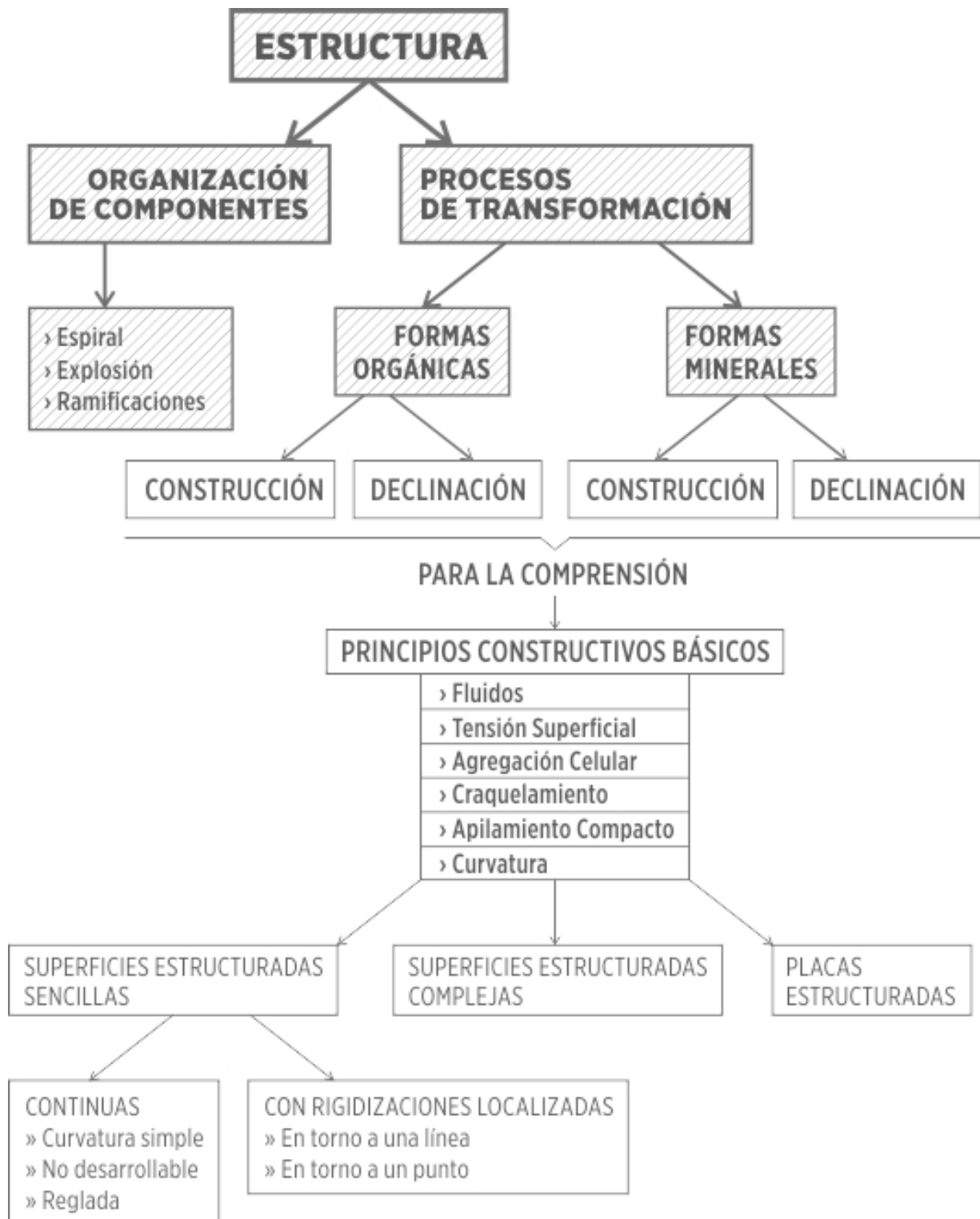


Figura 6. Manejo de la ESTRUCTURA en la herramienta (Mapa conceptual 3)

3.3.3 FUNCIÓN

Comienza el estudio de las características funcionales con la presentación de definiciones; continúa con la precisión de términos importantes para su manejo utilizando la herramienta.

La función del sistema biológico se puede definir como “la acción necesaria para lograr la condición futura deseada.” (Bogatyreva et al., 2003).

“Se llaman funciones a los procesos que se realizan en los seres vivos y que contribuyen a la conservación de la especie.” (Lodish et al., 2005).

En los sujetos naturales vivos, las funciones garantizan subsistencia y adaptación al medio ambiente. Por su parte, los sujetos naturales no vivos no realizan funciones; sin embargo, garantizan su integridad a través de principios de funcionamiento. Estos dos elementos son de gran importancia porque ambos pueden ser fuente de innovación.

3.3.3.1 Tipología de funciones

Los sujetos naturales vivos tienen en común, en su mayoría, las siguientes funciones, a través de las cuales se estructura el análisis que permite realizar la herramienta. Esta clasificación responde a criterios de diversa índole (no exclusivamente biológicos):

- Nutrición: comprende todos los procesos mediante los cuales los seres vivos obtienen la materia y la energía que necesitan para vivir. Hay dos tipos de nutrición en los seres vivos:
 - Nutrición autótrofa: fabrican sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas mediante un proceso denominado fotosíntesis. A partir de agua, sales minerales, dióxido de carbono y la energía de la luz, fabrican la materia orgánica.
 - Nutrición heterótrofa: necesitan tomar materia orgánica ya elaborada, se alimentan de otros seres vivos o de sus restos.

- Reproducción: “proceso mediante el cual los seres vivos producen seres semejantes a ellos, es decir descendencia. De esta forma se asegura la perpetuidad de las especies. Puede ser de dos clases:
 - Reproducción sexual: es aquella en la que participan dos progenitores, el macho y la hembra. Cada uno de los progenitores aporta una célula reproductora o gameto. En el caso del macho produce espermatozoides y en el de las hembras, los óvulos.
 - Reproducción asexual: es aquella en la que participa un solo progenitor, que puede aportar una sola célula o una parte del cuerpo. El nuevo ser se origina a partir de una sola o de un grupo de células del cuerpo del progenitor.”
(Blundell, 2012).

- Relación: engloba los procesos mediante los cuales los seres vivos responden a estímulos o cambios del medio ambiente. Los estímulos pueden ser internos, como la sed, o externos, como la luz.

- Crecimiento y Desarrollo:
 - El Crecimiento se define como el aumento continuo de tamaño del organismo (peso, talla, dimensiones antropométricas), consecuencia de la proliferación celular. Los organismos crecen hasta alcanzar la forma y la fisiología propia de su estado de madurez.
 - El Desarrollo es la aparición de nuevas características o la adquisición de nuevas habilidades (motoras, sociales, afectivas, de lenguaje).

Ambos conceptos están estrechamente relacionados.

3.3.3.2 Principios de funcionamiento

Constituyen los sustentos teóricos que respaldan las funciones y garantizan la integridad de los sujetos naturales. Estos pueden tener diversa procedencia, según la disciplina de la que se nutran. Los de mayor interés para esta investigación son los físicos (conformados por los mecánicos, los energéticos, los electro-magnéticos y los ópticos, principalmente).

3.3.3.3 Portadores de funciones

Son los soportes materiales del sujeto natural (características físicas) que hacen factible y garantizan el correcto cumplimiento de sus funciones.

Para concluir la característica Función, se presenta el mapa conceptual 4 en la Figura 7.

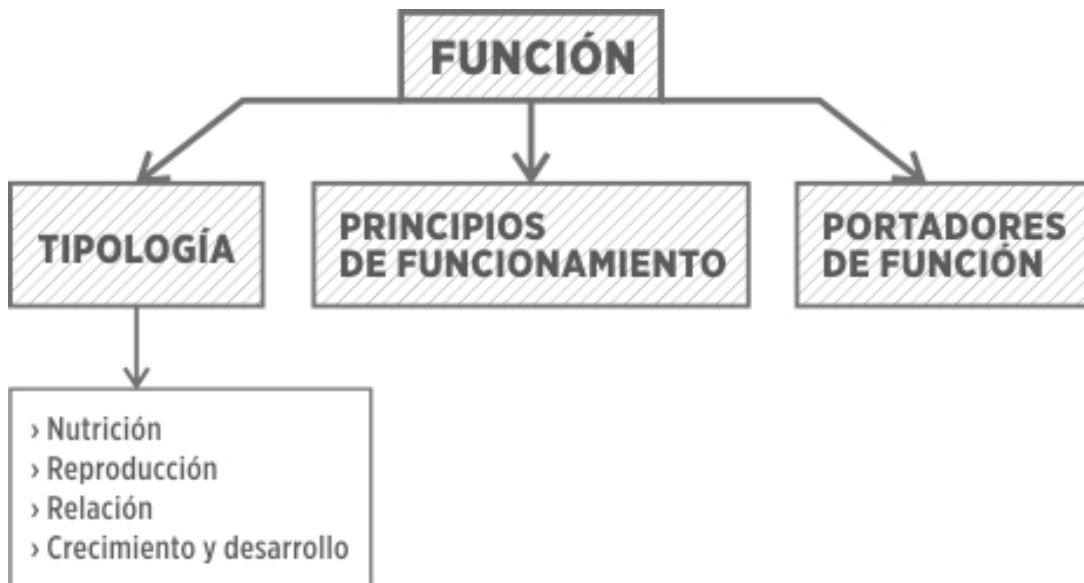


Figura 7. Manejo de la FUNCIÓN en la herramienta (Mapa conceptual 4)

3.4 Aplicación de la herramienta en la asignatura Diseño Básico III durante los cursos académicos 2014-15 y 2015-16 en el ISDi

Para valorar los resultados de la aplicación de la herramienta en la asignatura Diseño Básico III durante los cursos académicos 2014-15 y 2015-16 en el ISDi, la presente investigación contempla tres momentos:

- La observación realizada por la autora a los estudiantes en seminarios.
- Las encuestas a los estudiantes para conocer el grado de satisfacción que tienen con el uso de la herramienta.

- La tabulación de la relación corte evaluativo – calificación del ejercicio – comportamiento del rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura Diseño Básico III.

Los resultados referidos se presentan en 11 Tablas; en ellas, los porcentajes se calcularon contra totales por filas excepto en las Tablas 9 y 11 donde se realizaron dichos cálculos utilizando los totales por columnas.

3.4.1 Observación

La autora observó el desempeño de los estudiantes en el manejo de la herramienta para la realización del ejercicio final de Diseño Básico III. Los aspectos en que focalizó la observación son: organización, amplitud y pertinencia del levantamiento de información; originalidad y calidad formal de la solución final; fiabilidad de la solución técnica y usabilidad del Objeto.

Con relación a la organización del levantamiento de información, se constató que para poco más de las dos terceras partes del grupo, la herramienta contribuyó a la detección ordenada de los sujetos a analogar; los resultados por cursos académicos se muestran en la Tabla 1. Véase que existe mejoría porcentual notable en el curso 2014-15 con respecto al 2015-16.

Tabla 1: Organización del levantamiento de información en el ejercicio final de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Curso escolar	Levantamiento organizado				Total de estudiantes	
	Si		No			
	#	%	#	%	#	%
2014-15	14	77,7	4	22,3	18	100
2015-16	12	60	8	40	20	100
Total	26	68,4	12	31,6	38	100

Relativo a la amplitud del levantamiento de información, solo un tercio del grupo encontró un reducido número de características para hacer la analogía a pesar de utilizar la herramienta; sin embargo, esta fue eficaz para una mayoría considerable, acentuada en el curso 2014-15, tal como se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2: Amplitud del levantamiento de información en el ejercicio final de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Curso escolar	Amplitud				Total de estudiantes	
	Reducida		Adecuada			
	#	%	#	%	#	%
2014-15	5	27,8	13	72,2	18	100
2015-16	8	40	12	60	20	100
Total	13	34,2	25	65,8	38	100

Con respecto a la pertinencia del levantamiento de información, hay una tendencia a la homologación en el porcentaje de estudiantes que encontraron información relevante y no relevante para aplicar en la analogía que conduce a la solución de Diseño, luego el uso de la herramienta en este aspecto no resultó tan provechoso como en los anteriormente analizados. La Tabla 3 precisa los resultados.

Tabla 3: Pertinencia del levantamiento de información en el ejercicio final de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Curso escolar	Levantamiento pertinente				Total de estudiantes	
	Si		No			
	#	%	#	%	#	%
2014-15	10	55,5	8	44,5	18	100
2015-16	10	50	10	50	20	100
Total	20	52,6	18	47,4	38	100

En cuanto a la originalidad de la solución final, más del 70% de los estudiantes presentó una solución que resultó novedosa sin evidencias de precedentes de soluciones iguales al mismo problema de Diseño que la originó; en el curso 2014-15 solo 4 estudiantes no lo lograron. Los detalles correspondientes se pueden precisar en la Tabla 4.

Tabla 4: Originalidad de la solución final en el ejercicio final de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Curso escolar	Solución final original				Total de estudiantes	
	Si		No			
	#	%	#	%	#	%
2014-15	14	77,7	4	22,3	18	100
2015-16	13	65	7	35	20	100
Total	27	71,1	11	28,9	38	100

La Tabla 5 muestra cómo los estudiantes emplearon los recursos formales en la solución propuesta, considerando que ello define la calidad formal de la solución final. Nótese que más del 70% presentó una solución final de buena calidad formal.

Tabla 5: Calidad formal de la solución final en el ejercicio final de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Curso escolar	Calidad formal de la solución final						Total de estudiantes	
	Buena		Regular		Mala			
	#	%	#	%	#	%	#	%
2014-15	14	77,7	3	16,7	1	5,6	18	100
2015-16	13	65	5	25	2	10	20	100
Total	27	71,1	8	21,1	3	7,8	38	100

Referente a la fiabilidad de la solución técnica, un porcentaje considerable de estudiantes presentó una solución que cumplía las funciones para las que fue prevista, lo cual sustenta desde el punto de vista práctico, el valor del empleo de la herramienta en este aspecto. La Tabla 6 muestra los resultados correspondientes.

Tabla 6: Fiabilidad de la solución técnica en el ejercicio final de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Curso escolar	Solución técnica fiable				Total de estudiantes	
	Si		No			
	#	%	#	%	#	%
2014-15	14	77,7	4	22,3	18	100
2015-16	13	65	7	35	20	100
Total	27	71,1	11	28,9	38	100

El hecho de proponer un Objeto con las adecuaciones ergonómicas que garanticen la facilidad de uso del mismo por parte del usuario se constató en los resultados de la aplicación de la herramienta por parte de los estudiantes. Nótese que sobrepasa el 70% la cifra de estudiantes que logró la usabilidad del Objeto en el ejercicio final de Diseño Básico III. La Tabla 7 recoge las precisiones.

Tabla 7: Usabilidad del Objeto en el ejercicio final de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Curso escolar	Usabilidad del Objeto				Total de estudiantes	
	Si		No			
	#	%	#	%	#	%
2014-15	14	77,7	4	22,3	18	100
2015-16	13	65	7	35	20	100
Total	27	71,1	11	28,9	38	100

En resumen, del procesamiento de los datos provenientes de la observación, se puede concretar que la herramienta contribuyó a la detección ordenada de los sujetos a analogar, propició un amplio levantamiento de información; promovió la originalidad y buena calidad formal de la solución final, la fiabilidad de la solución técnica y la usabilidad del Objeto. Sobre la pertinencia, los criterios fueron divididos.

3.4.2 Encuestas

Se procesaron las encuestas aplicadas a los 38 estudiantes, para lo cual se utilizó Microsoft Excel 2013 sobre Windows 7; los resultados se exponen seguidamente respetando la tipología de cada grupo de preguntas: las que se refieren al manejo de la herramienta y las concernientes a la utilidad que se deriva de su explotación.

Con respecto al manejo de la herramienta, casi el 95% de los estudiantes encuestados declaró entender de manera expedita la estructura de la herramienta así como el orden de presentación de la información en la misma, y acceder con facilidad a la información que busca. Todos refirieron que se manipula sin inconveniente alguno y que ayuda a Conceptualizar Objetos, esto último habla a favor de su utilidad. Los resultados en detalle se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Manejo y utilidad de la herramienta según encuestas a estudiantes de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Característica	Respuestas de los estudiantes				Total de estudiantes	
	Si		No			
	#	%	#	%	#	%
Comprensión de la estructura y orden de presentación de la información	36	94,7	2	5,3	38	100
Fácil acceso a la información	36	94,7	2	5,3	38	100
Detección de fallas	0	0	38	100	38	100
Fácil manipulación	38	100	0	0	38	100
Ayuda a Conceptualizar Objetos	38	100	0	0	38	100

Prosiguiendo en materia de utilidad, al 73,7% de los encuestados el uso de la herramienta le permitió extrapolar con mayor facilidad la Forma de la naturaleza al Objeto conceptualizado y el 52,6% señala como característica preferida para futuros perfeccionamientos la Función. La Tabla 9 muestra las cifras correspondientes a los diversos criterios recogidos.

Tabla 9: Rendimiento de la herramienta por característica natural abordada, según encuestas a estudiantes de Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Característica	Respuestas de los estudiantes			
	Aceptación en la versión actual de la herramienta		Perfeccionamiento en versiones posteriores de la herramienta	
	#	%	#	%
Forma	28	73,7	1	2,6
Estructura	6	15,8	17	44,8
Función	4	10,5	20	52,6
Total	38	100	38	100

El procesamiento de las cifras expuestas en las Tablas 8 y 9 permite aseverar que las encuestas aplicadas a los estudiantes también hablan a favor de la herramienta: la estructura dada a la misma posibilita la presentación de la información siguiendo un orden lógico que facilita su comprensión, responde plenamente a los requisitos de facilidad de acceso y uso, confiabilidad operacional y ayuda al usuario en la Conceptualización de Objetos. La mayor aceptación recayó en la característica Forma y la más recomendada para perfeccionar fue la característica Función.

3.4.3 Tabulación de la relación corte evaluativo – calificación del ejercicio – comportamiento del rendimiento académico

Para complementar los resultados de la observación y las encuestas, la autora consideró interesante examinar el comportamiento del rendimiento académico de los estudiantes partiendo de la evaluación Bien, Regular o Mal que cada uno tenía en el corte evaluativo que se efectúa a mediados del semestre –por supuesto antes de la ejecución del ejercicio final para el cual se orienta el uso de la herramienta- y compararla con la calificación alcanzada en dicho ejercicio tras el uso de la misma; la intención es darle seguimiento a aquellos estudiantes que podían mejorar su corte (los reportados de Regular o Mal), determinar si lo lograron con la nota que alcanzaron en el ejercicio y en qué medida ocurrió el salto de calidad, eso también pudiera hablar al respecto de la influencia de la herramienta en el proceso. La Tabla 10 recoge la relación corte evaluativo – calificación del ejercicio, para los 38 estudiantes que cursaron la asignatura Diseño Básico III en la Facultad de Diseño Industrial en el período 2014-2016 sin distinción de curso escolar.

Tabla 10: Estudiantes de Diseño Básico III según corte evaluativo y calificación del ejercicio final. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Corte evaluativo en el semestre	Calificación alcanzada en el ejercicio final del semestre tras aplicar la herramienta						Total de estudiantes	
	Bien 4 o 5		Regular 3		Mal 2			
	#	%	#	%	#	%	#	%
Bien	18	100	0	0	0	0	18	100
Regular	7	63,6	4	36,4	0	0	11	100
Mal	2	22,2	4	44,4	3	33,4	9	100
Total	27	71,1	8	21,1	3	7,8	38	100

Analizando la tabla anterior, lo primero que salta a la vista es que ningún estudiante experimentó retroceso cualitativo si se compara su calificación del corte con la que obtuvo en el ejercicio final, o sea, todos los estudiantes mantuvieron su estatus académico o lo mejoraron. Por esa razón, se excluyeron de este análisis a los 18 estudiantes que tenían Bien en el corte evaluativo y que consecuentemente poseían calificaciones de 4 o 5 en la evaluación final de la asignatura.

El seguimiento se focalizó en los 20 estudiantes restantes, de los cuales 11 estaban reportados de Regular y 9 de Mal en el corte evaluativo. Como se puede apreciar en la Tabla 10, de los 11 con corte evaluativo Regular, 7 obtuvieron Bien (4 o 5) en el ejercicio final del semestre tras aplicar la herramienta –casi las dos terceras partes mejoró– y el resto se mantuvo en Regular. Referente a los 9 con corte evaluativo Mal, solo 3 mantuvieron ese estatus en el ejercicio final del semestre y 6 mejoraron sus calificaciones, 4 a Regular y 2 a Bien.

El compendio de la descripción anterior se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Comportamiento del rendimiento académico de estudiantes con corte evaluativo Regular y Mal en Diseño Básico III. Facultad de Diseño Industrial, ISDi. 2014-2016.

Comportamiento	Corte evaluativo				Total de estudiantes con corte evaluativo Regular y Mal	
	Regular		Mal		#	%
	#	%	#	%		
Mejora	7	63,6	6	66,7	13	65
Se mantiene	4	36,4	3	33,3	7	35
Total	11	100	9	100	20	100

En resumen, tras aplicar la herramienta para la consecución del ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III, el 65% de los estudiantes cuyo corte evaluativo podía mejorar lo logró, incluso hubo 2 que de Regular pasaron a Bien; esto propugna la utilidad de la herramienta propuesta en esta investigación, su papel como recurso de ayuda a los estudiantes en la búsqueda de soluciones durante el Proceso de Diseño de Objetos y su contribución al mejoramiento del rendimiento académico en la asignatura referida.

CONCLUSIONES

- Se elaboró una herramienta para facilitar al estudiante el uso de la Biomimética como parte de las técnicas para generar ideas creativas en la búsqueda de soluciones durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi.
- A nivel mundial, no existe un marco global de aplicación de la Biomimética al Proceso de Diseño, sino bancos de datos donde el diseñador busca analogías naturales con oportunidades de servir de referente para el desarrollo de formas, estructuras, funciones, materiales y procesos, entre otros, en posibles soluciones de Diseño.
- La herramienta propuesta está integrada por dos instrumentos, uno para identificar el sujeto natural cuyos atributos sean análogos a los del problema, y el otro para analizar las características formales, estructurales y/o funcionales del sujeto análogo, que sean factibles de extrapolar a la solución de Diseño.
- Según los datos provenientes de la observación, la herramienta contribuyó a la detección ordenada de los sujetos a analogar y propició un amplio levantamiento de información; promovió la originalidad y buena calidad formal de la solución final, la fiabilidad de la solución técnica y la usabilidad del Objeto. En cuanto a la pertinencia, los criterios fueron divididos.
- Las encuestas aplicadas hablan a favor de la herramienta: su estructura posibilita la presentación de la información siguiendo un orden lógico que facilita su comprensión, responde a los requisitos de facilidad de acceso y uso, confiabilidad operacional y ayuda al usuario en la Conceptualización de Objetos. La mayor aceptación recayó en la característica Forma y la más recomendada para perfeccionar fue la característica Función.
- La herramienta contribuyó al mejoramiento del rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura Diseño Básico III, cursos 2014-15 y 2015-16.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el tratamiento de la Función en la herramienta.
- Divulgar el uso de la herramienta entre profesores del ISDi y estudiantes de años académicos superiores que no cursaran la asignatura Diseño Básico III en los periodos lectivos 2014-15 y 2015-16.
- Extender la aplicación de la herramienta hacia el ámbito profesional, fuera de los marcos docentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu Oramas, M. *Recursos básicos para el Diseño de estructuras formales* [CD-ROM]. Versión para sistema operativo Microsoft Windows. Instituto Superior de Diseño: Ediciones Forma, 2003. ISBN: 959-7182-01-7.

Artiles Visbal, L. [et al.]. *Metodología de la Investigación*. La Habana: ECIMED, 2009.

Benyus, J.M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. 1ª ed. New York: Harper Collins, 2002.

Biomimicry Group, Inc. *Biomimicry 3.8*. The Biomimicry Institute, 2014 [citado 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.biomimicry.net/>

Bistolfi, M. *Escuela de Ulm*. En: *Artefacto*. México: Editorial de la U.A.M. Unidad Azcapotzalco, 1985, no.2, p. 14-27.

Blundell, T.L. *Celebrating structural biology*. En: *Nature Structural & Molecular Biology* 2012, vol. 20, p. 1354–66.

Bogatyreva, O. [et al.]. *Data gathering for putting biology in TRIZ*. Altshuller Institute 5th TRIZ Conference. Philadelphia, USA: [s.v.]: [s.n.], 2003.

Bombardelli, B. *Come nasce un prodotto biónico*. Centro de Investigaciones de Estructuras Naturales del Instituto Europeo de Diseño de Milán, 1985, no. 9, p. 4-9.

Bonsiepe, G. *Manual de diseño*. La Habana: Impresión ligera, 1969.

Bonsiepe, G. *Teoría y práctica del diseño industrial: Elementos para una manualística crítica*. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

Bransden, B.H.; Joachain, C.J. *Physics of Atoms and Molecules*. 2ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

Cabrera Bustamante, A. *Acerca del Proceso de Diseño: una visión* [soporte digital]. La Habana: Instituto Superior de Diseño, 2000.

Cabrera Bustamante, A. *El proceso de pensamiento en el trabajo de diseño*. Selección de ponencias cubanas al VIII Congreso Latinoamericano de Diseño (Ecuador 1996). Comité Nacional ALADI-Cuba, Oficina Nacional de Diseño Industrial (comps.). La Habana, 1996.

Cabrera Bustamante, A. *Propuesta de Estructuras y Procesos que caractericen al diseño industrial, y articulen con el inicio de proyectos de diseño*. Tesis de Maestría. La Habana: Instituto Superior de Diseño, 2010.

Cheong, H.; Shu, L.H. *Reducing cognitive bias in biomimetic design by abstracting nouns*. CIRP Annals – Manufacturing Technology, 2013, vol. 62, p. 111-4.

Coineau, Y.; Kresling, B. *Biónica y diseño: testimonios de la evolución de esta aproximación*. En: Temes de Disseny NATURA, DISSENY I INNOVACIÓ. Barcelona: Gustavo Gili, 1994, no. 10, p. 17-42.

Colectivo de profesores de la asignatura Diseño Básico III. *Estructura de la Conceptualización*. Facultad de Diseño Industrial, Instituto Superior de Diseño, 2016.

Cuba. Instituto Superior de Diseño. *Estrategia para la enseñanza del diseño sustentable*. La Habana, 2010.

Di Bartolo, C. *La biónica como modelo de desarrollo proyectual*. En: Di Bartolo [et al.]. *Naturaleza como fuente de innovación*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia (U.P.V.), 1985.

Di Bartolo, C. *Naturaleza como modelo, naturaleza como sistema*. En: Experimenta: ediciones de diseño, 2000, no. 31, p. 39-45.

Diccionario DRAE [soporte digital]. *Definición de Forma*. Microsoft Corporation, 2008.

Diccionario DRAE [soporte digital]. *Definición de Regla*. Microsoft Corporation, 2008.

Droste, M. *Bauhaus*. Colonia: Taschen, 2006, p. 12-13.

Eco, U. *La Estructura Ausente. Introducción a la semiótica*. Barcelona: Lumen, 1986.

Ehrlich, P.; Walker, B. *Rivets and Redundancy*. En: *BioScience*, mayo 2012, vol. 58, no. 5, p. 34-5.

Enciclopedia de Características [en línea]. *10 Características de un Mapa Conceptual*. 2017 [citado 16 junio 2017]. Disponible en:
<https://www.caracteristicas.co/mapa-conceptual/>

Frick, R. *Design methodik. Eine Einführung für Studierende*. Halle: Hochschulinternes Lehrmaterial der Hochschule für Industrielle Formgestaltung, 1982.

Gérardin, L. *La Bionique*. París: Hachette, 1968.

Gordillo Paneque, C. *Herramientas para el tratamiento del factor uso con intervención de la Ergonomía durante el Proceso de Diseño*. Tesis de Maestría. La Habana: Instituto Superior de Diseño, 2011.

Gordon, W. *Sinéctica: historia, evolución y métodos*. En: *Estrategias para la Creatividad*. Gary a. Davis, J.A. Scott (comps). Buenos Aires: Paidós Educador, 1992, p. 81.

Guerra Moré, M.E. ISDI: uno de los rostros de Universidad 2016 [en línea]. *Radio Rebelde* 16 febrero 2016 [citado 5 marzo 2016]. Disponible en:
<http://www.radiorebelde.cu/noticia/isdi-uno-rostros-universidad-2016-20160216/>

Harkness, J.M. *In Appreciation. A lifetime of connections: Otto Herbert Schmitt*. Basel: Birkhäuser Basel, 2002.

Hernández Sampieri, R. [et al.]. *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill, 1991.

Herrera Batista, M.Á. *Investigación y diseño: reflexiones y consideraciones con respecto al estado de la investigación actual en diseño*. En: No Solo Usabilidad, noviembre 2010, no. 9, p. 13-5.

Horruitiner, P. *La Universidad cubana. El modelo de formación*. La Habana: Félix Varela, 2006.

Instituto Superior de Diseño. *Conferencia 3: Forma- Significado*. ISDi: Asignatura Diseño Básico III. La Habana, 2006-2007.

Instituto Superior de Diseño. *Conferencia 4: Concepto de diseño y significado. Parte I*. ISDi: Asignatura Diseño Básico III. La Habana, 2011-2012.

International Council of Societies of Industrial Design. *Definición de diseño actual*. Montreal: ICSID, 2012 [citado 25 mayo 2015]. Disponible en:
<http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm>

Lecuona López, M. *Manual sobre Gestión de Diseño para empresas que abren nuevos mercados*. Barcelona: BCD Barcelona Centre de Disseny, 2008, p.13-16.
Disponible en:
http://www.bcd.es/site/unitFiles/2122/GD_Manualsobregesti%C3%B3ndeldise%C3%B1o.pdf

Lodato, F. *Biónica: La naturaleza como herramienta de innovación*. En: Experimenta: ediciones de diseño, 2000, no. 31, p. 46-51.

Lodish, L. [et al.]. *Biología celular y molecular*. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2005.

López Forniés, I. *Modelo metodológico de diseño conceptual con enfoque biomimético* [en línea]. Tesis doctoral. Zaragoza: Repositorio de la Universidad de Zaragoza, 2014 [citado 25 mayo 2015]. Disponible en:
<http://www.zaguan.unizar.es/collection/Tesis>

López Forniés, I.; Berges Muro, L. *Aproximación al diseño biomimético. Aprendizaje y aplicación*. En: Dyna [en línea] Nov. / Dec. 2014, vol. 81, no. 188 [citado 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n188.41671>

Lozano Crespo, P. *El diseño natural. Aproximación histórica, metodologías, aplicación y consecuencias*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 1994.

Maldonado, T. *Ambiente humano e ideología*. Buenos Aires: Nueva Visión SAIC, 1971.

Martínez Ruíz, F.; Mendoza Vélez, J.E. *Procesos creativos alternativos* [en línea]. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Arquitectura y Diseño. Bogotá D.C., 2012 [citado 5 marzo 2016]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/MartinezRuizFelipe2012.pdf>

Milwich, M. [et al.]. *Biomimetics and technical textiles: solving engineering problems with the help of nature's wisdom*. En: American Journal of Botany, 2006, vol. 93, no. 10, p. 1455-65.

Montaño Calcines, J.R. *Sobre herramientas*. En: ISDi web mail [en línea]. Mensaje electrónico a: Carilyn de la Vega Hernández, 12 junio 2017, no. 51 [consultado 16 junio 2017]. Comunicación personal.

Munari, B. *¿Cómo nacen los objetos?: Apuntes para una metodología proyectual*. Barcelona: Gustavo Gili, 1983.

Offner, D.H. *Bionics: A creative aid to engineering design*. En: Mechanical Engineering, julio 1974, no. 96, p. 14-8.

Paniagua, R. [et al.]. *Citología e histología vegetal y animal*. México: McGraw-Hill, 2002.

Papanek, V. *Diseñar para el mundo real*. Madrid: Hermann Blume, 1977.

Peña Martínez, S.L. *Modelo de gestión de las competencias profesionales del diseño en Cuba*. La Habana: Instituto Superior de Diseño, 2011.

Peña Martínez, S.L. *Propuesta de currículo para la formación de diseñadores*. Tesis de Maestría. La Habana: Instituto Superior de Diseño, 2007.

Peña Martínez, S.L. *Sembrando diseño* [en línea]. Cuba debate 8 octubre 2014 [citado 5 marzo 2016]. Disponible en:

<http://www.cubadebate.cu/opinion/2014/10/08/sembrando-diseno/#.WNtoleaBa1s>

Pérez Pérez, M. *Conferencia de Biónica* [soporte digital]. ISDi: Maestría en Gestión e Innovación de Diseño. La Habana, 2013.

Pérez Pérez, M. *Conferencias de Metodología de Diseño*. La Habana: Instituto Superior de Diseño, 2004.

Pérez Pérez, M. *El modelo del profesional de Diseño Industrial frente al Desarrollo Sostenible*. Congreso Internacional de Diseño de La Habana Forma 2013 (Palacio de las Convenciones de La Habana 16-18 de junio de 2013), Instituto Superior de Diseño, La Habana: [s.v.]: [s.n.], 2013.

Pérez Pérez, M; Peña Martínez, S.L. *Diseño. El objeto de la profesión*. En: A3manos. La Habana: Editorial ISDi, primer semestre 2015, no. 02, p. 8-13.

Sarmiento M. *La relación entre la biónica y el diseño para los criterios de forma y función*. Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación N° 55 [en línea] Diciembre 2015, Año XVI [citado 5 marzo 2016]. Disponible

en: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=10889&id_libro=524

Sánchez Riaño, V.; Novoa Montoya, A.; Schrader Valencia, C. *Hacia una pedagogía para la creatividad y el desarrollo del pensamiento*. Actas de Diseño N° 21 [en línea] Julio 2016, Año XI, Vol. 21 [citado 5 jun 2017]. Disponible en:

http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_libro=601&id_articulo=12502

Smith, J. *It's only natural*. En: *The Ecologist*, octubre 2007, vol. 37, no. 8, p. 52-5.

Songel, G. *Estudio metodológico de la biónica aplicada al diseño industrial*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 1991.

Songel, G. *Naturaleza, diseño e innovación: propuesta metodológica*. En: *Temas de Disseny NATURA, DISSENY I INNOVACIÓ*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1994, no. 10, p. 265-76.

Steele, J. *Bionic Designs of Intelligent Systems*. Actas del Simposio de Biónica, (Wright-Patterson Air Force Base 1960), vol. I. Dayton, Ohio: [s.n.], 1960. p. 35.

Vanden Broeck, F. *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño*. México: Editorial de la U.A.M. Unidad Azcapotzalco, 2000.

Vanden Broeck, F; Muñoz, A. *Las estructuras en la Naturaleza y en la Técnica. Conocimientos cualitativos de las estructuras*. México: Editorial de la U.A.M. Unidad Azcapotzalco, 1986.

Vincent, J. [et al.]. *Biomimetics: strategies for product design inspired by nature – a mission to the Netherlands and Germany* [en línea]. Global Watch Mission Report, 2007 [citado 25 mayo 2015]. Disponible en: http://www.catedrasimonetti.com.ar/attachments/article/278/Biomimetics_report_final_version%5B1%5D.pdf

Webster Dictionary [en línea]. *Design definition*. Springfield: G. & C. Merriam Company. 1974 [citado 20 febrero 2015]. Disponible en: <http://www.websters-online-dictionary.org/definitions/bionics>

Williams, C. *Los orígenes de la forma*. Barcelona: Gustavo Gili, 1984.

Wong, W. *Fundamentos del diseño bi y tri-demensional*. Barcelona: Gustavo Gili, 1986.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento para la observación en el Seminario 1 de la aplicación de la herramienta en la búsqueda de soluciones para el ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III.

Estudiante _____

Grupo _____

Curso _____

Aspectos a observar en el trabajo del estudiante:

- ¿Realiza una detección ordenada de los sujetos a analogar?:
Sí_____ No_____
- ¿Cuántas características propone para hacer la analogía?: _____
- ¿Las características propuestas son relevantes para aplicar en la analogía que conduce a la solución de Diseño?:
Sí_____ No_____

Anexo 2: Instrumento para la observación en el Seminario 3 de la aplicación de la herramienta en la búsqueda de soluciones para el ejercicio final de la asignatura Diseño Básico III.

Estudiante _____

Grupo _____

Curso _____

Aspectos a observar en el trabajo del estudiante:

- ¿La solución resulta novedosa y no se constatan precedentes de soluciones iguales, al mismo problema de Diseño que la originó?:

Sí _____ No _____

- ¿Cómo utiliza los recursos formales tanto visuales, perceptivos como instrumentales en la solución propuesta?:

Bien _____ Regular _____ Mal _____

- ¿La solución cumple las funciones para las que fue prevista?:

Sí _____ No _____

- ¿La solución posee las adecuaciones ergonómicas que garantizan facilidad de uso de la misma por parte del usuario?:

Sí _____ No _____

Anexo 3: Encuesta

Estimado estudiante: La herramienta que te proponemos pretende contribuir al perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Diseño Básico III, en particular los contenidos inherentes a las técnicas para generar ideas creativas durante la Conceptualización de Objetos en el Proceso de Diseño del ISDi, dentro de ellas específicamente la Biomimética dentro de la Sinéctica. Esto no excluye otras especialidades ni otros intereses que puedan motivar su consulta; de ahí la necesidad de saber sus opiniones en aras de elevar la calidad de esta propuesta.

Las preguntas presentadas tienen que ver con el manejo de la herramienta y la utilidad que se deriva de su explotación.

Por favor, seleccione solamente una respuesta para cada pregunta. Su cooperación respondiendo este cuestionario, es de gran ayuda. Gracias.

MANEJO DE LA HERRAMIENTA

- ¿Comprende fácilmente la estructura dada a la herramienta y el orden en que se presenta la información en la misma? Sí_____ No_____
- ¿Resulta fácil acceder a la información que busca? Sí_____ No_____
- ¿Ha detectado fallas al trabajar con la herramienta? Sí_____ No_____
- ¿Es de fácil manipulación? Sí_____ No_____

UTILIDAD DERIVADA DE LA EXPLOTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

- ¿La herramienta le ha ayudado a Conceptualizar Objetos? Sí_____ No_____
- ¿Cuál característica de la naturaleza ha logrado extrapolar con mayor facilidad al Objeto conceptualizado? Forma_____ Estructura_____ Función_____
- ¿Cuál es la característica a extrapolar de la naturaleza que más usted desearía que se perfeccionara para versiones posteriores? Forma_____ Estructura_____ Función_____. Puede dar detalles si lo desea _____