



**Alejandro Jesús Guerrero Torrenegra**  
Profesor de la Escuela de Arquitectura  
de la Facultad de Artes, Universidad del  
Valle, Colombia.

**Email:** [alejandro.torrenegra@correouni-valle.edu.co](mailto:alejandro.torrenegra@correouni-valle.edu.co).

**ORCID:** 0000-0003-4691-0803.

Arquitecto, Universidad Autónoma del Caribe. Colombia. Doctor en Arquitectura, Universidad del Zulia. República Bolivariana de Venezuela. Magíster en Gerencia de Proyectos de I+D, Universidad Rafael Belloso Chacín. República Bolivariana de Venezuela.

# EDIFICACIONES SOSTENIBLES. TIPOLOGÍA DE LAS ENVOLVENTES ARQUITECTÓNICAS.

## RESUMEN

Los retos para las ciudades del siglo XXI están enfocados en la construcción de una economía baja en carbono, que incluye la mejora de eficiencia energética de las edificaciones y el territorio. Las superficies verticales y horizontales de los edificios son los principales captadores de la energía producida por la radiación solar, y causan la implementación de los sistemas mecánicos de enfriamiento para garantizar la calidad térmica de los usuarios; o sea, se convierten en solución tecnológica de los proyectos arquitectónicos para climas tropicales. La metodología es de enfoque cualitativo, de tipo de investigación descriptiva, con diseño documental. Se concluyó que existe una tipología de las envolventes determinadas por el requerimiento en término de intercambios de energía y su estrategia activas y pasivas, lo que representa las condiciones sostenibles de los espacios interiores, donde existe un aprovechamiento de las condiciones naturales, meteorológicas y climáticas del lugar.

**Palabras clave:** edificaciones, envolventes arquitectónicas, bienestar, estrategias bioclimáticas

## SUSTAINABLE BUILDINGS.

### TYPOLOGY OF ARCHITECTURAL ENVELOPES

#### ABSTRACT

The challenges for the cities of the 21st century are focused on the construction of a low carbon economy, which includes the improvement of energy efficiency of buildings and territory. The vertical and horizontal surfaces of buildings are the main capturers of the energy produced by solar radiation, and cause the implementation of

mechanical cooling systems to ensure the thermal quality of users; so, they become the technological solution of architectural projects for tropical climates. The methodology follows the qualitative approach, descriptive research type with a documentary design. It was concluded that there is a typology of envelopes determined by the requirement in terms of energy exchanges and their active and passive strategy, which represents the sustainable conditions of the interior spaces, where there is an exploitation of the natural, meteorological and climatic conditions of the place.

**Keywords:** buildings, architectural envelopes, well-being, bioclimatic strategies.

## EDIFICI SOSTENIBILI

### TIPOLOGIA DI INVOLUCRI ARCHITETTONICI

#### RIASSUNTO

Le sfide per le città del XXI secolo si concentrano sulla costruzione di un'economia a basse emissioni di carbonio, che include il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici e del territorio. Le superfici verticali e orizzontali degli edifici sono i principali catturatori dell'energia prodotta dalla radiazione solare e determinano l'implementazione di sistemi di rinfrescamento meccanico per garantire la qualità termica degli utenti; quindi, diventano la soluzione tecnologica dei progetti architettonici per i climi tropicali. La metodologia è di tipo qualitativo, di ricerca descrittiva, con un disegno documentale. Si è concluso che esiste una tipologia di involucri determinata dai requisiti in termini di scambi energetici e dalla loro strategia attiva e passiva, che rappresenta le condizioni sostenibili degli spazi interni, in cui si sfruttano le condi-

zioni naturali, meteorologiche e climatiche del luogo.

**Parole chiave:** edifici, involucri architettonici, benessere, strategie bioclimatiche.

## INTRODUCCIÓN

Los países latinoamericanos soportan entre el 75% - 80% de los costos originados por los cambios climáticos a pesar de que son estos los menos contribuyentes en el impacto de la crisis ambiental, en la cumbre de Rio+20 se analizó el calentamiento global y la pobreza como dos aspectos de la insostenibilidad.

El cambio climático es una amenaza para las ciudades latinoamericanas por no contar con una planificación estratégica del territorio que pueda controlar las transformaciones urbanas y edificio como consecuencia se estima que entre 100 millones y 400 millones de personas correrán el riesgo de padecer hambre, y entre 1.000 millones y 2.000 millones de personas más, podrían dejar de tener agua suficiente para atender sus necesidades.

Además de estar más expuestos a los riesgos del cambio climático, cuentan con menor capacidad de resistencia. El calentamiento de 2 °C es el escenario como que se trabaja en las investigaciones, implica una reducción entre el 4% y 5% del ingreso anual del per-capital, pérdidas que afectarán sobre todo a la agricultura, principal medio de subsistencia para las familias más pobres Jiménez (2012).

A nivel mundial las edificaciones son responsable por: el 40% de uso de materias primas que representa 3 billones anualmente, Lenssen y Rodean (1995), el 17% de la sustracción de agua dulce, y el 25% de uso de las maderas naturales (Villa, 2009).

Las edificaciones contemporáneas en los últimos años están sujetas a las políticas y la economía que inciden en forma directa a la industria de la construcción. El auge y la caída de los niveles cualitativos han coincidido con los periodos de bonanza económica y posterior crisis que desde finales de la década de los setenta (70) no se ha podido superar.

En la industria de la construcción prevalece el monopolio de ciertos materiales y componentes producidos en el país, especial mente el concreto y la mampostería,

manteniendo su capacidad de proporcionar en algunos casos respuestas técnicas a corto plazo y convencionales, que solo producen un derroche energético ubicando a las edificaciones venezolanas se han convertido en las más altas consumidoras de energía (Hobaica, 2005).

## MARCO TEÓRICO

### Edificaciones sostenibles

Un edificio sostenible es una estructura (de cualquier tipo) que es eficiente con los recursos que emplea, saludable y productiva para sus habitantes, maximiza el retorno sobre la inversión en el ciclo de vida de la edificación, y por su eficiencia produce una ligera huella en el planeta Ramírez (2009). Un edificio verde (edificios vivos) es la estructura que es ambiental responsable y maneja eficientemente los recursos durante el ciclo de vida, están diseñados para reducir el impacto general que origina las construcciones sobre la salud humana y la naturaleza, Villa (2009).

Según Villa (2009), gran parte de los países de América Latina tienen una larga historia de edificios sostenibles representados por la arquitectura vernácula que se desarrolló criterios de sombras, ventilación natural y conservación del calor, adaptado al clima local, que de alguna manera se ha perdido con el pasar del tiempo y con el mala utilización de la globalización, solo debemos retomar los criterios de diseño ambientales y adaptarlos a las nuevas tecnologías, respetando la cultura de la región, aprendiendo del pasado y produciendo un nuevo proceso arquitectónico con responsabilidad sostenible.

La calidad en la arquitectura de un edificio debe representar: la adecuación del uso, la estabilidad, la durabilidad y el deleite, James y James (2010).

- Adecuación a su uso: espacios que contenga el tamaño y la escala apropiada para el uso individual o en grupo, que sea tranquilo, cálido o fresco con aire puro, donde se pueda descansar con seguridad, que sea luminosa, un lugar adecuado para la interacción social, espacios que se puedan transformar en funciones o necesidades al paso del tiempo, y un lugar que sea ecológicamente respetuoso con un entorno edificado saludable.
- Durabilidad en sus prestaciones técnicas: los

edificios no deben tener humedades, deben ser económicos en su consumo de los servicios públicos y en su mantenimiento, durar dentro de un ciclo de vida en forma satisfactoria y funcionar sin defectos.

- Deleite: satisfacción que produce la utilización de los espacios bien realizados, conciencia de las posibilidades del color, luz y sombra, forma y perfil, significado culturales expresados mediante el respecto al pasado y a la identidad regional.
- Los beneficios del diseño y construcción de los edificios sostenibles: son económicos, ambientales y sociales que son los resultados del cuidado al considerar el uso de recursos y el impacto ambiental al entorno, Villa (2009).

#### Beneficios económicos:

- Costos iniciales: existe el gran paradigma que construir verde es más costoso, pero en realidad muchos edificios tradicionales su valor fue mayor, debido a las estrategias de manejo más eficaz de los recursos que permiten reducir sistemas eléctricos, mecanismos y estructurales, la clave para lograr resultados positivos es la aplicación de diseño integrado, integrar las estrategias ambientales desde el inicio del proyecto.
- Energía: El costo del consumo de energía es el beneficio económico más inmediato de un diseño ambiental, debido a la implementación de estrategias de eficiencia y consumo que son parte fundamentales de cualquier edificio verde. En promedio estas edificaciones consumen 30% menos que una edificación convencional. Estos ahorros de energía provienen (mejor envolvente del edificio, uso de equipos que sean eficientes), la posibilidad de producir energías alternativas.
- Agua: el gasto en el consumo del agua, y distinguir entre agua de consumo y de uso doméstico, a través de estrategias de conservación de este recurso que se calcula que para edificaciones sostenible existe un ahorro del

25% en comparación con las edificaciones tradicionales. Estas edificaciones recogen y almacenan el agua de lluvia y reciclan parte de las aguas grises para ser utilizado en diversas actividades (irrigación de jardines o sistemas sanitarios).

- Productividad y bienestar: estas edificaciones resaltan ambientes de alta calidad para sus habitantes. Esto se reflejan en el mejoramiento de enfermedades, productividad y mayor bienestar, por esta razón se convierte edificaciones de alta demanda para trabajar y vivir.
- Reducción de riesgos: edificaciones limpias y saludables pueden también reducir el riesgo de posibles demandas y problemas legales.
- Valorización de la propiedad: en cualquier propiedad de arrendamiento, el hecho de reducir los costos de operaciones y consumo incrementa de forma inmediata el valor de la propiedad. Las edificaciones sostenibles son más atractivos para arrendatarios y compradores por su cantidad de beneficios descritos anteriormente, y por reducir los costos de los servicios públicos.
- Mercadeo e imagen: la imagen positiva que se puede alcanzar compromiso de proveer un edificio sano, ambientalmente responsable.

#### Beneficios ambientales:

- Reducción de calentamiento global y capa de ozono: al utilizar menos energía, y generar menos dióxido de carbono a través de su operación, evitar la generación de gases de invernadero, contribuyendo al fenómeno del calentamiento global. Los materiales usados para estas edificaciones tienen pocos o mínimos riesgos de emisiones de gases tóxicos en su fabricación y al final de su uso. Los techos y muros verdes reducen la cantidad de calor.
- Incremento y protección de la biodiversidad y ecosistemas: las edificaciones ambientales ayudan a proteger la biodiversidad al resguardar los espacios abiertos, restaurar sitios

ecológicamente dañados, originado un hábitat para la fauna silvestre como en las cubiertas verdes de las edificaciones.

#### Beneficios sociales:

- Mejoramiento en la salud humana: los seres humanos permanecen el 85% del tiempo en los espacios interiores, por esta razón es importante generar ambientes de alta calidad.
- Las edificaciones con certificaciones LEED producen el incremento y aprovechamiento de la luz diurna, optimización de la iluminación artificial, controles de soleamiento, confort térmico, ventilación natural, reducción en el uso de materiales tóxicos (pinturas, tapetes, adhesivos, maderas compuestas, químicos, etc.), que reduzcan las enfermedades y mejoren la salud de sus habitantes.
- Beneficios a la comunidad: reducen las infraestructuras municipales debido a la baja demanda del consumo de las edificaciones sostenibles, que fomentan el transporte masivo, el uso de la bicicleta, vehículos híbridos, que reducen la congestión del tráfico generando la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

Las edificaciones con un mayor elementos naturales y menos artificiales son mejores, los espacios que utilizan luz natural son más agradables que lo disponen de luz artificiales; la ventilación natural está conformada por el uso del aire puro y un entorno sin ruido, es más recordable que cuando se dispone de la mecánica. El arquitecto Mies Van Der Rohe expreso: "menos es más", la elegancia de los proyectos clásicos se encuentra en soluciones sencillas y completas, James y James (2010).

#### Envolvente arquitectónica

En la arquitectura moderna las envolventes ya es un parámetro que responde, con su masa, al requisito primario de contener y proteger un espacio interior, sino un sistema complejo, objeto para el desarrollo de funciones pasivas y activas capaces de integrar el confort, el impacto ambiental y el consumo energético de una construcción (Varini, 2009).

Partiendo de los supuestos anteriores, encontramos una variedad de conceptos de envolventes donde cada autor establece sus propios elementos para conformarlo:

Para Sosa (1999), conjunto de componentes: techos, fachadas, paredes, muros, ventanas, aberturas, que representan la frontera entre la edificación y su entorno y a través del cual se trasfiere el calor, la humedad, el aire, la luz y los sonidos.

El Hernández (2009), la envolvente es el sistema que separa los ambientes exteriores e interiores del edificio, protegiendo a los espacios ocupados de las variaciones extremas climáticas.

González (2009), es la superficie que cubre a cualquier espacio arquitectónico (fachadas y techumbres) y está en contacto directo con el exterior, aísla el ambiente interior del ambiente exterior. Gordon (2011), la envolvente, piel o membrana, capaz de proteger su interior, actuar como filtro del sol o el viento, mejorar las condiciones térmicas interiores, ser vegetal e incluso, ser móvil y tecnológica.

#### Características de las envolventes arquitectónicas

Al respecto la superficie de las envolventes contemporáneas, están integradas a las tecnologías contemporáneas de diseño, a específicos softwares (el maya, 3 Ds Max, Catia), que coordinan y sintetizan múltiples parámetros de datos en configuración de flujo suave, dúctil.

- Una de característica clave en estas tecnologías de diseño es que su procedimientos y técnicas son para un diseño genérico, no solamente para el uso arquitectónico, por lo que es aplicados en distintos escenarios: por Audi para el diseño de sus autos, por la Apple para las Mac, y también en las animaciones cinematográficas y en el diseño industrial y gráfico. En este sentido el pensamiento paramétrico, ocasiona la metamorfosis en la mentalidad de los ser humanos entre la búsqueda de un fin formal estático y concreto, y el diseño concienzudo de los factores y las etapas que utilizamos para alcanzar a él. Con la aplicación de algoritmos y medios computacionales avanzados no para dibujar formas, sino para producir

posibilidades formales, el resultado no se trata de producir una solución, sino una familia de posibles soluciones. Es la modificación entre utilizar el software de dibujo no como herramienta de representación, sino como medio de diseño (Morales, 2012).

- La superficie es un elemento importante para las nuevas envolturas y esto se refleja en la acumulación de tecnologías y efectos de modelos de diseño, como el "muro cortina" como generalidad del movimiento moderno donde existía una continuidad de concepción entre la envolvente, el espacio y la estructura, y en el caso de las nuevas envolventes están generalmente desmembradas de cualquier soporte, produciendo una nueva jerarquía, Pita (2009). Las nuevas superficies contienen un elevado nivel de autonomía, a tal punto que las envolventes contemporáneas no intentan diferenciar lo externo de lo interno o lo privado de lo público, sino que funcionan como trastornadores que alteran estas distinciones. Las envolventes de las edificaciones flotan en forma separada, en un estado de suspensión (fondo/figura, dentro/fuera o privado/público), son membranas suavizadas y neutras, y son superficies activas y animadas.
- Producen conjunciones entre experiencias estéticas y el abstracto sistema contemporáneo globalizado; estos vínculos se originan como articulada triangulación entre espacio social/arquitectura/ historicidad, Pita (2009).

La morfología geométrica de las envolventes arquitectónicas está apoyada en la geometría para separar, "descomponer un todo en sus partes simples". En la historia de la naturaleza existe una ley universal: "solo sobreviven las especies que se encuentran en armonía con su entorno, en equilibrio con los materiales que las rodean y adaptadas a todas las fuerzas, internas o externas, a las que se encuentran expuestas" (González 2009, p.41).

## METODOLOGÍA

La investigación tiene un enfoque cualitativo con un tipo de investigación descriptiva-analítica y un diseño bibliográfico, no experimental. Las unidades (población) de análisis objeto de observación están compuestas por las fuentes bibliográficas. El estudio utilizó como técnica revisión bibliográfica. Por esta razón se establece, a manera descriptiva las fases de dicho estudio, que se articula con el objetivo de la investigación:

**Fase 1 discusión desde los autores:** levantar las fuentes bibliográficas sobre el fenómeno de estudio para la discusión o debate con las revisiones críticas de la información teórica con la finalidad de confirmar, matizar o refutar los objetivos del estudio.

**Fase 2 desde la fenomenología:** dado que desde el enfoque fenomenológico se podrán identificar y caracterizar la variable de estudio.

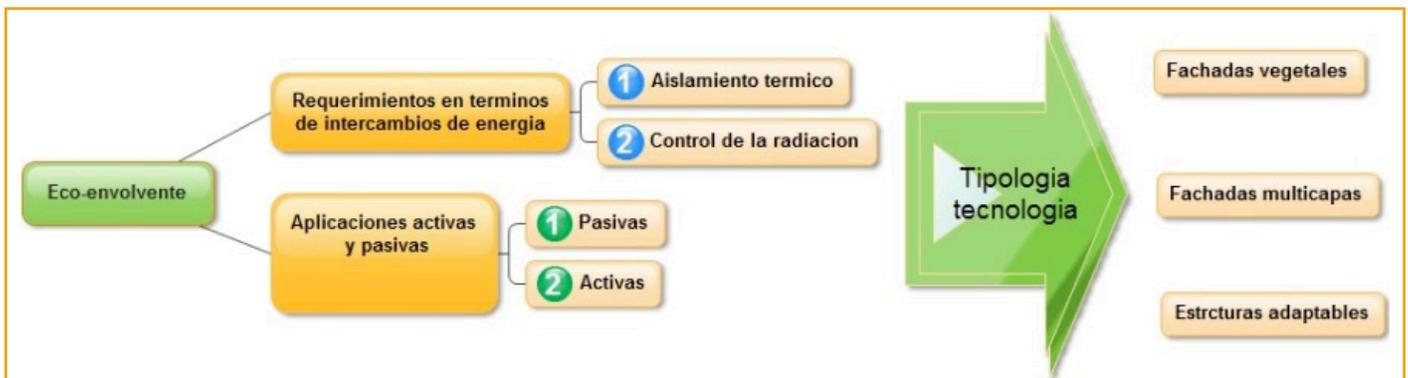
**Fase 3 resultados:** análisis de los resultados obtenidos con la aplicación de los instrumentos al objeto de estudio.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las pieles de las edificaciones deben ser más que un elemento decorativo tiene que resolver los problemas de seguridad, de intercambio de energía, estanqueidad, humedades y de condensaciones, manejo de residuos, mantenimiento, construcción y estética, bajo los parámetros de la construcción sostenible. La clasificación de las envolventes está liderada por dos entradas: por el sistema constructivo entre vidriada y opaca, y por otra su acondicionamiento a los principios físicos de intercambio de energía y agua entre el interior y exterior de las edificaciones.

Requerimientos en términos de intercambio de energía, la capacidad que tienen las envolventes para controlar el intercambio de energía se conoce como protección térmica, definiéndose como la capacidad para tratar de evitar que los fenómenos negativos por una disminución calorífica excesiva de calor generen daño al confort de los usuarios o instalaciones, Schmitt citado en Sánchez (2013).

Este proceso se genera por el intercambio físico de dos cuerpos en contactos y están a diferentes temperatu-



**Figura 1:** Esquema de clasificación de los sistemas de envolvente. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

ras, por esta razón estos cuerpos tratan de equilibrar las temperaturas transfiriéndose calor entre sí. Este fenómeno no se puede evitar del todo, pero si se puede modificar la intensidad y la durabilidad del mismo, es aquí donde la envolvente juega su papel de importancia. La forma en que se intercambia energía en un edificio se puede determinar que los sistemas constructivos modifican la intensidad y duración de este fenómeno que se fundamenta en tres aspectos:

El aislamiento térmico, es la utilización de materiales con una elevada resistencia térmica, que busca reducir el flujo de energía mediante el cerramiento donde se incorpora, las propiedades de estos materiales dependen del tipo de producto que son generados por elementos reciclados o naturales, plásticos y los derivados del petróleo, lo importante es el nivel de transmitancia térmico siendo este el factor controlador del intercambio entre el exterior e interior.

Esta envolvente depende del espesor del mismo y la conductividad del material, la relación entre estos dos parámetros es la resistencia del material. Este sistema conductivo debe ser multicapa, y puede ser vidriado u opaca, los parámetros térmicos necesarios para el adecuado funcionamiento de las envolventes:

- Minimizar el intercambio de energía, reteniendo la energía interior del edificio para evitar el intercambio.
- Controlar las temperaturas de las superficies que conforman la envolvente, impidiendo la condensación y evitando temperaturas elevadas en el interior.

- Utilizar materiales con elevadas resistencias térmicas.
- Para una mayor eficiencia, en los sistemas constructivos el aislante térmico se debe colocar en el exterior de la envolvente, de esta manera tendrá mayor contacto con el exterior y retrasará el intercambio térmico, Sánchez (2013).

Control de la radiación solar, los sistemas envolventes deben controlar las diferencias de temperaturas interior y exterior, pero también tiene que funcionar como protector solar (radiación solar), que se transforma en flujos de calor. La radiación solar, tiene una variedad de efectos sobre los sistemas constructivos de las envolventes verticales, para las superficies opacas la radiación solar es menor que las superficies vidriadas, esto como consecuencia de la transmitancia de los materiales opacos es menor.

Estos sistemas de envolventes se presentan tanto en vidriadas como opacas con diferentes estrategias, pero para los climas tropicales se debe evitar las ganancias solares para proteger los espacios interiores se recalcante y tengamos que utilizar sistemas mecánicos para enfriarlos.

- Aplicaciones activas y pasivas para las envolventes: las envolventes no solo constan de la piel que envuelve al edificio, sino también está conformada por los elementos que ayuden a controlar sus intercambios con el exterior. Estos elementos pueden ser pasivos o activos, esto significa que utilizan o no energía para para su trabajo, Sánchez (2013).

- Aplicaciones pasivas, en las envolventes arquitectónicas en su gestión no utilizan energía o agua para trabajar, estos elementos se clasifican en:

### Gestionar el intercambio de energía

Protección contra la radiación solar, se entiende por el apantallamiento de la superficie exterior, en especial de las ventanas, para controlar una excesiva irradiación solar o deslumbramiento, estos sistemas presentan limitantes: el objetivo de tener visuales directas y nítidas al exterior, y la gestión de luz diurna en el interior. Por esta razón al momento de realizar el diseño se debe estudiar estas variables (posición, dimensión y diseño).

### Gestionar el intercambio de agua

Estos sistemas de envolventes son los que permiten la recolección de agua lluvia para luego reutilizarla dentro del sistema de aguas grises del edificio. Estos sistemas parten desde los más sencillo conformado por tanques de recopilación que estén conectados a los drenajes de agua lluvia, hasta los sistemas más complejos, donde la geometría de las envolventes se diseña con una inclinación mayor para tener un aprovechamiento al máximo de este recurso.

Aplicaciones activas, se clasifican tomando en consideración el objetivo que tiene la utilización de las mismas en cuanto al comportamiento de la edificación. Lo que hace activo a estos elementos es la necesidad de utilizar energía para su puesta en marcha. Estos se clasifican en:

- Producción de energía, estos sistemas están conformados por mecanismos de producción de energía renovable directamente en el diseño de la envolvente arquitectónica, dentro de ellos podemos encontrar sistemas que utilizan la radiación solar o la velocidad del viento para generar energía (fotovoltaicos, solar térmicos o eólicos en las fachadas). Los sistemas pueden ser sencillos, solo integrándolos a la morfología del edificio, en superficie que no está utilizadas y en las orientaciones donde su producción sea mejor; o de mayor complejidad donde se diseña la morfología de la envolvente para alcanzar un máximo beneficio en la producción energética, Sánchez (2013).

- Adaptación al clima activo, es la habilidad de los sistemas envolventes para adaptarse a la variación de las condiciones del clima de su territorio, soportado en sistemas secundarios que funcionan con un mínimo de energía para activarse, mediante mecanismos electrónicos, sensores o motores, pero siendo una desventaja por el mantenimiento de sus elementos en comparación con los sistemas pasivos.
- Sistemas fotovoltaicos, son los sistemas de envolventes que contiene materiales que tienen una respuesta química que descontamina el medio ambiente. La clasificación de estos sistemas de fundamenta sobre el sobre los procesos constructivos y los revestimientos (Sánchez, 2013).
- Tipología constructiva, es la caracterización de la materialización de las envolventes arquitectónicas a partir de requerimientos en términos de intercambio de energía y aplicaciones activas y pasivas, se clasifican de la siguiente manera:

### Fachadas vegetales

Son fachadas con constituidas por muros cortinas vegetal y jardines verticales, ocasionando una respuesta térmica variable según las condiciones climáticas exteriores. En el siglo pasado las enredaderas y demás especies trepadoras eran utilizadas como elemento decorativo, en la actualidad se tienen como concepción del vegetal como un material vivo. Su función es transformarse en un elemento refrigerante del aire próximo a la superficie vegetal, y también funciona como aislante orgánico.

La vegetación absorbe y refleja parte de la radiación solar, sin permitir el recalentamiento del aire que lo rodea, por su ventaja de mantenerse a temperaturas cercanas al ambiente. La rehabilitación del aire de los espacios interior se produce como consecuencia del proceso de fotosíntesis, por el que se absorbe dióxido de carbono y se suministra oxígeno a la atmosfera.

#### Tipología de fachadas verdes:

- Sistemas ligados al suelo, está conformado por las trepadoras o enredaderas, son el conjunto de plantas que no se mantiene erguida por su misma y necesitan de un soporte para

elevarse (otra planta, muro), para ellos puede utilizar órganos como raíz adhesiva o enroscarse alrededor del soporte. Como parámetro se debe utilizar superficies de envolvente dura, resistente, no separable, sin junta, sin fisura. También es necesario usar estructuras de madera o metálica fijada a fachada como soporte para conformar el muro verde.

- Sistemas ligados al muro, este sistema está conformado por módulos de celdas drenaste esta formados por paneles de polipropileno que se ligan al muro y necesitan de un riego automático, contiene dos capas. La estructura que conforma estos sistemas de metal, materiales sintéticos, y utiliza geotextiles. Aparte del sistema de riego automático, requieren alimentación con nutrientes y cuidado intensivo, originando un costo más elevado. Su mayor ventaja es la flexibilidad de los módulos con respecto al emplazamiento en la fachada, y se pueden dividir: sin sustrato, fachada verde que debe soportar todo el peso del agua, está compuesta de estructura, plantas, geotextil. Con sustrato, fachada verde utiliza el sustrato como base de vegetación para las plantas, revista Conalep (2013).
- Fachada vegetal translucido, es un sistema constructivo que funciona como ventilación higiénica, ventilación térmica y protección solar, contiene tres capas o subsistemas correlativos. Capa interior: está integrada por ventanas de carpintería metálica; capa intermedia vegetal: sistema vegetal vertical compuesto por jardinería metálica con sistema de riego automático por inmersión y control por temporizador; capa exterior: cerramiento basado en un entramado simple compuesto por un elemento sólido.

Entre las ventajas de este sistema se encuentra las siguientes:

1. Tiene poco consumo de agua y de nutrientes.
2. Puede utilizarse directamente aguas grises en el riego.
3. Se puede utilizar como una forma eficaz de reciclar las aguas grises.

4. Tiene poca necesidad de mantenimiento.
5. Tiene precio asequible.
6. La estructura necesaria es muy sencilla.
7. Su instalación es muy rápida.
8. Permite que una misma envolvente se integren varios materiales.

### Envolventes multicapas

Las envolventes arquitectónicas como superficie rígida o hueca, en la actualidad existen una evolución en la función, tecnología y morfología de superficie, gracias al desarrollo de la tecnología. Estos cerramientos deben responder a los diferentes desafíos de flujo energético, control de accesos, control acústico, y pueden ser opacos, transparentes o vanos, mezclados con la utilización de diversas capas de piel donde cada una cumple una función específica de manera eficaz.

La finalidad de cada capa es aportar a los sistemas de envolventes sus propiedades específicas que van desde el valor estético de una piedra natural, un metal con un atractivo acabado o el valor aislante de una cámara de aire, hasta las más complejas propiedades de algunos vidrios que funcionan como filtro de la radiación solar, o de ondas electromagnéticas o de todos estos fenómenos al mismo tiempo, Marshall (2001). Algunos criterios de las envolventes multicapas:

- Principio de ventilación: por nivel individual, por varios niveles, por extracción superior o por combinación por conductos, natural en forma permanente o regular o mecánica con aire interno o exterior circulatorio
- Distancia de espacios entre las envolventes.
- Grado de transparencia y control solar, Marshall (2002).

Tipologías de fachadas multicapas:

- interfase hueca: el paradigma ocasionado por la arquitectura contemporánea de la materialización del hueco generando soluciones en muro cortina o vidrios suspendidos, conlleva a posibles soluciones con un elevado valor eco-

nómico y medioambiental elevado para lograr las demandas energéticas, lumínicas y acústicas. Las principales funciones del hueco por ser transparente y practicabilidad del proceso de la luz y la visual (captación de ventilación e iluminación natural), su contacto directo entre el interior y exterior de las edificaciones hace que las demandas de las funcionales y constructivas sean rigurosas e obligatorios a las necesidades del confort de los usuarios en los espacios interno. Para alcanzar los beneficios de este sistema se debe diseñar en relación al lugar y orientación, proporción, geometría y uso, a las condiciones climáticas del contexto. Su constante exposición a la radiación solar debe ser controlada con elementos que originen sombras, el hueco es un sistema que rompe con la continuidad de la envolvente. El objetivo principal del sistema es reducir las ganancias solares para minimizar la refrigeración de los espacios, en algún caso se confunde con los protectores solar (persianas, pérgolas), pero se distingue por su carácter fijo y su capacidad de producir el efecto de estanterías de luz, en la mayoría de los proyectos es utilizados formando una doble piel, Alvarenga (2013).

- Interfase ligera: los últimos años las fachadas ligeras son las representantes de la tecnología y la innovación en la construcción de los edificios convencionales. La evolución de los sistemas para la construcción de envolventes ligeras ha respondido en forma paralelo la técnica, la forma y las prestaciones. La fachada ligera es una tecnología flexible lo que permite al diseñador personalizar el estilo arquitectónico de la envolvente (creatividad). El vidrio es uno de los materiales más típicos y fascinantes heredado del estilo moderno, produciendo un nuevo dialogo desde el interior con el exterior y su volumen con el interior, ha dejado de ser estrictamente la frontera y filtro entre el exterior e interior de los espacios, tomando nuevas funciones estéticas, funcionales y ambientales y con una nueva imagen más tecnológica del proyecto. Pero el vidrio no es el único material para estos sistemas de cerramientos, Ferres (2012), como los siguientes: paneles ciegos en acero vitrificada (acero inoxidable, acero cor-

ten, cobre, aluminio), placas de vidrios opaco, todos estos elementos están fijados por medio de anclajes a la fachada por medio de estructuras (tramas) de aluminio o metálica que soporta la placa o los vidrios, Manual de introducción al proyecto arquitectónico (2005).

### Envolventes de estructuras adaptables

Se identifican por contar con su propio régimen de funcionamiento. Estos edificios tienen su propia estación meteorológica que es la encargada de transmitir y almacenar toda la información de los cambios climáticos, lo que produce que el edificio ajuste el comportamiento ambiental de sus espacios internos y en el sistema de envolventes a las condiciones climáticas. Al mismo tiempo los usuarios poseen el control directo de los diferentes espacios del edificio respecto a los factores ambientales (luz, ventilación).

El funcionamiento del edificio y la fachada trabajan juntos en estrecha colaboración, es cuando el filosofar arquitectónico debe hablar de mecanismos que piensa por sí mismo y que pueden establecer diferentes funciones del edificio. Las envolventes adaptables están conformadas por nuevas funciones y materiales de alta tecnología como los siguientes:

- Funciones integradas, es un nivel avanzado de integración de sistemas mecánicos y de servicios dentro de un sistema envolvente. Su funcionamiento puede ser de manera manual o automatizada por medio de sistemas computarizados, que son regulados de acuerdo a las condiciones climáticas exteriores y ángulos de incidencia solar, Quintana (2012). Dentro de esta categorial, está la envolvente arquitectónica como generadora de energías renovables por medio de sistemas de fachadas dinámicas en edificaciones rehabilitadas o en obras de nueva construcción. La producción de su propia energía mediante la incorporación de paneles solares de tipo fotovoltaico, estos elementos presentan un impacto estructural sobre los apoyos por su peso y por la resistencia que oponen a la fuerza del viento, generando un sistema envolvente con aspecto estético tecnológico, en algunos proyectos se adosan a la superficie del cerramiento, Ferrater (2012).

Material el “ETFE” nuevo material para las fachadas. Sus características principales su poco peso, resistencias mecánicas elevadas, su bajo costo, la flexibilidad formal y su alta durabilidad. Las ventajas de utilizar el ETFE en los proyectos arquitectónicos son las siguientes:

1. Ni los rayos UV, ni los agentes de polución atmosférica afectan al material.
2. Es químicamente inerte y tiene una vida excepcionalmente larga.
3. Las superficies extrusionadas de las membranas son absolutamente lisas y evitan activamente la suciedad o se peguen las algas debido a su estructura molecular.
4. En climas con lluvia, la capa exterior se limpia por sí sola por acción de la lluvia.
5. En ambientes arenosos y polvorientos, el bajo coeficiente de fricción evita la suciedad y que el polvo se adhiera a la superficie.
6. Al coque los sistemas de cerramientos tradicionales los movimientos térmicos y estructurales se adaptan a lo largo del cerramiento flexible.
7. El bajo peso de láminas de ETFE y lo perfiles de fijación son una ventaja que comporta un ahorro importante en estructuras Gargallo (2012).

## CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación y tomando en cuenta los resultados que permitieron analizar las tipologías de las envolventes arquitectónicas en las edificaciones sostenibles, se presentaron las conclusiones.

Las estrategias bioclimáticas de orientación, forma y deformación geométrica, y los materiales y sistemas constructivos componen las tipologías en los sistemas de cerramiento en las edificaciones contemporáneas. Sin embargo, la estrategia de materiales y sistemas constructivos prevalece sobre la orientación, y forma geométrica, ya que el envolvente arquitectónico está representada por materiales constructivos que pertenecen al entorno local, por la reducción de los residuos constructivos y tóxicos, y por la optimización de los costos/beneficios del proyecto, aspecto importante para el área ambiental.

Los factores de diseño de los cerramientos arquitectónicos son funcionales, tecnológicos y ambientales. Con respecto al factor funcional del sistema de envolvente arquitectónica determina que todas las funciones de los cerramientos de una edificación deben tener un desempeño como protección o mitigación de las diferentes condiciones climáticas exterior, y responder al confort térmico de los usuarios.

El Factor tecnológico de los sistemas cerramientos de las edificaciones, se debe identificar la calidad y ciclo de vida de los materiales, como el aspecto fundamental para el diseño arquitectónico, lo que produce un alto grado de creatividad para alcanzar envolventes sostenibles.

En relación con el factor ambiental, los sistemas envolventes tienen como tarea principal el ahorro energético, permitiendo el control pasivo de las ganancias térmicas en las superficies mejorando las condiciones internas, produciendo el confort térmico sin la necesidad de utilizar maquinas térmicas, aplicando componentes de diseño, materiales, especies y tecnologías disponibles en el ámbito local.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cotec. (2013). Innovación tecnológica. Ideas básicas. Editorial: Fundación para la innovación tecnológica. España. Documento en línea. Disponible: <http://www.costec.es>. (Consulta 2013, noviembre 05).
- Gordon, K. (2011). Nuevos materiales: pieles y envolventes. Recuperado de <http://www.plataformaarquitectura.cl/tag/envolventes/>.
- González, M. (2009). Morfología geométrica de envolvente arquitectónica como elemento de control térmico. Tesis de maestría. Instituto politécnico nacional. México.
- González, P. (2010). El clima y principios de diseño arquitectura bioclimática en los andes tropicales. Tesis de maestría. Universidad de Catalunya. España.
- Hobaica, M. (2005). Edificaciones energéticamente eficientes en un marco integral de habitabilidad. Revista tecnología y construcción IDEC/FAU-UCV.
- Hernández, S. (2013). La piel que se habita. Recuperado de <http://www.eldictamen.mx/movil/nota.php?id=29566>

- Hernández, V. (2002). La habitabilidad energética en edificios de oficinas. Tesis de doctoral. Universidad de Catalunya. España.
- James y James (2010). Un Vitrubio ecológico principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Editorial: Gustavo Gill.
- Jiménez, H. (2005). Sostenibilidad en España 2012. Capítulo especial energía sostenible para todos. Documento en línea. Disponible en <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0637061.pdf>. (Consulta 2013, octubre 15).
- Marshall, G. (2001). El cerramiento de los edificios del tercer milenio: envolventes de múltiples capas. Recuperado de <http://www.estudiommarshall.com/resources/El+cerramiento+de+los+edificios+del+Tercer+milenio.pdf>
- Morales, L. (2012). Arquitectura paramétrica en envolventes complejos en base a modelos de experimentación en el diseño arquitectónico. Revista de arquitectura e ingeniería. Vol. 16, nº3. Matanzas, Cuba.
- Pita, R. (2009). Las envolventes mediáticas ¿o mediciones? Revista diseño síntesis. Universidad Autónoma metropolitana. ISSN 1666-1294.
- Ramírez, L. (2013). Aseguran que Venezuela presenta 10 años de atraso en investigación científica y tecnológica. Recuperado de <http://www.noticias24.com/tecnologia/noticia/17322/aseguran-que-venezuela-presenta-10-anos-de-atraso-en-materia-de-investigacion-cientifica-y-tecnologica/>
- Sánchez, M. Martí, N. (2013). La envolvente como estrategia de diseño sostenible. Revista entre rayas. N° 99.
- Sosa, M. (2004). Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico. Caracas, Venezuela.
- Varini, C. (2009). Envolventes arquitectónicas: nueva frontera para la sostenibilidad energética-ambiental. ¿Cuáles modelos y cuáles aplicaciones? Revista de arquitectura y+ alarife. Universidad Piloto de Colombia. N° 17, p.81. Issn 1657-6101.
- Varini, C. (2013). Ecoenvolventes I+D arquitectónicas con alto desempeño térmico y bajo impacto ambiental para zonas geoclimática tropicales. Revista informes de la construcción. Vol. 65. Issn 0020-0883.
- Villa, F. (2009). Construcciones verdes. Revista de arquitectura y+ alarife. Universidad Piloto de Colombia. N° 17, p.42. Issn 1657-6101.