

ARQUITECTURA FRACTAL RECONFIGURABLE - AFR BASADA EN TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

*Reconfigurable Fractal Architecture- Rfa
Based On Sustainable Technologies And Renewable Energies*

*Architettura Frattale Riconfigurabile – Afr
Basata In Tecnologie Sostenibili Ed Energie Rinnovabili*

por: Cecilia Sandoval Ruiz

RESUMEN

En esta investigación se propone un diseño arquitectónico flexible, que permita la configuración dinámica de estructuras y módulos, con tecnología sostenible, en la cual se integren conceptos de sostenibilidad; además de micro-conversión de energías renovables, control de módulos funcionales, red de accionamiento neumático, eficiencia energética y gestión de recursos naturales. El método comprende un estudio de estrategias para el desarrollo de proyectos, análisis de impacto ambiental y electrónica reconfigurable en el esquema de control de las estructuras arquitectónicas. El proyecto se ha enmarcado bajo criterios de responsabilidad, sostenibilidad, inteligencia artificial, flexibilidad espacial y vegetación funcional. Como resultado, se obtuvo una propuesta arquitectónica de elementos reconfigurables, lo cual permitió concluir que estas tecnologías representan una herramienta para la migración de la arquitectura hacia modelos sostenibles de diseño de espacios arquitectónicos-naturales.

Palabras claves: *arquitectura reconfigurable, eficiencia energética, flexibilidad espacial, modelo sostenible, energías renovables*



Cecilia E. Sandoval-Ruiz. Universidad del Zulia -Venezuela.

Ingeniero Electricista en 2002 egresada de la Universidad de Carabobo, Magister en Ingeniería Eléctrica en 2007 y Doctora en Ingeniería en 2014. Ha sido Profesora Titular en Maestría de Ingeniería Eléctrica en 2017 del Postgrado de Ingeniería UC. Investigadora acreditada en el PEII - Nivel C. Ha publicado más de 50 artículos científicos en su área de investigación: Tecnologías Sostenibles, Optimización de Sistemas de Energías Renovables ERNC Redes Neuronales aplicadas a control avanzado, Diseño Colaborativo y Configuración de Hardware en VHDL.

ABSTRACT

A flexible architectural design is proposed in this research which allows the dynamic configuration of structures and modules, with sustainable technology, where sustainability concepts are integrated; in addition to micro-conversion of renewable energies, control of functional modules, pneumatic drive network, energy efficiency and natural resource management. The method comprises a study of strategies for the development of projects, analysis of environmental impact and reconfigurable electronics in the control scheme of architectural structures. The project has been supported under criteria of responsibility, sustainability, artificial intelligence, spatial flexibility and functional vegetation. As a result, an architectural proposal of reconfigurable elements was obtained, which allowed concluding that these technologies represent a tool for the migration of architecture toward sustainable models of architectural-natural space design.

Keywords: *reconfigurable architecture, energy efficiency, spatial flexibility, sustainable model, renewable energies*

RIASSUNTO

In questa ricerca viene proposto un disegno architettonico flessibile che permetta la configurazione dinamica di strutture e moduli, con tecnologie sostenibili nella quale vengano integrati concetti di sostenibilità, includendo micro-conversione di energie rinnovabili, controllo di moduli funzionale, reti di avviamento pneumatico, efficienza energetica e gestione di risorse naturali. Il metodo comprende uno studio di strategie per lo sviluppo di progetti, analisi di impatto ambientale ed elettronica riconfigurabile nello schema di controllo delle strutture architettoniche. Il progetto si basa nei criteri di responsabilità, sostenibilità, intelligenza artificiale, flessibilità spaziale e vegetazione funzionale. Come risultato è sorta una proposta architettonica di elementi riconfigurabili, la quale ha portato a concludere che queste tecnologie rappresentano una ferramenta per la migrazione della architettura verso modelli sostenibili di

disegno di spazi architettonici-naturali.

Parole chiave: *architettura riconfigurabile, efficienza energetica, flessibilità spaziale, modello sostenibile, energie rinnovabili*

INTRODUCCIÓN

La presente investigación introduce el concepto de Arquitectura Fractal Reconfigurable – AFR, donde se integran elementos arquitectónicos adaptativos orientados a energías renovables, reconfiguración dinámica y sostenibilidad, en el área de la arquitectura y nuevos urbanismos, con objetivos de implementar mecanismos de protección de la fauna urbana, estudiar las potencialidades energéticas e impacto ambiental del proyecto, para la adaptación del urbanismo a un modelo sostenible, aplicando tecnologías emergentes, desde un enfoque eco-responsable. De esta manera es posible la configuración de parámetros arquitectónicos, como los ángulos de reflexión de luz solar, de forma adaptativa para cambios en la intensidad de iluminación y texturas de la superficie, así como efectos dinámicos sobre el color en los espacios interiores del proyecto. Igualmente, se propone la inclusión de canales de fibra óptica, para transmisión de luz solar a espacios interiores y su aprovechamiento en cultivos verticales urbanos, para seguridad alimentaria. Las estructuras deben presentar sincronización en su comportamiento, con el objetivo de alcanzar la máxima eficiencia, para lo que se propone aplicar inteligencia de enjambre en la respuesta de los componentes (micro-sistemas) del urbanismo, para seguimiento solar óptimo.

De esta manera, se presenta el urbanismo como un arreglo sincronizado de elementos inteligentes, donde el eje central está inspirado por la naturaleza, en disposición fractal (Pineda, 2014), como mecanismos bioinspirados, donde se considera la disposición observada en los arreglos naturales de seguimiento solar, como los girasoles. Finalmente, el diseño contempla la estructura física, los enlaces y la energía, con énfasis en este último elemento que es integrado en el concepto de energías renovables para urbanismos sostenibles.

Un aspecto de interés, es la flexibilidad y reconfiguración, orientada a la remodelación de infraestructuras existentes, pensadas para la adaptación dinámica a los conceptos ecológicos (Ecoosfera, 2020), gestión de recursos y residuos, de forma responsable, auto-suficiencia (Taboada, 2016), aprovechando recursos, potencialidades, infraestructura disponible y espacios. La regeneración, reparación, reutilización y reciclaje, deben estar dentro de los criterios de funcionamiento de los entornos, diseñados como núcleos escalables, distribuidos con organización fractal, revalorizando la arquitectura actual hacia nuevos modelos más sostenibles.

La AFR tiene tres ejes definidos por el diseños de edificaciones sin intervención del entorno, espacios agrícolas o vegetación nativa de los suelos, aplicando arquitectura flotante, pilares (palafitos) o levitación magnética, diseño de módulos giratorios, que permita el seguimiento solar de la estructura, cámara de aislamiento térmico, para máxima eficiencia energética y diseños desplegables, que permita ampliar los

espacios funcionales. Esto a fin de lograr diseños autónomos (ERN, gestión de recursos, producción de alimentos en huertas urbanas integradas), eficientes energéticamente, cognitivos a las condiciones climáticas, adaptativos, configurables y sostenibles.

Los urbanismos diseñados bajo criterios ecológicos comprenden la reducción de consumo de recursos, agua y energía, principios solar y gestión basada en la eficiencia. En anteriores trabajos se ha propuesto diversos conceptos que pueden ser ampliados, para la adaptación de la infraestructura y la incorporación de ecosistemas en los revestimientos de la superficie de las edificaciones. Estudios en arquitectura bioclimática indican un ahorro del 80 al 90% de la energía consumida en edificaciones adaptando elementos para iluminación solar natural pasiva y activa, caracterización térmica de edificios y técnicas constructivas (ver Tabla 1).

Conceptos Arquitectónicos	Descripción de proyectos
 <p data-bbox="108 1704 359 1731">Infraestructura Verde</p>	<p data-bbox="603 1440 1497 1771">Estrategia de Infraestructura Urbana Verde (Estevez, 2020), cuyos objetivos principales son la regeneración de áreas degradadas, a través de técnicas de diseño ecológico, la mejora de la biodiversidad urbana, la mejora de la conectividad y la funcionalidad de diferentes zonas urbanas y periurbanas, la promoción del uso público de los espacios verdes y la mejora de la capacidad de adaptación. En el marco del Diseño ecológico con planos de código abierto. La recuperación de espacios naturales, remediación de actuales espacios urbanos e industriales, con programas de infraestructura verde, para crear micro-ecosistemas que permitan el desarrollo de la vida, los polinizadores y mejorar la calidad ambiental de la ciudad, con la arquitectura es una herramienta de integración eficiente.</p>
 <p data-bbox="108 2107 359 2134">Levitación Magnética</p>	<p data-bbox="603 1798 1497 2123">Propuesta flotante basada en principios de Módulos de Levitación Magnética (LevMag), para posicionamiento espacial en eje x,y,z, que permita superar algunos retos como intervención de suelos y fundamentos de la construcción, para mejorar los conceptos en nuevas tecnologías emergentes NTE, sin fricción, en los rieles de movilidad. A esto se debe incluir un estudio del impacto electromagnético sobre el ambiente y los habitantes, limitando su uso a la reconfiguración. A esta tecnología, se puede desarrollar un elemento arquitectónico satelital: LevMag, drones, heliostato (Sandoval, 2020d), para la proyección solar sobre las estructuras de conversión, de forma eficiente.</p>



Co-Huertas Urbanas

Las nuevas tendencias en huertas urbanas se han extendido, a esto se debe programar la planificación de huertas colaborativas en espacios urbanos comunes, espacios industriales y universidades. A este tema se debe incluir el diseño arquitectónico para optimización. La alimentación basada en productos de origen vegetal (Sandoval-Ruiz y Ruiz-Díaz, 2018a,b), germinación controlada y alternativas sostenibles.



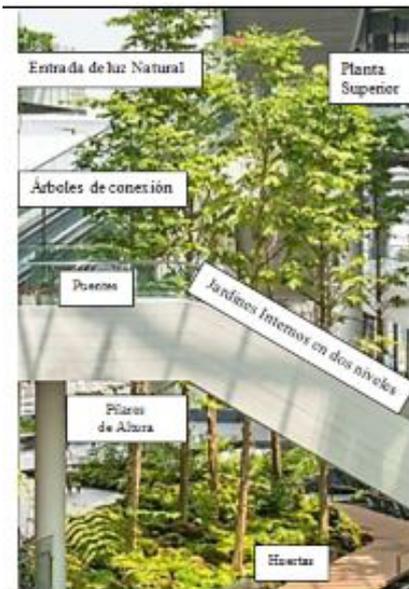
Arquitectura Viva

La arquitectura viva, con formación inteligente de estructuras vegetales, modulada a través de luz solar y guías para el desarrollo de los elementos de soporte de la vegetación. Algunos proyectos aplican materiales naturales, como fibras vegetales subproductos de cosecha.

Tabla 1. Integración Conceptual de Elementos Arquitectónicos Sostenibles
 Fuente: (Arquitectura Sostenible, 2020)

En el marco de estas tendencias arquitectónicas se plantean modelos configurables con electrónica de control FPGA, adaptación climática, energías renovables, líneas de energía térmica, líneas de aire comprimido, levitación magnética sobre rieles

de traslación, rotacional, módulos adaptativos, arquitectura viva en espacios exteriores, etc. Todo esto integrando las características sostenibles y la tecnología de configuración dinámica, como se presenta en la Tabla 2.



Integración de tecnologías y propuestas en el diseño de entradas de luz natural, la conexión entre niveles, el respeto por los árboles locales que deben ser integrados en el proyecto arquitectónico. Una de las claves de la arquitectura verde reside en el uso de la tecnología al servicio de la sostenibilidad medioambiental. Las innovaciones recientes en el diseño, la recopilación y el seguimiento de los datos climáticos permiten aprovechar al máximo los recursos naturales y optimizarlos, todo esto integrado en conceptos de arquitectura simbiótica.

La arquitectura sobre pilotes, desde un piso hasta varios niveles, todos elevados por encima del suelo para reducir el impacto de las estructuras. Además, el diseño puede desmontarse fácilmente y trasladarse a nuevas ubicaciones, incluye una serie de características sostenibles.

Módulos móviles (Trailer), que puedan trasladarse a las locaciones especificadas. Diseños des-plegables, con principios de mecanismos hidráulicos o neumáticos, para posicionamiento de las estructuras, ventanales, paredes, techos y escaleras, de forma de contar con un modelo compacto que pueda adaptarse al diseño requerido y configuración espacial.



Huertas Fotovoltaicas. La energía solar fotovoltaica y la agricultura pueden coexistir creando una verdadera relación armónica, en las estructuras de cultivos de alimentos y paneles solares integrados en Huertas Urbanas. Diseño de áreas con techos corredizos, techos fotovoltaicos y otras tecnologías para maximizar la eficiencia de las huertas urbanas en espacios interiores, entre ellos canalización de luz solar en huertas verticales.



BIM (Building Information Modeling) es un sistema para diseñar proyectos eficientemente, a través de una tecnología que les permite controlar el espacio, la geometría y la información de los elementos de la edificación. Así mismo se plantea el modelado energético de proyectos arquitectónicos, representan un método y herramienta para la estimación de la eficiencia de los proyectos desde la etapa de diseño, implementación y aplicación, a la vez que permite reducir costos asociados a optimizaciones en campo. El modelado 3D comprende el uso de los materiales durante la vida útil del proyecto, así como reciclaje y desmantelamiento de componentes, con descripción de hardware configurable en elementos electrónicos de control de los dispositivos arquitectónicos.

Tabla 2. Características del Diseño Arquitectónicos Sostenibles
Fuente: (Arquitectura Sostenible, 2020)

Lo que permite proponer un modelo árbol fractal, con estructura LFSR de ramas de ganancia adaptativa y realimentación lineal. En este diseño se propone una columna central para las escaleras o ascensor y para conectar los espacios comunes centrales, con los espacios individuales o apartamentos del conjunto. De esta manera cada rama o apartamento tendrá los espacios funcionales con alto grado de independencia, ampliando la capacidad de los espacios comunes, como una huerta hidropónica, invernadero, colector solar, estacionamiento, recepción y jardines superiores e inferiores conectados de forma visual.

Así mismo la arquitectura debe ser tratada bajo principios culturales, donde se valoriza la vida, el agua, la luz, los recursos naturales, la vegetación, los animales, la naturaleza, con soporte para remediación ambiental, tele-salud, tele-trabajo y seguridad. Aplicando las plantas de captura de CO₂, como estrategia de remediación de la contaminación, o bien micro-plantas distribuidas incluidas en el concepto de arquitectura sostenible. Por su parte, los espacios interiores deben ser diseñados incorporando luz natural y revestimiento vegetal para enmarcar los espacios y mejorar la calidad del aire.

Algunos proyectos (Bioguía, 2020) plantean la implantación de vegetación como parte estructural de las edificaciones, con el fin de que a través de los mecanismos naturales, éstas se adapten a las condiciones ambientales del entorno, de manera de tener una infraestructura funcional, sin incluir materiales artificiales. Donde gracias a la dinámica de la naturaleza se obtengan

sistemas con alta eficiencia en el uso de recursos, los circuitos cerrados y la energía solar. Este modelo de desarrollo está basado en tecnología sostenible, conectada con la naturaleza y con capacidad de auto-reparación de sus estructuras y materiales, es decir, sistemas regenerativos.

Las actuales condiciones climáticas, demandan la puesta en marcha de estrategias de diseño con tecnologías sostenibles, responsabilidad en el uso de recursos naturales, energía y gestión ambiental. Es en tal sentido, que se considera el impacto de las centrales virtuales, que integran los nuevos modelos de la matriz energética, sobre la dinámica urbanística. El objetivo del presente trabajo es el diseño de estrategias para promover el eco-diseño y la orientación urbana hacia la generación distribuida de energía en los nuevos ejes de desarrollo.

2. DESARROLLO

2.1 CONCEPTUALIZACIÓN AFR

En los urbanismos AFR se plantea la naturaleza como núcleo del diseño, con conexiones cognitivas para la optimización, colaboración sincronizada, interacción entre elementos del arreglo-entorno y realimentación (subproductos, energía), diseños orientados a la simplificación modular de los elementos y reutilizabilidad, alternativas naturales en materiales constructivos (carbono neutral / reciclables), estimación de la vida útil e impacto ambiental al momento de desmontaje, introduciendo el concepto de síntesis estructural regenerativa y geometría fractal bio-inspirada (ver Figura 1).

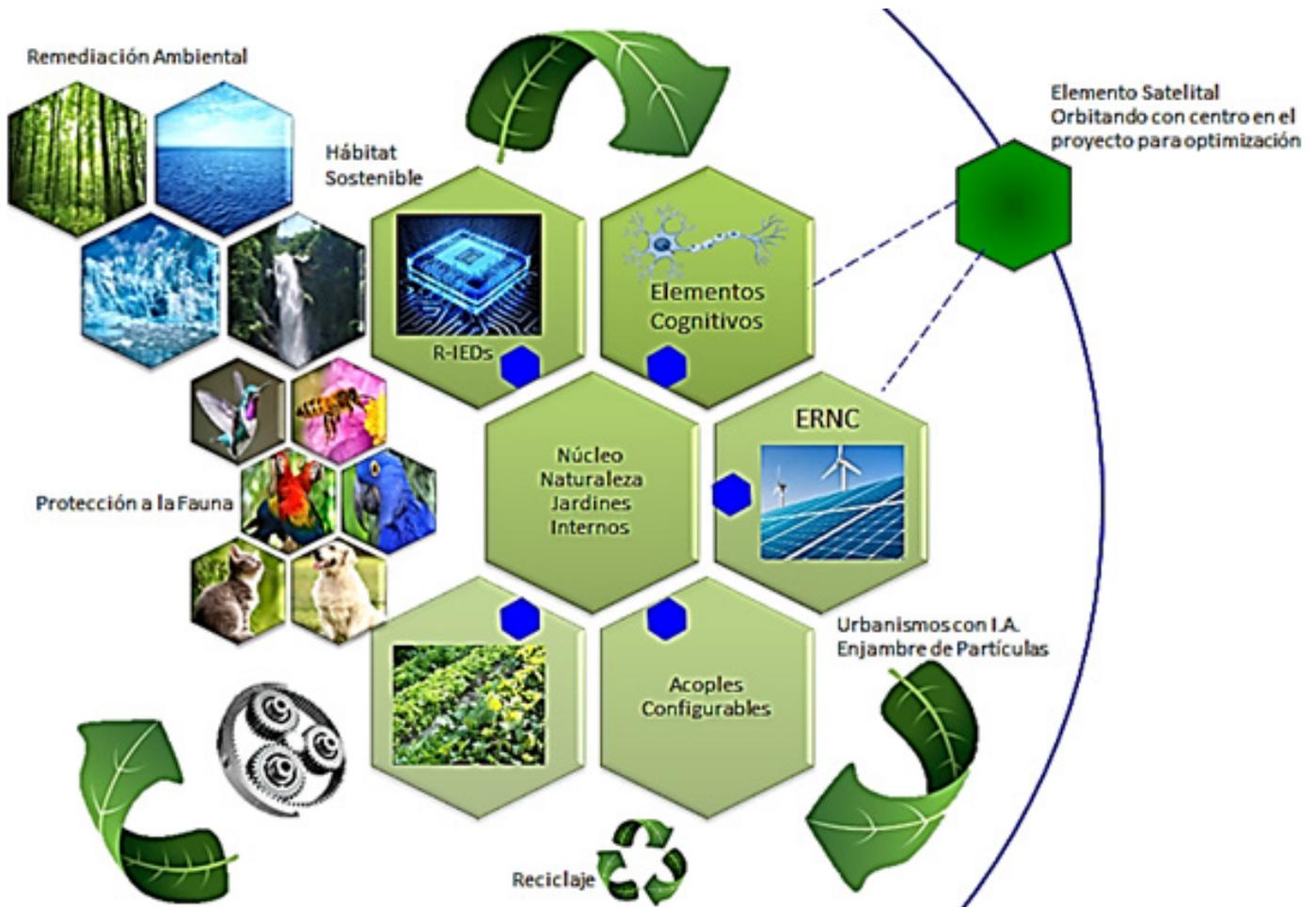


Figura 1. Esquema Conceptual del Diseño AFR
Fuente. Elaboración propia

Integrando a su vez, la inteligencia artificial, sincronización en enjambre de partículas, aplicada a espacios con diseño ecológico, en fachadas inteligentes, arquitectura adaptada al entorno, métodos de climatización inteligente, energías renovables, convertidores termo-solares acoplados a proyectos arquitectónicos, manejo y gestión de residuos, diseño e impresión 3D con materiales reciclados, robótica de servicio

ambiental en entornos urbanos, bio-remediación, agricultura urbana, arquitectura 4.0, enmarcada en la conservación del ecosistema local, integración de la flora y fauna local al proyecto urbanístico, con paisajismo dinámico adaptado a las condiciones del entorno, siendo el objetivo principal el desarrollo urbano en equilibrio con la naturaleza, como se conceptualiza en la Tabla 3.

-
- I. Redes de Asesoría para tele-salud, tele-trabajo, información veterinaria y alimentación saludable de mascotas.
 - II. Redes de Asesoría de especialistas en agricultura:
 - a. Seguimiento e información para huertas urbanas modular en espacios exteriores de ventanas.
 - b. Compostaje y fertilizantes ecológicos para cultivos orgánicos en las ciudades.
 - c. Incorporación de agricultores en el modelo distribuido de tecnología de seguridad alimentaria.
 - d. Colmenas ecológicas para promover espacios para polinizadores.
 - e. Germinadores inteligentes y sistemas de invernaderos verticales con optimización de espacios, direccionamiento de luz solar para los módulos multi-niveles, eficiencia de uso de agua, luz solar, nutrientes naturales, agro-robótica, funcionalidades ecológicas, ciudades verdes, e-alimentos veg.
 - III. Lenguaje descriptor de hardware VHDL extendido para arquitectura sostenible, con descripción de estructuras con geometría fractal, aplicando código libre.
-

Tabla 3. Enfoque Conceptual de la Adaptación al Diseño Sostenible

Partiendo del estudio de la dinámica que presenta la naturaleza, la cual debe ser respetada y entendida en los procesos de diseño, un urbanismo con criterios ecológicos y diseño bio-inspirado, debe contar con la capacidad para su desarrollo en el tiempo, persiguiendo una adaptación óptima, en la que el modelo urbano no presente agentes de contaminación. Más aún esta filosofía puede permitir la reconversión de actuales urbanismos de la región, en modelos actualizados. La reforma de elementos funcionales, hacia soluciones sostenibles. Una fachada vegetal de 60m² filtra anualmente 40 Ton. de gases nocivos, siendo un método natural para el filtrado y captura de CO₂ lo que lo hace una alternativa de interés en nuevos sistemas arquitectónicos, considerando los efectos de integración arquitectónica de sistemas vegetales verticales y propuestas de su aplicación,

como técnica de ahorro de energía (Carrera, 2011).

Es por ello que se estudian técnicas de eficiencia energética (**Ver Tabla 4**) para mejorar las condiciones de temperatura en las edificaciones, armonizar el paisaje y contribuir con la recuperación de espacios verdes en las ciudades, promover la vegetación local e integración de micro-ecosistemas en espacios exteriores, apropiados para la vida y la naturaleza. La estrategia de recuperación de espacios naturales, se basa en la arquitectura naturalizada, revestimientos de vegetación en las superficies, por sus atractivos en paisajismo y vegetación, se debe recuperar los espacios arquitectónicos y aplicando bio-remediación y reforestación, al igual que grandes espacios industriales, que pueden ser revalorizados en un nuevo modelo ecológico.

Técnicas de Eficiencia	Descripción de Técnicas
	<p>Algunas tecnologías de Estructuras plegables en arquitectura, Techos Solares Retráctiles y Tejados Fotovoltaicos Retráctiles. Módulos telescópicos expansibles, con líneas de proyección para modelos retráctiles. <u>Origami Modular</u>, en el diseño de estructuras ensamblables con rotación adaptativa y replegado de superficies (fotovoltaicas), controlado por accionamiento mecánico-neumático y electrónica reconfigurable FPGA (<u>Field Programmable Gate Arrays</u>).</p>
	<p>Proyectos con diseño de panal de abejas organización en forma de colmena, fachadas funcionales que absorbe el GEI del ambiente y emiten oxígeno, a través tejidos de composición estructural en el marco de la eco-arquitectura. Materiales inteligentes en pinturas que cumplen función de catalizador, al contacto con los rayos UV solar, que permite producir una reacción química de absorción de hidrógeno y liberación de oxígeno. Impresión 3D de Tejidos de Fibras Vegetales, arquitectura viva, revestimiento vegetal para desarrollo de micro-ecosistemas diseñados en espacios del proyecto y compuestos para <u>Bio-Remediación</u> del aire.</p>
	<p>Proyectos Arquitectónicos con iluminación solar directa, construidos estratégicamente para reducir significativamente su consumo de energía- Diseños multicapas funcionales con realimentación, capacidad regenerativa para máxima eficiencia del proyecto. Red Neumática para funciones de limpieza, control y accionamiento. Red Hídrica eficiente, con captación de agua de lluvia, filtrado y post-procesamiento.</p>
	<p>Auto-organización en urbanismos <u>bio-inspirados</u>, organización de proyectos arquitectónicos en Estructuras Fractales, así como elementos distribuidos con Geometría Variable para Seguimiento Solar sincronizado entre los elementos del arreglo.</p>

Tabla 4. Integración de Técnicas de Eficiencia Energética en AFR Sostenible
 Fuente: (Eficiencia Energética, 2020)

Todas estas técnicas permiten re-adaptar la arquitectura, los urbanismos actuales y las estructuras, hacia un enfoque más sostenible. Se puede remodelar una edificación replanteando su plataforma, para hacerla móvil, dinámica y flexible, con el fin de poderla posicionar hacia la dirección más conveniente, reconfigurar los espacios y acoplar o ensamblar etapas. Poder superponer sectores piezoeléctricos, remontar las estructuras sobre pilares, a fin de no intervenir los espacios de vegetación, ni alterar la calidad y disposición del suelo para cultivos, acoplar módulos de ERNC, eólica, solar, etc. Un caso de esto son las plantas termoeléctricas, que pueden ser reconvertidas en reservas ecológicas, con arquitectura verde y rescatar así los espacios naturales y océanos, mejorando la calidad de estos, a través de un programa de aprovechar sus potencialidades para crear un entorno más sostenible y respetuoso con la fauna y flora.

La propuesta consta de una plataforma para la remodelación en línea de las casas o edificaciones, a partir de una descripción de

recursos y potencialidades, indicando los planos actuales y las condiciones a mejorar, puede ofrecerse el diseño programado (open source), así como la descripción de las variaciones para ser reproducidas con tecnología compatible, lo que se busca es facilitar la migración de tecnología de los urbanismos hacia la sostenibilidad, dando soporte técnico y asesoría.

2.2. MÉTODOS Y ESTRATEGIAS

La simplificación fractal, por componentes auto-similares, se ha definido como el método de diseño, realizando el estudio de tecnologías y estableciendo correspondencia entre los avances en arquitectura sostenible y eficiencia energética (ver Tabla 5), para definir un modelo parametrizable, basado en el diseño modular, que permita la reconfiguración de componentes funcionales y de los espacios, pensado en hibridar conceptos de origami (en materiales livianos, robustos y sostenibles) y control electro-neumático, donde se presente la configuración de manera dinámica.

	Avances en Tecnologías aplicadas a Arquitectura Fractal Reconfigurable	Antecedentes
Eficiencia Energética	Configuración Modular a través de dispositivos electrónicos inteligentes – IEDs	(Sandoval-Ruiz, 2020a)
	Tecnologías Fotovoltaicas aplicables en diseño arquitectónico	(Sandoval-Ruiz, 2020b,c)
	Elemento satelital (solar) a la arquitectura con fines de optimización dinámica	(Sandoval-Ruiz, 2020d)
	Módulos híbridos de conversión de energía en elementos arquitectónicos	(Sandoval-Ruiz, 2013)
	$y(t) = \sum_{k=1}^m w_{CS}(k) * \sum_{j=1}^{np} w_{MPP}(j) * \sum_{i=1}^{np} w_c(i) * w_{PV}(i) * x(t) + w_R * y(t-1)$	
Rel.	Se establecen aportes ponderados w_i (configurables), del arreglo urbanismo, la optimización del arreglo sincronizado en los puntos de máxima eficiencia MPP , concentración óptima de cada elemento w_c , módulo convertidor w_{PV} o funcional del esquema y realimentación $y(t-1)$ (reciclaje/energía).	
Arquitectura Sostenible	Urbanismos con redes eléctricas reconfigurables, control neuronal en Energías Renovables No Convencionales (ERNC), aplicadas a diseño sostenible y tecnologías emergentes para el desarrollo colaborativo y ético.	(Sandoval-Ruiz, 2019a,b) (Sandoval-Ruiz, 2018c,d) (Sandoval-Ruiz, 2017a)
	Diseño Arquitectónico Inteligente	(Sandoval-Ruiz, 2018a,b)
	Aplicaciones para la descripción arquitectónica de geometría fractal, con software de diseños avanzados diseño modular con estructura auto-similar entre los componentes y elementos urbanísticos	(Pineda, 2014) (Salcedo, 2020)
	Plataformas de soporte para el diseño de elementos sostenibles, <u>electromovilidad</u>	(Sandoval-Ruiz, 2017b) (Sandoval-Ruiz, 2016a,b)

Tabla 5. Integración de Tecnologías Emergentes en Modelado de AFR

La estrategia de desarrollo sostenible está pensada en el diseño de una infraestructura energética basada en ERNC y una infraestructura verde o azul (marina) para el urbanismo (Ver Tabla 6). Este tipo de infraestructura tiene como objetivos la conservación de la biodiversidad, además de

crear mejores condiciones en el hábitat e integrar criterios ambientales, sociales y económicos, derivados de las múltiples funciones que brinda la naturaleza, como son la regulación hídrica, el control de la erosión, la depuración del agua la mitigación del cambio climático, entre otros.

Avances en Tecnologías aplicadas a Arquitectura Fractal Reconfigurable		Antecedentes
Eficiencia Energética	Configuración Modular a través de dispositivos electrónicos inteligentes – <u>IEDs</u>	(Sandoval-Ruiz, 2020a)
	Tecnologías Fotovoltaicas aplicables en diseño arquitectónico	(Sandoval-Ruiz, 2020b,c)
	Elemento satelital (solar) a la arquitectura con fines de optimización dinámica	(Sandoval-Ruiz, 2020d)
	Módulos híbridos de conversión de energía en elementos arquitectónicos	(Sandoval-Ruiz, 2013)
$y(t) = \sum_{k=1}^m W_{CS}(k) * \sum_{j=1}^{np} W_{MPP}(j) * \sum_{i=1}^{np} W_c(i) * W_{PV}(i) * x(t) + W_R * y(t - 1)$		
Rel.	Se establecen aportes ponderados <u>w_i</u> (configurables), del arreglo urbanismo, la optimización del arreglo sincronizado en los puntos de máxima eficiencia <u>MPP</u> , concentración óptima de cada elemento <u>w_c</u> , módulo convertidor <u>w_{PV}</u> o funcional del esquema y realimentación <u>y(t-1)</u> (reciclaje/energía).	
Arquitectura Sostenible	Urbanismos con redes eléctricas reconfigurables, control neuronal en Energías Renovables No Convencionales (ERNC), aplicadas a diseño sostenible y tecnologías emergentes para el desarrollo colaborativo y ético.	(Sandoval-Ruiz, 2019a,b) (Sandoval-Ruiz, 2018c,d)
	Diseño Arquitectónico Inteligente	(Sandoval-Ruiz, 2017a) (Sandoval-Ruiz, 2018a,b)
	Aplicaciones para la descripción arquitectónica de geometría fractal, con software de diseños avanzados diseño modular con estructura auto-similar entre los componentes y elementos urbanísticos	(Pineda, 2014) (Salcedo, 2020)
	Plataformas de soporte para el diseño de elementos sostenibles, <u>electromovilidad</u>	(Sandoval-Ruiz, 2017b) (Sandoval-Ruiz, 2016a,b)

Tabla 6. Alternativas de Técnicas de Reforma Sostenible de Proyectos Arquitectónicos

El estudio comprende además el concepto de plataformas de servicio de energía – ESP (del inglés Energy Service Platform), soporte arquitectónico y su adaptación a espacios colaborativos de desarrollo. Todo esto presenta un impacto social de interés en el desarrollo de los urbanismos, donde la bioremediación es una estrategia cada vez más necesaria, la cual demanda un enfoque centralizado sobre una plataforma tecnológica aplicada a espacios urbanos distribuidos. El potencial energético en materia de ERNC de la superficie externa de las edificaciones en área urbanas puede ser canalizado a través de programas de desarrollo que faciliten la migración de las ciudades actuales a urbanismos inteligentes, comprometidos con la naturaleza: empatía por todos los seres vivos, reforestación de hábitats y mitigación de impacto ambiental, para un desarrollo con seguridad integral, siguiendo principios ecológicos.

Partiendo de estas ideas conceptuales, se propone la gestión estratégica de la plataforma de servicio energético, para la adaptación de la tecnología de seguimiento e infraestructura fractal dinámica de los urbanismos, hacia un modelo más eficiente. En tal sentido, los mapas y modelos de radiación solar, permiten analizar el potencial energético, en la etapa de diseño, para la estimación, distribución y optimización de los complejos urbanos,

considerado el aporte de energía solar disponible. Las nuevas tecnologías orientan a estudiar el potencial de ERNC, en el diseño de ciudades y asentamientos urbanos inteligentes. Todo esto permite revalorizar los espacios e incluirlos en un plan estratégico de sostenibilidad.

El planteamiento es estudiar las reformas requeridas en infraestructura, implementar módulos funcionales inter-conectables (plug and play), que presenten características de desplazamiento sobre ejes de la estructura, a fin de modificar su posición sobre los ejes x,y,z, adaptados al espacio y la altura, rotación sobre un eje central para seguimiento solar y replegado del techo solar, a fin de obtener configuraciones inteligentes de ventilación y aprovechamiento superficial para instalaciones fotovoltaicas. Bajo el formato de alquiler, la empresa de servicio energético puede disponer un contrato de reformas de infraestructura, instalaciones fotovoltaicas, servicio y mantenimiento, dentro del plan de préstamo de la superficie con potencial solar del espacio urbano.

En este sentido, se obtiene un modelo con bases en criterios de sostenibilidad, economía circular, realimentación de energía a la red y eficiencia energética. Aplicables a diversos ecosistemas.

Tal es el caso de arando en el mar, un concepto de sostenibilidad para protección de los océanos, aplicación de paneles de algas marinas en bio-remediación, conversión de energía, recuperación de calor por gradiente térmico.

Por otra parte, en el diseño de proyectos se establece un lugar para la recolección clasificada de materiales y el diseño de mecanismos de reutilización, que disminuyan la contaminación

a causa del urbanismo. Se proponen elementos funcionales, estrategias y criterios (Ver Tabla 7) al uso de bolsas plásticas, a través de políticas de valorización de plásticos residuales como insumo industrial, disminución del consumo de agua, diseñando sistemas de vapor y aire comprimido en redes domésticas, para menor consumo de agua para tareas de limpieza, lavado, entre otros.

-
- Bombas e intercambiadores de calor, en captación de energía térmica del ambiente, para máxima eficiencia.
 - Filtros funcionales: concentrar componentes de radiación solar, atenuar partículas suspendidas en el aire/agua.
 - Un caso a considerar es sistemas de transmisión por fibra óptica de radiación UV concentrada para desinfección.
 - Robótica de distribución de suministros, alimentos y materia prima para producción distribuida. En el diseño de ciudades inteligentes, gestión de reciclaje, atención a la fauna, tele-salud y monitoreo remoto de condiciones.
 - Smart Cities, donde se mantenga una plataforma de soporte para tele-trabajo, sostenibilidad y autonomía alimentaria, minimizar el transporte de recursos, con huertos urbanos distribuidos en los urbanismos.
 - Definición del desarrollo urbano en relación de estudio de potencialidades energéticas de la región. Esto para impulsar las energías renovables con bajas pérdidas asociadas a transmisión, compañías de servicio de energía para soporte de la infraestructura energética, módulos convertidores, electrónica de potencia en máxima eficiencia, con accionamiento remoto de tareas programadas.
 - Módulos de huertas urbanas robotizadas, con funciones de riego automático, compostaje controlado para fertilizantes naturales, entre otras funciones de asistencia y apoyo al cultivo de alimentos en la ciudad.
 - Módulos de bio-remediación, captación de CO₂, foto-síntesis artificial, paneles de algas en entornos urbanos, parques sostenibles, tele-educación ambiental, entre otros, se identifica un modelo reconfigurable, para los elementos arquitectónicos.
-

Tabla 7.a. Elementos Funcionales del Modelo de Desarrollo basado en AFR

Estrategias de Implementación de Arquitectura Sostenible

- Conceptualización de Urbanismo 4.0, colocando los iconos de funciones inteligentes en la figura de digitalización y Ciudad 4.0. Urbanismos Sostenibles con paisajismo dinámico. Integración Didáctica de ERNC en Espacios Urbanos. Modelo Energético, Medición de variables y Control de Consumo de recursos en edificaciones.
- Concientización e Incentivos en ahorro energético, agua y recursos naturales. Iniciativas de clasificación y cultura de reciclaje, con gestión colaborativa entre las unidades arquitectónicas. Actualización tecnológica reconfigurable.
- Diseño modular puede simplificar la tarea de reciclaje de las partes de edificaciones, creando un nuevo concepto de residuos cero a corto y largo plazo. Biodegradación de los materiales y componentes constitutivos.
- Dispensadores de alimentos distribuidos en espacios urbanos, acoplados a las edificaciones, en primer nivel para perros, en segundo nivel para gatos, en tercer nivel para aves. Con el fin de garantizar su hidratación y acceso a alimento para animales urbanos, que permitan mantener un equilibrio en el entorno.
- Cascada en las edificaciones para generación hidroeléctrica, con elementos naturales integrados al diseño urbano.
- Ejes desplegados para expansión del diseño arquitectónico, de acuerdo a la dinámica ambiental, con el objetivo de crear nuevos espacios funcionales en el proyecto arquitectónico.
- Turbinas eólicas en ventanales, escaleras, columnas, etc., las cuales contribuyen con la energía del urbanismo.
- Techos Solares Desplegados, con rieles retractiles para su posicionamiento extensivo. Pueden permitir el cierre de espacios interiores, así como la expansión de áreas techadas de espacios exteriores.
- Pisos convertidores de energía piezoeléctricos, que activan la producción de un voltaje a partir de la deformación del material, activado por la energía mecánica de las pisadas sobre la superficie, diseñada de material reciclado (plástico y aleaciones).
- Climatización inteligente por sistema de tuberías, con hidro-producción de energía. Igualmente se integran cubiertas vegetales para aislamiento térmico.
- Módulos funcionales recuperadores de calor, minimizaciones de emisiones de calor y protección de glaciares, océanos, áreas forestales.

- Digitalización de actuales modelos residenciales para su adaptación a NTE.
- Sistemas Neumáticos para sustitución de agua, en limpieza en seco y vapor para esterilización de superficies, etc.
- Programas de reciclaje y gestión de agua, recursos y residuos y subproductos, como modelo sostenible integrado en la gestión de residuos del urbanismo, centralizado o distribuido por proyectos arquitectónicos.
- Diseño de dispositivos modulares R.IEDs, para su interconexión con el diseño funcional.
- Riego inteligente de fachadas vegetales, jardines, huertas, con programa ahorrador de agua.
- Mantenimiento de los cuerpos de agua: ríos, lagos y mares, así como zonas vegetales pueden ser a cargo de robot de servicios accionados con energía renovable.
- Incorporación de robots clasificadores para la selección de los residuos en subproductos de reutilización, estos sistemas robóticos móviles pueden aplicar sistema de localización y mapeo de posición (Duque y Sandoval, 2012) para navegación en los espacios de interés.

Parque científico-tecnológico PCT como eje de desarrollo de urbanismos en etapa de diseño o rediseño, con análisis de agentes contaminantes, filtros y medidas de seguridad. En (Steckler y otros, 2018) se presenta el diseño de un eco-parque con funcionalidades de servicio para mascotas y fauna urbana, conversión de energías renovables, predicción de la demanda, este planteamiento puede ser extrapolado a urbanismos diseñados bajo criterios de eficiencia ambiental, para adaptación, actualización o restauración de obras arquitectónicas y proyectos urbanos. Es así como se plantea un eje de desarrollo basado en PCT, que faciliten la investigación continua para actualización del modelo de desarrollo a las condiciones climáticas propias de la región. Con lo que se propicia una novedosa iniciativa de desarrollo urbano fundamentado en la ciencia, que pueden ser optimizadas bajo la perspectiva de impacto ambiental.

Inteligencia artificial con esquemas de control usando redes neuronales, para la gestión energética y funcional de la edificación. Entre las funciones se establece el monitoreo y asistencia de adultos mayores y mascotas, vegetación en las cubiertas vegetales, jardines y huertas urbanas, a fin de garantizar la calidad de vida de los habitantes de las edificaciones. Innovación colaborativa, inteligencia artificial como soluciones digitales aplicadas a edificaciones y bio-construcción. Se busca presentar soluciones tecnológicas para un hogar inclusivo, conectado, sustentable, asequible y respetuoso con el medio ambiente.

Identificando la correspondencia entre los diseños arquitectónicos y circuitos de los dispositivos electrónicos, para la configuración de la estructura funcional / hardware, bajo un modelo generalizado, en código descriptor, que permita adaptar el diseño de forma óptima, cumpliendo con los requerimientos de eficiencia energética.

Síntesis Estructural, comprende la síntesis de componentes estructurales del diseño arquitectónico, a partir de materiales constructivos (reserva finita de elementos, meta-materiales, etc.) y bio-síntesis de vegetación en diseños de arquitectura viva. En etapa de diseño se modela y formula, siendo dinámica en etapa de implementación.

Paisajismo dinámico, modelos urbanos con arquitectura reconfigurable. HouseBot, integración de mecanismos robóticos con inteligencia artificial para optimizar la eficiencia energética de la edificación, modelado energético de las edificaciones y diseño funcional adaptativo, con despliegue y plegado de partes móviles. Soluciones constructivas flexibles (Pinto, 2019) y parametrizables, a fin de mejorar la calidad de vida a menor costo y con alternativas eficientes energéticamente.

Tabla 7.b. Definición de Estrategias, Conceptos y Criterios del Diseño AFR

Consideración	Detalles de características
Suelo	Revestimiento piezoeléctrica, con amortiguación para caídas
Techado Liviano Fotovoltaico	Anti-resbalante para protección de usuarios y aislamiento térmico
<u>Hidro-Convertidor</u>	Carriles livianos retractiles, para posicionamiento inteligente de techado
Eólico	Captador de agua de lluvia, sistema de climatización
Gestión de Residuos Cero	Electroválvulas inteligentes de bajo consumo de agua, convertidor
Síntesis de Tecnologías Analizadas	Aerogeneradores verticales, con convertidor de vibración
Sistemas <u>Aerotérmicos</u>	<u>Compostador</u> , módulos de recolección inteligente de residuos, etc.
Sistemas Eco-Hídricos	Captación la energía del aire para calefacción, agua caliente, refrigeración (Ecoinventos, 2020), lo que puede ser aplicado para aprovechar el calor residual y disminuir así la temperatura ambiental.
	Reciclaje de aguas, filtrado, <u>fito-remediación</u> y remediación de contaminación, Captación de lluvia y rocío, <u>cosechamiento</u> de agua. Invernaderos con agua de mar, cultivos hidropónicos, ahorro de recursos hídricos de los módulos funcionales.

Sistemas Cognitivos	Paisajismo adaptado a las condiciones climáticas y eficiencia energética. Red de sensores para optimización de recursos y seguimiento solar en edificaciones del conjunto fractal urbanístico.
Sistemas Regenerativos (Red de Compostaje)	Un circuito de gestión de residuos con inteligencia artificial para la clasificación, separación y realimentación de materiales reciclados de forma óptima, su aplicación como abono orgánico para las huertas urbanas.
Sistemas Smart Building (Construcción Robótica)	Asistencia en tareas de remodelación, adaptación y actualización. Esta técnica consiste en aplicar remoción de estructuras previas de forma modular, para la implementación de nuevas estructuras, revestimientos y optimizaciones, sin invadir los espacios, ni alterar la dinámica de los habitantes, aplicando robótica (Valero-Moro y otros, 2017) y técnicas de reconfiguración inteligente propias de las estructuras.
Sistemas de Remediación Ambiental	Calidad del aire, filtros inteligentes, con estructura geométrica fractal, para la captación de material y clasificación de compuestos útiles para la industria.

Funcionalidades del Diseño Inteligente

Construcción sobre columnas de altura, pilares (palafitos), para no intervenir el suelo, que puede estar así disponible para la agricultura y actividades en la naturaleza.

Revalorización de espacios en cultivos vegetales, techos verdes o fotovoltaicos.

Diseños muros vivos de vegetación para aislar áreas de la edificación.

Aplicación de red neumática de limpieza (aire comprimido) y desinfección (luz UV), para ahorro de agua.

Implementación luz natural en espacios interiores, redes de fibra óptica para transmisión de luz solar.

Estructuras livianas y modulares, móviles para su readaptación en espacios, según las condiciones ambientales.

Seguimiento solar inteligente en las estructuras, rieles de traslación y rotación de las bases de la arquitectura.

Estructuras configurables (cognitivas), techos plegables para recuperar espacios de forma adaptativa, así como módulos funcionales (origami), que permitan desplegarse de manera adaptativa.

Módulos hidropónicos (ladrillos, tejas, bloques, etc.) para cultivo de huertas en tejados y paredes (muros) de las edificaciones.

Dispensadores de alimentos y agua para fauna urbana (en jardines inferiores para perros, balcones para gatos y en tejados para aves silvestres).

Integración de ERNC, optimización de eficiencia energética y estructuras colaborativas con el entorno para la creación de urbanismos más sostenibles.

Aporte verde en las edificaciones para la recuperación de espacios naturales en las ciudades.

Reducción de consumo de energía, recursos y reciclaje en la filosofía de diseño de la arquitectura.

Inclusión de nuevas tecnologías emergentes NTE, de forma ética, para el aprovechamiento eficiente, minimización de residuos y recuperación de calor en actividades urbanas, a fin de realimentar la red de energía térmica, en una configuración de sistemas regenerativos.

Tabla 7.c. Sistemas Funcionales para el Diseño AFR

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En un esquema arquitectónico configurable (ver Figura 2), se puede realizar el estudio y adaptar algunos elementos de mitigación o remediación

de impacto ambiental, con énfasis en eficiencia energética, a través de techos plegables para integración de luz solar, red de aire comprimido para ahorro de agua y elementos de vegetación.

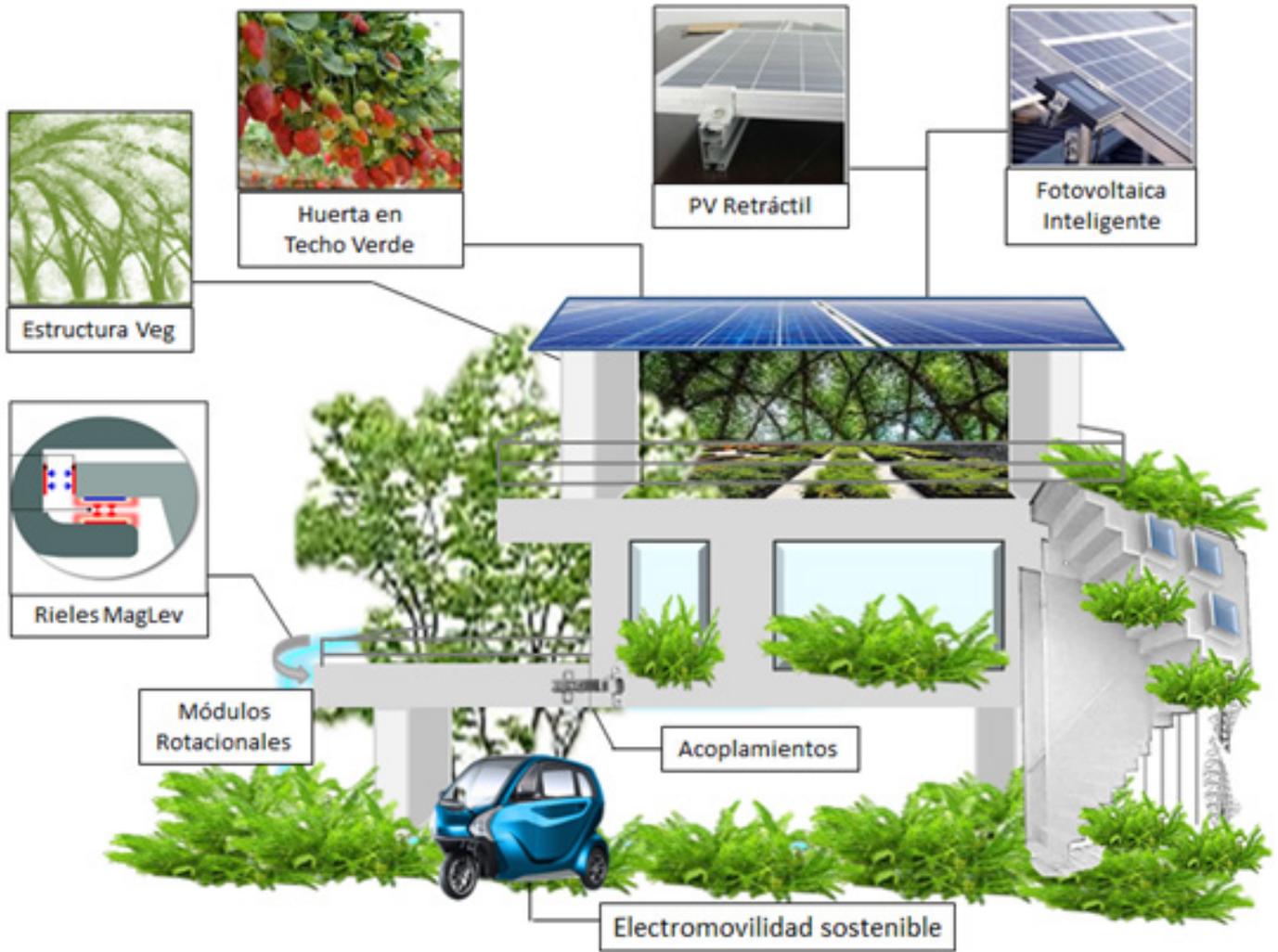


Figura 2. Concepto de Arquitectura Reconfigurable Fractal

Así mismo, el diseño de módulos funcionales, con mecanismos de acoplamiento dinámico y posicionamiento en ángulo y azimut adaptativo, como puntos básicos para la migración conceptual al diseño de arquitectura reconfigurable fractal, en el desarrollo de elementos escalables y sintetizables a partir de la formulación del modelo, que se integran al diseño conceptual del proyecto, del urbanismo y la ciudad sostenible.

Se han estudiado los efectos asociados al proyecto y las estrategias de mitigación para el diseño basado en tecnología de AFR, con el objetivo de reformular los diseños convencionales, hacia un modelo de diseño sostenible y autosuficiente. Integrando ENRC, estimación de parámetros, eficiencia, estrategias de optimización (minimización de consumo de recursos) y remediación ambiental (Ver Tabla 8).

Estimación de Impacto Ambiental				Efecto
Proyecto	Factores Ambientales	Dir.	% Ef.	Técnica Reversibilidad
Arquitectura Reconfigurable	Calidad del aire (emisión de material)	x		Filtros Naturales
	Contaminación de agua subterráneas			Filtros Hídricos, algas
	Alteración de paisajes / Erosión de suelo			Paneles Retráctiles
	Pérdida de vegetación / Flora nativa / cultivos	x		Espacios Verdes
	Desplazamiento de especies vegetales y animales	x		Eco-Sistemas
	Alteración de suelos, recursos naturales			Fito-Remediación, Pilares
	Consumo de Agua en los procesos de limpieza	x		Aire Comprimido
	Consumo Energético de la Edificación	x		Aplicación de ERNC
	Residuos en Remodelación / Desmontaje	x		Programas de Reciclaje
	Alteración en especies protegidas del área local			Programas Ambientales
	Plataforma empleo Urbano / Tele-Trabajo	x		Tele-Trabajo
	Impacto de la calidad de vida de las especies	x		Protección de Hábitats
	Producción de Emisiones de Calor Urbano	x		Recuperadores de calor
	Contaminación Electromagnética	x		ERNC y Estudios E.M.
Estimación de Remediación Ambiental con Técnicas de Diseño			Remediación / Optimización	
Diseño	Técnica de Remediación – Diseño Sostenible	Sel.	% Opt.	Aplicación
FV optima	Estimación de Radiación Solar (ángulos, pos.)			Modelo de Radiación Solar
Cálculo Energía	Estimación Eficiencia Energética x configuración			$y(t) = \sum w_i * x_i + y(t-1)$
...	...			Parámetros del Modelo
	Diseño de Geometría del Filtro FOR i = 1 TO Dimensión/grid GENERATE f(i) <= suma(w_i * ent) + f(i-1); End GENERATE;	<input checked="" type="checkbox"/>	28.8	Diseño Optimo de Filtros Estimación Dinámica de la eficiencia basada en el modelo (etapa de diseño)

Tabla 8. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Arquitectónico

Finalmente, el estudio de los avances en materia de arquitectura y los requerimientos que se presentan actualmente para mitigar el impacto ambiental, se desarrollan las siguientes

estrategias, resumidas en la Tabla 9. Estos diseños se basan en conversión de energía renovable, de forma distribuida superando la obsolescencia programada y tecnologías de almacenamiento.

Modulo Funcional	Estrategia	Energía Renovable	Tecnología Diseñada
Preparación de Alimentos y Seguridad Alimentaria	Huerta Urbana	Tecnología Solar	Invernaderos Replegable
	Procesamiento en frío	Eléctrica - Fotovoltaica	Molino material natural
	Cocina Solar	Solar-Térmica	Horno Solar (Sandoval-Ruiz, 2014)
Higiene y Limpieza	Refrigeración Solar	Solar-Térmica	RCR, Bomba de calor
	Limpieza Sostenible	Solar UV	Desinfección Solar
	Duchas Ecológicas	Termo- Solar	Vapor de agua
Iluminación	Iluminación Solar	Limpieza Neumática	Red de Aire Comprimido
	Acondicionamiento de aire	Micro-Hidroeléctrica	Reciclaje de Agua
Filtros de Agua	Filtrado y climatización	Solar Directa	Concentración y TX Solar
Asistentes de mascotas	Ionizadores, fito-remed.	Filtros geometría fractal	Filtros y Bombas de Calor
Tele-Trabajo	Monitor y control	Solar - Fotovoltaica	Filtro y placas Energizadas
Movilidad Sostenible	Estación Remota	Fotovoltaica / Híbrida	Dispensador y Tele-Salud
	Bicicleta asistida	Fotovoltaica / Híbrida	R-IEDs
		Fotovoltaica	Vehículo plegable

Tabla 9. Definición de Módulos Funcionales

3. CONCLUSIONES

Gracias a la propuesta desarrollada se promueve el diseño de elementos arquitectónicos funcionales en armonía con la naturaleza, que pueden ser escalados en urbanismos de AFR, a través de NTE aplicadas de forma ética y responsable. De esta manera, la incorporación de dispositivos electrónicos de hardware reconfigurable para el control de los módulos funcionales, resulta una herramienta de soporte en el diseño, orientado a la conservación ambiental y programas de reciclaje urbano, revalorización de subproductos y recursos naturales, en modelos de desarrollo sostenible.

Destacan entre los aportes, la integración de dispositivos electrónicos inteligentes (Sandoval, 2020), en el modelo arquitectónico reconfigurable, para el control de accionamientos electro-neumáticos, acoplamiento inteligente de convertidores de energías renovables y optimización en el tiempo de la arquitectura. Siendo estos elementos primordiales en la versatilidad del diseño, adaptación, acoplado-desacoplado de estructuras, desde la descripción de la geometría fractal de base.

Integración de ecosistemas, simplificación fractal y síntesis estructural (materiales inteligentes, bioremediación, arquitectura dinámica), en base a modelos descriptivos, son estrategias novedosas de diseño, que permiten un proyecto altamente eficiente, priorizando el equilibrio de los espacios arquitectónicos con la naturaleza: superficies verdes, revestimientos funcionales, agricultura sostenible, dispensadores inteligentes de alimentos para la fauna urbana (adopción de mascotas), protección del entorno para desarrollo de especies locales: aves, polinizadores y vegetación autóctona.

Otro aspecto, corresponde a la reconversión de los urbanismos actuales, adaptando los elementos de las edificaciones, los materiales y técnicas constructivas para optimización de los recursos y la remediación de impacto ambiental: captación de calor residual, con los conceptos de diseño estudiados, así como nuevos modelos adaptativos, a fin de preservar un hábitat saludable en los espacios intervenidos.

Se obtiene así, un diseño que combina reconfiguración arquitectónica y electrónica, con NTE basada en modelos (de código abierto), para estimación de impacto y eficiencia del proyecto, módulos y funcionalidades, desde la etapa de diseño: descripción geométrica, estructural y comportamiento, y técnicas de diseño eco-responsable, aplicando tecnología R-IEDs para control de las estructuras configurables.

REFERENCIAS

Arquitectura Sostenible (2020). Proyectos HIVE, hogares biofílicos y autosuficientes para el futuro. Ecoinventos. Recuperado de <https://ecoinventos.com/arquitectura/>

Bioguía (2020). Viviendas amigables con el planeta. https://www.bioguia.com/entretenimiento/vivientas-amigables-planeta-ted_70242880.

Carrera, Á. (2011). Estudio de los efectos de la Integración Arquitectónica de sistemas Vegetales Verticales y Propuestas de uso como Técnica Pasiva de Ahorro de Energía en el Clima Continental Mediterráneo. Máster en Sistemas y Técnicas de Edificación. Universidad Politécnica de Madrid, España.

Duque, C. y Sandoval, C. (2012). Tendencias en Localización y Mapeado Simultáneo (SLAM). In CIBELEC 2012, pp. 6–12.

Ecoosfera (2020). Oceanix City. Disponible en: <https://ecoosfera.com/ciudad-flotante-oceanix-city-mar-sociedad-sustentable-crisis-climatica-futuro/>

Eficiencia Energética (2020). Aerotermia, gran desconocida de las energías limpias que permite reducir a la mitad el gasto en climatización. Ecoinventos. Recuperado de <https://ecoinventos.com/eficiencia-energetica/>

Estevez, R. (2020). Ciudades que se adaptan al cambio climático. Disponible en: <https://www.ecointeligencia.com/2020/01/ciudades-cambio-climatico-vitoria/?fbclid=IwAR2qQpYyLaFIQASR1nVy9LxJ-cLCRdscgxU8VJJTRDRqCxAsk3wID5qOYvg>

- Pineda, E. (2014). Morfología Urbana y Fractales. REC Perspectiva, 3(6), 32-49.
- Pinto, B. C. (2019). Arquitectura y diseño flexible: una revisión para una construcción más sostenible. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/176433>
- Salcedo J. (2020). Estructuras compositivas geométricas entre lo clásico y lo fractal. REC Perspectiva. 15(8), 48-59.
- Sandoval-Ruiz, C. (2020a). LFSR-Fractal ANN Model applied in R-IEDs for Smart Energy. IEEE Latin America Transactions, 18(04), 677-686. <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9082210>
- Sandoval-Ruiz, C. (2020b). Arreglo Inteligente de Concentración Solar FV para MPPT usando Tecnología FPGA. Rev. Técn. Ing. Universidad del Zulia. 43 (3), 122-133. <https://doi.org/10.22209/rt.v43n3a02>
- Sandoval-Ruiz, C. E. (2020c). Arreglos fotovoltaicos inteligentes con modelo LFSR-reconfigurable. Revista Ingeniería, 30(2), 32-61. DOI 10.15517/RI.V30I2.39484
- Sandoval-Ruiz, C. (2020d). Proyecto Cometa Solar-CS para Optimización de Sistemas Fotovoltaicos. Universidad Ciencia y Tecnología, 24(100), 74-87. <http://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/307>
- Sandoval-Ruiz, C. E. (2019a). Plataforma de Investigación de Redes Eléctricas Reconfigurables de Energías Renovables aplicando Modelos LFSR. Universidad Ciencia y Tecnología, 23(95), 103-115.
- Sandoval-Ruiz, C. (2019b). Modelo VHDL de Control Neuronal sobre tecnología FPGA orientado a Aplicaciones Sostenibles. Ingeniare. Rev. chilena de ingeniería, 27(3), 383-395.
- Sandoval-Ruiz, C. (2018a). Arquitectura Reconfigurable y Redes Inteligentes aplicadas al Diseño Sostenible en Smart City. REC Perspectiva, 7(12), 1-19.
- Sandoval-Ruiz, C. (2018b). Diseño Arquitectónico Inteligente aplicando conceptos de Urbótica y Sostenibilidad. REC Perspectiva, 6(11), 18-29. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/33033/34639>
- Sandoval-Ruiz, C. E. (2018c). Control de Micro-Redes de Energía Renovable a través de estructuras LFSR Reconfigurables en VHDL. Ciencia y Tecnología, 18, 71-87.
- Sandoval-Ruiz, C. E. (2018d). Códigos Reed Solomon para sistemas distribuidos de energías renovables y smart grids a través de dispositivos electrónicos inteligentes sobre tecnología FPGA. Memoria Investigaciones en Ingeniería, (16), 37-54.
- Sandoval-Ruiz, C. (2017a). Modelo Neuro-Adaptativo en VHDL, basado en circuitos NLFSR, para control de un Sistema Inteligente de Tecnología Sostenible. Universidad, Ciencia y Tecnología, 21(85), 140-149.
- Sandoval-Ruiz, C. E. (2017b). Análisis de Circuitos Fractales y Modelado a través de Sistema de Funciones Iteradas para VHDL. Ciencia e Ingeniería, 38(1), 3-16.
- Sandoval-Ruiz, C. (2016a). Plataforma de Gestión, Investigación y Formación en Tecnologías Sostenibles, para soporte de un Laboratorio Remoto. Revista Eduweb, Universidad de Carabobo, 10(1), 79-92. Retrieved from <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/eduweb/v10n1/art06.pdf>
- Sandoval-Ruiz, C. (2016b). Plataforma Reconfigurable de Investigación aplicada a Movilidad Sostenible. Universidad, Ciencia y Tecnología, 20(78), 35-41. Retrieved from <http://www.uct.unexpo.edu.ve/index.php/uct/article/view/748/601>
- Sandoval-Ruiz, C. (2015). Sistema Eco-Adaptativo integrado en elementos arquitectónicos con tecnología sostenible. REC Perspectiva, 4(8), 96-109. Retrieved from <https://issuu.com/recperspectiva/docs/rec8/96>
- Sandoval-Ruiz, C. (2014). Adaptive Control in VHDL

Applied to a Solar Oven. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 1(23), 142-147.

Sandoval-Ruiz, C. (2013). Diseño conceptual de un módulo híbrido para Generación eléctrica. In VIII Congreso Nacional y 2do Congreso Internacional de Investigación Universidad de Carabobo.

Sandoval-Ruiz, C., y Ruiz-Díaz, E. (2018a). Eco-Innovación en Ingeniería de Alimentos Sostenible aplicando técnicas Inteligentes de Eficiencia Energética-EcoSVeg. Universidad Ciencia y Tecnología, 22(87), 54-66 .

Sandoval-Ruiz, C., y Ruiz-Díaz, E. (2018b). Optimizador de Eco-Productos de origen vegetal aplicando Control Neuronal en VHDL. Agrollanía Revista de Ciencia y Tecnología, 15, 58-64.

Steckler, D., Nava, C., Duarte, J., Zambrano, J., & Sandoval, C. (2018). Design of Neural Networks on microcontrollers, applied in functional modules for an eco-park. Revista Ingeniería UC, 25(1), 50-60.

Valero-Moro, J., Bonilla-Turmero, Y. y Sandoval-Ruiz, C. (2017). Estación tele-operada de robótica móvil, para el laboratorio de micro-controladores. Universidad, Ciencia y Tecnología, 21(83), 69-75.

Taboada, M. I. S. (2016). Masdar City. Primera ciudad autosuficiente del mundo. AXA. Una revista de Arte y Arquitectura, 8.

Como citar el artículo (NORMAS APA): Millano, I. (2016)

**Arquitectura Fractal Reconfigurable - AFR
Basada en tecnologías sostenibles**

