



MAESTRÍA EN HÁBITAT SUSTENTABLE



FACULTAD DE CREACIÓN Y HÁBITAT  
DEPARTAMENTO DE ARTE, ARQUITECTURA Y DISEÑO

Francisco Alberto Quiñónez Mosquera

# MODELO ESTRATÉGICO DE DISEÑO para Hábitats Sostenibles y Sustentables (HSS)

LINEAMIENTOS, ESTRATEGIAS, METODOLOGÍA Y  
EVALUACIÓN APLICADA A UN PROYECTO  
ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE EN COLOMBIA



2025

## RESUMEN

Este libro presenta un modelo integral para **hábitats sostenibles y sustentables “HSS”** para el diseño de arquitectura en Colombia, fundamentado en los determinantes ambientales del territorio y orientado a mejorar la habitabilidad, el desempeño ecológico y la coherencia sociocultural de los proyectos a lo largo del ciclo de vida del hábitat. La propuesta se estructura en cuatro fases articuladas: **lineamientos, estrategias, metodología y evaluación** del desempeño, que verifica la eficiencia ambiental y la viabilidad técnica del hábitat construido. Esta metodología se contrasta y valida mediante un caso de estudio real: un Hábitat Rural Sustentable ubicado en la llanura aluvial de la cuenca media del río Ocoa, en Villavicencio, un territorio con alta sensibilidad hídrica y ecológica donde el Modelo **HSS** demuestra su capacidad para orientar proyectos arquitectónicos responsables, replicables y adaptados al contexto colombiano.

## ABSTRACT

This book introduces a comprehensive model for sustainable habitats (HSS) for the design of sustainable architecture in Colombia, based on the territory's environmental determinants and aimed at improving habitability, ecological performance, and the sociocultural coherence of projects. The proposal is structured in four interconnected phases: guidelines, strategies, methodology, and performance evaluation, which verifies the environmental efficiency and technical feasibility of the built habitat. This methodology is tested and validated through a real-world case study: a Sustainable Rural Habitat located in the alluvial plain of the middle basin of the Ocoa River, in Villavicencio, a territory with high water and ecological sensitivity where the HSS Model demonstrates its capacity to guide responsible, replicable architectural projects adapted to the Colombian context.

## EL AUTOR

**Francisco Alberto Quiñónez Mosquera** es arquitecto, especialista en planeación ambiental y construcción sostenible, con amplia experiencia en diseño, análisis territorial y construcción de edificaciones bioclimáticas en guadua, madera y técnicas con tierra.

Su trayectoria combina investigación ambiental, lectura multiescalar del territorio y técnicas de bioconstrucción adaptadas a los ecosistemas tropicales.



Participó como ejecutor del pabellón de Colombia en el **Smithsonian Folklife Festival 2011**, donde la guadua se presentó como expresión cultural, estructural y ecológica del país. Es fundador y director de **ArquiGuadua**, proyecto financiado y posteriormente condonado por el **Fondo Emprender (SENA)** gracias a su contribución social y ambiental. La empresa ha sido reconocida por **Cormacarena** dentro del programa **Negocios Verdes**, validando su aporte a la sostenibilidad regional participando en **Bioexpo**, la principal vitrina de negocios ambientales del país, impulsando innovaciones basadas en materiales naturales y bajo impacto ambiental.

Ha desarrollado procesos formativos de construcción resiliente con estudiantes universitarios, instituciones educativas y comunidades vulnerables, promoviendo capacidades locales y formación técnica en materiales naturales. Su labor se centra en la correcta implantación del hábitat en el entorno, articulando clima, agua, suelo, ecología y cultura en metodologías de diseño sustentable aplicadas a contextos rurales colombianos. Este libro reúne esos conocimientos en una propuesta multiescalar para comprender y transformar el territorio desde el hábitat.

## SALVEDAD TÉCNICA

*Este manuscrito conserva trazabilidad completa de autoría mediante registros de versiones y control documental del proceso editorial. Las herramientas de inteligencia artificial (ChatGPT y Google Gemini) fueron empleadas únicamente como apoyo para tareas de síntesis, depuración narrativa y organización discursiva, sin intervenir en la generación conceptual ni en las decisiones metodológicas del autor. Las imágenes y fotografías están marcadas con su respectivo logotipo de creación: aquellas generadas mediante IA están identificadas como tal, y las derivadas de bocetos, diagramas o material propio del autor conservan su marca correspondiente. El autor utiliza ilustraciones infográficas e iconográficas contrastadas con textos explicativos para fortalecer un entorno didáctico y técnico orientado a la comprensión integral del modelo presentado. Todo el contenido gráfico y textual mantiene coherencia técnica y propiedad intelectual conforme a las directrices definidas por el autor.*



## PRIMERA PARTE

# FORMULACIÓN MODELO ESTRATÉGICO DE DISEÑO HSS

Este libro formula el Modelo Estratégico de Diseño HSS (Hábitat Sustentable y Saludable) como un sistema metodológico integrado para diseñar, construir y operar arquitectura sustentable en Colombia, articulando variables ambientales, técnicas y operativas a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

El modelo se estructura como un **proceso continuo, verificable y replicable**, organizado en cuatro etapas secuenciales —**Prediseño, Diseño, Construcción y Operación**— y sustentado en cinco ejes estratégicos:

**Desarrollo Sostenible del Sitio, Gestión Integral del Agua, Gestión Integral de Energía y Atmósfera, Gestión Integral de Materiales y Recursos, y Calidad Ambiental Interior.**

La formulación del HSS se apoya en el análisis multiescalar del territorio (clima, agua, suelo y ecosistemas), en principios de diseño bioclimático y eficiencia pasiva, en criterios de economía circular y trazabilidad de recursos, y en protocolos de monitoreo y mejora continua durante la operación.

A diferencia de enfoques centrados exclusivamente en el diseño o la certificación, el modelo HSS integra **matrices de decisión, estrategias operativas y manuales técnicos**, permitiendo traducir los lineamientos de sostenibilidad en acciones concretas, medibles y replicables, desde la concepción del proyecto hasta su uso a largo plazo.

Esta formulación establece el marco conceptual y metodológico a partir del cual se desarrollan el diagnóstico ambiental, las matrices HSS, los manuales por etapa y la evaluación aplicada mediante un caso de estudio.



# INTRODUCCIÓN

La arquitectura y la vivienda en Colombia enfrentan un escenario de creciente presión ambiental, climática y territorial, caracterizado por la degradación de ecosistemas estratégicos, el aumento del consumo de recursos y la baja eficiencia operativa de las edificaciones a lo largo de su vida útil.

A pesar de los avances normativos y del uso creciente de enfoques de sostenibilidad en el diseño, persiste una brecha significativa entre el desempeño proyectado y el comportamiento real de los edificios, especialmente durante las etapas de construcción y operación. Esta brecha se asocia, en gran medida, a la fragmentación entre análisis ambiental, diseño arquitectónico, ejecución técnica y gestión operativa.

En este contexto, se identifica la necesidad de un modelo metodológico integrado que permita articular de manera coherente el territorio, el proyecto arquitectónico y su operación en el tiempo, superando enfoques parciales centrados exclusivamente en la certificación o el diseño. El Modelo Estratégico de Diseño HSS surge como respuesta a este vacío, proponiendo una estructura verificable y replicable que conecta diagnóstico, matrices de decisión, estrategias operativas y manuales técnicos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.



# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Formular y estructurar el **Modelo Estratégico de Diseño HSS (Hábitat Sustentable y Saludable)** como un sistema metodológico integrado que permita **diseñar, construir y operar arquitectura sustentable en Colombia**, articulando variables ambientales, técnicas y operativas a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Definir un marco metodológico** que integre diagnóstico ambiental y territorial, matrices de decisión y estrategias operativas, aplicable desde el prediseño hasta la operación.
- **Estructurar un sistema de diagnóstico multiescalar** (territorial, ecosistémico y predial) orientado a identificar variables críticas como insumo directo para la toma de decisiones.
- **Desarrollar matrices HSS por eje estratégico** que traduzcan el diagnóstico en criterios técnicos, lineamientos de diseño y acciones operativas verificables.
- **Integrar las matrices HSS en una secuencia operativa** aplicable a las fases de prediseño, diseño, construcción y operación, garantizando coherencia entre intención, ejecución y desempeño real.
- **Verificar la aplicabilidad del modelo** mediante su implementación en un caso de estudio de hábitat sustentable en Colombia.
- **Consolidar el modelo HSS como base para manuales técnicos**, procesos de monitoreo, evaluación y mejora continua del desempeño ambiental y operativo.

## OBJETIVO:

Delimitar el alcance del diagnóstico ambiental y territorial del Modelo HSS, identificando las variables críticas que actúan como **insumo directo para la formulación de matrices de decisión**, sin anticipar soluciones de diseño.

## Componentes del diagnóstico (insumos para matrices HSS):

- **Clima:** temperatura, humedad, radiación solar, viento
- **Agua:** sistemas superficiales, nivel freático, escorrentía, riesgo hídrico
- **Suelo:** capacidad portante, drenaje, saturación
- **Ecosistemas:** coberturas, conectividad ecológica, servicios ecosistémicos
- **Riesgos:** inundación, erosión, pendientes
- **Normativa y restricciones territoriales**

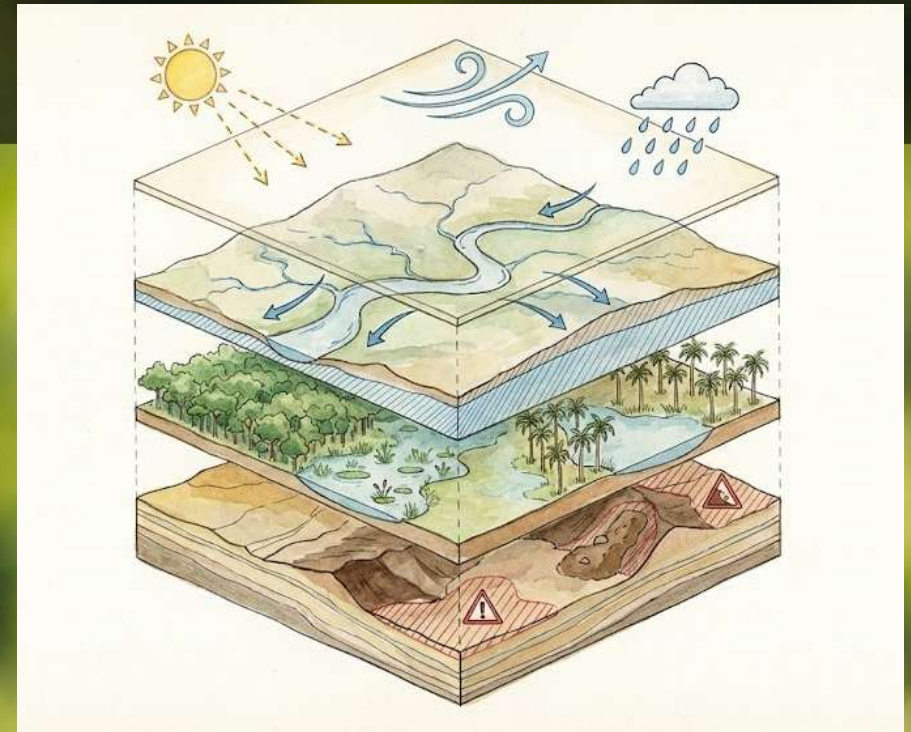
## Matrices HSS derivadas del diagnóstico (una por eje estratégico):

- **Matriz Diagnóstico** → **Prediseño** (integrada)
- **Matriz Energética HSS** (ya muy bien encaminada)
- **Matriz Hídrica HSS**
- **Matriz Integrada HSS** (síntesis final)

## SEGUNDA PARTE

# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y TERRITORIAL

El diagnóstico constituye la base técnica y territorial del Modelo Estratégico de Diseño HSS. En esta etapa se analizan de manera integrada las condiciones ambientales, climáticas, hidrológicas, edáficas y ecosistémicas del sitio, así como los riesgos y restricciones normativas que inciden sobre el proyecto. A diferencia de diagnósticos convencionales fragmentados, el enfoque HSS articula múltiples escalas —regional, territorial y predial— con el fin de identificar oportunidades, limitaciones y relaciones críticas entre el territorio y el hábitat construido. Los resultados del diagnóstico no se presentan como información descriptiva aislada, sino como insumos directos para la construcción de matrices de decisión, lineamientos de diseño y criterios técnicos aplicables en las fases de prediseño, diseño, construcción y operación.



## OBJETIVO:

Delimitar el alcance del diagnóstico ambiental y territorial del Modelo HSS, precisando las variables analizadas como insumo directo para la formulación de matrices de decisión, sin anticipar soluciones de diseño.

## Componentes del diagnóstico (insumos para matrices HSS):

- **Clima:** temperatura, humedad, radiación solar, viento
- **Agua:** sistemas superficiales, nivel freático, escorrentía, riesgo hídrico
- **Suelo:** capacidad portante, drenaje, saturación
- **Ecosistemas:** coberturas, conectividad ecológica, servicios ecosistémicos
- **Riesgos:** inundación, erosión, pendientes
- **Normativa y restricciones territoriales**

## Matrices HSS derivadas del diagnóstico (una por eje estratégico):

- **Matriz Diagnóstico** → **Prediseño** (integrada)
- **Matriz Energética HSS** (ya muy bien encaminada)
- **Matriz Hídrica HSS**
- **Matriz Integrada HSS** (síntesis final)

## Síntesis estratégica del diagnóstico ambiental y territorial para la toma de decisiones en prediseño

La Matriz Diagnóstico → Prediseño constituye el instrumento de síntesis estratégica del diagnóstico ambiental y territorial del Modelo HSS.

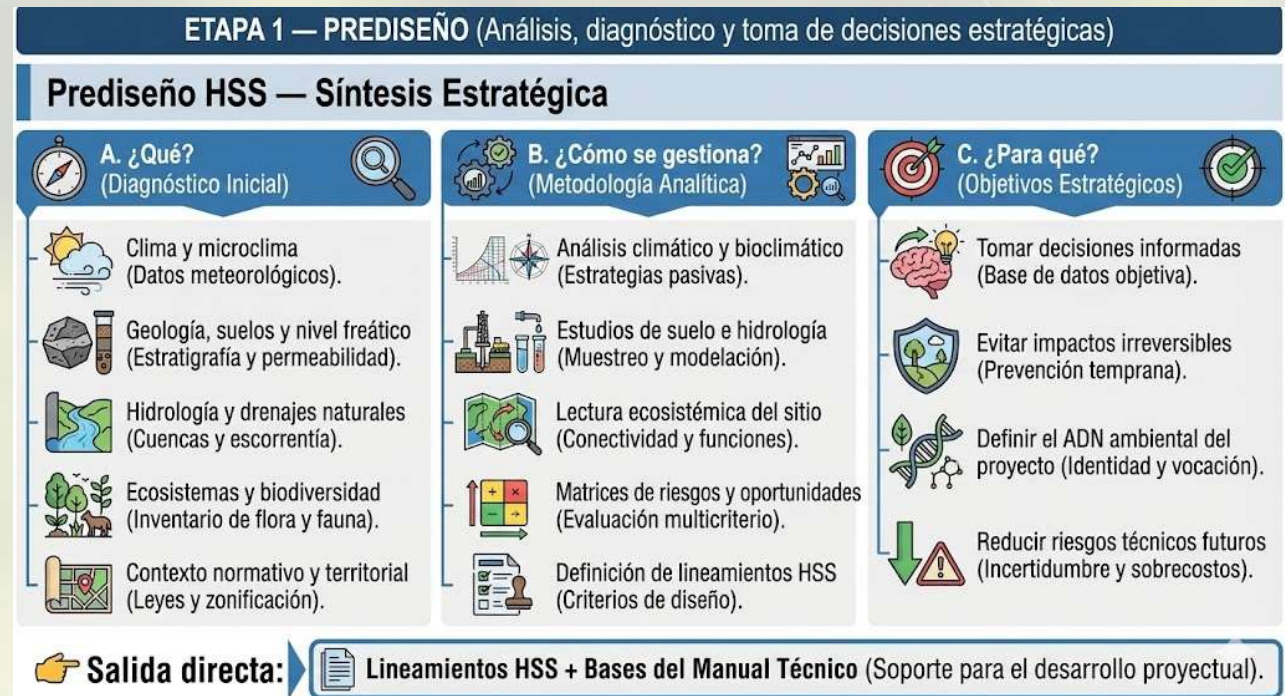
Su función es transformar la información analítica multiescalar —climática, hidrológica, edáfica, ecosistémica, normativa y de riesgos— en criterios objetivos para la toma de decisiones tempranas de diseño.

Esta matriz no formula soluciones arquitectónicas, sino que **delimita el marco de posibilidades y restricciones del proyecto**, permitiendo identificar oportunidades, conflictos y umbrales críticos antes de la definición formal del diseño.

A través de su estructura tripartita (qué se analiza, cómo se gestiona y para qué se utiliza), la matriz articula el diagnóstico técnico con los objetivos estratégicos del proyecto, reduciendo incertidumbre, riesgos técnicos y desviaciones de desempeño a lo largo del ciclo de vida.

### Salida directa:

Lineamientos HSS y bases técnicas del Manual HSS – Etapa de Prediseño.



## 1. Rol del Prediseño dentro del Modelo HSS

### Función estratégica del prediseño

El **prediseño** constituye la **fase fundacional** del Modelo Estratégico de Diseño HSS, en la cual se integran el análisis ambiental, territorial y normativo para orientar la toma de decisiones estratégicas tempranas del proyecto arquitectónico. Su función principal es **traducir el diagnóstico multiescalar del territorio en criterios técnicos verificables**, que delimitan el marco de posibilidades reales del proyecto antes de la definición formal del diseño.

En esta etapa, el modelo HSS **no propone soluciones arquitectónicas**, sino que establece con rigor **las condiciones, restricciones, oportunidades y umbrales críticos** que deben guiar las fases posteriores de diseño, construcción y operación, reduciendo la incertidumbre técnica y los riesgos acumulados a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

### Rol metodológico dentro del Modelo HSS

El prediseño actúa como **nexo estructural** entre el diagnóstico ambiental y territorial y la formulación de lineamientos estratégicos HSS. A través del uso de matrices de síntesis, análisis multicriterio y evaluación de riesgos, esta etapa permite:

- Integrar variables climáticas, hídricas, edáficas, ecosistémicas, normativas y de riesgo en una lectura coherente del sitio.
- Jerarquizar información ambiental relevante para la toma de decisiones tempranas.
- Establecer criterios objetivos que orientan el diseño pasivo, la implantación, la gestión del agua, la eficiencia energética y la selección de materiales.

De esta manera, el prediseño asegura que el proyecto se construya sobre **bases ambientales y territoriales sólidas**, alineadas con los principios de sostenibilidad, resiliencia y desempeño a largo plazo.

### Principio rector

Las decisiones adoptadas en la etapa de prediseño, al estar fundamentadas en evidencia territorial y ambiental verificable, **previenen impactos irreversibles**, evitan sobrecostos técnicos futuros y garantizan coherencia entre el entorno, el proyecto arquitectónico y su operación en el tiempo.

## 2. Objetivo del Prediseño HSS

### Objetivo general

Establecer el marco estratégico, ambiental y territorial del proyecto arquitectónico mediante un proceso de análisis integrado, que permita tomar decisiones tempranas informadas, reducir incertidumbres técnicas y definir las bases ambientales, bioclimáticas y operativas del diseño HSS.

### Objetivos específicos

- Integrar el diagnóstico climático, hidrológico, edáfico, ecosistémico y normativo como insumo directo para la toma de decisiones en fases tempranas del proyecto.
- Identificar oportunidades, restricciones y riesgos territoriales que condicionan la implantación, el diseño y la operación del hábitat.
- Definir el **ADN ambiental del proyecto**, estableciendo criterios de desempeño coherentes con el contexto biofísico y normativo.
- Prevenir impactos ambientales irreversibles mediante la anticipación de conflictos técnicos, ecológicos y territoriales.
- Generar lineamientos técnicos verificables que sirvan de base para las matrices HSS y el desarrollo del diseño arquitectónico.

### Alcance del prediseño

El prediseño HSS **no formula soluciones arquitectónicas** ni define sistemas constructivos específicos.

Su función es **delimitar el campo de posibilidades del proyecto**, estableciendo límites, condicionantes y criterios estratégicos que orientan el diseño, la construcción y la operación del hábitat sustentable.

### 3. Insumos obligatorios del Prediseño

#### Insumos técnicos y ambientales mínimos

##### Clima y microclima

- Temperatura, humedad relativa, radiación solar, régimen de vientos.
- Variabilidad estacional y eventos extremos.
- Archivos climáticos representativos (p. ej., EPW cuando aplique).

##### Hidrología y gestión del agua

- Red hídrica superficial (ríos, caños, drenajes).
- Nivel freático, zonas inundables y escorrentías.
- Riesgos asociados a saturación y anegamiento.

##### Geología y suelos

- Estratigrafía, capacidad portante y drenaje natural.
- Textura, permeabilidad y susceptibilidad a erosión.
- Condiciones de estabilidad del terreno.

##### Ecosistemas y biodiversidad

- Coberturas vegetales y conectividad ecológica.
- Servicios ecosistémicos relevantes.
- Áreas sensibles y de protección.

##### Riesgos ambientales y territoriales

- Inundación, erosión, deslizamientos, pendientes.
- Amenazas naturales y antrópicas.

##### Contexto normativo y territorial

- POT/EOT/PBOT, POMCA y determinantes ambientales.
- Restricciones legales, servidumbres y áreas protegidas.
- Condicionantes urbanísticas y rurales aplicables.

#### Criterio HSS de uso

Los insumos del prediseño **no se presentan como información descriptiva aislada**; se **integran y jerarquizan** para alimentar la **Matriz Diagnóstico → Prediseño**, a partir de la cual se derivan criterios estratégicos verificables para las fases posteriores.

#### Alcance

La ausencia o debilidad de cualquiera de estos insumos **invalida decisiones tempranas** y aumenta la probabilidad de impactos ambientales, sobrecostos técnicos y brechas de desempeño en el ciclo de vida del proyecto.

## 4. Metodología analítica del Prediseño

### Enfoque metodológico

- El Prediseño HSS se fundamenta en un análisis técnico integrado, basado en evidencia territorial, ambiental y normativa.
- La metodología articula análisis cualitativos y cuantitativos, evitando decisiones intuitivas o formales prematuras.

### Herramientas analíticas aplicadas

- Análisis climático y bioclimático (datos históricos, EPW, variables críticas).
- Estudios de suelos e hidrología (campo, cartografía y modelación básica).
- Lectura ecosistémica del sitio (conectividad, servicios ecosistémicos).
- Identificación de riesgos ambientales y territoriales.
- Evaluación multicriterio de restricciones y oportunidades.
- Cruce de variables ambientales y técnicas mediante matrices HSS.

## 5. Resultados esperados del Prediseño

### Resultados estratégicos

- Delimitación clara del **marco ambiental, territorial y normativo** del proyecto.
- Identificación de **condicionantes críticas**, restricciones y oportunidades del sitio.
- Definición del **ADN ambiental y técnico del proyecto**, previo al diseño arquitectónico.
- Priorización de variables ambientales y técnicas relevantes para la toma de decisiones.
- Reducción temprana de **riesgos técnicos, ambientales y económicos**.

### Resultados operativos

Construcción de la **Matriz Diagnóstico → Prediseño**.

Formulación de **lineamientos HSS verificables** para la etapa de diseño.

Establecimiento de **criterios técnicos de desempeño** desde fases tempranas.

Base objetiva para la elaboración del **Manual HSS – Etapa de Prediseño**.

### Criterio HSS de cierre

El Prediseño HSS concluye cuando las decisiones estratégicas del proyecto se sustentan en evidencia territorial y ambiental suficiente, minimizando incertidumbre antes de la definición formal del diseño arquitectónico.

## 6. Salida directa del Prediseño HSS

### Productos técnicos

- Lineamientos HSS del proyecto.
- Criterios ambientales obligatorios de diseño.
- Base del **Manual Técnico HSS**.
- Base técnica del Manual HSS – Etapa de Prediseño.

### Insumos estratégicos para la fase de diseño

- Insumos y criterios para la **Matriz Energética HSS**.
- Insumos y criterios para la **Matriz Hídrica HSS**.
- Insumos y criterios para la **Matriz Integrada HSS**

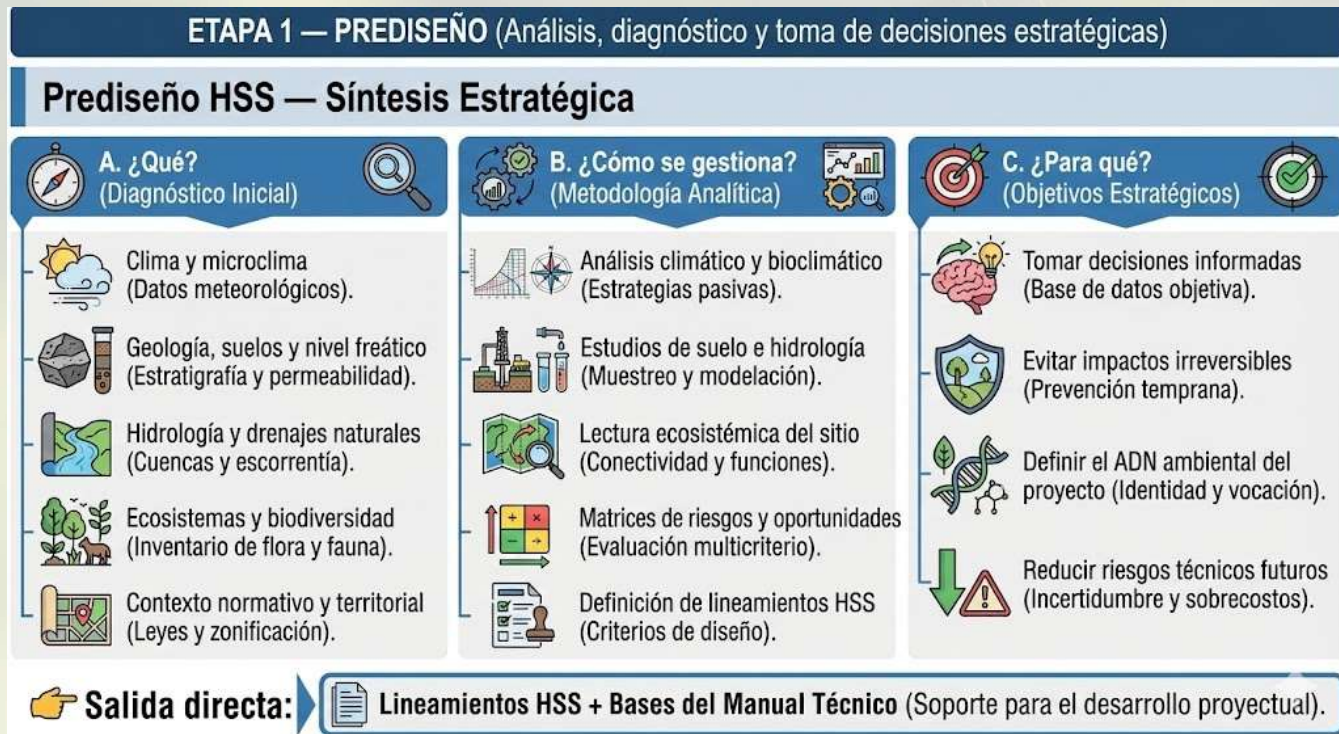
## Síntesis estratégica del diagnóstico ambiental y territorial para la toma de decisiones en prediseño

La Matriz Diagnóstico → Prediseño constituye el instrumento de síntesis estratégica del diagnóstico ambiental y territorial del Modelo HSS.

Su función es transformar la información analítica multiescalar —climática, hidrológica, edáfica, ecosistémica, normativa y de riesgos— en criterios objetivos para la toma de decisiones tempranas de diseño.

Esta matriz no formula soluciones arquitectónicas, sino que **delimita el marco de posibilidades y restricciones del proyecto**, permitiendo identificar oportunidades, conflictos y umbrales críticos antes de la definición formal del diseño.

A través de su estructura tripartita (qué se analiza, cómo se gestiona y para qué se utiliza), la matriz articula el diagnóstico técnico con los objetivos estratégicos del proyecto, reduciendo incertidumbre, riesgos técnicos y desviaciones de desempeño a lo largo del ciclo de vida.



**Salida directa:**

Lineamientos HSS y bases técnicas del Manual HSS – Etapa de Prediseño.

Instrumento estratégico para la toma de decisiones energéticas desde el prediseño hasta la operación.

## Rol dentro del Modelo HSS

La Matriz Energética HSS traduce el diagnóstico climático, territorial y constructivo en criterios energéticos verificables, orientando el diseño pasivo, la eficiencia energética y la integración de energías renovables desde etapas tempranas del proyecto.

## Qué integra

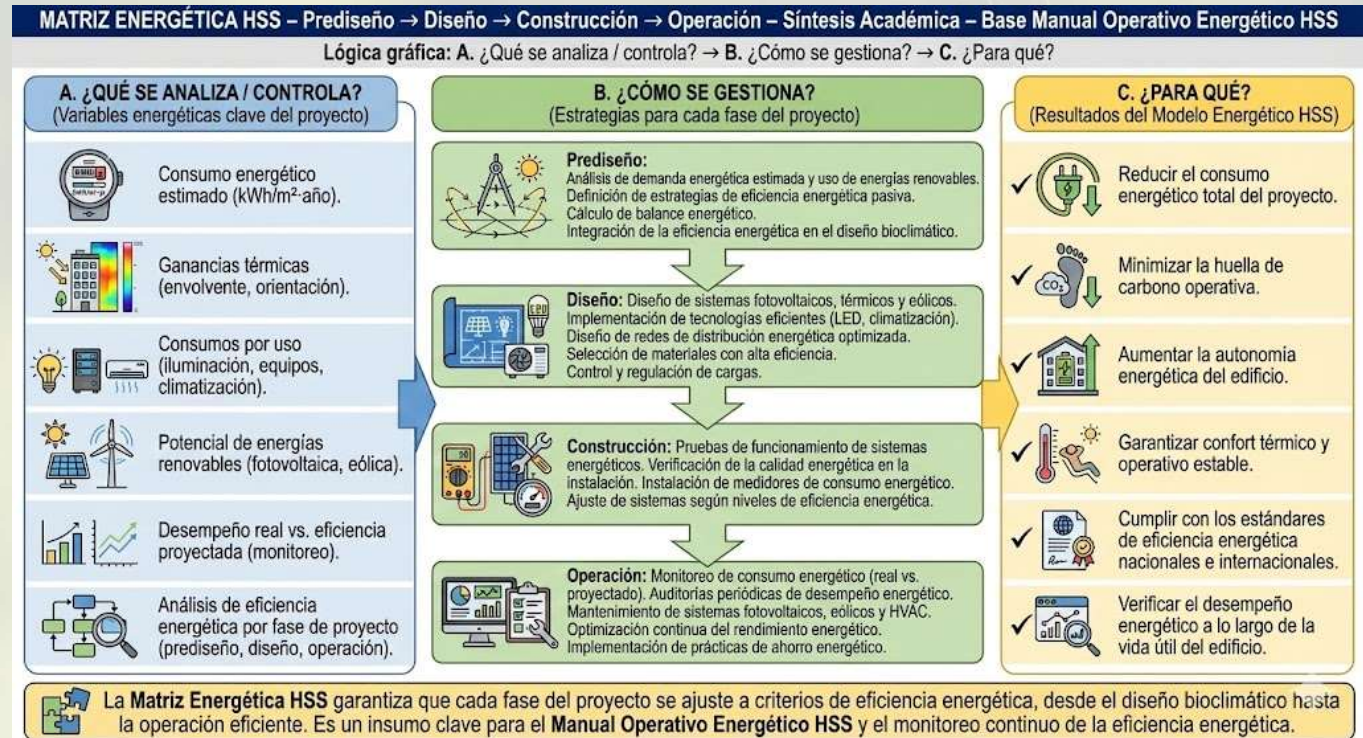
- Condiciones climáticas y bioclimáticas del sitio.
- Demandas energéticas proyectadas por uso y tipología.
- Estrategias pasivas, sistemas activos eficientes y fuentes renovables.
- Restricciones normativas, técnicas y operativas.

## Para qué se utiliza

- Reducir consumo energético y huella de carbono del proyecto.
- Definir lineamientos energéticos obligatorios de diseño.
- Garantizar coherencia entre prediseño, diseño, construcción y operación.

## Salida directa

Lineamientos energéticos HSS y base técnica del **Manual Operativo Energético HSS**.



Instrumento estratégico para la gestión integral del agua a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

## Rol dentro del Modelo HSS

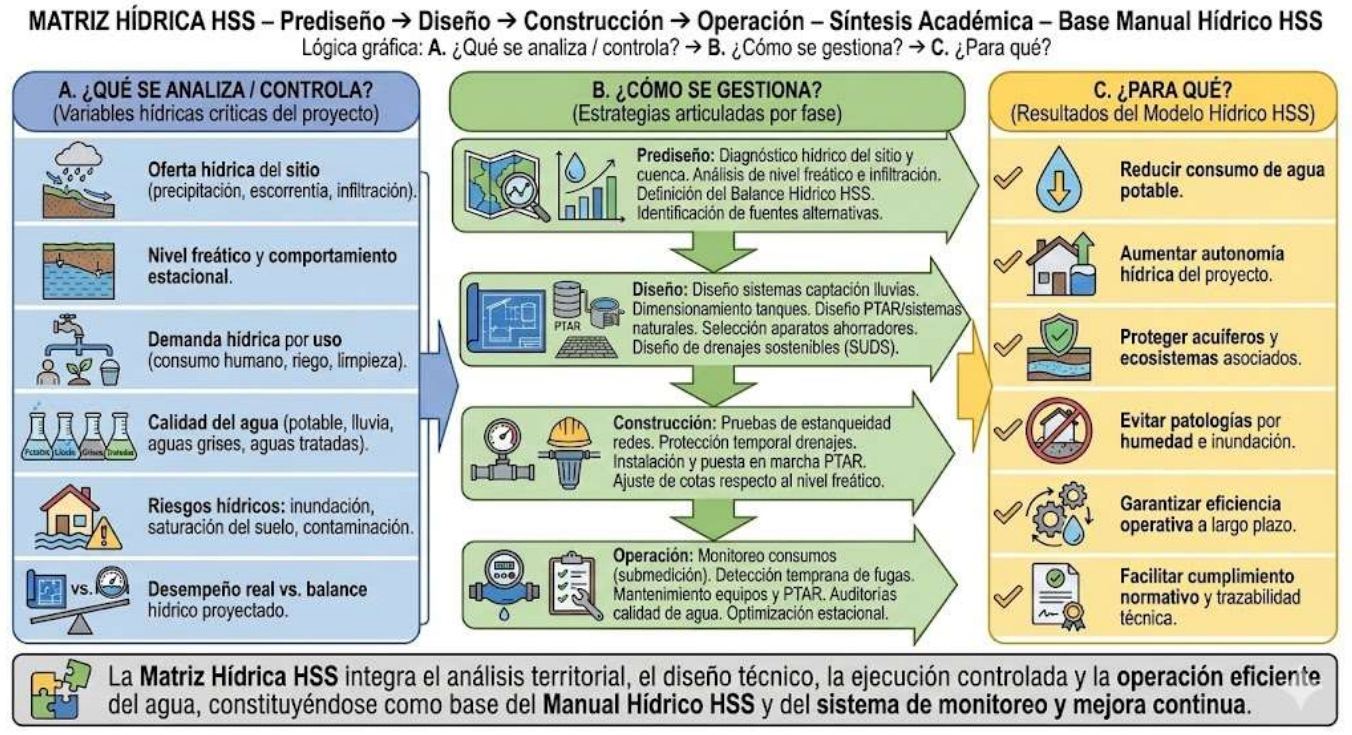
La Matriz Hídrica HSS articula el diagnóstico hidrológico, edáfico y territorial para definir criterios técnicos de manejo del agua, orientando decisiones de implantación, diseño, construcción y operación del hábitat sustentable.

## Qué integra

- Oferta hídrica superficial y subterránea del sitio.
- Nivel freático, escorrentías, zonas inundables y riesgos asociados.
- Demanda hídrica proyectada por usos.
- Estrategias de captación, almacenamiento, uso eficiente, reutilización y disposición.
- Condicionantes normativos, ambientales y sanitarios.

## Para qué se utiliza

- Reducir consumo de agua potable.
- Prevenir riesgos de inundación, saturación y contaminación.
- Garantizar eficiencia, autonomía hídrica y resiliencia territorial del proyecto.



## Salida directa

Lineamientos hídricos HSS y base técnica del **Manual Hídrico HSS**.

## Síntesis multiescalar del diagnóstico ambiental, territorial y técnico para la toma de decisiones integradas.

### Rol dentro del Modelo HSS

La **Matriz Integrada HSS** constituye el instrumento de **síntesis final del Prediseño**, donde se articulan de manera coherente los resultados del diagnóstico climático, hídrico, energético, edáfico, ecosistémico y normativo.

Su función es consolidar los criterios estratégicos que guían el proyecto desde el diseño hasta la operación, asegurando coherencia ambiental, técnica y territorial.

### Qué integra

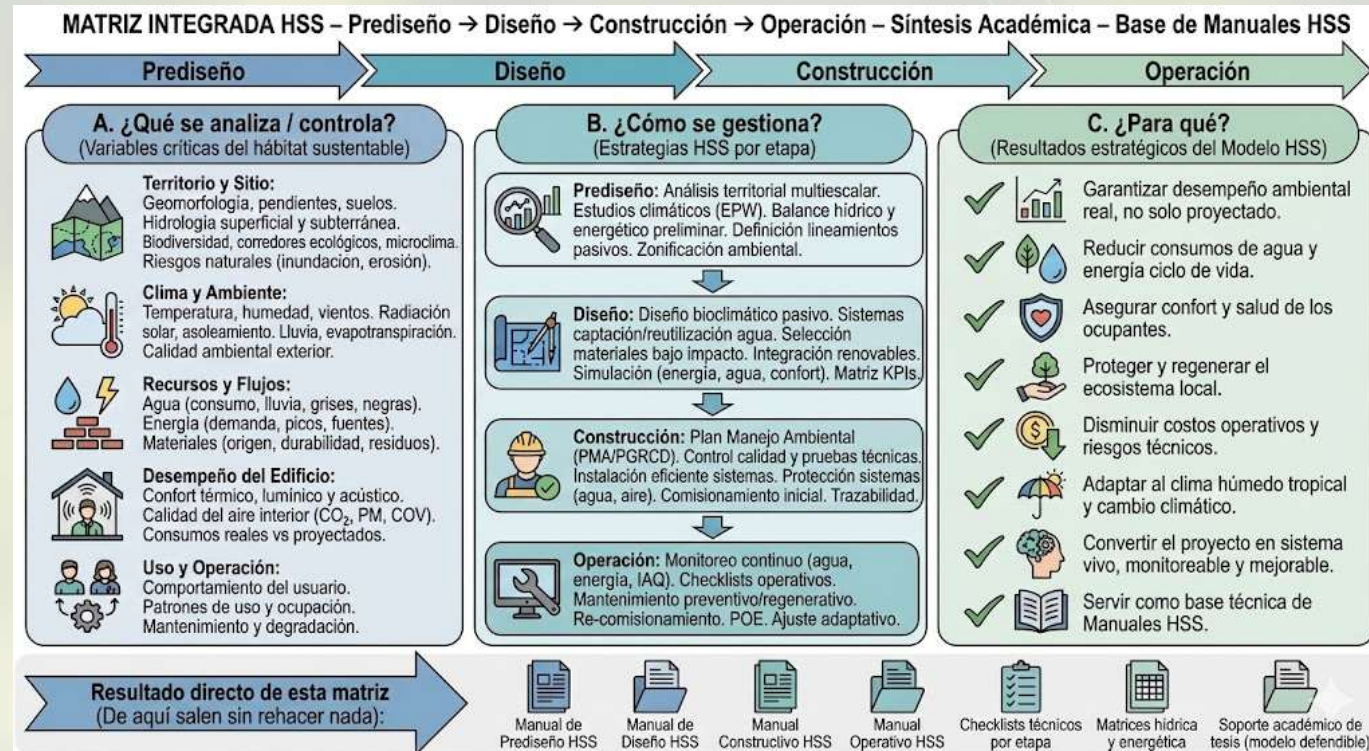
- Resultados de la **Matriz Diagnóstico** → **Prediseño**.
- Criterios derivados de la **Matriz Energética HSS**.
- Criterios derivados de la **Matriz Hídrica HSS**.
- Variables territoriales, normativas y de riesgo integradas.
- Relaciones causa–efecto entre decisiones de diseño y desempeño ambiental.

### Para qué se utiliza

- Alinear decisiones de diseño, construcción y operación bajo un mismo marco estratégico.
- Evitar contradicciones entre criterios energéticos, hídricos, ambientales y territoriales.
- Garantizar desempeño ambiental integral a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- Servir como base técnica del **Manual HSS** para las siguientes etapas.

### Salida directa

Criterios integrados HSS y base técnica del **Manual HSS** — **Diseño, Construcción y Operación**.



## Articulación secuencial y funcional de las matrices HSS a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

### Estructura del sistema

El Modelo HSS se operacionaliza mediante un **sistema de matrices interconectadas**, que actúan de forma secuencial y acumulativa, evitando decisiones aisladas y garantizando coherencia técnica desde el prediseño hasta la operación.

### Secuencia metodológica

#### 1. Matriz Diagnóstico → Prediseño

Sintetiza el diagnóstico ambiental y territorial y define límites, restricciones y oportunidades.

#### 2. Matriz Energética HSS

Traduce el diagnóstico en criterios de eficiencia energética, confort higrotérmico y estrategias pasivas/activas.

#### 3. Matriz Hídrica HSS

Estructura la gestión integral del agua: captación, uso, tratamiento, infiltración y riesgo hídrico.

#### 4. Matriz Integrada HSS

Consolida los criterios energéticos, hídricos, ambientales y territoriales en un marco único de decisión.

### Principio rector

Cada matriz:

- Se apoya en la anterior.
- No reemplaza, **integra**.
- Incrementa el nivel de precisión técnica y reducción de incertidumbre.

### MATRIZ ENERGÉTICA HSS: Instrumento Estratégico de Toma de Decisiones en Arquitectura Sustentable (Prediseño a Operación)



### Resultado del sistema

- Coherencia ambiental y técnica multiescalar.
- Trazabilidad de decisiones desde el territorio hasta el proyecto construido.
- Base estructural del **Manual HSS** para diseño, construcción y operación.

## Propósito de la vista general

El Modelo Estratégico de Diseño HSS se estructura a través de un **sistema de matrices técnicas interrelacionadas**, que operan de manera secuencial y acumulativa a lo largo del ciclo de vida del proyecto arquitectónico, desde el prediseño hasta la operación.

## Lógica del sistema de matrices HSS

Cada matriz cumple una función específica dentro del proceso de toma de decisiones, evitando análisis fragmentados y garantizando coherencia técnica, ambiental y territorial entre las distintas fases del proyecto.

El sistema se organiza bajo una lógica de:

- **Síntesis progresiva**, donde cada matriz se apoya en la anterior.
- **Especialización por eje estratégico**, sin perder visión integral.
- **Trazabilidad técnica**, desde el diagnóstico hasta la operación.

## Estructura general

El sistema de matrices HSS se compone de:

- **Matriz Diagnóstico → Prediseño**, como base de decisiones tempranas.
- **Matrices estratégicas específicas** (energía, agua, etc.), que traducen el diagnóstico en criterios técnicos.
- **Matriz Integrada HSS**, que consolida los criterios ambientales, técnicos y territoriales en un marco único de decisión.

## Principio rector

Las matrices HSS **no sustituyen el diseño arquitectónico**, sino que lo **orientan, condicionan y respaldan**, reduciendo incertidumbre, riesgos técnicos y brechas de desempeño a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

## Rol de la Matriz Energética HSS dentro del Modelo

La **Matriz Energética HSS** constituye el instrumento estratégico para la **toma de decisiones energéticas** del proyecto arquitectónico, articulando el diagnóstico ambiental y territorial con criterios verificables de eficiencia energética, confort higrotérmico y reducción de impactos durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Esta matriz traduce la información obtenida en la etapa de **Prediseño** en lineamientos técnicos aplicables a las fases de **diseño, construcción y operación**, asegurando coherencia entre el contexto climático, las estrategias pasivas y los sistemas activos.

## Qué articula la Matriz Energética HSS

La matriz integra de forma estructurada:

- Condiciones climáticas y microclimáticas del sitio.
- Demanda energética preliminar del proyecto.
- Estrategias de diseño pasivo (orientación, ventilación, envolvente).
- Sistemas activos eficientes y energías renovables.
- Verificación de desempeño energético en operación.

## Función estratégica

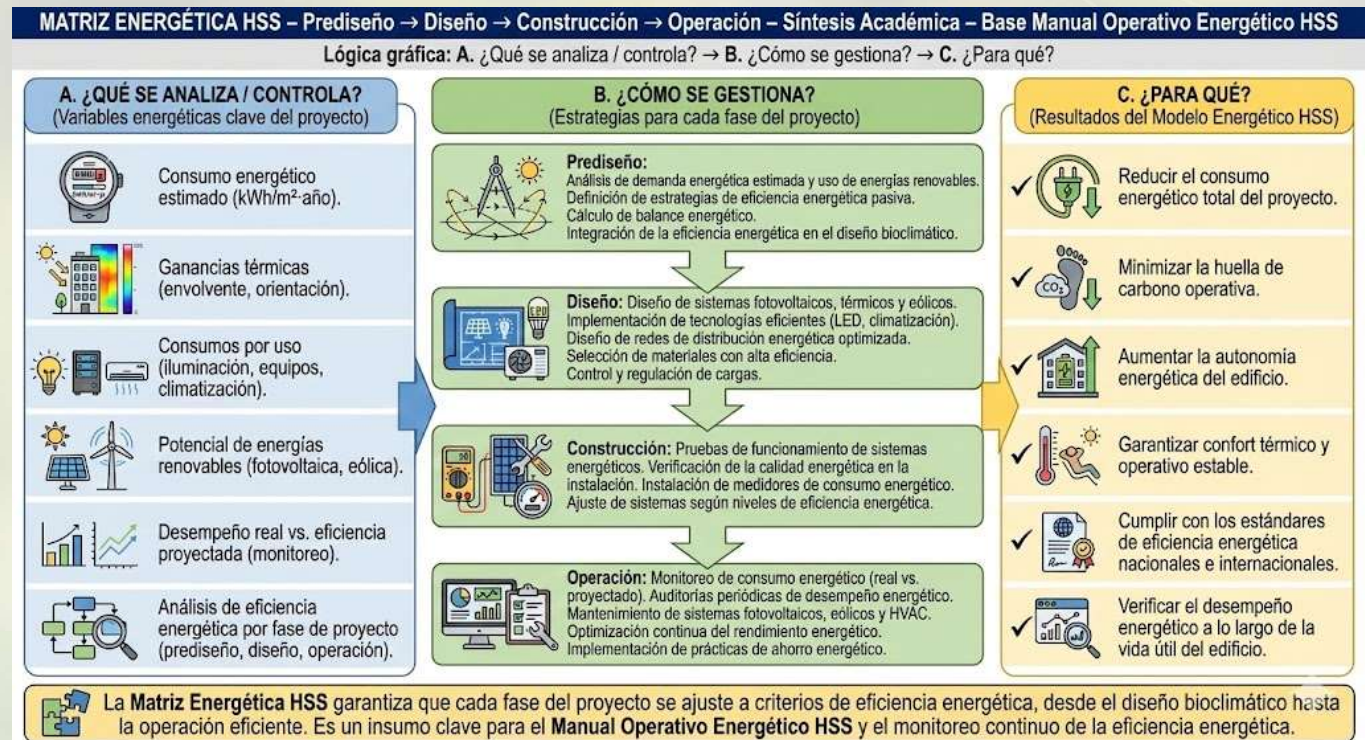
La Matriz Energética HSS permite:

- Reducir la demanda energética desde decisiones tempranas de diseño.
- Minimizar la dependencia de sistemas mecánicos intensivos.
- Garantizar confort térmico y eficiencia operativa.
- Establecer criterios medibles para el seguimiento energético en operación.

## Alcance dentro del sistema HSS

Esta matriz:

- Se apoya en la **Matriz Diagnóstico** → **Prediseño**.
- Alimenta la **Matriz Integrada HSS**.
- Sirve como base técnica del **Manual Operativo Energético HSS**.



## Rol de la Matriz Hídrica HSS dentro del Modelo

La **Matriz Hídrica HSS** es el instrumento estratégico para la **gestión integral del agua** en el proyecto arquitectónico, articulando el diagnóstico hidrológico, edáfico y territorial con decisiones técnicas verificables desde el **prediseño hasta la operación**.

Su función es garantizar que el proyecto responda de manera coherente a la **dinámica hídrica del territorio**, minimizando riesgos, optimizando el uso del recurso y protegiendo los sistemas naturales asociados.

### Qué articula la Matriz Hídrica HSS

La matriz integra de forma estructurada:

- Oferta hídrica superficial y subterránea del sitio.
- Nivel freático, escorrentías y zonas inundables.
- Demanda hídrica del proyecto (consumo, usos y cargas).
- Estrategias de captación, almacenamiento, uso eficiente y reúso.
- Tratamiento, infiltración y manejo de aguas residuales y lluvias.
- Riesgos hídricos y medidas de prevención.

### Función estratégica

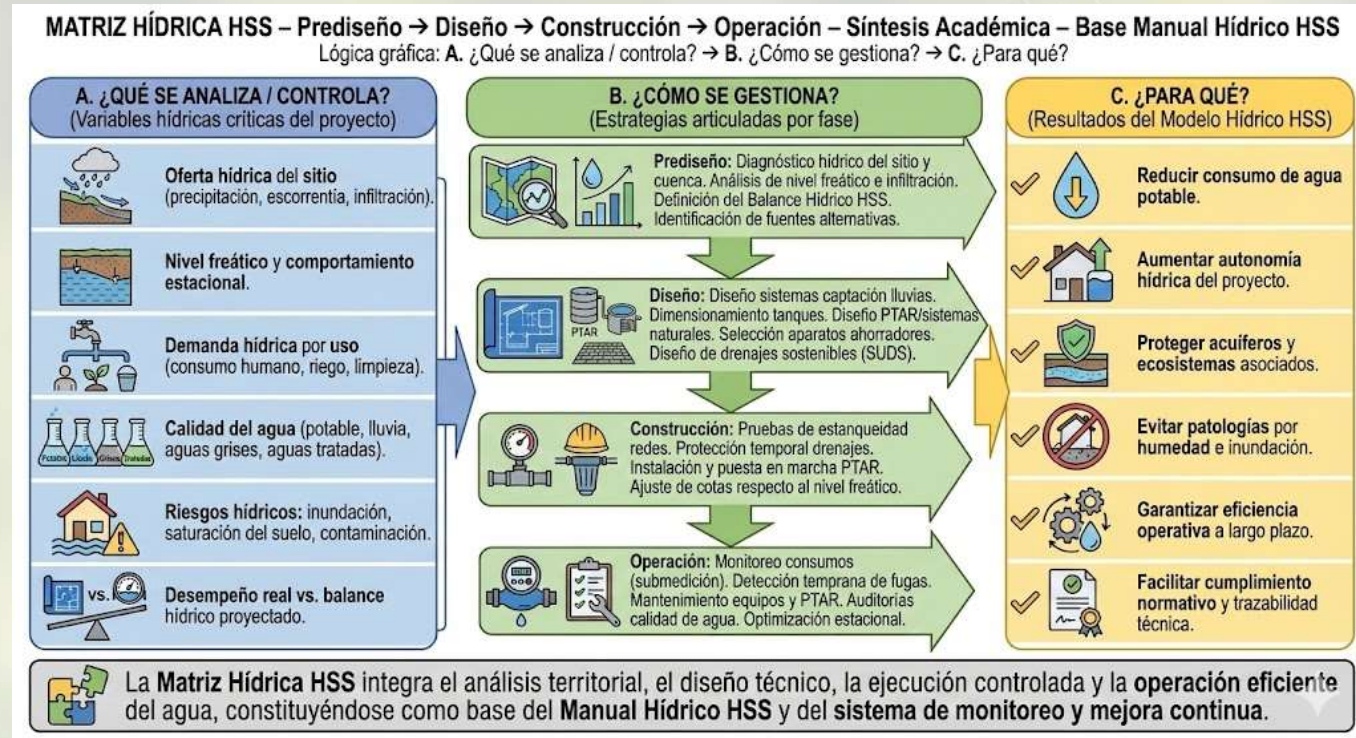
La Matriz Hídrica HSS permite:

- Reducir el consumo de agua potable.
- Aumentar la autonomía hídrica del proyecto.
- Prevenir patologías asociadas a humedad, saturación e inundación.
- Proteger acuíferos, drenajes naturales y ecosistemas asociados.
- Establecer criterios medibles de desempeño hídrico en operación.

### Alcance dentro del sistema HSS

Esta matriz:

- Se fundamenta en la **Matriz Diagnóstico → Prediseño**.
- Se articula con la **Matriz Energética HSS**.
- Alimenta la **Matriz Integrada HSS**.
- Constituye la base técnica del **Manual Hídrico HSS** y del sistema de monitoreo y mejora continua.





## Propósito del sistema

El Modelo HSS se operacionaliza mediante un sistema de matrices interrelacionadas que estructura la toma de decisiones desde el prediseño hasta la operación, asegurando coherencia ambiental, técnica y territorial a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

## Estructura y flujo

El sistema se organiza de forma **secuencial y acumulativa**:

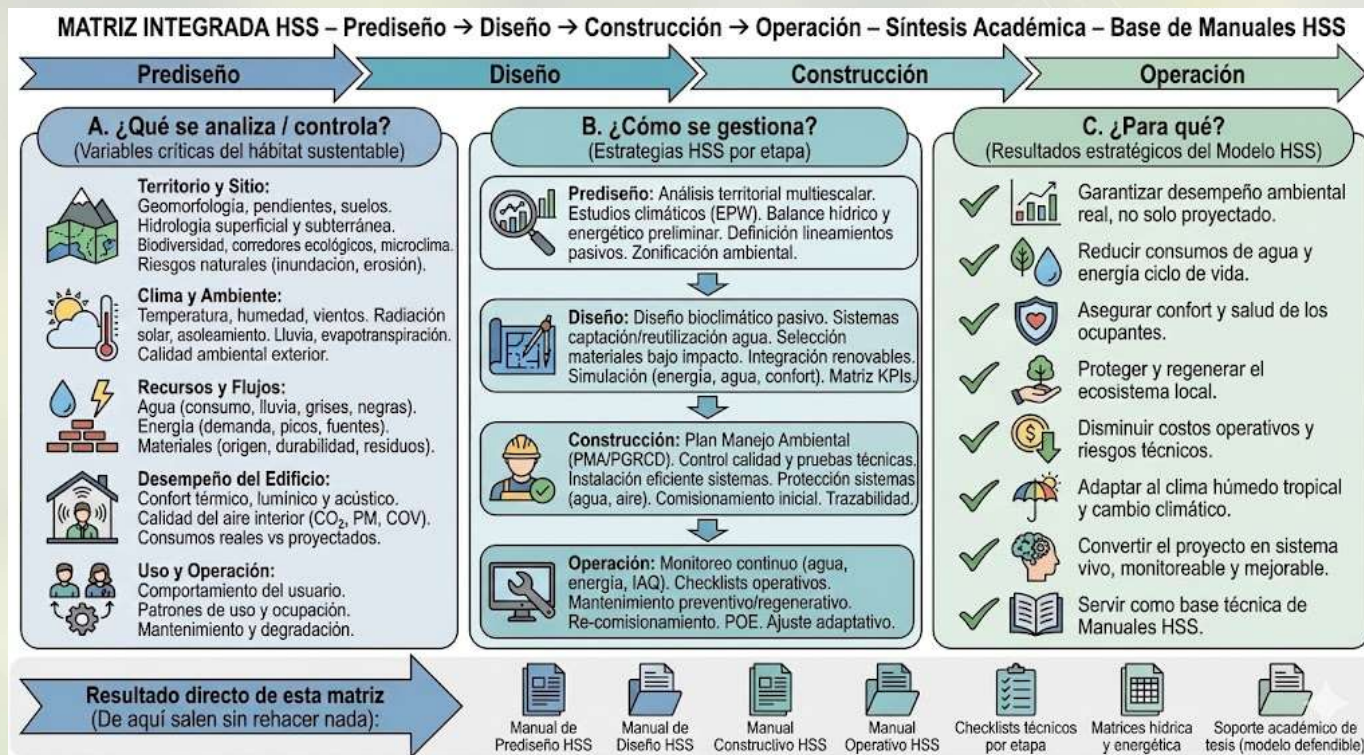
- **Matriz Diagnóstico → Prediseño:** define límites, oportunidades y riesgos del territorio.
- **Matriz Energética HSS:** establece criterios de eficiencia, confort y desempeño energético.
- **Matriz Hídrica HSS:** estructura la gestión integral del agua y el manejo del riesgo hídrico.
- **Matriz Integrada HSS:** consolida los criterios en un marco único de decisión.

## Principios operativos

- Cada matriz **se apoya en la anterior**.
- Ninguna matriz sustituye al diseño; **lo orienta y verifica**.
- El sistema garantiza **trazabilidad** entre diagnóstico, diseño, construcción y operación.

## Resultado

El sistema de matrices HSS constituye la **base técnica del Manual HSS**, permitiendo decisiones verificables, reducción de riesgos y desempeño ambiental consistente en todas las etapas del proyecto.



## Inicio de la Etapa de Diseño HSS

La etapa de **Diseño HSS** traduce los criterios estratégicos definidos en el prediseño en **soluciones arquitectónicas, técnicas y constructivas verificables**, alineadas con el contexto ambiental, territorial y normativo del proyecto.

Esta etapa no redefine el diagnóstico, sino que **opera sobre los lineamientos derivados del sistema de matrices HSS**, garantizando coherencia entre intención, forma, desempeño y operación.

### Insumos de entrada

- Lineamientos HSS del Prediseño.
- Criterios energéticos, hídricos y ambientales verificados.
- Restricciones territoriales y normativas consolidadas.

### Rol del Diseño HSS

- Convertir criterios estratégicos en decisiones de implantación, forma, envolvente y sistemas.
- Integrar desempeño ambiental desde el diseño pasivo y activo.
- Preparar el proyecto para una construcción y operación coherentes con el Modelo HSS.

### Resultado esperado

Proyecto arquitectónico con **criterios HSS incorporados desde su concepción**, listo para verificación en las matrices de construcción y operación.

TERCERA PARTE

# DISEÑO HSS

TRADUCCIÓN TÉCNICA DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y  
TERRITORIAL EN DECISIONES DE DISEÑO  
ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE

Aplicación de lineamientos, criterios y matrices HSS  
en la etapa de diseño del proyecto arquitectónico.

Del criterio estratégico a la solución arquitectónica verificable



## Rol del Diseño dentro del Modelo HSS

### Función estratégica del diseño

La etapa de **Diseño HSS** constituye la fase de **traducción técnica y arquitectónica** del diagnóstico ambiental y territorial consolidado en el prediseño. Su función es convertir los lineamientos, criterios y condicionantes definidos previamente en **decisiones espaciales, constructivas y tecnológicas verificables**, coherentes con el contexto biofísico, normativo y ecosistémico del proyecto.

En esta etapa, el diseño deja de ser una operación formal para convertirse en un **proceso de toma de decisiones técnicas informadas**, donde la arquitectura actúa como mediadora entre territorio, clima, recursos, usuarios y ciclo de vida del proyecto.

### Rol operativo dentro del modelo

El Diseño HSS:

- Aplica los **lineamientos del prediseño** sin reinterpretaciones arbitrarias.
- Integra criterios **bioclimáticos, energéticos, hídricos, materiales y ambientales** en la configuración arquitectónica.
- Define soluciones pasivas y activas coherentes con el desempeño esperado.
- Establece la base técnica para la fase de **construcción y posterior operación**.

### Principio rector

El diseño en el Modelo HSS **no inventa criterios: los implementa, los verifica y los materializa arquitectónicamente.**

## Objetivos del Diseño HSS

### Objetivo general

Traducir los lineamientos, criterios y condicionantes definidos en el Prediseño HSS en **soluciones arquitectónicas verificables**, coherentes con el contexto ambiental, territorial y normativo, asegurando desempeño ambiental, eficiencia de recursos y viabilidad técnica a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

### Objetivos específicos

- Aplicar los **criterios ambientales y territoriales** del prediseño en decisiones de implantación, orientación y configuración espacial.
- Integrar **estrategias bioclimáticas pasivas** (control solar, ventilación natural, inercia térmica) como base del diseño.
- Definir sistemas **energéticos, hídricos y materiales** coherentes con los umbrales de desempeño establecidos por las matrices HSS.
- Reducir demandas energéticas y de agua mediante **diseño eficiente**, antes de incorporar soluciones activas.
- Garantizar **compatibilidad normativa, constructiva y operativa** desde la etapa de diseño.
- Establecer una base técnica sólida para la **construcción y la operación sostenible** del proyecto.

### Alcance del diseño

El Diseño HSS **no redefine el diagnóstico**, sino que lo **materializa arquitectónicamente**, transformando criterios estratégicos en soluciones espaciales, técnicas y constructivas medibles.

## Insumentos obligatorios para la etapa de Diseño HSS

### Insumentos técnicos de entrada

La etapa de **Diseño HSS** se fundamenta en los resultados verificados del Prediseño y requiere, como insumentos obligatorios, los siguientes componentes:

#### •Lineamientos HSS del Prediseño

- Criterios ambientales, territoriales y normativos definidos.
- Límites, restricciones y oportunidades del sitio.

#### •Matriz Diagnóstico → Prediseño

- Síntesis de riesgos, condicionantes críticas y umbrales ambientales.
- ADN ambiental y técnico del proyecto.

#### •Matriz Energética HSS (fase de diseño)

- Demandas energéticas preliminares.
- Estrategias bioclimáticas pasivas y activas.
- Criterios de confort higrotérmico y eficiencia energética.

#### •Matriz Hídrica HSS (fase de diseño)

- Estrategia integral de captación, uso, tratamiento e infiltración.
- Manejo de riesgos hídricos e inundabilidad.

#### •Contexto normativo y técnico

- POT / PBOT / EOT.
- POMCA y determinantes ambientales.
- Normativa técnica aplicable (NSR, RETIE, RETILAP, etc.).

### Criterio HSS de uso

Los insumentos del Diseño HSS **no son referenciales**, sino **condicionantes obligatorios** que deben reflejarse explícitamente en la implantación, la forma arquitectónica, los sistemas técnicos y la selección de materiales.

### Alcance

La omisión o alteración injustificada de estos insumentos compromete la coherencia ambiental, el desempeño técnico y la trazabilidad del Modelo HSS en las etapas posteriores.

## Metodología de Diseño HSS

### Enfoque metodológico

La etapa de **Diseño HSS** corresponde a la **traducción técnica y espacial** del diagnóstico ambiental y territorial en soluciones arquitectónicas verificables. El diseño no surge de decisiones formales autónomas, sino de la **aplicación sistemática de lineamientos, criterios y matrices HSS**, asegurando coherencia entre territorio, arquitectura y desempeño.

### Lógica de intervención

El Diseño HSS se desarrolla bajo una lógica **multiescalar, integrada y verificable**, que articula:

- Escala territorial y del sitio.
- Escala arquitectónica y constructiva.
- Escala técnica (energía, agua, materiales, confort).
- Escala operativa y de ciclo de vida.

### Secuencia metodológica

#### 1.Lectura técnica del Prediseño

- 1.Interpretación de lineamientos HSS y del ADN ambiental del proyecto.
- 2.Identificación de condicionantes no negociables.

#### 2.Implantación arquitectónica estratégica

- 1.Localización, orientación y relación con el sitio.
- 2.Respuesta a clima, hidrología, topografía y ecosistemas.

#### 3.Diseño bioclimático y espacial

- 1.Control solar, ventilación natural, inercia térmica.
- 2.Relación interior–exterior y confort ambiental.

#### 4.Integración de sistemas técnicos

- 1.Estrategias energéticas pasivas y activas.
- 2.Gestión hídrica integrada.
- 3.Selección de materiales coherentes con el contexto.

#### 5.Verificación mediante matrices HSS

- 1.Contraste del diseño con la Matriz Energética y la Matriz Hídrica.
- 2.Ajustes iterativos hasta cumplir criterios de desempeño.

### Principio rector

El Diseño HSS **no interpreta libremente el diagnóstico**: lo **traduce, verifica y materializa** en una arquitectura ambientalmente coherente, técnicamente eficiente y operativamente viable.

## Resultados esperados del Diseño HSS

### Resultados estratégicos

La etapa de **Diseño HSS** culmina con la materialización de un proyecto arquitectónico coherente con el diagnóstico ambiental y territorial, capaz de responder de forma verificable a las condiciones del sitio y a los criterios de sostenibilidad definidos en el prediseño.

Los principales resultados estratégicos son:

- Traducción efectiva del **ADN ambiental del proyecto** en decisiones espaciales, técnicas y constructivas.
- Coherencia entre implantación, forma arquitectónica, sistemas pasivos y sistemas activos.
- Reducción de riesgos técnicos, ambientales y operativos antes de la construcción.
- Alineación del proyecto con criterios de desempeño energético, hídrico y de confort.

### Resultados técnicos

- Diseño arquitectónico bioclimático validado.
- Integración explícita de estrategias pasivas y activas.
- Definición clara de sistemas energéticos, hídricos y materiales.
- Compatibilidad del diseño con las **Matrices HSS**.

### Resultados operativos

- Proyecto listo para ser ejecutado sin contradicciones con el diagnóstico.
- Insumos técnicos claros para la etapa de **Construcción HSS**.
- Base objetiva para control de calidad, verificación y seguimiento posterior.

### Criterio HSS de cierre del diseño

El Diseño HSS se considera concluido cuando el proyecto:

- Cumple los lineamientos del Prediseño.
- Responde al contexto ambiental y territorial.
- Es verificable mediante matrices HSS.
- Puede ser construido sin pérdida de coherencia ambiental.

## Salida directa del Diseño HSS

### Productos técnicos del Diseño HSS

La etapa de **Diseño HSS** genera los insumos técnicos necesarios para una ejecución coherente del proyecto, asegurando continuidad metodológica entre diseño, construcción y operación.

- Proyecto arquitectónico definido bajo criterios HSS.
- Estrategias bioclimáticas integradas a la implantación, forma y envolvente.
- Sistemas energéticos y hídricos dimensionados y verificados.
- Selección preliminar de materiales coherente con el contexto ambiental.
- Criterios técnicos claros para control de calidad en obra.

### Insumos para la etapa de Construcción HSS

- Lineamientos constructivos derivados del diseño.
- Parámetros de desempeño energético e hídrico a verificar en obra.
- Requisitos técnicos para instalaciones, equipos y sistemas.
- Base para el **Manual Constructivo HSS** y los checklists de obra.

### Trazabilidad del modelo

La salida del Diseño HSS garantiza que las decisiones arquitectónicas mantengan **trazabilidad directa** con el diagnóstico y las matrices HSS, evitando rupturas conceptuales y técnicas durante la construcción.

CUARTA PARTE

# CONSTRUCCIÓN HSS

EJECUCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO BAJO CRITERIOS DE  
DESEMPEÑO, CONTROL Y TRAZABILIDAD HSS

Aplicación en obra de los lineamientos, matrices y criterios  
definidos en las etapas de prediseño y diseño hss.

Del proyecto verificado a la obra controlada.



## Rol de la Construcción dentro del Modelo HSS

### Función estratégica de la construcción

La etapa de **Construcción HSS** corresponde a la **materialización controlada** de las decisiones arquitectónicas y técnicas definidas en el Diseño HSS. Su función es ejecutar la obra garantizando que los criterios ambientales, energéticos, hídricos y constructivos establecidos se implementen **sin desviaciones** y con trazabilidad verificable.

En el Modelo HSS, la construcción no es una fase meramente operativa, sino un **proceso técnico de verificación**, donde cada decisión ejecutada debe responder a los lineamientos y parámetros definidos en las matrices HSS.

### Rol operativo dentro del modelo

La Construcción HSS:

- Ejecuta el proyecto respetando los **criterios técnicos y ambientales** del diseño.
- Verifica en obra el desempeño esperado de sistemas y materiales.
- Controla la correcta implementación de estrategias pasivas y activas.
- Minimiza impactos ambientales asociados al proceso constructivo.
- Prepara el proyecto para una **operación coherente y eficiente**.

### Principio rector

En el Modelo HSS, **construir es verificar**: la obra confirma, ajusta y valida las decisiones tomadas en las etapas previas, sin reintroducir criterios arbitrarios.

## Objetivos de la Construcción HSS

### Objetivo general

Ejecutar el proyecto arquitectónico garantizando la **fidelidad técnica** a los criterios, lineamientos y matrices HSS definidos en las etapas de Prediseño y Diseño, asegurando desempeño ambiental, eficiencia de recursos y control de impactos durante la obra.

### Alcance de la construcción

La Construcción HSS **no redefine el diseño**, sino que lo **ejecuta y verifica**, asegurando que las decisiones estratégicas se materialicen sin pérdida de coherencia ambiental ni técnica.

### Objetivos específicos

- Implementar en obra las **estrategias bioclimáticas** definidas en el diseño.
- Verificar la correcta ejecución de sistemas **energéticos e hídricos**.
- Controlar la calidad de la envolvente, instalaciones y materiales.
- Minimizar impactos ambientales asociados al proceso constructivo.
- Gestionar de manera responsable los **residuos de construcción y demolición (RCD)**.
- Garantizar compatibilidad entre diseño, ejecución y futura operación.
- Documentar el proceso constructivo para asegurar **trazabilidad HSS**.

## Insumos obligatorios para la etapa de Construcción HSS

### Insumos técnicos de entrada

La etapa de **Construcción HSS** se fundamenta en la documentación técnica y los criterios verificados en el Diseño HSS. Constituyen insumos obligatorios:

#### • Proyecto arquitectónico y técnico aprobado

- Planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones.
- Detalles constructivos coherentes con criterios HSS.

#### • Lineamientos del Diseño HSS

- Estrategias bioclimáticas pasivas y activas.
- Criterios energéticos, hídricos y de materiales definidos.

#### • Matrices HSS aplicables

- Matriz Energética HSS (parámetros a verificar en obra).
- Matriz Hídrica HSS (estrategias de captación, tratamiento y drenaje).
- Matriz Integrada HSS (criterios consolidados).

#### • Especificaciones técnicas y normativas

- Fichas técnicas de materiales y equipos.
- Normativa vigente (NSR, RETIE, RETILAP, RAS, entre otras).
- Requisitos ambientales y permisos aplicables.

#### • Planes de gestión en obra

- Plan de Gestión de RCD (PGRCD).
- Plan de manejo ambiental de obra.
- Protocolos de control de calidad y seguridad.

### Criterio HSS de uso

Estos insumos **son obligatorios y verificables**; su omisión o modificación no justificada compromete el desempeño ambiental y la trazabilidad del Modelo HSS.

### Alcance

La Construcción HSS opera exclusivamente sobre estos insumos, asegurando continuidad metodológica entre diseño, ejecución y futura operación.

## Metodología de la Construcción HSS

### Enfoque metodológico

La **Construcción HSS** se ejecuta mediante un proceso de **control técnico, verificación y ajuste** continuo, orientado a garantizar que las decisiones del Diseño HSS se materialicen fielmente en obra, manteniendo el desempeño ambiental y la coherencia territorial del proyecto.

### Lógica de ejecución

La metodología de construcción se basa en una secuencia **planificar–ejecutar–verificar–ajustar**, aplicada a cada componente del proyecto:

#### •Planificación técnica

- Programación de obra alineada con criterios HSS.
- Coordinación entre disciplinas y oficios.
- Identificación de puntos críticos de control.

#### •Ejecución controlada

- Implementación rigurosa de detalles constructivos.
- Protección de sistemas pasivos, drenajes y envolvente.
- Uso responsable de materiales y recursos.

#### •Verificación en obra

- Inspecciones técnicas periódicas.
- Pruebas de funcionamiento de sistemas energéticos e hídricos.
- Control de calidad de materiales, instalaciones y acabados.

#### •Ajuste y corrección

- Corrección temprana de desviaciones.
- Ajustes técnicos sin alterar los criterios HSS.
- Registro documental de cambios y decisiones.

### Principio rector

En el Modelo HSS, la construcción se concibe como un **proceso de verificación activa**, donde cada etapa ejecutada confirma el cumplimiento de los criterios ambientales, técnicos y operativos definidos previamente.

## Resultados esperados de la Construcción HSS

### Resultados estratégicos

La etapa de **Construcción HSS** culmina con la ejecución del proyecto arquitectónico de forma **coherente, controlada y verificable**, asegurando que las decisiones definidas en el diseño se materialicen sin pérdidas de desempeño ambiental ni desviaciones técnicas.

Los resultados estratégicos incluyen:

- Continuidad metodológica entre diseño, construcción y operación.
- Reducción de riesgos técnicos, ambientales y operativos.
- Control efectivo de impactos asociados al proceso constructivo.
- Preparación del proyecto para una operación eficiente y monitoreable.

### Resultados técnicos

- Obra ejecutada conforme a planos, detalles y especificaciones HSS.
- Sistemas energéticos e hídricos instalados y verificados.
- Envolvente y estrategias pasivas correctamente implementadas.
- Gestión adecuada de residuos y materiales en obra.
- Registro técnico completo del proceso constructivo.

### Resultados operativos

- Proyecto listo para **puesta en marcha y comisionamiento**.
- Insumos técnicos claros para la etapa de **Operación HSS**.
- Base documental para mantenimiento, seguimiento y mejora continua.
- Trazabilidad completa de decisiones y ajustes realizados en obra.

### Criterio HSS de cierre de la construcción

La Construcción HSS se considera concluida cuando la obra:

- Cumple los criterios del Diseño HSS.
- Ha sido verificada mediante controles técnicos en obra.
- Está preparada para operar conforme a los parámetros de desempeño definidos.

## Salida directa de la Construcción HSS

### Productos técnicos de cierre

La etapa de **Construcción HSS** entrega los insumos finales que garantizan la continuidad metodológica hacia la **Operación HSS**, asegurando trazabilidad entre lo diseñado, lo construido y lo operado.

- Obra ejecutada conforme a criterios, planos y especificaciones HSS.
- Sistemas energéticos e hídricos **instalados, probados y verificados**.
- Envoltente y estrategias pasivas **validadas en obra**.
- Gestión de RCD documentada y conforme a planes ambientales.
- Registro técnico completo (as-built) y manuales de equipos.

### Insumos para la etapa de Operación HSS

- Planos **as-built** arquitectónicos y técnicos.
- Protocolos de **puesta en marcha y comisionamiento**.
- Parámetros de desempeño energético e hídrico a monitorear.
- Manuales de operación y mantenimiento.
- Checklists de verificación y control para la operación.

### Trazabilidad del modelo

La salida de la Construcción HSS asegura que el proyecto ingrese a la **Operación HSS** con criterios claros, sistemas verificados y documentación suficiente para el seguimiento, la evaluación del desempeño y la mejora continua.

## QUINTA PARTE

# OPERACIÓN HSS

GESTIÓN, MONITOREO Y MEJORA CONTINUA DEL  
DESEMPEÑO AMBIENTAL, ENERGÉTICO E HÍDRICO DEL  
PROYECTO

Aplicación operativa de los criterios, matrices y  
lineamientos HSS durante la vida útil del proyecto..

Del proyecto construido al desempeño verificado..



## Rol de la Operación dentro del Modelo HSS

### Función estratégica de la operación

La **Operación HSS** corresponde a la fase en la que se **verifica, ajusta y optimiza** el desempeño real del proyecto a lo largo de su vida útil. Su función es asegurar que los criterios ambientales, energéticos e hídricos definidos en las etapas previas se mantengan en condiciones reales de uso.

En el Modelo HSS, la operación no es un estado pasivo, sino un **proceso activo de gestión**, donde el edificio se comporta como un sistema dinámico que requiere monitoreo, control y mejora continua.

### Rol operativo dentro del modelo

La Operación HSS:

- Monitorea el desempeño energético, hídrico y ambiental del proyecto.
- Verifica el cumplimiento de los parámetros definidos en las matrices HSS.
- Ajusta la operación de sistemas sin alterar los criterios de diseño.
- Optimiza el confort y la eficiencia durante el uso real del edificio.
- Retroalimenta el Modelo HSS con datos reales de desempeño.

### Principio rector

En el Modelo HSS, **operar es verificar y optimizar**: la operación confirma el desempeño del proyecto y permite su mejora continua sin romper la coherencia metodológica.

## Objetivos de la Operación HSS

### Objetivo general

Garantizar el **desempeño ambiental, energético e hídrico real** del proyecto durante su vida útil, mediante monitoreo, verificación y ajustes operativos continuos, manteniendo coherencia con los criterios definidos en el Prediseño, Diseño y Construcción HSS.

### Objetivos específicos

- Verificar el cumplimiento de los **parámetros de desempeño** definidos en las matrices HSS.
- Monitorear consumos energéticos, hídricos y condiciones de confort.
- Optimizar la operación de sistemas sin alterar los criterios de diseño.
- Reducir costos operativos y huella ambiental del proyecto.
- Detectar desviaciones y aplicar **acciones correctivas tempranas**.
- Documentar datos reales para **mejora continua** y retroalimentación del modelo.

### Alcance de la operación

La Operación HSS **no redefine el proyecto**, sino que lo **gestiona, verifica y optimiza** a partir de datos reales de uso, asegurando continuidad metodológica y desempeño sostenido en el tiempo.

## Insumos obligatorios para la etapa de Operación HSS

### Insumos técnicos de entrada

La **Operación HSS** se sustenta en la información generada y verificada en las etapas de Prediseño, Diseño y Construcción. Constituyen insumos obligatorios:

#### • Documentación as-built

- Planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones actualizados.
- Detalles finales de envolvente, sistemas y equipos.

#### • Resultados de la Construcción HSS

- Protocolos de puesta en marcha y comisionamiento.
- Registros de pruebas de sistemas energéticos e hídricos.
- Checklists de verificación en obra.

#### • Matrices HSS aplicables

- Parámetros operativos derivados de la **Matriz Energética HSS**.
- Parámetros operativos derivados de la **Matriz Hídrica HSS**.
- Criterios consolidados de la **Matriz Integrada HSS**.

#### • Manuales y protocolos

- Manuales de operación y mantenimiento de equipos.
- Protocolos de monitoreo, control y ajuste.
- Planes de mantenimiento preventivo.

#### • Datos de operación

- Registros de consumo energético y de agua.
- Condiciones de confort y uso real del edificio.
- Incidencias, fallas y ajustes realizados.

### Criterio HSS de uso

Estos insumos permiten **verificar el desempeño real** del proyecto y realizar ajustes operativos sin comprometer los criterios ambientales y técnicos definidos por el Modelo HSS.

### Alcance

La ausencia de alguno de estos insumos limita la capacidad de monitoreo, evaluación y mejora continua del desempeño del proyecto en operación.

## Metodología de la Operación HSS

### Enfoque metodológico

La **Operación HSS** se ejecuta mediante un proceso de **monitoreo continuo, verificación y optimización** basado en los datos operativos reales, asegurando que el proyecto mantenga su **coherencia ambiental, energética e hídrica** a lo largo de su vida útil.

### Lógica operativa

La metodología de operación HSS se estructura en un ciclo de **gestión continua**, que abarca:

#### •Monitoreo del desempeño

- Medición continua de consumo energético, hídricos y condiciones de confort.
- Verificación de la eficiencia operativa y cumplimiento de criterios de sostenibilidad.

#### •Análisis de datos operativos

- Comparación de los valores obtenidos con los parámetros definidos.
- Identificación de desviaciones y puntos de mejora.

#### •Ajustes operativos

- Implementación de ajustes correctivos en sistemas, instalaciones y comportamientos de los usuarios.
- Reajuste de parámetros para mantener el desempeño según los estándares HSS.

#### •Mejora continua

- Retroalimentación de los resultados operativos para ajustar y perfeccionar el modelo HSS.
- Proceso de optimización continua basado en la recopilación de datos y experiencias operativas.

### Principio rector

En la Operación HSS, **no se finaliza el proyecto: se sigue gestionando, monitoreando y optimizando** para asegurar que se cumpla con los parámetros de desempeño y sostenibilidad a lo largo de su vida útil.

## Metodología de la Operación HSS

### Resultados estratégicos

La **Operación HSS** permite verificar el desempeño real del proyecto en condiciones de uso, asegurando la continuidad entre los criterios definidos en las etapas previas y el funcionamiento efectivo del hábitat a lo largo del tiempo.

Los resultados estratégicos incluyen:

- Coherencia sostenida entre diseño, construcción y uso real.
- Reducción progresiva de impactos ambientales y costos operativos.
- Gestión activa del desempeño energético, hídrico y ambiental.
- Retroalimentación técnica para la mejora del Modelo HSS.

### Resultados técnicos

- Sistemas energéticos e hídricos operando dentro de los parámetros definidos.
- Registros continuos y confiables de consumos y desempeño.
- Condiciones de confort verificadas y ajustadas.
- Protocolos de mantenimiento aplicados de forma sistemática.
- Identificación temprana de desviaciones y fallas operativas.

### Resultados operativos

- Edificio gestionado como un **sistema dinámico y adaptable**.
- Capacidad de ajuste sin comprometer los criterios de diseño.
- Base de datos operativa para evaluación y toma de decisiones futuras.
- Insumos para certificaciones, reportes y auditorías ambientales.

### Criterio HSS de cierre de la operación

La Operación HSS se considera exitosa cuando el proyecto:

- Mantiene el desempeño ambiental esperado.
- Opera de forma eficiente y controlada.
- Dispone de información suficiente para su mejora continua.
- Retroalimenta el Modelo HSS con datos reales de funcionamiento.

## Metodología de la Operación HSS

### Productos operativos del cierre

La **Operación HSS** entrega los insumos finales que consolidan el desempeño real del proyecto y garantizan la **mejora continua** del hábitat a lo largo de su vida útil.

- Registros operativos consolidados de **consumo energético e hídrico**.
- Indicadores de desempeño ambiental y de confort verificados.
- Protocolos de operación y mantenimiento ajustados.
- Historial de ajustes operativos y acciones correctivas.
- Base de datos para evaluación periódica y toma de decisiones.

### Insumos para evaluación y retroalimentación

- Información real para auditorías y reportes de desempeño.
- Evidencia técnica para certificaciones o procesos de mejora.
- Datos para actualización de lineamientos HSS en futuros proyectos.

### Trazabilidad del Modelo HSS

La salida de la Operación HSS **cierra el ciclo metodológico**, asegurando trazabilidad completa desde el diagnóstico inicial hasta el desempeño real del proyecto, y permitiendo que el Modelo HSS evolucione con base en evidencia.

## Conclusiones generales del Modelo HSS

### Síntesis del modelo

El **Modelo Estratégico de Diseño HSS** se consolida como una metodología integral para el desarrollo de arquitectura sustentable en contextos tropicales, al articular de manera coherente el **diagnóstico territorial**, el **diseño arquitectónico**, la **construcción controlada** y la **operación verificada** a lo largo del ciclo de vida del proyecto

### Aportes principales

- Integra de forma **multiescalar** las variables ambientales, territoriales, técnicas y operativas.
- Transforma el diagnóstico ambiental en **criterios de decisión verificables**, evitando enfoques intuitivos o fragmentados.
- Garantiza **trazabilidad metodológica** entre prediseño, diseño, construcción y operación.
- Reduce riesgos técnicos, ambientales y económicos desde fases tempranas.
- Permite la **replicabilidad** del modelo en distintos contextos territoriales.

### Valor técnico y académico

El Modelo HSS aporta un marco metodológico riguroso que:

- Puede ser utilizado como **manual técnico de referencia**.
- Es compatible con normativas, certificaciones y esquemas de sostenibilidad.
- Facilita la sistematización del conocimiento para docencia, investigación y práctica profesional.

### Proyección

La aplicación del Modelo HSS permite avanzar hacia una arquitectura:

- Ambientalmente coherente.
- Técnicamente eficiente.
- Operativamente verificable.
- Capaz de adaptarse y mejorar con base en datos reales de desempeño.

## SEXTA PARTE

# CASO DE ESTUDIO

## DEL MODELO HSS A SU APLICACIÓN PRÁCTICA

El desarrollo previo del **Modelo Estratégico de Diseño HSS** establece un marco metodológico completo, replicable y verificable para el diseño de hábitats sustentables.

A continuación, se presenta un **caso de estudio aplicado**, cuyo propósito es **evidenciar el uso real del modelo**, demostrando cómo las matrices, lineamientos y decisiones metodológicas se traducen en un proyecto concreto, ubicado en un contexto territorial y ambiental específico.

Esta sección no introduce nuevos conceptos ni amplía la teoría desarrollada; su función es **verificar y demostrar** la aplicación del Modelo HSS en un contexto real, conectando el marco metodológico con la práctica proyectual.

### Caso de estudio — Anexo metodológico del Modelo HSS

#### Propósito del anexo

El **caso de estudio** se incorpora como **anexo técnico–aplicado** con el fin de demostrar la **aplicabilidad práctica** del Modelo HSS, sin interferir con la estructura metodológica principal del libro.

Este anexo permite evidenciar cómo los lineamientos, matrices y criterios HSS se traducen en decisiones reales de proyecto en un contexto territorial específico

#### Rol del caso de estudio dentro del documento

El caso de estudio:

- **No construye la metodología** (ya desarrollada en el cuerpo principal).
- **No redefine los criterios HSS.**
- Funciona como **verificación aplicada** del modelo.

Su inclusión como anexo:

- Preserva el carácter del libro como **manual de referencia abierta.**
- Permite una lectura independiente del modelo metodológico.
- Facilita la actualización o sustitución futura del caso sin alterar el marco conceptual.

#### Alcance del caso de estudio

El anexo presenta:

- Contexto territorial y ambiental del proyecto.
- Aplicación de las matrices HSS en prediseño, diseño, construcción y operación.
- Decisiones clave derivadas del modelo.
- Resultados esperados y aprendizajes metodológicos.

#### Valor académico y técnico

El caso de estudio refuerza:

- La **validez operativa** del Modelo HSS.
- Su **capacidad de adaptación** a contextos reales.
- Su potencial como herramienta replicable en otros proyectos y territorios.

## Contexto territorial y ambiental del caso de estudio

### Ubicación y marco territorial

El caso de estudio se localiza en un territorio de alta complejidad ambiental, caracterizado por la interacción entre sistemas hidrológicos activos, suelos aluviales, coberturas vegetales estratégicas y condiciones climáticas propias del trópico húmedo. La localización se analiza a escala **regional, territorial y predial**, garantizando coherencia con los instrumentos de ordenamiento y planificación ambientales vigentes.

### Contexto ambiental determinante

El sitio presenta condicionantes ambientales críticas que influyen directamente en la toma de decisiones del proyecto:

- Régimen climático cálido-húmedo, con alta radiación, humedad relativa elevada y marcada estacionalidad de lluvias.
- Presencia de drenajes naturales, niveles freáticos someros y riesgo de saturación hídrica.
- Suelos con capacidades portantes variables, asociados a procesos de inundación y sedimentación.
- Ecosistemas sensibles (bosques de galería, morichales u otras coberturas estratégicas), relevantes para la conectividad ecológica y los servicios ecosistémicos.

### Marco normativo y de planificación

El análisis territorial se fundamenta en los instrumentos normativos y ambientales aplicables (POT/PBOT/EOT, POMCA, determinantes ambientales y áreas de protección), los cuales establecen **restricciones, oportunidades y obligaciones** que condicionan la implantación, el diseño y la operación del hábitat.

### Rol dentro del Modelo HSS

Este contexto no se presenta como información descriptiva aislada, sino como **base técnica verificable** para alimentar la **Matriz Diagnóstico → Prediseño**, a partir de la cual se derivan criterios ambientales, hídricos y energéticos aplicados en las matrices HSS posteriores.

# CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA Y BIOCLIMÁTICA DEL SITIO

## Condiciones climáticas generales

El sitio de estudio se localiza en un contexto de **clima tropical cálido-húmedo**, caracterizado por temperaturas medias elevadas durante todo el año, alta humedad relativa y un régimen de precipitaciones significativo, con marcada estacionalidad. Estas condiciones imponen retos críticos en términos de confort higrotérmico, control solar, ventilación natural y gestión de la humedad.

## VARIABLES climáticas determinantes

El análisis climático se estructura a partir de las siguientes variables clave:

- **Temperatura del aire:** rangos térmicos altos y baja amplitud térmica diaria.
- **Humedad relativa:** valores persistentemente elevados, con impacto directo en confort y salubridad.
- **Radiación solar:** alta carga solar anual, con necesidad de control pasivo y protección.
- **Vientos dominantes:** velocidades moderadas, direcciones predominantes aprovechables para ventilación cruzada.
- **Precipitación:** lluvias intensas y concentradas, asociadas a escorrentía superficial y saturación del suelo.

## Análisis bioclimático aplicado

A partir de datos meteorológicos representativos (series históricas y archivos climáticos tipo EPW), se realiza una lectura bioclimática orientada a:

- Identificar **estrategias pasivas prioritarias** (sombreamiento, ventilación natural, control de ganancias solares).
- Definir rangos de confort adaptativo acordes al clima tropical.
- Establecer condicionantes para la envolvente, la orientación y la implantación del proyecto.

## Rol dentro del Modelo HSS

La caracterización climática y bioclimática constituye un **insumo estructural** para la **Matriz Energética HSS**, permitiendo traducir las condiciones ambientales del sitio en criterios verificables de diseño pasivo, eficiencia energética y confort ambiental desde etapas tempranas.

# CARACTERIZACIÓN HÍDRICA E HIDROLÓGICA DEL SITIO

## Contexto **hídrico** **general**

El sitio de estudio se localiza en un entorno de **alta disponibilidad hídrica**, propio de llanuras aluviales y sistemas fluviales tropicales, donde la dinámica del agua superficial y subterránea condiciona de manera decisiva la ocupación del suelo, la implantación arquitectónica y las estrategias de manejo ambiental.

## Componentes **hidrológicos** **relevantes**

La caracterización hídrica se estructura a partir de los siguientes elementos:

- **Red hídrica superficial:** presencia de ríos, caños y drenajes naturales, con comportamiento estacional marcado.
- **Escorrentía superficial:** flujos intensos durante eventos de lluvia, asociados a pendientes suaves y suelos saturables.
- **Nivel freático:** freático somero, con variaciones estacionales que inciden en cimentación, drenajes y estabilidad.
- **Zonas inundables:** áreas susceptibles a anegamiento periódico, identificadas como condicionantes territoriales críticos.

## Riesgos **y** **condicionantes** **hídricos**

El análisis permite identificar riesgos asociados a:

- Inundación temporal o recurrente.
- Saturación del suelo y pérdida de capacidad portante.
- Erosión superficial y socavación localizada.
- Contaminación potencial de cuerpos de agua y acuíferos.

## Lectura **estratégica** **desde** **el** **Modelo** **HSS**

Desde el enfoque HSS, el agua no se aborda únicamente como restricción, sino como **estructura ecológica del territorio**, lo que implica:

- Reconocer el sistema hídrico como organizador del proyecto.
- Priorizar estrategias de adaptación, infiltración y manejo pasivo del agua.
- Evitar soluciones rígidas que interrumpan los flujos naturales.

## Rol **dentro** **del** **Modelo** **HSS**

Esta caracterización constituye el **insumo base de la Matriz Hídrica HSS**, permitiendo traducir las condiciones hidrológicas del sitio en criterios técnicos para captación, uso eficiente, drenaje sostenible, control de riesgos y resiliencia hídrica del proyecto.

# CARACTERIZACIÓN EDÁFICA Y GEOTÉCNICA DEL SITIO

## Contexto **edáfico** **general**

El sitio se emplaza sobre **suelos de origen aluvial-fluvio-lacustre**, típicos de llanuras tropicales, caracterizados por alta humedad, estratificación heterogénea y una fuerte interacción con el régimen hídrico superficial y subterráneo. Estas condiciones convierten al suelo en un **factor estructurante del diseño**, más que en un simple soporte físico.

## Componentes **edáficos** **relevantes**

La caracterización del suelo considera los siguientes aspectos críticos:

- **Estratigrafía:** capas variables de limos, arcillas y arenas finas, con intercalaciones orgánicas.
- **Textura y estructura:** predominio de suelos finos con baja a media cohesión y comportamiento dependiente del contenido de humedad.
- **Permeabilidad:** variable, condicionada por la granulometría y la saturación estacional.
- **Materia orgánica:** presencia asociada a antiguos humedales y morichales, relevante para estabilidad y uso del suelo.

## Condiciones **geotécnicas**

Desde el punto de vista geotécnico, se identifican los siguientes condicionantes:

- **Capacidad portante limitada**, especialmente en periodos de saturación.
- **Susceptibilidad a asentamientos diferenciales**, vinculados a la heterogeneidad estratigráfica.
- **Relación directa con el nivel freático**, que condiciona soluciones de cimentación.
- **Riesgo de pérdida de estabilidad** en excavaciones profundas o drenajes mal resueltos.

## Riesgos **edáficos** **y** **constructivos**

El análisis permite anticipar riesgos asociados a:

- Asentamientos excesivos.
- Fallas por sobrecarga o saturación.
- Afectación del suelo por compactación antrópica.
- Alteración de la dinámica natural del terreno.

## Lectura **estratégica** **desde** **el** **Modelo** **HSS**

En el Modelo HSS, el suelo se entiende como un **sistema vivo**, cuya integridad debe preservarse. Esto implica:

- Priorizar sistemas constructivos livianos y adaptativos.
- Minimizar movimientos de tierra y alteraciones profundas.
- Integrar el diseño estructural con la capacidad real del suelo.
- Incorporar estrategias de manejo edáfico y drenaje natural.

## Rol **dentro** **del** **Modelo** **HSS**

Esta caracterización constituye el **insumo base de la Matriz Integrada HSS**, permitiendo articular criterios estructurales, ambientales y constructivos coherentes con las condiciones reales del terreno.

## Contexto ecosistémico general

El sitio de estudio se inserta en un territorio de **alta sensibilidad ecológica**, propio de paisajes tropicales donde confluyen sistemas hídricos, suelos húmedos y coberturas vegetales estratégicas. La biodiversidad presente no es un elemento decorativo, sino un **componente funcional** del territorio que regula procesos hídricos, climáticos y edáficos.

## Coberturas vegetales y ecosistemas asociados

La caracterización ecosistémica identifica la presencia de:

- **Bosques de galería**, asociados a cuerpos de agua y corredores ecológicos.
- **Morichales y humedales**, fundamentales para la regulación hídrica y la biodiversidad.
- **Coberturas secundarias y áreas intervenidas**, con potencial de restauración ecológica.
- **Vegetación adaptada a suelos saturados**, relevante para estabilización y control de erosión.

## Servicios ecosistémicos relevantes

Estos ecosistemas aportan servicios clave para el proyecto, entre ellos:

- Regulación del ciclo hidrológico y control de inundaciones.
- Moderación microclimática y mejora del confort térmico.
- Protección del suelo y reducción de procesos erosivos.
- Hábitat para fauna local y conectividad ecológica.

## Riesgos ecológicos y presiones antrópicas

El análisis permite identificar riesgos asociados a:

- Fragmentación de hábitats.
- Pérdida de conectividad ecológica.
- Alteración de zonas de protección hídrica.
- Introducción de especies no adecuadas al contexto.

## Lectura estratégica desde el Modelo HSS

Desde el enfoque HSS, la biodiversidad se integra como **criterio de diseño**, lo que implica:

- Reconocer y proteger ecosistemas existentes.
- Incorporar estrategias de restauración y renaturalización.
- Diseñar el proyecto como parte de una **red ecológica mayor**, no como un objeto aislado.

## Rol dentro del Modelo HSS

Esta caracterización alimenta directamente los lineamientos de **Desarrollo Sostenible del Sitio** y la **Matriz Integrada HSS**, asegurando que las decisiones arquitectónicas contribuyan a la conservación, restauración y funcionalidad ecológica del territorio.

## Contexto ecosistémico general

El sitio de estudio se inserta en un territorio de **alta sensibilidad ecológica**, propio de paisajes tropicales donde confluyen sistemas hídricos, suelos húmedos y coberturas vegetales estratégicas. La biodiversidad presente no es un elemento decorativo, sino un **componente funcional** del territorio que regula procesos hídricos, climáticos y edáficos.

## Coberturas vegetales y ecosistemas asociados

La caracterización ecosistémica identifica la presencia de:

- **Bosques de galería**, asociados a cuerpos de agua y corredores ecológicos.
- **Morichales y humedales**, fundamentales para la regulación hídrica y la biodiversidad.
- **Coberturas secundarias y áreas intervenidas**, con potencial de restauración ecológica.
- **Vegetación adaptada a suelos saturados**, relevante para estabilización y control de erosión.

## Servicios ecosistémicos relevantes

Estos ecosistemas aportan servicios clave para el proyecto, entre ellos:

- Regulación del ciclo hidrológico y control de inundaciones.
- Moderación microclimática y mejora del confort térmico.
- Protección del suelo y reducción de procesos erosivos.
- Hábitat para fauna local y conectividad ecológica.

## Riesgos ecológicos y presiones antrópicas

El análisis permite identificar riesgos asociados a:

- Fragmentación de hábitats.
- Pérdida de conectividad ecológica.
- Alteración de zonas de protección hídrica.
- Introducción de especies no adecuadas al contexto.

## Lectura estratégica desde el Modelo HSS

Desde el enfoque HSS, la biodiversidad se integra como **criterio de diseño**, lo que implica:

- Reconocer y proteger ecosistemas existentes.
- Incorporar estrategias de restauración y renaturalización.
- Diseñar el proyecto como parte de una **red ecológica mayor**, no como un objeto aislado.

## Rol dentro del Modelo HSS

Esta caracterización alimenta directamente los lineamientos de **Desarrollo Sostenible del Sitio** y la **Matriz Integrada HSS**, asegurando que las decisiones arquitectónicas contribuyan a la conservación, restauración y funcionalidad ecológica del territorio.

## **Integración de variables ambientales**

El diagnóstico ambiental del caso de estudio integra de manera articulada las variables **climáticas, hídricas, edáficas, geotécnicas y ecosistémicas**, permitiendo una comprensión sistémica del territorio y de sus condicionantes para la ocupación y el diseño arquitectónico. Esta síntesis no corresponde a una recopilación descriptiva, sino a una **lectura estratégica** orientada a la toma de decisiones en la etapa de Prediseño HSS.

## **Condicionantes ambientales clave**

Del análisis integrado se identifican como determinantes principales:

- Clima tropical cálido-húmedo, con alta carga térmica y necesidad de control pasivo.
- Sistema hídrico activo, con nivel freático somero y riesgo de saturación e inundación.
- Suelos aluviales de baja a media capacidad portante, sensibles a la alteración antrópica.
- Ecosistemas estratégicos que regulan el agua, el microclima y la biodiversidad.
- Marco normativo ambiental que establece restricciones y oportunidades de diseño.

## **Traducción al Prediseño HSS**

La síntesis del diagnóstico se traduce en **criterios ambientales verificables**, que alimentan directamente el Prediseño HSS, tales como:

- Definición de áreas aptas y no aptas para implantación.
- Criterios de orientación, asoleamiento y ventilación natural.
- Estrategias de adaptación al régimen hídrico y al suelo.
- Lineamientos de protección, restauración y conectividad ecológica.
- Bases para la formulación de las matrices HSS posteriores.

## **Rol dentro del Modelo HSS**

Esta síntesis constituye el **punto técnico** entre el análisis territorial-ambiental y la toma de decisiones proyectuales, garantizando que el diseño no responda a criterios formales aislados, sino a una **lectura ambiental integrada y contextualizada**.

# APLICACIÓN DEL PREDISEÑO HSS EN EL CASO DE ESTUDIO

## Objetivo del Prediseño aplicado

La aplicación del **Prediseño HSS** en el caso de estudio tiene como objetivo **traducir el diagnóstico ambiental integrado** en criterios estratégicos que orientan las decisiones iniciales del proyecto, reduciendo la incertidumbre técnica y ambiental desde etapas tempranas. Criterios estratégicos derivados del diagnóstico A partir de la síntesis ambiental, el Prediseño HSS define los siguientes criterios clave: Implantación y ocupación del suelo Localización del proyecto en áreas ambientalmente aptas. Respeto por zonas de protección hídrica y ecosistémica. Relación con el clima Orientación favorable para control solar y ventilación natural. Aprovechamiento de vientos dominantes y mitigación de cargas térmicas. Gestión hídrica temprana Reconocimiento del sistema hídrico como estructurante del proyecto. Definición preliminar de estrategias de drenaje, infiltración y captación. Condicionantes edáficos y constructivos Adecuación del sistema constructivo a la capacidad real del suelo. Minimización de movimientos de tierra y cargas innecesarias. Criterios ecosistémicos Conservación de coberturas estratégicas existentes. Integración del proyecto a la red ecológica del territorio.

## Herramientas HSS utilizadas

- Matriz Diagnóstico → Prediseño.
- Lineamientos de Desarrollo Sostenible del Sitio.
- Criterios ambientales integrados del Modelo HSS.

## Rol dentro del caso de estudio

El Prediseño HSS establece el **marco estratégico no negociable** del proyecto, sobre el cual se desarrollan las decisiones de diseño arquitectónico, garantizando coherencia ambiental, técnica y territorial desde el inicio.

# APLICACIÓN DEL DISEÑO HSS EN EL CASO DE ESTUDIO

## Objetivo del Diseño HSS aplicado

La aplicación del **Diseño HSS** en el caso de estudio tiene como finalidad **materializar los criterios estratégicos del Prediseño** en una solución arquitectónica coherente, verificable y ambientalmente adaptada al contexto territorial.

El diseño no se concibe como una respuesta formal autónoma, sino como la **traducción técnica y espacial** de los lineamientos ambientales, hídricos, energéticos y ecosistémicos previamente definidos.

Decisiones de diseño derivadas del Modelo HSSA partir de los criterios del Prediseño, el Diseño HSS incorpora: Implantación arquitectónica adaptativa Ajuste de la localización y cota del proyecto en función del régimen hídrico y del suelo. Relación controlada con el paisaje y las coberturas existentes. Diseño bioclimático Control solar mediante orientación, aleros y elementos de sombreado. Ventilación cruzada y estrategias pasivas para disipación térmica. Relación interior–exterior acorde al clima tropical. Envolvente y materialidad Selección de sistemas constructivos livianos y adaptativos. Materiales coherentes con humedad, temperatura y ciclo de vida. Integración de sistemas técnicos Estrategias energéticas pasivas como prioridad. Definición preliminar de sistemas activos de apoyo. Articulación de la gestión hídrica con el diseño arquitectónico.

## Matrices HSS aplicadas

- Matriz Energética HSS.
- Matriz Hídrica HSS.
- Matriz Integrada HSS.

Estas herramientas permiten **verificar la coherencia del diseño** y realizar ajustes iterativos antes de pasar a la etapa constructiva.

## Rol dentro del caso de estudio

El Diseño HSS consolida el proyecto arquitectónico como un **sistema ambientalmente coherente**, preparado para ser ejecutado sin perder la trazabilidad con el diagnóstico territorial ni con los criterios del modelo.

## Ejecución constructiva bajo criterios HSS

La etapa de **Construcción HSS** en el caso de estudio se orienta a garantizar que las decisiones definidas en el Diseño HSS se materialicen en obra con **control técnico, trazabilidad y verificación**, evitando desviaciones que comprometan el desempeño ambiental del proyecto.

Las principales acciones incluyen:

- Ejecución controlada de la envolvente y los sistemas pasivos definidos.
- Instalación y verificación de sistemas energéticos e hídricos conforme a las matrices HSS.
- Gestión responsable de materiales y residuos de construcción (RCD).
- Protección de suelos, drenajes y elementos ecosistémicos durante la obra.

La **Operación HSS** permite verificar el desempeño real del proyecto en condiciones de uso, asegurando la continuidad entre lo diseñado, lo construido y lo operado. En el caso de estudio, esta etapa se enfoca en:

- Monitoreo inicial de consumos energéticos e hídricos.
- Ajuste operativo de sistemas para optimizar eficiencia y confort.
- Aplicación de protocolos de mantenimiento preventivo.
- Registro de datos operativos para evaluación y mejora continua.

## Aprendizajes metodológicos del caso

La aplicación integrada de la Construcción y Operación HSS permite evidenciar que:

- El control en obra es clave para preservar la coherencia del modelo.
- La operación retroalimenta el sistema con datos reales de desempeño.
- El Modelo HSS es adaptable y verificable en contextos reales.

## Rol dentro del anexo

Esta etapa cierra el caso de estudio como **ejercicio demostrativo**, validando la aplicabilidad del Modelo HSS a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, sin alterar su estructura metodológica.

## Lecciones clave del caso de estudio

El análisis y la aplicación del **Modelo HSS** en este caso de estudio nos han proporcionado una serie de **lecciones prácticas** que son fundamentales para su implementación futura en otros proyectos. Estas lecciones abarcan tanto los **aciertos** como los **desafíos** encontrados a lo largo del proceso:

- **Coherencia metodológica:** La integración entre diagnóstico, diseño, construcción y operación ha demostrado ser efectiva para lograr un proyecto sustentable y de alto rendimiento.
- **Flexibilidad del modelo:** A pesar de las variaciones contextuales, el Modelo HSS ha sido adaptable a las condiciones locales sin comprometer los principios de sostenibilidad.
- **Optimización continua:** La retroalimentación generada durante la operación ha permitido realizar ajustes que optimizan el consumo energético, hídrico y el confort de los usuarios.

## Desafíos encontrados

- **Complejidad en la implementación de estrategias pasivas:** Algunos sistemas pasivos definidos durante el diseño requirieron ajustes adicionales durante la construcción para garantizar su efectividad, especialmente en el control solar y la ventilación natural.
- **Limitaciones tecnológicas:** La implementación de ciertos sistemas energéticos y de tratamiento de agua, aunque viable, encontró barreras tecnológicas y económicas en algunas fases del proyecto.
- **Monitoreo a largo plazo:** La necesidad de un **monitoreo constante** y la recopilación de datos operativos a lo largo del tiempo se ha identificado como esencial para mantener la eficiencia a largo plazo.

## Aportes y proyección del Modelo HSS

- El caso de estudio ha consolidado al **Modelo HSS** como una herramienta efectiva y replicable para proyectos de arquitectura sostenible, especialmente en contextos tropicales y de alta complejidad ambiental.
- Las lecciones aprendidas servirán como base para futuras actualizaciones del modelo, incorporando nuevas tecnologías y estrategias de sostenibilidad.
- El **Modelo HSS** ofrece una guía práctica y académica para optimizar la implementación de estrategias sustentables, con el fin de **mejorar la resiliencia de los hábitats** ante el cambio climático y otras presiones ambientales.

## Rol dentro del libro

Esta diapositiva **cierra el caso de estudio** y **refuerza** el propósito del libro como **manual de referencia abierta**, proporcionando tanto las bases teóricas como la validación práctica para su aplicación en proyectos reales.

### Cierre del Modelo HSS

El **Modelo Estratégico de Diseño HSS** ha demostrado ser una herramienta potente para la creación de hábitats sustentables, integrando aspectos ambientales, sociales y técnicos en un proceso único, desde el diagnóstico hasta la operación. Este enfoque no solo aporta valor académico y técnico, sino que también ofrece una **metodología replicable y adaptable** a diferentes contextos, con un impacto real en la sostenibilidad y eficiencia de los proyectos.

### Agradecimientos

Quisiera agradecer profundamente a todas las personas, equipos y entidades que hicieron posible la realización de este trabajo:

- **A mi familia**, por su apoyo constante y su paciencia durante todo el proceso.
- **A los expertos técnicos y académicos**, por sus valiosas contribuciones y asesorías.
- **A los colaboradores del proyecto**, cuya dedicación y compromiso hicieron posible el desarrollo de este modelo.
- **A los mentores y profesores**, por sus enseñanzas y por empujar siempre a superar límites.

### Proyección futura del Modelo HSS

El Modelo HSS está diseñado para evolucionar. Este documento es solo el comienzo, ya que el **Modelo HSS** seguirá siendo una referencia viva, sujeta a nuevas actualizaciones y mejoras en función de los avances en la arquitectura sostenible y las condiciones cambiantes del entorno.

### Agradecimiento final

Este trabajo es fruto de la **colaboración interdisciplinaria** y del esfuerzo colectivo para transformar la teoría en práctica y generar un legado tangible para futuros proyectos de hábitat sustentable.

## Problema central de investigación:

Existe una desconexión estructural entre la normativa nacional y regional de ordenamiento ambiental (particularmente el POMCA), la alta variabilidad ecológica y climática del territorio y las prácticas convencionales de ocupación rural en la cuenca media del Río Ocoa, lo que genera asentamientos vulnerables, ambientalmente ineficientes y técnicamente inadecuados para las condiciones hidrogeomorfológicas y ecosistémicas del área de estudio.

(Basado en: Constitución Política, 1991; Ley 99, 1993; Decreto 1640, 2012; CORMACARENA & IDEAM, 2014; SGC, 2018; POT Villavicencio, 2015).



## Escala nacional

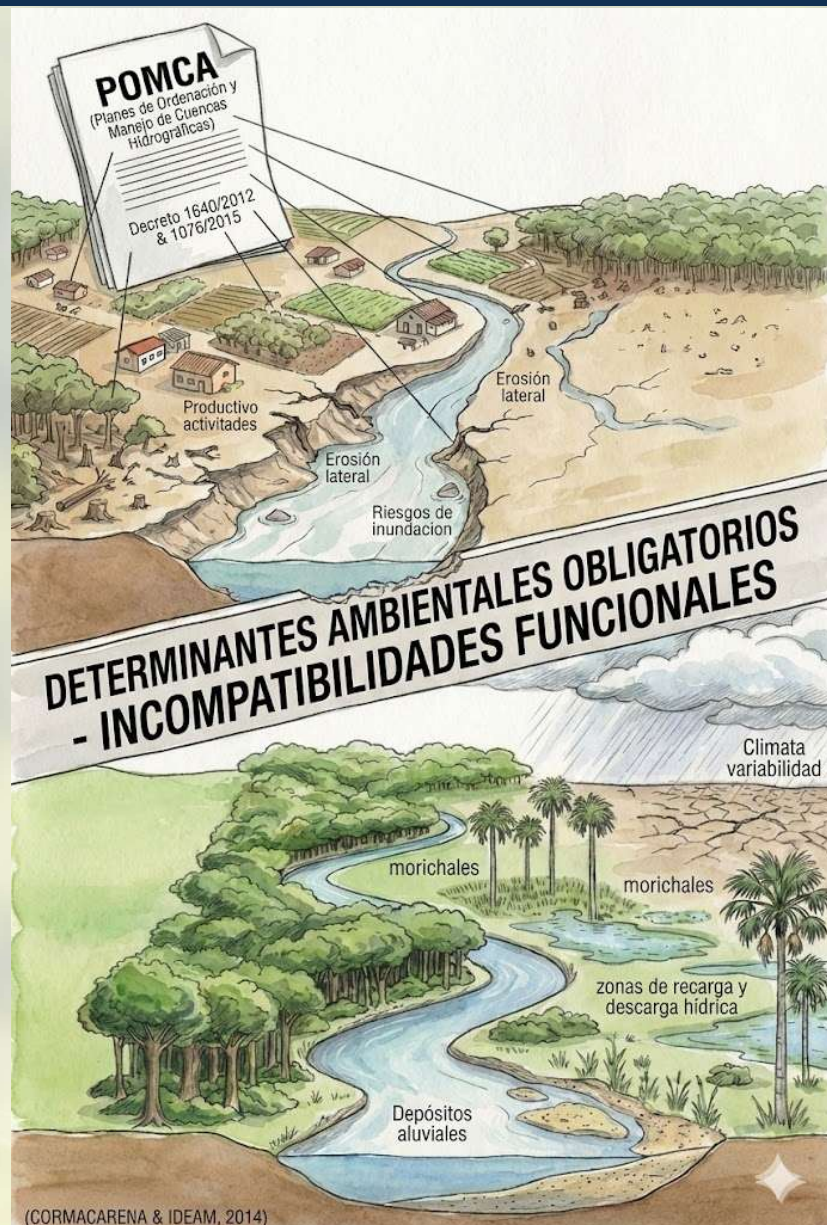
Complejidad normativa y ambiental del territorio colombiano. Colombia cuenta con un marco jurídico–ambiental robusto que orienta la planificación territorial bajo principios de sostenibilidad, protección de ecosistemas estratégicos y gestión del riesgo.

La Constitución Política (arts. 79–80), la Ley 99 de 1993 y el Decreto 2811 de 1974 establecen la obligatoriedad de planificar el territorio desde criterios ecológicos y de manejo integral de los recursos naturales. Este marco legal exige que los procesos de diseño arquitectónico, especialmente en zonas rurales, se articulen con las determinantes ambientales y con la estructura ecológica del territorio, situación que no siempre se cumple en la práctica. (Constitución Política de Colombia, 1991; Ley 99, 1993; Decreto 2811, 1974; Decreto 1076, 2015).

Colombia presenta además una de las mayores variabilidades climáticas del planeta, derivada de su localización intertropical, gradientes altitudinales extremos y complejas interacciones entre cordilleras, páramos, piedemontes, valles, llanuras, litorales, costas e islas.

Esta variabilidad produce condiciones ambientales extremas y heterogéneas — radiación intensa, humedad relativa elevada, precipitación estacional dinámica— que dificultan la planificación del hábitat rural y la definición de criterios de diseño apropiados para zonas ambientalmente frágiles.

(IDEAM, 2017; IDEAM, 2021; Pabón et al., 2019).



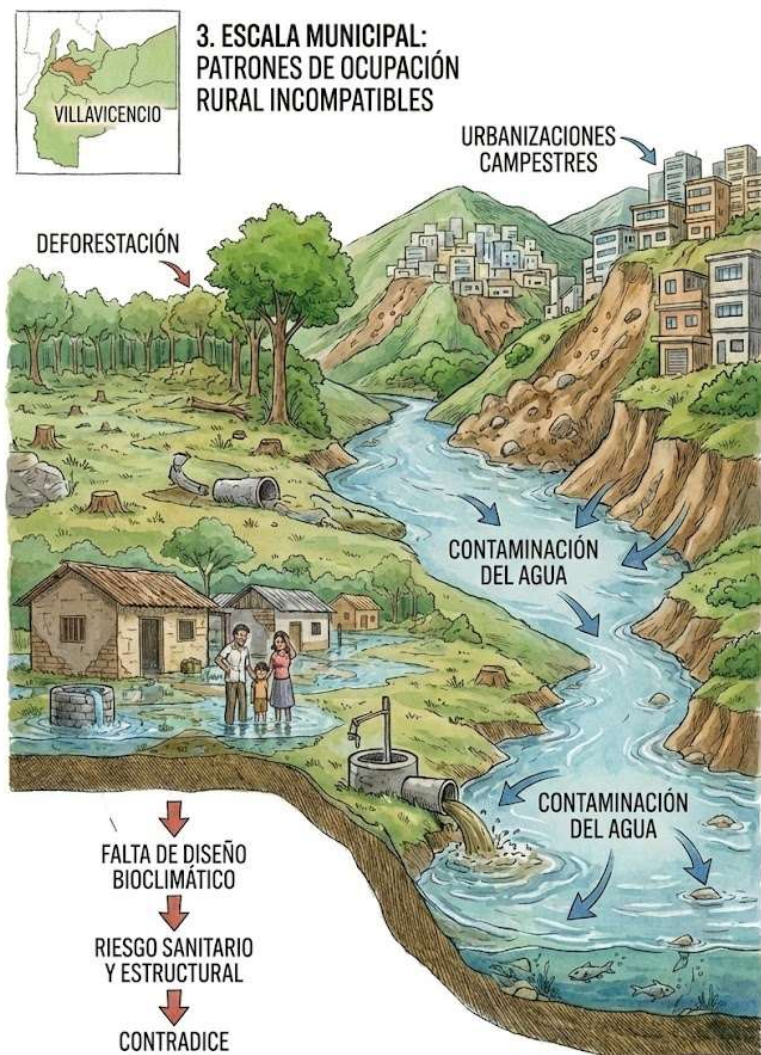
## Escala regional

Los POMCA como determinantes ambientales obligatorios. En la jerarquía de ordenamiento ambiental, los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) son los instrumentos superiores que definen los determinantes ambientales obligatorios para el uso del territorio, la gestión del recurso hídrico y la prevención del riesgo.

El Decreto 1640 de 2012 y el Decreto 1076 de 2015 establecen que ningún proyecto arquitectónico o actividad productiva puede contradecir las restricciones, zonificaciones y lineamientos definidos por el POMCA. (Decreto 1640, 2012; Decreto 1076, 2015).

La cuenca media del río Ocoa hace parte del sistema hídrico del río Guatiquía, cuyo POMCA clasifica la región como un territorio de alta fragilidad hídrica y geomorfológica. Los estudios regionales indican la presencia de depósitos aluviales jóvenes y saturados, morichales y bosques de galería, zonas de recarga y descarga hídrica, riesgo de inundación, erosión lateral activa y vulnerabilidad ante variabilidad climática interanual. Sin embargo, los procesos de ocupación rural no han incorporado estos determinantes ambientales, generando incompatibilidades funcionales entre el uso del suelo y la dinámica natural de la cuenca.

(CORMACARENA & IDEAM, 2014).



**VULNERABILIDAD FÍSICA, DEGRADACIÓN AMBIENTAL,  
VULNERABILIDAD FÍSICA, DEGRADACIÓN AMBIENTAL, BAJA CALIDAD DE VIDA.**

## Escala municipal

Patrones de ocupación rural incompatibles con el territorio. En Villavicencio y su área rural se han consolidado modelos de ocupación basados en parcelaciones y urbanizaciones campestras que no integran análisis bioclimáticos, geotécnicos, hidráulicos o ecosistémicos en la fase de diseño.

El POT del municipio reconoce la expansión de asentamientos en zonas de saturación hídrica, la deforestación de bosques de galería, la deficiencia en el manejo del agua y la ausencia de infraestructura de saneamiento adecuada en zonas rurales. Tales prácticas, además de contradecir el POMCA, generan vulnerabilidad física, degradación ambiental y baja calidad de vida para las comunidades locales. (POT Villavicencio, 2015).

La infraestructura rural convencional presenta problemas recurrentes asociados a la falta de diseño bioclimático, sobrecalentamiento interior, vertimientos sin tratamiento infiltrados hacia acuíferos someros, captación y potabilización deficiente, y uso de sistemas constructivos inadecuados para suelos saturados. En conjunto, estas situaciones incrementan el riesgo sanitario, ambiental y estructural, mostrando la ausencia de metodologías de diseño integral acordes con el contexto tropical húmedo del piedemonte llanero.

(IDEAM, 2017; SGC, 2018).

## INTERPRETACIÓN GRÁFICA: PROBLEMÁTICA DEL PREDIO (RÍO OCOA)



(SGC 2018), (Rangel-Ch. 2015), (Pabón et al. 2019, IDEAM, 2021), (CORMACARENA & IDEAM, 2014)

## Escala local

Problemática específica del predio de implantación. El predio estudiado en la cuenca media del río Ocoa presenta condiciones hidrogeomorfológicas críticas: niveles freáticos altos y fluctuantes, suelos arcillosos de comportamiento expansivo–colapsable, inundaciones interanuales, drenaje superficial lento y sedimentos inestables. Estos rasgos implican restricciones severas para la cimentación, la estabilidad estructural y la durabilidad de las edificaciones. (SGC– Servicio Geológico Colombiano, 2018).

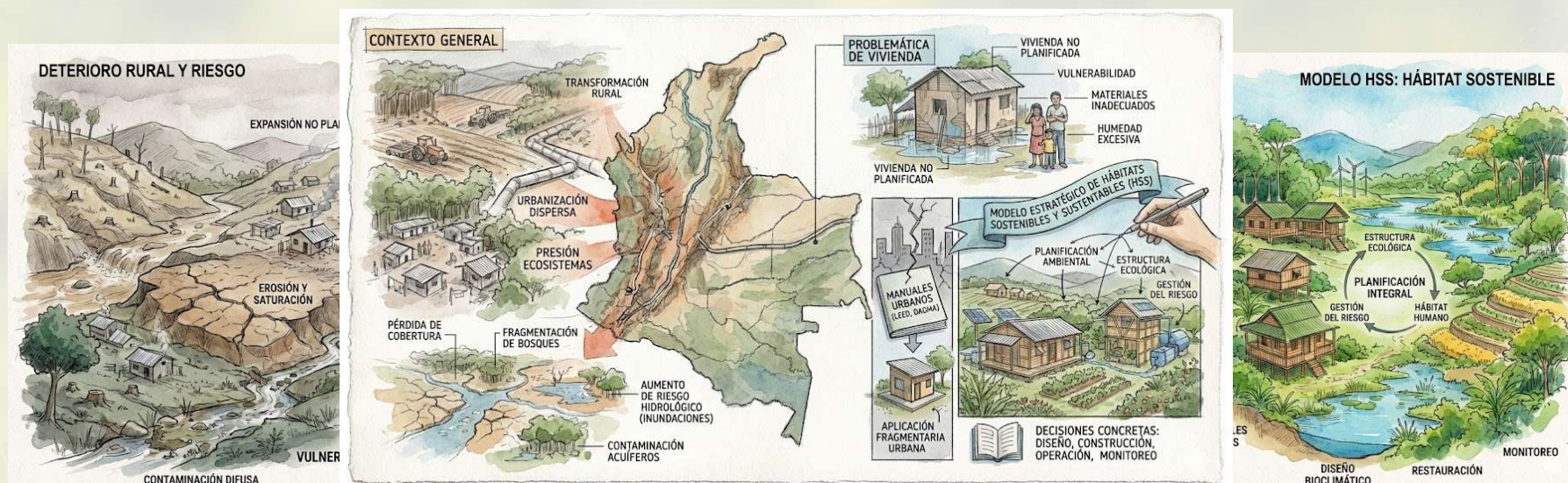
Simultáneamente, el sitio alberga ecosistemas sensibles como morichales y bosques de galería, fundamentales para la regulación hídrica, el microclima y la biodiversidad. La fauna asociada —particularmente anfibios, insectos y aves— evidencia la alta sensibilidad ecológica del lugar, lo que exige soluciones de hábitat que reduzcan el impacto sobre el ecosistema y respeten los procesos hidroecológicos del territorio. (Rangel-Ch., 2015).

Las condiciones climáticas locales —radiación solar intensa, humedad relativa elevada, altas temperaturas en superficies convencionales y necesidad de ventilación cruzada permanente— obligan a incorporar estrategias pasivas y activas de diseño bioclimático para garantizar confort higrotérmico y eficiencia energética. Las viviendas convencionales no responden a estas exigencias y generan sobrecalentamiento interior y baja calidad ambiental. (Pabón et al., 2019; IDEAM, 2021).

Finalmente, la ausencia de un sistema de saneamiento centralizado obliga a implementar soluciones individuales de captación, potabilización y tratamiento de aguas residuales. En la práctica, estas soluciones son deficientes y generan contaminación por infiltración hacia acuíferos someros, contradiciendo las directrices del POMCA para la gestión del agua rural. (CORMACARENA & IDEAM, 2014).

**Colombia vive un proceso intenso de transformación** de sus territorios rurales y periurbanos, marcado por la expansión de la frontera agropecuaria, la urbanización dispersa y la proliferación de infraestructuras lineales sobre ecosistemas altamente frágiles. La información producida por el IDEAM, el SINA, los POMCA, el IGAC y los instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT) converge en un diagnóstico común: el país enfrenta un deterioro estructural de sus paisajes de piedemonte, llanuras aluviales y sabanas inundables. Este deterioro se expresa en la pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación de bosques de galería, morichales, humedales y áreas de recarga hídrica; en la expansión de vivienda rural y periurbana sin soporte climático, hidrogeológico, geomorfológico ni ecológico; en el aumento de la vulnerabilidad frente a inundaciones, encharcamientos, erosión y saturación de suelos; y en la contaminación difusa de acuíferos superficiales asociada a sistemas sépticos precarios, vertimientos directos y manejo inadecuado de residuos. A ello se suma la degradación de la calidad ambiental interior en viviendas expuestas a humedad extrema, radiación directa, ventilación deficiente y uso intensivo de materiales industrializados poco compatibles con el clima húmedo y con los suelos aluviales.

En este escenario, la vivienda rural se convierte simultáneamente en factor de presión y en oportunidad de restauración ecológica, dependiendo del modo en que se conciba y gestione. La arquitectura no puede operar como disciplina aislada ni como ejercicio meramente formal, sino como parte de un sistema de planificación ambiental que articule hábitat humano, estructura ecológica principal y gestión del riesgo. Los manuales de construcción sostenible —como el Manual Técnico de Construcción Sostenible para Santiago de Cali (DAGMA), el Manual Único de Control y Seguimiento Ambiental y de SST del IDU y las guías asociadas a certificaciones tipo LEED— han demostrado que es posible traducir principios ambientales en criterios específicos de diseño, selección de materiales, operación y monitoreo. No obstante, su aplicación ha sido fragmentaria y predominantemente urbana, dejando un vacío metodológico en el contexto rural. Frente a esta brecha, se justifica la formulación de un Modelo Estratégico de Diseño de Hábitats Sostenibles y Sustentables (HSS) que, partiendo de la problemática nacional, integre instrumentos de ordenamiento, manuales de construcción sostenible y determinantes ambientales para convertirlos en decisiones concretas de diseño, construcción, operación y seguimiento de hábitats rurales sustentables.



## VIVIENDA RURAL MODERNA (SÍNDROME DE EDIFICACIÓN ENFERMA E IMPACTO AMBIENTAL)

MALA SÍNDROME DE EDIFICACIÓN ENFERMA, HUMEDAD EXCESIVA

IMPACTO AMBIENTAL: CONTAMINACIÓN HIDRICA



ALTOS COSTOS DE MANTENIMIENTO  
RIEGGO DE FALLAS ESTRUCTURALES  
GASTOS EN SALUD Y PERDIDAS PATRIMONIALES  
VECTORES EPIDEMIOLÓGICOS

## MODELO HSS ACTUAL: HÁBITAT AUTÓNOMO, DOMÓTICO Y EFICIENTE

GARANTIZA SALUD PÚBLICA (AIRE LIMPIO, CONTROL INTELIGENTE)  
CONFORT TÉRMICO Y LUMÍNICA (DOMÓTICA Y ESTRATEGIAS PASIVAS)  
AUTONOMÍA ENERGÉTICA E HÍDRICA (AHORRO ECONOMICO TOTAL)



RESTAURACIÓN BAJO MANTENIMIENTO (MATERIALES AVANZADOS)  
RESILIENCIA FRENTE A RIESGOS (SISTEMAS INTELIGENTES)  
ALTA VALORIZACIÓN DEL PREDIO DE ECOSFERA LOCAL

**La necesidad de un modelo estratégico de implantación sustentable basado en el ordenamiento territorial.** En Colombia, la planificación del territorio, el uso del suelo y la implantación de proyectos se rigen por un marco normativo multiescalar que incluye la Constitución Política, la Ley 99 de 1993, el Decreto 1076 de 2015, los POT–PBOT–EOT, los POMCA, las determinantes ambientales de las autoridades ambientales competentes, la NSR-10, el SINA y los compromisos derivados de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). A este marco se suman los estándares de gestión ambiental (ISO 14001) y las referencias técnicas de los manuales de construcción sostenible (DAGMA, IDU, guías LEED, entre otros).

Pese a la robustez formal de este entramado normativo y técnico, se mantiene una brecha estructural entre el ordenamiento territorial y la práctica del diseño arquitectónico, particularmente en contextos rurales: los estudios hidrogeológicos, geomorfológicos, climáticos y ecológicos rara vez se integran de manera orgánica al proceso proyectual de vivienda rural. La implantación de edificaciones sobre zonas de recarga hídrica, drenajes naturales o corredores biológicos continúa siendo frecuente. Los sistemas sanitarios se diseñan sin considerar la vulnerabilidad del acuífero somero ni la capacidad de depuración natural. La orientación de la edificación, el tratamiento de la envolvente y la selección de materiales no responden a datos bioclimáticos ni a criterios de eficiencia definidos en los manuales de construcción sostenible. Las recomendaciones de los manuales (reducción de demanda energética, gestión eficiente del agua, manejo de residuos de construcción y demolición, selección de materiales de bajo impacto) se aplican de forma parcial, sin articularse con los instrumentos de ordenamiento.

**El Modelo Estratégico de Diseño HSS** se formula precisamente para cerrar esta brecha, planteando un esquema metodológico que: Convierte el ordenamiento territorial en método de implantación: los determinantes del POT, del POMCA y de las autoridades ambientales se reinterpretan como restricciones y oportunidades de diseño (localización, forma, volumetría, sistemas). Integra datos ambientales, climáticos, hidrológicos y edáficos en las decisiones proyectuales, siguiendo la lógica de diagnóstico y análisis propuesta por manuales como el DAGMA y el IDU. Articula estrategias de mitigación, restauración, renaturalización y monitoreo en todas las fases del ciclo de vida del proyecto (prediseño, diseño, construcción, operación), coherentes con los enfoques de ciclo de vida y gestión de impactos presentes en LEED y en la normativa ISO 14001. Asegura que la vivienda sea compatible con la capacidad de carga del ecosistema, evitando que el proyecto supere las capacidades de regulación hídrica, climática y ecológica del territorio. Integra la gestión del riesgo desde el prediseño, incorporando los análisis de amenaza y vulnerabilidad definidos por el POT, el POMCA y la NSR-10.

De esta manera, la arquitectura deja de ser un ejercicio independiente y se convierte en herramienta operativa del ordenamiento territorial y de los manuales de construcción sostenible, con capacidad para transformar la vivienda rural en dispositivo de restauración y gestión ambiental.

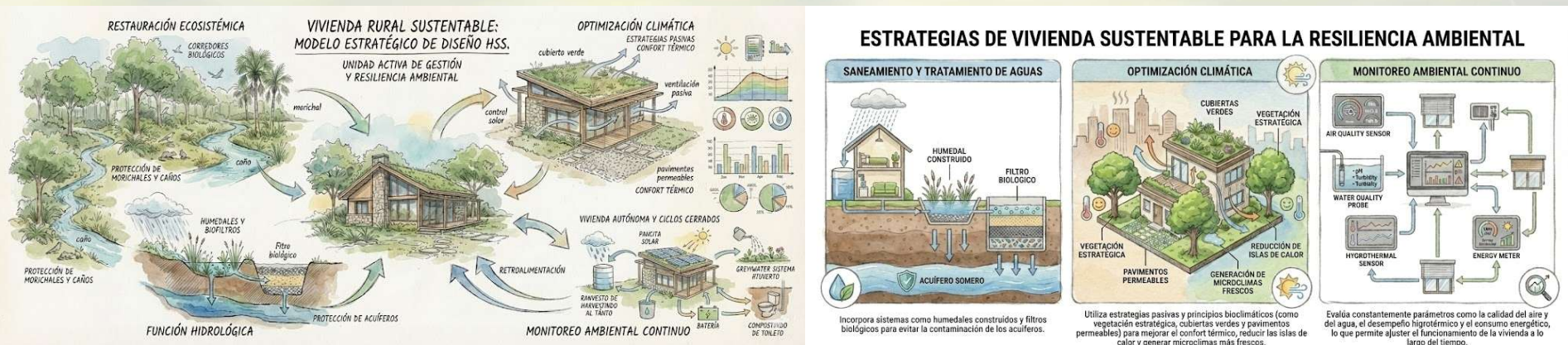
## Justificación ambiental

La crisis ambiental que atraviesa el país demanda que la vivienda rural asuma un papel más ambicioso que la simple mitigación de impactos. El modelo Estratégico de Diseño HSS responde a este desafío al integrar, de manera estructurada, criterios ambientales durante todo el ciclo de vida del proyecto, en consonancia con los manuales de construcción sostenible y los sistemas de certificación ambiental.

En primer lugar, el modelo concibe la vivienda rural sustentable como un nodo de restauración y renaturalización ecosistémica. Contribuye a recuperar coberturas vegetales nativas, reactivar corredores biológicos y rehabilitar suelos degradados mediante prácticas de manejo edáfico que favorecen la infiltración natural y reducen la erosión. Asimismo, protege y revitaliza bordes ecológicos estratégicos —morichales, caños y bosques de galería— mediante el control de escorrentías y la gestión adecuada del agua de lluvia, evitando la sobrecarga de los ecosistemas receptores. De manera complementaria, el modelo HSS fortalece la función hidrológica del territorio. A través de lineamientos derivados del POMCA y de estudios hidrogeológicos, se identifican zonas de recarga y áreas saturadas, definiendo implantaciones compatibles con drenajes naturales y microcuencas.

Se incorporan además sistemas de saneamiento y tratamiento de aguas como humedales construidos y filtros biológicos, capaces de impedir la contaminación de acuíferos someros. Otro componente esencial es la optimización del desempeño climático y microclimático, sustentada en estrategias pasivas y principios bioclimáticos promovidos por estándares nacionales e internacionales (DAGMA, IDU, LEED). La incorporación de vegetación estratégica, cubiertas verdes, pavimentos permeables y dispositivos de control solar reduce las islas de calor rurales, mejora el confort térmico y genera microclimas más frescos y estables.

Finalmente, el modelo incluye un monitoreo ambiental continuo, como parte intrínseca de la operación del proyecto. Se evalúan parámetros de calidad del aire, desempeño higrotérmico, calidad del agua y consumos energéticos, permitiendo retroalimentar y ajustar el funcionamiento del hábitat en el tiempo. En conjunto, estos elementos transforman la vivienda rural en una unidad activa de gestión, restauración y protección ecosistémica, fortaleciendo la resiliencia ambiental del territorio y contribuyendo a la recuperación de sus funciones ecológicas esenciales.

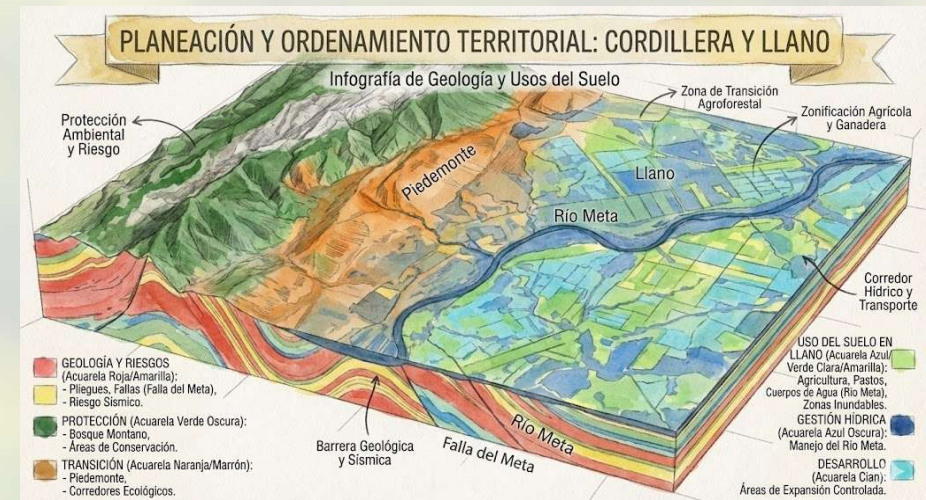


## Justificación territorial

El ordenamiento como guía de implantación. El Modelo Estratégico de Diseño HSS traduce los instrumentos de ordenamiento territorial y las guías de construcción sostenible en una metodología aplicada a la implantación del proyecto. En lugar de considerar el POT, el POMCA o las determinantes ambientales como simples requisitos de trámite, el modelo los reutiliza como insumos de diseño, garantizando que la vivienda:

- Evite las zonas con alta amenaza por inundación, erosión o movimientos en masa, conforme a los estudios de riesgo incorporados en los POT y los POMCA.
- Se localice fuera de rondas hídricas, humedales, nacimientos y áreas de importancia ecológica definidas como suelo de protección.
- Respete y fortalezca la estructura ecológica principal y los corredores biológicos identificados por las autoridades ambientales.
- Se oriente según la climatología local (recorridos solares, vientos dominantes, régimen de lluvias) para reducir la demanda energética y de acondicionamiento artificial, en coherencia con las estrategias recomendadas por los manuales de construcción sostenible.
- Minimice la huella construida sobre suelos aluviales vulnerables, utilizando criterios de densidad, compacidad volumétrica y permeabilidad del suelo que reduzcan procesos de compactación y sellamiento.

Esta articulación reduce el riesgo de sanciones, costos de corrección, conflictos socioambientales y pérdidas económicas asociadas a decisiones de implantación erradas. Al mismo tiempo, sienta precedentes técnicos para futuros desarrollos rurales sustentables, posicionando el modelo HSS como referencia metodológica replicable.



## Justificación social: salud, equidad y seguridad ambiental

La ruralidad colombiana enfrenta una serie de vulnerabilidades acumuladas que inciden directamente en la salud y el bienestar de la población: déficit de saneamiento básico, viviendas expuestas a calor extremo y humedad excesiva, baja calidad del aire interior, presencia de vectores epidemiológicos y fauna ponzoñosa, entre otros. Los manuales de construcción sostenible insisten en la necesidad de mejorar la calidad ambiental interior, optimizar la ventilación y reducir fuentes de contaminación; sin embargo, estos criterios rara vez se aplican de forma integral en la vivienda rural.

El modelo HSS se justifica socialmente porque:

- **Garantiza salud pública** mediante la integración de sistemas de abastecimiento y saneamiento adecuados, diseños de baños y cocinas acordes a las recomendaciones de higiene de los manuales y tecnologías de tratamiento de agua y residuos adaptadas a contextos rurales.

- **Proporciona confort térmico, lumínico y acústico** a través de estrategias pasivas y selección de materiales, reduciendo la dependencia de equipos mecánicos y mejorando las condiciones de habitabilidad para familias de bajos ingresos.

- **Genera barreras ecosistémicas y de diseño** que disminuyen el contacto no deseado con fauna ponzoñosa y vectores, reduciendo el riesgo epidemiológico.

- **Promueve la equidad** al proponer tecnologías y soluciones de bajo costo operativo, replicables y escalables en otros territorios rurales del país. Desde esta perspectiva, el hábitat sustentable no sólo responde a criterios técnicos y ambientales, sino que se convierte en un dispositivo de justicia territorial y salud pública.



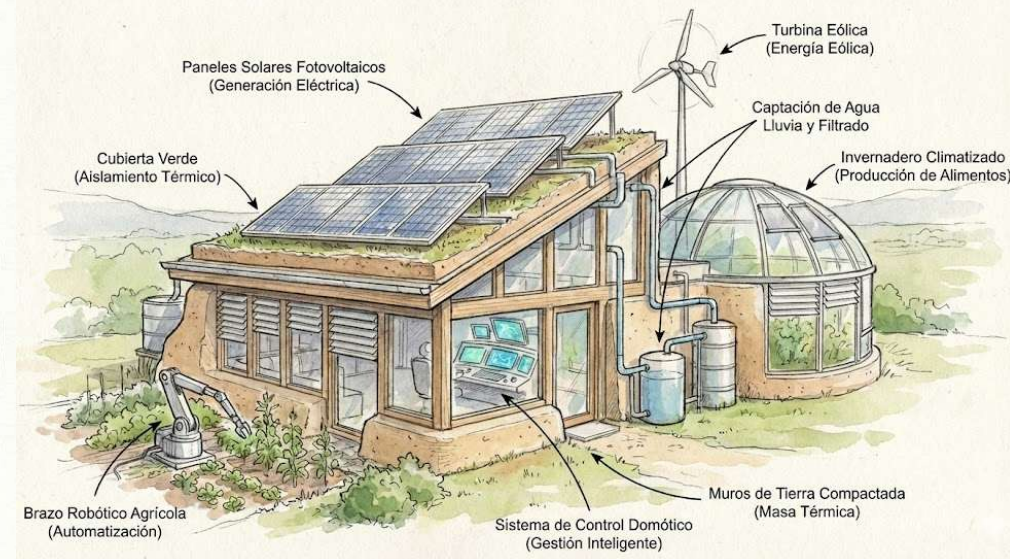
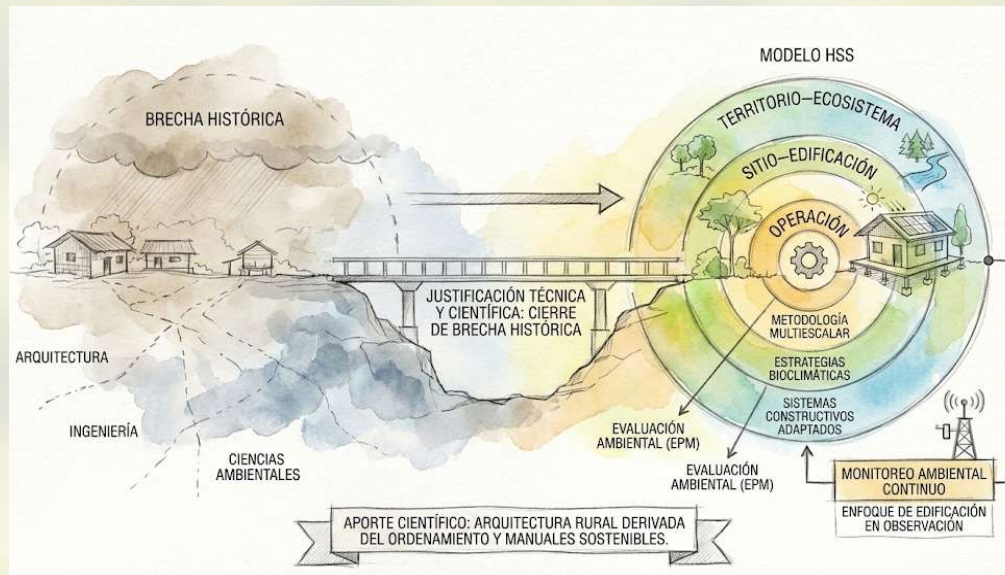
## Justificación técnica y científica

Cierre de una brecha histórica. Históricamente, la producción de vivienda rural en Colombia ha carecido de metodologías integrales para diseñar hábitats sustentables en clima tropical húmedo, articulando arquitectura, ingeniería, ciencias ambientales y ordenamiento territorial.

El modelo HSS se justifica como aporte técnico y científico porque: Propone una metodología multiescalar que vincula territorio–ecosistema–sitio–edificación–operación, coherente con los enfoques de ciclo de vida de los manuales de construcción sostenible y de certificaciones como LEED. Adapta y aplica matrices de evaluación ambiental (metodología EPM) al análisis de impactos en las fases de prediseño, diseño, construcción y operación.

Desarrolla estrategias bioclimáticas basadas en datos climáticos históricos y mediciones in situ, alineadas con las recomendaciones de análisis climático de los manuales.

Formula sistemas constructivos adaptados a suelos saturados y alta humedad, integrando criterios de la NSR-10 y las recomendaciones de durabilidad y mantenimiento presentes en las guías de construcción sostenible. Incorpora el monitoreo ambiental como componente permanente de la operación, superando el enfoque de “obra terminada” para avanzar hacia un enfoque de “edificación en observación continua”. El aporte científico central consiste en demostrar que la arquitectura rural sustentable debe derivarse del ordenamiento territorial y de los manuales de construcción sostenible, y no diseñarse al margen de ellos.



## Justificación económica

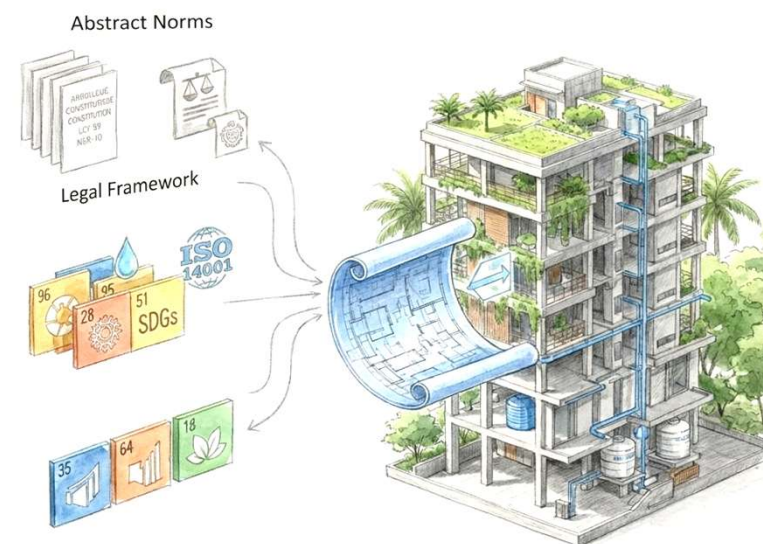
Eficiencia, durabilidad y reducción de riesgo. Los enfoques de construcción sostenible han mostrado que las decisiones acertadas en diseño y materialidad generan retornos económicos significativos durante la vida útil de la edificación. El modelo HSS integra estos principios y se justifica económicamente porque: Disminuye el consumo energético mediante estrategias pasivas de ventilación, iluminación natural y control térmico, reduciendo gastos en climatización y energía eléctrica. Optimiza el uso del agua a través de captación pluvial, recirculación, reducción de consumos y tratamiento in situ, lo que se traduce en menores costos de operación y mayor resiliencia frente a variabilidad hídrica.

Reduce los costos de mantenimiento y reposición al seleccionar materiales y soluciones constructivas acordes con el clima tropical húmedo y las condiciones del suelo aluvial. Minimiza el riesgo de fallas estructurales, afectaciones por inundaciones y daños asociados a la mala implantación, evitando gastos de reparación y pérdidas patrimoniales. Previene sanciones y costos derivados del incumplimiento de determinantes ambientales, al diseñar desde el inicio con base en el ordenamiento y los manuales de construcción sostenible. Mejora la valorización del predio y de la edificación al demostrar cumplimiento normativo, desempeño ambiental y calidad de hábitat.

## JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA: EFICIENCIA, DURABILIDAD Y REDUCCIÓN DE RIESGO



## HSS Strategic Design Model



## Síntesis

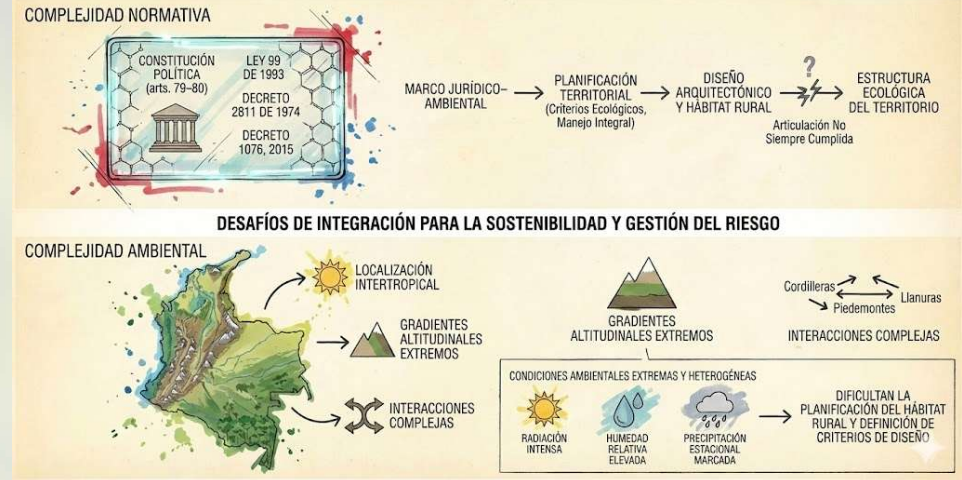
El Modelo Estratégico de Diseño de Hábitats Sostenibles y Sustentables (HSS) se justifica de manera integral porque: Responde a problemáticas ambientales, territoriales y sociales generalizadas en el territorio rural colombiano. Integra el ordenamiento territorial y los manuales de construcción sostenible como base metodológica del diseño. Restaura, renaturaliza, protege y monitorea la estructura ecológica en torno a la vivienda. Mitiga, controla y corrige impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Asegura confort, salud y seguridad ambiental para las familias rurales. Reduce costos operativos y de mantenimiento, disminuye riesgos y mejora la resiliencia. Cumple y operacionaliza la normatividad nacional y los estándares internacionales. Es replicable en distintos territorios tropicales húmedos del país, constituyéndose en herramienta científica, técnica y territorial para la transformación sustentable del hábitat rural en Colombia.



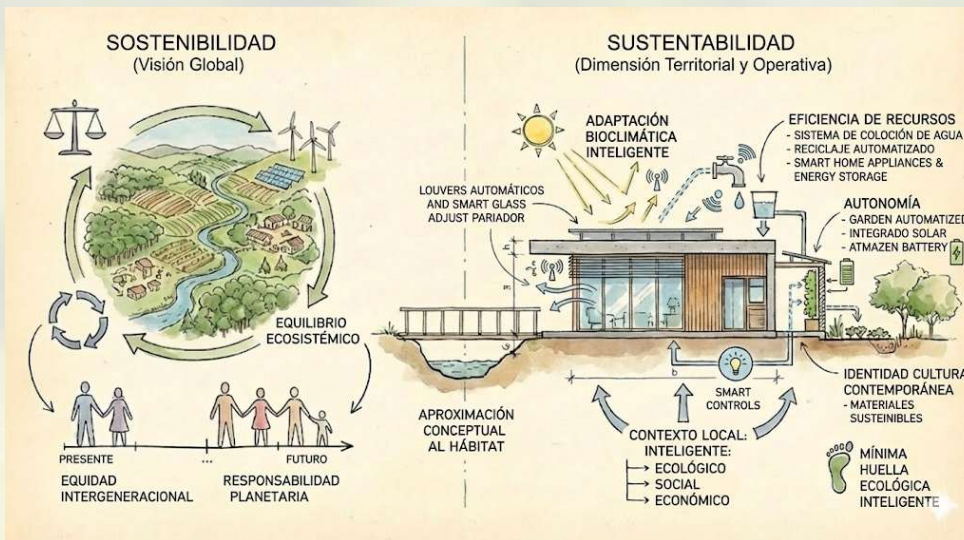
## Sostenibilidad y Sustentabilidad

**Aproximación conceptual.** El término sostenibilidad es tradicionalmente definido como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de futuras generaciones —una visión global de equilibrio ecosistémico, equidad intergeneracional y responsabilidad planetaria. Por su parte, sustentabilidad adopta una dimensión más territorial y operativa: reside en la capacidad de un sistema —natural o construido— para mantenerse en el tiempo, integrando su contexto ecológico, social y económico local. En el ámbito del hábitat, la sustentabilidad se traduce en prácticas de diseño, construcción y operación que promueven eficiencia de recursos (agua, energía, materiales), adaptación bioclimática, autonomía de recursos, identidad cultural y mínima huella ecológica. La arquitectura bioclimática y la bioconstrucción constituyen la expresión práctica de este enfoque.

Escala nacional: complejidad normativa y ambiental del territorio colombiano



**Normativa ambiental, ordenamiento territorial y responsabilidad ecológica en Colombia.** Colombia consagra en su Constitución (arts. 79–80) el derecho a un ambiente sano, lo que da soporte al marco jurídico-ambiental nacional. La Ley 99 de 1993, norma fundamental del Sistema Nacional Ambiental (SINA), establece principios como el de prevención, precaución, manejo sostenible de recursos, evaluación ambiental y participación ciudadana. Complementan este marco regulaciones como el Decreto 1076 de 2015, que reglamenta licencias ambientales y lineamientos para construcción ambientalmente responsable, así como instrumentos de ordenamiento territorial (POT, POMCA, estructura ecológica principal) impulsados por la Ley 388 de 1997. En el contexto internacional, acuerdos como la Agenda 2030 de la ONU, el Acuerdo de París y normas de gestión ambiental (por ejemplo, ISO 14001) junto con estándares de edificación sostenible (como LEED) ofrecen directrices que orientan la construcción sostenible, eficiencia energética y conservación de ecosistemas. Dada la megadiversidad, las cuencas hidrográficas, bosques húmedos y suelos ricos del territorio colombiano, existe una responsabilidad geoestratégica de proteger ecosistemas críticos, servicios ambientales y resiliencia ecológica, especialmente en zonas rurales vulnerables como la cuenca media del río Ocoa.





**Hábitat, arquitectura bioclimática y autonomía de recursos.** El hábitat debe concebirse como sistema —un ensamblaje de relaciones entre personas, ecosistemas, recursos y construcción— en donde las necesidades humanas básicas (confort térmico, salud, seguridad, identidad) se satisfacen sin comprometer la sostenibilidad ecológica. La arquitectura bioclimática y la bioconstrucción facilitan esto al utilizar estrategias pasivas y materiales locales: orientación solar adecuada, ventilación natural, sombreado, inercia térmica, captación de agua lluvias, tratamiento natural de aguas, energía renovable, uso de guadua, tierra, madera u otros materiales con baja huella, adaptados al clima tropical. El ideal de un hábitat autónomo implica reducir o eliminar la dependencia de redes externas de agua, energía y materiales: mediante generación energética local, captación y reciclaje hídrico, materiales localmente disponibles y tecnologías apropiadas. Este enfoque favorece resiliencia, autosuficiencia, identidad territorial y sostenibilidad a largo plazo.

**Modelo de Hábitat Sustentable y Saludable (HSS):** integración multiscalar. El modelo HSS plantea una intervención articulada en cuatro escalas: Territorial: análisis del contexto geomorfológico, hidrológico, climático, ecosistémico y de riesgos. Ambiental/ecológica: manejo de agua, energía, materiales, biodiversidad y servicios ecosistémicos. Arquitectónica/constructiva: diseño bioclimático, uso de materiales locales, confort, eficiencia energética e integración con el entorno. Social y cultural: adecuación al modo de vida rural, saberes tradicionales, economía local, identidad territorial y participación comunitaria. Este enfoque sistémico permite proyectar hábitats rurales que responden a necesidades humanas, al mismo tiempo que conservan y regeneran el medio ambiente, aprovechan los recursos del territorio y construyen resiliencia ecológica y social. El modelo HSS no es genérico: es profundamente contextual, adaptado a las condiciones ambientales, sociales y culturales del territorio, como la cuenca del río Ocoa, y sugiere un paradigma replicable en otros contextos similares.



**Conclusión del Marco Teórico.** Este marco teórico sintetiza los fundamentos conceptuales, normativos, ecológicos y técnicos que sustentan una propuesta de hábitat rural sustentable. Establece la base ética y legal de la responsabilidad ambiental, define los criterios técnicos para la arquitectura bioclimática y la autonomía de recursos, y articula un modelo integrado (HSS) que abarca múltiple escalas —del territorio al hogar. Con esta base, el proyecto asume su carácter de intervención transformadora, orientada a construir viviendas y comunidades resilientes, autosuficientes y respetuosas del entorno natural, promoviendo un habitar sustentable, justo y sostenible.

## TERCERA PARTE

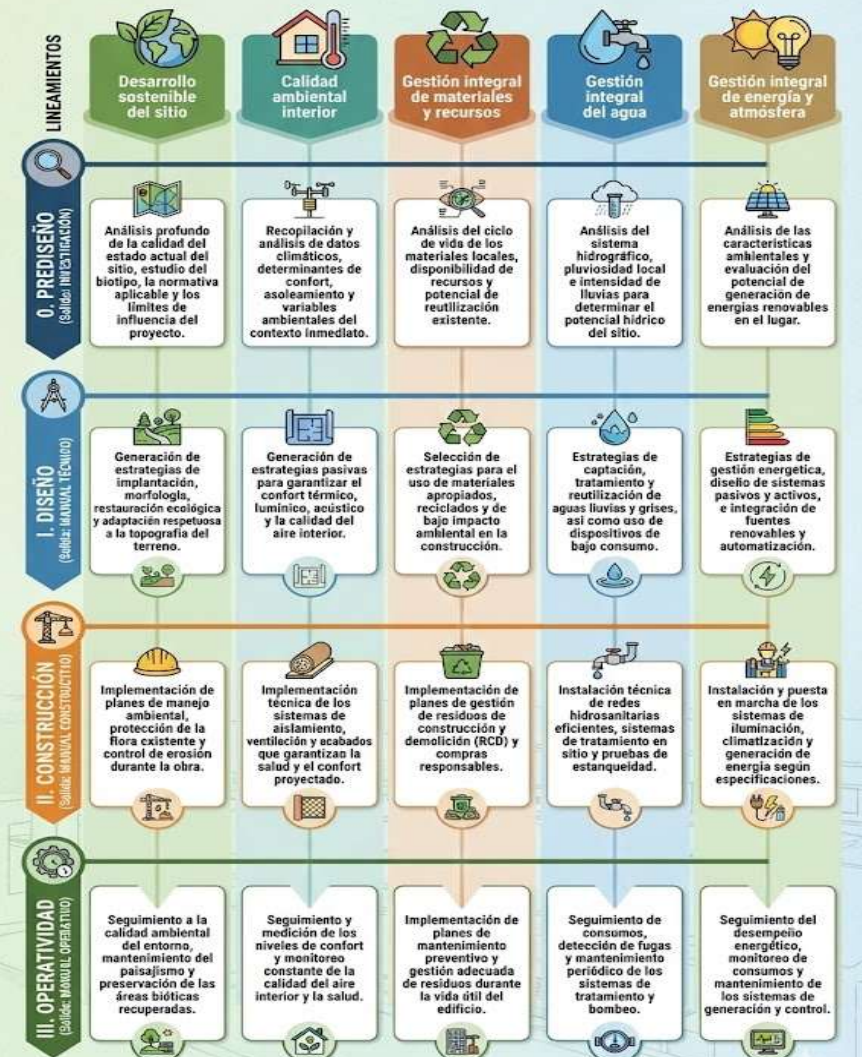
# LINEAMIENTOS, ESTRATEGIAS, METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN APLICADA A UN PROYECTO ARQUITECTÓNICOS SUSTENTABLES EN COLOMBIA

Matriz del Modelo Estratégico de Diseño HSS. "Este esquema sintetiza la metodología propuesta, estructurada como una matriz de doble entrada que garantiza la trazabilidad de las estrategias sostenibles a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto arquitectónico. Cada una de las cuatro fases (Prediseño, Diseño, Construcción y Operatividad) se aborda transversalmente desde cinco lineamientos ambientales clave. El modelo no solo prescribe acciones, sino que genera documentos vinculantes para cada etapa: desde la Investigación inicial hasta la creación de Manuales (Técnico, Constructivo y Operativo) que aseguran que los criterios de sostenibilidad y salud se mantengan desde el concepto hasta la habitabilidad del edificio."



## MODELO ESTRATÉGICO DE DISEÑO HSS

LINEAMIENTOS, ESTRATEGIAS, METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN APLICADA A UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE EN COLOMBIA



Instrucción para el diseño: Usar colores naturales y limpios, tipografía legible, íconos representativos y una estructura clara de matriz vertical.

El modelo se formula como una herramienta aplicada para orientar el diseño arquitectónico sustentable en Colombia, un territorio cuya diversidad climática, normativa y ecosistémica exige enfoques metodológicos situados. En este sentido, el documento no se limita a exponer teoría; propone un esquema operativo que acompaña el ciclo completo del proyecto, desde la conceptualización preliminar hasta la evaluación de su desempeño en operación.

### Análisis

La estructura del modelo reconoce que la sostenibilidad arquitectónica no puede abordarse desde un único componente. Requiere articular criterios ambientales, lineamientos de diseño, procesos metodológicos y métricas de desempeño. Esta articulación es esencial en el contexto colombiano, donde la variabilidad climática intertropical, las determinantes ambientales de los POT–POMCA y las normativas de construcción (NSR-10, reglamentación hídrica, manuales de construcción sostenible) determinan la pertinencia y viabilidad de cualquier solución edificatoria. Este capítulo no corresponde a una fase específica del proyecto arquitectónico, sino a la formulación del Modelo Estratégico HSS, el cual estructura y articula las cuatro fases del ciclo del proyecto: prediseño, diseño, construcción y operación.

### Criterios técnicos

**Lineamientos:** Definen el marco de actuación —las reglas fundamentales que orientan el diseño bioclimático, el manejo de suelos, el uso racional del agua y la eficiencia energética en ecosistemas tropicales.

**Estrategias:** Traducen los lineamientos en acciones concretas para cada fase del proyecto, integrando análisis territorial, comportamiento climático, selección de materiales, tecnologías sostenibles y criterios de resiliencia.

**Metodología:** Ordena el proceso mediante un paso a paso sistemático —diagnóstico multiescalar, interpretación de datos, diseño, implementación y monitoreo— asegurando coherencia técnica y replicabilidad.

**Evaluación:** Establece indicadores y métricas que permiten verificar el cumplimiento de objetivos ambientales, sociales y operativos, facilitando retroalimentación continua del modelo.



## LINEAMIENTOS



Los cinco lineamientos constituyen la columna vertebral del Modelo Estratégico de Diseño HSS. Funcionan como un sistema integrado que orienta las decisiones ambientales, bioclimáticas, materiales, hídricas y energéticas a lo largo del ciclo completo del proyecto. Aunque se inspiran en estándares globales como LEED o BREEAM, su estructura está adaptada a las realidades tropicales y a la complejidad normativa y ecosistémica de Colombia, donde factores como el clima cálido-húmedo, la variabilidad estacional, la fragilidad de los suelos y la biodiversidad condicionan directamente la habitabilidad y la sostenibilidad. Estos lineamientos no corresponden a una fase específica del proyecto, sino que operan de manera transversal en las cuatro fases del Modelo Estratégico HSS: prediseño, diseño, construcción y operación

### Análisis

Cada lineamiento actúa como un eje rector que organiza un conjunto de estrategias específicas. Al integrarse, permiten entender el hábitat no como un objeto arquitectónico aislado, sino como un sistema socioecológico que interactúa con el territorio, los ciclos naturales y el bienestar humano. De este modo, el modelo trasciende la visión convencional de eficiencia y se orienta hacia la resiliencia, la salud ambiental y la gestión responsable de los recursos.

### Criterios técnicos

#### 1. Desarrollo sostenible del sitio (*énfasis en prediseño*)

Este lineamiento orienta la implantación del proyecto en coherencia con el territorio. Implica estudiar geomorfología, drenajes, conectividades ecológicas y microclimas para reducir impactos y potenciar servicios ecosistémicos. Acciones como proteger la biodiversidad, evitar la erosión, minimizar movimientos de tierra o integrar corredores biológicos aseguran que la edificación se convierta en un nodo compatible con la estructura ecológica local.

## FUNCIONAMIENTO DEL MODELO

#### 2. Calidad ambiental interior (*diseño y operación*)

Su foco es la salud integral de los habitantes. A partir de principios bioclimáticos, se busca optimizar ventilación, confort térmico, iluminación natural y calidad del aire interior, mientras se eliminan fuentes de toxicidad asociadas a materiales con VOCs. Este eje reconoce que la arquitectura sostenible no solo protege el ambiente externo, sino también el microambiente interior donde las personas viven, trabajan y descansan

#### 3. Gestión integral de materiales y recursos (*diseño y construcción*)

Este lineamiento articula el ciclo de vida completo de los materiales, desde su origen hasta su disposición final. Prioriza la selección de materiales locales, biobasados o de baja energía incorporada (como guadua, maderas certificadas o tierra), reduce impactos de transporte y fomenta prácticas de economía circular mediante la gestión de residuos de obra, la modularidad y la durabilidad de los sistemas constructivos.

#### 4. Gestión integral del agua (*prediseño–diseño–operación*)

Aborda el recurso hídrico desde una mirada sistémica. Incluye captación de aguas lluvias, recirculación de aguas grises, drenajes sostenibles y equipos sanitarios eficientes. En territorios como las llanuras aluviales del Meta —donde el comportamiento hídrico es determinante— este lineamiento permite compatibilizar la vivienda con el ciclo natural del agua, reduciendo vulnerabilidad e incrementando autonomía.

#### 5. Gestión integral de energía y atmósfera (*diseño–operación*)

Define estrategias de eficiencia energética y reducción de emisiones, priorizando el diseño pasivo para disminuir la dependencia de sistemas mecánicos. Se integra el uso de energías renovables, luminarias eficientes y monitoreo continuo del consumo. En climas tropicales, aplicar diseño pasivo es clave para garantizar confort sin generar sobrecargas térmicas ni aumentar la huella de carbono operativa.



Esta fase corresponde al corazón analítico del Modelo Estratégico HSS. Su propósito es construir una base rigurosa de información territorial, climática, material, hídrica y energética que permita tomar decisiones de diseño sustentable con fundamento técnico y no con intuiciones. En esta etapa el proyecto aún no se diseña; se **comprende**. Se estudia el lugar como un sistema vivo y multiescalar, y se produce un documento sólido de investigación que soportará todas las decisiones futuras del proceso proyectual.

## Análisis

El gráfico organiza la investigación en función de los cinco ejes sostenibles del modelo, orientando qué debe analizarse para que el diseño responda de manera coherente a las condiciones reales del territorio. La lógica es clara: cada eje define un campo de estudio, y la “Salida” es un informe analítico robusto que describe el sitio, su clima, sus recursos, sus materiales, su agua y su potencial energético. Esta racionalidad evita que el proyecto sea improvisado o genérico; lo ancla en la especificidad ecológica, normativa y sociocultural del lugar.

## Criterios técnicos por eje de análisis

### 1. Análisis del sitio

Es la lectura profunda del territorio. Se evalúa la calidad edáfica (contaminación, erosión), la presencia de biotipos nativos y su fragilidad ecológica (flora, fauna, corredores biológicos), las normativas de ordenamiento (POT, restricciones ambientales, índices de ocupación) y los límites de influencia del proyecto sobre el entorno rural o urbano. Este análisis permite reconocer riesgos (inundación, remoción, subsidencia), oportunidades ecológicas y compatibilidad territorial.

### 2. Clima y confort

Se compilan y procesan datos climáticos de largo plazo: temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, viento, precipitación y oscilaciones estacionales. Se estudia la trayectoria solar para definir sombras, ganancias térmicas y oportunidades de captación lumínica. Se establece un rango de confort adaptado al contexto bioclimático del sitio, fundamental para diseñar ventilación natural, inercia térmica y estrategias pasivas de habitabilidad.

### 3. Materiales

El análisis material determina la viabilidad y sostenibilidad del sistema constructivo. Se identifican materiales locales (guadua, maderas nativas certificadas, tierra estabilizada) para reducir huella de transporte y fomentar economías territoriales. Se evalúa su ciclo de vida, durabilidad, mantenibilidad y potencial de reciclaje o reutilización; incluso se consideran recursos existentes en el sitio como escombros, estructuras en desuso o materiales aprovechables.

### 4. Agua

El componente hídrico se estudia desde una mirada hidrológica y de gestión sostenible. Se analiza la pluviosidad anual y estacional para dimensionar sistemas de recolección de aguas lluvias; se identifican ríos, quebradas, humedales o acuíferos, evaluando riesgos asociados (inundación, contaminación) y oportunidades de aprovechamiento (recarga, drenajes sostenibles). Este eje es crucial en territorios como llanuras aluviales o piedemontes.

### 5. Energía

Se caracteriza el potencial energético del sitio: radiación solar incidente, patrones de viento, disponibilidad de biomasa e incluso oportunidades microhidráulicas cuando existen flujos de agua. Aquí se determina qué tipo de energía renovable es viable y cuál puede integrarse como soporte del diseño pasivo para reducir la carga térmica y las emisiones operativas.

## Soluciones

El análisis multieje permite construir un diagnóstico integral del territorio. Esto habilita soluciones de diseño precisas: orientación óptima, estrategias pasivas, selección de materiales de ciclo de vida adecuado, sistemas hídricos autónomos y esquemas energéticos eficientes. Así, el diseño se convierte en la consecuencia lógica de la investigación y no en un acto aislado



## Crterios Técnicos del prediseño por Lineamiento HSS

### 1. Desarrollo Sostenible del Sitio

Integra los estudios necesarios para reconocer el territorio como sistema ecológico activo.

**•Caracterización Edafológica:**

Levantamiento de suelos para determinar profundidad del horizonte fértil (topsoil), capacidad agrícola, estructura, textura y riesgos de erosión. Esta información define dónde es viable implantar, revegetar o restaurar.

**•Inventario Biótico:**

Censo georreferenciado de flora y fauna, nodos ecológicos, individuos a conservar y áreas de protección (bosques de galería, morichales, corredores de fauna).

**•Análisis Hidrológico:**

Modelación de escorrentías, identificación de zonas de inundación, drenajes naturales y puntos de erosión crítica. Es clave en llanuras aluviales para evitar ocupaciones de riesgo.

### 2. Calidad Ambiental Interior

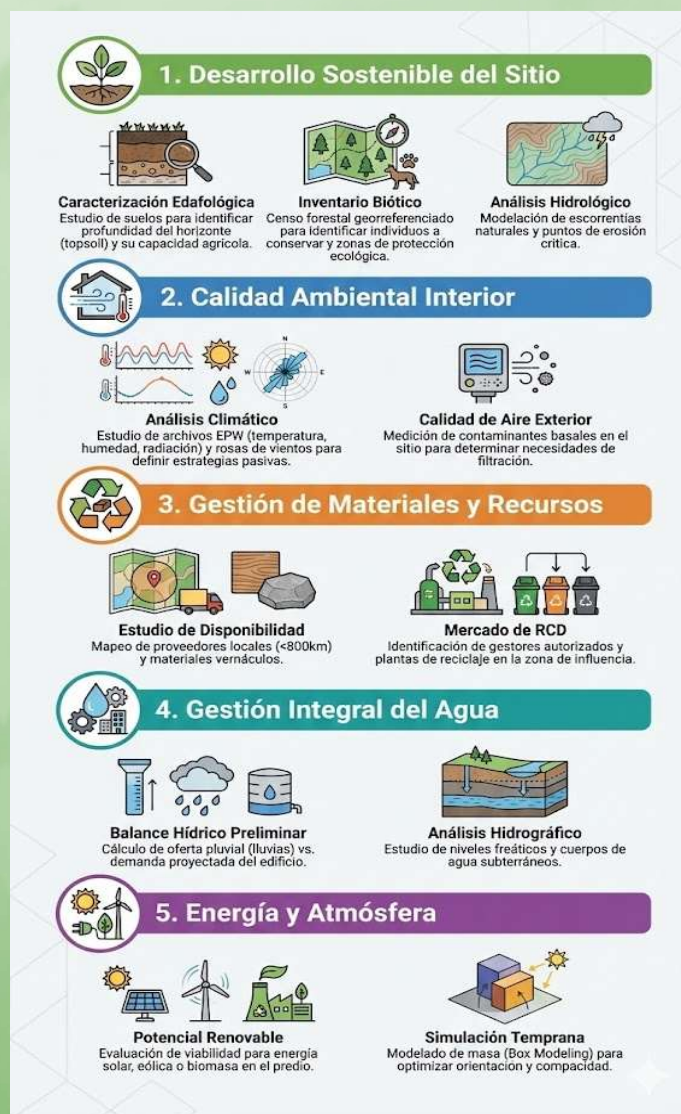
Se orienta a garantizar salud, confort y desempeño higrotérmico del edificio.

**•Análisis Climático:**

Interpretación de archivos EPW (temperatura, humedad, vientos, radiación). Define estrategias pasivas: ventilación cruzada, sombreado, orientación bioclimática y masa térmica.

**•Calidad de Aire Exterior:**

Medición de contaminantes basales (material particulado, VOCs, ozono troposférico). Determina la necesidad de filtración, barreras vegetales o modificaciones en la ventilación natural.



### 3. Gestión de Materiales y Recursos

Optimiza el ciclo de vida de materiales y disminuye impactos operativos y constructivos.

**•Estudio de Disponibilidad:**

Mapeo de proveedores locales (<800 km), análisis de materiales vernáculos como guadua, maderas nativas, tierra cruda y materiales con menor huella ambiental.

**•Mercado de RCD (Residuos de Construcción y Demolición):**

Identificación de gestores autorizados y oportunidades de circularidad: reciclaje, reutilización, compostaje de orgánicos y valorización de residuos.

### 4. Gestión Integral del Agua

Integra agua lluvia, aguas subterráneas, consumo y tratamiento.

**•Balance Hídrico Preliminar:**

Cálculo de oferta pluvial y demanda hídrica proyectada para estimar captación, almacenamiento y reducción del consumo.

**•Análisis Hidrográfico:**

Estudio del nivel freático, presencia de acuíferos, variaciones estacionales y vulnerabilidad del suelo ante saturación.

### 5. Energía y Atmósfera

Evalúa recursos energéticos renovables y el comportamiento climático del edificio.

**•Potencial Renovable:**

•Determina la viabilidad técnica de sistemas solares, eólicos o biomásicos de acuerdo con radiación, vientos y biomasa disponible.

**•Simulación Temprana (modelado conceptual / volumétrico):**

Modelado volumétrico (Box Modeling) para optimizar orientación, compactación, ganancia térmica, iluminación natural y cargas energéticas.



## Estrategias territoriales y herramientas técnicas para el desarrollo sostenible del sitio (Fase 0 – Prediseño)

La sostenibilidad comienza antes de trazar la primera línea del boceto. Como indica la gráfica, el "Análisis profundo" del estado actual es el cimiento de todo el Modelo HSS. Ignorar la geología o la biota del lugar resulta en edificios que luchan contra su entorno, consumiendo energía excesiva y poniendo en riesgo la biodiversidad.

Para operacionalizar los ítems de la imagen, proponemos las siguientes estrategias y herramientas:

### 1. Diagnóstico Biofísico (La Capa Viva)

Atendiendo a los ítems "Estudio ambiental, flora, fauna" y "Biotipo":

• **Estrategia: Preservación y Regeneración Ecosistémica** En lugar de limpiar el terreno, se realiza una "cirugía selectiva". Se identifican los árboles nativos y la capa vegetal fértil para protegerlos.

- **Acción:** Crear corredores biológicos que permitan el tránsito de la fauna local a través del proyecto, integrando la arquitectura con el paisaje tropical (paisajismo funcional).

• **Herramientas:**

- **Inventarios Forestales Georreferenciados:** Uso de GPS para marcar cada especie arbórea existente, determinando su estado fitosanitario y valor ecológico.
- **Drones y Fotogrametría (Lidar):** Escaneo aéreo del terreno para generar nubes de puntos 3D que revelan la topografía exacta y la densidad de la vegetación sin necesidad de entrar a talar para medir.

## ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SITIO: LA LECTURA PROFUNDA DEL TERRITORIO

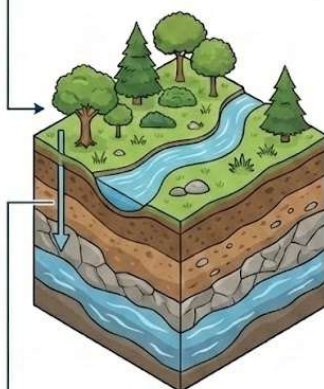
La sostenibilidad comienza antes de trazar la primera línea. El "Análisis profundo" del estado actual es el cimiento del Modelo HSS, evitando edificios que luchan contra su entorno.

### 1. DIAGNÓSTICO BIOFÍSICO (La Capa Viva)



**Estrategia: Preservación y Regeneración Ecosistémica.** "Cirugía selectiva" para identificar y proteger árboles nativos y capa fértil. Creación de corredores biológicos.

**Herramientas:**



### 2. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO Y DE RIESGOS (La Capa de Soporte)



**Estrategia: Cimentación Adaptativa y Segura.** Estudio de suelos como herramienta de ahorro de carbono. Diseño de cimentaciones precisas para evitar sobredimensionamiento y huella de CO2.

**Herramientas:**



### 3. INTEGRACIÓN NORMATIVA Y CONTEXTUAL (Los Límites)

**Estrategia: Urbanismo de Impacto Positivo.** Análisis del impacto del edificio (sombra, ruido, escorrentía) en vecinos y espacio público más allá del lote.

**Herramientas:**



**2. Diagnóstico Geotécnico y de Riesgos (La Capa de Soporte)** Abordando los ítems "Análisis geomorfológico, geológico, sísmico y de suelos":

• **Estrategia: Cimentación Adaptativa y Segura** El estudio de suelos no es un trámite, es una herramienta de ahorro de carbono. Conocer la estratigrafía exacta permite diseñar cimentaciones precisas, evitando el sobredimensionamiento de concreto (y su huella de CO2).

• **Herramientas:**

- **Estudios de Microzonificación Sísmica:** Esencial en zonas de amenaza alta (como gran parte de la región andina). Permite diseñar la estructura para que dance con el sismo específico del sector, no con un promedio general.
- **Ensayos de Geofísica (Refracción Sísmica):** Métodos no destructivos para "ver" debajo de la tierra y detectar fallas geológicas o niveles freáticos altos antes de excavar.

### 3. Integración Normativa y Contextual (Los Límites)

Referente a "Normativa aplicable y límites de influencia del proyecto":

• **Estrategia: Urbanismo de Impacto Positivo** El proyecto no termina en la cerca del lote. Se debe analizar cómo la sombra, el ruido y la escorrentía del nuevo edificio afectan a los vecinos y al espacio público.

• **Herramientas:**

- **Sistemas de Información Geográfica (SIG / GIS):** Software (como QGIS o ArcGIS) que superpone capas de información: normativa urbana (POT), redes de servicios, riesgos de inundación y equipamientos cercanos, permitiendo tomar decisiones basadas en datos territoriales masivos.

Estas estrategias constituyen criterios estratégicos territoriales y técnicos de carácter previo, que condicionan la implantación, el diseño arquitectónico y las decisiones constructivas posteriores.

## 1. Dimensión: Caracterización Edafológica (Suelo)

El objetivo no es sólo identificar el suelo sino tratar la capa superficial del suelo (Horizonte A) como un recurso no renovable que debe preservarse para garantizar la capacidad regenerativa del paisaje después de la construcción.

### Estrategias (Strategies):

•**Banco de Suelo Orgánico (Acopio): Decapado Selectivo:** Quite cuidadosamente la capa superior del suelo identificada antes de realizar cualquier nivelación. **Acopio Protegido:** Almacene esta tierra en montones de no más de 2 metros de altura para evitar condiciones anaeróbicas (muerte de microorganismos). Cubra con geotextiles transpirables o vegetación temporal (raigrás/trébol) para prevenir la erosión por el viento o la lluvia.

•**Plan de Gestión de Compactación: Zonificación de maquinaria pesada:** definir estrictamente "zonas prohibidas" donde la maquinaria no puede ingresar para preservar la porosidad del suelo (vital para el crecimiento de las raíces y la infiltración). **Remediación por descompactación:** En áreas donde el tráfico es inevitable, implemente estrategias de aireación o desgarro profundo después de la construcción, antes de realizar el paisajismo. **Control de la erosión durante las obras:** Instalación de cercas perimetrales de sedimentos y trampas para asegurar que el suelo no se arrastre hacia los cursos de agua.

## 2. Dimensión: Inventario Biótico (Flora y Fauna)

El sitio debe funcionar como un nodo dentro de un corredor ecológico más amplio.

### Estrategias (Strategies):

#### •Protective Buffers (Zonas de Amortiguamiento):

•Establezca un radio de "Zona Crítica de Raíces" (ZCR) alrededor de los árboles protegidos (generalmente de 1 a 1,5 veces la línea de goteo del dosel). Instale una cerca física rígida, no solo cinta adhesiva, para evitar el almacenamiento de material cerca de los troncos.



### •Programa de Rescate y Reubicación:

•**Rescate de epifitas:** Reubicación manual de bromelias, orquídeas y musgos que se encuentran en árboles marcados para su remoción a zonas seguras dentro del proyecto.

•**Limpieza de fauna:** Protocolos para limpiar la vegetación de manera lenta y direccional (desde el centro hacia el borde del bosque) para permitir que la fauna móvil escape naturalmente antes de que comiencen los movimientos de tierra.

### •Diseño para la coexistencia:

•Creación de microcorredores biológicos dentro del proyecto (setos continuos) para conectar zonas de protección fragmentadas identificadas en su censo.

## 3. Dimensión: Análisis Hidrológico (Agua)

El desarrollo debe procurar imitar la hidrología previa al desarrollo. El volumen y la calidad del agua que sale del sitio después de la construcción deben coincidir con la línea de base natural.

### Estrategias (Strategies):

#### •Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS):

•**Jardines de lluvia y bio-canales:** escorrentía directa desde techos y caminos hacia áreas de vegetación deprimida (identificadas en su estudio como líneas de drenaje naturales) para filtrar contaminantes e infiltrar agua.

•**Pavimento permeable:** utilice hormigón poroso o adoquines de junta abierta en áreas de estacionamiento y peatones para reducir el coeficiente de escorrentía superficial.

#### •Control de sedimentos y erosión:

•**Presas de control:** instalar presas temporales de piedra o troncos en canales de drenaje identificados como "puntos críticos de erosión" para reducir la velocidad del agua durante eventos de fuertes lluvias.

#### •Infraestructura Azul-Verde:

•Si el nivel freático es alto o la escorrentía es excesiva, diseñe estanques de retención que también funcionen como hábitats de humedales, convirtiendo una necesidad de drenaje en un activo estético y biótico.

## Estrategias y Herramientas para la Gestión de la Calidad del Aire Interior (IAQ) y Confort

En el Modelo HSS, la calidad del aire no es un lujo, es una variable de salud pública. La gráfica nos muestra el diagnóstico (Clima), pero la gestión implica manipular esas variables para que el edificio respire. Una mala gestión del aire interior puede reducir la función cognitiva de los usuarios hasta en un 50%. Para operacionalizar el "Confort y Variables Ambientales", proponemos las siguientes estrategias:

### 1. Ventilación Estratégica (El Pulmón del Edificio)

Basado en el "Análisis de vientos" de la imagen:

• **Estrategia Pasiva: Ventilación Cruzada y Efecto Chimenea**  
No basta con abrir ventanas. Se debe diseñar la diferencia de presión.

- **Acción:** Ubicar las aberturas de entrada en la fachada de presión positiva (barlovento) y las de salida en la de succión (sotavento) o en cubiertas (zenital), asegurando renovaciones de aire por hora (ACH) sin consumo energético.

• **Estrategia Híbrida: Ventilación Mecánica con Recuperación de Calor (VMC)** Para climas extremos donde no se pueden abrir ventanas sin perder confort térmico. Estos sistemas extraen el aire viciado pero transfieren su temperatura al aire fresco que entra, filtrando impurezas en el proceso.

### 2. Control de Toxicidad Material (La Fuente Interna)

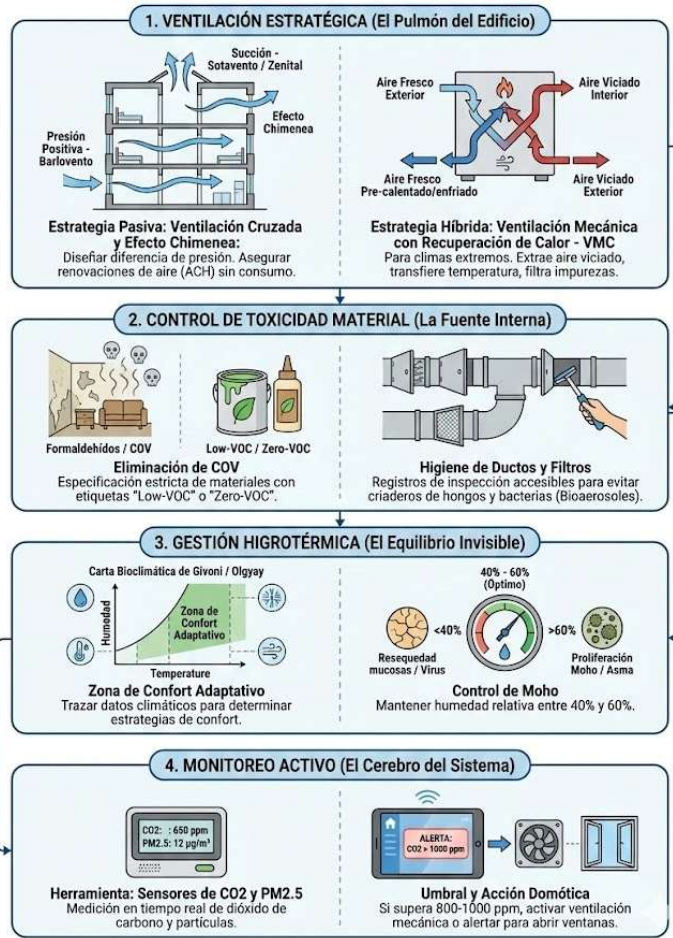
La calidad del aire no solo depende de lo que entra, sino de lo que emanan los muros.

• **Estrategia: Eliminación de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles)** Muchos materiales modernos liberan formaldehídos cancerígenos.

- **Herramienta de Gestión:** Especificación estricta de pinturas, adhesivos y maderas aglomeradas con etiquetas "Low-VOC" o "Zero-VOC".

## ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (IAQ) Y CONFORT EN EL MODELO HSS

La calidad del aire es una variable de salud pública. Una mala gestión puede reducir la función cognitiva hasta en un 50%. **El edificio debe respirar.**



### •Estrategia: Higiene de Ductos y Filtros

Si hay sistemas mecánicos, el diseño debe incluir registros de inspección accesibles para evitar que los ductos se conviertan en criaderos de hongos y bacterias (Bioaerosoles).

### 3. Gestión Higrotérmica (El Equilibrio Invisible)

Respondiendo al "Análisis higrométrico" y "Determinantes de confort" de la imagen:

• **Estrategia: La Zona de Confort Adaptativo** El ser humano tolera diferentes temperaturas según la humedad.

- **Herramienta: Carta Bioclimática de Givoni o Olgyay.** Estas gráficas permiten trazar los datos del archivo climático (epw) y determinar si se necesita humidificar, deshumidificar o simplemente mover el aire para lograr confort.

• **Control de Moho:** Mantener la humedad relativa entre el 40% y 60%. Por encima del 60%, prolifera el moho (asma/alergias); por debajo del 40%, se resecan las mucosas y aumentan las infecciones virales.

### 4. Monitoreo Activo (El Cerebro del Sistema)

La calidad del aire es dinámica y debe medirse en tiempo real.

• **Herramienta: Sensores de CO2 y PM2.5** Instalación de monitores que miden partes por millón (ppm) de dióxido de carbono.

- **Umbral:** Si el CO2 supera las 800-1000 ppm, el sistema domótico debe activar automáticamente la ventilación mecánica o alertar al usuario para abrir ventanas.

## Estrategias Avanzadas para la Gestión de Materiales y Cadenas Productivas en el Modelo HSS

La gráfica anterior establece el *qué* (gestión integral); el siguiente texto detalla el *cómo*. Para materializar la sostenibilidad, es necesario implementar una "Trazabilidad Total" que cubra tres frentes críticos: la selección técnica, la logística de suministro y el diseño para el futuro.

### 1. Herramientas de Verificación y Diagnóstico (Ampliando el ACV)

El "Análisis de Ciclo de Vida" mencionado en la figura deja de ser teórico cuando aplicamos herramientas estandarizadas de cuantificación:

•**Declaraciones Ambientales de Producto (DAP / EPD):** No confíe en etiquetas de marketing como "Eco-Amigable". Exija las DAPs certificadas bajo la norma ISO 14025. Estas son la "hoja de vida" técnica del material, revelando datos precisos sobre su potencial de calentamiento global (kg CO<sub>2</sub> eq), consumo de agua y agotamiento de recursos abióticos.

•**Software de Integración BIM (Building Information Modeling):** La gestión de materiales se optimiza integrando el ACV en el modelado 3D. Herramientas como *Tally* o *One Click LCA* permiten calcular en tiempo real el impacto ambiental de cambiar, por ejemplo, una estructura de acero por una de madera laminada, visualizando la huella de carbono antes de poner el primer ladrillo.

•**Pasaportes de Materiales (Material Passports):** Una herramienta emergente que documenta la identidad de cada componente del edificio. Funciona como un registro digital que facilita la recuperación y reventa de materiales al final de la vida útil del edificio, aumentando su valor residual.

## ESTRATEGIAS AVANZADAS: GESTIÓN DE MATERIALES Y CADENAS PRODUCTIVAS EN MODELO HSS

Del "Qué" (Gestión Integral) al "Cómo" (Trazabilidad Total) - Trazabilidad Total en Tres Frentes Críticos



### 2. Optimización de las Cadenas Productivas (Logística de Km 0)

La variable "Distancias de transporte" es crítica. Un material sostenible importado desde 5.000 km de distancia es un error termodinámico.

•**Estrategia de Suministro Regional:** Priorizar proveedores en un radio menor a 100-300 km. Esto no solo reduce las emisiones de Alcance 3 (transporte indirecto), sino que reactiva la economía local, alineándose con el componente social del Hábitat Sostenible.

•**Auditoría de Proveedores (Ética de la Cadena):** La gestión integral implica validar que la cadena productiva cumpla con estándares éticos. ¿La madera proviene de bosques certificados (FSC)? ¿La extracción de piedra respeta la normativa minera y laboral local? La arquitectura ética exige trazabilidad desde la cuna hasta la puerta de la obra.

### 3. Estrategias de Vida Útil y Fin de Vida (Cerrando el Ciclo)

Para abordar los "Posibles impactos de residuos" y el "Potencial de reutilización", debemos cambiar la forma en que diseñamos las uniones constructivas:

•**Diseño para la Deconstrucción (DfD - Design for Deconstruction):** En lugar de demoler, desmontamos. Esto implica evitar adhesivos químicos permanentes y priorizar uniones mecánicas (tornillos, pernos, encastres) que permitan separar los materiales limpiamente en el futuro.

•**Sistemas Industrializados y Modulares:** El uso de componentes prefabricados reduce drásticamente los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en el sitio. La precisión de la fábrica minimiza los recortes y desperdicios que son comunes en la construcción artesanal húmeda.

•**Minería Urbana (Urban Mining):** Antes de buscar materias primas vírgenes, evalúe el "stock" antropogénico existente. ¿Hay edificios cercanos en demolición? ¿Podemos reutilizar áridos reciclados para las sub-bases o maderas recuperadas para acabados? Esto transforma la ciudad en una cantera de recursos.

## Estrategias y Herramientas para la Gestión del Ciclo Hídrico en el Modelo HSS

La imagen plantea un cambio de enfoque: pasar del modelo lineal tradicional a un modelo circular de "Cierre del Ciclo Hídrico". Para lograr esto, el arquitecto debe actuar primero como hidrólogo, aplicando las siguientes estrategias operativas:

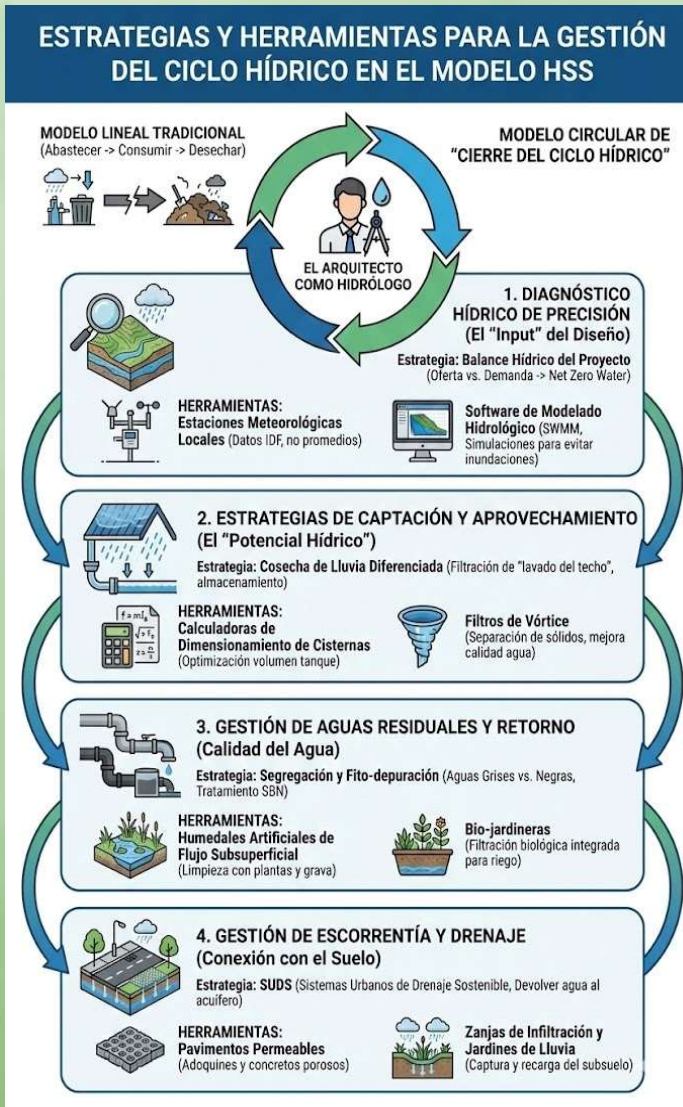
**1. Diagnóstico Hídrico de Precisión (El "Input" del Diseño):** Los textos de la gráfica ("Análisis pluviométricos", "Análisis aguas subterráneas") indican que el diseño debe responder a la oferta natural del sitio. **Estrategia:** Balance Hídrico del Proyecto: Antes de diseñar la red, se debe calcular la "Oferta" (lluvia captable + fuentes superficiales) frente a la "Demanda" (consumo previsto). El objetivo es acercarse al Net Zero Water (Balance Cero). **Herramientas:**

•**Estaciones Meteorológicas Locales:** No use promedios nacionales. Utilice datos de estaciones barométricas cercanas para obtener curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia). Esto es vital para dimensionar canales que soporten tormentas extremas, cada vez más comunes por el cambio climático.

•**Software de Modelado Hidrológico:** Herramientas como SWMM (Storm Water Management Model) permiten simular cómo corre el agua por el lote antes y después de construir, evitando inundaciones y erosión.

**2. Estrategias de Captación y Aprovechamiento (El "Potencial Hídrico"):** Basado en el "Análisis de pluviosidad local", convertimos la cubierta del edificio en una cuenca productiva. **Estrategia:** Cosecha de Lluvia Diferenciada Separar el agua de lluvia desde el origen. Las primeras aguas (el "lavado del techo") deben filtrarse y descartarse, mientras que el resto se almacena. **Herramientas:**

•**Calculadoras de Dimensionamiento de Cisternas:** Fórmulas que cruzan el área de cubierta ( $m^2$ ) con la precipitación mensual ( $mm$ ) y el coeficiente de escorrentía del material del techo, para definir el volumen exacto del tanque de almacenamiento, optimizando costos y espacio.



•**Filtros de Vórtice:** Dispositivos mecánicos que separan sólidos antes de que el agua entre al tanque, reduciendo el mantenimiento y mejorando la calidad del agua para usos no potables (riego, sanitarios).

**3. Gestión de Aguas Residuales y Retorno (Calidad del Agua):** La "Gestión integral" implica hacerse cargo de lo que sale del edificio. **Estrategia:** Segregación y Fito-depuración. Separación estricta de aguas grises (duchas, lavamanos) y aguas negras. Tratamiento in-situ mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN). **Herramientas:**

•**Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial:** Sistemas de ingeniería que usan plantas (macrófitas) y grava para limpiar el agua sin generar olores ni mosquitos.

•**Bio-jardineras:** Unidades compactas de filtración biológica integradas en el paisajismo de la vivienda, que tratan aguas grises para reutilizarlas en riego.

**4. Gestión de Escorrentía y Drenaje (Conexión con el Suelo):** Respondiendo al análisis de "Aguas superficiales" y prevención de saturación del suelo. **Estrategia:** SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible)

El objetivo es devolver el agua al acuífero, no al alcantarillado. Se busca restablecer la permeabilidad que el edificio quitó al suelo. **Herramientas:**

•**Pavimentos Permeables:** Adoquines o concretos porosos para parqueaderos y senderos.

•**Zanjias de Infiltración y Jardines de Lluvia (Rain Gardens):** Depresiones topográficas diseñadas para capturar el exceso de agua lluvia, permitiendo que se infiltre lentamente en el subsuelo, recargando los niveles freáticos mencionados en la gráfica.

## Estrategias y Herramientas para la Gestión Energética: El Edificio como Central Eléctrica

La gestión integral de la energía en el Modelo HSS rompe con el esquema pasivo donde el edificio se "conecta" a la red. Aquí, el edificio se concibe como un **nodo activo (Prosumidor)** capaz de gestionar su propia demanda y generar recursos. Para traducir los ítems de la gráfica (Solar, Eólica, Biomasa, etc.) a la realidad constructiva, se propone la siguiente metodología en tres fases:

### 1. La Estrategia del "Negavatio" (Eficiencia Primero)

Antes de dimensionar cualquier panel solar o turbina (generación), la prioridad es la reducción de la demanda. La energía más limpia y barata es la que no se consume.

•**Estrategia:** Diseño de la envolvente térmica de alto rendimiento y uso de sistemas pasivos para minimizar la carga de climatización e iluminación artificial.

#### •Herramientas de Diagnóstico:

- **Simulación Energética Dinámica (BEM):** Uso de software como **EnergyPlus** o **DesignBuilder**. Estos programas toman los archivos climáticos del sitio y simulan el comportamiento térmico del edificio hora por hora durante un año entero, determinando la carga base real necesaria.

### 2. Evaluación del Potencial Renovable del Sitio (El Mix Energético)

Basado en la lista de la imagen, el arquitecto debe realizar un estudio de viabilidad técnica y económica para cada fuente:

#### •Energía Solar (Fotovoltaica y Térmica):

- **Estrategia:** Integración Arquitectónica (BIPV - Building Integrated Photovoltaics). No solo poner paneles en el techo, sino usar vidrios fotovoltaicos en fachadas o pérgolas generadoras.
- **Herramientas:** **PVGIS** o **Helioscope**. Permiten calcular la radiación incidente exacta en cada

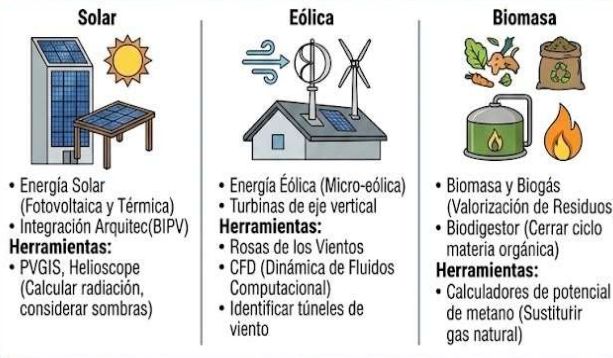
## Estrategias y Herramientas para la Gestión Energética: El Edificio como Central Eléctrica

La gestión integral rompe el esquema pasivo. El edificio se concibe como un nodo activo (Prosumidor) de gestionar su generación de recursos.

### 1. LA ESTRATEGIA DEL "NEGAVATIO" (Eficiencia Primero)



### 2. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL RENOVABLE DEL SITIO (El Mix Energético)



### 3. GESTIÓN INTELIGENTE Y ALMACENAMIENTO (Smart Grids)



•superficie del edificio, considerando las sombras arrojadas por edificios vecinos o árboles, para estimar la producción anual en kWh.

#### •Energía Eólica (Micro-eólica):

- **Estrategia:** Uso de turbinas de eje vertical (tipo Savonius o Darrieus) que funcionan mejor con los vientos turbulentos y multidireccionales de los entornos urbanos, a diferencia de los molinos tradicionales.
- **Herramientas:** **Rosas de los Vientos** y **CFD (Dinámica de Fluidos Computacional)**. Análisis para identificar "túneles de viento" o aceleraciones locales generadas por la forma del edificio que puedan aprovecharse.

#### •Biomasa y Biogás (Valorización de Residuos):

- **Estrategia:** Cerrar el ciclo de la materia orgánica. En proyectos residenciales multifamiliares o rurales, los residuos de cocina y aguas negras no van al alcantarillado, sino a un biodigestor.
- **Herramientas:** **Calculadoras de potencial de metano**. Estiman cuántos m<sup>3</sup> de biogás se pueden generar a partir de la cantidad de usuarios del edificio, sustituyendo gas natural para cocinas o calderas.

### 3. Gestión Inteligente y Almacenamiento (Smart Grids)

La "Gestión integral" implica controlar cuándo se usa la energía.

•**Estrategia:** Domótica aplicada a la energía. El sistema debe priorizar el autoconsumo directo cuando hay sol/viento y almacenar el excedente en baterías o inyectarlo a la red si la normativa (Net Metering) lo permite.

•**Herramientas:** Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real (BMS - Building Management Systems). Dashboards que muestran al usuario su consumo vs. generación, fomentando hábitos de ahorro.cv



Este diagrama sintetiza la lógica central de la fase de **DISEÑO** dentro del Modelo Estratégico HSS. A diferencia del diseño convencional —centrado únicamente en la forma arquitectónica—, aquí el proceso se concibe como un sistema integrado que articula territorio, clima, materiales, agua, energía y tecnología. El propósito es claro: transformar los diagnósticos obtenidos en prediseño en un **Manual Técnico** coherente, riguroso y aplicable en obra, garantizando que la construcción responda a criterios de sostenibilidad, resiliencia y eficiencia multiescalar.

## Análisis

Cada columna del diagrama representa un pilar metodológico del diseño sustentable. Estas columnas funcionan como engranajes interdependientes: la implantación condiciona el confort; la materialidad influye en el desempeño energético y la calidad ambiental interior; la gestión del agua afecta la operatividad; y la tecnología articula el control inteligente del sistema completo. El diseño, por tanto, se convierte en una fase de síntesis donde la información técnica previa se traduce en soluciones espaciales, constructivas y operativas.

## Criterios técnicos por pilar del diseño

### 1. Implantación y Entorno — Base Verde

La primera decisión proyectual es cómo la arquitectura se inserta en el territorio. Este pilar desarrolla estrategias de implantación que respetan las dinámicas geomorfológicas y ecológicas del sitio, evitando movimientos de tierra invasivos y potenciando la restauración natural. La morfología del edificio se ajusta a la topografía y al paisaje, integrando corredores biológicos, protegiendo suelos vulnerables y minimizando impactos. Se diseñan formas y orientaciones que dialogan con el ecosistema en vez de imponerse sobre él.

### 2. Confort y Diseño Pasivo — Plano Azul

Aquí se estructuran las estrategias bioclimáticas que garantizan el bienestar interior sin depender de sistemas mecánicos. La arquitectura se modela para captar brisas, disipar calor, maximizar iluminación natural, controlar deslumbramiento, reducir ruido y favorecer la calidad del aire interior. Se optimizan orientación, jerarquía de ventanas, protecciones solares, patios, vegetación y selección de materiales térmicamente adecuados. El edificio “trabaja solo”, reduciendo cargas térmicas y energéticas.

### 3. Materialidad — Ciclo de Reciclaje

Este pilar define la identidad material y estructural del proyecto. Se seleccionan materiales de bajo impacto ambiental, disponibles localmente y con ciclos de vida favorables: guadua, maderas certificadas, tierra compactada, fibras vegetales, bioplásticos o componentes reciclados. El objetivo es disminuir energía incorporada, favorecer la modularidad, aumentar durabilidad y fomentar la economía circular mediante reutilización de escombros, prefabricados o ensamblajes reversibles.

### 4. Gestión del Agua — Gota Azul

El diseño hídrico se concibe como un sistema integral. Se dimensionan techos y canales para captar aguas lluvias; se plantean sistemas de filtración, almacenamiento y reutilización; y se organizan redes hidráulicas eficientes para minimizar pérdidas. La arquitectura incorpora drenajes sostenibles, humedales artificiales, sistemas de tratamiento de aguas grises y dispositivos de bajo consumo. El edificio se convierte en un nodo hídrico autónomo y resiliente, capaz de adaptarse a sequías o lluvias intensas.

### 5. Energía y Tecnología — Rayo Amarillo

Este pilar integra eficiencia energética, energías renovables y automatización inteligente. Se diseñan sistemas pasivos (ventilación cruzada, masa térmica, aleros) y activos (paneles solares, iluminación LED, bombas eficientes). La domótica permite gestionar consumos, programar cargas, monitorear desempeño y optimizar confort. Se articulan sistemas híbridos que garantizan autosuficiencia parcial y reducen emisiones operativas.

## Soluciones

La convergencia de estos cinco pilares genera un diseño arquitectónico sustentable, coherente con las condiciones del sitio y alineado con criterios técnicos verificables. El producto final es un **Manual Técnico** que compila planos, especificaciones, detalles constructivos, estrategias bioclimáticas, dimensiones hídricas y energéticas, y lineamientos operativos necesarios para la ejecución en obra con criterios de sostenibilidad.



## Etapa de diseño (planificación y especificación)

Objetivo: Traducir el diagnóstico en planos, memorias y especificaciones técnicas contractuales.

### 1. Desarrollo Sostenible del Sitio

- **Plan de Movimiento de Tierras:** Diseño de nivelaciones compensadas (Corte/Relleno) y ubicación de acopios de suelo fértil.
- **Diseño PCES:** Especificación en planos de cercas de limo, filtros y piscinas de decantación.
- **Paisajismo Funcional:** Selección de especies nativas y diseño de corredores biológicos (Xerojardinería).

### 2. Calidad Ambiental Interior

- **Especificación SMACNA:** Inclusión de protocolos de protección de ductos en pliegos de licitación.
- **Bioclimática Pasiva:** Diseño de protecciones solares, ventilación cruzada y aislamiento térmico de la envolvente.
- **Materiales Saludables:** Especificación de acabados libres de VOCs y formaldehídos.

### 3. Gestión de Materiales y Recursos

- **Plan de Gestión RCD:** Diseño espacial del "Punto Limpio" en el layout de obra y estimación de residuos.



- **Coordinación Modular:** Diseño basado en dimensiones estándar para reducir recortes y desperdicio.
- **Selección ACV:** Especificación de materiales con Declaración Ambiental de Producto (DAP).

### 4. Gestión Integral del Agua

- **Redes Duales:** Diseño de redes independientes (color morado) para reuso de aguas grises/lluvias.
- **Eficiencia Hidrosanitaria:** Especificación de aparatos de ultra-bajo consumo (WaterSense).
- **Ingeniería PTAR:** Diseño de sistemas de tratamiento en sitio y tanques de tormenta.

### 5. Energía y Atmósfera

- **Detalles de Envolvente:** Diseño constructivo para ruptura de puentes térmicos y continuidad del aislamiento.
- **Sistemas Activos:** Especificación de iluminación LED y Climatización de alta eficiencia (VRF/Inverter).
- **Plan de Comisionamiento (Cx):** Definición de Requisitos del Propietario (OPR) y Bases de Diseño (BOD).

## Estrategias Operativas de Diseño HSS

### 1. Lineamiento 1: Desarrollo Sostenible del Sitio

**Objetivo:** Integrar la edificación al entorno natural minimizando la huella ecológica del emplazamiento, regenerando el tejido biológico existente y reduciendo los impactos negativos sobre el microclima y la comunidad circundante.

A continuación, se presentan las ocho estrategias técnicas que conforman el protocolo de diseño para este lineamiento:

#### 1. Manejo de Impactos Ambientales (Conservación de Suelos)

**Definición Técnica:** Transición de medidas reactivas a preventivas para proteger la edafología del sitio. Se establece el protocolo de *decapote selectivo*, que obliga a separar y almacenar la capa orgánica (horizonte O/A o suelo vivo) en condiciones aeróbicas para su reutilización final, eliminando la importación de tierra negra foránea.

**Acción en Diseño:** Delimitación precisa en los planos de implantación de las "Zonas de No Intervención" y especificación de cerramientos rígidos para la protección de árboles existentes, respetando estrictamente su radio crítico de raíz (zona de goteo).

#### 2. Control de la Polución (Calidad del Aire y Sedimentos)

**Definición Técnica:** Implementación de prácticas de "Obra Limpia" para mitigar la dispersión de material particulado y contaminantes físicos. Incluye protocolos para el lavado de ruedas de vehículos de carga y la estabilización de vías temporales.

**Acción en Diseño:** Diseño de sistemas de control de erosión y sedimentos (ESC) en el perímetro del lote, especificando mallas de alta densidad (geotextiles) que contengan el polvo y eviten la turbidez en las aguas de escorrentía salientes.

#### 3. Manejo de Vertimientos (Ciclo Cerrado del Agua)

**Definición Técnica:** Sustitución de la ingeniería de drenaje convencional por Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Se prohíbe el vertimiento directo de aguas lluvias al alcantarillado sin gestión previa de caudal y calidad.

**Acción en Diseño:** Integración arquitectónica de infraestructuras verdes como jardines de lluvia (bioretención), zanjas de infiltración y el uso de pavimentos permeables en zonas duras para gestionar la escorrentía superficial *in-situ*, el área dedicada al automóvil.

**Desarrollo Sostenible del Sitio. Objetivo:** Integrar la edificación minimizando la huella ecológica, regenerando el tejido natural y reduciendo impactos en el microclima y comunidad.



### 4. Control del Ruido (Paisaje Sonoro)

**Definición Técnica:** Gestión de la contaminación acústica para proteger la salud auditiva de la comunidad y los ciclos de la fauna local.

**Acción en Diseño:** Planificación de barreras acústicas temporales o permanentes (taludes vegetados) y zonificación horaria de actividades ruidosas en las memorias del proyecto, asegurando periodos de silencio biológico.

### 5. Mejoramiento del Paisaje (Infraestructura Verde Funcional)

**Definición Técnica:** Concepción del paisajismo como una herramienta de regeneración ecosistémica y no meramente ornamental.

**Acción en Diseño:** Selección estricta de especies vegetales nativas o adaptadas (Xerojardinería) que fomenten la atracción de polinizadores, requieran bajo o nulo riego suplementario y creen corredores biológicos que conecten con la matriz ecológica circundante.

### 6. Mitigación del Efecto Isla de Calor (Termodinámica del Sitio)

**Definición Técnica:** Estrategias pasivas para reducir la absorción térmica de las superficies urbanizadas, evitando la alteración del microclima local.

**Acción en Diseño:** Especificación de materiales de pavimentación y cubiertas con un Índice de Reflectancia Solar (SRI) superior a 50. Diseño de sombreado vegetal o arquitectónico para cubrir al menos el 50% de las zonas duras expuestas (parqueaderos y plazas).

### 7. Gestión de la Contaminación Lumínica (Protección de Cielos Oscuros)

**Definición Técnica:** Control de la intrusión lumínica y el resplandor celeste (skyglow) para preservar los ritmos circadianos de la biodiversidad nocturna y la salud humana.

**Acción en Diseño:** Prescripción exclusiva de luminarias exteriores tipo Full Cut-Off (apantallamiento total hacia el horizonte superior) y sistemas de automatización para reducción de intensidad lumínica en horarios de baja actividad.

### 8. Movilidad de Bajo Impacto (Conectividad Eco-Eficiente)

**Definición Técnica:** Configuración del sitio para desincentivar el uso del vehículo de combustión individual y priorizar modos de transporte sostenibles.

**Acción en Diseño:** Dimensionamiento prioritario de infraestructura para bicicletas (ciclo-parqueaderos seguros y vestuarios) y trazado de redes peatonales accesibles y seguras que conecten con el transporte público, minimizando el área dedicada al automóvil.

## Lineamiento 2: Calidad Ambiental Interior (CAI)

**Objetivo:** Garantizar espacios que promuevan la salud física, el bienestar psicológico y la productividad de los ocupantes, mediante el control riguroso de las variables atmosféricas, lumínicas y sensoriales dentro de la edificación.

Para cumplir con este lineamiento durante la Fase I (Diseño), se establecen las siguientes siete estrategias operativas:

### 1. Confort Térmico Pasivo (Diseño de la Envoltente)

**Definición Técnica:** Estrategia prioritaria para lograr el bienestar térmico según el modelo adaptativo (ASHRAE 55) sin dependencia mecánica. Se enfoca en el control de la ganancia solar y la transmitancia térmica (Valor U) de los materiales.

**Acción en Diseño:** Especificación técnica de la envoltente con aislamiento térmico continuo para eliminar puentes térmicos. Orientación y dimensionamiento de protecciones solares (aleros, celosías) calculadas según la carta solar local para bloquear la radiación directa en horarios de sobrecalentamiento.

### 2. Ventilación Natural Efectiva (Renovación de Aire)

**Definición Técnica:** Diseño de sistemas de ventilación cruzada o efecto chimenea que garanticen las tasas de renovación de aire requeridas (ACH - Air Changes per Hour) para diluir contaminantes y patógenos sin consumo energético.

**Acción en Diseño:** Ubicación estratégica de vanos (ventanas/rejillas) en fachadas opuestas o a diferentes alturas, basándose en la rosa de vientos local. Inclusión de diagramas de flujo de aire en los cortes arquitectónicos demostrando la efectividad del barrido de aire.

### 3. Control de Fuentes Contaminantes (Materialidad Atóxica)

**Definición Técnica:** Prevención de la contaminación del aire interior (IAQ) desde el origen, limitando la presencia de compuestos químicos nocivos en los acabados arquitectónicos, descanso nocturno.

**Acción en Diseño:** Prescripción obligatoria en memorias de pinturas, adhesivos, selladores y maderas aglomeradas

• con bajo o nulo contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y libres de urea-formaldehído añadido, cumpliendo estándares tipo SCAQMD o Greenguard

## ESTRATEGIAS OPERATIVAS DE DISEÑO: CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR

**Objetivo:** Garantizar espacios que promuevan la salud, bienestar y productividad mediante el control riguroso de variables atmosféricas, lumínicas y sensoriales.

<p><b>Confort Térmico Pasivo</b> (Diseño de la Envoltente)</p>	<p>Ganancia Solar Alero Calculado Aislamiento Térmico Continuo (Sin Puentes Térmicos) Protección Solar Valor U Optimizado</p>
<p><b>Ventilación Natural Efectiva</b> (Renovación de Aire)</p>	<p>Ventilación Cruzada Efecto Chimenea Rosa de Vientos</p>
<p><b>Control de Fuentes Contaminantes</b> (Materialidad Atóxica)</p>	<p>Pinturas/Adhesivos Bajo COV Maderas sin Urea-Formaldehído Maderas sin Urea-Formaldehído GreenGuard SCAQMD</p>
<p><b>Confort Visual y Autonomía Lumínica</b> (sDA)</p>	<p>Bandeja de Luz (Light Shelf) sDA &gt; 50%</p>
<p><b>Confort Acústico</b> (Zonificación y Aislamiento)</p>	<p>Zona Social (Ruidosa) Zona de Descanso (Silenciosa) Espacio Buffer (Armarios) Muro con STC &gt; 50</p>
<p><b>Diseño Biofílico</b> (Conexión Vital)</p>	<p>Muro Verde Interior Materiales Naturales (Madera, Piedra) Vistas Directas a Vegetación</p>
<p><b>Salud Circadiana</b> (Iluminación Biodinámica)</p>	<p>Día: Luz Fría (4000K-6000K) - Alerta Noche: Luz Cálida (&lt;2700K) - Descanso</p>

### 4. Confort Visual y Autonomía Lumínica (sDA)

**Definición Técnica:** Maximización del uso de luz natural útil para reducir el consumo eléctrico y mejorar el ánimo, evitando el deslumbramiento (*glare*) que causa fatiga visual.

**Acción en Diseño:** Simulación de Autonomía de Luz Diurna Espacial (sDA) buscando superar el 50% del área útil. Implementación de "bandejas de luz" (*light shelves*) para proyectar la luz natural hacia el fondo de los espacios y uso de vidrios con control selectivo.

### 5. Confort Acústico (Zonificación y Aislamiento)

**Definición Técnica:** Control de la transmisión de ruido aéreo y de impacto para garantizar la privacidad y la concentración.

**Acción en Diseño:** Especificación de muros y entrepisos con índices de Clase de Transmisión de Sonido (STC) adecuados al uso (ej. STC>50 para divisiones entre unidades habitacionales). Zonificación en planta separando áreas sociales (ruidosas) de áreas de descanso (silenciosas) mediante espacios "buffer" (armarios, circulaciones).

### 6. Diseño Biofílico (Conexión Vital)

**Definición Técnica:** Integración intencional de elementos naturales en el entorno construido para reducir el estrés y mejorar la función cognitiva, basándose en la conexión innata del humano con la naturaleza (Hipótesis de la Biofilia).

**Acción en Diseño:** Incorporación de muros verdes interiores, uso de materiales naturales análogos (madera, piedra) con texturas táctiles, y diseño de vistas directas hacia la vegetación exterior desde el 75% de los puestos de ocupación regular.

### 7. Salud Circadiana (Iluminación Biodinámica)

**Definición Técnica:** Sincronización del entorno lumínico con el reloj biológico humano. La luz debe variar en intensidad y temperatura de color para estimular la alerta durante el día y la secreción de melatonina (sueño) en la noche.

**Acción en Diseño:** Diseño de esquemas de iluminación artificial regulable (*dimable*) que complementen la luz natural, priorizando temperaturas frías (4000K-6000K) para zonas de actividad diurna y cálidas (<2700K) para zonas de descanso nocturno.

## Lineamiento 3: Gestión Integral de Materiales y Recursos

**Objetivo:** Minimizar el impacto ambiental incorporado (*embodied carbon*) de la edificación y promover la economía circular, seleccionando materiales responsables, reduciendo la huella logística y diseñando sistemas constructivos que eliminen el desperdicio desde el tablero de dibujo.

A partir de las variables de análisis de materiales y ciclo de vida, se definen las siguientes seis estrategias para la fase de diseño:

### 1. Selección Basada en Ciclo de Vida (Transparencia Ambiental)

•**Origen:** Respuesta a *Ciclo de vida de los materiales*.

•**Definición Técnica:** Selección de materiales no solo por estética o costo, sino por su Declaración Ambiental de Producto (DAP / EPD). Se priorizan materiales con Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que demuestren bajo impacto desde la extracción hasta la disposición final.

•**Acción en Diseño:** Especificación obligatoria de productos que cuenten con certificación de "Carbono Neutro" o eco-etiquetas Tipo III (ISO 14025), prohibiendo materiales con alta energía incorporada (como aluminio virgen o poliestireno no reciclado) sin justificación estructural.

### 2. Prioridad Regional y Vernácula (Huella Logística)

•**Origen:** Respuesta a *Distancias de transporte y Disponibilidad local*.

•**Definición Técnica:** Reducción de las emisiones de CO2 asociadas al transporte (Alcance 3) mediante la prescripción de materiales extraídos, cosechados o fabricados dentro de un radio regional (típicamente <800 km).

•**Acción en Diseño:** Integración de un cuadro de "Procedencia de Materiales" en los planos, priorizando proveedores locales y técnicas vernáculas (ej. tierra compactada, guadua, madera local certificada) que además fomenten la economía de la región.

### 3. Coordinación Modular e Industrialización (Prevención de Residuos)

•**Origen:** Respuesta a *Sistemas constructivos y Posibles impactos de residuos*.

## ESTRATEGIAS OPERATIVAS DE DISEÑO: GESTIÓN INTEGRAL DE MATERIALES Y RECURSOS

**Objetivo:** Minimizar impacto ambiental incorporado, promover economía circular, reducir huella logística y eliminar desperdicio desde el diseño.

### Selección Basada en Ciclo de Vida (Transparencia Ambiental)



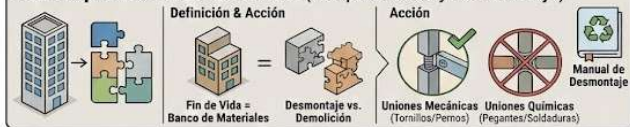
### Prioridad Regional y Vernácula (Huella Logística)



### Coordinación Modular e Industrialización (Prevención de Residuos)



### Diseño para la Deconstrucción (Adaptabilidad y Desmontaje)



### Contenido Reciclado y Reutilización (Circularidad)



### Pasaporte de Materiales (Innovación Digital)



•**Definición Técnica:** Aplicación de la racionalización dimensional. Se diseña en base a las medidas estándar del mercado (múltiples de 0.60m, 1.22m, etc.) para evitar cortes en obra que generan escombros innecesarios (RCD).

•**Acción en Diseño:** Modulación estricta de la estructura, fachadas y divisiones internas. Uso de componentes prefabricados o industrializados en taller que lleguen listos para ensamblar (construcción seca), reduciendo la merma de material in situ.

### 4. Diseño para la Deconstrucción (Adaptabilidad y Desmontaje)

•**Origen:** Evolución de *Ciclo de vida y Sistemas constructivos*.

•**Definición Técnica:** Planificación del fin de vida del edificio (*End-of-Life*). El edificio se diseña como un "banco de materiales" que pueda ser desmontado por piezas para su reutilización futura, en lugar de ser demolido.

•**Acción en Diseño:** Preferencia por uniones mecánicas (tornillos, pernos) sobre uniones químicas (pegantes, soldaduras) que impiden el reciclaje. Entrega de un manual de desmontaje como parte de los entregables del diseño.

### 5. Contenido Reciclado y Reutilización (Circularidad)

•**Origen:** Respuesta a *Posibles impactos de residuos y Recursos*.

•**Definición Técnica:** Inclusión de "minería urbana" en el proyecto. Se especifica que un porcentaje de la masa del edificio provenga de fuentes recicladas (pre-consumo o post-consumo).

•**Acción en Diseño:** Especificación de acero con alto contenido de chatarra, concretos con agregados reciclados (RCD tratados) o reutilización directa de elementos estructurales o fachadas si se trata de una intervención en preexistencia.

### 6. Pasaporte de Materiales (Innovación Digital)

•**Estrategia Avanzada:** Agregada por el Editor para nivel de Maestría.

•**Definición Técnica:** Creación de una identidad digital para los materiales del edificio.

•**Acción en Diseño:** Vinculación del modelo BIM (Building Information Modeling) con bases de datos que registren la composición química y el potencial de circularidad de cada elemento, facilitando su futura gestión o venta como activo residual.



## Lineamiento 4: Gestión Integral del Agua

**Objetivo:** Alcanzar un "Balance Hídrico Neutro" o positivo, reduciendo al mínimo el consumo de agua potable de la red pública mediante la eficiencia tecnológica, y convirtiendo el agua de lluvia y las aguas servidas en recursos aprovechables.

A partir del análisis pluviométrico y del potencial hídrico del sitio, se definen las siguientes cinco estrategias operativas para la fase de diseño:

### 1. Reducción de la Demanda (Eficiencia Hidrosanitaria)

**Definición Técnica:** Minimización del consumo basal mediante la especificación de aparatos de ultra-bajo consumo. El objetivo es reducir la dotación per cápita (Litros/Habitante/Día) al menos un 40% por debajo de la línea base estándar.

**Acción en Diseño:** Especificación en memorias hidrosanitarias de griferías con aireadores (caudal < 6 L/min), inodoros de doble descarga (< 4.8 L/descarga completa) y orinales secos o de ultra-bajo consumo, garantizando certificaciones como *WaterSense*.

### 2. Cosecha y Aprovechamiento de Agua Lluvia (Rainwater Harvesting)

**Origen:** Respuesta directa al *Análisis pluviométrico* y de *intensidad de lluvias* (mostrado en tu imagen).

**Definición Técnica:** Diseño de sistemas de captación, conducción y almacenamiento de aguas pluviales para usos no potables (limpieza, descarga de inodoros, riego).

#### Acción en Diseño:

• Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento basado en la precipitación media mensual (datos históricos locales) y la superficie de cubierta captadora.

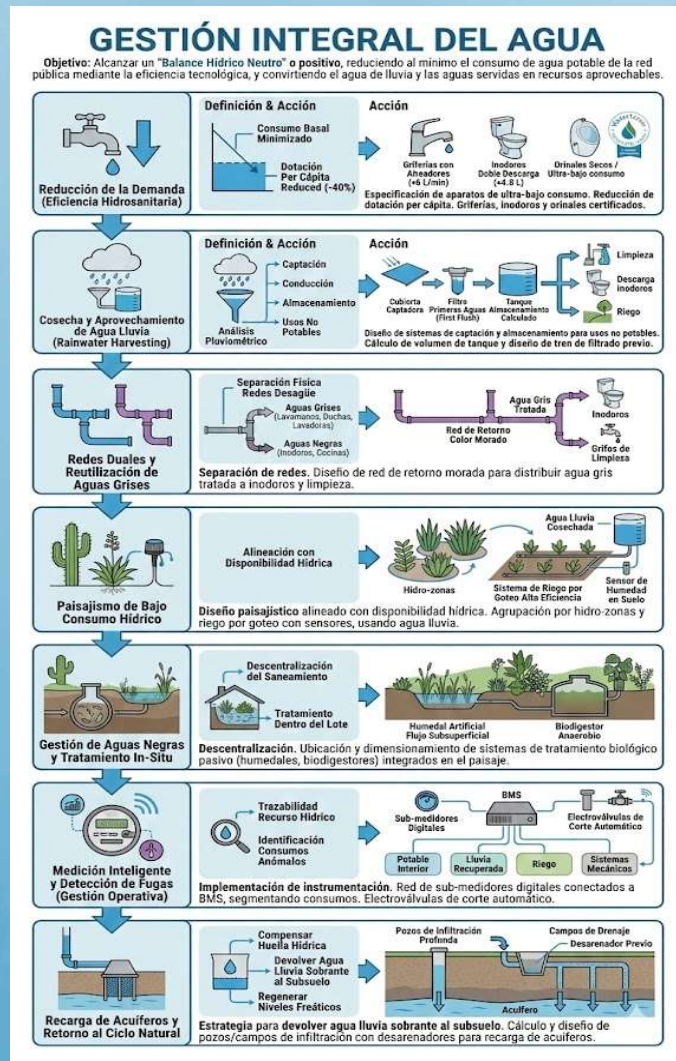
• Diseño de un "tren de filtrado" previo al tanque (filtro de primeras aguas o *first flush*) para eliminar sedimentos y contaminantes de la cubierta.

### 3. Redes Duales y Reutilización de Aguas Grises

**Definición Técnica:** Separación física de las redes de desagüe. Las "aguas grises" (lavamanos, duchas, lavadoras) se conducen independientemente de las "aguas negras" (inodoros, cocinas) para su tratamiento y retorno al edificio.

**Acción en Diseño:** Diseño de una red hidrosanitaria de "retorno" (color morado según norma internacional) que distribuya el agua gris tratada hacia los inodoros y grifos de limpieza, reduciendo la demanda de agua potable para transporte de residuos.

### 4. Paisajismo de Bajo Consumo Hídrico



• **Definición Técnica:** Alineación del diseño paisajístico con la disponibilidad hídrica real del sitio, eliminando la necesidad de riego con agua potable.

#### Acción en Diseño:

- Agrupación de plantas por "hidro-zonas" (zonas de riego similar).
- Diseño de sistemas de riego por goteo de alta eficiencia alimentados exclusivamente por agua lluvia cosechada, con sensores de humedad en suelo para evitar riego automático cuando ha llovido.

### 5. Gestión de Aguas Negras y Tratamiento In-Situ

**Definición Técnica:** Descentralización del saneamiento. En zonas sin alcantarillado o para proyectos de alto desempeño, se trata el agua negra dentro del lote para no contaminar los cuerpos de agua locales (Análisis de aguas superficiales).

**Acción en Diseño:** Ubicación y dimensionamiento de sistemas de tratamiento biológico pasivo, como humedales artificiales de flujo subsuperficial o biodigestores anaerobios, integrados estéticamente en el diseño del paisaje.

### 6. Medición Inteligente y Detección de Fugas (Gestión Operativa)

**Definición Técnica:** Implementación de instrumentación para la trazabilidad del recurso hídrico. "Lo que no se mide, no se gestiona". Se busca identificar consumos anómalos en tiempo real para prevenir pérdidas por fugas ocultas, que pueden representar hasta el 30% del desperdicio en edificaciones.

#### Acción en Diseño:

- Diseño de una red de **sub-medidores digitales** conectados a un sistema central (BMS), segmentando el consumo por usos: agua potable interior, agua de lluvia recuperada, agua de riego y agua para sistemas mecánicos (torres de enfriamiento).
- Especificación de electroválvulas de corte automático vinculadas a sensores de humedad o flujo anómalo.

### 7. Recarga de Acuíferos y Retorno al Ciclo Natural

**Definición Técnica:** Estrategia para compensar la huella hídrica devolviendo el agua de lluvia *sobrante* (la que excede la capacidad del tanque de almacenamiento) al subsuelo, en lugar de expulsarla al alcantarillado pluvial urbano. Esto ayuda a regenerar los niveles freáticos locales.

#### Acción en Diseño:

- Cálculo y diseño de **pozos de infiltración profunda** o campos de drenaje (diferentes a los jardines de lluvia superficiales) calculados según la permeabilidad del suelo (prueba de percolación).
- Aseguramiento de la calidad del agua infiltrada mediante desarenadores previos para no colmatar (tapar) el acuífero.

## Lineamiento 5: Gestión Integral de Energía y Atmósfera

**Objetivo:** Lograr un edificio de "Carbono Neto Cero" en su operación, priorizando la reducción pasiva de la demanda, eliminando el uso de combustibles fósiles en el sitio y compensando el consumo restante con un portafolio diversificado de energías renovables.

A partir de la evaluación del potencial energético del sitio (Solar, Eólico, Biomasa, etc.), se definen las siguientes estrategias operativas:

### 1. Optimización Pasiva de la Envolvente (Reducción de Cargas)

• **Definición Técnica:** Estrategia basal de la jerarquía energética ("La energía más barata es la que no se consume"). Se busca minimizar la carga térmica (calor a retirar) mediante la arquitectura pura antes de dimensionar los equipos.

• **Acción en Diseño:**

- Diseño de **protecciones solares externas** calculadas para bloquear la radiación directa en los meses cálidos.
- Especificación de vidrios de alto desempeño con un bajo Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (SHGC < 0.4) en fachadas expuestas, reduciendo la necesidad de aire acondicionado en un 30-50%.

### 2. Electrificación Total y Descarbonización (Atmósfera Limpia)

• **Definición Técnica:** Eliminación de toda combustión directa en el sitio para mejorar la calidad del aire local y reducir la huella de carbono.

• **Acción en Diseño:**

- Prohibición de calderas de gas, estufas o calentadores de paso a combustión.
- Sustitución por **Bombas de Calor (Aeroterminia)** para calentamiento de agua y sistemas de inducción magnética para cocinas, preparando al edificio para operar con una red eléctrica 100% limpia en el futuro.

### 3. Sistemas Activos de Alta Eficiencia (HVAC e Iluminación)

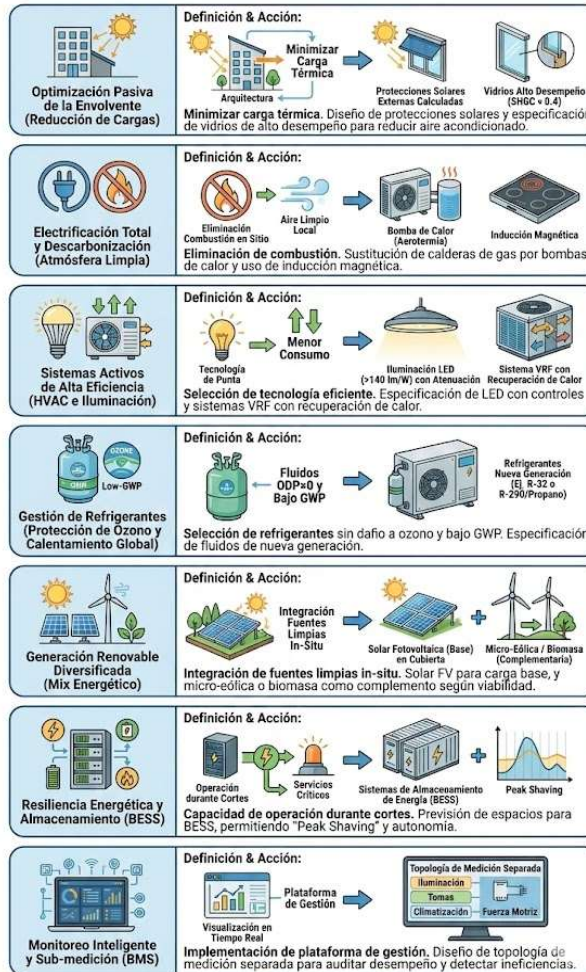
• **Definición Técnica:** Selección de tecnología de punta para satisfacer la demanda remanente con el menor consumo posible (Eficiencia Energética).

• **Acción en Diseño:**

- Especificación de iluminación LED con eficacia >140 lm/W y controles de atenuación automática (Dali/0-10V).
- Para climatización, uso de sistemas VRF (Volumen de Refrigerante Variable) con recuperación de calor, que permiten enfriar una zona usando el calor extraído de otra.

## GESTIÓN INTEGRAL DE ENERGÍA Y ATMÓSFERA

**Objetivo:** Lograr un edificio de "Carbono Neto Cero" en operación, priorizando reducción pasiva, eliminando combustibles fósiles y compensando con renovables.



### 4. Gestión de Refrigerantes (Protección de Ozono y Calentamiento Global)

• **Definición Técnica:** Parte crucial del componente "Atmósfera". Selección de fluidos refrigerantes que no dañen la capa de ozono (ODP=0) y tengan un bajísimo Potencial de Calentamiento Global (GWP).

• **Acción en Diseño:** Especificación de equipos que utilicen refrigerantes de nueva generación (como R-32 o R-290/Propano) en lugar de los tradicionales R-410a, cumpliendo con la Enmienda de Kigali.

### 5. Generación Renovable Diversificada (Mix Energético)

• **Origen:** Respuesta directa a tu lista de análisis (*Solar, Eólica, Biomasa*).

• **Definición Técnica:** Integración de fuentes de energía limpia in-situ según la viabilidad detectada en el prediseño.

• **Acción en Diseño:**

- **Solar Fotovoltaica (Base):** Dimensionamiento de generadores en cubierta para cubrir la carga base diurna.
- **Micro-Eólica o Biomasa (Complementaria):** Si el análisis de vientos (>5 m/s promedio) o disponibilidad de residuos orgánicos lo permite, diseñar la integración estructural de turbinas de eje vertical o una pequeña caldera de biomasa para cogeneración, diversificando la matriz de riesgo energético.

### 6. Resiliencia Energética y Almacenamiento (BESS)

• **Definición Técnica:** Capacidad del edificio para operar durante cortes de red o desastres, manteniendo servicios críticos.

• **Acción en Diseño:** Previsión de espacios técnicos y diagramas unifilares para Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS), permitiendo el "Peak Shaving" (usar energía guardada en horas de tarifa costosa) y autonomía de emergencia.

### 7. Monitoreo Inteligente y Sub-medición (BMS)

• **Definición Técnica:** Implementación de una plataforma de gestión que visualice los flujos de energía en tiempo real.

• **Acción en Diseño:** Diseño de una topología de medición que separe: Iluminación, Tomas, Climatización y Fuerza Motriz (Ascensores/Bombas). Esto permite auditar el desempeño del edificio y detectar ineficiencias operativas instantáneamente.



La Fase II: **Construcción** dentro del Modelo Estratégico HSS es el momento en que las decisiones de diseño se traducen en realidad física. Sin embargo, bajo un enfoque de sostenibilidad, construir no significa únicamente levantar muros: implica gestionar el territorio, controlar impactos, implementar tecnologías eficientes y documentar rigurosamente cada proceso. Este diagrama sintetiza las cinco etapas fundamentales para una construcción responsable, cuyo producto final es un **Manual Constructivo** que garantiza trazabilidad técnica, operativa y ambiental del proyecto.

### Análisis

Cada etapa del flujo representa un componente crítico en la transición entre diseño y obra. Se abordan acciones que van desde la protección ecológica del sitio hasta la instalación de sistemas energéticos avanzados. El proceso integra criterios de salud humana, eficiencia de recursos, economía circular y cumplimiento normativo. La sostenibilidad ya no es un agregado: se convierte en el marco que orienta cada decisión constructiva, desde la excavación hasta las pruebas finales de sistemas.

### Criterios técnicos por etapa del proceso constructivo

#### 1. Gestión Ambiental y de Sitio — Casco de Seguridad

La construcción inicia con el cuidado del territorio. Aquí se implementan los **Planes de Manejo Ambiental (PMA)**, que incluyen control de erosión, protección de suelos vulnerables, manejo de sedimentación, conservación de árboles y monitoreo de fauna afectada. Se minimizan movimientos de tierra, se retiran materiales contaminantes y se establecen zonas de protección. Esta gestión asegura que la obra no degrade el entorno y que el edificio conviva con la ecología del sitio.

#### 2. Confort y Habitabilidad — Envoltente y Materiales Aislantes

Esta etapa materializa el desempeño bioclimático previsto en el diseño. Se instalan aislamientos térmicos, barreras contra humedad, sistemas de ventilación natural o mecánica y acabados que promueven calidad del aire interior. La envoltente (muros, techos, pisos, ventanas) se optimiza para asegurar confort térmico, lumínico y acústico. Es el momento donde la teoría bioclimática se convierte en bienestar real para los ocupantes.

#### 3. Gestión de Residuos y Materiales — Contenedor de Reciclaje

Se gestionan los **Residuos de Construcción y Demolición (RCD)** mediante separación, reutilización y reciclaje. Se aplican compras responsables: materiales certificados, de bajo impacto ambiental y preferiblemente locales. Esta etapa reduce huella de carbono, promueve economía circular y evita contaminación del sitio. El registro de materiales —inventarios, certificados, fichas técnicas— fortalece la trazabilidad del ciclo de vida.

#### 4. Sistemas Hidrosanitarios — Grifo y Tubería

Se instalan redes hidráulicas y sanitarias con criterios de eficiencia: tuberías antifugas, sanitarios de bajo consumo, sistemas de tratamiento de aguas grises y redes para captación de lluvias. Las **pruebas de estanqueidad** aseguran que no existan pérdidas, un aspecto clave en territorios con alta presión hídrica. Se diseñan drenajes sostenibles y se garantiza que el agua residual sea tratada antes de ser descargada al ambiente.

#### 5. Sistemas Energéticos y Climatización — Electricidad y Energía

Esta etapa integra iluminación eficiente, sistemas de climatización optimizada, paneles solares, baterías o tecnologías renovables según lo previsto en el diseño. Se calibran equipos, se realizan pruebas de carga y se ajustan los sistemas activos para asegurar que cumplan con los niveles de eficiencia energética proyectados. También se incorporan sistemas de monitoreo o automatización que permiten una operación inteligente.

### Soluciones

La fase constructiva se convierte en un proceso ambientalmente responsable, técnicamente controlado y alineado con estándares contemporáneos de eficiencia. Cada etapa deja evidencia verificable, generando un edificio que no solo funciona bien sino que documenta cómo y por qué fue construido de esa manera.



## Protocolos de Materialización y Control de Ejecución (HSS)

Este capítulo sistematiza la transición del diseño teórico a la realidad física, estableciendo procedimientos técnicos estrictos para asegurar que los estándares de sostenibilidad del HSS se mantengan intactos durante la obra. El marco operativo se estructura en cinco lineamientos esenciales:

**1. Desarrollo Sostenible del Sitio: Mitigación de Impactos Físicos** Se prioriza un manejo quirúrgico del territorio para evitar la degradación ambiental:

•**Gestión Edafológica:** Implementación de decapote selectivo para preservar el *topsoil* y su biota microbiana en acopios protegidos, vital para la restauración paisajística.

•**Control Hidrológico (PCES):** Uso de barreras físicas (cercas de limo) y piscinas de decantación para impedir que la escorrentía cargada de sedimentos contamine drenajes y cuerpos de agua.

•**Protección Biótica:** Establecimiento de zonas de exclusión rígida alrededor de la vegetación (respetando el Radio Crítico de la Raíz) para evitar la compactación del suelo.

**2. Calidad Ambiental Interior (CAI): Higiene Constructiva** Se enfoca en prevenir patologías futuras y contaminación cruzada durante la ejecución:

•**Estándares SMACNA:** Sellado hermético de ductos y equipos HVAC para bloquear la infiltración de material particulado.

•**Control de Humedad:** Almacenamiento elevado y cubierto de materiales higroscópicos (yesos, maderas) para evitar proliferación fúngica.

•**Gestión de Partículas:** Zonificación de "procesos limpios" con barreras físicas, uso de aspiración HEPA y ejecución de una Purga de Aire (*Flush-Out*) final para eliminar COVs residuales.



**3. Gestión de Materiales y Recursos: Circularidad y Trazabilidad** Sustitución de la eliminación de residuos por una gestión circular de recursos:

•**Segregación en la Fuente:** Estaciones de clasificación in-situ para separar RCD, maximizando el desvío de vertederos hacia el reciclaje.

•**Control de Calidad:** Inspección técnica de entrada para validar sellos ambientales y procedencia regional, asegurando coherencia con el Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

**4. Gestión Integral del Agua: Integridad Hidráulica** Garantía de operabilidad mediante instalaciones libres de defectos:

•**Hermeticidad:** Pruebas de presión y estanqueidad sectorizadas en redes antes del cierre de ductos.

•**Protección de Infraestructura:** Sellado temporal de sumideros durante la obra gris para evitar obstrucciones por sedimentación.

•**Puesta en Marcha:** Estabilización biológica anticipada de PTARs y sistemas pluviales antes de la carga operativa.

**5. Energía y Atmósfera: Verificación y Comisionamiento (Cx)** Aseguramiento de la calidad (QA) de los sistemas energéticos:

•**Continuidad Térmica:** Inspección termográfica de la envolvente para corregir puentes térmicos y fallas de aislamiento.

•**Comisionamiento Activo:** Calibración funcional de iluminación, climatización y automatización según las Bases del Diseño (BOD).

•**Renovables:** Supervisión técnica del montaje fotovoltaico, asegurando impermeabilización y cumplimiento normativo (RETIE/NEC).

### LINEAMIENTO 1: DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SITIO (EJECUCIÓN)

**Objetivo de Fase:** Implementar el Plan de Manejo Ambiental (PMA) para proteger los recursos naturales del lote y mitigar los impactos físicos de la construcción sobre el entorno inmediato.

#### Estrategias Operativas:

##### 1. Gestión Avanzada de Suelos (Topsoil):

- Ejecución:** Realizar el decapote selectivo separando mecánicamente el horizonte orgánico (suelo negro) del subsuelo mineral.
- Control:** Acopiar el *topsoil* en montículos no mayores a 2 metros de altura, protegidos con cobertura vegetal temporal o lonas para evitar la muerte de la microbiología y asegurar su reutilización al 100% en el paisajismo final.

##### 2. Control de Erosión y Sedimentos (PCES):

- Ejecución:** Instalación perimetral de cercas de limo (*silt fences*) y filtros geotextiles en todos los sumideros existentes antes de cualquier movimiento de tierra.
- Infraestructura:** Construcción y mantenimiento de piscinas de decantación temporal para tratar las aguas de escorrentía o bombeo antes de su vertimiento.

##### 3. Protección de Flora y Fauna:

- Protocolo:** Instalación de cerramientos rígidos (malla o madera) respetando el radio crítico de raíz (zona de goteo) de los individuos arbóreos a conservar. Se prohíbe terminantemente el acopio de materiales o tránsito de maquinaria dentro de estas zonas de exclusión.

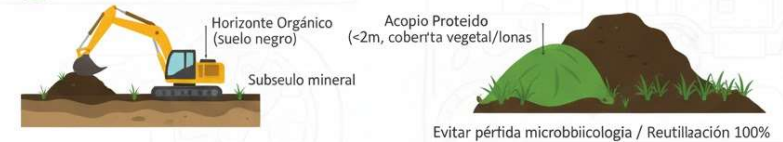
##### 4. Mitigación de Polvo y Limpieza:

- Acción:** Riego programado de vías de acceso no pavimentadas y lavado obligatorio de ruedas de vehículos a la salida de la obra para evitar la contaminación de vías públicas y el aire vecinal.

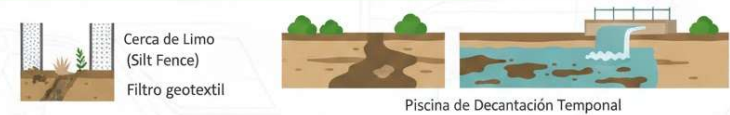
### DESAROLO SOSTENIBLE DEL SITIO (EJECUCIÓN)

Objetivo de Fase: Implementar al Plan de Manejo Ambiental (PMA) para proteger los recursos naturales del lote y mitigar impactos físicos de la construcción sobre el entorno inmediato.

#### Gestión Avanzada de Suelos (Topsoil)



#### Control de Erosión y Sedimentos (PCES)



#### Protección de Flora y Fauna



#### Mitigación de Polvo y Limpieza

Riego programado de vías no pavimentadas / Lavado en Vías públicas / Aire vecinal

## LINEAMIENTO 2: CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR (CONTROL EN OBRA)

**Objetivo de Fase:** Ejecutar procesos constructivos limpios que prevengan la contaminación de los sistemas del edificio y protejan la salud de los trabajadores.

### Estrategias Operativas:

#### 1. Protección de Ductos (Estándar SMACNA):

**1.Ejecución:** Sellado hermético con plásticos de alto calibre de todas las bocas de ductos, rejillas y equipos de ventilación desde el momento de su llegada a obra hasta la entrega final, impidiendo el ingreso de polvo de construcción.

#### 2. Control de Materiales Absorbentes:

**1.Logística:** Almacenamiento de materiales porosos (paneles de yeso, maderas, aislamientos) sobre estibas elevadas y bajo techo, protegiéndolos de la humedad y el contacto con suelos de concreto fresco para evitar el crecimiento futuro de moho.

#### 3. Protocolo de Procesos Limpios:

**1.Zonificación:** Uso de barreras de plástico para aislar físicamente las áreas de corte, lijado o generación de polvo de las zonas donde se aplican acabados finales.

**2.Secuencia:** Prohibición de instalar materiales absorbentes (alfombras, cielorrasos acústicos) hasta que el edificio sea estanco (*weather-tight*) y las actividades húmedas hayan concluido.

#### 4. Limpieza Técnica (Housekeeping):

**1.Protocolo:** Uso exclusivo de compuestos de barrido húmedo o aspiradoras con filtro HEPA. Se prohíbe el barrido en seco que resuspende partículas nocivas.

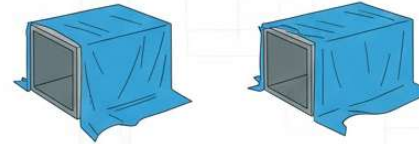
**2.Cierre:** Realización de una purga de aire (*Flush-Out*) inyectando 100% aire exterior antes de la ocupación para barrer contaminantes volátiles acumulados.

## CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR (CONTROL EN OBRA)

Objetivo de Fase: Ejecutar procesos constructivos limpios que prevengan la contaminación de los sistemas del edificio y protejan la salud de trabajadores.

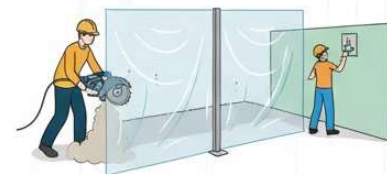
### Protección de Ductos (Estándar SMACNA):

**Ejecución:** Sellado hermético con plásticos de alto calibre de todas las bocas de ductos y rejillas de ventilación desde el momento de su llegada a obra hasta la entrega final, impidiendo el ingreso de polvo de construcción.

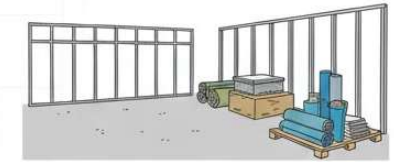


**Logística:** Almacenamiento de materiales porosos (paneles de yeso, maderas, aislamientos) sobre estibas elevadas y bajo techo, protegiéndolos de la humedad y el contacto con suelos de concreto fresco para evitar el crecimiento futuro de moho.

### Control de Materiales Absorbentes



**Zonificación:** Uso de barreras plásticas para aislar físicamente las áreas de corte, lijado o generación de polvo de las zonas donde se aplican acabados finales.



**Secuencia:** Prohibición de instalar materiales absorbentes (alfombras, cielorrasos acústicos) hasta que el edificio sea estanco (*weather-tight*) y las actividades húmedas hayan concluido.

### Protocolo de Procesos Limpios

### Limpieza Técnica (Housekeeping):



**Protocolo:** Uso exclusivo de compuestos de barrido húmedo o aspiradoras con filtro HEPA. Se prohíbe el barrido en seco que resuspende partículas nocivas.



## GESTIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS (RCD)

**Objetivo de Fase:** Maximizar el aprovechamiento de recursos y minimizar el envío de escombros a rellenos sanitarios mediante una logística inversa efectiva.

### Estrategias Operativas:

#### 1. Plan de Gestión de RCD en la Fuente:

- Ejecución:** Habilitación de una "Estación de Clasificación" en obra con contenedores diferenciados por tipo (Maderas, Metales, Plásticos, Inertes, Orgánicos).
- Meta:** Asegurar la separación in-situ para alcanzar tasas de desvío de vertedero superiores al 75% mediante reciclaje o reutilización.

#### 2. Verificación de Compras Sostenibles:

- Control:** Inspección de entrada de materiales para validar el cumplimiento de las especificaciones de diseño (sellos ambientales, procedencia local, contenido de COV). Rechazo de productos que no cumplan los estándares HSS.

#### 3. Logística Inversa y Embalajes:

- Gestión:** Coordinación con proveedores para la devolución y reutilización de estibas, carretes de cable y materiales de embalaje, reduciendo la generación de residuos no constructivos.

#### 4. Recuperación y Aprovechamiento de Escombros (RCD).

- Se implementa un plan de manejo de escombros que prioriza la separación en fuente y el aprovechamiento de RCD limpios (concreto, mampostería, cerámicos y tierra), destinándolos a rellenos, subbases, drenajes y vías temporales, reduciendo el envío a relleno sanitario.

#### 5. Reutilización de Sobrantes como Insumo del Proyecto:

- Los sobrantes de obra (maderas, guadua, acero, formaletas y tierra excavada) se reincorporan como insumos secundarios en obra y paisajismo funcional, fortaleciendo la economía circular, reduciendo consumo de materiales vírgenes y huella logística.

## GESTIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS (RCD)

**Objetivo de Fase:** Maximizar el aprovechamiento de recursos y minimizar el envío de escombros sanitarios mediante una logística inversa efectiva.

### Plan de Gestión de RCD en la Fuente



**Ejecución:** Estación de Clasificación en obra.

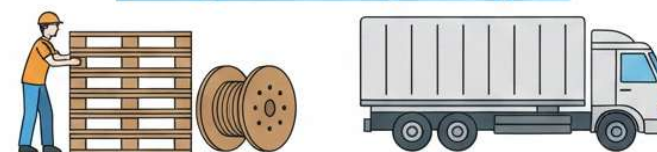
**Meta:** Separación in-situ > 75% desvío de vertedero

### Verificación de Compras Sostenibles



**Control:** Inspección de materiales (sellos, procedencia, COV). Rechazo si no cumple HSS.

### Logística Inversa y Embalajes



**Gestión:** Coordinación con proveedores para devolución y reutilización estibas, carretes y embalajes.

## GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA (INSTALACIÓN)

**Objetivo de Fase:** Asegurar la hermeticidad, eficiencia hidráulica y correcta operación de las redes, equipos y sistemas de tratamiento, garantizando compatibilidad con el nivel freático y las condiciones hidrológicas del sitio.

### Estrategias Operativas

#### 1. Pruebas de Estanqueidad Rigurosas

**Verificación:** Ejecución de pruebas de presión sectorizadas en redes de suministro y pruebas de humo/estanqueidad en redes sanitarias, asegurando **cero fugas** antes del cierre de muros, losas y buitrones.

#### 2. Protección Temporal de Drenajes

**Acción:** Sellado preventivo de sumideros, bajantes y sifones durante la obra gris para evitar obstrucciones por morteros, cementos o escombros que comprometan la capacidad hidráulica futura.

#### 3. Instalación y Puesta en Marcha de Sistemas (PTAR / Agua Lluvia)

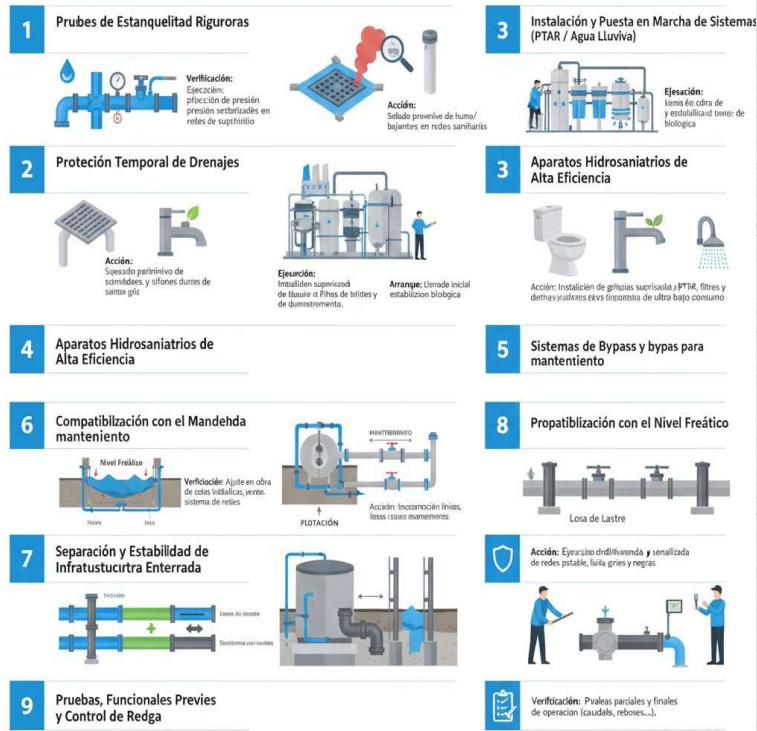
**Ejecución:** Instalación supervisada de PTAR, filtros de lluvia y tanques de almacenamiento conforme a planos y fichas técnicas. **Arranque:** Llenado inicial y estabilización biológica de los sistemas antes de la carga plena del edificio.

#### 4. Aparatos Hidrosanitarios de Alta Eficiencia

**Acción:** Instalación de griferías, sanitarios y duchas de ultra-bajo consumo, con aireadores y sistemas de doble descarga, asegurando coherencia entre diseño hidráulico, dotación real y desempeño operativo.

## GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA (INSTALACIÓN)

**Objetivo de Fase:** Asegurar la hermeticidad, eficiencia hidráulica y correcta operación de las redes, y equipos y el sistemas, garantando garantinta compatibilidad con nivel freático y las condiciones hidológicas del sitio.



#### 5. Sistemas de Bypass y Mantenimiento

**Acción:** Incorporación de líneas de bypass en PTAR, filtros, tanques y equipos de bombeo para permitir mantenimiento, limpieza o contingencias sin interrumpir el servicio ni descargar efluentes sin tratar.

#### 6. Compatibilización con el Nivel Freático

**Verificación:** Ajuste en obra de cotas hidráulicas, profundidades de redes y ubicación de tanques según el **nivel freático real**, evitando flotación, infiltraciones inversas y sobrepresiones en temporada de lluvias.

#### 7. Protección y Estabilidad de Infraestructura Enterrada

**Acción:** Ejecución de anclajes, losas de lastre o sistemas drenantes en elementos enterrados para garantizar estabilidad estructural y durabilidad en suelos saturados.

#### 8. Separación, Señalización y Control de Redes

**Acción:** Ejecución diferenciada y señalizada de redes potable, lluvia, grises y negras, previniendo cruces indebidos, errores de conexión y riesgos de contaminación.

#### 9. Pruebas Funcionales Previas a Entrega

**Verificación:** Pruebas parciales y finales de operación (caudales, reboses, drenaje gravitacional y bombeos) bajo condiciones reales de uso antes de la recepción de obra.

## ENERGÍA Y ATMÓSFERA (COMISIONAMIENTO)

### Abrazo

Verificar, calibrar y documentar que los sistemas energéticos operan conforme al diseño, las Bases de Diseño (BOD) y los Requisitos del Propietario (OPR).

### Estrategias Operativas

#### 1. Integridad de la Envolvente Térmica

**Inspección:** Verificación visual y/o termográfica de la continuidad del aislamiento térmico, hermeticidad y ausencia de puentes térmicos en uniones de fachada, cubiertas y encuentros antes de acabados finales.

#### 2. Comisionamiento (Cx) de Sistemas Activos

**Prueba:** Verificación funcional de iluminación, climatización y ventilación. Calibración de sensores de presencia, temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>, asegurando respuesta correcta a la automatización y modos de operación.

#### 3. Ajuste de Estrategias Pasivas y Mixtas

**Verificación:** Comprobación del desempeño real de ventilación natural, ventilación híbrida y sombreados móviles, validando que los sistemas activos entren solo cuando se superan los rangos de confort adaptativo.

#### 4. Balance Energético en Condiciones Reales

**Medición:** Comparación entre consumo proyectado y consumo medido en pruebas iniciales, ajustando curvas de carga, horarios y setpoints para evitar sobreconsumo en clima cálido-húmedo.

## ENERGÍA Y ATMÓSFERA (COMISIONAMIENTO)

Objetivo: Verificar, calibrar y documentar que los sistemas energéticos operan conforme al diseño, las Bases de Diseño (BOD) y los Requisitos del Propietario (OPR).

1	<b>Integridad de la Envolvente Térmica</b> Inspección: Verificación visual y/o termográfica...	6	<b>Comisionamiento de Sistemas de Control (BMS)</b> Prueba: Verificación de la correcta comunicación entre equipos.
2	<b>Comisionamiento (Cx) de Sistemas Activos</b> Prueba: Verificación funcional de iluminación, climatización.	8	<b>Comisionamiento de Sistemas y Equipos EMC</b> Prueba: Prueba de la correcta comunicación entre equipos.
3	<b>Ajuste de Estrategias Pasivas y Mixtas</b> Verificación: Comprobación del desempeño real de la ventilación natural.	6	<b>Verificación de Refrigerantes y Equipos HVAC</b> Inspección: Confirmación del tipo de refrigerante (bajo GWP).
4	<b>Balance Energético en Condiciones Reales</b> Medición: Comparación entre consumo proyectado y consumo medido.	8	<b>Protocolos de Operación y Capacitación</b> Entrega: Documentación de manuales operativos, secuencias.
	<b>Instalación Segura de Renovables</b> Ejecución: Monte de estructuras y paneles fotovoltaicos.	9	<b>Reporte Final de Comisionamiento</b> Documentación: Consolidación de resultados, ajustes, ajustes realizados.

Siguiente paso sugerido (una sola lámina):

Checklist de Comisionamiento Energético HSS (HVAC - Iluminación - FV - BMS)  
el  
Matriz Energética HSS: Diseño → Puesta en Marcha → Operación

#### 5. Instalación Segura de Renovables

**Ejecución:** Montaje de estructuras y paneles fotovoltaicos garantizando impermeabilización de cubierta, correcta ventilación posterior y cumplimiento del RETIE en inversores, protecciones y tableros.

#### 6. Comisionamiento de Sistemas de Control (BMS /EMS)

**Prueba:** Verificación de la correcta comunicación entre equipos, medidores y plataforma de monitoreo. Validación de alarmas, registro de datos y visualización de consumos en tiempo real.

#### 7. Verificación de Refrigerantes y Equipos HVAC

**Inspección:** Confirmación del tipo de refrigerante (bajo GWP), cargas correctas y ausencia de fugas, en cumplimiento de normativas ambientales y eficiencia operativa.

#### 8. Protocolos de Operación y Capacitación

**Entrega:** Documentación de manuales operativos, secuencias de control y capacitación básica al usuario/operador para garantizar continuidad del desempeño energético.

#### 9. Reporte Final de Comisionamiento

**Documentación:** Consolidación de resultados, ajustes realizados y parámetros finales como línea base para la fase de **Operación y Monitoreo HSS**.



### III. OPERATIVIDAD

Seguimiento y control



La **Fase III: Operatividad** del Modelo Estratégico HSS corresponde al ciclo de vida activo del edificio, cuando este ya está construido y entra en uso. En los enfoques contemporáneos de arquitectura sostenible, esta etapa es tan determinante como el diseño o la construcción, porque define el desempeño real del proyecto en términos ambientales, energéticos y de salud humana. El diagrama presentado sintetiza los cinco pilares operativos que permiten garantizar que el edificio continúe funcionando de manera eficiente, saludable y alineada con los objetivos de sostenibilidad. La salida final de este proceso es la elaboración de un **Manual Operativo**, documento clave para administrar, monitorear y mantener el edificio durante toda su vida útil.

#### Análisis

El esquema organiza la operatividad en cinco dimensiones interdependientes: entorno, salud interior, mantenimiento, agua y energía. Cada una constituye un subsistema del hábitat y requiere seguimiento continuo, indicadores de desempeño y protocolos de acción. En esta fase se reconoce que un edificio sostenible no se limita a su diseño o materiales; su sostenibilidad depende de cómo se gestiona día a día. Por ello, el manual operativo actúa como guía para conservar el equilibrio entre ecosistema, infraestructura y bienestar humano.

#### Criterios técnicos por pilar de la operatividad

##### 1. Gestión del Entorno y Paisajismo

Este pilar mantiene la conexión del proyecto con el ecosistema. Implica monitorear la salud del suelo, evaluar el crecimiento y supervivencia de las especies vegetales introducidas o restauradas, y garantizar que las áreas bióticas recuperadas sigan prestando servicios ecosistémicos (sombra, regulación térmica, biodiversidad). Se vigila la presencia de contaminación, erosión o degradación. El edificio no se concibe como un objeto aislado, sino como parte activa del paisaje.

##### 2. Confort y Salud Interior

Aquí se supervisa la calidad del ambiente interior a través del seguimiento de variables de confort térmico (temperatura, humedad), ventilación, niveles de iluminación y concentración de contaminantes como CO<sub>2</sub> o compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Este monitoreo constante evita el “síndrome del edificio enfermo” y garantiza que el entorno construido sea saludable para sus usuarios. Es un pilar clave para validar el desempeño bioclimático previsto en el diseño.

##### 3. Mantenimiento y Gestión de Residuos

La gestión operativa del edificio requiere planes de mantenimiento preventivo que permitan anticipar fallas en estructuras, acabados, equipos y sistemas técnicos. Se definen calendarios de inspección, limpieza, lubricación, reemplazos y ajustes. Simultáneamente, se gestionan los residuos generados durante la vida útil: separación, reciclaje, disposición adecuada y minimización. Este pilar asegura longevidad estructural y responsabilidad ambiental permanente.

##### 4. Gestión del Agua — Sistemas Hidráulicos

Este eje se centra en asegurar eficiencia hídrica a lo largo del tiempo. Implica monitorear consumos, detectar fugas mediante sistemas manuales o sensores, dar mantenimiento a bombas, filtros y equipos de tratamiento, y verificar el funcionamiento de sistemas de reutilización de aguas lluvias o grises. Un edificio sustentable requiere que sus sistemas hidráulicos funcionen de manera continua, sin pérdidas y con criterios de ahorro.

##### 5. Gestión Energética

Este pilar garantiza que los sistemas eléctricos, mecánicos y de generación renovable funcionen con alta eficiencia. Incluye monitoreo de consumos, análisis de picos de carga, mantenimiento de paneles solares, baterías, luminarias LED, sistemas de climatización y dispositivos de automatización. Se evalúa el desempeño energético real del edificio, comparándolo con las metas establecidas en el diseño, y se toman medidas correctivas para asegurar eficiencia operativa.

#### Soluciones

La Fase III asegura que el edificio mantenga su desempeño ambiental, hídrico, energético y sanitario durante toda su vida útil. Estos pilares se convierten en procedimientos y protocolos que permiten conservar su sostenibilidad inicial y adaptarlo a cambios climáticos, tecnológicos o de uso. Su integración garantiza una operación estable, saludable y eficiente.

## ETAPA DE OPERATIVIDAD: GESTIÓN, MANTENIMIENTO Y DESEMPEÑO DEL HÁBITAT

Objetivo General:

Asegurar la vida útil del proyecto y verificar la correspondencia entre el desempeño real del edificio y el modelo teórico proyectado, minimizando la "Brecha de Rendimiento" (Performance Gap) mediante el uso de especificaciones técnicas, protocolos ASHRAE y manuales de operación.

### 1. Estrategias Transversales: Gobernanza y Cultura

Se establecen mecanismos de gestión que integran la tecnología y el factor humano:

- **Monitoreo y Control Inteligente (BMS & IoT):** Implementación de tableros de control para *benchmarking* energético en tiempo real y detección automatizada de fallas (fugas o consumos fantasma). Incluye el *Re-Commissioning* anual para la recalibración de sensores y secuencias de operación.
- **Interfaz Usuario-Edificio:** Fomento de la cultura del habitante a través de manuales de uso del hábitat y la realización anual de Evaluaciones Post-Ocupación (POE) para ajustar los parámetros de confort basándose en la satisfacción real del usuario.

### 2. Protocolos Operativos por Dimensión (Hardware)

- **Desarrollo Sostenible del Sitio:** Ejecución de un mantenimiento paisajístico regenerativo que incluye la reposición de especies nativas, Manejo Integrado de Plagas (IPM) orgánico, poda técnica de envolventes verdes y limpieza trimestral de la infraestructura de drenaje pluvial.
- **Calidad Ambiental Interior:** Gestión de ventilación híbrida mediante indicadores semafóricos vinculados a sensores de calidad del aire ( $CO_2$ ,  $PM_{2.5}$ ) y protocolos de filtración basados en la saturación real por caída de presión, incluyendo reemplazo obligatorio post-construcción.
- **Gestión Integral del Agua:** Monitoreo semestral de la calidad físico-química del agua tratada para reuso, limpieza de superficies de captación y auditorías automatizadas de flujos nocturnos para la detección de fugas.
- **Energía y Atmósfera:** Operación automatizada de estrategias pasivas como el enfriamiento nocturno (*Night Cooling*) y mantenimiento preventivo de sistemas renovables (limpieza de paneles fotovoltaicos y revisión de inversores).
- **Gestión de Materiales y Recursos:** Obligatoriedad de insumos de limpieza con certificación ecológica (bajos en COV) y gestión operativa de residuos mediante separación en la fuente y compostaje *in situ* para el cierre del ciclo de nutrientes.

## ETAPA DE OPERATIVIDAD

GESTIÓN, MANTENIMIENTO Y DESEMPEÑO DEL HÁBITAT



### Objetivo General

Asegurar vida útil, verificar desempeño real vs. teórico. Minimizar "Brecha de Rendimiento." Especificaciones técnicas, protocolos ASHRAE, manuales de operación.



### 1. Estrategias Transversales:

#### Gobernanza y Cultura



Monitoreo y Control Inteligente (BMS & IoT)



Tableros, benchmarking, detección fallas, Re-Commissioning anual



#### Interfaz Usuario-Edificio



Manuales uso, Usuario-Edificio



Manuales uso, Evaluaciones Post-Ocupación (POE) anuales, ajuste confort

### 2. Protocolos Operativos por Dimensión (Hardware)



Paisajismo IPM orgánico, poda, drenaje pluvial



Ventilación híbrida, captación, renovación, reemplazo post-construcción



Ventilación híbrida, sensores captación, post-construcción



Night Cooling, limpieza limpieza, renovación, auditorías fugas nocturnas



Night Cooling automatizado, mant. preventivo (paneles, inversores)



Insumos limpieza ecológica, compostaje in situ



#### ETAPA DE OPERATIVIDAD (MANTENIMIENTO Y DESEMPEÑO)

*Objetivo: Asegurar la vida útil y verificar el desempeño real frente al proyectado.*

##### 1. Desarrollo Sostenible del Sitio

- **Mantenimiento Paisajístico:** Reposición de especies nativas y manejo orgánico de plagas.
- **Limpieza de Drenajes:** Mantenimiento trimestral de sumideros y sistemas SUDS.

##### 2. Calidad Ambiental Interior

- **Monitoreo IAQ:** Seguimiento continuo de CO<sub>2</sub> y PM<sub>2.5</sub> con sensores IoT.
- **Filtros:** Reemplazo inmediato de medios filtrantes post-construcción.
- **POE:** Encuestas de satisfacción y confort a usuarios.

##### 3. Gestión de Materiales y Recursos

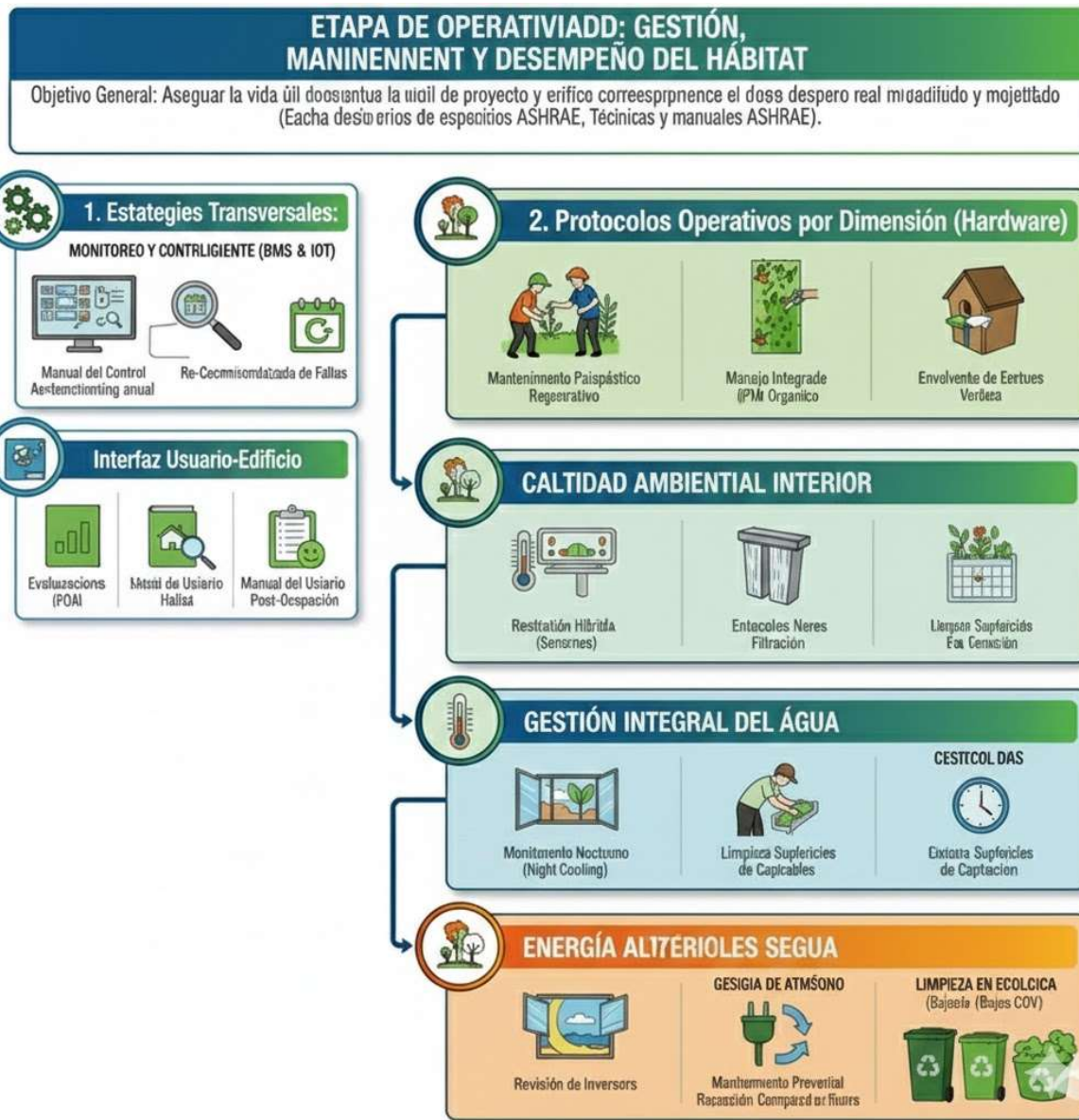
- **Mantenimiento Sostenible:** Uso de productos de limpieza de bajo impacto.
- **Gestión de Residuos:** Separación continua por usuarios finales.

##### 4. Gestión Integral del Agua

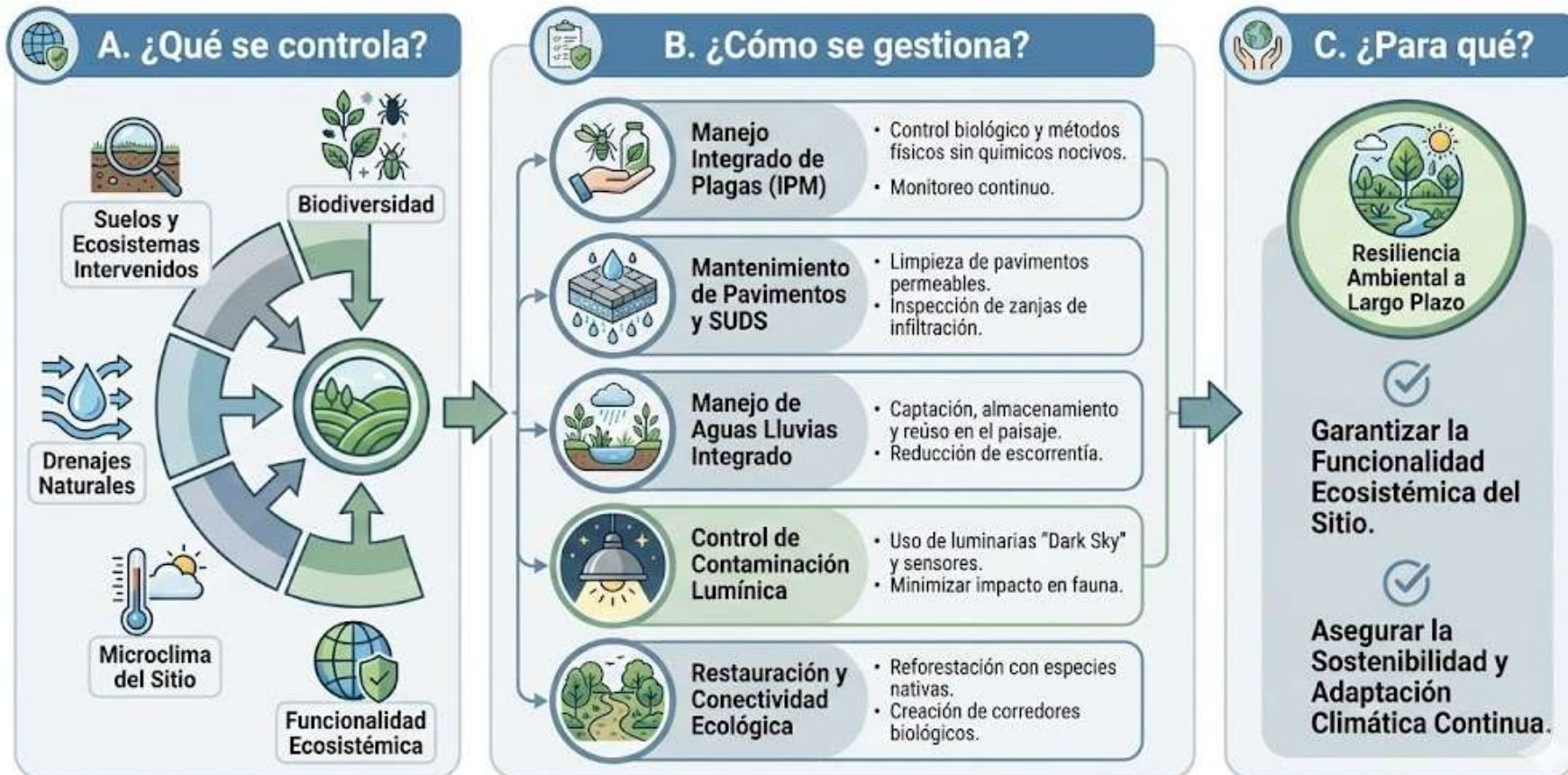
- **Monitoreo de Consumos:** Detección de fugas mediante sub-medición inteligente.
- **Calidad de Agua:** Análisis físico-químico periódico de aguas tratadas para reuso.

##### 5. Energía y Atmósfera

- **Benchmarking:** Comparación mensual de consumo real vs. modelo energético.
- **Mantenimiento Renovables:** Limpieza de paneles solares y revisión de inversores.
- **Re-Commissioning:** Recalibración periódica de sistemas de control (BMS).



## Desarrollo Sostenible del Sitio – Estrategias de Manejo Operativo (HSS)



Síntesis Académica – Modelo HSS: Fase Operativa.



## Calidad Ambiental Interior (IEQ) – Estrategias de Manejo Operativo (HSS)



Síntesis Académica – Modelo HSS: Fase Operativa.



## Gestión de Materiales y Recursos – Estrategias de Manejo Operativo (HSS)



Síntesis Académica – Modelo HSS: Fase Operativa.



**Gestión Integral del Agua (Eficiencia) – Estrategias de Manejo Operativo (HSS)**





## Energía y Atmósfera – Estrategias de Manejo Operativo (HSS)



Síntesis Académica – Modelo HSS: Fase Operativa.

La implementación del **Modelo Estratégico de Diseño HSS** demuestra que la sostenibilidad arquitectónica no es un atributo que se añade al final del proyecto, sino un **hilo conductor** que debe atravesar todas las fases de la vida del edificio. La fragmentación tradicional entre el arquitecto que diseña, el constructor que ejecuta y el usuario que habita ha sido históricamente el punto de fuga donde se pierden las intenciones bioclimáticas y la eficiencia energética.

Este modelo subsana esa desconexión mediante la articulación de tres herramientas vinculantes:

**1.El Manual Técnico (El ADN del Proyecto):** Donde las estrategias pasivas y activas se codifican, asegurando que los cinco lineamientos ambientales (Sitio, Calidad Interior, Materiales, Agua y Energía) queden integrados desde la génesis conceptual.

**2.El Manual Constructivo (La Materialización Responsable):** Que garantiza que la "teoría sustentable" no se diluya en la práctica de la obra, transformando el proceso constructivo en un acto de restauración ecológica y no de degradación.

**3.El Manual Operativo (La Vida Útil Eficiente):** Que entrega el control real al usuario, permitiendo que el edificio funcione como el organismo vivo para el que fue diseñado, mediante el monitoreo constante y el mantenimiento preventivo.

### El Edificio como Sistema Vivo

Bajo esta metodología, la arquitectura deja de ser un "objeto estático" para convertirse en un **sistema dinámico**. La verdadera innovación del modelo HSS radica en la **trazabilidad**: una decisión tomada en la fase de *Prediseño* (como la orientación solar) se protege durante la *Construcción* (aislantes correctos) y se valida en la *Operatividad* (confort térmico medible).

En definitiva, *"ECO-TECH: La Arquitectura del Futuro Inmediato"* propone que el éxito de un Hábitat Sustentable y Saludable no se mide solo por su estética o su certificación inicial, sino por su capacidad de **resiliencia, autonomía y salubridad** a lo largo del tiempo. Los manuales aquí desarrollados no son simples documentos burocráticos; son la hoja de ruta indispensable para garantizar que la arquitectura cumpla su promesa ética con el medio ambiente y con la salud humana.

# FUNCIONAMIENTO DEL MODELO

## CONCLUSIÓN INTEGRADORA: La Trazabilidad del Ciclo HSS

La implementación del **Modelo Estratégico de Diseño HSS** demuestra que la sostenibilidad arquitectónica no es un atributo que se añade al final del proyecto, sino un hilo conductor que debe atravesar todos las fases de la vida del edificio.



CUARTA PARTE

CASO DE ESTUDIO: HÁBITAT RURAL SUSTENTABLE  
UBICADO EN LA LLANURA ALUVIAL DE LA  
CUENCA MEDIA DEL RÍO OCOA EN VILLAVICENCIO



# FICHA TÉCNICA: HÁBITAT RURAL SUSTENTABLE (LA MARÍA)

**Ubicación:** Cuenca media del río Ocoa, Villavicencio, Meta (Piedemonte Llanero).

**Tipología:** Vivienda Unifamiliar Rural / Hábitat Sostenible. **Contexto Ambiental:** Llanura aluvial, niveles freáticos altos, clima cálido-húmedo, presencia de bosques de galería y morichales.

## 1. SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL

*Estrategia: Adaptación a suelos saturados y sismorresistencia.*

### •Cimentación:

- Tipo:** Cimentación flotada mediante **placa monolítica de 4000 psi** con aditivo impermeabilizante.
- Justificación:** El suelo presenta baja capacidad portante y riesgo de licuefacción. La losa flotante evita hundimientos diferenciales y aísla la humedad ascendente mediante polietileno de alta densidad.

### •Estructura Vertical:

- Sistema Mixto:** Columnas de concreto (pantallas en L) para rigidez y durabilidad ante la humedad, combinadas con estructura metálica y vigas perimetrales de madera nativa.

### •Envolvente y Muros:

- Mampostería:** Bloques de arcilla cocida huecos para mejorar la inercia térmica y el retardo de transmisión de calor al interior.
- Acabados:** Uso de pañetes y pinturas de alta reflectancia (blanqueo) para disipar radiación solar.

## 2. GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA (HIDROLOGÍA)

*Estrategia: Balance hídrico neutro y protección de acuíferos someros.*

### •Abastecimiento:

- Captación Pluvial:** Colector pluvial con capacidad de **1,000 litros** que recibe aguas lluvias tras un proceso de filtrado de sedimentos. Suministra a la red de riego y puede recargarse en temporada seca.
- Bombeo:** Uso de **bomba solar sumergible** (6 metros de profundidad) para autonomía energética en la extracción.

### •Saneamiento y Tratamiento:

- Sistema Séptico Integrado:** Consta de trampa de grasas, tanque séptico, filtro anaerobio y **humedal artificial** aislado con geomembrana.
- Eficiencia:** Logra una depuración superior al **90%** antes de verter al medio natural o infiltrar, protegiendo el nivel freático.

- Drenajes:** Uso de zanjas de infiltración con geotextil y gravilla para manejar la escorrentía superficial y evitar encharcamientos.

## 3. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS Y CONFORT (DISEÑO PASIVO)

*Estrategia: Confort higrotérmico sin dependencia mecánica.*

### •Ventilación:

- Cruzada:** Diseño de vanos en fachadas opuestas aprovechando la presión positiva (barlovento) y negativa (sotavento) generada por la vegetación circundante.
- Efecto Chimenea:** Extracción de aire caliente por la parte superior de la cubierta y lucernarios.

### •Protección Solar:

- Aleros y Celosías:** Grandes aleros de cubierta y elementos verticales en fachadas este-oeste para bloquear la radiación directa en horas críticas (mañana y tarde).
- Cubierta:** Placas de cubierta con aislamiento y acabados reflectivos para reducir la isla de calor.

- Iluminación Natural:** Uso de lucernarios cenitales en baños y zonas de circulación para reducir el uso de luz artificial durante el día.

## 4. ENERGÍA Y TECNOLOGÍA

*Estrategia: Autonomía y eficiencia.*

- Generación:** Sistema híbrido con paneles solares fotovoltaicos para respaldo de la red eléctrica, garantizando funcionamiento de bombas y equipos críticos.

### •Monitoreo (Operatividad):

- Instalación de sensores IoT para medición en tiempo real de **CO2, PM2.5 y temperatura**.
- Uso de cámaras termográficas para verificar puentes térmicos y desempeño de aislamientos.

## 5. PAISAJISMO Y ENTORNO

*Estrategia: Regeneración ecosistémica.*

- Zonificación:** Delimitación estricta de zonas de conservación (bosque de galería y morichal) y zonas de intervención.

- Suelos:** Recuperación de la capa orgánica (topsoil) mediante acopio protegido durante la obra para su reuso final en jardines.

- Pavimentos:** Uso de gravilla y superficies permeables en zonas de parqueo para facilitar la infiltración.

# ESTRATEGIAS DE MANEJO AMBIENTAL (EMA) – MODELO HSS

Flujo de Estrategias por Fases: Prediseño, Diseño, Construcción y Operación

## FASE 1. PREDISEÑO

(Objetivo: Prevenir impactos, definir criterios, conservar estructura ecológica)



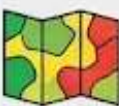
### EMA-P1. Conservación estructural del morichal

Delimitar APP y buffer (15-30m). Morichal como eje rector.



### EMA-P2. Diagnóstico hidrológico-ecológico

Modelar escorrentía, drenajes y flujos de fauna. Identificar áreas críticas.



### EMA-P3. Zonificación ambiental del sitio

Zonas de preservación, restauración, uso controlado y riesgo.



### EMA-P4. Inventario de biodiversidad

Listas de especies indicadoras y sensibles. Asociar a microambientes.



### EMA-P5. Criterios bioclimáticos iniciales

Orientación por viento. Posicionamiento fuera de drenajes. Estrategias pasivas.

## FASE 2. DISEÑO

(Objetivo: Integrar variables ambientales al proyecto arquitectónico y territorial)



### EMA-D1. Diseño biofilico y restaurativo

Integración de vegetación nativa. Protección visual del morichal. Bordes suaves.



### EMA-D2. Arquitectura bioclimática adaptada

Aperturas a vientos dominantes. Control solar (sleros, celosías). Minimizar exposición.



### EMA-D3. Infraestructura hídrica sustentable (SUDS)

Canales bioinfiltrantes, zanjas drenaje, lagunas retención, reuso aguas grises.



### EMA-D4. Manejo del suelo y control compactación

Huellas permeables. Prohibir maquinaria en zonas sensibles. Suelos estabilizados.



### EMA-D5. Paisajismo ecológico

Especies nativas (sabana/piedemonte). Evitar invasoras. Crear refugios de fauna.

## FASE 3. CONSTRUCCIÓN

(Objetivo: Minimizar daños, proteger ecosistema, asegurar procedimientos limpios)



### EMA-C1. Control de compactación

Circulación restringida. Protección temporal de suelos. Áreas de obra concentradas.



### EMA-C2. Manejo de residuos

Separación en obra. Prohibición de vertimientos. Acopio alejado de zonas sensibles.



### EMA-C3. Prevención contaminación hídrica

Control de combustibles/químicos. Barreras contra escurrimientos. Mantenimiento maquinaria.



### EMA-C4. Mitigación de ruido e iluminación

Restricción horaria. Iluminación nocturna controlada. Barreras vegetales temporales.



### EMA-C5. Protección de fauna

Señalización pasos de fauna. Protocolos de reubicación. Supervisión ambiental en campo.

## FASE 4. OPERACIÓN

(Objetivo: Mantener funcionalidad ecológica, garantizar sostenibilidad)



### EMA-O1. Monitoreo ambiental permanente

Indicadores: calidad agua, biodiversidad, suelo. Informes semestrales.



### EMA-O2. Restauración continua del ecosistema

Reforestación anual con nativas. Mantenimiento y enriquecimiento del morichal.



### EMA-O3. Manejo integral del agua

Monitoreo SUDS. Reuso aguas grises. Control de drenajes naturales.



### EMA-O4. Manejo energético sustentable

Optimización ventilación natural. Sistemas solares. Reducción consumo nocturno.



### EMA-O5. Educación ambiental y comunidad

Señalética interpretativa. Programas ecológicos. Acuerdos de conservación.

	LINEAMIENTOS	0. PREDISEÑO
1	1. Desarrollo sostenible del sitio	Análisis de la calidad y del estado medioambiental biótico y abiótico del área de influencia del proyecto
2	2. Calidad ambiental interior	Recopilación y análisis de bases de datos climáticas, ambientales y levantamiento de información in situ del estado del paisaje
3	3. Gestión integral de materiales y recursos.	Análisis del ciclo de vida de los materiales mas apropiados desde el punto de vista sostenible
4	4. Gestión integral del agua	Análisis del sistema hidrogeológico y estudios de calidad de agua
5	5. Gestión integral de la energía y atmosfera	Análisis del las características ambientales con potencial energético
	RESULTADOS	INVESTIGACION

## Estrategias de prediseño

Estudio ambiental, flora, fauna  
Análisis geomorfológico  
Análisis geológico  
Comportamiento sísmico  
Estudio de suelos

Archivos epw  
Análisis vientos  
Análisis climático  
Análisis transito solar  
Análisis higrométrico

Ciclo de vida de los materiales  
Sistemas constructivos  
Distancias de transporte de materiales  
Disponibilidad local de materiales  
Posibles impactos de residuos

Análisis hidrológico  
Análisis aguas subterráneas  
Análisis aguas superficiales  
Análisis pluviométricos

análisis de aprovechamiento energías renovables  
Eólica  
Solar  
Hídrica  
Biomasa  
Biogás



# LOCALIZACIÓN Y CONECTIVIDAD

El predio “La María” se inserta en la llanura aluvial de la Cuenca Media del río Ocoa, un sistema hidrogeomorfológico influenciado por dinámicas de inundación estacional, suelos saturables y drenajes naturales asociados a morichales y bosques de galería. Su ubicación dentro del corredor hídrico Ocoa–Guatiquía establece una relación directa con los procesos regionales de recarga, escorrentía superficial y conectividad ecológica, determinantes esenciales para el diseño bioclimático y la gestión sostenible del sitio.



Predio Las Palmas

Caño veranero

Morichal

Lote con alta riqueza ecológica e hídrica, formado por morichales, caños estacionales y drenajes naturales que favorecen recarga, biodiversidad y restauración del paisaje. Área con alto potencial de rehabilitación debido a impactos ambientales previos y pérdida de cobertura ecológica.

**Zona de Transición Biogeográfica Estratégica**  
Zona de transición donde convergen ecosistemas andinos, de piedemonte y sabanas húmedas. Esta posición favorece la disponibilidad hídrica regional —vinculada al sistema Chingaza–Guatiquía— y sostiene procesos ecológicos clave para estrategias HSS de restauración, conservación y manejo sostenible del paisaje.

**Conectividad regional:**  
El sitio cuenta con acceso directo a Villavicencio y conexión permanente con Bogotá, Medellín, Cali mediante corredores viales y transporte aéreo desde el Aeropuerto Vanguardia, facilitando movilidad, abastecimiento y articulación territorial.

El predio cuenta con acceso directo mediante vías terciarias consolidadas que enlazan la vereda Apiay con el eje vial Villavicencio–Puerto Lopez. Esta red garantiza movilidad eficiente hacia servicios urbanos, equipamientos estratégicos y puntos de abastecimiento así como la conexión a la vía Bogotá Villavicencio.

El predio está ubicado en el condominio La María, Vereda Apiay, Municipio de Villavicencio, en el Departamento del Meta, Colombia.  
**Uso del suelo:** Rural  
**Servicios públicos:** Electricidad, Bioagrícola  
**Área:** 4.000 m<sup>2</sup>  
**Uso:** Vivienda rural  
**Altitud:** 353 msnm



Condominio La María

Caño veranero



Río Guatiquía

Río Ocoa

Nacederos

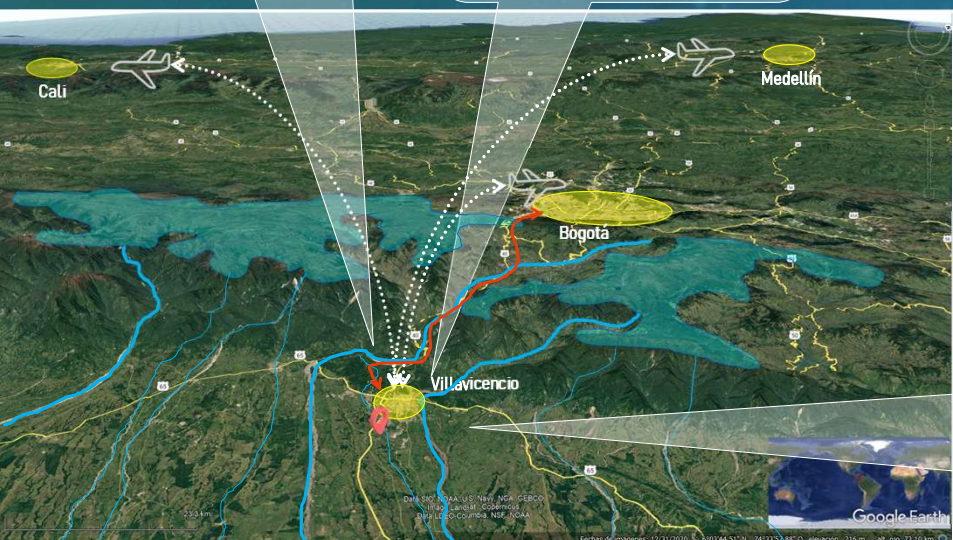
Base Apiay

<b>POMCA Río Guatiquía</b>
<b>Micro cuenca hidrográfica del Río Ocoa</b>
Longitud 9,44 Km
Perímetro 27,3 Km
Área 11.1 Km <sup>2</sup>

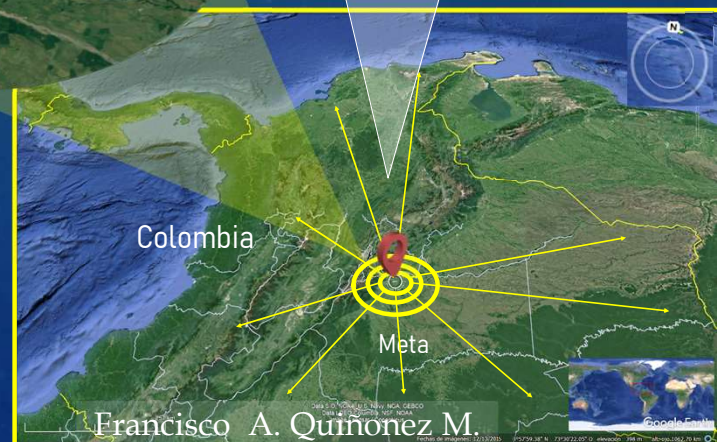
**Conectividad Territorial y Logística**  
La ciudad constituye el principal corredor de integración Bogotá–Orinoquia, garantizando movilidad eficiente, abastecimiento de materiales, acceso a servicios urbanos y conexión aérea a través del Aeropuerto Vanguardia, fortaleciendo la viabilidad operativa del hábitat rural sustentable.



**Localización Estratégica**  
Villavicencio se ubica cerca del centro geográfico de Colombia y funciona como puerta de enlace entre la Orinoquia, la Amazonia y el interior andino, articulando dinámicas ambientales, climáticas y territoriales esenciales para el diseño sustentable del proyecto.



**Conectividad Hidro-ecológica**  
La llanura aluvial del río Ocoa se beneficia del sistema hídrico regulado por el **Páramo de Chingaza** y el **páramo de Sumapaz**, cuyas descargas alimentan las cuencas del Guatiquía y del Ocoa. Esta conexión garantiza **alta disponibilidad de agua**, flujos base estables y recarga freática permanente, manteniendo activos morichales y drenajes naturales. Esta oferta hídrica, proveniente de un complejo paramuno de alto valor ecológico, constituye un **activo esencial para el diseño HSS**, favoreciendo estrategias de captación, manejo sostenible del agua y restauración ecosistémica.



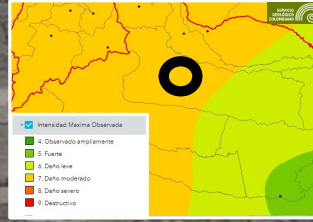
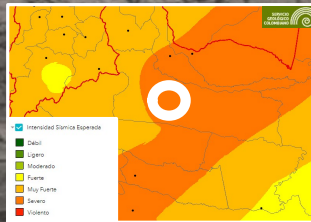
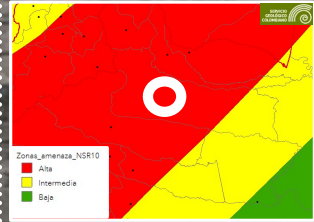


La caracterización geotécnica del sitio evidencia un contexto de **suelos aluviales saturados**, influenciados por procesos de recarga hídrica y drenajes asociados a la microcuenca del río Ocoa, lo que condiciona su comportamiento mecánico y favorece la infiltración moderada. El predio se encuentra además en una **zona de amenaza sísmica alta**, donde la proximidad a estructuras tectónicas como la Falla del Meta exige diseños que cumplan estrictamente la NSR-10. En conjunto, la geología, la vulnerabilidad a la contaminación y la dinámica hidrogeológica conforman un escenario que requiere **cimentaciones adecuadas, manejo cuidadoso del agua y estrategias de implantación sustentable**, fundamentales para la viabilidad del hábitat rural propuesto.

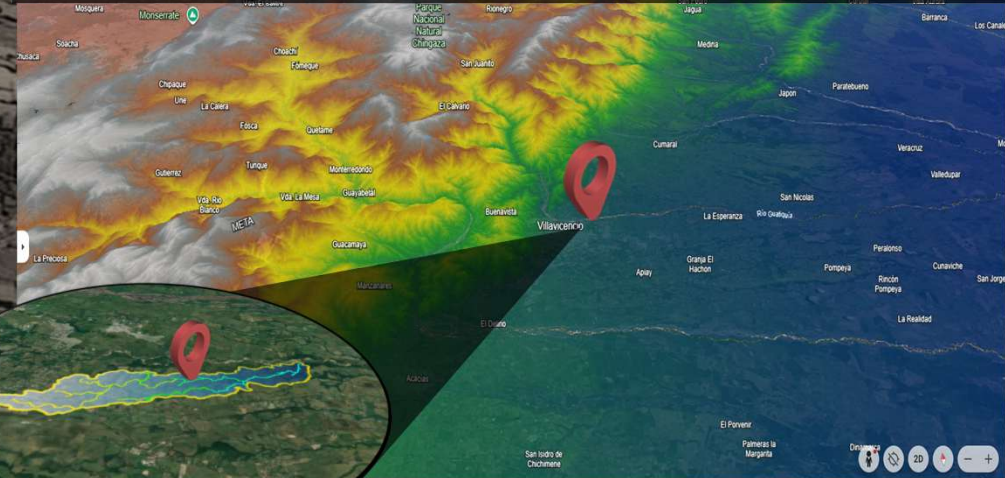


## RIESGO SISMICO

El área de estudio se encuentra ubicada en zonas de amenaza sísmica **alta** con intensidad esperada **severa** pero solo se han observado **daños moderados**. Por lo cual es recomendable generar estructuras dentro de los requerimientos técnicos de la norma NSR10.



**Zona de recarga hídrica** la presencia de paramos en la alta montaña y del pie de monte llanero son factores determinantes en la alta precipitación y constante recarga hídrica, que fluye de manera superficial e infiltrada generando un alto nivel freático en los depósitos de abanicos aluviales. Estas aguas afloran progresivamente se reduce el espesor de los sustratos permeables, por tanto la zona de estudio cuenta con un **fácil acceso a la captación hídrica**.



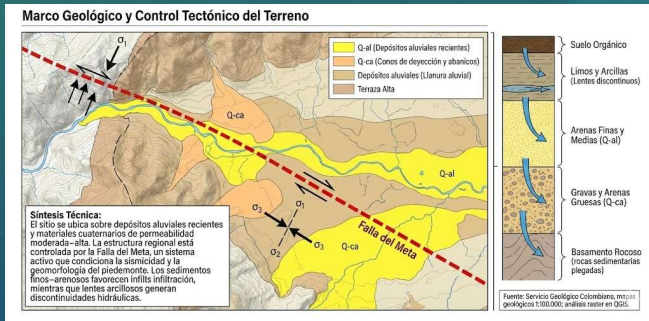
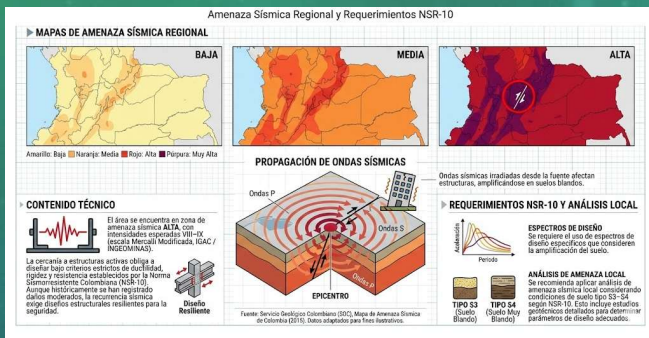
La **vulnerabilidad a la contaminación** de aguas superficiales, infiltradas y acuíferos esta definida por las malas practicas de manejo de vertimientos ya que esta zona carece de suministro de alcantarillado municipal dejando la responsabilidad del saneamiento en cada propietario bajo la supervisión de Cormacarena

## VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN POR INFILTRACIÓN MODERADA

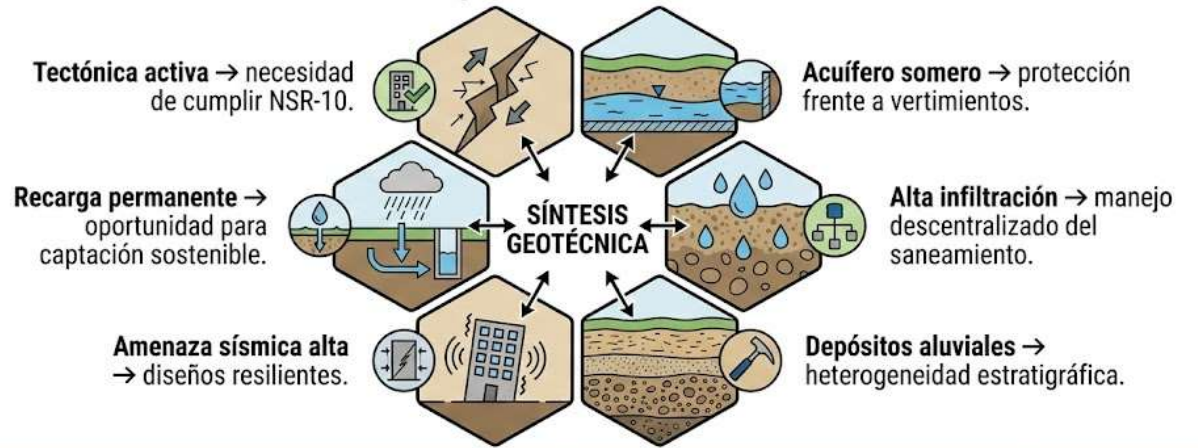


## DINÁMICA Y FUNCIONAMIENTO DE LA RECARGA HÍDRICA DEL ACUÍFERO LOCAL





## Condicionantes para el Diseño Sustentable del Sitio



# ESTUDIOS DE EL CLIMA REGIONAL

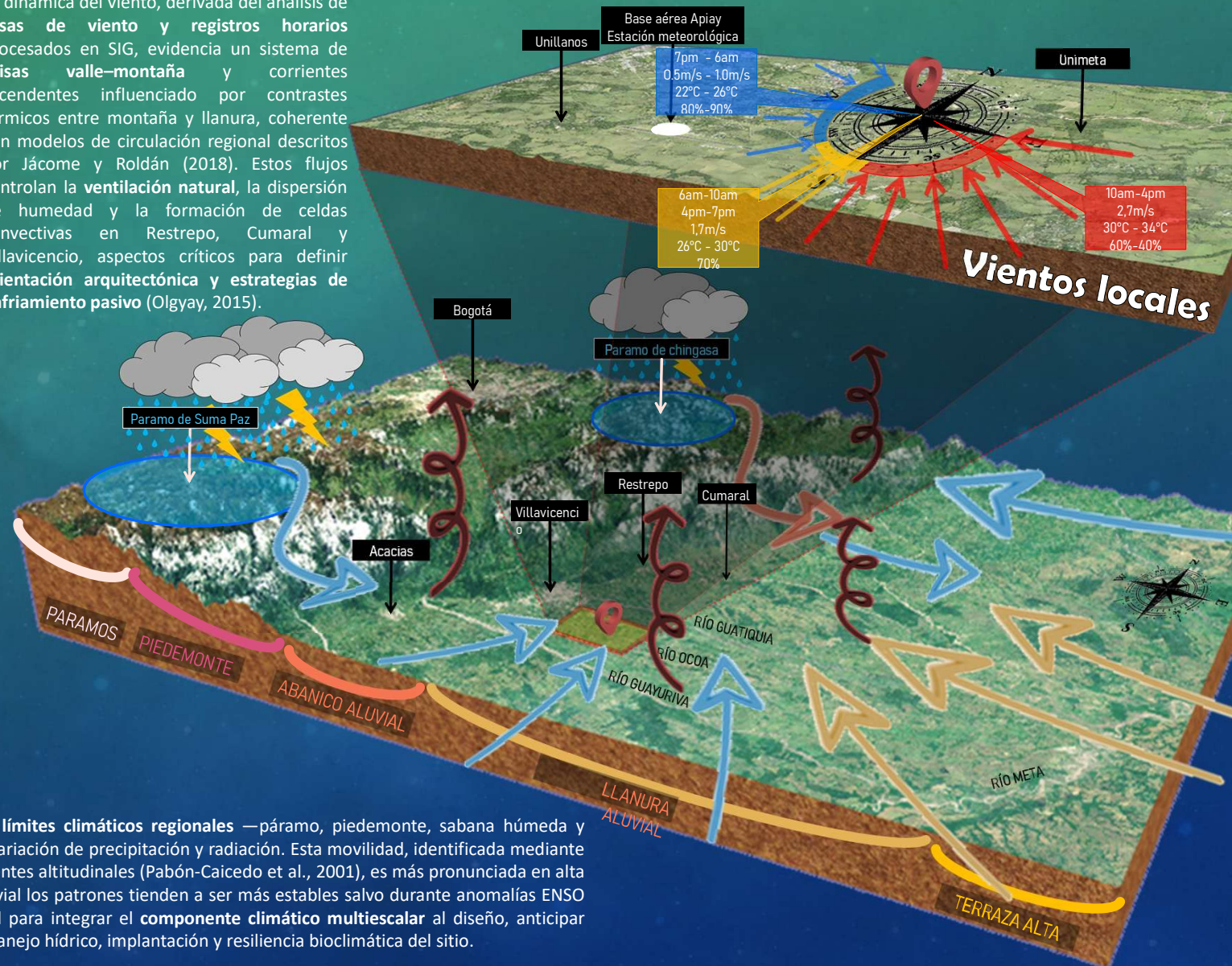


## 1. Desarrollo Sostenible del Sitio

El análisis climático regional se construyó a partir de la interpretación de **archivos GWD** y **raster climáticos** procesados en **QGIS**, integrando variables de precipitación, temperatura, humedad y nubosidad con base en datos oficiales del **IDEAM** (IDEAM, 2015). Estos insumos permitieron caracterizar un ciclo anual compuesto por temporadas de **lluvias**, **transición**, **sequía** y **retorno a lluvias**, modulado por el desplazamiento de la **Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)**, fenómeno ampliamente documentado en la climatología tropical (Poveda et al., 2006). La interacción entre la **orografía andina** y las **masas de aire amazónicas** explica los máximos de pluviosidad en el piedemonte, mientras que las **terrazas altas** y la **llanura aluvial** mantienen comportamientos más estables y bimodales, susceptibles de volverse monomodales durante eventos ENSO (Restrepo & Pabón, 2017).



La dinámica del viento, derivada del análisis de **rosas de viento** y **registros horarios** procesados en SIG, evidencia un sistema de **brisas valle-montaña** y corrientes ascendentes influenciado por contrastes térmicos entre montaña y llanura, coherente con modelos de circulación regional descritos por Jácome y Roldán (2018). Estos flujos controlan la **ventilación natural**, la dispersión de humedad y la formación de celdas convectivas en Restrepo, Cumaral y Villavicencio, aspectos críticos para definir **orientación arquitectónica** y **estrategias de enfriamiento pasivo** (Olgyay, 2015).



Finalmente, los gráficos laterales muestran cómo los **límites climáticos regionales** —páramo, piedemonte, sabana húmeda y sabana seca— se desplazan estacionalmente según la variación de precipitación y radiación. Esta movilidad, identificada mediante correlaciones entre raster climáticos del IDEAM y gradientes altitudinales (Pabón-Caicedo et al., 2001), es más pronunciada en alta montaña y piedemonte, mientras que en la llanura aluvial los patrones tienden a ser más estables salvo durante anomalías ENSO (IDEAM, 2018). Comprender esta dinámica es esencial para integrar el **componente climático multiescalar** al diseño, anticipar escenarios de riesgo y fundamentar decisiones sobre manejo hídrico, implantación y resiliencia bioclimática del sitio.



# PROYECCIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA

## De la Degradación a la Renaturalización (2005-2025)

El análisis documenta la transformación histórica del territorio, que pasó de ser un **bosque espeso inundable** a sufrir una severa fragmentación ecológica entre 1920 y 1960 debido a la expansión agropecuaria y la "potrerización" de las terrazas altas. Este deterioro continuó con ocupaciones irregulares que amenazaron la conectividad biológica y los acuíferos hasta el año 2013.

Sin embargo, la implantación del **Hábitat Rural Sustentable (HSS)** marcó un punto de inflexión positivo. Lejos de degradar el entorno, el proyecto actuó como catalizador para la **renaturalización** del sitio. Las imágenes satelitales entre 2018 y 2025 evidencian una recuperación notable de la cobertura vegetal y la reconexión de los **bosques de galería**, demostrando que la arquitectura sustentable ha servido como herramienta activa de restauración ecológica, permitiendo el retorno de la fauna y la protección del sistema hidrogeológico.

**2005: Fragmentación y "Sabana Forzada"** La imagen evidencia la línea base de deterioro heredada de la expansión agropecuaria (1920-1960). El lote se encuentra inmerso en un paisaje de "sabanas forzadas" en las terrazas altas, fragmentado, caracterizado por la desconexión de los ecosistemas y la presencia de reductos boscosos aislados, remanentes del bosque espeso inundable original que fue

2005

2015

**2015: Degradación Crítica y Ocupación Irregular** Se observa el momento de mayor vulnerabilidad ecológica. La aparición de loteos irregulares y la falta de planificación generaron una pérdida severa de la capa vegetal (tonalidades marrones/amarillas), dejando expuestas las zonas de recarga de acuíferos y aumentando la presencia de material particulado. El ecosistema muestra su punto máximo de **mengua estructural** antes de la intervención sustentable.

2018

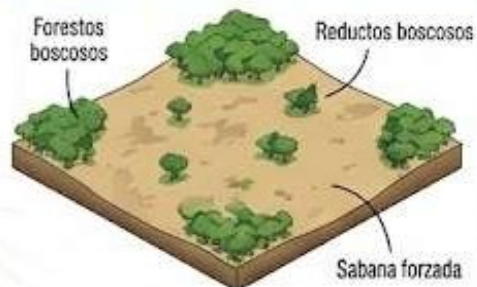
2025

**2025: Restauración Consolidada y Retorno de la Fauna** La imagen actual confirma el éxito del modelo: el lote presenta una cobertura vegetal densa y vigorosa (verdes intensos) que contrasta con el pasado. El hábitat no solo ha restaurado la función hidrogeológica del suelo, sino que ha permitido la reconexión del corredor ecológico, facilitando el retorno de la biodiversidad y convirtiendo la vivienda en un espacio privilegiado para la contemplación de la fauna nativa recuperada

**2018: Punto de Inflexión - Inicio de la Renaturalización** Con la implantación del proyecto HSS, se marca un cambio de paradigma. A diferencia de las construcciones vecinas que degradan, la intervención en el recuadro rojo inicia un proceso activo de **recuperación del bosque de galería**. La arquitectura se integra como un dispositivo de protección, frenando la erosión y comenzando a tejer nuevamente la conectividad biológica del sector.



## 2005 — Fragmentación y "Sabana Forzada"



Legado de degradación (1920–1990). Mosaico de sabana por tala y compactación. Mínima conectividad ecológica, pérdida de funciones.

## 2015 — Degradación crítica y ocupación irregular



Incremento de presión, pérdida severa de cobertura vegetal y deterioro hídrico. Zonas compactadas, baja infiltración. Integridad ecológica vulnerable.

## 2018 — Punto de inflexión (Implementación HSS)



Inicio de recuperación y renaturalización. Arquitectura sustentable como dispositivo ecológico, integrando drenajes y restauración. Retorno progresivo de fauna.

## 2025 — Recuperación consolidada



Reconstitución de coberturas densas y conectadas. Hidrología local fortalecida, infiltración mejorada. Retorno significativo de biodiversidad. Paisaje resiliente.

### 3. Criterios técnicos derivados del análisis

- Suelos del piedemonte reaccionan rápidamente a pérdida de cobertura (erosión/compactación).
- Bosques de galería: ejes reguladores del sistema hidrológico.
- Degradación no lineal: puntos de inflexión para acelerar pérdida o iniciar recuperación.
- Diseño arquitectónico sostenible: vector de regeneración ambiental.

### 4. Interpretación ambiental multiescalar

Transición desde paisaje degradado (2005–2015) hacia renaturalización (2018–2025).

Identifica:

- Tendencias a largo plazo
- Procesos de borde/regeneración
- Pérdidas/ganancias de conectividad
- Áreas críticas hídricas/edáficas
- Oportunidades para reforzar estructura ecológica.

### 5. Proyección ambiental estratégica (aplicable al modelo HSS)

- |  |  |
|--|--|
| <p><b>a. Prediseño</b><br/>Identificar zonas de restauración prioritaria. Delimitar corredor ecológico y áreas de amortiguación.</p> <p><b>b. Diseño</b><br/>Integrar drenaje natural. Edificaciones y senderos sin interferir con regeneración.</p> | <p><b>c. Construcción</b><br/>Minimizar disturbios a suelos recuperados. Implementar SUOS.</p> <p><b>d. Operación</b><br/>Monitoreo ecológico anual. Manejo adaptativo. Consolidación de restauración.</p> |
|--|--|

### 6. Conclusión integradora para la diapositiva

La línea de tiempo 2005–2025 demuestra que la **arquitectura sostenible integrada con criterios ecológicos** invierte la degradación, generando paisajes resilientes. Valida el enfoque HSS como herramienta predictiva, operativa y restaurativa, modelo replicable para la gestión ambiental del piedemonte llanero.





### Diagnóstico Ecológico Integral y Generación de EMA para el Proyecto HSS

#### Contexto

El territorio evaluado, aunque sometido a procesos de degradación por expansión agropecuaria y transformación de coberturas, conserva elementos clave de la estructura ecológica principal, entre ellos relictos de morichales, bosques de galería y parches de vegetación pionera. Estas unidades ecológicas funcionan como corredores biológicos locales, permitiendo la persistencia de procesos ecosistémicos en un paisaje altamente intervenido.



El análisis multiescalar (SIG-QGIS, imágenes satelitales, series históricas de coberturas IDEAM, 2000-2023) evidencia que el predio se inserta dentro del gradiente ecológico de la Orinoquia, donde la heterogeneidad ambiental determina un mosaico de hábitats para aves, mamíferos, herpetofauna, insectos, microfauna de suelos, hongos y vegetación hidrófila.



Presencia de especies indicadoras: *Zimmerius gracillipes*, *Anolis* spp., *Morpho helenor*, *Egeria densa*, *Fuligo septica*, peces y anfibios asociados a sistemas hídricos someros, confirma el funcionamiento de ecosistemas húmedos locales y su conectividad con la microcuenca del caño Ocoa.

caño Ocoa

#### Interpretación

La diversidad biológica observada confirma que el sitio mantiene procesos ecosistémicos activos, características de la Orinoquia:

- ciclos de descomposición
- redes tróficas acuáticas y terrestres
- dinámica de humedad edáfica
- interacción fauna-vegetación
- alta presencia de insectos polinizadores y descomponedores



Estas condiciones permiten establecer líneas base ambientales confiables, necesarias para generar Estrategias de Manejo Ambiental (EMA) en las siguientes etapas de la metodología HSS (prediseño, diseño, construcción y operatividad).

#### Análisis

El morichal, eje central de la infografía, cumple funciones ecológicas críticas: regulación hídrica, refugio de fauna, conectividad estructural, estabilización de suelos y mantenimiento de microclimas húmedos. Su conservación es un activo ambiental estratégico para cualquier decisión de diseño, construcción y operación del hábitat sustentable.



La caracterización ecológica realizada integra tres niveles analíticos:

##### Nivel de paisaje

Evaluación de coberturas, conectividad ecológica y presión antrópica. Identificación de microcorredores y nodos ambientales funcionales.



##### Nivel de ecosistema

Estado funcional del morichal, calidad del agua, procesos de sucesión vegetal, actividad edáfica y presencia de guildas biológicas clave.



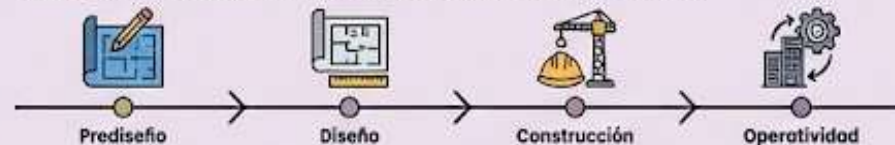
##### Nivel de especies

Registro fotográfico y clasificación taxonómica de fauna y flora asociada. Identificación de especies indicadoras, sensibles o potencialmente amenazadas.



#### LÍNEAS BASE & EMA (HSS)

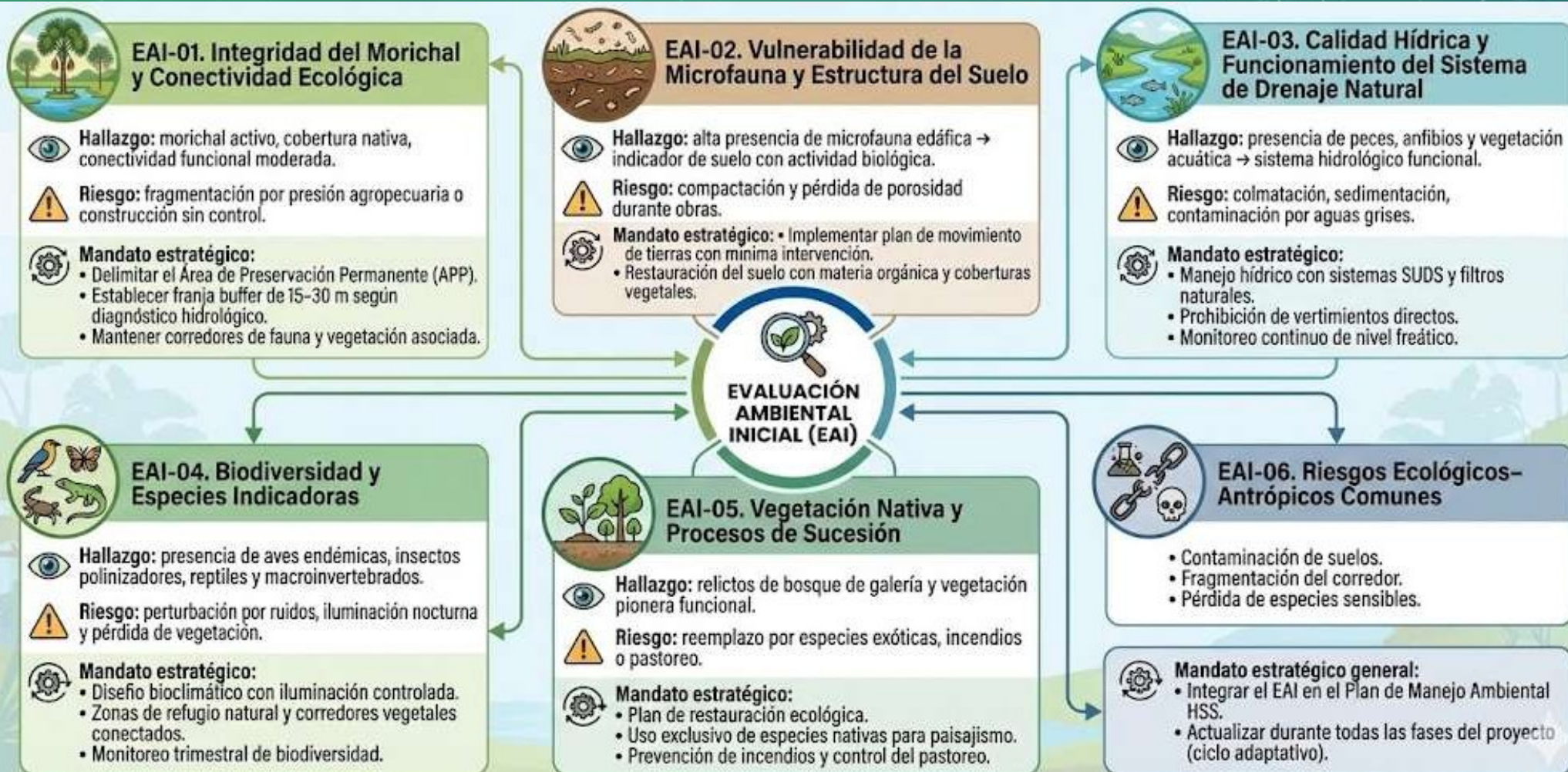
Generación de Estrategias de Manejo Ambiental (EMA) para las etapas del HSS:



Las líneas base ambientales informan decisiones clave en cada etapa para garantizar la sostenibilidad del proyecto.



### Diagnóstico Ecológico Integral y Generación de EMA para el Proyecto HSS



# ESTUDIO AMBIENTAL INICIAL



## 1. Desarrollo Sostenible del Sitio

A pesar que el territorio fue degradado por los procesos de expansión agropecuaria, las características aluviales encharcables permitieron conservar algunos reductos de bosques primarios y de galería como lo son los morichales. Aproximadamente hace una década se han generado políticas y costumbres de protección, restauración, y compensación de la estructura ecosistémica, en especial los morichales. Específicamente el predio cuenta con uno de estos reductos lo que se puede considerar un activo ambiental.



MAMIFAUNA	AVIFAUNA	ICTIOFAUNA	ENTOMOFAUNA	ANFIBIOFAUNA	REPTOFAUNA	BOTANICA	MICOFAUNA
<i>Saimiri sciureus albigena</i>	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	<i>Hemigrammus bellottii</i>	<i>Heracilides thosa</i>	<i>Adenomera anolisia</i>	<i>Palaemonetes pugio</i>	<i>Mauritiella armata</i>	<i>Bryum argenteum</i>
<i>Sciurus spadicus</i>	<i>Syrrigma sibilatrix</i>	<i>Pteroplichthys gibbiferus</i>	<i>Automeris spp.</i>	<i>Boana lunifrons</i>	<i>Batagator albus</i>	<i>Adiantum pulchrum</i>	<i>Tremella mesenterica</i>
<i>Pteronura brasiliensis</i>	<i>Amazona amazonica</i>	<i>Hemiodus argentatus</i>	<i>Golyo eocis</i>	<i>Podocnemis vogli</i>	<i>Anolis anolis</i>	<i>Egeria densa</i>	<i>Fuligo septica</i>
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	<i>Icterus nigrogularis</i>	<i>Megaceryle torquata</i>	<i>Acacia monuste</i>	<i>Polistes carifex</i>	<i>Tapinanthus all. cryptus</i>	<i>Bryum argenteum</i>	<i>Phallus indusiatus</i>
<i>Didelphis marsupialis</i>	<i>Megaceryle torquata</i>	<i>Zimmerius gracilipes</i>	<i>Rumphobates ornatus</i>	<i>Alto cephalotes</i>	<i>Iguana iguana</i>	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Lethiger americanus</i>

## CARACTERIZACION ECOLOGICA

La **diversidad biológica** observada en el área de estudio, evidenciada por la presencia de aves, reptiles, anfibios, insectos, hongos, briofitas, palmas y plantas acuáticas, confirma que el sitio mantiene **procesos ecosistémicos activos**, una **alta heterogeneidad ambiental** y condiciones favorables para comunidades bióticas propias de la Orinoquia. El registro incluye especies indicadoras de **calidad de hábitat** (p. ej., *Zimmerius gracilipes*, *Anolis* spp., *Mauritiella armata*), organismos asociados a **microclimas húmedos y dinámicas edáficas** (musgos del género *Bryum*, mixomicetos como *Fuligo septica*, hongos descomponedores como *Phallus indusiatus*) y especies propias de **ecosistemas acuáticos funcionales** (plantas sumergidas *Egeria densa*). Esta composición revela un paisaje con **estructura ecológica aún conservada**, donde coexisten procesos de sucesión vegetal, ciclos de descomposición, redes tróficas activas y conectividad entre unidades ambientales terrestres y acuáticas. En este contexto, cualquier intervención deberá integrar estrategias de **prevención, mitigación y compensación**, priorizando la conservación de coberturas vegetales nativas, la protección de áreas húmedas, el manejo adecuado de suelos y la preservación de fauna sensible, garantizando así la **integridad ecológica** y la **resiliencia del territorio**, en coherencia con los lineamientos de sostenibilidad exigidos por el EIA y con los principios del modelo HSS para hábitats sustentables.

# ESTUDIO AMBIENTAL INICIAL



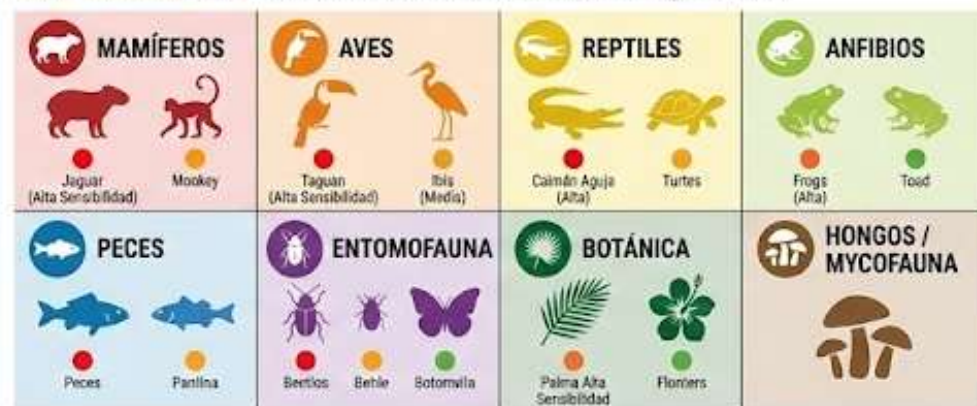
## ANÁLISIS ECOSISTÉMICO LOCAL Y EVALUACIÓN AMBIENTAL INICIAL (EAI) DEL SITIO

*Dinámicas ecológicas, biodiversidad funcional y riesgos ambientales como insumo para el diseño HSS*

**Mapa Funcional del Morichal y Corredor Ecológico**



**Matriz de Biodiversidad Registrada**



**EAI – Evaluación Ambiental Inicial del Sitio**

HALLAZGO	RIESGO	CONDICIÓN ECOLÓGICA	MEDIDA ESTRATÉGICA	NIVEL DE PRIORIDAD	RELACIÓN CON FASES HSS
Erosión de ribera	Pérdida de suelo, turbidez	Degradada	Bioingeniería, reforestación	ALTA (Rojo)	Diseño- Construcción
Fragmentación de hábitat	Aislamiento de especies	Vulnerable	Conectividad, pasos de fauna	MEDIA (Naranja)	Prediseño- Diseño
Contaminación difusa	Eutrofización, toxicidad	Alterada	Filtros verdes, manejo de escorrentía	ALTA (Rojo)	Construcción- Operación

**Funcionamiento del Ecosistema Local**



# Síntesis Climática Regional y Fundamentos Ambientales para las Estrategias HSS

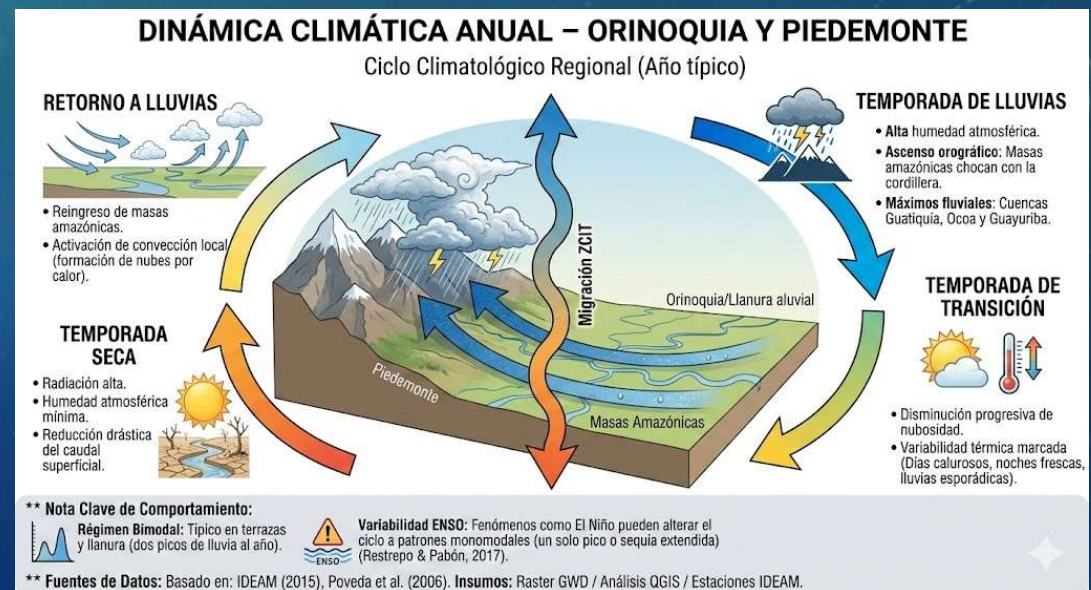
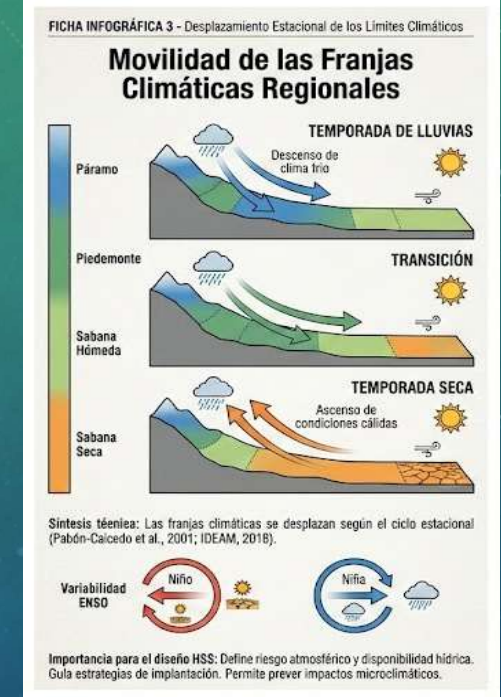
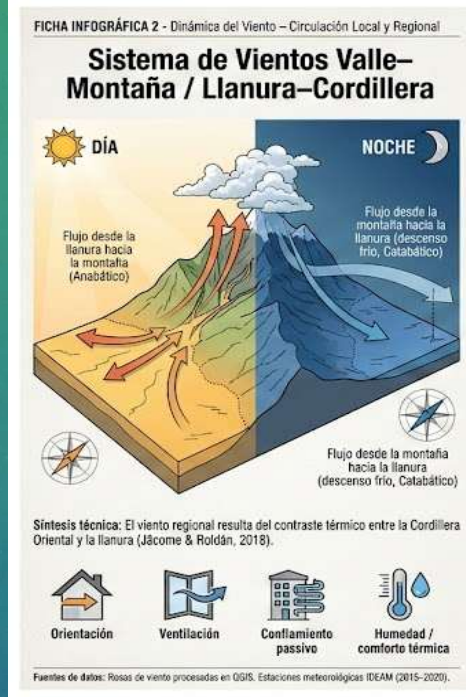
Interacción entre clima, topografía y estacionalidad como determinantes del diseño sustentable en el piedemonte llanero



## 1. Desarrollo Sostenible del Sitio

El análisis integrado del sistema climático regional —incluyendo la dinámica valle-montaña, la circulación sabana-cordillera, la movilidad estacional de las franjas climáticas y el ciclo anual de lluvias— demuestra que el piedemonte del Llano aluvial funciona como un territorio altamente sensible a los contrastes térmicos, la influencia de la ZCIT, la humedad proveniente de la Amazonia y la variabilidad ENSO. Estas interacciones generan patrones atmosféricos predecibles: brisas anabáticas y catabáticas, alternancia entre temporadas húmedas y secas, pulsos de humedad edáfica y cambios en la estabilidad atmosférica que condicionan la ventilación natural, el riesgo hídrico y la habitabilidad.

Comprender estas dinámicas es fundamental para el Modelo HSS, ya que permiten definir estrategias de diseño pasivo coherentes con las condiciones tropicales cálido-húmedas. La orientación volumétrica, el manejo de la ventilación cruzada, la protección solar, la regulación microclimática mediante vegetación y el uso eficiente del agua se sustentan directamente en la lectura multiescalar del territorio. Este marco climático-ambiental constituye la base metodológica para un hábitat resiliente, adaptativo y en equilibrio con los procesos naturales del piedemonte, garantizando que el proyecto opere como un sistema integrado capaz de responder a las variaciones estacionales y a los desafíos derivados del cambio climático.





### Comportamiento de las sombras y estabilidad higrotérmica

A diferencia de los espacios abiertos, donde predominan sombras duras y móviles, el bosque húmedo genera:

- Sombras múltiples, fragmentadas y superpuestas.
  - Un régimen de penumbra estable, más que de sombra proyectada.
  - Reducción de la carga térmica directa y desaceleración del calentamiento diurno.
  - Estabilidad higrotérmica sostenida, especialmente durante la tarde, cuando el estrés térmico exterior es mayor.
- Este comportamiento confirma que la sombra vegetal no es únicamente un elemento de protección solar, sino un mecanismo complejo de regulación energética.

### Implicaciones bioclimáticas para el modelo HSS

El análisis integrado permite establecer conclusiones clave para el diseño arquitectónico en el marco del Modelo HSS:

- En el trópico húmedo, el problema central no es la captación solar, sino su exceso y manejo.
- La vegetación debe ser considerada infraestructura climática primaria, no elemento ornamental.
- El confort ambiental pasivo se logra mediante filtrado, difusión y amortiguación, no mediante bloqueo rígido.
- La arquitectura debe operar como un sistema intermedio, replicando lógicas del bosque: estratificación, transición, sombra difusa y control higrotérmico.

### Conclusión integradora

El contexto geo-climático de la vereda Apiay demuestra que el bosque húmedo tropical actúa como un regulador microclimático altamente eficiente, capaz de transformar radiación solar extrema en condiciones ambientales estables, saludables y habitables. La vegetación convierte la radiación directa en luz difusa, las sombras duras en penumbra constante y el calor extremo en confort térmico pasivo.

Desde la perspectiva del diseño HSS, esta evidencia confirma que la arquitectura sustentable en el trópico húmedo debe concebirse como una extensión funcional del ecosistema, integrando paisaje, clima y forma construida para garantizar calidad ambiental interior, eficiencia energética y bienestar humano a largo plazo.

## CONTEXTO GEO-CLIMÁTICO Y REGULACIÓN MICROCLIMÁTICA DEL BOSQUE HÚMEDO (Vereda Apiay, Meta - 4° N)



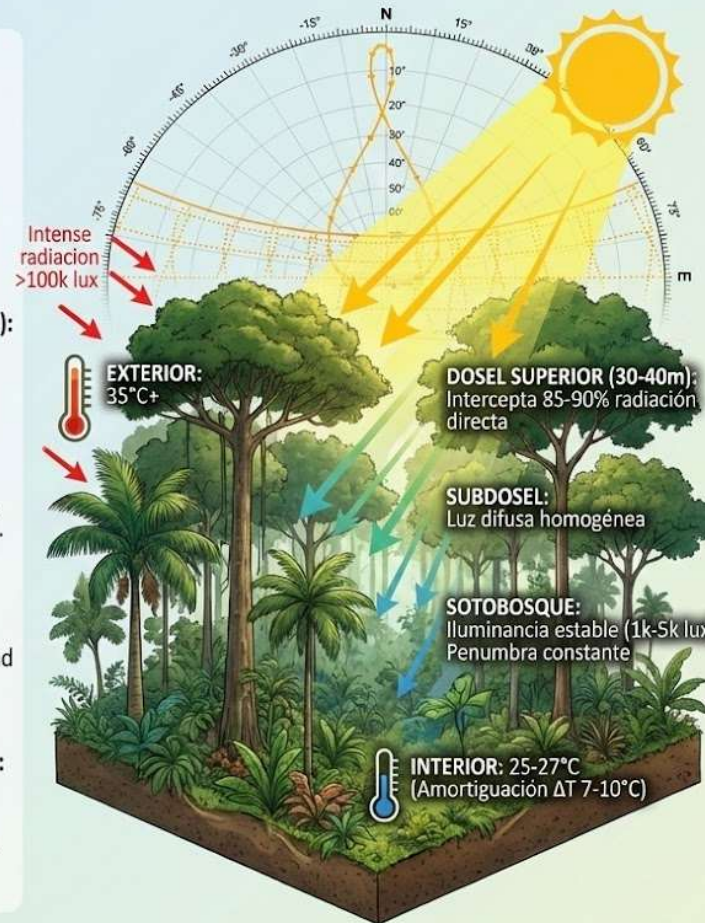
### MACROCLIMA Y GEOGRAFÍA (EXTERIOR)

**Vereda Apiay (4° N):**  
Piedemonte llanero, clima cálido-húmedo (>80% HR).

**Recorrido Solar:**  
Trayectorias altas, doble paso cenital. Radiación omnidireccional.

**Cielo Tropical:**  
Variable, nubosidad convectiva. Alta radiación difusa.

**Intensidad Abierta:**  
>90.000 lux.  
Sombras duras, deslumbramiento, estrés térmico.



### MICROCLIMA Y PERCEPCIÓN (INTERIOR)

**Filtrado Lumínico:**  
Atenuación progresiva. Luminancia baja y uniforme.

**Percepción Visual:**  
Superficies mate, contrastes suaves. Confort biológico (Biofilia).

**Comportamiento Sombras:** Múltiples, fragmentadas, superpuestas.

**Regulación Térmica:**  
Estabilidad higrotérmica sostenida post-meridiana.

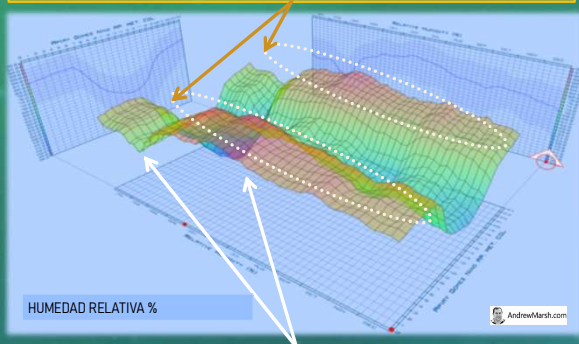
### SÍNTESIS BIOCLIMÁTICA HSS: VEGETACIÓN COMO INFRAESTRUCTURA CLIMÁTICA ACTIVA

El bosque transforma radiación directa en luz difusa, sombras duras en penumbra estable y calor extremo en confort ambiental. El diseño debe ser una extensión del ecosistema para confort pasivo.



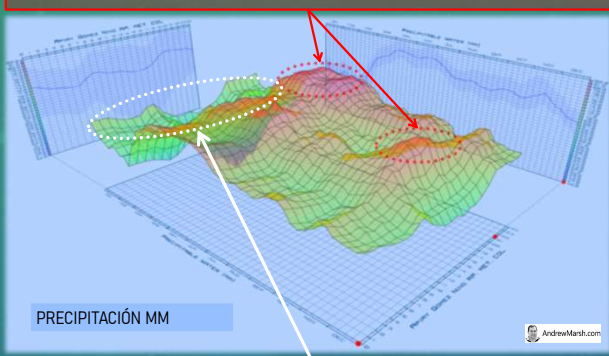
El análisis climático realizado con datos EPW de Apiay y modelado en Andrew Marsh evidencia un **comportamiento higrotérmico relativamente estable** a lo largo del año, con humedades relativas altas durante la noche y la madrugada, y descensos moderados hacia el mediodía. La precipitación presenta picos en abril y noviembre, mientras que los meses secos concentran los valores mínimos. Las temperaturas oscilan entre 22°C y 34°C, con máximos entre las 10 am y 4 pm, lo que confirma la necesidad de un diseño pasivo orientado al control de ganancia térmica. Los vientos muestran velocidades mayores en las horas de la tarde, especialmente en la temporada seca, con direcciones predominantes entre el Noroeste y el Suroeste en horas nocturnas y variaciones hacia el Este durante el día. En conjunto, estos patrones climáticos permiten identificar **ventanas óptimas de ventilación cruzada**, estrategias de sombreado, manejo de humedad y diseño higrotérmico adaptativo, fundamentales para garantizar la **calidad ambiental interior** del hábitat rural sustentable.

Entre las 7 pm y las 6 am de los meses de abril a diciembre la humedad relativa mantiene un promedio de 80% teniendo máximos de 94% en los meses de mayo, junio y julio entre las 1 am a las 6 am.



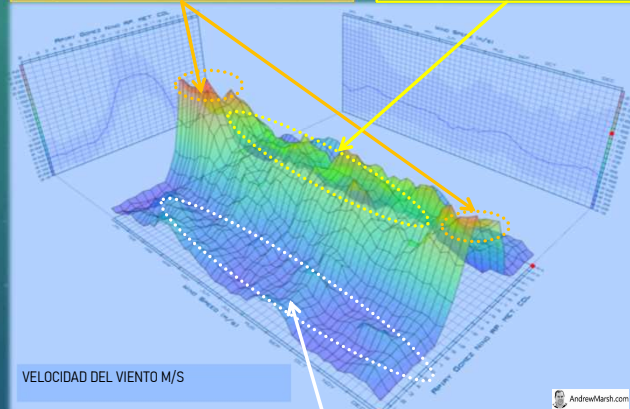
El las horas del medio día el promedio puede estar en el 60%. en los meses de enero, febrero y marzo se pueden registrar mínimos de 40%.

El promedio de precipitación esta por encima de 70 mm de abril a noviembre teniendo máximos en abril y noviembre con hasta 82 mm



Los meses de enero, febrero y marzo mantienen un **promedio de 55 mm**, con un **mínimo de 45 mm** en los últimos días de febrero y los primeros días de **marzo** entre las **2pm y las 5pm**.


Los máximos de 2.7 m/s se centran al medio día en los meses de **enero febrero y marzo** correspondiente a la temporada mas seca.

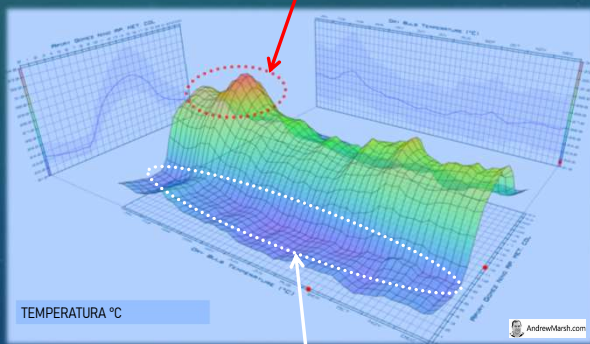


Se alcanzan el máximo de velocidad entre las 10 am y las 4 pm, con un promedio de 1.7 m/s.

La velocidad del viento es menor en las noches, con un promedio de 0.50 m/s, en rangos que no superan los 1.0 m/s a lo largo del año.

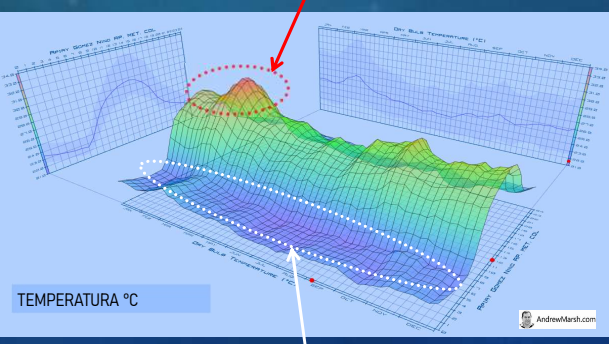
## DATOS EPW APIAY MODELADO ENDREW MARSH

El promedio  entre las 10 am y la 4 pm es de 30°C con máximos de 34°C entre el 15 de febrero y el 15 de marzo y mínimos de 27°C en los meses de junio y julio

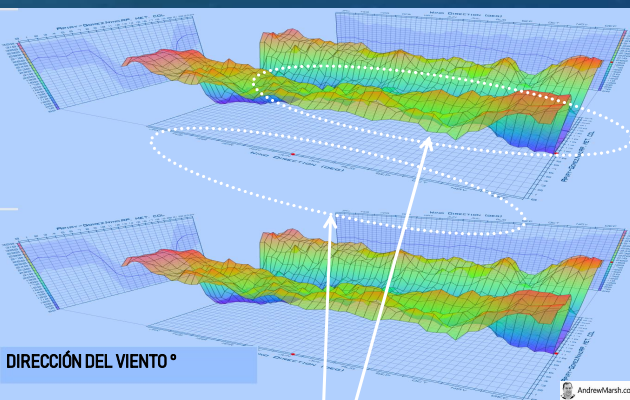


El comportamiento de la temperatura es muy homogéneo a lo largo de año, las variaciones se dan diariamente con rangos que van de 22°C a 26°C entre las 8 pm y las 6 am

El promedio de temperatura entre las 10 am y la 4 pm es de 30°C con máximos de 34°C entre el 15 de febrero y el 15 de marzo y mínimos de 27°C en los meses de junio y julio



El comportamiento de la temperatura es muy homogéneo a lo largo de año, las variaciones se dan diariamente con rangos que van de 22°C a 26°C entre las 8 pm y las 6 am



Entre las 7 pm y las 6 am la dirección del viento es predominante entre el Nor-Oeste y el Sur-Oeste, entre las 6 am hasta las 9 am y de las 5 pm hasta las 7 pm la dirección es Sur-Oeste y sur y en entre las 10 am y las 5 pm en dirección Sur hasta el Este.



### Contexto

El régimen de vientos en la Llanura Aluvial del Ocoa está controlado por la interacción entre la Cordillera Oriental, el piedemonte llanero y las sabanas inundables. Esta configuración genera gradientes térmicos y presiones diferenciales que estructuran un ciclo diario y estacional altamente predecible, fundamental para el diseño bioclimático y la ventilación natural de edificaciones HSS.

### Síntesis Bioclimática Aplicada al Diseño HSS

- **Ventilación cruzada estacional:** La regularidad del patrón Este-Sureste permite orientar aberturas principales y diseñar perfiles aerodinámicos que optimicen la presión diferencial.
- **Control solar – ventilación integrada:** En horas de máxima radiación, las brisas del piedemonte coinciden con los picos térmicos, permitiendo estrategias híbridas de sombreado + enfriamiento natural.
- **Adaptabilidad por franja horaria:** La rotación diaria del viento obliga a considerar dispositivos de captura direccional (aleros, celosías, deflectores aerodinámicos, dobles fachadas ventiladas).
- **Confort higrométrico:** Los vientos vespertinos son determinantes para disipar humedad acumulada en estructuras de guadua, madera y tierra, mejorando el comportamiento higrotérmico del material

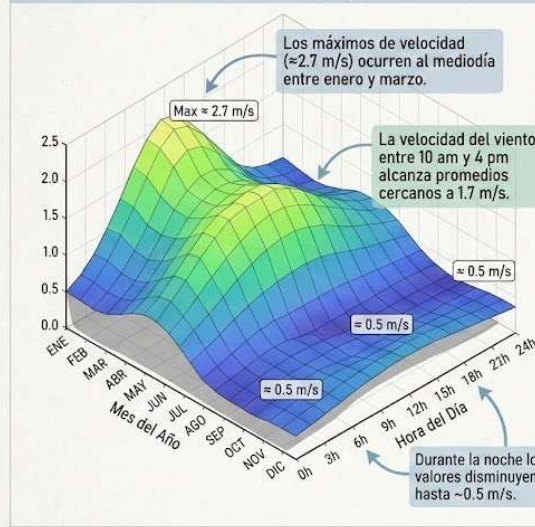
### Conclusión Climática para la Fase de Prediseño

El régimen de vientos en Villavicencio presenta **estabilidad direccional, ciclos diarios marcados y máximos estacionales predecibles**, lo cual constituye una oportunidad para diseñar un **hábitat pasivo, adaptativo y resiliente**. Este análisis fundamenta la toma de decisiones en:

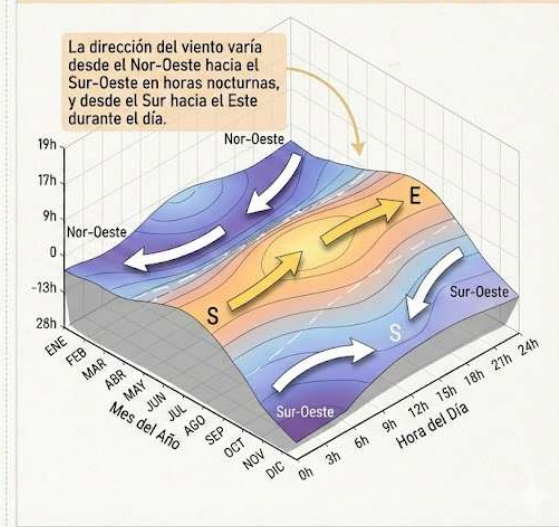
- Orientación volumétrica y ubicación de patios bioclimáticos.
- Diseño de ventilación natural asistida.
- Estrategias de enfriamiento evaporativo y disipación térmica.
- Tratamiento del paisaje funcional (corredores de viento, vegetación canalizadora).

### DINÁMICA ANUAL DEL VIENTO – ESTACIÓN APIAY, VILLAVICENCIO (PROMEDIOS HORARIOS Y MENSUALES)

#### PANEL 1 – VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

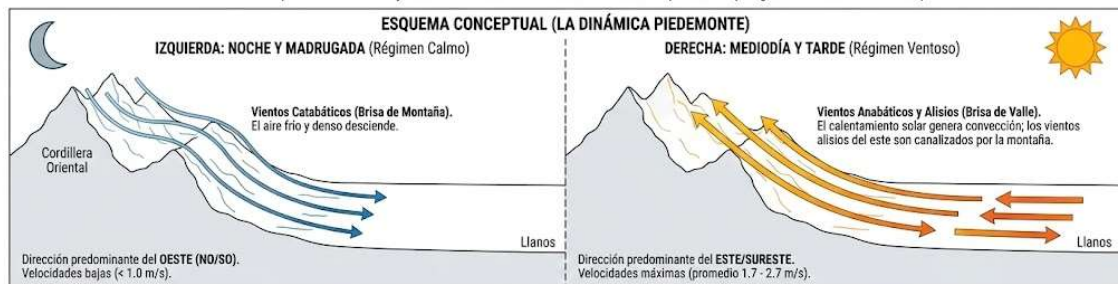


#### PANEL 2 – DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL VIENTO (°)

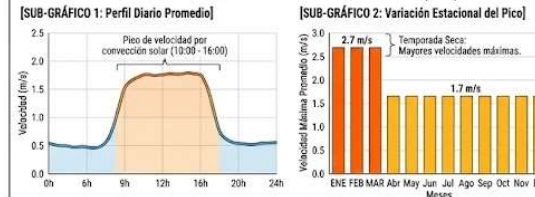


### CARACTERIZACIÓN ANUAL DEL RÉGIMEN DE VIENTOS: VILLAVICENCIO (APIAY)

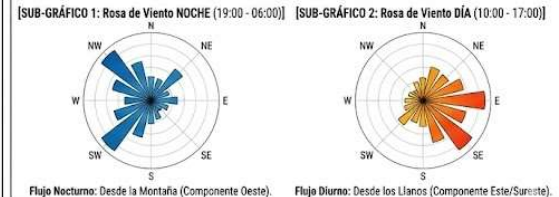
Análisis de patrones horarios y estacionales basado en datos climáticos promedio (Programas de Andrew Marsh).



#### CICLO DIURNO Y ESTACIONAL DE VELOCIDAD (m/s)



#### ROTACIÓN DIARIA DE LA DIRECCIÓN PREDOMINANTE



**SÍNTESIS BIOCLIMÁTICA:** El régimen de vientos en Villavicencio (Apiay) está dominado por un fuerte ciclo diario debido a su condición de piedemonte. Para estrategias de ventilación natural pasiva, es crucial aprovechar los vientos del Sureste durante las horas de mayor carga térmica (mediodía), teniendo en cuenta que las noches son predominantemente calmas y con una inversión en la dirección del flujo de aire.



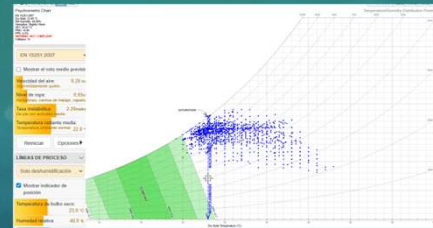
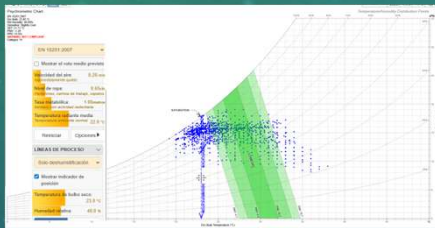
El clima cálido-húmedo de Villavicencio presenta **altas temperaturas constantes, elevada humedad relativa** y un rango horario estrecho, condiciones típicas del piedemonte llanero. Estas variables generan un comportamiento psicrométrico donde la mayoría de los puntos climáticos se ubican **fuera de la zona de confort**, desplazándose hacia la región de **calor húmedo**, una condición desfavorable para el confort térmico humano y para el desempeño higrotérmico de edificaciones en guadua, tierra y madera. La interpretación de estas gráficas permite establecer **estrategias pasivas de alto impacto**, esenciales para el prediseño y la arquitectura bioclimática del proyecto HSS.

### Análisis Psicométrico

El conjunto de diagramas muestra los patrones térmicos e higrométricos anuales:

#### 1. Distribución de temperatura y humedad (puntos azules)

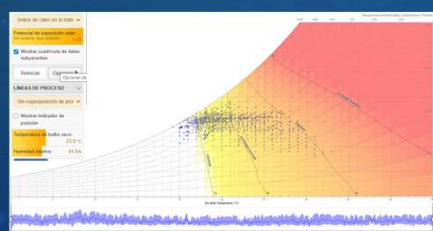
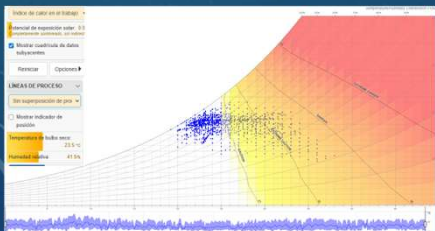
- La mayor parte del año se ubica en la zona de **disconfort por calor húmedo**.
- La humedad relativa se mantiene elevada, dificultando la disipación natural del calor corporal.
- El rango de confort natural sin asistencia es **muy limitado**, reforzando la necesidad de un diseño pasivo intensivo.



### Rutas de estrategias bioclimáticas

Los sombreados de color (amarillo, rojo, verde) indican el conjunto de estrategias potenciales y su desempeño climático:

- **Zona amarilla/roja:** Condiciones que requieren **ventilación cruzada, protección solar total, ventilación nocturna, y evitar ganancias térmicas internas**.
- **Zona verde:** Oportunidades para **enfriamiento evaporativo controlado**, especialmente en periodos secos del año.
- **Zona gris:** Tramos donde la masa térmica podría ayudar marginalmente, aunque su efecto es limitado en climas húmedos.



### CLIMA Y ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS: VILLAVICENCIO (APIAY)

**1. VENTILACIÓN NATURAL CRUZADA (MÁS EFECTIVA)**

**2. PROTECCIÓN SOLAR (FUNDAMENTAL)**

POTENCIAL SIGNIFICATIVO: RECOLECCIÓN AGUA LLUVIA

**3. MASA TÉRMICA (PRECAUCIÓN)**

**4. ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO (LIMITADO)**

USO DE SISTEMAS ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO (SOSTENIBILIDAD)

**CLIMA CÁLIDO Y HÚMEDO (TROPICAL)**

**ALTAS TEMPERATURAS TODO EL AÑO**

**HUMEDAD RELATIVA ELEVADA**

**RESUMEN:** ENFOQUE DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO: CENTRADO EN VENTILACIÓN Y PROTECCIÓN SOLAR, CON MENOR ENFASIS EN MASA TÉRMICA Y ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO.

**HERRAMIENTA VALIOSA:** CARTA PSICROMÉTRICA

### DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EL CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO DE VILLAVICENCIO (ESTACIÓN APIAY)

**VENTILACIÓN NATURAL CRUZADA**  
Más efectiva para disipar calor y mejorar confort. Imprescindible.

**ANÁLISIS PSICROMÉTRICO**

FUERA DE ZONA DE CONFORT (SOBRECALENTAMIENTO)

ZONA DE CONFORT TÉRMICO

**MASA TÉRMICA**  
Estabiliza temperaturas, usar con precaución por alta humedad.

**PROTECCIÓN SOLAR**  
Fundamental para evitar sobrecalentamiento.

**ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PASIVO RECOMENDADAS**

**ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO**  
Eficacia limitada por alta humedad, opción estacional.

**RESUMEN:** ENFOQUE EN VENTILACIÓN CRUZADA Y PROTECCIÓN SOLAR PARA EDIFICIOS CONFORTABLES Y SOSTENIBLES.

POTENCIAL RECOLECCIÓN AGUA DE LLUVIA

SISTEMAS ENFRIAMIENTO POR EVAPORACIÓN

# ESTUDIOS CLIMATICOS

## Comportamiento anual de la radiación solar

El resumen anual de radiación solar evidencia que, aunque la **energía solar disponible es alta a lo largo de todo el año**, su expresión efectiva sobre el territorio depende del balance entre radiación directa y radiación difusa. En Apiay, la latitud intertropical produce:

- Trayectorias solares altas durante todo el año.
- Ausencia de inviernos solares marcados.
- Máximos de radiación asociados más a condiciones atmosféricas que a la inclinación solar.

Los modelos de cielo y proyección solar muestran que la **radiación incidente se distribuye de forma heterogénea**, con picos diarios que deben ser controlados mediante estrategias pasivas de diseño y manejo del paisaje.

## Regulación microclimática por cobertura vegetal

La imagen destaca el papel del **bosque húmedo y los morichales** como reguladores climáticos y lumínicos. La vegetación actúa como una **infraestructura ambiental activa**, cumpliendo múltiples funciones:

- **Filtrado de la radiación solar:** el dosel intercepta hasta el 85–90 % de la radiación directa, transformándola en luz difusa.
- **Reducción del deslumbramiento:** las superficies vegetales, predominantemente mates, disminuyen la luminancia extrema.
- **Amortiguación térmica:** se registran diferencias de temperatura aire–suelo de hasta **7–10 °C** frente a áreas abiertas.
- **Estabilización higrótérmica:** la evapotranspiración mantiene condiciones de confort incluso en horas críticas.

En términos de calidad ambiental interior, este microclima ofrece condiciones óptimas para el confort visual, térmico y biológico.

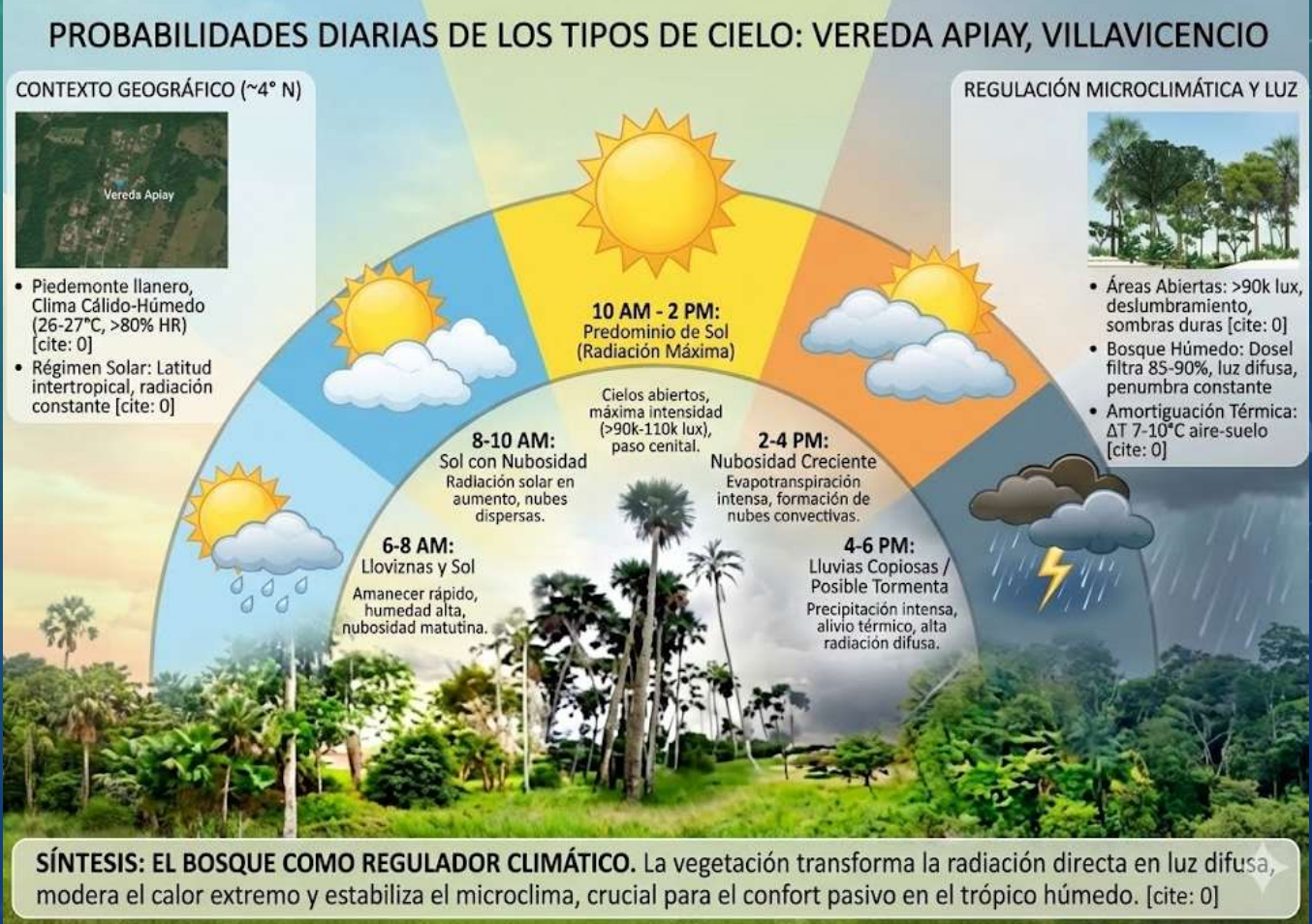
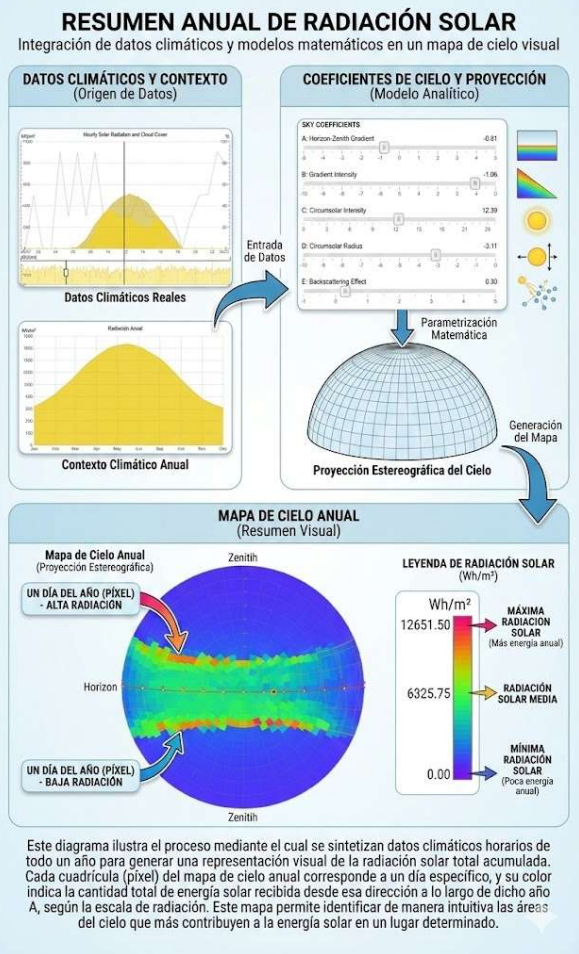


## 2. Calidad Ambiental Interior

### Implicaciones bioclimáticas para el diseño HSS

Del análisis integrado se concluye que, en la vereda Apiay:

- El principal desafío no es la falta de radiación solar, sino su **exceso y variabilidad diaria**.
- El control solar efectivo no debe basarse exclusivamente en elementos arquitectónicos rígidos, sino en la **articulación arquitectura–paisaje–vegetación**.
- La luz difusa, predominante bajo cobertura vegetal, es más compatible con espacios habitables de permanencia prolongada.
- El bosque funciona como un **sistema pasivo de regulación climática**, replicable conceptualmente en el diseño HSS mediante patios, cubiertas vegetales, filtros verdes y transiciones espaciales.



# ESTUDIO DE VIABILIDAD DE MATERIALES Y RECURSOS



## 3. Gestión de Materiales y Recursos

### Criterios clave de viabilidad de materiales

La lámina sintetiza un **checklist técnico de selección**, alineado con el modelo HSS y la normativa colombiana:

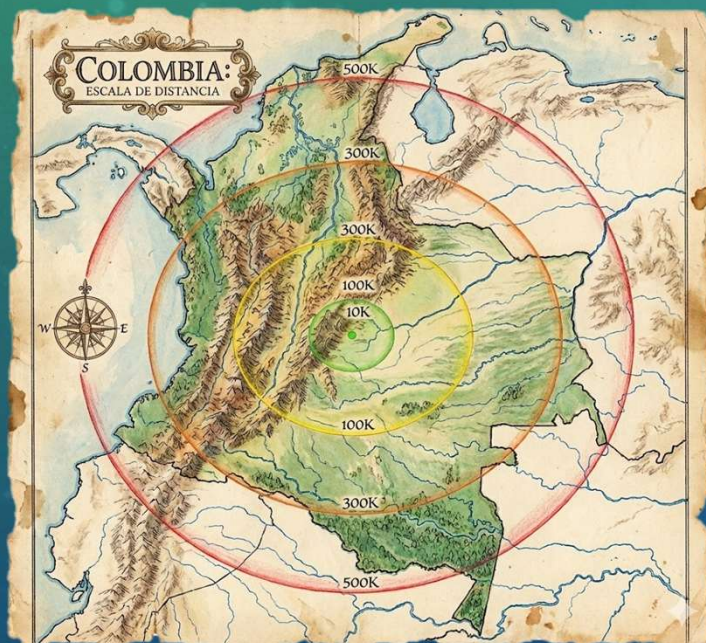
- **Proximidad territorial (<20 km):** reducción de emisiones por transporte.
- **Baja energía incorporada:** prioridad a materiales naturales y locales.
- **Adaptación climática:** resistencia a humedad, calor y biodeterioro.
- **Circularidad y reciclabilidad:** reintegración al ciclo productivo.
- **Cumplimiento normativo (NSR-10):** seguridad estructural y legal.

Estos criterios permiten pasar de una selección material basada en mercado a una **selección estratégica basada en territorio**.

### Implicaciones para el diseño y la construcción HSS

Desde una perspectiva de hábitat sustentable, el análisis demuestra que:

- **La guadua, la madera certificada, la tierra cruda estabilizada y los agregados locales** son materiales prioritarios para el contexto de Apaiy.
- Los sistemas industrializados de alta energía incorporada deben limitarse a funciones específicas y justificadas.
- La gestión de materiales debe concebirse como una **decisión de diseño**, no solo constructiva.
- La trazabilidad territorial fortalece la resiliencia del proyecto frente a fluctuaciones económicas y logísticas.



### 3. CRITERIOS CLAVE DE VIABILIDAD (Checklist de Selección)

- Proximidad Territorial (<20km) ✓
- Baja Energía Incorporada ✓
- Adaptación Climática ✓
- Circularidad y Reciclabilidad ✓
- Cumplimiento Normativo (NSR-10) ✓

El estudio de factibilidad del proyecto energético confirma que la vereda Apiay ofrece **condiciones óptimas para un modelo de autonomía energética híbrida**, basado principalmente en energía solar fotovoltaica, complementada por sistemas térmicos y respaldos estratégicos. La clave no radica únicamente en la instalación de tecnologías renovables, sino en su **integración coherente con el diseño bioclimático, la reducción de la demanda y la gestión inteligente de la energía.**

En el marco del modelo HSS, la energía deja de ser un insumo externo para convertirse en un **componente estructural del hábitat**, fortaleciendo la resiliencia, la autosuficiencia y la sostenibilidad ambiental del proyecto rural en el trópico húmedo.

## “Evaluación de Viabilidad Energética y Autonomía del Sitio”

Diagnóstico de Energía y Atmósfera – Capacidad de Autonomía Energética

### A. Texto introductorio

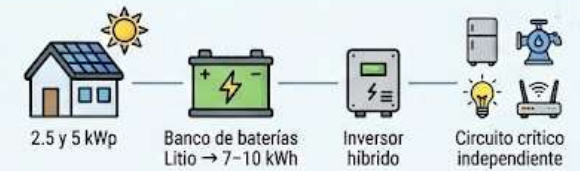
Esta diapositiva evalúa la factibilidad de los sistemas energéticos propuestos para garantizar la autonomía del proyecto en las condiciones más exigentes del clima cálido-húmedo del piedemonte. Se consideran variables de radiación solar, patrones de viento valle-montaña, disponibilidad de biomasa local, captación hídrica y demanda energética del hábitat sustentable. La vereda Apiay presenta niveles altos de radiación (>5.0 kWh/m<sup>2</sup>/día), vientos moderados y variabilidad atmosférica vinculada a la ZCIT, lo cual favorece una matriz energética híbrida. El objetivo es definir el sistema maestro que garantice autosuficiencia, resiliencia y estabilidad de operación.

### B. Comparación técnica de sistemas energéticos (para colocar como tabla)

Sistema	Viabilidad	Ventajas	Limitaciones	Rol en el proyecto
Solar fotovoltaico	Muy alta	Alta radiación, bajo mantenimiento	Menor rendimiento en épocas muy nubladas	Sistema principal
Solar térmico	Alta	Agua caliente sin energía adicional	Requiere espacio y orientación	Complementario
Eólica de baja escala	Media	Aprovecha brisas valle-montaña	Intermitente, turbulencias locales	Respaldo
Microhidráulica	Media-baja	Flujo constante en épocas de lluvia	Caudales variables y no permanentes	Solo si hay punto de caída
Biomasa local	Media	Aprovecha residuos orgánicos	Emisiones y control	Sistema de emergencia
Red eléctrica	Alta	Continuidad	No es autónoma	Soporte final

### C. Cálculo preliminar de autonomía energética

Potencial solar estimado en Apiay: 5.0–5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día



### D. Estrategia HSS para Energía y Atmósfera

- Reducir demanda energética por diseño pasivo
- Maximizar captación solar en cubierta
- Integrar ventilación cruzada permanente
- Minimizar cargas térmicas (sombreamiento + envolvente ventilada)
- Híbrido sistemas: solar + viento + red (como back-up)
- Garantizar operación en escenarios extremos (Niño/Niña)

### E. Visual sugerida



Esta diapositiva evalúa la factibilidad de los sistemas energéticos propuestos para garantizar en las condiciones del proyecto un clima cálido-húmedo. Se consideran variables de radiación solar, patrones de viento valle-montaña, disponibilidad de biomasa local, captación hídrica y demanda energética del hábitat sustentable. La vereda Apiay presenta niveles altos de radiación (>5.0 kWh/m<sup>2</sup>/día), vientos moderados y variabilidad atmosférica de ZCIT, lo cual favorece una matriz energética híbrida. El objetivo es definir el sistema maestro que garantice autosuficiencia, resiliencia y estabilidad de operación.



### Comparación técnica de sistemas energética

Sistema	Viabilidad	Limitaciones	Rol en de proyecto
1 Solar fotovoltaico	Alta radiación, bajo mantenimiento	Requiere espacial	Complementario
2 Solar térmico	Menor rendimiento en épocas muy nubladas	Requiere espacio y orientación	
3 Solar térmico	Requiere espacio y orientación		Solania de control
4 Eólica de bala escala	Flujo constante en épocas de lluvia		
5 Microhidráulica	Caudales variables y no permanentes		No es autónoma
6 Red eléctrica	Sistema de emergencia		

### Cálculo preliminar de autonomía energética



### Estrategia HSS para Energía y Atmósfera

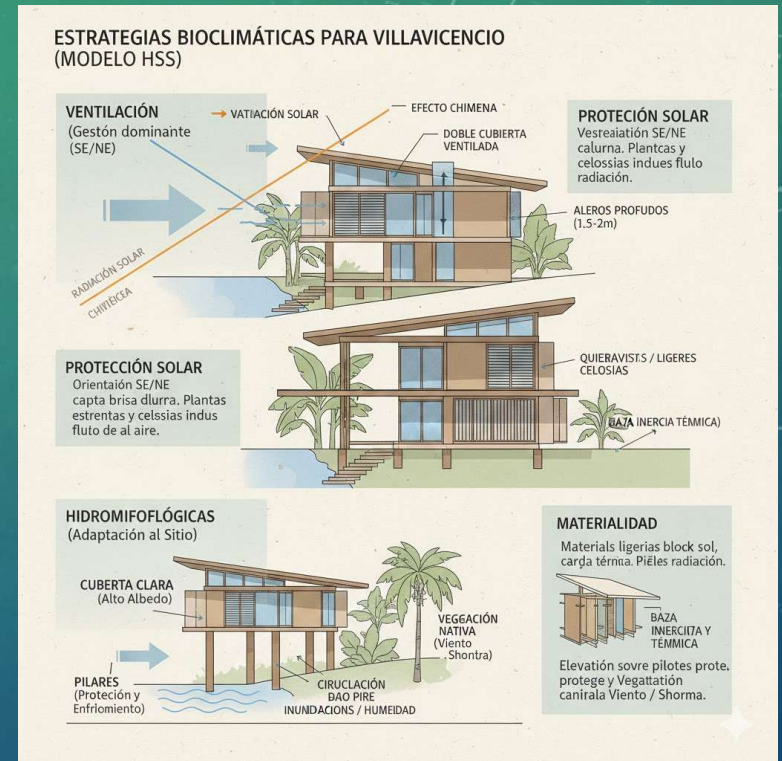
- Reducir demanda energética por diseño pasivo
- Maximizar captación solar cubiested
- Integrar ventilación cruzada permanente
- Híbrido sistemas: solar + viento (vansk-up)
- Garantizar operación en escenarios extremos (Niño/Niña)

Síntesis Técnica para el Diseño HSEI análisis psicrométrico confirma que el hábitat sustentable en Villavicencio debe basarse en un sistema integral de control térmico pasivo, donde: La ventilación actúa como el principal mecanismo de confort. La protección solar es estrictamente obligatoria para evitar sobrecalentamientos. El paisaje, la vegetación y el agua se convierten en componentes ecológicos clave de regulación climática. Los materiales naturales (guadua, tierra, madera) requieren estrategias de respirabilidad y evitación de humedad excesiva. El diseño se orienta a construir un hábitat capaz de operar como un filtro climático adaptativo, reduciendo la dependencia de sistemas activos y mejorando la resiliencia frente a variabilidad estacional y eventos de calor extremo.

### Estrategias Bioclimáticas Prioritarias

Con base en el análisis psicrométrico, el clima de Villavicencio demanda un enfoque centrado en:

- Ventilación natural cruzada (eje fundamental del diseño HSS)**
  - Utilizar gradientes de presión generados por los vientos del piedemonte.
  - Diseñar aperturas opuestas, ventilación de alta eficiencia y elementos de captación direccional.
  - Reducir humedad interior y disipar calor sensible acumulado en la envolvente.
- Protección solar integral**
  - Evitar ganancias térmicas en fachadas y cubierta.
  - Uso de brise-soleil, celosías verticales, aleros profundos y materiales de baja conductividad.
  - Controlar la radiación difusa, dominante en ambientes tropicales húmedos.
- Masa térmica (aplicación limitada y estratégica)**
  - Puede emplearse en espacios específicos con alta inercia, pero evitando acumulación de calor diurno.
  - Más útil en franjas nocturnas cuando la temperatura desciende ligeramente.
- Enfriamiento evaporativo**
  - Aplicable en patios, jardines sombreados o corredores ventilados.
  - Debe utilizarse con sensibilidad, debido a la humedad relativa alta.
  - Compatible con sistemas pasivos asistidos (microaspersión fina, vegetación densa, láminas de agua sombreadas).
- Manejo de aguas lluvias y paisaje funcional**
  - La alta precipitación anual favorece estrategias de **captación y uso sostenible** del agua.
  - La vegetación debe integrarse como moderador microclimático (sombra, evapotranspiración y reducción de isla térmica).



	LINEAMIENTOS	I. DISEÑO
1	1. Desarrollo sostenible del sitio	Generación de estrategias de manejo de los impactos ambientales en hidrología, edafología, atmósfera y ecología
2	2. Calidad ambiental interior	Generación de estrategias de confort térmico, confort acústico, confort visual y del calidad de aire
3	3. Gestión integral de materiales y recursos.	Generación de estrategias gestión integral y manejo de residuos sólidos en construcción y operatividad
4	4. Gestión integral del agua	Estrategias de acopio, calidad y ahorro del agua Estrategias de captación y manejo aguas pluviales Estrategias de manejo de vertimientos
5	5. Gestión integral de la energía y atmósfera	Estrategias de gestión de la energía eléctrica identificación de redes, sistemas, autonomía y control
	RESULTADOS	MANUAL TÉCNICO

Manejo de impactos ambientales  
Control de la contaminación  
Manejo de vertimientos  
Control del ruido  
Mejoramiento del paisaje

diseño bioclimático  
Diseño del paisaje  
Diseño de ventilación pasiva y activa  
Diseño acústico

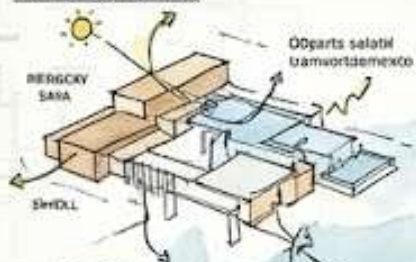
plan de manejo de residuos en obra  
Plan de manejo de residuos en operatividad

Sistema de captación aguas subterráneas  
Sistema de potabilización  
Red de distribución  
Sistema de captación y almacenamiento pluvial  
Red sanitaria  
Sistema de tratamiento aguas residuales

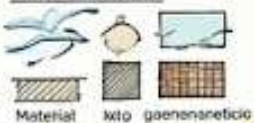
Red eléctrica  
Red híbrida  
Sistema de energía renovable  
Red de datos y control

# BIOCLIMATIC ESTRATEGIES

## CONCEPTS SYTOTIMIZE



## REAL ANALYSIS



Serinação  
contect

## SITE ANALYSIS

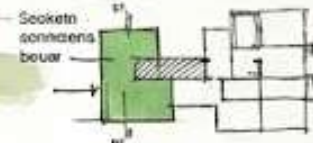
Bar electric: glap

## WATER AREA & MANAGEMENT WEATR

- Evaluada a aveason tem analisis se musniar pie o cutstera a los semles.

## BIOCLIMATIC ESTRATEGIES

Estrategias eoplano sos Rsiuenda on sconetados, que se hortmosomaca inervidaa, el terciaa



## AGEA MANAGEMENT

Datow tixes o monep tr apes de pssarante del proyecto.

LLANURA ALUVIAL

SNAA

## SITE ANALYSIS

- Dattede
- Eyananica
- Hpdnoite
- Repuxoericion

- Boidoamh roppesarsostive
- Auztrigrectinanta
- Tapa maclacis
- Eustilo / offerite

## MATERIALS



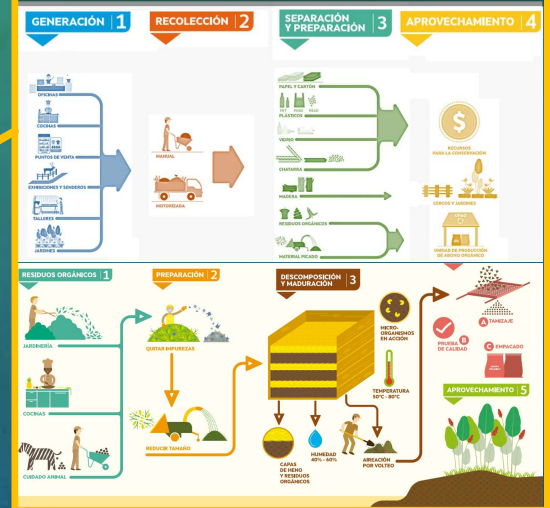
## DGMESHIAL S&A

## CONULITE ANALYSIS

## RESAROS AND SOCIAL

## Zona de almacenamiento y manejo de materiales y residuos

Esta zona consta de los espacios de almacenamiento de materiales así como espacio de clasificación y almacenamiento de los diferentes tipos de residuos a manejar. De igual manera dispone de un espacio de cocina, descanso. Este espacio dispone de un lugar para pernoctar para un cuidador.



## Zona de parqueo y manejo de materiales

Esta zona consta de los espacios de almacenamiento de materiales así como espacio de clasificación y almacenamiento de los diferentes tipos de materiales. Es fundamental el análisis de los costos ambientales derivados de las actividades que fueron necesarias para extracción, fabricación, almacenamiento, logística y uso.



## Zona de manejo de vertimientos

Espacio definido por ser la cota mas baja del gradiente hidráulico, aquí se dispone el sistema séptico con depuración de hasta un 60% para pasar a un humedal artificial con niveles de depuración superiores al 90%. Aquí se procura evitar la contaminación de los acuíferos y de las corrientes superficiales.

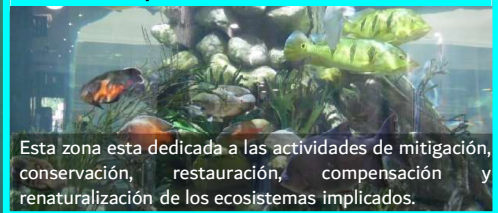


## Zona de restauración y Conservación ambiental



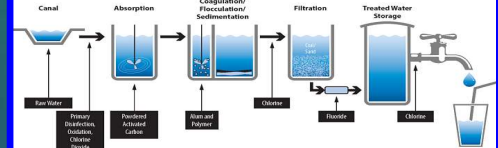
Esta zona esta dedicada a las actividades de mitigación, conservación, restauración, compensación y renaturalización de los ecosistemas implicados.

## Zona de manejo, mitigación y compensación ictiofauna



Esta zona esta dedicada a las actividades de mitigación, conservación, restauración, compensación y renaturalización de los ecosistemas implicados.

## Zona de captación y tratamiento agua potable



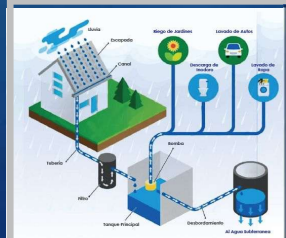
Esta zona esta dedicada a las actividades de extracción, tratamiento y suministro de agua. Para garantizar el suministro 24/7 es indispensable el uso de generadores; solar, e hidráulico con su respectivo sistema de almacenamiento y respaldo.

## Zona impactos procesos constructivos

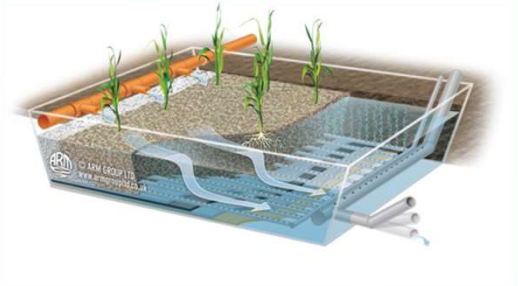
Esta área concentra la mayor cantidad de actividades que requieren de un manejo dado el grado de impacto sobre el estado natural del terreno y su ecología, sin embargo es donde se generan las propuestas de mitigación y control que garantiza el correcto funcionamiento de la edificación así como la adaptación al



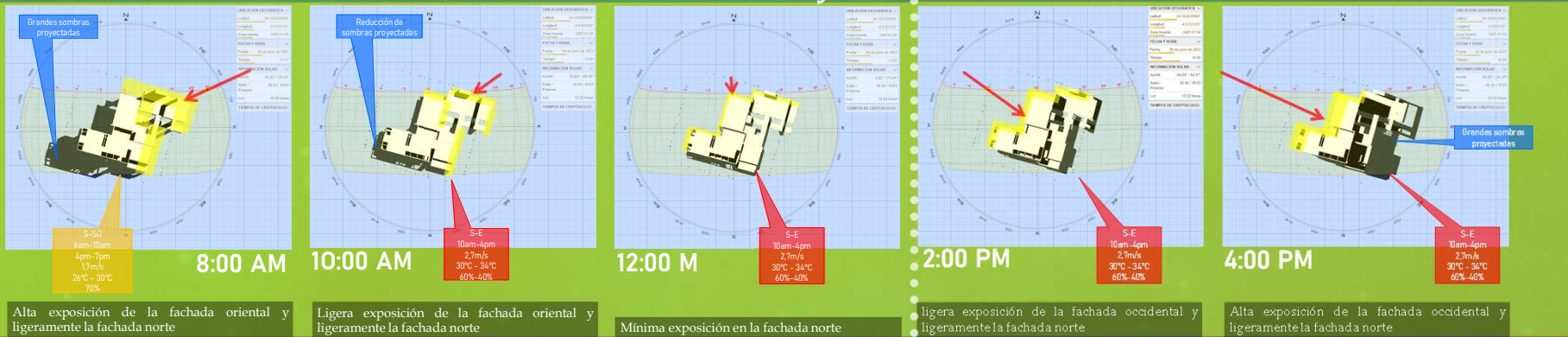
## Zona de almacenamiento pluvial



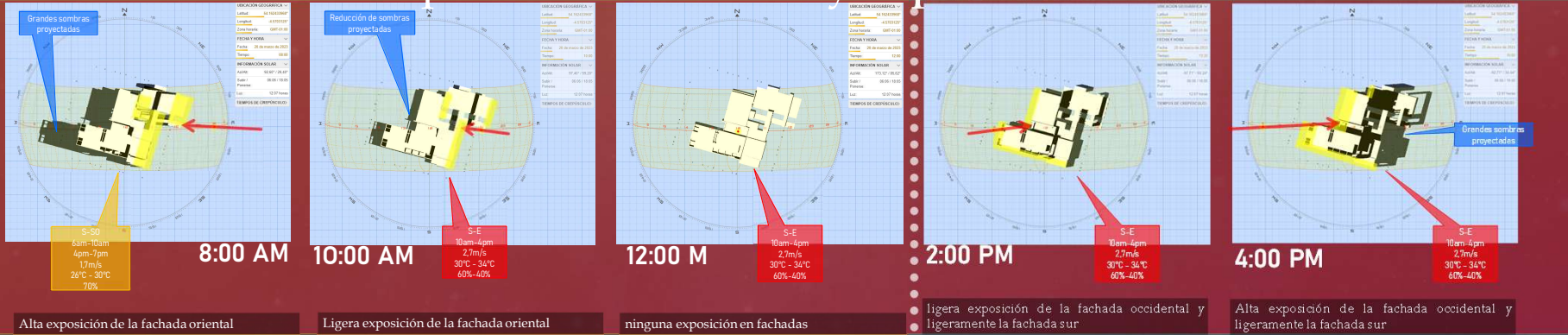
El lugar tiene una carga pluviométrica que permite un almacenamiento permanente en temporada de lluvia, esto permite un uso eficiente del agua para riego y lavado de espacios exteriores, el alto nivel freático permite una recarga de este sistema de riego en las épocas menos lluviosas para optimizar la red instalada,



# Solsticio de Junio



# Equinoccio de Marzo y Septiembre



# Solsticio de Diciembre



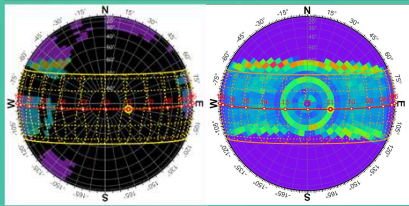
Para efectos de control solar los momentos mas significativos para el manejo son los de las horas e la tarde entre 2 pm y 4 pm. Es en este lapso temporal en que se presenta la mayor captación de energía radiante en las superficies de cubierta y fachadas este y sur, de igual manera el aumento de la temperatura del aire y la humedad relativa.

La latitud del lugar define un comportamiento térmico cíclico día - noche, con una variación de horas luz y horas nocturnas no superiores a dos horas. De esta forma se definen como elementos envolventes de las fachadas este y oeste las que reciben mas iluminación.

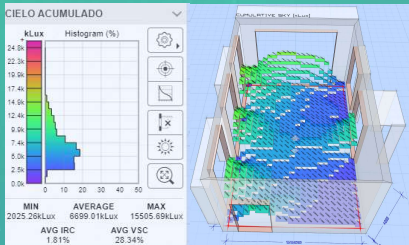
En las primeras horas de la mañana la acumulación de calor en las fachadas no supera los umbrales de confort térmico, sin embargo en las horas de la tarde la temperatura acumulada sumada a la exposición a la luz solar requieren de un manejo apropiado.

# Illuminación natural dinámica

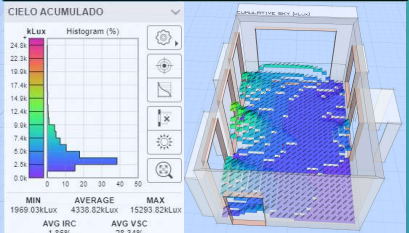
Las mascarar de la sombras dinámicas permite identificar las zonas con sombra y luz permanente en todo el año



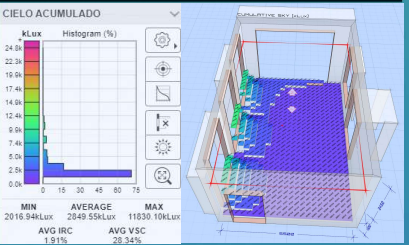
Las mascarar de la iluminación dinámica permite identificar los momentos de exposición mas relevantes para manejo



En el modelo de iluminación acumulada para un año al nivel de piso usando película con transmitancia de 3.0, se identifica el área que reciben iluminación dentro de los criterios de confort



En el modelo de iluminación acumulada para un año a un metro del piso usando película con transmitancia de 3.0, se identifica el área que reciben iluminación dentro de los criterios de confort

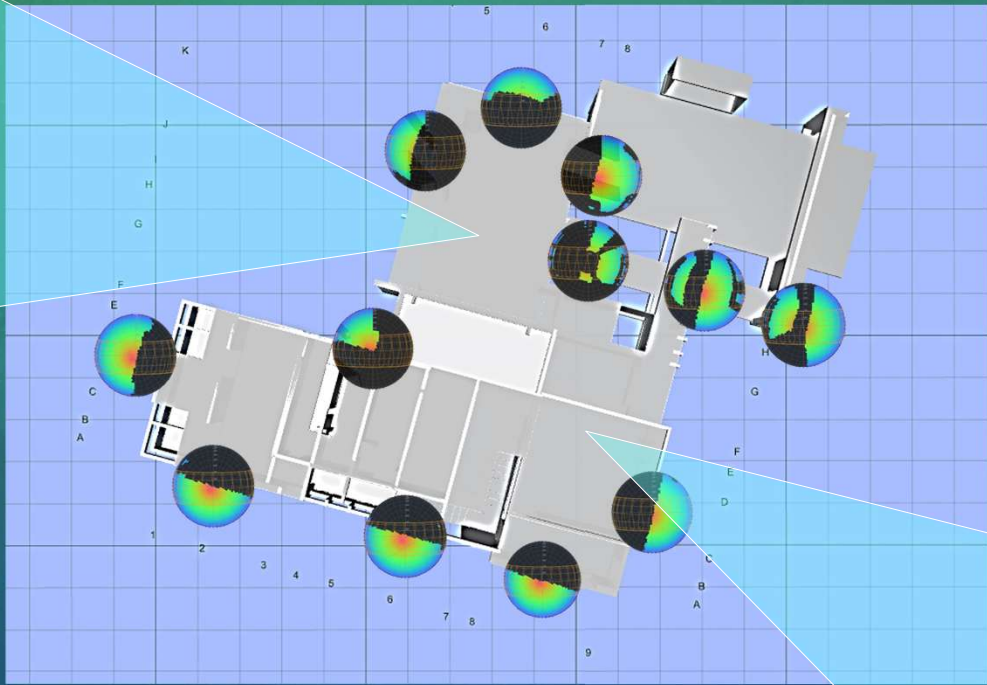


En el modelo de iluminación acumulada para un año a dos metros del piso usando película con transmitancia de 3.0, se identifica el área que reciben iluminación dentro de los criterios de confort

La iluminación natural dinámica para un año permite identificar el comportamiento de las áreas en distintos planos de estudio, aquí podemos ver el comportamiento representativo en las áreas sociales mas expuestas a las fachadas oeste (izquierda) y este (derecha).

En la fachada este se encuentra la cocina, orientación que permite aprovechar la iluminación matutina en las horas de mayor actividad mejorando la eficiencia energética de las actividades operativas del espacio arquitectónico.

En la fachada oeste, el salón comedor recibe iluminación en las horas mas calurosas pero a partir de las 4:30 pm recibe la sombra del bosque de moriche (15 metros de altura aproximadamente) lo que le permite tener iluminación indirecta y difusa (según el tipo de cielo) aprovechando el máximo de iluminación natural y optimizando la actividad contemplativa del paisaje cercano.



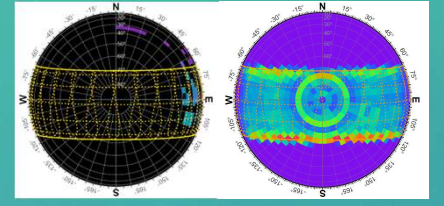
## Mascara de sombreado

Las mascarar de sombra para un año de las fachadas y los principales espacios denotan una sombra proyectada por la cubierta de la edificación, de esta manera se puede afirmar que las fachadas en si mismas tienen un comportamiento sombreado a lo largo del año.

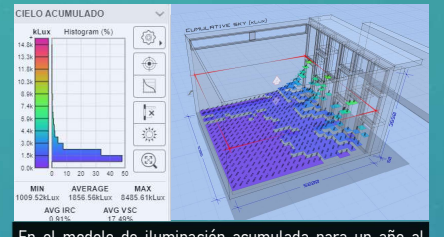
No sucede lo mismo con las cubiertas que en mas del 50% de superficie total están expuestas a la iluminación radiante durante la mayor parte del año.

Las principales estrategias de control en las fachadas mas expuestas esta definida por elementos verticales (para los solsticios) y horizontales (para el transcurso de horas día) generadores de sombras que minimicen la incidencia de iluminación radiante sobre las superficies al interior de los espacios sumados a la incorporación de películas en los ventanales con transmitancia de 3.0. La otra estrategia esta definida por los materiales como el concreto armado para minimizar la transmisividad térmica, de igual manera en la cubierta se usa concreto armado encofrado en paneles de madera laminada soportado por vigas de madera para demorar la transmisividad térmica en los materiales sumado a alturas piso-techo generosa para facilitar la disipación del calor por convección.

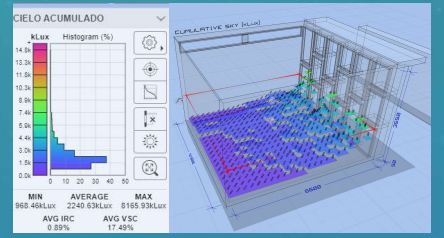
Las mascarar de la sombras dinámicas permite identificar las zonas con sombra y luz permanente en todo el año



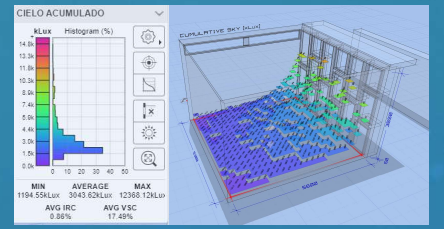
Las mascarar de la iluminación dinámica permite identificar los momentos de exposición mas relevantes para manejo



En el modelo de iluminación acumulada para un año al nivel de piso usando película con transmitancia de 3.0, se identifica el área que reciben iluminación dentro de los criterios de confort



En el modelo de iluminación acumulada para un año a un metro del piso usando película con transmitancia de 3.0, se identifica el área que reciben iluminación dentro de los criterios de confort

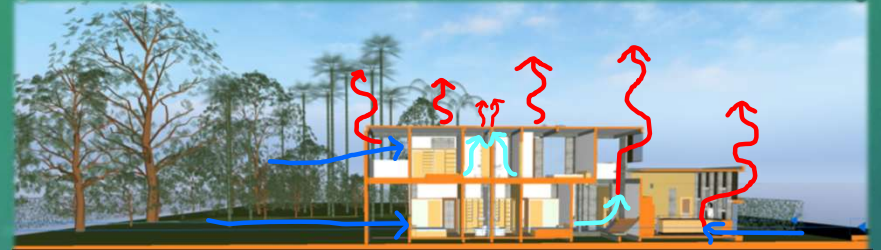


En el modelo de iluminación acumulada para un año a dos metros del piso usando película con transmitancia de 3.0, se identifica el área que reciben iluminación dentro de los criterios de confort

# FLUJO DE VIENTO



Vientos mas fríos y húmedos provenientes del la vegetación ingresan producto de la presión negativa generada por las zonas de ventilación caliente ascendentes.



Vientos mas fríos y húmedos provenientes del la vegetación ingresan producto de la presión negativa generada por las zonas de ventilación caliente ascendentes.

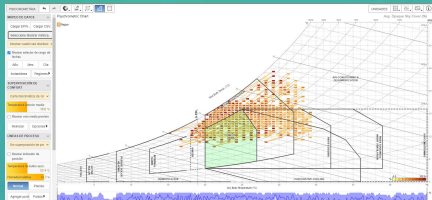
# CONFORT HIGROTÉRMICO

En cuanto al comportamiento del tipo de cielo hay una tendencia a estar nublado con probabilidades de despejarse con baja presión atmosférica y rangos de baja humedad y con tendencia a precipitar con el aumento de la humedad y la temperatura. Esto puede atribuirse a los cambios de alta y baja presión en los ciclos día y noche.

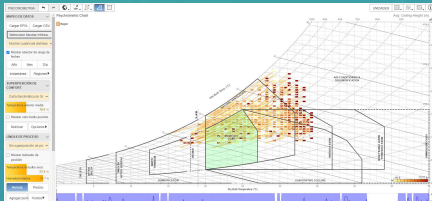
Según EN15251:2007 la zona de confort expresada en una distribución de temperatura y humedad en puntos con datos por hora para un día promediado al año. Permiten una mayor cobertura con en la Predicción del voto Medio (PMV) cobijando hasta un 60% de la predicción anual.

El comportamiento dentro del bosque de galería presenta diferencias respecto a los datos climáticos de la estación climatología, esto permite tener rangos variables a favor en la percepción del confort higrotérmico en el área de influencia del proyecto.

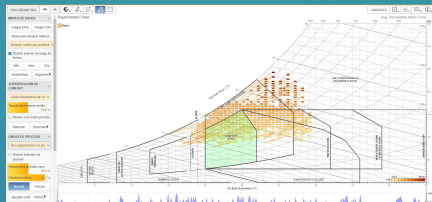
En el modelado de el comportamiento de temperatura y humedad en una carta psicométrica tipo GIVONI podemos percibir una diferencia marcada de las probabilidades de que se presenten condiciones de confort. Esto se debe a la variabilidad del comportamiento climático diurno y nocturno, por esto es prudente hacer análisis por horas para mejorar la percepción de la dinámica climática.



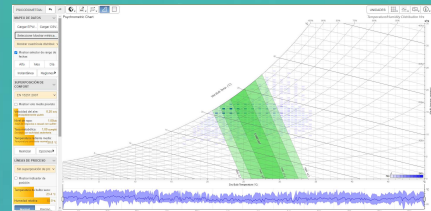
Distribución de cobertura opaca del cielo en una red distribuida con datos por hora para un año. Fuera de la zona de confort en un 70% pero con cobertura del cielo en prácticamente en mas del 80% de los días.



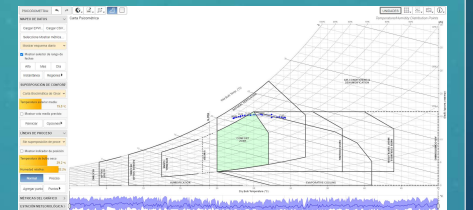
Distribución de la altura del techo en una red distribuida con datos por hora para un año. Fuera de la zona de confort en un 70% pero con una altura de techo predominante en los días mas calurosos.



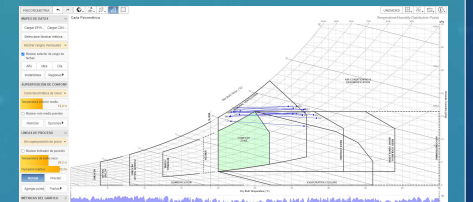
Distribución de agua precipitable en una red distribuida con datos por hora para un año. Fuera de la zona de confort en un 70% con probabilidad alta de precipitaciones abundantes los días mas húmedos y calurosos



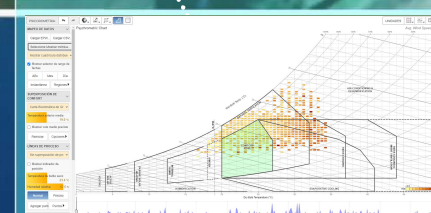
Ecosistema de morichal, Reserva de Carbono en diferentes compartimentos



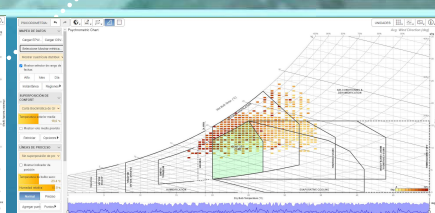
Distribución de temperatura y humedad en puntos con datos por hora para un día promediado al año. Fuera de la zona de confort, corregible con manejo des-humidificación, ventilación pasiva y activa.



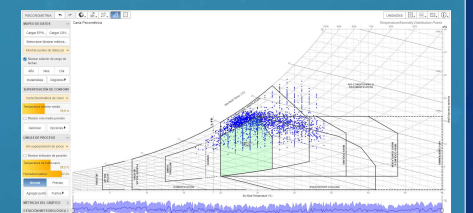
Distribución de temperatura y humedad en puntos con datos promedio por meses. Fuera de la zona de confort, corregible con manejo des-humidificación, ventilación pasiva y activa.



Distribución de la velocidad del viento en una red distribuida con datos por hora para un año. Fuera de la zona de confort en un 70% con probabilidad alta de percibir vientos fuertes con presencia de temperatura alta y humedad baja.



Distribución de la dirección del viento en una red distribuida con datos por hora para un año. Fuera de la zona de confort en un 70% con probabilidad alta de dirección noreste y este con temperaturas altas y humedad baja



Distribución de temperatura y humedad en puntos con datos por hora para un año. Dentro de la zona de confort en un 25%, corregible con manejo des-humidificación, ventilación pasiva y activa.



**7 ENERGÍA RENOVABLE Y NO CONTAMINANTE**

**BOMBA SOLAR**

Bomba solar sumergible para profundidad de 6 metros en un diámetro de 2". Este sistema brinda autonomía ante la inconsistencia en el suministro de energía.



**AHORRO DE AGUA**

**HIDROFLUO**

Bomba hidroneumática de 1/2 caballo 50 litros para implementar accesorios de bajo consumo, eficiencia de consumo. Mantiene presión constante en la red de distribución optimizando el uso del recurso hídrico



**6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO**

**PANTA POTABILIZADORA DE AGUA**

Garantizar suministro de agua con la mejor calidad por medio de la utilización de un sistema de osmosis inversa y ozono. Dadas las características ecosistémicas y del comportamiento hidrogeológico es vital retirar los agentes y vectores biológicos presentes en el agua superficial, infiltrada y subterránea.



**7 ENERGÍA RENOVABLE Y NO CONTAMINANTE**

**ELECTRÓGENO**, **UPS**, **eólico**, **hidro**, **solar**

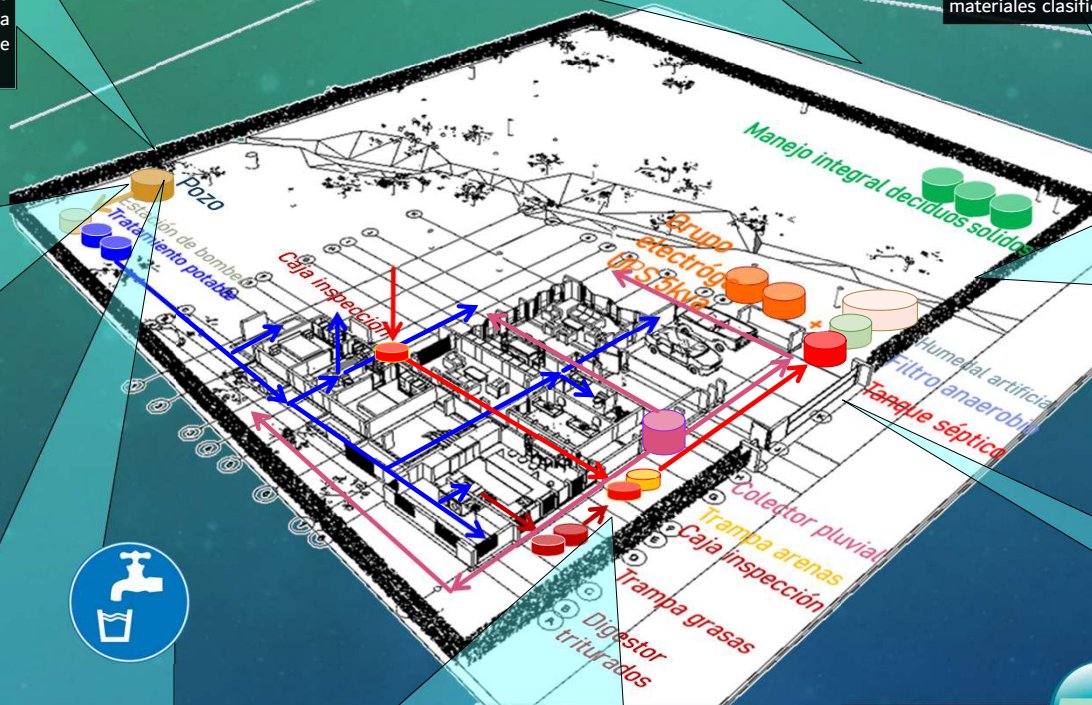
Grupo de equipos electrógeno y UPS de 10KVA para garantizar la continuidad del flujo de energía eléctrica así como apoyos de carga de energías no convencionales. El banco de baterías de respaldo con autonomía para 6 días puede recargarse tanto de la red pública del equipo electrógeno y de las fuentes de generación de energía no convencionales; paneles solares para los días soleados, generadores eólicos útiles en los momentos de lluvia y viento y generación hidráulica aprovechando la alta pluviosidad con las bajantes de aguas lluvias



**SEPARACIÓN CLASIFICACIÓN**, **TRITURADO R**, **COMPACTADO R**, **COMPOSTERO R**

Área para el desarrollo de las actividades de el plan de manejo de los residuos generados en obra y durante la operatividad. las áreas están definidas por las principales actividades; la clasificación es en principio del proceso siguiendo la trituración, la compactación y el compostaje, claramente estas actividades están definidas por las características de los materiales clasificados.

**12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES**




**HUMEDAL ARTIFICIAL**, **SISTEMA INTEGRADO SÉPTICO**

**6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO**

El sistema séptico consta una caja de inspección seguida de un tanque séptico integrado al filtro anaerobio, esto permite la degradación de los lodos y su posterior depuración primaria mediante cultivo de bacterias anaerobias. El proceso de infiltración se hace en un humedal artificial a manera de jardín, donde se depuran los vertimientos con márgenes superiores al 80%.



**TRITURADOR**, **DIGESTOR**

**6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO**

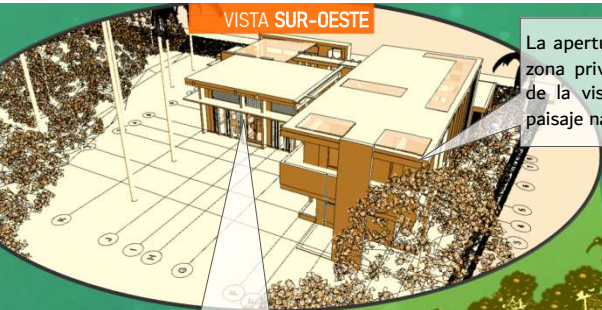
La implementación de triturador en el sistema de desagües del lavaplatos permite minimizar los lodos y sedimentos a lo largo del sistema séptico, esto por medio de un digester y sus respectivas trampas de grasa, cajas de inspección y trampas de arena para retirar los excesos y disponer en los procesos de manejo.



**COLECTOR PLUVIAL**

**AHORRO DE AGUA**

El colector pluvial con capacidad de 1000 litros recibe las aguas lluvias después de pasar por un proceso de filtrado simple con el fin de evitar exceso de sedimentos. Este tanque consta de red de infiltración, suministra a la red de riego y puede ser recargado en temporada seca en el punto de infiltración



VISTA SUR-OESTE

La apertura de los vanos desde la zona privada permiten el disfrute de la visual en primer plano del paisaje natural

Los amplios ventanales permiten el contacto visual permanente del paisaje del bosque de galería, y limitando el acceso visual a la zona privada de manera directa, esto crea da amplitud al al entorno natural amplificando la percepción del área boscosa



FACHADA OESTE

La fachada oeste colinda con un predio en el que pertenece al bosque de galería lo que hace la fachada con la visual del paisaje mas natural y aunque hacia este lugar se encuentran los arboles de mayor porte y un gran grupo de palmas de moriche.



VISTA NOR-OESTE

Las áreas de circulación de la zona privada se orientan al bosque, pero manteniendo la distancia para el manejo de riesgo por contacto con la fauna reptilia y ponzoñosa.



FACHADA SUR

La fachada sur es la antesala en la aproximación de la edificación que permite ver la robustez en comparación con los proyectos aledaños y da una percepción de imponentia y distinción al mismo tiempo que al serrarse visualmente se preside discreción y privacidad.



FACHADA NORTE

La fachada norte colinda con la vía de acceso a otros predios y la percepción al circular por ésta fachada es de una masa boscosa con paisaje predominante de la estructura ecológica nativa tanto en la flora como en la fauna. Aunque la altura de la edificación supera los 6 metros ésta se ve minimizada por la altura del perfil boscoso.



La orientación de la zona de servicios como amortiguador al transito vial y la incidencia de radiación matutina permiten dinamizar una imagen de sombreados horizontales y verticales favoreciendo para crear una imagen diferenciadora en fachada



Elementos verticales para emular las palmas de moriche y la verticalidad de los troncos y crear una lectura homogénea del paisaje, así mismo crear espacios permeables a la movilidad al igual que puede suceder en un entorno de bosque de galería.



VISTA SUR-ESTE



FACHADA ESTE

Durante la aproximación al edificio de manera tangencial, se puede esbozar el contorno de las formas cubicas que contrastan con plano posterior completamente vegetal de manera envolvente. El acceso se encuentra de manera frontal configurando un recorrido directo al la zona de naturaleza lo que permite una relación directa con el paisaje interior desde el área social. la relación del área social de manera directa el bosque de galería y los moriches permiten una percepción del paisaje nativo de primera mano diferenciando lo natural de lo artificial



VISTA NOR-ESTE

## LINEAMIENTOS

1. Desarrollo sostenible del sitio

Implementación de estrategias de mitigación, reparación, restauración, compensación ambiental por medio de procesos constructivos limpios

Excavaciones y movimientos de tierra  
Rellenos  
Limpieza de escorrentía  
Podas, guadañado, limpieza  
Obras paisajistas

2. Calidad ambiental interior

Implementación de estrategias e instalación de sistemas para el óptimo desempeño del confort térmico, acústico, visual que favorezca la calidad de aire durante la etapa constructiva y operativa de la edificación.

Procesos constructivos limpios  
Manejo de finos y volátiles  
Aseo y limpieza

3. Gestión integral de materiales y recursos.

Implementación de las estrategias para el manejo de los residuos sólidos en los procesos constructivos para la optimización de los recursos y la minimización de los impactos negativos en el ambiente y en los costos de ejecución.  
Instalación de sistema de manejo de residuos sólidos.

Clasificación de residuos  
Almacenamiento de residuos  
Disposición o aprovechamiento de residuos  
Optimización de los materiales y recursos

4. Gestión integral del agua

Instalación de sistemas de captación y tratamiento de aguas.  
Instalación de sistemas de captación pluvial  
Instalación de sistemas de manejo y tratamiento de vertimientos.  
Implementación de estrategias de control y optimización del uso del agua en los procesos constructivos y operativos.  
Instalación de sistemas de aparatos de ahorro de agua.

Captación de agua para procesos constructivos  
Aprovechamiento de aguas pluviales en obra  
Puesta en marcha de red hidrosanitaria  
Puesta en marcha del sistema ceptico

5. Gestión integral de la energía y atmósfera

Instalación de sistema híbrido de red de energía.  
Instalación de los sistemas alternativos de generación de energía.  
Instalación de medidores, aparatos de ahorro energético, de autonomía y control.  
Implementación de estrategias de ahorro de consumo energético en construcción y operatividad.

Acometida eléctrica

## RESULTADOS

## MANUAL CONSTRUCTIVO

## Preliminares, descapote, relleno, compactación, nivelación y campamento de obra



El descapote, movimientos de tierra se dispuso en las áreas boscosas para aumentar la cobertura de biomasa de la capa superficial del terreno, de esta manera aprovechar el material vegetal desplazado mecánicamente aumentando el nivel de terreno sobre el nivel máximo de encharcamiento en los momentos con mayor volumen de precipitación. En este proceso no se realiza compactación mecánica ya que debe permitir espacio cavernosos para el desarrollo de procesos ecológicos con el fin de enriquecimiento de nutrientes de manera natural y el aumento de la fauna relacionada a estos procesos.



Para el campamento de obra se utiliza una caceta existente la cual se reubica y se amplía el área de cubierta usando materiales sostenibles locales como la guadua como estructura y la esterilla de guadua como cerramientos y sustento de cubierta, para la impermeabilización de la cubierta se utilizaron lonas de publicidad descartadas y plásticos de segunda mano. Todo esto con el fin de reducir costos en una edificación provisional usando principios sostenibles pero garantizando la protección de los insumos, herramientas y materiales que ahí se almacenan.,



el proceso de relleno y compactación se realiza teniendo en cuenta el funcionamiento hidrogeológico, por lo cual se incorporan cantos rodados provenientes de los afluentes del río Guatiquia, estos se depositan en las zonas más anegables y propensas a la licuefacción, profundizando el material hasta las capas más estables del terreno aproximadamente 1,20m. Este proceso se hace en capas consecutivas intercaladas por la distribución con retroexcavadora y vibro compactación con rodillo de 8 toneladas, esto permite una compactación uniforme con cavidades filtrantes que permitan el flujo de natural de las aguas subterráneas y evitar el aumento de el nivel freático por impactos a esta estructura hidrogeológica.

Posteriormente, cuando la compactación ya no presenta licuefacción se procede a reducir la granulometría del material de relleno, esto con el fin de ir realizando capas extendidas consecutivamente con su respectiva compactación para lograr la nivelación esperada evitando sumideros y encharcamientos no deseados.



El área de almacenamiento de materiales, insumos y herramientas dispone el espacio necesario para la disposición ordenamiento y clasificación. Permite el orden y seguridad manejado por un operario.



El área de trabajo para realizar actividades que requieran sombra y protección solar en las etapas preliminares



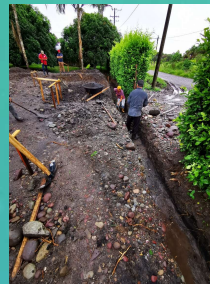
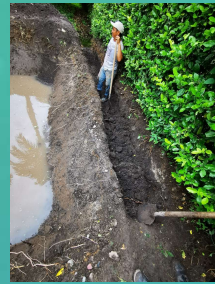
Área de cocina, alimentación y descanso. En esta área se dispone hornilla y ubicación de menaje así como un áreas de hidratación y descanso donde los operarios pueden descansar mientras consumen sus alimentos.



El área de almacenamiento y clasificación de los residuos manejables de obra, así mismo se dispuso de un espacio al aire libre frente de este espacio para ubicar los materiales mas voluminosos como madera, hierro, tuberías etc.

# Sistema séptico con humedal artificial y sistema de aprovechamiento pluvial

Drenajes pluviales: definidos por el análisis de comportamiento de las aguas superficiales y encharcamientos, esto con el fin de drenar la superficie y mantener libre de empozamientos las áreas susceptibles a este comportamiento. Consta de excavación con gradiente, geotextil, piedra de 6", capa de gravilla de 1/4" y posterior sellado y recubrimiento



Instalación de tanque pluvial, consta de una excavación ubicación y nivelación del tanque y posterior instalación de sistema de infiltración de los exesos de aguas pluviales. Algo importante que resultado como imprevisto fue que al momento de realizar la excavación se encontró con una vena de agua por lo cual se decidió realizar la recarga hídrica del acuífero en este mismo punto así como una toma de agua para el suministro del sistema en la temporada seca.



Instalación de sistema séptico consta de un tanque combinado séptico y anaeróbico, lo que permite una depuración acorde al volumen de vertimientos de la edificación.

Adicionalmente es sistema esta inmerso en un humedal artificial aislado del suelo con geo membrana evitando la filtración de los vertimientos y garantizando un máximo de depuración al momento de verter al medio natural por medio de un sistema de infiltración.



El sistema séptico convencional consta de tramos lineares entre cajas de inspección con pendientes dentro los parámetros requeridos a los diámetros instalados permitiendo la probabilidad de mantenimiento en caso de obstrucciones. Las obstrucciones mas comunes en esta región es por la intrusión de especies reptiles que acceden en estado larvario o muy pequeño, creciendo hasta el punto de morir asfixiados y obstruyendo el sistema. Por eso este sistema es completamente sellado para evitar el acceso desde el exterior, la única probabilidad es que accedan desde al interior por los desagües. Por esta razón se instalan rejillas que eviten esta situación.

## Cimentación flotada: placa monolítica de 4000psi



Armado de vigas perimetrales y formaleas metálicas y de madera. Se obtiene por una viga perimetral de 35cm de altura y placas de piso de 15cm de espesor. Por lo que se requiere un relleno de material medio fuertemente compactado. La totalidad de la superficie inferior de la estructura en concreto es aislada del suelo con polietileno.



con el armado de acero de vigas y placas debidamente soportado e impermeabilizado se realiza el vaciado del concreto de planta con una resistencia de 4000psi, con aditivo impermeabilizante por polimerización y acelerado a 7 días, con la finalidad de generar una losa flotante monolítica impermeable. Este sistema de cimentación permite el correcto funcionamiento del acuífero evitando aumentos en el nivel máximo de acumulación de aguas en las temporadas con mayor volumen de precipitación. Para el caso del comportamiento ante los sismos se puede demostrar que al aislar la estructura de las capas arcillosas se reduce la incidencia de ondas sísmicas ya que estas no se transfieren en materiales pétreos con la misma dinámica.



Posterior a la instalación de la red del sistema séptico se rellena con material fino fuertemente compactado y nivelado, se incorpora polietileno para la impermeabilización de los efectos por capilaridad, y se dispone sobre este la malla electrosoldada y el acero de refuerzo para terminar con los ductos de la red eléctrica.

## Estructuras. Entrepisos y cubierta

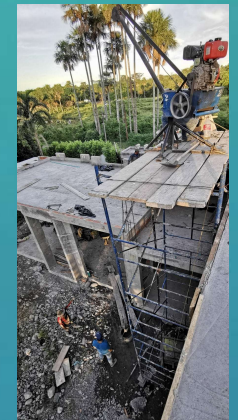
Las columnas se definen como pantallas perpendiculares entre si y en forma de L en las esquinas para mejorar el comportamiento estructural, permitiendo superficies continuas en los cerramientos entre la estructura y la mampostería. El proceso de mezcal se realiza en obra con una resistencia de 3000psi y aditivo de aceleramiento a 7 días, se uso encofrado metalico para dar un terminado liso, el curado se realiza vinipelando las pantallas para evitar el re secamiento.



En los entrepisos se usa vigas perimetrales en concreto armado y se incorpora vigas en madera nativa y formaletea con laminas de madera nacional fusionadas a la estructura para dar un terminado de cielorraso y mejorar el comportamiento térmico y acústico de los espacios interiores. El uso de las laminas incorporadas a la estructura reducen los costos ambientales evitando el gasto de materiales y de madera que se pierde después del desencofrado.



Las cubiertas al igual que los entrepisos están compuestas por laminas de madera con impermeabilizante de polietileno para evitar absorción de la humedad del concreto en el momento de la fundición así como en el tiempo expuesto a la intemperie. El concreto de las cubiertas tiene aditivo de impermeabilización por cristalización para mejorar el comportamiento a la extrema exposición aun clima con alta pluviosidad y alta radiación solar



Los procesos constructivos fueron realizados por personas de la ciudad para incentivar la economía local, de igual manera se apoyo a los tenderos locales para ayudar con la economía del sector. De igual manera se busco los proveedores de insumos y materiales con la menor distancia para reducir los costos ambientales por uso de combustibles fósiles.

# Mampostería y pañetes

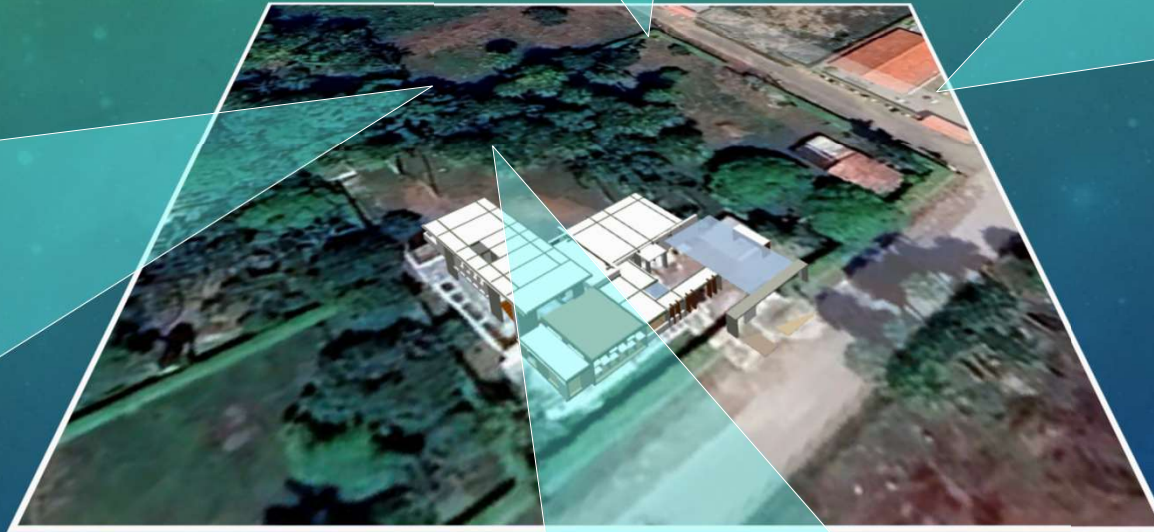
En el desarrollo de la edificación y en sus procesos constructivos a generado mitigación de cualquier impacto al medio natural y ecológico, se an observado todo tipo de especies endémicas por el corredor ecológico. Se ha instruido a los trabajadores el cuidado y respeto por la ecología del lugar.

De igual manera se ha dado un buen manejo a los residuos y a los efectos generados de las actividades de obra como lo es la polución del aire y ruido.

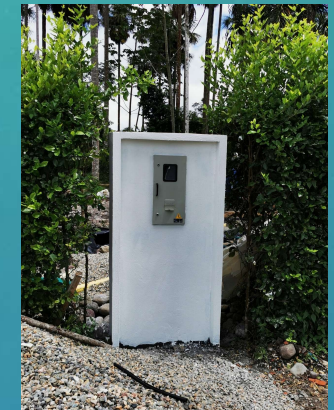
El sistema séptico fue el primer sistema en poner en marcha para evitar vertimientos no manejables.



El concreto es un material con un coeficiente de trasmisibilidad térmica adecuada para la disipación de la radiación absorbida por la exposición solar, de igual manera el bloque de arcilla aligerado y la madera disminuyen drásticamente la energía transmitida mejorando la calidad del confort al interior de la edificación.



La mampostería se fabrica en un municipio aledaño, lo que permite reforzar el crecimiento de la cadena productiva local. Estos bloques de arcilla cocida huecos permiten un mejor comportamiento para el control de las altas temperaturas mejorando la calidad del confort al interior de los espacios.



El sistema de redes electricas esta diseñado para incorporar un sistema de respaldo y diferentes herramientas de generación no convencional de energía.

Esto responde a la necesidad de garantizar energía eléctrica 24/7 ya que la red de distribución pública presenta continuas interrupciones del suministro de energía.

Para este fin se incorporo en un 100% iluminación led para poder implementar el uno de sistemas de respaldo.

## Obra blanca: blanqueo, pintura de madera, alistados de piso

Blanqueo de fachadas con pinturas de alta adhesividad que permitan un mejor desempeño de las siguientes capas y sellen los poros del concreto para evitar hongos, mohos y líquenes, que son patologías muy comunes por la cercanía al bisque.

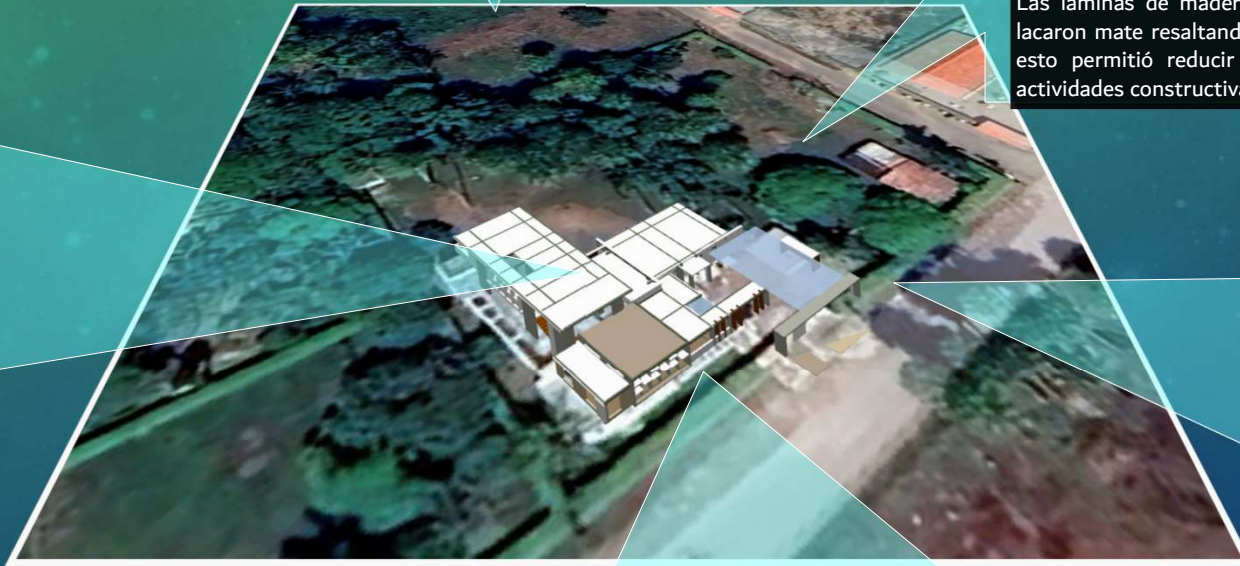


Las laminas de madera que sirvieron como encofrado se lacaron mate resaltando la madera a manera de ciellorraso, esto permitió reducir costos de ejecución y reduciendo actividades constructivas.

La actividad de los alistados definen las cotas de piso terminado permitiendo el avance con las actividades de enchapes, carpintería de muebles, puertas y ventanas.



Punto fijo flotado fundido en viga de concreto realizado con dos piezas de madera nativa



Desde el punto de vista de la calidad ambiental de los espacios de trabajo de la obra, el blanqueamiento reduce en un 90% la polución de material particulado derivado de las actividades constructivas previas. Además de la calidad ambiental mejora la calidad del paisaje y definiendo el perfil volumétrico y el contorno en el entorno.



## Obra blanca: pintura, enchapes, carpintería



La fachada de la cocina recibe la luz solar de la mañana, tiene elementos horizontales y verticales que controlan el exceso de ganancia calórica sin reducir la iluminación natural en las horas de la tarde y permitiendo la ventilación natural.



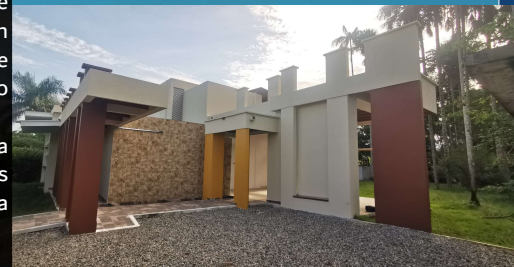
La edificación pretende cierta hermeticidad, un imagen de cierta distancia y diferenciación con el ambiente circundante, no solamente para resaltar en el paisaje, sino también por la necesidad de mantener distancia con el corredor ecológico. Es importante controlar el acceso de insectos, estos son abundantes, algunos son vectores de propagación de enfermedades, accidentes ponzoñosos y ataque a la madera. Los reptiles suelen ser de alto riesgo por accidente ofídico o en busca de alimento tapar drenajes. Los anfibios pueden abundar por temporadas pueden ingresar por pequeños espacios y atraer predadores. Algunos mamífero marsupiales buscaran alimento y roerán para hallarlo. Mamíferos voladores y aves crean nidos, generan suciedad, patógenos, excrementos corrosivos y atraen predadores. Arácnidos, escorpiones y garrapatas suelen infestar los rincones generando suciedad, son vectores de riesgo por enfermedades tropicales y accidentes tóxicos.



Elementos de ventilación natural e iluminación a la zona de lavado dan privacidad y generan un ambiente propicio para la actividad al interior.



Para los espacio de estacionamiento se uso gravilla para reducir las áreas duras y reducir la isla de calor, también mejorar la capacidad de absorción pluvial reduciendo las probabilidades de encharcamiento y facilitando el correcto comportamiento de la estructura hidrogeológica. Se rellena, nivela y empedra el área circundante a la edificación para proteger las redes y sistemas instalados así como un fácil acceso para mantenimientos y reparaciones.



Acceso principal a el área social con un remate directo a los elementos verticales vegetales creando un símil en la lectura de los elementos naturales y artificiales.



Acceso indirecto a el área deservicio permite acceder a el área privada por medio de elementos verticales que asemejan el transito por un paso arbolado.

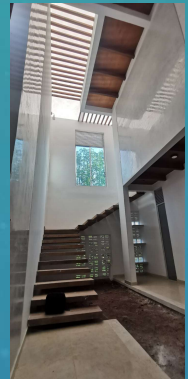
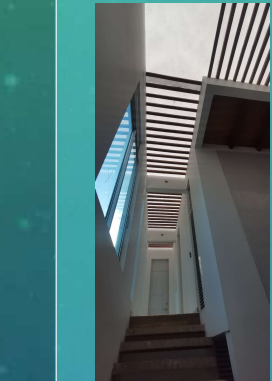
## Espacio interior

El punto fijo esta dispuesto al interior del volumen mas alto permitiendo una percepción de doble altura y conduciendo el flujo de calor hacia este punto funcionando como una chimenea de ventilación. En este espacio se plantea un pequeño jardín con plantas oxigenadoras. El lucernario cenital permite una iluminación natural a lo largo del día.

Las habitaciones y el baño conservan el mismo estilo de acabados. El baño cuenta con una iluminación cenital para reducir el uso de iluminación artificial.

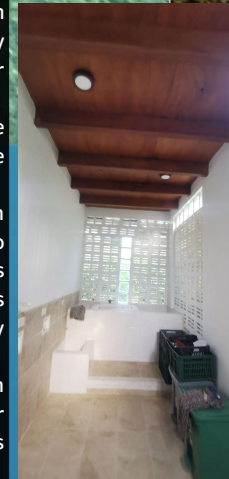


El área de circulación y el estudio cuentan con vanos estrechos que favorezcan al sombreado en el trascurso del paso del sol. Se busca generar un contacto visual con el bosque para crear un ambiente tranquilo e iluminado que permita un buen desempeño de las actividades que aquí se van a desarrollar.



En el área social de la zona privada se encuentra la sala de televisión , esta área tiene una visual directa e la zona del bosque permitiendo la posibilidad de la contemplación del paisaje natural bajo el resguardo de la inclemencia del clima, ya sea de la lluvia o del sol de la tarde. Aunque hay una incidencia de radiación solar se ha utilizado una película en el cristal para reducir la ganancia calórica. Para mejorar la seguridad y evitar accidentes se dispuso de vidrios laminados 3+3. Los envolventes de este espacio están restringidos de la radiación directa del sol, por lo que se ventila de manera pasiva por presión positiva y la circulación de aire de los espacios circundantes.

El patio de ropas cuenta con celosías para la ventilación pasiva y se ilumina de manera indirecta por bloques de vidrio. Se busca mantener un ambiente propicio para el lavado y secado de prendas de vestir. El área de alberca cuenta con un espacio amplio para lavado a mano así como un lavador de traperos que evita cruzar los vectores producto de la limpieza de pisos y demas. Adicionalmente se dispone de un espacio para disponer y clasificar los residuos producto de las distintas actividades del hábitat.



El área de cocina cuenta con fachada al oriente que permite el acceso de iluminación natural abundante a lo largo del día, esta fachada dispone de elementos verticales y horizontal acompañados de persianas para mitigar los exesos de radiación directa en horas de la mañana. Adicionalmente se ha incorporado películas de protección uv para mejorar el comportamiento térmico de este espacio.



## LINEAMIENTOS

## III. OPERATIVIDAD

1. Desarrollo sostenible del sitio

Seguimiento y monitoreo de la calidad medioambiental por medio de herramientas y sistemas de información

Medición de calidad ambiental interior y exterior

2. Calidad ambiental interior

Seguimiento y monitoreo de la calidad del aire interior. Seguimiento y monitoreo del comportamiento de los índices esperados de confort térmico, acústico y visual.

Monitoreo de calidad del aire

3. Gestión integral de materiales y recursos.

Implementación de estrategias de manejo de residuos en la fase operativa.  
Monitoreo del comportamiento y desgaste de los materiales para los mantenimientos preventivos que permitan el óptimo desempeño funcional de la edificación.

Monitoreo de manejo de residuos  
Monitoreo de sistemas y estructura

4. Gestión integral del agua

Seguimiento y monitoreo de la calidad del aguas captadas, y de las aguas servidas.  
Monitoreo de las estrategias de ahorro de agua.

Monitoreo de calidad de agua

5. Gestión integral de la energía y atmosfera

Seguimiento y monitoreo del sistema eléctrico híbrido y de los sistemas alternativos de generación.  
implementación de las estrategias de ahorro, control y autonomía energética

Monitoreo de eficiencia energética

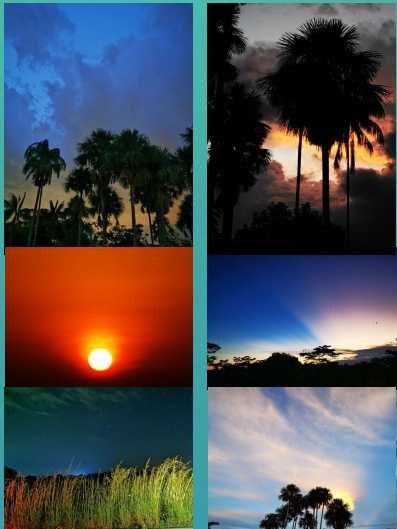
## RESULTADOS

## MANUAL OPERATIVO

## Calidad ambiental

La presencia de una gran variedad de fauna silvestre es el mejor indicador de la calidad ambiental, es evidente la abundancia de especies nativas en especial los insectos y anfibios por que estos serian los mas vulnerables a efectos de contaminación en agua y aire, sin embargo su presencia denota una alta capacidad de renaturalización. Una del las actividades programadas a sido la restauración del bosque de galería así como la mitigación de cualquier impacto hacia el sistema ecológico.

Es importante recalcar en la necesidad de mantener un grado de hermeticidad del hábitat humano hacia el hábitat eco sistémico para evitar impactos negativos o accidentes dada la complejidad de la biodiversidad del lugar.



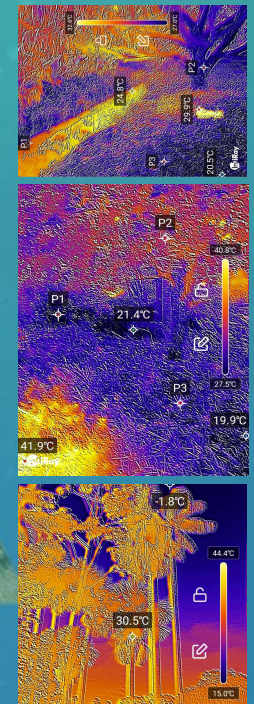
En los diferentes planos de percepción visual del paisaje se puede resaltar el paisaje lejano y atmosférico como uno de los potenciales atractivos, estos suelen ser dinámicos y contrastantes en el transcurso del año, desde los amaneceres y los atardeceres, así como las vistas nocturnas de verano en donde la escases de contaminación lumínica permiten disfrutar de la bóveda celeste con gran claridad.

Las vistas cercanas del bosque de galería y el morichal se mantienen siempre verdes por la presencia del caño veranero, lo que atrae un gran numero de especies de aves que en busca de alimento y refugio brindan un paisaje sonoro cambiante en cada hora del día y con variedad en distintas épocas del año así como el constante sonido de las hojas al viento y el crujir de las palmas hacen que este lugar haga honor al *embrujo llanero*.



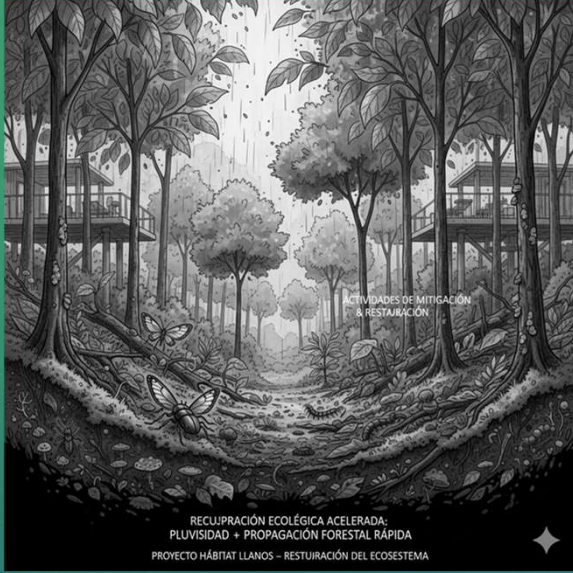
La rápida recuperación de este tipo de bosque y estructura ecológica se basa en la alta pluviosidad a lo largo del año y los increíbles sistemas de propagación forestal que permiten tanto una eficiente germinación como un rápido crecimiento. Algunas especies de arbustos y arboles son de rápido crecimiento y crean rápidamente capas de detritus y biomasa que dan sustento a el desarrollo de las especies de mas lento crecimiento. Todo esto acompañado del desarrollo de especies menores y una gran variedad de especies de insectos, hongos, líquenes, artrópodos y demás.

En general se evidencia una rápida restauración del hábitat natural y del ecosistema, ayudado por las actividades de mitigación, restauración y compensación ambiental implementadas en este proyecto.

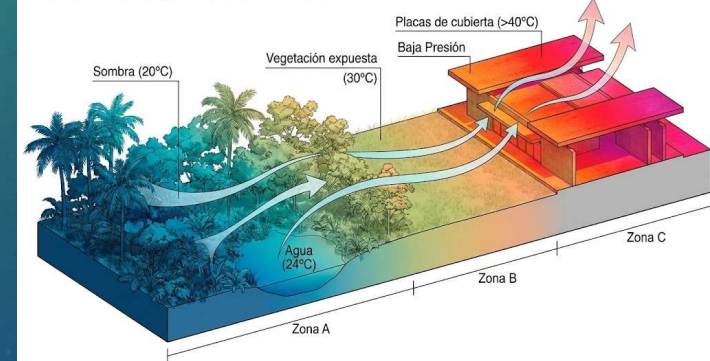


Las superficies sombreadas cuentan con una temperatura muy confortable de unos 20°C el cuerpo de agua ronda los 24°C, la temperatura de la vegetación puede llegar a 30°C y los follajes y empedrados rondan los 40°C.

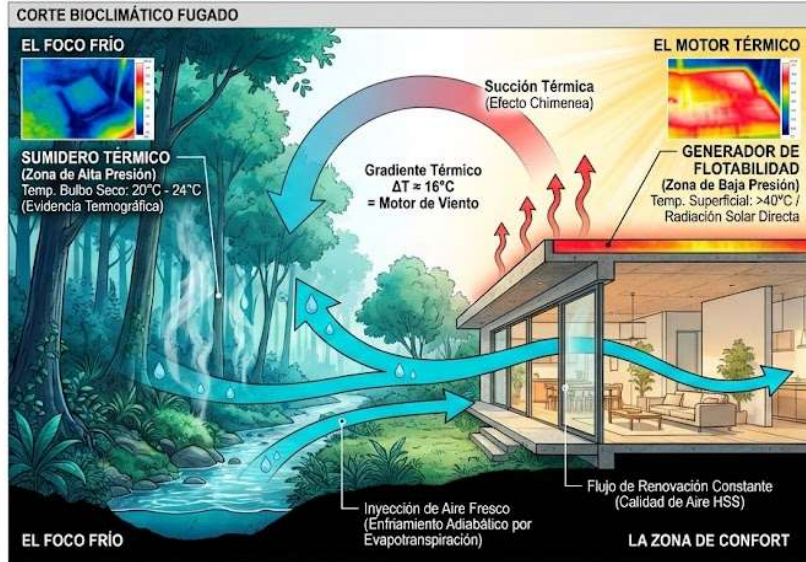
Este ambiente mic roclimático es una fuente de brisa fresca que es succionada por la baja presión que se genera en las islas de calor de las placas de cubierta.



### Ciclo de Ventilación por Diferencial Térmico



## Mecánica de Fluidos y Estrategias HSS: El Ecosistema como Motor de Climatización



### PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS DEL DISEÑO

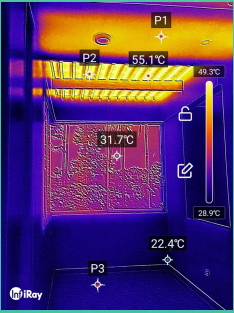
- **Generación de Gradiente ( $\Delta T$ ):** El sistema explota la diferencia de densidad entre el aire frío del bosque (24°C) y el aire sobrecalentado de la cubierta (40°C+).
- **Motor de Flotabilidad (Buoyancy):** La radiación solar en cubierta actúa como "combustible", calentando el aire y forzando su ascenso, creando una zona de baja presión (succión).
- **Enfriamiento Adiabático:** El aire de inyección no solo es movido, sino enfriado activamente al ceder calor sensible para evaporar la humedad del sotobosque (efecto botijo).

### CUMPLIMIENTO ESTRATEGIAS HSS (Hábitat Sustentable y Saludable)

- **Eficiencia Energética Neta:** Climatización pasiva durante las horas de mayor radiación solar, eliminando la dependencia de sistemas mecánicos activos (Aire Acondicionado).
- **Salud y Calidad del Aire Interior:** Sistema de "flujo único" que garantiza altas tasas de renovación de aire (ACH), diluyendo patógenos y CO2 en lugar de recircularlos.
- **Resiliencia Biofílica:** La biodiversidad y el bosque de galería pasan de ser elementos paisajísticos a ser infraestructura funcional crítica para el desempeño térmico del edificio.



# Comportamiento térmico de la edificación horas de la mañana

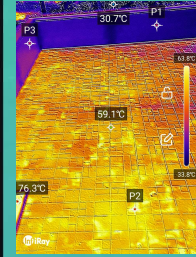


La habitación de estudio en el segundo nivel y es el espacio que recibe mayor radiación solar en horas de la mañana por su orientación al occidente. Las superficies acristaladas en la cubierta son las de mayor ganancia calórica con temperaturas superiores a los 50°C, la placa de concreto de 10cm con la lamina de madera de 14mm con temperaturas de 40°C

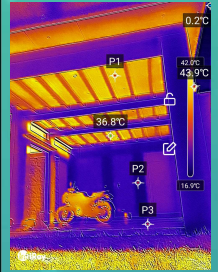


La isla de calor generada por el triturado de pétreos oscilan en temperaturas entre 45°C y el prado entre 30°C, esto difiere de la temperatura de los cerramientos que ronda los 25°C.

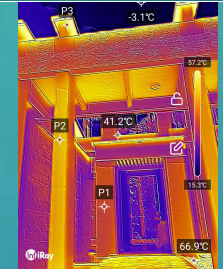
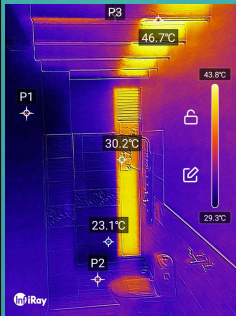
La superficie superior de la placa de cubierta tiene una ganancia térmica a lo largo del día, por lo que se considera una isla de calor. Para el caso de esta área se desarrolla la actividad de terraza por lo que se plantea la utilización de mobiliario tipo mesa con parasol y materas con palmas para mitigar con sombra los efectos negativos de su condición térmica.



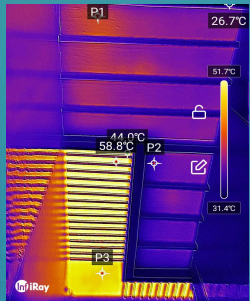
La ventilación cruzada en la parte superior de los cerramientos perimetrales permiten la rápida disipación de calor liberada por la placa de cubierta del salón social, tanto la madera estructural y la estructural de concreto manifiestan una transividad negativa por las menor temperatura transmitida desde el suelo. Esto manifiesta un buen comportamiento térmico que favorece la percepción de confort higrotérmico en horas de la tarde



En los baños de el segundo nivel las superficies acristaladas tienen la mayor ganancia calórica, en el plano cenital por encima de los 45°C y en los vanos verticales de 30°C. La estructura de madera ronda los 40°C y los cerramientos en concreto y mampostería se encuentran por debajo de los 25°C. La presencia de iluminación natural favorece a la desafección por rayos UV aumentando la temperatura de la superficie en horas desde las 9AM hasta las 4PM, sin embargo se ve comenzado por el comportamiento de los cerramientos que permanecen con baja emisión de calor a lo largo del día.

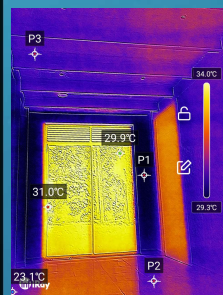


En la fachada principal los elementos verticales crean una sombra dinámica diaria donde las superficies disipan rápidamente en energía radiante, de igual manera al ser esbeltas y prolongadas (en perfil de corte horizontal) tardan menor tiempo en disipar la energía calórica recibida.

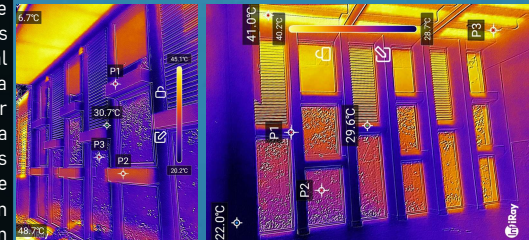


Las superficies acristaladas superan los 50°C de temperatura, la placa de cubierta tiene temperaturas por encima de los 40°C sin embargo los elementos estructurales de madera y los envolventes tienen temperaturas en el orden de los 25°C. Las superficies de cristal se han instalado de manera flotada evitando el contacto directo con la estructura de concreto y la madera, esto evita la transmisión de calor por contacto entre un material y otro, además que permite la circulación de aire lo que mejora los procesos de reducción de calor convección.

En horas de la mañana la sala social o de televisión mantiene una temperatura general en superficies no superior a 30°C en las superficies, sin embargo se presenta en aumento en la carpintería metálica y el cristal del vano que permite la iluminación natural. En general el concreto manifiesta un buen comportamiento térmico para mantener un rango acorde con las necesidades de confort en los usuarios de este espacio.



La fachada de la cocina mantiene in rango de temperatura entre los 30°C en todos sus componentes, sin embargo al interior se manifiesta en la placa de cubierta una temperatura por encima de los 40°C, la ventilación cruzada con las persiana piso y techo permite una disipación por convección que no incrementa la percepción de temperatura al interior.



# Síntesis: Comportamiento Térmico de la Edificación en Horas de la Mañana: Resumen Ilustrado

## 1. Cubierta y Zonas Superiores (Puntos Críticos de Calor)



- **Placa de cubierta y superficies acristaladas:** Mayor ganancia calórica, superando los 50°C [cite: 1].
- **Isla de calor en la cubierta durante el día,** mitigada con mobiliario y sombra [cite: 1].



- **Habitación de estudio en segundo nivel:** Mayor radiación solar por orientación occidente [cite: 1].



- **Triturado pétreo en exteriores:** Temperaturas entre 45°C y 30°C, difiriendo de los cerramientos cercanos a 25°C [cite: 1].

## 2. Fachadas y Zonas Intermedias (Comportamiento Variado)



- **Fachada Principal:** Elementos verticales crean sombra dinámica, superficies disipan calor rápidamente [cite: 1].



- **Superficies Acristaladas:** Superan los 50°C, con placas de cubierta por encima de los 40°C [cite: 1].



- **Baños Segundo Nivel:** Cerramientos en concreto y mampostería por debajo de 25°C, vanos verticales de 30°C [cite: 1].



- **Fachada Cocina:** Placa de cubierta por encima de 40°C, pero cerramientos y componentes por debajo de 30°C [cite: 1].

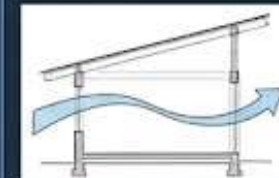
## 3. Zonas Bajas y Estrategias (Eficiencia y Ventilación)



- **Sala Social:** Mantiene temperatura general en superficies no superior a 30°C, con aumento en carpintería metálica [cite: 1].

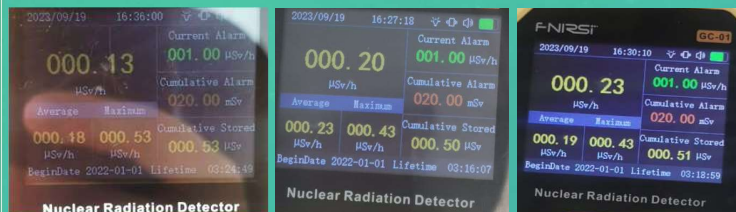


- **Estructura de Madera y Cerramientos:** Buen comportamiento térmico, temperaturas alrededor de 25°C [cite: 1].



- **Ventilación Cruzada:** Permite disipación de calor en cerramientos perimetrales y placa de cubierta del salón social [cite: 1].
- **Estrategias:** Instalación flotada de superficies de cristal para evitar contacto directo y favorecer circulación de aire [cite: 1].

# Monitoreo de calidad ambiental horas de la mañana



La exposición a la radiación ionizante esta definida por la exposición a la radiación solar directa ya que esta contiene una cantidad baja que no supera los 0,54 uSv/h para este estudio. En general en los exteriores se presentan los máximos pero en el interior bajo la protección de las placas de cubierta se perciben rangos que no superan lo 0,20 uSv/h, por esto se aconseja no exponerse prolongadamente al los rayos directos del sol especialmente entre 10am a las 2 pm que son los rangos en que el sol esta pas perpendicular y genera la mayor incidencia directa.



Los equipos utilizados para las mediciones de seguimiento y control de la eficiencia energética y ambiental son: cámara termo grafica, termómetro digital, higrómetro, anemómetro, detector de radiación, medidor de campos magnéticos, medidor campos eléctricos, calidad de aire (CO2, HCHO, TVOC, CO, PM2.5, PAM1.0, PM10, temperatura) calidad de agua (TDS, EC, PH, PPM, Salinidad, temperatura)



La calidad del air se encuentra dentro de los parámetros aseguibles, en especial en las áreas interiores, pero es en las cercanías a la vía de acceso al condominio que por no estar con capa asfaltada genera material participado producto del carreteo de los vehículos que por allí transitan. En general no se presenta presencia de VOC'S lo brinda una buena calidad de aire para el uso de acondicionamiento de aire.



El microclima bajo el follaje do los arboles esta por el orden de 65% de humedad relativa, H-field 0, E-field 3, 32°C, PM2.5 21 ug/m3, PM1.0 15 ug/m3, PM10 24 ug/m3, CO2 412 ppm, HCHO 0.003 mg/m3, TVOC 0.007 mg/m3, y sievert 30 uSv/h.



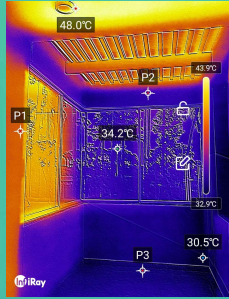
Al interior del habitado no se registran hongas electromagnéticas de pero en el exterior se perciben algunas hongas tanto eléctricas como magnéticas que no se consideran perjudiciales para la salud. Se puede afirmar que en las horas dela mañana se considera que el ambiente interior y exterior esta libre de hongas electromagnéticas perjudiciales o que afecten la salud en humanos.

La calidad de agua se encuentra dentro de los parámetros a acepción de el PH que es un poco alcalino con un 8.46, la salinidad 0.03, con 339 ppm, conductividad 681 todo con una temperatura de 29.2°C.

En general se debe regular el PH a 7 ya que un aumento por alcalinidad puede resultar en un mantenimiento por preventivo semestralmente, con la finalidad de evitar colmataciones y obstrucciones por calcificación. Es entonces una prioridad ajustar los procesos de filtrado y potabilización para regular el PH y así garantizar la salubridad de los usuarios.

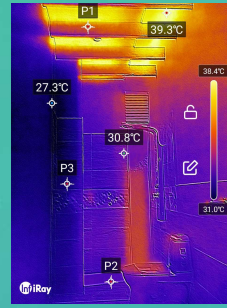


# Comportamiento térmico de la edificación horas de la tarde

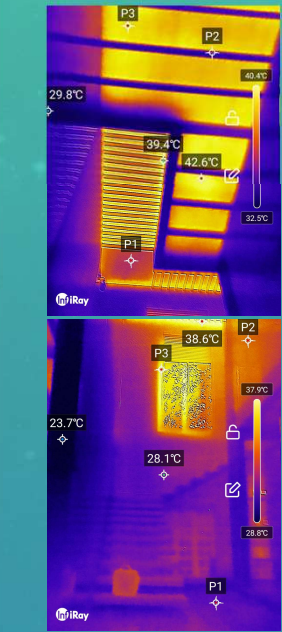


El estudio en el segundo nivel presenta la mayor temperatura en las superficies acristaladas y en la estructura de concreto pero manifiesta un rango menor en los mampuestos. De igual manera los cristales y carpintería metálica no expuestos a la ganancia calórica presentan un rango menor de emisión de calor. En este caso a estas horas es conveniente la apertura de los vanos para garantizar un flujo cruzado de ventilación que favorezca a la disipación del calor por convección.

Aumento significativo en la superficie de la placa de cubierta, la estructura de madera disipa algo de calor. La superficie de los cerramientos mantienen un rango menor de temperatura, se evidencia poca transmisión de temperatura desde la placa a las paredes, aunque el vano cenital permite el acceso de luz natural, no se percibe una ganancia calórica significativa en las superficies de los cerramientos.

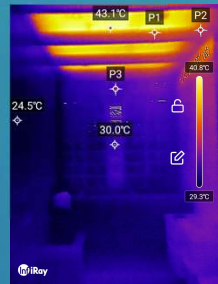


Una notoria emisión de calor en algunos elementos de la fachada occidental, especialmente en los elementos estructurales de concreto y en menor medida en la mampostería, el cristal es el materia principalmente con mayor emisividad de con temperaturas superiores a los 45°C. Los elementos que han recibido sombra son los que tienen menor ganancia calórica.

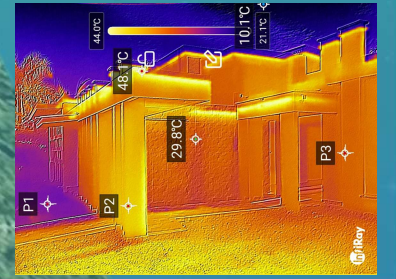


El punto fijo presenta zona de alta presión cerca al suelo y de alta presión en la cercanía a la cubierta, esto permite crear el flujo de aire desde las áreas de jardín que se comunican por medio de ventilación cruzada.

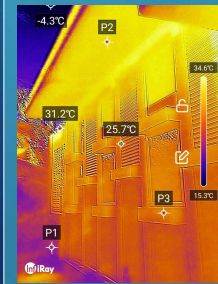
Esta área presenta un buen comportamiento en los cerramientos y en la placa de cubierta la temperatura radiante supera los 40°C. La ventilación cruzada por los calados permiten una pronta reducción en la temperatura por convección.



Los elementos superiores como las alfajías presentan una alta ganancia calórica a lo largo del día. Los cerramientos que han recibido sombra pasado el medio día manifiestan una reducción de la temperatura en cerca al suelo.



En la fachada de la cocina se puede notar un aumento en la temperatura de cubierta, pero disminuye en la parte inferior. Al interior en la placa de cubierta la temperatura ronda los 40°C con una reducción de hasta 10°C en la estructura de madera y aun mas en las estructuras de concreto. Se evidencia un buen comportamiento térmico en el piso y las bases de columnas y muros lo que permite mantener la disipación de las altas temperaturas fomentadas por la ventilación cruzada



# Monitoreo de calidad ambiental horas de la tarde



La exposición a la radiación ionizante esta definida por la exposición a la radiación solar directa ya que esta contiene una cantidad baja que no supera los 0.54 uSv/h para este estudio, En general en los exteriores se presentan los máximos pero en el interior bajo la protección de las placas de cubierta se perciben rangos que no superan lo 20 uSv/h, por esto se aconseja no exponerse prolongadamente al los rayos directos del sol especialmente entre 10am a las 2 pm que son los rangos en que el sol esta pas perpendicular y genera la mayor incidencia directa.



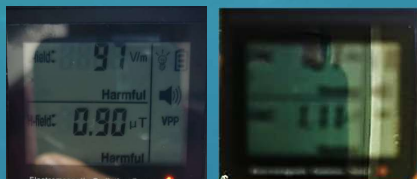
Los equipos utilizados para las mediciones de seguimiento y control de la eficiencia energética y ambiental son: cámara termo grafica, termómetro digital, higrómetro, anemómetro, detector de radiación, medidor de campos magnéticos, medidor campos eléctricos, calidad de aire (CO2, HCHO, TVOC, CO, PM2.5, PAM1.0, PM10, temperatura) calidad de agua (TDS, EC, PH, PPM, Salinidad, temperatura)



La calidad del air se encuentra dentro de los parámetros asequibles, en especial en las áreas interiores, pero es en las cercanías a la vía de acceso al condominio que por no estar con capa asfaltada genera material participado producto del carreteo de los vehículos que por allí transitan. En general no se presenta presencia de VOC'S lo brinda una buena calidad de aire para el uso de acondicionamiento de aire.



El microclima bajo el follaje de los arboles esta por el orden de 65% de humedad relativa, H-field 0, E-field 3, 32°C, PM2.5 21 ug/m3, PM1.0 15 ug/m3, PM10 24 ug/m3, CO2 412 ppm, HCHO 0.003 mg/m3, TVOC 0.007 mg/m3, y sievert 30 uSv/h.



Al interior del habitad no se registran hondas electromagnéticas de pero en el exterior se perciben algunas hondas tanto eléctricas como magnéticas que se consideran perjudiciales para la salud. Los rangos de radiación magnética superan los 1.11uT lo que se puede considerar como perjudicial, los rangos por radiación eléctrica superan los 100V/m. Se puede deducir que la fuente de dicha contaminación es un transformador que se encuentra a 30m aproximadamente.

La calidad de agua se encuentra dentro de los parámetros a acepción de el PH que es un poco alcalino con un 8.46, la salinidad 0.03, con 339 ppm, conductividad 681 todo con una temperatura de 29.2°C. En general se debe regular el PH a 7 ya que un aumento por alcalinidad puede resultar en un mantenimiento por preventivo semestralmente, con la finalidad de evitar colmataciones y obstrucciones por calcificación. Es entonces una prioridad ajustar los procesos de filtrado y potabilización para regular el PH y así garantizar la salubridad de los usuarios.



# MODELO ESTRATÉGICO DE DISEÑO HSS

LINEAMIENTOS, ESTRATEGIAS, METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN APLICADA A UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE EN COLOMBIA



Caso de estudio: Hábitat Rural Sustentable Ubicado en la Llanura Aluvial de la Cuenca Media del Río Ocoa - Villavicencio