

Introducción

"La mente humana nunca encontrará invención más bella, ni más fácil o más breve que la Naturaleza, porque en sus invenciones nada falta y nada es superfluo". Leonardo Da Vinci anticipaba desde más de cinco siglos atrás, un concepto que ahora adquiere los contornos de una nueva ciencia.

La Naturaleza, desde tiempos inmemoriales, sirvió al hombre de inspiración para sus afanes de progreso. En el transcurso de toda su historia, aprendió de ella, copió sus *invenciones*, fue su discípulo más esmerado. Ya Demócrito, el filósofo de la antigua Grecia señaló que los hombres, al concebir sus invenciones, imitaban a la Naturaleza: "Copiando a los animales aprendemos las cosas más importantes. Somos aprendices de la araña imitándola en los oficios de tejer y confeccionar prendas de vestir. Aprendemos de las golondrinas a construir viviendas..." (M.L, 1935).

Esta predisposición a imitar las creaciones del entorno natural, a copiar los sistemas biológicos creados por éste, halló su expresión más elocuente ya en las primeras herramientas de trabajo creadas por el hombre. Comenzando el estudio por las manifestaciones exteriores de la Naturaleza que se prestaban a su observación directa, copiando lo que estaba al alcance de su contemplación inmediata, él posteriormente consiguió penetrar la esencia de las cosas y de los procesos del mundo que lo rodeaba, aprendió a descubrir la profunda interrelación entre los mismos, a conocer las leyes que rigen en la flora y la fauna. Apoyándose

en los conocimientos obtenidos pasó a transformar las cosas y los procesos conocidos de acuerdo con las necesidades de la actividad práctica.

En la actualidad, esta ciencia se llama Biónica. Etimológicamente explica Litinetski (1975), la palabra biónica significa el estudio de las formas de vida. Se puede definir como la ciencia del estudio de los sistemas biológicos con el fin de utilizar los resultados de la evolución natural para obtener conocimientos útiles para la creación de productos que resuelvan las necesidades de las personas.

La biónica como herramienta metodológica es utilizable en diversas y tan variadas disciplinas como arquitectura, diseño, ingeniería, entre otras.

A partir del marco teórico hasta ahora expuesto, resulta pertinente establecer los objetivos generales del presente Proyecto de Grado. Teniendo en cuenta que el Diseño Industrial no es viable sin la aplicación de una metodología adecuada y de que es posible llevar adelante proyectos sin la utilización de aquella, aquí se propone determinar de qué manera la biónica infiere en el diseño de productos. De esta manera, se pretende relacionar y desarrollar analogías entre la Naturaleza y el objeto de diseño en diferentes niveles con el fin de comprender sus innovaciones y aportes en el Diseño Industrial. Por esta razón, y con el fin de materializar estos conocimientos teóricos, se estudiarán casos específicos ya desarrollados que sirvan de sustento al Proyecto de Grado.

Otros autores jerarquizan la temática a tratar. Bernsen señala: "no importa qué producto se esté diseñando, la Naturaleza es siempre la mejor base de datos. Hay más en el mundo por descubrir que lo que hay para inventar" (2004, p.47). El efecto de camuflaje en las cebras con sus rayas, diseñadas para confundir a sus enemigos o en el caso contrario, con las flores que poseen colores brillantes para atraer a las abejas, son dos ejemplos claros que fundamentan la premisa del autor citado. Cada uno constituye un método de comunicación que conlleva no sólo un propósito y una función, sino también un atractivo estético.

Con esto, se observan características fundamentales de la biónica: la simplicidad, la eficiencia, la funcionalidad y la estética del diseño en la Naturaleza y aplica estos principios al diseño de objetos cotidianos.

En consecuencia, gracias a aquellas variables metodológicas, se pueden apreciar diversas maneras de utilización de la biónica en diferentes niveles de percepción. Por un lado, existen productos concebidos bajo métodos de diseño convencionales que, sin intención alguna, llegan a soluciones que se encuentran en la Naturaleza. Por otro, se observan objetos que por estar enfocados hacia la tecnología, no remiten por su morfología a un animal o planta. Asimismo, existen productos en los que la utilización del sujeto natural está basada en una justificación funcional, se parezca o no a éste. Así, se expresa cómo estos aspectos de la biónica permiten ampliar el campo de la

creatividad del diseñador en el proceso de desarrollo de un producto.

Precisamente, no resulta azaroso que los primeros ingenieros aeronáuticos se inspiraran en la Naturaleza, dado que la diferencia de rendimiento era extremadamente grande y evidente: los pájaros pueden volar y las personas no. Se comprueba nuevamente cómo las herramientas que brinda la Naturaleza pueden ser extraídas por el diseñador para implementarlas en sus diseños con un alto valor funcional innegable.

Hasta aquí se ha demostrado no sólo la envergadura de la temática elegida, sino también, la amplia diversidad de puntos de vista posibles de análisis. Por esta razón, resulta imprescindible tomar ciertos autores que guíen el desarrollo teórico y práctico del presente Proyecto de Grado.

Bernsen, por su parte, es necesario para estudiar ejemplos concretos sobre biónica aplicada al diseño. Por otro lado, con su perspectiva sobre la biología, Benyus y Litinetski, servirán de sustento al ya nombrado autor para relacionar y desarrollar analogías entre la Naturaleza y los objetos.

Ya sea desde el ámbito del diseño enfocado en la Naturaleza o viceversa, resulta interesante trabajar con estos autores para realizar comparaciones sobre sus distintas perspectivas, en las cuales seguramente, consensuarán o, por el simple hecho de pertenecer a distintas disciplinas, la Biología y el Diseño Industrial, diferirán en ciertos aspectos.

Asimismo, considerando que el presente Proyecto pretende observar cómo la biónica se manifiesta en el Diseño Industrial, resulta de gran importancia traer a debate a entendidos en la materia que conceptualicen y caractericen las variables de diseño que se tratarán en el consecuente desarrollo. Es por esto que se recurrirá a autores como Williams, Norman, Wong y Löbach.

Finalmente, en cuanto a la estructura del trabajo, es preciso aclarar que se tomará un camino que recorrerá cuatro niveles analógicos de la biónica aplicada al Diseño Industrial. En primer lugar, se estudiarán objetos de diseño y obras arquitectónicas que inconscientemente se han basado en el entorno natural, sin aplicar la metodología de la biónica.

En segundo lugar, profundizando en la biónica, se analizará el diseño desde un aspecto más formal. Allí se encontrarán los objetos que se han basado en formas biológicas u orgánicas sin atender a las causas funcionales a las que responden esas formas.

En tercera instancia, la utilización de características del sujeto natural podrá ser parcial pero de ningún modo se confrontará con la armonía global del mismo, o al menos esa alteración parcial tendrá una justificación funcional.

El punto donde confluyen todos los aspectos más importantes de un sujeto natural; la función, estructura y forma, al diseño de

objetos, es decir, la imitación total de la Naturaleza, será el final del recorrido teórico mencionado.

Luego del análisis propuesto, se desarrollará un proyecto de Diseño Industrial que materialice las futuras conclusiones consecuentes. Por esta razón, se aplicará la biónica en el desarrollo de un producto, culminando con un diseño que cumpla con los estándares profesionales adquiridos en la carrera.

Capítulo 1. Analogías entre la Naturaleza y los objetos.

La Naturaleza del diseño y el diseño en la Naturaleza

"El buen diseño es acerca de obtener más por medio de menos". Jens Bernsen (2004, p.14).

En la filosofía de las ciencias naturales, un principio emerge una y otra vez; el principio de la simplicidad.

La principal idea es que si dos teorías son capaces de explicar el mismo fenómeno, la más simple se considera la más adecuada. Sin embargo, la simplicidad siempre se opone a la complejidad, en el sentido de que una teoría válida no puede ser simple, tiene menos dimensiones que el fenómeno que pretende explicar.

Sin embargo, la Naturaleza logra la sencillez de una forma demandante, siempre reconociendo la complejidad de su finalidad, ya sea en un solo organismo o en la interacción entre una multitud de especies que viven en un hábitat. Ese es el principio que rige sus diseños, esa es la manera de perpetuar la continuidad.

En el ámbito del diseño ocurre una situación similar. Cualquier diseño, inevitablemente, lleva una huella de la edad, la cultura y civilización en la que se creó. No obstante, también puede ser una forma de agrupar un concepto que conecte todos los buenos diseños, independientemente del momento de su creación. Este principio, se aplica también en este entorno; la simplicidad, sin sacrificar o comprometer la función de los objetos. *Menos es más*, señalaba Mies Van Der Rohe.

Bernsen expone: "La habilidad consiste en lograr la solución más simple posible al problema sin violar la complejidad inherente de la tarea" (2004, p.18)

Esto hace que el diseño atemporal sea un delicado acto de equilibrio entre complejidad y sencillez. La base recae en mantener un balance entre la complejidad de la tarea y la sencillez y elegancia de la solución.

Aquí convergen dos mundos distintos, el diseño y la Naturaleza. Como explica Benyus (2002), las personas y todas las otras formas de vida han ido evolucionando hacia puntos similares, pero son simplemente otros organismos que han vivido y se han adaptado a su ambiente con anterioridad a la llegada del hombre, quienes se han enfrentado y resuelto los problemas que hoy acontecen a los humanos.

En aquellos tiempos, la vida ha aprendido a volar, vivir en las profundidades del océano y en la cima de los picos más altos, iluminar la noche y utilizar la energía del sol. En pocas palabras, los seres vivos han hecho todo lo que las personas están acostumbradas a hacer. ¿Qué mejor modelo podría haber? Benyus afirma: "Cuando miramos tan profundamente en los ojos de la Naturaleza, nos damos cuenta de que todos nuestros inventos ya han aparecido en ella en una forma más elegante y con un coste mucho menor para el planeta" (2002, p.6).

Sólo queda por expresar que la Naturaleza está presente, sea consciente o inconscientemente en el imaginario del diseñador.

Es por eso, que este capítulo está dedicado a llevar al lector a una reflexión más profunda sobre la creación, desarrollo y concreción de objetos u obras arquitectónicas que sin utilizar la metodología de la biónica, han llegado a soluciones ya existentes en la Naturaleza. Esta mirada desde el inconsciente, ayudará a identificar casos de diseño en ciertas áreas que lo comprenden. A saber: Estructuras, Tecnologías y Materiales.

Utilización de referencias naturales de forma inconsciente

Estructuras

La Naturaleza como modelo ha influido en los conceptos más diversos y en el desarrollo de procesos y se revela en un amplio espectro de formas y funciones.

Sin embargo, la flora y la fauna han sido siempre elementos utilizados inconscientemente como fuente de inspiración. Posiblemente, el ejemplo más representativo, y anecdótico a la vez, sea el diseño de las cúpulas geodésicas de Buckminster Fuller de doble retícula espacial, cuyos resultados constructivos le resultaron semejantes a las diatomeas o a las geometrías de los cactus esféricos, denominados biznagas. Estas estructuras esféricas fueron realizadas a partir de una serie de círculos cuyas intersecciones forman triángulos, redistribuyendo la presión de forma equitativa por toda la estructura.

Según Benyus (2002) la Naturaleza construye sus estructuras de manera que los esfuerzos internos actúan invariablemente en la dirección del mínimo esfuerzo, con lo cual se obtiene la máxima ventaja con la mínima imposición de energía.

Con la construcción de la cúpula geodésica, Fuller propone obtener el máximo de resultado con el mínimo de materia y energía utilizadas. Esta obra arquitectónica fue planteada como un modelo estructural basado en el tetraedro, el cual es la estructura más estable y más resistente a la compresión y la

esfera, el cuerpo con la relación más alta entre volumen contenido y superficie.

Evidentemente, fue un proceso de diseño el cual no utilizó la metodología de la biónica. Aún así, el arquitecto llegó a un resultado que se encuentra en la Naturaleza; los cactus esféricos. Estas, son plantas muy bien adaptadas a la vida en las regiones áridas. Posee una estructura con concavidades triangulares para almacenar el agua dentro de los tejidos del tronco durante los tiempos de lluvia abundante. Sus espinas proyectan sombra en la superficie y reducen la absorción del calor sin obstruir el flujo del aire. Como explica Cloudsley, "estos mecanismos parecen ser diseñados para aumentar al máximo la reflexión ligera y minimizar la pérdida de agua" (1979, p.163).

Retomando la cúpula geodésica, Fuller, ha logrado resolver cuestiones tales como la economización, ahorrando en material de construcción y el control de la temperatura. Al ser una estructura esférica, hay menos área por unidad de volumen. Con lo cual genera una aislación térmica, permitiendo que en verano el ambiente sea menos caluroso y en invierno, menos frío.

A su vez, la forma interior genera flujos de aire caliente o frío que permite controlar la temperatura interna.

Luego de analizar la estructura y comportamiento de la biznaga y compararlo con el diseño arquitectónico de Buckminster Fuller,

se puede señalar cómo se ha creado, inventado algo que ya existía en la Naturaleza.

La estructura natural cambia lentamente, de una mutación a la otra, a lo largo de enormes períodos. Cada zona de la musculatura de un animal, el hueso y el ligamento se altera muy levemente de una generación a la otra. Los resultados son organismos cuyas partes están confeccionadas individualmente, cada una de ellas ajustada a sus necesidades inmediatas.

Todavía no es factible y práctico, dadas la tecnología y la investigación ahora asequibles al hombre, construir estructuras con los principios y las prácticas que emplea la Naturaleza, reduciendo la suma del material. Las estructuras naturales, sean del ser humano o las del pájaro, pueden ser las más logradas en su forma actual, pero mediante la selección natural se encaminan probablemente hacia una estructura perfecta.

Debido a esa carencia de sofisticación y de especialización técnica, las estructuras hechas por el hombre dependen de una generalización de las formas: círculos y cúpulas, cuadrados, rectángulos y triángulos. A menudo son eficientes y hasta económicas, pero no son probablemente la forma óptima para una condición determinada.

Tecnología

Observando a la Naturaleza, se pueden encontrar centenas de animales que poseen un escudo, caparazón o cuernos para su defensa, rituales de apareamiento o camuflaje.

Es el caso del cuerno del rinoceronte, actualmente en estudio. Dicho cuerno no es de constitución ósea, sino que está formada por una proteína llamada queratina, similar a la compuesta en los cabellos y uñas de las personas. La depresión cóncava en la base del cuerno es el núcleo central de la espícula, en la cual se genera la queratina. Alrededor de este núcleo, las células de queratina que se producen, ahora muertas, se comprimen y se posicionan de forma concéntrica, como los anillos de crecimiento del tronco de un árbol. Estos generan los conductos, conformados por las dichas células.

Alrededor de estos folículos, hay otro tipo de queratina, también fibrosa, que sirve de matriz entre las espículas. Conformando así, un material lo suficientemente duro para combatir en los ataques y disputas territoriales, pero lo suficientemente liviano para soportarlo.

Benyus comenta: "¡Se parece al grafito reforzado con fibra de compuestos que utilizamos para las carcasas de los barcos!"
(2002, p.142)

La fibra de carbono es un material compuesto avanzado, formado por un elemento reforzante de fibras de grafito tejidas,

incrustado en una matriz epoxídica. Es resistente y ligero, haciéndolo idóneo para productos de alto rendimiento que necesitan un peso mínimo y una elevada elasticidad por tracción.

“En la ingeniería de la fibra de carbono, parece que hemos coevolucionado, hemos inventado algo que la Naturaleza ya ha estado utilizando por sesenta millones de años”, diserta Benyus (2002, p.142).

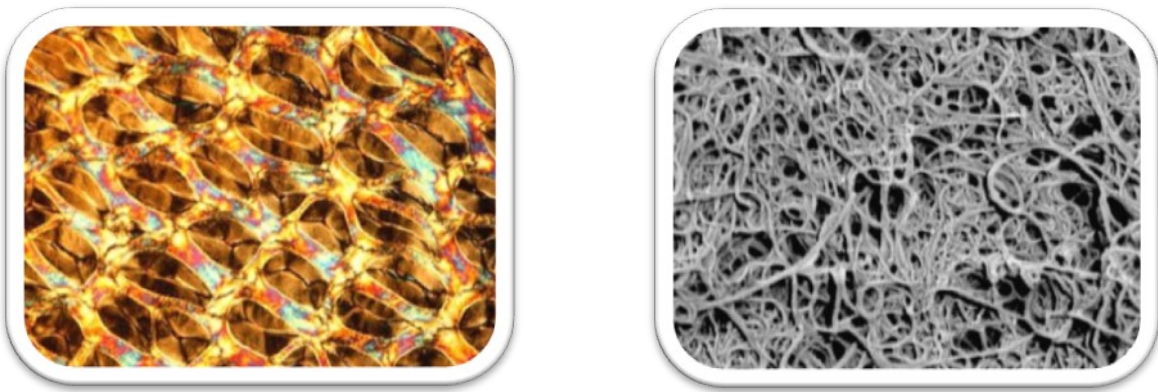


Figura 1 Comparación estructura de cuerno de rinoceronte y fibra de carbono. Fuente: Archivos personales.

Materiales

“Han sido tan importantes los materiales en la vida del hombre que los historiadores han clasificado las primeras edades de la humanidad, según los materiales utilizados; así han surgido las edades de la Piedra, del Bronce y del Hierro”, explica Mijangos (2007, p.10).

Podemos afirmar que en los albores del siglo 21 la sociedad se encuentra al comienzo de una nueva etapa marcada por el devenir de los nuevos materiales.

Uno de los más conocidos y utilizados por todas las personas es el pegamento. Indefectiblemente, la fauna ha logrado algo que todavía aquellos especialistas están muy lejos de realizar. Observando nuevamente a la Naturaleza, se puede encontrar a la almeja. El pie de este molusco produce un epoxi con propiedades adhesivas remarcables que permanece intacto en el agua de mar, aferrándose en piedras u otros materiales del fondo marino, resistiendo los movimientos tumultuosos del mar.

Benyus explica (2002) que los filamentos que componen al adhesivo son insolubles en agua y no-tóxico, ofreciendo una amplia gama de aplicaciones biotecnológicas.

Serviría para componer huesos rotos, tendones o tejidos, y también en la reparación de dientes y en cirugía. Otra posible aplicación es el de usarlo como recubrimiento resistente a la corrosión del agua marina, debido a la alta afinidad de sus elementos constitutivos con ciertos metales, lo que le permite interaccionar fuertemente con esos materiales.

Los científicos buscan aprender de la sustancia que las almejas secretan, ya que poseen propiedades adhesivas que se endurece en hilos para agarrarse en cuestión de un minuto. La bióloga Janine Benyus, también resalta que el adhesivo natural no necesita altas temperaturas para ser activado, contrario a muchos cementos sintéticos manufacturados por el hombre.

Esta es otra maravilla de ingeniería de materiales, una sustancia compleja y de características muy peculiares, diseñada especialmente para una aplicación específica en el mundo natural. El hombre, en su tecnología moderna, todavía no ha podido diseñar un adhesivo que tenga las ventajas ofrecidas por el encontrado en la Naturaleza. Así lo expone la bióloga:

Por ejemplo, la almeja que quiere comer en la zona de marea, tiene que fabricar un pegamento que le permita aferrarse a cualquier cosa bajo el agua. Sabemos lo difícil que es, porque la industria del pegamento ha estado luchando por años para lograr un adhesivo que pueda utilizarse en condiciones de humedad y se adhiera a todo. Todavía está fuera de nuestro alcance. Los moluscos están a años luz de nosotros. (2002, p.119).

No es mera coincidencia que observando la Naturaleza, se encuentren reflejados productos, tecnologías y materiales de la vida cotidiana de las personas. Existe una secuencia medida de descubrimiento, invención e influencia cuando el azar, el tiempo y la observación realizan los cambios. Aunque puede necesitar de mucho tiempo, el descubrimiento por azar es efectuado simplemente por los cerebros simples, pero el reconocimiento de un valor en ese descubrimiento es algo que requiere inteligencia.

Es ésta la capacidad de evaluar resultados, descartar lo inútil, retener lo útil.

Litinetski (1975) sostenía que las sensaciones puras sin asociaciones, simplemente no existían en la vida real. La mente entreteje constantemente asociaciones, revisa la experiencia, se activa, se detiene, avanza y retrocede en el tiempo. Las percepciones, emociones e imágenes no pueden separarse.

Si se considera al hombre como parte de la Naturaleza, y todas sus creaciones parte de ella, no sería difícil comprender que el medio natural lleva la delantera. Desde la prehistoria, el hombre observaba su entorno para solucionar sus necesidades básicas y adaptar los primeros utensilios.

Los diseñadores y la Naturaleza crean basándose en unas mismas leyes; observan los principios de economía de material, al concebir los sistemas buscan soluciones óptimas para la estructura de los mismos.

La biología se desarrolló durante siglos sin enlace alguno con la tecnología. No compuso para los ingenieros un *registro de patentes* de la Naturaleza donde se pudiese encontrar lo que se necesitaba para la creación de sistemas tecnológicos análogos. En referencia a este concepto Litinetski ejemplifica:

Eiffel ignoraba (a pesar de que con seguridad habría visto infinidad de veces un esqueleto humano y tendría conocimiento de la solidez de los huesos) que podría encontrar el modelo de su maravillosa torre en la tibia del hombre. (1975, p. 18).

En la Naturaleza se conjugan maravillosamente lo simple y lo complicado, lo asequible y lo inaccesible a primera vista. Y a pesar de lo compleja y enigmática que es, los hombres van penetrando cada vez más en sus secretos.

Por el momento, se imita a los sistemas biológicos en lo exterior. La biología conoce ya hace mucho tiempo infinidad de mecanismos útiles existentes en la Naturaleza. No obstante, los conocimientos acumulados por ella no pueden ser materializados y convertidos en dispositivos técnicos reales.

Llegada esa instancia, como en el ejemplo de la almeja y el adhesivo, los biólogos crearían proteínas similares a las que conforman los filamentos situados en la base del pie de la almeja para ser usadas como pegamento a prueba de agua.

Los ejemplos utilizados en este capítulo son pocos comparado con el amplio espectro que ofrece la Naturaleza con su riqueza de 3,8 billones de años de investigación probada en lo que funciona y lo que no para el diseño de soluciones. "La naturaleza, imaginativa por necesidad, ya ha resuelto muchos de los problemas con los que las personas se enfrentan hoy día ", explica Janine Benyus (2002, p. 52).

El poder de inspiración que tiene la Naturaleza no es casual. Si se observa lo que se sabe acerca de cómo se han conformado los mecanismos naturales que rodean a las personas se puede denotar que se basan en leyes de adaptación regidas por mínimos consumos con máxima efectividad. Estas herramientas que brinda, pueden

ser extraídas por el diseñador para implementarlas en sus diseños con un alto valor funcional innegable.

Casi todos sus sistemas superan en mucho lo creado por el hombre hasta el presente. En todo esto no hay nada de sorprendente, ya que la Naturaleza tuvo incalculablemente más tiempo que el hombre para sus creaciones.

El mundo es complejo y asombroso, ya sea en las profundidades del mar, apreciando la diversidad de peces de diversos colores y diseños, caminando en los campos y observando las flores, o levantando la vista al cielo. Este mundo es realmente maravilloso, formado con gran inteligencia y sabiduría. Es por esto, que el hombre se desarrolla científica y técnicamente en el transcurso del estudio y la observación del universo y su orden, descubriendo y aprendiendo de las leyes sabias que lo rigen

De este modo, luego de analizar la intención previa de aproximación al entorno natural, se procederá a desarrollar un segundo nivel analógico, la inspiración en la Naturaleza.

Capítulo 2. Inspiración en la Naturaleza.

La atracción de formas naturales.

Renato de Fusco en Historia de la Arquitectura Contemporánea (1986) explica por qué las personas se sienten atraídas hacia los fenómenos naturales. Nada de lo que se percibe actúa por sí solo, todo actúa en conjunto. Tanto las formas geométricas u orgánicas que conforman los objetos, producen aceptación gracias a sensaciones análogas preexistentes en cada persona.

Estas condiciones vienen determinadas genéticamente dada la lenta evolución del entorno a largo del decurso temporal de la evolución. En el hombre existe una exigencia psicológica que lo impulsa hacia lo orgánico, que determina en él una relación de simpatía con lo bello de la Naturaleza y otra opuesta, que lo empuja hacia la perfección matemática, la objetividad de las formas regulares y la abstracción.

La tendencia a la abstracción se encuentra en el hombre primitivo, indefenso expuesto a los enfrentamientos de la realidad fenoménica que llega a percibir. Su antítesis, el organicismo vital, se encontrará en una cultura donde el individuo ha llegado a ser capaz de controlar la arbitrariedad

del mundo natural hasta el punto de interpretar esa realidad con su propio sentimiento, de disfrutarla, de ensimismarse con ella.

Cabe aclarar que estas condiciones pueden ser reconocidas a través de la información aportada por los sentidos. Como explica Norman: "El nivel sensorial es incapaz de razonamiento, de comparar una situación con lo acaecido en la historia pasada". (2004, p.46). Funciona a través de un esquema de reconocimiento, a aquellas situaciones y objetos que, a lo largo de la historia evolutiva del hombre dejaron un afecto positivo en él.

Este nivel es preconsicente, anterior el pensamiento. Aquí la apariencia importa y es donde se forman las primeras impresiones. Estos mecanismos predispuestos en las personas son importantes a la hora de diseñar.

Resulta idóneo trabajar con este aspecto para crear y diseñar desde un aspecto más formal aplicando la toma anecdótica de algunos de los aspectos con que se manifiesta la Naturaleza.

Aquí, no se tiene en cuenta que éstos son consecuencia de un proceso evolutivo-funcional, y que están condicionados unos a otros, ya que, como sistema biológico, hay una interrelación entre el todo y las partes.

Como afirma la psicología de la percepción, es precisamente por ese aspecto formal, sea razonado o no, por lo que puede empezar a reconocerse un objeto como basado en algo natural, y que, en

caso de que fuese una forma razonada cercana a lo natural daría lugar a lo que podría llamarse una estética biónica.

Con este planteo, los movimientos artísticos que exaltaban a la Naturaleza como fuente de inspiración no se podrían considerar dentro de la biónica.

Sin embargo, entre las primeras intenciones de la humanidad de concebir las formas estéticas del entorno natural y el Siglo 19, se pueden observar una serie de etapas y estilos basados en un principio; el principio de imitar a la naturaleza.

Sus formas han sido utilizadas como medio decorativo para embellecer los edificios, herramientas, armas, entre otros.

No obstante, al estudiar este período no se puede negar la interpretación de algunos principios constructivos y tectónicos de la Naturaleza. Por ejemplo, las columnas emulan la tectónica de los troncos de los árboles. La lógica constructiva de los templos griegos en realidad, repite los tallos de plantas o la columna vertebral de los animales, y la construcción y decoración de la arquitectura gótica se basa en las costillas de las hojas.

Las intenciones de la aplicación de los métodos constructivos de la Naturaleza han demostrado ser ineficaces debido a la insuficiencia de las posibilidades técnicas. Era más fácil imitar las formas de la Naturaleza en la roca y la arcilla con

el propósito artístico que crear un sistema constructivo similar al natural.

Ya a finales del Siglo 19 y principios del 20, surgió el estilo Moderno. Los principios de lo natural aparecieron en el diálogo con los conceptos constructivos funcionales-estructurales como soluciones complejas de las formas de productos. La gran influencia sobre los principios constructivos de la Naturaleza, ha desarrollado a la biología y los éxitos en la industria de la construcción.

Los edificios espacialmente desarrollados característicos del estilo Moderno, se observan muy similares a las estructuras determinadas en la Naturaleza. Los elementos decorativos tradicionales de ella estuvieron presentes no sólo en la forma de los productos, sino también en las estructuras constructivo-funcionales de la misma.

Es a partir de los tiempos modernos hasta hoy que los equipos de especialistas de diferentes profesiones (biólogos, ingenieros, arquitectos, diseñadores) están siempre en busca de los métodos de armonización entre la forma y la función de los productos Industriales que son naturales en las formas y estructuras de la Naturaleza.

El lenguaje de la Naturaleza

El diseño no es sólo un lenguaje visual, reúne a todos los sentidos. Y cuando se conjugan todas estas dimensiones ayudan a definir y crear un producto coherente con una estética propia. Como explica Munari:

Muchos diseñadores proyectan todavía hoy únicamente para el sentido de la vista, se preocupan tan sólo por producir algo agradable a la vista y no les interesa el que después este objeto resulte desagradable al tacto, pese demasiado o demasiado poco. (1982, p.381).

El diseño es un lenguaje. Es una declaración del propósito del diseñador, las metas y de los valores que tiene, que es entendida a través de las fronteras de las diferentes lenguas del mundo, y a veces a través de las barreras de la cultura.

Así, los diseños en la Naturaleza también comunican. Para describir dos fenómenos básicos, zoólogos y botánicos utilizaron los términos *diseño de camuflaje* y *diseño de atracción*, ambos referidos a la comunicación.

El pez plano posee un patrón de piel y una estructura tal que se camufla con el fondo marino para protegerse de los depredadores. Este es el diseño de camuflaje.

Y la flor de colores brillantes con su fragancia, atrae la atención de los insectos haciéndolos participes de la polinización. Este diseño es de atracción.

A veces, un diseño en la Naturaleza puede servir tanto de camuflaje como de atracción. Las rayas de una manada de cebras en movimiento confunden al león atacante. Sin embargo, cada patrón de rayas es único, siendo también una forma de que sus crías identifiquen a sus madres.

Es interesante analizar el lenguaje visual de la flora y la fauna, en la Naturaleza se pueden encontrar cosas asombrosas. Ella ha sido fuente de inspiración y objeto de estudio para muy distintas disciplinas.

Tomando como ejemplo a los nudibranquios, se podrá comprender la importancia de los colores y las texturas, que en el diseño son tan relevantes. Son dueños de formas y colores casi impensables, son un reflejo de ideas, de comunicación.

Estos moluscos sin concha, parte de la familia de la babosa de mar, tienen algunas de las formas más fascinantes, colores suntuosos y los patrones más complejos que cualquier animal en la Tierra. Los nudibranquios obtienen su color de los alimentos que comen; hacer juego con el color de su comida le ayuda a este molusco a sobrevivir, esta es su estrategia de camuflaje.

El aspecto más excepcional de los nudibranquios es su paleta de increíbles colores. Algunas especies poseen colores similares a los de su entorno, mientras que otros contrastan con los colores

de sus hábitats. Estos colores brillantes son un desarrollo evolutivo que se inició cuando se despojaron por primera vez de sus conchas para utilizar otros mecanismos de defensa, ya sea



para mimetizarse con su entorno con el camuflaje o como signo de alarma para cualquier animal que los considera una presa.

Figura2: Nudibranquios. Fuente:

www.ngm.nationalgeographic.com/2008/nudibranch

En el ámbito del Diseño, Bernd Löbach (1981) expresa que las características estéticas del aspecto de un producto están determinadas por elementos configuracionales, que se distinguen conscientemente en el proceso de percepción como forma, material, superficie, color, etc., a través de los cuales se determina esencialmente la configuración.

Como en la Naturaleza, la suma de las partes conforma el todo. Los elementos configuracionales adquieren importancia cuando se combinan entre sí, cuando hay una interrelación. Asimismo, ellos son portadores de la información estética de un producto. Dependerá de su configuración las consecuencias de los efectos

que se puedan obtener en el usuario, su experiencia con el producto, y posteriormente su aceptación. Löbach arguye:

A través de la disposición de los elementos configuracionales en un producto industrial teniendo en cuenta los conocimientos de la percepción estética, es posible conseguir que tales productos sean accesibles a los sentidos del hombre durante los procesos de uso y percepción respectivamente. (1981, p.160).

En esta clasificación entran los conceptos de forma, material, superficie y color. La superficie de los productos dependerá del material, sus características de superficie y su forma, producirán en el usuario asociaciones de índole visceral (calor, frío, delicadez, suavidad).

La utilización del color es fundamental para agradar la psique del usuario. Los colores intensos, tienen como principio destacarse del entorno. Asimismo, puede usarse como estimulante de la atención o como símbolo de un posible peligro. Los colores neutros se caracterizan por no llamar la atención, se adecuan a su entorno pasando inadvertidos.

Muchos estímulos visuales sólo están en el estado subconsciente, como se explicó anteriormente. Asimismo, existen los estímulos que pertenecen a la experiencia conocida. Así como en la Naturaleza se colorea para crear señales, en el diseño de productos también.

Por esta razón, resulta interesante basarse en la aplicación de los colores con una justificación y no sólo en la apariencia del producto.

Al igual que en el lenguaje de la Naturaleza, el color es un elemento fundamental. Observando la flora y la fauna, se puede comprobar que cuando un animal o una planta tienen un determinado color es consecuencia de una evolución y adaptación ocasionada o influida por las necesidades del objeto natural. El color puede y debe ser utilizado para crear situaciones de confort, emoción, peligro, tranquilidad, etc.

En el entorno natural se puede encontrar la utilización del color en atención a estos conceptos, cada color tiene su significado y éste dependerá de su combinación con otros en diversos patrones.

Cabe aclarar que en la Naturaleza, la combinación de colores saturados y brillantes es señal de alarma, de advertencia. Bernsen explica: "La comunicación en la naturaleza, incluso puede transmitir información falsa, como la serpiente inofensiva cuyo patrón de colores imita el de una serpiente venenosa y, por tanto asusta a los enemigos" (2004, p.32).

Como los seres vivos, los objetos intentan comunicar a través de texturas, colores y formas. La Naturaleza muchas veces consigue su objetivo de comunicar algo de manera muy bella y muy efectiva.

Sin duda alguna, en el entorno natural se encuentra la mayoría de las respuestas que un diseñador podría necesitar. Trabajando fundamentalmente con conceptos de función, forma y material, observando los sistemas naturales, los aspectos filosóficos de su funcionamiento, se encontrarían ejemplos para inspirarse en ellos, adaptarlos y reinterpretarlos con materiales tecnológicos. De esta manera, Benyus asegura:

El estudio sistemático de la naturaleza es una tarea indispensable para la creación de nuevas alternativas de sistemas, mecanismos, estructuras, etc. La comprensión de los principios naturales: espirales, flujos, comportamientos, formas, ordenamientos; representa la más rica fuente de conocimiento para proyectos de diseño, para una visión cualitativa de las estructuras que creamos. (2002, p.172).

Capítulo 3. Insinuación del sujeto natural

Formas y estructuras de la Naturaleza. El poder de la organización

En 1917, D'Arcy Thompson publicó el resultado de sus estudios de la morfología en el libro *On Growth and Form*, argumentando que las formas de plantas y animales podría entenderse en términos de la matemática pura. El libro cubre una amplia gama de estudios morfológicos. Expresa las leyes que rigen la dimensión de los organismos y su crecimiento, la estática y dinámica en el trabajo de células y tejidos, las simetrías, y la división celular, así como la ingeniería de esqueletos de organismos simples. Concibe la forma no como algo dado, sino como un producto de las fuerzas dinámicas que están conformadas por flujos de energía y las fases del crecimiento. D'Arcy Thompson es un autor significativo en este capítulo, ya que aporta una manera de pensar y ver el mundo distinta, que servirá para ejemplificar su aplicación en el Diseño Industrial.

Para el observador casual, la Naturaleza parece no tener límites en su capacidad para crear y modificar la forma de sus creaciones. Sin embargo, un examen cuidadoso, demuestra que este sinnúmero de formas es, de hecho, construida a partir de un número limitado de ellas, de composición relativamente simples. Williams (1981) señala que los patrones y las formas empleadas

por la Naturaleza son restringidas por las limitaciones de espacio físico, las relaciones entre el área y volumen y la necesidad de minimizar los recursos de consumo.

En resumen, la forma de un objeto es un diagrama de fuerzas continuamente en juego. Este es el principio básico que Thompson explora en el análisis de células vivas, las estructuras celulares, las alas de los insectos, el esqueleto de los grandes animales, las gotas de lluvia, las células de las abejas, la tela de araña y muchos otros *diseños* de la Naturaleza.

Resulta pertinente, habiendo aclarado que la Naturaleza se rige por una organización, una estructura, vincularla con los fundamentos del diseño según Wucius Wong. En el capítulo anterior, se habló de la forma y sus elementos configuracionales. Aquí, se tratará a la forma desde otro aspecto, más concreto, más profundo que sólo su estética, se analizará su organización y su función. Según Wong (1991), la forma es la apariencia visual total de un diseño, siendo la figura su principal factor de identificación. Asimismo, otros factores importantes son el tamaño, el color y la textura. Todos estos elementos visuales, son mencionados colectivamente como forma.

Este autor señala que la estructura gobierna la manera en que una forma es construida, es el esqueleto que está detrás del entretejido de figura, color y textura. La apariencia externa de una forma puede ser muy compleja mientras su estructura es relativamente simple.

Aquí, se pueden relacionar cómo el diseño y la Naturaleza no dejan nada librado al azar. Mediante una estructura, un sistema de organización, establecen los parámetros para la creación de un objeto o sujeto, respectivamente, con una razón de ser.

Varios de los elementos que ambos utilizan son la repetición de módulos, como explicaba Thompson (1992), se parte de formas sencillas y mediante patrones y composiciones diversas, se logran formas más complejas.

Las formas más pequeñas, que son repetidas con variaciones o sin ellas, para producir una mayor, se denominan módulos. Estos pueden ser utilizados en repetición exacta, como es el caso de la estructura de las colmenas de las abejas, o en gradación, suponiendo un cambio de manera gradual y ordenada. Se puede tener una gradación de figura, en la que ésta cambia ligeramente de un módulo a otro, o que varíe de tamaño. Pero las variaciones también pueden ser espaciales, las formas que componen a los módulos, pueden rotar o trasladarse sobre un eje para conformar otra diferente. Estos cambios espaciales, se generan a través de la dirección de los planos.

Como explica Wong (1991), la dirección de los planos puede variar de tres maneras: puede rotar sobre el eje vertical, sobre un eje horizontal o sobre el mismo plano. La rotación vertical u horizontal requiere desviar a los planos de las formas de su posición paralela. La rotación sobre el mismo plano, deriva a una figura en forma de espiral, ya que los bordes de cada plano

se ven trasladados de una posición a otra, sin afectar la dirección básica del mismo.

Un claro ejemplo de esta situación se observa en la Naturaleza con los caparazones de los caracoles. La precisión descriptiva de las formas de las conchas, se prestan a ilustrar un proceso que es fácil de describir en términos geométricos-matemáticos.

Los caparazones de casi todos los moluscos, incluidos los bivalvos, se caracterizan por un diseño elegante y por la simetría basada en un cono que se convierte en una espiral alrededor de un eje.

De Thompson se tomaron las siguientes observaciones, a saber: crecimiento por adición e isometría de crecimiento.

El crecimiento por adición permite a los caracoles aumentar sus dimensiones mediante la suma de un nuevo material en la estructura existente. Así, las formas que se observan, conservan y contienen todas las fases de crecimiento anteriores. Cada caracol adulto conserva en su vértice el proto-caparazón en el que se originó.

La isométrica de crecimiento se refiere a la conservación de la forma a lo largo del crecimiento. Si se toman dos conchas de la misma especie pero de distintas edades, se puede observar que la forma es una ampliación de la segunda. Esta característica, conocida como crecimiento isométrico, permite al molusco

incrementar su propio tamaño, manteniendo las mismas proporciones entre las partes del cuerpo.

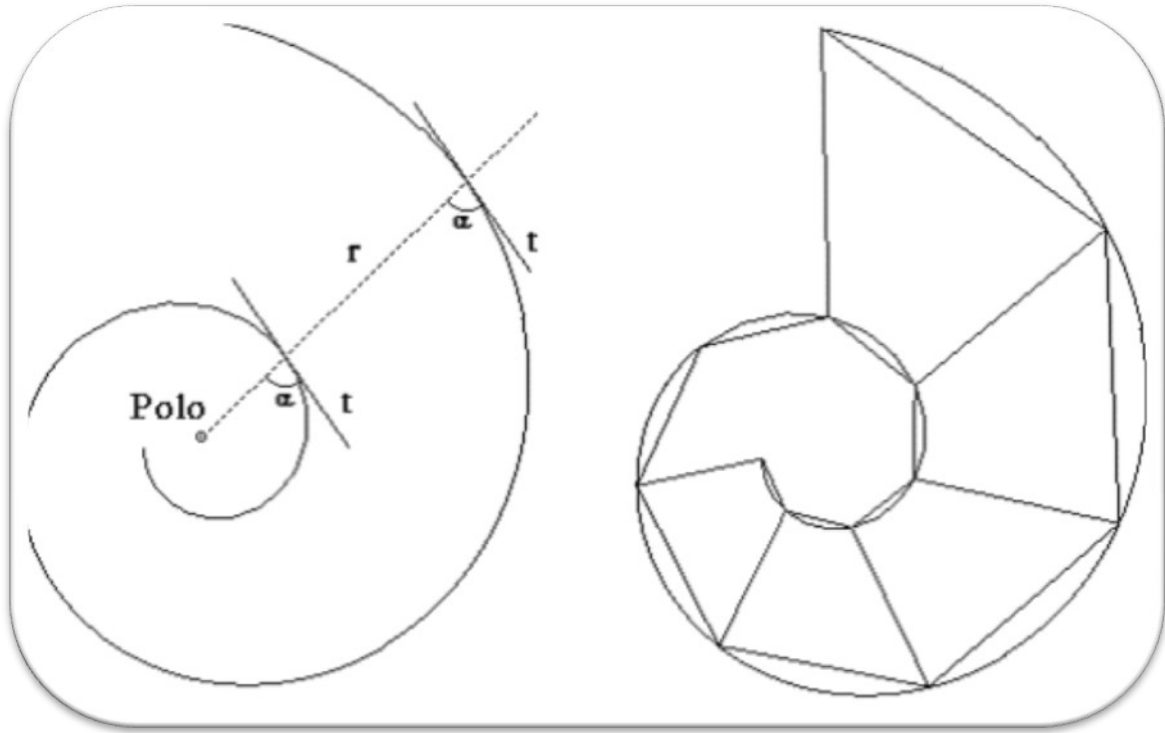


Figura 3: Organización y estructura de caparazón de caracol.

Fuente: Thompson, D. (1992). *On Growth and Form*. New York: Canto Edition.

Para un mejor entendimiento, la imagen que se encuentra arriba, servirá de sustento para explicar las variaciones espaciales aplicadas en la Naturaleza.

Aquí se puede ver una espiral logarítmica en la que se indica un ángulo constante entre una radio y una tangente que la caracterizan. A la derecha, se observa la misma espiral segmentada en cuadrantes. Imaginando el crecimiento durante el transcurso de la vida de un caracol, este se encuentra en el segmento más grande. Así, se puede comprender cómo esta

estrategia habitacional le permite crecer en una estructura rígida, sin cambiar su forma, estructurada en el plano y en el espacio. Esta estrategia, es conocida como crecimiento isométrico.

Esto implica que la proyección de generación de cualquier espiral en un plano perpendicular al eje de simetría, produce una curva, definida como espiral equiangular o logarítmica.

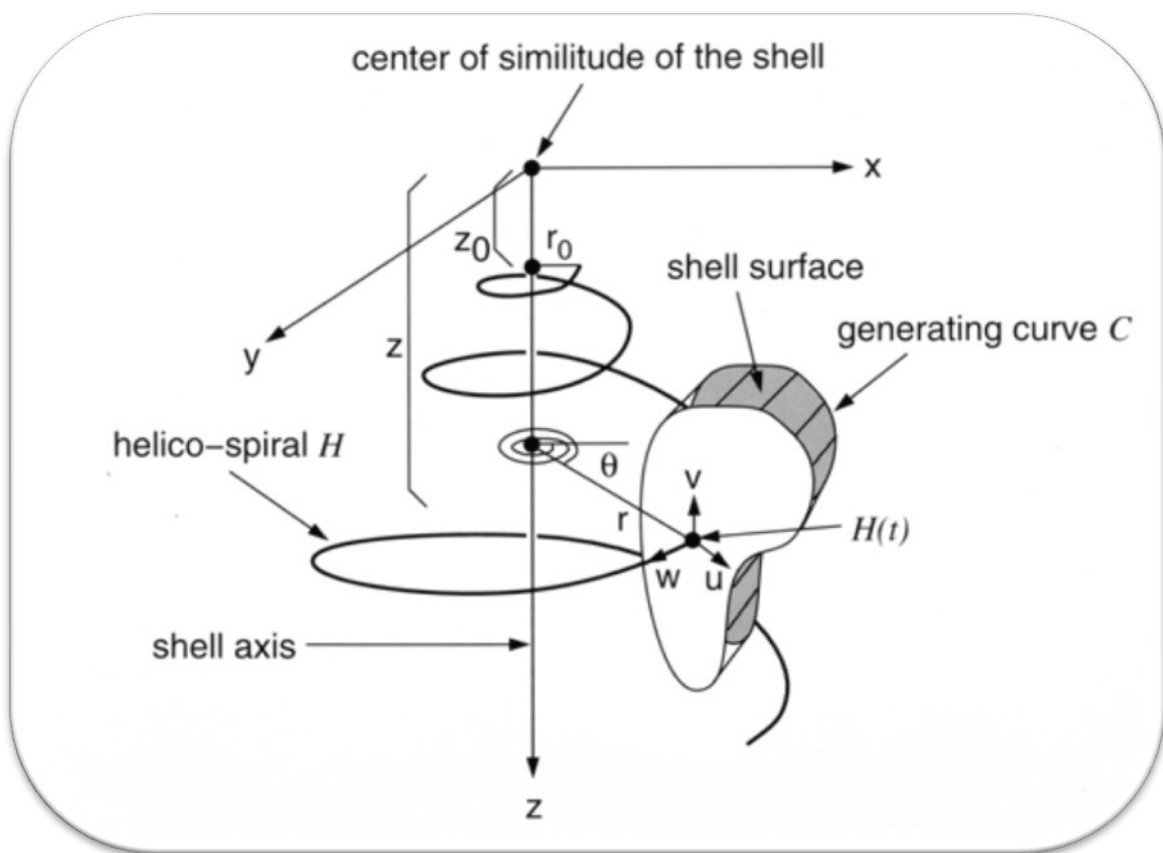


Figura 4: Generación de la espiral por la traslación y rotación de la forma del caparazón del caracol. Fuente: Thompson, D. (1992). *On Growth and Form*. New York: Canto Edition.

Considerando un plano de referencia que contiene al eje de rotación, la directriz, en este caso, la espiral, es siempre constante. En el transcurso de la traslación, aumenta

constantemente en sus dimensiones lineales, manteniendo invariable el valor de sus ángulos. A cada paso sucesivo, ésta crece de manera uniforme, es decir, la pauta de crecimiento de la directriz es constante. La distancia entre la directriz y el eje de rotación también aumenta según la misma pauta de crecimiento.

Así la generatriz, describirá un movimiento de traslación sobre la directriz, proporcional a su cambio de tamaño. Es decir, la forma de la generatriz irá disminuyendo proporcionalmente con la directriz.

En la Naturaleza, el principio de control va más allá de un solo organismo. Observando detalladamente una hoja se puede apreciar cómo el entramado de conductos converge de la base del tallo. Los otros surgen de aquel central, en un patrón regular y desde el centro hacia el borde. Cada conducto se repite para producir una forma mayor, generando módulos, que a la vez están compuestos por elementos más pequeños que crean submódulos. Como explica Williams (1984) cuando se examinan las hojas, se puede advertir que casi nunca hay más de tres líneas que se reúnan en un punto determinado de intersección. Cuando una nervadura menor se une con otro mayor, el ángulo de intersección es cercano a los 90 grados, o sea, que se trata de un equilibrio de fuerzas entre dos tamaños.

Módulos, submódulos, repetición, traslación, rotación, simetría, son algunos conceptos con los que el diseñador está familiarizado a la hora de crear. Sin embargo, no es el único en

utilizarlos. La Naturaleza, los ha utilizado siempre para la creación de toda vida en la Tierra, de la mano del principio de economía y simplicidad. Estos principios se lograron en el entorno natural, gracias a la evolución, la cual quitaba de generación en generación, el material donde no era necesario, dejando a la forma sin nada superfluo, sólo con lo que necesitaba para cumplir con sus funciones, al mejor estilo Hans Wegner.

En otros ejemplos se podría seguir el camino de la Naturaleza, procurando llenar un vacío con particiones, examinando su manera de tratar a los objetos muy estrechos entre sí, o la forma en que se distribuye en el espacio el exceso de particiones. El círculo es una forma encontrada en todo el entorno natural, aporta un interior máximo con un exterior mínimo, logrando la tan buscada economía en la Naturaleza.

El dodecaedro rómbico, con doce lados, se forma al comprimir esferas en un espacio tridimensional. Una de las tramas hexagonales más conocidas es la de las colmenas de abejas. Cuando ésta se construye, las abejas procuran hacer las celdas lo más completas posibles, logrando que se compriman entre sí unas y otras, obteniendo como resultado una conformación hexagonal. Luego de analizar la organización de la Naturaleza, y observar cómo se asemeja al mundo artificial, se inquiere a Williams para señalar:

Estas no son sino unas pocas entre la innumerable cantidad de leyes físicas que entrelazan a las cosas vivas

y no-vivas en un tejido continuo, uniéndolas entre sí. Cabe confiar que tal breve mirada indique que existe en verdad una unidad estructural. (1984, p.124).

Como se señaló anteriormente, el concepto de forma, no está ligado únicamente a la captación de su apariencia externa, abarca o incluye la configuración estática o dinámica que adquiere una determinada porción de materia pronta para ser manipulada con una finalidad precisa. Esto es, la organización de sus elementos materiales, la distribución e interrelación de sus componentes, en la medida en que éstos sean percibidos o no.

Cuando se habla de estudiar la forma, se entiende, desde este concepto, que se está planeando toda la estructuración espacial de las partes necesarias, imaginando tanto su configuración externa como interna, buscando la forma que se debe dar al material empleado para que cumpla con las funciones previstas. El propósito de definir las características de la forma obliga a intentar lo mismo con el concepto de función.

La función de la forma

Aquí, se tratará la trasposición de los principios básicos observados en el sistema natural que se aplican sobre el objeto artificial y que, por lo general, definen el resultado. En este caso, a diferencia del capítulo anterior, la toma de aspectos del referente puede ser parcial, pero en ningún momento se opondrá con su armonía global; su función.

Según Williams (1981) los biólogos dicen que toda la morfología está sujeta a la adaptación, lo que supone que evolucionará a través de las generaciones. Una especie alterará su forma para acomodarse mejor a su clima, sus movimientos, obtención de alimento, reproducción y todas las innumerables circunstancias que integran su medio ambiente y la vida que lleve dentro de éste: es decir, su funcionamiento.

En el ámbito del diseño se ha expresado de otra manera; la forma sigue a la función, lo que significa que la forma de un objeto obedecerá a las necesidades de su función. Ambas manifestaciones, el medio natural y humano, suponen el mismo concepto. En la Naturaleza, la forma y función son inseparables en un organismo. Una condiciona a la otra. En una primera aproximación, se observa que los objetos justifican su

existencia para servir a una finalidad, a una necesidad del hombre.

Benyus explica que "la belleza espontánea de las formas naturales es algo deseable; esta belleza nace de la íntima relación entre forma, material y función en la que todas las capas, cada color parece ser esencial, de una sobriedad hecha de infinitas sutilezas" (2000, p.125), los cuales, los diseñadores sostienen como aspectos fundamentales para lograr coherencia formal en un producto.

Sin embargo, la función del objeto dista en ciertos aspectos de los sujetos naturales. Aparecen complicaciones debidas a la presencia de funciones innatas y adquiridas, como explica Fornari en *Las funciones de la forma* (1989), todo objeto tiene una función pre-asignada para la cual fue concebido y funciones agregadas durante su uso. Esto quiere decir que el objeto fue creado para cumplir con determinadas funciones y, en el transcurso de su vida puede incorporar otras; las funciones adquiridas.

Es aquí, donde el diseño y la Naturaleza, toman rumbos diferentes. Un lápiz, creado para escribir, dibujar, puede adquirir la función de sujetar el pelo, mientras que las características animales, se abstienen a su función. Asimismo, la forma es utilizada en el diseño como agente productor de valores funcionales; desde un aspecto físico, de estímulo o como

signo. Cabe aclarar que la utilización de estos elementos, tomará un rol con diferentes proporciones según el producto.

El aspecto físico, está ligado a la operatividad del producto. Refiere a la capacidad de una forma para actuar sobre el mundo físico produciendo o modificando fenómenos de esa naturaleza. Su forma concebida responde a una cierta configuración de elementos, la cual, es el factor predominante para el cumplimiento de su función.

El otro papel de la forma es utilizado como estímulo, encontrando su ámbito natural en los fenómenos fisiológicos y psicológicos envueltos en la percepción. Como señala Löbach "todo producto industrial tiene una apariencia perceptible sensorialmente determinada por elementos configuracionales, forma, color, superficie, etc., y posee también una función estética" (1981, p.168), definida como el aspecto psicológico de la percepción sensorial durante el uso.

El último papel de la forma en el cumplimiento del conjunto funcional de un objeto, es su capacidad como portador de un significado. Fornari (1989) manifiesta que este nivel de significación de la forma está representado por su capacidad de matizar el significado informativo (aquel que denota lo que es el objeto) escrito con evocaciones expresivas o emocionales. Esto trae consigo una carga connotativa al objeto, desencadenando sentimientos como de status social, prestigio,

agresividad, etc., que van más allá de lo que significa el objeto como evocador de una imagen mental.

Luego de esclarecer las diferencias de las funciones de la forma, es debido aclarar que se utilizará en el presente trabajo la función física. Todos los objetos poseen las tres funciones, pero para vincular a la Naturaleza con el diseño, se utilizarán a modo de ejemplo productos en el que el papel de la forma como agente físico sea preponderante, ya que en este nivel comparten similitudes.

Retomando la idea de la forma sigue a la función, se pueden encontrar en la Naturaleza ejemplos estrechamente relacionados con la función del organismo biológico. Es el caso del antílope, uno de los animales con mayor resistencia capaz de correr a través de las vastas praderas a velocidades de hasta 60 kilómetros por hora y mantenerla durante casi una hora sin detenerse. El antílope posee largas piernas extraordinariamente delgadas, adaptadas para dar grandes zancadas y una gran masa muscular que le permite impulsar su cuerpo a gran velocidad. Es evidente que su forma está armónicamente adaptada a la función de correr rápido, que necesita para escapar de los depredadores. Las largas y delgadas piernas son marca registrada de corredores de alto rendimiento.

La relación entre forma y función en los animales se basa en la armonía interior estructural y funcional, ya que la forma externa del cuerpo es necesariamente el resultado de un diseño

interior. De este modo D'Arcy Thompson, explica (1992) que la morfogénesis conduce al organismo a construirse para satisfacer las funciones que realiza hacia formas adaptadas a las condiciones de vida imperantes, como el cuerpo de un pez adaptado para nadar y el ala de un ave para volar.

La complejidad de la forma y la fisionomía de los huesos para crear objetos livianos y resistentes es una de las aplicaciones posibles de la biónica al Diseño Industrial que se pueden encontrar en diversos productos.

En el caso de Franco Lodato, para el diseño de un mango de sartén eligió el fémur que, a pesar de ser hueco, es una estructura capaz de resistir tensiones considerables. El mango es una parte crucial de una sartén; tiene que proporcionar un agarre bueno y seguro, también cuando la sartén esté caliente. Asimismo, tiene que cumplir los requisitos impuestos por los estándares técnicos, su utilización a 230 ° C con una carga máxima de 5 kg soportando el peso sobre una manija de 16-18 cm de largo.

Se han resuelto convencionalmente, manijas en forma de C o U obtenidas por prensado de resinas termoestables, haciéndolas gruesas, pesadas, caras y difíciles de limpiar. ¿Cómo resuelve la Naturaleza el proporcionar una construcción ligera y fuerte que dure para toda la vida?

La solución de diseño se concretó con un cuerpo hueco de una sección transversal elíptica, que proporciona un agarre seguro.

El proceso de fabricación utiliza una técnica de inyección de gas que deja la superficie de contacto sin cambios, asegura la resistencia mecánica y mejora el aislamiento térmico.

La realización del diseño fue posible gracias a una polyester de resina creado por DuPont; Rynite. Resiste las altas temperaturas y productos utilizados en la cocina, como el detergente.



Figura 5: Mango de sartén y Estructura de Fémur. Fuente: Bernsen, J. (2004). *Bionics in Action. The design work of Franco Lodato*. Denmark: StoryWorks.

En algunos materiales, como el metal, las líneas de tensión suelen ser invisibles, pero en otros, incluyendo el hueso, frecuentemente son muy fáciles de ver. Algunas partes de los huesos están compuestos por una malla esponjosa de hilos muy finos llamados trabéculas. En la imagen representativa superior se muestran las trabéculas óseas. Se puede observar cómo se orientan las líneas de tensión, donde están más estrechamente unidas, la tensión es mayor.

El diseño ha estado presente mientras el hombre ha estado creando sus propias herramientas. En efecto, el diseño representa la traducción de un propósito en una herramienta. Esto confiere un doble significado en el mundo del diseño: significa el resultado, la herramienta, así como para el proceso que lo creó.

Los primeros diseños del hombre, el cuchillo, el hacha, el arco, la flecha y más adelante el barco que lo llevó a lo largo del río a través del mar, tienen un sentido de inevitabilidad sobre ellos. En la simplicidad de su forma, fueron los mejores instrumentos utilizando de la mejor manera los materiales disponibles.

Sin embargo, estas herramientas no encontraron su forma gracias a la acción de una sola persona. Fueron creadas a través de muchas generaciones mediante una serie de ajustes en un largo proceso de ensayo y error que finalmente finalizó en un diseño. De una forma similar se comporta la Naturaleza. La vida en la Tierra es una larga búsqueda, fue iniciada por la aparición de células quizás hace tres millones de años, y continúa sin detenerse. En el proceso, una única célula en el cálido mar se convirtió en un organismo que consiste en varias células, más tarde para formar los núcleos de la flora y la fauna de una inmensa riqueza y variedad de formas. Cada caso concreto, sucedió y sucede en el afán de la forma y organización más adecuada para la vida en el medio ambiente pertinente.

Capítulo 4. Bio - mimesis. Imitación completa del sujeto natural.

Se ha llegado al final del recorrido, en el cual confluyen todos los conceptos tratados. Benyus (2002) explica que la observación de la Naturaleza, desde la mirada científica y analizada desde la perspectiva del diseño, genera una serie de informaciones nuevas que presentan posibilidades no concebidas antes del estudio biónico a nivel formal, estructural y funcional, dadas por el entendimiento de las soluciones existentes en la Naturaleza que por principio son eficientes y perfectas.

Se puede abordar, de manera multidisciplinar, los diferentes problemas que se presentan cambiando la percepción sobre el entorno natural, aspirando a resolverlos a través de diseños que aprovechen la experiencia natural acumulada. Enmarcándose en un contexto, absorbiendo la sabiduría de éste (sus individuos, sus especies, sus recursos y sus relaciones entre ellas con su entorno).

En este capítulo, se tratará la trasposición de todos los aspectos más importantes de un sujeto natural: la función, estructura y forma, al objeto de diseño.

Cabe aclarar, que el diseño no es sólo acerca de los productos y las comunicaciones, sino también sobre el proceso que los creó.

Y ese proceso de creación, a su vez, puede ser el más importante de todos.

La biónica se ocupa de la transformación técnica, la aplicación de estructuras, procedimientos y principios de desarrollo de los sistemas biológicos. Esto, por su propia naturaleza, lo convierte en una tarea interdisciplinaria que combina la biología con la ingeniería, el diseño, la arquitectura y las matemáticas.

En términos más técnicos, la investigación y la exploración implica la identificación del problema a resolver, y luego la selección de los modelos biológicos relevantes de la mano de una profunda investigación. Después de eso, la nueva comprensión se abstrae en las analogías de la ingeniería, así como se evalúa la viabilidad de incorporar la tecnología en productos útiles. El diseño arguye Bernsen:

Es un movimiento del *qué* al *cómo*, desde las preguntas de lo que funciona para el usuario y qué soluciones hay en la naturaleza, de cómo el producto funciona mejor para el usuario y cómo la naturaleza resuelve el problema en cuestión (2004, p.86).

Este proceso se realiza con el objetivo final de crear herramientas que hagan el mejor uso de la tecnología para servir al cuerpo, la mente y el espíritu del usuario. Y que, a su vez, es lo que esté alojado en el producto que finalmente llega al mercado.

Un claro ejemplo de este proceso lo llevó a cabo Franco Lodato diseñando un piolet para CAMP, una firma italiana de diseño de equipos para montañismo. Debía crear un piolet multifuncional que pueda trabajar en distintas posiciones, que posea una alta resistencia estructural, con un buen agarre, también en condiciones difíciles para los alpinistas y los materiales. El piolet iba a ser utilizado incluso a alturas de 5 km, y en temperaturas tan bajas como -20 ° C.

Considerando que los productos hayan sido objeto de muchos cambios significativos en la última generación, nada se compara con las herramientas en el campo del deporte, en el cual el factor crucial es ganar. Y eso, significa ir a los extremos en la elección de materiales, construcción, y la forma para alcanzar todas las ventajas competitivas importantes. Como explica Fiell:

El diseño de equipo deportivo es uno de los campos del diseño más interesantes, pues suele llevar más allá el rendimiento de los materiales y la tecnología. En los deportes de competición un buen diseño del equipo no sólo marca la diferencia entre ganar y perder, sino que puede redefinir los parámetros del deporte en sí. (2006, p.76).

Al iniciar su investigación biónica, Lodato se contactó con el director del Museo de Ciencias Naturales de Milán, para preguntarle cuál era el mejor ejemplo de un martillo en la



naturaleza. Su respuesta no estaba en duda, había dos candidatos: una langosta de roca, que, cuando martillea mejillones en las rocas para alimentarse, produce ondas sonoras de más de 120 decibeles, y el pájaro carpintero fue el otro ejemplo intrigante.

Lodato encontró que el cuerpo de esta ave está diseñado específicamente para este movimiento. Los pájaros carpinteros se preparan con sus colas, que funcionan como resortes, aprovechando tanto su centro de gravedad y su configuración ósea del cráneo para absorber una tensión considerable. En otras palabras, los pájaros no martillan la madera mediante el uso de sus cuellos.



Figura 6: Comparación Piolet con pájaro Carpintero. Fuente: Bernsen, J. (2004). *Bionics in Action. The design work of Franco Lodato*. Denmark: StoryWorks.

El acabado del hacha consiste en un núcleo interno de titanio con una aleación de acero inoxidable, en el cual se inserta una punta de aluminio ajustable. Estas dos partes están unidas por una bisagra inspirada en las dos válvulas de un molusco. La forma del hacha tiene cierta similitud con el perfil del pájaro. A su vez, se dedicó especial atención a la forma del mango. En lugar de diseñarlo recto, Lodato incorporó en ella una ligera curva, tomando de nuevo el cuerpo del pájaro carpintero como modelo. Esto mejora la eficacia del golpe.

El mango del hacha fue moldeado por inyección con doble densidad de neoprene, para generar un mejor agarre. Está recubierto con una capa de poliéster con estrías rígidas de PBT (Tereftalato de polibutileno), un termoplástico semicristalino con una resistencia y una estabilidad termo-dimENSIONAL elevada. Posee un buen comportamiento de desgaste, absorción de humedad baja y una expansión térmica baja. Este material fue revestido con una capa elástica de Rynite para proporcionar el agarre. La inspiración de este componente para el diseñador, fue la epidermis de los tiburones, compuesto por elementos rígidos que cubren una base blanda. El resultado global es una estructura que soporta el estrés por calor, el agua, la humedad y la radiación ultravioleta. Por otra parte, el énfasis del aspecto medioambiental del diseño tuvo un impacto en el sector de fabricación.

La transferencia de las técnicas de la Naturaleza para la aplicación al diseño sigue un patrón que comienza con la

identificación de lo que se requiere. A continuación, mediante la observación de las estructuras del entorno natural, se puede encontrar una técnica para resolver mediante un proceso un problema de diseño. Este puede resumirse como explica Bernsen en: "la identificación de una necesidad, la observación de la Naturaleza, y la transformación de la observación del contexto original para su aplicación en el proyecto" (2004, p.65).

Las nuevas tecnologías aproximan el enfoque de diseño biónico, pudiendo desarrollar nuevos métodos de experimentación con la física, la química, la ingeniería, la ciencia de los materiales y los principios de diseño. La investigación en las estructuras naturales puede ofrecer un modelo de inspiración para mejorar la vida a través del diseño. El objetivo es entender la relación entre las formas de la Naturaleza y funciones con el fin de llegar a un modelo, que a través de un proceso de abstracción de los principios, de las analogías de las formas, colores, estructuras, funciones y de los componentes de los productos, de los sistemas y de los materiales utilizados por ella, puede ser aplicada por el hombre.

Capítulo 5. Biónica en acción

Buscando no sólo entender e imitar las formas naturales, sino también tratando de encontrar puntos de vista en lo más profundo de los procesos biológicos, desde los cuales los diseñadores puedan derivar modelos y métodos diversos, se logrará enriquecer el análisis realizado en el Proyecto de Grado, pudiendo concretar en un proyecto, las reflexiones sobre el mismo.

La biónica aplicada al diseño ha cobrado impulso en las últimas dos décadas. Una de las razones ha sido la creciente crisis del medio ambiente, el aumento del diseño sostenible, y la creencia de que un diseño en estrecha armonía con la Naturaleza necesita tomar clases de formas orgánicas y sistemas biológicos.

Aquí, se ha tratado de exponer y mantener sujeto a un análisis crítico las muchas analogías que se han hecho, por una gran variedad de escritores, entre la biología y las artes aplicadas, en particular en el diseño.

Se hace una distinción conceptual, ciertamente, entre el enfoque del Diseño Industrial *per se*, por un lado, y la actividad de esta disciplina de manera científica; la biónica, por otro. Pero es evidente que, al final, el interés práctico del aspecto científico está en la aplicación de sus conclusiones a la actividad de diseño. Así pues, la cuestión se plantea en la distinción entre el carácter objetivo y analítico de la ciencia, y la carga de valor, carácter subjetivo y sintético del diseño.

Para poder seguir avanzando sobre las analogías de la Naturaleza, es menester encontrar el origen de algunas ideas biológicas que han influido en el movimiento moderno y, posteriormente, en los métodos de diseño de este. La pregunta inmediata que se plantea es ¿por qué la idea de inspirarse en la Naturaleza?, ¿cuánta relevancia tiene la innovación de las analogías naturales sobre el papel de la ciencia en el diseño? Las ideas de totalidad, coherencia, correlación e integración, utilizadas para expresar la relación organizada entre las partes de un organismo biológico, pueden ser aplicadas para describir cualidades similares en el buen diseño de un objeto. Bernsen (2004) comenta que la adaptación del organismo a su ambiente, su aptitud, puede compararse con la relación armoniosa del objeto con su entorno, con la adecuación de cualquiera de ellos a los distintos fines para los cuales está destinado.

Quizá la biología sea de tal importancia dentro todas las ciencias, ya que por primera vez se enfrentó al problema central de la teleología, el diseño en la Naturaleza. Por esta razón, atrajo indudablemente el interés especial de los diseñadores.

Cabe aclarar que el problema con la toma anecdótica de los sujetos naturales, es en gran parte debido a que anteriormente al movimiento moderno, esta inspiración exaltada, ha sido una especie de imagen superficial. Así lo refleja Bernsen: "Las fotos artísticas de las maravillas de la naturaleza a través de

un microscopio, se yuxtaponen con edificios o con productos del diseño industrial.” (2004, p. 84).

Pero la analogía en un nivel más profundo puede ser una fuente fundamental de comprensión y de conocimiento científico, como muchos escritores sobre el tema han señalado. Continuando con las reflexiones del autor, este señala que la inspiración en los sistemas biológicos, si se utiliza con el suficiente cuidado, con cierta lógica y razonamiento, puede ser una fuente más fértil de ideas y conocimientos nuevos. La analogía es absolutamente fundamental no sólo para la génesis psicológica de la teoría científica, sino para su continua ampliación, desarrollo e inteligibilidad también.

Un claro ejemplo de esta situación es la teoría fractal. Tomando la idea de la tecnología fractal en profundidad, se puede observar una membrana y reducirla constantemente como hace la Naturaleza; la imagen a continuación, podría ser un asiento para silla, una suela de zapato deportivo, o la trama de una lámpara. Esto es lo que existe en la Naturaleza.

La observación ahora permite trasladar ese proceso natural al proceso de diseño cada día. Sin embargo, no se trata de diseñar arquitectura como esa, sólo de una búsqueda de interés en los patrones naturales y de las formas estéticas que realmente sólo la Naturaleza crea.

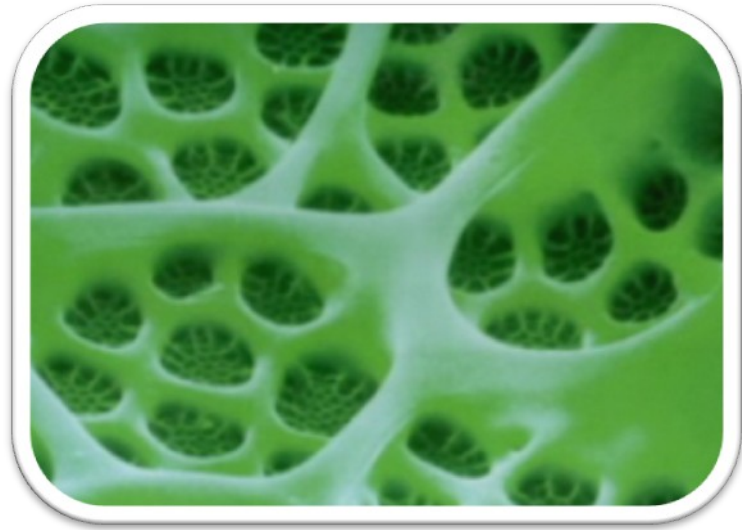


Figura 7: Membrana. Fuente: Bernsen, J. (2004). *Bionics in Action. The design work of Franco Lodato*. Denmark: StoryWorks.

De esta manera, se puede afirmar que el nivel analógico de inspiración, se encuentra en una delgada línea que separa a la creación de objetos con un perfil más artístico, y al diseño con carácter científico, como es el caso de la biónica. Por esta razón, es de suma importancia delimitar el espacio en el que se haya la estética biónica.

Como se explicó en el capítulo 2, las personas tienen una predisposición a la atracción de las formas naturales. Norman (2004) señala que todos los juicios estéticos son mecanismos cognitivos, aplicados por un sistema biológico, el cual es una colección de adaptaciones evolutivas. Algunos de ellos son en gran parte invariable en la humanidad, independientemente de la educación, la cultura, o la experiencia.

Los fenómenos que las personas tienden a agrupar en respuesta estética son en realidad el resultado de muchos mecanismos cognitivos diferentes. Estos, operan bajo los estímulos

sensoriales y en los símbolos derivados de estos insumos y de la memoria. Siguiendo con la idea de Norman, estos mecanismos que se consideran estéticos, tienen un corto lapso de tiempo y pronto se sustituye por información más procesada, basándose en un análisis durante períodos de tiempo más extensos.

He aquí, el punto de inflexión entre las dos variantes antes presentadas. Las formas orgánicas, que remiten en un primer momento a la psique primitiva de la persona, logrando su atracción inmediata, luego de un tiempo, esta información es procesada y aparecen otros aspectos más allá del visceral, surge una variante reflexiva la cual conduce a una comprensión y conocimiento cada vez mayor.

Al percibir un objeto a través de una interfaz sensorial, muchos de ellos operan de forma simultánea. Algunos son muy rápidos, como la detección de luz y movimiento, por ejemplo. Otros emergen a lo largo de un segundo o más, como la percepción de la simetría, el brillo y la temperatura. Estos procesos cognitivos continúan operando, pudiendo invocar los símbolos de la memoria. Por último, las respuestas estéticas pueden dar lugar a deliberar el pensamiento analítico que puede alcanzarse en cuestión de minutos o más, como bien se explicó anteriormente. Una preferencia general puede ser formada dentro de una fracción de segundo, pero esta puede cambiar con información adicional.

Mientras que la variable estética atrae en un primer momento al usuario, es menester embeber al proceso de diseño

biónico con un carácter científico, que permita recorrer no sólo el aspecto visceral, sino el reflexivo y que trascienda al conductual, brindándole a la persona una experiencia amena con el producto.

A partir de esta reflexión, se puede afirmar que la estética biónica pretende crear de forma inteligente, evitando amorfismos de carácter superficial, como es el caso de ciertos movimientos artísticos como el Art Nouveau. La estética biónica es creada a partir de la relación del Arte, del Diseño y la Naturaleza. Es amor por la forma y de cómo ella puede tocar el alma y las emociones de las personas. Fiell afirma que "el diseño orgánico expresa toda su fuerza cuando su sensual y emocionalmente persuasivo vocabulario formal conecta con nosotros de manera subliminal apelando directamente a nuestro sentido primigenio de la belleza natural." (2006, p.133)

En cambio, la bio-mímesis, la imitación total de la Naturaleza, va un paso más allá. Está regida bajo un concepto holístico, teniendo mucho que ver con la armonía, dando como resultado la relación de todas las partes entre sí, logrando un objeto completo desde todos los aspectos: funcional, formal y tecnológico. Estudiando la Tierra, la evolución y el tiempo, surgirá algo que es orgánico, biológico e interrelacionado con todos sus elementos, como sucede en el mundo natural. Eso es lo que hace la Naturaleza y así es como lo logra el diseño biónico.

En cuanto al nivel de inspiración, como se comentó anteriormente, se tratará de utilizar el poder del diseño orgánico para contribuir al sentido de la existencia, de las relaciones con los objetos, de la sensualidad, ahondando en formas que produzcan estas sensaciones. Mientras que en el diseño del otro producto, aplicando la biónica, se recurrirán a procesos más profundos, más allá del instinto, dejando de lado al arte y tomando un carácter más científico, utilizando las características animales para responder a las funciones y a las formas que mejoren la utilización del objeto.

A partir del análisis antes hecho, se propone en este Proyecto de Graduación realizar dos productos: uno que manifieste la primera instancia de la biónica, la fase de inspiración, la cual se basa en un aspecto más formal y otro, que exponga las características intrínsecas de la biónica, la *bio-mímesis*. Realizando dos productos se enriquecerá el análisis, las características y la razón de ser del objeto que responda a la imitación total de la Naturaleza, pudiendo así, materializar las conclusiones consecuentes.

Se consideró pertinente antes de realizar la elección del producto a diseñar, reflexionar sobre qué tipo de objetos de la vida cotidiana se pueden relacionar con características de sujetos naturales. Debido a que prácticamente no hay limitaciones para la creación de objetos desde una mirada biónica, se ha elegido proyectar dos martillos, una herramienta

sencilla que pueda representar fehacientemente los dos niveles analógicos de los cuales se ha reflexionado anteriormente.

En primer lugar, se presentará el objeto que responde a la estética biónica. Dicho objeto está constituido por una sola pieza fabricada a partir de magnesio fundido a presión. Este material fue introducido en el diseño de objetos por Ross Lovegrove, reconocido diseñador-biólogo. En el libro *Supernatural*, Matote (2004) comenta que el diseñador utilizó esta material para diseñar una silla, precisando un metal más ligero que el aluminio, y a su vez, con una relación alta entre resistencia-peso.

Se ha tomado como ejemplo esta silla ya que el aluminio u otro metal, es demasiado pesado para la fabricación de este producto constituido por metal sólido. Por esta razón, teniendo en cuenta que el martillo está compuesto por una sola pieza, era de suma importancia, encontrar un material liviano y a su vez resistente para el uso que tiene esta herramienta.

El generar un objeto compuesto por una sola pieza, el utilizar un material fluido como el magnesio, suave al tacto y de superficie brillante que refleja el entorno, emula la lógica y la belleza que se encuentra en la Naturaleza. Utilizando formas y líneas orgánicas para obtener una herramienta que se adapte naturalmente a la forma humana de la mano, se explora en este diseño el uso de la tecnología para aligerar la forma y crear una estructura que se asemeje a los movimientos naturales del cuerpo, logrando así, un martillo de atractivo estético, elegante y funcional.



Figura 8: Perspectivas ilustrativas de Martillo estético.

Fuente: Elaboración propia.

Sin necesidad de utilizar contrastes de colores, diversos materiales o acabados de superficie, a simple vista el objeto denota su función. Acude al instinto de la persona para su uso. El cuerpo del objeto posee una doble curvatura, generando una voluptuosidad que indica la zona de agarre, la cual se adapta cómodamente a la mano.

Llegando a la parte superior, la forma se diverge creando una masa más robusta y compacta, la cual representa la cabeza del martillo. La gran superficie plana en el frente y la culminación en punta en el otro extremo, marcan la direccionalidad del producto. Asimismo, la robustez de la cabeza genera un mayor peso que en el resto del objeto, facilitando el envío de la herramienta para golpear una pieza, causando su desplazamiento o deformación.



Figura 9: Detalle cabeza de martillo estético. Fuente: Elaboración propia.

Aunque en el capítulo 2, referido a la forma, se ha argumentado que ésta no es sólo su volumen, sino que incluye otros aspectos que la conforman, tales como la textura, el color, la superficie, entre otros; cabe destacar, que para lograr un producto armonioso en su forma, que mantenga la corriente conceptual de *floreecer* de una sola pieza y transformarse en su recorrido, es menester que su materialidad y terminación se mantengan para exhortar su fluidez y armonía.

La sinuosidad del objeto genera espacios cóncavos y convexos, los cuales, al estar expuestos a la luz, generan sombras que delimitan el sector de agarre.

Con respecto al tamaño, este martillo mide 200 mm de largo. La cabeza del martillo es de 30 mm de ancho y 80 mm de largo. Su peso se encuentra alrededor de los 650 gramos.



Figura 10: Detalle sector de agarre. Fuente: Elaboración propia.

En este punto, se procederá a caracterizar al segundo producto, el cual abarca la trasposición de todos los aspectos más importantes de un sujeto natural: la función, estructura y forma, al objeto de diseño, ahondando no sólo en su morfología, sino en aquellas características de animales, que sugieran una manera de mejorar la herramienta y su relación con el usuario. La biónica aplicada al diseño sigue un patrón que comienza con la identificación de lo que se requiere, seguido de la observación de la Naturaleza, y la transformación de la observación de la misma a un contexto original aplicándolo al proyecto.

El objetivo es entender la relación entre la Naturaleza, las formas y las funciones de los sujetos naturales para llegar a un modelo, que a través de un proceso de abstracción de los principios que los caracterizan, de las analogías de las formas, colores, estructuras, funcionalidad y de los componentes del producto, pueda ser aplicada por el hombre.

El proyecto no puede pasar por alto un análisis de las cualidades y las características estructurales que se pueden deducir de las funciones y los principios naturales. Hoy en día, diferentes disciplinas y nuevas investigaciones de campo, pueden trabajar juntas en un enfoque interdisciplinario nutriendo al diseño y a la biónica, fortaleciendo sus objetivos, modificando y mejorando las relaciones entre el hombre y el diseño.

El diseño biónico también implica considerar factores de seguridad adecuados, la elección de los materiales con características tales como durabilidad, mantenimiento, entre otros. Por lo tanto, el diseñador tiene que adaptar los recursos que ha tomado de la Naturaleza, analizar y evaluar la integración del diseño, la planificación y la realización dentro de los parámetros económicos racionales.

Es aquí, donde se esclarece que el diseño biónico no se refiere a la transferencia directa de las observaciones de la Naturaleza para el proceso de desarrollo de productos. Más bien, implica la ejecución creativa de las matemáticas, la biología, la geometría, la estática y la tecnología para los conceptos de diseño.

A diferencia del primer martillo, éste no está sujeto sólo a un animal. Cada parte, cada elemento, fue analizado y relacionado con aquella característica animal más idónea para optimizar la herramienta elegida.

Inicialmente, el martillo fue inspirado en el cuerpo del bisonte. En el libro *Frozen Fauna of the Mammoth Steppe*, el autor Guthrie (1990) comenta que la anatomía de este animal es perfecta para el impacto. Estos mamíferos poseen una curvatura en su columna que actúa como estructura para soportar el impacto y distribuir el peso para lograr un mejor choque. Como se puede apreciar en la imagen a continuación, los bisontes chocan y empujan hacia arriba, bajando sus cuartos traseros como un

contrapeso y utilizan los hombros como punto de apoyo. Asimismo, la forma de su cabeza permite absorber los golpes, evitando una conmoción cerebral.

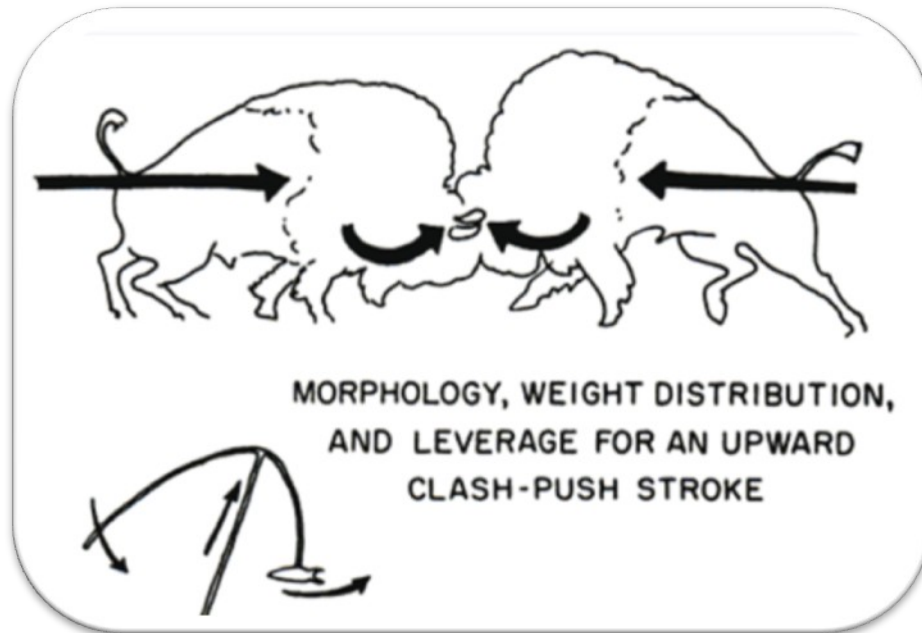


Figura 11: Anatomía y estilo de ataque de bison. Fuente: Guthrie, R. (1990). *Frozen Fauna of the Mammoth Steppe*. Chicago: The University of Chicago Press.

Analizando la función y la morfología que este elemento cumple en las herramientas regulares, el cual se utiliza para golpear un objetivo, causando su desplazamiento o deformación mediante el impacto, se encontró apto al bison como sujeto natural de referencia para la posterior abstracción y desarrollo del producto. La herramienta posee una ligera curvatura en su mango, la cual mejora la ergonomía y redistribuye el peso del martillo, logrando realizar menos esfuerzo al clavar.

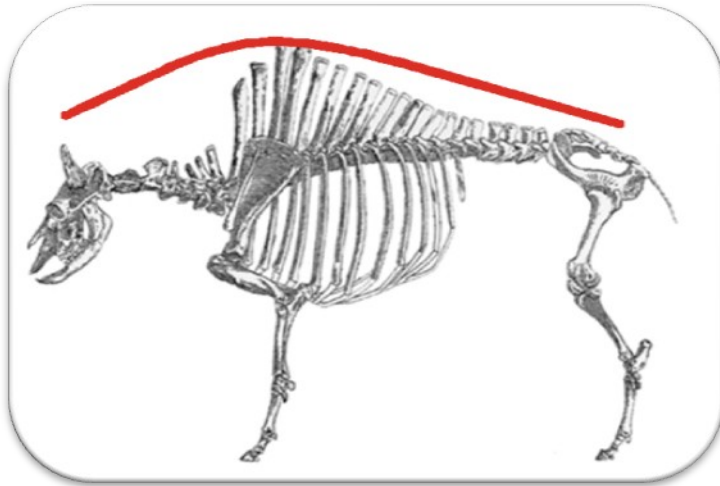


Figura 12: Comparación Bisonte con Martillo. Fuente: Guthrie, R. (1990). *Frozen Fauna of the Mammoth Steppe*. Chicago: The University of Chicago Press y Elaboración propia.

Además, se tomó como referencia la vinculación del fémur humano con la cadera, para separar la cabeza del mango del martillo y reducir el impacto sentido en la mano y el brazo. La unión de la cabeza con el mango está realizada con remaches semi tubulares con cabeza de sebo fabricados en aluminio. Como se puede observar a continuación, se ilustrará la analogía de la articulación del fémur con la cadera y la vinculación del martillo con el mango:

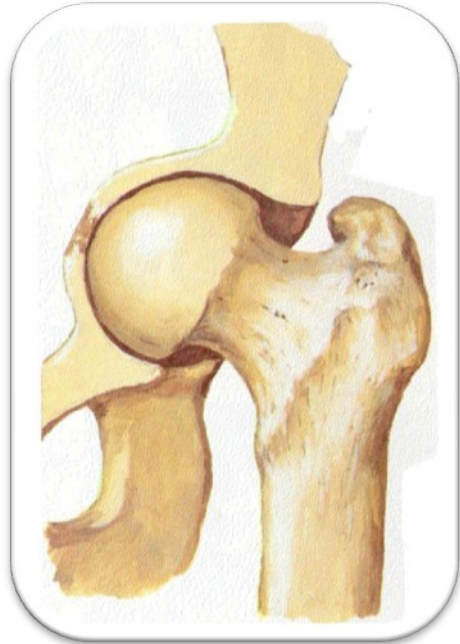


Figura 13:
Analogía de
articulación de
fémur con
vinculación de
martillo.



Fuente: Testut, L. (1951).
*Compendio de Anatomía
Descriptiva*. Barcelona: Salvat
Editores, SA. y Elaboración
propia.

La cabeza del martillo está realizada en titanio, el cual absorbe las vibraciones mejor que cualquier otro martillo. El proceso tecnológico designado para esta pieza ha sido el forjado. En este proceso, el metal se calienta y se conforma por deformación plástica por la aplicación de compresión. La fuerza de compresión se aplica mediante una máquina de forja, la cual está compuesta por una matriz dividida en dos partes. La parte inferior, denominada dado, se mantiene estática, mientras que la superior, el punzón, genera el movimiento que aplica la presión al caer.

La forja refina la estructura granular y mejora las propiedades físicas del metal. Cada pieza de forja es consistente, sin ninguna porosidad, huecos, inclusiones u otros defectos. Por lo tanto, necesita muy poca preparación para la terminación del componente.

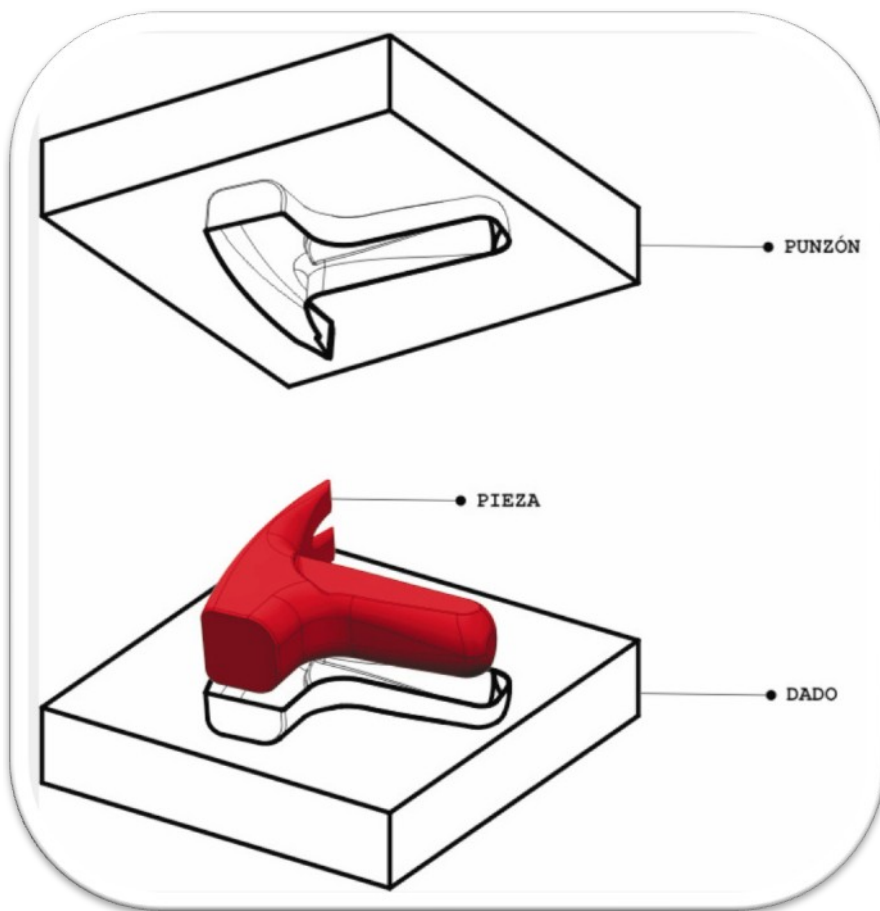


Figura 14: Matriz de forja. Fuente: Elaboración propia.

EL titanio es un metal caro, no obstante, sus propiedades de peso, ligereza, resistencia y la cualidad de absorber más vibraciones que el resto de los materiales, lo convierten en un factor determinante para su elección. Teniendo en cuenta un uso constante, conviene prevenir ciertas situaciones que en un futuro puedan llegar afectar la salud del usuario.

El cuerpo del martillo está realizado en fibra de carbono mediante el proceso de inyección de resina. Este proceso consiste en utilizar una fibra de refuerzo colocada previamente

en el molde, seguidamente se inyecta resina a baja presión, fluyendo entre las fibras hasta llenar el espacio en el mismo. Luego, la pieza es pulida y recubierta con pintura poliuretánica para una mejor terminación.

Por un lado, se ha elegido este material debido a su alta resistencia y poco peso, logrando así, que el mayor peso se concentre en la cabeza del martillo permitiendo un mayor impacto con menos esfuerzo del usuario. Por otro lado, este material se trabaja de forma similar a la fibra de vidrio pero es flexible, siendo más idóneo para soportar las tensiones a las que está expuesta dicha herramienta.

En cuanto a la superficie de agarre, se diseñó una textura en bajo relieve inspirada en el gecko. Este reptil puede caminar por cualquier tipo de superficie en cualquier posición, posee en sus extremidades unos dos mil millones de filamentos con terminaciones en espátula distribuidos en cada centímetro cuadrado de las almohadillas de los dedos. Inspirándose en la función de esta textura particular se utilizó en el mango del martillo un patrón que delimitara la zona de agarre y, a su vez, que optimizara la sujeción de herramienta.

la



Figura 15: Textura almohadillas del gecko y detalle agarre martillo. Fuente: Benyus, J. (2002). *Biomimicry. Innovation inspired by nature*. New York: Harper Perennial y Elaboración propia.

Con respecto al tamaño, este martillo mide 300 mm de largo y 30 mm de ancho. La cabeza del martillo es de 100 mm de largo. Su peso se encuentra alrededor de los 300 gramos, un poco menos de la mitad que la propuesta anterior.

Se puede afirmar, luego de desarrollar estos dos productos, que el mimetismo, la inspiración en un sujeto natural, puede ser el primer paso hacia el pensamiento creativo de un producto biónico. No obstante, la Naturaleza muestra sus características, que quien las sabe aprovechar, las reconoce como parte de un mundo de experiencias que pueden estimular la resolución de problemas. Permite ser creativo en la interpretación de las lecciones de la Naturaleza y entender por qué ha llegado a esas soluciones.

Bernsen, con las palabras precisas reflexiona: "La naturaleza ha sido y es un ejemplo para la solución técnica de problemas, porque de las tantas y variadas estructuras biológicas representadas en ella, se encuentran inagotables depósito de ideas" (2004, p.68).

Conclusión

Como conclusión de este Proyecto de Grado, se puede considerar que con el establecimiento de los niveles analógicos,

se tiene a disposición una herramienta de medida y de acceso a los modelos metodológicos que comporta la biónica. Esta herramienta ha servido, en un primer momento, para la clarificación de las realizaciones que se consideran dentro de la biónica. En una primera instancia, fue caracterizada por una intención previa de aproximación a la Naturaleza, para luego progresar a una metodología específica de transformación de la información y, confluir en una materialización de los resultados dentro de los niveles contemplados.

Es posible que en la biónica aparezcan nuevas ramas, pero ya ahora está claro que es una ciencia dinámica. Demostró claramente su vitalidad y no cabe duda de que está destinada a jugar un papel importante en el impetuoso desarrollo del Diseño. La biónica, ha logrado sus primeros éxitos copiando sistemas biológicos, luego, los multiplicó creando sistemas biónicos de composición. Esta ciencia, ha obligado a mirar con otros ojos al multifacético mundo animal; ver a través del lente invisible del pensamiento creador.

Entrar en este tipo de intimidad con la vida en la Tierra no es un trabajo sólo para los científicos. Esta disciplina hace un llamamiento para un interés renovado, permitiendo ser celebrantes de la innovación, haciendo coincidir los diseños de la Naturaleza y los procesos a las necesidades de diseñadores e ingenieros que diseñan la forma, el sentir, y el flujo de los productos, materiales y sistemas.

Para darle el cierre apropiado a este recorrido, se cree oportuno convocar a Williams quien concluye:

La herencia que el ser humano ha recibido de la Naturaleza, y su acumulación de influencia y de invención a lo largo de la historia, es mucho más flexible que lo que se encuentra en el mundo natural. Existen todavía cimas intocadas que deben explorarse. Debemos cuidar no cambiar lo bueno por algo que sea malo, o lo eficaz por lo ineficaz. Una claridad de pensamiento y un panorama amplio son bases necesarias para reevaluar aquellas soluciones que se alejen de lo óptimo y crear otras nuevas y mejores.

Toda forma que evolucione hacia una mejor solución, hacia un diseño mejor adaptado, sigue un camino siempre ascendente. La forma comienza a desarrollarse en algún punto bajo y el camino la conduce constantemente hacia un terreno más alto. En ruta encontrará ramificaciones que llevan a otras colinas u otras montañas; algunas pueden ser altas y otras todavía superiores. Sólo el azar determina la elección de una de esas ramificaciones. Una vez que el diseño comienza a ascender ese camino, el retroceso se hace imposible porque el proceso sólo conduce a una solución mejor, o sea, hacia arriba. Al llegar a la cima del desarrollo deberá detenerse, porque se ha arribado a una forma máxima. (1984, p.144).

Esta cita surge al final del presente Proyecto, como un ejemplo clarificador y concluyente de uno de los aspectos más

importantes que se ha tomado en el presente. Se espera que a partir de este trabajo, a la hora de diseñar, todos los productos lleguen a la cima de la montaña por la ruta de la biónica.