

TRANSFORMACIÓN ARQUITECTO-URBANA DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN FACATATIVÁ

Juan Camilo Casallas Gaitán, Valery Alejandra Galaraga Ocampo



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Arquitectura, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2024

**Transformación arquitecto-urbana de la infraestructura de transporte público en
Facatativá, Intermodal de transporte**

Juan Camilo Casallas Gaitán, Valery Alejandra Galaraga Ocampo

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Director de tesis Carlos Pachón

Director de diplomado Yuber Alberto Nope Bernal



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa académico, Facultad

Universidad

Ciudad

2024

Tabla de contenido

RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN	14
PREGUNTA PROBLEMA	15
PREGUNTA PROBLEMA	17
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS.....	21
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
HIPÓTESIS	22
HIPÓTESIS ARQUITECTÓNICA.....	22
HIPÓTESIS URBANA	22
HIPÓTESIS TECNOLÓGICA.....	22
HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	22
HIPÓTESIS DE BIM	23
MARCO DE ANTECEDENTES	24
EL MODELO DE CIUDAD INTELIGENTE Y SOSTENIBLE.....	24
POTENCIALIDADES DEL METRO LIGERO EN LA TRANSFORMACIÓN DEL ESPACIO URBANO.....	26
<i>Impacto Ambiental</i>	28
<i>Renovación Urbana</i>	28
MARCO TEÓRICO	29
TEORÍA DE CIUDADES -MANUEL HERCE.....	29
SISTEMA DE INDICADORES ACERCA DE LA COBERTURA Y ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN	
EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ - CRISTHIAN CAMILO CASTILLO.	31
RICARDO MONTEZUMA	32

DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE DOT	33
DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE SOSTENIBLE (DOTS)	33
MARCO CONCEPTUAL	34
INFRAESTRUCTURA DE UN TERMINAL DE TRANSPORTE.....	34
DIMENSIONES BUSES SENCILLOS Y DE DOS NIVELES	35
DIMENSIONES DE SALA DE EMBARQUE	35
ÁREA DE CONCESIONES	36
TAQUILLA Y PUNTOS DE INFORMACIÓN	36
ÁREAS DE ADMINISTRACIÓN.....	36
INSTALACIONES SANITARIAS	36
INTERCONEXIONES ENTRE MODOS DE TRANSPORTE.....	36
SEÑALIZACIÓN Y ORIENTACIÓN	36
ESTACIONAMIENTO	37
CUARTOS TÉCNICOS	37
ÁREAS DE CARGA Y DESCARGA	37
PERSONAL DE SEGURIDAD	38
SISTEMA DE VIGILANCIA.....	38
SISTEMA DE GESTIÓN DE TRÁFICO	38
MARCO HISTÓRICO	39
MARCO NORMATIVO	40
DECRETO 1079 DE 2015: REGULACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO	40
TÍTULO J DE LA NORMA NSR-10: REQUISITOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL.....	40
MEDIDAS DE BUSES:.....	41
MEDIDAS DE CARROS:	41
MEDIDAS DE CALLES EN FACATATIVÁ:	42
MARCO REFERENCIAL	42
ESTACIÓN INTERMODAL DE UTRECHT HOLANDA	43

METRO DE SEVILLA	44
METODOLOGÍA	45
CAPÍTULO I.....	48
1.1 DIAGNOSTICO Y RECONOCIMIENTO DEL LUGAR (FACTITIVA).....	48
1.1.1 Población	48
1.1.2 Población con capacidades reducida	49
1.1.3 Estructura ecológica	49
1.1.4 Estructura funcional y de servicios.....	51
1.1.5 Equipamientos.....	52
1.1.6 Diagnóstico económico	52
1.1.7 Conclusión	53
1.2 OFERTA Y DEMANDA DEL TRANSPORTE	54
1.3 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO	57
CAPITULO II	58
2.1 ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOSTENIBLE Y FUNCIONALIDAD	58
2.1.1 Estrategias ODS.....	58
2.1.2 Estrategias dots.....	60
2.1.3 Conclusión	63
2.2 ANÁLISIS DE REFERENTES DE DISEÑO Y ESTRATEGIAS.	63
2.2.1 Referente Arquitectónico y Urbano:	63
2.2.2 Referente Estructural:	65
2.3 DETERMINANTES AMBIENTALES Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES	66
2.3.1 Climatología.....	66
2.3.2 Asoleamiento.....	67
2.3.3 Análisis de los vientos.	68
2.4 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	68
CAPITULO III.....	70

3.1 DISEÑO DEL PROYECTO.....	70
3.1.1 Selección preliminar del lugar.....	70
3.1.2 Operaciones formales.....	71
3.1.3 Relaciones espaciales.....	71
3.1.4 Estrategias proyectuales.....	72
3.1.5 Programa arquitectónico.....	72
3.1.6 Sistema estructural.....	73
3.2 PLANIMETRÍA Y RENDERS	74
3.2.1 Planimetría urbana:.....	74
3.2.2 Sistema subterráneo.....	75
3.2.3 Planimetría arquitectónica	76
3.2.3 Cortes.....	78
3.2.4 Fachadas.....	78
3.2.5 Espacios urbanos y diseño arquitectura	79
3.2.6 Mobiliario	80
3.2.7 Espacios Arquitectónicos	80
3.3 Conclusiones y recomendaciones.....	81
CAPITULO IV	82
4.1 INTRODUCCIÓN, NORMAS, ESTÁNDARES, TRABAJO COLABORATIVO E INTEROPERABILIDAD	82
4.1.1 Introducción al BIM.....	82
4.1.2 Conceptos relevantes BIM	83
4.1.3 Normativa del Bim	89
4.1.4 Objetivo BIM.....	90
4.2 MODELADO DE EDIFICACIÓN	90
4.2.1 Preliminares.....	91
4.2.2 Conclusión modelada BIM.....	101
4.3 COORDINADOR DE ESPECIALIDADES, DOCUMENTACIÓN Y TIEMPOS.....	102
4.3.1 Preliminares (Navisworks).....	102

4.3.2 <i>Análisis de interferencias e inconsistencias</i>	103
4.3.3 <i>Gestión de informes de coordinación</i>	105
4.3.4 <i>Gestión de cantidades y costos</i>	106
4.3.5 <i>Simulación de actividades constructivas</i>	107
4.3.6 <i>Configuración de planimetría</i>	109
4.3.7 <i>Conclusión</i>	111
4.4 REALIDAD VIRTUAL E INMERSA	112
4.4.1 <i>Preliminares</i>	112
4.4.2 <i>Fotomontaje y retoque fotográfico 3D</i>	113
4.4.3 <i>Conclusión</i>	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA	122

Lista de Figuras

Figura 1	Motivo principal de viaje en Facatativá.....	16
Figura 2	Sistema de ciudades	30
Figura 3	Rutas Transporte Público Urbano Facatativá.	32
Figura 4	Desarrollo Urbano, proyecto de transporte público y DOT	33
Figura 5	Medida de buses	35
Figura 6	Sala de embarque.....	35
Figura 7	Norma estación de buses	38
Figura 8	Corte Terminal de central de Utrecht	43
Figura 9	Población presente en Facatativá.....	48
Figura 10	Estructura ecológica.....	50
Figura 11	Estructura Funcional y de Servicios	51
Figura 12	Diagnostico socio económico	53
Figura 13	La Estación de Transferencia Multimodal Cuatro Caminos.....	64
Figura 14	Terminal del aeropuerto de Zaragoza	65
Figura 15	Clima en Facatativá	67
Figura 16	Asolación en Facatativá.....	67
Figura 17	Velocidad vientos Facatativá.....	68
Figura 18	Programa arquitectónico del proyecto	73
Figura 19	Sistema estructural.....	73
Figura 20	Planimetría Urbana	74
Figura 21	Sistema subterráneo	75
Figura 22	Plantas arquitectónicas.....	76

Figura 23	Cortes arquitectónicos	78
Figura 24	Fachadas	78
Figura 25	Diseño urbano-arquitectónico.....	79
Figura 26	Mobiliario	80
Figura 27	Espacios arquitectónicos.....	80
Figura 28	Roles de BIM.....	84
Figura 29	Niveles de desarrollo	86
Figura 30	Diseño arquitectónico seleccionado	94
Figura 31	Estructura metálica en Revit.....	96
Figura 32	Modelado arquitectónico	97
Figura 33	Instalación sanitaria	98
Figura 34	Instalación Hidráulica.....	99
Figura 35	Instalación contraincendios	100
Figura 36	Instalación eléctrica	101
Figura 37	Instalación de Navisworks y exportación desde Revit	103
Figura 38	Detección de interferencias en Navisworks.....	104
Figura 39	Análisis de inconsistencias en Revit.....	105
Figura 40	Creación de informe de coordinación en Navisworks	106
Figura 41	Gestión de Cantidades y exportación a Excel.....	107
Figura 42	Simulación en Navisworks	108
Figura 43	Planimetría del modelado	110
Figura 44	Mobiliario y materialidad de fotomontaje	114
Figura 45	Fondo Bioclimático	115

Figura 46 Manejo de luces, sombras y reflejos.....	116
Figura 47 Render interior del proyecto	117

Lista de Tablas

Tabla 1	Viajes por día	55
Tabla 2	Demanda máxima de viajes en la mañana	55
Tabla 3	Demanda máxima de viaje en la Tarde	56

Resumen

Facatativá dispone de rutas regionales e intermunicipales con un alto flujo de usuarios al día que entran y salen del municipio, específicamente en las rutas hacia Bogotá. Los predios destinados para los terminales de transporte público existentes en el casco urbano presentan problemas en su infraestructura lo que genera un servicio deficiente para los usuarios, congestión vehicular y accidentabilidad. En busca de solucionar los problemas de movilidad se plantea la proyección de RegioTram de Occidente, un tren eléctrico que conectará Facatativá con Bogotá. Sin embargo, la planificación actual no vincula los medios de transporte existentes del sector. Por lo tanto, el enfoque de esta investigación es diseñar un intermodal de transporte público en Facatativá que se articule a la proyección del RegioTram de Occidente haciendo uso de las nuevas tecnologías digitales como lo es la metodología BIM.

Palabras clave: movilidad, intermodal, BIM, vinculación, conexión

Abstract

Facatativá has regional and intermunicipal routes with a high flow of users entering and leaving the municipality daily, specifically on the routes to Bogotá. The properties intended for the existing public transport terminals in the urban area have infrastructure problems, which generates poor service for users, vehicular congestion, and accidents. In an effort to solve mobility problems, the West RegioTram project, an electric train that will connect Facatativá with Bogotá, has been proposed. However, the current planning does not link the existing means of transport in the area. Therefore, the focus of this research is to design a public transport intermodal system in Facatativá that is articulated to the West RegioTram projection, making use of new digital technologies such as the BIM methodology.

Keywords: mobility, intermodal, BIM, linkage, connection

Introducción

El crecimiento acelerado del área metropolitana de Bogotá ha generado una serie de fenómenos que impactan directamente en municipios y departamentos aledaños. Un claro ejemplo de esto es Facatativá, un municipio localizado a 43 km de la capital. De acuerdo con los estudios del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio, el 85% de los predios del sector tienen un uso residencial, lo que produce que el municipio sea catalogado como ciudad dormitorio. Según el Plan Maestro de Movilidad del municipio de Facatativá, el 86% de la movilidad de la población flotante, son desplazamientos pendulares dentro y fuera del municipio para realizar actividades cotidianas como trabajar y estudiar, donde se predomina los viajes hacia Bogotá.

Aunque la movilidad juega un papel importante para la población de Facatativá, se evidencia la falta de una infraestructura de transporte público organizada, eficiente, sostenible y segura. En busca de la solución, las autoridades proponen el RegioTram de Occidente, el cual busca conectar el municipio de Facatativá con Bogotá por medio de un tren eléctrico. Aun así, este proyecto está desvinculados del transporte público existente del municipio provocando un vacío operacional en la movilidad del sector.

Por lo tanto, esta investigación propone desarrollar un modelo de infraestructura intermodal que genere la vinculación del sistema de transporte público local de Facatativá y se integre con la proyección del RegioTram de Occidente, donde se llevará a cabo un proceso que incluirá la recopilación y análisis de datos sobre el flujo de movilidad en el municipio, la evaluación de las necesidades de los usuarios y la revisión de buenas prácticas de diseño en contextos similares. Así mismo se hará uso de las nuevas tecnologías digitales para el desarrollo y gestión de proyectos (BIM), para generar un modelado tridimensional de un área que ocupa un

total 624.000 metros cuadrados, donde se incorpora un LOD 350 y LOI en categorías A, B, C y D.

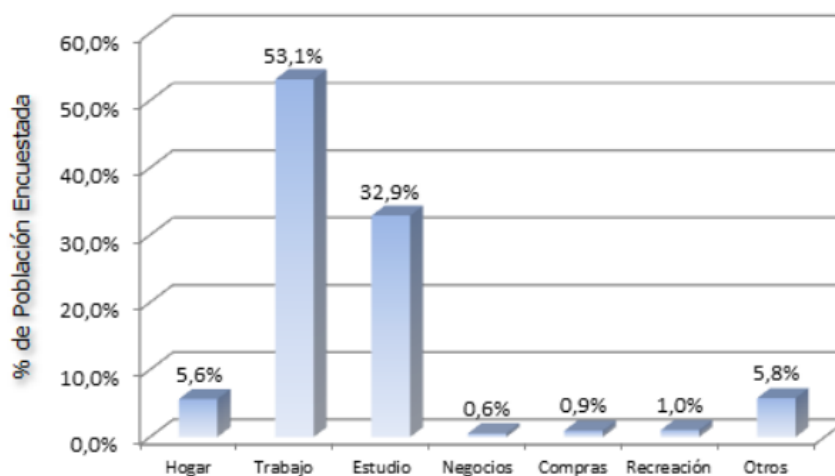
Pregunta Problema

Facatativá es un eje articulador de la movilidad en el occidente de Cundinamarca

debido a que es atravesada por importantes vías como la Carretera Central de Occidente y la Autopista Medellín que conectan a Bogotá con algunos sectores del país. Por la ubicación estratégica de Facatativá en el departamento y por su cercanía a la capital, el municipio ha generado fenómenos de expansión urbana donde predomina el uso habitacional, obteniendo así la categoría de *ciudad dormitorio*, por lo tanto el motivo de viaje en Facatativá es liderada por los traslados de los facativeños hacia sus trabajos y estudio fuera del municipio, de acuerdo la figura 1 extraída del Plan Maestro de Movilidad del municipio de Facatativá.

Figura 1

Motivo principal de viaje en Facatativá



Nota: Motivos de viajes en Facatativá. Tomado de “PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANO - MUNICIPIO DE FACATATIVÁ” Gobierno de Cundinamarca. 2014.

De acuerdo a la información presentada anteriormente se resalta la importancia del flujo del transporte para la población, la economía y el crecimiento de Facatativá. Aun así, “El Municipio no cuenta actualmente con Terminal de Transporte público municipal ni intermunicipal” (“plan maestro de movilidad urbana de Facatativá”, 2014, p125). Lo que produce que la venta de tickets, el parqueo de buses y el abordaje de usuarios se haga en vías

no autorizadas como lo es la carrera 1, lo que genera el indiscriminado uso de las calles disminuyendo la velocidad de desplazamiento, que ocasiona el aumento de la accidentalidad y congestión en horas pico. Sumado a esto, algunas empresas transportadoras de Facatativá utilizan parqueaderos de buses en predios donde “se evidencia que estos lotes no cuentan con los espacios necesarios para los protocolos de organización y prestación eficiente del servicio en general” (Garzón y Ortiz, 2022, p. 19).

Así mismo, al no existir un espacio físico para el desarrollo de un terminal en Facatativá que articule la red de colectivos municipal, la red de ciclorruta y los taxis con el transporte intermunicipal del sector provoca que los usuarios no cuenten con un servicio digno, con horarios fijos y paradas establecidas para la llegada y salida de los buses y busetas.

Conociendo la importancia del transporte en Facatativá, en específico su conexión con Bogotá se plantea el RegioTram de Occidente definido por el Ministerio de transporte como “tren eléctrico para el transporte de pasajeros regional. Este proyecto conectará los municipios de Funza, Mosquera, Madrid y Facatativá con el Distrito” (Ministerio de transporte, 2020, parr. 1), aunque el proyecto cubre una parte de los viajes entre Facatativá y la capital, no se encuentra vinculada al transporte publico actual vigente del sector generando desorden en los desplazamientos de los municipios aledaños que no cuentan con una proyección férrea y necesitan acudir a Facatativá para hacer uso del sistema.

Pregunta problema

¿Cómo diseñar un intermodal terrestre en Facatativá que vincule la proyección del

RegioTram de occidente con el transporte intermunicipal y local existente del municipio, que jerarquice y organice la movilidad del sector?

Justificación

La importancia de diseñar un Intermodal de transporte con espacios correctamente dotados, radica en la urgente necesidad de abordar y resolver los problemas que se generan actualmente frente a la congestión vehicular, inseguridad y desorden en la movilidad que afectan tanto a la población local de Facatativá como a los usuarios de los servicios de transporte intermunicipal que se movilizan por el municipio.

Teniendo en cuenta que Facatativá cumple con la función de *ciudad dormitorio* lo que provoca que la población “genera un movimiento pendular diario hacia Bogotá, calculado en 21.157 habitantes” (Muñoz, 2007 como se cita en Rincón, 2012, p. 130), por lo tanto, el transporte público en el municipio se ha convertido en un elemento esencial para la vida cotidiana de sus habitantes, ya que gran parte de ellos depende de él para acceder a sus lugares de trabajo y servicios esenciales ubicados en Bogotá. La conveniencia de realizar este proyecto se fundamenta en su capacidad para mejorar significativamente la movilidad y la calidad de vida de los habitantes de Facatativá, así como promover el desarrollo socioeconómico de la región.

Frente a este proyecto existen varias entidades las cuales pueden presentar interés en el desarrollo de la solución de esta problemática, entre ellas se resalta el Ministerio de Transporte que buscan mejorar la interconexión entre diferentes modos de transporte. y las empresas de transporte que busca mejorar la eficiencia de sus operaciones y la experiencia de sus usuarios. Ya que de acuerdo a Fernández y Torres (2019) en el *estudio de movilidad corredor sabana de Bogotá (Facatativá - Bogotá)* “si se logra integrar el sistema de transporte público colectivo con el Regiotram se alcanzará una mayor calidad en el sistema de transporte”.

Es importante considerar que, aunque pueda haber proyectos y planes en curso para abordar los problemas de movilidad en Facatativá, la necesidad de proyectos adicionales persiste debido al continuo crecimiento demográfico y la evolución de las necesidades de transporte. Además, un terminal intermodal específicamente diseñado para integrar el RegioTram de Occidente y mejorar la conectividad regional representa una solución innovadora y adaptada a las demandas actuales y futuras de la población y el transporte en la zona, ya que el Regiotram tiene una conexión independiente en donde da una solución respecto a tiempo y espacio pero no una organización dentro de las vías arteriales es decir no tiene una conexión directa dentro de los municipios si no que pasa por la periferia solucionando una parte del problema pero no de forma específica, es ahí donde este proyecto entra permitiendo una conectividad del regiotram con los diferentes sistema de transportes que también articulan la ciudad y conecta con regiones aledañas que no contaran con este sistema de Regiotram.

La implementación de un sistema de transporte intermodal en Facatativá cobra relevancia estratégica al constituirse como primera parada del proyectado RegioTram de Occidente, configurándose como nodo articulador fundamental para la movilidad de la Sabana Occidental. Según Fernández y Torres (2019), en su estudio de movilidad del corredor Sabana de Bogotá, la integración del transporte público colectivo con el RegioTram representa una oportunidad crucial para optimizar la calidad del sistema de transporte, permitiendo que municipios circundantes sin proyección férrea directa puedan beneficiarse de esta infraestructura y mejorar significativamente sus dinámicas de conectividad urbana y regional.

Objetivos

Objetivo General

Plantear el diseño de la infraestructura arquitectónica de un intermodal de transporte en Facatativá, que vincule la proyección del RegioTram de occidente con el transporte intermunicipal y local existente del municipio, que jerarquice y organice la movilidad del sector.

Objetivos Específicos

1. Evaluar la infraestructura del transporte público existente en Facatativá, identificando las deficiencias del servicio actual y los problemas que afectan a los usuarios y a la movilidad en el municipio.
2. Implementar lineamientos de la metodología del Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS) para obtener un diseño arquitectónico funcional, estético y sostenible que mitigue el daño ambiental generado por el transporte.
3. Diseñar el intermodal de transporte público terrestre que involucre los diferentes medios de transporte públicos del sector y se articule con el entorno inmediato, el RegioTram de Occidente y el tren vía Sostenible.
4. Implementar la metodología BIM en el modelado del intermodal de transporte en Facatativá con el fin de optimizar la planificación, diseño, construcción y gestión del ciclo de vida del edificio, mejorando la colaboración entre los diferentes equipos de trabajo, reduciendo los costos y tiempos de ejecución, y asegurando la calidad del proyecto

Hipótesis

Hipótesis arquitectónica

Un terminal intermodal de transporte con diseño moderno funcional y sostenible podría mejorar la eficiencia y experiencia de los habitantes de Facatativá, reduciendo la congestión vehicular, calidad de tiempo y espacio y promoción de un entorno urbano más ordenado y seguro.

Hipótesis urbana

La implementación del terminal en Facatativá contribuiría como un eje central el cual permita la conectividad regional con Bogotá y con demás departamentos. Permitiendo así un desarrollo urbano sostenible integrando los diferentes modelos de transportes existentes

Hipótesis Tecnológica

La incorporación de tecnologías innovadoras y sostenibles nos permitirá una optimización en la operación del terminal. Mejorando la movilidad, e integrando sistemas de información y gestión inteligente al tráfico, además, de ello, poder integrar tecnologías renovables e inteligentes y así lograr una infraestructura amigable con el medio ambiente y auto funcional.

Hipótesis de investigación

Realizar un estudio de forma mixta en donde nos permita obtener datos específicos sobre las necesidades de transporte las cuales nos permitiría identificar soluciones para lograr abordar los problemas de congestión seguridad y desorden urbano, logrando una contribución al conocimiento en planificación urbana y de transportes

Hipótesis de BIM

La implementación de la metodología BIM en el diseño de un terminal intermodal de transporte público mejorará la eficiencia en la planificación y ejecución del proyecto, optimizando la integración de diferentes modos de transporte y reduciendo los costos y tiempos de construcción, lo que resultará en un sistema más accesible y sostenible para los usuarios.

Marco de antecedentes

El municipio de Facatativá, localizado en el departamento de Cundinamarca, se sitúa a una distancia de 42 kilómetros de Bogotá. Su configuración geográfica, caracterizada por un relieve ondulado de colinas y cerros, junto con su conexión histórica mediante la vía férrea, constituyen elementos fundamentales para la comprensión de su estructura territorial. Según los registros censales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2005), Facatativá se integra de manera significativa al área urbana de Bogotá, evidenciando una marcada interconexión espacial y funcional con la capital regional.

Desde la década de 1970, el transporte público en Facatativá ha experimentado una transformación sustancial, configurándose como respuesta a las dinámicas de crecimiento demográfico que han convertido al municipio en una típica ciudad dormitorio. La alta demanda durante las horas pico ha generado un sistema de transporte caracterizado por su informalidad y desorganización, manifestado en la ausencia de rutas establecidas y paradas claramente definidas, lo que provoca una problemática de congestión y desorden vial.

Para lograr una planificación efectiva del transporte público, es necesario realizar un análisis comprensivo que contemple dos dimensiones críticas: la distribución espacial de las paradas y el tiempo de viaje de los usuarios. Siguiendo los postulados de Ramírez (2006), los estudios de accesibilidad espacio-temporal se presentan como herramientas analíticas fundamentales para identificar inequidades en la distribución de servicios, garantizar una movilidad más equitativa y optimizar la eficiencia del sistema de transporte.

El modelo de ciudad inteligente y sostenible.

El modelo de ciudad inteligente y sostenible se presenta como una respuesta necesaria a los cambios acelerados derivados de la Revolución de las Tecnologías de la Información y

Comunicación (TIC) y la creciente urbanización. Las ciudades enfrentan desafíos como la presión sobre los recursos, aumento de la demanda de servicios públicos y problemas sociales, económicos y ambientales interconectados.

Para abordar estos desafíos, es crucial adoptar estrategias de planificación y adaptación del entorno urbano que promuevan la inclusión y la participación ciudadana, aprovechando las posibilidades ofrecidas por las TIC. Las ciudades inteligentes y sostenibles utilizan las TIC para mejorar la toma de decisiones, eficiencia operativa y competitividad, satisfaciendo las necesidades presentes y futuras en aspectos económicos, sociales y medioambientales.

Estas ciudades se centran en el desarrollo integrado y sostenible, promoviendo la innovación, competitividad y resiliencia, lo que mejora la calidad de vida de los ciudadanos. Para lograrlo, es necesario un alto grado de creatividad, generación y difusión del conocimiento, así como la colaboración entre actores económicos, sociales, educativos y gubernamentales.

La planificación urbana debe evolucionar para incorporar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) como herramientas para analizar grandes volúmenes de datos y tomar decisiones más informadas. Esta transformación digital de sectores estratégicos como educación, salud y energía es fundamental para promover un desarrollo sostenible y equitativo en las ciudades.

El modelo de ciudad inteligente y sostenible va más allá de la implementación de programas ambientales, de movilidad o económicos. Este modelo promueve la integración social y el acceso equitativo a los servicios públicos, lo cual es crucial para el éxito empresarial y la innovación. En América Latina, y específicamente en México, se están explorando diversas experiencias y modelos de ciudades inteligentes y sostenibles como una forma de abordar los desafíos urbanos contemporáneos.

Esta transición hacia ciudades más inteligentes y sostenibles implica la adopción de tecnologías digitales para optimizar la gestión de recursos, mejorar la prestación de servicios y fomentar la participación ciudadana. Esto permitirá a las autoridades municipales y a la comunidad en general tomar decisiones más informadas y efectivas, orientadas a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

La implementación de este modelo de ciudad inteligente y sostenible representa un desafío, pero también una oportunidad para transformar los entornos urbanos de una manera más equitativa, eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Es fundamental que los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil trabajen de manera colaborativa para aprovechar el potencial de las TIC y construir ciudades más resilientes, inclusivas y sostenibles.

Potencialidades del metro ligero en la transformación del espacio urbano.

Las ciudades desarrolladas y en proceso de su desarrollo optan por un tranvía moderno metro ligero frente a otros modos de transporte público por razones coherentes de sostenibilidad “la adopción de una perspectiva holística y sistémica con interrelación e interdependencia ineludible con todas las dimensiones del medio como ecosistema con los comportamientos individuales y sociales, a la vez que, con los valores, los estilos de vida, las formas de producción, las tecnologías, las políticas y la estructura social”. (Pol, 1996)

Esta implantación de este sistema dentro de los espacios públicos requieren un proyecto global de regeneración urbana el cual permite mejorar la calidad de aire y equilibrar el espacio público entre peatones bicicletas y transportes motorizados haciendo una reducción del suelo ocupado por los automóviles y también reduce el consumo energético esta transformación urbana implica un cambio en la percepción del espacio urbano la recuperación de vías en los centros disminuye la contaminación.

Definición de las funciones del metro ligero entre los sistemas de transporte este capítulo habla de cómo se debe configurar el sistema de los metros dependiendo la demografía de cada ciudad para así lograr configurar viajes interurbanos y viajes radiales cuya conexión sea del centro de la ciudad con los barrios y los corredores de mayor demanda en donde se tienen en cuenta los autobuses que juegan un papel de alimentador y distribuidor del metro.

Otras opciones como del metro ligero son áreas suburbanas interurbanas por ejemplo cómo conectar una ciudad principal con una ciudad satélite de su área metropolitana como está en el caso de un Utrecht en Holanda que cuenta con una Red de 18 km de longitud para conectar dos ciudades situadas a corta distancia como en el caso de Colonia Alemania y 44 km de longitud

El metro ligero, como sistema de transporte eficiente y limpio, se ha convertido en una solución estratégica para abordar los desafíos de la movilidad urbana y la sostenibilidad en las ciudades.

Este tipo de sistema de transporte público presenta numerosos beneficios. En primer lugar, contribuye a mejorar la calidad ambiental al reducir las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustibles fósiles. Además, al disminuir la congestión vehicular, el metro ligero descongestiona las vías y mejora la fluidez del tráfico, lo que se traduce en una reducción de los tiempos de desplazamiento y los niveles de estrés para los usuarios.

Asimismo, la implementación de un metro ligero fomenta el uso del espacio público para actividades peatonales y recreativas. Al priorizar el transporte público sobre el transporte privado, se libera espacio en las calles que puede ser destinado a la creación de zonas peatonales, áreas verdes, ciclovías y otros usos que mejoran la calidad de vida de los habitantes.

La adopción de sistemas como el metro ligero se fundamenta en una perspectiva holística y sistémica que considera la interrelación entre el medio ambiente, el comportamiento individual

y social. Estos sistemas ofrecen mayor regularidad, frecuencia y accesibilidad, reduciendo los tiempos de desplazamiento en comparación con otros modos de transporte compartido.

Impacto Ambiental

La implementación de un sistema de metro ligero representa una estrategia efectiva para mitigar los efectos del transporte motorizado sobre el medio ambiente urbano, al reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Renovación Urbana

La implementación de sistemas de tranvía o metro ligero conlleva una transformación del espacio urbano que puede favorecer la revitalización económica y la mejora del entorno. Esto incluye la mejora de la accesibilidad, la reducción del impacto visual y sonoro, y la creación de un entorno más seguro y agradable para los ciudadanos.

Dentro de estas funciones, se destacan varios aspectos clave que deben considerarse para evaluar el impacto y la eficacia de los sistemas de transporte público, como la movilidad urbana, la calidad ambiental y la renovación urbana. Estos aspectos abarcan desde la planificación de la infraestructura y las estaciones hasta la integración con otros modos de transporte, la gestión del ruido y las vibraciones, la mitigación de la contaminación atmosférica, y el diseño urbano y el mobiliario urbano adecuados.

El transporte juega un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico de una región, y la sostenibilidad es un aspecto crucial a considerar para garantizar que dicho desarrollo sea equitativo, eficiente y respetuoso con el medio ambiente. A continuación, se presentan algunas conclusiones y puntos clave obtenidos de libros, investigaciones y tesis universitarias sobre la importancia de la sostenibilidad aplicada al transporte.

Marco teórico

A continuación, nos remitimos a tres referentes de la arquitectura y de desarrollo urbano en donde se realiza un análisis en donde se consideran sus características sobre la movilidad en torno a las ciudades y hacen un énfasis a las tecnologías, estructuras y teorías en el transporte público con relación a como se ha desarrollado dentro de la urbe y como estas intervienen dentro de las metrópolis como ejemplo para este proceso monográfico.

Teoría de ciudades -Manuel Herce.

Según Herce (1974), las actividades independientes de las grandes urbes se localizan con la conexión y comunicación que ofrece el territorio. Estos municipios se entienden como pequeños centros donde se intercambian servicios y actividades diversas que atraen usuarios y generan movilidad.

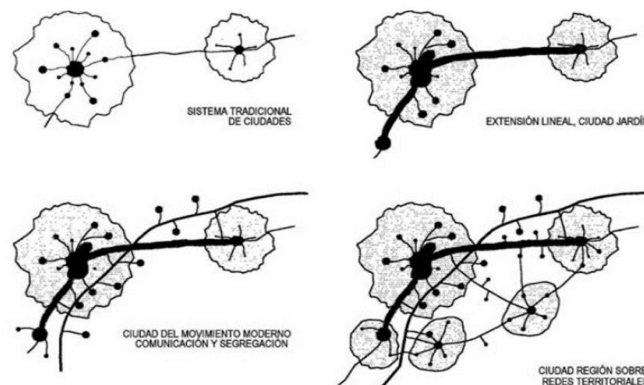
El autor defiende la necesidad de desarrollar un modelo de ciudad que priorice la movilidad sostenible, reduciendo la dependencia del automóvil y fomentando el uso de medios de transporte más limpios y eficientes. Este modelo implicaría una reconfiguración del espacio urbano, con una mayor densidad en los centros urbanos y una mejor conexión entre las diferentes zonas, lo que permitiría reducir los tiempos de desplazamiento y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Además, el autor propone una gestión más eficiente de los recursos energéticos, promoviendo el uso de energías renovables y la optimización de los sistemas de transporte público.

Los recorridos existentes y esta modalidad de desplazamiento son fruto de las concesiones del pasado, por esto, quedan obsoletos en la actualidad ya que sus características y sus trayectos no son las apropiadas; generando así paradas, y terminales en lugares inadecuados, así que el autor nos dice que para poder pretender mejorar este servicio se debe racionalizar el sistema,

estableciendo una jerarquía en donde el autobús interurbano deba llegar a una estación de terminales la cual garantice una buena transferencia en donde este sea prioritario, pero también se pueda implementar otros medios de movilidad dando como finalidad una conexión una organización y recorridos a la red urbana de movilidad, la ubicación de paradas, localización y las facilidades de los puntos de transbordo con otros sistemas y el modelo de gestión del sistema propio como tarifas tiempo etc.

Se considera a este referente ya que busca integrar una red urbana la cual se adapte y solucione las problemáticas de movilidad que existen dentro de la ciudad con los diferentes municipios ya que se pueden identificar aportes, estrategias y metodologías permitiendo así ver un punto de vista de cuáles son los objetivos para así lograr alcanzar un modelo de ciudad sostenible a partir de la red urbana de movilidad teniendo en cuenta que los municipios pequeños que quedan en los alrededores de Bogotá tienen como función ser micro centralidades en donde se ejercen una pequeña parte de la función, pero no completa lo cual obliga a la población un desplazamiento a la ciudad, en donde la gestión del sistema de movilidad no logra suplir un modelo de movilidad pensado de forma correcta para sus usuarios.

Figura 2
Sistema de ciudades



Nota: Tomado de “Libro sobre la movilidad en la ciudad”; Manuel Herce (2017)

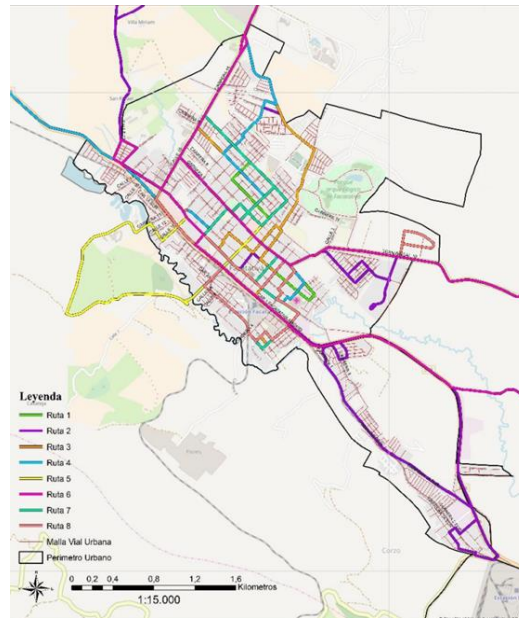
Sistema de indicadores acerca de la cobertura y accesibilidad del transporte público urbano en el municipio de Facatativá - Cristhian Camilo Castillo.

Según Ordoñez (s.f.), el transporte público urbano colectivo se convierte en un eje central del desarrollo de todo tipo de actividades para los habitantes de los municipios y ciudades. En el caso específico del municipio de Facatativá, se observa un crecimiento poblacional anual del 3% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], s.f.), con una población proyectada de aproximadamente 136.920 habitantes para el año 2017. Esto convierte a Facatativá en el segundo municipio más poblado del departamento de Cundinamarca.

Este modelo de indicadores permite tener un acercamiento al estudio de cuáles son las ruta factibles para obtener una principal accesibilidad en la mayor área posible, según los análisis realizados se visualiza que existen ocho rutas urbanas puntualmente con la ayuda de los diferentes análisis del espacio y sus usos se determinan indicadores de área, densidad poblacional, las zonas con mayor flujo, entre otros factores que da acceso al uso del transporte público terrestre existente, y al estudio del tejido urbano de cómo se conforma dentro de Facatativá, que permite identificar de qué forma se opera el servicio de transporte determinando sus recorridos, distancias, tiempos de viajes, rutas, características, servicios, y falencias por lo cual facilita reconocer, plantear objetivos para prestar un servicio más eficiente con una mayor cobertura.

Figura 3

Rutas Transporte Público Urbano Facatativá.



Tomado de “Sistema de indicadores acerca de la cobertura y accesibilidad del transporte público urbano en el municipio de Facatativá”; Ordoñez (2018)

Ricardo Montezuma

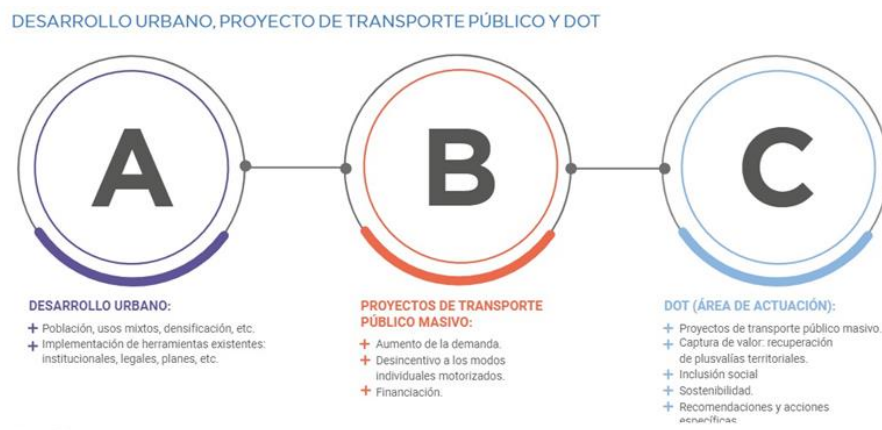
Según Montezuma (2021), un modelo férreo ideal para un proyecto de transporte público debe cumplir con ciertas características clave. En primer lugar, debe ser un tren ligero-regional que tenga una cobertura metropolitana y suburbana, lo que le permite atender una amplia zona geográfica. Además, el trazado del sistema debe estar sobre nivel y segregado, lo que brinda mayor seguridad a los usuarios. En términos de capacidad, el modelo debe poder transportar entre 15,000 y 25,000 personas por hora. Finalmente, a nivel técnico, el sistema debe utilizar ruedas metálicas, riel a nivel conductor y catenaria eléctrica para el suministro de energía, lo que contribuye a una operación eficiente y sostenible.

Desarrollo orientado al transporte DOT

Este plan de movilidad urbana tiene como objetivo convertir las ciudades en espacios más sostenibles y justos, integrando los sistemas de transporte con el desarrollo urbano. Al definir directrices y estrategias claras, se pretende asegurar que todos los ciudadanos tengan acceso a servicios de transporte público eficientes y asequibles, disminuir la congestión vehicular y mejorar la calidad del aire. Asimismo, se impulsa la movilidad activa, como caminar y andar en bicicleta, y se promueve el uso de tecnologías limpias para mitigar el impacto ambiental.

Figura 4

Desarrollo Urbano, proyecto de transporte público y DOT



Tomado de “Desarrollo orientado al transporte”; Jason Bobbs (2021)

Desarrollo orientado al transporte sostenible (DOTS)

El Dot es un instrumento metodológico en donde se establece modelos de integración urbana que busca mejorar la calidad de vida fortaleciendo centralidades mediante el desarrollo de espacios públicos que sean dinámicos y de gustos mixtos los cuales se pueda realizar actividades residenciales comerciales laborales y de recreativas incentivando así el transporte de la bicicleta de los peatones y del uso o transporte público minimizando el uso del auto particular y

reduciendo los viajes a distancias disminuyendo el impacto negativo de la contaminación ambiental siendo un ente articulador de la conciencia del crecimiento urbano con diferentes modos de transportes sostenible.

Marco conceptual

Infraestructura de un terminal de transporte

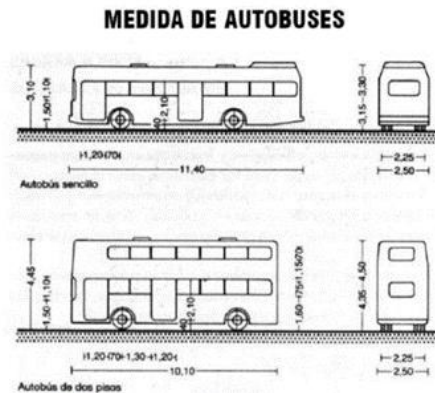
Para asegurar el éxito del proyecto de construcción del terminal de transporte terrestre, se realizó un análisis exhaustivo de las necesidades presentes y futuras de la comunidad. Esta información fue fundamental para diseñar un espacio que fuera funcional y seguro, cumpliendo con los estándares internacionales en transporte y logística. Se tomaron en cuenta aspectos como el flujo de pasajeros, los tipos de vehículos, las conexiones con otros modos de transporte y las normativas de seguridad, lo que facilitó la optimización del diseño y garantizó una operación eficiente y sostenible a largo plazo.

Áreas de llegada y salida: Plataformas de embarque y desembarque son espacios designados en donde los pasajeros suben y bajan de los vehículos estas áreas están claramente señalizadas y organizadas para facilitar el flujo de los pasajeros.

Carriles de tráfico: son las vías de acceso y salida para vehículos que transportan pasajeros o carga hacia y desde el terminal.

Dimensiones buses sencillos y de dos niveles

Figura 5
Medida de buses



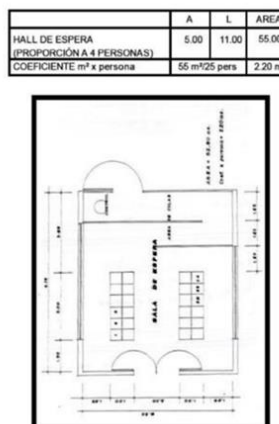
Nota: Tomado de “Fichas antropométricas terminal terrestre”; por Rodriguez, et al, 2011.

Zona espera

Son espacios seguros y cómodos en donde los pasajeros pueden esperar la llegada es un transporte.

Dimensiones de sala de embarque

Figura 6
Sala de embarque



Nota: Tomado de “Fichas antropométricas terminal terrestre”; por Rodriguez, et al, 2011.

Área de concesiones

Son aquellos espacios los cuales cuentan con locales comerciales, restaurantes y servicios que ofrecen conveniencia y comodidad a los pasajeros.

Taquilla y puntos de información

Son espacios los cuales los pasajeros pueden comprar los tiquetes pueden obtener información sobre horarios rutas y también recibir asistencia los cuales favorecen su estadía en el espacio.

Áreas de administración

Son espacios que cuentan con oficinas administrativas las cuales se encargan de la gestión operativa del terminal transportes terrestre

Instalaciones sanitarias

Baños accesibles cómodos limpios para pasajeros y empleados teniendo en cuenta a personas con movilidad reducida

Interconexiones entre modos de transporte

Áreas donde los pasajeros pueden cambiar de un modo de transporte a otro de manera segura y conveniente como por ejemplo poder tomar un taxi usar bicicleta o usar algún sistema de transporte

Señalización y orientación

Señalización clara y direccional la cual guía a los pasajeros hacia los diferentes modos de transporte disponibles en el terminal y ubicarlos según el punto de donde se encuentren

Áreas de mantenimiento: son instalaciones que funcionan para el mantenimiento y reparación de los vehículos, así como también para guardar o almacenar los suministros

Estacionamiento

Existen dos espacios para estacionamientos el primero podría estar para los vehículos de los pasajeros taxis autobuses y otros medios de transporte que no hagan parte del terminal de transporte si no de sus usuarios y también está el estacionamiento de salida y entrada de los buses.

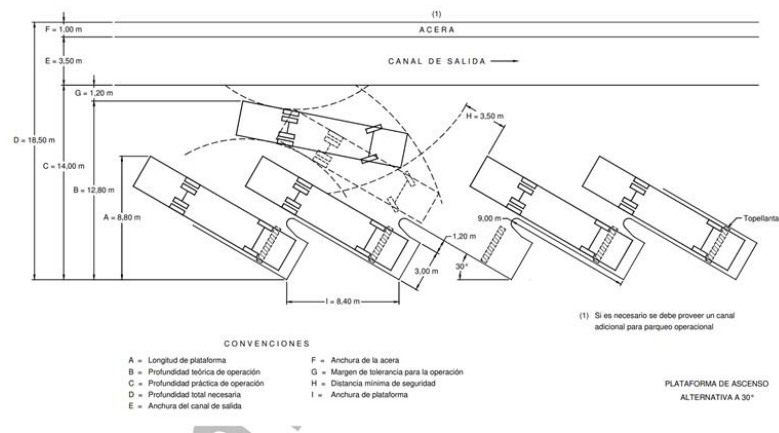
Cuartos técnicos

Son aquellos espacios de acceso en los cuales se ubicarán todos los elementos de los sistemas eléctricos, aguas, bombeo, etc. necesarios para que funcione la estación y sistema del terminal en general.

Áreas de carga y descarga

Son aquellas zonas dedicadas para hacer cargas y descargas eficientes de pasajeros o de la mercancía.

Figura 7
Norma estación de buses



Nota: Tomado de PROYECTO DE NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

Personal de seguridad

Garantiza la seguridad de los pasajeros prevenir incidentes y responder de emergencia para estas personas también es importante tener una instalación en donde pueda tener toda la mi tarea y supervisar actividades dentro del terminal

Sistema de vigilancia

Esto hace parte a la Red de conexiones en donde se llevaba a cabo las cámaras de seguridad y un sistema de monitoreo en donde supervise las actividades en el terminal y proporcionen evidencia en caso de incidentes para ello también se necesita un de mantenimientos

Sistema de gestión de tráfico

El terminal debe contar con tecnologías que optimicen el flujo de vehículos y pasajeros dentro del terminal así crea un sistema eficiente y rápido.

Marco histórico

La historia del transporte en Colombia refleja su evolución económica y social. Desde sus inicios modestos, donde la movilidad se limitaba al transporte a pie, a caballo o por vías fluviales, el país ha experimentado una transformación significativa con la introducción de tecnologías como el ferrocarril y el automóvil. Estos desarrollos han facilitado la conexión entre regiones, impulsado el comercio y mejorado la movilidad de las personas, contribuyendo al crecimiento urbano y al desarrollo industrial. Sin embargo, esta evolución también ha traído consigo nuevos desafíos, como la congestión vehicular y la contaminación ambiental, lo que ha llevado a la implementación de políticas públicas que fomentan sistemas de transporte más sostenibles y eficientes.

El transporte en Colombia ha sido fundamental para integrar un país caracterizado por su diversidad geográfica e histórica. A pesar de su importancia, los gobiernos no han desarrollado proyectos adecuados para modernizar y expandir este sector, lo que ha limitado el crecimiento económico y la movilidad. Durante el siglo XIX y gran parte del XX, el uso de medios de transporte tradicionales como el arriero persistió, mientras que otras regiones de América Latina avanzaban hacia la modernización. La falta de innovación tecnológica y las dificultades geográficas han obstaculizado el desarrollo de redes de transporte efectivas.

A finales del siglo XIX, el ferrocarril cobró protagonismo en Colombia como resultado de la revolución industrial. El Estado colombiano, al ser productor de carbón, implementó sistemas de transporte basados en la máquina de vapor, reemplazando la tracción animal por un medio más eficiente y rápido. Esto impulsó el crecimiento del sector industrial al conectar regiones de difícil topografía en el país, contribuyendo así a la organización y articulación del espacio urbano. Durante principios del siglo XX, el país experimentó un notable crecimiento económico gracias

al desarrollo del ferrocarril, que fue considerado la innovación más importante en materia de transporte de la época.

La construcción de nuevas vías férreas facilitó la conexión entre regiones y redujo los costos de transporte, promoviendo un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes al integrarse con otras áreas del país.

Marco normativo

Decreto 1079 de 2015: Regulación del Transporte Público

El Decreto 1079 de 2015, conocido como el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte, establece los lineamientos fundamentales para la planificación, organización y funcionamiento de los sistemas de transporte público en Colombia. En el contexto de un proyecto de terminal intermodal, este decreto resulta crucial para definir los parámetros operativos y de infraestructura (Ministerio de Transporte, 2015).

La normativa enfatiza la necesidad de diseñar espacios que garanticen la accesibilidad, seguridad y eficiencia en la conexión entre diferentes medios de transporte, principios fundamentales para el desarrollo de un terminal intermodal contemporáneo.

Título J de la Norma NSR-10: Requisitos de Diseño Estructural

La Norma Sismo Resistente NSR-10, en su Título J, proporciona los lineamientos técnicos específicos para el diseño estructural de edificaciones destinadas a servicios públicos y de transporte. Este marco normativo es crucial para garantizar la seguridad estructural de la terminal intermodal (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

Los aspectos principales abordados en el Título J incluyen:

Requisitos estructurales para edificaciones de uso público

Parámetros de diseño sismo resistente

Especificaciones técnicas para materiales de construcción

Criterios de diseño para cargas vivas y muertas

Consideraciones especiales para estructuras de gran envergadura

Medidas de Buses:

Bus Intermunicipal:

Longitud: 10 a 14 metros.

Ancho: 2.5 a 2.6 metros.

Altura: 3.2 a 3.8 metros.

Buseta:

Longitud: 7 a 9 metros.

Ancho: 2.3 a 2.5 metros.

Altura: 3 a 3.5 metros.

Medidas de Carros:

Carro Pequeño (Sedán):

Longitud: 3.8 a 4.5 metros.

Ancho: 1.7 a 1.8 metros.

Altura: 1.4 a 1.5 metros.

SUV o Camioneta:

Longitud: 4.5 a 5.0 metros.

Ancho: 1.8 a 2.0 metros.

Altura: 1.6 a 1.8 metros.

Medidas de Calles en Facatativá:

Calles Urbanas:

Ancho: 7 a 9 metros (incluyendo carriles y andenes).

Carriles: Generalmente de 3 a 3.5 metros de ancho por carril.

Aceras/Andenes: 1 a 2 metros de ancho.

Calles en Zonas Rurales o Secundarias:

Ancho: 4 a 6 metros (sin incluir aceras).

Marco Referencial

Los referentes encontrados, son fundamentales para obtener conocimiento y directrices importantes en el diseño, forma y funcionalidad de proyectos relacionados con el transporte y el contexto urbano. Estos proyectos suelen destacarse por la intermodalidad, la sostenibilidad y la creación de espacios destinados al peatón.

Intermodalidad: integrar diferentes modos de transporte, como autobuses, trenes, bicicletas y peatones, para ofrecer opciones de movilidad variadas y eficientes.

Sostenibilidad: uso de energías limpias, la reducción de emisiones contaminantes y el diseño de infraestructuras que minimicen el impacto ambiental. Espacios peatonales Áreas peatonales seguras, accesibles y atractivas es muy importante para fomentar la movilidad activa y mejorar la calidad de vida en las ciudades.

Eficiencia en el diseño: proyectos que se encuentren bien diseñados y planificados para satisfacer las necesidades de los usuarios, optimizando el uso del espacio disponible y garantizando la funcionalidad del sistema de transporte. Al estudiar y analizar estos referentes,

los planificadores y diseñadores pueden obtener ideas las cuales nos permiten desarrollar funcionales efectivos y adecuados para satisfacer las necesidades específicas de los habitantes.

Estación Intermodal De Utrecht Holanda

Según el Ector Hoogstad el proyecto de la estación intermodal de Utrecht, en los Países Bajos, se considera un modelo destacado de intermodalidad, destacándose por su diseño, funcionalidad e implementación de conceptos sostenibles. Este proyecto no solo integra sistemas de transporte tradicionales, sino que también incluye instalaciones como aparcamientos para bicicletas, espacios de uso mixto que albergan oficinas y comercios, así como áreas públicas con recorridos peatonales y ciclovías.

En la estación central de Utrecht, se manifiesta la intermodalidad a través de la conexión entre el tren de alta velocidad, el tranvía, los autobuses locales y las bicicletas. Este sistema se complementa con aparcamientos para bicicletas privadas, servicios de alquiler de bicicletas públicas, edificios comerciales y espacios públicos diseñados para los usuarios, que fomentan la integración no solo del transporte, sino también del peatón al facilitar el caminar, permanecer y socializar

Figura 8

Corte Terminal de central de Utrecht



Nota: Tomado de arqa.editorial@gmail.com. (2019, 26 junio). *Transparent Retail Pavilion* – ARQA. ARQA.

Metro de Sevilla

El metro de Sevilla, un sistema de transporte público ligero y contemporáneo, se ha consolidado como un componente esencial en la movilidad tanto de la ciudad como de su área metropolitana. Con una longitud de 18 kilómetros y 21 estaciones, esta red ferroviaria conecta eficientemente los principales núcleos urbanos, comerciales y residenciales, facilitando así los desplazamientos de los ciudadanos y ayudando a mitigar la congestión vehicular. Además de su papel como medio de transporte, el metro ha promovido el desarrollo urbano en Sevilla, estimulando la creación de nuevos barrios y revitalizando zonas ya existentes. Este sistema no solo mejora la accesibilidad, sino que también contribuye a un entorno más sostenible al reducir la dependencia del automóvil y fomentar el uso de alternativas de transporte más limpias.

Metodología

1. “Evaluar la infraestructura del transporte público existente en Facatativá, identificando las deficiencias del servicio actual y los problemas que afectan a los usuarios y a la movilidad en el municipio.”

a) Revisión de datos históricos de la transformación del transporte público en Facatativá en la base de datos de la alcaldía del municipio para tener una primera aproximación del contexto histórico del problema. se espera realizarse en una duración aproximada de 2 semanas

b) Recolección de datos documentados sobre el transporte actual (RegioTram) (Vías del tren Facatativá - Mesa) para conocer la oferta y demanda del transporte público, las rutas y los terminales existentes, y las propuestas férreas planteadas en Facatativá como lo es el RegioTram de Occidente y el corredor férreo sostenible. De acuerdo a Alonso Rico y Óscar De Buen resaltan la búsqueda de información Documental, Información sobre la Oferta de Transporte e Información de la Demanda de Transporte para saber la escala del proyecto y plantear con exactitud el problema por medio de un árbol de problemas, se espera realizarse en una duración aproximada de 2 semanas

c) Se hará un análisis del entorno de acuerdo a la información prestada por el POT de la alcaldía de Facatativá, se harán diagnósticos para saber las necesidades de los usuarios de forma gráfica, se hará en un mes

2, “Establecer lineamientos de la metodología del desarrollo orientado al transporte sostenible (DOTS) para obtener un diseño arquitectónico funcional, estético y sostenible que mitigue el daño ambiental generado por el transporte.”

a) Investigación de los Lineamientos del DOTS para así identificar las propuestas de la metodología de los DOTS de acuerdo al diseño funcional, eficiente y estético de modelos arquitectónicos, por medio de la guía para el desarrollo orientado al transporte sostenible (DOTS) en ciudades intermedias. se espera realizarse en una duración aproximada de 1 semanas.

b) Análisis de referentes acerca de modelos de transporte público exitosos implementados en Colombia y otros países por medio de la investigación de artículos, libros, revistas, etc en base de datos específicos con el fin de expandir las posibles soluciones de la infraestructura del transporte público y adaptar ideas internacionales a contextos nacionales. se espera realizarse en una duración aproximada de 1 semanas.

c) De acuerdo a las determinantes bioclimáticas de Facatativá, proponer tecnologías sostenibles adaptables a la función del equipamiento en busca de mitigar la contaminación ambiental, se espera realizarse en una duración aproximada de 2 semanas.

3 “Diseñar el modelado del intermodal de transporte público terrestre que involucre los diferentes medios de transporte públicos del sector y se articule con el regíoTram de Occidente y el corredor sostenible”

a) Formulación de la propuesta volumétrica y urbana de acuerdo a la conclusión de los diagnósticos, información documentada de oferta y transporte, estrategias DOTS y determinantes ambientales del sector, se espera realizarse en una duración aproximada de 3 semanas.

b) Diseño del espacio público inmediato para la implantación del proyecto para generar la articulación de la composición con el espacio público inmediato, el sistema de vías existente, y la red férrea planteada, se realizaría por medio del programa arquitectónico Autocad . se espera realizarse en una duración aproximada de 4 semanas.

c) Creación del Modelado final 3D y maqueta física de acuerdo a los espacios requeridos según a los análisis planteados por medio procesos constructivos digitales con ayuda de programas arquitectónicos como Autocad, Revit, etc. espera realizarse en una duración aproximada de 6 semanas.

Capítulo I

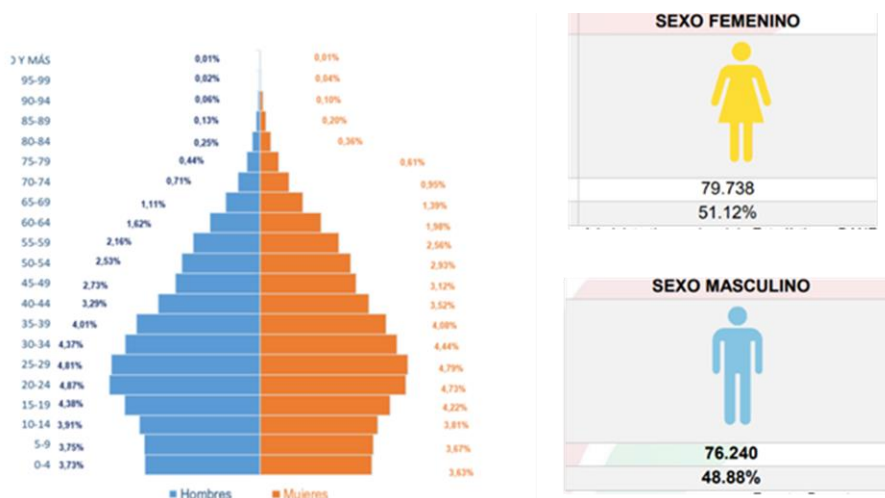
1.1 Diagnostico y Reconocimiento del lugar (Factitiva)

1.1.1 Población

Este estudio analiza la dinámica poblacional del municipio de Facatativá, utilizando como fuente principal el Plan de Desarrollo Municipal. El análisis se centra en el crecimiento demográfico, considerando variables como género, edad y capacidad económica, entre otras. La información se basa en datos estadísticos oficiales del DANE y el Sisbén.

De acuerdo con el Censo de 2018 y datos de población del año 2020, Facatativá cuenta con 155,978 habitantes, lo que representa el 4.81% de la población total del departamento de Cundinamarca, que es de 3,242,999 personas, donde se observa que la mayor parte de la población de Facatativá se concentra en el grupo de jóvenes entre 15 y 29 años, incluyendo tanto hombres como mujeres. Asimismo, los niños y niñas menores de 14 años representan una parte importante de la población.

Figura 9
Población presente en Facatativá



Nota: Tomado de ‘concejo Facatativá’. Facatativá correcta propósito común (2020-2024)

1.1.2 Población con capacidades reducida

: Se define como persona con discapacidad a aquella que presenta limitaciones físicas o mentales que le impiden desenvolverse de manera normal en su entorno, generando barreras para su participación plena e igualitaria en la sociedad.

Según datos del Departamento Nacional de Estadística (DANE), en 2010 se contabilizaron 1.105 personas con discapacidad en Facatativá. Para 2018, el Ministerio de Salud y Protección Social reportó un aumento a 1.662 personas con discapacidad, de las cuales 766 eran mujeres y 896 hombres.

El análisis de la población con discapacidad en Facatativá indica que el grupo de adultos mayores de 80 años es el más afectado, seguido por aquellos entre 40 y 60 años.

Adicionalmente, una encuesta del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios para Programas Sociales (Sisbén) reveló que 2.341 personas presentan una o más condiciones que les dificultan la realización de actividades cotidianas. De este grupo, el 66% presenta sordera total, mientras que otras dificultades incluyen problemas para moverse o caminar (48%), salir a la calle (43%), aprender (33%), ceguera total, y dificultades para vestirse o alimentarse por sí mismas (29%), así como mudez (29%). Estos datos evidencian la necesidad de implementar políticas públicas que promuevan la inclusión y la accesibilidad para las personas con discapacidad en Facatativá, garantizando su participación activa y plena en la sociedad.

1.1.3 Estructura ecológica

Facatativá se distingue por su amplia red de recursos hídricos, que es un componente esencial para su desarrollo. El municipio cuenta con dos ríos principales: el río Los Andes, que se

conecta con diversas quebradas, y otro río que no se menciona específicamente. La abundancia de agua en Facatativá es vital para el mantenimiento de los humedales locales, los cuales son hogar de una significativa parte de la biodiversidad del área.

En lo que respecta a la cobertura vegetal, Facatativá presenta una diversidad notable. Aproximadamente el 25% del territorio está cubierto por vegetación, de la cual solo el 5% corresponde a especies nativas. Esta cobertura vegetal se clasifica en varias categorías, incluyendo bosques, pastizales o praderas, arbustos y matorral xerofítico.

Figura 10
Estructura ecológica



Nota: elaboración propia

Estas áreas vegetales están sujetas a planes de manejo y ordenamiento diseñados por las autoridades pertinentes, con el propósito de asegurar su conservación y protección.

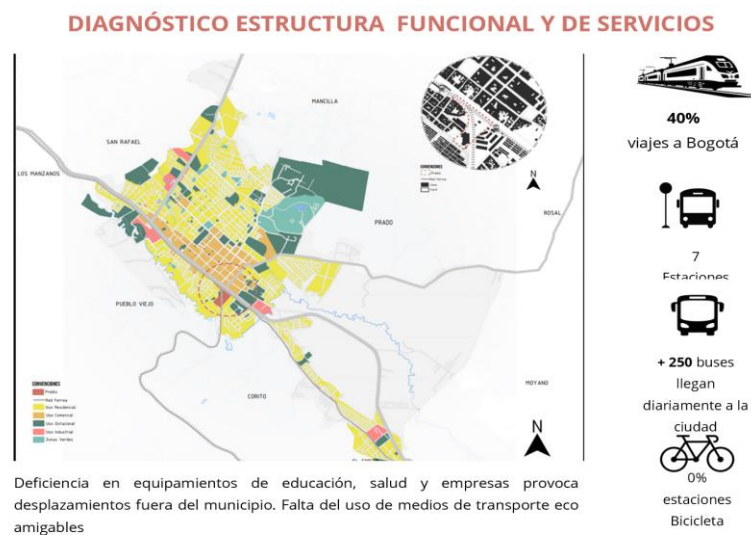
1.1.4 Estructura funcional y de servicios

El municipio de Facatativá presenta una población total de 155.978 habitantes, distribuida de manera equilibrada entre hombres y mujeres, según el censo del Departamento Nacional de Estadística (DANE). Se observa una concentración significativa de población joven, en el rango de edad de 10 a 40 años.

A pesar de esta dinámica demográfica, se ha reportado que el 85% de la población vive en condiciones de pobreza y vulnerabilidad, lo que representa aproximadamente el 65% del total de habitantes.

En cuanto a la actividad económica, el 65% de los residentes se encuentran económicamente activos, con alrededor de 25.000 personas trabajando fuera del municipio. Esta situación demanda una planificación estratégica en materia de transporte y desarrollo de políticas que atiendan las necesidades de una población en crecimiento, considerando las condiciones de pobreza y la alta tasa de migración laboral.

Figura 11
Estructura Funcional y de Servicios



Nota: elaboración propia

1.1.5 Equipamientos

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Facatativá realizó un estudio exhaustivo sobre la distribución y tipología de los equipamientos presentes en el municipio. Se identificaron un total de 246 equipamientos, de los cuales 235 se encuentran en el casco urbano y 11 en la zona rural, el análisis reveló que 191 de estos equipamientos son de carácter colectivo, mientras que el resto son de uso privado.

Se evidenció una carencia significativa de equipamientos relacionados con la educación y la salud, lo que sugiere una dependencia de servicios externos al municipio. La predominancia del uso residencial en Facatativá, junto a la falta de equipamientos esenciales, la posiciona como una "ciudad dormitorio", donde la población se desplaza a otros municipios para acceder a servicios básicos y oportunidades laborales.

1.1.6 Diagnóstico económico

El análisis del panorama económico de Facatativá es crucial para comprender su capacidad de desarrollo a nivel local y regional. Las principales actividades económicas del municipio se centran en el comercio, la educación, la salud, el transporte, la industria y la administración pública. En las áreas urbanas, el comercio y los servicios dominan la actividad económica, especialmente en el centro urbano. En las zonas rurales, la agricultura juega un papel fundamental, destacándose el cultivo de flores, que requiere una importante cantidad de recursos hídricos.

El sector industrial ha tenido un impacto significativo en el crecimiento del municipio, pero su expansión en áreas no aptas para actividades industriales ha afectado la estructura

ecológica y el sistema de movilidad urbana. En términos de infraestructura, se identifican cinco supermercados en el ámbito urbano y una plaza de mercado a nivel regional. Sin embargo, existe un desafío fundamental: la desconexión entre el crecimiento económico y el estilo de vida de la población local. Esto indica la necesidad de realizar ajustes en las estrategias de desarrollo económico y en la distribución de recursos para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de Facatativá.

Figura 12
Diagnostico socio económico



Nota: elaboración propia.

1.1.7 Conclusión

En cuanto a la población, se destaca que Facatativá presenta una estructura joven, con un alto porcentaje de personas entre los 15 y 29 años. Sin embargo, el estudio de la población con discapacidad muestra un aumento en este grupo entre 2010 y 2018, siendo los adultos mayores de

80 años los más afectados. Se identifican diferentes tipos de discapacidad, como sordera, dificultades para moverse, aprender y realizar actividades cotidianas.

Por otro lado, la estructura ecológica de Facatativá se caracteriza por una amplia red de recursos hídricos, esenciales para su desarrollo. Los ríos y quebradas del municipio son vitales para el mantenimiento de los humedales y la biodiversidad local, lo que resalta la importancia de preservar y cuidar estos ecosistemas.

En cuanto a la infraestructura y equipamientos, si bien Facatativá cuenta con una variedad de servicios, especialmente en el casco urbano, se identifica una falta de infraestructura para educación y salud. Esto convierte al municipio en una "ciudad dormitorio", donde la población vive, pero debe depender de servicios externos para satisfacer algunas de sus necesidades básicas.

Estos hallazgos sugieren la necesidad de implementar estrategias integrales que aborden tanto los aspectos demográficos como las condiciones ambientales y de infraestructura del municipio. Es fundamental promover el desarrollo sostenible, fortalecer los servicios locales y fomentar una mejor calidad de vida para todos los habitantes de Facatativá. Esto requerirá un esfuerzo coordinado entre las autoridades, la comunidad y los diversos sectores involucrados, con el objetivo de aprovechar los recursos existentes y abordar los desafíos identificados en este estudio.

1.2 Oferta y demanda del transporte

La movilidad en el municipio es un aspecto crucial para comprender la dinámica social y económica de la región. Este estudio tiene como objetivo principal caracterizar los patrones de movilidad, analizando diversos parámetros que incluyen la cantidad de viajes realizados, los horarios de mayor actividad y los trayectos más frecuentes. A través de esta caracterización, se busca entender cuántos viajes se llevan a cabo en promedio durante un día en el municipio.

El objetivo principal es la caracterización de la movilidad del municipio en donde se definen parámetros sobre la cantidad de viajes de transporte horarios principales trayectos y para entender en promedio cuántos viajes se realizan durante el día en el municipio.

La hora pico de los viajes se presenta principalmente entre las cinco y las siete de la mañana y entre el mediodía a las 11:30 a 1:40 más del 90% de los viajes aproximadamente 184,000 1968 se realizan en una sola etapa es decir que no hay transbordo y 14,000 1446 tienen que realizar al menos un transbordo para llegar a su destino.

Los viajes se caracterizan de la siguiente manera el 46% de viajes es para trabajar y el 25% es para las personas que estudian 43% de viajes y realizan a pie y 6% en bicicleta.

Tabla 1
Viajes por día

MODO PRINCIPAL	VIAJES
VIAJES DIA TOTALES	199,512
VIAJES DIA A PIE	85,775
VIAJES DIA EN BICICLETA	12,155
VIAJES DIA EN VEHICULO PRIVADO	14,396
VIAJES DIA EN TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO	59,141
VIAJES DIA EN TRANSPORTE PUBLICO INDIVIDUAL	1,833
VIAJES DIA EN MOTOCICLETA	8,128
VIAJES DIA EN BUS PRIVADO	17,779
VIAJES DIA EN OTROS MODOS	255

Nota: Tomadas de “PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANO - MUNICIPIO DE FACATATIVÁ”, Gobierno de Cundinamarca (2014)

Tabla 2
Demanda máxima de viajes en la mañana

MODO PRINCIPAL	VIAJES
VIAJES HMD AM TOTALES	34,941
VIAJES HMD AM A PIE	12,003
VIAJES HMD AM EN BICICLETA	2,589
VIAJES HMD AM EN VEHICULO PRIVADO	2,328
VIAJES HMD AM EN TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO	10,174
VIAJES HMD AM EN TRANSPORTE PUBLICO INDIVIDUAL	179
VIAJES HMD AM EN MOTOCICLETA	2,043
VIAJES HMD AM EN BUS PRIVADO	5,594
VIAJES HMD AM EN OTROS MODOS	30

Nota: Tomadas de “PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANO - MUNICIPIO DE FACATATIVÁ”, Gobierno de Cundinamarca (2014)

Tabla 3

Demanda máxima de viaje en la Tarde

MODO PRINCIPAL	VIAJES
VIAJES HMD PM TOTALES	12,670
VIAJES HMD PM A PIE	3,718
VIAJES HMD PM EN BICICLETA	571
VIAJES HMD PM EN VEHICULO PRIVADO	698
VIAJES HMD PM EN TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO	4,676
VIAJES HMD PM EN TRANSPORTE PUBLICO INDIVIDUAL	91
VIAJES HMD PM EN MOTOCICLETA	552
VIAJES HMD PM EN BUS PRIVADO	2,342
VIAJES HMD PM EN OTROS MODOS	22

Nota: Tomadas de “PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANO - MUNICIPIO DE FACATATIVÁ”, Gobierno de Cundinamarca (2014)

En síntesis, los patrones de movilidad en el municipio revelan una alta preponderancia de viajes internos, con un 43% realizados a pie y un 30% mediante transporte público. Estos desplazamientos peatonales y en transporte colectivo se concentran principalmente en el centro y el sector de Cartagenita durante las horas pico de la mañana, conformando un corredor definido sobre la Carrera 1 y las calles transversales principales. Por otro lado, los viajes en vehículos particulares suelen destinarse hacia otros municipios circundantes. Cabe destacar que, aunque las rutas de transporte público cubren adecuadamente el municipio, algunos trayectos requieren una larga caminata antes de acceder a los puntos de transporte. En cuanto a los viajes externos, el 16% se dirige principalmente hacia Bogotá, implicando tiempos de viaje prolongados y múltiples etapas. Finalmente, la bicicleta se utiliza para desplazamientos largos dentro del municipio, con destinos importantes en Cartagenita y hacia la salida a Mancilla.

1.3 Conclusión del capítulo

Facatativá presenta una dinámica poblacional joven con un alto porcentaje de personas entre 15 y 29 años, pero también se observa un aumento en la población con discapacidad, especialmente en los adultos mayores de 80 años. La estructura ecológica del municipio se caracteriza por una amplia red de recursos hídricos, esenciales para su desarrollo, pero la falta de equipamientos para educación y salud convierte a Facatativá en una "ciudad dormitorio", donde la población se desplaza a otros municipios para acceder a servicios básicos y oportunidades laborales. Los patrones de movilidad en el municipio se basan en viajes internos, principalmente a pie y en transporte público, concentrándose en el centro y el sector de Cartagenita. Sin embargo, algunos trayectos requieren caminatas prolongadas para acceder a los puntos de transporte, y los viajes externos a Bogotá implican tiempos de viaje largos y múltiples etapas.

Finalmente se entiende que el municipio de Facatativá es un municipio con una población joven, pero con una creciente necesidad de atención a la población con discapacidad, especialmente en los adultos mayores. Su riqueza hídrica es un activo fundamental, pero la falta de equipamientos en educación y salud la convierte en una "ciudad dormitorio", donde la población se desplaza a otros municipios para acceder a servicios básicos. La movilidad en el municipio se basa en viajes internos, principalmente a pie y en transporte público, con desafíos en la accesibilidad a estos servicios y tiempos de viaje largos para los viajes externos a Bogotá.

Capítulo II

2.1 Estrategias de diseño sostenible y funcionalidad

2.1.1 Estrategias ODS

Para comprender mejor el panorama de la planeación de un intermodal de transporte en Facatativá, es importante conocer los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son un conjunto de 17 metas globales que buscan transformar el mundo hacia un futuro más justo, próspero y sostenible. Estos objetivos abarcan áreas como la erradicación de la pobreza, la educación, la igualdad de género, la acción climática y la paz, entre otros.

ODS 9 Industria innovación e infraestructura: Su propósito está en construir y desarrollar nuevas infraestructuras resilientes y saludables, que potencialicen los desarrollos y dinámicas sociales. Referente al diseño de movilidad, se entiende la necesidad de nuevas formas de diseño sostenibles, la incorporación de tecnologías innovadoras para la disminución de consumos energéticos.

ODS 3 Salud y Bienestar: Mejorar la seguridad vial y reducir los accidentes de tráfico mediante la implementación de infraestructuras seguras y medidas de prevención, promoviendo así la salud y el bienestar de los usuarios del transporte.

ODS 8 Trabajo Decente y Crecimiento Económico: Fomentar la generación de empleo y el crecimiento económico local a través de la construcción y operación del terminal, así como la creación de oportunidades comerciales y de servicios asociadas al transporte.

ODS 10 Reducción de las desigualdades: Garantizar que el acceso a la infraestructura de transporte sea equitativo y no discriminatorio, promoviendo la inclusión social y facilitando la movilidad de grupos vulnerables.

ODS 13 Acción por el Clima: Minimizar el impacto ambiental del transporte mediante la adopción de tecnologías limpias, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la implementación de materiales amigables y la promoción de modos de transporte sostenibles, como el transporte público.

El diseño de una infraestructura de movilidad resiliente y sostenible debe abordar de manera integral los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas. En primer lugar, en alineación con el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), Para crear una infraestructura de movilidad que sea resistente y amigable con el medio ambiente, es necesario considerar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este sentido, se debe buscar un diseño adaptable que pueda ajustarse a las necesidades del futuro, utilizando tecnologías inteligentes para gestionar el tráfico y sistemas de transporte modernos. También es crucial emplear materiales de construcción sostenibles y reciclados, y utilizar sistemas de iluminación eficientes que consuman menos energía.

En cuanto al ODS 3 (Salud y bienestar), el diseño debe priorizar infraestructuras peatonales y ciclistas seguras, con cruces seguros y señalización adecuada, incorporando elementos de accesibilidad universal para personas con discapacidad. Asimismo, es necesario implementar medidas de mitigación de ruido y contaminación del aire, promoviendo simultáneamente la actividad física mediante la integración de espacios públicos atractivos y seguros.

Para promover el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), es importante dar prioridad a la contratación de trabajadores locales durante las etapas de construcción y operación. Además, se debe incentivar el desarrollo de nuevos negocios y servicios en las áreas cercanas,

ofreciendo capacitación a la fuerza laboral en habilidades relacionadas con la infraestructura y el transporte sostenible.

En cuanto al ODS 10 (Reducción de las desigualdades), es fundamental asegurar tarifas accesibles y subsidios para grupos vulnerables, diseñando rutas y horarios que atienden a áreas desfavorecidas y promuevan la equidad en la movilidad. Además, se deben implementar medidas de accesibilidad física y digital para personas con discapacidad.

Finalmente, en relación con el ODS 13 (Acción por el clima), para combatir el cambio climático, se deben priorizar los transportes públicos y no motorizados como caminar o andar en bicicleta, para reducir las emisiones. También se deben instalar puntos de carga para vehículos eléctricos y facilitar el uso de tecnologías limpias. Es importante implementar estrategias para gestionar el tráfico y la logística, que reduzcan las congestiones y las emisiones, y utilizar materiales y sistemas de construcción que resistan los efectos del cambio climático.

2.1.2 Estrategias dots

En un ámbito planteado al diseño y solución de las características expuestas anteriormente, se tienen los DOTS, que significa Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible, es una estrategia de planificación urbana que busca guiar el crecimiento de las ciudades hacia un modelo de movilidad sostenible e inclusivo.

Los cuales se identifican, se proyectan y se caracterizan mediante las siguientes terminaciones, aplicables en el contexto en el cual se desarrolla el municipio:

Caminar: No se trata solo de trasladarse de un lugar a otro, sino de transformar el espacio urbano en un escenario propicio para el peatón. Esto implica crear un entorno seguro, cómodo y accesible, con vías peatonales bien definidas, cruces seguros, fachadas que brinden refugio y sombra, y una sensación de actividad que inspire confianza y seguridad. Este enfoque no solo

facilita el desplazamiento a pie, sino que también dinamiza la vida social y económica de la ciudad, generando mayor visibilidad para los negocios y servicios, y fomentando un ambiente más dinámico y atractivo.

Pedalear: Más que un simple medio de transporte, la bicicleta se convierte en una herramienta fundamental para la movilidad urbana. Esto implica la creación de una red ciclista segura y cómoda, con infraestructura dedicada, espacios de estacionamiento seguros y accesibles, y la integración de la bicicleta como una opción real y atractiva para los desplazamientos cotidianos.

Conectar: No se trata solo de crear rutas peatonales y ciclistas, sino de tejer una red de movilidad que conecte de manera eficiente y rápida los diferentes puntos de la ciudad. Esto implica asegurar que las rutas para peatones y ciclistas sean continuas, directas y más rápidas que las rutas para automóviles, fomentando el uso de medios de transporte sostenibles y reduciendo la dependencia del automóvil.

Transportar: Más que solo facilitar el acceso al transporte público, se trata de promover un sistema de transporte público de alta calidad que sea accesible, eficiente y confiable. Esto implica la integración de diferentes modos de transporte, la creación de conexiones fluidas entre el transporte público y las rutas peatonales y ciclistas, y la implementación de sistemas de información y pago que simplifiquen la experiencia del usuario.

Mezclar: Entendiéndose como el ejercicio de no solo de combinar diferentes usos del suelo, sino de crear un tejido urbano vibrante y diverso que fomente la interacción social y la actividad económica. Esto implica la promoción de la mezcla de viviendas, negocios, servicios y espacios públicos, asegurando que la oferta de viviendas sea accesible a diferentes grupos sociales, y que la preservación de los negocios y servicios existentes sea una prioridad.

Densificar: En el sentido de crear áreas urbanas compactas y eficientes que fomenten la movilidad sostenible. Esto implica la concentración de la población en áreas con acceso a transporte de calidad, servicios locales y actividades en el espacio público, promoviendo la interacción social y la reducción de la dependencia del automóvil.

Compactar: Pensándolo como un centro urbano dinámico y atractivo que sea el corazón de la ciudad. Esto implica la creación de un centro urbano con fácil acceso a servicios, transporte público de alta calidad y una oferta de vivienda diversa y accesible, incentivando la vida urbana y la reducción de la dispersión urbana.

Cambiar: En el sentido de transformar la ciudad para que sea más amigable con el peatón y la bicicleta. Esto implica la priorización de los espacios públicos para el peatón y la bicicleta, la reducción del espacio dedicado al automóvil, la implementación de medidas de gestión del tráfico que prioricen el transporte público y la bicicleta, y la promoción de alternativas de transporte como el transporte público, la bicicleta y la movilidad compartida.

En definitiva, el diseño de infraestructuras de movilidad debe alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible para garantizar un impacto positivo a largo plazo. Esto implica la adopción de tecnologías y materiales innovadores, la priorización de modos de transporte limpios y accesibles, la generación de oportunidades económicas locales, la reducción de desigualdades y la mitigación del cambio climático. Solo a través de un enfoque integral que aborde estas dimensiones clave se podrá construir una infraestructura resiliente, segura y sostenible que potencie el desarrollo social, económico y ambiental. La incorporación de los ODS en el diseño es un imperativo para garantizar la movilidad del futuro.

2.1.3 Conclusión

Para implementar los DOTS (Desarrollo de Objetivos de Transporte Sostenible) y los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) en la ciudad, es esencial adoptar un enfoque integral que involucre a todos los actores relevantes. En primer lugar, la planificación urbana debe integrar los principios de los DOTS y los ODS, priorizando aspectos como la movilidad sostenible, la eficiencia energética, la inclusión social y la protección del medio ambiente. Además, se requiere una inversión pública significativa en infraestructura de transporte sostenible, que incluya redes peatonales, ciclovías, sistemas de transporte público de alta calidad, infraestructura de carga para vehículos eléctricos y programas de movilidad compartida.

Por otro lado, es crucial fomentar la participación ciudadana en el diseño e implementación de políticas de movilidad sostenible, utilizando consultas públicas, foros de debate y otros mecanismos participativos. Asimismo, la innovación tecnológica juega un papel fundamental; herramientas como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas y los sistemas de información geográfica pueden optimizar la gestión del tráfico, mejorar la eficiencia del transporte público y promover prácticas de movilidad sostenible. En conclusión, la implementación efectiva de los DOTS y los ODS en la ciudad requiere un esfuerzo conjunto y coordinado entre todos los actores involucrados, con el objetivo de crear un entorno urbano más sostenible, inclusivo y habitable para todos.

2.2 Análisis de referentes de diseño y estrategias.

2.2.1 Referente Arquitectónico y Urbano:

La Estación de Transferencia Multimodal Cuatro Caminos: Situada en la línea 2 del Metro de la Ciudad de México, se encuentra al norte de la ciudad, en la frontera con el municipio de

Naucalpan de Juárez, Estado de México. Este proyecto abarca un área de más de 90,000 m² y tiene como objetivo reorganizar los flujos de usuarios y medios de transporte mediante un conjunto de edificios.

Figura 13

La Estación de Transferencia Multimodal Cuatro Caminos



Nota: Tomad de Ott, C. (14 de enero de 2020). CETRAM Cuatro Caminos / Manuel Cervantes Estudio + JSa . ArchDaily Colombia.

El desarrollo está planeado en dos etapas: la zona sur (primera etapa) y la zona norte. La propuesta busca mejorar el entorno urbano inmediato, aportando orden, equipamiento y seguridad, y creando espacios de calidad para los usuarios y vecinos de la estación.

Se consideró este proyecto como un modelo a seguir debido a que el terminal intermodal en Facatativá tiene como objetivo mejorar el entorno urbano y ofrecer equipamiento que satisfaga las necesidades de los usuarios. La organización del terminal de Naucalpan también fue relevante, ya que cuenta con tres volúmenes que facilitan la conexión entre ellos, permitiendo una

circulación y organización eficiente dentro de los espacios. Esta disposición morfológica se asemeja a la del terreno del intermodal en Facatativá, lo que sugiere la posibilidad de integrar los espacios mediante tres volúmenes similares.

2.2.2 Referente Estructural:

Terminal del aeropuerto de Zaragoza: La terminal del Aeropuerto de Zaragoza presenta una arquitectura singular, compuesta por once módulos que evocan, de manera análoga, el movimiento del agua. Esta configuración destaca por su funcionalidad, respondiendo a tres principios clave:

Claridad: Los módulos están diseñados para facilitar un flujo secuencial y seguro de las actividades de los usuarios, optimizando procesos como la facturación y el embarque.

Flexibilidad: La estructura modular permite un crecimiento escalonado de los espacios independientes, generando una sensación de plasticidad y una identidad única para el edificio.

Luz natural: La cubierta ondulada de los módulos incorpora lucernarios que maximizan la entrada de luz natural, creando un ambiente luminoso y agradable para los pasajeros.

Figura 14

Terminal del aeropuerto de Zaragoza



Tomado:Basulto, D. (2009, diciembre 21). Nuevo Terminal del Aeropuerto de Zaragoza / Vidal y Asociados Arquitectos. ArchDaily Colombia.

La terminal está compuesta por cuatro grandes zonas; embarcación, mirador, patio de carrillos y recogida de equipajes. Además, cuenta con un módulo adicional diseñado para facilitar futuras ampliaciones, gracias a la estructura modular del proyecto. La estructura modular también permite un sistema de climatización eficiente, con una cubierta ondulada que genera aperturas laterales para el ingreso de luz y una ventilación adecuada.

La implementación de estos elementos en Facatativá no solo mejoraría la funcionalidad y estética de los espacios urbanos, sino que también contribuiría a crear un entorno más sostenible, inclusivo y agradable para todos los ciudadanos. Al inspirarse en la terminal del Aeropuerto de Zaragoza, se puede avanzar hacia un desarrollo urbano que priorice la calidad de vida y la movilidad sostenible.

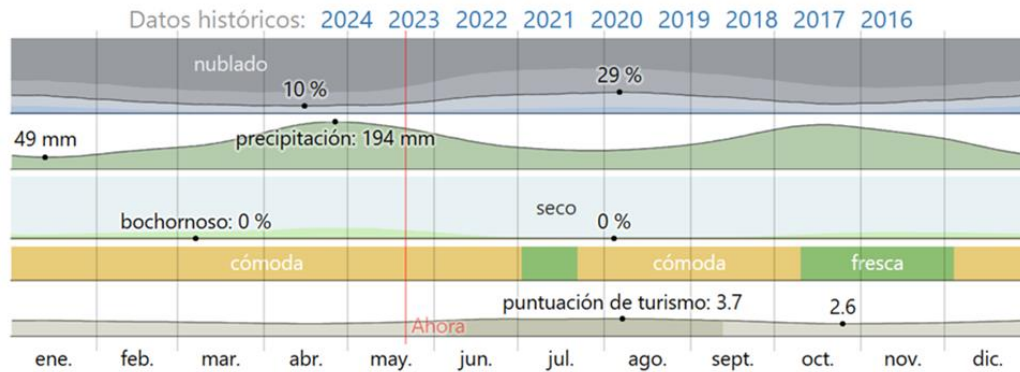
2.3 Determinantes ambientales y tecnologías sostenibles

Para mitigar el impacto ambiental del equipamiento a diseñar en Facatativá, es fundamental implementar un enfoque de diseño y construcción sostenible que aproveche las condiciones bioclimáticas locales. Por consiguiente, se debe analizar el clima de la región, estudiando variables como temperatura, humedad, vientos predominantes, asoleamiento y precipitaciones. obteniendo lo siguientes resultados:

2.3.1 Climatología

Facatativá se encuentra en la sabana occidental de Colombia, a 36 km de Bogotá, y se caracteriza por un clima mayormente frío y lluvioso durante gran parte del año, con algunas granizadas en las áreas rurales. Los meses de mayo a agosto suelen ser más secos. La temperatura anual varía entre 7°C y 19°C, aunque en ocasiones puede bajar de 3°C o superar los 22°C.

Figura 15
Clima en Facatativá

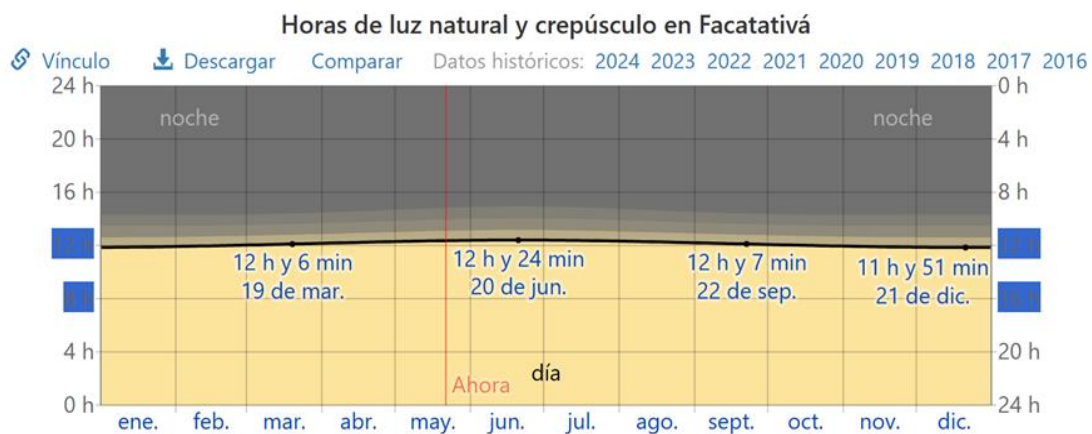


Tomado:El clima en Facatativá, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia) - Weather Spark

2.3.2 Asoleamiento

La duración del día en Facatativá se mantiene relativamente constante a lo largo del año, con una variación de solo 24 minutos en las 12 horas totales. En 2024, el día más corto será el 21 de diciembre, con 11 horas y 51 minutos de luz natural, mientras que el día más largo será el 20 de junio, con 12 horas y 24 minutos de luz natural.

Figura 16
Asolación en Facatativá



Tomado:El clima en Facatativá, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia) - Weather Spark.

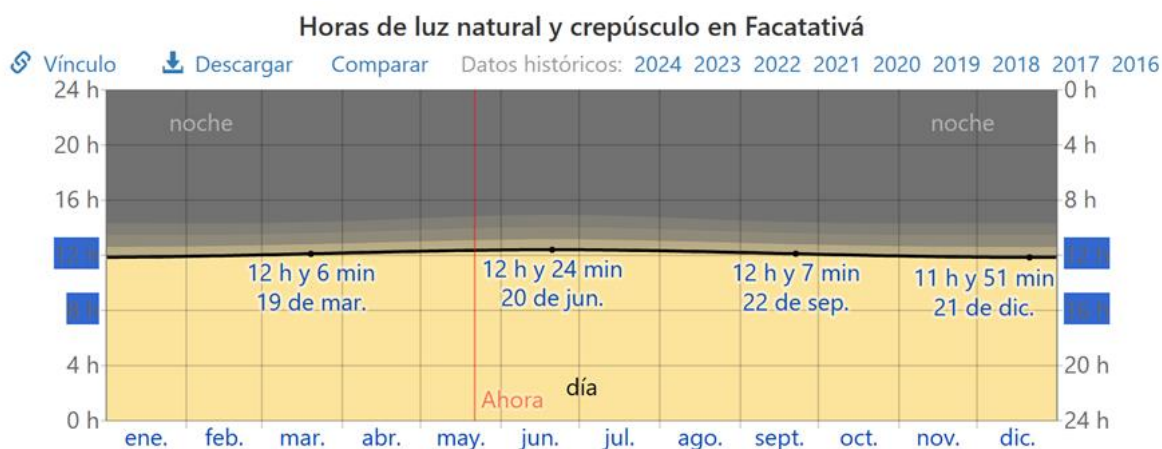
2.3.3 Análisis de los vientos.

La velocidad del viento en Facatativá presenta variaciones a lo largo del año. El período con mayor actividad de vientos se extiende desde junio hasta principios de septiembre, donde las velocidades superan los 5 km/h, siendo julio el mes con la velocidad máxima registrada de 6,5 km/h. En contraste, el período con menor presencia de vientos abarca desde septiembre hasta junio del año siguiente, destacando abril como el mes más tranquilo, con una velocidad promedio de 4 km/h.

Además, es importante considerar la dirección de los vientos a lo largo del año. Durante los meses de noviembre a diciembre, el 45% de los vientos provienen del norte del municipio. En el resto del año, el 52% de los vientos tienen su origen en el este del municipio.

Figura 17

Velocidad vientos Facatativá



Tomado: El clima en Facatativá, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia) - Weather Spark.

2.4 Conclusión del capítulo

Para lograr la implementación de prácticas sostenibles en Facatativá, es esencial adoptar un enfoque integral que contemple diversos determinantes ambientales. Se busca que la

construcción sea eco-amigable, priorizando el uso de materiales como madera certificada, bloques de tierra comprimida y materiales reciclados de bajo impacto ambiental. Además, es fundamental incorporar sistemas para la captación y reutilización de aguas lluvias, lo que ayudará a reducir el consumo de agua potable. El diseño bioclimático desempeñará un papel crucial al orientar los espacios de manera adecuada para controlar las ganancias y pérdidas de calor a lo largo del año. Esto incluye maximizar la iluminación y ventilación natural, lo que a su vez disminuirá la demanda energética para climatización e iluminación artificial. La integración de energías renovables, como paneles fotovoltaicos y calentadores solares, permitirá satisfacer parte de las necesidades energéticas del proyecto.

Además de estas estrategias constructivas, es vital fomentar la educación y sensibilización de los usuarios sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles. Implementar programas de capacitación sobre el uso eficiente de recursos, gestión adecuada de residuos y mantenimiento de instalaciones puede potenciar los beneficios ambientales del proyecto. La participación activa de la comunidad en el cuidado de las áreas verdes también fomentará un sentido de pertenencia hacia el entorno. Asimismo, establecer alianzas con organizaciones locales y expertos en sostenibilidad enriquecerá el enfoque del proyecto mediante el intercambio de conocimientos y experiencias. En conjunto, estas acciones no solo fortalecerán la sostenibilidad del desarrollo en Facatativá, sino que también promoverán un estilo de vida más responsable entre sus habitantes, asegurando que los beneficios ambientales perduren a largo plazo.

Capítulo III

3.1 Diseño del proyecto

3.1.1 Selección preliminar del lugar.

En el municipio de Facatativá, se ha identificado el siguiente lote para la terminal de transporte, ya que de acuerdo a los análisis anteriores que estos espacios están propuestos para un futuro terminal de transporte, el cual tiene conexión con el Regiotram. Este terreno está situado en la vía principal, entre la carrera 1 y la carrera 2, con acceso desde la calle 2 a y 3 a. También tiene un sendero ecológico de ciclorruta existente el cual es un eje que permite una conexión de bicicleta, transporte terrestre y Regiotram.

A través de un estudio exhaustivo, se identificaron las principales deficiencias en la estructura urbana de Facatativá, especialmente en lo referente a la movilidad y el transporte intermunicipal. Los resultados de esta investigación evidenciaron una necesidad urgente de implementar un nuevo equipamiento que ofreciera servicios de transporte y complementarios de manera eficiente.

Considerando el contexto ambiental y urbano de la zona, así como los estudios teóricos previos, se propone un diseño arquitectónico que se integra de manera fluida con el Regiotram de Occidente. Este proyecto busca crear espacios funcionales y dinámicos que respondan a las necesidades de transporte intermunicipal, todo ello teniendo en cuenta la articulación con el tejido urbano existente.

Por otro lado también se busca la integración de un sistema sostenible en donde se proyectan espacios de zonas verdes con el fin de brindar espacios naturales y de permanencias que fomenten sentido de pertenencia protección y cuidado del entorno natural en el municipio, también se tuvieron en cuenta estrategias bioclimáticas en donde se busca la integración de

energías renovables por medio de nuevas tecnologías y estrategias de iluminación y ventilación natural, permitiendo que este proyecto no solo sea un espacio para los habitantes, si no, también, sea un espacio amigable con el medio ambiente.

3.1.2 Operaciones formales.

El proyecto se propone con dos volúmenes ubicados según la morfología del lugar y la dirección de los vientos en donde permite una conexión de forma con el entorno del lugar, se realiza un deprimido en la parte inferior de los dos volúmenes superiores en donde se puede evidenciar una continuidad y una conexión entre los dos extremos, este volumen funciona como un eje conector y un recorrido permitiendo un equilibrio entre los volúmenes, forma y relación entre los espacios interiores, ya que al enterrarlo permite que en el exterior exista una gran plazoleta urbana en donde permita visuales paisajísticas a los predios ubicados al entorno al predio y generar un mayor flujo de peatones, permitiendo varias actividades.

3.1.3 Relaciones espaciales.

Existen tres vínculos clave que determinan cómo los usuarios se relacionan con su entorno, a saber:

Acceso: cuenta con espacios iluminados, seguros y transitables que consisten en una rampa circular que funciona como eje central de la zona urbana y conecta el nivel 0.00 con el nivel -6.00 lo cual da una circulación y un acceso tanto como al sistema de transportes, y al contexto urbano proyectado el cual se implementaron elementos arquitectónicos y mobiliario urbano permitiendo un desplazamiento fácil, diferentes usos y con acceso a usuarios con limitaciones permitiendo así la inclusión y el sentido de pertenencia.

Paisajismo: Se diseñarán espacios que inviten a la contemplación y que, al mismo tiempo, conecten a los usuarios con el contexto urbano, proporcionando una experiencia enriquecedora.

Conectividad: Se propone una organización espacial dinámica que, a través de flujos y conexiones, establece una jerarquía de espacios: públicos, semipúblicos, semiprivados y privados.

3.1.4 Estrategias proyectuales.

Identificar: un diseño que integre el nuevo equipamiento con los elementos ya existentes en el entorno, como el Regiotram, la vegetación y los senderos ecológicos, creando un conjunto armónico que responda a las necesidades de los habitantes de Facatativá.

Organizar: Se propone un sistema modular que organiza los espacios de manera flexible, permitiendo la integración de diferentes flujos de circulación y adaptándose a las necesidades cambiantes del intermodal.

Conformar: Los espacios se interrelacionan entre sí de manera que facilitan la interacción y el movimiento de las personas, creando un conjunto funcional y eficiente.

3.1.5 Programa arquitectónico

Se presentará un cuadro que muestra cómo se organizan los diferentes ambientes en cada nivel del edificio.

Figura 18
Programa arquitectónico del proyecto

VOLUMEN 1				VOLUMEN 2				VOLUMEN 3	
PLANTA NIVEL -600		PLANTA NIVEL 0.00		PLANTA NIVEL -600		PLANTA NIVEL 0.00 Y 3.0			
volumen 1 subterráneo	area	volumen 1	area	volumen 2 subterráneo	area	volumen 2	area	volumen 3	area
area total	196,10492	area total	159	area total	2865,8295	area total	2016,5515	area total	1968,7077
zona de llegada	52			acceso	401,5399	piso 1 vol 1		escalera	7.822.461
tiquetera	429,672			comercio	218,9869	gym	217,43	tunel	881,6611
zona de vigilancia	143,982			baño mujeres	70	baño mujeres	70		
zona de espera	97,4089			baños hombres	67	baños hombres	67		
baño de servicio	42,9672			punto fijo	23	punto fijo	23		
informacion	73,9966			ascensor	17	ascensor	17		
enfermeria	521,37			hall	254	hall	187		
administracion	521370			zona de espera	502	local comercial exterior	36		
cuarto de aseo	186072			zona de abordaje 1	80	punto fijo	31		
Baño Mujeres	249439			zona de abordaje 2	74	piso1 vol 2			
Baño Hombre	272599			zona de equipaje	63,59	local gastro bar	138,0366		
comercio	405887			zona de cocina	53,5955	local comercial exterior	39,4248,		
baño de mujeres	249439			area de control	30,0608	local comercial interior	27,4827		
baño de hombres	272599			administracion	37,5662,	local comercial exterior	378.159		
zona de descanso	2016499			oficinas	216,6145	ventas intinerantes	55		
cuarto de aguas	240605			zona de comida empleados	123,6784	punto fijo	30,7045		
bodega	240605			zona de descanso empleados	90,5728	baños	68		
				baños hombres	30,7043	volumen 2 piso 1			
				baños mujeres	31,0135	gym	311,9053		
				vestier hombres	33,4475	baños	70		
				vestier mujeres	33,4475	punto fijo	67		
				almacen de mantenimiento	90,345	ascensor	23		
				cuarto electrico	64,544	baño	17		
				control de aguas	645.440	restaurante	150,5053		
				reciclaje	20,3936	volumen 2 piso 2			
						restaurante	153		
						baños	66,135		
						co -working	252,2868		
						terrazza	120,7504		

Nota: elaboración propia

3.1.6 Sistema estructural

Cuenta con un sistema en pórticos de vigas y columnas en donde las vigas y columnas se conectan entre ellas y cuenta con un sistema de perfil metálico en la cimentación, en zapatas se usa una armadura estructural barras de acero de refuerzo al interior de la cimentación.

Figura 19
Sistema estructural



Nota: elaboración propia

3.2 Planimetría y renders

3.2.1 Planimetría urbana:

Figura 20
Planimetría Urbana



Nota: elaboración propia

3.2.2 Sistema subterráneo

Figura 21

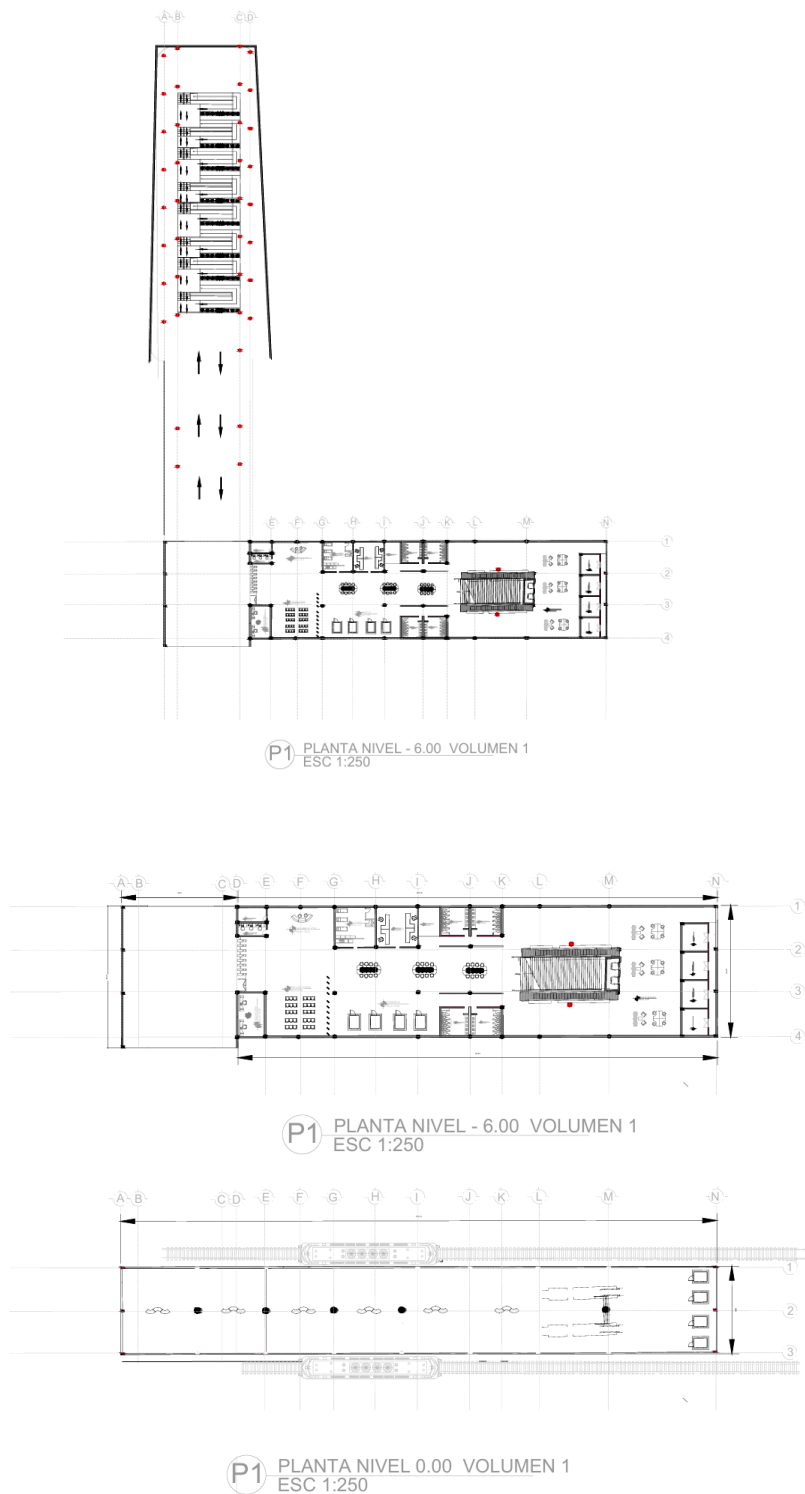
Sistema subterráneo

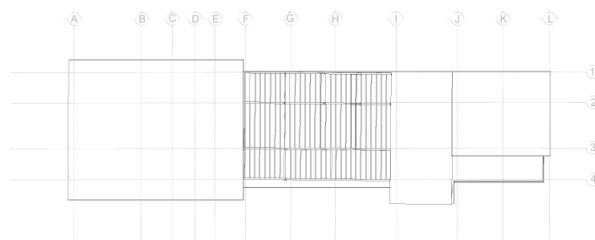
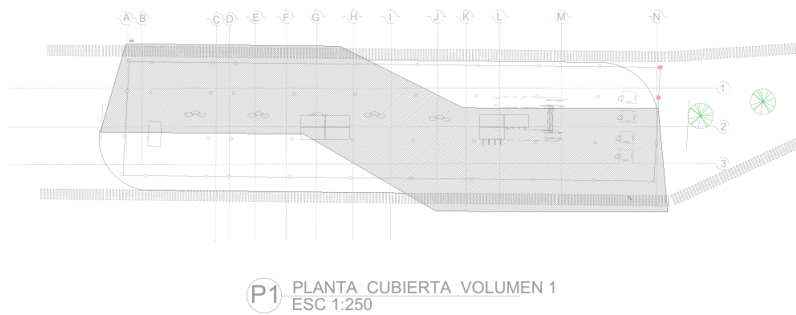
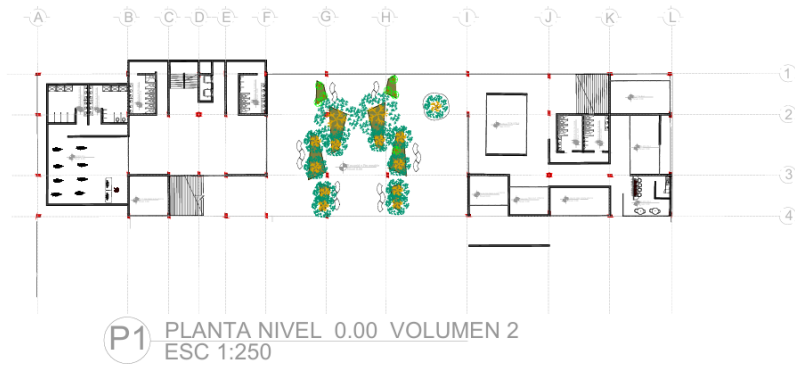


Nota: elaboración propia

3.2.3 Planimetría arquitectónica

Figura 22
Plantas arquitectónicas

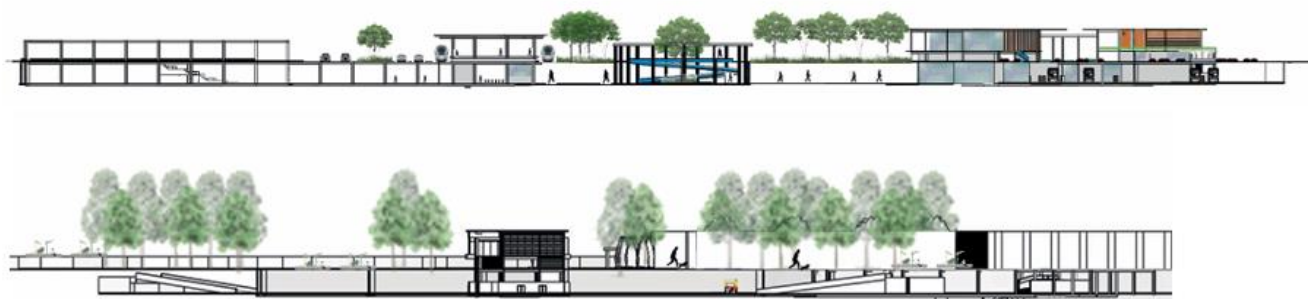




Nota: elaboración propia

3.2.3 Cortes.

Figura 23
Cortes arquitectónicos



Nota: elaboración propia

3.2.4 Fachadas.

Figura 24
Fachadas



Nota: elaboración propia

3.2.5 Espacios urbanos y diseño arquitectura

Figura 25

Diseño urbano-arquitectónico



Nota: elaboración propia

3.2.6 Mobiliario

Figura 26
Mobiliario



Nota: elaboración propia

3.2.7 Espacios Arquitectónicos

Figura 27
Espacios arquitectónicos



Nota: elaboración propia

3.3 Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un proyecto arquitectónico para mejorar la movilidad urbana en el municipio de Facatativá, mediante la creación de una terminal de transporte intermodal. Este proyecto se fundamenta en conceptos teóricos y prácticos aplicados al tejido urbano, con un enfoque especial en la estructura de movilidad. Facatativá enfrenta problemas derivados de una expansión acelerada que ha fragmentado el territorio y ha dejado al municipio sin la infraestructura adecuada para manejar el flujo diario de personas que viajan a la capital y a otros municipios para trabajar o estudiar. La propuesta selecciona estratégicamente un terreno el cual está ubicado, en una de las principales vías de Facatativá, que actualmente soporta el tránsito de vehículos de transporte y el RegioTram. La terminal de transporte intermodal propuesta busca solventar los problemas actuales proporcionando un equipamiento que integra diferentes modos de transporte, ofreciendo a los usuarios espacios adecuados y seguros. La organización centralizada del transporte responde al crecimiento poblacional y la necesidad de un espacio adecuado, alineando el diseño arquitectónico con un flujo vehicular coherente y soluciones tecnológicas funcionales, sustentables y accesibles. El proyecto articula el Regiotram y se apoya en metodologías como los DOTS para dinamizar la movilidad urbana. La recomendación es continuar monitoreando las dinámicas de desarrollo y expansión en Facatativá para evaluar la evolución del municipio y la efectividad de la terminal de transporte propuesta. Se hace un llamado a las autoridades municipales para que consideren este proyecto como base para su implementación, con el fin de atender las necesidades de movilidad y contribuir al desarrollo sostenible de Facatativá.

Capítulo IV

4.1 Introducción, Normas, Estándares, Trabajo colaborativo e interoperabilidad

4.1.1 *Introducción al BIM*

En busca de la eficiencia en el diseño y la construcción del intermodal de transporte en Facatativá presente se adoptó la metodología Building Information Modeling (BIM). En el capítulo IV se detalla el proceso de modelado tridimensional de la segunda propuesta donde se localiza el área de administración y bienestar de empelados, que ocupa un total 624.000 metros cuadrados, se incorpora un LOD (Level of Development) 350 y LOI (Level of Information) en categorías A, B, c y D. Los programas empleados en el modelado son Revit, Navisworks, Enscape y Augin

Luego de conocer los conceptos básicos y normativa correspondiente al Bim, se modeladora la estructura de la edificación, sus componentes arquitectónicos y MEP (Mechanical, Electrical, and Plumbing) referentes a los sistemas técnicos que permiten que un edificio sea funcional y habitable. Así mismo, se podrá coordinar el modelado, para conocer los análisis de inconsistencias e interferencias, la gestión de cantidades y costos y la simulación de construcción para conocer con exactitud los tiempos de obra. Para finalmente realizar renders detallados y recorridos virtuales que ayuden a la visualización, evolución y comprensión del proyecto en escala real.

4.1.2 Conceptos relevantes BIM

BIM (Building Information Modeling)

Building Information Modeling (BIM) es una metodología innovadora que redefine la manera en que se diseñan, construyen y gestionan los proyectos arquitectónicos, a través de la creación de modelos digitales inteligentes e integrales. Según lo destacado por Eastman et al. (2018), BIM va más allá de ser una simple herramienta tecnológica, constituyendo un proceso colaborativo que permite representar de manera digital y completa tanto las características físicas como funcionales de un proyecto. Esto facilita una gestión integral del proyecto en todas sus fases, desde la concepción inicial hasta su operación y mantenimiento.

Usos del bim

Los usos de BIM se extienden a diversas dimensiones y etapas de los proyectos arquitectónicos, convirtiéndose en una estrategia integral que mejora la eficiencia y minimiza los errores en los procesos constructivos. Como indican Kreider y Messner (2013), las aplicaciones principales de esta metodología son variadas y abarcan áreas clave para el éxito de un proyecto. Entre ellas, destaca la *visualización del diseño*, que facilita una representación precisa y comprensible del proyecto desde sus primeras etapas, y la *coordinación interdisciplinaria*, que promueve la colaboración entre los diferentes actores involucrados.

Además, BIM permite realizar *análisis de desempeño energético*, esenciales para optimizar el consumo de recursos, y ofrece herramientas para la *estimación de costos*, asegurando un control financiero más riguroso. También incluye funcionalidades como la *planificación de construcción* y la *detección de interferencias*, que anticipan y resuelven conflictos antes de que ocurran en el sitio de obra. Otras aplicaciones importantes son la *gestión de instalaciones* y el

análisis estructural, que garantizan la estabilidad y operatividad del proyecto, así como la *simulación de procesos constructivos* y la *gestión de mantenimiento*, que contribuyen a una visión holística durante todo el ciclo de vida del proyecto. Estas múltiples funciones integradas convierten a BIM en una herramienta indispensable para lograr proyectos más eficientes, sostenibles y bien gestionados.

Roles del Bim

Los roles en BIM representan funciones especializadas que garantizan la implementación efectiva de la metodología en proyectos arquitectónicos, como se explica y se muestra en la ilustración 1.

Figura 28
Roles de BIM



Nota: Director BIM: Gestiona y lidera la adopción de BIM a nivel organizativo, alineando estrategias y procesos con los objetivos del proyecto; Coordinador BIM Coordina la ejecución de modelos de información asegurando el cumplimiento de normativas y requisitos establecidos; Gestor BIM: Administra la información BIM y define los requisitos necesarios para el proyecto, comunicándolos claramente a los equipos; Modelador BIM: Desarrolla los modelos de información según los requerimientos del proyecto y el nivel de detalle establecido; Supervisor BIM: Supervisa que los modelos cumplan con los requisitos antes de entregarlos al Gestor BIM, en colaboración con el Coordinador BIM. Tomado de “Roles Bim”. Eduardo Álvarez. 2022. url: <https://konstruedu.com/es/blog/roles-bim>

Niveles de información (LOI)

Es un marco metodológico fundamental en la gestión de información BIM que define la cantidad, precisión y profundidad de los datos asociados a los elementos de un modelo digital. Según Succar y Kassem (2015), " El LOI es un componente esencial del proceso BIM que especifica los requisitos de información necesarios para cada elemento constructivo en diferentes etapas del proyecto" (p. 72). La relevancia del LOI en el modelado estructural, arquitectónico y MEP radica en su capacidad para establecer un protocolo estandarizado que define los criterios de detalle y calidad de la información en cada fase del proyecto, facilitando una comunicación clara entre los distintos actores involucrados.

Niveles de desarrollo (LOD)

Define la evolución, precisión y madurez de la información contenida en los modelos digitales a lo largo de su ciclo de vida. Estos niveles establecen una escala que mide tanto el nivel de detalle gráfico como los datos paramétricos asociados a los elementos modelados, asegurando una representación coherente y adecuada para cada fase del proyecto.

LOD 100: representa una etapa conceptual con aproximaciones generales, útil para estudios preliminares.

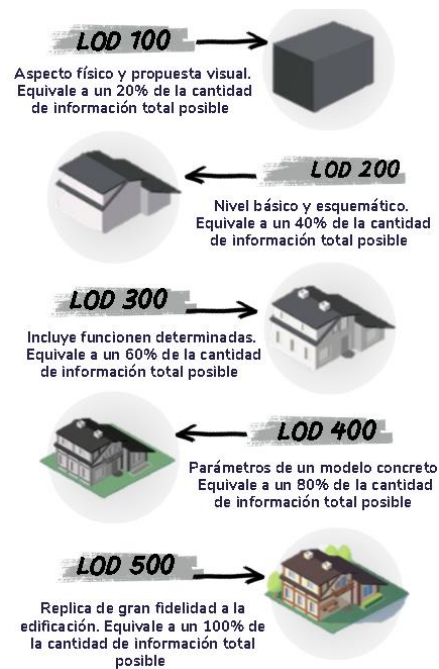
LOD 200: los elementos adquieren formas y dimensiones genéricas que permiten análisis más detallados.

LOD 300: introduce información geométrica específica y precisa, adecuada para documentación técnica.

LOD 400: avanza hacia un nivel detallado que incluye especificaciones para la fabricación y construcción de componentes, mientras que el

LOD 500: corresponde a una representación "as-built", reflejando de manera exacta el estado final construido.

Figura 29
Niveles de desarrollo



Nota: creación propia

Dimensiones y Niveles de Desarrollo

Las dimensiones BIM son categorías de información y análisis que se incorporan al modelo digital con el propósito de abarcar distintos aspectos de un proyecto arquitectónico o de infraestructura. Cada dimensión añade una capa de datos que complementa el modelo tridimensional (3D) básico. De acuerdo a Porwal y Hewage (2013) identifican múltiples dimensiones del BIM, que van más allá de la representación geométrica

Dimensión 3D: Modelado geométrico

Dimensión 4D: Planificación temporal

Dimensión 5D: Estimación de costos

Dimensión 6D: Sostenibilidad

Dimensión 7D: Gestión de instalaciones

Conceptos básicos BIM

El Plan de Ejecución BIM (PEP) es un documento fundamental dentro del enfoque BIM que establece la estrategia de implementación y los objetivos para gestionar la información digital en un proyecto específico. De acuerdo a Succar y Kassem (2015), funciona como una guía tanto metodológica como contractual que estructura los protocolos de colaboración existentes asignando responsabilidades y definiendo estándares de modelado.

Los Requerimientos de Información de Activos (AIR): definen la información requerida para gestionar un activo de manera efectiva a lo largo de su ciclo de vida completo Según Zhang et al., el AIR establece pautas para la recopilación y gestión de datos asegurando que se contemplen los requisitos particulares desde la fase inicial del diseño hasta la operación y mantenimiento del activo.

Las exigencias de información del empleador (Employer's Information Requirements - EIR): describen las necesidades y expectativas del cliente en cuanto a la gestión y documentación de información digital. Porwal y Hewage (2013) señalan que este documento establece normas, metas y protocolos para los equipos responsables del diseño y la construcción, incluyendo niveles de desarrollo (LOD), formatos de entrega y criterios de calidad que garantizan que el modelo BIM cumpla las exigencias del proyecto.

PIR (Requerimientos de Información del Proyecto): definen las necesidades específicas de información para un proyecto en particular. Amor et al. (2016) señalan que el PIR establece los objetivos del proyecto, criterios para el intercambio de información, normas de modelado y

protocolos de colaboración entre los agentes, fomentando una gestión alineada a las expectativas y metodologías establecidas.

Los Requerimientos de Información Organizativa (RIO): constituyen directrices estratégicas que gobiernan la implementación de información BIM dentro de una empresa u organización en particular. BuildingSMART International (2018), señala que el RIO establece metas empresariales, habilidades tecnológicas y procedimientos para una integración metódica y progresiva de BIM en diversos proyectos.

El Ambiente Común de Datos (Common Data Environment - CDE): se refiere a una plataforma digital centralizada que facilita el intercambio y la gestión de información en proyectos BIM (Building Information Modeling). Según Harty y Whyte (2010), el CDE funciona como un único depósito donde los participantes pueden acceder a los datos compartidos para revisarlos y validarlos; esto garantiza la trazabilidad del proyecto y proporcionando control sobre las diferentes versiones de los datos utilizados durante el desarrollo del mismo.

Las Clases Fundamentales de la Industria (IFC) son un estándar de datos de código abierto que promueve la interoperabilidad entre diversos programas y áreas en proyectos de Modelado de Información para la Construcción (BIM). Según BuildingSMART International (2019), este formato favorece el intercambio coherente de datos geométricos y semánticos e impulsa la colaboración entre herramientas y equipos a lo largo de todas las fases del proyecto.

BCF (Formato de Colaboración BIM): es una norma utilizada para la comunicación de hallazgos y anotaciones vinculadas al modelo BIM. De acuerdo a Bassier et al. (2017), este estándar posibilita el intercambio de comentarios y la resolución de problemas particulares en el modelo sin requerir compartir los modelos completos, mejorando así la colaboración entre los equipos.

AIM (Asset Information Model): es la representación digital del proyecto destinada a su operación y mantenimiento. Según Isaac et al. (2017), el AIM contiene todos los datos necesarios para la gestión eficiente del activo, incluyendo especificaciones técnicas, historial de mantenimiento y otra información clave para su conservación a largo plazo.

4.1.3 Normativa del Bim

El presente apartado define los lineamientos legales, técnicos y operativos esenciales para la gestión e implementación de modelos digitales en la construcción. Su propósito es asegurar la interoperabilidad, la claridad en los procesos y el cumplimiento de metas durante todas las fases del ciclo de vida del proyecto, desde su diseño hasta su operación y mantenimiento.

Comprende estándares como la norma ISO 19650-1:2018, según Eastman et al. (2018), esta normativa "establece los principios fundamentales para la organización y digitalización de información en entornos de construcción" (p. 45), definiendo los conceptos de modelado de información, los principios de gestión de activos digitales y las metodologías de colaboración interdisciplinaria son esenciales en BIM, ya que integran datos geométricos y funcionales para optimizar el diseño, construcción y mantenimiento de activos. Este enfoque promueve la eficiencia, el trabajo coordinado entre disciplinas y decisiones basadas en información confiable, maximizando el valor de los recursos a lo largo de su ciclo de vida

Se especifica las PAS 1192-2:2013 complementa la ISO 19650, proporcionando un marco detallado para la gestión de información en fases de capital, los protocolos de entrega de activos y las metodologías de modelado colaborativo son fundamentales para garantizar la eficiencia en proyectos BIM. Estos conceptos aseguran una adecuada organización y transferencia de información a lo largo de todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta la entrega final. Así

mismo como López-Mesa (2020) destaca que "estos estándares transforman la concepción tradicional de proyectos arquitectónicos, introduciendo una dimensión digital integral" (p. 15).

Adicionalmente, se deben implementar estrategias de Adopción Internacional, las cuales requieren un enfoque estructurado donde es imprescindible establecer niveles de madurez BIM que sirvan como referencia para medir el grado de avance y adopción de estas metodologías en proyectos, organizaciones y países, permitiendo una evolución gradual y ordenada. De igual forma los protocolos de interoperabilidad son esenciales para facilitar la integración y el intercambio eficiente de información entre herramientas, plataformas y actores, promoviendo la colaboración a lo largo del ciclo de vida del proyecto. De esta forma al realizar " la adopción de estándares internacionales facilita la interoperabilidad y reduce la fragmentación en proyectos de construcción " (Succar y Kassem, 2015, p. 72).

4.1.4 Objetivo BIM

Implementar la metodología BIM en el modelado del intermodal de transporte en Facatativá con el fin de optimizar la planificación, diseño, construcción y gestión del ciclo de vida del edificio, mejorando la colaboración entre los diferentes equipos de trabajo, reduciendo los costos y tiempos de ejecución, y asegurando la calidad del proyecto

4.2 Modelado de edificación

En el presente apartado dedicado al modelado BIM (Building Information Modeling) en el contexto del diseño arquitectónico de un terminal intermodal de transporte en Factativa, se explorarán diversas dimensiones fundamentales que son esenciales para la creación de un espacio funcional y eficiente. Este análisis abarcará tres componentes principales: la estructura, la arquitectura y las instalaciones MEP (Mecánica, Electricidad y Plomería). Donde se evidencia

que esta metodología no solo optimiza el proceso de diseño y construcción, sino que también garantiza que el terminal cumpla con las expectativas funcionales y estéticas requeridas en un entorno urbano moderno.

4.2.1 Preliminares

Programa utilizado en el modelado (Revit)

Revit es una herramienta de software de modelado desarrollada por Autodesk, específicamente diseñada para profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción, que permite crear modelos BIM integrales y multidisciplinarios con un elevado nivel de precisión y detalle. De acuerdo a Eastman et al. (2018), "Revit es una plataforma de modelado paramétrico que permite a los profesionales crear, analizar y documentar proyectos arquitectónicos mediante un modelo de información único e integrado " (p. 245).

La relevancia de Revit en el modelado estructural, arquitectónico y MEP se debe a su capacidad para crear modelos tridimensionales inteligentes que no solo representan la geometría de los elementos, sino que también incluyen información semántica y paramétrica sobre cada componente constructivo. Esto facilita la colaboración entre disciplinas, permite la detección temprana de conflictos, optimiza el diseño, genera automáticamente la documentación necesaria (como plantas, cortes y elevaciones), cuantifica materiales, analiza la eficiencia energética y simula diferentes escenarios de construcción

Herramientas preliminares

YouTube: Una de las herramientas más accesibles para aprender a utilizar Revit es YouTube. Los videos disponibles cubren una amplia gama de temas, desde conceptos básicos hasta técnicas más avanzadas, lo que facilita la familiarización con las funcionalidades del

software de forma visual y práctica. La ventaja de los tutoriales en video es que se pueden pausar y repetir según sea necesario, asegurando una comprensión más profunda de cada herramienta y función. Además, muchos creadores de contenido ofrecen consejos prácticos y atajos que son útiles para optimizar el flujo de trabajo en Revit.

Extensiones de Familias de Revit desde Autodesk: Estas familias son componentes predefinidos que se pueden cargar fácilmente en los proyectos, lo que ahorra considerable tiempo y esfuerzo en el proceso de diseño. La disponibilidad de familias específicas para diferentes disciplinas —como arquitectura, estructura y MEP— permite a los estudiantes personalizar sus proyectos con elementos que cumplen con los estándares industriales. Además, estas familias están diseñadas para ser paramétricas, lo que significa que se pueden ajustar sin complicaciones a las necesidades del proyecto, manteniendo la integridad del modelo. Este enfoque no solo mejora la eficiencia, sino que también garantiza un alto nivel de precisión en los diseños.

BIMobject: Esta página ofrece una extensa biblioteca de familias detalladas de Revit, complementando las opciones predeterminadas del software. A través de BIMobject, los estudiantes han tenido acceso a objetos BIM reales fabricados por diversas marcas reconocidas, lo que no solo enriquece sus modelos arquitectónicos, sino que también asegura que los elementos utilizados sean representativos de productos disponibles en el mercado. Esta variedad permite una mayor flexibilidad y realismo en los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, mejorando así la calidad general del trabajo realizado.

Pavco: Pavco ofrece un conjunto específico de familias diseñadas para cumplir con las normativas locales y estándares técnicos requeridos en proyectos relacionados con mecánica y plomería. Al instalar estas familias especializadas, los estudiantes pueden integrar componentes precisos que son esenciales para realizar un diseño detallado en sistemas MEP. Lo que no solo

mejora la calidad del modelado, sino que también facilita la coordinación entre diferentes sistemas dentro del proyecto, asegurando un resultado final más organizado.

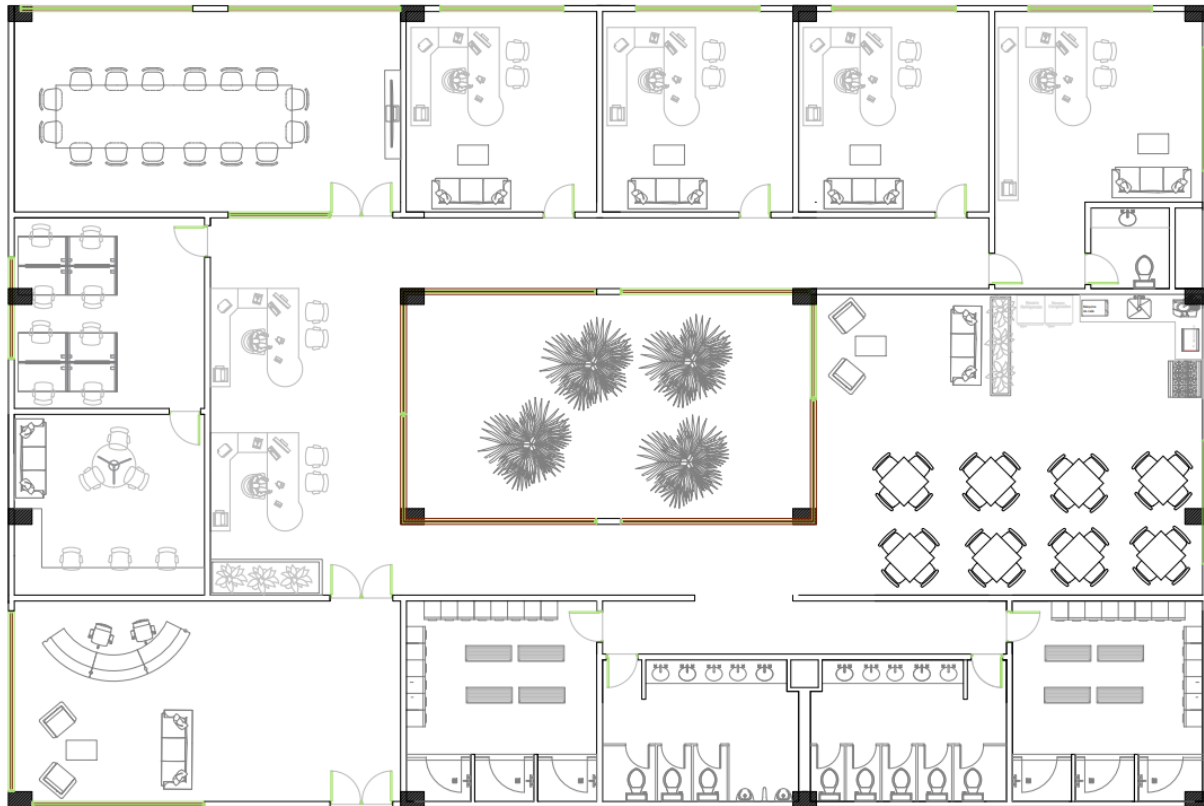
Espacio seleccionado del Proyecto Arquitectónico

El espacio seleccionado para el modelado BIM es la zona de administración y bienestar de los trabajadores conformado con un área total de 624.000 metros cuadrados, la cual representa una propuesta preliminar del resultado final del proyecto.

La sección del proyecto seleccionada abarca la recepción, el área de administración y el espacio de bienestar de los trabajadores. Esta elección no solo resalta la funcionalidad de estos espacios, sino que también refleja un compromiso con el diseño integral y la experiencia del usuario. El área de administración está diseñada para incluir una zona de atención al cliente, un cuarto de cámaras, una sala de juntas y cuatro oficinas dedicadas a los coordinadores y especialistas del terminal.

Por otro lado, el espacio destinado al bienestar de los trabajadores comprende instalaciones esenciales como baños, vestidores y un restaurante que incluye una sala de descanso. Estas áreas están concebidas para promover un ambiente laboral saludable y confortable, contribuyendo así al bienestar general del personal. La organización de estos diversos espacios se articula en torno a un jardín central, creando un recorrido que armoniza las diferentes áreas funcionales del proyecto, de acuerdo a la figura .

Figura 30
Diseño arquitectónico seleccionado



Nota: Creación propia

El modelado BIM busca visualizar con precisión cómo se distribuyen y relacionan estos componentes dentro del espacio, asegurando que el diseño cumpla con los requisitos de funcionalidad y confort para todos los usuarios. Al integrar la estructura, la arquitectura y las instalaciones MEP en un solo modelo digital, se facilitará la identificación de posibles interferencias y se optimizará la coordinación entre las distintas disciplinas involucradas en el proyecto.

Modelado estructural BIM

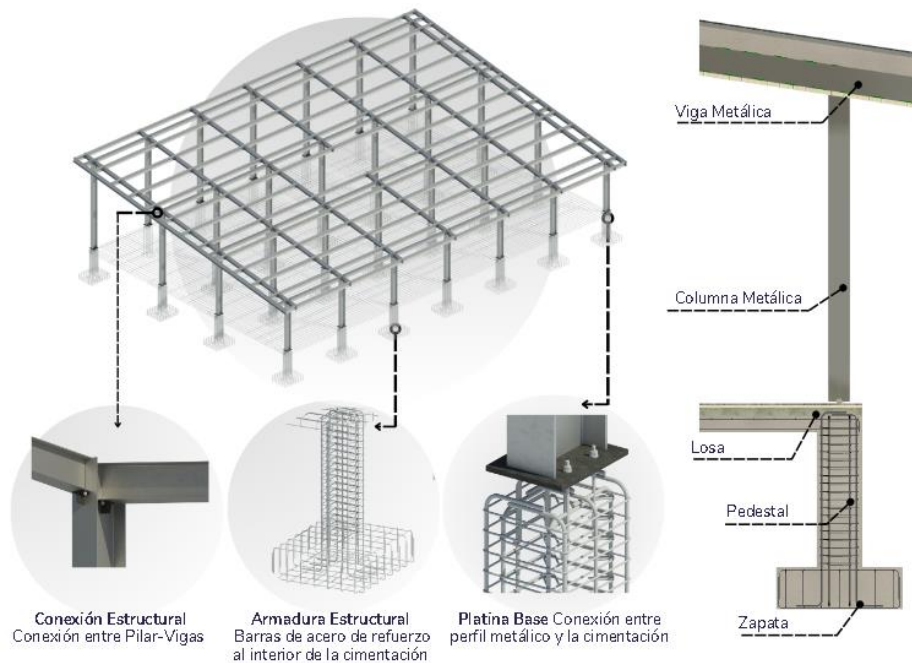
La selección de una estructura metálica para el terminal de transporte intermodal se basa en un diseño que prioriza la eficiencia estructural, la flexibilidad arquitectónica y la optimización

de recursos. Este tipo de sistema constructivo ofrece múltiples ventajas que lo hacen ideal para infraestructuras de gran escala. Entre la cuales se resalta la versatilidad estructural que permite crear espacios amplios, esenciales para el funcionamiento efectivo de los terminales de transporte. Su capacidad para abarcar grandes luces con menos apoyos intermedios facilita la circulación de personas y vehículos.

Además, la optimización del tiempo de construcción es un factor clave. Producto de que las conexiones soldadas y atornilladas permiten un montaje rápido, minimizando las interrupciones operativas, Sin dejar de lado el comportamiento sísmico, lo cual también es una ventaja importante, debido a que las estructuras metálicas ofrecen una mayor ductilidad, permitiendo que se deformen sin colapsar.

El proceso de creación de la estructura metálica a través de BIM utilizando Revit comienza por el diseño de zapatas de hormigón armado con refuerzos metálicos que conectan la subestructura con la estructura principal, asegurando una transmisión eficiente de cargas. Luego, se seleccionan perfiles metálicos adecuados HEB y se configuran según las cargas y requisitos específicos del proyecto. El modelado incluye la integración de conexiones atornilladas y soldadas, optimizando la rigidez y la distribución de esfuerzos de acuerdo a la figura.

Figura 31
Estructura metálica en Revit



Nota: creación propia

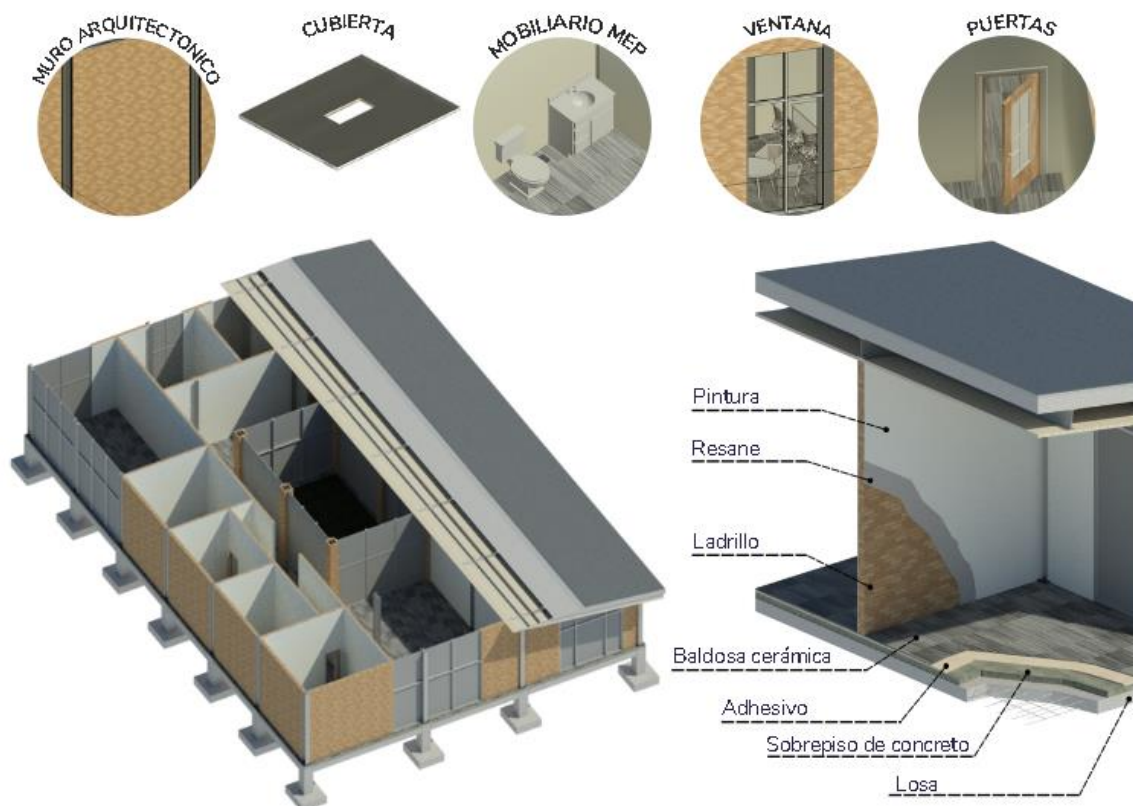
En conclusión, el proceso de crear la estructura metálica usando BIM con Revit es una forma completa de diseñar y construir proyectos grandes. Primero, se planifican cuidadosamente los elementos clave de la estructura, como las columnas, vigas y cimientos. Este enfoque completo garantiza que la estructura cumpla con los estándares de seguridad y funcionalidad, pero también hace que la construcción en el sitio sea más precisa y eficiente.

Modelado arquitectura BIM

El modelado arquitectónico a través de la metodología BIM representa una transformación fundamental en la concepción, diseño y representación de los espacios construidos. Este enfoque va más allá de la tradicional representación bidimensional, generando un modelo digital inteligente sea un componente paramétrico cargado de información inherente.

Los muros modelados en BIM permiten una comprensión multidimensional que abarca sus características técnicas, materiales, comportamiento térmico, acústico y de resistencia, de igual manera, los sistemas de piso y cubierta adquieren una dimensión estratégica al ser modelados. Ya no son superficies planas, sino elementos con propiedades específicas de construcción, aislamiento, pendientes y materialidad como se evidencia en la figura.

Figura 32
Modelado arquitectónico



Nota: creación propia

Sumado a esto elementos como puertas y ventanas son componentes paramétricos con información detallada obtenida gracias a extensiones de familias. Sus propiedades de transmitancia térmica, acústica, materiales de marco, vidrios y herrajes permiten el análisis de

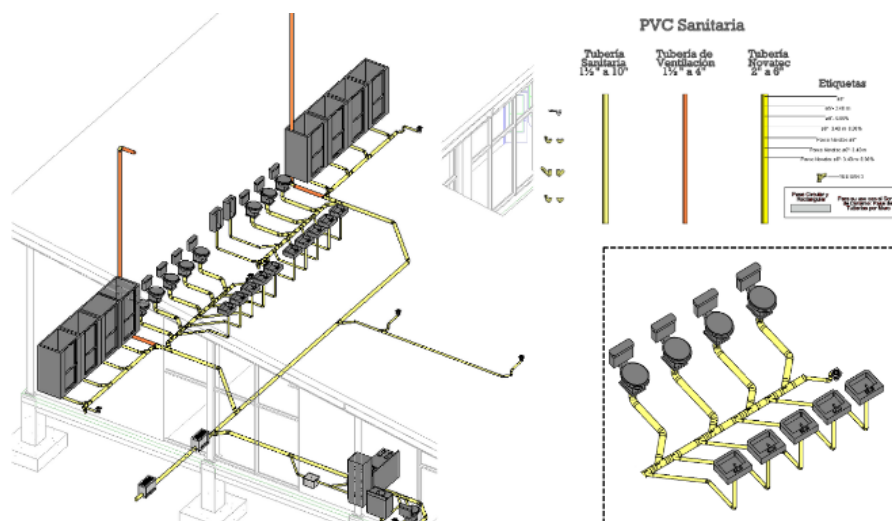
eficiencia energética y confort interior. En conclusión, el modelado arquitectónico mediante BIM representa una revolución en la forma de concebir, diseñar y representar los espacios construidos, generando un modelo digital integral que facilita la toma de decisiones informadas y la colaboración entre los diferentes actores involucrados en el proyecto.

Modelado MEP

Sistema de Instalación Sanitaria:

El sistema de instalación sanitaria diseñado para el proyecto es un componente crítico en la infraestructura de evacuación de aguas residuales, concebido para garantizar una gestión eficiente y sanitaria de los desechos líquidos. Compuesto principalmente por tuberías de PVC, bajantes, colectores, sifones y registros, el sistema opera por gravedad, conduciendo las aguas servidas desde los puntos de generación hasta la red de alcantarillado municipal. En el modelado BIM, cada componente del sistema se parametrizó considerando diámetros, pendientes, materiales y conexiones de acuerdo a la figura.

Figura 33
Instalación sanitaria

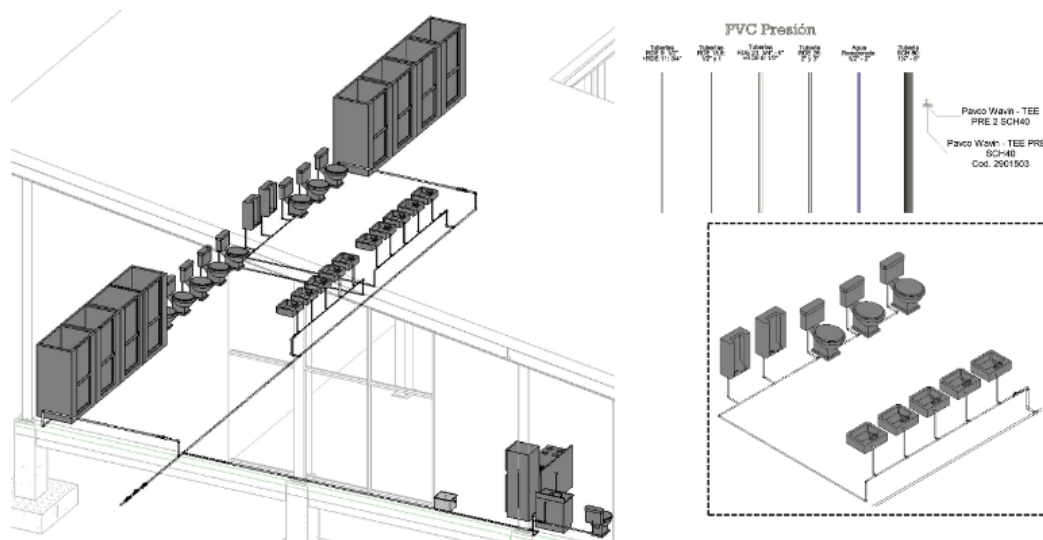


Nota: creación propia

Sistema de Instalación Hidráulica:

La instalación hidráulica fue diseñada como un sistema de distribución de agua potable que garantiza el suministro continuo y eficiente a todas las áreas del terminal. Estructurado mediante tuberías de PVC, el sistema contempla una red principal de distribución, ramales secundarios, válvulas de control y puntos de consumo. En el modelado BIM, se simularon escenarios de presión, se optimizaron trazados y se minimizaron pérdidas, asegurando la correcta distribución del recurso hídrico, y generando una representación tridimensional de cada componente de como se visualiza en la figura.

Figura 34
Instalación Hidráulica



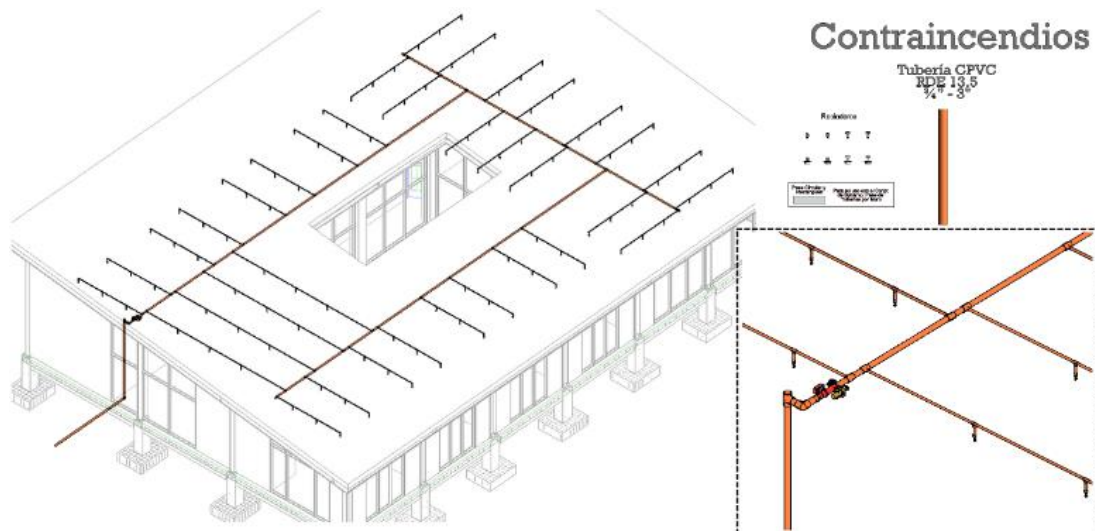
Nota: creación propia

Sistema de Red Contra Incendios:

El sistema de red contra incendios fue concebido como un componente crítico de seguridad, diseñado para la detección, contención y extinción de posibles eventos de combustión. Compuesto por una red de tuberías de acero negro, bombas de presurización, gabinetes

contraincendios, válvulas de control, detectores y rociadores automáticos. En el modelado BIM, se integraron las especificaciones técnicas, materiales y características de funcionamiento de cada elemento de acuerdo a la figura.

Figura 35
Instalación contraincendios

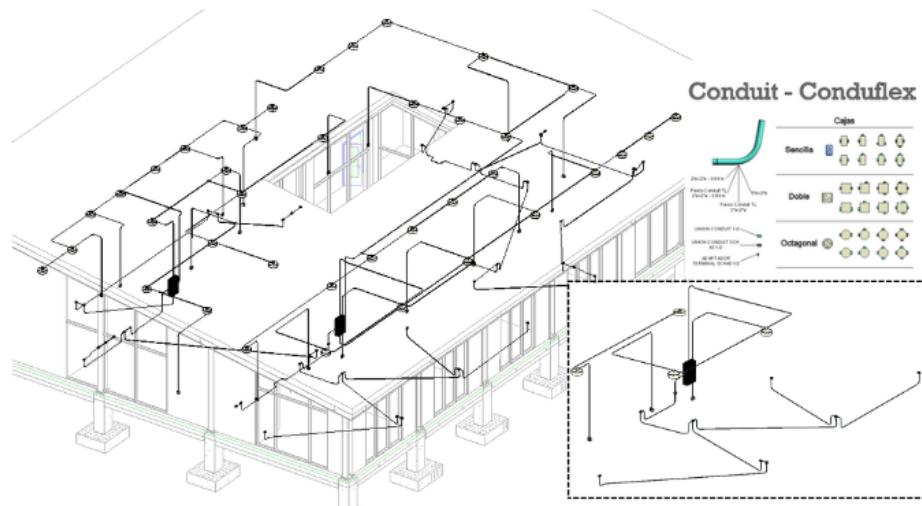


Nota: creación propia

Sistema de Instalación Eléctrica:

La instalación eléctrica fue diseñada como un sistema integral de distribución y control de energía, comprende de tableros de distribución, circuitos de potencia e iluminación, sistemas de puesta a tierra y protecciones. En el modelado BIM, cada componente se parametrizó considerando características técnicas, capacidades de carga y normativas eléctricas, permitiendo optimizar trazados de circuitos. La documentación generada incluye la visualización del sistema de acuerdo a la figura.

Figura 36
Instalación eléctrica



Nota: creación propia

4.2.2 Conclusión modelada BIM

El uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) en este proyecto ha demostrado ser una herramienta valiosa y avanzada para el diseño de los sistemas de infraestructura del terminal. Esta técnica ha permitido optimizar la planificación, visualización y gestión de cuatro sistemas críticos: el sistema sanitario, el sistema hidráulico, el sistema contra incendios y el sistema eléctrico.

Una de las principales fortalezas del modelado BIM radica en su capacidad para detallar cada componente de estos sistemas de manera excepcional. Pueden incluir información técnica específica, como diámetros de tuberías, pendientes, materiales, conexiones y características de funcionamiento. Esto permite realizar simulaciones anticipadas que ayudan a detectar posibles interferencias entre los sistemas, optimizar las rutas de las instalaciones y minimizar pérdidas.

A través del modelado 3D, se han podido simular escenarios críticos, como la presión del agua, la propagación del fuego y la caída de voltaje eléctrico. Esto ha proporcionado una

comprensión más profunda del comportamiento de cada sistema antes de su construcción física. Este enfoque no solo mejora la eficiencia del diseño, sino que también asegura el cumplimiento de las normativas técnicas, sanitarias y de seguridad vigentes. Sumado a esto la documentación generada va más allá de los planos tradicionales. Incluye diagramas isométricos, cálculos técnicos, especificaciones detalladas y modelos en 3D. Esto facilita una comunicación más clara entre los diferentes equipos de trabajo y las partes interesadas, reduciendo así la probabilidad de errores durante la construcción.

4.3 Coordinador de especialidades, documentación y tiempos

4.3.1 Preliminares (*Navisworks*)

Navisworks es un software desarrollado por Autodesk que se especializa en la integración, revisión y gestión de modelos BIM (Building Information Modeling) en proyectos de construcción e ingeniería. Su relevancia radica en la capacidad de consolidar múltiples modelos de diversas disciplinas en un solo entorno de trabajo, lo que permite una coordinación más eficiente y la detección temprana de conflictos. Entre sus principales funcionalidades se encuentran la integración de modelos provenientes de aplicaciones como Revit mediante la exportación de archivos de acuerdo a la figura. Además, Navisworks ofrece herramientas avanzadas para la simulación y visualización en 3D, lo que facilita recorridos virtuales y análisis de secuencias constructivas. También permite gestionar información adicional sobre costos, programación y especificaciones técnicas, mejorando así la comunicación entre los equipos de trabajo.

La importancia de Navisworks en la metodología BIM es evidente, ya que contribuye a reducir errores de diseño, optimizar la coordinación interdisciplinaria y mejorar la planificación y gestión de proyectos. Al permitir simulaciones realistas y análisis detallados, ayuda a anticipar

problemas y minimizar costos asociados a modificaciones tardías. En resumen, Navisworks se ha consolidado como una herramienta esencial para los profesionales del sector, facilitando una comunicación más clara y efectiva entre los distintos actores involucrados en el proceso constructivo.

Figura 37
Instalación de Navisworks y exportación desde Revit



Nota: creación propia

4.3.2 Análisis de interferencias e inconsistencias

Detección de Interferencias (Clash Detection):

Dentro de la metodología BIM, la detección de interferencias, también conocida como "clash detection", es un proceso fundamental que permite identificar y resolver conflictos físicos y geométricos entre los diferentes elementos y sistemas de un proyecto de arquitectura o ingeniería antes de su construcción. Esta herramienta funciona como un mecanismo de verificación anticipada, donde el software analiza la ubicación de los componentes estructurales, mecánicos, eléctricos y sanitarios en el modelo 3D. Revisa si hay superposición, intersección o proximidad no deseada entre estos elementos, generando informes detallados sobre las posibles colisiones, como tuberías atravesando vigas o instalaciones eléctricas cruzándose así como se muestra en la figura.

Figura 38
Detección de interferencias en Navisworks



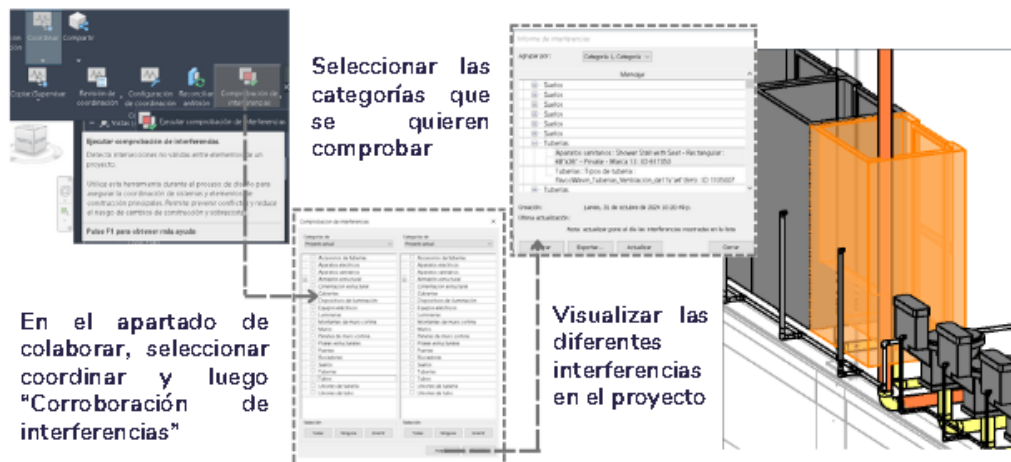
Nota: creación propia

El análisis de interferencias previene errores costosos durante la construcción, reduce modificaciones en obra, minimiza reprocesos y optimiza la coordinación entre los diferentes equipos. Al resolver estos problemas de manera digital se logra una integración eficiente de todos los sistemas.

Análisis de Inconsistencias

El análisis de inconsistencias en BIM es un proceso de verificación sistemática que evalúa la coherencia, congruencia y precisión de la información contenida en los modelos digitales. A diferencia de la detección de interferencias, este enfoque se centra en la integridad de la información, revisando aspectos como el cumplimiento de normativas técnicas, las especificaciones de diseño, la coherencia paramétrica y la concordancia entre las diferentes disciplinas como se evidencia en la figura.

Figura 39
Análisis de inconsistencias en Revit



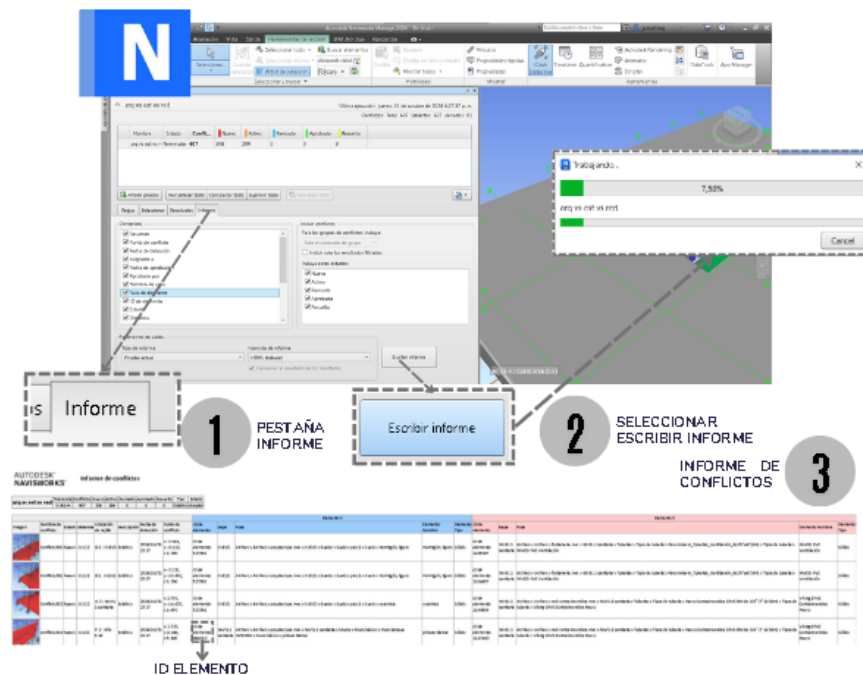
Nota: creación propia

Este análisis de inconsistencias es crucial para garantizar la calidad de la información, reducir errores de interpretación, minimizar riesgos de construcción, optimizar la comunicación interdisciplinaria y asegurar que el proyecto cumpla con todas las normativas y requerimientos técnicos establecidos. Esto se traduce en una mayor eficiencia, reducción de costos y mejora en la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

4.3.3 Gestión de informes de coordinación

Los informes de coordinación son una herramienta esencial dentro de la metodología BIM, funcionando como documentos técnicos detallados que resumen y registran el proceso de análisis y resolución de conflictos entre los diferentes sistemas y disciplinas en un proyecto de construcción. Estos informes aprovechan las capacidades de los modelos digitales para realizar análisis exhaustivos que reflejan la complejidad de los proyectos como lo es el modelado del terminal intermodal trabajado en el apartado anterior. Su estructura generalmente incluye una recopilación sistemática de las interferencias identificadas que suelen incluir visualizaciones en 3D como en la figura.

Figura 40
Creación de informe de coordinación en Navisworks



Nota: creación propia

La importancia de estos informes de coordinación se basa en su habilidad para revolucionar la gestión de proyectos al promover una comunicación efectiva y documentada entre los diferentes equipos multidisciplinarios. Esto ayuda a disminuir considerablemente los errores en la construcción, a reducir los costos asociados con modificaciones tardías y a mejorar la toma de decisiones en cada etapa del proyecto.

4.3.4 Gestión de cantidades y costos

La gestión de costos y cantidades en el contexto BIM constituye un proceso integral y dinámico de cuantificación, análisis y control de recursos económicos y materiales a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción. Aprovecha la inteligencia de los modelos paramétricos para generar mediciones precisas, automáticas y actualizables en tiempo real

La capacidad de exportar esta información de Revit a formatos como Excel permite a los profesionales transferir datos cuantitativos y económicos a herramientas de análisis financiero y presupuestal, para llevar a cabo la exportación se especifica en la figura.

Figura 41
Gestión de Cantidades y exportación a Excel



Nota: creación propia

Los beneficios de la metodología BIM se encuentran en su capacidad para realizar una cuantificación de materiales de manera instantánea y precisa, lo que permite elaborar presupuestos detallados con un margen de error mínimo. Además, facilita el análisis de costos y la comparación de diferentes alternativas de diseño desde un enfoque económico.

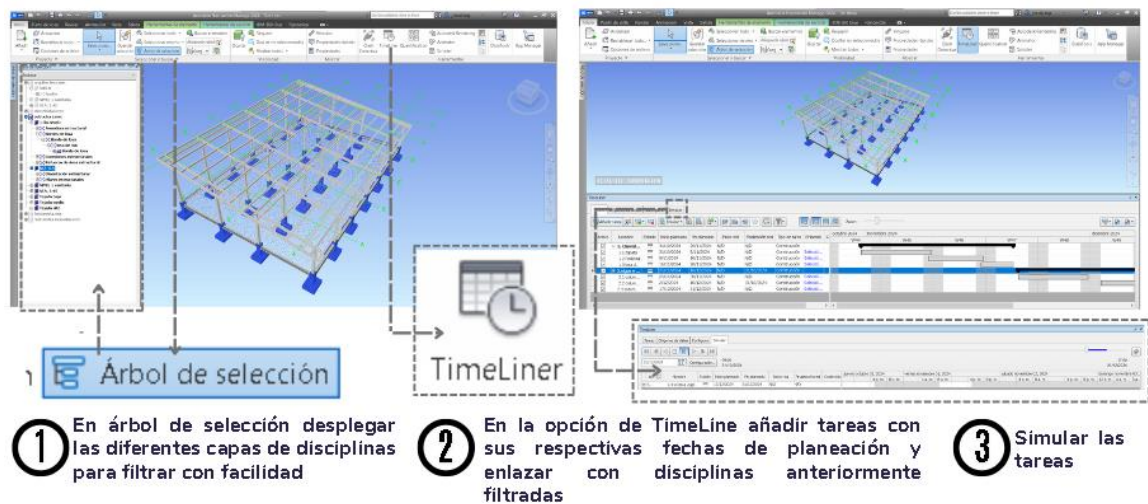
4.3.5 Simulación de actividades constructivas

La simulación de actividades constructivas es un proceso avanzado de modelado digital que permite visualizar, analizar y optimizar tanto la secuencia temporal como espacial de los

procesos de construcción. Esta técnica transforma la planificación tradicional en una herramienta dinámica e interactiva para la gestión de proyectos.

En el contexto del BIM, esta simulación se incorpora como una dimensión adicional (4D) que añade el elemento temporal a los modelos tridimensionales. Esto permite a los profesionales entender, prever y gestionar la evolución total del proyecto desde una perspectiva integral y dinámica. La herramienta Navisworks se destaca como esencial para esta simulación como lo muestra la imagen, ya que ofrece capacidades avanzadas para integrar modelos, programar actividades y visualizar secuencias constructivas a través de su módulo de Timeline. Los usuarios pueden importar cronogramas desde Microsoft Project o Primavera, o bien configurar directamente la secuencia de construcción al vincular cada actividad con elementos específicos del modelo 3D.

Figura 42
Simulación en Navisworks



Nota: elaboración propia

El proceso de simulación implica varios pasos estratégicos, como la importación de modelos de diferentes disciplinas, la asignación de duraciones y dependencias a cada tarea, la

configuración de las secuencias constructivas y la vinculación de recursos. Además, se generan animaciones que representan gráficamente el progreso del proyecto a lo largo del tiempo. La relevancia de esta simulación radica en su capacidad para anticipar y gestionar posibles conflictos, optimizar la planificación, mejorar la comunicación entre los participantes, identificar interferencias temporales, analizar la logística de construcción, evaluar la asignación de recursos y reducir significativamente los riesgos asociados al proceso constructivo.

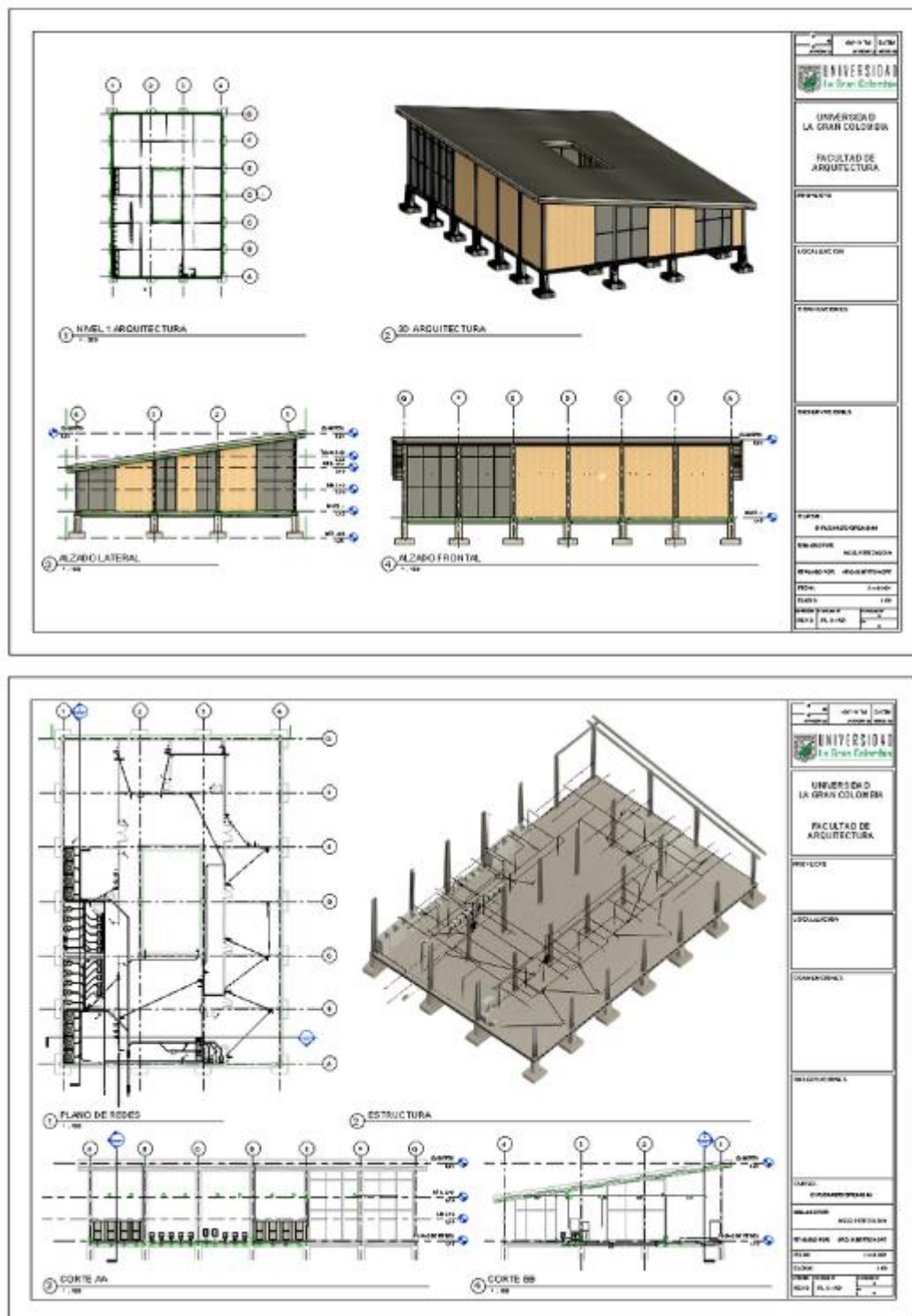
4.3.6 Configuración de planimetría

La configuración de la planimetría dentro de la metodología Building Information Modeling (BIM) se presenta como un aspecto esencial en la gestión actual de proyectos arquitectónicos e ingenieriles. Este enfoque tecnológico ofrece una representación multidimensional que va más allá de la simple representación geométrica, convirtiéndose en una herramienta integral para la gestión del conocimiento en el ámbito de la construcción.

Una configuración precisa de la planimetría BIM permite desarrollar un modelo digital completo que integra diversas dimensiones del proyecto. Estas dimensiones incluyen no solo la representación tridimensional, sino también una caracterización detallada de los materiales, especificaciones técnicas de los sistemas constructivos, y estimaciones de costos y recursos.

La implementación de una planimetría BIM bien estructurada requiere un modelado exacto de los elementos constructivos, la inclusión de información paramétrica, el desarrollo de modelos interoperables y una gestión dinámica de la información del proyecto. Estos elementos ayudan a convertir la información en un activo estratégico que favorece la toma de decisiones y promueve la innovación en el sector constructivo.

Figura 43
Planimetría del modelado



Nota: Elaboración propia

4.3.7 Conclusión

En conclusión, la adopción de herramientas avanzadas en la gestión de proyectos de construcción es crucial para optimizar el proceso constructivo y mejorar los resultados generales. Técnicas como la detección de interferencias, la elaboración de informes de coordinación, la simulación de actividades constructivas y la gestión de costos y cantidades son fundamentales en este ámbito. Estas prácticas permiten identificar y resolver conflictos potenciales antes de que comience la construcción, lo que no solo ahorra tiempo y recursos, sino que también reduce el riesgo de errores costosos.

Además, estas herramientas facilitan una comunicación más efectiva entre los diferentes equipos involucrados en el proyecto, promoviendo un flujo de información claro y eficiente. La capacidad de visualizar el proceso en tiempo real permite a los equipos anticipar problemas y realizar ajustes inmediatos, lo que contribuye a una ejecución más fluida del proyecto. Por otro lado, la gestión precisa de costos y cantidades proporciona mediciones exactas que son esenciales para elaborar presupuestos detallados y realistas.

En conjunto, todas estas estrategias no solo incrementan la eficiencia y calidad del proyecto, sino que también garantizan un uso más racional y efectivo de los recursos disponibles. Esto se traduce en un desarrollo más sostenible y rentable dentro del sector de la construcción, promoviendo prácticas que benefician tanto a los desarrolladores como a las comunidades involucradas. En un contexto donde la sostenibilidad es cada vez más relevante, implementar estas herramientas avanzadas se convierte en una necesidad para enfrentar los desafíos actuales del sector.

4.4 Realidad virtual e inmersa

Las herramientas de visualización arquitectónica son fundamentales para convertir conceptos abstractos en experiencias comprensibles y realistas. Estas herramientas permiten comunicar la visión del proyecto de manera efectiva, facilitando la comprensión y la toma de decisiones informadas por parte de los clientes antes de la ejecución. Al ofrecer representaciones tridimensionales, los interesados pueden visualizar el resultado final, identificar problemas y explorar diferentes opciones de diseño sin incurrir en costos adicionales. Además, la visualización abarca aspectos técnicos, garantizando la coordinación de todos los elementos del proyecto y el cumplimiento de normativas. En resumen, estas herramientas mejoran el proceso de diseño y fomentan una comunicación clara entre todos los involucrados.

4.4.1 Preliminares

La exportación de archivos IFC (Industry Foundation Classes) se ha vuelto esencial en el ámbito del modelado de información de construcción (BIM), actuando como un estándar clave para la interoperabilidad y el intercambio de información en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción. Este formato de archivo, que es abierto e independiente de la plataforma, permite una comunicación fluida entre diferentes programas y disciplinas, superando las barreras de compatibilidad que han fragmentado históricamente los procesos de diseño y construcción.

En el contexto del BIM, la exportación IFC no se limita a la simple transferencia de archivos; es un mecanismo avanzado que mantiene la integridad y la riqueza semántica de la información del modelo. Esto permite que arquitectos, ingenieros y otros profesionales compartan y utilicen datos de manera coherente. Cada elemento del modelo, como vigas o sistemas de conductos, conserva sus propiedades durante la exportación.

La importancia del IFC se destaca en su capacidad para facilitar la colaboración interdisciplinaria. En proyectos modernos donde múltiples profesionales trabajan simultáneamente, el formato IFC actúa como un lenguaje común que asegura que todos los involucrados puedan acceder al mismo modelo sin perder información crucial. Además, IFC es vital para la gestión del ciclo de vida completo de un edificio, desde el diseño hasta la construcción y el mantenimiento, proporcionando un registro digital completo que es valioso para los propietarios y administradores.

4.4.2 Fotomontaje y retoque fotográfico 3D

Configuración de materiales y mobiliario exterior

La configuración tanto exterior como interior en los renders y fotomontajes es fundamental para lograr una representación fiel y atractiva de un espacio arquitectónico. En este sentido, la materialidad y el mobiliario juegan un papel crucial como narradores silenciosos que aportan vida y contexto al diseño, transformando un espacio vacío en un escenario significativo y habitable. La cuidadosa selección de texturas, la calidad de los materiales y la disposición estratégica del mobiliario no solo reflejan la intención del diseño, sino que también crean una narrativa visual que permite al espectador captar la atmósfera, funcionalidad y carácter del proyecto. Cada elemento, desde la rugosidad de un piso de concreto hasta la suavidad de un sofá de cuero, así como la transparencia del vidrio y la calidez de la madera, contribuye a generar una experiencia sensorial completa que trasciende la simple representación geométrica.

En el ámbito del renderizado y el fotomontaje, estos elementos se convierten en herramientas de comunicación esenciales que pueden transmitir sensaciones, evocar emociones y anticipar la experiencia espacial antes de que se concrete físicamente. La habilidad para combinar estos aspectos visuales permite a los arquitectos y diseñadores presentar sus ideas de manera más

efectiva, facilitando una comprensión más profunda del proyecto por parte de los clientes y otros interesados. Al crear imágenes que capturan no solo la forma, sino también el ambiente y el uso previsto del espacio, se establece una conexión emocional con el espectador. Esto es especialmente relevante en la fase de presentación del proyecto, donde una representación convincente puede influir en las decisiones de inversión, aprobación o diseño final, haciendo que la atención a los detalles en los renders y fotomontajes sea un aspecto crucial en el proceso arquitectónico.

Figura 44

Mobiliario y materialidad de fotomontaje



Nota: Elaboración propia

Fondos climáticos, manejo de luces, sombras y reflejos

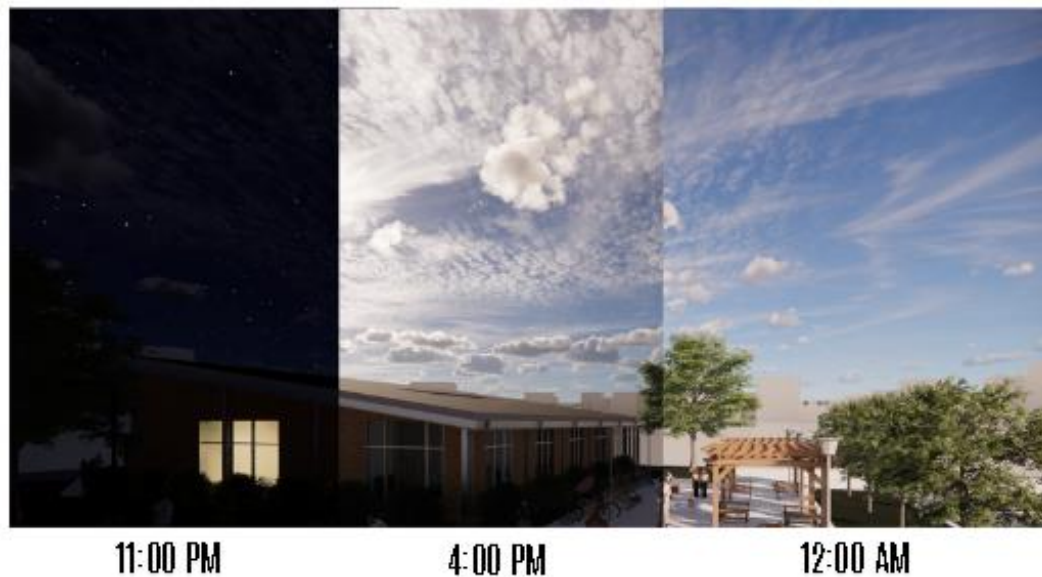
Los fondos climáticos son herramientas esenciales en la visualización de renders arquitectónicos, ya que aportan un nivel de versatilidad y realismo significativo. Su capacidad para adaptar el entorno a necesidades específicas permite a diseñadores y visualizadores modificar el contexto climático, logrando resultados que van más allá de la simple representación estática de un espacio.

Una de las características más destacadas de esta técnica es la posibilidad de ajustar el render a diferentes momentos del día, lo que proporciona un control preciso sobre la iluminación y las sombras en diversas situaciones. Esto permite explorar cómo un proyecto se transforma bajo la luz del amanecer, el resplandor del mediodía, la calidez del atardecer o la penumbra del anochecer. Cada hora del día genera una narrativa visual única, revelando matices en materiales y texturas que no serían evidentes en una representación única. El manejo de luces, sombras y reflejos se convierte en un lenguaje visual sofisticado que ayuda a comunicar la experiencia espacial en toda su complejidad, permitiendo anticipar cómo un proyecto interactuará con su entorno en diferentes condiciones atmosféricas. Así, los fondos climáticos y el control lumínico no solo son herramientas de representación, sino medios para comprender la verdadera esencia de un espacio arquitectónico.

Figura 45
Fondo Bioclimático



Nota: Elaboración propia

Figura 46*Manejo de luces, sombras y reflejos*

Nota: Elaboración propia

Visualización de modelados 3D

La visualización en 3D se ha convertido en una herramienta esencial para la conceptualización, desarrollo y comunicación de proyectos de infraestructura compleja, especialmente en el ámbito de los transportes intermodales. En este contexto, los modelos 3D van más allá de la simple representación gráfica, funcionando como un lenguaje visual que ayuda a entender la integridad y complejidad de un sistema de movilidad multimodal.

A través de la visualización 3D, los diseñadores pueden explorar y comunicar aspectos críticos del proyecto que superan la geometría básica. Esta representación detallada permite analizar la integración de diferentes modos de transporte, como trenes, autobuses y sistemas de metro, facilitando la comprensión de flujos de movimiento y la conectividad entre sistemas. El modelado 3D también permite visualizar la interacción entre la infraestructura, los usuarios y el entorno urbano, analizando con precisión elementos como la geometría de los andenes y la

ubicación de señalética. Además, se convierte en un poderoso instrumento de comunicación para stakeholders, inversores y ciudadanos, permitiendo simular diferentes escenarios y mostrar el impacto del proyecto en su entorno. La capacidad de incluir iluminación, materialidad y contexto urbano en los modelos 3D proporciona una comprensión integral del proyecto, revelando cómo se integra en la trama urbana y cómo transforma el espacio público.

Figura 47
Render interior del proyecto



Nota: Elaboración propia

Realidad virtual inmersa

La realidad virtual inmersiva ha emergido como una herramienta transformadora dentro del ecosistema BIM, superando las limitaciones tradicionales de la visualización arquitectónica y constructiva. Plataformas como Augin han sido clave en esta evolución, brindando a los profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción una experiencia de navegación y análisis que va más allá de las representaciones bidimensionales o los modelos 3D

convencionales. Esta inmersión total permite a los usuarios interactuar de manera integral con proyectos aún no construidos, explorando cada detalle constructivo y experimentando diferentes ángulos y perspectivas con una precisión que antes no era posible.

La importancia de Augin en el contexto BIM radica en su capacidad para facilitar la comprensión de proyectos complejos, eliminando barreras de comunicación entre profesionales y partes interesadas. Gracias a la realidad virtual, un cliente puede experimentar su futuro espacio de forma inmersiva, un ingeniero puede identificar interferencias constructivas anticipadamente y un arquitecto puede validar decisiones de diseño en un entorno interactivo. Esta tecnología no solo mejora los procesos de diseño y construcción, sino que también reduce significativamente los márgenes de error, permite simulaciones de uso y funcionalidad, y facilita una toma de decisiones más informada y participativa. Así, la realidad virtual se convierte en un puente entre lo proyectado y lo construido, transformando radicalmente la forma en que concebimos, desarrollamos y comunicamos proyectos arquitectónicos e ingenieriles.

4.4.3 Conclusión

Los recorridos virtuales se han consolidado como una herramienta transformadora en la comunicación de proyectos arquitectónicos, permitiendo una visualización efectiva del diseño y sus características. Esta tecnología ofrece una experiencia inmersiva que supera las limitaciones de las representaciones tradicionales, permitiendo a los participantes explorar un entorno tridimensional interactivo.

Su verdadera fortaleza radica en la capacidad de democratizar la comprensión de diseños complejos, permitiendo que todos los interesados, desde inversores hasta equipos de construcción, experimenten los espacios y funcionalidades como si ya estuvieran construidos. Esto elimina las barreras de interpretación que a menudo complican la comunicación en

proyectos de arquitectura e ingeniería. Además, los recorridos virtuales fomentan una toma de decisiones más informada y colaborativa, ya que los participantes pueden evaluar detalles, contrastar alternativas de diseño y validar propuestas en un entorno compartido.

La colaboración se ve significativamente potenciada, ya que arquitectos, ingenieros y clientes pueden interactuar simultáneamente en un espacio virtual, facilitando la identificación de mejoras y el consenso. Así, los recorridos virtuales no solo actúan como herramientas de visualización, sino que también se convierten en un lenguaje universal que mejora la comunicación interdisciplinaria. Permiten anticipar desafíos constructivos y optimizar diseños, transformando el proceso de diseño en una experiencia colaborativa y transparente antes de la materialización física del proyecto.

Conclusiones y Recomendaciones

La implementación de estrategias sostenibles y metodologías avanzadas en el diseño y construcción de proyectos arquitectónicos en Facatativá resulta esencial para abordar los desafíos actuales de movilidad, sostenibilidad y urbanismo. La propuesta de una terminal de transporte intermodal, fundamentada en conceptos teóricos, prácticas sostenibles y tecnología BIM, responde a las necesidades del municipio al integrar diferentes modos de transporte, reducir problemas de fragmentación urbana y mejorar la calidad de vida de los habitantes. Asimismo, la adopción de prácticas sostenibles como el uso de materiales eco-amigables, sistemas de captación de aguas lluvias, energías renovables y diseño bioclimático, junto con la sensibilización comunitaria, promueve un desarrollo urbano eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

Por otro lado, el uso de BIM ha demostrado ser una herramienta indispensable, no solo para optimizar la planificación y gestión de los sistemas de infraestructura, sino también para garantizar la precisión técnica, detectar interferencias y minimizar errores durante la construcción. Estas tecnologías, combinadas con un enfoque integral, permiten enfrentar los retos del crecimiento poblacional y los problemas de movilidad de manera sostenible y eficiente.

Se recomienda continuar monitoreando el desarrollo y la expansión urbana de Facatativá para evaluar la efectividad de la terminal de transporte propuesta, adaptándola a las futuras necesidades del municipio. Es crucial que las autoridades municipales apoyen y prioricen este proyecto, reconociéndolo como una base sólida para mejorar la movilidad y fomentar la sostenibilidad.

Adicionalmente, se sugiere mantener la capacitación y sensibilización de los usuarios sobre prácticas sostenibles, así como fortalecer la colaboración con expertos y organizaciones locales para enriquecer el enfoque del proyecto. En el ámbito técnico, es importante seguir

promoviendo la implementación de BIM en proyectos futuros, asegurando un uso óptimo de los recursos, una mejor coordinación entre equipos y un diseño más preciso y funcional. Estas acciones garantizarán que los beneficios sociales, económicos y ambientales perduren en el tiempo, promoviendo un desarrollo integral para el municipio y sus habitantes.

Lista de Referencia o Bibliografía

Garzón, A.N. Ortiz, L. V. (2022), TERMINAL INTERMODAL DE TRANSPORTE TERRESTRE INTERMUNICIPAL SOSTENIBLE PARA LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD URBANA EFICIENTE EN EL MUNICIPIO DE FACATATIVA, Tesis de pregrado, Universidad La Gran Colombia

GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA, SECRETARÍA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD, LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDA (2014), PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANO - MUNICIPIO DE FACATATIVÁ DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE, <https://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/planes/plan-maestro-de-movilidad-urbano-municipio-de-facatativa>

Ministerio de transporte (2024), REGIOTRAM DE OCCIDENTE, <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11651/regiotram-de-occidente/>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10* (10a ed.).

Ministerio de Transporte. (2015). *Decreto 1079 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte*. Diario Oficial de Colombia.

Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction*, 114, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.
- Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(6), 610-635.
<https://doi.org/10.1108/09699981211277164>
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building information modeling (BIM) partnering framework for construction sustainability. *Applied Sciences*, 3(1), 64-83. <https://doi.org/10.3390/app3010064>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- UK BIM Task Group. (2013). BIM Level 2 – Strategy, standards and guidance.
<https://www.gov.uk/government/publications/building-information-modelling>
- Wong, K. D., Wong, K. W., & Nadeem, A. (2014). Building information modelling (BIM) opportunities and challenges for the building sector in Hong Kong. *Journal of Construction in Developing Countries*, 19(1), 117-137.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles. ISO.

- British Standards Institution. (2013). PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. BSI.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- López-Mesa, B. (2020). The collaborative model in architecture and engineering through Building Information Modelling (BIM). *Informes de la Construcción*, 72(560), e344.
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79.
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79.
- Zhang, L., et al. (2018). BIM-based lifecycle facility management. CRC Press.
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building information modeling (BIM) implementation in Canadian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Amor, R., et al. (2016). Strategic asset management approach for infrastructure. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- buildingSMART International. (2018). BIM standards and guides.
- Harty, J., & Whyte, J. (2010). Emerging hybrid practices in construction design work. *Construction Management and Economics*.
- buildingSMART International. (2019). IFC documentation.
- Bassier, M., et al. (2017). BIM collaboration formats. *Journal of Information Technology in Construction*.

- Penttilä, H. (2016). Parametric building modeling. *Architectural Design*.
- Isaac, S., et al. (2017). Asset information management in infrastructure projects.
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79.
- Autodesk. (2024). Navisworks: Software de revisión de proyectos.
<https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.
- Kymmell, W. (2008). Building information modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. McGraw-Hill Construction.
- Esparza Paz, F., Villalva Guanga, M. A., Mendoza Olmedo, P. C., & Huilca Herrera, I. J. (2018). Medición de la calidad del servicio de terminales de transporte terrestre de pasajeros. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- León, A., Díaz, S., & Márquez, L. (2023). Análisis de la percepción de inseguridad con enfoque de género en la elección del transporte público. Estudio de caso Tunja, Colombia. *EURE-Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales*, 49(147).
<https://doi.org/10.7764/eure.49.147.01>
- Vásquez Maldonado, W. (2016). Sistema de intercambio modal de transporte público nodo calle 26 [Tesis de grado, Universidad no especificada].
- Jacobs, J. (1961). Muerte y vida de las grandes ciudades. Random House.

WTTW. (2022, 29 de abril). Jane Byrne - A Chicago stories Documentary [Video]. YouTube.

https://www.youtube.com/watch?v=R84qd1_-fFQ

Organización de las Naciones Unidas. (2023). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2013). La infraestructura de transporte sostenible y su contribución a la igualdad en América Latina y el Caribe.

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/35883-la-infraestructura-transporte-sostenible-su-contribucion-la-igualdad-america>

100 Libros Libres. (s. f.). Historia de Bogotá. <https://100libroslibres.com/historia-de-bogota-conquista-y-colonia-los-muisca?resaltar=facatativa>

Varón Robayo, F. E. (2016). Intermodal de transporte público terrestre en el municipio de Facatativá [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/arquitectura/599>

Parque Arqueológico de Facatativá. (2013, 22 de febrero). Compendio documental del Parque Arqueológico de Facatativá. Issuu.

https://issuu.com/rupestreweb/docs/compendio_parque_arqueologico_de_facatativa/102

Morgan. (2012, 15 de septiembre). La teoría de la red urbana. Issuu.

https://issuu.com/morgan0888/docs/la_teor_a_de_la_red_urbana

López, R. A. A. (2017). Smart and Sustainable City: Towards an inclusive innovation model. Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad, 7(13), 1-17. <https://doi.org/10.32870/pk.a7n13.299>

Gobernación de Cundinamarca. (s. f.). Municipio de Facatativá.

<https://mapas.cundinamarca.gov.co/documents/cundinamarca-map::municipio-de-facatativa/about>

Alcaldía de Facatativá. (s. f.). Diagnóstico territorial.

https://facativacundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/facativacundinamarca/content/files/001239/61905_diagnostico-territorial--componente-ordenamiento--producto-2-2.pdf

Empresa de Desarrollo Económico de Facatativá. (s. f.). Impuesto municipal. <https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/efr-pdf/impuesto-4051faca.pdf>

Concejo Municipal de Facatativá. (s. f.). Plan de desarrollo municipal.

https://concejofacativamicolombiadigital.gov.co/sites/concejofacativamicolombiadigital/content/files/000384/19176_facativam-correccion-un-proposito-comun-20202024.pdf

Esparza Paz, F. F., Villalva Guanga, M. A., Mendoza Olmedo, P. C., & Huilca Herrera, I. J. (2018).

Medición de la calidad del servicio de terminales de transporte terrestre de pasajeros. Revista Caribeña de Ciencias Sociales.

León, A., Díaz, S., & Márquez, L. (2023). Análisis de la percepción de inseguridad con enfoque de género en la elección del transporte público. Estudio de caso Tunja, Colombia. EURE-Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales, 49(147), NA. [se quitó una URL no válida]

López, R. A. A. (2017). Smart and Sustainable City: Towards an inclusive innovation model. Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad, 7(13), 1-17. <https://doi.org/10.32870/pk.a7n13.299>

Marea, C. V., & Betlloch, A. R. (2006). Potencialidades del metro ligero en la transformación del espacio urbano. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40180104>

Varón Robayo, F. E. (2016). Intermodal de transporte público terrestre en el municipio de Facatativá. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/arquitectura/599>

Vásquez Maldonado, W. (2016). Sistema de intercambio modal de transporte público nodo calle 26.

Jacobs, J. (1961). Muerte y vida de las grandes ciudades. Random House.

Organización de las Naciones Unidas. (2023). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf?_gl=1w7naym_gaMTQ4NTIxMzk4MS4xNjk1MjI2OTcx_ga_TK9BQL5X7Z*MTY5NTUwNDkwOS4zLjEuMTY5NTUwNDk5MS4wLjAuMA..

arqa.editorial@gmail.com. (2019, 26 junio). Transparent Retail Pavilion – ARQA. ARQA.

<https://arqa.com/en/architecture/transparent-retail-pavilion.html>

Compendio documental del Parque Arqueológico de Facatativá. (2013, 22 febrero). Issuu.

https://issuu.com/rupestreweb/docs/compendio_parque_arqueologico_de_facatativa/102

Estado del arte. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40180104>

Gallery of All Aboard Florida - Miami station | Skidmore, Owings & Merrill SOM | Media - 1. (s. f.).

Archello. https://archello.com/story/34735/attachments/photos_videos/1

Historia de Bogotá. (s. f.). 100libroslibres.com. <https://100libroslibres.com/historia-de-bogota-conquista-y-colonia-los-muisca?resaltar=facatativa>

LA TEORÍA DE LA RED URBANA. (2012, 15 septiembre). Issuu.

<https://issuu.com/morgan0888/docs/la-teoria-de-la-red-urbana>

MUNICIPIO DE FACATATIVÁ. (s. f.). <https://mapas.cundinamarca.gov.co/documents/cundinamarca-map::municipio-de-facatativa/about>

NU. CEPAL. División de Recursos Naturales e Infraestructura-Agencia Española de Cooperación

Internacional para el Desarrollo. (2013). La infraestructura de transporte sostenible y su

contribución a la igualdad en América Latina y el Caribe. Obtenido el 30 de septiembre de 2023

desde: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/35883-la-infraestructura-transporte-sostenible-su-contribucion-a-la-igualdad-america>

PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANO - MUNICIPIO DE FACATATIVÁ DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE. (2020, 1 abril). <https://www.facatativa.cundinamarca.gov.co/planes/plan-de-ordenamiento-territorial-pot>

Sánchez, D. (2022, 22 diciembre). MIT Manukau y Cruce de Transporte / Warren and Mahoney. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/769217/mit-manukau-y-cruce-de-transporte-warren-and-mahoney>

<https://pdfslide.tips/documents/antropometria-terminal-terrestre.html>

https://www.archdaily.com/511417/som-reveals-design-for-all-aboard-florida-train-station/53ceff38c07a805e08000443-som-reveals-design-for-all-aboard-florida-train-station-photo?next_project=

Facatativá correcta: Un propósito común 2020-2024.

https://concejofacatativa.micolombiadigital.gov.co/sites/concejofacatativa/content/files/000384/19176_facatativa-correcta-un-proposito-comun-20202024.pdf

Diagnóstico territorial – Componente ordenamiento – Producto 2-2.

https://facativacundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/facativacundinamarca/content/files/001239/61905_diagnostico-territorial--componente-ordenamiento--producto-2-2.pdf

Impuesto 4051 FACATATIVÁ. <https://www.efr.cundinamarca.gov.co/sites/default/files/efr-pdf/impuesto-4051faca.pdf>

WTTW (2022, 29 abril). Jane Byrne - A Chicago Stories Documentary. [se quitó una URL no válida]