



ESTACIONES DE TRANSPORTE SOSTENIBLES ELEMENTOS Y SISTEMAS

Autor: Juan Miguel Ortíz Marín
Dirección: Francisco Ramirez Potes
Escuela de Arquitectura
Facultad de Artes integradas
Universidad del valle
Santiago de Cali, Colombia
2024

INDICE

Resumen.....pág. 5

Introducción.....pág. 6

Capítulo I

- Breve historia del BRT.....pág. 8-9
- La llegada del BRT a Cali.....pág. 10-12
- El desarrollo del MIO en Cali.....pág. 13-15
- Referencias y Bibliografía.....pág. 16

Capítulo II

- Los movimientos sociales.....pág. 18-19
- y la crisis económica
- Oportunidades para repensar.....pág. 20-25
- las estaciones del MIO
- Hacia un diseño integral.....pág. 26
- de estaciones de BRT
- Referencias y Bibliografía.....pág. 27

Capítulo III

- La sucursal de los árboles.....pág. 30
- Parquestaciones.....pág. 31
- Estructuras Biofílicas.....pág. 32-34
- Mayor Resistencia, menor impacto.....pág. 35-37
- Propuesta de sistema constructivo.....pág. 38-42
- Modelo de estación Básico.....pág. 43-50
- Modelo de Paradero.....pág. 51-52
- Accesorios de Acero.....pág. 53
- Posibilidades de extención.....pág. 54

Conclusiones.....pág. 55

RESUMEN

La presente investigación se centra en el análisis crítico de la infraestructura arquitectónica del sistema de transporte masivo BRT (Bus Rapid Transit) de Cali, conocido como MIO, a raíz de las movilizaciones sociales ocurridas en 2021. El objetivo principal es evaluar el impacto de este sistema en la ciudad, identificar los vacíos urbanos y arquitectónicos generados, y proponer una alternativa de diseño para estaciones BRT que vaya más allá de un simple paradero.

La tesis reconoce la importancia del transporte público en la vida urbana contemporánea y la responsabilidad de los arquitectos en su desarrollo. A través de una revisión histórica y un análisis contextualizado, se exploran las consecuencias del MIO para la ciudad y sus habitantes, poniendo énfasis en el papel de las entidades gubernamentales y su gestión del espacio público.

La propuesta arquitectónica que se presenta busca ofrecer una visión innovadora de las estaciones BRT, transformándolas en espacios que no solo faciliten la movilidad, sino que también contribuyan a la identidad y el bienestar de la comunidad haciendo énfasis en la necesidad de integrar la vegetación existente y la utilización de materiales y sistemas constructivos ambientalmente sostenibles.

PALABRAS CLAVE

BRT, transporte público, infraestructura urbana, diseño arquitectónico, espacio público, movilidad, Cali, Colombia, participación ciudadana.

RESUME

The present research focuses on the critical analysis of the architectural infrastructure of the BRT (Bus Rapid Transit) mass transportation system of Cali, known as MIO, as a result of the social mobilizations that occurred in 2021. The main objective is to evaluate the impact of this system in the city, identify the urban and architectural voids generated, and propose a design alternative for BRT stations that goes beyond a simple whereabouts.

The thesis recognizes the importance of public transport in contemporary urban life and the responsibility of architects in its development. Through a historical review and a contextualized analysis, the consequences of the MIO for the city and its inhabitants are explored, placing emphasis on the role of government entities and their management of public space.

The architectural proposal presented seeks to offer an innovative vision of BRT stations, transforming them into spaces that not only facilitate mobility, but also contribute to the identity and well-being of the community, emphasizing the need to integrate the existing vegetation and the use of environmentally sustainable materials and construction systems.

KEY WORDS

BRT, public transportation, urban infrastructure, architectural design, public space, mobility, Cali, Colombia, citizen participation.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad contemporánea, la necesidad de moverse de un punto a otro es un desafío que a menudo estudiamos desde la academia en aras de mejorar la eficiencia de nuestros sistemas de transporte y mantenerlos tan cercanos como sea posible a las demandas de la época. El trabajo de las entidades gubernamentales, de todo tipo de profesionales, técnicos, y de la indispensable mano de obra, conforman el enorme esfuerzo físico e intelectual invertido cuya última función es hacer la vida un poco más amena para todos. Resulta indispensable entonces que teniendo nosotros, los arquitectos profesionales, gran responsabilidad en el desarrollo de la ciudad, sigamos discutiendo sobre la temática aquí presentada pues es ante todo un derecho de la humanidad.

El siguiente trabajo surge a manera de reflexión y crítica frente a la infraestructura arquitectónica propuesta por el sistema de transporte masivo de buses rápidos (BRT) de Cali conocido como Masivo Integrado de Occidente (MIO) y como resultado directo de los eventos ocurridos en el marco de movilizaciones conocido como gran Paro Nacional del 2021. Se centra específicamente en el impacto de su llegada a la ciudad, los diversos vacíos que ha dejado a nivel de urbanismo y arquitectura y, por supuesto, en las consecuencias que aquello ha significado para el municipio y especialmente para los ciudadanos.

Cabe aclarar que, tratándose de una tesis de grado de arquitectura, el fin de este trabajo es presentar una propuesta arquitectónica de lo que una estación de buses BRT podría ser, pensando en brindar a la ciudad algo más que un paradero de buses. No obstante, este documento da relevancia a los aspectos que surgen alrededor de la

problemática a manera de reseña histórica y pretende ser un aporte crítico al discutir en torno a la responsabilidad de las entidades a cargo de la infraestructura en el éxito o fracaso de los sistemas de transporte masivo, el trato que estas mismas dan al espacio público, a la identidad de la ciudad, su compromiso social y cómo todo esto impacta en la aceptación/apropiación de la ciudadanía.

CAPITULO I

CONTEXTO HISTORICO

EL METRO CRIOLLO

Breve historia del BRT.

Fue en el Brasil de 1974 cuando de la mano de Jaime Lerner^[1] nace en Curitiba la Red Integrada de Transporte de Curitiba, con gran influencia de la primera línea del sistema para transporte público de la ya extinta empresa estatal peruana ENATRU^[2]. Desde su llegada a la urbe el sistema resultó ser un caso exitoso. Lerner introduce a la idea de carriles para buses algunas características de otros modelos de movilidad:

1. La estación cerrada, que entra como reemplazo a la idea del paradero de andén.
2. El sistema de pago fuera del bus, tal como en los sistemas de tren ligero.
3. La exclusividad del carril (aparecida por primera vez en Illinois, 1939) expandida a la totalidad de la línea pues, hasta el momento, en los antecesores la exclusividad estaba limitada a algunos tramos del recorrido y luego de ello el bus debía compartir los carriles con los demás vehículos particulares.

Así nació el BRT que además de todo logró ser bien recibido por los usuarios. Pasaron casi treinta años antes de que el sistema fuese replicado en otras ciudades fuera del Brasil. La

primera fue Quito que inauguró su primera línea de *Trolebús*^[3] en 1995, cuyo modelo no difería mucho del de Curitiba, la gran novedad era la implementación de buses de alimentación eléctrica. Donde sí ocurrieron cambios considerables fue en Bogotá con el desarrollo del modelo de BRT que se ha expandido a nivel global.

La gran popularidad que tiene hoy en día el BRT llega de la mano de Transmilenio, desarrollado en la Bogotá de Enrique Peñalosa, que como su nombre lo indica, inició el nuevo milenio. Las principales adaptaciones que hizo Transmilenio a la idea aplicada en Curitiba están centradas en adaptar el sistema a un flujo de pasajeros mayor, ya que la demanda y la escala de cobertura de la red brasilera era por mucho menor a la que una ciudad capital como Bogotá necesitaba para contrarrestar el caos y la crisis del sistema de rutas de buses particulares. Hay que recordar que para finales de la década de los noventa la crisis del transporte público en el distrito capital había desencadenado una feroz batalla entre los transportadores, el conflicto llegó a cobrar la vida de varios ciudadanos por una dinámica conocida como “*la Guerra del Centavo*”^[4].

En Transmilenio aparece por primera vez la idea de la estación centrada, lo cual difiere del diseño aplicado en Curitiba donde las estaciones están ubicadas en los extremos de la vía dejando los carriles de bus en el

centro. Esta modificación facilita el acceso de los pasajeros a los buses y libera espacio para la implementación de la segunda novedad que implementó Bogotá; *El carril de desborde*^[5]. La ventaja de un carril adicional consiste en que le permite al bus pasar por el lado de otro en el mismo sentido de la vía, optimizando la implementación de rutas expreso que hacen menos paradas y reducen el tiempo de viaje. Todo lo anterior junto a la implementación de una compleja red de corredores troncales y rutas alimentadoras hicieron de Transmilenio un referente a nivel mundial que no tardó en expandirse por toda América Latina y posteriormente alrededor del mundo, dado a las ventajas presupuestales que supone frente a los sistemas de transporte masivo basados en rieles.

Actualmente, el sistema de BRT es uno de los más implementados en el mundo haciendo presencia en 191 ciudades; mueve aproximadamente a treinta y un millones de pasajeros todos los días y, año tras año, expande sus vías con la promesa de parte de algunos sectores políticos, especialmente de corte neoliberal, de establecerse como una alternativa que reemplace a otros sistemas de transporte masivo como el Metro en sus distintas variantes, perspectiva que difiere de la mirada urbanista al considerarlo más como un elemento de apoyo en una red de transporte integrada.



Imagen 1. ENATRU, Perú



Imagen 2. BRT Curitiba, Brasil



Imagen 3. Transmilenio, Bogotá, Colombia

NOS BAJARON DEL TREN

La llegada del BRT a Cali.

Santiago de Cali es una de las ciudades colombianas que más se expandió a lo largo del siglo pasado. Para 1900 su población rondaba alrededor de 20,000 habitantes y no era más que un pequeño municipio que por su cercanía al puerto de Buenaventura mostraba gran potencial de crecimiento económico e industrial. El cambio fue vertiginoso y violento. Para inicios de la década de los noventa la población ya había superado el millón de habitantes, había expandido casi cinco veces su superficie, convirtiéndose en la tercera ciudad más importante a nivel económico de la nación detrás de Bogotá y Medellín.

Dado el abrupto crecimiento poblacional, el sistema de transporte local compuesto por numerosas flotas de buses privados empezó a presentar los mismos síntomas que adolecían el Distrito Capital; la Guerra del Centavo y la enorme cantidad de buses que inundaban las calles para poder cumplir la demanda. Eran signos claros de que la ciudad necesitaba un sistema de transporte masivo que estuviese a la altura para desplazar miles de personas desde la periferia de la ciudad hacia el centro económico.

Los primeros estudios para la reestructuración del transporte público en Cali surgen en la década de los 70's con la reforma constitucional del 68 y la llegada de los planes de desarrollo. En esta década nace también el Instituto Nacional del Transporte o INTRA^[6], responsable de publicar el primer Estudio de Reestructuración de Rutas Urbanas para Cali en 1973. Durante los siguientes

años todas las iniciativas buscaban mejorar las prácticas de los transportadores y los usuarios para organizar las rutas de manera más eficiente. Solo hasta 1979, cuando el concejo de Cali creó la promotora del transporte masivo del Valle PROTRANS, comenzó a considerarse la posibilidad de utilizar la vía del ferrocarril que atraviesa la ciudad de norte a sur para desarrollar un nuevo modelo de transporte masivo, esto debido a que ciudades como Bogotá y Medellín estaban haciendo lo mismo desde finales de la década de los 60's.

Para el año de 1983, PROTRANS publicó el estudio Posibles Soluciones para el Transporte Público Masivo en el Área del Valle Geográfico del Río Cauca en asociación con la firma Italiana *Ansaldo Trasporti S.P.A.*^[7] El documento presenta cuatro propuestas para el desarrollo de un sistema de rieles que cubriría las necesidades de transporte público a nivel regional. La propuesta era ambiciosa. Pretendía conectar todo el departamento de Norte a Sur, incluso extendiendo la línea hasta Popayán, con la posibilidad de ser alimentado por medio de energía hidroeléctrica y, además, contaría con estaciones temáticas dependiendo de la vocación del lugar donde se ubicaran. Lastimosamente PROTRANS no tardó en disolverse después de que varios accionistas se retiraran con la excusa de una fuerte devaluación del peso en 1983. Cabe mencionar, como dato no menor, que en pleno contexto de la Guerra Fría no se vio con buenos ojos la participación de un grupo de expertos soviéticos en la realización de los estudios.

En 1986 el INTRA fue eliminado junto a los subsidios al

transporte, el poder de los empresarios y la falta de iniciativa política para hacer del transporte público una responsabilidad municipal hicieron que la necesidad fuese cubierta por buses sin subsidio. Los buses TSS continuaron siendo el modelo de transporte implementado hasta la aparición del Masivo Integrado de Occidente o SITM MIO.

El MIO es resultado directo del Plan de Desarrollo Municipal de 1991, el cual posibilitó el *Estudio para la Prefactibilidad del Sistema de Transporte Público Colectivo de Cali*^[8] y el *Plan Vial de Tránsito de 1993*^[9]. En principio y, retomando en cierta medida la lógica de PROTRANS, se propone un sistema de rieles, solamente que en formato de tren ligero y la cobertura se limitaría a cubrir la demanda municipal y la conexión de municipios aledaños como Yumbo y Jamundí. Los estudios compilados en el documento Conpes 2932 señalaban que el municipio no tenía capacidad de endeudamiento para llevar a cabo el proyecto y que el Ministerio de Hacienda y Crédito Público debía analizar la posibilidad de subsidiarlo. Para ello el municipio debía cumplir con todos los puntos en el artículo 2 de la ley 310 de 1996, cuyo primer requisito es que exista o se constituya una sociedad titular de carácter público encargada de la gestión del sistema de transporte. De esta manera surgió Unimetro, que pasaría posteriormente a ser conocida como MetroCali sin embargo, el municipio no cumplió a cabalidad con los compromisos establecidos en el acuerdo y fue necesario que se hicieran nuevos estudios para el desarrollo del sistema de transporte masivo.

Esta vez, el estudio fue realizado por la Unión Temporal *Schroders-Corfvialle*^[10] y se compiló en el Conpes 3166 de 2002. La conclusión a que llegaron fue que un sistema de buses BRT local era mucho más viable que poner en marcha la infraestructura del tren ligero. El desarrollo de una serie de corredores troncales ofrecería un supuesto 97% de cobertura frente al 20% que ofrecería el metro, recaudaría más ingresos a la nación y lo más importante; a un precio menor. El proyecto fue aprobado sin mucho contratiempo.

El enfoque económico de los gobiernos de Pastrana y de Uribe posteriormente, la conexión directa entre Corfvialle, El Ministerio de Hacienda y Crédito Público con el fondo monetario y, sobre todo, la coincidencia temporal con todo el éxtasis momentáneo de Transmilenio, hicieron posible que el BRT fuera la opción elegida para solucionar la crisis del transporte público en Cali.

La influencia a nivel regional del experimento de Enrique Peñalosa bastó para descartar por completo la idea de un metro para Cali. En palabras de Jaime Córdoba Zuloaga (Presidente de MetroCali 2004-2006):

"...Cali pasó de un proyecto de tren ligero a buses articulados, dado el éxito del sistema adoptado en la capital del país. Tomada esa decisión, viene el proceso para realizar los diseños del sistema y sus fases de operación."

Zuloaga Jaime, MIO una obra para la historia de Cali. 2005. pág 10.

Muy a pesar de los más de treinta años de estudios por

parte de PROTRANS y del Conpes 2932 que señalaban las grandes ventajas sociales que representaba lograr conectar varios municipios en una red regional de transporte masivo, se reemplazó dicho proyecto por la promesa de un sistema con pocos antecedentes (Prácticamente ninguno, dado que Transmilenio fue el primer BRT de su tipo) de que la rentabilidad y eficacia de los buses articulados era igual o superior a la de los sistemas de rieles. De esta manera, entrados en el nuevo milenio, empieza también la



Imagen 4. Buses TSS

NUNCA HA SIDO "MIO".

El desarrollo del MIO en Cali

En el año 2002, la alcaldía de Cali y MetroCali deciden que la entidad competente para coordinar el concurso público para el diseño urbano, paisajístico y arquitectónico del SITM es la *Sociedad Colombiana de Arquitectos Regional Valle del Cauca*^[11] (SCA Valle).

La SCA fue encargada de organizar y celebrar el concurso, al cual se dio apertura el día de noviembre del 2002 y tuvo como fecha de cierre prevista el 16 de enero año (Al final la fecha de cierre fue el 10 de febrero debido a varias solicitudes de aplazamiento por parte de los participantes). El trabajo logístico de la SCA estuvo a la altura, el mismísimo Jaime Lerner participó como jurado en una mesa conformada por profesionales altamente calificados como Willy Drews, Juan Carlos Ponce de León y Fabiola Aguirre. Independiente de ello, la coordinación entre la SCA y MetroCali para la formalización del concurso no pasó sin presentar inconvenientes. Era lógico que fuese así. La magnitud del proyecto era de proporciones titánicas. Es preciso tener en cuenta que el tiempo en el cual se desarrollaron los estudios (completa responsabilidad de MetroCali) fue extremadamente corto para un sistema que pretendía abarcar 97 % de la cobertura del transporte público de una ciudad que ya pasaba los 2 millones de habitantes.

A diferencia del tren ligero que con menor cobertura contaba con estudios que llevaban décadas de trabajo y con bastos referentes a nivel mundial, el proyecto del SITM de

Cali se basó en la adaptación de un modelo aplicado en una ciudad de enormes avenidas como lo es Bogotá. Los perfiles viales de Cali no estaban preparados para asumir la responsabilidad que le otorgaban las troncales y la socialización fue en extremo deficiente. Tanto así, que la prensa y la misma ciudadanía veían el proyecto como "la llegada del Transmilenio a Cali". Era de esperarse que el proyecto levantara opiniones divididas dentro del gremio arquitectónico y que las dudas con respecto a los puntos del concurso fueran tantas que las sesiones de resolución de inquietudes no alcanzaran para responder a todas. Ni siquiera MetroCali tenía claro la totalidad del proyecto. Las reclamaciones de los participantes por respuestas ambiguas y poco comprometidas no se hicieron esperar.

A pesar de los inconvenientes, el concurso transcurrió con relativa normalidad dentro de lo esperado en un concurso de diseño de la época. Fue después cuando comenzaron a verse los verdaderos problemas. El desarrollo de las troncales, en especial el corredor de Aguablanca (el de mayor impacto social), dependían de la adquisición de numerosos predios para poder llevarse a cabo, este proceso contribuyó a que se optara por empezar a construir a partir de la facilidad de desarrollo y no desde la necesidad real de cobertura. La alcaldía y la presidencia de MetroCali tenían pensado que para finales del año 2003 ya estarían los corredores en proceso de construcción.

Dejando a un lado todos los problemas y discusiones resultantes del proceso de diseño (que no fueron pocas, ni de fácil conciliación), la verdadera pesadilla comenzó con las licitaciones. Resulta que MetroCali tenía establecido

llevar a cabo los contratos por el método de precio global, lo que representa un riesgo enorme para los contratistas, dado que de esta manera cualquier imprevisto o estudio adicional debe ser resuelto por él mismo, a diferencia de los contratos por precios unitarios donde hay un valor destinado a los riesgos y en caso de no ser utilizados estos deben ser reembolsados. Los esfuerzos de la *Asociación Colombiana de Ingenieros*^[12] por hacer entrar en razón a MetroCali no surtieron efecto y la polémica creó una fuerte sensación de desconfianza entre el gremio de los contratistas.

El resultado de esta elección se vio reflejado en una baja participación en el concurso debido a los pocos incentivos que habían, a tal punto que las fechas de los concursos debieron ser aplazadas. El tipo de contratación resultaba ser una apuesta muy osada para una gran parte de las firmas, solo unas cuantas tenían los medios para sobreponerse a los posibles riesgos que presentaban las obras, por supuesto las polémicas y sospechas por conflictos de intereses y posibles irregularidades hicieron presencia. La situación empeoró cuando los parámetros para seleccionar a los ganadores fueron los mismos que utilizó Bogotá; la oferta más viable económicamente. Las obras no empezaron a construirse sino hasta el año 2004 y no fue sino hasta el año 2008 que pudo comenzar su funcionamiento.

La escasa socialización, la demora en las construcciones y la cobertura más limitada que lo prometido al final pasaron factura. Los caleños no tuvieron herramientas para apropiarse del MÍO, que parecía ajeno, más bien de otros.

Al colorido de los buses tradicionales y, su extensa cobertura, lo reemplazó un frívolo sistema de buses y estaciones que si bien eran más limpias y ordenadas no representaban la identidad de Cali y, para colmo de males, no cubría de la misma manera las rutas de antaño^l. El MIO con mucho esfuerzo poco a conseguido de "Masivo" y todavía no se ve por ningún lado lo "Integrado", El nombre con el que MetroCali bautizó a su producto irónicamente no ha producido la apropiación ciudadana que de él se esperaba.

El resultado fue que de los más de 900 mil pasajeros que pretendía movilizar, el MÍO nunca superó los 500 mil. El equilibrio económico de la operación se vio comprometido desde un principio. La recaudación a duras penas daba para sostener la red y el déficit se acumulaba rápidamente. La calidad del servicio no llegó a ser la prometida, los ciudadanos prefirieron alternativas más eficientes como los vehículos informales cuya cobertura, comodidad, frecuencia y rapidez siempre ha cumplido con las expectativas a un precio asequible sin la necesidad de la engorrosidad de las tarjetas de recarga que pasaron de poder cargarse en puntos GANE y tiendas de barrio a solo poder hacerlo en las estaciones. La supuesta autosustentabilidad del sistema se derrumbó y fue necesaria la Ley 1753 de 2015 que permite a los municipios subsidiar parte de las necesidades de sus sistemas de transporte. La reestructuración del modelo económico del MÍO dió buenos resultados y, aunque la recuperación sería una carrera de larga distancia, el panorama se vislumbraba positivo. Así fue hasta el 2020, cuando la Pandemia cortó de golpe lo que tanto esfuerzo estaba costando.

Un golpe más duro estaba por venir. Venía cocinándose desde el 2019 y reventó un año después de la Pandemia con el sistema ya debilitado por el acuartelamiento. Dentro de un marco político enfrentado y una sociedad cansada nace el estallido social del 2021, en el cual la infraestructura del MÍO se vio gravemente comprometida, particularmente las estaciones llevaron la peor parte al ser prácticamente deshuesadas. Un fenómeno de este tipo debe estudiarse desde todas las aristas del conocimiento. ¿Cuáles son las razones para que la población (la que utiliza este medio de transporte y la que no) permita, sea indiferente o participe directa de la destrucción de un bien colectivo?

Sin lugar a duda el estallido social fue un periodo complejo, la realidad social de la ciudad oculta e invisibilizada dentro de los barrios marginales salió desnuda a la calle. La destrucción resultante de aquel proceso no solo deja reflexiones importantes en torno a las consecuencias de la desigualdad, también enseña valiosas lecciones para el oficio de la arquitectura y el urbanismo, además de nuevas oportunidades para hacer las cosas de mejor manera.



Imagen 5. Bus articulado y estación del MÍO



Imagen 6. Buses del MÍO fuera de servicio por falta de



Imagen 7. Transporte informal en Cali

REFERENCIAS

1. Jaime Lerner (1937-2021) fue arquitecto y urbanista brasileño, conocido mundialmente por la creación del sistema de transporte de Curitiba y su visión de la planificación urbana.
2. La Empresa Nacional del Transporte Urbano del Perú operó entre 1976 y 1992. Se caracterizó por el uso de buses articulados de color amarillo que circulaban por carriles de uso propio.
3. El Trolebús es el sistema de transporte de buses urbanos de Quito que opera desde 1995, actualmente hace parte de la red integrada de transporte metropolitano Metrobus-Q.
4. La guerra del centavo fue un fenómeno ocurrido en las grandes ciudades capitales colombianas en la década de los 90. Las empresas de buses privados no pagaban un salario fijo a sus conductores obligándolos a disputarse los pasajeros en las calles.
5. El carril de desborde es el resultado de ubicar las estaciones en el centro de la vía y no en cada costado de la vía como en Curitiba.
6. El Instituto Nacional de Transporte y Tránsito (1968-1986) fue una entidad gubernamental colombiana que jugó un papel fundamental en la regulación y administración del sector transporte en el país durante varias décadas.
7. Ansaldo Trasporti S.P.A. es una empresa italiana reconocida mundialmente en el sector del transporte ferroviario por su larga trayectoria, estando activa desde el siglo XIX.
8. El estudio determinó que para Cali era más viable la implementación de un BRT en vez de un tren ligero, los resultados están compilados en el documento Conpes 2932.
9. El Plan Vial de Tránsito de 1993 fue un proyecto que buscaba modernizar y mejorar la movilidad en la ciudad. Tuvo un impacto significativo en la movilidad de Cali pese a no haberse implementado a cabalidad.
10. Unión empresarial responsable de la ejecución de un estudio comparativo entre los sistemas de tren ligero y BRT para Cali.
11. La SCA Valle (1946) es una entidad gremial que agrupa a los arquitectos del departamento del Valle del Cauca, en Colombia.
12. La ASIAM (1957) es una asociación gremial que reúne a las diferentes ramas de ingeniería en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vásquez Stanescu, Carmen Luisa; Pérez Cedeño, Rhonmer Orlando; Ramírez-Pisco, Rodrigo; Osal herra, William José (2019). "Sistemas de Transporte Urbano en Latinoamérica", TRIM, 17: 31-44.
2. Vinasco Martínez, D. (2018). *La ciudad de los buses de colores: Empresas de transporte público, planes de desarrollo y crecimiento urbano en Cali, 1969-1993. Tiempo Y economía*, 5(2), 155–177.
3. *Concurso de diseño Urbano, Paisajista y arquitectónico de los corredores troncales del SITM MIO (2002-2008)*. Archivo SCA Valle, Tomos I, II, III, IV.
4. Otero Andrea, (2012). *Cali a comienzos del Siglo XXI: ¿Crisis o recuperación? Documentos de trabajo sobre Economía Regional*, Centro de Estudios Económicos Regionales, Banco de la República, Núm. 172.
5. Córdoba Zuloaga Jaime (2005). *MIO una obra para la historia de Cali*. Metrocali.

Imagen 1: <https://elpopular.pe/actualidad/noticias-peru/2023/02/27/enatru-antes-metropolitano-conoce-historia-buses-llevaba-diariamente-80-mil-limenos-1919349>

Imagen 2: <https://realidadeurbanas.blogspot.com/2012/08/mobilidade-urbanamodalidades-de.html>

Imagen 3: <https://www.semana.com/nacion/bogota/articulo/el-mito-sobre-la-ruta-g66-de-transmilenio-que-ronda-en-las-madrugadas/202320/>

Imagen 4: <http://hdl.handle.net/123456789/63340>

Imagen 5: <https://www.ghubocali.com/asi-paso/los-quebrados-del-mio-que-no-han-recibido-las-regalias-2/>

Imagen 6: <https://www.elpais.com.co/cali/en-que-va-el-debate-para-solucionar-la-crisis-del-mio.html>

Imagen 7: <https://www.publimetro.co/co/cali/2017/05/11/los-piratas-del-pacifico-continua-la-guerra-contr-el-transporte-informal-en-cali.html>

CAPITULO II

PLANTEAMIENTOS

COLOMBIA A PEDAZOS

Los movimientos sociales y la crisis económica.

Para poder entender los sucesos ocurridos en el estallido social del 2021 hay que remontarse a sus orígenes. Ya en el año 2019 podía verse a una escala mucho menor los patrones que habrían de seguir dos años después. Casi que a manera de ensayo. Y es que el año estuvo marcado por un caos político que llegó a indignar al grueso de la población y llevar su desaprobación aproximadamente a un 70% por la gestión del entonces mandatario Ivan Duque, quien habría llegado al poder en 2018 tras unas elecciones reñidas y no ausentes de escándalos. Después de una serie de sucesos entre los que se encuentran la muerte en extrañas condiciones de Jorge Enrique Pizano (Denunciante de irregularidades en el proyecto de la ruta del sol II de Odebrecht) y posteriormente la de su hijo, un bombardeo de la fuerza aérea en el que murieron 8 menores de edad, y de una serie de leyes de reforma presentadas al congreso que la población bautizó como *El Paquetazo*^[1], un gran sector de la población estaba altamente indignada.

En definitiva era el escenario propicio para un estallido social, y así ocurrió. El 21 de noviembre del 2019 las centrales obreras convocaron al Paro nacional. La asistencia fue masiva, hasta 1.500.000 ciudadanos salieron a las calles ese día según el comité del paro. El objetivo principal era frenar las reformas "Paquetazo" en proceso. Fue en este estallido social donde el estado sentó las bases de lo que sería una de sus principales estrategias para mantener el orden en el estallido del 2021; El terror. El abuso de

autoridad y la violencia ejercida por el ESMAD, los ataques sistemáticos en diferentes ciudades del país a las estaciones de los sistemas de transporte masivo (En especial los BRT), la difusión de noticias falsas, el daño y saqueo a locales comerciales, las amenazas de grupos paramilitares a los manifestantes, y la voluntad de estos mismos por mantener viva la llama del movimiento social a pesar de todo lo anterior, fueron una constante a lo largo de la jornada que duró más de 20 días y se cobró con el doloroso saldo de la vida de 3 jóvenes manifestantes.

Llama la atención que en las principales ciudades del país, donde existen sistemas de transporte masivo del tipo BRT los daños ocasionados tenían las mismas características; la quema de buses y los daños principalmente a los acabados susceptibles en las estaciones. A pesar de que estos daños suelen estar cubiertos por una póliza de seguros, representan un costo para los sistemas de transporte, y en casos como el de Cali donde la situación financiera era crítica causaron una desestabilización considerable. Sin embargo, es válido afirmar que los daños fueron superficiales, en ningún momento la estructura o las instalaciones de los edificios se vieron comprometidas y las reparaciones lograron llevarse a cabo a la par de su funcionamiento. Esto no sería así en el estallido social del 2021.

La diferencia en escala del paro del 2019 y el estallido social del 2021 son abismales. El movimiento del 2021 fue más grande, más violento, más largo, y su impacto en las ciudades fue mucho mayor sobre todo si hablamos de infraestructura de transporte masivo. El 2020 trajo consigo

la pandemia y con ello la cuarentena. La crisis económica del país tras este periodo de tiempo empujó de nuevo al gobierno nacional a plantear una serie de reformas que fue muy mal recibida por su impacto en la población media del país. La indignación volvió a llegar a niveles incontenibles gracias al mal manejo del gobierno, pero fue un comentario completamente desfasado por parte del ministro de Hacienda de la época Alberto Carrasquilla lo que rebosó la copa^[2]. Los ciudadanos volvieron a inundar las calles.

La participación ciudadana el día 28 de abril del 2021 fue tan masiva que la fuerza pública se vio absolutamente superada e insuficiente para poder controlar los desmanes que comenzaron después de una larga jornada pacífica. Cali se convirtió rápidamente en un referente del movimiento social debido a la intensidad de los enfrentamientos y la violencia, pero también por la perseverancia de los manifestantes. Por primera vez después de varios días de contienda la fuerza pública, superada y sin municiones retrocedía y se retiraba de los diversos *puntos de resistencia*^[3] que se formaron paulatinamente en la ciudad. Esta victoria permitió que desde las calles comenzará una organización popular sin precedentes en Colombia que como fruto dejó varias iniciativas y movimientos sociales que a día de hoy todavía están activas^[4].

El contraataque estatal fue mucho más crudo, la estrategia de combinar a los cuerpos antidisturbios junto a la policía secular y el GOES convirtió a Cali en un campo de batalla sangriento. La combinación fue tan efectiva que en menos

de 5 días el movimiento comenzó a resquebrajarse luego de haber pasado un mes en control completo de las calles. Nuevamente las amenazas de grupos paramilitares no se hicieron esperar, solo que esta vez sí tomaron acción, fueron un elemento fundamental para el desmonte de los puntos de resistencia del sur de Cali. Finalmente después de tres meses de jornadas y negociaciones todos los puntos de resistencia fueron desmontados por completo pero las mesas de diálogo siguieron por unos cuantos meses más. Para cuando escampó la violencia la voz de 80 jóvenes había sido silenciada, también la de 3 policías. Todavía hoy hay más de 100 casos de personas desaparecidas en el marco del conflicto y hay reportes de al menos 16 agresiones sexuales perpetradas por miembros de la fuerza pública, los casos de exiliados no tienen cuenta oficial.



Imagen 8. Cartel de manifestante en el paro del 2019. Hace referencia a un desafortunado comentario del presidente Duque; "Colombia con P mayúscula."

REAPROPIACIÓN DESDE LAS CALLES

Oportunidades para repensar las estaciones del MIO.

Lo primero a resaltar sobre el caso de Cali es que en ninguna otra ciudad del país las estaciones de su SITM resultaron tan afectadas. La razón por la cual esto fue así está directamente relacionada a la manera como se organizó el estallido social del 2021. A diferencia del paro del 2019 en esta ocasión hubo una estructuración organizada de las manifestaciones en puntos específicos repartidos por la ciudad, los conocidos puntos de resistencia.

Esta organización no solo facilitaba a los ciudadanos la asistencia a las manifestaciones, sino que también obligó a las fuerzas estatales a dividirse. La división resultó en un desgaste acelerado de los recursos y también de los efectivos que no tenían manera de controlar los incesantes enfrentamientos.

La retirada del ESMAD a principios del mes de mayo permitió que los puntos de resistencia se organizaran aún más. El control de las calles ya no estaba en manos del estado. Los únicos lugares en donde había una estructura ordenada con características más bien cercanas a la horizontalidad era en los puntos de resistencia, pero el territorio entre un punto y otro era una tierra sin ley. Esto aplica principalmente para la calle quinta que contaba con puntos en la carrera 100 con calle 13, en Melendez, y también en la Loma de la Cruz.

Los primeros actos de agresión contra las estaciones ocurrieron el mismo 28 de abril, eran los daños previsibles

y comunes teniendo en cuenta el historial de manifestaciones de la ciudad, vidrios rotos y buses quemados. Durante los primeros días las estaciones permanecieron en ese estado, salvo alguna estación como Melendez y Buitrera en las que sí ardió el fuego y una parte de la estructura resultó afectada por ello. Las cosas cambiaron una vez retirado el control estatal. Era la oportunidad perfecta para un grupo poblacional que depende del reciclaje para aprovechar la gran cantidad de recursos disponibles. Todo lo que había sufrido agresiones, estaba roto o abandonado era una mina de oro, sobre todo lo que estaba hecho de metales reciclables. En este sentido, no es difícil adivinar porque las estaciones del MIO terminaron como lo hicieron; en ellas todo lo que no es de vidrio es de acero.

El deshuese fue paulatino, lo primero en ser minado fueron el cableado y los componentes eléctricos, seguido a ello los paneles de acero microperforado que recubren las fachadas, después las tejas, todo bajo la misma lógica. A medida que los componentes se hacían más complejos y la necesidad de herramientas o de fuerza bruta era necesaria, el tiempo de deshuese se alargaba o el interés de los mineros cesaba. Pero nada impidió que muchas estaciones quedarán reducidas a sus elementos estructurales fundamentales, sobre todo las que menos ojos tenían encima.

No tiene sentido culpar a un grupo poblacional cuyo modo de vida depende de los recursos que encuentren por el camino y que además de eso está compuesto por ciudadanos en condiciones de marginalidad parcial o completa, y cuya labor y condición social ha sido siempre menospreciada por el estado y peor aún por el resto de la comunidad. Además si las estaciones llegaron a las

condiciones en las que quedaron es porque los mineros fueron capaces de sacar provecho a todo el acero que extrajeron de ahí, los compradores también llevan responsabilidad en el asunto. Pero de nuevo, ellos solo hacen parte de un circuito del mercado. Habría que culpar a toda la ciudad si se quisiera buscar a un culpable. La realidad es simple; a nadie le importó.

Por supuesto la prensa comentó de la manera más sensacionalista posible todo lo que estaba ocurriendo, y esto generó una indignación en la población no movilizada. Pero esta indignación en la población media estaba más centrada en el valor monetario al que ascendían los daños. Podía escucharse el típico comentario: ¡Las reparaciones las pagaremos nosotros! Pero la preocupación como tal no era por las estaciones.

En las clases más económicamente posicionadas la indignación surgía por motivos más ideológicos, el comentario más común de esta población era: Están dañando lo que ellos mismos usan. Ellos mismos se están afectando. Pero de nuevo la causa de indignación no era por las estaciones, a fin de cuentas este grupo poblacional no suele hacer uso del sistema.

Las poblaciones menos privilegiadas o las que sí dependen del sistema presentaban una preocupación mayor, pero esta estaba relacionada por las dificultades en la movilidad que estaban viviendo y no tanto por los edificios. A nadie parecía importarles las estaciones como tal; Ni siquiera a MetroCali. Nunca se dijo: ¡ Ve, que pesar de las estaciones! ¡Con lo lindas que son! ¡Con todo lo que nos han aportado a la ciudad!

A simple vista parece irrelevante ¿Por qué alguien habría de

dolerse por las estaciones? Precisamente bajo la lupa de este análisis en esta pregunta esta es la raíz del problema. Para justificar esta postura basta con hacer una simple comparativa:

¿Cómo reaccionó cierta parte de la población cuando el pueblo Inga tiró abajo el monumento de Sebastián de Belalcázar con razones justificadas^[5]?

¿Cuál fue la reacción de algunos sectores de la ciudadanía (que nunca antes habían mostrado interés por el Distrito de Aguablanca) cuando fue construido el Monumento a la Resistencia de Puerto Rellena^[6]?

En los ejemplos anteriores había una indignación por el daño o modificación de un elemento de la ciudad. En el caso del Sebastián de Belalcázar incluso un grupo de personas organizó movilizaciones y actos de protesta, el monumento fue devuelto a su posición gracias a ello. Si nada de esto ocurrió con las estaciones del MIO es debido a que la ciudadanía no las reconoce como parte íntegra de ella, ni de su cultura; sus costumbres, su paisaje y su imagen. En palabras resumidas; No aportan nada.

Pese a todas las campañas desarrolladas por MetroCali para lograr la apropiación del MIO por los caleños, esto no ocurrió, ni a día de hoy ocurre. El error es estructural, intrínseco a la estructuración del proyecto que nunca ofreció una alternativa a la imagen que la gente tenía asociada al transporte público. Hay que recordar que Cali era conocida como la ciudad de los buses de colores^[4], cada ruta transportadora tenía una serie de colores distintivos para su flota, la gente relacionaba las rutas, o los trayectos que iba a recorrer con esos colores, y a pesar de no haber una infraestructura relacionada a ello, los buses

aportaban al imaginario algo más que el simple hecho de mover a la gente de un punto a otro. A día de hoy no es extraño encontrar algún sentimiento de nostalgia por el pasado recuerdo de lo que era el viaje en las rutas, hay cierto cariño por el drama y toda la experiencia en las generaciones que crecieron con ellas^[7].

La ciudad necesitaba una red de transporte masivo que respondiera a su escala, pero también hay que reconocer que el MÍO no ofreció, ni a día de hoy ofrece algo más allá que movilizar a la gente de un punto a otro. Sus estaciones, que son los elementos más notorios, son seriadas y sin ningún tipo de carácter, no tienen nada que las distinga, y en ellas no pasa nada más allá de servir de paradero de buses. La cuestión es que a cambio si ocupan mucho espacio. En la troncal de la calle quinta, que aparece en las canciones y la memoria de los caleños y además es uno de los corredores ambientales más distintivos de la ciudad con una arborización icónica, sorprende que las estaciones sean tan áridas. La integración de un paisaje tan característico como el de Cali está ausente. Los vagones son naves completamente vacías que ni siquiera ofrecen bancas para sentarse o algo tan fundamental como un baño para las trabajadoras y trabajadores. De hecho, durante una de las sesiones de resolución de dudas en el marco del concurso de diseño, uno de los participantes preguntó si las estaciones podían tener baños para cumplir con esta necesidad, ya que la jornada de trabajo en ellas sería larga. La respuesta de MetroCali fue que debían ser diseñadas cumpliendo los requisitos estipulados en el concurso, y que estos no consideraban los baños. Es decir, ni siquiera pensaron en ello.

Para cumplir con las necesidades de un paradero de buses no hace falta un edificio de más de 500 millones de

pesos^[8]. Una inversión de este tipo o incluso mayor tiene una justificación válida en la medida de que lo ofrecido sea coherente con su costo. Pero tratándose del MIO esa relación no queda clara. Todo ese acero que recubre la estructura no guarda ninguna relación con el entorno o la tradición de la región, ni tampoco trata de mostrarse vanguardista. Esto último al menos hubiese ido en línea con la discursiva desarrollada alrededor del proyecto sobre la modernización y el futuro llegando a Cali. Las estaciones más bien son simples en su diseño. Fácilmente puede tomarse el modelo de estación actual y trasladarlo a cualquier otra ciudad, de hecho la ciudad de Barranquilla tomó el mismo modelo para aplicarlo a su sistema local Transmetro.

Que las estaciones ocupen tanto espacio no es necesariamente algo negativo, el problema es que en ese espacio no ocurre nada. Durante el marco del estallido social en los puntos de resistencia que colindaban con estaciones del MÍO los manifestantes se apropiaron del espacio. Esto fue especialmente notorio en la estación de Melendez y la de la Universidad del Valle.

En un principio las estaciones sirvieron como punto de encuentro para las manifestaciones y paulatinamente empezaron a ser intervenidas. Las expresiones artísticas y las actividades logísticas del movimiento encontraron en las estaciones espacios propicios para reunir a los manifestantes. Entre los eventos realizados en las estaciones hay: Exposiciones de arte, Basares, Actividades lúdicas, talleres educativos con temáticas variadas, la universidad al barrio, asambleas populares, ollas comunitarias y hasta conciertos musicales.

En la estación de Univalle, los manifestantes del punto

conocido como Uniresistencia formado mayoritariamente por estudiantes de diferentes universidades públicas y privadas, el nivel de integración con la estación y la organización llegó a tal punto que comenzaron a desarrollar un proyecto de intervención arquitectónica. En la estación fue fundada una biblioteca popular, los manifestantes la bautizaron "biblioteca Alba Colombia" en honor a una reconocida manifestante que destacaba por su constancia en avanzada edad. Además de la biblioteca la estación contaba con una huerta urbana en la cual el maíz, los frijoles y algunas variedades de hortalizas, frutas y hierbas aromáticas crecen a plena vista de la calle.

En esta estación surgieron de manera espontánea algunas intervenciones con un interés arquitectónico. Uno de ellos relacionado con el cerramiento de la estación. Un grupo de manifestantes empezaron a instalar macetas colgantes en donde antes habían paneles de acero microperforado. Esta reflexión ciudadana muestra lo vinculada que está la idea del paisaje y la vegetación con la identidad caleña. Otra intervención llevada a cabo tenía la intención de formar una exposición artística que fuese visible desde la calle, para ello pretendían colgar una serie de telares que cubrían las fachadas de techo a nivel de la plataforma, los telares estaban amarrados a cuerdas amarradas a la cubierta y ancladas al suelo con pernos de expansión. Lastimosamente el movimiento fue disuelto en proceso de esta intervención y solo los cables alcanzaron a ser instalados.

El interés por el destino de las estaciones empezó a contagiarse entre los manifestantes a mediados del mes de Junio, incluso en una integración entre la URC^[9], la alcaldía y los principales delegados de MetroCali fue posible la presentación de algunas ideas y propuestas por

parte de algunos puntos de resistencia, esta iniciativa también contó con la participación de un colectivo conformado por estudiantes de arquitectura que también estuvieron activos durante el movimiento.

No cabe duda de que una de las enseñanzas más grandes que dejó el estallido social del 2021 en materia de infraestructura y ciudad es que cualquier proyecto con alcances tan grandes en la ciudad debe ser bien estudiado, bien estructurado y sobre todo bien socializado. El éxito de los sistemas de transporte depende directamente de que este logre generar un sentido de pertenencia entre la población a la que va dirigida, y esto sólo puede llevarse a cabo mediante la participación ciudadana y un modelo de desarrollo que no base su ejecución únicamente en el rendimiento. Adicionalmente la variedad y volumen de actividades llevadas a cabo durante el paro dentro de las estaciones sugiere que la actividad principal de estos edificios es compatible con diferentes actividades en simultáneo, que la integración del paisaje y la posibilidad de brindar a la ciudad espacios públicos y servicios es una herramienta fundamental para la buena recepción del sistema.

Como respuesta a los daños que dejó el paro nacional, MetroCali tomó algunas medidas modificadoras para las restauraciones. En la mayoría de estaciones que resultaron dañadas han retirado todos los elementos que anteriormente eran de vidrio, como las puertas automáticas. En su lugar han instalado puertas enrollables metálicas y en espacios donde antes habían ventanas ahora hay perfiles tubulares a manera de reja. El cerramiento una vez más es de acero microperforado. Tal parece que la respuesta ante el daño ha sido cerrarse aún más. La reinterpretación de las expresiones artísticas de los

BRT desarrollada para transmilenio y que es finalmente la que se ha extendido a nivel mundial. En este caso el sistema si busca imponerse como alternativa al metro, basta con escuchar algunas declaraciones de su más grande defensor, Enrique Peñalosa:

“Aunque el Metro de Londres es más rápido y cómodo que Transmilenio (y muchas veces más costoso) lo que hace TM es formidable: con 114 km de troncales moviliza 2,3 millones de pasajeros diarios, más que los 1,8 millones del Metro de Londres con 402 kilómetros”

Resulta curioso que para una aspiración tan alta el sistema BRT mantenga para sus estaciones un modelo de vagones simple sin ningún tipo de servicio vinculado, ni tampoco la inclusión formalizada de actividades comerciales.

En vez de ello las estaciones de BRT están ubicadas a no más de quinientos metros de distancia entre ellas y su escala se hace mayor, son considerablemente más grandes que las normalmente utilizadas para el modelo de tranvía, esto hace pensar que dentro de ellas ocurre algo más que la acción de espera. Sin embargo; esto no ocurre. La razón de que sean más grandes de nuevo está relacionada a la capacidad de movilidad del sistema, pero el cambio es tan abrupto que lo que tenía sentido con el tranvía en el caso del BRT es un problema, su impacto a la imagen y estructura de espacio público de la ciudad no es para nada despreciable. En el metro este impacto es amortiguado debido a que la mayoría de sus soluciones son subterráneas, en el caso de los metros de superficie la infraestructura es autónoma del resto de vías, y para el caso de los metros

elevados el impacto viene dado por lo que ocurre debajo de la infraestructura y la relación entre el nivel de la vía del metro y los edificios que la rodean, pero la ocupación del espacio público es menos notoria debido a que liberan el espacio que ocupan en el plano de superficie de la ciudad.

Teniendo en cuenta que otra de las grandes problemáticas modernas de la ciudad es la carencia de espacio público, cabe preguntarse si las estaciones de BRT deben pensarse más como un elemento generador y/o dinamizador de este en vez de ser simples paraderos desmesurados y costosos que ocupan valiosos metros cuadrados, y que pudieron haberse destinado al siempre desplazado peatón. Históricamente el BRT ha tenido serios problemas de apropiación por parte de los ciudadanos, por supuesto esto está más relacionado a deficiencias en la cobertura y a aspectos logísticos que no son el enfoque de este trabajo, pero que la infraestructura del sistema no genere una experiencia que por lo menos supere a la de un paradero de calle no ayuda, sobretodo teniendo en cuenta que los usuarios han de pasar un periodo de tiempo considerable dentro de un espacio que no le ofrece nada.

De lo anterior surge entonces la siguiente pregunta:

¿Cómo debería ser una estación de BRT que responda a estas problemáticas y qué parámetros de diseño hay que seguir para ello?



Imagen 9. Bus del MIO quemado durante el paro 2021



Imagen 10, 11, 12. Intervenciones de los manifestantes a estaciones del MIO

ELEVAR LOS ESTÁNDARES.

Hacia un diseño integral de estaciones de BRT.

La ITDP (Institute for Transportation and Development Policy)^[10] lleva desde 1985 colaborando con las naciones para el desarrollo de modelos de transporte amigables y responsables con el medio ambiente y el contexto social.

Tratándose de BRT en el año 2013 la ITDP junto con un comité de expertos en materia de transporte desarrolló el "BRT standard" una serie de criterios que tienen como objetivo calificar y clasificar la calidad de los sistemas de BRT del mundo ofreciendo un sistema de puntajes final que va sumando al cumplir con los criterios considerados, de esta manera las estaciones se clasifican en Oro, Plata, Bronce y básico. Los criterios de calificación son los siguientes:

1. Dedicación de Carriles: Hasta 24 puntos.
2. Estaciones de Calidad: Hasta 28 puntos.
3. Vehículos de BRT: Hasta 20 puntos.
4. Frecuencia y Regularidad: Hasta 12 puntos.
5. Tarifas y Recaudos: Hasta 5 puntos.
6. Integración con Otros Modos de Transporte: Hasta 6 puntos.
7. Planificación y Desarrollo Urbano: Hasta 5 puntos.

En su última versión el "BRT standard" dota al punto 2 con la puntuación de más valor y presenta un análisis completo en el cual entran en juego una gran cantidad de parámetros. Dado el prestigio de la institución esta versión del documento puede llevar a que en el futuro las estaciones BRT mejoren en comparación a sus antecesores.

Sin embargo, esto no siempre fue así. En versiones pasadas del documento la calificación brindada a las estaciones no estaba tratada con tanto detalle. Tampoco la importancia que tenía era tan alta, tan solo en 2016 el valor del apartado de estaciones era de 10 puntos, uno de los más bajos para esa versión. Esto sugiere que los expertos en transporte han reconocido en los últimos años que el impacto que tiene el diseño de las estaciones es sumamente importante para medir la calidad del sistema y probablemente si la gran mayoría de los sistemas que aplicaron a la calificación en versiones pasadas aplicaran hoy no obtendrían la misma puntuación que obtendrían antaño. Por ejemplo; Cali en el año 2013 obtuvo la calificación de Plata por el sistema integrado de transporte masivo MIO, una calificación casi perfecta para los estándares de la primera versión del documento, pero desde entonces no ha vuelto a participar lo que deja la duda de cuál sería su calificación con las nuevas exigencias.

Para efectos de este trabajo hemos definido unos estándares de diseño propios que están centrados en los intereses contemporáneos de la arquitectura. Estos intereses están directamente relacionados y van en concordancia con los objetivos de las naciones unidas de la agenda de desarrollo sostenible 2030.^[11]

Para que las estaciones de BRT cumplan con estos objetivos es necesario que sean pensadas más allá de su función principal. Deberían aportar a la ciudad espacios públicos de calidad, incluir y reforzar la vegetación del entorno, y ser energéticamente autosuficientes. Además de esto su

REFERENCIAS

1. Fueron una serie de reformas que pretendían favorecer al sector privado en materia pensional y laboral. El gobierno también pretendía crear un holding financiero para la privatización de empresas públicas.
2. En una entrevista pública que buscaba justificar la necesidad de la reforma tributaria el Ministro afirmó que una docena de huevos costaba 1,800 pesos despertando la indignación en las redes sociales.
3. Fueron puntos específicos de la ciudad en donde los manifestantes se congregaron en masa y desde donde normalmente se convocaba a la congregación.
4. A día de hoy numerosos movimientos activistas que tuvieron su origen en los puntos de resistencia todavía siguen llevando a cabo actividades relacionadas con la labor social e iniciativas ambientales.
5. En la madrugada del 28 de abril los indígenas Misak que llegaron con la Minga indígena derribaron la estatua de Sebastián de Belalcázar.
6. Los manifestantes del punto de resistencia de puerto rellena construyeron con sus propios medios un monumento a manera de obelisco en forma de puño como memorial de la resistencia.
7. Cali llegó a ser conocida en el pasado como la ciudad de los buses de colores, debido a que las rutas normalmente llevaban como nombre los colores corporativos distintivos de cada una de ellas.
8. La Unión de Resistencias Cali es el movimiento político que surgió a partir de la representación de voceros de cada punto de resistencia para la negociación con el gobierno en el marco del paro nacional.
9. El Plan Vial de Tránsito de 1993 fue un proyecto que buscaba modernizar y mejorar la movilidad en la ciudad. Tuvo un impacto significativo en la movilidad de Cali pese a no haberse implementado a cabalidad.
10. El ITDP surgió a mediados de los años 80 como un pequeño grupo de activistas ciclistas en Nueva York. Con el tiempo, esta iniciativa fue creciendo y evolucionando hasta convertirse en una red global de expertos en movilidad y desarrollo urbano.
11. La Agenda 2030 es un plan de acción a largo plazo que fue adoptado por todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en 2015.

BIBLIOGRAFÍA

1. Egea Palma Edwin, (2019). "La primavera colombiana", Las2orillas.
 2. Comando Nacional unitario, (2019). "Declaración del Encuentro nacional de emergencia del movimiento social y sindical – 4 de octubre"
 3. Univision y Agencias, P. (2019, noviembre 22). Manifestaciones en Colombia terminan en violencia: 3 muertos y 250 heridos en las protestas contra el presidente Iván Duque (fotos). Univision. <https://www.univision.com/noticias/america-latina/manifestaciones-en-colombia-terminan-en-violencia-3-muertos-y-250-heridos-en-las-protestas-contra-el-presidente-ivan-duque-fotos-fotos>
 4. País, E. (2021, diciembre 19). El paro nacional de 2021, un hecho que marcó un antes y un después para Cali. Noticias de Cali, Valle y Colombia · Periódico: Diario El País. <https://www.elpais.com.co/cali/el-paro-nacional-de-2021-un-hecho-que-marco-un-antes-y-un-despues-para.html>
 5. Espectador, E. (2022, abril 28). Paro Nacional de 2021: Cali, la ciudad de la furia. El Espectador.
 6. The bus rapid transit Standard. (s/f). Institute for Transportation and Development Policy. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de <https://itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/>
- Imagen 8:** <https://www.eldestapeweb.com/internacionales/colombia/colombia-que-pasa-y-como-se-vive-en-un-pais-atravesado-por-una-crisis-historica-2021513506>
- Imagen 9:** <https://www.aa.com.tr/es/mundo/alcald%C3%ADa-de-cali-decreta-toque-de-queda-tras-hechos-violentos-en-el-marco-del-paro-nacional-en-colombia/2223774>
- Imagen 10, 11 y 12:** Cortesía de Alejandra Muñoz.

CAPITULO III

PROYECTO

Aviso legal: El autor se reserva los derechos de propiedad intelectual del sistema constructivo y todos los dibujos referentes tales como esquemas, detalles, y despieces, siendo propiedad de la Universidad del Valle unicamente el diseño de las estaciones.



Descendiendo por la colina, se ven a la derecha vastas praderas regadas por el cristalino Pance, que tienen por límite el verde muro de follaje que les opone el Jamundí con sus densos guaduales; a la izquierda, graciosas colinas cubiertas de pasto, por entre las cuales murmura el Lili, casi oculto a la sombra de los carboneros; y allá abajo, en donde desaparece a gran colina, se extiende una dilatada llanura cubierta de verde césped, que va a terminar en las selvas del Cauca, y que ostenta, colocados a regulares distancias, árboles frondosos, o espesos bosquecillos, dejados allí intencionalmente para que a su sombra se recojan a sestar los ganados en las horas calurosas del día.

Palacios, J.E El alferes real 1886.

LA SUCURSAL DE LOS ARBOLES

Santiago de Cali se encuentra enclavada en una región geográficamente privilegiada, lo que ha favorecido el desarrollo de una rica y diversa gama de ecosistemas. La compleja historia geológica de la zona, marcada por la intensa actividad tectónica y volcánica, ha modelado un paisaje heterogéneo que sustenta una biodiversidad excepcional. La subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana ha generado un levantamiento orogénico constante, dando origen a las cordilleras Occidental y Central. Estas imponentes barreras montañosas, junto con la depresión tectónica del Valle del Cauca, han creado un gradiente altitudinal que favorece la formación de diversos microclimas.. Los procesos erosivos asociados a estas cordilleras han generado una abundante sedimentación en el valle, enriqueciendo los suelos y proporcionando los sedimentos necesarios para la formación de extensas planicies aluviales.

La combinación de factores como la altitud, la pendiente, la exposición solar y la naturaleza de los suelos ha dado lugar a una gran variedad de ecosistemas, desde páramos de alta montaña hasta bosques húmedos tropicales, pasando por bosques secos, humedales y manglares. Esta heterogeneidad ambiental ha favorecido la evolución de una flora y fauna adaptadas a las diferentes condiciones ecológicas.

A Cali la han visto crecer sus árboles. La ciudad se ha expandido entre ceibas y chiminangos, árboles de madera dura que han provisto sombra y refugio a sus habitantes, el Samán y el Caracolí han sido testigos mudos de la

transformación urbana, ofreciendo su copa frondosa como refugio en medio del cemento.

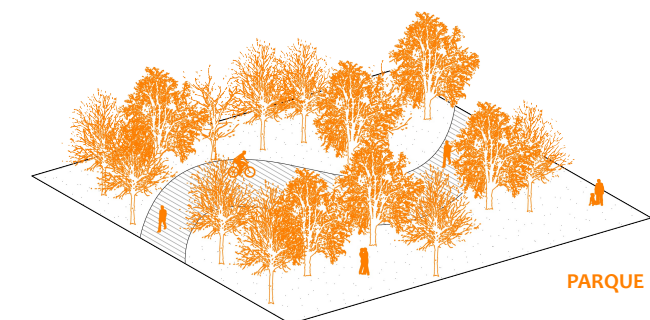
La ciudad baila al ritmo de las estaciones. En septiembre, se pinta de los colores del guayacán y el gualanday. Las grandes palmas sirven de anfiteatro para los loros silvestres y los jilgueros no se alejan de los frondosos algarrobos. La fructificación de especies como el mango y el mamoncillo sigue siendo, un evento esperado por los caleños. Estos árboles frutales aunque no nativos, cumplen funciones ecológicas importantes, al proporcionar alimento y refugio a diversas especies de fauna.

La ciudad esta situada en un punto de encuentro importante para diversas especies de aves, algunas de ellas endémicas como la Mirla, la Cotinga de Garganta Azul y la Tangara. La región es un puente biológico, que permite el desplazamiento de las aves entre los Andes y la costa Pacífica. y es un paso migratorio para las aves costeras que utilizan la franja del pacifico para desplazarse entre América del Norte y Sudamérica.

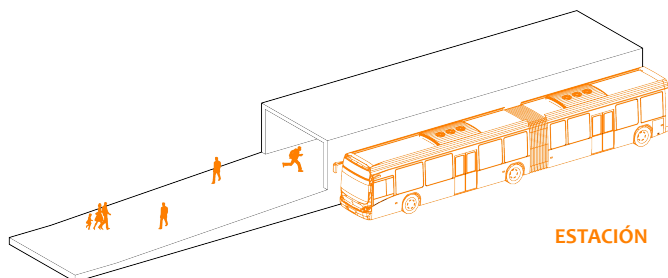
La preservación del patrimonio arbóreo de Cali es fundamental para garantizar la sostenibilidad de la ciudad. Los árboles no solo embellecen el entorno urbano, sino que también cumplen funciones ecológicas vitales como la regulación del clima, la captura de carbono, la protección de los suelos y la provisión de hábitat para la fauna. Ante la creciente expansión urbana, es urgente implementar políticas públicas que promuevan la conservación y restauración de los bosques urbanos.

PARQUESTACIONES

La expansión urbana descontrolada en ciudades como Cali ha generado una serie de impactos ambientales negativos, entre los que se destacan la pérdida de biodiversidad y la fragmentación de ecosistemas. Ante este escenario una respuesta urbana que debe explorarse es la del "fuego contra fuego". Esto sugiere aprovechar el crecimiento urbano para integrar elementos naturales.



+



=



Al expandir las redes de infraestructura, se puede aprovechar la oportunidad para establecer corredores ecológicos y áreas verdes que conecten diferentes ecosistemas. Esta estrategia, además de contribuir a la mitigación del cambio climático y la mejora de la calidad del aire, puede generar una serie de beneficios relacionados con temas de salud pública y el fortalecimiento del sentido de comunidad.

Siendo la demanda de espacio público siempre superior a la oferta, todo metro cuadrado es valioso. Las estaciones de transporte masivo, tradicionalmente concebidas como nodos de movilidad, presentan una oportunidad única para complementar su función principal y convertirse en pulmones verdes urbanos. Al incorporar elementos de diseño urbano y vegetación, estas infraestructuras pueden transformarse en espacios públicos de calidad, ofreciendo a los ciudadanos áreas de esparcimiento, recreación y encuentro social. De esta manera, no solo se contribuye a mitigar el déficit de espacios verdes, sino que también se generan recorridos peatonales que fomenten una movilidad sostenible.

ESTRUCTURAS BIOFILICAS

El análisis estructural de las estaciones BRT presentado en el capítulo anterior evidencia la necesidad de explorar alternativas al predominio de los pórticos de acero. Si bien este sistema constructivo ha sido tradicionalmente utilizado debido a su eficiencia y capacidad portante, su rigidez limita la posibilidad de crear espacios más flexibles y adaptables a las demandas de un entorno urbano en constante evolución. La integración de elementos naturales, como la vegetación, no solo mejora la calidad ambiental de las estaciones, sino que también contribuye a generar un sentido de conexión y apropiación del edificio al fomentar el bienestar de los usuarios. Una visión más integral del diseño estructural debería considerar sistemas constructivos alternativos, la utilización de materiales sostenibles y la aplicación de criterios bioclimáticos, con el objetivo de crear estaciones BRT más amigables con el entorno.

El pabellón de los países nórdicos, diseñado por Sverre Fehn de la Bienal de Venecia de 1959 es un ejemplo paradigmático de cómo una estructura puede integrarse armoniosamente con el entorno natural. Su cubierta, compuesta por un entramado de viguetas esbeltas y densamente dispuestas, demuestra una gran flexibilidad al adaptarse a las condiciones del sitio. Esta característica permite que la estructura se "abra" para rodear obstáculos naturales como árboles, incorporándolos de manera orgánica al espacio interior y creando una conexión íntima entre arquitectura y naturaleza.

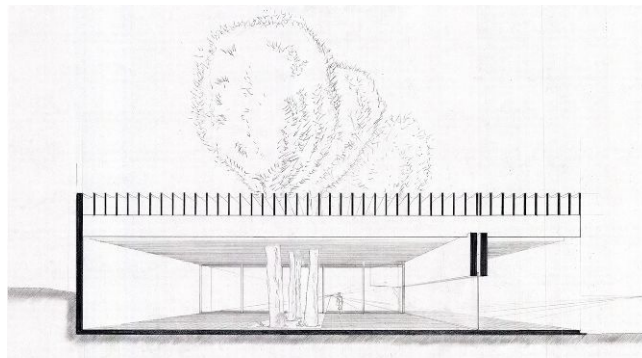


Imagen 13. Corte transversal del Pabellón de Fehn



Imagen 14. La integración del paisaje en el pabellón de

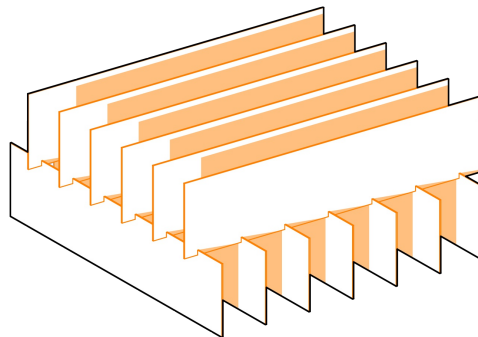
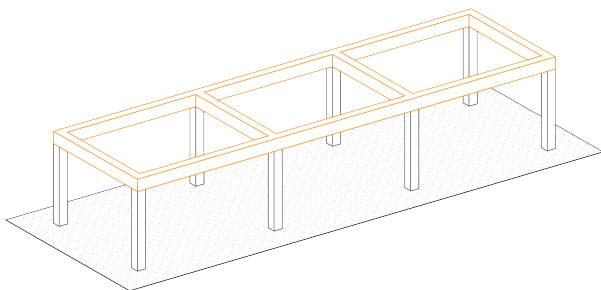
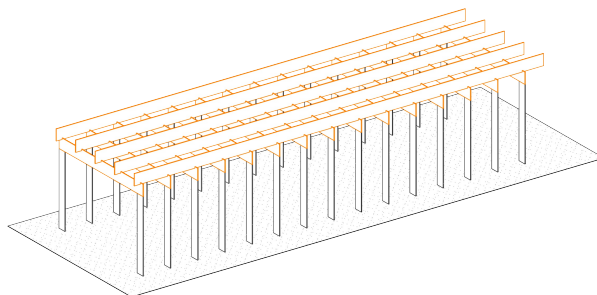


Imagen 15. Esquema de la disposición de viguetas del Pabellón de Fehn



Sistema de pórticos convencional



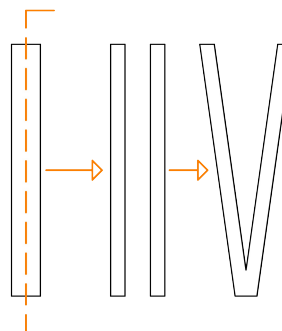
Aplicación del sistema estructural del Pabellón de Fehn

Tomando como referente al pabellón de Fehn la propuesta estructural de este proyecto está basada en volver al principio más rudimentario de la lógica estructural:

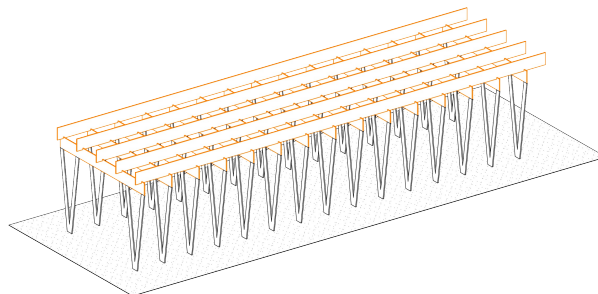
"El mutuo apoyo entre elementos para contrarrestar las fuerzas a las que se ven sometidos."

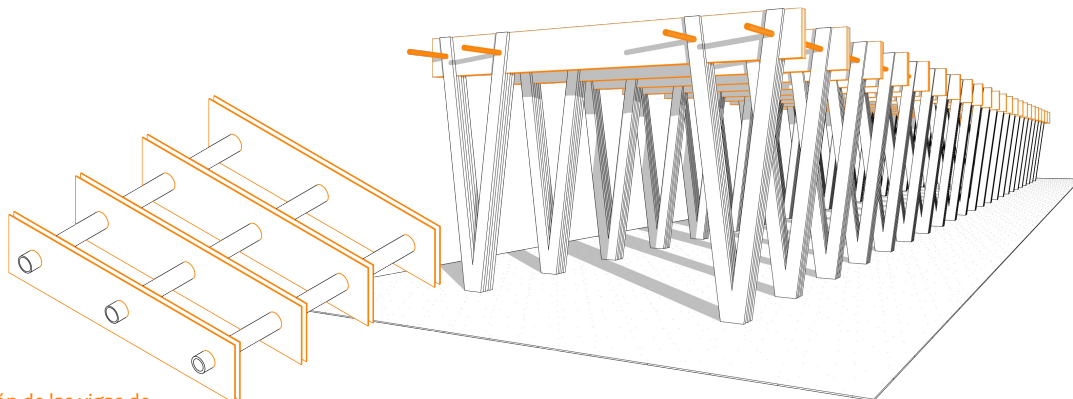
La principal estrategia de disposición de los elementos estructurales de esta propuesta es la de repartir los esfuerzos en elementos estructurales más esbeltos que en su conjunto supongan una estructura más densa.

Esta propuesta tiene como objetivo lograr la capacidad de adaptarse a las condiciones del sitio y a los requerimientos funcionales del proyecto. La distribución de cargas en múltiples elementos esbeltos permite una mayor flexibilidad en el diseño, facilitando la integración de elementos naturales y la creación de espacios interiores más dinámicos.

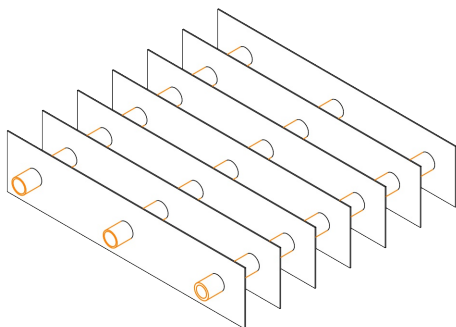


Optimización de los apoyos

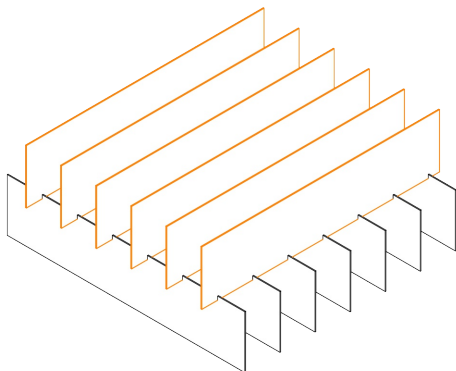




Optimización de las vigas de carga



Optimización de los elementos de arriostre



Los apoyos, dispuestos en forma de 'V', permiten una distribución más eficiente de las cargas en los nudos, reduciendo las concentraciones de tensión. Las vigas, a su vez, conforman un sistema reticulado que trabaja de manera colaborativa, repartiendo las cargas de manera uniforme debido a la disminución de la luz entre ellas y la acción de las vigas de arriostre que en caso de ser requeridas (por ejemplo al momento de un corte en la estructura) pueden actuar como vigas principales transmitiendo las cargas a sus vecinas más cercanas.

La optimización estructural alcanzada mediante esta estrategia se traduce en un ahorro significativo de material, lo que de entrada ya supone un impacto positivo para la huella de carbono. La posibilidad de emplear materiales alternativos, con propiedades mecánicas y estéticas diferentes, puede fomentar positivamente otro tipo de oficios y áreas comerciales enfocadas en las técnicas constructivas.



MAYOR RESISTENCIA, MENOR IMPACTO.

Ante la inminente crisis climática, la Agenda 2030 ha puesto de manifiesto la necesidad de una transformación radical en el sector de la construcción. Este sector, responsable de aproximadamente el 40% de la huella de carbono global anual, se ha convertido en un foco central de atención. El elevado consumo energético asociado a la producción de materiales convencionales, como el hormigón y los derivados del petróleo, subraya la urgencia de adoptar nuevas estrategias constructivas.

La *Guadua angustifolia* es una gramínea gigante, endémica de Colombia, que destaca por su alto contenido de lignina. Su utilización en la construcción se remonta a épocas precolombinas, y en la actualidad es comúnmente denominada "acero vegetal" debido a sus excepcionales propiedades mecánicas. La orientación uniforme de sus fibras le confiere una alta resistencia a la tracción en relación a su peso.

A diferencia de las maderas, la *Guadua angustifolia* exhibe un crecimiento extremadamente rápido, pudiendo alcanzar incrementos diarios de entre 20 y 30 centímetros. Esta característica le permite alcanzar alturas de hasta 30 metros en tan solo seis meses. Su madurez fisiológica, óptima para la cosecha, se alcanza aproximadamente a los tres años de edad. La propagación vegetativa a través de rizomas garantiza una rápida regeneración, convirtiéndola en un recurso altamente renovable. De hecho, el control de la expansión de un guadual suele ser más desafiante

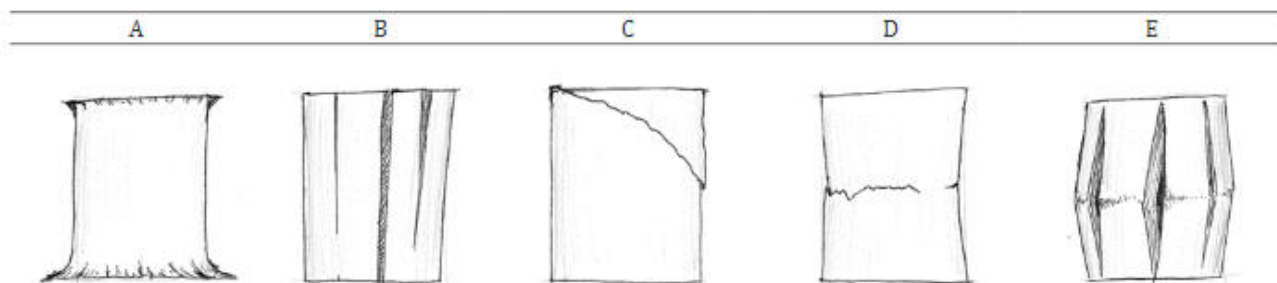


Figura 5. A) Falla por aplastamiento. B) Falla por tensión de las fibras. C) Falla por corte. D) Falla por pandeo general de las fibras en dirección interna E) Falla por pandeo general de las fibras en dirección externa.

Imagen 16. Fallas comunes en elementos de Guadua rolliza.

que su cultivo.

No obstante las notables propiedades mecánicas de la guadua, su estructura tubular y la orientación unidireccional de sus fibras la hacen susceptible a fallas por aplastamiento y pandeo. Esta anisotropía inherente, sumada a la geometría tubular, plantea desafíos en la construcción, requiriendo procesos de selección rigurosos y técnicas constructivas que demandan una alta calificación por parte de los operarios.

Para mitigar estas limitaciones, recientemente se ha explorado el uso de la guadua en forma de tableros o láminas compuestas. Al superponer láminas de guadua con orientaciones de fibra cruzadas, se logra reducir significativamente la anisotropía del material. Esta técnica, similar a la producción de madera laminada, confiere a los productos de guadua una mayor resistencia a esfuerzos compresivos y torsionales, ampliando así su rango de aplicaciones estructurales.

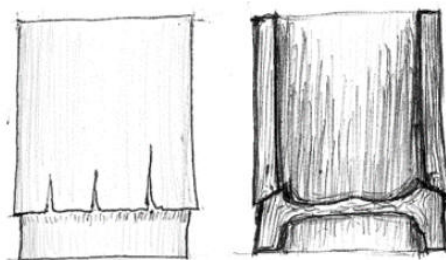


Figura 6. F) Falla por pandeo local de las fibras en presencia de nudo.

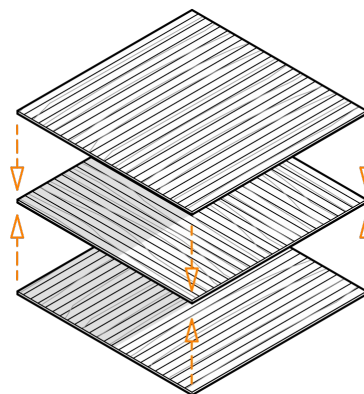


Imagen 17. Armado tableros de esterrilla de guadua

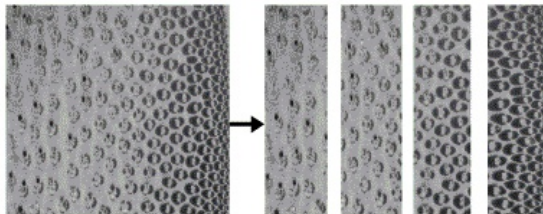


Imagen 18. Micrografía transversal de una caña de guadua

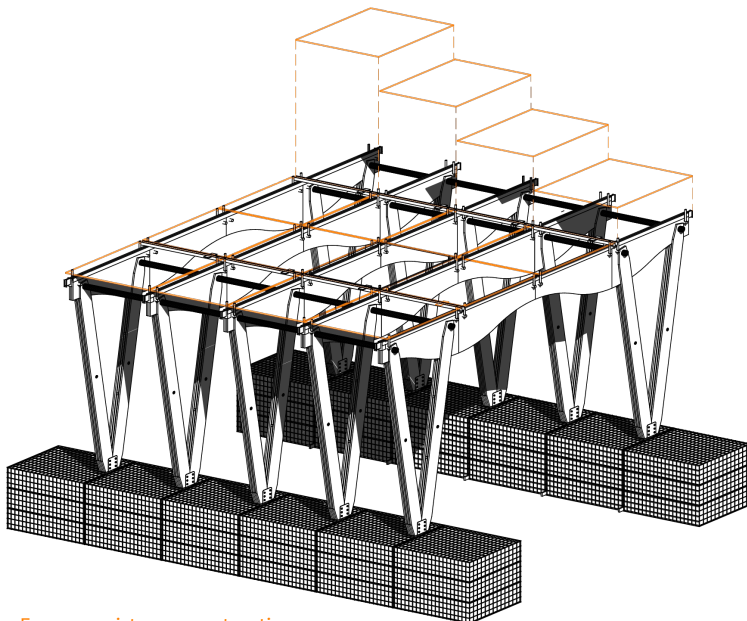
Propiedad	Promedio	Desv. est.	COV	Máximo	Mínimo
<i>Flexión paralela</i>					
Resistencia máxima (MPa)	70.5	16.8	24%	101.3	43.8
Módulo de elasticidad (MPa)	19094.3	1809.6	9%	25306.5	15743.7
<i>Flexión perpendicular</i>					
Resistencia máxima (MPa)	13.5	9.6	71%	36.8	3.1
Módulo de elasticidad (MPa)	1213.2	621.1	51%	2669.8	464.6
<i>Cortante de rodadura paralelo</i>					
Resistencia máxima (MPa)	1.1	0.3	27%	1.8	0.6
Módulo de rigidez (MPa)	12.8	4.7	37%	28.9	4.5
<i>Cortante de rodadura perpendicular</i>					
Resistencia máxima (MPa)	0.9	0.4	39%	2.0	0.4
Módulo de rigidez (MPa)	10.2	3.2	31%	17.4	5.3
<i>Cortante de cizalladura paralelo</i>					
Resistencia máxima (MPa)	2.7	0.6	21%	3.5	0.7
Módulo de rigidez (MPa)	82.1	35.5	43%	167.9	28.4
<i>Cortante de cizalladura perpendicular</i>					
Resistencia máxima (MPa)	3.00	0.46	15%	3.69	1.85
Módulo de rigidez (MPa)	86.99	29.82	34%	166.35	41.93
<i>Compresión paralela</i>					
Resistencia máxima (MPa)	31.9	6.3	20%	50.4	22.4
<i>Compresión perpendicular</i>					
Resistencia máxima (MPa)	17.9	5.5	31%	30.8	7.1
<i>Calidad del encolado</i>					
Falla de Guadua (%)	80.1	15.6	19%	100.0	30.0
Resistencia máxima (MPa)	0.63	0.23	36%	1.41	0.08

Propiedad	Promedio	Desv. est.	COV	Máximo	Mínimo
<i>Flexión paralela</i>					
Resistencia máxima (MPa)	65.0	22.4	35%	119.0	31.0
Módulo de elasticidad (MPa)	18067	1984	11%	21671	14847
<i>Flexión perpendicular</i>					
Resistencia máxima (MPa)	38.8	14.2	37%	54.6	6.7
Módulo de elasticidad (MPa)	1292	312	24%	1990	920
<i>Cortante de rodadura paralelo</i>					
Resistencia máxima (MPa)	1.25	0.36	29%	1.90	0.73
Módulo de rigidez (MPa)	17.65	4.56	26%	26.42	11.53
<i>Cortante de rodadura perpendicular</i>					
Resistencia máxima (MPa)	0.88	0.30	34%	1.49	0.41
Módulo de rigidez (MPa)	13.06	5.60	43%	22.17	5.58
<i>Cortante de cizalladura paralelo</i>					
Resistencia máxima (MPa)	1.79	0.29	16%	2.32	1.32
Módulo de rigidez (MPa)	120.48	33.54	28%	186.40	76.93
<i>Cortante de cizalladura perpendicular</i>					
Resistencia máxima (MPa)	1.85	0.45	25%	2.27	0.93
Módulo de rigidez (MPa)	135.74	42.16	31%	185.03	78.67
<i>Contenido de humedad</i>					
Contenido de humedad (%)	7.1	0.8	12%	8.2	5.5
<i>Densidad</i>					
Densidad (kg/m³)	761.8	101.3	13%	912.7	554.0
<i>Calidad del encolado</i>					
Falla de Guadua (%)	83	15	19%	100	45
Resistencia máxima (MPa)	0.74	0.30	40%	1.37	0.14
<i>Comportamiento al fuego</i>					
Espesor afectado (%)	21.5	7.5	35%	35.0	10.0

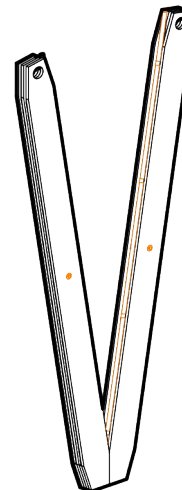
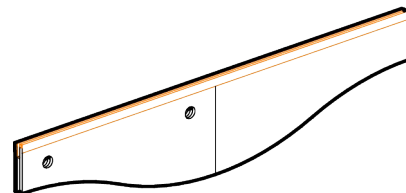
La resistencia a compresión paralela a la fibra en productos de guadua laminada ha demostrado ser superior a la de la guadua en su estado natural. Según un estudio de Takeuchi (2024) realizado en la Universidad Nacional de Colombia, el valor promedio de la resistencia a compresión paralela a la fibra en láminas de guadua alcanzó los 69.2 MPa. Este valor es notablemente superior al obtenido en estudios previos con muestras de guadua rolliza, como el realizado por Luna y colaboradores (2010), donde se reportó un valor promedio de 32.9 MPa con un coeficiente de variación de 0.26 para muestras con un contenido de humedad variable.

Los resultados de Takeuchi (2024) sugieren que el proceso de laminación, al permitir orientar las fibras de manera controlada y reducir la influencia de defectos naturales, contribuye a mejorar significativamente la resistencia a compresión de la guadua. Este mayor rendimiento en los esfuerzos de compresión no solo se traduce en una mayor capacidad portante en elementos sometidos a compresión axial, sino que también sugiere un mejor desempeño a flexión.

Esta correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión se ha observado en otros materiales y se explica por la relación entre las propiedades mecánicas a nivel microscópico. Esta mejora en las propiedades mecánicas abre nuevas perspectivas para el uso de la guadua laminada en aplicaciones estructurales más exigentes, como vigas, columnas y elementos de piso.

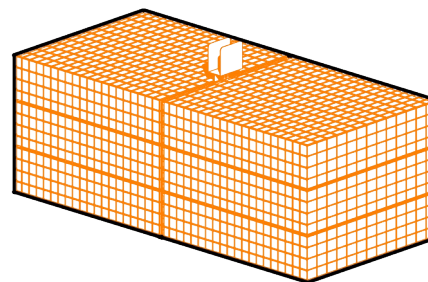


Esquema sistema constructivo



PROPUESTA DE SISTEMA CONSTRUCTIVO

El sistema constructivo propuesto, basa su metodología en la construcción en seco, principalmente buscando la flexibilidad y eficiencia. La estructura, concebida para ser completamente desmontable y reutilizable, permite una adaptación constante a las necesidades cambiantes del medio. La investigación formal de los elementos estructurales se centra en desarrollar un sistema constructivo que permita una máxima eficiencia en el uso de materiales y una mínima generación de residuos. La propuesta tiene como principal objetivo eliminar por completo el uso de hormigón armado fundido en situ, por tanto, explora nuevas alternativas constructivas que respetan el entorno y facilitan la desmontabilidad y reutilización de los componentes.

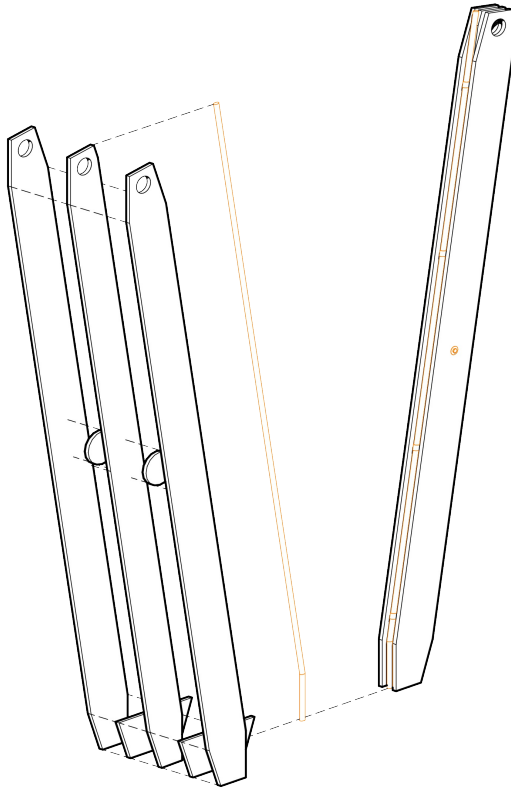


Despiece del módulo constructivo

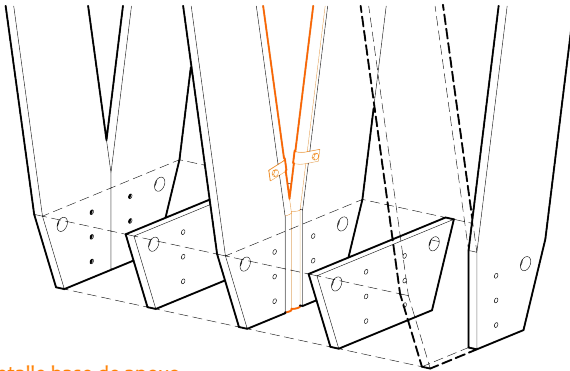
LOS APOYOS

La esbeltez de los tableros de guadua (250 mm) requirió una solución estructural específica para mitigar el efecto de pandeo. La estrategia adoptada consiste en agrupar tres tableros en cada apoyo, separados entre sí, con el fin de optimizar la sección transversal efectiva y aprovechar al máximo las propiedades mecánicas de la guadua. Esta solución permite optimizar la resistencia de la estructura ante los esfuerzos de flexión sin sacrificar la ligereza que caracteriza al material.

La configuración de los apoyos, compuestos por elementos agrupados y espacios intersticiales, ofrece una ventaja adicional: introduce una mayor flexibilidad en el diseño al permitir la integración de las instalaciones eléctricas e hidráulicas de manera discreta y eficiente. Esta disposición no solo optimiza el uso del espacio, sino que también facilita el mantenimiento y la futura modificación de las instalaciones. Las tuberías utilizadas son de acero, que además de servir como canalizadoras, contribuyen a incrementar la rigidez y la capacidad portante de los elementos estructurales, devolviendo la resistencia al área que ocupan.



Despiece de apoyos

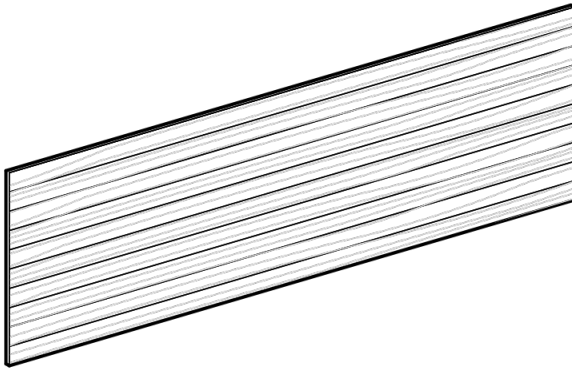


Detalle base de apoyo

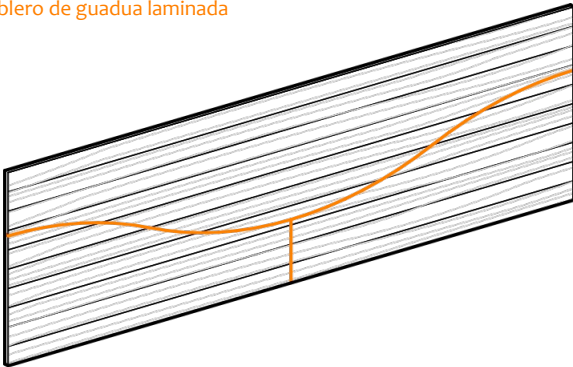
LOS APOYOS

La geometría sinusoidal de las vigas de carga, responde al principio de la optimización estructural. Esta forma permite generar dos elementos estructurales a partir de un solo tablero, duplicando la eficiencia constructiva sin generar residuos de material. La sección variable de la viga, más delgada en zonas de baja tensión y más gruesa en aquellas sometidas a mayores esfuerzos de tracción, garantiza una distribución óptima de los materiales. Al operar bajo los principios de un arco paraboloide, se logra una eficiente gestión del componente compresivo de los esfuerzos a flexión.

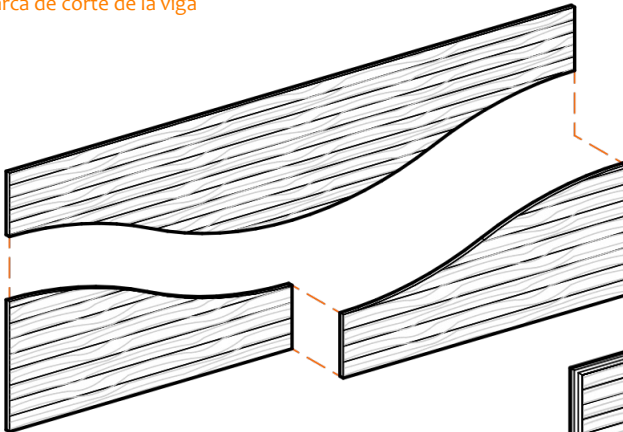
Al igual que los apoyos, las vigas se conciben como elementos estructurales compuestos, aprovechando el espacio intersticial para alojar las instalaciones hidráulicas y eléctricas. La sección transversal resultante, de mayor inercia polar, incrementa significativamente la resistencia a torsión, mitigando así los riesgos asociados a la fisuración por cizallamiento en materiales laminados como los tableros de guadua laminada.



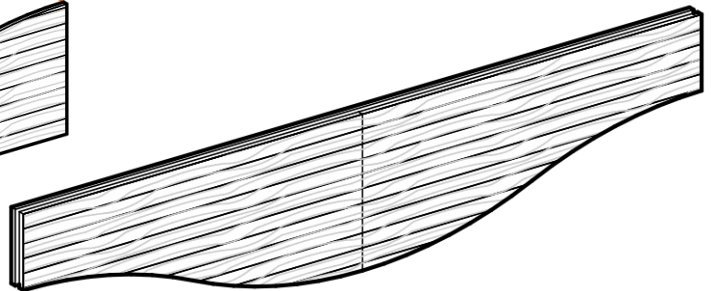
Tablero de guadua laminada



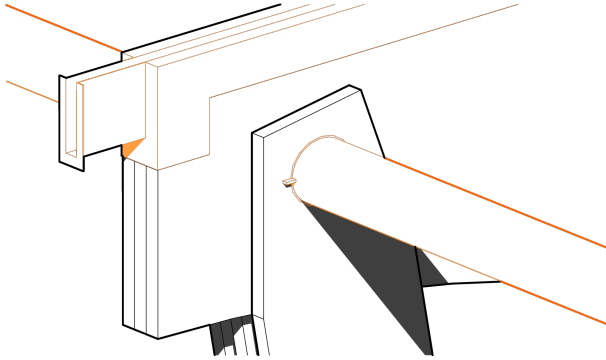
Marca de corte de la viga



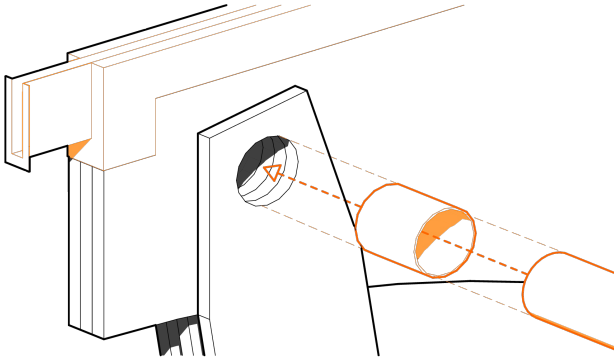
Corte de las piezas de viga



Módulo de viga armado



Detalle unión de viga, apoyo y vigueta de arriotre



Despiece unión de viga, apoyo y vigueta de arriotre

LOS NODOS

La elección de elementos estructurales compuestos exige la implementación de nodos machihembrados entre vigas y apoyos, para garantizar una unión eficiente. La integridad estructural del sistema depende de que las vigas de amarre asuman el rol de transmisión de las cargas adquiriendo un papel protagonista en toda la estructura ya que cumplen con tres funciones:

1. **Arriostrar** la estructura ante fuerzas horizontales y transversales.
2. **Redundancia estructural** en caso de suspensión de una viga principal.
3. **Transmitir las cargas** de la cubierta a los apoyos.

La sección tubular también permite que el nodo sea articulado lo que reduce el estrés de la estructura disipando las torsiones.

La estandarización del proceso constructivo, mediante la utilización de un único tipo de corte con disco de copa en los tableros de guadua, ha optimizado significativamente la ejecución de las uniones. La introducción de tubos metálicos en las perforaciones, además de evitar el cizallamiento de la guadua por contacto directo con las vigas de amarre, confiere una mayor rigidez a la unión. La instalación de pasantes metálicos en los extremos de los nodos garantiza la estabilidad lateral de las vigas de amarre, asegurando así la integridad estructural del sistema.

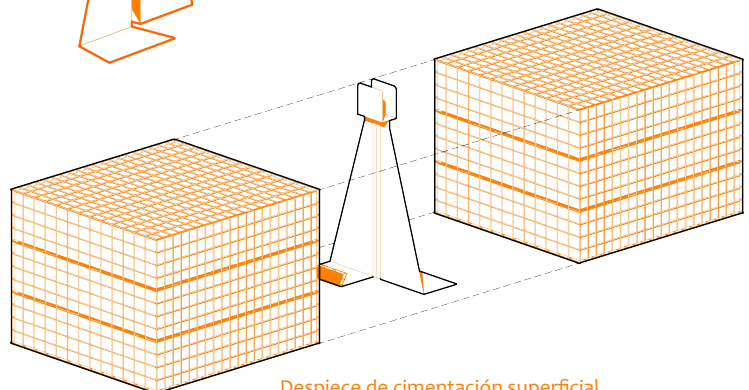
LA CIMENTACIÓN

La propuesta para la cimentación busca generar el menor impacto posible sobre el terreno y la optimización estructural. Los objetivos se logran mediante la implementación de una cimentación superficial compuesta por platinas de acero dobladas y gaviones. Las primeras consisten de dos piezas de acero que salen de una sola lámina cortada de manera oblicua y doblada en la base hacia cada lado para transmitir las cargas desde el apoyo hasta el suelo. Las piezas se unen en la mitad mediante secciones tubulares de acero que tienen la función de dar paso a las instalaciones eléctricas e hidráulicas desde los conductos principales hasta los apoyos. Los gaviones son simplemente apoyados sobre las alas de las platinas para fijar la estructura al terreno y evitar el volcamiento. Esta solución minimiza la profundidad de excavación y reemplaza el uso de hormigón. Además, la utilización de gaviones permite una rápida adaptación a las irregularidades del terreno, reduciendo los costos de nivelación.

Detalle unión platina y apoyo



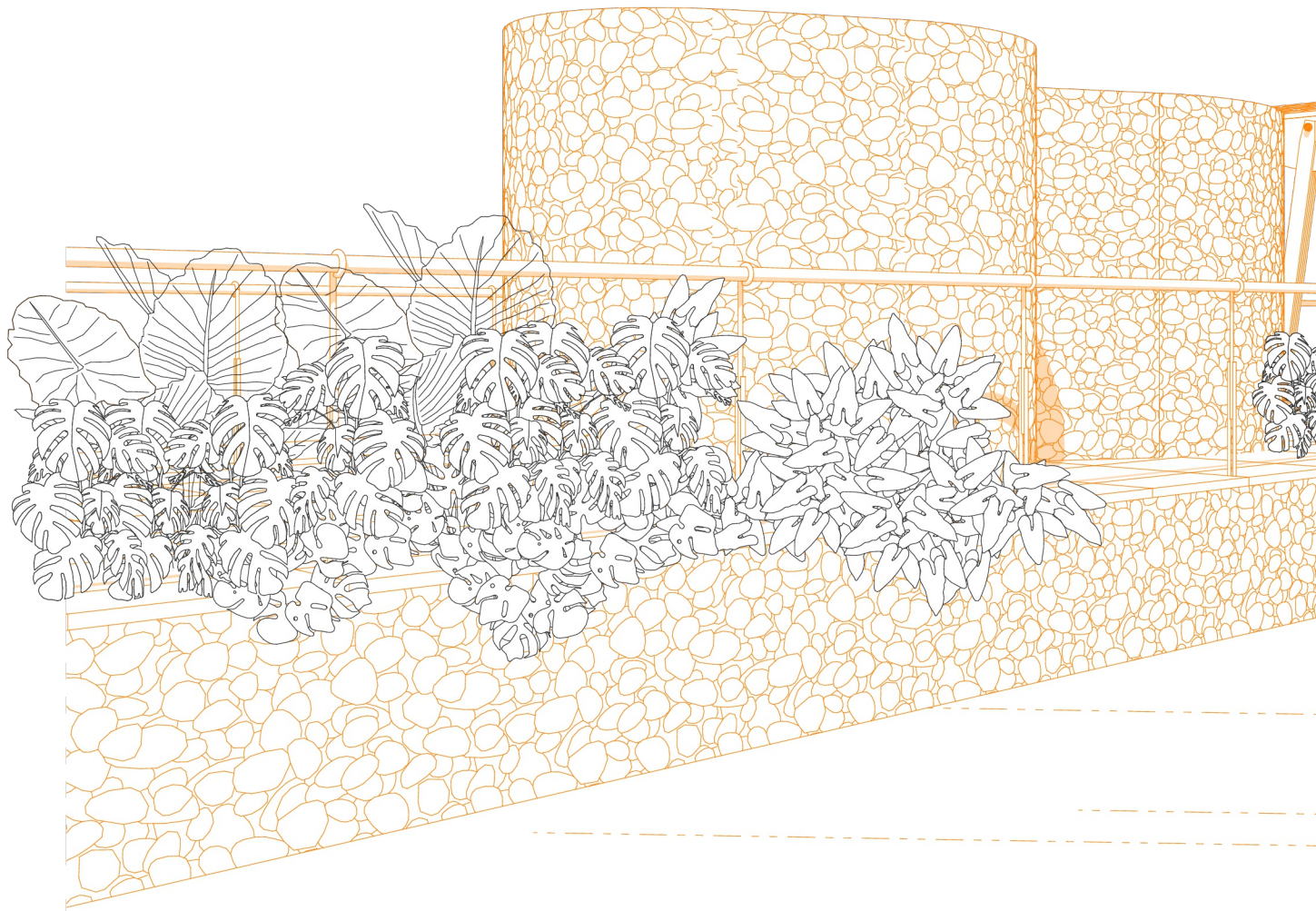
Proceso de armado de la platina



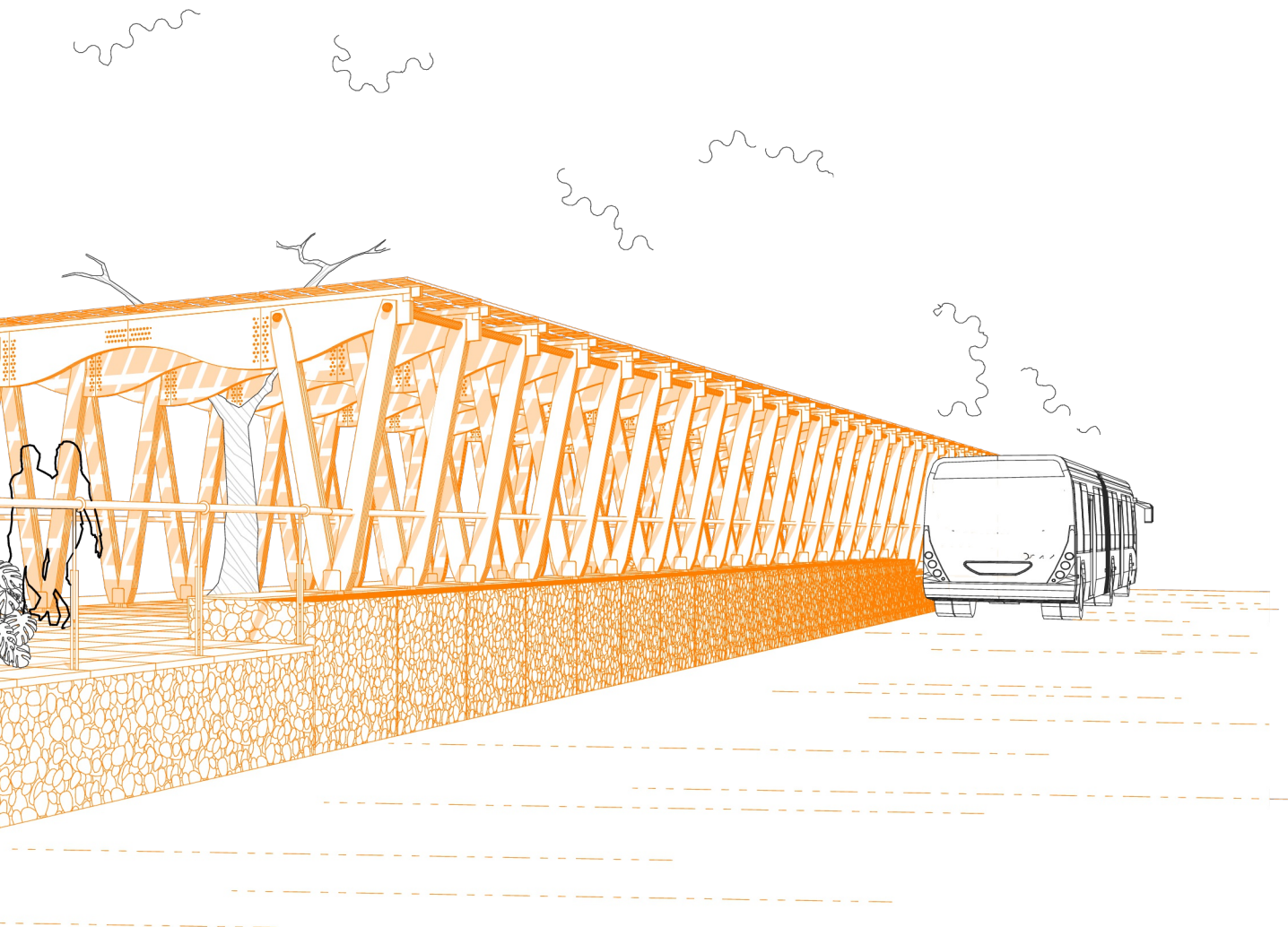
Despiece de cimentación superficial

MODELO DE ESTACIÓN BÁSICO

5 3 2 1



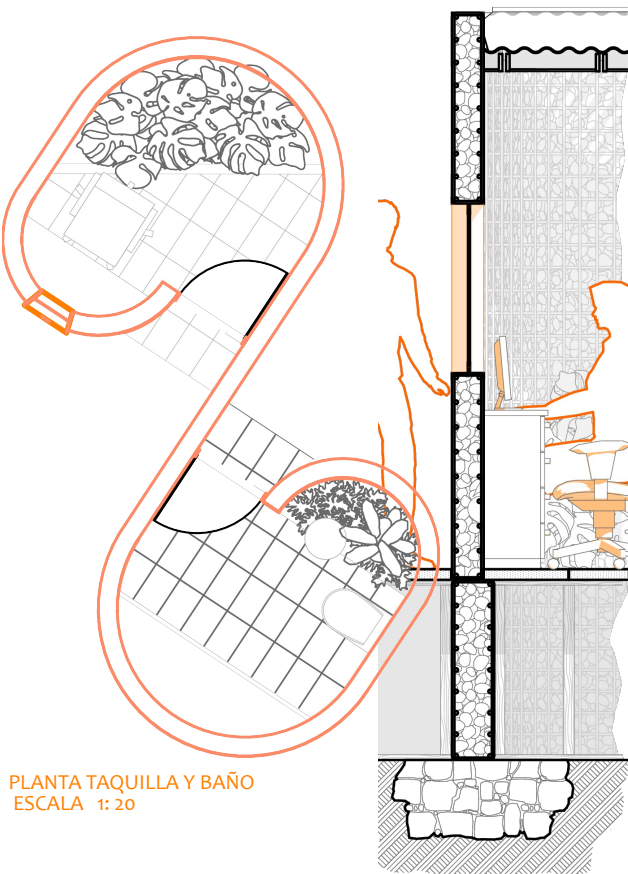
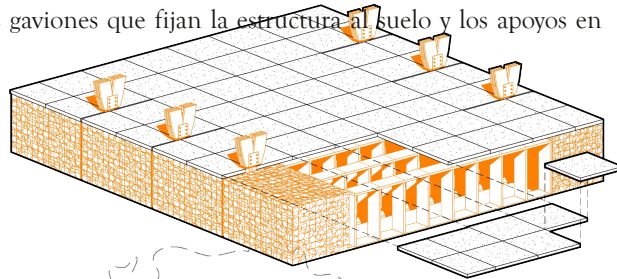
Vista exterior modelo de estación simple



El modelo de estación básico es aplicable a vías que dispongan de un espacio mínimo de 6 metros. Su ancho total es de 5,6 metros y puede extenderse en longitud según sea necesario. La luz libre entre ejes de apoyo es de 1,6 metros, aunque se pueden considerar distancias menores, siempre y cuando no sean inferiores a 1,3 metros. Para anchos de vía distintos ver página 54.

El modelo de estación BRT propuesto es semiabierto, careciendo de paneles o cerramientos activos en su fachada, salvo por el antepecho, que cumple una función estructural de arriostramiento. La vegetación, además de embellecer el entorno, puede funcionar como una barrera natural, controlando el acceso a zonas específicas de la estación. Los elementos acuáticos complementan su diseño. La estación incorpora una taquilla, un baño, una zona de servicios y un cuarto de rack, todos construidos con muros de gaviones esbeltos de geometría curva, aprovechando su capacidad autoportante. La estructura que sostiene el piso es de madera plástica, y las baldosas prefabricadas están simplemente apoyadas sobre ella. La estación admite la integración de árboles y vegetación existentes o la incorporación de nuevos elementos naturales.

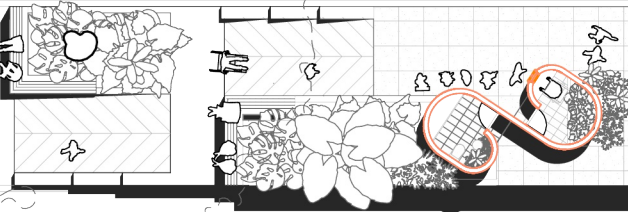
Los gaviones que fijan la estructura al suelo y los apoyos en



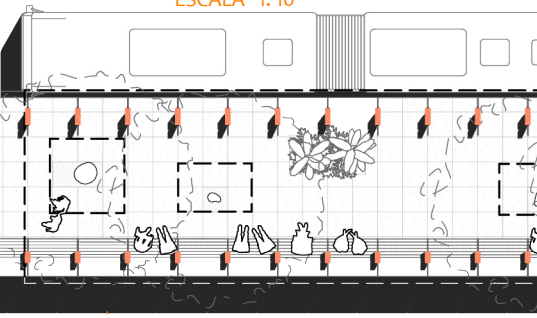
PLANTA TAQUILLA Y BAÑO
ESCALA 1:20

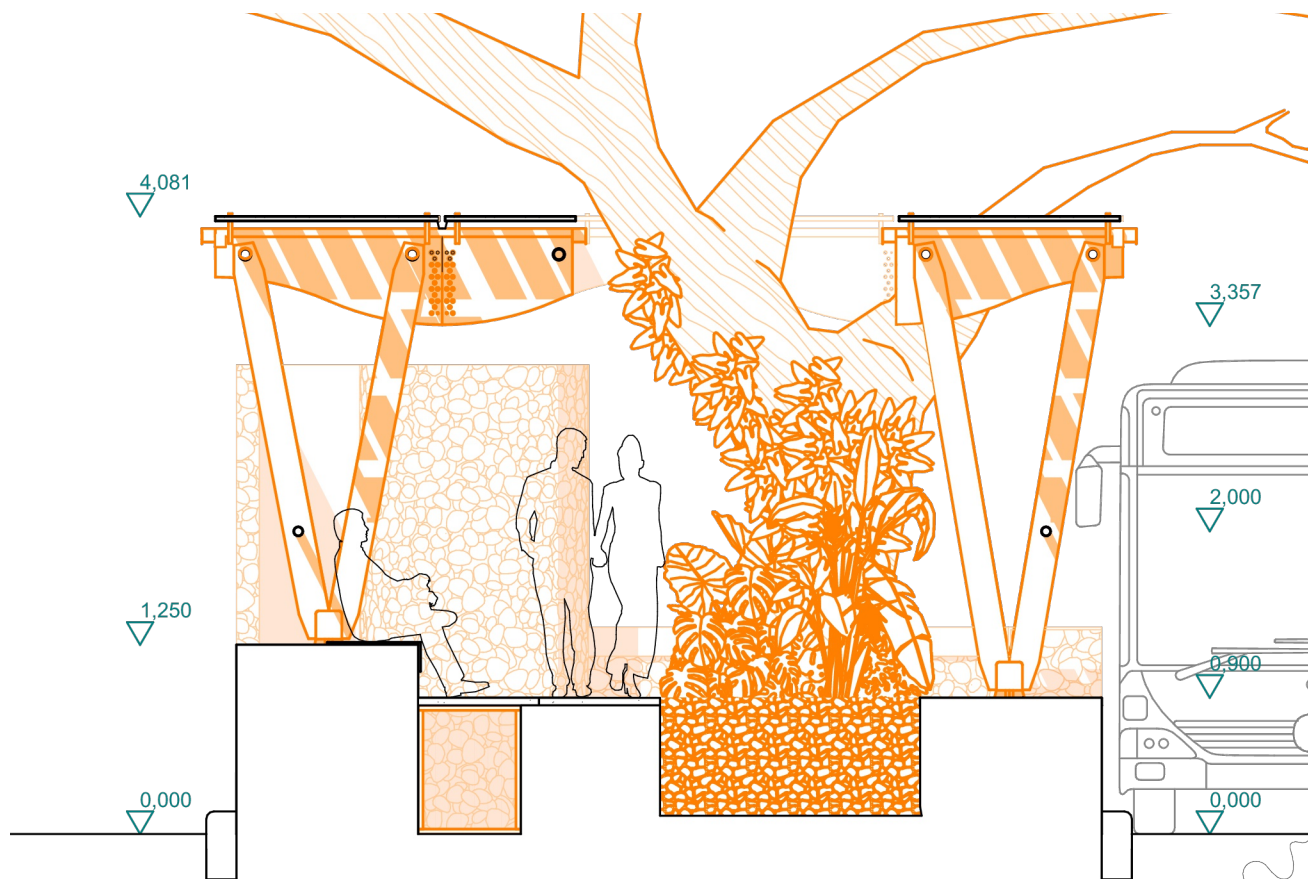
CORTE POR FACHADA
TAQUILLA
ESCALA 1:10

Esquema de armado de la plataforma de transito

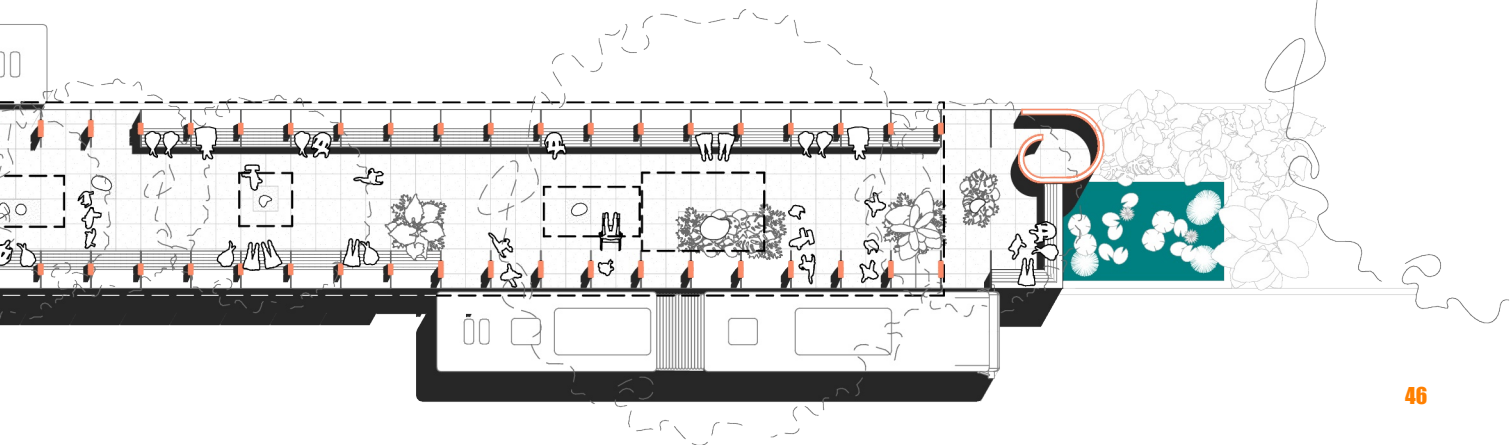


PLANTA-ARQUITÉCTONICA ESCALA 1:250

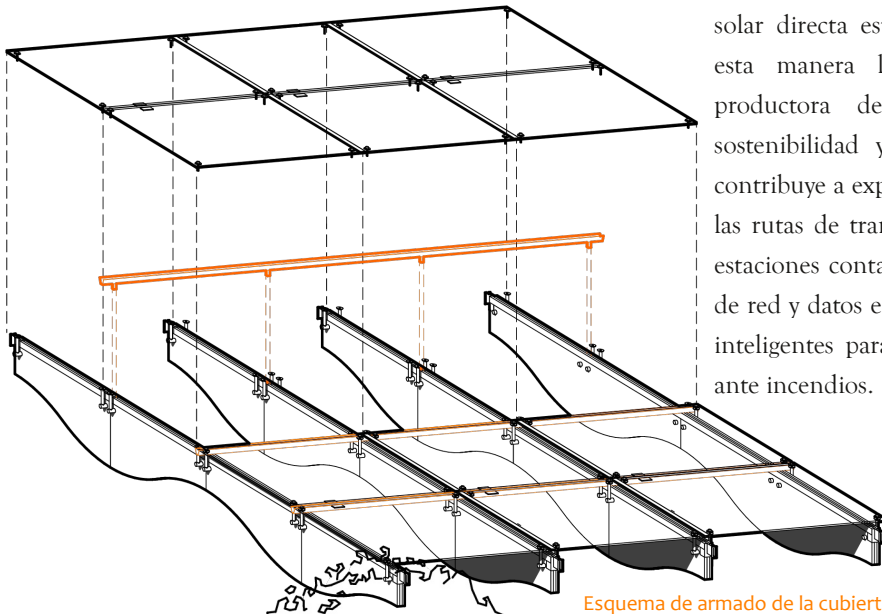




CORTE TRANSVERSAL ESCALA 1:50



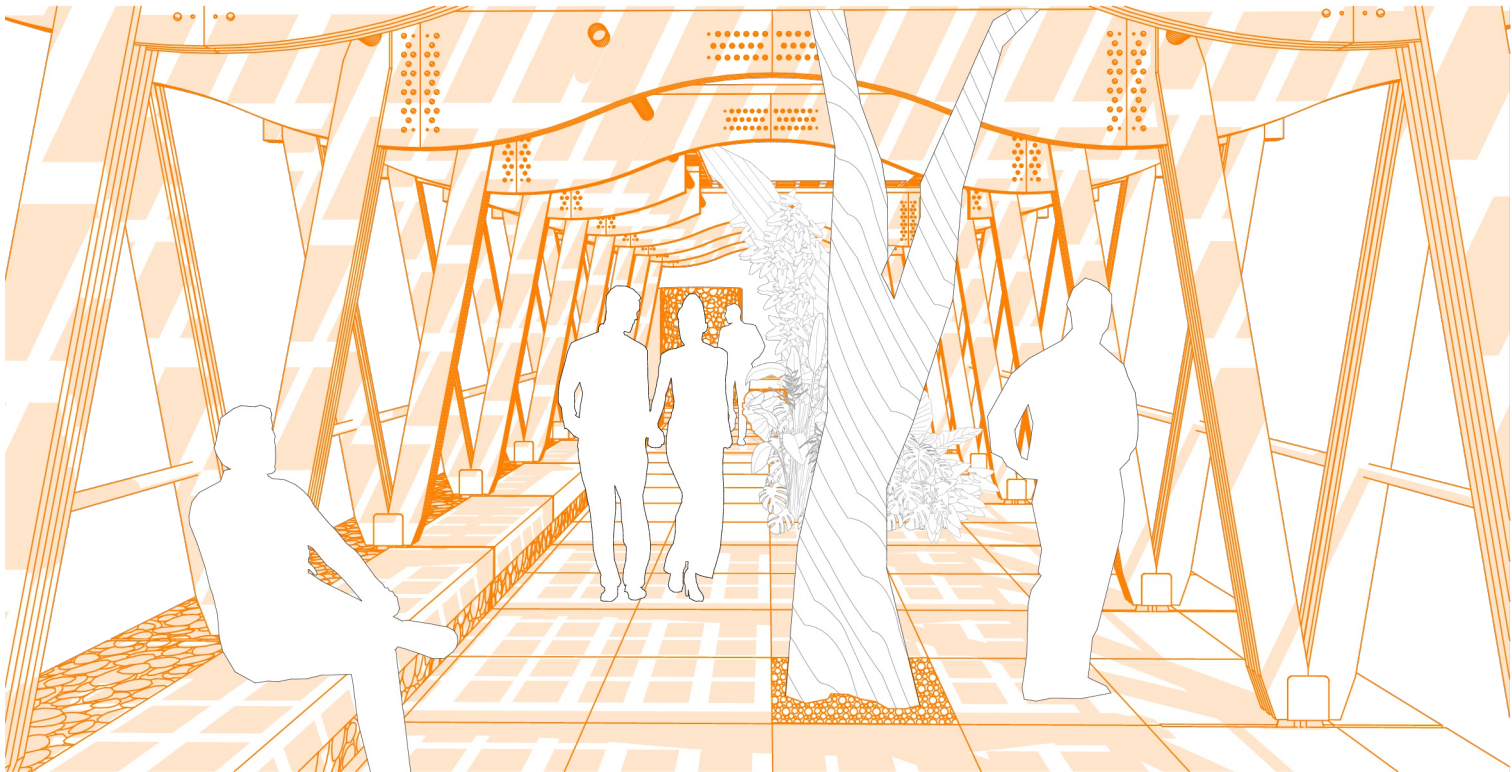
V que sostienen la cubierta presentan alturas variables según correspondan a la zona de acceso al autobús o a la zona de espera. En un lado, a la altura de la puerta del autobús, y en el lado opuesto, sobresaliendo de la plataforma para conformar bancas de descanso. Se propone una cubierta de vidrio solar con células de silicio cristalino. El patrón de las células, a modo de celosía, proporcionará sombra en el interior. Las superficies vidriadas no expuestas a la radiación solar directa estarán revestidas con vidrio serigrafiado. De esta manera la estación asegura ser autosuficiente y productora de energía, construida con criterios de sostenibilidad y diseñada para su reutilización. Además, contribuye a expandir los ecosistemas regionales a lo largo de las rutas de transporte, creando corredores ecológicos. Las estaciones contarán con estaciones meteorológicas y servicio de red y datos en tiempo real, también con sistemas de riego inteligentes para el control de la humedad y la protección ante incendios.



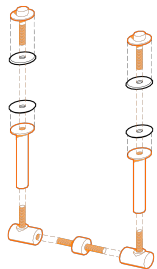
Esquema de armado de la cubierta



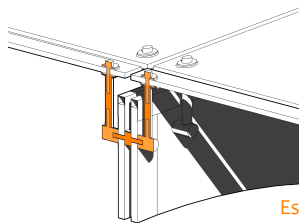
PLANTA DE CUBIERTAS ESCALA 1:250



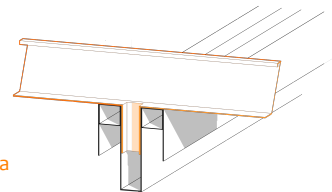
Vista interna modelo de estación



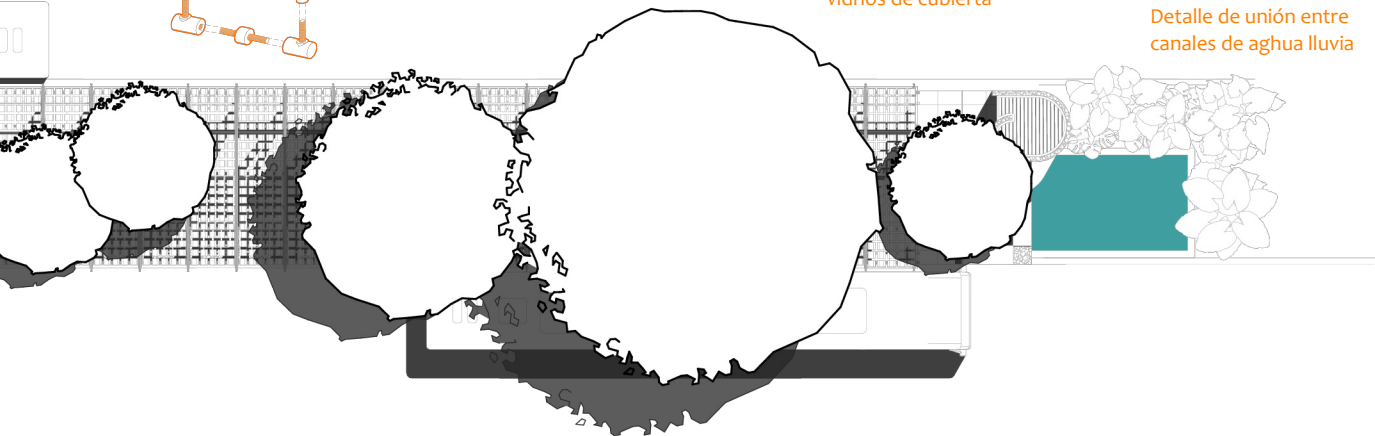
Detalle araña de fijación para vidrios de cubierta

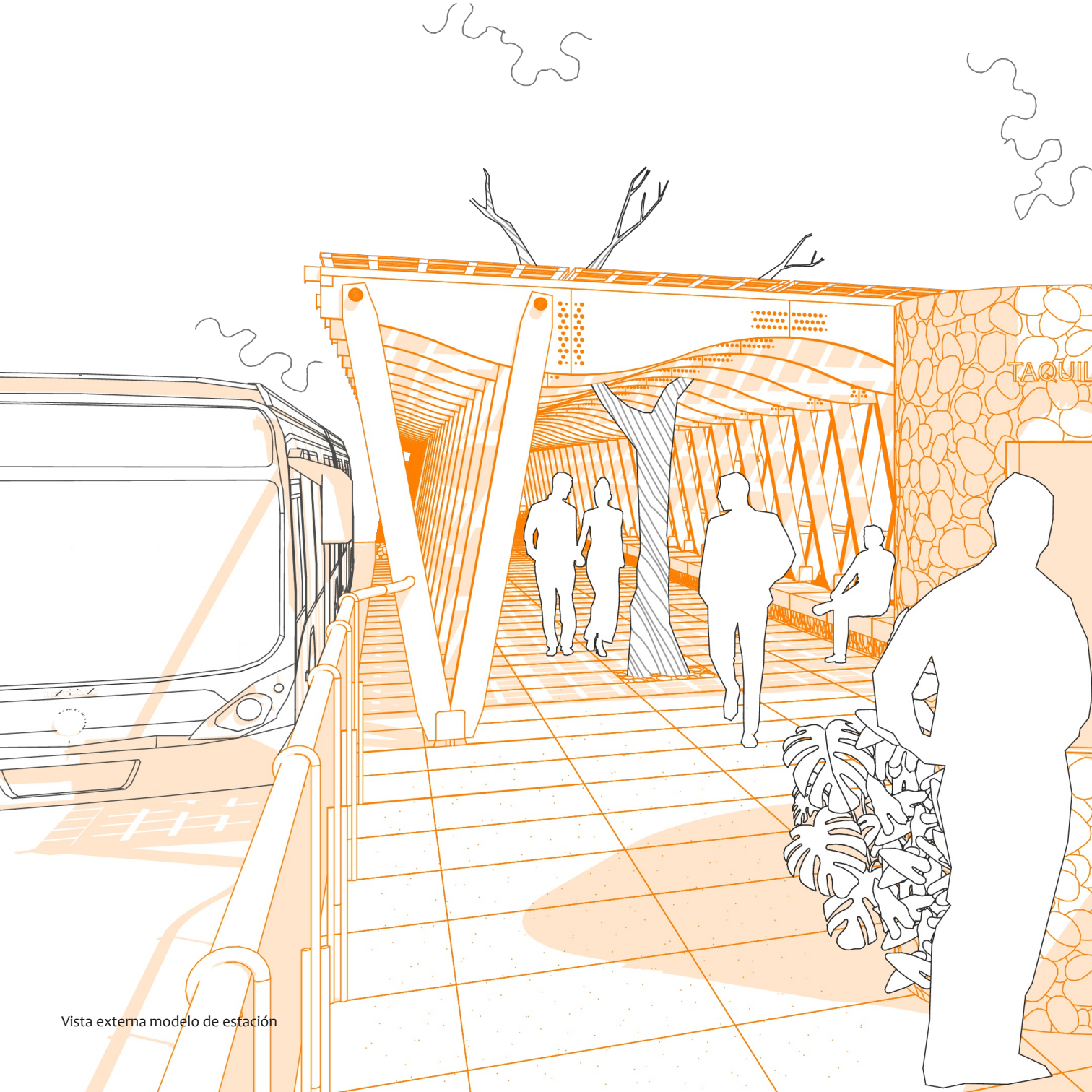


Esquema de fijación para vidrios de cubierta

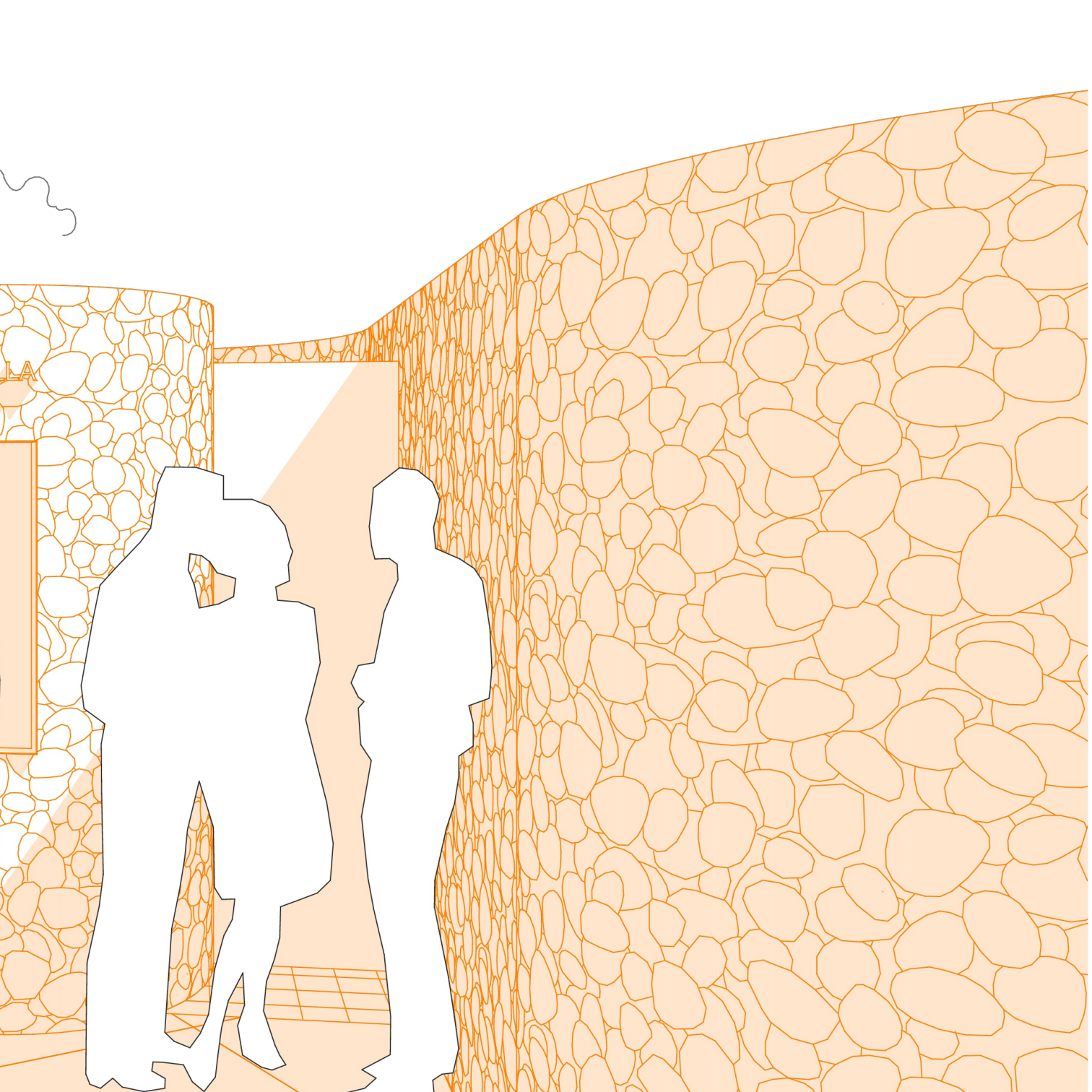


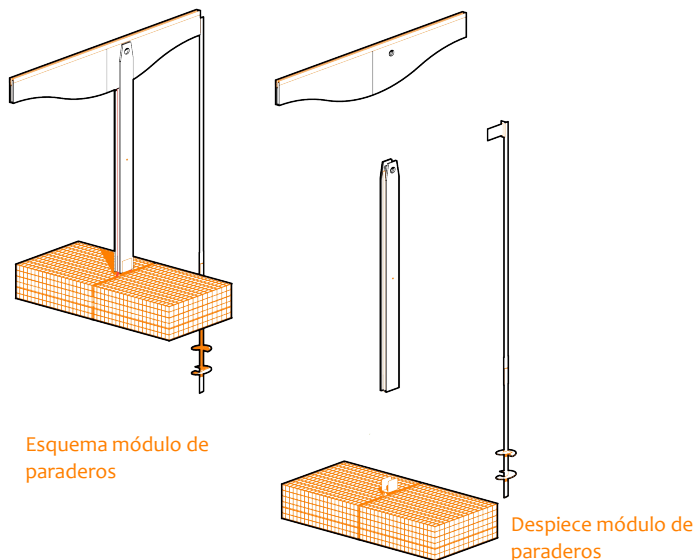
Detalle de unión entre canales de aghua lluvia





Vista externa modelo de estación



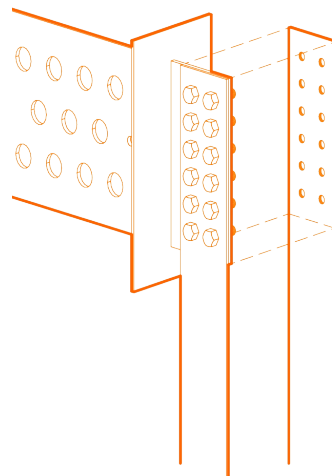


MODELO DE PARADERO

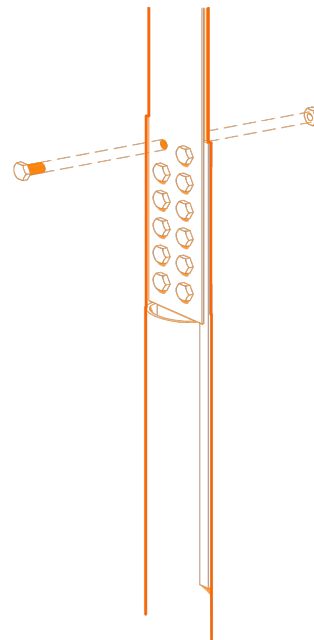
Para aquellos perfiles viales que no dispongan de un derecho de vía de 6 metros, el prototipo de paradero urbano puede adaptarse a secciones transversales más reducidas ya que emplea únicamente medio módulo estructural. Esta solución es posible mediante la incorporación de tensores de acero que han de contrarrestar el volcamiento de la estructura dado su centro de gravedad. Los tensores consisten en dos láminas de acero que se anclan al suelo mediante un pilote helicoidal de acero (utilizado normalmente para anclajes de boyas marinas) y que llegan a la viga mediante una platina en su parte posterior.

Dado que el acero solo es empleado en esta solución para resistir los esfuerzos de tracción las secciones de material pueden reducirse al mínimo aprovechando al máximo las propiedades mecánicas de los elementos estructurales en acero.

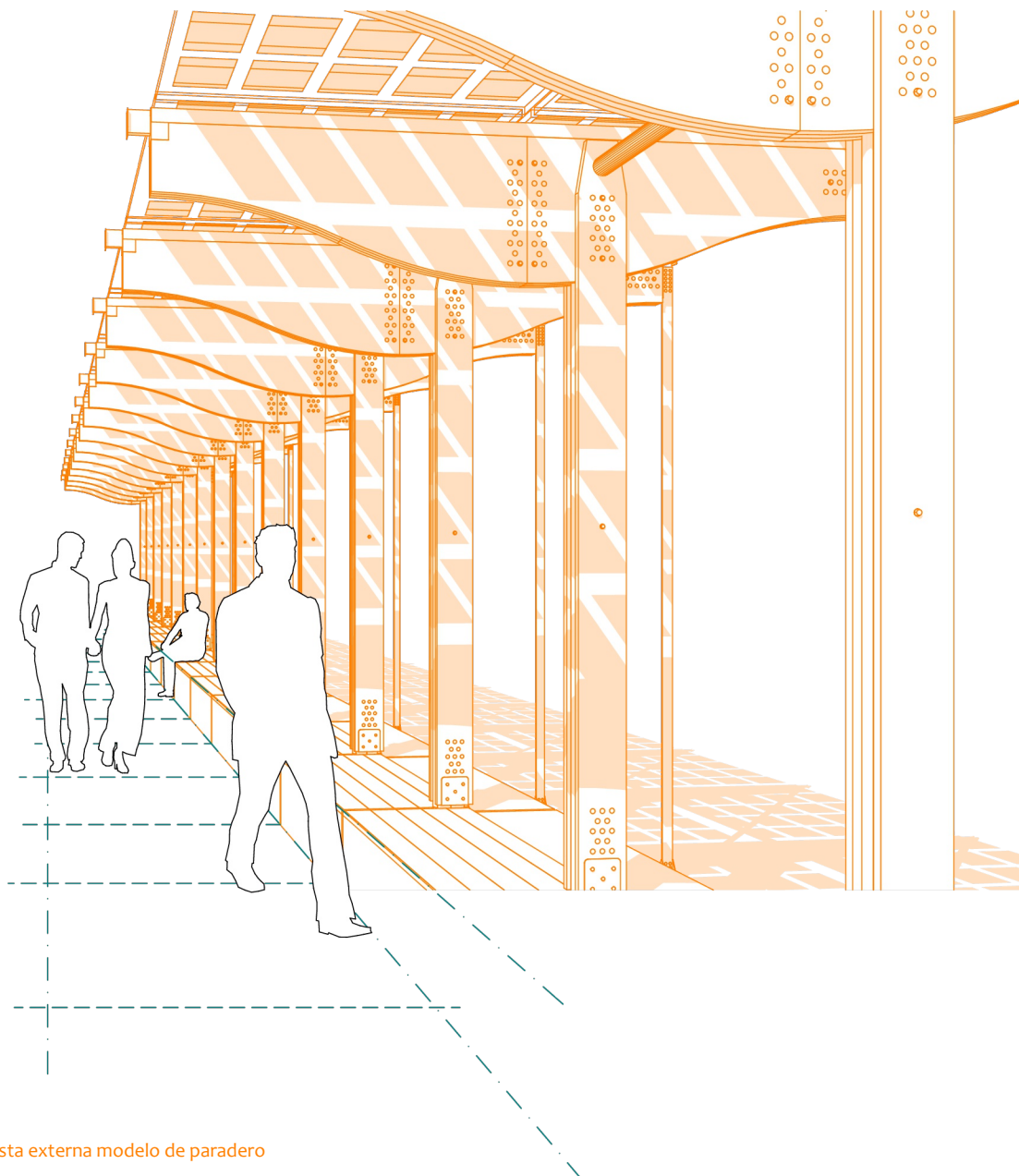
Despiece del tensor



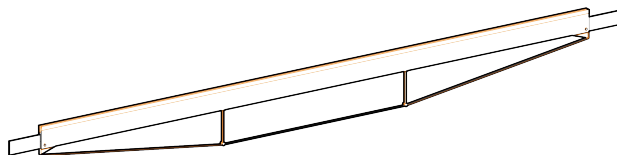
Detalle unión de tensor con platina



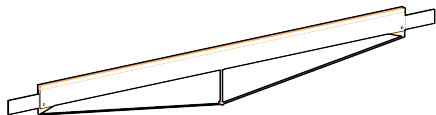
Detalle unión de tensor con cimiento helicoidal



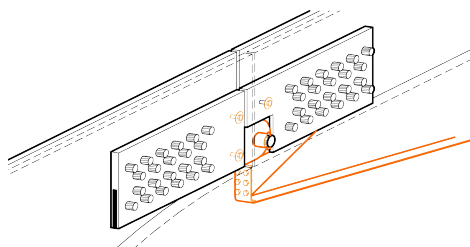
Vista externa modelo de paradero



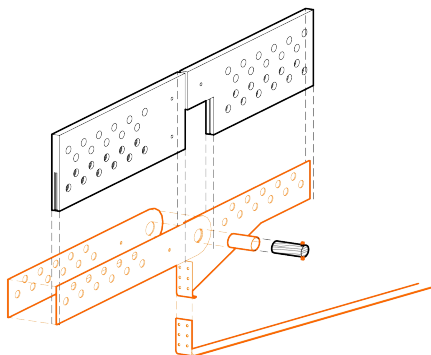
Esquema viga de extensión grande



Esquema viga de extensión pequeña



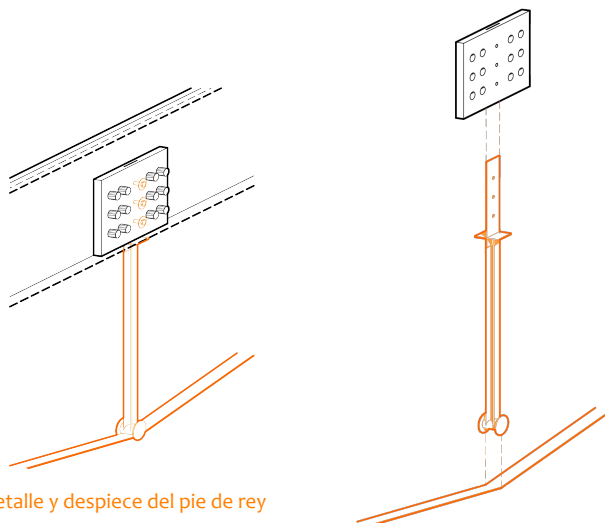
Detalle articulación de la viga



Detalle de las platinas

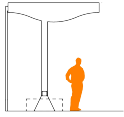
ACCESORIOS DE ACERO

Para incrementar la capacidad portante y el alcance estructural del módulo, se propone la incorporación de vigas atirantadas. Estos elementos permitirán optimizar el uso de material, reduciendo la cantidad de tablero laminado requerida. Estas vigas, articuladas a las vigas principales, permiten disipar eficientemente las tensiones inducidas por las cargas de cubierta, configurando un sistema estructural conocido como viga de Gerber. Esta solución constructiva combina la eficiencia de las vigas atirantadas con la versatilidad de los módulos prefabricados, resultando en una estructura adaptable a espacios de geometría no paralela y que puede cubrir grandes luces sin perder ligereza cuando le sea requerido.

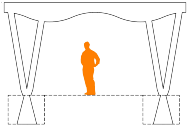


Detalle y despiece del pie de rey

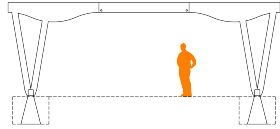
POSIBILIDADES DE EXTENSIÓN



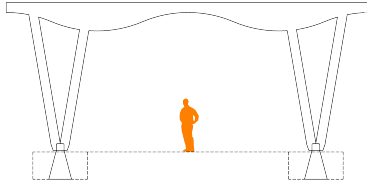
PARADERO



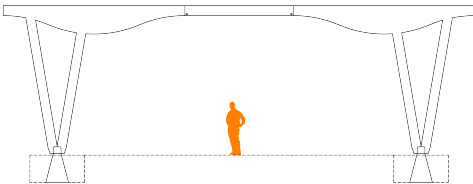
ESTACIÓN BÁSICA



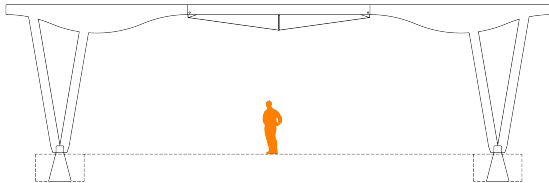
ESTACIÓN BÁSICA AMPLIA



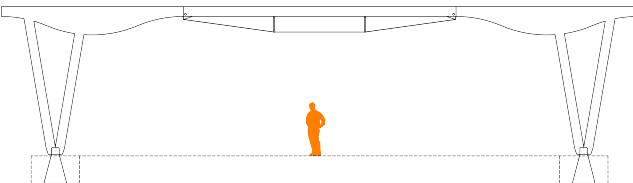
ESTACIÓN GRANDE



ESTACIÓN GRANDE AMPLIA



ESTACIÓN GRANDE EXTENDIDA



ESTACIÓN GRANDE EXTENDIDA 2

CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo primordial proponer un diseño de estación de Bus de Tránsito Rápido (BRT) que respondiera a las demandas actuales de una ciudad en constante crecimiento como Cali. Se enfatizó en la necesidad de integrar criterios de sostenibilidad ambiental, considerando la relevancia del patrimonio natural para la identidad cultural caleña.

La investigación evidenció una apatía ciudadana hacia el sistema BRT, la cual podría superarse mediante la implementación de estaciones que, más allá de ser simples puntos de espera y abordaje, se conviertan en espacios públicos de calidad y aporten a preservar la identidad regional, la cual está fuertemente marcada por el patrimonio ambiental y muy específicamente en el patrimonio arbóreo. En este sentido, la propuesta arquitectónica presentada busca hacer frente a la problemática integrando corredores ambientales y nuevas áreas verdes a los corredores de movilidad.

La solución propuesta ofrece múltiples beneficios: mejora la calidad del aire, brinda refugio a la fauna local, embellece el entorno urbano y, en general, contribuye a elevar la calidad de vida de los ciudadanos. De esta manera, se demuestra que las estaciones de BRT pueden ser elementos catalizadores de la ecología urbana, transformando el transporte público en un pilar del desarrollo sostenible.

En conclusión, este proyecto demuestra que es posible conciliar la eficiencia del transporte masivo con la

preservación del medio ambiente. Al integrar los parámetros de diseño propuestos en este documento enfocados en la sostenibilidad para el diseño de las estaciones de BRT, se contribuye a construir ciudades comprometidas a mitigar y poco a poco revertir los daños que la modernidad ha traído al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Marino Santana Luis y Vásquez Sánchez Jaime. (2000) *Características geográficas del Valle del Cauca*. Escuela de Geografía, Universidad del Valle.
 2. Taylor-Foster, J. (2019, agosto 3). Clásicos de Arquitectura: Pabellón de los Países Nórdicos en Venecia / Sverre Fehn. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/867443/clasicos-de-arquitectura-el-pabellon-de-los-paises-nordicos-en-venecia-sverre-fehn>
 3. Univision y Agencias, P. (2019, noviembre 22). Manifestaciones en Colombia terminan en violencia: 3 muertos y 250 heridos en las protestas contra el presidente Iván Duque (fotos). Univision. <https://www.univision.com/noticias/america-latina/manifestaciones-en-colombia-terminan-en-violencia-3-muertos-y-250-heridos-en-las-protestas-contra-el-presidente-ivan-duque-fotos-fotos>
 4. Jaramillo, Á., Suarez, C. M. Q., & Fonhal, G. (2016). Revisión de la norma ISO-N314-22157 para estandarizar los ensayos de compresión paralela en la guadua angustifolia Kunth. *Revista Técnica*, 39(2), 056–063. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200002
 5. Takeuchi, Caori & Cortés, Juan. (2011). STRENGTHENING OF THE BAMBOO GUADUA CHAIN WITH PRODUCTION OF LAMINATES. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. 64. 5983-5991.
- Imagen 18:** Ghavami, Khosrow & Rodrigues, Conrado & Paciornik, Sidnei. (2003). Bamboo: Functionally graded composite material. *ASIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING (BUILDING AND HOUSING)*. 4.

