

# DE LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE A LA ARQUITECTURA REGENERATIVA, UN CAMBIO DE PARADIGMA EN EL CONTEXTO MEXICANO

---

From sustainable architecture to regenerative architecture, a change of paradigm in the Mexican context

Mónica Liliana Rodríguez Arellano\*, Carlos Cobreros Rodríguez

\*Correo electrónico: [lili.rdz.arellano@hotmail.com](mailto:lili.rdz.arellano@hotmail.com)

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.

## RESUMEN

Este artículo se realizó con el fin de analizar el paradigma del desarrollo y diseño sostenible, y compararlo con el paradigma del desarrollo y diseño regenerativo para encontrar nuevas soluciones regenerativas que puedan ser aplicadas desde el ámbito de la arquitectura y nos ayuden a disminuir el impacto ambiental. También explica por qué la arquitectura sustentable ya no es suficiente en esta era geológica conocida como el Antropoceno. Actualmente estamos en una crisis ecológica debido al modelo de crecimiento donde no se respetan los límites naturales, por lo tanto, es necesario cambiar de paradigma y entender la arquitectura como un sistema complejo para pasar de una visión mecanicista a una cosmovisión ecológica. De esta manera, se espera que sea posible reconceptualizar las relaciones entre la tecnología humana y los sistemas ecológicos, económicos, sociales, culturales y políticos para plantear estrategias de sostenibilidad regenerativa. El diseño regenerativo basado en la Teoría General De Sistemas impulsa este cambio de paradigma hacia la concepción de los edificios como entidades sistémicas; a partir de esto se pueden diseñar edificios que eduquen mediante lo demostrativo y retomen la conexión con la naturaleza para crear una conciencia ambiental en las personas y promover la implementación del diseño regenerativo en México.

**PALABRAS CLAVE:** ARQ, desarrollo sostenible, desarrollo regenerativo, diseño regenerativo, pensamiento sistémico, arquitectura regenerativa.

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyze the paradigm of sustainable development and design, and to compare it with the paradigm of regenerative development and design in order to find new regenerative solutions that can be applied from the field of architecture and help us reduce the environmental impact. It also explains why sustainable architecture is no longer enough in this geological era known as the Anthropocene. We are in an ecological crisis due to the growth model where natural limits are not respected, therefore it is necessary to change the paradigm and understand architecture as a complex system to be able to move from the mechanistic vision to an ecological worldview. And thus to be able to reconceptualize the relationships between human technology and ecological, economic, social, cultural and political systems and with this to be able to propose regenerative sustainability strategies. Regenerative design based on general systems theory helps us with

this paradigm shift where buildings are understood as systemic entities. From this, buildings can be designed that educate through demonstration and reconnect with nature to create environmental awareness in people and promote the implementation of regenerative design in Mexico.

**KEYWORDS:** ARQ, sustainable development, regenerative development, regenerative design, systemic thinking, regenerative architecture.

## INTRODUCCIÓN

Las sociedades industriales continúan esquivando los límites naturales del planeta, sustrayendo cada vez más recursos. Debido a esto, se han vuelto dependientes de los recursos naturales bajo la idea de que los límites naturales no existen. Pero en las últimas décadas los problemas ambientales han abierto debates alrededor de fenómenos como el calentamiento global, el agujero de la capa de ozono, el agotamiento de los recursos naturales, la extinción masiva de distintas especies y la sobrepoblación, entre otros. Este grupo de fenómenos componen lo que se ha nombrado como "crisis ecológica" [1], donde ya no podemos seguir con el mismo modelo de crecimiento que ignora los límites naturales. El desarrollo de la sociedad y la industrialización han generado un gran impacto ambiental y daños irreparables en el medio ambiente, este impacto va desde la ocupación de espacios cada vez mayores para las construcciones, hasta la amenazadora sobreexplotación de los bancos de materiales, lo que ocasiona deforestación y pérdida de flora y fauna de la región, generando una cadena interminable de situaciones creadas por la demanda y crecimiento de la población [2].

En el año 2018 se vieron olas de calor en cuatro continentes, incendios forestales en el Ártico y escasez de agua en Sudáfrica, Australia e India; por esto los científicos hablan de una "sexta extinción masiva" de vida silvestre, aves, insectos y vida marina y no cabe duda de que la actividad humana es responsable. Aunque 195 países firmaron el Acuerdo de París para reducir las emisiones de carbono en 2015, el uso de recursos continúa excediendo límites planetarios, consumimos más recursos de los que el planeta nos puede ofrecer. Es por esto que *Earth Overshoot Day* marcó el 1 de agosto como el punto en el que hemos usado más de la naturaleza de lo que el planeta es capaz de renovar [3].

La CONAVI (Comisión Nacional de Vivienda) estima que más del 50 % de las emisiones que contaminan a nivel mundial provienen del sector de la construcción, debido a los procesos de fabricación de los materiales, el transporte, los trabajos de construcción y a la utiliza-



ción de las edificaciones. En el caso de México, según un estudio de la UNAM, se estima que para el año 2050 se construyan siete millones de viviendas, las cuales podrían emitir alrededor de 25 millones de toneladas de gases de efecto invernadero. Los procesos tradicionales de edificación que utilizan combustibles fósiles y la demanda energética son las principales causas de liberación de  $\text{CO}_2$ , es por esto que el sector de la construcción tiene un gran impacto en el ambiente [4]. Sin embargo, la demanda de espacios arquitectónicos continúa en aumento; por lo tanto, se tienen que diseñar espacios que respondan a las necesidades de la población pero que también respeten a la naturaleza y generen un menor impacto ambiental.

El 2030 es la fecha límite para prevenir una catástrofe mundial, según el informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU: vamos en camino a un aumento de 3 °C, el cual está arriba del máximo de 2 °C divisado por el Acuerdo de París. El informe se basa en más de 6000 referencias científicas y explica los resultados catastróficos que tendría este aumento de temperaturas. En el Acuerdo de París, la mayoría de los países del mundo se comprometieron a conservar el crecimiento de la temperatura por debajo de 2 °C y continuar con los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1.5 °C [5].

Los científicos afirman que mantener el aumento a 1.5 °C es posible pero se necesitan cambios inminentes y a gran escala por parte del gobierno y las personas. El informe dice que para realizar la meta del 1.5, las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) tendrían que reducirse en un 45 % para el año 2030 [5]. Como ya se dijo anteriormente, la industria de la construcción es uno de los principales sectores que más contamina a nivel mundial, pero como arquitectos podemos ayudar a disminuir este impacto diseñando proyectos que vayan más allá de la sostenibilidad. Como resultado del impacto ambiental y por no respetar los límites naturales del planeta, estamos en una era geológica conocida como el Antropoceno, definido como la etapa geológica más reciente de la Tierra, fundamentado en evidencia global abrumadora donde los procesos atmosféricos, geológicos, hidrológicos, biosféricos así como otros sistemas de la Tierra ahora están siendo alterados por la actividad antrópica [6]. Esto conlleva riesgos novedosos y amenaza las condiciones planetarias requeridas para que las sociedades humanas prosperen [8].

La sostenibilidad tal como la conocemos ya no es suficiente, el futuro de la sostenibilidad radica en la regeneración: restaurar y reponer lo que hemos perdido, reconstruir economías y comunidades para prosperar desde lo local a lo global. Para Pohn Elkington, el

objetivo de la sostenibilidad será “Regenerar economías, sociedades y la biosfera”, para abordar esto, necesitaremos colaborar a escala global para repensar los sistemas, reinventar la producción, reevaluar la forma en que hacemos negocios y reconsiderar cómo vivimos [3].

La escala, la tasa y la intensidad del impacto ambiental de los humanos ha generado una amplia discusión sobre cómo encontrar vías plausibles de desarrollo que sean más prometedoras para fomentar un futuro mejor en el Antropoceno [9]. Existe una oportunidad de replantear el comportamiento humano y las bases de un futuro regenerativo más sostenible; esta era nos desafía a encontrar nuevas formas de relacionarnos con la biosfera que no atenten contra nuestra existencia. Pero esto no solo requiere modular el cambio ambiental que acompaña nuestras actividades, sino reinventar la propia naturaleza humana dentro de cada uno de nosotros mismos [10]. El desarrollo y el diseño regenerativo son la clave para lograr este cambio.

El propósito de este artículo es analizar el paradigma de lo sostenible y compararlo con el paradigma de lo regenerativo para encontrar mejores soluciones basadas en el desarrollo y diseño regenerativo que puedan ser aplicadas desde el ámbito de la arquitectura y nos ayuden a disminuir el impacto ambiental.

## MÉTODO

Para la estructura del artículo primero se definieron los objetivos, seguido de la elección de un método de búsqueda y revisión bibliográfica de varios autores, con la finalidad de poder analizar y comparar el Desarrollo Sostenible y los ODS vs Desarrollo Regenerativo, así como la Arquitectura/Diseño Sostenible vs Arquitectura/Diseño Regenerativo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### DESARROLLO SOSTENIBLE Y LOS ODS

En este apartado se analizó qué es el desarrollo sostenible y cuáles son sus aportaciones en la disminución del impacto ambiental. Este concepto sigue siendo referencia en debates y es un gran reto al que se enfrenta la sociedad. Hay varias definiciones pero una de las más utilizadas es la definición de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) la cual lo precisa como “el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades [11]”. La sostenibilidad se centra en tres pilares interconectados [3]:

- Ambiental: vivir dentro de los límites de recursos naturales del planeta.
- Social: mantener el bienestar a largo plazo para personas y comunidades.
- Económico: generar un beneficio, pero no a expensas de los otros dos pilares.

La ONU, mediante el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), desarrolló los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En 2015 se adoptaron con el propósito de acabar con la pobreza, preservar el planeta y asegurarse que todos tengan paz y bienestar para el año 2030 [12].

Los ODS son 17 y son los siguientes [12]:

1. Fin de la pobreza: consiste en acabar con la pobreza en el mundo.
2. Hambre cero: su objetivo es terminar con el hambre, mejorar la alimentación e incentivar la agricultura sostenible.
3. Salud y bienestar: quiere garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos.
4. Educación de calidad: su objetivo es asegurar una educación que sea inclusiva, equitativa y de calidad, así como fomentar el aprendizaje para todos.
5. Igualdad de género: su objetivo es lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a las mujeres y niñas.
6. Agua limpia y saneamiento: su objetivo es optimizar la distribución de agua, su gestión sostenible y purificación para todos.
7. Energía factible y no contaminante: su objetivo es asegurar la disponibilidad de una energía accesible, segura, sostenible y moderna que esté al alcance de todos.
8. Trabajo decente y desarrollo económico: su objetivo es fomentar el crecimiento económico inclusivo y sostenible, así como el trabajo digno para todos.
9. Industria, innovación e infraestructura: su objetivo es construir infraestructuras resilientes, además de fomentar una industrialización inclusiva y sostenible e impulsar la innovación.
10. Reducción de las desigualdades: su objetivo es minimizar la desigualdad entre los países.
11. Ciudades y comunidades sostenibles: su objetivo es lograr que las ciudades sean inclusivas, seguras y sostenibles.
12. Producción y consumo responsables: su objetivo es asegurar modalidades de consumo y de producción sostenibles.
13. Acción por el agua: su objetivo es tomar medidas inminentes para luchar contra el cambio climático y sus efectos.

14. Vida submarina: su objetivo es preservar y utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos.
15. Vida de ecosistemas terrestres: su objetivo es administrar de manera sostenible los bosques, luchar contra la desertificación, acabar con la degradación de las tierras y detener la pérdida de la biodiversidad.
16. Paz, justicia e instituciones sólidas: su objetivo es promover sociedades que sean justas, pacíficas e inclusivas.
17. Alianzas para lograr los objetivos: su objetivo es revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Aunque bienintencionados, los objetivos son muy ambiciosos y se enfrentan a varios desafíos complejos, que van desde detener el avance de las enfermedades hasta prevenir el conflicto. Implican un gran reto porque no se pueden tratar de forma eficiente si son aislados, y necesitan la cooperación del gobierno, de los sectores privados, la sociedad y los individuos para cerciorarse que se deje un mejor planeta para las próximas generaciones [12].

Si se analiza desde una perspectiva crítica para el 2030, es muy probable que varios objetivos queden incumplidos. Una de las fallas es globalizar al desarrollo sostenible debido a que la globalización se basa en dos sinergias que son contrarias: una tiende a la centralización, integración y globalización y la otra tiende hacia la descentralización, fragmentación y localización [11]; es por esto que las estrategias no pueden ser globalizadas, ni deben fragmentarse. Otro problema es lograr involucrar a las personas para lograr el cambio, el desarrollo regenerativo en una pieza clave en este punto.

## ARQUITECTURA SOSTENIBLE

La arquitectura sostenible es la que toma en cuenta el impacto que tendrá una edificación en todo su ciclo de vida, además de considerar las condiciones climáticas, la topografía, los materiales que se van a utilizar y trata de conseguir el máximo rendimiento con menor impacto [13]. Las normativas y certificaciones aplicadas en México son los siguientes [14]:

1. Programa de Certificación de Edificaciones Sostenibles (PCES): el Gobierno de la ciudad de México en el 2008 puso en marcha este programa, el cual tiene como objetivo crear un patrón para evaluar las edificaciones y ofrecer incentivos, como descuentos en el predial y financiamientos en tasas preferenciales, así como rapidez en los tramites.
2. NMX-AA-164-SCF1-2013 de Edificación Sustentable: es una norma mexicana que se aplica de forma voluntaria a



nivel nacional, en ella se especifican criterios y requerimientos ambientales mínimos aplicables en edificaciones sostenibles. Se puede aplicar a una o varias fases: ya sea en el diseño, construcción, operación, mantenimiento o demolición, también se puede aplicar en proyectos de remodelación.

3. Sí Se Vive, del Infonavit: este sistema de evaluación de viviendas se creó en 2012 y tiene como propósito medir la eficiencia de las viviendas mediante el uso de dispositivos ahorrrativos.

**Certificaciones internacionales:**

1. *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*: es una certificación que evalúa la conducta medioambiental que tendrá una edificación durante su ciclo de vida. El sistema de evaluación consiste en cinco categorías: diseño y Construcción de Edificios, Diseño y Construcción de Interiores, Operación y Mantenimiento en Edificios, Desarrollo de vivienda y Desarrollo de suburbios.

2. *IFC Excellence In Design For Greater Efficiencies (EDGE)*: es una herramienta de creación de diseño, un sistema de certificación y una norma verde mundial en casi 100 países de mercados emergentes. Faculta al descubrimiento de soluciones técnicas en la etapa inicial de diseño para reducir los gastos operativos y el impacto ambiental, revela ahorros operacionales previstos y las emisiones de carbono reducidas.
3. *Living Building Challenge*: esta es una certificación internacional que tiene un sistema de evaluación riguroso en construcciones sustentables, debido a que busca que cumpla con varios requerimientos, como la energía cero, el tratamiento de los residuos y el agua, y 12 meses de operación continua.

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre estas normativas y certificaciones. La certificación Living Building Challenge no se muestra en la tabla, porque se abarcara en un apartado más adelante.

Tabla 1. Comparativa entre las normativas y certificaciones aplicadas en México.

SISTEMA DE EVALUACIÓN	OBJETIVO	QUIEN LO OPERA	REQUISITOS DE A EVALUAR	RUBROS/ CRÉDITOS DE EVALUACIÓN
Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES)	Promover la reducción de emisiones contaminantes y el uso eficiente de los recursos naturales en el diseño y operación de edificaciones en la Ciudad de México, con base en criterios de sustentabilidad y eficiencia ambiental. A través de la certificación en un proceso de regulación voluntaria y mediante el otorgamiento de incentivos económicos.	Implementadores registrados ante la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. •Un organismo certificador (revisión de lineamientos). •Comité Promotor de Edificaciones Sustentables COPEs (Certificación de Edificación Sustentable)	Edificaciones en operación o en desarrollo (diseño, construcción, renovación u operación), destinadas a uso habitacional o a oficinas	Energía: hasta 8 créditos y 40 puntos. •Agua: hasta 5 créditos y 25 puntos. •Residuos sólidos: hasta 7 créditos y 10 puntos. •Calidad de vida y responsabilidad social: hasta 11 créditos y 25 puntos. •Impacto ambiental y otros impactos: hasta 15 créditos y 20 puntos.
NORMA MEXICANA NMX-AA-164-SCFI-2013. Edificación sustentable, criterios y requerimientos ambientales mínimos	Contribuir en la mitigación de impactos ambientales y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, sin descuidar los aspectos socioeconómicos que aseguran su habitabilidad e integración al entorno urbano y natural.	Unidades de verificación, aprobadas por la PROFEPA, en términos de los artículos 68 y 70 de la Ley Federal sobre Metrología y Normatización. Dicha unidad debe aplicar los criterios de cumplimiento establecidos en el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad de la norma.	De aplicación voluntaria para todas las edificaciones que se ubiquen dentro del territorio mexicano, públicas o privadas, destinadas en su totalidad o en uso mixto a diferentes actividades: habitacional, comercial, de servicios o industrial. Aplica para las edificaciones y sus obras exteriores.	• Suelo • Energía • Agua • Materiales y residuos •Calidad ambiental y responsabilidad social • Paisaje •Calidad del ambiente interior • Responsabilidad social
Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde SISEVI-VE-ECOCASA	Mejorar el programa "Hipoteca Verde" y elevar la calidad de vida de sus acreditados.	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)	Se cumple el objetivo si se disminuye el gasto familiar de los acreditados, se optimiza el uso de recursos y se mitiga las emisiones de CO2 al medioambiente.	•Demanda específica total. • Diseño constructivo. •Materiales de la envolvente. •Diseño bioclimático. •Demanda de energía primaria. •Consumo de electricidad y gas. •Consumo proyectado de agua.

SISTEMA DE EVALUACIÓN	OBJETIVO	QUIEN LO OPERA	REQUISITOS DE A EVALUAR	RUBROS/ CRÉDITOS DE EVALUACIÓN
Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) for Homes	Proponer soluciones para tener un equilibrio entre el ambiente, la sociedad y la economía, si se utilizan datos científicos y técnicos para proteger, preservar y restablecer el medio ambiente, los ecosistemas y las especies.	Desarrollado por Estados Unidos <ul style="list-style-type: none"> <li>•Green Building Council (USGBC)</li> <li>•Dirigido por sector de las ONG</li> </ul>	Debe estar en un lugar permanente en la tierra. <ul style="list-style-type: none"> <li>•Debe utilizar límites LEED.</li> <li>•Debe cumplir con los requisitos de tamaño de proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso Integrativo: hasta 2 créditos.</li> <li>•LT: Ubicación y Transporte: hasta 30 créditos.</li> <li>•SS: Sitios Sostenibles: hasta 7 créditos.</li> <li>•WE: Eficiencia de Agua: hasta 22 créditos.</li> <li>•EA: Energía y Atmósfera: hasta 66 créditos.</li> <li>•MR: Materiales y Recursos: hasta 10 créditos.</li> <li>•EQ: Calidad Ambiental Interior: hasta 16 créditos.</li> <li>•IN: Innovación: hasta 6 créditos.</li> <li>•RP: Prioridad Regional: hasta 4 créditos.</li> </ul>
IFC Excellence In Design For IFC. Excellence In Design For Greater Efficiencies (EDGE)	Crear un nuevo camino para el crecimiento verde y demostrar el caso financiero de una manera práctica reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.	EDGE es una innovación de IFC, miembro del Grupo del Banco Mundial. La evaluación es proporcionada por socios EDGE, como la red verde del Consejo Mundial de Edificación con filiales en 96 países y otros expertos internacionales que sirven como terceros y auditores acreditados.	EDGE sólo puede utilizarse para los nuevos edificios, casas, hoteles, oficinas u hospitales. Sólo los proyectos de construcción pueden ser certificados.	EDGE no utiliza "créditos", sino que trabaja en una base sencilla, sin niveles de logro. En comparación con un edificio convencional, su proyecto debe lograr al menos una reducción del 20 % en cada una de las tres categorías de recursos para alcanzar el estándar EDGE.

## DESARROLLO REGENERATIVO Y CULTURAS REGENERATIVAS

El desarrollo regenerativo expone el potencial de un lugar al conectar los sistemas en el contexto en el que están inmersos, este tejido de conexiones se crea entre múltiples partes para crear soluciones que mejoren la calidad de vida de todos los seres vivos. Cuando conciliemos la naturaleza y la cultura podremos avanzar y comprender nuestra naturaleza como parte de la evolución y podremos empezar a trabajar de manera regenerativa. La regeneración de los ecosistemas puede revertir el calentamiento global y estabilizar el clima [15].

El Desarrollo Regenerativo utiliza los recursos para mejorar el bienestar de la sociedad, aportando a la capacidad de los sistemas de soporte necesarios para el crecimiento futuro. Ya no hablamos de no destruir, sino de mejorar, se trata de satisfacer nuestras necesidades, pero desarrollando una mejor economía donde tengamos más bosques, más tierras fértiles, pesquerías repobladas, corrientes de agua abundantes y limpias y más biodiversidad. El desarrollo regenerativo se crea a partir de la necesidad de cambios a nivel global, debido a que el desarrollo sostenible no ha obtenido los resultados necesarios [16].

Como punto de partida, el desarrollo regenerativo comienza con la premisa de que todas las actividades humanas tienen el potencial de alimentar una nueva

vida, salud y riqueza en los sistemas ecológicos y sociales. La clave para hacerlo es comprender el contexto socioecológico, el cual es único en cada proyecto o iniciativa, es por esto que centra la identidad ecológica única de un lugar como el facilitador fundamental de la salud y la prosperidad futura de nuestras comunidades humanas [17].

El desarrollo regenerativo tiene un gran impacto en la arquitectura, ya que ha cambiado la antigua definición centrada en el edificio del entorno construido para incluir las relaciones entre edificios, infraestructura y sistemas naturales, así como la cultura, la economía y política de las comunidades. Dado su carácter holístico e integrador, se podría anticipar que estas aplicaciones más completas irán en tendencia, pues el desarrollo regenerativo hace posible un rol nuevo necesario para los desarrolladores. Ya se está viendo a nivel mundial que los desarrollos construidos con este enfoque sirven como instrumentos para revertir la ecología y los daños, y como fuerzas económicas para construir medios de vida sostenibles. También, a través del tejido de historias el desarrollo regenerativo, se convierten en una fuerza armonizadora dentro de las comunidades y entre diferentes partes interesadas, inspirando nuevos estándares de relación con el lugar. Asimismo, al introducir una visión sistémica y un potencial más amplios, el desarrollador se convierte en un catalizador para la creación de infraestructuras y culturas autoevolutivas de regeneración [18].



El enfoque de lo regenerativo está evolucionando y envuelve un espectro más extenso de preocupaciones de sostenibilidad, que se extiende más allá de los aspectos tradicionales del diseño para abordar la naturaleza del pensamiento y la interactividad que se requiere para diseñar y participar en un proceso regenerativo. No obstante, a pesar de que se tiene un interés creciente, la transición ecológica a la práctica regenerativa trae algunos desafíos, como el conciliar dos cosmovisiones entre la tecnología y la ecología, y la forma en cómo se lleva a la práctica, ya que pocos ingenieros y arquitectos en México están familiarizados con este enfoque. Este nuevo rol está comenzando a surgir en pequeñas escalas y en lugares dispersos por lo que aún no es muy reconocido como parte de una evolución más amplia, lo que se necesita ahora es crear conciencia e intención de su surgimiento como el nuevo patrón que de forma al campo del desarrollo [18].

Para poder avanzar hacia un futuro regenerativo, nos hace falta tener más conciencia y sensibilidad ambiental: "La cultura juega un papel crucial en el desarrollo de una sustentabilidad total en nuestro país, sobre todo en el ámbito social, económico y político [2]". Necesitamos culturas regenerativas, una cultura regenerativa es saludable, resistente y adaptable, se preocupa por el planeta y por la vida sabiendo que esta es la forma más eficaz de crear un futuro para toda la humanidad. El concepto de resiliencia está estrechamente relacionado con la salud, ya que describe la capacidad de recuperar funciones vitales básicas y recuperarse de cualquier tipo de crisis [19].

La creación de comunidades, empresas, economías y culturas regenerativas puede abrir un futuro muy diferente para la humanidad, puede cambiar nuestra experiencia de la realidad: puede convertir un planeta en camino hacia el colapso en un conjunto de sistemas socio-ecológicos que generen una abundancia de recursos renovables; restaurar las funciones vitales de los ecosistemas; fomentar la solidaridad, la cohesión y la resiliencia de la comunidad y, al mismo tiempo, mitigar el impacto eficazmente para adaptarse al cambio climático. La creación de culturas regenerativas tiene sus raíces en un cambio de perspectiva; de vernos a nosotros mismos sólo como individuos, comunidades, naciones y especies separadas, a comprender que somos parte de un todo que está interconectado. Todos podemos iniciar la transformación cultural y sembrar patrones de regeneración que nos lleven a reexaminar la relación entre naturaleza y cultura, prestando atención al efecto de nuestras acciones en múltiples escalas interconectadas y desarrollando una perspectiva partici-

pativa de los sistemas vivos. La educación desempeña un papel importante en la difusión del entendimiento de que somos participantes en un entorno físico interconectado con los procesos químicos, biológicos, ecológicos, sociales y psicológicos [19].

## COMPARATIVA ENTRE LO SOSTENIBLE Y LO REGENERATIVO

En la siguiente tabla se comparan los aspectos más importantes del diseño sostenible contra el diseño regenerativo.

Tabla 2. Comparativa de lo sostenible y lo regenerativo.

SOSTENIBLE	REGENERATIVO
Se tiene una visión mecanicista del mundo.	Gira en torno a una visión holística y ecológica del mundo.
Pensamiento reduccionista.	Se basa en un pensamiento sistémico con un enfoque integral y una cosmovisión ecológica.
Usa un modelo fragmentado.	Está basado en la Teoría General de Sistemas, usa modelos de sistemas complejos y comprende las relaciones de los sistemas vivos de forma integral.
Se tiene al hombre sobre la naturaleza.	El hombre y la naturaleza coevolucionan en un mismo sistema.
Los aspectos sociales, ambientales y económicos se analizan de manera separada.	Los aspectos sociales, culturales, ambientales, económicos, políticos y espirituales están totalmente interrelacionados.

Elaboración propia basada en la tabla de Teruel [16].

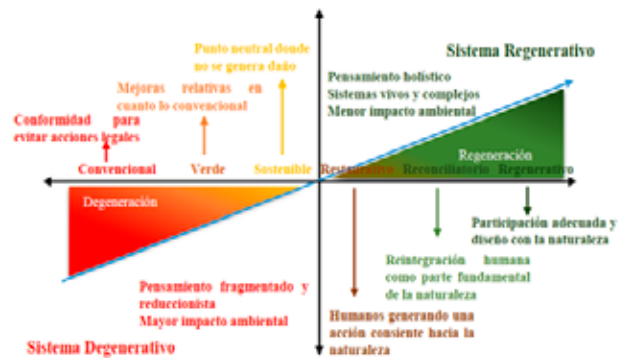


Figura 1. Diagrama del sistema regenerativo. Elaboración propia basada en el diagrama de Whal [19].

## DISEÑO REGENERATIVO

El diseño regenerativo es un enfoque que se basa en la Teoría General de Sistemas (TGS) orientado a los procesos de diseño [20]. Se trata de un estudio interdisciplinario y tiene principios que son aplicables con un enfoque transversal a cualquier nivel en cualquier campo de la investigación. El diseño regenerativo aplicado a la arquitectura entiende a los edificios como entidades sistémicas, así como la relación de los seres humanos con su entorno y la relación de flujos de información de energía y materia.



Figura 2. Diagrama del diseño regenerativo aplicado en la arquitectura. Elaboración propia.

Los antecedentes del diseño regenerativo parten desde los primeros fundamentos para la teoría y pensamiento de sistemas introducidos por el biólogo Ludwig von Bertalanffy, quien en 1968 publicó su Teoría general de sistemas (TGS). Con esto introdujo el concepto de sistemas abiertos, enfatizando la diferencia entre los sistemas físicos y biológicos e introduciendo el pensamiento evolutivo. La TGS abrió el camino a una nueva ciencia de la complejidad, el reconocimiento de que los sistemas complejos no pueden entenderse a través del análisis simple condujo a la aparición del pensamiento sistémico. Esto fundó las bases para el desarrollo de la ciencia de los sistemas vivos de Charles Krone, referentes al pensamiento y los sistemas de vida, así como su aplicación en los sistemas naturales y los sistemas sociales. Su trabajo influyó en el modelado y la energía del ecosistema de Howard Odum, y este a su vez influyó en el trabajo sobre tecnologías de diseño regenerativo de John Tillman Lyle, este último postuló el diseño ecosistémico consciente como esencial para un futuro sostenible [18].

El diseño regenerativo apuesta por procesos que restauran, renuevan o revitalizan sus propias fuentes de energía y materiales [20]; con un enfoque de diseño regenerativo aplicado a la arquitectura se puede tener una gestión segura y sostenible de recursos. En el paradigma de lo sustentable y de lo sostenible, los ecosistemas que se pierden por el impacto ambiental no son reparados, son los sistemas regenerativos los que pretenden devolver la vida a los ecosistemas perdidos [21]. La implementación del diseño regenerativo es necesaria, el futuro de la sostenibilidad radica en la regeneración: restaurar y reponer lo que hemos perdido, construir economías

y comunidades que prosperen y también permitan que el planeta prospere [3]. El diseño regenerativo es un proceso de participación dinámica y retroalimentación que toma en cuenta el cambio incesante en el tiempo.

## LIVING BUILDING CHALLENGE AND SEEDS OF GOOD ANTHROPOCENES

Algunos ejemplos de la aplicación del diseño regenerativo son el Living Building Challenge and Seeds of Good Anthropocenes. The International Living Future Institute diseñó el programa Living Building Challenge (LBC) el cual se centra en los edificios, es una herramienta unificada para el pensamiento sistemático que permite imaginar un futuro ecológicamente restaurador, proporciona un marco para el diseño, la construcción y la relación simbiótica entre las personas y la naturaleza. El LBC consta de siete categorías de rendimiento o pétalos: lugar, agua, energía, salud + felicidad, materiales, equidad y belleza [22].

1. Pétalo lugar: la intención de este pétalo es realinear la forma en que las personas entienden y se relacionan con el entorno natural, el entorno construido por el hombre debe volver a conectarse con la profunda historia del lugar y las características únicas que se encuentran en cada comunidad.
2. Pétalo agua: la intención de este pétalo es redefinir la forma en que las personas usan el agua en las construcciones ya que la escasez de agua potable se está convirtiendo en un problema grave a nivel mundial, además de los impactos del cambio climático.
3. Pétalo de energía: señala una nueva era de diseño, en la que el entorno construido se basa únicamente en formas renovables de energía y opera durante todo el año de una manera segura y libre de contaminación. Tiene como objetivo priorizar las reducciones y la optimización antes de que se apliquen soluciones tecnológicas para eliminar el gasto derrochador de energía, recursos y dólares.
4. Pétalo Salud + Felicidad: su intención es enfocarse en las condiciones ambientales más importantes para crear espacios saludables. Al centrar la atención en las principales vías de salud, se crean entornos diseñados para optimizar el bienestar.
5. Pétalo de materiales: su intención es fomentar la creación de una economía de materiales no tóxica y que sea ecológicamente restauradora, transparente y equitativa.
6. Pétalo de equidad: su propósito es transformar los desarrollos para fomentar un sentido de comunidad verdadero e inclusivo que sea justo y equitativo, independientemente de la edad, la clase, la raza, el género o la orientación sexual de un individuo.





7. Pétalo belleza: este apartado nos habla de cómo utilizar las condiciones y las limitaciones actuales para diseñar mejores espacios habitables. La intención principal de este imperativo es conectar el contexto con los participantes sociales.

Cada uno de estos pétalos pueden aplicarse a distintos proyectos, The International Living Future Institute [23] tiene un apartado de casos de estudio, donde se encuentran todos los proyectos certificados y se explican cuáles estrategias se implementan en los edificios. Hay proyectos en Alaska, Canadá, Estados Unidos, Colombia, Brasil, Argentina, Australia, India e Italia, entre otros.

La iniciativa de *Seeds of good anthropocenes* implica un cambio fundamental en las relaciones entre humanos y el medio ambiente, así como cambios en los valores, las culturas, las visiones del mundo e incluso el poder y las relaciones de género que influyen en las normas y el comportamiento social. Su objetivo es ayudar a la comunidad global a desarrollar visiones e historias inspiradoras, con el potencial de ser componentes clave de las transformaciones hacia la sostenibilidad [24].

Las ideas detrás de este proyecto surgen ante la necesidad de explorar qué opciones existen para futuros positivos ante la crisis ambiental y un fuerte deseo de comprender cómo se podrían generar transformaciones de sostenibilidad. Se recopilan iniciativas o “semillas de un buen antropoceno” que pueden ayudarnos a comprender los diferentes componentes de un futuro mejor, donde la gente puede reconocer los procesos que llevan a la llegada y el desarrollo de iniciativas que transformen fundamentalmente a los humanos y las relaciones ambientales [9].

Cada vez más personas participan en estrategias para crear un mundo más justo, próspero y ecológicamente diverso, conocido como un “buen Antropoceno”, donde se pueden desarrollar mejores escenarios comenzando con ideas innovadoras emergentes, formas de vida y proyectos transformadores. Se han recolectado más de 500 semillas en todo el mundo, cuya información se almacena en una base de datos: cómo se establecen, crecen, propagan o inspiran los cambios en otras partes; todo esto para estudiar la transformación y comprender los patrones detrás de los proyectos e ideas transformadores [24].

### **RELACIONES ENTRE LA CRISIS SANITARIA ACTUAL, LA CRISIS CLIMÁTICA Y ECOLÓGICA, ASÍ COMO LA IMPORTANCIA DE LA CONEXIÓN CON LA NATURALEZA**

Es importante retomar la conexión que se ha perdido con la naturaleza, ya que para lograr una cultura rege-

nerativa que nos ayude en el cambio de paradigma se necesita aumentar la sensibilidad y conciencia ambiental en las personas. Además, está comprobado que esta reconexión trae beneficios ambientales, psicológicos, sociales, culturales y económicos [25].

La crisis que se vive hoy en día con el COVID-19 nos da pauta para ver las relaciones entre la crisis sanitaria y la crisis climática-ecológica; y nos deja ver, como dice Eduard Müller [26], que la naturaleza no nos necesita, somos nosotros quienes necesitamos de ella. Sin embargo, nos hemos desconectado y necesitamos retomar esa conexión para evitar un colapso planetario. Todos podemos aportar algo mediante el trabajo colectivo, podemos mostrar el camino que nos lleve a aplicar el desarrollo regenerativo y dejar de impactar negativamente. Estos días de contingencia nos han dejado ver en distintas partes del mundo que, si le damos tiempo a la naturaleza, ésta puede regenerarse.

Esta pandemia evidenció que somos parte de un ecosistema planetario que está interconectado a pesar de todos los avances tecnológicos; su impacto puede conducirnos a una reconsideración de la capacidad humana de dominar las fuerzas de la naturaleza y explotar los recursos que proporciona el ambiente en su propio beneficio [27]. Con esto se puede ver la interconexión entre los sistemas y la necesidad de replantearnos el comportamiento humano y las bases de un futuro regenerativo más sostenible; esto se puede lograr mediante proyectos regenerativos que entiendan la complejidad de los sistemas vivos.

### **ARQUITECTURA REGENERATIVA**

En la década de 1990, el tema más discutido para los diseñadores ecológicos era cómo convencer a los clientes para incorporar características de sostenibilidad; en 2010 las solicitudes se enfocaron en cómo satisfacer las demandas de los clientes para que su proyecto fuera “el más verde”. La perspectiva que se aplica a los asentamientos humanos y las instituciones se ha remodelado significativamente con los años; sus conceptos centrales —especialmente el de ver a las comunidades como ecosistemas en los que la naturaleza y la cultura están entrelazadas y son interdependientes— están impulsando cada vez más un movimiento hacia objetivos sistémicos e integrales que definan nuevos estándares de sostenibilidad [18].

Mediante el uso del diseño regenerativo aplicado a la arquitectura, y entendiendo la arquitectura como un sistema complejo de relaciones entre los elementos que lo integran, se puede plantear un cambio de paradigma [28] para pasar de la visión mecanicista a una cosmovisión ecológica. Esta nueva visión nos ayuda a

reconceptualizar las relaciones entre la tecnología humana y los sistemas ecológicos, económicos, sociales y políticos, para plantear mejores estrategias basadas en la narrativa, la demostración, la educación y la conexión con la naturaleza.

El medio construido es parte fundamental del problema del impacto ambiental, pero también es parte de la solución [29]. Es por esto que la arquitectura se vuelve una parte relevante en la solución de problemas medioambientales. Mediante el uso de la metodología del diseño regenerativo y del Living Building Challenge se pueden crear diseños que nos conecten con la naturaleza y los demás sistemas (ecológicos, sociales, culturales, económicos, políticos, etc).

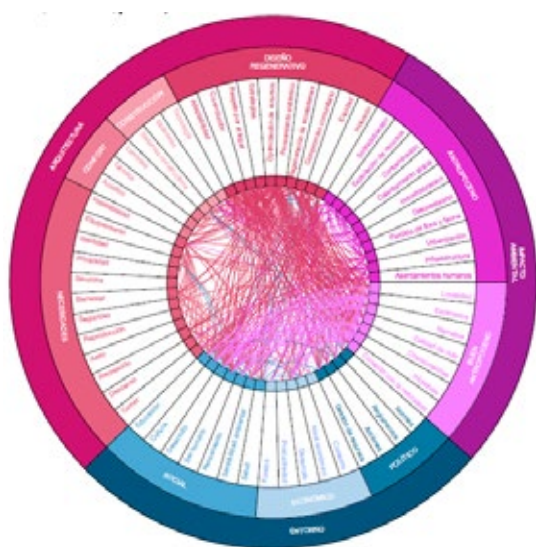


Figura 3. Diagrama complejo del sistema arquitectura regenerativa. Elaboración propia.

La figura 3 tiene el propósito de ilustrar el sistema complejo de la arquitectura regenerativa. Primero se dividió en tres sistemas generales: arquitectura, impacto ambiental y entorno; y cada uno de ellos se sub-dividió en subsistemas, el diagrama se realizó de esta forma para ver las relaciones entre cada uno de ellos. Cuando entendemos que estamos rodeados de sistemas complejos, podemos apreciar mejor las relaciones que afectan una problemática y se pueden proponer soluciones integrales.

En el análisis sistémico se pueden apreciar las conexiones que tiene la naturaleza con el ser humano, la conciencia ambiental, la salud, el bienestar, la regeneración de ecosistemas y el diseño regenerativo y esto nos puede ayudar a diseñar proyectos regenerativos que comprendan la complejidad de los sistemas vivos y que integren las dimensiones ecológica, política, social, cultural y económica para inspirar nuevos estándares de relación con el lugar donde introduzcan una visión sistémica y un potencial más amplios.

Es necesario diseñar y crear proyectos arquitectónicos en México que apliquen estrategias de sostenibilidad regenerativa y que funcionen como edificios demostrativos donde, mediante la educación y el acceso a la naturaleza, se promueva y difunda la aplicación del diseño regenerativo; además, que ayuden a crear una mayor conciencia ambiental. Se tiene que reinventar la educación como un proceso que inspire a todos para seguir explorando preguntas, estrategias e ideas, y adaptarlas a las condiciones únicas de una cultura y un lugar en particular [19].

### CONCLUSIONES

El antropoceno, entendido como la era geológica más reciente de la Tierra, donde los procesos atmosféricos, geológicos, hidrológicos y biosféricos de la Tierra resultan alterados por la actividad antrópica, aparece como resultado de nuestro poco respeto a los límites naturales del planeta. Sin embargo, es también una oportunidad de replantear nuestro comportamiento humano y sentar las bases de un futuro regenerativo sostenible: tenemos que encontrar nuevas formas de relacionarnos con nuestro entorno. La crisis sanitaria que se vive hoy en día nos demuestra que podemos modular nuestras actividades y nos deja ver que la naturaleza puede regenerarse; solo necesita tiempo, y nosotros podemos ayudar con esa regeneración diseñando nuevos modelos de desarrollo que implementen estrategias regenerativas y aporten impactos positivos para la naturaleza.

Tal vez el diseño regenerativo no pueda restaurar las condiciones al 100 %, pues el crecimiento positivo y la adaptación de un sistema dependen de cómo éste se ajuste a su entorno; no obstante, podemos aproximarnos. Es preciso recordar que todos causamos un impacto en el planeta, de mayor o menor medida, y depende de nosotros minimizarlo; podemos aportar individualmente para lograr ese cambio como personas, como profesionistas y como sociedad .

Basados en la información recopilada y en el análisis sistémico que se hizo, se pueden apreciar las conexiones que tiene la naturaleza con el ser humano, la conciencia ambiental, la salud, el bienestar, la regeneración de ecosistemas y el diseño regenerativo. Se puede llegar a la conclusión de que si en México se diseñan proyectos regenerativos que comprendan la complejidad de los sistemas vivos y que integren las dimensiones ecológica, política, social, cultural y económica, se pueden inspirar nuevos estándares de relación con el lugar que introduzcan una visión sistémica y un potencial más amplios.

Estos proyectos pueden ser vistos como una semilla en México, como mencionan en los proyectos del buen



antropoceno, recordando que este concepto implica un cambio fundamental en las relaciones entre humanos y el medio ambiente, así como cambios en los valores, las culturas, las visiones del mundo e incluso el poder y las relaciones de género que influyen en las normas y el comportamiento social. De esta forma los edificios pueden servir como un ejemplo para empezar a desarrollar más proyectos con este enfoque mediante historias de restauración regenerativa.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo durante toda esta investigación.

## REFERENCIAS

- [1] R. Crespo, "Límites naturales a la expansión industrial, semántica del 'desarrollo sostenible' y el programa mínimo bioeconómico de Georgescu-Roegen," en *Ciencia Sociológica*, noviembre de 2012 [en línea], disponible en: <https://cisolog.com/sociologia/limites-naturales-desarrollo-sostenible-y-el-programa-minimo-bioeconomico-de-georgescu-roegen/>.
- [2] G. S. Vázquez, "La arquitectura sustentable como respuesta al daño ambiental," *Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Interculturales-RLEEI*, vol. 2, pp. 36-40, 2018.
- [3] M. Stafford, S. Tilley and E. Britton, *The new sustainability: Regeneration*, Innovation Group, Seattle, WA, USA, 2018.
- [4] (2018) *Digital Bricks*. [Online]. Available: <https://digitalbricks.com.mx/2018/08/01/la-construccion-genera-mas-del-50-de-los-contaminantes-en-el-mundo/>
- [5] IPCC, "Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales", IPCC, Ginebra, Suiza, 2018.
- [6] (2020) *Welcome to the anthropocene*. [Online]. Available: <http://www.anthropocene.info/>
- [7] A. Cearreta, "La definición geológica del Antropoceno según el Anthropocene Working Group (AWG)," *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 23, no. 3, pp. 263-271, 2015.
- [8] W. Steffen, K. Richardson, J. Rockström, S. E. Cornell, I. Fetzer, E. M. Bennett, ... and C. Folke, "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet," *Science*, vol. 347, no. 6223, 2015.
- [9] E. M. Bennett, M. Solan, R. Biggs, T. McPhearson, A. V. Norstrom, P. Olsson, L. Pereira, G. D. Peterson, C. Raudsepp-Hearne, F. Biermann, S. R. Carpenter, E.C. Ellis, and J. Xu, "Bright spots: seeds of a good Anthropocene," *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 14, no. 8, 2016.
- [10] M. H. A. Equihua, O. Pérez, G. Benítez y S. Ibañez, "Cambio global: el Antropoceno," *Ciencia Ergo-Sum*, vol. 23, no. 1 pp. 67-75, 2016.
- [11] I. L. Pardo, "Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: conceptualización y crítica," *BARATARIA. Revista Castellano-Manchega de Ciencias sociales*, vol. 20, pp. 111-128, 2015.
- [12] UNDP, "Objetivos de Desarrollo Sostenible", Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. [En línea]. Disponible: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>.
- [13] M. Broutin, "Sostenibilidad & salud: beneficios de la arquitectura sostenible para la salud", *Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cataluña*, España, 2010.
- [14] S. A. Sánchez Fermín, "11 normas y certificaciones de edificación sustentable en México", *Obras por expansión*, México, 2014. [Online]. Available: <https://obras.expansion.mx/construccion/2014/08/28/11-normas-y-certificaciones-de-edificacion-sustentable-en-mexico>
- [15] "¿Sabes lo que es el desarrollo regenerativo? Un concepto más allá de la sostenibilidad" *Ágora Inteligencia colectiva para la sostenibilidad*. [Online]. Available: <https://www.agorarsc.org/sabes-lo-que-es-el-desarrollo-regenerativo-un-concepto-mas-alla-de-la-sostenibilidad/>
- [16] S. Teruel, "Análisis y aproximación a la definición del paradigma del turismo Regenerativo," *MIST thesis, Universidad para la cooperación Internacional (UCI)*, San José, Costa Rica, 2018.
- [17] Regenes Institute, 2020. [Online]. Available: <https://regenerat.es/>.
- [18] P. Mang and B. Reed, "Regenerative Development and Design," *Encyclopedia Sustainability Science & Technology*, vol. 2112, 2012.
- [19] D. C. Whal, *Designing regenerative cultures*. England: Triarchy Press, 2016.
- [20] "Arquitectura regenerativa", *Heaven grown*, 2020. [Online]. Available: <http://heavengrown.com/arquitectura-regenerativa/>.
- [21] J. T. Lyle, *Regenerative design for sustainable development*. United States of America: John Wiley & Sons, 1996.
- [22] International Living Future Institute, *Living Building Challenge 4.0*, 2019.
- [23] International Living Future Institute, 2020. [Online]. Available: [https://living-future.org/lbc-3\\_1/case-studies/](https://living-future.org/lbc-3_1/case-studies/).
- [24] *Seeds of good anthropocenes*, 2019. [Online]. Available: <https://goodanthropocenes.net/>.
- [25] J. A. Corraliza and S. Collado, "Conciencia ecológica y experiencia ambiental en la infancia," *Papeles del psicólogo*, vol. 40, no 3, pp. 190-196, 2019.

[26] Democracia En Red. Ciudades Comunes - Dia 2 - Sabado 25 de Abril 2020.(25 de abril de 2020) [Video en línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=-GOJHD0C1p4&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?v=-GOJHD0C1p4&feature=emb_title).

[27] F. Bosoer y M. Turzi, "La pandemia del 2020 en el debate teórico de las Relaciones Internacionales," *Geopolítica(s) Revista de estudios sobre espacio y poder*, pp. 153-163, 2020.

[28] C. Du Plessis, "Towards a regenerative paradigm for the built environment," *Building Research & Information*, vol. 40, pp. 7-22, 2012.

[29] A. Poó, "Edificios verdes, edificios Inteligentes : tecnología para la arquitectura sustentable," *Zaloamati*, pp. 1-18, 2009.v