

# **Agentes ambientales en construcciones en bambú guadua, metodología de intervención, mantenimiento y prevención**

## **Environmental agents in bamboo building, intervention methodology, maintenance and prevention**

**Manuel Fernando Martínez Forero**

Universidad La Gran Colombia, Investigador Principal,

[manuel.martinez@ugc.edu.co](mailto:manuel.martinez@ugc.edu.co)

**Liliana Rocío Patiño León**

Universidad La Gran Colombia, Co investigador, [liliana.patino@ugc.edu.co](mailto:liliana.patino@ugc.edu.co)

**Walter Mauricio Barreto Castillo**

Universidad La Gran Colombia, Co investigador, [walter.barreto@ugc.edu.co](mailto:walter.barreto@ugc.edu.co)

### **RESUMEN**

El proyecto propone metodologías para la prevención e intervención de deterioros debidos a agentes ambientales y el mantenimiento para construcciones en guadua. Se entiende aquí, Prevención como la inclusión de la protección por diseño y la gestión de la calidad de la materia prima; Metodología de intervención se entiende como resultado de aplicar un procedimiento de sintomatología, diagnóstico y terapéutica, similar al estudio patológico; Y Mantenimiento como respuesta a una lesión típica reconocida por los autores como foto degradación.

Para plantear metodologías de prevención se recurrió al estudio de caso como metodología de investigación, identificando la lesión más frecuente con un detalle constructivo típico en seis casos heterogéneos (diferentes en su configuración morfológica, pero similares en detalles constructivos y condiciones ambientales). Para la intervención se escogió un caso cercano a Bogotá Colombia, al cual se le hizo un estudio patológico; y para el mantenimiento se evaluó la intervención hecha al mismo (que consistió en la aplicación de lasures o pigmentos en solventes) Se evaluó el costo, la duración de dicho mantenimiento y se recomiendan pautas basadas en la guía técnica colombiana GTC 270 para proceso constructivo. Quedan por publicar recomendaciones de diseño arquitectónico y estructural en función de los agentes medioambientales.

Palabras clave: construcción en bambú guadua, foto degradación de la guadua, tratamiento de estructuras, patología de la construcción.

### **ABSTRACT**

The project proposes methodologies to prevent and to intervene deteriorations caused by the environment and to maintenance guadua buildings. Defining Prevent as considering protection by design and the management of primary material; Intervention methodology as the result of applying a symptomatological, diagnostic and therapeutic procedure, similar to a pathologic study; and maintenance as the answer to a typical deterioration identified by the authors as Photodegradation.

To suggest intervention methodologies worked on study case methodology, recognizing the most frequent deterioration with a common constructive detail in six cases (different morphological configuration but with similar constructive and environmental conditions). To intervention a study case was selected, located close to Bogotá, Colombia, in that a pathologic study was developed and for maintenance an intervention process was evaluated (that consists on applying oils or pigments in solvents) evaluating costs and maintenance length, finally recommends criteria based on Colombian Technical guide to constructive process GTC 270. Pending to publish structural and architectural design advises according to environmental conditions.

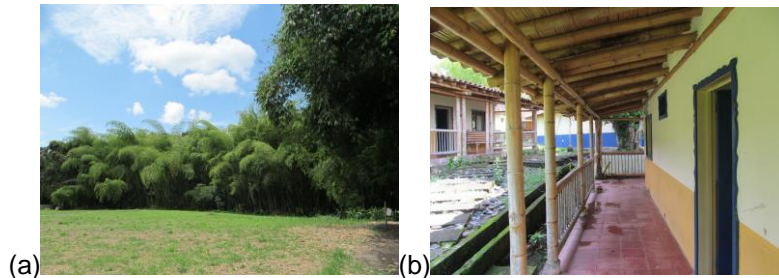
Key words: Bamboo guadua construction, Guadua Photodegradation, structure treatment, construction pathology.

## **INTRODUCCIÓN**

El bambú en general y la guadua en particular se ha implementado en la arquitectura popular por muchos siglos, haciendo parte de diferentes usos en la construcción de edificaciones, desde la época precolombina pasando por la arquitectura de la colonia y la republicana, asociada a la economía cafetera, hasta la obra reciente de puentes, pabellones, equipamientos y viviendas en el siglo XX en Colombia y otros países andinos. Sus características han sido objeto de investigaciones desde varios campos, como la ingeniería, la arquitectura, la agronomía, y la biología, produciendo estudios que evidencian un comportamiento óptimo en cuanto a propiedades físico-mecánicas, un buen desempeño estructural, y un recurso altamente renovable, lo que ha facilitado su inclusión en normativas de construcción en diferentes países, como la Norma Sismo Resistente 2010 en Colombia Título G, Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – Se – Guadua 2016, Norma E.100: Construcción de Viviendas en Bambú de Perú entre otras. Por esto, se hace necesario buscar la durabilidad de las estructuras construidas en guadua, mediante procesos científicos y tecnológicos que evidencien la ventaja competitiva frente a otros materiales necesarios en la construcción de nuestro hábitat.

En ese sentido, se propone por una parte; identificar y analizar las principales lesiones y causas de deterioro que presentan las edificaciones en guadua, partiendo del análisis de un estudio de caso y el reconocimiento de las condiciones ambientales que lo afectan como: la humedad, viento, asoleación, cambios de temperatura, y su forma de actuar sobre los mismos. Por otra parte se propuso un experimento, en el cual se analiza desde la inspección

visual el comportamiento de una estructura de guadua expuesta protegida con lasures y sin protección, en un periodo de tiempo específico, que permitió identificar en un corto plazo deterioros visibles en el material.



**Figura 1** Recurso Guadua Angustifolia Kunt en Colombia (a) Guadual o plantío de bambú guadua. (b) Arquitectura en guadua en Colombia en el hábitat popular

Los deterioros identificados se relacionan con lo expuesto por los autores Liese (2004), Kaminski y Trujillo (2009) y Gutiérrez y Barreto (2018) quienes enuncian ampliamente los efectos de los agentes ambientales, que deterioran las estructuras de guadua expuestas; radiación solar, humedad ambiente agua de las precipitaciones y presencia de organismos vivos.



**Figura 2.** Sede de La Universidad La Gran Colombia en Armenia Quindío, Colombia, Construida en guadua y estudiada en Gutiérrez y Barreto (2018)

Para analizar la acción de los agentes atmosféricos sobre las estructuras en guadua, se abordó desde dos condiciones, estructuras

existentes y un prototipo. Para el caso de los existentes, se escogió entre seis construcciones tomadas inicialmente, un caso de estudio que corresponde a un restaurante cuya lesión típica es la foto-degradación. Se documenta el estado antes y después del proceso de intervención, así como las lesiones representativas luego de ser intervenidas.

Y en el prototipo se realizó análisis mediante un experimento con la estructura en guadua expuesta frente a la intemperie, cuyos componentes contaban con diferentes inclinaciones, comparando superficies sin tratamiento y con una de idénticas condiciones tratadas con un lasures, se observó los cambios de las superficies en el tiempo y la afectación presentada.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

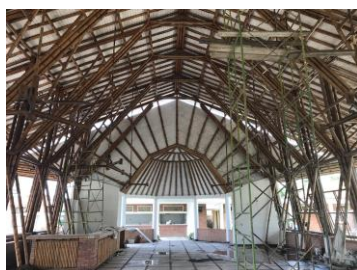
### **Estudios de caso**

#### **Restaurante.**

Para el primer logro del trabajo, el seguimiento a un estudio de caso, se utilizó una metodología basada en la sintomatología, diagnóstico y terapéutica de un paciente según lo establecido por Monjo, (1999) y Broto (2006), en cuanto al análisis de la intervención se realiza tomando lo establecido por Penna H., Rocha G. , Silva L. (2019), quienes sugieren estudiar el caso de manera integral, en lo constructivo, estructural y estético. Establecen criterios que permitan determinar la metodología para la intervención; en cuanto la elección del tratamiento influyen el costo, agilidad, disponibilidad, compatibilidad, y seguridad.

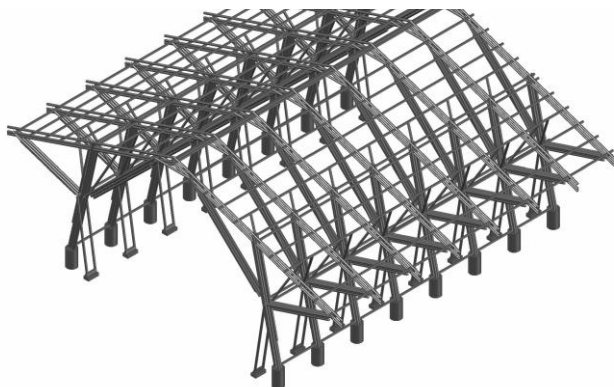
También se evaluó el tratamiento desde el punto de vista de la frecuencia y costo de mantenimiento. Según lo planteado por Helene, P. R. (1997) quien afirma que el mantenimiento continuo hace que la intervención pueda ser más durable y económica, así como los procesos de intervención más sencillos en la medida en se realicen de manera constante. Por su parte, Rodríguez (2004) también concluye que la degradación en las estructuras, reduce el desempeño esperado, e impacta a nivel económico debido a mantenimientos correctivos o reparaciones. donde la falta de calidad en el proceso, representan un costo que oscila entre el 4% y 6%, y va aumentando durante a lo largo de la vida útil del proyecto.

Para este caso el paciente es una estructura en guadua ubicada en el km 63 vía Bogotá- Melgar Colombia. La estructura la diseñó Simón Vélez en 1997 para un vivero y actualmente es el salón comedor de un restaurante. El espacio tiene 800 m<sup>2</sup> y está compuesto de ocho pórticos con aleros de guadua. La cubierta es en teja de barro sobre esterilla de guadua y los pórticos están apoyados en pilares de concreto reforzado como muestra la figura 3.



**Figura 3.** restaurante entre Fusagasugá y Chinauta -Colombia

Se elaboró un levantamiento arquitectónico usando tres conceptos de dibujo, que son la escala, la perspectiva y la proporción; luego con cinta métrica se definieron las dimensiones y se digitaliza planimetría y modelación 3D como se muestra en la figura 6. Sobre esta planimetría se ubican las lesiones y con una fotografía se incluyen en una ficha de levantamiento de lesiones, donde se clasifican y califican. A este punto se le denomina sintomatología, es decir el estudio de los daños, lesiones y manifestaciones de los daños o síntomas. El resultado son fichas de levantamiento de lesiones como la mostrada en la figura 7.



**Figura 6.** Levantamiento de restaurante en 3D. Software Autocad

Identificación de lesiones por elemento.		N° de Ficha: 06	Proyecto																																																	
Edificio: RESTAURANTE	Localización:	Fecha: 15-12-18	km 63 via Bogotá- Melgar Colombia																																																	
IMAGEN DE LA LESIÓN			ALZADO																																																	
																																																				
			<b>ELEMENTO AFECTADO</b> Elementos verticales de columna de soporte. Ubicada sobre el eje 2.																																																	
Descripción de la lesión y agravantes. Guaduas que conforman la columna del eje 2 afectadas por			<b>LESIÓN</b>																																																	
			<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4">BIÓTICO</th> <th colspan="4">ABIÓTICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Calificación</td> <td>Hongos cromógenos</td> <td>Pudriciones</td> <td>Insectos Coleópteros</td> <td>Termitas</td> <td>Fuego</td> <td>Agentes atmosféricos</td> <td>Fotodegradación</td> <td>Humedad</td> <td>Agentes mecánicos</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		BIÓTICO				ABIÓTICO				Calificación	Hongos cromógenos	Pudriciones	Insectos Coleópteros	Termitas	Fuego	Agentes atmosféricos	Fotodegradación	Humedad	Agentes mecánicos	L										M								X	X	S									
			BIÓTICO				ABIÓTICO																																													
			Calificación	Hongos cromógenos	Pudriciones	Insectos Coleópteros	Termitas	Fuego	Agentes atmosféricos	Fotodegradación	Humedad	Agentes mecánicos																																								
L																																																				
M								X	X																																											
S																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CAUSAS</th> </tr> <tr> <th>DIRECTA</th> <th>INDIRECTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CAUSAS		DIRECTA	INDIRECTA			<b>PREDIAGNÓSTICO:</b> Posible falla por esfuerzos mecánicos y fisuras por contracción volumétrica debido al secado acelerado producto del calor de la radiación solar																																												
CAUSAS																																																				
DIRECTA	INDIRECTA																																																			

**Figura 7** Fichas de levantamiento de lesiones

En el diagnóstico se identifica como lesión principal la fotodegradación de la superficie por la exposición a la radiación solar en la base de los pórticos donde la incidencia del rayo entre las 2:30 y las 5:30 p.m entre mayo y agosto es a 23° y 43° respecto del horizonte. Los síntomas leves como suciedad corresponden al uso del espacio (comedor) y la exposición a las emisiones de la avenida vehicular contigua; además de grietas y fisuras por la contracción volumétrica del material que se calienta como consecuencia de la radiación solar. La estructura evidencia procesos de deterioro consecuentes teniendo en cuenta que el último mantenimiento se hizo hace diez años y que la estructura tiene más de 25 años.

Se documenta el proceso de mantenimiento que se muestra en las figuras 8, 9 y 10, el cual consiste en el lavado, la preservación por inyección, resane de fisuras, grietas y pintura o aplicación de pigmentos.



**Figura 8** Lavado con hidrolavadora y desengrasante (LPS ®)  
Fuente: Fernando Díaz



**Figura 9** Inyección del preservante (Merulex ® o Lorsban ®)  
Fuente: Fernando Díaz



**Figura 10** Pintura de la guadua con el lasur o pigmento (Impra ® o Profilan ®)  
Fuente: Fernando Díaz

El lavado se hace con hidrolavadora, se necesitan andamios y un desengrasante, el resto del trabajo es manual, con cepillos de cerdas plásticas. Luego de esto, la preservación se hace con inyección de Lorsban® y Merulex® para impregnar por dentro los canutos, y así proteger de coleópteros. El resane

de las fisuras menores es con aserrín fino de la guadua mezclado con P.V.A. y el resane de las grietas con astillas de guadua. Para terminar el mantenimiento, la pintura es una protección con Impra® o Profilan®, disueltos y aplicados con compresor para evitar fotodegradación, agregar pigmentos y garantizar una superficie repelente a la condensación de agua (proveniente de la atmósfera o de precipitaciones como lluvia o granizo). El costo de la intervención es de U\$ 4,5 dólares (2017) por metro cuadrado de área proyectada en planta.

Finalizado el estudio patológico y la intervención se concluyó que el proceso realizado para la intervención es adecuado porque no se elimina la capa exterior o dermis de la guadua, asegurando impermeabilidad y dureza como protección a la radiación solar, para el caso de las fisuras, el rellenar las cavidades evita el ingreso de organismos que puedan degenerar el material, adicionalmente se recomienda utilizar abrazaderas metálicas en las zonas donde se presenten grietas significativas, para amarrar las fibras y detener el deterioro o posible falla del elemento.

### **Estructura en guadua - ensayo de fotodegradación.**

Este ensayo consistió en construir dos cerchas en guadua conformando una estructura o prototipo, el cual se ubicó en dirección norte sur. El lugar de exposición fue las instalaciones de la Universidad La Gran Colombia Km 23 vía Bogotá Tunja en la vereda Yerbabuena del municipio de Chía Cundinamarca, con una temperatura de 17°C, humedad de 49%, brillo solar de 4,5 kw/h m<sup>2</sup> y vientos de 21 km/h, promedio anual.

Para la construcción del prototipo se utilizó guadua angustifolia Kunt proveniente del departamento del Quindío Colombia, con tres años de edad de corte, preservada por inyección con sales de borax y pentaborato, un contenido de humedad de 16 %, limpia en la superficie de líquenes y material orgánico.

El prototipo expuesto que se muestra en la figura 4, tiene elementos a 0° 90° y 45° de inclinación respecto al horizonte. Una de las cerchas se protegió con un lasures a base de solvente (Profilan Colorplus®) aplicando sobre una superficie sin lijar y sobre otra lijada hasta remover la cutícula o dermis con un papel de lija gruesa de 150, como se muestra en la figura 5.





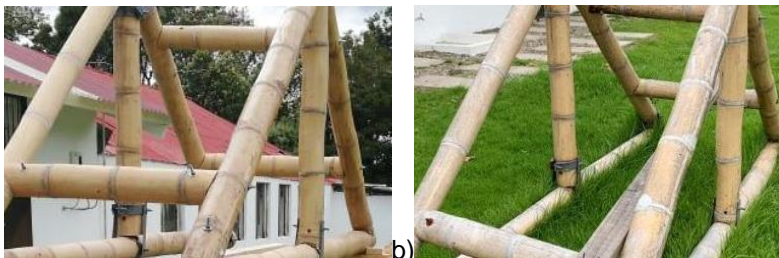
**Figura 4** Estructura expuesta con elementos a 0° 90° y 45 ° de inclinación



**Figura 5** Aplicación de lasur (Profilan Colorplus ®)

Se comparó la inclinación del elemento respecto a la horizontal, identificando que los elementos a 0° presentaron como se esperaba un agrisamiento más intenso que en los elementos a 45°, los elementos verticales o a 90° mostraron menor la afectación en cuanto a fisuras y cambios de color, como se muestra en la figura 11.

Se compararon las superficies protegidas vs las no tratadas, identificando que en ambos casos se presentaron fisuras y microfisuras de fracciones de milímetro consecuencia de los ciclos de calentamiento y enfriamiento de la superficie de la guadua. La superficie cubierta o protegida con lasur a base de solvente (Profilan Colorplus ®) sin lijado previo perdió la capa protectora por efecto del viento y la lluvia. La superficie que se lijó hasta remover la cutícula o dermis con un papel de lija gruesa de 150, retuvo más tiempo la capa.



**Figura 11** Fotodegradación (a) día cero (b) seis meses