



“SOCIEDADES CONECTADAS BAJO UNA NUEVA PIEL”: Planteamiento de una metodología de diseño paramétrico de cubiertas en guadua, para redefinir

Gustavo Adolfo Garcia Nova

Código: 20612121434

Universidad Antonio Nariño

Programa de Arquitectura

Facultad de Artes

Bucaramanga, Colombia

Año 2026

“SOCIEDADES CONECTADAS BAJO UNA NUEVA PIEL”: Planteamiento de una metodología de diseño paramétrico de cubiertas en guadua, para redefinir

Gustavo Adolfo Garcia Nova

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Arquitecto

Director (a):

ROBERT FERRER

Línea de Investigación:

GT-TCI Desarrollo Gestión Tecnológica

Universidad Antonio Nariño

Programa de Arquitectura

Facultad de Artes

Bucaramanga, Colombia

Año 2026

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado _____,

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

(Dedicatoria) Para aquel destello de luz, que se esmeró, se esmera y esmerará para apoyarme incondicionalmente, gracias por confiar en mí.

Resumen

La presente monografía plantea una metodología exploratoria de diseño paramétrico para cubiertas de guadua, orientada a fortalecer la arquitectura regional del Caribe colombiano desde los criterios de sostenibilidad, identidad cultural y viabilidad técnica. La investigación parte del reconocimiento de dos problemáticas principales: las limitaciones de los procesos convencionales de diseño para generar soluciones adaptativas y la escasa incorporación de herramientas digitales accesibles en contextos regionales con recursos técnicos limitados.

A partir de una revisión documental, del análisis de referentes arquitectónicos y del estudio de las propiedades físicas, mecánicas y constructivas de la guadua, se propone una ruta metodológica que articula variables climáticas, geométricas, estructurales y culturales. El estudio toma como referencia los contextos de Sincelejo y San Andrés, no como casos constructivos cerrados, sino como escenarios de contraste para comprender la relación entre materialidad, clima, tradición y forma arquitectónica. La propuesta integra el uso de software libre, en especial Blender y Geometry Nodes, para desarrollar una herramienta didáctica digital que permita visualizar reglas, parámetros, restricciones y alternativas de diseño. Como resultado, el trabajo consolida una base conceptual y proyectual para desarrollar cubiertas de guadua con mayor coherencia técnica, ambiental y cultural, y contribuye a la discusión sobre la innovación arquitectónica desde los materiales renovables y los saberes territoriales.

Palabras clave: arquitectura paramétrica, guadua, cubiertas, diseño bioclimático, Caribe colombiano, software libre, identidad regional, epofenomenalismo.

Summary

This monograph proposes an exploratory parametric design methodology for guadua bamboo roof structures to strengthen regional architecture in the Colombian Caribbean by addressing sustainability, cultural identity, and technical feasibility. The research addresses two main issues: the limitations of conventional design processes for producing adaptive solutions and the limited use of accessible digital tools in regional contexts with restricted technical resources. Based on a documentary review, architectural case analysis, and the study of the physical, mechanical, and constructional properties of guadua, the project formulates a methodological approach that integrates climatic, geometric, structural, and cultural variables. Sincelejo and San Andres are approached as contrasting contexts to understand the relationship among materiality, climate, tradition, and architectural form, rather than as closed construction case studies. The proposal incorporates open-source software, particularly Blender and Geometry Nodes, to develop a digital didactic tool that visualizes rules, parameters, constraints, and design alternatives. As a result, the research establishes a conceptual and project-based foundation for developing guadua bamboo roofs with greater technical, environmental, and cultural coherence, contributing to the discussion on architectural innovation through renewable materials and territorial knowledge.

Keywords: parametric architecture, guadua bamboo, roof structures, bioclimatic design, Colombian Caribbean, open-source software, regional identity, epiphenomenalism.

Tabla de contenido

Introducción	10
Marco Preliminar.....	10
Problemas de investigación	12
Objeto de estudio.....	13
Población Objetivo	13
Preguntas de Investigación	14
Justificación.....	14
Objetivo	15
Objetivo General.....	15
Objetivos específicos	15
Alcance.....	16
Metodología.....	16
Fases de investigación.....	17
Instrumentos de análisis.....	17
Cronología.....	21
Marco Teórico	23
Estado del Arte	24
Evolución Historia del pensamiento paramétrico.....	24
Construcción del Objeto de Estudio	25
La construcción del objeto de estudio se sustenta en:.....	25
Principios Fundamentales del Enfoque Paramétrico	26
Fundamentos Teóricos del Parametricismo	27
Diferenciación Epistemológica con Paradigmas Anteriores.....	29
Análisis de Referentes Teóricos y Prácticos del Parametricismo	30
Marco Normativo	41
Marco Legal en Colombia: Ley 2206 de 2022 38	44

Marco Contextual y Conceptual: Patrik Schumacher	45
Análisis Contextual y Conceptual: Mushbio y la Biología Paramétrica Aplicada.....	47
Contexto Político – Económico – Social - del parametricismo.....	52
Marco Socioeconómico: La Era Post-Fordista.....	52
Fundamentación Político - Ideológica.....	52
Marco Proyectual	54
Metodología Proyectual Asociativa.....	55
Herramientas Digitales como Agentes de Cambio Metodológico	56
Performance y Adaptabilidad: Arquitectura como Sistema Responsivo	57
Aplicación al Contexto Colombiano: Metodología Regional	58
Desarrollo: Expresiones Arquitectónicas de la Región Caribe Colombiana	60
Expresiones Arquitectónicas del Caribe Insular Colombiano.....	64
Análisis Comparativo de las Regiones Colombianas	68
Capítulo I: La Guadua como Material Estructural.....	70
El “Acero Vegetal”: Propiedades y Ventajas.....	70
Clasificación Taxonómica de la Guadua	71
El Género Guadua: Un Vistazo a su Diversidad.....	72
Capítulo II: Análisis de la Resistencia Estructural.....	72
Comparación de Resistencia: Guadua vs. Acero	72
Factores que Explican la Resistencia de la Guadua	74
Capítulo III: Especies de Guadua en el Caribe Colombiano.....	75
Descripción de las Especies y su Hábitat	75
Guadua angustifolia	75
Guadua amplexifolia	76
Guadua paniculata	76
Guadua glomerata	77
Ciclo de Maduración y Productividad.....	77

La Barrera Viva (Planta Muchiver)	78
Propagación Vegetativa (Chisquines)	78
Viabilidad por Región: Un Análisis para el Caribe	79
Capítulo IV: Técnicas Constructivas y Acabados	80
Inmunización: Procesos de Preservación.....	80
Acabados y Mantenimiento: Aceites Naturales.....	85
Anclajes y Cimentación.....	91
Reparación de Estructuras	93
Técnicas de Curvado	94
Capítulo V: Contexto Cultural y Normativo.....	95
Filosofía del Habitante: Sincelejo y San Andrés	95
Sincelejo: El Sinsentido y la Fiesta.....	95
San Andrés: El Paraíso que Duele	98
Metodología de Diseño Paramétrico de Patrik Schumacher	102
Criterios de intervención	103
Concepto de diseño	104
Historia del sombrero vueltiao	105
Anexos.....	106
Anexo A. Planchas de presentación	106
Anexo B. Esquemas de Estructura Propuesta	111
Estructura propuesta	111
Conclusiones.....	127
Bibliografía.....	128

Introducción

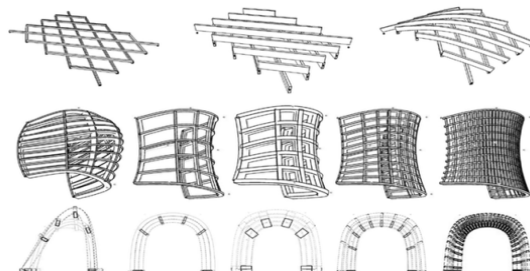
El diseño arquitectónico paramétrico constituye una alternativa metodológica para abordar problemas de forma, desempeño y adaptación territorial mediante relaciones entre variables. En el contexto colombiano, su análisis exige revisar los procedimientos tradicionales de diseño arquitectónico y contrastarlos con herramientas digitales capaces de generar familias de soluciones, no solo modelos estáticos.

Esta investigación se sitúa en esa transición disciplinar. Por una parte, reconoce el aporte de los métodos clásicos y modernos, basados en la proporción, la funcionalidad y la claridad espacial; por otra, identifica la necesidad de incorporar procesos digitales que permitan responder con mayor precisión a las condiciones climáticas, estructurales, culturales y materiales.

El interés central del trabajo es formular una metodología exploratoria para cubiertas en guadua aplicable al Caribe colombiano. La guadua se aborda como recurso renovable con potencial estructural y expresivo, mientras que el diseño paramétrico se entiende como un sistema de decisión que traduce datos del contexto en reglas geométricas y constructivas.

La propuesta se apoya en herramientas accesibles, especialmente Blender y Geometry Nodes, debido a su carácter abierto, su capacidad de modelado procedimental y su pertinencia en escenarios en los que la adquisición de software especializado supone una barrera económica. El propósito no es sustituir el criterio del arquitecto, sino ampliar su capacidad de análisis, iteración y validación conceptuales.

T. F 1 Modelos de estudio desarrollado en GenerativeComponents.



T. N 1 Se observa el modelo de estudio de entendimiento de perfiles paramétricos, Este ajuste se puede configurar para que se pueda manejar de manera móvil, con ajustes de torque, para que la estructura tenga mejor movimiento. Generative Components.

Marco Preliminar

El diseño paramétrico permite concebir la arquitectura como un sistema relacional en el que la forma, la estructura, el clima, el uso y la materialidad se vinculan mediante parámetros modificables. A diferencia del modelado convencional, este enfoque no se limita a representar una solución final, sino que permite explorar variaciones controladas y evaluar su comportamiento antes de consolidar una propuesta.

En cubiertas de guadua, esta lógica resulta pertinente porque el material presenta condiciones específicas de diámetro, curvatura, maduración, resistencia, preservación y ensamblaje. Tales condiciones pueden convertirse en variables de entrada para orientar las decisiones de diseño y reducir errores en las fases posteriores del desarrollo técnico.

La aplicación de esta metodología no está exenta de restricciones. La curva de aprendizaje, la falta de protocolos locales, la escasa documentación técnica regional y los costos asociados a la capacitación pueden limitar su adopción. Por ello, el trabajo propone un enfoque gradual, didáctico y contextualizado, capaz de conectar el conocimiento material de la guadua con herramientas digitales de acceso abierto.

Grasshopper, Dynamo y Geometry Nodes representan tres aproximaciones distintas al diseño procedimental. Grasshopper ofrece flexibilidad formal en el entorno de Rhinoceros; Dynamo facilita la integración con flujos BIM en Revit; y Geometry Nodes, dentro de Blender, permite construir reglas geométricas reutilizables en una plataforma abierta. Esta comparación permite justificar la selección de herramientas según el objetivo, el presupuesto y el nivel técnico del usuario.

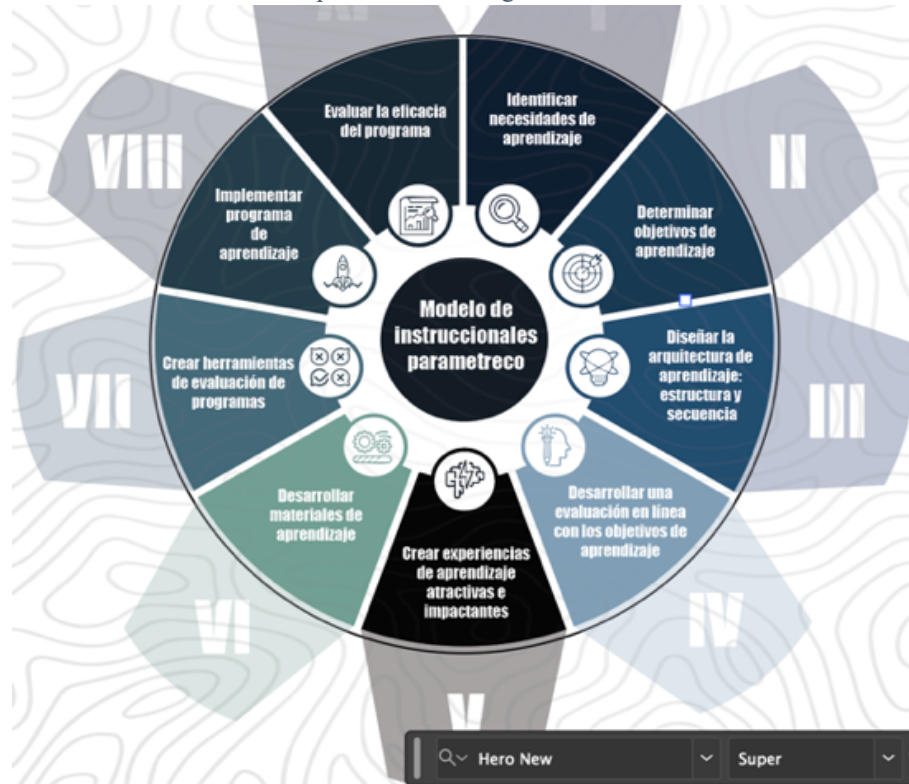
En esta monografía, Geometry Nodes se asume como herramienta principal de exploración por su accesibilidad, capacidad de visualización y potencial para construir una biblioteca de operaciones paramétricas aplicadas a cubiertas. Su uso se plantea como medio para ordenar el proceso proyectual, no como garantía automática de calidad arquitectónica.

Problemas de investigación

El problema de investigación se centra en la limitada articulación entre el diseño paramétrico, la materialidad local y la arquitectura regional en Colombia. Aunque existen herramientas digitales capaces de generar soluciones complejas, su adopción en contextos académicos y profesionales aún se ve obstaculizada por barreras técnicas, económicas y metodológicas.

En este marco se identifican tres dimensiones críticas: primero, las limitaciones morfológicas de los procesos CAD convencionales, que reducen la exploración de geometrías adaptativas; segundo, la brecha entre el lenguaje algorítmico y los flujos de trabajo lineales habituales en la formación arquitectónica; y tercero, la necesidad de demostrar la pertinencia económica y constructiva de aplicar metodologías paramétricas a materiales renovables como la guadua.

T. F 2 Modelo instruccional paramétrico a cargo de Patrik Schumacher."



T. N 2 Se observa el modelo de instrucción al parametricismo.

Objeto de estudio

El objeto de estudio corresponde al desarrollo de una metodología paramétrica contextualizada para el diseño conceptual de cubiertas en guadua en el Caribe colombiano. Esta metodología integra variables geométricas, ambientales, estructurales, culturales y tecnológicas para establecer una ruta de diseño aplicable mediante herramientas digitales abiertas.

El producto final se concibe como un recurso interactivo de acceso libre, una página web, orientado a explicar el proceso de diseño paso a paso. Este producto no reemplaza el cálculo estructural profesional ni la validación normativa de un proyecto construido; su función es ordenar criterios, visualizar alternativas y facilitar la apropiación del pensamiento paramétrico en escenarios académicos y proyectuales.

Población Objetivo

El estudio toma como referencia los contextos de Sincelejo (Sucre) y San Andrés y Providencia, en la región Caribe colombiana. La elección responde a la necesidad de contrastar condiciones territoriales distintas: un ámbito continental asociado a tradiciones artesanales, clima cálido y cultura festiva, y un ámbito insular marcado por la humedad, los vientos, la presión turística y la identidad raizal.

La referencia a sistemas vernáculos se orienta al análisis de estrategias de adaptación al cambio climático y al uso de recursos locales. En el caso de las edificaciones palafíticas, se reconoce que su presencia más representativa se encuentra en el litoral del Pacífico colombiano; por tanto, en este trabajo se mencionan únicamente como antecedente comparativo de la relación entre arquitectura, agua, ventilación y suelo, no como tipología dominante del Caribe analizado.

La población objetivo se concentra en jóvenes adultos, adultos mayores, estudiantes y profesionales vinculados a la arquitectura, el diseño, la construcción y los saberes materiales. Este grupo permite contrastar la apertura a las herramientas digitales con la memoria cultural y constructiva del territorio, especialmente en relación con la apropiación de materiales renovables como la guadua.

Preguntas de Investigación

¿Cómo puede implementarse en Colombia una metodología de diseño paramétrico que sea técnica y económicamente viable, superando las barreras de capacitación, de costos y de compatibilidad con los flujos de trabajo tradicionales?

Justificación

La investigación se justifica por la necesidad de acercar el diseño paramétrico a problemas arquitectónicos regionales concretos. En Colombia, la aplicación de herramientas digitales avanzadas suele asociarse a proyectos de alto presupuesto o a entornos especializados; sin embargo, el uso de software libre permite explorar metodologías más accesibles para estudiantes, arquitectos y comunidades técnicas.

La guadua constituye un material estratégico por su carácter renovable, su relación peso-resistencia y su valor cultural en diversas tradiciones constructivas colombianas. Su incorporación al diseño paramétrico permite transformar propiedades físicas y restricciones constructivas en criterios de modelado, lo que favorece una aproximación más rigurosa al diseño de cubiertas.

El trabajo también responde a la necesidad de articular la innovación formal con la pertinencia territorial. No se busca producir geometrías complejas sin fundamento, sino establecer reglas que relacionen el clima, la ventilación, la radiación solar, la humedad, la disponibilidad de materiales, los sistemas de unión y el mantenimiento. De esta manera, la forma arquitectónica se entiende como resultado de condiciones verificables y no como un gesto arbitrario.

Finalmente, la propuesta contribuye a la formación académica al consolidar un producto digital didáctico. El recurso interactivo, la página web, permitirá explicar las variables de entrada, la lógica algorítmica, los criterios de decisión y las etapas de modelado, facilitando que el diseño paramétrico sea comprendido como una metodología aplicable al contexto colombiano y no únicamente como una tendencia formal importada. No tanto el código, sino todo lo que conlleva la recolección e implementación del material de guadua en el producto final.

Objetivo

Objetivo General

Desarrollar una metodología de diseño paramétrico para cubiertas en guadua, que, a partir del estudio de procesos constructivos tradicionales y herramientas digitales contemporáneas, pueda ser aplicada en el contexto regional caribeña colombiana para redefinir su arquitectura.

Objetivos específicos

Analizar los sistemas constructivos tradicionales y las expresiones arquitectónicas con guadua en Colombia, identificando principios formales, estructurales y de ensamblaje que puedan traducirse a lógicas paramétricas.

Comparar el proceso de diseño convencional de cubiertas (en materiales como madera, concreto o acero) con la metodología de diseño paramétrico propuesta por Patrik Schumacher, para evaluar ventajas, limitaciones y oportunidades de aplicación en cubiertas de guadua.

Plantear una metodología de diseño paramétrico específica para cubiertas en guadua, que integre variables contextuales (clima, topografía, cultura), criterios estructurales del material y lógicas de optimización geométrica.

Elaborar una página web de acceso libre, que explique, paso a paso, la metodología propuesta, incluyendo fundamentos teóricos, herramientas digitales sugeridas, ejemplos de aplicación y recomendaciones constructivas para arquitectos y profesionales que deseen interactuar con ella.

Alcance

El alcance de la investigación es exploratorio y proyectual. Se orienta a formular, organizar y representar una metodología de diseño paramétrico para cubiertas en guadua, sin llegar a la construcción física de un prototipo a escala real ni a la certificación estructural definitiva de una obra.

El estudio incluye revisión documental, análisis de referentes, identificación de variables materiales y climáticas, formulación de reglas geométricas y desarrollo de una propuesta conceptual mediante herramientas digitales. La validación se plantea a nivel comparativo y conceptual, mediante la revisión de la coherencia entre variables, restricciones y resultados formales.

El producto final, como se mencionó, es una página web que servirá de guía para sintetizar el procedimiento metodológico. Esta servirá como insumo para investigaciones posteriores, talleres académicos o desarrollos técnicos que requieran simulaciones estructurales, ambientales y económicas más avanzadas antes de una eventual construcción.

Metodología

La investigación se plantea con un nivel exploratorio y un enfoque cualitativo-proyectual, complementado con un análisis técnico descriptivo. Su propósito principal no es verificar una hipótesis mediante experimentación estadística, sino construir una ruta metodológica aplicable al diseño conceptual de cubiertas de guadua mediante herramientas paramétricas.

El proceso metodológico se organiza en cuatro fases. La primera corresponde a la revisión documental y conceptual, orientada a estudiar la arquitectura paramétrica, los referentes proyectuales, la normativa relativa a la guadua y los principios constructivos del material. La segunda fase identifica variables de entrada: clima, orientación, ventilación, radiación solar, humedad, luz, geometría de la cubierta, diámetro de los culmos, separación entre elementos, tipo de unión, preservación y mantenimiento.

La tercera fase desarrolla la lógica algorítmica de la propuesta. En esta etapa, las variables se traducen en reglas de modelado en Blender y Geometry Nodes, lo que permite generar alternativas de cubierta mediante relaciones geométricas controladas. Se consideran criterios como la

modulación, la curvatura admisible, la jerarquía estructural, la continuidad de la malla, los pendientes, los puntos de apoyo y la facilidad de ensamblaje.

La cuarta fase corresponde a la síntesis proyectual y didáctica. Los resultados se consolidan en un producto digital que presenta el procedimiento paso a paso, acompañado de diagramas, secuencias paramétricas, criterios de uso del software, recomendaciones constructivas y consideraciones de viabilidad técnica y económica.

Para fortalecer la aplicabilidad arquitectónica, la metodología incorpora una matriz comparativa entre el diseño tradicional, el modelado digital convencional y el diseño paramétrico. Esta matriz permite valorar los tiempos de iteración, la capacidad de adaptación, el control geométrico, la facilidad de documentación, los requerimientos de capacitación y la pertinencia frente a la guadua como material estructural renovable.

La validación de la propuesta se limita al nivel conceptual y metodológico. Se recomienda que una etapa posterior incluya simulaciones estructurales y ambientales específicas, pruebas de uniones, análisis de costos y revisión por profesionales competentes en cálculo estructural, bioclimática y construcción con guadua.

Fases de investigación

Fase 1. Revisión y diagnóstico: revisión bibliográfica, análisis de referentes y delimitación del problema de diseño.

Fase 2. Definición de variables: identificación de datos climáticos, geométricos, estructurales, culturales y constructivos aplicables a cubiertas en guadua.

Fase 3. Traducción paramétrica: formulación de reglas, restricciones y relaciones algorítmicas en Geometry Nodes y Blender.

Fase 4. Síntesis proyectual: elaboración de la propuesta de cubierta y del producto digital didáctico, con recomendaciones de aplicación y líneas de validación futura.

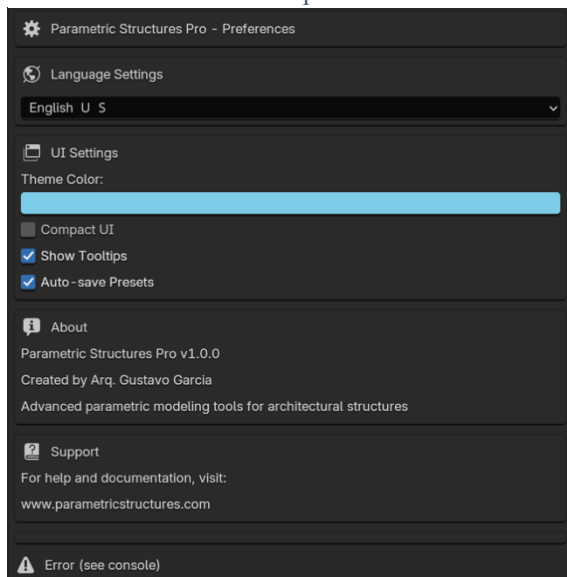
Instrumentos de análisis

Se emplean revisión documental, fichas de análisis de referentes, matriz comparativa de métodos de diseño, esquemas paramétricos, modelado digital exploratorio y síntesis gráfica del proceso.

Estos instrumentos permiten relacionar teoría, materialidad y representación proyectual de manera coherente.

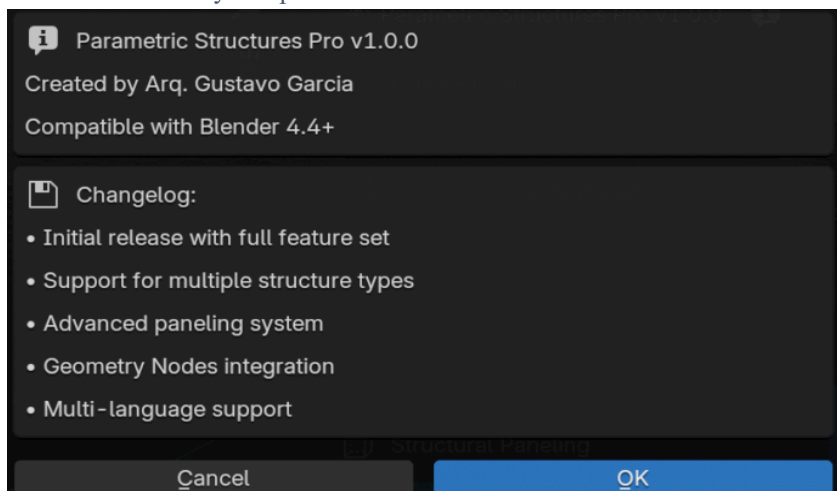
Beta Parametric Structures Pro v1.0.0

T. F 3 Preferencias del complemento



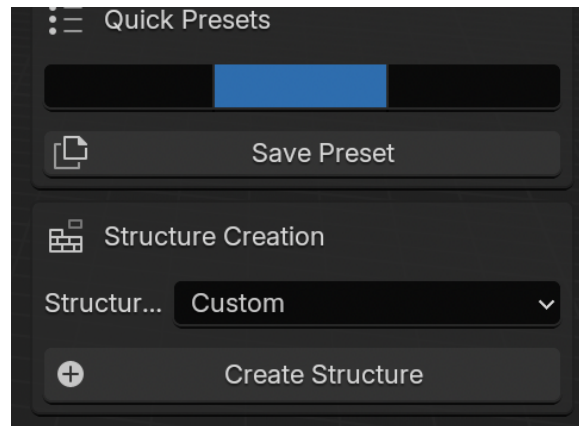
T. N 3 Ajustes rápidos para correlacionar el complemento.

T. F 4 Extensiones y compatibilidad



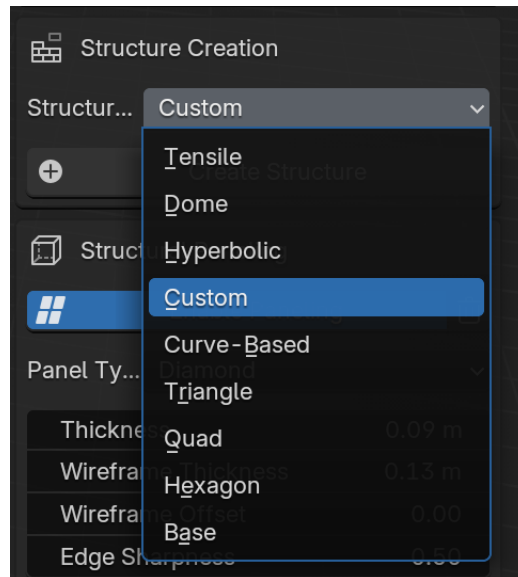
T. N 4 Previsualización de ajustes cambiados.

T. F 5 Set de pre ajustes



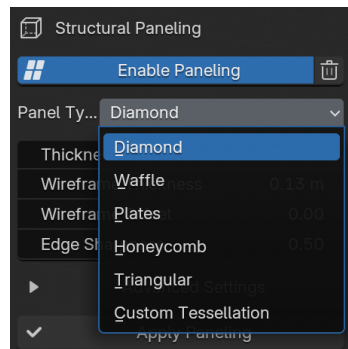
T. N 5 Ajustes para acomodar la estructuración

T. F 6 Estructuración de creación



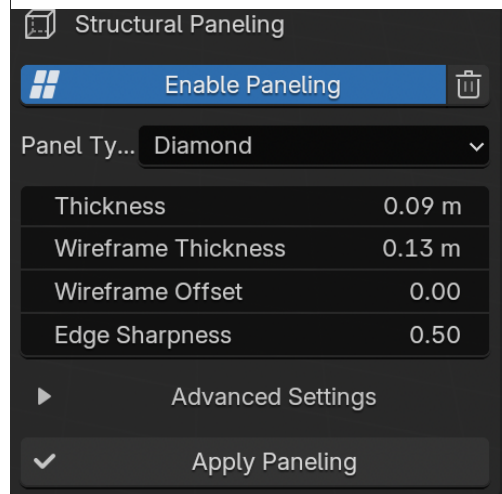
T. N 6 Ajustes rápidos para concebir una mejor estructura.

T. F 7 Penalización de estructuración



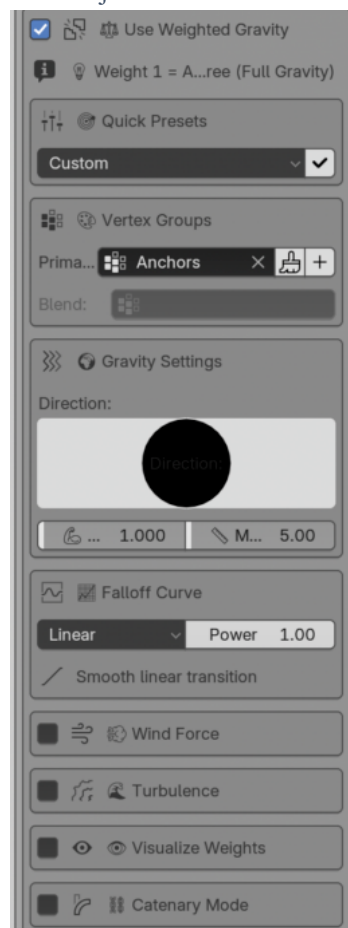
T. N 7 Formas únicas cambiadas solo con un click.

T. F 8 Estructura de panelización típica



T. N 9 se presenta las modificaciones ajustables.

T. F 9 Ajustes de fuerzas



T. N 8 Ajustes de guerzas existentes.

Cronología

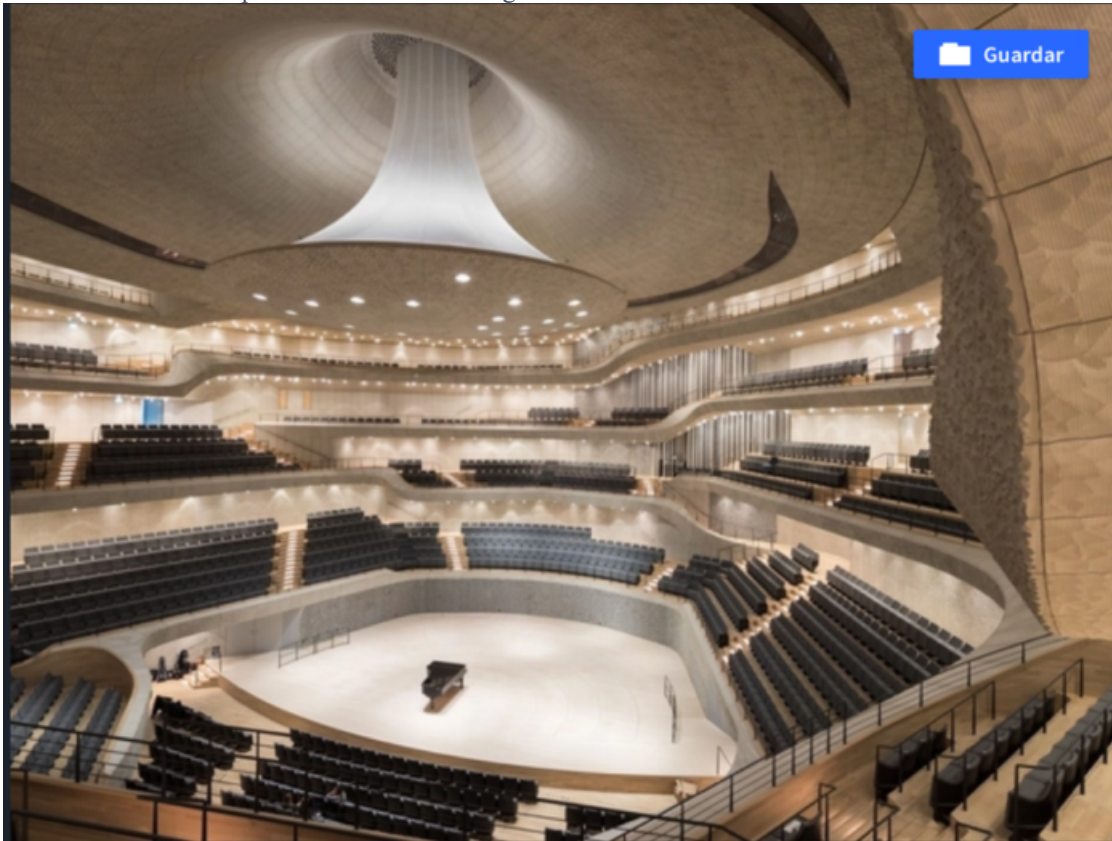
T. F 10 tabla de Gantt "Cronología"

Fase	Actividades / Tiempo	Formulación primera parte																
		2025 - I																
		Sema 01	Sema 02	Sema 03	Sema 04	Sema 05	Sema 06	Sema 07	Sema 08	Sema 09	Sema 10	Sema 11	Sema 12	Sema 13	Sema 14	Sema 15	Sema 16	
1. Fase de Investigación / Contextualización	A) Tema	x																
	B) Título		x															
	C) Preguntas de Investigación / creación	x	x															
	D) Justificación	x	x	x														
	E) Objetivos			x	x													
	F) Ruta metodológica					x	x											
2. Fase de contextualización	G) Cronograma	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	H) Modalidad de trabajo		x															
	I) Investigación Programa			x														
	J) Bibliografía	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Documentos oficiales						x											
	Documentos visuales audiovisuales						x	x										
	Prensa (periódicos, revistas, boletines)						x											
	Informes y estudios						x											
	Documentación indirecta																	
	Productos escritos, cartográficos											x						
Testimonios de la comunidad																		
Recuentos históricos		x																
Entrega primera					x													
El desarrollo se realizará por medio de x para denotar el tiempo en semanas, no se especifica por día, si no por semana, para que sea fluido el formulario																		
3. Fase de caracterización	Mejorar la propuesta										x	x	x	x	x	x	x	
	Analizar errores											x						
	Problemática													x	x	x		
	Traspaso de metodología													x	x			
	Planteamiento de los referentes																	
	Metodología											x	x					
4. Fase de interpretación	Cambiar de título para acomodarse mejor																x	
	Segunda entrega																	
	Comprender la función del uso													x	x	x	x	
	Crear un prototipo que se acomode a lo dictado y mencionado y etiquetado para que sirva											x	x	x	x	x	x	
Mejorar la propuesta con ayuda de los docentes																		

T. N 10 Como su nombre lo dicta, es una cronología de las fases de planeación propuestas en "Sociedades conectadas".

Aplicaciones Prácticas y Ejemplos

T. F 11 Auditorio Elbphilharmonie de Hamburgo



T. N 11 Auditorio Elbphilharmonie de Hamburgo: Este proyecto ejemplifica el uso avanzado del diseño paramétrico, con un auditorio compuesto por 10,000 paneles acústicos individuales, cada uno con un millón de células variables que optimizan la acústica del espacio.

T. F 12 Fachadas paramétricas con ladrillo.



T. N 12 Fachadas paramétricas con ladrillo: Estudios como el de la oficina iraní Sstudiorm demuestran que es posible combinar técnicas tradicionales con diseño paramétrico para crear fachadas únicas y adaptativas sin depender exclusivamente de prefabricados. (Archidaylie. Fachadas paramétricas con ladrillo. 05 de Septiembre, 2016).

T. F 13 Museo Kistefos del grupo Biarke Ingels (BIG) © Laurian Ghinitoiu



T. N 13 Proyectos modulares habitacionales: En contextos académicos, se ha implementado Grasshopper para desarrollar espacios habitacionales modulares que responden a atributos ambientales y formales, optimizando la modulación y agregación de elementos para una mejor integración con el entorno. (el parametricismo modular' modular parametricism. Vandenoroeck, t. (2000)).

Beneficios Empíricos del Parametricismo

La implementación del diseño paramétrico ha demostrado ventajas cuantificables en proyectos arquitectónicos a nivel global, que pueden clasificarse en cuatro dimensiones críticas.

Optimización Integral de Recursos

Según Malkawi (2015), los flujos de trabajo paramétricos permiten evaluar simultáneamente múltiples variables de desempeño, lo que genera “una optimización sistémica que abarca desde la eficiencia energética hasta el uso racional de materiales”. Diversos estudios de caso documentan reducciones del 25 al 40% en los tiempos de desarrollo de alternativas de diseño y mejoras del 20 al 35% en los indicadores de eficiencia ambiental (Malkawi, 2015).

Adaptabilidad Contextual y Personalización

De acuerdo con Oxman (2017), la capacidad de recalibrar parámetros en tiempo real permite que “los diseños respondan de manera orgánica a condicionantes específicas del sitio y requerimientos particulares de usuarios” (Oxman, R, Design Studies, 2017). Esto se traduce en soluciones espaciales altamente personalizadas que mantienen coherencia con las variables bioclimáticas y culturales del entorno.

Marco Teórico

Presentación del Capítulo

Este capítulo establece los fundamentos conceptuales y antecedentes que sustentan la investigación sobre la implementación del diseño paramétrico en Colombia. Mediante una revisión sistemática de la literatura especializada y el análisis de referentes históricos y contemporáneos, se construye un marco interpretativo que contextualiza el fenómeno de estudio dentro de las discusiones actuales sobre el parametricismo aplicado. Como señalan (Barrera, E. & López, S., 2024) en su avance de proyecto de grado, es fundamental “analizar investigaciones y desarrollos pertinentes para diseñar apropiadamente según las diferentes ramas de la arquitectura ejecutada en Colombia”.

Estado del Arte

Evolución Historia del pensamiento paramétrico

Antecedentes Históricos: Raíces Conceptuales

El parametricismo, aunque consolidado en la época contemporánea, encuentra sus fundamentos en la adaptación arquitectónica a parámetros ambientales y contextuales. (Vitruvio, Siglo I A.C) Ya establecía la relación entre variables climáticas y forma arquitectónica, concepto que puede entenderse como espacio nominal —definido como el marco conceptual donde se establecen las condiciones base para el diseño—. Este principio sentó las bases para conectar variables externas con la configuración formal, antecedente directo del parametricismo moderno.

Siglo XIX - Principios del XX: Rupturas Formales

Figuras como Antoni Gaudí, protagonizaron una sublevación arquitectónica al desafiar las formas tradicionales mediante modelos físicos y matemáticos que exploraban configuraciones innovadoras. Esta ruptura con los paradigmas establecidos anticipó el pensamiento paramétrico al demostrar que el diseño podía volverse dinámico y adaptativo, incluso sin herramientas computacionales avanzadas.

Décadas 1960-1970: Revolución Computacional Incipiente “origen”

La introducción del CAD marcó el inicio de la automatización en el proceso de diseño mediante algoritmos secuenciales que organizaban el flujo de trabajo de manera estructurada, aunque con limitada flexibilidad (Politécnica, 2019) Esta evolución tecnológica sentó las bases metodológicas para el desarrollo posterior de sistemas paramétricos más complejos.

Décadas 1990-2000: Consolidación del Parametricismo

La integración de algoritmos avanzados y el desarrollo de equipamiento tecnológico especializado (software de animación, scripting, sistemas paramétricos) permitió la materialización de formas complejas y adaptativas. (Schumacher, 2008) consolidó el parametricismo como estilo

arquitectónico distintivo, caracterizado por su capacidad para manipular múltiples variables simultáneamente y generar soluciones basadas en datos.

Actualidad: Expansión y Sofisticación

El parametricismo contemporáneo se caracteriza por su epifenomenalismo —concepto que describe cómo las formas arquitectónicas emergen como manifestación visible de procesos paramétricos subyacentes complejos—. Esta aproximación rechaza tanto la homogeneización como la diferencia pura, buscando una complejidad fluida y organizada análoga a sistemas naturales.

Conclusiones:

La evolución descrita evidencia una transición desde aproximaciones intuitivas hasta metodologías sistemáticas, donde conceptos clave como espacio nominal, sublevación arquitectónica, algoritmos secuenciales, equipamiento tecnológico y epifenomenalismo constituyen, los pilares conceptuales que permiten comprender la trayectoria histórica y el potencial futuro del parametricismo en el contexto arquitectónico colombiano.

Construcción del Objeto de Estudio

La construcción del objeto de estudio se sustenta en:

Textos fundacionales: el manifiesto paramétrico de Schumacher como base teórica generativa.

- Desarrollos teórico-prácticos: Investigaciones sobre la maleabilidad paramétrica y su impacto ontológico en la arquitectura.
- Estudios de caso: análisis de proyectos emblemáticos de Zaha Hadid Architects y de otros referentes del parametricismo.
- Investigaciones académicas: Trabajos sobre la parametrización del espacio y las estrategias formales en la arquitectura paramétrica.
- Actualización disciplinar: Revisión sistemática de plataformas especializadas y publicaciones contemporáneas.

Fundamentos Teóricos del Parametricismo

El parametricismo emerge como respuesta a la creciente complejidad social y espacial de la era posfordista —la división internacional del trabajo en el proceso de producción—, constituyéndose en un paradigma arquitectónico contemporáneo que redefine los procesos de diseño mediante sistemas paramétricos. Según (Schumacher, p, 2008) en su “Manifiesto Parametricista”, este enfoque representa “un nuevo estilo arquitectónico que articula procesos sociales complejos mediante la variación adaptativa sistemática, la diferenciación dinámica continua y la figuración paramétrica en todos los niveles del diseño”.

Evolución Histórica y Posicionamiento Disciplinar

Este paradigma surge como una evolución crítica del modernismo —corriente que enfatiza la forma más que el ornamento— y del deconstructivismo —corriente que se opone a las formas rígidas—, proponiendo una reorganización radical de la disciplina arquitectónica. A diferencia de enfoques precedentes, el parametricismo “integra múltiples flujos de información y evita la mera variedad para enfatizar la diferenciación visible y funcional” (Schumacher, p, 2008). Esta transición paradigmática se manifiesta en el abandono de las geometrías clásicas y rígidas hacia entidades geométricas animadas y maleables —SPLINES, NURBS y superficies complejas que reaccionan dinámicamente a parámetros y scripts generativos—.

Principios Fundamentales del Enfoque Paramétrico

Articulación de Complejidad Social:

El parametricismo se fundamenta en su capacidad para “articular la creciente diversidad y complejidad de las instituciones sociales y procesos de vida mediante un orden espacial variado y continuo” (Revista de Arquitectura Contemporánea, 2010). Esta cualidad le permite reflejar interdependencias internas y relaciones externas en contextos urbanos complejos.

Receptividad Paramétrica Adaptativa:

El concepto de “receptividad paramétrica” constituye un pilar teórico esencial, permitiendo que los entornos arquitectónicos y urbanos se adapten dinámicamente a los patrones de uso en tiempo real, generando transformaciones morfológicas semipermanentes y entornos cinéticos. (Revista de Arquitectura Contemporánea, 2010).

Urbanismo Paramétrico Dinámico:

Como extensión del paradigma, el urbanismo paramétrico concibe “la ciudad como un campo dinámico y fluido donde los edificios y espacios se modulan sistemáticamente para crear efectos urbanos cohesionados” (Revista de Arquitectura Contemporánea, 2010), superando así el concepto moderno de espacio como entidad estática.

Consolidación como Respuesta Estilística Contemporánea

La arquitectura paramétrica, liderada por figuras como Zaha Hadid y Patrik Schumacher, se consolida como “una respuesta estilística madura a la posmodernidad, que busca nuevas formas y estrategias constructivas basadas en la parametrización y la geometría avanzada” (Universidad Politécnica de Madrid, 2017) Esta consolidación representa un punto de inflexión en la evolución de la teoría y práctica arquitectónica contemporánea.

Fundamentos Teóricos del Parametricismo

Principio de Diferenciación Continua y Figuración Dinámica Paramétrica

El principio fundamental que constituye el núcleo teórico del parametricismo es la “Variación Sistemática y Adaptativa”, conceptualizada por (Schumacher, patrik, 2008) como “Diferenciación Continua y Figuración Dinámica Paramétrica”. Este principio establece las bases epistemológicas —que adquieren conocimiento— del movimiento y representa una ruptura radical con los paradigmas arquitectónicos precedentes.

Fundamentación Conceptual en el Manifiesto Parametricista

(Schumacher, p, 2008) en su manifiesto:

La variación sistemática y adaptativa, la continua diferenciación (antes que la mera variedad) y la figuración dinámica y paramétrica se aplican a todos los niveles de diseño.

Este postulado se articula en tres dimensiones esenciales:

Sistematicidad en la Variación

La variación paramétrica no es aleatoria ni arbitraria, sino que obedece a “sistemas de relaciones lógico-matemáticas que garantizan la coherencia interna y la adaptabilidad externa”. (Schumacher, P, 2008). Esta sistematicidad permite que las modificaciones se propaguen de manera coherente a través de todos los elementos del diseño.

Continuidad en la Diferenciación

Frente a la “mera variedad” postmoderna, —movimiento que surgió como reacción contra la austeridad, la formalidad y la falta de variedad de la arquitectura moderna—, el parametricismo propone “una diferenciación progresiva y continua que genera complejidad organizada mediante transiciones suaves y graduales” (Moussavi, 2009). Esta continuidad evita las discontinuidades y rupturas abruptas características de estilos anteriores.

Dinamismo en la Figuración

La figuración paramétrica es inherentemente —se incorpora de manera cohesiva— dinámica, lo que establece que “las formas arquitectónicas no son entidades estáticas, sino configuraciones en un estado permanente de potencial transformación”. (Lynn G., 2004).

Diferenciación Epistemológica con Paradigmas Anteriores

Epistemológica = Conocimiento

Este principio fundamental establece una clara distinción con:

- Modernismo: sustituye la estandarización y la repetición por una variación sistemática que se produce de manera metódica o reiterativa, sin apartarse de sus principios o normas.
- Deconstrucción: supera la fragmentación discontinua mediante la diferenciación continua.
- Postmodernismo: reemplaza la variedad ecléctica por una variación paramétrica coherente.

Aplicación multiescalar

La variación sistemática opera en todos los niveles de diseño:

- Escala urbana: mediante campos de fuerza que modulan los tejidos urbanos.
- Escala arquitectónica: mediante sistemas asociativos que interrelacionan todos los componentes.
- Escala constructiva: mediante detalles paramétricos que responden a condiciones específicas.

Base para Sistemas Adaptativos

Este principio fundamenta el desarrollo de “campos de diseño dinámicos y adaptativos, gobernados por parámetros y leyes análogas a los sistemas naturales” (Oxman, N, 2010), estableciendo las bases para una arquitectura responsable y contextualmente integrada.

Análisis de Referentes Teóricos y Prácticos del Parametricismo

Referentes Formales

Giancarlo Mazzanti: Parametricismo Social Contextualizado

El arquitecto colombiano Giancarlo Mazzanti representa la adaptación del pensamiento paramétrico a las realidades sociales latinoamericanas. Su trabajo demuestra cómo la variación sistemática puede servir de instrumento para la transformación social y comunitaria.

Aportes Conceptuales:

- Modularidad escalable: desarrolla sistemas abiertos basados en “módulos geométricos simples (hexágonos, teselaciones) que se agregan y se adaptan según las necesidades programáticas y contextuales”. (Mazzanti, 2015).
- Flexibilidad Programática: Sus equipamientos educativos y deportivos funcionan como “sistemas capaces de crecer de forma orgánica, permitiendo la apropiación comunitaria y la adaptación temporal”. (Mazzanti, Arquitectura para la Inclusión, 2015).
- Iconografía local: transforma “patrones geométricos abstractos en íconos identitarios para comunidades marginadas, utilizando la repetición variada como estrategia de reconocimiento espacial”. (Mazzanti, 2015).

Proyectos Emblemáticos:

T. F 14 Colegio Flor del Campo (Cartagena) Vista interna



T. N 14 Sistema hexagonal, es una locura lo que se puede hacer con un poco de ingenio.

T. F 15 Colegio Flor del Campo (Cartagena) Vista exterior



T. N 15 Como se observa, se hizo con recursos limitados, pero el resultado es emblemático.

T. F 16 Biblioteca España (Medellín): Vista Interior



T. N 16 Las ventanas, la rotación, la calidad fuerza una perspectiva interiorista.

T. F 17 Biblioteca España (Medellín): Vista exterior



T. N 17 Volúmenes modulares que responden a la topografía.

T. F 18 Unidades Deportivas: Vista Interior alzado



T. N 18 Sistemas agregativos que fomentan el encuentro comunitario, creados con módulos agregativos.

MushiO: Bio-Digitalidad y Experiencia Sensorial

El colectivo MushiO explora los límites entre biología, tecnología y experiencia espacial, representando la vertiente más experimental del parametricismo sensorial.

Fundamentos Teórico-Prácticos:

- Morfogénesis Digital-Biológica: desarrolla “instalaciones en las que patrones orgánicos y morfologías animales se reinterpretan mediante algoritmos generativos” (Mushbio, 2019).
- Interactividad Responsiva: Crea “entornos cinéticos que reaccionan a estímulos ambientales y a la presencia humana, explorando la simbiosis entre naturaleza y artefacto” (Mushbio, Digital Biophilia, 2019).
- Textilidad Digital: Utiliza “sistemas textiles paramétricos que desafían las categorías tradicionales entre arquitectura, arte y diseño” (Mushbio, Digital Biophilia, 2019).

Referentes Funcionales

Patrik Schumacher: Parametricismo como ordenador social

Como principal teórico del movimiento, Schumacher establece los fundamentos para comprender la función como un sistema dinámico de flujos.

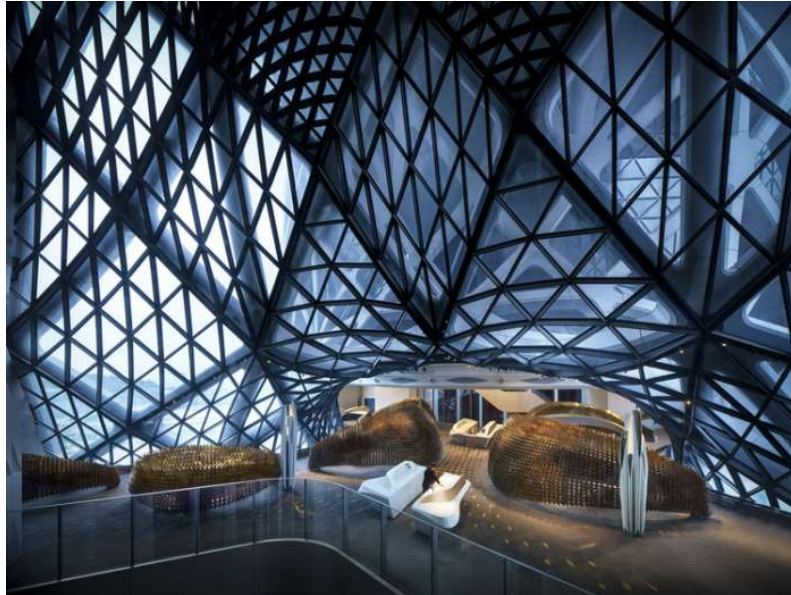
Principios Funcionales:

- Articulación de Flujos: La arquitectura funciona como un “sistema adaptativo que materializa dinámicas sociales, económicas y culturales en continuo cambio”. (Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture* Vol. II. Wiley, 2016).
- Coherencia Sistémica: desarrolla “geometrías donde estructura, envolvente y espacio interior se fusionan en una expresión orgánica unificada”. (Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, Vol. II. Wiley, 2016).

- Diferenciación continua: implementa “sistemas paramétricos que generan variaciones contextualizadas en respuesta a condiciones específicas”. (Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, 2016).

Proyectos Emblemáticos como Verificación Empírica

T. F 19 Morpheus Hotel (Macao) Vista Interior



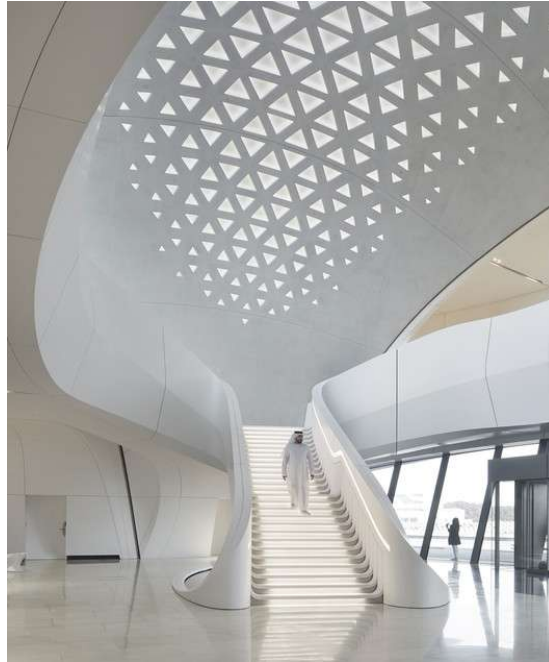
T. N 19 “La estructura exoesquelética demuestra cómo la lógica paramétrica puede generar complejidad estructural mientras optimiza recursos materiales.”

T. F 20 Morpheus Hotel (Macao) Vista Exterior



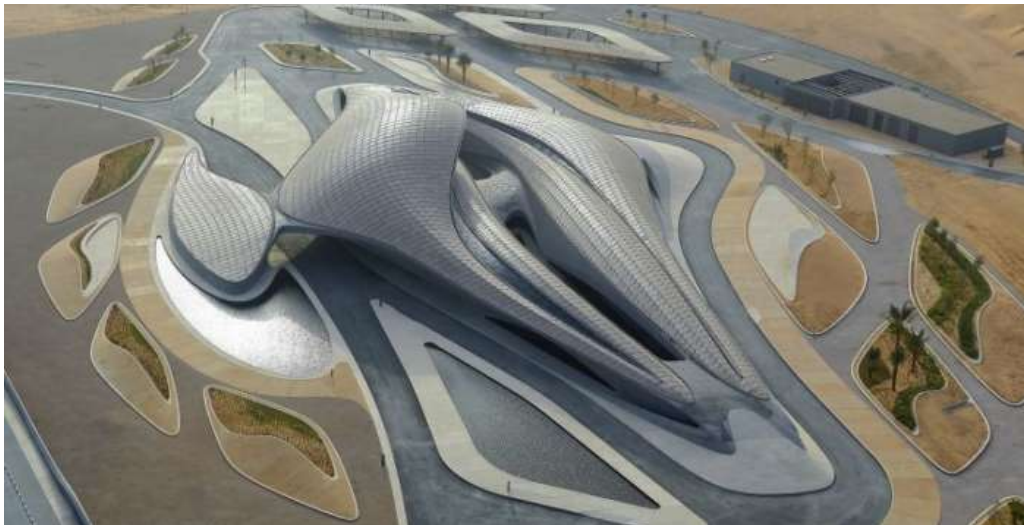
T. N 20 “La estructura exquelética demuestra cómo la lógica paramétrica puede generar complejidad estructural mientras optimiza recursos”

T. F 21 Bee'ah Headquarters (Shariah): Vista interior



T. N 21 Las dunas integradas paisajísticamente ejemplifican la adaptabilidad paramétrica a condiciones ambientales extremas.

T. F 22 Bee'ah Headquarters (Shariah): Vista Exterior



T. N 22 “Las dunas integradas paisajísticamente ejemplifican la adaptabilidad paramétrica a condiciones ambientales extremas.

Universidad de Stuttgart (ICD/ITKE): Lógica Material Computational

Los institutos ICD e ITKE representan la vanguardia en investigación de materiales y fabricación digital paramétrica.

Contribuciones Metodológicas:

- Estructuras Bio-Inspiradas: Desarrollan “sistemas constructivos que emulan principios estructurales biológicos (caparazones, exoesqueletos) mediante simulación computacional”. (ICD/ITKE, 2019).
- Optimización Material Robótica: Implementan “procesos de fabricación en los que la trayectoria robótica define la orientación de las fibras para una máxima eficiencia estructural”. (ICD/ITKE, Bio-inspired Construction Systems, 2019).
- Prototipado Investigativo: Cada pabellón funciona como “laboratorio en el que geometría, material y proceso constructivo se codesarrollan de forma iterativa”. (ICD/ITKE, Bio-inspired Construction Systems, 2019).

Proyectos Emblemáticos como Verificación Empírica

T. F 23 ICD-ITKE Pabellón de Investigación 2013-14 Armandolo



T. N 23 Se observa que se está armando el pabellón tejido.

T. F 24 ICD-ITKE Pabellón de Investigación 2013-14 Vista ya terminado



T. N 24. Se observa un pabellón tejido, hecho al 100 % con computadora. Se observan los beneficios que pueden tener esta técnica y la formalización.

T. F 25 ICD-ITKE Pabellón de investigación 2015-16 vista de perfil



T. N 25 Es una muestra de que podemos hacer pabellones con ritmo y computarizados a través de una fórmula.

Simón Vélez

Articulación de flujos: La técnica constructiva de Vélez permite crear espacios diáfanos (claros) y una fluidez visual y espacial continua. Los grandes voladizos y la esbeltez de las columnas de guadua generan una transición suave entre el interior y el exterior, típica de la arquitectura tropical que él defiende. (Franco, 04 de Junio, 2013).

Coherencia Sistémica: Desarrolló un sistema constructivo integral y coherente basado en la guadúa. Esto incluye desde el cultivo sostenible y la selección del material hasta una “carpintería” innovadora que emplea cemento en los nudos y varillas de acero para las uniones, creando un sistema híbrido (madera-cemento) que es a la vez flexible y rígido. (Salas Delgado, 2006-11-15).

Diferenciación continua: su arquitectura rechaza la repetición monótona. Cada proyecto es una exploración de las cualidades expresivas y estructurales de la guadua. La variación se logra mediante la modulación de las cerchas, la inclinación de las columnas y la creación de voladizos de diferentes escalas, lo que hace que cada pieza sea única, pero parte de un todo armónico. (Arquitectónicas, 30 de marzo de 2022).

Proyectos Emblemáticos (Verificación Empírica): Sus obras más conocidas funcionan como prototipos y como verificaciones a gran escala de sus principios. Demuestran empíricamente que la guadua es un material estructural de alto rendimiento, duradero y sismorresistente, apto para la arquitectura monumental y contemporánea. (COMMONS, Septiembre 1, 2018).

T. F 26 Simón Vélez con su maqueta de la Catedral sin religión - Fuente: ARQA



T. N 26 Se observa a Simón Vélez posando junto a su maqueta.

T. F 27 Templo sin religión, Cartagena, Colombia, diseñado por Simón Vélez. OBBC World Service Flickr C.C., 2009



T. N 27 Estructura de Guadua del Arquitecto Simón Vélez, ya realizada.

Wilson García

Articulación de flujos: Como ingeniero forestal en la represa Topocoro, bajo la cobija de la empresa Isagen, Wilson García articula los flujos ecológicos (agua, sedimentos, cobertura vegetal) con los flujos sociales (usos del agua, actividades productivas, prácticas comunitarias). Su trabajo se orienta a que la operación del embalse no solo responda a criterios técnicos, sino también, a las dinámicas y acuerdos construidos con las comunidades del territorio, fortaleciendo relaciones más simétricas entre instituciones y sociedad.

Coherencia sistémica: La intervención de Wilson parte de entender Topocoro como un nodo dentro de un sistema socioecológico complejo, en el que se entrecruzan los bosques, la represa, la cuenca y los asentamientos humanos. Desde esta mirada, promueve decisiones de manejo que mantengan la coherencia entre la infraestructura hidráulica, la conservación de los ecosistemas y los proyectos de vida de las comunidades, y que apunten a formas de gobernanza más colaborativas y a sociedades conectadas con su entorno.

Diferenciación continua: En su práctica profesional, impulsa procesos de diferenciación continua al reconocer que no existe un único modelo de manejo para la represa, sino arreglos específicos según las particularidades de cada vereda, de cada actor y de cada paisaje. Esto se traduce en la adaptación permanente de estrategias de monitoreo y restauración, incorporando saberes locales, herramientas técnicas y espacios de diálogo que permitan reconfigurar las relaciones entre territorio, tecnología y sociedad.

Proyectos emblemáticos: Entre los procesos en los que ha participado se destacan:

- Proyectos de restauración y manejo forestal que conecten las áreas boscosas con la zona de influencia del embalse, favoreciendo corredores ecológicos y usos del suelo más compatibles con la seguridad hídrica.

- Iniciativas de trabajo conjunto con comunidades locales, orientadas a la protección de cuencas, la recuperación de coberturas vegetales y la construcción de acuerdos sobre el uso del agua y del territorio.

- Procesos de educación y reflexión colectiva en torno al papel de la represa en la configuración de nuevas formas de habitar y de relacionarse con los ecosistemas, que contribuyen a la discusión sobre sociedades conectadas y transiciones socioecológicas en la región.

T. F 28 Wilson Garcia



T. N 28 Se muestra la represa junto al ingeniero forestal.

Marco Normativo

TABLA DE DESARROLLO: En esta tabla se abordan los derechos básicos que la Constitución establece para la estancia en este mundo

CONCEPTO	NOR/ DOC. LEGAL VIGENTE	ART.	OBJETO
VIDA DIGNA	Constitución política	11	El derecho a la vida es inviolable. No habrá pena de muerte.
VIVIENDA DIGNA	Constitución política	51	Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda.
BIENES PUBLICOS	Constitución política	63	Los bienes de uso público. Los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son Inalienables, Inalienables, Imprescriptibles inembargables.
BIENES PUBLICOS	Constitución política	88	La ley regulará las acciones populares para la protección de los derechos e intereses colectivos, relacionados con el patrimonio, el espacio, la seguridad y la salubridad públicos, la moral administrativa, el ambiente, la libre competencia económica y otros de similar naturaleza que se definen en ella.
DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE	Constitución política	79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial Importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Tabla II. CLASIFICACIÓN DEL PROYECTO SEGÚN NORMATIVA

En esta tabla se presenta la normativa que debe tenerse en cuenta en la construcción.

CONCEPTO	NOR/ DOC. LEGAL VIGENTE	ART.	OBJETO	CONTENIDO
Rampas acceso	NTC	4143	Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos. Rampas fijas adecuadas y básicas”.	Es la norma que trata específicamente sobre “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos. Rampas fijas adecuadas y básicas”. Esta norma establece las características y requisitos para las rampas en edificios y espacios urbanos, asegurando la accesibilidad para todas las personas.
Accesibilidad, señalización	NTC	4144	En esta norma especifica las características que deben tener las señales para indicar accesibilidad, proporcionar información, asistencia, orientación y comunicación en diferentes entornos físicos.	Establece los lineamientos para la señalización en edificios, espacios urbanos y rurales con el objetivo de garantizar la accesibilidad para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades.
Bordillos, pasamanos agarraderas	NTC	4201	En esta norma se especifican las características que deben tener las señales ubicadas en los edificios y en los espacios urbanos y rurales.	Establece los requisitos y características que deben cumplir los bordillos, pasamanos y agarraderas en edificios y espacios urbanos para garantizar la accesibilidad y seguridad, especialmente para personas con discapacidad.
Condiciones ambientales térmicas de inmuebles para personas.	NTC	5316	Confort Térmico: El objetivo principal de esta norma es garantizar que las condiciones ambientales térmicas en edificaciones sean percibidas como aceptables para al menos el 80% de los ocupantes.	Establece los requisitos y características que deben cumplir los bordillos, pasamanos y agarraderas en edificios y espacios urbanos para garantizar la accesibilidad y seguridad, especialmente para personas con discapacidad.
Accesibilidad de las personas al medio físico	NTC	4774	El propósito principal de la norma es asegurar que los cruces E peatonales y estructuras relacionadas cumplan con dimensiones mínimas, características funcionales y constructivas que faciliten el tránsito seguro y accesible para todas las personas, incluyendo aquellas con movilidad reducida.	establece los lineamientos para garantizar la accesibilidad de las personas al medio físico en espacios urbanos y rurales, enfocándose en cruces peatonales a nivel, elevados (puentes peatonales) y pasos subterráneos.

Tabla III. ELEMENTOS-ESPACIOS ASOCIADOS

En esta tabla se habla sobre el elemento de espacios asociados que se debe tener en cuenta en la constitución para una estancia en este mundo.

CONCEPTO	NOR/ DOC. LEGAL VIGENTE	ART.	CONTENIDO	REQUERIMIENTOS TECNICOS
% de Inclinación de cubierta	Normativa urbana y de construcción	Decreto 1146 de 1997	La normativa sobre la pendiente del techo varía dependiendo del contexto y el tipo de construcción, pero existen lineamientos generales y específicos que se aplican en Colombia. – Es ampliamente aceptado que la pendiente mínima de una cubierta debe ser de 15° (27%). Esta inclinación permite que el agua lluvia fluya adecuadamente sin filtrarse en los traslapes de las láminas.	$Pendiente(\%) = \frac{Altura\ máxima - Altura\ mínima}{Distancia\ horizontal} * 100$
Peso de la cubierta	NSR-10	Título B Cargas	Se enfoca en las cargas que deben considerarse en el diseño de edificaciones, incluyendo el peso de la cubierta. Tipos de Cargas: Cargas Muertas/ Cargas Vivas /Cargas de Viento.	-Resistencia y Funcionamiento: La estructura y todas sus partes deben diseñarse para so portar con seguridad todas las cargas contempladas sin exceder las resistencias de diseño.
Columnas	NSR-10	Título C Concreto estructural	se enfoca en los requisitos mínimos para el diseño y construcción de elementos de concreto estructural. Dimensiones Mínimas:30 cm en zonas de alta amenaza sísmica, con un área transversal no menor de 0,09 m ² . En zonas de amenaza sísmica intermedia, la dimensión mínima es de 25 cm, con un área transversal no menor de 0.0625 m ² .	Establece que el concreto estructural debe tener una resistencia característica no inferior a 17 MPa. También cubre aspectos de supervisión técnica y aprobación de sistemas especiales. Secciones Especiales: Secciones en forma de T, C o L pueden ser utilizadas, siempre que cumplan con los requisitos de área transversal mínima.
Pared / muro	NSR-10	Título D Mampostería Estructural	Establece que las estructuras de mampostería deben tener un nivel de seguridad comparable a las de otros materiales, siempre que se diseñen y construyan según los requisitos del reglamento.	Establece que las estructuras de mampostería deben tener un nivel de seguridad comparable a las de otros materiales, siempre que se diseñen y construyan según los requisitos del reglamento.
Suelos ubicados en la Estructura Ecológica Principal (EEP)	Normativa urbana y de construcción	Decreto 626 de 2023	Este decreto aborda la transferencia de derechos de construcción y desarrollo en áreas urbanas con énfasis en la estructura ecológica principal. Aspectos relevantes incluyen: Índice de construcción: Se asigna según las condiciones de conservación ambiental del terreno. Terrenos con proyectos de restauración reciben mayor índice, mientras que aquellos deteriorados reciben menor índice. Usos residenciales: Regula el desarrollo en áreas de consolidación y renovación urbana, estableciendo obligaciones urbanísticas para garantizar un desarrollo armónico.	Este decreto busca equilibrar el desarrollo urbano con la protección ambiental, promoviendo un modelo sostenible que prioriza la conservación ecológica mientras permite el crecimiento controlado en áreas urbanas.

Marco Legal en Colombia: Ley 2206 de 2022 38

La Ley 2206 de 2022 es el pilar fundamental que establece la política nacional para incentivar el uso productivo de la guadua y el bambú, garantizando su conservación. Para un manejo adecuado, clasifica los guaduales en tres categorías:

Tabla 1 Clasificación de Guaduales según la Ley 2206 de 2022

Categoría	Descripción	Autoridad de Registro
Categoría 1	Guaduales y bambusales naturales ubicados en áreas protectoras (rondas de ríos, nacimientos).	Ministerio de Ambiente.
Categoría 2	Guaduales y bambusales plantados con fines de protección (ej. recuperación de suelos) o protección-producción.	Autoridad ambiental competente (ej. CAR).
Categoría 3	Guaduales y bambusales plantados con carácter comercial en áreas productivas dentro de la frontera agrícola.	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Nota 1 Adaptado de la Ley 2206 de 2022 (Congreso de Colombia, 2022).

La ley busca estimular la cadena productiva, promover el manejo sostenible y fomentar la investigación. Un avance clave es la Resolución 000141 de 2025 del Ministerio de Agricultura, que establece los lineamientos para el registro de plantaciones comerciales (Categoría 3) ante el ICA (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025). Adicionalmente, está en marcha un proyecto de ley para crear el Fondo Nacional de Fomento de la Guadua y el Bambú (FNGB), que garantizaría recursos económicos dedicados al sector.

Marco Contextual y Conceptual: Patrik Schumacher

Contexto Histórico

Patrik Schumacher emerge en el panorama arquitectónico internacional como el principal teórico y ejecutor del legado de Zaha Hadid, consolidando lo que él mismo denominaría en 2008 como “Parametricismo”. Su formación multidisciplinaria en arquitectura, filosofía y matemáticas le permite “articular un marco teórico sólido para prácticas arquitectónicas que hasta entonces carecían de un sustento discursivo unificado”. (Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, Vol. II. Wiley, 2016).

Condicionantes contextuales claves:

- Crisis del posmodernismo: surge como respuesta a “la incapacidad del posmodernismo para generar un lenguaje coherente que respondiera a la complejidad social emergente”. (Schumacher, P, 2008).
- Revolución digital: se beneficia del “desarrollo exponencial de herramientas computacionales que permitieron materializar geometrías complejas antes imposibles”. (Menges, A. AD Wiley, 2018).
- Globalización cultural: responde a “la necesidad de un lenguaje arquitectónico capaz de operar en contextos globales manteniendo diferenciación local”. (Schumacher, *A New Global Style for Architecture and Urban Design*, 2008).

Marco Conceptual:

El aporte teórico fundamental de Schumacher consiste en la sistematización del parametricismo, como estilo arquitectónico total, articulado a través de principios claros y metodologías específicas.

Principios Fundamentales del Parametricismo:

Sustitución Paradigmática

“El parametricismo debe suceder al modernismo y al posmodernismo, como el único estilo capaz de responder a las complejidades sociales, económicas y tecnológicas del siglo XXI”. (Schumacher, P, 2008).

Lógica Paramétrica Integral

Todos los elementos del diseño se conciben como variables interdependientes dentro de un sistema donde la modificación de un parámetro recalcula coherentemente el conjunto. (Schumacher, P, 2008).

Diferenciación Correlacionada

“Rechazamos tanto la homogeneización modernista como la desconexión de la diferencia en el posmodernismo, promoviendo una diferenciación sistemática que aporta mayor complejidad”. (Schumacher, p, 2008).

Organización Social Espacializada

“La arquitectura funciona como ordenador social que materializa y facilita las complejas relaciones de la sociedad contemporánea”. (Schumacher, P, 2008).

Aporte a “Sociedades Conectadas”

Schumacher proporciona el marco teórico-operativo para entender la arquitectura como infraestructura social compleja:

- Articulación de flujos: “Los espacios se conciben como campos dinámicos que canalizan y optimizan flujos humanos, informacionales y económicos”.
- Adaptabilidad contextual: “Los sistemas paramétricos permiten la recalibración continua en respuesta a cambios en el contexto urbano y social”.
- Complejidad organizada: “La legibilidad emergente de sistemas complejos facilita la navegación y apropiación por parte de los usuarios”.

Relevancia para la investigación actual

El marco schumacheriano constituye un pilar fundamental para esta tesis porque:

- Proporciona rigor teórico a prácticas de diseño computacional.
- Establece conexiones explícitas entre forma arquitectónica y organización social.
- Ofrece metodologías replicables para la implementación de sistemas paramétricos.
- Demuestra escalabilidad desde el objeto arquitectónico hasta la planificación urbana.

Conclusiones: si bien el modelo de Schumacher representa un avance significativo, es necesario matizar su “pretensión de hegemonía global” mediante la “contextualización regional y la adaptación a realidades socioculturales específicas”.

Análisis Contextual y Conceptual: Mushbio y la Biología Paramétrica Aplicada

Contexto Histórico

Mushbio emerge en el panorama latinoamericano contemporáneo como una iniciativa pionera, que sintetiza tradición biocultural andina con vanguardia tecnológica digital. Su propuesta se sitúa en la intersección entre “la sabiduría material ancestral y las posibilidades disruptivas del diseño paramétrico y la fabricación digital”. (Mushbio, 2018-2023).

Condicionantes contextuales claves:

- Crisis ambiental global: responde a la urgencia de desarrollar materiales constructivos carbono-negativos —que emiten menos de cero dióxido de carbono y dióxido de carbono equivalente (CO₂e) de gases de efecto invernadero— que reviertan la huella ecológica de la construcción convencional. (Acosta, M, 2022).

- Revalorización biocultural: se enraíza en “el resurgimiento de prácticas materiales tradicionales reinterpretadas mediante tecnologías contemporáneas”. (Guerra, L Flacso, 2023).

- Economía Circular Local: aprovecha los “subproductos agrícolas y especies fúngicas nativas para generar cadenas de valor sostenibles en comunidades andinas”. (Mushbio, 2022, p. 45).

Marco Conceptual:

El enfoque de Mushbio podría definirse como “parametricismo bio-digital contextualizado”, donde los sistemas naturales se convierten en motores de innovación material y formal.

Pilares Conceptuales:

Geometría Andina Parametrizada

“Los patrones topográficos de la cordillera se traducen en algoritmos generativos que producen variaciones sistemáticas manteniendo coherencia identitaria.” (Mushbio, 2019).

Materialidad Viva Programable

“El micelio funciona como un procesador biológico natural cuya morfología de crecimiento puede ser dirigida mediante condiciones de cultivo controladas”. (Biotti, J. MIT Press, 2022).

Fabricación Digital Bio-Integrada

“Los moldes paramétricos no determinan la forma final, sino que establecen límites dentro de los cuales el material vivo desarrolla sus propias variaciones orgánicas”. (Mushbio, Digital Biophilia, 2019).

Aporte a “Sociedades Conectadas”

Mushbio demuestra cómo la tecnología paramétrica puede servir como puente entre sostenibilidad e identidad:

- Conectividad Eco-Social: “Los paneles funcionan como interfaces materiales que conectan prácticas ancestrales con necesidades contemporáneas”.
- Digitalización Contextualizada: “El diseño paramétrico se utiliza para potenciar en lugar de reemplazar las lógicas materiales locales”.
- Escalabilidad Glocal: “El sistema modular permite adaptaciones regionales manteniendo principios tecnológicos universales”.

Especificaciones Técnicas y Procesos

Características físicas:

- Dimensiones: 25x25x5 cm (sistema modular escalable).
- Peso: 400 g/unidad (alta ligereza estructural).
- Propiedades: termoacústicas naturales y variabilidad cromática orgánica.

Relevancia para la investigación actual

Mushbio constituye un referente fundamental para esta tesis porque:

- Demuestra la viabilidad técnica de materiales bio-digitales en el contexto latinoamericano.
- Establece metodologías para la integración de saberes tradicionales y tecnología avanzada.
- Propone modelos de producción circular y carbononegativa.
- Valida económicamente sistemas constructivos sostenibles.

En conclusión: Mushbio encarna la posibilidad de que “el parametricismo, cuando dialoga con sistemas naturales y contextos culturales específicos, puede generar soluciones profundamente innovadoras y a la vez radicalmente contextuales”.

Análisis contextual y conceptual: Giacarlo Mazzanti y el parametricismo social.

Contexto Histórico-Social de su Aporte

Giancarlo Mazzanti emerge como figura central en la redefinición de la arquitectura colombiana durante el período de transición entre los siglos XX y XXI, caracterizado por la búsqueda de respuestas arquitectónicas a problemáticas nacionales específicas. Su trabajo se desarrolla en un momento histórico en el que “la arquitectura colombiana enfrenta el desafío de superar paradigmas importados para desarrollar un lenguaje propio que responda a condiciones locales de desigualdad, conflicto y reconstrucción”. (UPC, 2018-2023).

Condicionantes Contextuales Clave:

- Postconflicto y Reconstrucción Social: Su obra se sitúa en “el contexto del proceso de pacificación colombiano, donde la arquitectura adquiere el rol de reparar el tejido social mediante espacios de encuentro y reconciliación”. (Gutiérrez C. Universidad Nacional, 2020).

- Marginalidad urbana: Interviene en “entornos periféricos y comunidades vulnerables, transformando la carencia en oportunidad mediante equipamientos que dignifican y generan identidad”. (Ramírez, 2019).

- Crisis Educativa: Responde a “la necesidad de infraestructura educativa innovadora que supere los modelos tradicionales y fomente pedagogías contemporáneas”. (Mazzanti, Arquitectura para la Inclusión, 2015).

Pilares Conceptuales:

Flexibilidad Pedagógica

Desarrolla “sistemas espaciales capaces de adaptarse a múltiples usos y configuraciones, donde la flexibilidad no es solo una cualidad física, sino también una herramienta pedagógica que fomenta la creatividad y la apropiación”. (Ramírez, 2019).

Transparencia relacional

Concibe la “transparencia” no como cualidad material, sino como condición espacial que visibiliza y conecta actividades, promoviendo interacciones sociales y construyendo tejido comunitario. (Ramírez, 2019).

Adaptabilidad Bioclimática y Social

Implementa “sistemas que responden simultáneamente a condiciones ambientales y necesidades sociales, integrando sostenibilidad ecológica con sostenibilidad comunitaria”. (Ramírez, 2019).

Conexión Naturaleza-Cultura

Establece “diálogos constantes entre el entorno natural y el construido, donde la arquitectura media entre paisaje y comunidad, reforzando identidades locales”. (Ramírez, 2019).

Aporte a “Sociedades Conectadas”

Mazzanti encarna la posibilidad de un parametricismo con rostro humano, demostrando cómo:

- La tecnología paramétrica puede servir a objetivos sociales mediante “sistemas modulares replicables que optimizan recursos sin sacrificar la identidad”.
- La innovación formal puede generar capital social mediante “espacios icónicos que construyen autoestima comunitaria y sentido de pertenencia”.
- La arquitectura puede ser catalizadora de procesos educativos mediante “entornos que enseñan a través de su configuración espacial y su flexibilidad de uso”.

Relevancia para la investigación actual

Su trabajo constituye un referente indispensable para esta tesis porque:

- Contextualiza el parametricismo demostrando su aplicabilidad en realidades latinoamericanas.
- Humaniza la tecnología mostrando cómo las herramientas digitales pueden servir a fines sociales.
- Establece puentes entre innovación formal y transformación comunitaria.

- Proporciona modelos escalables de intervención en entornos vulnerables.

Conclusiones: Mazzanti representa la verificación empírica de que el parametricismo, cuando se subordina a una ética social, puede convertirse en una herramienta poderosa para la construcción de sociedades más conectadas, inclusivas y resilientes.

Contexto Político – Económico – Social - del parametricismo

Marco Socioeconómico: La Era Post-Fordista

El parametricismo surge como respuesta arquitectónica a la transición del modelo fordista al paradigma post-fordista. Mientras el fordismo se caracterizaba por “la producción en masa, estandarización y consumo homogéneo”. (Schumacher, P, 2008-2018). La era posfordista se define por “la heterogeneidad social, la customización masiva y la economía de la información”. (Harvey, D, 2012).

Esta transición implica que:

- La sociedad de masas cede paso a “comunidades diversificadas con necesidades espaciales complejas y en constante evolución”.
- Los estándares universales son reemplazados por “soluciones diferenciadas y adaptativas”.
- La producción en serie se transforma en “fabricación digital personalizada”.

Fundamentación Político - Ideológica

El parametricismo se enmarca en una visión neoliberal del desarrollo urbano, donde:

Principios ideológicos centrales:

- Mercado como ordenador social: “Solo un mercado libre de obstáculos puede gestionar la complejidad urbana contemporánea”. (Schumacher, P, 2008-2018).

- Minimalismo Estatal: “el Estado representa un obstáculo para la innovación y el desarrollo arquitectónico”. (Schumacher, P, 2008-2018).
- Auto-organización: “los sistemas urbanos deben emerger de procesos bottom-up más que de planificación centralizada”. (Schumacher, P, 2008-2018).

Críticas a la postura política:

Como señala Vélez Bartomeu (2021), existe una contradicción fundamental entre:

- “La innovación formal y tecnológica del parametricismo”
- “Su conservadurismo político y económico de corte neoliberal”

Esta dualidad genera que “el discurso vanguardista del parametricismo no se acompaña de una agenda social progresista”. (Vélez Bartomeu, F, 2021).

Implicaciones Urbanísticas y Sociales

Ventajas Potenciales:

- *Adaptabilidad:* “Los sistemas paramétricos permiten respuestas precisas a condiciones locales específicas.”
- *Eficiencia:* “La optimización algorítmica reduce desperdicios y mejora el desempeño ambiental.”
- *Innovación:* “La tecnología digital facilita soluciones espaciales anteriormente imposibles.”

Riesgos y Limitaciones:

- *Elitismo:* “La complejidad tecnológica puede excluir a comunidades sin acceso a capital o conocimiento especializado.”
- *Gentrificación:* “La innovación arquitectónica puede convertirse en herramienta de desplazamiento social.”
- *Desconexión Comunitaria:* “La primacía de los flujos abstractos sobre las prácticas sociales concretas.”

Posicionamiento Crítico

El análisis del contexto político-económico revela que el parametricismo:

Como herramienta técnica:

- Ofrece “metodologías poderosas para gestionar la complejidad urbana”.
- Permite “respuestas adaptativas a condiciones ambientales y sociales cambiantes”.

Como Proyecto Político:

- Presenta “limitaciones significativas en su capacidad para abordar desigualdades estructurales”.
- Requiere “revisiones críticas para evitar su cooptación por agendas neoliberales —ideología que es abordada por el capitalismo de libre mercado—”.

En el contexto colombiano:

Esencial desarrollar un parametricismo crítico que aproveche sus capacidades técnicas mientras mitiga sus riesgos políticos mediante la incorporación de agendas sociales progresistas.

Marco Proyectual

Introducción: Parametricismo como paradigma proyectual adaptativo

El parametricismo contemporáneo trasciende su inicial asociación, con formas orgánicas para consolidarse como un “marco metodológico para la gestión de complejidad”. En el contexto colombiano, esta investigación propone desarrollar una aproximación que aproveche las capacidades sistémicas del parametricismo mientras responde a las particularidades de las seis regiones del país. Como señala (Schumacher, P AD Wiley, 2020) “la verdadera potencia del parametricismo reside en su capacidad para generar órdenes espaciales altamente diferenciados y adaptativos”.

Fundamentos epistemológicos: de la fragmentación a la diferenciación asociativa

Cambio de paradigma cognitivo. El parametricismo representa una transición desde:

- Pensamiento lineal moderno: “Imposición de órdenes abstractos universales”.
- Celebración postmoderna del caos: “Fragmentación desconectada y arbitraria”.
- Pensamiento sistémico paramétrico: “Revelación de órdenes latentes mediante correlación de datos”. (Universidad Nebrija, Revista de Arquitectura, 2020).

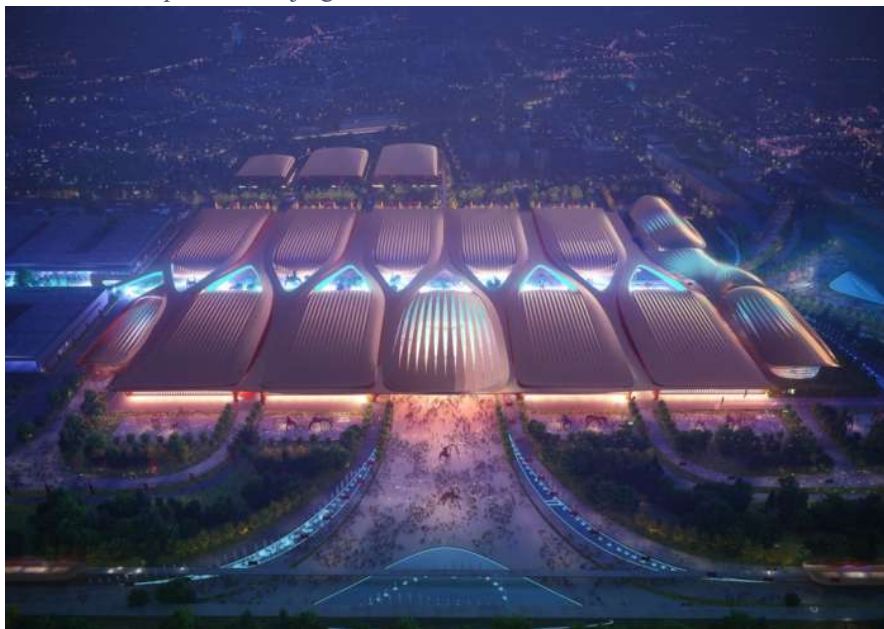
Metodología Proyectual Asociativa

El proceso de diseño se redefine como:

- Mapeo de Influencias: “Identificación sistemática de flujos peatonales, condiciones bioclimáticas, programas sociales y estructuras existentes”.
- Parametrización Contextual: “Traducción de variables regionales en inputs cuantificables”.
- Optimización Multiobjetivo: “Negociación inteligente entre restricciones y oportunidades”.

Caso de Referencia:

T. F 29 Masterplan del Beijing CBD de Zaha Hadid Architects



T. N 29 Demuestra cómo “la conectividad, densidad y permeabilidad pueden optimizarse algorítmicamente para generar vitalidad urbana”

Herramientas Digitales como Agentes de Cambio Metodológico

Co-autoría algorítmica

El software paramétrico (Grasshopper, Geometry Nodes) transforma radicalmente la práctica proyectual mediante:

- Diseño generativo: “El arquitecto diseña sistemas de reglas en lugar de formas finales”.
- Exploración iterativa: “Evaluación de múltiples alternativas dentro de un campo de posibilidades”.
- Precisión adaptativa: “Ajuste fino en respuesta a condiciones específicas”.

Caso de Referencia:

T. F 30 El Pabellón Serpentine



T. N 30 ilustra cómo "la optimización estructural y material puede generar formas intrínsecamente lógicas y eficientes"

Performance y Adaptabilidad: Arquitectura como Sistema Responsivo

De Eficiencia Dinámica

El parametricismo introduce un cambio fundamental en los criterios de evaluación:

- Belleza performática: “El valor estético emerge de la capacidad de respuesta ambiental y social”.
- Optimización integral: “Consideración simultánea de variables energéticas, estructurales y programáticas”.
- Adaptabilidad inherente: “Recalibración automática ante cambios contextuales”.

Caso de Referencia:

T. F 31 Edificio Al Bahar Towers en Abu



T. N 31 t demuestran cómo "sistemas de fachada responsiva pueden reducir ganancia solar en 50% mediante lógica paramétrica"

Aplicación al Contexto Colombiano: Metodología Regional

Parametrización de Variables Regionales

La propuesta metodológica se estructura alrededor de:

- Registro Sistemático: “Identificación de parámetros relevantes para cada región (clima, topografía, cultura constructiva)”.
- Desarrollo de Librerías Paramétricas: “Herramientas computacionales específicas para condiciones locales”.
- Protocolos de Implementación: “Guías para aplicación progresiva según capacidades técnicas regionales”.

T. F 32 Cabaña caribeña



T. N 32 Se muestra los típicos de elementos arquitectónicos de la región caribe, su uso sinérgico y covalente.

Estrategias de Implementación Diferenciada

- Regiones con Alta Capacidad Técnica: “Implementación completa de BIM paramétrico y fabricación digital”.
- Regiones en Desarrollo Tecnológico: “Aproximaciones híbridas que combinen métodos tradicionales con parametrización básica”.
- Comunidades con Recursos Limitados: “Sistemas paramétricos simplificados para autoconstrucción asistida”.

T. F 33 La unidad de cuarto



T. N 33 Tiene la forma de rectángulo alargado, con un techo a dos o 4 aguas, que en algunos pocos casos tiene una cubierta delantera, que la asemeja a algunas casas habituales urbanas.

Conclusión: Hacia un Parametricismo Crítico y Contextualizado. El análisis del marco proyectual permite concluir que:

Fortalezas metodológicas:

- “Capacidad única para gestionar la complejidad mediante el pensamiento asociativo”.
- “Potencial para optimizar el desempeño ambiental y social”.
- “Flexibilidad inherente para adaptarse a diversas condiciones”.

Desafíos por Superar:

- “Riesgo de formalismo autocontemplativo desconectado de realidades sociales”.
- “Necesidad de anclaje en parámetros significativos (ecológicos, culturales, económicos)”.
- “Importancia de desarrollar aproximaciones críticas y contextualizadas”.

T. F 34 El corral



T. N 34 De contorno redondo, ovalado o cuadrado según se use, para cabras o para caballos, constituido en ramas entrelazadas o en varas paradas.

El éxito de la implementación paramétrica en Colombia dependerá de su capacidad para desarrollar un parametricismo socialmente responsable que aproveche herramientas digitales mientras responde a necesidades específicas de cada región, estableciendo un diálogo creativo entre innovación global y contextos locales.

Desarrollo: Expresiones Arquitectónicas de la Región Caribe Colombiana

Contexto Geográfico y Cultural

El Caribe colombiano, comprendido en la división territorial del DANE, constituye un territorio de extraordinaria riqueza cultural donde convergen influencias indígenas, africanas y europeas en un proceso de mestizaje arquitectónico único. Como señala Landmarks Architects, Revista de Arquitectura Tropical, 2023, “la arquitectura caribeña representa una armonía en la diversidad, donde la adaptación climática y la expresión cultural se entrelazan”.

T. F 35 Rodrigo de Bastidas funda “Santa Marta” (29 de Julio) 1525



T. N 35 Rodrigo de Bastidas funda “Santa Marta”, la ciudad más antigua de Colombia aún habitada. Se convierte en un punto estratégico para expediciones al interior.

Arquitectura Wayuu: sustentabilidad y adaptación

Sistema constructivo de las rancherías

Las comunidades Wayuu de La Guajira han desarrollado un sistema arquitectónico profundamente adaptado a las condiciones del territorio:

- Configuración espacial modular: “Cada ranchería representa una conjunción especial, no repetitiva, en la que las viviendas responden a las necesidades específicas de cada grupo familiar.”
- Materialidad local: “predominan el bahareque para muros y yotojolo (corazón de cactus) para cubiertas, materiales de propiedad cultural exclusiva de las comunidades nativas”.

Técnicas Constructivas Tradicionales

- Sistemas de amarre: “utilización de fibras vegetales para fortalecer la unión entre elementos estructurales y proporcionar resistencia frente a condiciones climáticas extremas”.
- Arquitectura nómada: “estrategias de construcción temporal que responden a patrones de movilidad ancestrales, con estructuras fácilmente montables y desmontables”.

Evolución Histórica y Procesos de Resistencia

Período Prehispánico

Los pueblos originarios (taínos, arahuacos, caribes) desarrollaron “sistemas constructivos en perfecta armonía con el clima tropical, utilizando exclusivamente materiales locales”.

Colonización y Resistencia Cultural (1525-1540)

- Fundación de ciudades estratégicas: “cartagena como epicentro del imperio español, con su sistema de fortificaciones que respondía a amenazas piratas”.
- Resistencia indígena: “los Wayuu mantuvieron su autonomía territorial y sistemas constructivos tradicionales, evitando la dominación cultural completa”.
- Tráfico esclavista: “introducción de técnicas africanas que se fusionaron con los sistemas locales”. Principios bioclimáticos en la arquitectura caribeña.

T. F 36 Diseño sensible al clima



T. N 36 La arquitectura caribeña prioriza la adaptación al clima, reconociendo la necesidad de adaptarse a las condiciones cálidas y húmedas de la región.

Estrategias de Adaptación Climática

La arquitectura tradicional caribeña integra soluciones pasivas sofisticadas:

- Ventilación Natural: “Techos altos, ventanas con lamas y terrazas que optimizan la circulación del aire y reducen la dependencia de la refrigeración mecánica”.
- Integración Interior-Exterior: “Pacios y terrazas como espacios liminares que difuminan los límites entre lo construido y el entorno natural”.

Técnicas Constructivas Sostenibles

T. F 37 Prácticas sostenibles



T. N 37 Los arquitectos caribeños promueven la sostenibilidad utilizando materiales locales y naturales, como el bambú, la madera y la piedra coralina. Esto no solo reduce el impacto ambiental, sino que también fomenta la conexión entre el entorno construido y el paisaje natural.

- Construcción con entramado de madera: “Sistemas estructurales que combinan flexibilidad sísmica con eficiencia material”.
- Morteros de cal: “Técnicas tradicionales que garantizan la durabilidad y la regulación higrotérmica”.

Reinterpretaciones contemporáneas y potencial paramétrico

Lecciones para el diseño paramétrico contemporáneo

Los principios de la arquitectura caribeña tradicional ofrecen valiosas lecciones para el desarrollo de un parametricismo contextualizado.

- Modularidad adaptativa: “Los sistemas no repetitivos de las rancherías prefiguran lógicas paramétricas de variación sistemática”.
- Optimización del material: “El uso eficiente de los recursos locales sugiere estrategias para personalizar los componentes constructivos”.
- Respuesta climática inteligente: “Las soluciones pasivas tradicionales pueden alimentar algoritmos de optimización ambiental”.

Hacia un Parametricismo Caribe

La fusión de tradición e innovación sugiere el potencial de desarrollar “un lenguaje paramétrico regional que traduzca principios bioclimáticos ancestrales mediante herramientas computacionales contemporáneas”.

Conclusiones: El Patrimonio como Fuente de Innovación.

La arquitectura del Caribe colombiano representa “un testimonio vivo de resiliencia y adaptabilidad, donde la respuesta al clima y la expresión cultural se entrelazan en soluciones espaciales profundamente contextualizadas”.

Su estudio no solo revela estrategias de sostenibilidad probadas por el tiempo, sino que también proporciona “un sustrato cultural rico para el desarrollo de metodologías paramétricas regionalmente específicas”.

Expresiones Arquitectónicas del Caribe Insular Colombiano

Contexto Geográfico e Histórico

El Caribe insular colombiano, comprendiendo principalmente el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, representa un territorio de singular importancia geopolítica y cultural. Como señala el Instituto de Estudios Caribeños de la Universidad Nacional (2023), “estas islas constituyen un cruce de influencias coloniales donde convergen tradiciones españolas, británicas y africanas en un proceso único de sincretismo arquitectónico”. —Armonización en una misma unidad arquitectónica de varios estilos actuales o del pasado, dando como resultado un nuevo estilo—.

Periodo Colonial: Disputas y Superposiciones Culturales

Dominio Español Inicial (Siglo XVI)

- Arquitectura Mínima: “Las primeras intervenciones españolas se limitaron a pequeñas capillas y a fuertes rudimentarios, reflejando el interés estratégico, pero no colonizador, de la Corona”.

T. F 38 Casas tradicionales de San Andrés y Providencia



T. N 38 Casa típica, de San Andrés y Providencia.

- Priorización Continental: “La atención española se centró en el territorio continental, lo que limitó el desarrollo arquitectónico en las islas”.

Ocupación británica (1629-1786).

T. F 39 Casa Museo Isleña (San Andrés)



T. N 39 exhibe una arquitectura típica raizal. Su forma del techo, los pilares en rejilla, las ventanas arqueadas, su balcón, expresan España por todo lado.

Sistemas Constructivos Importados: “Introducción del bahareque como sistema principal, combinando madera y caña para una respuesta efectiva al clima tropical”.

- Espacios de Transición Climática: “Desarrollo de galerías ventiladas como elementos mediadores entre el interior y el exterior, optimizando la circulación del aire”.

- Arquitectura Religiosa Protestante: “Iglesias de diseño sencillo y funcional, carentes de la ornamentación característica del barroco católico español”.

T. F 40 Iglesia de Santa Isabel (Providencia):



T. N 40 Mezcla de estilos coloniales y criollos.

Retorno Español (1786-1822)

T. F 41 Fuerte Warwick (Providencia, siglo XVII).



T. N 41 Construido por ingleses, hoy solo quedan vestigios.

- Arquitectura militar defensiva: “Construcción de pequeñas fortificaciones como el Fuerte La Libertad en Providencia, que evidencien la importancia estratégica del archipiélago”.

Periodo Republicano y Consolidación Cultural (Siglo XIX-XX),

- Integración a la república: Tras la independencia, las islas iniciaron un proceso de integración a la nación colombiana, mientras mantenían fuertes vínculos culturales con el Caribe anglófono — el Caribe anglocaribeño o las Indias Occidentales de habla inglesa—.

Influencia afrocaribeña y adaptaciones locales

- Cromatismo arquitectónico: “Fachadas coloridas que reflejan tradiciones africanas reinterpretadas en el contexto insular”.

- Tecnologías de cubierta: “Adopción de techos de zinc, como respuesta adaptativa a las condiciones de huracanes”.

- Arquitectura anfibia: “Persistencia de palafitos en zonas costeras de San Andrés, demostrando una relación simbiótica con el entorno marino”.

Características arquitectónicas distintivas

Sistemas Constructivos Híbridos

- Bahareque Caribeño: “Evolución local del sistema tradicional con adaptaciones específicas a las condiciones insulares”.
- Estructuras Livianas: “Predominio de construcciones con alta resiliencia frente a eventos climáticos extremos”.

Espacialidad y relación con el entorno

- Galerías de ventilación: “Elementos arquitectónicos que actúan como reguladores térmicos naturales”.
- Flexibilidad programática: “Espacios multifuncionales que responden a diversas necesidades comunitarias”.

Lecciones para el diseño paramétrico contemporáneo

Principios adaptativos aplicables

La arquitectura insular tradicional ofrece valiosas lecciones para el desarrollo de sistemas paramétricos contextualizados:

- Resiliencia climática: “Las estrategias de respuesta a huracanes pueden informar algoritmos de optimización estructural.”
- Hibridación cultural: “La síntesis de diversas influencias sugiere metodologías para el diseño culturalmente sensible.”
- Modularidad adaptativa: “Los sistemas constructivos flexibles prefiguran lógicas de variación paramétrica.”

Hacia un Parametricismo Insular

El estudio de la arquitectura tradicional sugiere el potencial de desarrollar “un enfoque paramétrico que traduzca los principios de adaptación climática y síntesis cultural en sistemas computacionales contemporáneos”.

Conclusiones: Patrimonio como fundamento para la innovación

La arquitectura del Caribe insular colombiano representa “un testimonio excepcional de adaptación cultural y ambiental, donde múltiples influencias históricas se sintetizan en soluciones espaciales únicas”. Su análisis no solo revela estrategias constructivas probadas, sino que también proporciona “un sustrato invaluable para el desarrollo de metodologías paramétricas regionalmente contextualizadas, que respeten la identidad cultural mientras incorporan innovación tecnológica”.

Análisis Comparativo de las Regiones Colombianas

Marco Metodológico Comparativo

Este análisis sistematiza las características fundamentales de las dos regiones colombianas, estableciendo los parámetros de base para el desarrollo de una metodología de diseño paramétrico, regionalmente contextualizada. Como señala el (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2023) “sola comprensión de las variables regionales específicas es prerequisite fundamental para cualquier aproximación arquitectónica que aspire a ser territorialmente pertinente”.

Síntesis de Parámetros para Diseño Paramétrico Regionalizado

VARIABLES CLIMÁTICAS COMO DRIVERS DE DISEÑO

- Caribe: “Orientación para ventilación cruzada, protección solar y resistencia a brisas marinas”.

MATERIALIDAD Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PARAMETRIZABLES

- Insular: “Resistencia a vientos huracanados y corrosión salina con materiales disponibles”.

CULTURA Y ESPACIALIDAD COMO FACTORES DE DISEÑO

DESARROLLO DE LIBRERÍAS PARAMÉTRICAS REGIONALES

- Caribe: “Algoritmos de ventilación natural y protección solar basados en brisas marinas”.
- Pacífica: “Estrategias de elevación y materiales resistentes a humedad parametrizables”.

METODOLOGÍAS DE IMPLEMENTACIÓN DIFERENCIADA

- Regiones con Alta Capacidad Técnica: “Implementación completa de BIM paramétrico y fabricación digital”.
- Regiones con Recursos Limitados: “Sistemas paramétricos simplificados para autoconstrucción asistida”.

CONCLUSIONES: HACIA UN PARAMETRICISMO COLOMBIANIZADO

El análisis comparativo revela que “la efectiva implementación del diseño paramétrico en Colombia requiere el desarrollo de aproximaciones regionalmente diferenciadas que respondan a las condiciones específicas de cada territorio”. La riqueza cultural y ambiental del país sugiere que “el parametricismo debe evolucionar desde un lenguaje universal hacia un conjunto de dialectos regionales que capturen la esencia diversa del territorio colombiano”.

Tabla Comparativa de Variables Regionales Clave

Dimensión	Región Caribe	Región Insular
Geografía	Planicies costeñas, sierra Nevada	Islas oceánicas, arrecifes, atolones
Clima	Cálido-húmedo	Tropical oceánico, riesgo de huracanes
Arquitectura Tradicional	Casas colaridas, techos de pala/zinc	Casas de madera con galerías, techos a dos aguas
Materiales Locales	Bareque, palma, zinc	Madera, coralina, zinc, palma de coco
Sistemas Constructivos	Patios centrales, ventilación cruzada	Estructuras ligeras, resistencia a vientos, galerías ventiladas
Expresión Regional	Cumbia, puertos, champeta	Creole, mentó, calypso, polka raizal
Economía Regional	Turismo, puertos, agricultura	Turismo, comercio libre, pesca artesanal
Patrón de Asentamiento	Concentrado costero, urbano	Nucleado costero, asentamientos lineales
Variables Paramétricas Clave	Orientación para brisas marinas, sombreado	Resistencia a vientos fuertes, optimización espacios reducidos

Capítulo I: La Guadua como Material Estructural

El “Acero Vegetal”: Propiedades y Ventajas

La elección de la guadua como material principal para la construcción bioclimática no es fortuita. Responde a una exploración de materiales que, en el contexto tropical, ofrecen ventajas decisivas sobre otras opciones. Según el arquitecto Simón Vélez, referente mundial en construcciones con guadua, materiales como el pino o el eucalipto no son confiables para la construcción debido a sus propiedades mecánicas y durabilidad, en contraste con las maderas rollizas nativas como el mangle y, principalmente, la guadua (Vélez, 2010). La singularidad de la guadua como material de construcción se puede resumir en las palabras de un especialista citado por el Eduardo Arango Restrepo:

Desde la mata viene aligerada, modulada, barnizada. No necesita intermediarios, ni tiene desperdicios por aserrío o por cortes. Es la especie vegetal de más rápido crecimiento y de propiedades estructurales extraordinarias. Su relación peso-resistencia solo es comparable con la obtenida por las aleaciones de metales de la era espacial. A pesar de que hay que inmunizarla, la guadua es un milagro. (Eduardo Arango Restrepo).

T. F 42 Acero Vegetal



T. N 42 Nota 1 Se muestra una guadua tomada de BAMBUSA GUADUA, sirve como apoyo a lo que está describiendo.

Esta cita encapsula la esencia del material: su forma cilíndrica y hueca, resultado de su evolución como gramínea, le proporciona una eficiencia geométrica innata. Al ser un tubo natural, optimiza la cantidad de materia para resistir esfuerzos de flexión y compresión, lo que, sumado a su bajo peso, la convierte en un material estructuralmente eficiente y ecológico desde su origen.

Clasificación Taxonómica de la Guadua

Para entender las propiedades de la guadua, es crucial conocer su origen botánico. Pertenece a la familia de las Poáceas (gramíneas), lo que explica su rápido crecimiento, similar al de los pastos y céspedes, pero con una lignificación que le otorga resistencia leñosa. La clasificación taxonómica completa de la Guadua es la siguiente:

Tabla 2 Clasificación Taxonómica de la Guadua

Nivel Taxonómico	Nombre	Descripción
Reino	Plantae	El reino de las plantas.
División	Magnoliophyta	Plantas con flores.
Clase	Liliopsida	Plantas monocotiledóneas.
Orden	Poales	Orden que incluye a las familias de las gramíneas
Familia	Poaceae	La familia de los pastos, céspedes y bambúes.
Subfamilia	Bambusoideae	La subfamilia que agrupa a todos los bambúes.

Tribu	Bambuseae	Tribu de los bambúes leñosos.
Subtribu	Guaduinae	La subtribu que agrupa a los bambúes americanos más cercanos a la Guadua l.
Género	Guadua	El género que nos ocupa, descrito por Carl Sigismund Kunth en 1822.

Nota 2 Adaptado de "American Bamboos" (Judziewicz et al., 1999).

El Género Guadua: Un Vistazo a su Diversidad

El nombre del género *Guadua* proviene del nombre común utilizado por los pueblos indígenas de Colombia para designar estas plantas. Fue descrito formalmente por el botánico Carl Sigismund Kunth en 1822, basándose en especímenes recolectados por Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en Venezuela, quienes inicialmente la clasificaron como *Bambusa guadua* (Londoño, 1998).

La especie tipo y más representativa del género es *Guadua angustifolia*, reconocida por sus excepcionales propiedades físico mecánicas. Sin embargo, el género es diverso y se compone de entre 27 y 34 especies distribuidas por América Latina, cada una con características y adaptaciones particulares (Judziewicz et al., 1999).

T. F 43 Vista de Guadua en forma de diversidad



T. N 43 Se muestra la *Guadua angustifolia*, para demostrar su rica naturaleza y aporte.

Capítulo II: Análisis de la Resistencia Estructural

Comparación de Resistencia: Guadua vs. Acero

Una de las afirmaciones más comunes al hablar de guadua es que su fibra es más resistente a la tensión que el acero. Según los cálculos del Ing. Wilson García (2026), esto es cierto: la fibra de guadua puede alcanzar una resistencia a la tracción de 503 MPa, superando los 385-400 MPa de

un acero estructural común. Sin embargo, como él mismo señala, “aquí viene la trampa”. Esta comparación no es directa, ya que compara la fibra con una barra maciza.

Para una comparación estructural justa, se debe calcular la fuerza total que cada elemento puede soportar. La fórmula fundamental es:

$$F = \sigma \times A$$

Donde:

F = Fuerza máxima (en newtons, N).

σ (sigma) = resistencia del material (en megapascales, MPa).

A = Área de la sección transversal (en mm²).

T. F 44 Sección transversal de una guadua, mostrando su estructura tubular.



Dado que la guadua es un elemento tubular, su área se calcula de forma diferente a la de una barra de acero maciza. Para un bambú de diámetro exterior (D) y espesor de pared (t), el área es:<

$$A_{\text{bambú}} = (\pi/4) \times (D^2 - d^2)$$

Donde d es el diámetro interior (D - 2t). Una regla general empírica para guadua madura es que el espesor de pared es aproximadamente 1/10 del diámetro exterior (García, W., 2026). Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta un ejemplo práctico desarrollado por el Gustavo Garcia para un bambú de 10 cm de diámetro:

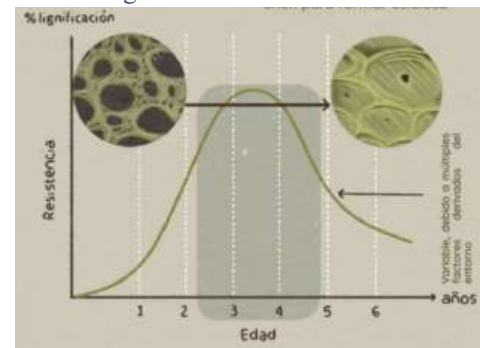
Tabla Comparación de capacidad de carga: Guadua vs. Acero

Paso 1: Calcular el área del bambú	Paso 2: Calcular la fuerza que soporta el bambú
D = 100 mm	(F_(bambú) = σ bambú x A bambú
d = 80 mm (asumiendo la regla del espesor 1/10)	(F_(bambú) = 503 MPa x 2,827 mm ²
(A_(bambú) = $\frac{\pi}{4} (100^2 - 80^2)$)	(F_(bambú) = 1,421,981 N (Newtons)
(A_(bambú) = 0.7854 x (10,000 - 6,400) (A_(bambú) = 0.7854 x 3,600	Lo pasamos a kilogramos-fuerza: $\frac{1,421,981}{9.81} = 144,952$ Kg
(A_(bambú) = 2,827 mm ²)	

Elaborado a partir de cálculos del Ing. Wilson García (2026).

Este análisis demuestra que para soportar una carga de 145 toneladas, se necesita una barra de acero maciza de 67 mm de diámetro o una guadua de 100 mm de diámetro. El resultado es una tabla comparativa que ilustra esta relación para diferentes diámetros:

T. F 45 Lignina



T. N 44 Resistencia de la fuerza de la Guadua.

Tabla Tabla Comparativa de Diámetros Equivalentes

Diámetro del Bambú (cm)	Área del Bambú (mm ²)	Peso que Soporta (Toneladas)	Diámetro del Acero Equivalente (mm)
5 cm (50 mm)	707	~36.2 t	33.6 mm
10 cm (100 mm)	2,827	~145 t	67.3 mm
15 cm (150 mm)	6,362	~326 t	101 mm
20 cm (200 mm)	11,310	~580 t	134.6 mm

Nota Elaboración propia con base en cálculos de resistencia de materiales.

Conclusión de la comparación: Para soportar la misma carga, se requiere una pieza de guadua de mayor diámetro que una de acero. Sin embargo, la gran ventaja radica en el peso. Una barra de acero de 67 mm de diámetro y 1 metro de longitud pesa aproximadamente 27.7 kg, mientras que un bambú de 100 mm de diámetro y 1 metro de largo pesa alrededor de 3.5 kg.

Esto significa que el bambú es hasta 8 veces más ligero que su equivalente en acero, lo que facilita su transporte y manipulación, y reduce las cargas muertas en las cimentaciones.

Factores que Explican la Resistencia de la Guadua

La excepcional resistencia de la guadua no es casualidad, sino el resultado de su biología. Se debe principalmente a dos componentes:

La celulosa: es la fibra que aporta la resistencia a la tracción. Se puede imaginar como las varillas de acero dentro del hormigón, encargadas de soportar los esfuerzos de estiramiento.

La lignina: actúa como un “pegamento natural” que rellena los espacios entre las fibras de celulosa y las une. Sin lignina, las fibras serían como un manojo de espaguetis sueltos que se separarían fácilmente. La lignina las cementa, creando un material compuesto natural increíblemente rígido y duro (Londoño, 1998).

Además, la alta densidad de su estructura fibrosa contribuye a su durabilidad y resistencia a los impactos y al desgaste. Esta configuración es la que lleva a denominar a las fibras de guadua como “cobras” o “acero vegetal”.

Capítulo III: Especies de Guadua en el Caribe Colombiano

Para proyectar el uso de la guadua en la Región Caribe, es indispensable identificar las especies que mejor se adaptan a sus condiciones climáticas. Este capítulo, basado en el trabajo de campo y análisis del Ing. Wilson García (2026), presenta una guía para la selección de especies en el Caribe colombiano.

Descripción de las Especies y su Hábitat

Guadua angustifolia

Es la especie más conocida y de mayor importancia económica en Colombia. Prefiere altitudes entre 900 y 1,600 msnm, con alta precipitación y humedad. Aunque puede encontrarse en la región Caribe, su óptimo se da en las zonas andinas.

En el Caribe, su presencia se limita a áreas de mayor altitud como la Sierra Nevada de Santa Marta o las serranías de Córdoba (Londoño, 1998; Plants For A Future [PFAF], s.f.).

- Nombre común: Caña brava, cobra. Altura: 15 - 25 m (hasta 35 m en condiciones óptimas).
- Diámetro: 14 - 18 cm. - Altitud óptima: 900 - 1,600 msnm.

T. F 46 Cultivo de *Guadua angustifolia* en la Sierra Nevada de Santa Marta.



T. N 45 Fotografía de Pablo Luna Studio (Guaduabamboo.co, 2019).

T. F 47 Cultivo de Guadua Paniculata



T. N 46 Fotografía de Pablo Luna Studio (Guaduabamboo.co, 2019).

Guadua amplexifolia

Especie más tolerante a climas cálidos, comúnmente encontrada en Venezuela y la cuenca del Caribe. Se adapta bien a zonas bajas y húmedas, cerca de ríos y ciénagas (García, W., 2024).

- Nombre común: Caña mansa.
- Altura: 10 - 15 m (hasta 20 m en óptimas).
- Diámetro: 8 - 12 cm.
- Altitud: Comúnmente hasta 1,000 msnm.

Guadua paniculata

Destaca por su amplio rango de distribución y adaptabilidad a climas secos. Es la especie con mayor potencial para zonas de bosque seco tropical, como los Montes de María o las estribaciones de la Sierra Nevada (Judziewicz et al., 1999).

- Nombre común: Guapa, otate.
- Altura: 10 - 15 m (hasta 25 m en óptimas).
- Diámetro: 5 - 8 cm.
- Altitud: Generalmente por debajo de 1,000 msnm.

T. F 48 Fotografía de Pablo Luna Studio (Guaduabamboo.co, 2019).



T. N 47 Cultivo de Guadua amplexifolia.

Guadua glomerata

Especie asociada a ambientes muy húmedos y de bosque lluvioso, con requerimientos hídricos muy altos. En el Caribe, su hábitat potencial se restringe al sur de Córdoba, en la transición hacia el nudo de Paramillo (Schröder, 2019).

T. F 49 Cultivo de *Guadua Glomerata*



T. N 48 (Guaduabamboo.co, 2019). Fotografía de Pablo Luna Studio.

- Nombre común: Guadua de castilla.
- Altura: 8 - 12 m (hasta 15 m en óptimas).
- Diámetro: 4 - 5 cm.
- Altitud: 100 - 550 msnm.

Ciclo de Maduración y Productividad

Un aspecto crucial para el uso de la guadua en construcción es su ciclo de maduración. Aunque alcanza su altura final en cuestión de meses, el tejido necesita tiempo para lignificarse y alcanzar su máxima resistencia (Londoño, 1998).

Estado joven (1-2 años): El tallo es blando y está cubierto por hojas protectoras. No es apto para construcción.

Madurez comercial (4-6 años): Las fibras han alcanzado su máxima resistencia. Es el momento óptimo para la cosecha.

Sobre madurez (>8 años): El tallo comienza a perder propiedades mecánicas y puede presentar patologías.

T. F 50 Diferentes estadios de madurez en un guadual. COSECHA.



T. N 49 brote culmo archivo fotográfico del intagram arquitectura guadua).

La Barrera Viva (Planta Muchiver)

En la Región Caribe, el término “planta muchiver” se refiere a plantas de rápido crecimiento y sistema radicular denso que se siembran para proteger el suelo. Su función es aumentar la productividad del ecosistema que sostiene a la guadua mediante:

- Control de erosión: Sus raíces sujetan el suelo fértil.
- Acumulación de agua: Favorecen la filtración y retención de humedad.
- Aporte de materia orgánica: Sus hojas y ramas se descomponen, creando compost natural que nutre el guadua.

T. F 51 Extracción de un chisquín Propagación Vegetativa (Chisquines) (propagación vegetativa).



T. N 50 Archivo fotográfico del arquitectura Guadua de instagram).

La técnica de propagación vegetativa mediante pseudotroncos (rizomas) es la forma más efectiva de asegurar una nueva plantación de guadua con características genéticas idénticas a la planta madre. A estos nuevos individuos se les conoce como chisquines o hijos. Su uso garantiza:

- Alta tasa de supervivencia: Al ser una planta ya formada con reservas energéticas.
- Crecimiento acelerado: Supera rápidamente la fase de plántula.
- Uniformidad genética: Se obtiene un cultivo homogéneo y de calidad predecible (García, W., 2024).

Viabilidad por Región: Un Análisis para el Caribe

Con base en las condiciones climáticas de las capitales del Caribe y las preferencias de cada especie, el Ing. Wilson García con Gustavo Garcia (2026) elaboró la siguiente matriz de viabilidad.

Tabla Matriz de Viabilidad de Especies de Guadua en el Caribe Colombiano

Departamento (capital)	Clima predominante	G. angustifolia	G. amplexifolia	G. paniculata	G. glomerata
Atlántico (Barranquilla)	Semiárido / muy seco	1	2	3	1
Bolívar (Cartagena)	Semiarido costero	1	2	3	1
Magdalena (Santa Marta)	Seco (con excepción de la sierra nevada)	2	3	4	1
Cesar (Valledupar)	Seco/Muy cálido	1	2	4	1
Córdoba (Montería)	Húmedo / Cálido	3	4	2	2
Sucre (Sincelejo)	Seco a Moderado	2	3	3	1
La Guajira (Riohacha)	Desértico / Árido	1	1	2	1
San Andrés (islas)	Húmedo insular (calido)	2	4	1	1

Nota Calificación del 1 al 5, donde 1 = Muy Baja / Invisible; 5 = Alta / Potencial Natural. Elaborado por Ing. Wilson García (2024) con base en datos del IDEAM y observación de campo.

Análisis y Recomendaciones:

- *Guadua angustifolia*: Es la más exigente en agua y altitud. Su viabilidad en las capitales costeras es baja sin intervención intensiva (riego). Montería presenta las mejores condiciones relativas, aunque no las óptimas.
- *Guadua amplexifolia*: Es la especie con mayor probabilidad de éxito en el Caribe húmedo. Tolera el calor extremo siempre que sus raíces tengan acceso a agua. Es ideal para Montería (cuena del río Sinú) y, sorprendentemente, para San Andrés, donde tolera suelos arenosos y clima insular.
- *Guadua paniculata*: Es la “guadua de tierra caliente seca”. Es la única que puede prosperar en zonas áridas sin depender directamente de un río. Es la mejor opción para Valledupar, Santa Marta (zonas secas) y Sincelejo (Montes de María).

- *Guadua glomerata*: No es viable en las capitales analizadas. Su hábitat se restringe a zonas de selva muy húmeda, como el sur de Córdoba.

Capítulo IV: Técnicas Constructivas y Acabados

Inmunización: Procesos de Preservación

La inmunización es el proceso fundamental para proteger la guadua del ataque de insectos xilófagos (como el gorgojo o comején) y hongos, aumentando su vida útil de 3-8 años a más de 30 años (García, W., 2026). El éxito del tratamiento depende de una preparación previa adecuada.

Preparación de la Guadua:

Corte y Selección: Se debe cortar en luna menguante (tradicionalmente) y seleccionar guaduas maduras de 4 a 6 años.

Oreado o Avinagrado: Las guaduas se dejan reposar en el gradual, apoyadas y bajo techo, durante 3 a 6 semanas. Esto permite que el contenido de almidón y humedad disminuya, preparando la fibra para absorber el preservante (Londoño, 1998).

Limpieza: Antes de inmunizar, se limpia la guadua con agua a presión para eliminar hongos, líquenes y tierra, abriendo los poros de la fibra.

Tabla Unmunización

Principales Métodos de Inmunización

T. F 52 GUADUA Y BAMBU COLOMBIA



Inmunización por Inmersión

Es el sistema que garantiza una penetración profunda y uniforme del preservante, ideal para proyectos de construcción de alta calidad. Proceso: *Se sumerge la guadua en un tanque con una solución preservante.* Para facilitar la entrada del líquido, se debe romper el diafragma interno de cada canuto (sección) con una varilla.

La guadua se sumerge completamente, a ser posible con un peso encima para que no flote, durante un período que va de unas horas a 3-5 días, dependiendo del producto y la temperatura.

Productos recomendados

T. F 53 Sales de boro en la Realidad



Sales de boro: La mezcla de bórax y ácido bórico es el estándar por su eficacia y baja toxicidad para las personas. Las proporciones más comunes son de 3 kg a 3.5 kg de cada uno por cada 100 litros de agua. Este método es ecológico y muy utilizado.

T. F 54 3 Producto comercial



Producto comercial C5B: Se utiliza en una proporción de 1 litro por cada 100 litros de agua.

T. F 55 Inmunizante de carpintero



Un insecticida y fungicida a base de piretroides. Para inmersión, la dosis es de 5 ml por cada 1 litro de agua (0.5%), con un tiempo de inmersión de 5 a 30 minutos.

Secado final: Tras la inmersión, se escurre la guadua y se deja secar a la sombra, bajo techo, hasta que alcance la humedad adecuada (idealmente 12-14% para construcción).

T. F 56 INMUNIZACIÓN POR INYECCIÓN



Este método es práctico para tratar guaduas que ya están en una estructura o cuando no se dispone de un tanque de inmersión grande.

Proceso: Se perfora la guadua justo por debajo de cada nudo, en zigzag (nunca en línea recta para no debilitar la estructura). Con una jeringa veterinaria grande o una fumigadora, se inyecta el preservante a presión. Se recomiendan varias aplicaciones por cada perforación. La concentración del químico suele ser el doble de fuerte que, en inmersión, ya que el volumen de líquido que se inyecta es menor.

Productos recomendados

T. F 57 Otra manera de ver sales de boro



Sales de Boro: Se preparan 3 kg de cada sal por cada 50 litros de agua.

T. F 58 C5B inmunizante



T. N 51 C5B: Se diluye 1 litro en 50 litros de agua.

Inmunización por Aspersión o Brocha

T. F 59 Por capa Protectora



Es útil para aplicar una capa protectora en superficies, retoques o piezas pequeñas de artesanía. No es tan profundo como la inmersión.

Proceso: Se aplica el producto con una brocha, rodillo o pulverizador, asegurándose de cubrir bien toda la superficie, especialmente los cortes y nudos.

Tabla Productos Recomendados para Inmunización

Producto	Dosificación para Inmersión	Observaciones
Sales de Boro (Bórax + Ácido Bórico)	3 - 3.5 kg de cada sal por 100 L de agua.	Mezcla estándar por su eficacia y baja toxicidad.
Producto comercial C5B	1 L por cada 100 L de agua.	Fórmula comercial lista para usar.
Inmune Carpintero	5 ml por cada 1 L de agua (0.5%).	A base de piretroides. Tiempo de inmersión: 5-30 min.

Nota Adaptado de fichas técnicas de productos y normativa NTC 5301.

Acabados y Mantenimiento: Aceites Naturales

La guadua es un material higroscópico, lo que significa que absorbe y libera humedad del ambiente. Por ello, los acabados deben permitir la transpiración. El Ing. Wilson García (2024) recomienda enfáticamente el uso de aceites naturales en lugar de barnices o lacas sintéticas, que crean una película impermeable y se descascarán al impedir el movimiento natural de la fibra.

Aceites Recomendados:

- Aceite de teca: Alta resistencia al agua y a los rayos UV. Ideal para exteriores.
- Aceite de linaza hervido: Excelente penetración y realza el color natural. Económico
- Precaución: los trapos usados pueden generar combustión espontánea.
- Aceite de tung (o chinawood): El más resistente al agua de los aceites naturales.
- Forma una capa firme pero transpirable. Ideal para mobiliario de exterior.

Proceso de Aplicación:

Lijado suave: Con lija fina (grano 120-180) para abrir el poro.

Limpieza: Retirar todo el polvo.

Primera mano de aceite: Aplicar generosamente con brocha o trapo, en dirección de las fibras.

Tiempo de penetración: Dejar actuar 20-30 minutos.

Retirar excesos: Con un trapo limpio y seco, eliminar el aceite no absorbido para evitar superficies pegajosas.

Secado: Dejar secar 24 horas.

Segunda mano (opcional): Repetir en exteriores o en zonas de alto desgaste.

Mantenimiento: En exteriores, aplicar una mano ligera de aceite cada 6 meses a 1 año. Cuando el agua ya no “escurra” en gotas sobre la superficie, es hora de reaplicar.

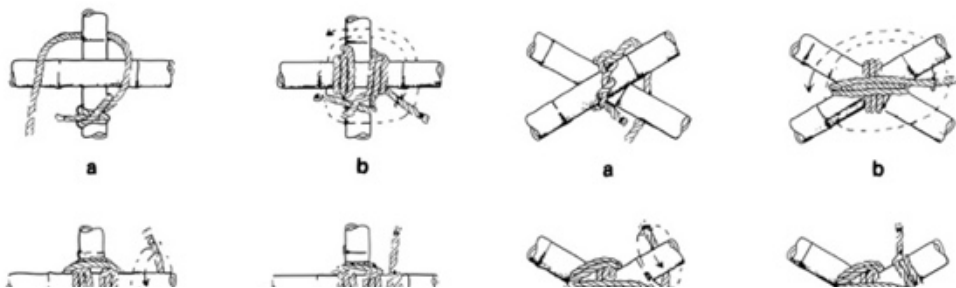
Uniones Estructurales

Las uniones son el punto crítico de cualquier estructura. En guadua, el objetivo es transmitir las cargas de manera eficiente y evitar que la unión sea el punto débil. La construcción contemporánea combina cortes precisos con elementos mecánicos.

Uniones Tradicionales (Base Conceptual)

Son la base del conocimiento constructivo en guadua. Aunque algunas han evolucionado, sus principios siguen vigentes.

T. F 60 Uniones Atadas



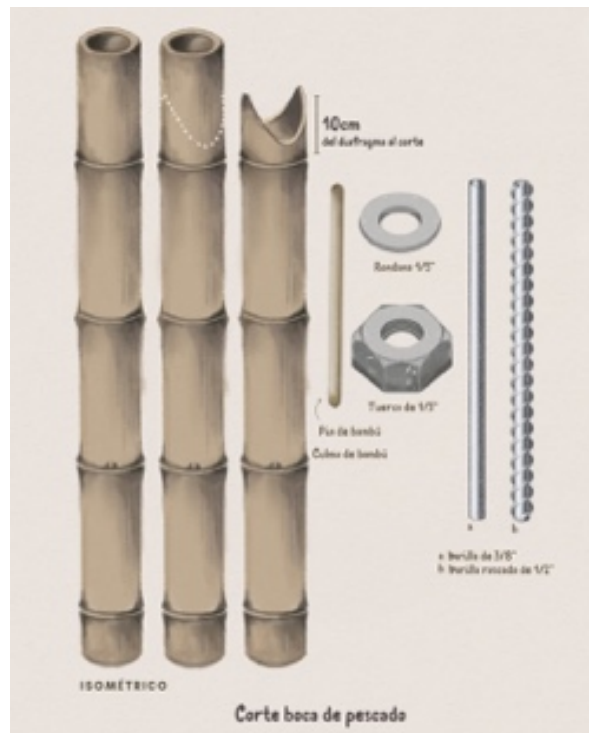
T. N 52 Son las más antiguas. Usaban fibras naturales (bejucos, cabuya) para amarrar las piezas. Actualmente están en desuso como único método estructural porque no garantizan la rigidez necesaria, pero se usan como refuerzo o acabado estético.

Uniones de Ensamble (Corte):

Son la base de las uniones modernas. Consisten en realizar cortes precisos en los extremos de las cañas para que encajen perfectamente, garantizando el máximo contacto y transmisión de cargas.

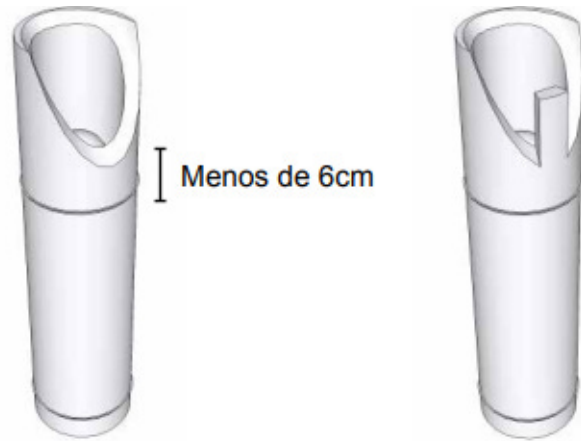
Los cortes más conocidos son:

T. F 61 Boca de Pescado



T. N 53 Un corte cóncavo en una pieza para que reciba perfectamente el contorno circular de otra, generalmente en uniones diagonales o de esquina.

T. F 62 Pico de Flauta



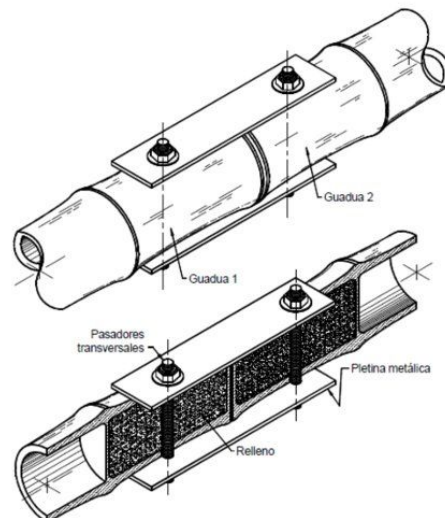
Pico de flauta

Pico de flauta
con 'oreja'

T. N 54 Un corte en bisel en el extremo de una caña para apoyarla sobre otra.

Uniones Contemporáneas (Las se usan hoy)

T. F 63 Unión continua de Platina



T. N 55 Son las que garantizan la seguridad estructural exigida hoy en día. Combinan los cortes tradicionales con elementos mecánicos.

Es el sistema *más utilizado actualmente* por su equilibrio entre costo, facilidad y seguridad. Consiste en atravesar las piezas de guadua con pernos roscados (varillas) de acero, asegurándolos con tuercas y arandelas en sus extremos.

CaracterísticasClave

El Corte: Lo ideal es combinarlo con un corte de “boca de pescado” para que las piezas tengan un asiento perfecto.

El Relleno (Clave del Éxito): para evitar que el perno aplaste la fibra de la guadua, que es hueca, el entrenudo por donde pasa se rellena con mortero de cemento. Esta técnica, popularizada por el arquitecto *Simón Vélez*, rigidiza la unión y la vuelve increíblemente resistente.

Los pernos: deben ser galvanizados (para evitar la corrosión) y tener un diámetro mínimo de 9.5 mm (varilla #3). Se recomienda que pasen cerca de un nudo, la zona más resistente de la caña.

Uniones con Herrajes:

T. F 64 Unión Con Herrajes



Utilizan piezas metálicas (pletinas, ángulos, abrazaderas) diseñadas específicamente para conectar las cañas. Pueden ser sencillas: fabricadas en obra por un herrero (por ejemplo, una abrazadera que sujeta dos cañas). Complejas: Diseñadas a medida y fabricadas industrialmente (por ejemplo, mediante corte láser o impresión 3D) para proyectos de gran envergadura, lo que facilita un montaje rápido y preciso.

Uniones Impresas 3D:

T. F 65 Uniones impresas en 3D



Es la tecnología más reciente. Se diseñan nudos o conectores de polímero (plástico) o de bioplástico que se adaptan perfectamente al diámetro y al ángulo de las cañas. Son muy precisas, rápidas de instalar y cada vez más accesibles, lo que representa el futuro de la prefabricación con Guadua.

Tabla Comparativa de Tipos de Uniones

Tipo de Unión	Componentes Clave	Uso Típico	Ventaja Principal	Desventaja Principal
Atadura	Fibras naturales, cuerda	Refuerzo, acabado estético	Bajo costo, tradición	Baja resistencia estructural
Ensamble (corte)	Corte "boca de pescado"	Transmisión de carga	Máximo contacto entre piezas	Requiere mano de obra experta
Pernada + Mortero	Pernos, tuercas, mortero	UNIVERSAL (vigas, columnas)	Alta resistencia, segura, económica	Ejecución un poco más lenta (por el mortero)
Herrajes	Pletinas, ángulos, tornillos	Uniones complejas, desmontables	Montaje rápido y preciso	Mayor costo económico
Impresas 3D	Conectores de polímero	Proyectos de alta tecnología	Precisión absoluta, adaptable	Requiere tecnología y diseño digital

Anclajes y Cimentación

La regla de oro en la construcción con guadua es que NUNCA debe estar en contacto directo con el suelo, el concreto o la mampostería. El objetivo es crear una barrera física que evite la humedad por capilaridad, el ataque de hongos e insectos.

Análisis Estructural de las Uniones

Más allá del tipo de anclaje, es crucial entender cómo se transmiten las cargas:

- Carga axial (Compresión): En sistemas con pletinas, la carga se transmite por aplastamiento de la guadua contra los pernos y por fricción. En sistemas con vástago y relleno, el mortero interior solidariza la base y distribuye la carga de manera más uniforme hacia el cimiento.
- Tracción (Viento o Sismo): Los sistemas con vástago anclado y relleno de mortero ofrecen alta resistencia a la tracción, ya que el perno queda embebido en un núcleo rígido. Las pletinas sin relleno dependen exclusivamente de la resistencia cortante de los pernos y de la pared de la guadua, lo que las hace menos efectivas frente a fuerzas de levantamiento.
- Momento (Empotramiento): La longitud del anclaje (la parte enterrada del perno o pletina) y la rigidización del primer tramo de la columna (con diafragmas o relleno) determinan la capacidad de la base para actuar como un empotramiento y resistir los vuelcos.

Tipología Constructiva y Detalles

Sistema de Anclaje con Pletinas de Acero	
Componentes:	Dos pletinas de acero galvanizado (generalmente de 3/16" o 1/4" de espesor y un ancho mínimo de 50 mm) embebidas en el dado de cimentación, pernos galvanizados, tuercas y arandelas.
Proceso Constructivo Clave:	Las pletinas deben quedar perfectamente paralelas y alineadas con el eje de la columna desde el vaciado del concreto. Se perfora la base de la guadua y las pletinas para garantizar la coincidencia.
Análisis Estructural:	Ideal para cargas de compresión predominantes. La unión es articulada si no se restringe la rotación en la base.

Esquema Conceptual (Descripción para diagrama):	Dibujar un dado de concreto (cimentación). De su interior sobresalen dos barras planas verticales (pletinas) de acero, separadas por 3-4 cm. Entre ellas se inserta la base de la columna de guadua. Un perno pasante (con tuerca) atraviesa la primera pletina, la guadua y la segunda pletina, asegurando el conjunto. La base de la guadua queda suspendida en el aire, a unos 2-5 cm del concreto.
Sistema de Anclaje con Vástago y Relleno Estructural	
Componentes:	Vástago o perno de anclaje (diámetro mínimo 1/2" o 5/8") con resalto o tuerca inferior embebida en el concreto, separador metálico (una platina con un orificio o una tuerca de mayor tamaño), mortero de relleno (cemento, arena y cal, o grout especial fluido).
Proceso Constructivo Clave:	<ul style="list-style-type: none"> -Se deja el vástago sobresaliendo del cimiento. -Se coloca el separador metálico sobre el vástago, a una altura que garantice la separación guadua-concreto. -Se perfora el diafragma (nudo) inferior de la guadua para permitir el paso del vástago. -Se introduce la guadua y se sella la base con cinta o un tapón. -Se rellena el primer y segundo cañuto con mortero fluido. -Se aprieta una tuerca superior contra una arandela que apoya sobre el mortero o sobre un dado metálico embebido en el relleno.
Análisis Estructural:	Este sistema crea una unión semi-rígida o rígida. El mortero interior evita el aplastamiento local de la guadua bajo la tuerca y mejora la transferencia de esfuerzos de tracción. El separador metálico actúa como "tope sísmico", limitando el desplazamiento lateral en caso de sobrecarga.
Esquema Conceptual (Descripción para diagrama):	<i>Dibujar un dado de concreto. De su centro sobresale una barra roscada (vástago). Sobre esta barra, apoyado sobre el concreto, hay una pequeña platina gruesa (separador). La columna de guadua está "ensartada" en el vástago, apoyada sobre el separador. Seccionar la guadua para mostrar su interior relleno de mortero, con el vástago pasando por el centro. En la parte superior del relleno (dentro del cañuto), se observa una tuerca y arandela que presionan el mortero contra la guadua.</i>

Tabla Comparativa de Sistemas de Anclaje

Sistema de Anclaje	Componentes Clave	Proceso Clave	Ventaja Principal	Desventaja Principal	Comportamiento Estructural	Aplicación Recomendada
Pletinas de Acero	2 Pletinas embebidas, Pernos pasantes, Tuercas.	Perforar guadua y pletinas; Empernar.	Instalación limpia, rápida y seca. No requiere relleno húmedo in situ.	Requiere alta precisión en el trazado y vaciado del concreto. Poco resistente a la tracción.	Unión articulada (permite rotación). Transfiere cortante y compresión.	Estructuras livianas, pérgolas, cerramientos donde no haya esfuerzos de levantamiento significativos.
Vástago Anclado con Relleno	Vástago roscado, Separador, Mortero de relleno, Tuerca de presión.	Rellenar cañutos con mortero; Colocar y ajustar.	Excelente resistencia a la tracción y al arrancamiento. El separador actúa como tope sísmico. Unión más rígida.	Requiere proceso húmedo (relleno) que necesita tiempo de fraguado. Proceso más lento.	Unión semi-rígida. Transfiere compresión, tracción y algo de momento flector.	Estructuras principales (viviendas, puentes, pabellones) donde actúan fuerzas sísmicas o de viento.

Reparación de Estructuras

Cuando un elemento de guadua presenta fallas, se debe proceder con cuidado. El proceso, conocido como “encamiseta”, implica:

Tabla estructural de la reparación y cambio estructural

1. Evaluación Inicial y Seguridad (El Apuntalamiento)

Antes de tocar la guadua dañada, es obligatorio garantizar que la cubierta no se va a caer.

Se instalan “pies derechos” (apuntalamiento): Se colocan soportes verticales provisionales (puntales) hechos de madera o la misma guadua.

Localización: Estos puntales se colocan a unos 30-50 cm a cada lado del punto dañado, justo debajo de la correa o par que soporta la cubierta. Deben quedar firmes, apoyados en el piso y transmitiendo la carga hacia arriba para “aliviar” el peso sobre el elemento defectuoso.

2. Opciones de Intervención: Reemplazo vs. Refuerzo

Dependiendo de la gravedad del daño y la accesibilidad, hay dos caminos:

Opción A: Reemplazo Total	Opción B: Refuerzo Parcial
Si la guadua está partida, quebrada o muy flexionada, lo mejor es cambiarla por una nueva.	Si el daño es solo una pequeña fisura longitudinal (rajadura) o una leve combadura que no ha quebrado la fibra por completo, se puede “entablillar”.

1. Corte controlado: Con la estructura ya apuntalada, se procede a cortar la guadua vieja. Se retira con cuidado.	1. Limpieza: Se inyecta un fungicida o insecticida en las rajaduras para eliminar posibles plagas.
2. Preparación de la nueva guadua: La pieza de reemplazo debe estar seca (curada), inmunizada y tener un diámetro similar a la original.	2. Fijación: Se colocan dos piezas de guadua o madera (como tablillas) a los lados del tramo dañado, abrazando la columna o viga.
3. Conexión: Para unir los extremos de la nueva guadua con los nudos o apoyos existentes en los extremos, se usa la técnica de “empalme con espiga” (macho y hembra) o, más comúnmente hoy en día, el sistema de unión con pernos y platina. Esto implica: - Insertar un tarugo de madera dura dentro de los canutos de las guaduas a unir para rigidizar. - Pasar un perno roscado que atraviese toda la unión, asegurándolo con arandelas y tuercas por fuera.	3. Prensado: Se perfora todo el conjunto (pieza dañada + tablillas) y se pasan pernos con tuercas que comprimen la rajadura, impidiendo que siga abriéndose. Nota: Esta técnica no siempre recupera la rigidez total, por lo que es una solución temporal o para daños muy leves.
3. Técnica Tradicional: El “Empalme Tipo Sambrano”	
Este es el método más común de restaurar cubiertas, es muy común usar un empalme largo que garantiza rigidez.	
1. El Corte: Se corta la guadua nueva con una longitud que le permita apoyarse en el nudo más cercano del elemento horizontal que la soporta (por ejemplo, la cumbreira) y sobrepasar el punto dañado.	
2. La Unión: La nueva pieza se coloca al lado de la vieja (no en el mismo eje). Se asegura con amarras en “X” hechas con alambre dulce calibre grueso o con pernos, sujetándola firmemente a la estructura existente. La guadua vieja puede dejarse ahí (si no estorba) o retirarse parcialmente.	

Técnicas de Curvado

El bambú puede doblarse de forma permanente mediante la aplicación de calor. Al calentarse, la lignina se ablanda y las fibras pueden deslizarse, y al enfriarse, la pieza mantiene la nueva forma.

Tabla Técnicas de Curvado de Guadua

Técnica	Ideal para...	Pros	Contras
Calor Directo	Curvas amplias, muebles, trabajo rápido	Rápido, no requiere equipo complejo	Riesgo de quemar el bambú
Vapor	Curvas uniformes, trabajo profesional, radios pequeños	Muy controlable, no quema la superficie	Requiere construir una vaporera
Agua Caliente	Tiras finas, latas de bambú	Simple y accesible	Solo para piezas pequeñas o delgadas
Cortes y Cuñas	Ángulos cerrados (90°), uniones	Permite ángulos imposibles con otras técnicas	La unión es visible, requiere refuerzo

Nota Ejemplo de curvado de guadua mediante la técnica de calor directo.

Capítulo V: Contexto Cultural y Normativo

Filosofía del Habitante: Sincelejo y San Andrés

La arquitectura bioclimática no puede desligarse del contexto cultural. A continuación, se presenta una reflexión sobre la idiosincrasia de dos puntos estratégicos del Caribe.

Sincelejo: *El Sinsentido y la Fiesta*

T. F 66 Escudo de Sincelejo



T. N 57 Esta se constituirá por materiales y elementos tradicionales.

T. F 67 Bandera de Sincelejo



T. N 56 presentación de la bandera de San Andrés.

Explorando la filosofía del “Sincelejo”

Filosofía de cómo piensan: El sinsentido de la existencia solo se revela cuando el hombre, absurdo, busca un sentido en el silencio eterno del universo.

Para entender por qué un habitante de Sincelejo (un “sincelejano”) podría pensar en términos de “absurdo” y búsqueda de sentido en el silencio eterno, hay que sumergirse en la psicología de su tierra: la sabana, el calor, la tradición y el choque con la modernidad.

La filosofía sincelejana, como la de muchos pueblos con una identidad fuerte, pero en constante transformación, nace de tres grandes tensiones:

T. F 68 salón de Sincelejo durante las fiestas de corraleja.



T. N 58 presentación de una danza tradicional. Imagen propiedad de la Alcaldía de Sincelejo.

La Dualidad del Tiempo (El eterno presente vs. la tradición).

Sincelejo es una ciudad de contrastes temporales. Por un lado, está profundamente anclada en el tiempo cíclico de la sabana: las corralejas (como una corrida de toros), el paseo a caballo, el sombrero vueltaio y el “costoñol”

(el acento y aquella esencia de la región). Este tiempo es lento, repetitivo, y busca perpetuar las costumbres.

¿Por qué lleva al “absurdo”? Porque ese mundo tradicional choca constantemente con la modernidad que llega en forma de mototaxis, centros comerciales y migración. El sincelejano siente que su esencia se desvanece, como si su historia estuviera condenada a ser un eco en un paisaje que ya no le pertenece del todo. Vive en un “sinsentido” (como el superhombre de Nietzsche): *quiere ser moderno, pero añora la pureza de lo que fue.*

El Silencio de la Sabana (El eterno silencio del universo).

El entorno físico moldea el pensamiento. La sabana de Córdoba y Sucre es un lugar de horizontes infinitos, de calor abrasador y de un silencio roto solo por el canto de los pájaros o el paso del ganado.

T. F 69 Plaza de Sincelejo durante las fiestas de corraleja.



T. N 59 Presentación musical en la plaza central. Imagen extraída de la alcaldía de Sincelejo.

¿Por qué lleva al “silencio eterno”? (como el día de la marmota) En medio de esa inmensidad, el individuo se siente pequeño. Las preguntas existenciales (¿quién soy?, ¿para dónde voy?) resuenan sin obtener respuesta del entorno, solo el silencio del monte. Este vacío puede llevar a una sensación de que, a pesar del ruido de las fiestas, el universo es indiferente al drama humano.

La Fiesta como Afirmación ante la Nada

Las corralejas y las fiestas del 20 de enero no son solo folklore; son una respuesta. Ante el sinsentido y el silencio, el sincelejano, grita con el jolgorio (una forma de referirse a la fiesta).

La conexión: Si el mundo es un silencio eterno, entonces el ser humano debe crear su propio ruido, su propia pasión... La fiesta se convierte en un acto de rebeldía contra la monotonía y la muerte. Es el “carpe diem” llevado al trópico: vivir intensamente el momento porque, fuera de él, solo queda la duda.

Conclusión de su pensamiento

El sincelejano piensa así porque vive en una encrucijada constante: entre el ayer y el ahora, entre la tradición que se resiste a morir y un futuro que no termina de llegar. Su filosofía es la de un hombre que ríe fuerte para no llorar, que se aferra a lo suyo mientras ve cómo el mundo cambia a su alrededor, y se pregunta si algún día su forma de ser encontrará un lugar en el rompecabezas del país.

(Ideas extraídas de una entrevista a un abuelo de familia sincelejana). Alcance de la guadua en la

T. F 70 Foto: Pablo Luna Studio



T. N 60 <https://guaduabambucolombia.co/tag/sincelejo/>

San Andrés: El Paraíso que Duele

T. F 72 Escudo de San Andrés



T. N 62 El escudo es patrocinado con lo más importante de la isla.

T. F 71 Figura Bandera de San Andrés



T. N 61 La bandera representa lo importante de la isla.

Explorando la filosofía del “San Andrés - islas”

Filosofía de cómo piensan: En el aislamiento del mar, ser isla es construir un mundo con las raíces de todos los que llegaron, para descubrir que el paraíso duele cuando sus contradicciones se reflejan en el espejo de sus aguas de siete colores.

Para comprender por qué un isleño (raizal) podría pensar en estos términos —” construir un mundo con raíces de todos los que llegaron” y “el paraíso duele”— hay que zambullirse en la geografía del alma caribeña insular: el mar, el arrecife, y la memoria de un pueblo que es un crisol flotante (envase donde se agregan varios ingredientes hasta que surge una mezcla maravillosa).

La filosofía raizal, no se forja en la inmensidad de la sabana, sino en la contención del océano. Ser isla es estar definido por lo que te rodea (el mar) y por lo que te falta (la tierra firme). De ahí nacen tres grandes principios existenciales:

La Construcción del Mundo desde la Escasez

La frase dice: “construir un mundo con las raíces de todos los que llegaron”. Esto es la esencia del raizal. San Andrés no fue poblada por una sola etnia; es una mezcla de:

T. F 73 Observación de la playa



T. N 63 Se muestra la biodiversidad de las raíces y la discontinuidad del folclor africano.

- africanos esclavizados (traídos por los ingleses).
- Puritanos ingleses y escoceses.
- españoles y continentales.
- Piratas, comerciantes y aventureros de todo el mundo.

¿Por qué se llega a esta filosofía? Porque en una isla pequeña, aislada por miles de kilómetros de mar, no te puedes dar el lujo de la pureza. Para sobrevivir, tuvieron que fusionarlo todo: el idioma (creole, mezcla de inglés africano y español), la religión (bautista con ritmos africanos), la comida (el rondón, que es un “revolver” de lo que da el mar y la tierra). El isleño sabe que su identidad no es un origen, sino un collage. Su forma de pensar es aligerar el mestizaje como victoria contra el aislamiento.

El Espejo de las Aguas de Siete Colores

“El paraíso duele cuando sus contradicciones se reflejan en el espejo de sus aguas de siete colores.” Aquí está el corazón del drama raizal. Las aguas cristalinas y los arrecifes son la postal que vende el “paraíso turístico”. Pero ese espejo no solo refleja la belleza; refleja también:

- La pérdida de la tierra: La sobrepoblación y el turismo masivo han desplazado a los raizales de sus predios.
- La contaminación cultural: El idioma creole se pierde, las costumbres se folclórica para el turista.
- La dependencia económica: Ser vitrina del paraíso no siempre significa vivir en él. Muchos isleños trabajan en servicios mientras ven cómo su hogar se convierte en un producto.

¿Por qué duele? Porque el isleño ama su isla con una pasión telúrica (Precedente nativa) (o más bien, marina). Ver que su casa es un paraíso para otros, pero un lugar de contradicciones para ellos, genera una melancolía profunda. Es como mirarse al espejo y ver tu rostro más hermoso, pero sabiendo que por dentro sangras.

T. F 74 Familia Africana



T. N 64 Se observa una familia completa posando.

El Mar como Prisión y como Puente

El mar para el raizal es todo:

- Es la prisión que los aísla del continente y del mundo. Durante siglos, estuvieron solos, desarrollando su propia cultura sin interferencia.
- Es el puente por donde llegaron sus ancestros (en barcos negreros o piratas) y por donde hoy llega el turismo que los transforma.

Esta dualidad genera una conciencia de que la libertad es relativa. El isleño sabe que está atado al mar, pero que, sin él, no sería nada. Su filosofía es la de aceptar los límites geográficos como parte de su identidad, pero también la de resistirse a ser devorado por las olas del exterior.

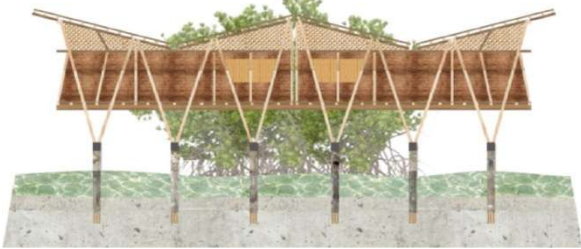
Conclusión de su pensamiento

El raizal piensa así porque su historia es la de un pueblo que aprendió a flotar entre culturas. Sabe que su identidad no es un diamante puro, sino un mosaico de fragmentos que llegaron por mar. Y sabe también que su paraíso es frágil: las mismas aguas que lo hacen único son las que atraen las fuerzas que lo amenazan. Su filosofía es la de un centinela en la orilla: cuida lo que construyeron sus ancestros, mientras observa cómo el horizonte trae tantas oportunidades como tormentas.

(Ideas extraídas de una entrevista a un amigo del abuelo, de familia sincelejana, que reside en San Andrés Islas).

Alcance de la guadua en la región

T. F 76 Render de la región



T. N 65 Propuesta frontal con la sustracción de los pilotes.

T. F 75 Propuesta en perspectiva



T. N 66 Alzado <https://www.conguadua.com> de propuesta bibliografía.

T. F 77 Render de la región



T. N 67 Propuesta en vista alzado con la sustracción de pilotes.

Metodología de Diseño Paramétrico de Patrik Schumacher

Patrik Schumacher entiende el parametricismo no solo como una moda arquitectónica, sino como un paradigma necesario para responder a los desafíos y la complejidad de la era global. Según él, para enfrentar la diversidad y la rapidez de los cambios actuales, la arquitectura y el urbanismo deben abandonar la rigidez de los viejos moldes y adoptar sistemas capaces de adaptarse y evolucionar (Schumacher, 2016, p. 45).

El parametricismo supone un giro radical en la manera de concebir los proyectos: ya no se trata de crear objetos definidos y fijos, sino de diseñar conjuntos de relaciones dinámicas; se pasa de soluciones únicas a reglas y algoritmos generativos que pueden responder a muchos contextos. Como analogía biológica, Schumacher compara el proceso paramétrico con el ADN, en donde un solo cambio en el código genético afecta al organismo completo (Schumacher, 2018, p. 78).

Proceso Metodológico

Definir el sistema y los agentes: Se identifican los elementos centrales del proyecto—como estructura, circulación, funciones y usuarios—y se define cómo se relacionan y afectan entre sí (Schumacher, 2016).

Establecer parámetros y restricciones: Aquí se determinan las variables clave (como orientación solar, vientos, dimensiones, proporciones) y se ubican los límites contextuales y normativos a contemplar (Schumacher, 2016).

Traducción algorítmica y relacional: Las relaciones y reglas del diseño se codifican en programas computacionales (como Grasshopper o Geometry Nodes), de modo que cualquier ajuste en una variable repercute en todo el sistema (Schumacher, 2018).

Iteración y selección de variantes: Este enfoque permite explorar múltiples soluciones posibles y elegir, con criterio, las que mejor responden a los objetivos y necesidades iniciales (Schumacher, 2018).

Evaluación performativa: Finalmente, el desempeño del diseño se analiza desde distintas perspectivas—estructura, energía, iluminación, flujos—y se optimizan los resultados mediante simulaciones y algoritmos (Schumacher, 2016).

Ventajas y Potencial

El enfoque paramétrico ha demostrado ser capaz de integrar y gestionar simultáneamente numerosos criterios que con métodos convencionales resultarían imposibles de abarcar. Además, permite coherencia global en el proyecto, facilita la documentación técnica directamente desde el modelo y abre la puerta a formas nuevas y altamente adaptadas (Schumacher, 2016).

Su verdadero potencial está en la capacidad de adaptar la arquitectura a contextos variados, permitiendo personalización a bajo costo y favoreciendo una visión del edificio como parte de sistemas ambientales y sociales más amplios (Schumacher, 2018).

Limitaciones y Críticas No obstante, el método presenta retos relevantes: requiere dominar tecnologías avanzadas y pensamiento algorítmico, lo cual implica una curva de aprendizaje importante y la necesidad de especialistas (Schumacher, 2016). A veces, se corre el riesgo de priorizar la forma espectacular o arbitraria, eclipsando la función o el significado del espacio, o de alejar el resultado de sus contextos y tradiciones culturales (Schumacher, 2018).

Contexto Colombiano En el caso particular de Colombia, el parametricismo puede funcionar como una herramienta valiosa para abordar la gran diversidad natural y cultural de sus regiones, siempre que se adapten parámetros y librerías a las realidades locales y se implemente de forma gradual y crítica (Schumacher, 2016, 2018).

Conclusión: El verdadero aporte de este enfoque no depende tanto de las formas espectaculares, sino de su capacidad para dar respuestas inteligentes, adaptativas y pertinentes a los retos del entorno, la cultura y el tiempo en que vivimos (Schumacher, 2016, p. 345).

Criterios de intervención

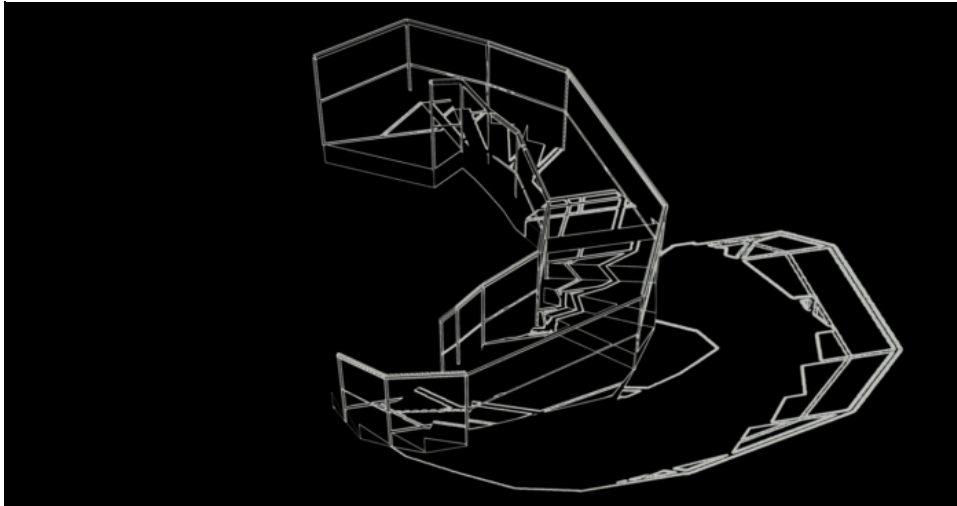
La normativa asociada al parametricismo no es convencional en comparación con lo que estamos acostumbrados a ver en arquitectura. Normalmente, seguimos parámetros fijos y, si nos apartamos de ellos, enfrentamos consecuencias. Sin embargo, esto es todo lo contrario a lo que esperan los usuarios. El parametricismo se presenta como una disciplina altruista, regida por derechos de autor, en la que el “cerebro”, es decir, el algoritmo, establece sus propias reglas y comparte sus obras. Todo usuario que adquiera o siga el algoritmo principal debe reconocer de quién se inspiró o de quién es la obra que se presenta; de lo contrario, enfrentará sanciones conforme a la Ley 23 de

1982, es decir, la Ley de Derechos de Autor de Colombia. Bajo esta premisa, el parametricismo busca liberarnos de las restricciones tradicionales de la arquitectura.

Por supuesto, es necesario cumplir con leyes fundamentales, como la sismorresistencia y las normativas vigentes, para garantizar estructuras óptimas. Gracias a su naturaleza personalizada y al control de la geometría en tiempo real, resulta sencillo seguir directrices similares a las del boceto a mano alzada en proyección 3D. Este enfoque supone una ventaja de diseño que, en el pasado, habría sido considerada imposible para el razonamiento humano. No se trata de rechazar el avance, sino de potenciar nuestra mayor fortaleza: la visión arquitectónica.

Concepto de diseño

T. F 78 Escalera Paramétrica a partir de dos líneas beziers



T. N 69. Esta escalera me tomó 30 segundos en realizarla. No es un bloque ni fue descargada; fue hecha desde 0. Se trazaron dos líneas paralelas y listo. Los descansos fueron planteados mediante un algoritmo con funciones paramétricas. Fue renderizada con esa composición dada la experimentación escogida.

T. F 79 Escalera asombrosa.



T. N 68 Esta escalera fue realizada con los mismos principios del parametricismo, la altura de la contrahuella, se puede modular, y el ancho en cualquier parte de la escalera, dando una ventaja extremadamente razonable con hacerla convencionalmente, dado su intuitividad y accesibilidad.

Historia del sombrero vueltiao

La selección del sombrero vueltiao como referente formal se justifica por su relación directa con las regiones de Sucre y Córdoba, su geometría basada en tramas continuas y su capacidad simbólica para representar la identidad Caribe. Aunque San Andrés y Providencia aportan variables climáticas, sociales y culturales relevantes, su arquitectura insular no se adopta como referente formal principal, ya que el proyecto busca enfatizar una estructura de cubierta vinculada a la materialidad vegetal, al trenzado y a la lógica de repetición geométrica propia del Caribe continental.

El Origen Zenú

La historia del sombrero vueltiao comienza hace más de dos mil años con el pueblo indígena Zenú, que habitaba la región del río Sinú, en los actuales departamentos de Córdoba y Sucre, en la costa Caribe. (Colombia., 2018.) Este conocimiento, que incluye la selección y el trenzado de las fibras, se ha transmitido de generación en generación hasta el día de hoy.

Material principal: El sombrero se elabora a partir de las hojas de la caña flecha (*Gynerium sagittatum*), una planta nativa de la región. (Artesano, 2026).

Proceso artesanal: Las fibras se extraen, se hierven con elementos naturales, se tiñen con barro para obtener el característico color negro y luego se dejan secar al sol antes del trenzado. (Institucional).

Evolución y Significado de su Nombre

Inicialmente, el sombrero era de un solo color, blanco crema, y se conocía como “Sombrero de vueltas” o “Sombrero indiano”. Con el tiempo, los artesanos perfeccionaron la técnica para incluir el color negro, que hoy es su sello distintivo. (Institucional).

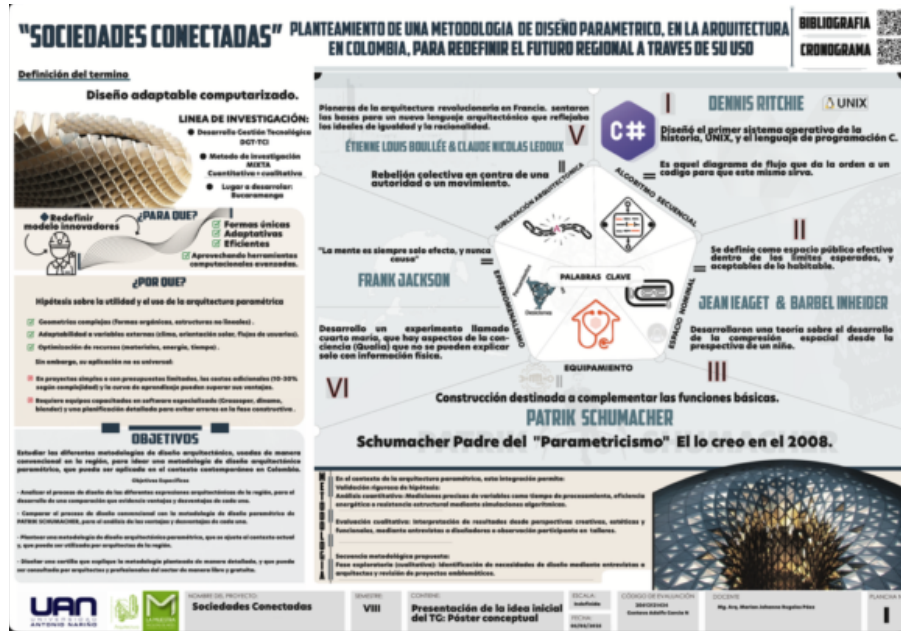
El “vueltiao”: su nombre proviene de la forma en espiral que da la trenza continua para construir la copa y el ala, haciendo referencia a dar “vueltas”. (RADIO, 2025)

Las “pintas”: Los diseños geométricos que lo adornan se conocen como “pintas” y representan la cosmovisión Zenú, inspirándose en la naturaleza (como la flor de maracuyá o la espiga de maíz), animales y actividades cotidianas como la pesca y la caza.

Anexos

Anexo A. Planchas de presentación

T. F 80 Primera Plancha



T. N 71 Se muestra la primera plancha de este trabajo, el título esta desactualizado.

T. F 81 Segunda Plancha



T. N 70 Se muestra la línea de tiempo y desarrollo de una investigación clave.

T. F 84 Plancha propuesta de la Guadua



T. N 74 muestra la propuesta de la primera plancha, que aborda la temática de la Guadua.

T. F 85 Primera plancha actualizada



T. N 75 Actualización de datos correlacionados para una mejor idea de la expo.

T. F 86 Segunda plancha actualizada



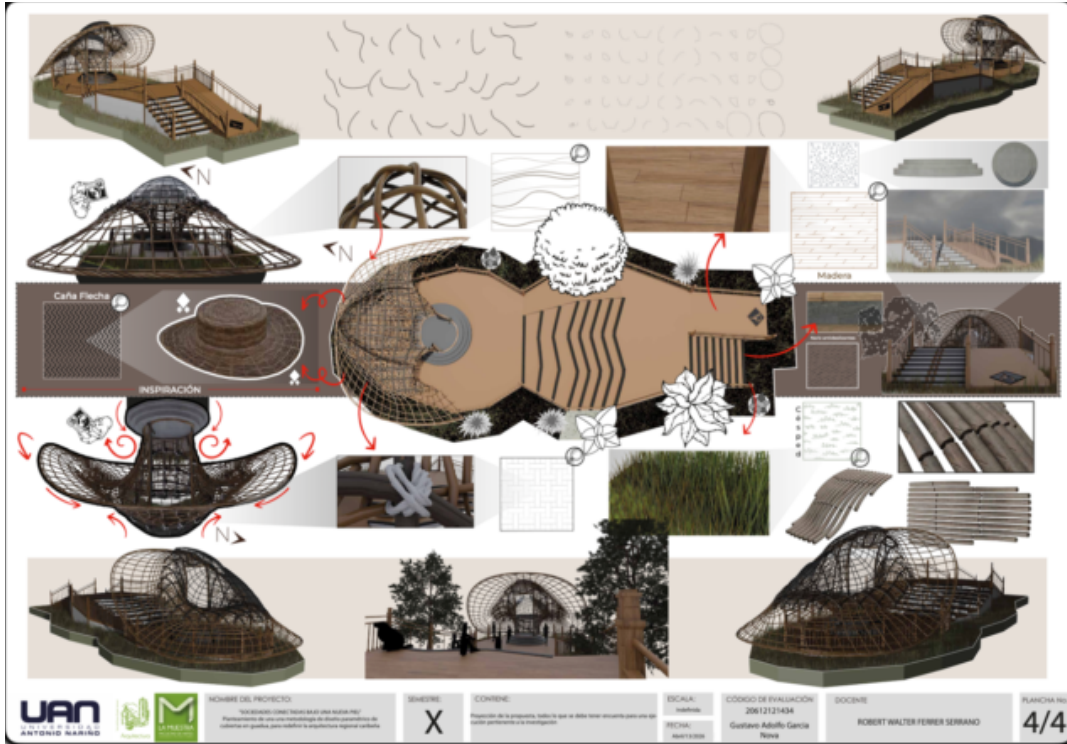
T. N 76 Recopilación de la guadua para explicar desde la recolección hasta la forma de implantación.

T. F 87 Tercera plancha actualizada



T. N 77 La historia, nomenclatura, y diseño principal del resultado.

T. F 88 Cuarta plancha actualizada



T. N 78 Desconstrucción de la idea primaria para el resultado final.

Anexo B. Esquemas de Estructura Propuesta

Estructura propuesta

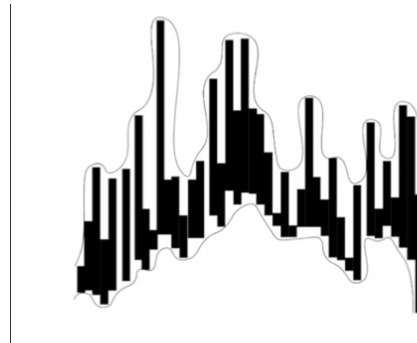
Código extraído de una parte del código del que se pueden realizar las estructuras (se incluyen los códigos visuales y diagramas de la estructura propuesta, originalmente en formato.png, extraídos del proceso de diseño).

T. F 89 Esquema de sintetización de una parte del código



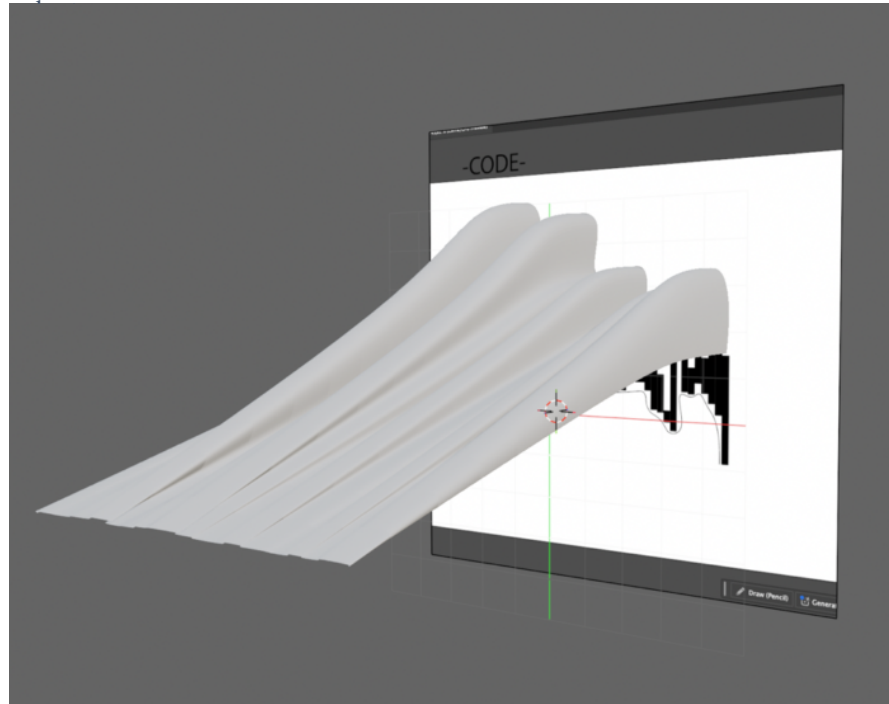
T. N 79 Esquemización del código para sintetizarlo para convertirlo en posible propuesta.

T. F 90 Esquema de sintetización de una parte del código, volteado.



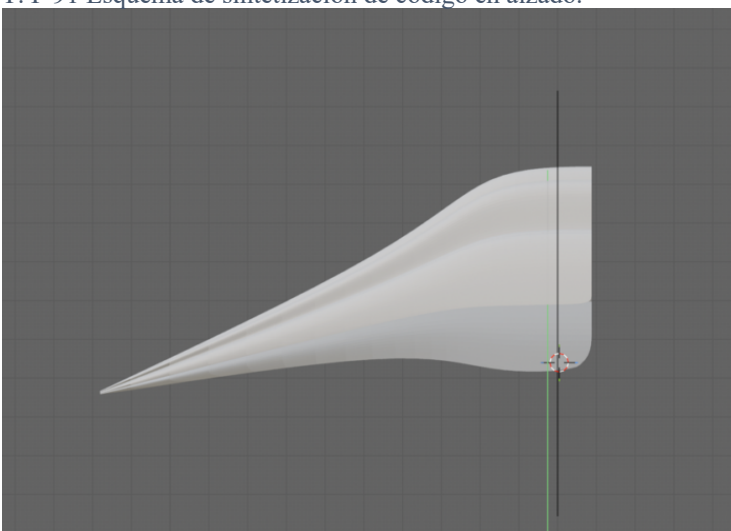
T. N 80 Se le da la vuelta al código para tener una esquemática cubierta, como guía.

Figura 1 Esquema de sintetización del código extruido y tratado para tener una



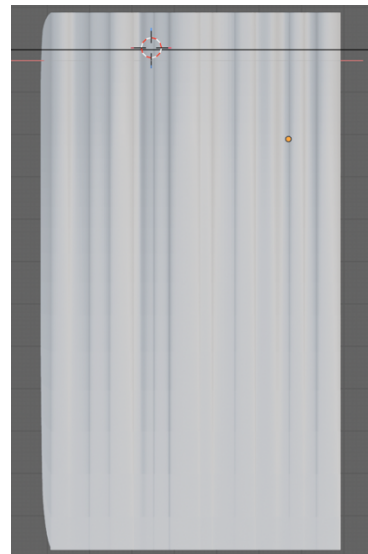
T. N 81 Se extrae estas líneas de código superficiales y se alisan dando un tipo de cubierta base.

T. F 91 Esquema de sintetización de código en alzado.



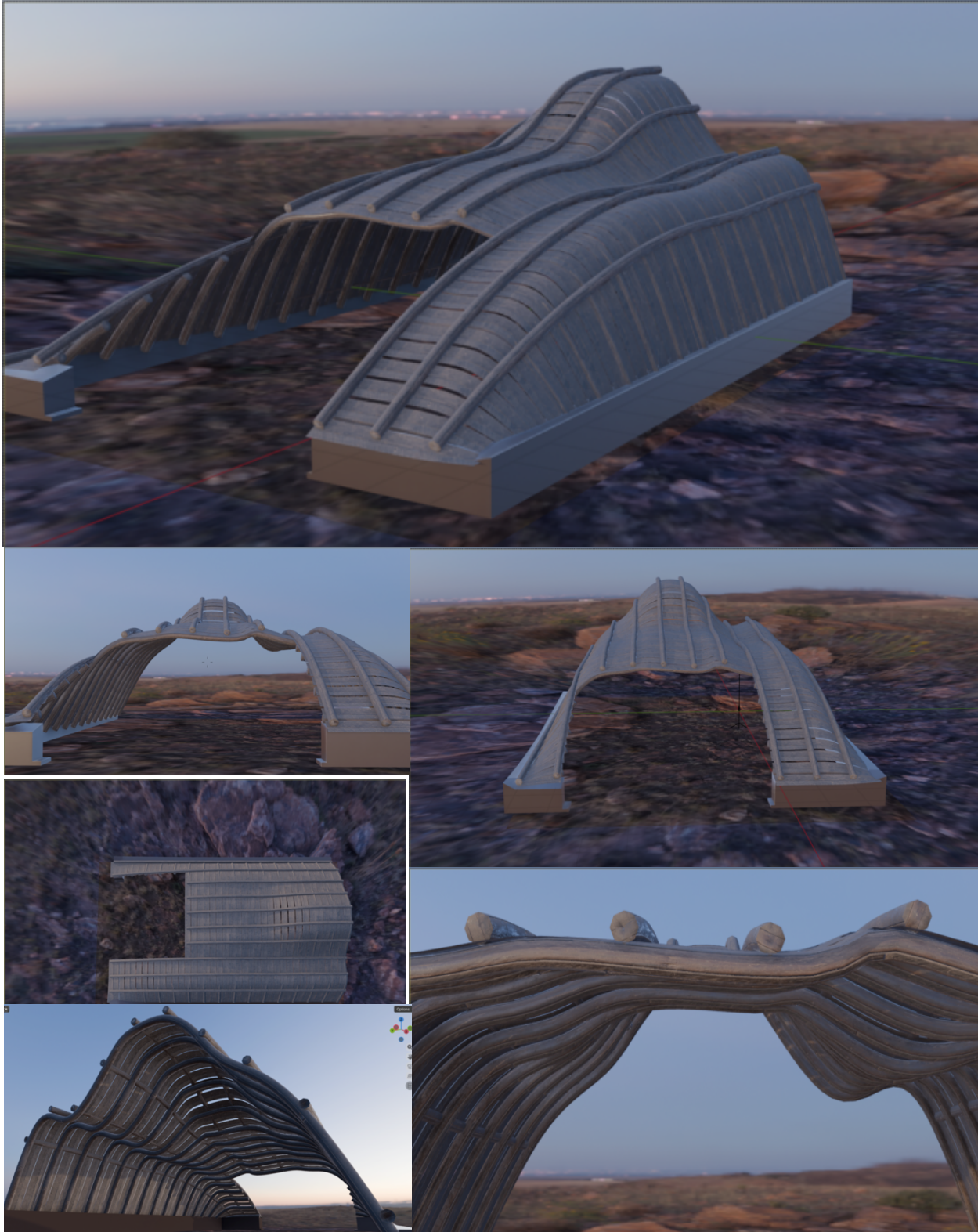
T. N 82 Alzado lateral de la cubierta, propuesta hasta el suelo.

T. F 92 Esquema de interiorización del código en cubierta.



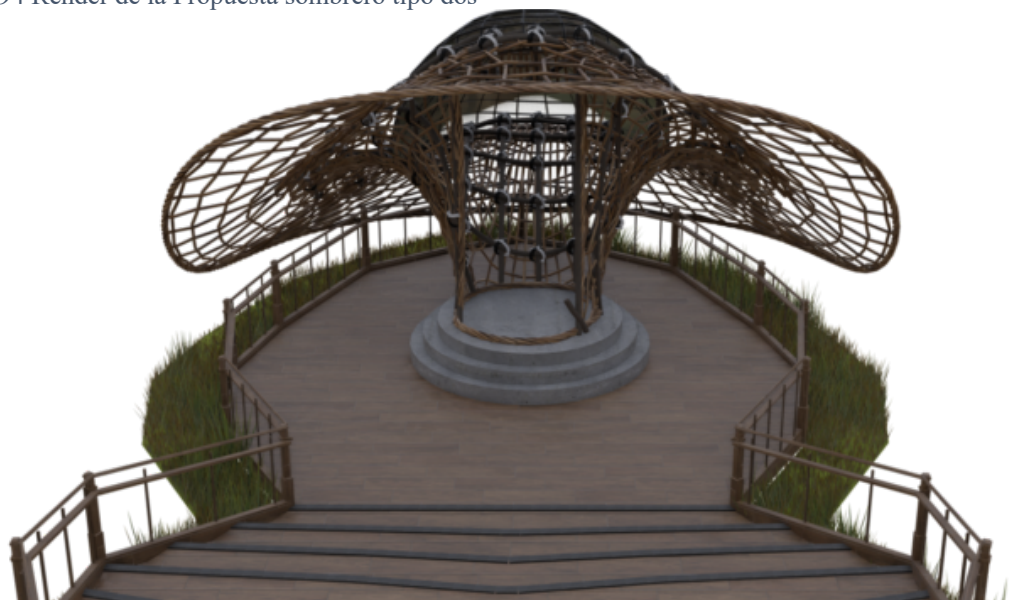
T. N 83 Vista superior de la cubierta.

T. F 93 Renders de la propuesta



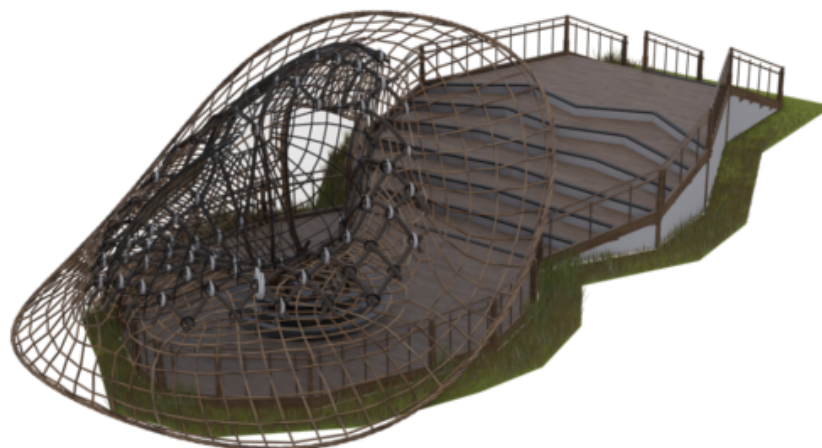
T. N 84 Se muestra la primera fase del prototipo.

T. F 94 Render de la Propuesta sombrero tipo dos



T. N 85 Perspectiva interior en alzado para contemplar la compostura de la propuesta.

T. F 95 Render desde la otra perspectiva



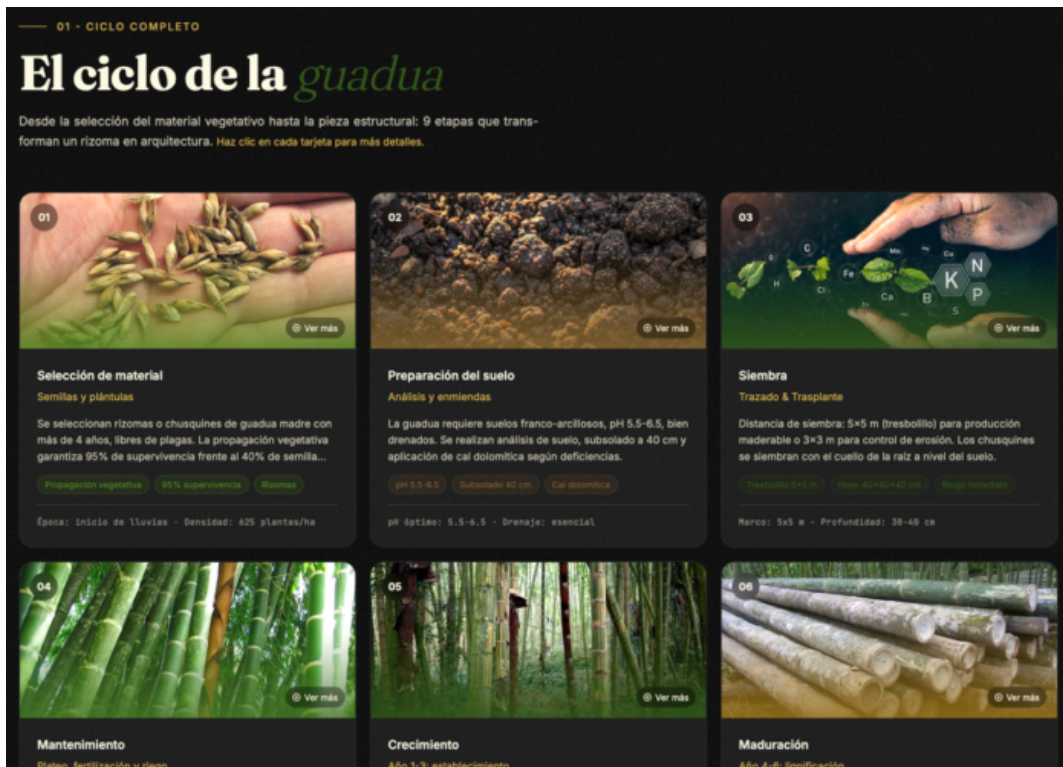
T. N 86 Render superior para darle mejor vista de este mismo.

T. F 97 Posicionamiento de la primera parte de la página web



T. N 88 Primera parte de la página donde se muestra lo que se puede encontrar y un atajo para las zonas aclamadas de la monografía.

T. F 96 Primera etapa de la página web, el ciclo completo



T. N 87 Primeros pasos de entendimiento y comportamiento de este ciclo, las 9 etapas para la realización.

T. F 98 Continuación de la página web, el ciclo completo

04 Mantenimiento
Plateo, fertilización y riego
Durante los primeros 2 años: plateo mensual (1 m de radio), fertilización NPK (12-10-20) cada 4 meses y riego en épocas secas. Control de hormiga arriera con cebos selectivos.
NPK 12-10-20 · Plateo mensual · Control de plagas
Fertilización: 200 g NPK/planta · Riego: 2 L/día en verano

05 Crecimiento
Año 1-3: establecimiento
La guadua alcanza su altura máxima (15-20 m) en solo 6 meses tras la brotación. En los primeros 3 años el guadual se establece con culmos juveniles de color verde brillante.
30 culmos · Altura: 10-20 m · Brotación año 1-3
Crecimiento: 30 cm/día · Altura máx.: 20 m

06 Maduración
Año 4-6: Significación
Entre los 4 y 6 años los culmos maduran completamente: la pared se lignifica y el color vira a verde-amarillo con manchas blancas. Este es el momento óptimo de corte par...
Lignina 26-28% · Ligninas blancas · 500-800 kg/m³
Madurez: 4-6 años · Lignina: 24-28%

07 Corte & Cosecha
Técnica selectiva
Corte selectivo: se extraen solo culmos maduros (>4 años), dejando 30-40% de renovos. Corte en cuarto meneguante (baja savia), a 30 cm del suelo, en bisel a 45 grados.
Cuarto meneguante · Bisel 45° · Máx. 30% renovos
Luna: cuarto meneguante · Corte: bisel 45° a 30 cm

08 Secado & Curado
Preservación natural
Secado en pie (30-60 días) o en tendido horizontal bajo sombra. Curado con inmunización por inmersión en sales de boro (bórax + ácido bórico 4%) o método Boucherie.
Humedad 12-15% · Sales de boro 4% · Método Boucherie
Secado: 60 días · Sales de boro: 4% concentración

09 Uso en construcción
Rolizo, laminado y estructural
La guadua se usa en rolizo (vigas, columnas, cerchas), laminado (paneles, pisos) o triturado (tableros de partículas). Con uniones metálicas o de cuerda, soporta hasta 40 kN e...
40 kN tensión axial · Rolizo / Laminado · 500-80 kg/m³
Resistencia tensión: 40 kN · Peso: 500-800 kg/m³

T. N 89 Pasos que faltan para llegar hasta la parte constructivo.

T. F 99 Tecnicas de flexion y forma

10 - CURVADO DE LA GUADUA

Tecnicas de flexion & forma

La guadua puede curvarse mediante calor, cortes estratégicos o presión sostenida. Estas técnicas permiten crear formas orgánicas, arcos y estructuras curvas sin perder resistencia estructural.

CURVADO CON FUEGO **CORTES CON SERRUCHO (KERFS)** **VAPOR DE AGUA** **CURVADO EN VERDE**

Soplete o antorcha de gas

Paso a paso

1. Selecciona un culmo maduro (4-6 años) con humedad entre 15-25%.
2. Prepara el molde o plantilla con la curvatura deseada sobre una superficie plana.
3. Aplica calor con soplete a 120-180 C girando el culmo constantemente cada 3-5 seg.
4. Cuando la zona se oscurece levemente y cede al tacto, dobla sobre el molde.
5. Mantén la presión durante 5-10 min hasta que enfrie completamente.
6. Verifica que no haya fisuras en la cara exterior de la curva.

Consejo práctico
Gira el culmo constantemente para evitar quemaduras localizadas. Si humea en exceso, enfría con agua y reduce la temperatura.

Herramientas

- Soplete o antorcha de gas
- Molde de madera o metal
- Guantes de cuero grueso
- Balde de agua (seguridad)
- Cuerda de amarre

Dificultad: Intermedio · 30-60 min

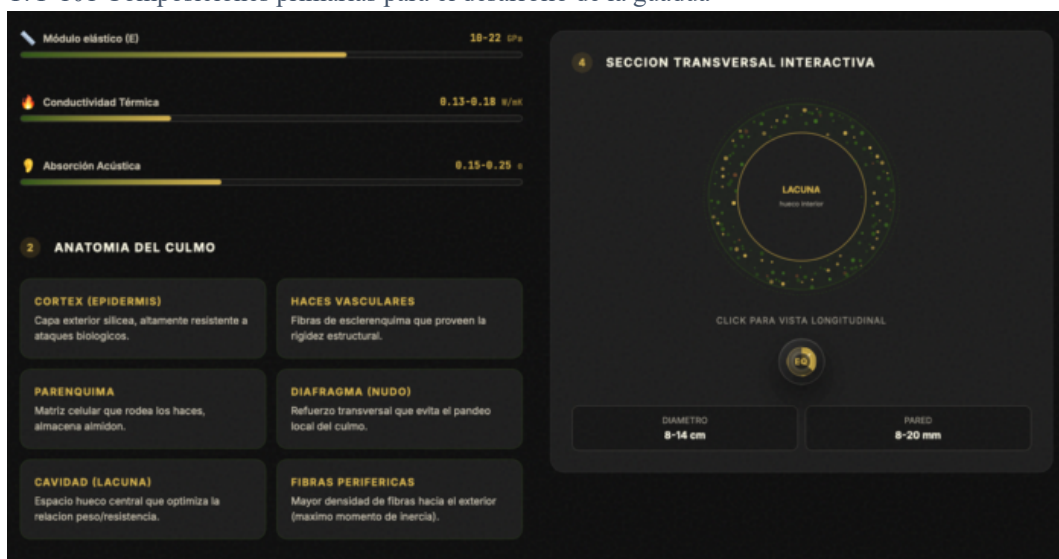
T. N 90 última parte y más factible para tener encuentro del ciclo de la guadua.

T. F 100 Anatomía y propiedades



T. N 91 Anatomía y propiedades de la especie escogida, con sus determinantes y comprensiones de la parte de la guadua escogida.

T. F 101 Composiciones primarias para el desarrollo de la guadua



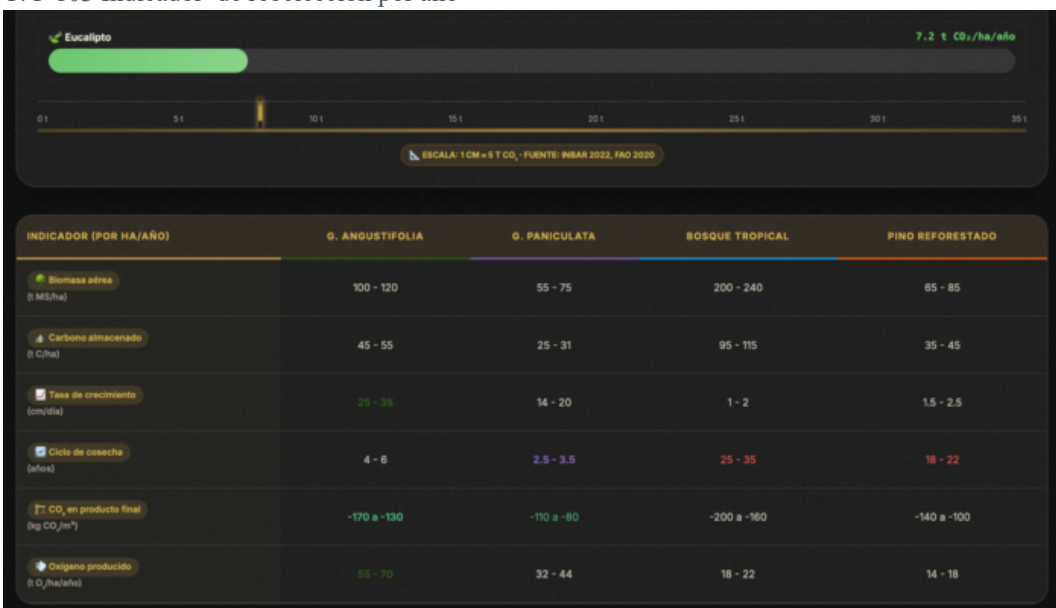
T. N 92 Continuación de la parte de especificaciones.

T. F 102 Impacto ambiental y captura de carbono



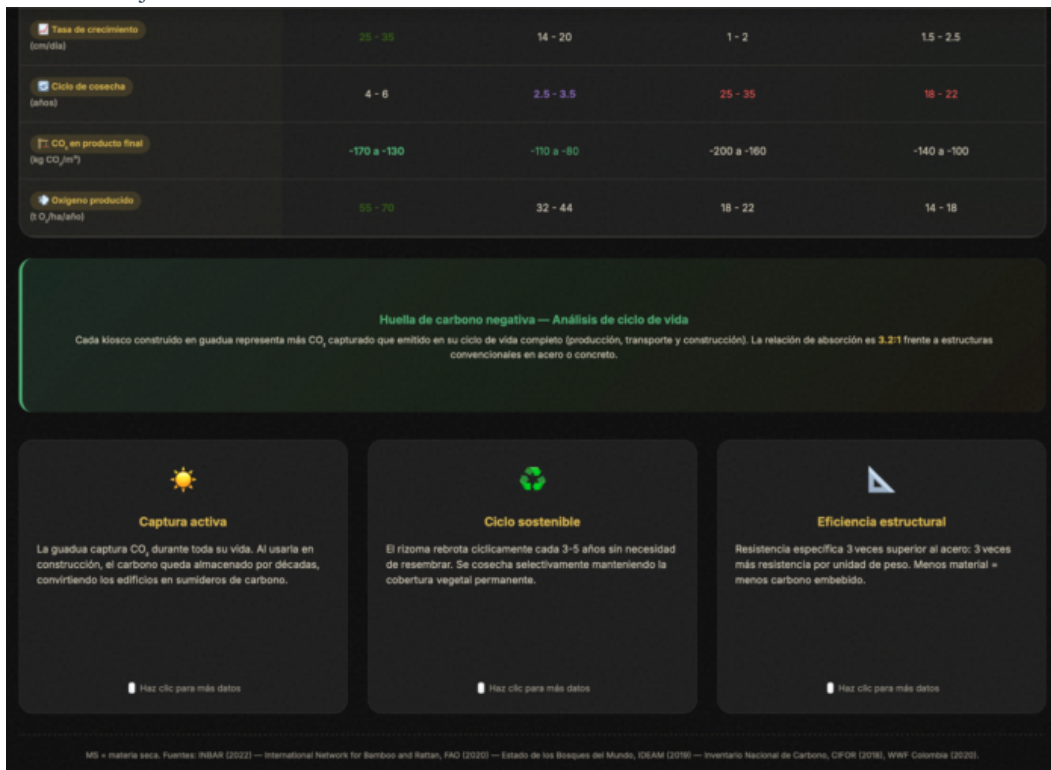
T. N 93 Impacto Ambiental y captura de Carbono, comparativo de las zonas predilectas.

T. F 103 Indicador de recolección por año



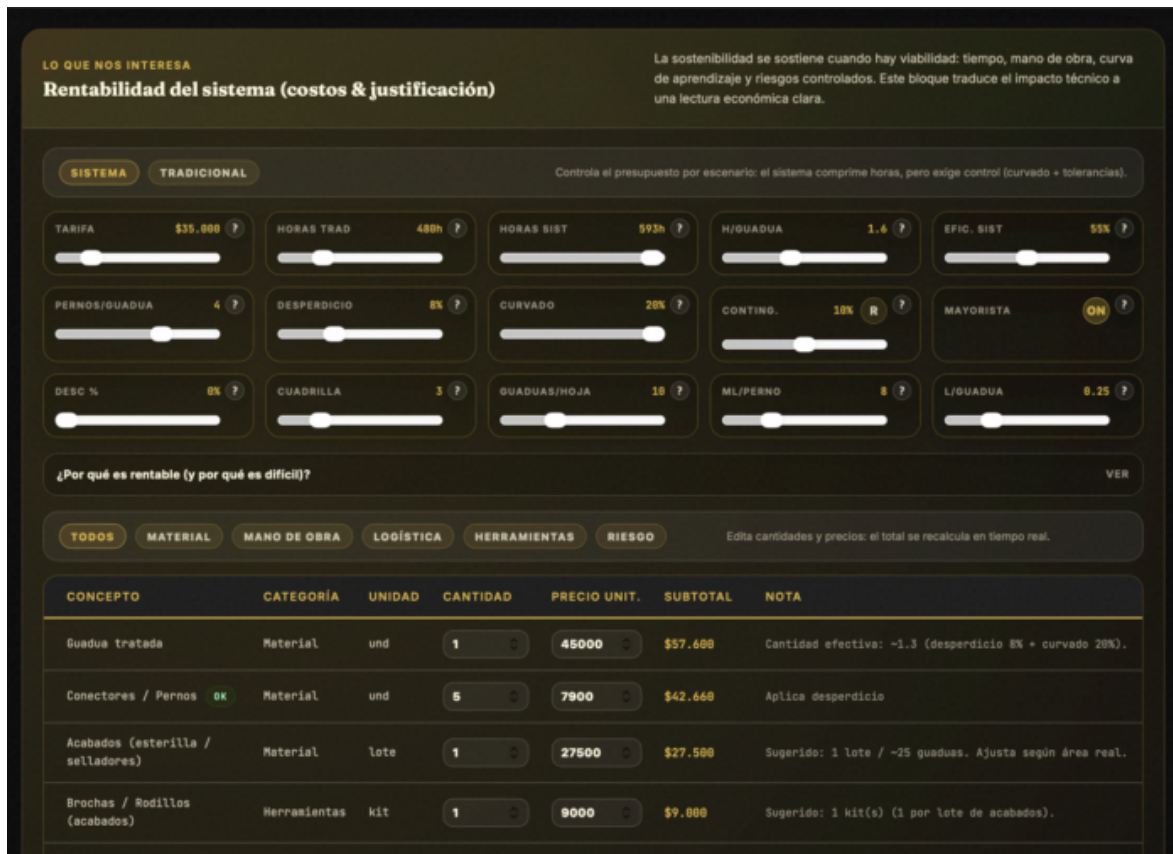
T. N 94 Principales indicadores de la composición química de la guadua.

T. F 104 Tarjetas interactivas



T. N 95 Siguo mostrando los indicadores y tarjetas interactivas para tener datos curiosos cuando se refiere a comprensión.

T. F 105 continuación de la página web, Composición Técnica



Acabados (esterilla / selladores)	Material	lote	1	27500	\$27.500	Sugerido: 1 lote / ~25 guaduas. Ajusta según área real.
Brochas / Rodillos (acabados)	Herramientas	kit	1	9000	\$9.000	Sugerido: 1 kit(s) (1 por lote de acabados).
Lijas (preparación de superficie)	Herramientas	paq	2	5000	\$10.000	Sugerido: 2 paq (2 por lote de acabados).
Transporte	Logística	viaje	1	0	\$0	Cargue, descargue, fletes
Permisos / Salvoconductos	Logística	lote	1	0	\$0	Trámite y movilización
Plantillas / Herramientas (curvado)	Herramientas	lote	1	0	\$0	Guía el radio y reduce retrabajo
Cerrucho (hojas / repuestos)	Herramientas	hoja	1	6000	\$6.000	Vida: 10 guaduas/hoja. Ajusta si tu corte es más exigente.
Base anticorrosiva (metal/pernos)	Material	L	0	35000	\$0	Consumo: 8 mL/perno. Protege uniones metálicas contra corrosión.
Inmunización (sales / preservante)	Material	L	0.3	12000	\$3.600	Consumo: 0.25 L/guadua. Ajusta según método de preservación.
EPP Guantes (par)	Herramientas	par	81	2000	\$162.000	Sugerido: 3 personas * 27 días (8h/día).
EPP Mascarilla (und)	Herramientas	und	81	4000	\$324.000	Sugerido: 3 personas * 27 días (8h/día).
Mano de obra (fabricación + montaje)	Mano de obra	h	635	35000	\$22.240.000	Horas = base 593h + fabricación 0.9h (0.88 h/guadua + 1). Curvado agrega ~7% a las horas.
Prototipos / Pruebas	Riesgo	lote	1	0	\$0	Reduce fallas antes de obra
TOTAL DEL ESCENARIO					\$25.171.483	
					Sistema: base \$22.883.166 + contingencia 10% → total \$25.171.483. Comparado con Tradicional: \$4.625.375 más caro.	

T. N 96 Capacidad de ser rentable en el sistema, costos y justificación de la aplicabilidad de este sistema, dados sus ajustes y comprensión de hacerlo.

T. F 106 : Presentación de la norma en el tema de acabados

MATERIALES DE CUBIERTA (ACABADOS)				
REQUISITOS NSR-10 Título C - Elementos de terminación y cobertura		DECRETO 826 DE 2010	PENDIENTE <input type="range" value="15%"/>	CARGA <input type="range" value="0.8 kN/m²"/>
Filtrar la tabla sin perder la dinámica de pendiente + carga.				
MATERIAL DE CUBIERTA (ACABADO)	PENDIENTE MIN.	CARGA ADMISIBLE	SISTEMA DE FIJACION	NORMATIVA APLICABLE
Teja de Barro	≥ 30%	1.5 - 2.5 kN/m²	Mortero / Listón	Título C - C.4.3
Teja de Concreto	≥ 25%	1.8 - 3.8 kN/m²	Listón + Gancho	Ficha técnica
Fibrocemento	≥ 15%	0.3 - 0.6 kN/m²	Gancho J / Tornillo	Título C - C.4.2
Zinc / Aluzinc	≥ 5%	0.2 - 0.5 kN/m²	Tornillo autoperforante	Título C - C.4.1
Teja Asfáltica	≥ 20%	0.1 - 0.3 kN/m²	Clavo + OSB	Ficha técnica
Panel Sándwich Metálico	≥ 5%	0.2 - 0.6 kN/m²	Tornillo + Arandela	Ficha técnica
Polycarbonato Alveolar	≥ 8%	0.1 - 0.25 kN/m²	Perfil + Tornillo	Ficha técnica
Teja Translúcida (FRP)	≥ 10%	0.15 - 0.35 kN/m²	Tornillo + Arandela	Ficha técnica
Teja Plástica (PVC)	≥ 10%	0.1 - 0.3 kN/m²	Tornillo + Arandela	Ficha técnica
Membrana Impermeable (EPDM/TPD)	≥ 2%	0.1 - 0.4 kN/m²	Adhesivo / Mecánica	Ficha técnica
Cubierta Verde Ligera	≥ 2%	0.8 - 2.5 kN/m²	Membrana + Sustrato	Detalle constructivo

Con pendiente 15% y carga 0.8 kN/m², compatibles → Cubierta Verde Ligera.

T. N 97 Continuación de los ítems que concierne el entendimiento de la cotización.

T. F 107 Presentación de la otra parte de la normativas de cubiertas en sistema portantes

ESTRUCTURAS DE CUBIERTA (SISTEMAS PORTANTES)
Elementos estructurales - NSR-10 Títulos G, D y F

PENDIENTE 15% **R**

CARGA 0.8 kN/m²

SISTEMA ESTRUCTURAL	PENDIENTE RECOMENDADA	CARGA ADMISIBLE (ESTRUCTURAL)	SISTEMA DE UNIÓN	NORMATIVA APLICABLE
G. angustifolia (cerchas/vigas)	≥ 15% (acabado)	0.5 - 1.0 kN/m ² (cubierta) + sobrecarga	Perno pasante + Amarre / Boca de pez	NSR-10 TÍTULO G - 6.12
G. paniculata (cerchas ligeras)	≥ 15% (acabado)	0.4 - 0.8 kN/m ² (cubierta)	Perno pasante + Amarre / Tensores	NSR-10 TÍTULO G - 6.12
Cerchas de Madera (Pino, Eucalipto)	≥ 15% (acabado)	0.8 - 1.2 kN/m ²	Pernos / Platinas / Cortes tipo caja	NSR-10 Título D - Estructuras de Madera
Cerchas Metálicas (Perfiles Livianos)	≥ 5%	0.8 - 2.5 kN/m ²	Soldadura / Pernos estructurales	NSR-10 Título F - Estructuras Metálicas

Con pendiente 15% y carga 0.8 kN/m²: compatibles → G. angustifolia (cerchas/vigas), G. paniculata (cerchas ligeras), Cerchas de Madera (Pino, Eucalipto), Cerchas Metálicas (Perfiles Livianos).

REFERENCIA NORMATIVA ESTRUCTURAL

G. angustifolia (cerchas/vigas)

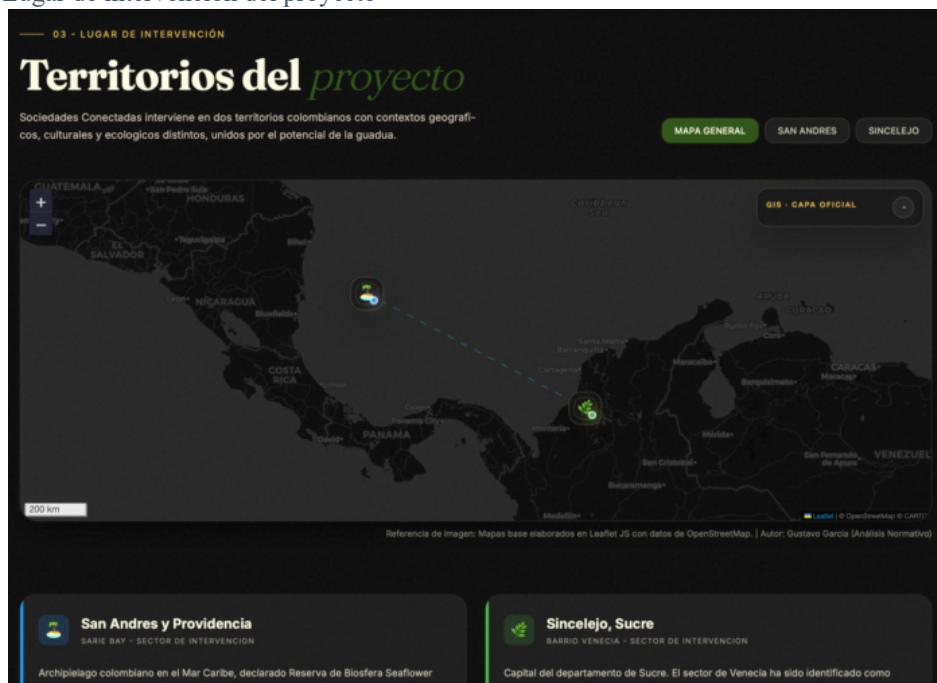
Pendiente recomendada: ≥ 15% (acabado)
Carga admisible: 0.5 - 1.0 kN/m² (cubierta) + sobrecarga
Unión: Perno pasante + Amarre / Boca de pez
Referencia: NSR-10 Título G - 6.12

[VER NORMATIVA](#)

La Normativa es referencial y puede variar según el proyecto específico. Consulta con un ingeniero estructural para casos particulares. Fuentes: NSR-10 (2010), INBAR (2022), IDEAM (2016).

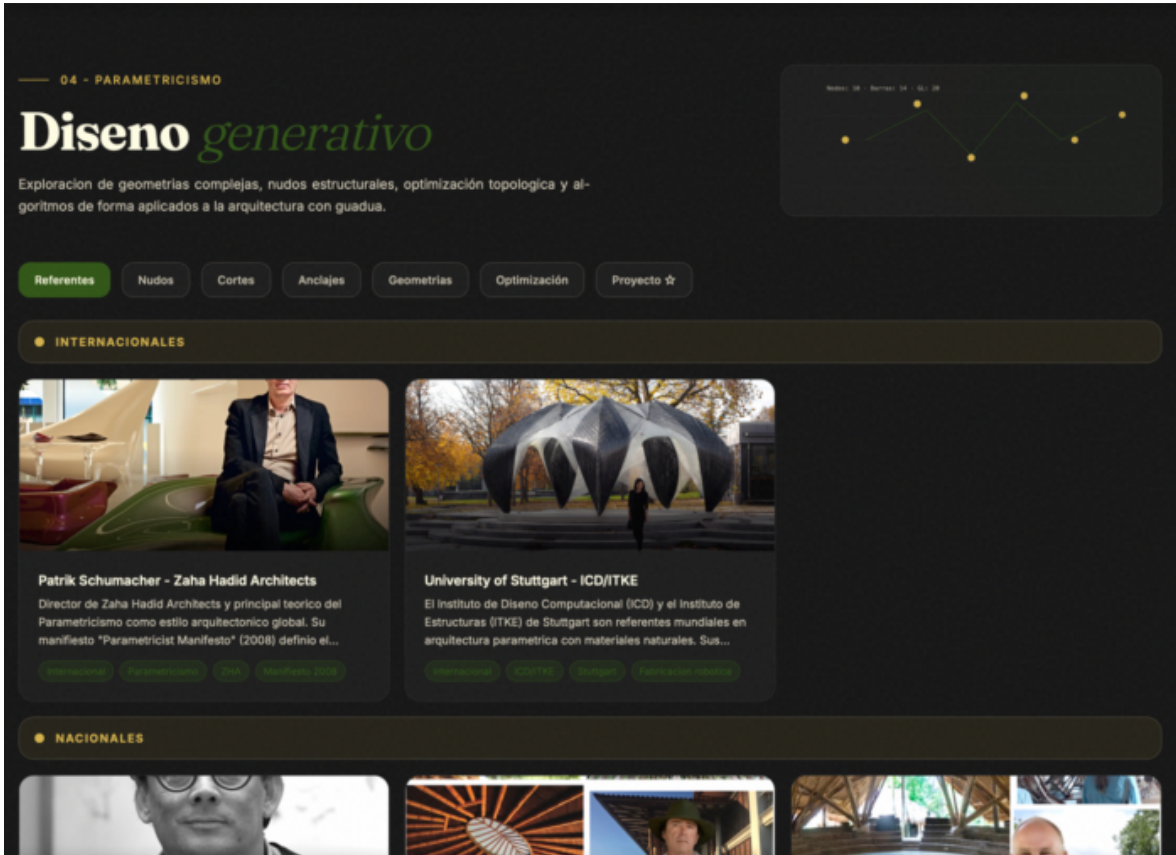
T. N 98 Normativa referenciada para la pendiente en temas de acabados en cubiertas.

T. F 108 Lugar de intervención del proyecto



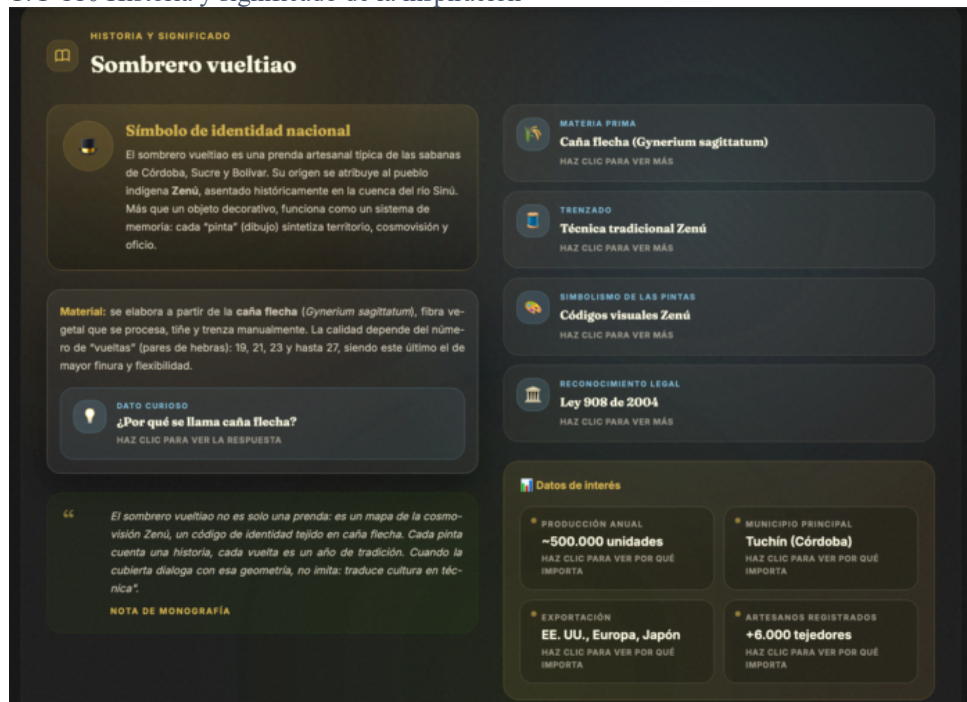
T. N 99 Se muestra el tipo de estructura portante para el mejor control de la normativa vista.

T. F 109 Parametricismo Todo los componentes de inspiración del parametricismo.



T. N 100 Conocimientos del sector dependiendo de la elección le sale el contenido.

T. F 110 Historia y significado de la inspiración



T. N 101 A detalle de dónde se sacó la idea y todo.

T. F 111 Bitácora del código

05 - BITÁCORA DE CÓDIGO

Bitácora de *código*

Selección de piezas clave de Python (Blender) usadas en el desarrollo del proyecto: operadores, análisis ambiental, patrones y herramientas de robustez.

- JAVASCRIPT**
Generador de Nodos Voronoi (JS)
- PYTHON**
Viewport Plane: Click-Rotate Modal
- PYTHON**
Crosshatch: Inset + Random Thickness
- PYTHON**
Simulación: Análisis de Viento + Force Field
- PYTHON**
Simulación: Posición Solar + Luz SUN
- PYTHON**
Robustez: Decorador safe_execute
- PYTHON**
Análisis de Viga Guadua (Python)
- QHPYTHON**
Pabellon Parametrico (QHPython)

JAVASCRIPT Generador de Nodos Voronoi (JS)

Genera puntos de nodo Voronoi para una celosía de guadua en planta.

```
js-voronoi.js

// GuaduaViva - Generador de nodos Voronoi
// v1.0 - Para distribución de culmos en planta

function generateGuaduaNodes(width, height, count) {
  // Distribución de Poisson para evitar clustering
  const nodes = [];
  const minDist = Math.sqrt((width * height) / count) * 0.7;

  let attempts = 0;
  while (nodes.length < count && attempts < count * 30) {
    const x = Math.random() * width;
    const y = Math.random() * height;

    // Verificar distancia mínima entre culmos (>= 0.5m)
    const valid = nodes.every(n =>
      Math.hypot(n.x - x, n.y - y) >= minDist
    );

    if (valid) nodes.push({ x, y, id: nodes.length });
    attempts++;
  }

  return nodes;
}

// Calcular capacidad de carga por culmo (kN)
```

T. N 102 Comprensión del código utilizado para la creación de esta metodología.

T. F 112 Parte seis Programas Recomendados

06 - PROGRAMAS RECOMENDABLES

Herramientas *libres* para arquitectos

Más allá del software propietario, existe un ecosistema de herramientas de código abierto que permiten explorar la arquitectura sin restricciones económicas ni de forma.

B Blender vs. Programas de la Industria

Análisis comparativo de costos, potencia y versatilidad para arquitectura.

CRITERIO TÉCNICO	BLENDER 4.X	REVIT / ARCHICAD	RHINOCEROS	SKETCHUP
Inversión Inicial	GRATIS (GPL)	\$2,800+ / AÑO	\$995 (Perpetua)	\$299 / año
Modelado Orgánico	Ilimitado (Mesh/Sculpt)	Rígido (BIM)	Preciso (NURBS)	Básico (Push/Pull)
Diseño Paramétrico	Geometry Nodes (Nativo)	Dynamo (Integrado)	Grasshopper (Nativo)	Plugins Limitados
Renderizado	Cycles + EEVEE (Real-time)	Básico (Externo)	Bueno (Raytrace)	Plugins (Pago)
Extensibilidad	Python API Total	C# / API Cerrada	Python / C#	Ruby (Limitado)
Ideal para Guadua	Formas Generativas	Familias BIM	Estructuras Complejas	Bocetos Rápidos

Extensibilidad	Python API Total	C# / API Cerrada	Python / C#	Ruby (Limitado)
Ideal para Guadua	Formas Generativas	Familias BIM	Estructuras Complejas	Bocetos Rápidos

Nota Estratégica: Mientras que el software BIM es esencial para la documentación técnica, Blender es la herramienta definitiva para la exploración formal y generativa sin las barreras económicas de las licencias corporativas.

BIM Blender vs. Entornos BIM

REVIT, ARCHICAD · COLABORACIÓN FRENTE A EXPLORACIÓN

El software BIM (Revit, ArchiCAD) está diseñado para la gestión documental y la colaboración multidisciplinar, pero impone una rigidez que frena la experimentación formal. Blender, en cambio, permite idear sin restricciones y luego colabora con el flujo BIM mediante exportación IFC (con BlenderBIM) o mediante formatos abiertos como OBJ, FBX y GLTF.

VENTAJA BLENDER

- Costo cero
- Forma libre sin familias predefinidas
- Animación de recorridos

VENTAJA BIM

- Documentación automática
- Tablas de cantidades integradas
- Flujo de trabajo multidisciplinar

FLUJO HÍBRIDO RECOMENDADO

Blender (Ideación + formas complejas) → exportar como IFC / OBJ → Revit / ArchiCAD (documentación + coordinación). Así se une la libertad creativa con la exigencia técnica.

CAD Blender vs. CAD Tradicional

AUTOCAD, DRAFTSIGHT, LIBRECAD · PRECISIÓN FRENTE A EXPRESIÓN

AutoCAD y otros CAD 2D/3D dominan el dibujo técnico lineal, pero su modelado basado en sólidos primitivos limita la creación de geometrías orgánicas y complejas. Blender, aunque no reemplaza el trazado de planos 2D, permite un modelado mucho más expresivo, con herramientas de malla, curva y esculpido que ningún CAD tradicional ofrece sin plugins externos.

VENTAJA BLENDER

- Modelado orgánico y paramétrico
- Renderizado fotorrealista integrado
- 100% gratuito y multiplataforma

VENTAJA CAD

- Precisión milimétrica nativa
- Estándar DWG en obra
- Curva de aprendizaje baja para 2D

ESTRATEGIA PRÁCTICA

Modela la geometría compleja en Blender (cubiertas, nudos, paneles), exporta a DXF/DWG, y luego detalla planos constructivos en AutoCAD / LibreCAD. Lo mejor de ambos mundos.



¿Por qué Blender es el mejor punto de partida?

T. N 103 Comparación con los grandes de la industria y la parte principal para triunfar con los comparativos o más movidos de la industria.

T. F 113 La parte contigua de los datos de recolección de Blender

Mientras AutoCAD, Revit y ArchiCAD exigen inversiones de miles de dólares anuales y curvas de aprendizaje orientadas a flujos de trabajo muy específicos, Blender te permite explorar libremente la geometría 3D desde el primer día — sin costo, sin restricciones de forma y con renderizado fotorrealista integrado. Es la herramienta perfecta para que arquitectos desarrollen su intuición espacial 3D antes de migrar a software especializado, o para complementar cualquier flujo de trabajo paramétrico con visualización de alto nivel.

GEOMETRY NODES NATIVOS
PYTHON API COMPLETA
GRATUITO Y LIBRE
COMUNIDAD + BIM

FLUJO RECOMENDADO

B Guadua + Paramétrico + Presentación

01 · IDEAR

Modelado base y proporciones. Curvas, mallas, perfiles y referencias.

02 · GENERAR

Geometry Nodes + Python para variaciones, culmos, nudos y patrones.

03 · MOSTRAR

Render Cycles/EEVEE + recorridos + exportación (IFC/GLTF/DXF).

ARSENAL BLENDER

CYCLES · EEVEE · GEOMETRY NODES · PYTHON · IFC

GLTF · OBJ/FBX

Blender no reemplaza tu BIM: lo potencia. Es tu taller de forma, simulación y narrativa visual.

B Blender

CÓDIGO ABIERTO · GRATUITO

ARQUITECTURA

Blender es una suite 3D de código abierto desarrollada por la Blender Foundation. Bajo licencia GPL, no depende de suscripción: lo instalas, lo usas comercialmente y lo integras a tu flujo sin costos ocultos.

En guadua, donde la geometría real no siempre es "perfecta", Blender brilla: permite **formas orgánicas**, iteración rápida y visualización de alta calidad para comunicar soluciones constructivas.

Lo que lo hace increíble para el proyecto

Exploras, generas, presentas y exportas — sin pagar licencias.

PARAMÉTRICO

Geometry Nodes

AUTOMATIZACIÓN

Python API

PRESENTACIÓN

Cycles / EEVEE

INTEROPERABLE

IFC / GLTF / DXF

COSTO

Cero licencias

Ideal para investigación, prototipos y visualización.

FORMA

Sin límites

Curvas, mallas orgánicas, estructuras complejas.

visualización de alta calidad para comunicar soluciones constructivas.

COSTO
Cero licencias
Ideal para investigación, prototipos y visualización.

FORMA
Sin limites
Curvas, mallas orgánicas, estructuras complejas.

POR QUE BLENDER PARA ARQUITECTURA CON GUADUA

- Modelado 3D sin limites**
Desde geometrías orgánicas hasta estructuras paramétricas complejas. Blender no impone restricciones de forma.
- Scripting con Python**
Automatiza la generación de geometría con Python integrado. Crea scripts para distribuir cúmos o generar variaciones.
- Renderizado fotorrealista**
Cycles y Eevee ofrecen renders de alta calidad para presentaciones arquitectónicas. Materiales, iluminación natural y sombras.
- Animación y simulación**
Simula el comportamiento estructural, crea recorridos virtuales del proyecto o anima el proceso constructivo.
- Complementos y add-ons**
Ecosistema masivo de complementos gratuitos y de pago: desde generadores de arquitectura hasta exportadores BIM.
- Comunidad global activa**
Millones de usuarios, tutoriales en todos los idiomas, foros especializados y actualizaciones constantes.

DESCARGA OFICIAL
Instala Blender y abre tu flujo

Recomendación: usa una versión estable (LTS) y guarda un archivo base con unidades, atajos y colecciones listas para tu proyecto.

[Descargar Blender](#) [Manual](#) [BlenderBIM](#)

T. N 104 Definiciones cuestiones, compartidas y entendimiento de lo que se puede entender.

T. F 114 Parte séptima de las bitácoras de mejora de la página.

07 - BITACORA DE MEJORAS

Registro de cambios

Esta cartilla está en mejora continua. Cada versión incorpora nuevos datos de investigación, correcciones técnicas y mejoras de experiencia.

EN DESARROLLO ACTIVO
Versión actual: v1.4 - Última actualización: 15 Abr 2026

- v1.5** (Nueva función) - 16 Abr 2026
Experiencia Atmosferica & Mapas
- v1.4** (Nueva función) - 15 Abr 2026
Seccion de Parametricismo expandida
- v1.3** (Mejora) - 08 Abr 2026
Mejoras en Composicion Tecnica
- v1.2** (Nueva función) - 01 Abr 2026
Fragmentos de codigo v1.0
- v1.1** (Investigacion) - 22 Mar 2026
Actualizacion de datos tecnicos
- v1.0** (Nueva función) - 10 Mar 2026
Lanzamiento Inicial

v1.5 (Nueva función)
Experiencia Atmosferica & Mapas
Publicado el 16 Abr 2026

- Agregado reproductor de musica ambiental con control de volumen
- Iluminacion de territorios en el mapa general
- Mejoras en la visualizacion de marcadores

T. N 105 Registro de cambios de la página web.

T. F 115 Evoluciones de la monografía y comprensión de procesos



T. N 106 , Bitácora del proceso, paso a. paso de cómo es el flujo del trabajo.

T. F 116 Resultado final



T. N 107 Contacto del Creador.

T. F 117 Resultado final, del proyecto y del como quedaría en el terreno y un proyecto en el sesca.



T. N 108 Contacto de creador, del complemento y contacto principal, y en la universidad donde lo oriento.

Conclusiones

Tras redactar esta monografía pude comprobar que el diseño paramétrico sí ofrece una estructura metodológica útil para explorar cubiertas en guadua en el Caribe colombiano, siempre y cuando se relacione directamente con variables materiales, climáticas y culturales que se puedan verificar. Más que buscar formas complejas por sí mismas, la metodología que propongo entiende esa complejidad como el resultado lógico de aplicar reglas de diseño vinculadas al territorio y al comportamiento real de la guadua.

A lo largo del trabajo se confirma que la guadua tiene un gran potencial arquitectónico por su disponibilidad, carácter renovable, buena relación peso-resistencia y valor expresivo. Sin embargo, también queda claro que su uso en cubiertas exige criterios técnicos estrictos de selección, preservación, uniones, anclajes y mantenimiento. Por eso, la metodología presentada debe asumirse como una base conceptual que todavía necesita ser validada técnicamente antes de llevarse a una construcción real.

El uso de Blender y Geometry Nodes se mostró adecuado tanto en el contexto académico como en la región, porque reduce los costos de acceso al software y permite comprender de manera flexible las relaciones paramétricas entre las variables de diseño. Integrar estas herramientas ayudó a construir un recurso didáctico que hace más evidentes las variables, restricciones y alternativas de diseño, de manera más clara que un proceso lineal tradicional.

El análisis de Sincelejo y San Andrés también evidenció que el Caribe colombiano no puede tratarse como un único contexto homogéneo. Las diferencias entre el clima seco continental y el clima húmedo insular, así como las variaciones en las tradiciones culturales, la disponibilidad de materiales y las formas de habitar, evidencian la necesidad de una metodología adaptable. En este sentido, el proyecto propone una ruta para traducir esa diversidad territorial en criterios de diseño concretos.

Bibliografía

- Arkiteturax. (5 de Junio de 2017). Metodologías de diseño arquitectónico. *Una reflexión histórica para la elaboración del proceso creativo*, págs. 38-45.
- Fua, A. V. (Noviembre de 2018). La creación espacial, alejándose de la subjetividad artística pura. *Las obras Públicas Romanas Tarragona, 2004*, págs. Vol 1 Núm. 1 Pag, 12-16.
- Acosta, M. (2022). Biomateriales en la Construcción Andina. *Universidad San Francisco*, pág. 78.
- Arkiteturax. (2010). Metodologías de diseño arquitectónico. En J. M. Salinas, *Metodologías de diseño arquitectónico una reflexión histórica para la elaboración del proceso creativo* (págs. 41-42). 5 de septiembre.
- Barrera, E. & López, S. (2024). Avance de cuerpo de proyecto de Grado. *Universidad Antonio Nariño*, pág. 24.
- Biotti, J. MIT Press. (2022). Mycelium Design. *From Biology to Architecture*, pág. 134.
- Centro de Estudios de la Orinoquia, Universidad de los Llanos. (2023). *Arquitectura y Territorio en los Llanos Colombianos*.
- Congreso de Colombia. (2022). *Ley 2206 de 2022: Por la cual se establece la política nacional para incentivar el uso productivo de la guadua y el bambú, se dictan normas para su manejo sostenible y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 52.189.
- García, G. (2024). *Explorando la filosofía del habitante caribeño: Sincelejo y San Andrés*. Manuscrito inédito. (Entrevistas y reflexiones personales).
- García, W. (2024). *Portafolio técnico: Guadua y construcción en la Región Caribe*. Manuscrito inédito. (Cálculos estructurales, observaciones de campo y compilación técnica).
- [Guaduabamboo.co](https://guaduabamboo.co/). (2013-2019). [Fotografías y artículos técnicos]. Recuperado de <https://guaduabamboo.co/>
- Guerra, L Flacso. (2023). Saberes Materiales y Tecnología Digital. pág. 112.
- Gutiérrez C. Universidad Nacional. (2020). *Arquitectura y Posconflicto en Colombia*. pág. 45.
- Hadid, Z. &. (2013). Zaha Hadid: Complete Works 1979-2013. *Thames & Hudson*, pág. 45.
- Harvey, D. (2012). La condición de la posmodernidad. Amorrortu. pág. 67.
- ICD/ITKE. (2019). Bio-inspired Construction Systems. *Universität Stuttgart*, pág. 45.

- ICD/ITKE. (2019). Bio-inspired Construction Systems. *Universität Stuttgart*, pág. 67.
- ICD/ITKE. (2019). Bio-inspired Construction Systems. *Universität Stuttgart*, pág. 89.
- Instituto Amazónico de Investigaciones, Universidad Nacional. (2023). *Arquitectura y Cosmovisión en la Amazonía Colombiana*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2007). *NTC 5301: Preservación de guadua (Guadua angustifolia Kunth)*.
- Instituto de Estudios Caribeños, Universidad Nacional. (2023). *Arquitectura Insular Colombiana. Sincretismo y Adaptación*.
- Instituto de Estudios de la Montaña, Universidad Nacional. (2023). *Arquitectura Y paisaje en los Andes Colombianos*.
- Instituto de Estudios del Pacífico, Universidad del Valle. (2023). *Arquitectura y Bioculturalidad en el Litoral Pacífico*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, B. (2023). *Regionalización Colombiana. Bases para el Diseño Arquitectónico*.
- Interamericana, M.-H. (2018). Metodología de la investigación. Hernández-Sampieri, R. *Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*, pág. 45.
- Janssen, J. J. A. (2000). *Construcción con Bambú*. Eindhoven University of Technology.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, M. J. (1999). *American Bamboos*. Smithsonian Institution Press.
- Landmarks Architects, Revista de Arquitectura Tropical. (2023). *Arquitectura Caribeña. Armonía en la Diversidad*.
- Liese, W., & Köhl, M. (Eds.). (2015). *Bamboo: The Plant and its Uses*. Springer.
- Londoño, X. (1998). A decade of observations of a *Guadua angustifolia* plantation in Colombia. *Journal of the American Bamboo Society*, 12(1), 1-20.
- Lynn G. (2004). Folds, Bidues and Blods. *Collected Essays. La. letter Volle*, pág. 89.
- Malkawi, K. &. (2015). Optimizaci'on Integral de Recursos. pág. 34.
- Mazzanti, G. (2015). *Arquitectura para la Inclusión. Editorial Upc*, pág. 45.
- Mazzanti, G. (2015). *Arquitectura para la Inclusión. Editorial Upc*, pág. 67.

- Mazzanti, G. (2015). *Arquitectura para la Inclusión*. Editorial UPC., pág. 23.
- Menges, A. (2012). Material Computation. *Higher Integration in Morphogenetic Design*, págs. 82 (2), 14-21.
- Menges, A. AD Wiley. (2018). *Computational Design Thinking*. pág. 112.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2025). *Resolución 000141 de 2025: Por la cual se establecen los lineamientos para el registro de guaduales comerciales ante el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Manual de Construcción con Guadua*. Bogotá: MAVDT.
- Moussavi. (2009). The Function of form . *Actar*, pág. 45.
- Mushbio. (2018-2023). Documentación Técnica y Memorias de Investigación. pág. 15.
- Mushbio. (2019). Digital Biophilia. *Actar*, pág. 78.
- Mushbio. (2019). Digital Biophilia. *Actar.*, pág. 34.
- Mushbio. (2019). Digital Biophilia. pág. 56.
- Oxman, N. (2010). Material-based Design Computation.. *Mit Press*, pág. 34.
- Oxman, R, & Oxman, R. (2010). The new structuralism: Design, engineering and architectural technologies. *Architectural Design*, 80 (4), 14-23.
- Oxman, R, Design Studies. (2017). Thinking Difference. *Theories and Models of Parametric Design Thinking* , págs. 48, 1-33.
- Oxman, R. (2010). The aesthetic of parametricism: Beauty and performance in contemporary architecture. *Architectural Design*, 80 (4), 78-87.
- Oxman, R. (2017). Theory and Design in the First Digital Age. *Design Studies*. págs. 48 1-33.
- Plants For A Future (PFAF). (s.f.). *Guadua angustifolia*. Recuperado de <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Guadua+angustifolia>
- Publishers, L. M. (2015). Zardini, M. pág. 28.
- Ramírez, M. (2019). Espacios Públicos para la Inclusión. *Revista Bitácora*, pág. 67.
- Revista de Arquitectura Contemporánea. (2010). *Reflexiones Sobre un Clasicismo Contemporáneo*, pág. 23.

- Revista de Arquitectura Contemporánea. (2010). Reflexiones sobre un Clasicismo Contemporáneo. pág. 25.
- Revista de Arquitectura Contemporánea. (2010). Urbanismo Paramétrico. pág. 27.
- Schröder, S. (2019). *Especies de Guadua*. Guaduabamboo.co. Recuperado de <https://www.guaduabamboo.co/blog/especies-de-guadua/>
- Schumacher, P AD Wiley. (2020). Parametricism 3.0. *Architecture for the Planetary Scale*, pág. 45.
- Schumacher, P. (2008). Parametricism as a new style for architecture and urban design. En D. Koch, L. Marcus & J. Steen (Eds.), *Proceedings of the 4th International Conference of the Association of Computer-Aided Architectural Design Research in Asia* (pp. 1-14). CAADRIA.
- Schumacher, P. (2008). Parametricism as style. *Architectural Design*, 78(4), pág. 14-16.
- Schumacher, P. (2008). Parametricism as style. *Architectural Design*, 78(4), pág. 26-32.
- Schumacher, P. (2008). Parametricism. *A New Global Style for Architecture and Urban Design*, pág. 67.
- Schumacher, P. (2008-2018). *The Autopoiesis of Architecture* (Vols I-II). Wiley. pág. 23.
- Schumacher, P. (2016). Parametricism 2.0: Rethinking architecture's agenda for the 21st century. *Architectural Design*, 86 (2), 16-32.
- Schumacher, P. (2016). *The Autopoiesis of Architecture Vol. II*. Wiley. pág. 89.
- Schumacher, P. (2016). *The Autopoiesis of Architecture, Vol. II*. Wiley. pág. 112.
- Schumacher, P. (2016). *The Autopoiesis of Architecture*. pág. 134.
- Sons, T. 2. (2016). Parametricism 2.0. *Rethinking Architecture's Agenda f*, pág. 28.
- Universidad Nebrija, Revista de Arquitectura. (2020). Parametricismo. *La lógica de la Era de la Información* , pág. 23.
- Universidad Politécnica de Cataluña. (2019). Procesos de diseño en la arquitectía del nuevo paradigma. Congreso Internacional de Arquitectura y Diseño, 123-135.
- Universidad Politécnica de Madrid. (2017). La Parametrización del Espacio. *Procesos de Diseño Parametrico, Madrid.*, pág. 45.
- UPC, E. (2018-2023). Mazzanti, G Obras Completas 2000-2023. pág. 23.

- Varios autores (2021). Comunicación Científica en la Era Digital. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 16 (47), págs. 45-62.
- Vitruvio. (Siglo I A.C). *Los Diez Libros de Arquitectura*. Marco Lucio Vitruvio Polion Libro 2 - 4.
- Vélez Bartomeu, F. (2021). La ideología del diseño paramétrico en Zaha Hadid Architects. *Revista de Crítica Arquitectónica*, pág. 78.
- Vélez, S. (2010). *Simón Vélez: Arquitectura con bambú*. Taschen.
- Community, B. (Actualidad - 2025). *Home of the Blender Community*. Obtenido de Blender artist: [Blenderartist.org](https://blenderartist.org).
- Ilustrach. (Febrero de 2007). *Revista Ilustrach*. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*. 2007 pág- 36-42.

