Aplicación de la biomimética para construcción de espacios sostenibles[1].

Application of biomimetics for the construction of sustainable spaces.

José Antonio Pérez Corrales[2],
Samir Borja García[3]
Dallany Urrego Garcia[4]

RESUMEN

La presente investigación se centra en encontrar respuesta a través de la inspiración dada por la naturaleza, sus materiales, formas, procesos y sistemas, para diseñar un espacio que combine dichas características y produzca un lugar ambientalmente sostenible.

Mediante el desarrollo de una investigación aplicada, realizada en alianza con los aprendices del programa de Articulación con la Media del Técnico en Dibujo Arquitectónico y la Tecnoacademia Medellín programas del SENA, se aplicó el método de investigación " La espiral de diseño Biomimético", que mediante un análisis de seis pasos genera insumos de diseño para crear propuestas con este enfoque. En este caso en particular se ha utilizado la forma del Domo Geodésico para la construcción de un espacio expositivo.

Palabras clave: Biomimética - Arquitectura Sostenible - Bioarquitectura – Sostenibilidad.

ABSTRACT

This research focuses on finding answers through the inspiration given by nature, its materials, forms, processes, and systems, to design a space that combines these characteristics and produces an environmentally sustainable place.

Through the development of an applied research, carried out in alliance with the apprentices of the Articulation with the Media program of the Architectural Drawing Technician and the Tecnoacademia Medellín programs of the SENA, the research method "The Spiral of Biomimetic Design" was applied, which through a sixstep analysis generates design inputs to create proposals with this approach.

In this particular case, the shape of the Geodesic Dome was used for the construction of an exhibition space.

Keywords: Biomimetics - Sustainable Architecture - Bioarchitecture - Sustainability

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, nuestros espacios construidos nos "encajonan" para comer, dormir y trabajar. Los espacios que habitamos deberían permitirnos ser libres, descansar, meditar, leer, estudiar, jugar, sin limitaciones, con niveles de confort adecuados a nuestro contexto y a nuestras necesidades.

La arquitectura moderna, en general, se ha convertido en una arquitectura escultórica, donde se da una importancia superlativa al atractivo estético de la edificación y se desconoce, en gran medida, el bienestar físico y mental de quienes serán sus ocupantes y a un a mayor nivel, se da poca importancia a los contextos sociales y ambientales del lugar de implantación.

---

1. Proyecto Articulación con la media y Tecnoacademia.
2. Arquitecto, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, japerez846@misena.edu.co, Medellín.
3. Arquitecto, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, sborja@sena.edu.co, Medellín.
4. Microbióloga Industrial y Ambiental, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, durregog@sena.edu.co, Medellín.

Así lo enuncia el arquitecto Juan Luis Burke (2011), desde su preocupación por el habitar, expresa:

"La arquitectura, vista como una disciplina social y humanista, ha sido desde el irrumpimiento de la modernidad víctima de un lento pero seguro desprendimiento de sus dimensiones espirituales y filosóficas. En su lugar, se ha dado paso a una actividad que obedece a los principios y razonamientos del mercado, regido éste por el capitalismo salvaje que caracteriza a nuestra época". (Burke, 2011)

Sin embargo, se han dado nuevos aportes para conseguir la restitución de estos valores o dimensiones olvidados de la Arquitectura. Uno de ellos, hacia los años 90, con la biologa Estadounidense Janine Benyus, que introdujo el término Biomímesis (de bios, vida y mimesis, imitar).

Benyus & García Leal, (2012) expresan de la Biomimesis la idea central es que la naturaleza, imaginativa por necesidad, ya ha resuelto muchos de los problemas con los que estamos lidiando. Los animales, las plantas, los microbios son los ingenieros consumados. Ellos han descubierto qué funciona, qué es apropiado, y lo más importante, qué perdura aquí en la Tierra. La biomímesis no se basa en lo que podemos extraer de los organismos y sus ecosistemas, sino en lo que podemos aprender de ellos. La biomímesis les consulta a los organismos y toma prestadas sus ideas.

Javier Senosiain, en su libro "Bioarquitectura: En busca de un espacio", nos muestra cómo la naturaleza resuelve sus necesidades de habitabilidad. En la naturaleza Función - Espacio - Estructura - Forma y Técnica son un todo integral. La función requiere de un espacio, el espacio debe delimitarse por medio de una estructura y la forma refleja esa estructura. En la Naturaleza las formas y los movimientos son orgánicos y eficientes, Senosiain, (2019) afirma:

"La línea curva es la forma natural, la espiral es el movimiento universal. Desde el microcosmos hasta el macrocosmos las encontramos; desde la estructura molecular del ADN, pasando por los fenómenos naturales (como las olas del mar, los huracanes…), hasta el movimiento de los sistemas planetarios y las galaxias". (p.69)

Teniendo en cuenta los planteamientos de Janine Benyus, y los conceptos expuestos por Javier Senosiain, es posible concluir que la Biomímesis aplicada al campo de la construcción es la unión entre Biología, Arquitectura e Ingeniería. Algunos arquitectos han planteado una considerable cantidad de ideas, propuestas y proyectos tomando conceptos de la Naturaleza. Uno de ellos fue Richard Buckminster Fuller, arquitecto estadounidense, uno de los pioneros de la arquitectura y la construcción basados en la Naturaleza, quien dirigió todo su trabajo a dar respuesta a esta pregunta: "¿Tiene la humanidad una posibilidad de sobrevivir final y exitosamente en el planeta Tierra y, si es así, cómo?". En esta búsqueda, en 1954, Fuller patentó una solución arquitectónica, espacial y estructuralmente eficiente, inspirada por los radiolarios (organismos microscópicos del plancton que flota en el mar, tienen forma esférica compuesta por una red de burbujas, que por su tensión superficial forman una red hexagonal igual que pasa en los panales de abejas): Los domos geodésicos.

En el pasado, estas estructuras arquitectónicas planteadas por Fuller se han difundido a lo largo del tiempo y se les ha dado múltiples aplicaciones, desde pequeños viveros hasta museos de gran tamaño. Aún en la actualidad, diferentes especialistas de la Biomímesis han probado ideas que revolucionan las tecnologías conocidas por el hombre y que impulsan el funcionamiento de las ciudades hacia un desarrollo más sostenible e inteligente. Ejemplos de ello son el edificio Eastgate Center de Harare, un complejo de oficinas, que ha logrado imitar del diseño de los enormes termiteros de la termita africana Macrotermes Michaelseni (Dangerfield, McCarthy, & Ellery, 1998), la termorregulación y ventilación pasiva de los espacios de la edificación; o en materia de movilidad, la idea de un vehículo fotosintético, bautizado de esa forma, ya que emplearía la luz solar para descomponer moléculas de agua en átomos de hidrógeno y oxígeno, emitiendo este último a la atmósfera y creando una forma más eficiente para propulsar vehículos, a la vez que contribuye al mejoramiento del cambio climático.

De esta manera, el objetivo principal de esta investigación es aplicar una metodología clara y fácilmente replicable para crear espacios habitables inspirados por la naturaleza mediante la aplicación de conceptos de Biomímesis.

2. METODOLOGÍA

Al momento de diseñar es fundamental seguir un proceso sistemático desde la definición de las necesidades hasta la puesta en marcha de las soluciones. Para este caso utilizamos la metodología denominada Espiral de Diseño Biomimético, diseñada por el (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2020). Esta metodología, ofrece una descripción concisa de los elementos esenciales de un proceso de diseño que usa a la naturaleza como guía para crear soluciones.

A continuación, se presenta en términos generales, el proceso de diseño planteado por la Espiral de Diseño Biomimético:

Definir: Determinar las necesidades, requerimientos, problemas, criterios, determinantes del proyecto y del entorno.
Biologizar: Identificar elementos de la Naturaleza que dan respuesta a los anteriores requerimientos.
Descubrir: Investigar y entender, en términos biológicos, las funciones formales, de procesos y sistemas de los elementos de la Naturaleza identificados.
Abstraer: Comenzar a plantear estrategias de diseño (formas, escalas, conceptos, principios) basadas en las funciones biológicas investigadas.
Emular: Formalizar las estrategias planteadas. Definir formalmente cómo, por qué y para qué se aplican estas soluciones.
Evaluar: Revisar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las soluciones. Pueden validarse o ser necesario revisar y ajustar los pasos previos.

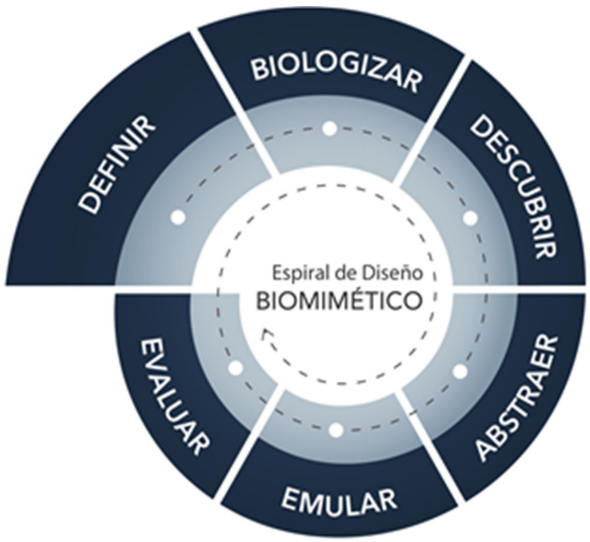

Figura 1. El proceso de diseño de la biomímesis
Fuente: BIOMIMICRY INSTITUTE, 2020

2.1 FASE DE ANÁLISIS:

En esta fase, se realizó una revisión literaria, y una revisión de experiencias relacionados con la construcción de espacios basados en la biomímesis y de esta manera definir los objetivos de la investigación, así como los riesgos y actividades propias del diseño, delimitando los recursos necesarios y el plan de seguimiento. A continuación, se describen las principales actividades desarrolladas:

2.1.1 Aplicación del Design Thinking:

Se aplica este método de procesos cognitivos, estratégicos y prácticos mediante los cuales los aprendices involucrados identifican y reconozcan las diferentes alternativas de solución a la necesidad planteada, desde la perspectiva del cliente, generando empatía y sinergia en el trabajo colaborativo gestionado e identificando las principales herramientas materiales y costos para su ejecución.

2.1.2 Aplicación de la Biomimética:

Basada en la inspiración de la naturaleza, se reconocen estructuras, formas y diseños ya existentes en nuestro entorno, realizando una identificación de conceptos biológicos y se observan estructuras que sirvan de inspiración.

Se conceptualiza el término de Radiolarios, como sistemas biológicos, tipo microorganismos, que presentan estructuras naturales, las cuales sirven de modelo de inspiración para la ideación y producción de proyectos arquitectónicos.

Figura 2. Conceptualización: formas y estructuras en la naturaleza como fuente de inspiración.
Fuente: Elaboración propia

Se observa al estereoscopio y microscopio diferentes estructuras naturales, de microalgas, panales de abejas, madera, flores, espuma, entre otros; en este ejercicio se busca identificar cristalizaciones y formas estructurales, con el fin de relacionar estos sistemas naturales, patrones geométricos a partir de los organismos y microorganismos desde un punto de vista morfológico.

Figura 3. Identificación de las estructuras presentes bajo observación de estereoscopio.
Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Definición de Indicadores de Eficiencia:

Eficiencia Energética:
Para su medida se utilizó el software EDGE, el cual utiliza la información disponible, dentro de los marcos normativos y de mercado de la construcción en Colombia, para proporcionar los valores predeterminados como línea base. En esta línea se aplicarán los indicadores de consumo final de energía en fases de construcción y operación, el ahorro de energía incorporada en materiales y los costos de estructura.

2.1.4 Consumo final de energía en fases de construcción y operación:

Se calcula el consumo de energía en (kilovatios hora/ mes) del proyecto basándose en los datos del diseño y en los ahorros logrados a través de la selección de las medidas de eficiencia. Donde se estima obtener un porcentaje menor de energía en comparación con las construcciones tradicionales. Con el resultado del consumo final, se estima un resultado en porcentaje (%) comparativamente con la línea base (440 kWh/mes) como se muestra en la ecuación (1) a continuación:

(1)

$$\%\ consumo\ final = \frac{Consumo\ final\ KWh/mes}{Linea\ base\ KWh/mes}\ x100$$

2.1.5 Ahorro de energía incorporada en materiales:

Se calcula el ahorro de energía (en julios) en función de las dimensiones de la edificación y los materiales seleccionados. Con el resultado del ahorro final, se estima un resultado en porcentaje (%) comparativamente con la línea base (563 GJ) ver a continuación el cálculo en la ecuación (2):

(2)

$$\%\ ahorro = \frac{Ahorro\ final\ GJ}{Linea\ base\ GJ}\ x100$$

2.1.6 Costos de estructura:

Para determinar este indicador, se toma como referencia el costo promedio por metro cuadrado para una construcción con sistema aporticado en concreto (construcción convencional en el mercado de Antioquia).

Estos costos se definen con base en la experiencia de los constructores participantes del proyecto, y se establecen como línea base. Una vez se obtienen los costos finales, se calcula un resultado en porcentaje (%) comparativamente con la línea base (COP$300.000/m^2) Ver ecuación (3):

(3)

$$\%\ costos = \frac{Costo\ final\ COP\$/m^2}{Linea\ base\ COP\$/m^2}\ x100$$

2.2 FASE DE MODELADO:

En la fase de modelado se procede a aplicar, lo gestionado en la fase de análisis de la siguiente manera:

2.2.1 Diseño estructural:

Para el análisis estructural se utilizó la plataforma ACIDOME, la cual permite calcular, la superficie de la base y la cubierta y la cantidad de piezas a utilizar para el domo geodésico, permite, durante su ejecución en sitio, la instalación ordenada de sus diferentes componentes, mediante el despiece por categorías de color y ordenación alfanumérica.

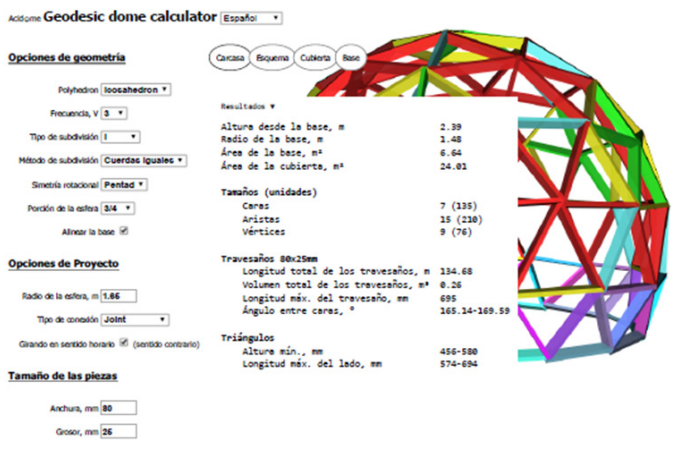

Figura 4. Diseño estructural del Domo Geodésico.
Fuente: Plataforma ACIDOME

2.2.2 Diseño Arquitectónico en dos Dimensiones (2D):

Se realiza el Diseño del domo geodésico mediante software CAD - Diseño asistido por computadora, para visualizar el diseño en una escala real en cuanto a sus dimensiones de ancho alto y especificar elementos arquitectónicos de importancia para su construcción.

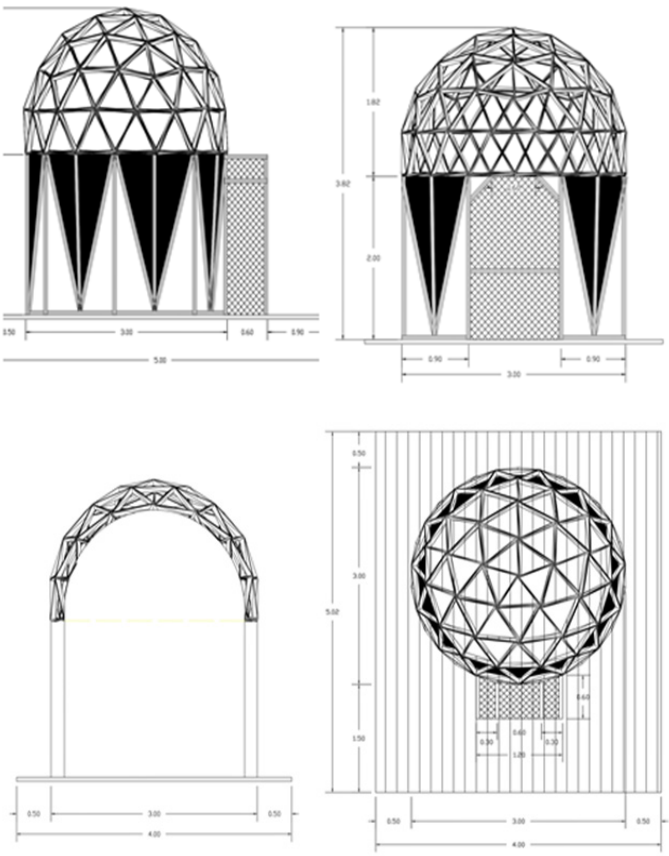

Figura 5. Diseño Arquitectónico del Domo en 2D.
Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Diseño Arquitectónico en tres Dimensiones (3D):

Para el diseño en tres dimensiones se utiliza el software de diseño de Autodesk – REVIT, se recrea una versión virtual del diseño constructivo del domo geodésico, describiendo la geometría del modelo, el propósito del diseño y las relaciones lógicas entre los elementos que lo conforman; dando vistas actuales de los elementos.

Figura 6. Diseño Arquitectónico del Domo en 3D.
Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Prototipado:

Seguido de la realización del diseño arquitectónico de la estructura en dos y tres dimensiones se procede a realizar un prototipo funcional de manera colaborativa donde se implementen las estructuras y formas naturales definidas y se gestione las fases de la metodología espiral.

Figura 7. Prototipado rápido del Domo Geodésico.
Fuente: Elaboración propia

El prototipo fue realizado a escala 1: 20 con el objetivo de hacer consciente en los participantes, la técnica de trabajo y la estética general que tendría el domo, una vez se construyera a escala real.

Figura 8. Prototipado rápido del Domo Geodésico.
Fuente: Elaboración propia

2.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN:

Para la ejecución del prototipo, se estableció alianza con la empresa LabSOS: Laboratorio de Sostenibilidad, para realizar acompañamiento y seguimiento en la construcción del prototipo en escala real del domo, adicionalmente se contó con el apoyo de instructores y los aprendices del programa Técnico en Construcción de Edificaciones y del programa Tecnología en Desarrollo gráfico de proyectos de Arquitectura e ingeniería.

El prototipo desarrollado se puso a prueba como espacio expositivo en una de las zonas verdes del Centro para el Desarrollo para el Hábitat y la Construcción, Regional Antioquia. Su planeación inicial a través de programas CAD y la plataforma ACIDOME para el cálculo de domos geodésicos, permitió, durante su ejecución en sitio, la instalación ordenada de sus diferentes componentes, mediante el despiece por categorías de color y ordenación alfanumérica.

En esta fase se gestionó el cronograma de ejecución y las cantidades de obras requeridas para su construcción, según lo establecido en los planos de la fase de diseño.

Cronograma de ejecución de la obra

ETAPA	ACTIVIDADES	SEMANAS 1	2	3	4	5
Preparación	Descapote y limpieza					
	Construcción de base					
Ejecución	Corte de madera y ensamble de estructura					
	Corte y ensamble de acrílico					
	Corte y montaje de malla					
Finalización	Limpieza y ajustes finales.					

Tabla 1. Cronograma de ejecución de la obra.
Fuente: Creación propia

Se estableció alianza con la empresa Optima, Vivienda y Construcción para la consecución de materiales requeridos para la construcción.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA LA OBRA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.
1	Madera Cepillada 0,025m *0,08 m *3m	UND	40
2	Tornillo de ensamble 7mm x 3 “x 100 Und	UND	6
3	Acrílico transparente de 3mm	LÁMINA	20
4	Cemento gris x50Kg	SACO	4
5	Arena de concreto	M3	0,66
6	Triturado 3/4”	M3	1
7	Poli Sombra	M	15
8	Adhesivo no más clavos x 360g (pega para acrílico)	UND	4
9	Lápiz rojo x caja	UND	1

Tabla 1. Cantidades de material para la obra.
Fuente: Creación propia

La madera utilizada fue previamente cortada basado en los datos de las longitudes y los ángulos de conexión en los nodos obtenidos a través de la herramienta de modelación ACIDOME. Permitiendo ensamblar a su vez de manera ordenada cada una de las piezas.

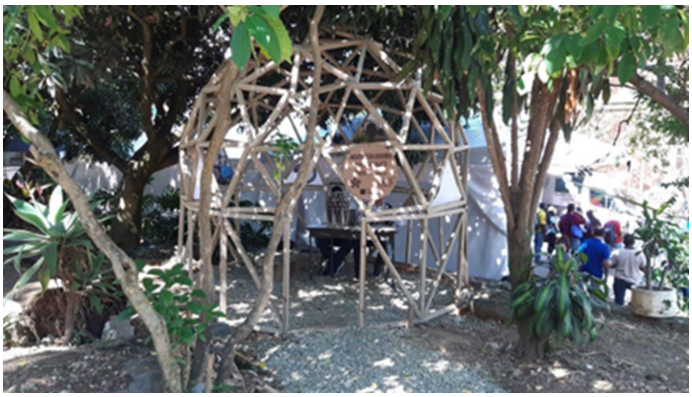

Figura 9. Construcción del Domo Geodésico
Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

La Espiral de Diseño Biomimético, metodología utilizada para comprender el proceso de diseño desde la definición de las necesidades hasta la conformación de la estructura (domos geodésicos), evidencia su eficiencia, claridad y replicabilidad.

Desarrollando cada una de las fases de la metodología, es muy claro definir una necesidad humana en términos espaciales y buscar cómo la Naturaleza lo resuelve, podemos tomar conceptos que finalmente pueden ser llevados a la creación de espacios habitables más eficientes de espacios los convencionales.

Prototipo: Mediante el despiece calculado en la plataforma ACIDOME, fue posible el correcto acople de cada pieza para lograr las características inherentes al desarrollo geométrico de los domos, como el radio base, la frecuencia, la altura, y la cuantificación de las caras, aristas y vértices de las diferentes triangulaciones y sus ángulos de ensamble en los puntos de conexión.

Eficiencia estructural: Teniendo como base que el triángulo es la figura geométrica más estable y resistente que se puede construir a partir de barras y es el único polígono que no se deforma cuando actúa sobre él una fuerza, y sin profundizar en conceptos técnicos estructurales muy especializados, es posible afirmar que la estructura de los domos geodésicos, al estar conformados por series de triángulos, logran una eficiencia estructural elevada (mayor que las estructuras convencionales conocidas como los pórticos o los muros estructurales), es decir, una mayor resistencia con menor uso de material y permiten que sea una estructura autoportante.

Eficiencia en materiales: Este ítem es posible definirlo con base en la incorporación de sistemas constructivos y materiales con procedencia ecológica:

- Construcción seca, limpia, modular y rápida
- Estructura en madera de pino procedente de bosques cultivados
- Piso en madera de pino procedente de bosques cultivados
- Cubierta en vidrio y tejas asfálticas

En referencia a los indicadores establecidos, la simulación de la estructura geodésica con el software EDGE nos arroja un ahorro final de 467 GJ, lo que significa una reducción de 83% con respecto a la línea base.

La estructura del domo geodésico construido reduce en un 50% los tiempos de preparación, ejecución y montaje en comparación con un sistema convencional con estas mismas dimensiones. Adicionalmente, los tiempos y costos para la construcción de cerramientos se reducen sustancialmente, pues la estructura conforma paredes y cubierta al mismo tiempo.

Con base en el indicador propuesto, se logran ahorros del 50% en los costos de materiales y ejecución de la estructura de un domo geodésico con respecto a una construcción con sistema aporticado en concreto.

Eficiencia energética: Los rayos solares inciden directamente en el domo todos los meses durante todo el día. De esta manera se puede lograr gran aprovechamiento de la energía lumínica para disponer de luz natural en el interior. Esto permite un importante ahorro de energía eléctrica.

Se realiza una simulación de iluminación natural (iluminancia en Lux) con el software Ecotect, y se encuentran unos niveles de iluminancia interior promedio de 500 lux, niveles ideales para espacios de estudio y/o lectura.

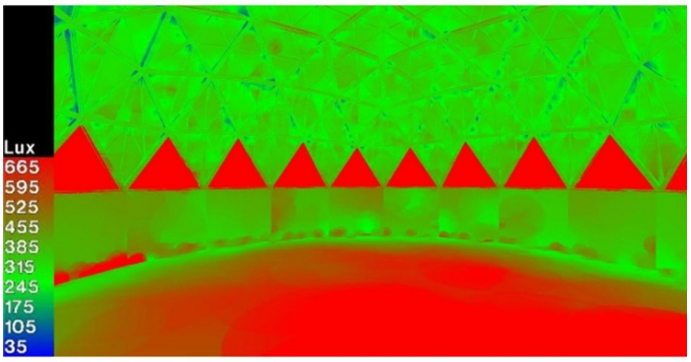

Figura 10. CSimulación de Iluminación Natural con 30% de aberturas de entrada de luz.
Fuente: Elaboración propia

Con la incidencia solar permanente también se percibe gran cantidad de energía calórica. Sin embargo, la forma esférica de los domos permite una distribución uniforme del flujo de aire, pudiendo así aprovecharse para calefacción o enfriamiento natural, reduciendo el uso de energía para acondicionamiento térmico en climas extremos.

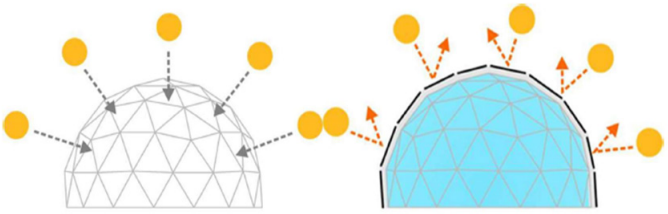

Figura 11. Absorción y reflexión lumínica natural.
Fuente: http://aureart.net/index.php/es/

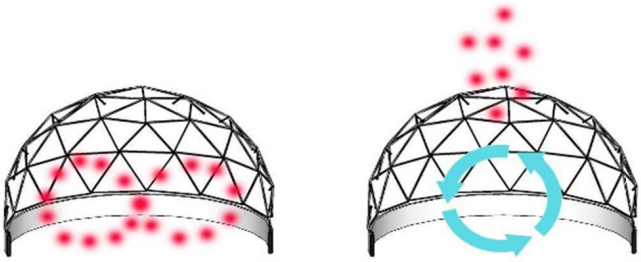

Figura 11. Circulación y distribución de flujo térmico al interior de domos
Fuente: Elaboración propia.

Eficiencia calculada con software:

Se utiliza el software EDGE, diseñado por el IFC (International Finance Corporation), para calcular los ahorros en energía comparándolos con los de una línea base.

Los resultados de dichos cálculos nos muestran un consumo final de 310 kWh/mes y un ahorro energético del 29% por el aprovechamiento en ventilación e iluminación natural y del 83% en energía incorporada a los materiales y sistemas constructivos.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de este ejercicio generó en los aprendices participantes e instructores involucrados una búsqueda hacia el entendimiento del concepto de desarrollo sostenible de manera tal que no solo conocieran su definición e importancia en el mundo actual y el papel de las nuevas tecnologías como medio facilitador de su desarrollo; sino también la exploración de valores materiales, estéticos y funcionales que devinieron durante todo el ejercicio y las soluciones que pone a nuestro servicio la naturaleza a partir de la exploración de sus procesos y sistemas.

Adicionalmente retomando las palabras en uno de sus aportes al mundo del diseño del psicólogo David Perkins se puede concluir que en efecto " un diseño es una estructura adaptada a un propósito", pero este no puede en ningún sentido concebir factores descartables o secundarios la dimensión ambiental y humanística, pues es allí donde se comienza a poner en entredicho la real validez y pertinencia como solución.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el apoyo del centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción del SENA Regional Antioquia, mediante el trabajo colaborativo e interdisciplinario de los programas de Doble Titulación y Tecnoacademia Medellín.

A los aprendices de la promoción 2019 de las Instituciones Educativas: Luis Carlos Galán Sarmiento, José Miguel de Restrepo y Puerta, Federico Ozanam y Asamblea Departamental del Departamento de Antioquia.

6. REFERENCIAS

Benyus, J. M., & García Leal, A. (2012). Biomímesis: Innovaciones inspiradas por la naturaleza. España: Tusquets.

BIOMIMICRY INSTITUTE. (15 de 08 de 2020). Biomimicry Toolbox. Obtenido de The Biomimicry Design Process: https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/

Dangerfield, J., McCarthy, T., & Ellery, W. (1998). The Mound-Building Termite Macrotermes michaelseni as an Ecosystem Engineer. Journal of Tropical Ecology, 14(4), 507-520.

de Lózar de la Viña, Miguel. (2013). Casa cúpula en Carbondale, Illinois. R. B. Fuller, 1960. ARQ (Santiago), (84), 14-27. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962013000200003

DOMOSFERA. (15 de 05 de 2020). Bioconstruccion Artesanal - Domos Geodesicos. Obtenido de http://aureart.net/index.php/es/

HEIDEGGER, M. (2015). Construir Habitar Pensar (Bauen Wohnen Denken). Daimon Revista Internacional De Filosofi(73), 212-216. doi:https://doi.org/10.6018/daimon/285311

Plataforma ACIDOME. (15 de 09 de 2019). ACIDOME. Obtenido de https://acidome.ru/lab/calc/#7/12_Kruschke_GoodKarma_3V_R2.2_beams_120x40

Perkins, D. N. (1989). Conocimiento como diseño. Bogotá: Universidad Javeriana. Facultad de Psicología.

Senosiain, J. (2019). Bioarquitectura: En busca de un espacio (Tercera ed.). AM Editores.