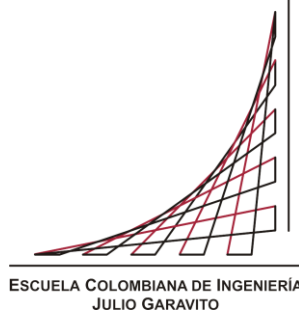


ESTUDIO DE TRANSPORTE MASIVO FÉRREO UTILIZANDO EL CORREDOR
VIAL ACTUAL ENTRE BOGOTÁ – ZIQUAIRÁ

ING JOSÉ GONZALO RÍOS MARÍN



ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
ENFASIS EN TRANSITO Y TRANSPORTE
BOGOTA D.C.
2013

ESTUDIO DE TRANSPORTE MASIVO FÉRREO UTILIZANDO EL CORREDOR
VIAL ACTUAL ENTRE BOGOTÁ – ZIQUAIRÁ

ELABORADO POR
ING JOSÉ GONZALO RÍOS MARÍN

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFASIS EN
TRÁNSITO Y TRANSPORTE

DIRECTOR
ING JULIAN SILVA TOBAR.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
ENFASIS EN TRANSITO Y TRANSPORTE
BOGOTA D.C.
2013

Nota de aceptación.

El trabajo de investigación “ESTUDIO DE TRANSPORTE MASIVO FÉRREO UTILIZANDO EL CORREDOR VIAL ACTUAL ENTRE BOGOTÁ – ZIPAQUIRÁ” presentado por el ingeniero JOSÉ GONZALO RÍOS MARÍN, ha sido aceptado como requisito para optar al título de Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.

Ing Julián Silva Tobar
Director del Proyecto.

Ing Santiago Henao Pérez
Jurado.

Ing Maritza Cecilia Villamizar Roperio
Jurado.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. <i>Objetivo general</i>	10
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	10
3. INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	11
3.1. ESTUDIOS Y TRATADOS REVISADOS:.....	11
3.2. CONCLUSIONES DEL anaLISis DE LA INFORMACION SECUNDARIA ..	16
4. INFORMACIÓN PRIMARIA.....	17
4.1. Toma de información primaria	17
Actualización de Planos de Diseño:	17
Actualización de Obras de drenaje y Pasos a Nivel	17
Encuestas Origen-Destino.....	19
4.2. Análisis de la información primaria	22
Actualización de Obras de drenaje y Pasos a Nivel	22
PASOS A NIVEL:	30
<i>ENCUESTAS ORIGEN-DESTINO</i>	40
5. DEMANDA Y OFERTA DEL ESTUDIO DE TRANSPORTE FÉRREO.....	47
5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA REGIONAL ACTUAL DE PASAJEROS	48
5.2. LA OFERTA DE TRANSPORTE	50
5.3. CARACTERISTICAS LA DEMANDA ACTUAL DE TRANSPORTE	51
5.4. Matrices Origen – Destino	52
5.5. Estudio de velocidades del transporte público.....	61
5.6. Comportamiento del tráfico semanal	62
6. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD	64
7. DETERMINACIÓN DEL EQUIPO RODANTE	65
7.1. Definición de Parámetros Básicos:.....	65
7.2. Equipos de Pasajeros:.....	66
7.3. Parámetros Usuales del Equipo	67

8.	PARÁMETROS PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	71
	Rediseño deL TRAZADO.....	71
9.	ESTACIONES Y PASOS PEATONALES.....	94
	9.1. Estaciones:.....	94
	9.2. Pasos Peatonales:.....	99
	9.3. TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE EQUIPOS	102
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	107

ANEXOS

ANEXO A - Planos

ANEXO B –Levantamiento de Drenaje y Pasos a nivel

ANEXO C - Registro fotográfico – Obras de Drenaje.

ANEXO D - Encuestas Origen - Destino

ANEXO E -Registro fotográfico - Encuestas Origen - Destino

ANEXO F -Matriz Origen - Destino

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Proyecto	9
Figura 2 Formato de Inspección Obras de Drenaje	18
Figura 3 Formato de encuesta Origen-Destino. Ruta Bogotá-Zipacquirá	21
Figura 4 Panorámica del trabajo de campo.....	22
Figura 5 Formato Diligenciado de levantamiento de Obras de Arte.	29
Figura 6 Puntos de Aforo	42
Figura 7 Distribución horaria de la oferta de transporte público colectivo.	50
Figura 8 Modo utilizado para llegar al bus.....	53
Figura 9 Encuestados que poseen vehículo privado	54
Figura 10 Motivos de viaje de encuestados	55
Figura 11 Frecuencia de viaje de encuestados	56
Figura 12 Corredor datos velocidades Calle 170.	61
Figura 13 Corredor datos velocidades Corredor Norte	62
Figura 14 Distribución Semanal del tráfico.....	63
Figura 15 Plataforma Pasajeros	67
Figura 16 Tren Suburbano	68
Figura 17 Diseño interior tren	69
Figura 18 Dimensiones y capacidad del vehículo	70
Figura 19 Peralte teórico	73
Figura 20 Angulo de inclinación	74
Figura 21 Peraltes desplazados.....	76
Figura 22 ESTACIÓN TIPO A	96
Figura 23 ESTACION TIPO B	97
Figura 24 ESTACION TIPO C	98
Figura 25 Paso peatonal recto elevado tipo frontal.....	99
Figura 26 Paso peatonal recto elevado tipo lateral.....	100
Figura 27 Paso peatonal a nivel en planta	102

INDICE DE GRAFICAS

Tabla 1 Proyecciones de población Municipios Corredor Norte	49
Tabla 2 Distancias desde Bogotá – Km	49
Tabla 3 Oferta de servicio público (día ambos sentidos) Corredor Norte	51
Tabla 4 Viajes en la hora pico de la mañana entrando a Bogotá	52
Tabla 5 Tarifas medias \$ (2013)	57
Tabla 6 Matriz Origen – Destino - Aforada	58
Tabla 7 Demanda Para El Proyecto Escenario Bajo	59
Tabla 8 Demanda Para El Proyecto Escenario Alto	60
Tabla 9 Velocidad vs C	78
Tabla 10 Granulometrías.....	81

INDICE DE FOTOS

Foto 1 Cuneta en Tierra.....	23
Foto 2 Cuneta en concreto.....	24
Foto 3 Alcantarilla	25
Foto 4 Filtro.....	25
Foto 5 Cunetas Transversales a La Vía.....	26
Foto 6 Cunetas Transversales a La Vía.....	27
Foto 7 Cuneta en paso a nivel.....	28
Foto 8 Paso a Nivel	30
Foto 9 Paso a Nivel	34
Foto 10 Señalización de Paso a Nivel del Tren de la Sabana Bogotá-Zipacquirá ..	35
Foto 11 Entrevista.....	46

INTRODUCCIÓN

La incorporación del Sistema Férreo al Sistema de Transporte Nacional es indispensable para el desarrollo económico del país, ya que estos corredores permitirán la conexión de las zonas de producción y los centros de consumo. Este sistema de transporte tiene grandes ventajas con relación a otros modos como la movilidad de grandes volúmenes de carga, menor impacto ambiental por la disminución de emisión de gases, menores costos de operación, también mejora sustancialmente la competitividad, principalmente para las exportaciones. Por estas razones es necesaria la reconstrucción y renovación del sistema férreo priorizando las líneas que son rentables asociadas a los volúmenes de carga y pasajeros.

Las diferentes actividades que forman parte de una ciudad dentro de sus habitantes se incrementan día a día y se ven afectadas por el poco y ya muy saturado medio de transporte, se tiene que recorrer grandes distancias, en las mismas horas para poder llegar a un destino, dado esto porque la planeación de la ciudad no es homogénea y dentro de las diferentes zonas no se cubre con las necesidades de las personas.

Por expuesto Esto produce una congestión vehicular de una manera acelerada en donde ya no vale ninguna medida de control como el pico y placa, pues es tal el embotellamiento en las horas de restricción como en las horas en donde se libera dicha prohibición (horas valle).

Este fenómeno también se presenta hacia la Sábana de Bogotá donde su desarrollo esta crecido velozmente, generando una gran cantidad de viajes desde y hacia la Capital del país, básicamente como consecuencia de una gran dependencia económica de los Municipios con Bogotá. A pesar de que en su gran mayoría se trata de municipios agrícolas, éstos se han convertido paulatinamente en “Ciudades Dormitorio”, poniendo de manifiesto la necesidad de servicios de transporte interurbanos que ofrezcan mejores especificaciones que las actuales, con la premisa del mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y participando de la integración regional.

Es de importancia recordar que el Ferrocarril del Norte es iniciado por miembros de la Sociedad Colombiana de Ingenieros en 1879, y en 1894 llega al Puente del Común (La Caro), siendo continuado por el gobierno. En 1896 llega a Cajicá y en 1898 a Zipaquirá; luego la concesión pasa a ingleses de The Colombian Northern

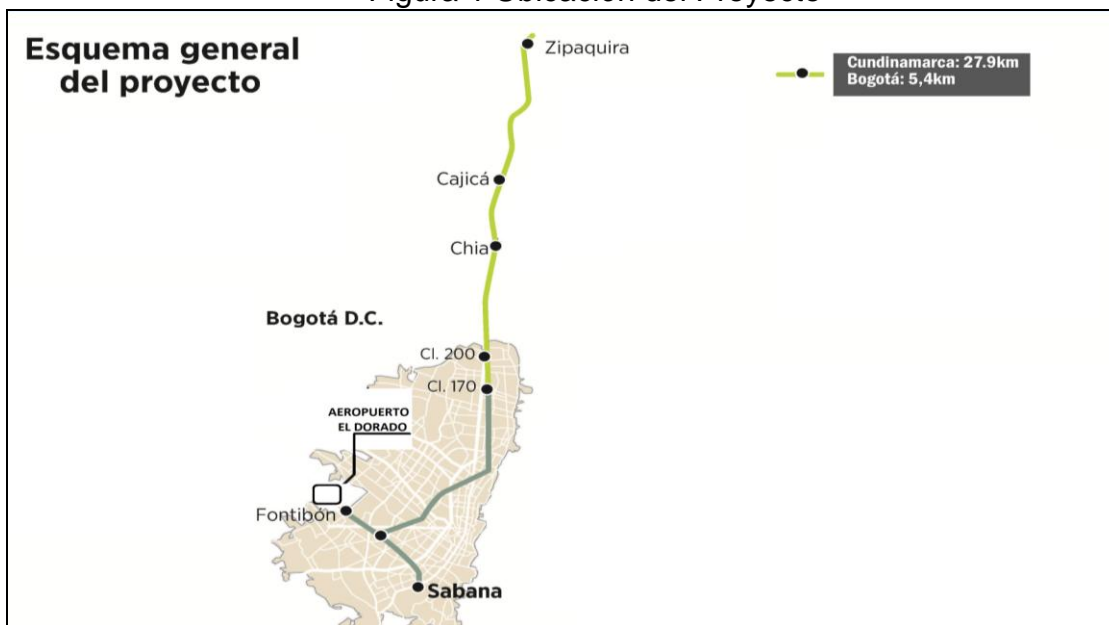
Railway Company Limited. En 1882 es iniciada por el Estado de Cundinamarca la línea de La Sábana y Cundinamarca en Facatativá. En 1885 es suspendida durante la guerra civil de 1885, pasa a la firma Cía. del Ferrocarril de la Sábana y concluye en Bogotá en 1889.

Hoy en día la vía se encuentra abandonada con operación única por el tren de la sabana, el cual inicio operaciones en el gobierno de Belisario Betancur (1982 – 1986). Los Ferrocarriles Nacionales de Colombia fueron liquidados mediante la ley 21 de 1989, creándose una nueva empresa para el modo decretos 1587, 1588 y 1589 de 1986.

Actualmente, y desde 1992 en el trayecto de esta vía solo apera el tren turístico de la sabana. A mediados de la década del 2000 – 2010 la vía fue reparada (rehabilitada) por la concesión FENOCO circulando trenes de carga entre Bogotá y Belencito. La operación termino en el 2011 por daños ocasionados por la temporada invernal. El gobierno nacional pretende implementar su recuperación mediante una concesión de 18 meses la línea Bogotá – Belencito. En el momento en el trayecto operable entre Bogotá – Suesca se corre un tren de pasajeros que presta servicio al campus de la Universidad Nueva Granada (Cajica).

De acuerdo con lo anterior se propone la rehabilitación y puesta en operación de las líneas férreas existentes entre Bogotá y los municipios del corredor de la línea norte, como respuesta a las necesidades de movilidad de los habitantes de estos municipios y a los habitantes de Bogotá.

Figura 1 Ubicación del Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

2. OBJETIVOS

2.1. *Objetivo general*

ESTUDIO DE TRANSPORTE MASIVO FÉRREO UTILIZANDO EL CORREDOR VIAL ACTUAL ENTRE BOGOTÁ – ZIPAQUIRÁ.

2.2. *Objetivos específicos*

- Estimar la demanda del estudio de transporte masivo férreo
- Analizar la capacidad
- Determinación del equipo
- Proponer parámetros de rehabilitación y mejoramiento de la Infraestructura existente
- Ubicación de las estaciones necesarias.

3. INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se solicitó la información secundaria existente en los diferentes entes gubernamentales y empresas privadas que han tenido que ver con el corredor de la línea del norte, por medio de una carta de presentación dada por la Escuela Colombiana de Ingeniería dirigida a las siguientes entidades: Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, Instituto de Desarrollo Urbano, Planeación Distrital, Catastro Distrital, Ministerio de Transporte, entre otras.

3.1. ESTUDIOS Y TRATADOS REVISADOS:

La información existente recopilada fue revisada, para identificar, con base en la misma, que información primaria se necesitaba dentro del presente trabajo, teniendo en cuenta, el tiempo y la parte económica. La información secundaria a la cual se tuvo acceso fue la siguiente:

- DESTINO CAPITAL MOVILIDAD SOSTENIBLE, SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN TERRITORIAL DIRECCIÓN DE VÍAS, TRANSPORTE Y SERVICIOS PÚBLICOS, BOGOTÁ NOVIEMBRE DE 2009.

El documento que se nutre de diversas fuentes, evoca los primeros intentos de la ciudad por promover y hacer sostenible un transporte masivo por rieles, la irrupción del tren en el entramado urbano, enfáticamente se toca el tema de Movilidad Regional y entre ellos el Tren de Cercanías, la aparición del transporte público en buses, hasta la consolidación de una ciudad orientada al automóvil y su retorno en buen momento a la senda de la sostenibilidad con la propuesta del uso de modos masivos y la priorización al peatón y al transporte público como ejes estructurantes de la movilidad. Cada uno de estos momentos se acompaña del contexto urbano en el que se dieron dichas decisiones.

El Documento ahonda en los diferentes componentes entre ellos y en las posibilidades que cada uno tiene, en cuanto a su función en la oferta de medios en la ciudad. Recoge igualmente, la aproximación de costos de algunos de los componentes, en cuanto a su construcción y ratifica la evidencia que solo a través de la coordinación e integración modal es posible disminuir la presión sobre la red de movilidad en la ciudad.

Así mismo, que debe ser el transporte público, con altos niveles de calidad urbana en su diseño y construcción, con alta eficiencia energética en su operación, junto a la consolidación del ordenamiento territorial que supere la monofuncionalidad en los usos del suelo, y la apropiada sinergia entre el proyecto de transporte y el proyecto urbano, los elementos que servirán

para consolidar una ciudad de derechos, sostenible, eficiente y pos moderna, alineada con los postulados del Plan de Desarrollo “Bogotá Positiva”.

- *PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD- (DE LA SECRETARÍA DE MOVILIDAD DE BOGOTÁ).*

Las determinaciones generales y normativas del Sistema de Movilidad se formulan en el Plan Maestro de Movilidad, el cual tiene en cuenta la interdependencia que establece la estrategia de ordenamiento para el Distrito Capital, entre las tres estructuras a que hace referencia el Plan.

Según el Artículo 45, “Los planes maestros constituyen el instrumento de planificación fundamental en el marco de la estrategia de ordenamiento de la ciudad-región; permiten definir las necesidades de generación de suelo urbanizado de acuerdo con las previsiones de crecimiento poblacional y de localización de la actividad económica, para programar los proyectos de inversión sectorial en el corto, mediano y largo plazo”.

De acuerdo con ese mismo artículo, “Los planes maestros contendrán como mínimo:

- ✓ La definición de políticas, objetivos, estrategias y metas de largo, mediano y corto plazo.
- ✓ Las proyecciones de población
- ✓ La definición de los componentes y estructuras necesarias para la prestación del respectivo servicio.
- ✓ La formulación de los proyectos y el cronograma de ejecución.
- ✓ La definición de parámetros para la aplicación de los mecanismos de gestión para generar el suelo necesario para el desarrollo de los proyectos.
- ✓ El análisis, evaluación y diseño de los aspectos financieros y económicos.
- ✓ El análisis, evaluación y definición del impacto del plan en las condiciones sociales.
- ✓ El análisis, evaluación y diseño de la estrategia ambiental y de reducción de vulnerabilidad.
- ✓ Los mecanismos de seguimiento, evaluación y ajuste del Plan.
- ✓ La cartografía de soporte

- *ESTUDIO DE VIABILIDAD Y CONVENIENCIA DEL CAMBIO DE TROCHA YÁRDICA A TROCHA ESTÁNDAR Y SUS IMPACTOS EN EL TRANSPORTE DE CARGA Y PASAJEROS. – (MINISTERIO DE TRANSPORTE).*

El objeto de este Estudio Ejecutivo es analizar la viabilidad y conveniencia del cambio de trocha yárdica a trocha estándar y sus impactos en el

transporte de carga y pasajeros así como presentar las conclusiones finales, derivados del estudio realizado.

La principal conclusión del estudio de viabilidad del cambio de trocha yárdica a trocha estándar es que la red férrea colombiana precisa de un cambio de trocha a estándar por razones estratégicas, de interoperabilidad con redes ferroviarias de grandes ciudades, de oportunidad de negocio de mercados internacionales y de desarrollo del marco normativo.

Hay que tener en cuenta que el potenciamiento de la red ferroviaria también pasa por la movilidad de viajeros por ferrocarril. Actualmente las gobernaciones locales de Bogotá, Medellín y Cali están apostando por un modo de transporte férreo y moderno.

Es por ello que un hito ferroviario significativo sería la conexión ferroviaria de las tres ciudades más importantes del país con tiempos de viaje y costo para el viajero inferiores al modo carretero.

Respecto al tráfico de mercancías, hay que señalar del modo ferroviario, es el modo de transporte terrestre más capaz y menos costoso. Es viable un planteamiento de red con tráficos mixtos de mercancías y viajeros. Para estas redes y para la mejora de la seguridad ferroviaria, se recomienda que la operación del tráfico se centralice en un solo organismo que tenga capacidad de decisión y mando sobre los diversos operadores ferroviarios.

Los proyectos futuros serán construidos en la trocha que se decida para el proyecto que se está estructurando en el momento, y por tanto hay que tener presente que en el tiempo, las necesidades de infraestructura son muy variables de acuerdo a múltiples factores como el desarrollo paralelo de otras infraestructuras de transporte, inversión privada, nuevos tratados de libre comercio, descubrimiento de minas, etc.

- *CURSO DE FERROCARRILES - CUADERNO IV, GEOMETRÍA Y CALIDAD DE VÍA - LECCIÓN I, GEOMETRÍA DE LA VÍA, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS (Manuel Losada).*

INFRAESTRUCTURA:

Gran parte de las posibilidades futuras de cualquier red ferroviaria está en la adecuación del trazado de sus líneas, con el fin de aumentar la velocidad y comodidad en el transpore de pasajeros y mercancías, (mejorando con ello su competitividad frente a otros modos de transporte), y ello justifica la importancia objetiva que tiene el estudio de la geometría de sus líneas, cuya aplicación abarca tanto a los nuevos trazados, como al aprovechamiento racional de los existentes.

En el proyecto de cualquier trazado ferroviario inciden una gran variedad y dispersión de criterios; uno de los primeros pasos en el correcto planteamiento del trazado consiste en crear una metodología adecuada para establecer órdenes de prioridad entre dichos criterios. Un buen análisis económico y técnico puede solventar errores en la planificación del trazado, como los que desgraciadamente se han cometido en algunas líneas ferroviarias.

Desde el punto de vista de estos criterios, parece lógico que deban preponderar los condicionantes de tipo técnico, económico y ambiental, sobre los políticos, estratégicos, de pura reivindicación regional e incluso sobre los impuestos por el medio físico; en modo alguno ha de elegirse la implantación del trazado de manera arbitraria, histórica ó inercia!; si la elección es correcta dará lugar a la posibilidad de mejoras en el funcionamiento de la red ferroviaria e impedirá en ciertos casos volver a caer en errores que han podido condicionar gravemente su explotación en el pasado y en el presente.

La trascendencia técnica y económica de la geometría de los trazados ferroviarios resulta evidente, bajo cualquier referencia.

El estudio de la geometría de la vía abarca las dos partes siguientes: Trazado en planta y Perfil longitudinal, cuyas características geométricas pueden venir fuertemente condicionadas por los tipos de tráfico esperados y por las clases de vehículos utilizados.

- *ESTRUCTURACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA VÍA PARA FERROCARRILES; M. EN L. I.C. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE, EDITORIAL CONTINENTAL, MÉXICO 1996.*

La sección estructural de una vía de ferrocarril difiere de las de caminos y aeropuertos, pues que en éstas se usan materiales de otros tipos sólo en elementos auxiliares, como el alumbrado, las defensas metálicas en caminos o en puentes; sin embargo, a lo largo de todas las vías férreas se utilizan materiales como acero, madera o concreto hidráulico, que son además una parte esencial de ellas en elementos como rieles y durmientes, los cuales forman la superestructura de la obra. Estos últimos elementos transmiten la carga que reciben del equipo rodante hacia la parte inferior, que en general está integrada por el balasto, el sub-balasto, la capa subrasante y el cuerpo del terraplén: partes importantes de la superestructura, que descansa sobre el terreno natural o cimentación.

- CONSULTORÍA INTERNACIONAL PARA REVISIÓN Y ASESORAMIENTO EN LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DEL SISTEMA DEL TREN DE CERCANÍAS DE LA REGIÓN CAPITAL DE BOGOTÁ, PRIMERA ETAPA (CORREDOR DE OCCIDENTE).

La Gobernación de Cundinamarca viene contribuyendo en el desarrollo ordenado, coherente y articulado de la región, y ha considerado oportuno orientarlo mediante estrategias de movilidad y ordenamiento territorial generando centros poblacionales con densidades medias y altas en las cabeceras municipales, que estimulen la redistribución de población del área integral de la Región capital.

En este contexto, ha estudiado y viene desarrollando el proyecto Tren de Cercanías, como herramienta estructurante del sistema de movilidad regional necesario para apoyar el desarrollo de las políticas de reordenamiento de los usos del suelo regional, con lo cual se generará interactivamente la demanda futura del sistema.

El objeto del estudio de este aparte es definir un sistema férreo para el transporte de pasajeros y su implantación en el Corredor de Occidente existente, en el tramo comprendido entre Avenida Ciudad de Cali en la ciudad de Bogotá y la ciudad de Facatativá, que se adecúe a las necesidades de transporte masivo de Cundinamarca y Bogotá; y sea capaz de estructurar un Sistema de transporte regional troncoalimentado, que contribuya a consolidar el proceso de desarrollo regional, integrando de manera racional la movilidad a nivel de la denominada Región – Capital. Además, el sistema se integrará con el SITP de Bogotá y en particular con los subsistemas de transporte masivo actual y futuro de la ciudad.

El proyecto parte de los estudios realizados anteriormente y plantea tres opciones de transporte guiado: sistema pesado (tren de cercanías), sistema ligero (tranvía) y un sistema intermedio entre los dos anteriores (Tren-Tranvía).

Entre las actividades que se han desarrollado destacan: un análisis de la demanda captable por el nuevo modo, incluyendo una investigación específica de la movilidad en vehículo privado en el Corredor; adecuación de infraestructura y superestructura al nuevo sistema, una comparativa entre las diferentes alternativas tecnológicas ferroviarias de tracción eléctrica, una comparativa entre los modos guiados y el autobús (BRT), propuestas de estructuración de las posibles fórmulas de contratación, operación y gestión (pública, concesión, etc), así como un estudio de fuentes de financiación: aportaciones del gobierno nacional, créditos blandos de apoyo a la exportación e internacionalización, etc.

- INFORMACION-DIGITAL - IGAC-SIGAC - PLANCHAS TOPOGRÁFICAS-IGAC-

Los planos revisados, los cuales se han actualizado son:

228-I-A-1(2002); 228-I-A-3(2002); 228-I-C-1(2002); 228-I-C-3(2002); 228-II-A-1(1989); 228-II-A-3(1989); 228-II-C-1(1989); 227-IV-D-2(1989) y 227-IV-D-4(1989)

- REGEOMETRIZACION

Planos de Planta – perfil del eje de vía.

- VOLÚMENES DE TRANSITO

Cartilla de Monitoreo, donde se encuentra información de:

- Volúmenes de tránsito.
- Velocidades
- Ocupación

3.2. CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE LA INFORMACION SECUNDARIA

Según el resultado de la revisión de los estudios y el alcance del presente proyecto se tomará como base, para poder determinar la actualización de la información primaria: como son los planos de regeometrización, en donde se trabajará la actualización de ellos basándonos en la visita de campo, y tomando información sobre las obras de drenaje y los pasos a nivel, y se determinará los polos de atracción.

Teniendo como base esta actualización, y el estudio de demanda para el tren de cercanías para la sabana de Bogotá, se realizará la actualización de la Demanda de transporte, para la cual se tomarán las encuestas origen – destino.

Por razones del alcance del presente trabajo se tomará de la información secundaria los volúmenes vehiculares, las velocidades y los datos de frecuencia y ocupación visual, los cuales son recientes.

4. INFORMACIÓN PRIMARIA

Como se mencionaba, con base en el análisis de la información secundaria se determinaron las siguientes medidas y un plan de trabajo para llevar a cabo el alcance de este proyecto. Con este propósito se actualizaron los planos considerando aspectos del diseño geométrico del trazado existente y una actualización del inventario de la infraestructura de vía. Así mismo, se determinó la realización de encuestas origen – destino en los lugares de mayor movimiento de pasajeros

4.1. TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Es necesario tener un escenario de la situación actual, el cual se puede obtener mediante la observación directa en el campo y la medición de parámetros críticos, como parte del proceso para dar una solución. Por esta razón, toma importancia la captura de la información primaria que permita obtener datos claros y precisos de lo que ocurre.

A continuación se describe en forma clara y sencilla los procedimientos de campo utilizados para realizar la toma de información primaria como son la actualización de los planos existentes, la actualización de las obras de drenaje, el levantamiento de los pasos a nivel y la encuesta origen y destino. Con ellos se pretende guiar la investigación con la información adquirida reunida, considerando los procesos básicos de programación, ejecución y supervisión, que permiten garantizar la eficiencia en el aprovechamiento de recursos disponibles e información obtenida.

Actualización de Planos de Diseño:

Se empataron los planos y se identificó la línea de ruta en la cual se ubicaron los puntos de mayor afluente de polos de atracción, indicando los lugares de colegios, universidades, centros comerciales, áreas de asentamientos urbanos. Todo de manera georeferenciada. Esta información se encuentra en el ANEXO A.

Actualización de Obras de drenaje y Pasos a Nivel

Esta inspección se ha realizado para observar del estado actual de la infraestructura de las obras de drenaje y de los pasos a nivel correspondientes a la vía férrea que conduce desde la ciudad de Bogotá hasta Zipaquirá, Esta labor se

llevó a cabo durante el mes de mayo. El formato de toma de captura se presenta en la Figura 2.

Figura 2 Formato de Inspección Obras de Drenaje

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO		VIA FERREA: BOGOTA - ZIQAUIRA				
		OBRAS DE ARTE				
		INSPECCION				
SECTOR DE:	A:	ALCANTARILLA PK XX + XX				
FECHA:	CONVENCIONES: ESTADO: B = BUENO; M = MAL; R = REGULAR.					
TIPOLOGIA						
OBRA EN	MAMPOSTER	CONCRETO	METALICA	No TUBOS	DIAMETRO	ESTADO
MURO CABEZAL	ENCOLE	DESCOLE	OBSERVACIONES			
ESTADO						
ALETAS	ENCOLE		DESCOLE		OBSERVACIONES	
	IZQ	DER	IZQ	DER		
ESTADO						
SOLADO	ENCOLE	DESCOLE	OBSERVACIONES			
ESTADO	R					
DRENAJE	TRANSVERSAL	PARALELO	ESTADO			
AGUAS ARRIBA						
AGUAS ABAJO						
FOTO						
COMENTARIO:						
INSPECCION REALIZADA POR:						

Fuente: Elaboración propia

Encuestas Origen-Destino

Para complementar y actualizar la información secundaria, se considero necesaria la toma de información mediante encuestas de pasajeros en los lugares identificados previamente, con el fin de conocer los orígenes y destinos. A continuación se describe el tipo de trabajo a realizar en campo, así como los días, horarios y localización del personal de campo.

La información se recolecta en formatos, para lo cual en la labor de campo se dispuso de los elementos necesarios (chaleco, formatos, planillera, reloj, lápiz/esfero e identificación). Esta información se consigna en el formato de la Figura 3. Realizó en el mes de septiembre 2013.

EL FORMATO:

Preguntas o ítems acceso y características:

Localización: Sitio inicial del recorrido, lugar donde aborda el encuestador

Sentido: Sentido del recorrido

Hora: Hora y minuto de aplicación de la encuesta

Fecha: Fecha de aplicación de la encuesta

Tipo de Vehículo.: Tipo de vehículo abordado (con las alternativa: Colectivo pequeño -CP-, Colectivo grande -CG-, Bus corriente corto -BCC-, Bus corriente largo -BCL- u otro)

Ruta: Ruta que cubre el vehículo

Pasaje: Valor del pasaje pagado por el recorrido

Capacidad: Capacidad del vehículo, en función del número de sillas.

Ocupación: Ocupación al momento en que el encuestador aborda el vehículo

Hora a la que tomó el bus: Hora y minuto de abordaje del encuestado

Hora de salida de viaje: Hora y minuto de inicio del viaje del encuestado

Modo utilizado para llegar al bus: Modo empleado para llegar al sitio de abordaje (con las alternativas: Vehículo privado, transporte público, a pie, en taxi u otro)

Pasaje: Valor del pasaje pagado por transporte utilizado para llegar al sitio de abordaje del vehículo, en caso tal.

Posee vehículo privado: Tenencia de vehículo particular

Hora llegada al destino: Hora y minuto en que el encuestado estima que finalizará el viaje

Otro Modo: Empleo de otro modo para llegar al destino final una vez se baje del vehículo en que se le encuesta

Tiempo estimado viaje: Tiempo que el encuestado estima dura el total del viaje (minutos)

Frecuencia de viaje: Frecuencia con la que se efectúa el viaje

Hora de regreso: Hora y minuto de regreso por el mismo recorrido

- Preguntas o ítems de orígenes y destinos del viaje:

ORIGEN: Municipio de origen del viaje (las alternativas dependen de la ruta)

OTRO: Otro origen diferente a los establecidos en el formulario

ZONA/BARRIO: Zona o barrio del origen

DIRECCION: Dirección del origen

DESTINO: Municipio de destino del viaje

OTRO: Otro destino diferente a los establecidos en el formulario

ZONA/BARRIO: Zona o barrio del destino

DIRECCION: Dirección del destino

MOTIVO: Motivo del viaje

OTRO: Otro motivo diferente a los establecidos en el formulario

Figura 3 Formato de encuesta Origen-Destino. Ruta Bogotá-Zipaquirá

ENCUESTA ORIGEN - DESTINO A PASAJEROS A BORDO DE UNIDADES	
Localización _____	Sentido _____
Encuestador _____	Hora _____
Supervisor _____	Fecha (D.M.A) _____
Vehículo de transporte público intermunicipal	<input type="checkbox"/> CP - Colectivo pequeño <input type="checkbox"/> CG - Colectivo grande <input type="checkbox"/> Otro _____
	<input type="checkbox"/> BCC - Bus corriente corto <input type="checkbox"/> BCL - Bus corriente largo
Ruta: _____	Pasaje (\$) _____
Capacidad: _____ (Sillas)	Ocupación: _____ (Pasajeros)
Hora a la que tomó el bus: _____	Hora de salida del origen del viaje: _____
Modo utilizado para llegar al bus:	<input type="checkbox"/> Vehículo privado <input type="checkbox"/> Transporte público <input type="checkbox"/> Otro _____
	<input type="checkbox"/> A pie <input type="checkbox"/> Taxi Pasaje (\$): _____
Posee vehículo privado	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Cuál es el origen de su viaje?	<input type="checkbox"/> BOGOTÁ D.C. <input type="checkbox"/> LA CARO <input type="checkbox"/> CHIA <input type="checkbox"/> CAJICÁ <input type="checkbox"/> ZIAPAQUIRÁ <input type="checkbox"/> OTRO
	Zona /barrio _____ ó dirección _____ ¿Cuál? _____
¿Cuál es el destino de su viaje?	<input type="checkbox"/> BOGOTÁ D.C. <input type="checkbox"/> LA CARO <input type="checkbox"/> CHIA <input type="checkbox"/> CAJICÁ <input type="checkbox"/> ZIAPAQUIRÁ <input type="checkbox"/> OTRO
	Zona /barrio _____ ó dirección _____ ¿Cuál? _____
¿Cuál es el motivo del viaje?	<input type="checkbox"/> TRABAJO <input type="checkbox"/> EDUCACIÓN <input type="checkbox"/> OTRO
	¿Cuál? _____
Hora llegada al destino: _____	
Utiliza otro modo de transporte para llegar a su destino? _____	
Tiempo estimado de viaje: _____	
Frecuencia de viaje:	<input type="checkbox"/> Varias veces al día <input type="checkbox"/> Casi todos los días <input type="checkbox"/> Ocasionalmente <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> Una vez por semana
OBSERVACIONES: _____	
_____ Firma Encuestador	_____ Firma Supervisor

Fuente: Elaboración propia

4.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA

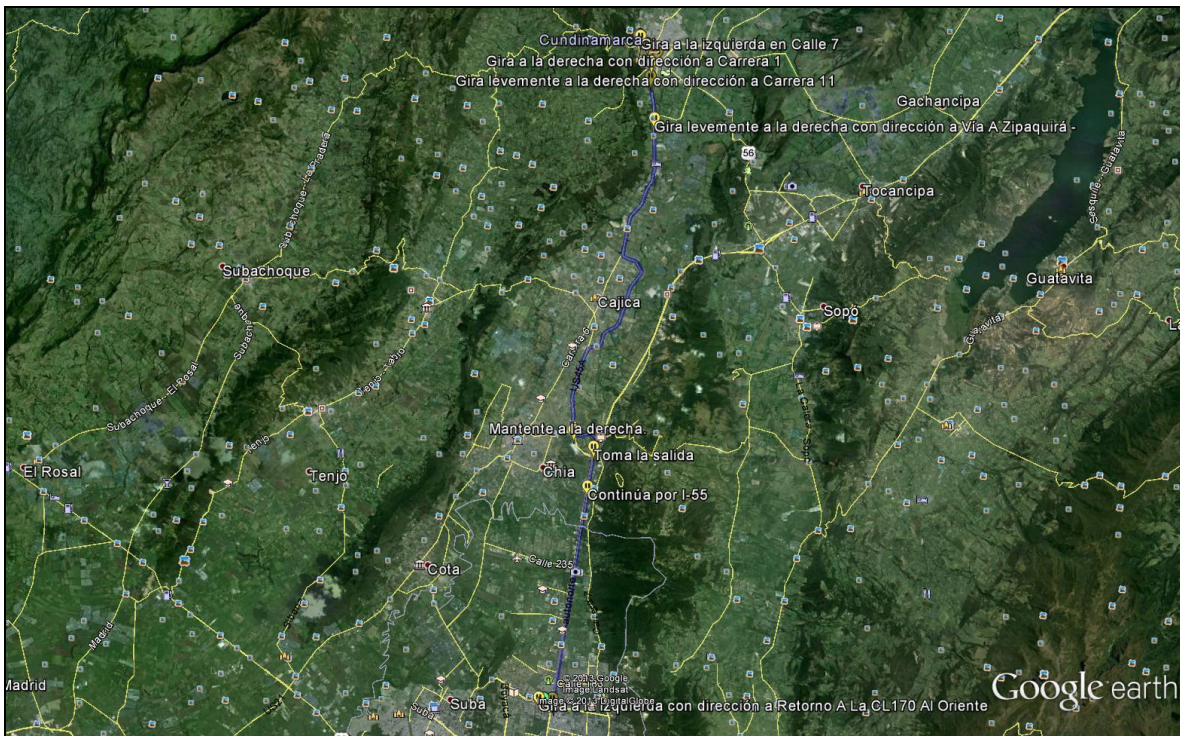
Las vías férreas, aunque son el medio más económico para el transporte de pasajeros y en especial el de carga, las tenemos abandonadas, el tramo entre la ciudad de Bogotá y Zipaquirá no podía ser la excepción, pues por ella solo transita un tren de turismo y esporádicamente carrmotores.

4.2.1 INFRAESTRUCTURA

En la mayor parte del tramo en estudio carece de drenajes, y los pocos que hay se encuentran en total abandono, en cuanto a cunetas aunque existe en la mayor parte, están deterioradas, en su mayoría solo existe una pared, también se encuentra tapadas por capa vegetal y basura, a tal modo que no son perceptibles a simple vista.

Actualización de Obras de drenaje y Pasos a Nivel

Figura 4 Panorámica del trabajo de campo



Fuente: elaboración propia

OBRAS DE DRENAJE:

Los dispositivos de drenajes son un conjunto de obras destinadas a recoger las aguas subterráneas o cenitales que, si no son evacuadas, pueden modificar anormalmente el grado de impregnación en agua de los terrenos y por consiguiente estorbar gravemente sus cualidades mecánicas. En este proyecto se han encontrado cunetas, alcantarillas y filtros.

Cunetas:

Las cunetas deben permitir la evacuación rápida de las aguas superficiales tanto de la plataforma como de los taludes y caminos.

Las cunetas pueden ser de varios tipos:

- Tierra
- Mampostería de piedra o concreto
- Prefabricadas (concreto armado).

Cunetas en tierra: La sección transversal es variable según la naturaleza del terreno, el volumen de las aguas por evacuar y su pendiente. Puede proveerse una sección variable, creciente desde su origen hasta su desembocadura, para tener en cuenta el aumento de volumen de agua recibido.

Foto 1 Cuneta en Tierra



Fuente: Elaboración propia.

Cunetas de mampostería de piedra o concreto: Se utiliza cuando la naturaleza del terreno no permite una estabilidad correcta de las cunetas de tierra o cuando el espacio no es suficiente para establecer una cuneta de tierra de dimensiones adecuadas, o si no es posible dar una pendiente longitudinal suficiente para una

cuneta de tierra o si hay una pendiente exagerada que causaría erosión del terreno colocando una cuneta de tierra.

Foto 2 Cuneta en concreto



Fuente: Elaboración propia.

Cunetas prefabricadas: Existen diferentes tipos en concreto armado que varían desde 0,40 m hasta 0,75 m; con una longitud de 0.75 m.

Ubicación de cunetas:

- Laterales: Para desagües de plataformas, taludes y caminos.
- Axiales: Ente vías; Se utilizan especialmente en estaciones.
- En el pie de los terraplenes: Deben establecerse a 1.0 mts del pie de los mismos como mínimo, con pendientes de 10 mm pm o más y tener poca profundidad.
- De coronación: Necesarias para recoger las aguas cenitales o de la capa superficial antes que alcancen la cresta de los taludes.

Alcantarillas:

Comúnmente construidos en concreto, Box Culvert o Cajón, o de tubos de concreto armado o galvanizados. Se hacen de tales dimensiones para lograr $H/D=1$ en donde H es tirante de agua a la entrada de las atarjea transversal y D es el diámetro o altura de la alcantarilla.

Debe tenerse cuidado al colocarse el relleno a los lados y sobre la alcantarilla de gran tamaño, debido a que la presión lateral contra alcantarillas es un factor importante para soportar la presión vertical.

Foto 3 Alcantarilla



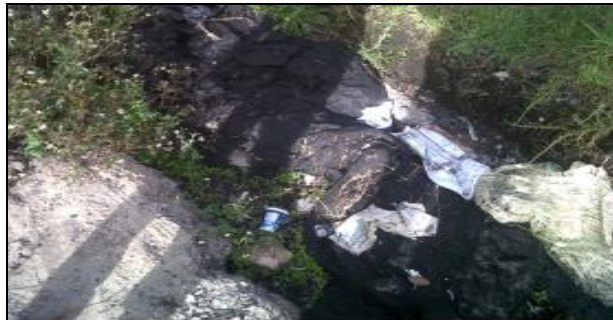
Fuente: Elaboración propia.

Filtros:

El dispositivo filtrante debe tener obligatoriamente, a partir del terreno arcilloso, una capa de arena de 0.07 mte de espesor como mínimo. Luego un espesor de 0.04 de arena más gruesa. O en su efecto utilizar tubos de concreto poroso.

El nivel inferior se encuentra a 0.15 mte como mínimo del terreno arcilloso.

Foto 4 Filtro



Fuente: Elaboración propia.

Una vez revisada la información existente, se determinó realizar esta actualización, ya que es una parte importante del sistema; cómo podemos ver en el ANEXO B, se presenta la recolección de esta información a través del eje de vía. Y podemos ver en la Foto 5 a la Foto 7.

Foto 5 Cunetas Transversales a La Vía



Fuente: Elaboración propia

Foto 6 Cunetas Transversales a La Vía



Fuente: Elaboración propia


Foto 7 Cuneta en paso a nivel



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5, se presenta los formatos de campo de obras de drenaje. En el ANEXO C se presenta el registro fotográfico.

Figura 5 Formato Diligenciado de levantamiento de Obras de Arte.

		VIA FERREA: BOGOTA - ZIQAUIRA OBRAS DE ARTE INSPECCION	
SECTOR DE : Sede Instituto Cero y Cuervo		A: Almaviva	ALCANTARILLA PK 34 - 000
FECHA: 30 / 03/ 2013		CONVENCIONES: ESTADO: B = BUENO; M = MAL; R = REGULAR. DERRUMBE, SOCAVACION BANCA.	

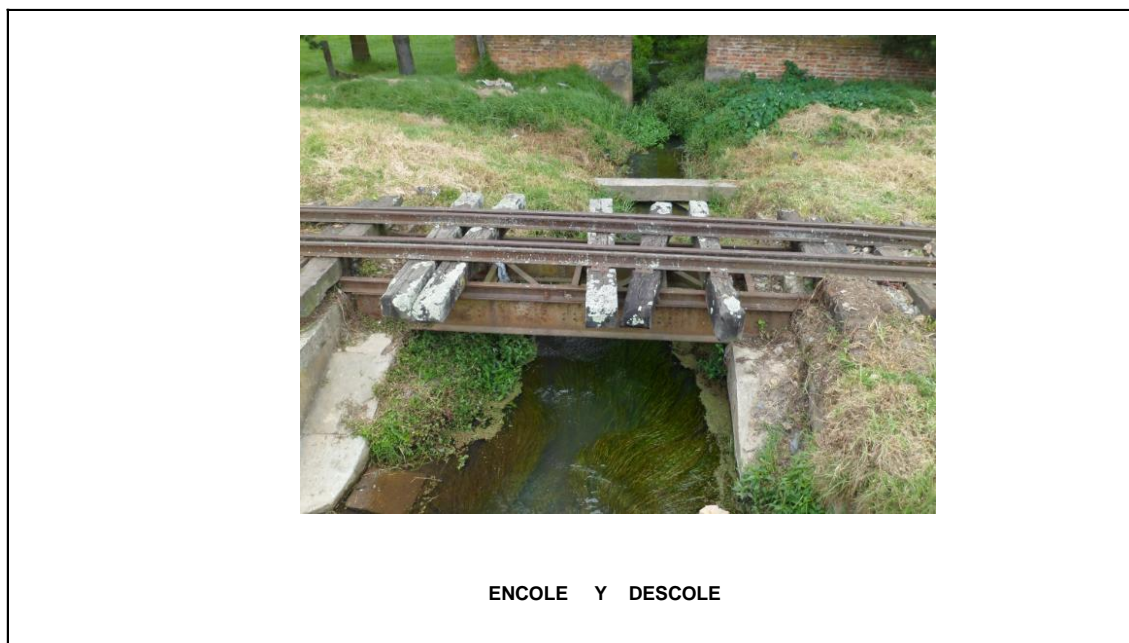
TIPOLOGIA						
OBRA EN	MAMPOSTERIA	CONCRETO	METALICA	No TUBOS	DIAMETRO	ESTADO
			X			

MURO CABEZAL	ENCOLE	DESCOLE	OBSERVACIONES
ESTADO	R	R	Presenta algunas fisuras al lado del muro.

ALETAS	ENCOLE		DESCOLE		OBSERVACIONES
	IZQ	DER	IZQ	DER	
ESTADO	R	R	R	R	Están obstruidas por material orgánico y capa vegetal.

SOLADO	ENCOLE	DESCOLE	OBSERVACIONES
ESTADO	R	R	Aunque el estado es regular el flujo es constante.

DRENAJE	TRANSVERSAL	PARALELO	OBSERVACIONES
AGUAS ARRIBA	R		El drenaje del agua es continuo.
AGUAS ABAJO	R		El drenaje del agua es continuo.



OBSERVACIONES	La estructura vial está en malas condiciones.
INSPECCIONADO	Juan Gómez - Edgar Sosa - Leandro Rodríguez - Carlo Chavarro

Fuente: elaboración propia

PASOS A NIVEL:

Los pasos a nivel son sin duda unos elementos singulares en cualquier ferrocarril, sus diversos tipos, su presencia o su ausencia caracterizan en ocasiones el trazado de muchas líneas.

Foto 8 Paso a Nivel



Fuente: Elaboración propia

Clases de pasos a nivel

Pueden ser:

- Con protección: cuenta con algún elemento que corta el paso a los vehículos de carretera al acercarse un tren. Tipos:
 - ✓ Guardado: el que cuenta con personal en el mismo paso a nivel, guardabarreras.
 - ✓ Con semibarrera automática (S.B.A.): el que cuenta con barreras o semibarreras, además de señalización luminosa y acústica. Activándose la protección de manera automática al aproximarse un tren.
 - ✓ Con señalización luminosa y acústica (S.L.A.): el que no dispone de barreras pero si de señalización luminosa y acústica. También se activa de manera automática al aproximarse un tren.
 - ✓ Con semibarreras enclavadas (S.B.E.): dispone de barreras y señales acústicas y luminosas. Estando dicha protección enclavada con la señalización de una estación.

- Sin protección: el que, estando señalizado, no posee ni barreras ni señales luminosas y acústicas que avisen de la proximidad de un tren. La seguridad depende tan sólo del conductor del vehículo de carretera.

Por Ley, se establecen varios tipos de protección de los PP.NN. en función del "momento de circulación" (Producto entre el número de trenes y el número de vehículos de carretera que lo transiten diariamente, AxT)

Clase A (Protección con señales fijas exclusivamente): Se trata de la mínima protección que puede tener un P.N. Esta protección se aplica en PP.NN. con un momento de circulación inferior a 1000 y sólo en plena vía (en estaciones solo de manera transitoria).

Para señalizarlo a la vía sólo tienen un cartelón Silbar "S" a 500 m a cada lado del P.N.

Para la carretera, tienen varias señales entre las que destacan la de "Paso a Nivel sin barreras", la de "Parada obligatoria" y la de "Adelantamiento prohibido".

Clase B (Protección con señales luminosas además de con señales fijas):

Son los denominados S.L.A. Esta protección se aplica en PP.NN. situados en vía general y con un momento de circulación superior a 1000 e inferior a 1500 y el factor A sea inferior a 100.

Para señalizarlo a la vía contarán con la misma señalización que los Clase A, y se recomienda además una Señal Ferroviaria de Paso a Nivel que indicará al maquinista sobre la situación en que se encuentre la señalización a la carretera. Para la carretera, además de la señalización Clase A, dispondrá de un semáforo con dos luces rojas alternativamente intermitentes y de una sonería de tipo campana o timbre, salvo que las condiciones del entorno no lo hagan aconsejable. La señalización deberá activarse, al menos, 30 segundos antes del paso del tren.

Clase C (Protección con semibarreras, dobles semibarreras, o barreras automáticas o enclavadas, además de con señales fijas y señales luminosas): Son los de tipo S.B.A. o S.B.E., cuyo funcionamiento es muy parecido.

Esta protección se aplica en PP.NN. en plena vía, con un momento de circulación superior a 1000 e inferior a 1500, y el factor A sea mayor o igual a 100, y en estaciones, sea cual sea su momento de circulación, a excepción de los particulares y los exclusivos de peatones o peatones y ganado.

Para señalizarlo a la vía contarán con la misma señalización que la Clase B. En el caso de una S.B.E., la señal de salida de la estación no se abrirá hasta que no hayan pasado, al menos 30 segundos desde que las barreras bajaron completamente.

Para la carretera, la diferencia fundamental con la clase B estriba en las barreras. Las señales de carretera (sonería y semáforos) deberán activarse 45 segundos antes del paso del tren. En el caso de semibarreras dobles, serán 60 segundos.

Las barreras, semibarreras o semibarreras de entrada (en el caso de las semibarreras dobles) empezarán a bajar entre 6 y 8 segundos después de que comiencen las señales acústicas y luminosas y tardarán entre 7 y 10 segundos en bajar. En las semibarreras dobles, las de salida empezarán a bajar cuando las de entrada hayan terminado de bajar.

Clase D (Protección en régimen de consigna): Son PP.NN. con protección similar, tanto a la vía como a la carretera, que los de clase A. Está protección se aplica en PP.NN. en líneas donde no se supere la velocidad ferroviaria de 40 km/h y con un momento de circulación superior a 1000 e inferior a 1500. Además se tomarán otras medidas de protección reguladas por consigna, destacando:

- ◆ El tren efectuará parada momentánea antes de cruzar el paso a nivel.
- ◆ Un agente ferroviario procederá al corte de circulación de la carretera, camino o calle.

Clase E (Protección con barreras o semibarreras con personal a pie de paso.): Está protección se aplica, de manera transitoria, en PP.NN. en los que se esté llevando a cabo la instalación de la Clase B o C, en ningún caso se establecerán nuevas protecciones de clase E.

Para señalizarlo a la vía sólo tienen un cartelón Silbar "S" a 500 m a cada lado del P.N.

Para la carretera tendrán la misma señalización que los PP.NN. clase C, en este caso la señalización luminosa y acústica será discrecional. Con la diferencia de que las barreras o semibarreras son accionadas por un guardabarreras, en contacto telefónico con el Puesto de Mando o las estaciones colaterales. La protección deberá estar activa, al menos, 60 segundos antes del paso del tren.

Clase F (Protección específica para pasos a nivel destinados al uso exclusivo de peatones o de peatones y ganado): Está protección se aplica en cualquier P.N. destinado a uso exclusivo peatones o ganado.

Para señalizarlo a la vía sólo tienen un cartelón Silbar "S" a 500 m a cada lado del P.N.

Para la carretera las señales se sustituyen por señales destinadas a los peatones o al ganado.

Como característica principal, se instalarán vallas y burladeros que dificultarán el acceso al paso, haciendo que los peatones tengan que extremar la atención. Deberá procederse al vallado lateral de la vía adyacente. En función del tipo de P.N. de que se trate, la señalización a la vía estará apagada o dará la indicación de "paso a nivel desprotegido", siempre que no se aproxime ningún tren.

Cuando se aproxime un tren y se desencadene la protección del P.N., la señal dará siempre la indicación de "paso a nivel desprotegido". Esta señal cambiará su aspecto a "paso a nivel protegido" una vez que haya pasado el tiempo y las comprobaciones necesarias.

Todos los pasos a nivel Clase B, C o F tienen un circuito de vía llamado "circuito isla" que, en funcionamiento normal sirve para comprobar el paso del tren por el PN, y que, en funcionamiento anormal provocan la caída de las barreras en cuanto el tren lo ocupa. Este circuito tiene una longitud de unos 150 a 200 metros.

Desde el CTC o desde el gabinete de circulación de alguna estación sólo se pueden controlar los PP.NN. de tipo S.B.E. (semibarrera enclavada). Además, una vez bajadas las barreras del P.N., para volver a subirlas, hay que cerrar las señales de la estación. En caso de que un P.N. se cierre y no pase el tren, empezarán a contar unos tiempos que primero pasarán las señales a la indicación de paso a nivel desprotegido y segundo se levantan las barreras, manteniendo la señalización a la vía con la indicación de paso desprotegido.

En caso de que, o las barreras no bajen completamente, o tarden más tiempo del establecido en bajar, o haya un fallo de alimentación, o se abra la tapa del orificio de la manivela para subir y bajar el paso manualmente, o se maniobre el paso localmente, o se caiga una de las barreras al suelo o no esté en su posición correcta, o cualquier otra situación que no sea de absoluta y perfecta normalidad, provocará la caída de las barreras y la señalización a la vía dará la indicación de paso a nivel desprotegido.

La recolección de la información se puede apreciar en el ANEXO B, Y se presenta en la Foto 9 y 10.

Foto 9 Paso a Nivel



Fuente: Elaboración propia

Foto 10 Señalización de Paso a Nivel del Tren de la Sabana Bogotá-Zipacquirá



Paso nivel 1 en jardines de paz





Paso a nivel 2



Paso a nivel sector el buda antes del peaje



Paso a nivel sector el buda antes del peaje



Paso a nivel en colegio miguel Antonio caro



Paso a nivel en colegio miguel Antonio caro



Paso a nivel pasando peaje de los andes de oriente a occidente



Paso a nivel pasando peaje de los andes de occidente a oriente



Paso a nivel sector agua panelas 500 mts adelante del peaje.

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 ENCUESTA

Otro aspecto inherente más importante son las encuestas origen Destino y la forma más usual de cuantificar la demanda de tránsito en carreteras, es mediante las Matrices Origen-Destino, las cuales miden la cantidad de transporte llevado a cabo entre dos puntos en un cierto intervalo de tiempo. La estimación de estas matrices se hace, por lo general, utilizando únicamente los resultados de los estudios Origen- Destino. Para realizar esta estimación, se usa de manera combinada como se expresó al inicio, tanto los resultados de estudios Origen-Destino, como los aforos de tránsito. En este trabajo el problema se formula de una manera general, se propone un método de solución y se analiza su relación con las técnicas estadísticas utilizadas usualmente para resolverlo. Los resultados se aplican utilizando los datos recabados y trasladando la muestra de los aforos a una representación anual. Razones estas por las cuales se realiza la actualización de las obras de drenaje, pasos a nivel y los datos de las encuestas OD.

ENCUESTAS ORIGEN-DESTINO

Con las encuestas OD, podemos obtener Información relativa a los desplazamientos de los usuarios, con sus posibles desagregaciones por hora, total diaria, por motivo de viaje, por sentido y en ruta, empresa o sistema.

En el caso de las encuestas, se efectuó una serie de actividades antes y después de las mismas. Al respecto, a continuación se indican los principales trabajos relacionados con la ejecución de las encuestas:

- Definición de las principales características de la encuesta con base en las aplicaciones previstas de planeación del transporte.
- Desarrollo del formulario para las encuestas. Se deberá recopilar información de todos los parámetros requeridos para los análisis subsecuentes de planeación del transporte. El formulario debe ser claro y tan conciso como sea posible, desde el punto de vista de los entrevistadores y los entrevistados.
- Ejecución de la encuesta piloto para probar los procedimientos de registro de datos en los formatos de las entrevistas. Antes de iniciar estas entrevistas, se requiere verificar el funcionamiento de la metodología básica y la logística para la realización de las encuestas.
- Establecimiento de las características definitivas de las entrevistas. Últimos ajustes a los procedimientos planteados. Con base en los resultados de la

encuesta piloto y de otras actividades, se deberán fijar los procedimientos finales para las entrevistas domiciliarias.

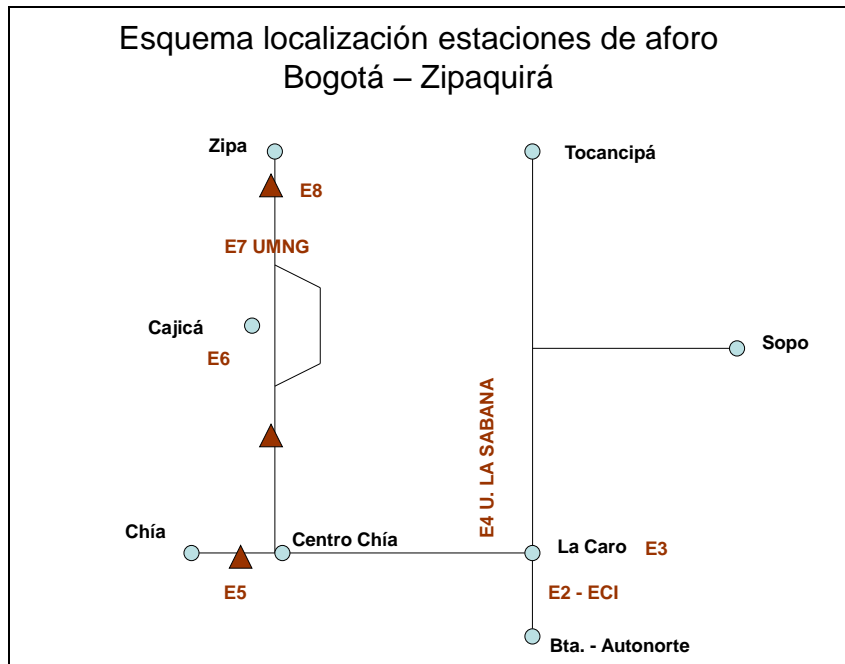
- Realización de las entrevistas. En esta etapa se podrán realizar ajustes en los casos en que se presenten problemas en la ejecución de los trabajos.
- Almacenamiento de los datos recopilados, incluyendo revisión de la información obtenida. Esta actividad se apoya, en gran medida, en la utilización de computadores y programas para el manejo de bancos de datos.
- Análisis estadísticos y de computación para el cálculo de las estimaciones requeridas de los parámetros estudiados. Como parte de esta actividad, se podrá calcular la precisión obtenida de la muestra.

Es pertinente subrayar la importancia de la encuesta piloto como el medio más eficaz para probar los procedimientos básicos de las entrevistas. Solamente al concluir exitosamente la encuesta piloto se tendrá la certeza de que se obtendrá una buena respuesta por parte de los residentes que serán entrevistados. A partir de los resultados de la encuesta piloto se pueden establecer los últimos ajustes a los cuestionarios y a los procedimientos básicos de las entrevistas.

Las hojas de campo con la información recopilada durante los períodos de estudio, una vez organizadas, fueron revisadas; de esta manera se garantiza el proceso de depuración de la información, minimizando la posibilidad de transcribir datos erróneos o inconsistentes. La información contenida en los formatos se digitó con el uso de hojas electrónicas Excel. Los reportes diarios de las actividades de campo se describen a continuación:

Los puntos de toma de las Encuestas O-D se pueden ver en la Figura 6.

Figura 6 Puntos de Aforo



Fuente: Elaboración propia.

REPORTES DIARIOS:

Día # 1. Lunes 9 de septiembre: El día lunes 9 de septiembre nos ubicamos en dos sitios: En Cajicá a cargo de Francisco Molina, y en el Portal de la 170 y sus inmediaciones a cargo de Constanza Molina.

En Cajicá la ubicación fue en la carrera 6 entre calles 2 y 7; la gente se mostró esquiva en todo momento pero se pudo hacer el trabajo satisfactoriamente encuestando a 50 personas. El trabajo comenzó a las 8 de la mañana y se concluyó a las 16 horas.

En el Portal de la 170 se empezó a trabajar a las 6:30. El trabajo a esa hora es muy difícil porque la gente está de afán; más o menos entre las 6:30 y las 8:00 de la mañana no se puede hacer nada, y principalmente dentro del portal porque está muy congestionado.

Entre las 9:30 y 10:05 hubo un accidente entre Cajicá y Chía, eso hizo que las busetas se demoraran y atraso el paso más de 15 minutos por

frecuencia, en este lapso se aprovechó para encuestar varias personas (más o menos 8 personas). El trancón duro 35 minutos.

Además, llovió torrencialmente entre las 11:00 y 13:15 impidiendo caso por completo el trabajo en este lapso, aquí solo se hicieron como 5 encuestas.

Día # 2. Martes 10 de septiembre: El día martes 10 de septiembre nos ubicamos en tres sitios: En Zipaquirá a cargo de Francisco Molina, y en el Portal de la 170 y la Escuela Colombiana de Ingeniería a cargo de Constanza Molina.

En Zipaquirá el trabajo comenzó a las 7:30 de la mañana, se buscó los puntos claves apenas se llegó, se indago a varios transeúntes cuales eran los sitios donde la gente tomaba el transporte para movilizarse hacia Bogotá. Los puntos revelados por los transeúntes eran siempre el Terminal de Transporte y la “17”, en referencia a la calle 17.

En primer lugar se fue a la Terminal donde no se pudo hacer nada porque casi no había gente; entonces el punto de trabajo designado fue la calle 17. Se encuestaron aproximadamente 60 personas sin percance alguno, varios de ellos preguntaban para que se hacia este trabajo, y simplemente se les respondía que se hacía un estudio para ver si se podía implementar el tren de cercanías como transporte.

Hubo una leve llovizna hacia las 12:10.

En el Portal de la 170 el trabajo fue eficaz desde la mañana, hubo buen día, no se presentaron precipitaciones, y la gente colaboro con el trabajo; fue muy difícil tomar fotos.

Después el trabajo continuó en La Escuela de ingeniería. Aquí la mayoría de encuestados eran estudiantes de la Universidad ya nombrada.

El tráfico no era fluido en ningún momento, muchos estudiantes tomaban el alimentador de Transmilenio como medio de transporte.

Se tomaron algunas fotos como registro fotográfico, la mayoría de gente se oponía.

Día # 3. Miércoles 11 de septiembre: El día miércoles 11 de septiembre nos ubicamos en cuatro sitios: En Chía a cargo de Francisco Molina, y en La

Escuela de Ingenieros, Centro chía y la Universidad de la Sabana a cargo de Constanza Molina.

En Chía el trabajo comenzó alrededor de las 13:00. El trabajo se realizó en la Avenida principal de este municipio: La Avenida Pradilla.

La gente atendió las encuestas tranquilamente y se dejó fotografiar de una tercera persona: Julieth Montenegro.

A las 14:30 hubo un conflicto entre un taxista y un policía de tránsito ocasionando desorden público.

Se presentaron chubascos en toda la jornada de trabajo.

A las 15:54 se presentó un gran trancón a causa de un carro descompuesto; el trancón duró aproximadamente 25 minutos, hasta que movilizaron el vehículo.

En la Escuela Colombiana de Ingeniería, la mayoría toma bus urbano que los adentra a la ciudad, casi nadie toma ruta intermunicipal hasta el Portal de la 170.

Se presentaron chubascos desde las 11:00 hasta las 17:35, pero entre las 13:00 y 16:05 fueron torrenciales.

No se presentaron accidentes en ningún sitio.

Se presentó un trancón por arreglo del cableado eléctrico en el Puente el Común, a la altura de la Universidad de la Sabana, entre las 13:00 y 14:55.

Un tramo de la autopista se cierra parcialmente desde las 20:00 a la altura de la Teletón, sentido Zipaquirá – Bogotá.

Día # 4. Jueves 12 de septiembre: El día jueves 12 de septiembre nos ubicamos en tres sitios: En la Universidad Militar Nueva Granada Cajicá a cargo de Francisco Molina, y la Caro, más específicamente en la Teletón a cargo de Constanza Molina.

En la UMNG hizo un día soleado desde las 7:00 hasta las 14:15.

La mayoría de encuestados eran estudiantes de la Universidad ya nombrada.

Se tomaron fotografías casi camuflando la cámara, en este día no hubo una tercera persona que tomara los registros fotográficos.

La ubicación en la UMNG fue cruzando el puente peatonal, en el sentido Zipaquirá - Bogotá.

En la vía se instaló un retén militar en el sentido Cajicá – Zipaquirá. El ejército solicitó al encuestador los documentos 2 veces, pero no hubo complicaciones.

En Cajicá se trabajó por la tarde, no hubo conflictos ni trancones.

Después de las 14: 15 llovió durante toda la tarde.

En la Caro desde las 10:30 hasta las 12:15 el tráfico fue normal, sin ninguna complicación.

No hubo precipitaciones. Día soleado.

Desde las 18:00 hasta las 20:00 se presentó mucho tráfico, el transporte estaba demorado en ambos sentidos.

A las 20:00 cerraron la variante Teletón Chía – Bogotá por arreglos en la vía, así que los buses que salen desde Chía daban una vuelta hasta el retorno, lo que congestionaba más el tráfico.

Día # 5. Viernes 13 de septiembre: El día viernes 13 de septiembre nos ubicamos en dos sitios: En Zipaquirá a cargo de Francisco Molina, y en el portal de la 170 y sus alrededores a cargo de Constanza Molina.

En Zipaquirá hizo un día soleado, sin presencia de precipitaciones.

El trabajo se hizo en la tarde, sin ningún inconveniente.

El sitio del trabajo, como en el primer día fue a lo largo de la calle 17 entre algunas de sus carreras.

A las 15:00 se presentó el ejército haciendo batida, reclutando jóvenes para la prestación del servicio militar. El encuestador no tuvo ningún inconveniente.

Se tomaron fotografías para las referencias fotográficas con alguna dificultad, puesto a la no existencia de una tercera persona, el encuestador tenía que encuestar y darse el modo de tomar una foto.

En el Portal de la 170 y sus alrededores, se presentó buen tiempo en toda la jornada.

El tránsito transcurrió normalmente por la mañana, hasta más o menos las 10:00, después se presentó una gran congestión hasta casi las 11:00 debido a un accidente que se presentó. Hubo congestión en los buses que salían hasta Capellanía, por ende se retrasaron y estaban llegando cada 15 min. Es decir un retraso de 10 min. Por frecuencia.

Después de las 11:00 hasta las 12:45 en el transporte hacia Chía aumentó la demanda y los buses que salían, uno tras uno salían totalmente llenos.

Los formatos de las Encuestas O-D se encuentran en el ANEXO D y el registro fotográfico en el ANEXO E.

Foto 11 Entrevista



Fuente: Elaboración propia

5. DEMANDA Y OFERTA DEL ESTUDIO DE TRANSPORTE FÉRREO

Diariamente la sociedad debe enfrentar y resolver tres problemas básicos de la economía: qué bienes y servicios producir, cómo producirlos y, por último, para quién producirlos. Por supuesto, para producir los bienes y servicios que requiere la sociedad, es necesario contar con recursos, los cuales prácticamente son escasos.

Estos pueden ser de tipo natural (agua, petróleo, tierra, flora y fauna, etc.); humano (trabajo); y capital (maquinaria, equipo, etc.). Por ello, para el estudio y solución de estos problemas la sociedad se apoya en la parte de las ciencias sociales que trata y explica el comportamiento humano en la toma de decisiones que resolverán tales problemas, la Economía. Dicha solución se traducirá en una asignación de recursos, es decir, en una forma en que la sociedad distribuye los recursos entre los diferentes agentes económicos que integran a la sociedad (consumidores, productores y gobierno).

El Manejo de Demanda de transporte es en general un término utilizado para varias estrategias cuyo fin es mejorar la eficiencia de los sistemas de transporte, orientado, frecuentemente, a reducir el tráfico vehicular”.

Unidades de la oferta y demanda de transporte

¿En qué unidades se mide la demanda y, consecuentemente, la oferta de transporte? Existen varias unidades, no siempre claramente identificadas.

VIAJE. Esta es una forma fácil y práctica de medir los deseos de movimiento de las personas y sus bienes. Sin embargo, no resulta fácil asociarla con la oferta.

PASAJEROS. Por el contrario, para la empresa de transporte es más fácil hablar de pasajeros como la demanda que enfrenta y que tiene que satisfacer con oferta de espacio para esos pasajeros. El problema de lo anterior radica en que los viajes largos son igualmente valorados que los viajes cortos.

PASAJEROS KILÓMETRO (pax-km). Para corregir el defecto anterior, una medida consiste en multiplicar los viajes por la distancia que implican para llegar así al concepto de pasajeros kilómetro; por ejemplo, 10 pasajeros demandando viajes de 1.5 km (15 pax-km) requieren más oferta que esos mismos 10 pasajeros, demandando sólo 1 km en sus viajes (10 pax-km).

PASAJEROS KILÓMETRO POR UNIDAD DE TIEMPO. (pax-km/tiempo). En ocasiones, resulta necesario conocer la frecuencia con que se presenta la demanda en relación al tiempo; por ejemplo, es muy importante saber si los 10 pax-km demandados se presentan en una hora o en media hora.

VEHÍCULO. En otras ocasiones, la demanda de transporte se hace por un vehículo y no por cada usuario. Así, si se contrata el vehículo para un viaje, o para un período de tiempo; también pueden construirse las unidades vehkm o veh-hora, o incluso la más elaborada de veh-km/hora.

CARGA. Similarmente al caso de las personas, en lugar de viajes o envíos, se puede ser más preciso para identificar el esfuerzo que se requiere y tener unidades como son: toneladas, ton-Km, ton-km/tiempo, etc.

Para determinar la demanda se analiza toda la información tanto secundaria como primaria teniendo definida desde el principio que el área de influencia del proyecto comprende de la calle 170 a Zipaquirá, y de la carrera 7 a la Autopista Norte.

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA REGIONAL ACTUAL DE PASAJEROS

La población en los municipios que atraviesa el proyecto poseen una densidad poblacional que oscila entre 340 y 800 habitantes/ha.

Las estimaciones de crecimiento han sido calculadas por el método geométrico, ya que se presenta un incremento proporcional al tamaño de la muestra inicial. Dadas por el DANE.

En la Tabla 1, podemos ver las proyecciones para los municipios del corredor norte.

Tabla 1 Proyecciones de población Municipios Corredor Norte

Municipio	Año				
	2010	2015	2020	2025	2030
Cajicá	50.839	57.292	64.361	72.416	81.479
Chía	77.981	87.609	98.425	110.577	124.230
Zipaquirá	116.967	132.528	150.159	170.135	192.768

Municipio	r
Cajicá	2,39%
Chía	2,36%
Zipaquirá	2,53%

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, 2011.

Basados en los resultados del trabajo de campo se identificaron las principales características de la demanda de transporte actual.

La zona localizada dentro del área de influencia del tren cuenta con un sistema vial en buenas condiciones de operación. Se dispone en la totalidad de los corredores con vías de doble calzada y alternativas viales adecuadas. Los corredores al norte tienen una longitud de 70 Kms. por la autopista norte y de 77 por la vía alterna de la central del Norte. En todas las vías existen sistemas de peajes con cobro de salida. En este corredor las tarifas de los peajes varían según la localización de los destinos de los viajes en la región, pero en general los usuarios deben pagar las tarifas plenas.

Tabla 2 Distancias desde Bogotá – Km

Corredor Norte	
La Caro	30,5
Cajicá	37
Chía	35
Zipaquirá	50,5

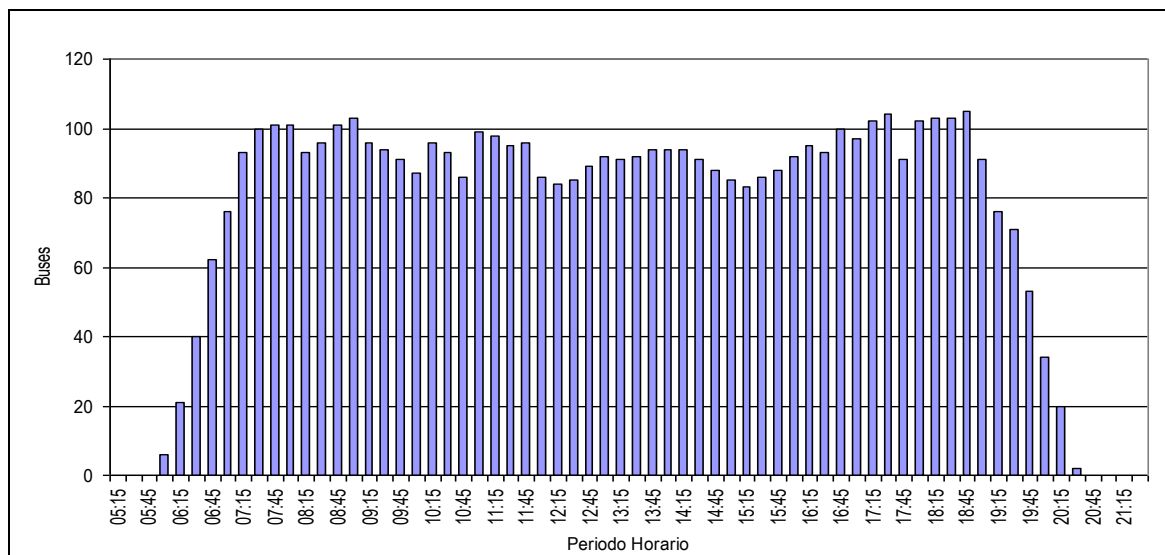
Fuente: Elaboración propia

5.2. LA OFERTA DE TRANSPORTE

Los volúmenes mostrados por sentido corresponden a los utilizados en el proceso de expansión de las encuestas origen – destino, cuyos datos forman parte de la información secundaria.

Existen servicios autorizados con orígenes y destinos localizados a lo largo de los corredores norte, en diferentes tipos de vehículos, el pico de la oferta se concentra entre las 6:30 y 7:30 de la mañana, con un total de 697 vehículos. Se presenta la distribución de flujos de transporte público, en el corredor.

Figura 7 Distribución horaria de la oferta de transporte público colectivo.



Fuente: Elaboración propia, Datos Secretaría Distrital de Movilidad.

En el corredor norte, se observa una distribución más uniforme de los tráficos de buses, con un pico ligeramente mayor, 105 vehículos, en el período entre las 5:45 y las 6:45 de la tarde. En el pico de la mañana entre las 6:30 y las 7:30 el volumen es de 101 buses y representan el 8,1% del tráfico total del período de aforo de 14 horas.

5.3. CARACTERISTICAS LA DEMANDA ACTUAL DE TRANSPORTE

La necesidad de movilizarse es vital para todos los seres humanos, de un modo u otro, la situación actual de viajes en transporte público del corredor norte está en el orden de 28.000 viajes / día, discriminado en diferentes tipos de vehículos presentados en la Tabla 3.

Tabla 3 Oferta de servicio público (día ambos sentidos) Corredor Norte

Vehículo	Bus	Buseta	Colectivo Grande	Colectivo Pequeño	Total
Chía	441	203	277	380	1301
Cajica	433	34	288	97	852
Zipaquirá	270	16	188	123	597

Fuente: Elaboración propia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.

La población estimada para el año 2011 de los municipios del área de influencia del proyecto del tren es de 205.054 habitantes, de los cuales el 67% reside en la cabecera municipal, mientras que apenas el 33% reside en las zonas rurales. De estos municipios los más poblados son Zipaquirá (92.113), Chía (67.783), y Cajicá (45.158).

Basados en las respuestas a las preguntas realizadas dentro de la encuesta O-D, y de los datos obtenidos por DEVINORTE, se ha establecido el perfil general de los usuarios en el área de estudio. Este perfil permite determinar las características que a futuro deberá tener la demanda inducida.

De acuerdo con las expansiones de la encuesta, el total de viajes interregionales en la hora pico de las 6:30 a las 7:30 es de 7009, de los cuales, 3045, el 43% se realizan a Chía, el 37% a Zipaquirá.

Tabla 4 Viajes en la hora pico de la mañana entrando a Bogotá

PARTICIPACIÓN VIAJES DESTINO BOGOTÁ			
Corredor	Origen	Viajes Hora Pico	Participa
Interno	Bogotá	146	2,08%
Norte	Chía	3045	43,44%
Norte	Zipaquirá	2612	37,27%
Norte	Briceño	594	8,47%
Norte	Cajicá	313	4,47%
Norte	Cogua	253	3,61%
Norte	La Caro	46	0,66%
	Total	7009	100%

Fuente: Elaboración propia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE

5.4. MATRICES ORIGEN – DESTINO

De la encuesta Origen – Destino, se pueden ver los diferentes componentes de los usuarios del proyecto, en cuanto a los modos de viaje, el pago del viaje, como lo podemos ver a continuación:

- *Modo utilizado para llegar al bus*

Del total de encuestados, el 65% llega a los paraderos o sitios de abordaje del bus a pie, el 33% utiliza transporte público colectivo mientras el 0% llega en taxi. El 1% de los encuestados arriba a los paraderos en vehículo privado.

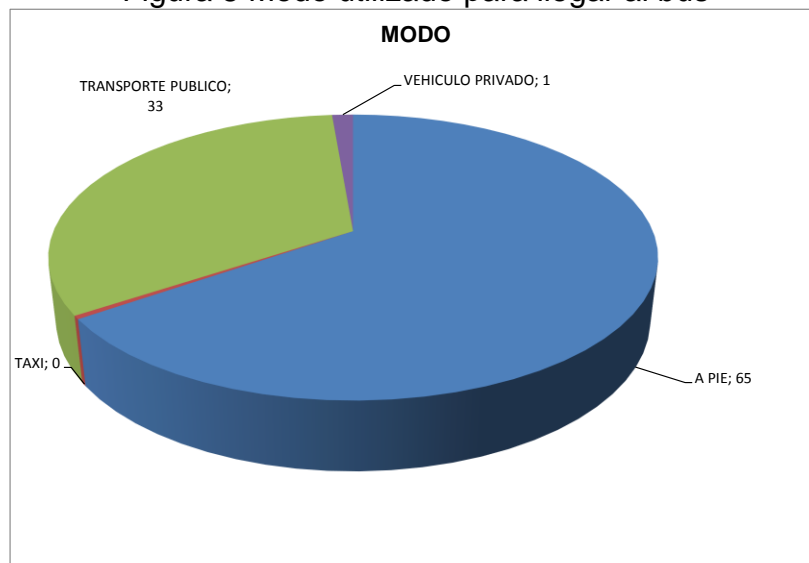
Se observa una baja utilización de vehículos individuales para acceder al sistema de transporte, así como una relativamente alta participación del uso de transporte público. Lo anterior indica que existen un número significativo de transferencias, principalmente en los viajes que tienen como destino o inicio la ciudad de Bogotá, lo que coincide con las transferencias observadas al sistema Transmilenio, en particular en el portal del norte, donde la cifra de pasajeros que acceden al sistema provenientes del transporte intermunicipal es cercana a los 15,000 pasajeros-día.

A su vez la accesibilidad directa, a pie, obedece a la estructura física de los corredores de transporte, que cruzan en forma diametral los centros poblacionales. En el caso de Zipaquirá, se debe resaltar que disponen de sistemas urbanos de transporte público, que facilita la accesibilidad al sistema de buses intermunicipales, los cuales adicionalmente cubren los corredores viales principales en estas poblaciones.

Las cifras muestran que una buena parte de la demanda regional se localiza en el área de influencia de los servicios intermunicipales, es decir que vive o trabaja en la zona de influencia directa de las rutas de servicio intermunicipal. Se debe anotar, que las rutas intermunicipales normalmente atraviesan las cabeceras municipales, con paraderos continuos a lo largo de estos corredores, generando un cubrimiento alto de la demanda.

Dado que las encuestas se realizaron en los dos sentidos de flujo, el resultado lo que indica es que en los municipios, la casi totalidad de los usuarios acceden a pie al transporte intermunicipal y usan servicios complementarios (bus) en Bogotá para llegar a sus destinos. Como es conocido, la estructura del servicio en Bogotá está organizada integrando el transporte intermunicipal con el servicio masivo en el portal del norte, lo cual coincide con los resultados de las encuestas.

Figura 8 Modo utilizado para llegar al bus

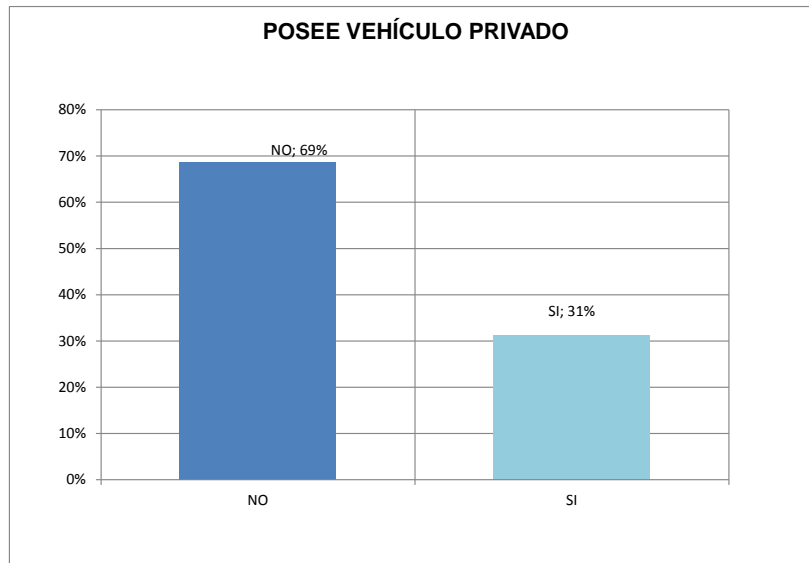


Fuente: Elaboración propia

- *Vehículo privado*

Del total de encuestados, el 69% no poseen vehículo privado, lo que genera una demanda cautiva del sistema de transporte público.

Figura 9 Encuestados que poseen vehículo privado

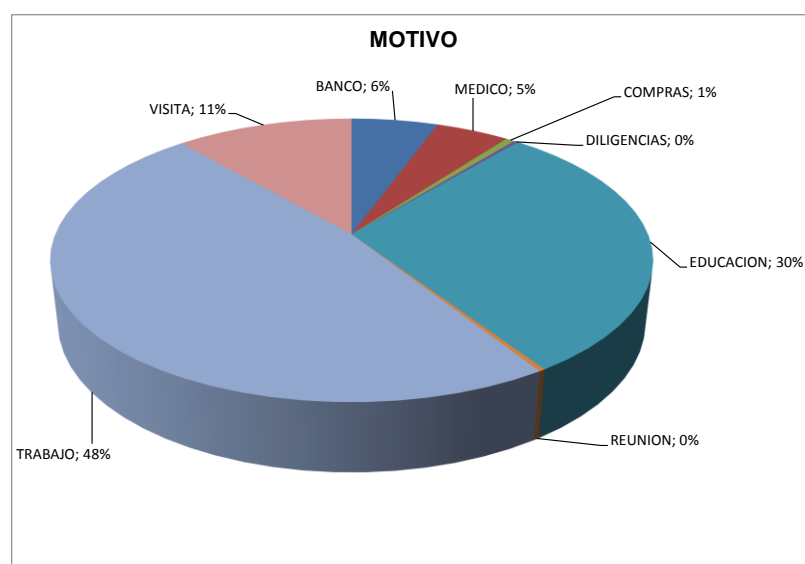


Fuente: Elaboración propia

- *Motivo del viaje*

Los principales motivos de viaje resultantes en la encuesta realizada son el Banco, Compras, Diligencias, Educación, Medico, Reunión, Trabajo y Visita; con un 48% para el trabajo y 30% educación.

Figura 10 Motivos de viaje de encuestados



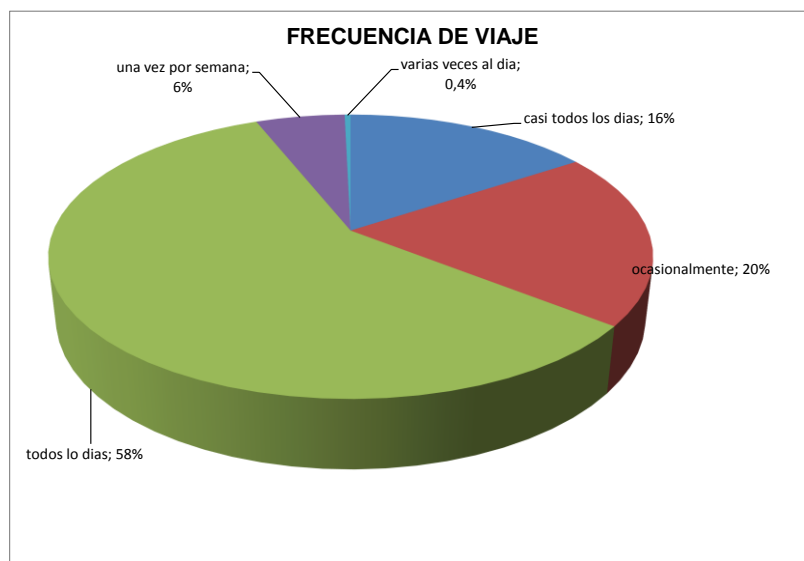
Fuente: Elaboración propia

La distribución de los motivos de viaje, muestra claramente la relación existente entre la ciudad y la región, relación que seguramente se mantendrá en el futuro inmediato y que con el proyecto simplemente se resolvería con mayor eficiencia la necesidad de movilidad generada por esa situación de desconcentración habitacional, dejando a Bogotá como una proveedora importante de servicios especializados a nivel regional y un generador importante de trabajos del sector terciario de la economía y actividades industriales altamente especializadas.

- *Frecuencia del viaje*

En cuanto a las frecuencias de viaje, el 58% de los encuestados manifestaron que realizan los desplazamientos todos los días, el 20% de los encuestados realizan el viaje ocasionalmente, el 16% casi todos los días. El 6% de los encuestados manifestaron viajar una vez por semana, mientras el 1% restante viajan varias veces al día.

Figura 11 Frecuencia de viaje de encuestados



Fuente: Elaboración propia

- Tarifas

Existen diversas tarifas en función del tipo de vehículo y de las rutas y de alguna manera existe una cierta discrecionalidad de los conductores y auxiliares para el cobro a los usuarios, por lo que se tiene una dispersión amplia en los costos de los servicios. En la Tabla 5 se resumen los valores medios de acuerdo con la encuesta realizada.

Tabla 5 Tarifas medias \$ (2013)

TIPO DE VEHICULO	PASAJE (\$)
BCC	1000
	1200
	1250
	1300
	1400
	1500
	1700
	2000
	2800
	3000
	3500
BCL	1700
CG	1200
	1250
	1400
	1500
	1700
	2000
	2500
	4000
CP	300
	1000
	1200
	1400
	1700
	2700
	3000

Fuente: Elaboración propia

- *Matriz*

Partiendo de la matriz origen – destino elaborada para el tren de cercanías para la sabana de Bogotá y de los resultados de las encuestas, se realizaron las proyecciones y expansiones del periodo pico, para lo cual se relacionaron el número de usuarios encuestados por corredor y el total de viajes contabilizados en los estudios de frecuencia y ocupación visual, en cada una de las estaciones. Este proceso da lugar a factores de expansión de las encuestas por rutas en cada corredor. Tabla 5.

Tabla 6 Matriz Origen – Destino - Aforada

ORIGEN	DESTINO									
	BOGOTÁ	CALLE 170	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA	LA CARO	UNIVERSIDAD DE LA SABANA	CHIA	CAJICA	UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	ZIAPAQUIRÁ	TOTAL
CALLE 170	6	0	1	0	9	26	42	0	21	105
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA	4	1	0	1	0	18	12	0	8	44
LA CARO	12	12	1	0	0	14	2	0	5	46
UNIVERSIDAD DE LA SABANA	5	3	0	0	0	17	5	0	3	33
CHIA	5	32	0	3	2	0	22	0	13	77
CAJICA	2	17	0	2	0	12	0	0	33	66
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	0	12	0	0	0	2	8	0	1	23
ZIAPAQUIRÁ	4	19	1	2	1	28	39	11	0	105
TOTAL	38	96	3	8	12	117	130	11	84	499

Fuente: Elaboración propia

Redes Años 2022 - 2040

A partir del año 2017 la red se mantiene constante tanto en cuanto a rutas como estaciones; por lo tanto las modelaciones realizadas para los años 2022 y 2040 conservan esta red.

Tabla 7 Demanda Para El Proyecto Escenario Bajo

Escenario de demanda bajo CON SITP

Tramo	2013		2015		2017		2022		2040	
	E-W/S-N	N-S/W-E	E-W/S-N	N-S/W-E	E-W/S-N	N-S/W-E	E-W/S-N	N-S/W-E	E-W/S-N	N-S/W-E
Calle 13 - Est. Sabana - Carrera 30	70	254	78	262	77	245	77	264	77	343
Carrera 30 - Kilómetro 5	99	1.074	118	1.108	117	1.171	117	1.261	117	1.644
Kilómetro 5 - Calle 26	574	913	874	1.325	895	1.366	936	1.469	1.082	1.871
Calle 26 – Calle 53	597	984	920	1.510	939	1.566	977	1.691	1.107	2.164
Calle 53 – Calle 63	583	984	980	1.602	1.004	1.664	1.050	1.804	1.187	2.315
Calle 63 – Calle 76	550	1.067	946	1.723	968	1.791	1.012	1.948	1.136	2.516
Calle 76 – Calle 92	626	1.275	1.060	2.101	1.104	2.180	1.144	2.377	1.256	3.095
Calle 92 – Calle 100	628	2.231	1.099	3.357	1.142	3.485	1.181	3.771	1.285	4.891
Calle 100 - Calle 114	634	2.495	1.121	3.674	1.143	3.807	1.182	4.122	1.282	5.357
Calle 114 - Calle 127	721	2.523	1.250	3.660	1.286	3.787	1.353	4.086	1.495	5.281
Calle 127 - Calle 134	726	2.564	1.262	3.745	1.300	3.875	1.374	4.181	1.532	5.396
Calle 134 - Calle 145	728	2.722	1.304	3.981	1.342	4.119	1.416	4.444	1.574	5.744
Calle 145 - Calle 153	735	2.754	1.340	3.750	1.385	3.877	1.473	4.180	1.642	5.425
Calle 153 - Calle 165	735	2.781	1.340	3.778	1.385	3.906	1.473	4.212	1.642	5.466
Calle 165 - Calle 170	735	2.808	1.369	3.793	1.415	3.921	1.503	4.229	1.671	5.493
Calle 170 - Calle 200	952	3.289	1.787	4.737	1.831	4.894	1.915	5.280	2.066	6.880
Calle 200 - La Caro	939	3.371	1.977	4.915	2.056	5.075	2.187	5.475	2.394	7.135
La Caro - Puente El Comun	717	2.926	1.707	4.665	1.765	4.811	1.856	5.181	1.994	6.761
Puente El Comun - Urbanización Amarillo	717	2.926	728	3.018	739	3.112	756	3.352	788	4.374
Urbanización Amarillo - Cajicá	717	2.926	728	3.018	739	3.112	756	3.352	788	4.374
Cajicá - Planta de Soda	636	2.659	644	2.742	653	2.828	667	3.046	687	3.974
Planta de Soda - Caserío	636	2.659	644	2.742	653	2.828	667	3.046	687	3.974
Caserío - Zipaquirá	636	2.659	644	2.742	653	2.828	667	3.046	687	3.974

Fuente: Tren de Cercanías para la Sabana de Bogotá.

Tabla 8 Demanda Para El Proyecto Escenario Alto
Escenario de demanda alto CON SITP

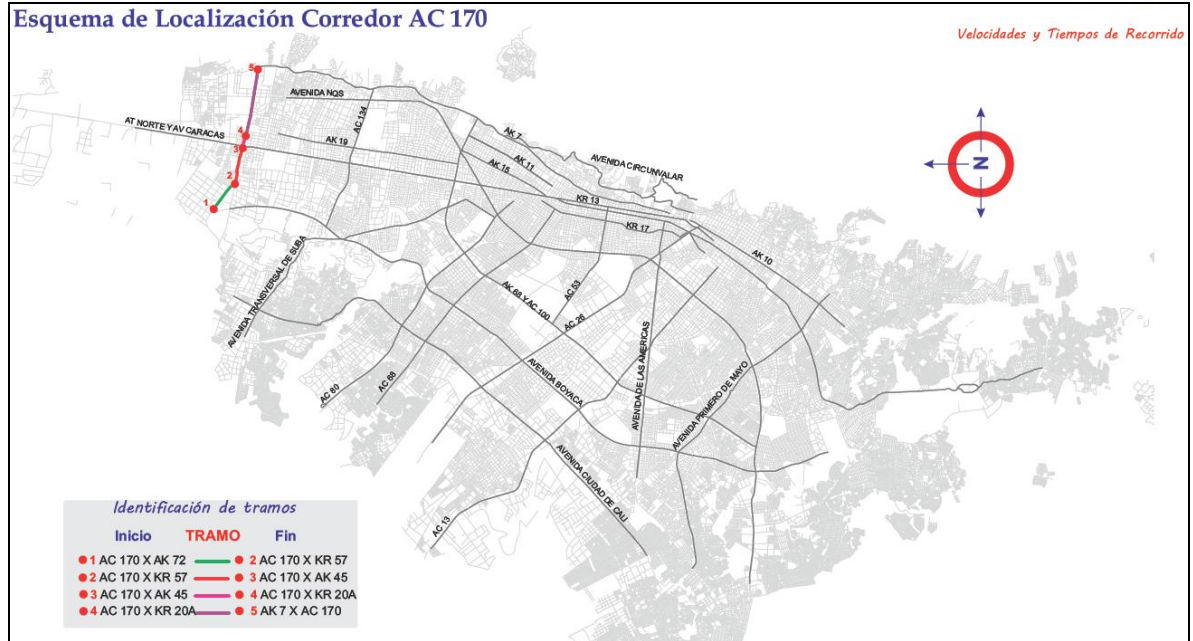
Tramo	2011		2013		2015		2017		2022		2040	
	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E
Calle 13 - Est. Sabana - Carrera 30	70	254	69	334	77	367	76	365	76	379	74	685
Carrera 30 - Kilómetro 5	99	1.074	98	1.450	116	1.603	115	1.806	114	1.915	112	3.550
Kilómetro 5 - Calle 26	574	913	615	1.105	926	1.632	959	1.753	1.001	1.851	1.180	2.838
Calle 26 – Calle 53	597	984	630	1.203	962	1.852	992	1.998	1.029	2.116	1.186	3.261
Calle 53 – Calle 63	583	984	614	1.203	1.018	1.943	1.051	2.095	1.096	2.227	1.257	3.407
Calle 63 – Calle 76	550	1.067	576	1.324	978	2.117	1.008	2.290	1.049	2.444	1.194	3.820
Calle 76 – Calle 92	626	1.275	645	1.609	1.083	2.616	1.131	2.838	1.169	3.028	1.294	4.836
Calle 92 – Calle 100	628	2.231	643	2.872	1.117	4.323	1.163	4.718	1.199	5.003	1.313	8.205
Calle 100 - Calle 114	634	2.495	647	3.218	1.134	4.759	1.161	5.186	1.196	5.506	1.304	9.081
Calle 114 - Calle 127	721	2.523	733	3.255	1.262	4.759	1.301	5.184	1.364	5.490	1.510	9.051
Calle 127 - Calle 134	726	2.564	738	3.300	1.274	4.849	1.315	5.278	1.384	5.591	1.545	9.174
Calle 134 - Calle 145	728	2.722	740	3.505	1.314	5.162	1.356	5.619	1.425	5.945	1.584	9.770
Calle 145 - Calle 153	735	2.754	741	3.555	1.344	4.958	1.390	5.413	1.472	5.728	1.636	9.577
Calle 153 - Calle 165	735	2.781	741	3.591	1.344	4.998	1.390	5.457	1.472	5.772	1.636	9.659
Calle 165 - Calle 170	735	2.808	741	3.622	1.373	5.018	1.419	5.478	1.501	5.796	1.664	9.694
Calle 170 - Calle 200	952	3.289	948	4.251	1.772	6.236	1.814	6.794	1.890	7.181	2.019	11.891
Calle 200 - La Caro	939	3.371	929	4.359	1.952	6.464	2.024	7.038	2.144	7.435	2.315	12.296
La Caro - Puente El Comun	717	2.926	711	3.868	1.685	6.196	1.739	6.751	1.820	7.118	1.931	11.869
Puente El Comun - Urbanización Amarillo	717	2.926	711	3.868	960	1.928	1.003	2.038	1.072	2.195	1.144	2.864
Urbanización Amarillo - Cajicá	717	2.926	711	3.868	485	654	522	692	579	745	639	972
Cajicá - Planta de Soda	636	2.659	623	3.563	725	4.268	736	4.712	748	4.924	787	9.005
Planta de Soda - Caserío	636	2.659	623	3.563	725	4.268	736	4.712	748	4.924	787	9.005
Caserío - Zipaquirá	636	2.659	623	3.563	631	3.945	638	4.371	649	4.556	649	8.525

Fuente: Tren de Cercanías para la Sabana de Bogotá.

5.5. ESTUDIO DE VELOCIDADES DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Los datos de velocidades se tomaron de acuerdo a la información secundaria del año 2010. A continuación se presentan los resultados de este estudio.

Figura 12 Corredor datos velocidades Calle 170.

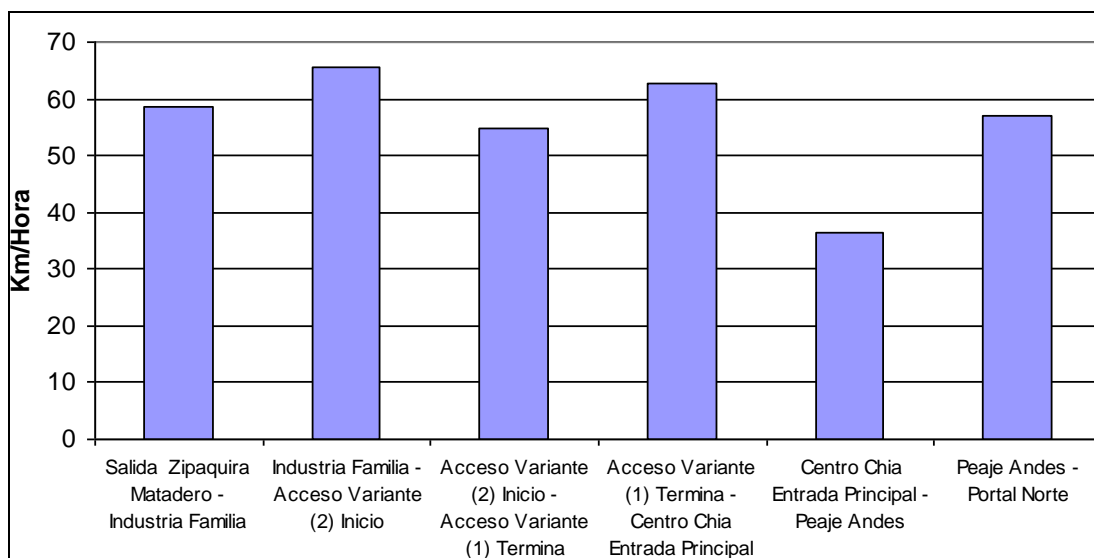


CORREDOR AC 170

CÓRGO CORREDOR	CORREDOR	SECTA	SENIDO	TRAMO														RECORRIDO CORREDOR TIPO	RECORRIDO CORREDOR TIPO	RECORRIDO CORREDOR TIPO											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14														
1	AC 170	11010	WE	AM	21.75	27.32	24.38	28.77	20.81	32.00	38.01	17.87	35.08	36.00	26.63	34.81															
				PM	8.29	11.32	8.78	21.31	21.78	23.09	17.02	22.81	41.88	27.74	26.71	31.73															
		15120	WE	AM	20.14	21.38	24.86	20.29	14.72	18.08	62.06	46.00	17.82	38.95	36.01	48.23															
				PM	14.85	13.62	14.67	16.24	7.15	11.98	48.71	18.36	47.66	32.07	25.72	32.89															
		15120	DW	AM	20.74	21.45	26.88	22.02	20.20	26.20	11.03	16.56	39.24	28.64	26.98	38.88															
				PM	17.23	16.45	21.51	23.25	22.28	28.20	32.00	21.52	33.53	26.85	26.82	28.73															
	02011	WE	AM	20.52	20.22	22.45	26.00	9.00	11.90	52.40	46.59	49.77	37.88	37.88	41.90																
			PM	15.29	15.86	20.75	28.22	18.94	16.68	34.61	18.87	40.79	38.08	38.08	44.22																
		02011	DW	AM	17.51	14.48	15.68	21.71	12.29	30.98	35.36	46.56	15.67	36.52	25.59	40.79															
				PM	14.15	18.30	17.83	18.94	17.39	16.77	31.18	20.23	18.68	18.82	22.85	22.88															
		02011	WE	AM	22.85	23.34	25.43	26.42	22.28	28.43	31.08	21.37	27.53	28.08	21.19	36.31															
				PM	17.28	15.07	16.41	24.81	18.25	24.98	37.42	16.61	38.96	24.98	24.98	36.88															
02011	DW		AM	14.12	21.27	16.42	17.11	13.16	18.47	34.78	14.03	25.48	32.85	25.15	34.75																
			PM	20.86	19.07	26.31	21.32	16.32	27.82	35.04	21.14	26.35	37.52	24.55	43.11																
02011	WE		AM	16.87	15.80	20.58	15.71	7.26	12.01	41.28	23.48	46.48	28.87	17.03	31.28																
			PM	17.23	15.44	18.57	26.88	20.18	23.88	23.02	33.37	32.91	37.08	33.39	34.75																
02011	WE	AM	11.27	11.87	11.97	16.20	14.80	17.91	13.91	15.36	36.24	33.71	17.78	26.91																	
		PM	11.43	11.23	12.88	26.26	15.58	26.20	26.80	15.86	26.70	26.21	26.12																		
	02011	DW	AM	21.04	18.91	16.62	33.29	18.39	27.28	33.01	27.55	17.95	34.28	23.89	33.81																
			PM	13.98	16.07	11.48	8.86	5.89	7.99	36.38	24.22	40.37	19.58	16.09	21.91																
	02011	WE	AM	16.32	13.75	16.73	18.56	15.48	18.12	45.96	46.15	40.70	28.93	26.42	22.25																
			PM	14.21	14.48	16.05	7.92	11.02	8.28	28.18	20.78	38.00	26.84	16.84	26.81																
02011	WE	AM	19.25	20.88	18.43	15.43	18.01	14.08	44.94	20.41	35.48	33.23	24.76	21.27																	
		PM	18.27	17.27	16.33	16.36	17.72	16.28	43.03	39.68	34.27	36.37	27.54	25.84																	
	02011	DW	AM	17.29	16.88	14.82	21.88	16.52	22.15	37.72	15.94	19.91	43.28	33.51	30.98																
			PM	14.50	11.88	13.80	22.81	16.88	18.64	44.02	31.15	45.52	46.30	29.23	32.78																
	02011	WE	AM	13.02	12.86	12.36	11.47	7.40	9.36	33.87	18.75	36.61	27.79	14.61	22.82																
			PM	20.27	20.71	18.03	21.89	18.21	23.05	33.83	17.78	36.84	27.40	28.48	35.42																
02011	WE	AM	8.40	8.33	7.37	11.17	11.36	8.86	36.29	23.70	39.14	27.91	21.62	24.13																	
		PM	7.26	8.35	8.85	9.51	13.34	8.85	38.68	38.84	39.38	28.38	28.34	27.88																	
	02011	DW	AM	19.26	17.48	21.87	38.40	25.77	32.15	54.26	54.26	54.26	34.84	36.00	31.17																
			PM	12.58	12.48	16.52	37.40	25.88	35.27	21.29	44.61	25.88	19.37	26.76																	
	02011	WE	AM	15.18	13.33	13.65	37.29	15.92	36.87	35.24	46.17	48.84	27.90	24.28	30.10																
			PM	18.80	17.68	16.27	24.02	16.02	20.88	28.28	16.69	29.20	24.02	20.88	22.88																
02011	DW	AM	19.29	21.36	21.49	35.00	28.11	22.47	33.42	52.02	36.97	24.73	23.87	26.80																	
		PM	17.30	18.04	16.53	21.98	18.33	21.68	28.70	21.65	27.98	22.19	24.24	26.93																	

Fuente: Cartilla de Monitoreo, Secretaría Distrital de Movilidad, 2010.

Figura 13 Corredor datos velocidades Corredor Norte

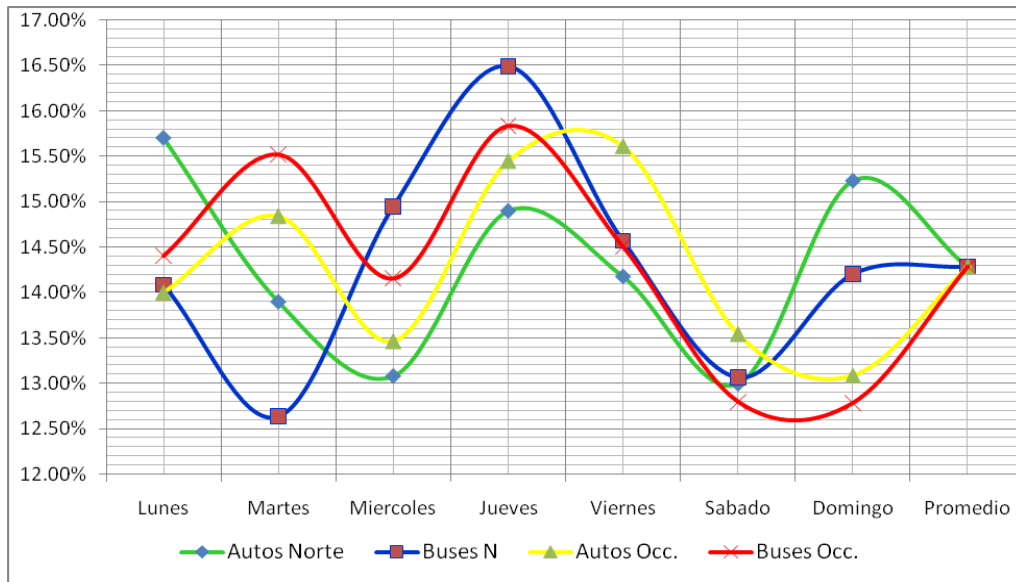


Fuente: Secretaría de transito de las diferentes municipios.

5.6. COMPORTAMIENTO DEL TRÁFICO SEMANAL

Una característica de los viajes regionales frente a la ciudad, es la distribución que los mismos tienen a lo largo de los diferentes días de la semana. Como se observa en la siguiente gráfica, la distribución de los tráficos, tomados de los conteos semanales realizados por el Instituto nacional de Vías, muestran una variación relativa significativa, para los diferentes tipos de vehículos de pasajeros. El flujo de vehículos de transporte colectivo, presenta el mayor volumen los días miércoles en los dos corredores, observándose que los sábados el volumen disminuye en cerca de un 20%, situación que se explica por la disminución de los viajes de trabajo principalmente. Igualmente se anota que el volumen crece en este tipo de vehículos el día domingo, hasta cerca del promedio semanal, por el corredor norte, no así en el corredor de occidente donde mantiene la tendencia del día sábado, debido probablemente a las características recreativas que presenta la zona norte y que igualmente se refleja en el flujo de automóviles que presenta un volumen superior al promedio semanal, siendo solo superado por el tráfico del día lunes.

Figura 14 Distribución Semanal del tráfico



Fuente: Datos de peaje.

El comportamiento observado permite poner de manifiesto que la capacidad instalada de transporte público para un día medio semanal es ampliamente superior a la demanda de los fines de semana.

6. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

La capacidad de transporte de una línea se define como el tonelaje máximo de mercancías que se transportan en ambos sentidos, por la línea, en un intervalo determinado de tiempo, bajo ciertas condiciones de explotación.

La “American Association of Railroads”, en adelante AAR, (Tratado de Explotación de Ferrocarriles (I) Planificación, Fernando Oliveros Rivas, Manuel Rodríguez Méndez, Manuel Megia Puente.) define la Capacidad Real o Efectiva así:

$$C_r = \frac{a * T}{M_b} * f$$

donde

C_r = Capacidad real o efectiva.

a = Constante de valor 1 para una dirección del tramo de vía doble y 2 para vía única

T = Periodo de tiempo en que se estudia la capacidad.

f = Factor de corrección que vale 0.9 para líneas dotadas de CTE o bloqueo automático, y 0.8 en las que no poseen estas instalaciones.

M_n = Módulo Máximo Neto, es la suma de los tiempos sin parada que invierte un tren fijado como prototipo de la línea, en recorrer las dos direcciones en ese trayecto parcial en caso de vía única.

M_b : Es igual al valor M_n , más un cierto tiempo necesario para realizar las operaciones de entrada y salida de un tren en una estación, paradas y que denominaremos t_c .

Para el tramo en estudio, de longitud es de 30 km, y para una velocidad comercial de 40 km/h:

$$C_r = [2 \times 20 \times 60] / [(30/40 + 30/40) 60 + 21*] \times 0.80$$

$C_r = 17$ trenes /día en los dos sentidos.

7. DETERMINACIÓN DEL EQUIPO RODANTE

Las características técnicas del equipo rodante ferroviario y de la infraestructura están estrechamente relacionadas, ya que el desplazamiento de los vehículos en forma segura, rápida y estable depende de factores tanto de los equipos como de la infraestructura, que interactúan. Sus respectivos sistemas y componentes deben ser estudiados para minimizar las resistencias, choques y percusiones entre el equipo rodante y la vía, y reducir la amplitud y frecuencia de las oscilaciones producidas por el desplazamiento de los vehículos.

La elección de las diferentes clases y tipos de material rodante que requiere la naturaleza del proyecto debería considerar en sus requisitos básicos los siguientes factores:

- La clase y tipo de vehículo en función de su objetivo inmediato dentro del proyecto, definiendo parámetros tales como modo de tracción, trocha, capacidad, velocidad de operación, etc.
- La interrelación del vehículo con los otros subsistemas de la red ferroviaria a la que se va a incorporar, ya sea nueva, rehabilitada o existente, estableciendo su relación con la superestructura de la vía, la alimentación eléctrica, las señales y comunicaciones y las modalidades de la operación ferroviaria. A corto tiempo si se hace el metro no podría diseñarse apropiadamente.
- La evolución esperada en la tecnología ferroviaria en el ámbito espacial y temporal del proyecto, para evitar la obsolescencia prematura de los equipos.
- La relación del proyecto con los sistemas ferroviarios conectados o afines y las características actuales y previstas a futuro de éstos.

7.1. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS:

Las dimensiones de los equipos ferroviarios son muy variadas y dependen de factores técnicos.

Por razones de estabilidad, los equipos que circulan por vías de trocha angosta suelen ser de tamaños y pesos menores, pero aún en sistemas de la misma trocha hay una amplia variedad de dimensiones tanto en el equipo de pasajeros como en el de carga.

Independientemente de los avances tecnológicos, la tendencia de las locomotoras y carros de carga ha sido la de aumentar sus dimensiones para

incrementar su capacidad y por lo tanto su eficiencia. Esto se manifiesta especialmente en el tamaño y la capacidad de los carros de carga, que ha venido creciendo progresivamente, especialmente en Norteamérica, al igual que la de las locomotoras.

Las características principales de los equipos rodantes que inciden en el diseño de la infraestructura son:

Gálibo, o sección transversal, que determina el contorno de las obras de arte, entrevías y elementos accesorios de la vía, tales como instalaciones de electrificación y señalización.

Peso, que determina la sección de los rieles y el dimensionamiento de puentes y otras obras de arte.

Potencia, que determina las gradientes máximas en que podrán operar los vehículos en condiciones de eficiencia razonable, así como algunas características geométricas de la vía.

Velocidad de circulación, que determina la morfología de las curvas.

Características del rodado, que determina elementos como la forma del perfil de los rieles, el tipo de sujeciones y otros factores.

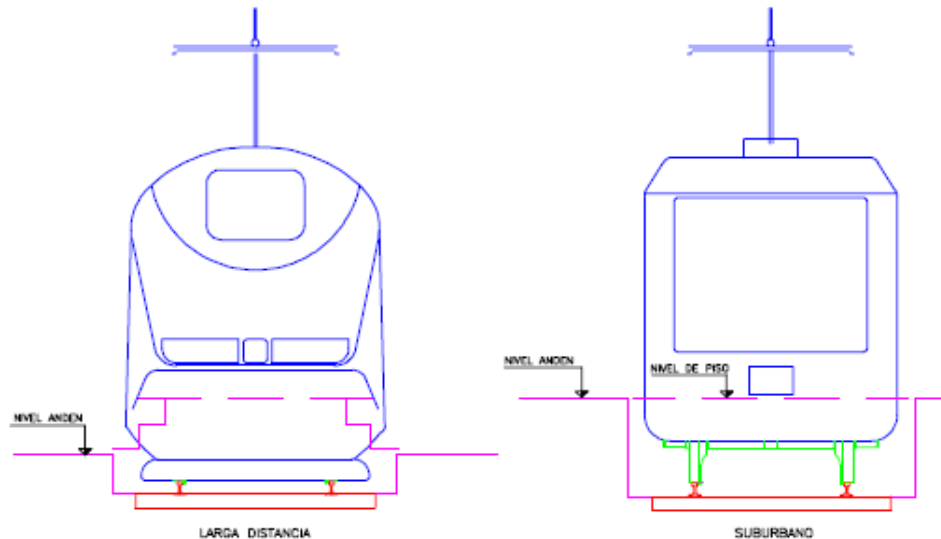
Sistema de alimentación eléctrica de tracción, que determina el diseño de catenarias y subestaciones eléctricas.

7.2. EQUIPOS DE PASAJEROS:

La altura del piso de automotores de servicio urbano (metro) y suburbano es importante para determinar la altura de los andenes de estaciones, ya que es deseable que el acceso a los trenes se haga al mismo nivel, tanto por razones de seguridad de los pasajeros, como para reducir los tiempos de detención en estaciones.

El criterio a utilizar está, en general, relacionado con la cantidad de pasajeros a transportados. Es discutible en los sistemas de alto volumen de tráfico la altura del piso de los vehículos pues se encuentra supeditada a la interoperabilidad de los trenes de cercanías y la infraestructura de las instalaciones metro. En la figura 15 se muestran esquemas de vehículos de piso bajo destinados para tranvías y los de piso alto utilizados en trenes de cercanías y metros.

Figura 15 Plataforma Pasajeros



Fuente: Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria.

7.3. PARÁMETROS USUALES DEL EQUIPO

Los parámetros del equipo rodante requeridos para el diseño de la infraestructura poseen las características que se han tomado para la elección, aunque no quiere decir que debe ser estrictamente de esta tipología, para la cual se necesita ahondar más en el estudio y en el análisis del mercado de la industria ferroviaria de trenes de pasajeros.

Sus características principales son:

- Alta capacidad de transportación comparada con autobuses foráneos
- Alto nivel de seguridad
- Mínimo consumo de energía por pasajero- km transportado.
- Formación del convoy.

Lo anterior con el propósito de poder implementar con facilidad el servicio para lograr:

- Favorecen a la desconcentración urbana
- Comunica áreas suburbanas con la ciudad

Figura 16 Tren Suburbano



Fuente: <http://industria.siemens.com.mx/Conceptos%20Mobility/html/trensuburbano.html>

Las siguientes son unas de las características principales para la formación y operación en troya estándar del convoy con dos unidades.

- Trocha estándar: 1425 mm
- Rieles: UIC 54 o UIC 60 electrosoldados conformación barras largas, fijaciones doblemente elásticas y durmientes en concreto pretensado resistencia de 5000 psi.
- Vehículos:
 - Caja de 2.65 de ancho por 42 a 43 metros.
 - Caja de 2,65 de ancho por 42 a 45 metros
- Capacidad:
 - 340 pasajeros en zona rural.
 - 424 pasajeros zona urbana.
- Velocidad de operación:
 - Urbana: máxima 70 km/hora
 - Rural: máxima 100 km/hora

El vehículo está construido en su interior de manera modular y se puede adaptar a las necesidades del operador; tiene asientos frente a frente, espacio para bicicletas.



Figura 17 Diseño interior tren



Fuente: <http://industria.siemens.com.mx/Conceptos%20Mobility/html/trensuburbano.html>

El equipo presenta dos disposiciones de uso, la primera es de disposición de dos coches motor con un coche de unión, con lo que se obtiene una capacidad de 225 pasajeros. Y la opción 2 presenta una disposición de dos coches motor, y dos coches de unión y un remolque, para 333 pasajeros.

Figura 18 Dimensiones y capacidad del vehículo

TIPO 1 (28 m)			
			Suministro de energía
	Unidireccional	bi-direccional	DIESEL
Asientos:	89	72	
de pie (6/m²):	141	153	
Total:	230	225	
TIPO 2 (37 m)			
			
	Unidireccional	bi-direccional	DIESEL
Asientos:	113	90	
de pie (6/m²):	203	243	
Total:	316	333	

Fuente: <http://industria.siemens.com.mx/Conceptos%20Mobility/html/trensuburbano.html>

8. PARÁMETROS PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

REDISEÑO DEL TRAZADO

De acuerdo a las diferentes actividades realizadas, la vía férrea no será modificada en un principio, pero se recomiendan modificaciones geométricas, para llevar el sistema a su modernidad y competitividad.

El nivel de reparaciones efectuadas últimamente, no resolvió el problema de la infraestructura en cuanto a obras de arte y de altura del terraplén el que encuentra inmerso en terreno plano que conforma la sabana, lo cual conduce a una serie de limitaciones para el manejo del drenaje.

La topografía es plana, y no existen sitios de inestabilidad geotécnica.

MANTENIMIENTO

Mientras se llega a la ejecución del proyecto, para no perder la operabilidad del sistema actual se recomienda, un mantenimiento mínimo de la infraestructura que contemple lo siguiente:

- Rocería: la cual se ejecutará a todo lo ancho del corredor.
- Retiro de Escombros: el corredor se ha convertido en depósito ilegal de escombros y desechos sólidos.
- Desyerbe químico: una vez terminada la rocería y el retiro de escombros, se deberá hacer el desyerbe químico, que cubra un ancho total de 8 metros. Esta aplicación debe hacerse preferiblemente en época de invierno, y mediante un equipo traccionado por carromotor.
- Limpieza de cunetas y obras de arte: con el fin de garantizar el flujo de aguas escorrentías.
- Desguarnecido de las capas de asiento, considerando la reconfiguración del perfil de subbalasto.

- Tratamiento de la escalera de vía, cambiando los carriles y traviesas que se encuentren en mal estado.
- Los parámetros geométricos deben satisfacer las exigencias de las normas ferroviarias existentes, de las cuales podrían tomarse como referencia las FRA (Federal Railroad Administration - Track Safety Standards Compliance Manual), adaptadas a troya yardica.

8.1.1 Diseño Geométrico

En el ANEXO A se incluyen los planos Planta del proyecto, que contienen la revisión del diseño geométrico, a partir del estado actual de la vía, y en donde se revisaron aquellos aspectos que mejoran la seguridad y el confort, siendo desde el punto de vista geométrico, los más importantes, el radios de curvatura, la pendiente y el peralte.

Para el corredor existente se recomienda que el radio mínimo deba ser de 500 metros. En este caso los menores a este radio se deben rectificar y llevarlos a esta longitud, porque la explosión con radios menores limita la velocidad de operación.

Así mismo, al respecto debe tener en cuenta las prescripciones para aceleración transversal no compensada, considerando factores de amortiguación o flexibilidad del diseño de los vehículos, tal como se expresa en los modelos matemáticos a continuación.

$$\left(\frac{v^2 \max}{R} - \frac{gz}{a} \right) \llcorner + s \rceil \leq 1.0 \rightarrow m/s^2$$

$$y \rightarrow z = z \max \rightarrow y \rightarrow s = 0.6$$

$$V = 3.6\sqrt{R}$$

Con estas consideraciones se pueden esperar velocidades seguras de 100 Km/h, como máximo para este sistema de transporte. la pendiente longitudinal es un factor a tener en cuenta porque afecta directamente la capacidad tractiva de los equipos, para él caso que nos ocupa se

recomienda una pendiente máxima del 2%, por cuanto se espera que esta infraestructura se comparta en un futuro con trenes de carga.

También los peraltes deben ser objeto de revisión, para mejorar el confort de los pasajeros. Para el efecto, se ha partido del cálculo del peralte teórico, Considerando un vehículo férreo circulando a una velocidad uniforme v (m/seg.) en una curva de radio R . Las dimensiones del vehículo son pequeñas con relación al R , por lo que se puede considerar que todos sus puntos describen círculos del mismo radio.

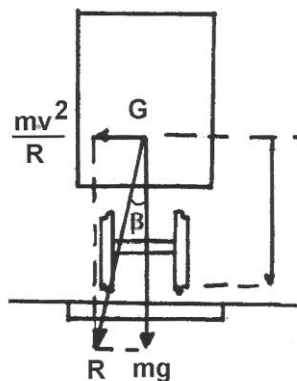
Un elemento de masa m , ligado al vehículo, está sometido además de su peso propio w a una fuerza centrífuga F_c .

$$f_c = \frac{m * v^2}{R}$$

La resultante de estas fuerzas está inclinada con relación a la vertical en un ángulo, β tal que:

$$\text{Tan} \beta = \frac{f_c}{w} = \frac{\frac{m * v^2}{R}}{m * g} = \frac{v^2}{g * R}$$

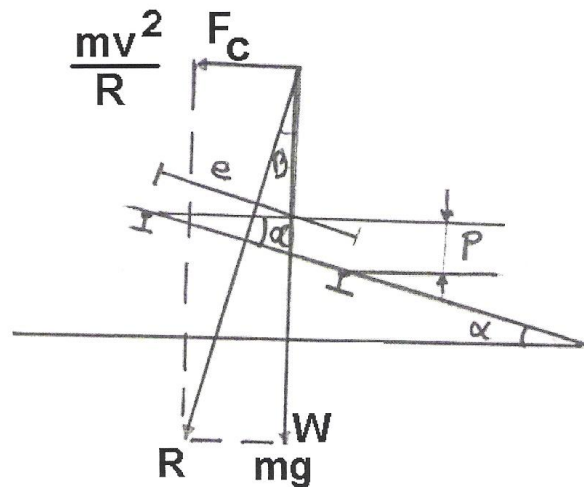
Figura 19 Peralte teórico



Fuente: Elaboración propia, Tratado de Explotación de Ferrocarriles (I) Planificación

Para que el vehículo se encuentre en curva, en las mismas condiciones de la recta, es necesario dar al riel exterior una sobre-elevación o "peralte".

Figura 20 Angulo de inclinación



Fuente: Elaboración propia, Tratado de Explotación de Ferrocarriles (I) Planificación

Sea:

- P = Peralte
- e = Ancho de la vía
- R = Radio de la curva
- V = Velocidad normalmente expresada en km/h.
- $P = e \operatorname{sen} \alpha$
- Pero $\operatorname{sen} \alpha = \operatorname{tg} \alpha$ (α pequeño)

$$P = \operatorname{sen} \alpha$$

Pero $\rightarrow \operatorname{sen} \alpha = \operatorname{tg} \alpha \rightarrow (< \alpha \rightarrow \text{pequeño})$

$$\therefore \rightarrow \operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{R * g} \rightarrow \alpha = \beta \rightarrow \text{lados} \rightarrow \text{perpendiculares}$$

$$P = e * \operatorname{sen} \alpha = e * \operatorname{tg} \alpha = e * \operatorname{tg} \beta = e \frac{v^2}{Rg}$$

$$\rightarrow P = \frac{e * v^2}{g * R}$$

Si $\rightarrow v \rightarrow \text{en} \rightarrow \text{Km/h} \rightarrow \therefore$

$$v = m / \text{seg} = v(m / \text{seg}) * \frac{1 \text{Km}}{1000m} = \frac{3600 \text{seg}}{1 \text{hora}} = 3.6 \frac{\text{Km}}{\text{hora}}$$

Para $\rightarrow \text{troya} \rightarrow \text{yardina}$:

$$e = 0.914 + 0.062 = 0.976$$

$$\Rightarrow P = \frac{e * v^2}{g * R}$$

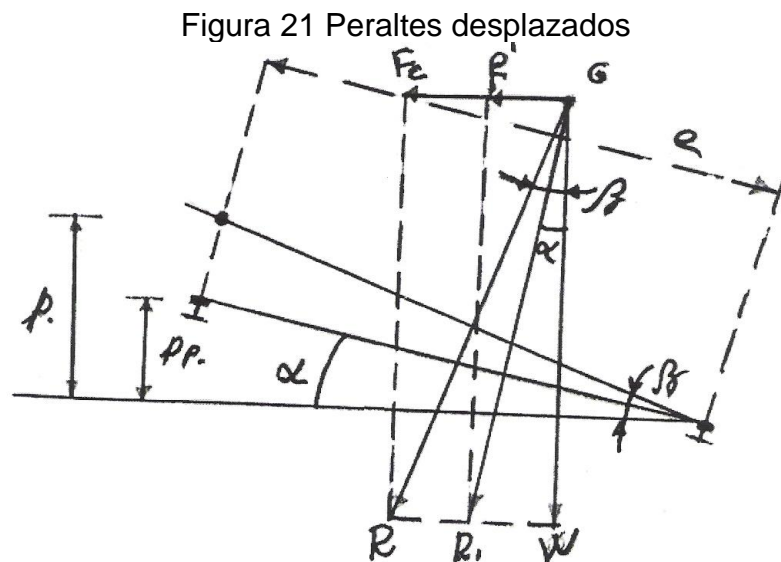
$$P = \frac{0.976 * v^2}{9.81 * 3.6 * R} = 0.00767 \frac{v^2}{R} = 0.0077 * \frac{v^2}{R} \rightarrow \text{mts}$$

$$P = \frac{7.7 * v^2}{R} \rightarrow \text{milimetros}$$

Debe tenerse cuidado con el valor escogido para los cálculos de la V pues en condiciones normales, una vía es recorrida por trenes rodando a diferentes velocidades, que incluso pueden llegar a detenerse en curva.

Si se toma para elegir el valor de V , la velocidad máxima de los trenes de pasajeros, obviamente la comodidad es la mejor, pero por el contrario las pestañas de las ruedas de los trenes de carga, normalmente más lentos, vendrán sobre el flanco de la cabeza del carril de la fila inferior. Además para aquellos que se detienen en curva, al iniciar el arranque, se encuentran en situación difícil, en riesgo de volcamiento si la curva no cuenta con un peralte adecuado, la sobrecarga en estos rieles inferiores conlleva entre otras consecuencias indeseables, a él como aplastamiento de la cabeza y formación de rebabas transversales.

Se asume para el peralte real o peralte práctico, una solución tal que de una insuficiencia (I) para los trenes más rápidos y un exceso ϵ para los trenes más lentos, Insuficiencia o exceso que se traduce en una inclinación I/e o (E/e) del peso con relación a la normal al plano de rodamiento, y somete los vehículos y los pasajeros a una aceleración transversal i/eg (o $E/e g$).



Fuente: Elaboración propia, Tratado de Explotación de Ferrocarriles (I) Planificación

En → efecto

$$f = w * tg\beta$$

$$tg\beta = sen\beta$$

$$\rightarrow sen\beta = \frac{P}{e} \rightarrow y \rightarrow w = m * g$$

$$Ademas \rightarrow f^{\bullet} = m * g \times P_p$$

La resultante de las fuerzas transversales es por consiguiente:

$$f_c - f^{\bullet} = \frac{m * g}{e} \times (P - P_p)$$

$$Pero \Rightarrow (P - P_p) = 1$$

$$\Rightarrow f_c - f^{\bullet} = m * \frac{lg}{e}$$

Según lo anterior, la experiencia muestra que la comodidad exige que esta aceleración transversal no sobrepase el valor de $g/10$, lo que igualmente garantiza que los esfuerzos sobre el carril y sus fijaciones permanezcan dentro de los límites aceptables.

$$lg / e \leq g / 10 \quad \dots 1 \leq e / 10$$

La insuficiencia (o el exceso) del peralte no debe sobre pasar la décima parte de la trocha.

La limitación a $g/10$ de la aceleración transversal, resulta únicamente a efecto de tener una mayor comodidad y una menor fatiga a la vía.

Algunas veces el peralte práctico puede ir hasta $5/10$ del peralte teórico,

Para el caso de trocha de yarda, que es el nuestro se tiene que:

$$P - P_p = I$$

$$P = P_p + I$$

Peralte teórico = Peralte práctico (máximo)+ Insuficiencia Máxima

o sea:

$$P = 0,0077 V^2 / R \text{ en metros.}$$

Expresado en milímetros,

$$P = 7,7 V^2 / R \text{ en milímetros.}$$

Asumiendo un valor máximo de $P_p = 80 \text{ mm}$

$$I = 45 \text{ mm}$$

$$\frac{7.7 * v^2}{R} = 80 + 45 = 125 \text{ mm}$$

$$v = 4 * \sqrt{R}$$

Para → autoferros, y → se → puede → asumir:

$$I = 55 \rightarrow \therefore v = 4.2 * \sqrt{R}$$

Troya Ibérica de 1.668 metros

Aplicando para el caso nuestro, un valor de C, se podría formar la siguiente tabla:

Tabla 9 Velocidad vs C

Velocidad V(en Km/h)	C
20	2
30	5
40	8
50	15
60	20

Fuente: Elaboración propia, Tratado de Explotación de Ferrocarriles (I) Planificación

$$P = 0.0077 \frac{v^2}{R}$$

$$Pp = 0.7 * 0.0077 \frac{v^2}{R} \rightarrow v = 60 \text{ Km/h}$$

$$Pp = \frac{19.4}{R} \cong \frac{20}{R} \rightarrow \therefore C = 20$$

El peralta para ancho internacional el preciso Z viene dado por la siguiente ecuación:

$$z = 11.8 \frac{V^2}{R} \rightarrow mm$$

$$v = km/h$$

$$R = metros$$

INFRAESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA

Como se concluye en el diagnóstico, las actividades a efectuar en la infraestructura y superestructura son las siguientes:

- Complemento de balasto
- Cambio de traviesas de madera a traviesas de concreto
- Cambio de rieles a ASCE 90 lb/yd, sustituyendo eclisas por largas barras soldadas (LBS)
- Instalación de cambiavías
- Construcción de Estaciones

Elementos:

a. Balasto:

Especificaciones: La capa de asiento de una vía ferroviaria, está compuesta por la capa de balasto, la capa de sub-base o sub-balasto, cuya función básica es:

- Repartir las cargas concentradas que reciben de las traviesas, transmitiéndolas a la plataforma.
- Amortiguar en parte las vibraciones originadas en el contacto riel-rueda.
- Contribuir a la estabilidad longitudinal y transversal de la vía.
- El buen comportamiento de la vía férrea en cuanto a rigidez, estabilidad y drenaje, depende en gran parte de su naturaleza y espesor.
- Permitir, gracias a su granulometría, el drenaje y la evacuación rápida de las aguas escorrentías.
- Amortiguar las vibraciones transmitidas por las traviesas, gracias a sus propiedades reológicas. La energía de vibración se disipa por el rozamiento de los áridos que forman el balasto.
- Hacer posible, a través del bateado mecanizado, una rectificación rápida de los parámetros geométricos.
- La capa superior o de bateo, cuya función principal es facilitar el buen calado de las traviesas, debe estar formada por materiales procedentes de trituración. Su espesor debe alcanzar de 0.15 a 0.20 m por debajo de la cara inferior de las traviesas.
- El balasto triturado deberá estar compuesto por partículas duras de forma angular, resistentes y durables, limpias, libres de arcilla y de polvo, además tendrá que cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

Granulometría: El material triturado debe cumplir con una de las siguientes granulometrías:

Tabla 10 Granulometrías

TAMIZ	%QUE PASA	%QUE PASA
2-1/2"	100	100
2"	95-100	90-100
1-1/2"	35-70	60-90
1"	0-15	oct-35
3/2"	0-11	0-10
1/2"	0-5	
3/8"		0-3

Fuente: Elaboración propia, extraída de las normas AREMA

Antes de iniciar la producción se deben realizar análisis granulométricos de prueba, a fin de hacer los ajustes requeridos en trituradoras y mallas; este ensayo se ceñirá a la norma ASTM-C-136

Peso Unitario Compactado: El peso unitario compactado del balasto debe ser como mínimo de 1.125 Kg/m³. Su determinación se efectuará según la norma ASTM-C29.

Esta prueba se debe realizar antes de iniciar la producción y en el momento de lograr el ajuste final de trituradoras y tamices.

Resistencia al Desgaste: El desgaste en la máquina de Los Angeles no debe ser superior al 25%, y se determinará de acuerdo con las normas ASTM-C131 y C-535.

Solidez En Sulfato De Sodio Para Cinco Ciclos: La solidez en sulfato de sodio para cinco ciclos no excederá del 10%, siguiendo el método de la ASTM-C-88.

Partículas Blandas y Friables: El porcentaje por peso de roca suave y friable no será mayor del 3%, determinado por el método de la norma ASTM-C-117.

Material Que Pasa Tamiz N° 200: El porcentaje por peso del material más fino que pase el tamiz N| 200 no serpa mayor del 1.0%, determinando por el método de la norma ASTM-C-117

Partículas de Arcilla: El porcentaje por peso de bolas de arcilla no será mayor del 0.5%, procediendo de acuerdo con la norma ASTM-C-142.

Partículas Planas O Alargadas: El porcentaje por peso de partículas planas y alargadas no será mayor del 5%, acorde con el procedimiento empleado para su determinación por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unido CDR-C-119. Para los efectos de ésta especificación, se define como partícula plana o alargada aquella que tiene una longitud mayor o igual a cinco (5) veces su espesor promedio.

Absorción: El porcentaje de absorción no será mayor del 2.0% utilizando el método descrito en la norma ASTM-C-127

b. Traviesas:

Especificaciones: La traviesa de concreto debe cumplir con las siguientes especificaciones.

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| • Carga por eje (Cooper E-40) | Q = 18.2 ton |
| • Distancia entre ejes de traviesa | j = 60.0 cm |
| • Perfil del riel | 90 ARA – A |
| • Inclinación del riel | 1/20 |
| • Velocidad máxima | 90 km/h |
| • Tonelaje anual | 15 millones |

Normas en consideración:

1. AREMA 2000
2. FERROVÍAS
3. CÓDIGO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTE
4. DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE – ARTHUR H. NILSON
5. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREEFORZADO – T. Y. LIN
6. PRESTRESSED CONCRETE – EDWARD G. NAWY

Para el concreto:

- Resistencia del concreto a los 28 días $f'c = 492 \text{ kg/cm}^2$ (7000 lb/in²)
- Resistencia al instante de la transferencia $f'ci = 295 \text{ kg/cm}^2$
- Tensión admisible inicial compresión $0.6 f'ci = 177.0 \text{ kg/cm}^2$
- Tensión admisible inicial tracción $3.0 (f'ci)0.5 = 13.7 \text{ kg/cm}^2$
- Tensión admisible final compresión $.36 f'c = 175.0 \text{ kg/cm}^2$
- Tensión admisible final tracción $6.0 (f'ci)0.5 = 35.29 \text{ kg/cm}^2$

El mínimo esfuerzo de compresión en cualquier sección transversal vertical a través del área de asiento del riel, después de pérdidas y sin ninguna carga aplicada debe ser de 35.16 kg/cm^2 .

El máximo esfuerzo de precompresión después de todas las pérdidas en cualquier punto de la sección de la traviesa no debe exceder 175.0 kg/cm^2 .

En cuanto al acero:

- Tipo de tendones Torones
- Grado 250
- Diámetro 5/16"
- Carga por torón 6577 kg
- No. de torones 6

Se asume la presión promedio sobre el balasto,

$$\text{Presión prom.} = 2 \cdot P [1 + (IF/100)] [DF/100] / A$$

Donde:

P = Carga por rueda

IF = Factor de impacto 200%

DF = Factor de distribución para traviesas espaciadas a 60.0 cm: 50

A = Área portante de la traviesa sobre el balasto: $24 \cdot 190 = 4560 \text{ cm}^2$

$$\text{Presión prom.} = 2 \cdot 9100 [1 + (200/100)] [50/100] / 4560$$

$$\text{Presión prom.} = 5.98 \text{ kg/cm}^2$$

La presión admisible sobre el balasto es de (85 psi) 5.98 kg/cm^2

La carga de asiento de riel,

$$= 18.2/2*1.5*0.5*3.0$$

$$= 20.48 \text{ ton}$$

c. Rieles

- Especificaciones: Los rieles se adquirirán de acuerdo a la Especificación Técnica para el suministro de rieles Código U.I.C. 860-0.

No obstante, lo que indiquen las normas para la longitud, ésta será la que prescriba en estas especificaciones técnica. El perfil del riel podrá ser el ARA-A-90, obtenido de la información secundaria pero se recomendándose que sea de mayor peso (54 UIC). La longitud de los rieles será de 24 metros la unidad. Los rieles a ser suministrados no tendrán perforaciones

El acero deberá ser naturalmente duro, calidad 900 A, según lo establecido por el Código U.I.C. 860-0.

La composición química para los rieles suministrados bajo el Código U.I.C. 860-0, deberá de tener los siguientes límites en porcentaje:

<i>Calidad</i>	<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>P_{máx}</i>	<i>S_{máx}</i>
900 A	0,60 - 0,80	0,80 - 1,30	0,10 - 0,50	0,03	0,03

La resistencia a la tracción debe estar entre 880 y 1030 N/mm². Dicha resistencia se determina del ensayo de esfuerzo a la tracción descrito en el Código U.I.C. 860-0.

Dureza Brinell: Este ensayo se hará a título indicativo y para control de calidad.

Se efectuará el Ensayo de Choque, según lo especifica la norma UIC 860-0.

Se efectuará el ensayo de macrografía, con probetas obtenidas de la cabeza y del pie del lingote, según lo prescrito en el Código U.I.C. 860-0.

Se exigirá control ultrasónico de fábrica para detectar imperfecciones internas. Este ensayo se hará según se prescribe en el manual del AREA, Capítulo 4, Parte 2 – Especificaciones – 1995, numeral 8. Ultrasonic Testing.

Las tolerancias en las dimensiones serán las prescritas en Código U.I.C. 860-0.

Las marcas se harán en relieve, muy legible, en caracteres que sobresalgan al menos 0.80 mm, de acuerdo a los deseos del fabricante, y de 20 a 30 mm de altura, sobre uno de los lados del alma de la siguiente manera, en concordancia con el Código U.I.C. 860-0, incluyendo:

- La marca de identificación de la fábrica.
- Los dos últimos dígitos del año de fabricación
- El símbolo de la sección y del peso del riel ARA-A-90.
- El símbolo del grado del acero estampado en caliente y una distancia que se definirá una vez hecha la adjudicación.

Para rieles producidos de lingotes: con una altura que determinará el fabricante, pero no menos de 15 mm, se estamparán al menos una vez en cada riel y próximas al extremo correspondiente a la parte superior del lingote y en el orden siguiente:

- El número de identificación de la colada.
- Las letras A, B, Z, en orden, comenzando por la parte superior del lingote, estando Z reservada para el riel del extremo inferior.
- El número del lingote 1,2,3...

Para rieles producidos por fundición continua: con una altura que determinará el fabricante, pero no menos de 15 mm, sobre un lado del alma donde aparecerá al menos una vez en cada riel, en una posición que se acordará una vez hecho la adjudicación y de acuerdo a un código numérico, alfabético o alfanumérico, del cual se podrá obtener la siguiente información:

- El número de la fundición de la cual se ha laminado el riel.
- La posición del riel en relación a la parte superior del lingote o cordón de fundición continua.
- Alguna otra relacionada con la posición del riel en la fundición, que acordarse entre las partes.

NOTA: En caso que las marcas estampadas en caliente se hayan removido, se deberá hacer la re-identificación de tales marcas.

Los rieles se deberán cargar y descargar con la ayuda de un equipo de elevación capaz de sujetarlos firmemente y de elevarlos o bajarlos horizontalmente.

El número de puntos de agarre deberá ser suficiente para evitar deformaciones permanentes de los rieles.

Los rieles se apilarán con su parte inferior apoyada sobre una superficie horizontal, en capas paralelas separadas por tablas de madera colocadas perpendicularmente cada 12.50 m como máximo. La primera capa deberá apoyar sobre tablas de madera colocadas cada 12.50 m.

Cualquier movimiento de los rieles se deberá hacer de tal manera que no se vayan a presentar deformaciones permanentes o rayaduras en los mismos.

Se prohíbe el uso de martillo para desplazamientos cortos: para éstos será necesario el uso de palancas manuales o pinzas especiales.

Durante su almacenamiento, los rieles no deberán apoyar directamente sobre el piso.

El fabricante y/o proveedor informará al Interventor el método y los equipos de manipuleo de los rieles desde la fábrica hasta su destino final. El interventor dará o no de acuerdo del método propuesto.

La supervisión del proceso de fabricación, ensayos y entrega de los rieles, podrá ser ejercida por un Interventor o firma Interventora debidamente designada por EL CONCESIONARIO, que hará el control técnico – administrativo del contrato o pedido.

Aplicación de Soldadura Aluminotermica: Se utilizarán los kits de soldadura aluminotérmica. Cumpliendo las especificaciones y normas de aplicación para el tipo de riel a soldar.

Al respecto se debe cumplir con las prescripciones técnicas tratadas para largas barras soldadas.

Formación de La Larga Barra Soldada (Lbs): Se ha previsto la formación de las L.B.S. en tres fases:

Fase 1: se formarán barras hasta de 120 m de longitud que permitan efectuar alces y alineaciones sin comprometer la estabilidad de la superestructura.

Fase 2: se formarán barras de 360 m en curvas y de 480 m en rectas, los alces luego de ésta fase serán menores y se llevará la vía hasta un nivel muy cercano a la cota final de proyecto.

Fase 3: Liberación de tensiones y formación de las L.B.S. dentro de un régimen de esfuerzos uniformes, de tal manera que los rieles trabajen a mínima tensión por variación de temperatura.

La temperatura ideal para minimizar los esfuerzos de tensión térmica en la formación de L.B.S., se denomina TN (temperatura neutra), para efectos prácticos en los trabajos de liberación y formación de L.B.S., podemos considerar un rango de temperatura neutra RTN igual a la TN ± 5 C.

La temperatura TN se sitúa en el rango entre 35° C y 45° C pero es recomendable una TN en el lado más alto para facilitar las posteriores operaciones de mantenimiento.

Rango en el cual se pueden fijar las L.B.S. contrarrestando definitivamente su libre dilatación en el proceso de formación de L.B.S, para garantizar que los rieles estén libres de tensión por variación térmica.

Liberación de tensiones:

Las condiciones del riel a la TN pueden lograrse natural o artificialmente, es decir por calentamiento natural o por estiramiento del riel utilizando medios mecánicos; el procedimiento aplicable de cada uno de los casos depende de las condiciones climáticas para alcanzar las condiciones de la TN en el riel.

Calentamiento natural:

Se aplicara el procedimiento en los días en que el riel alcance naturalmente la TN y permanezca estable dentro del RTN previsto de ± 5 C., siguiendo las operaciones básicas siguientes: (Si estas condiciones no se logran, se suspenderán las operaciones).

Cualquier sección provisional no deberá exceder los 1.000 m de longitud para una vía recta o curvas con $R > 600$ m. Para curvas con $R < 600$ m, la sección provisional no deberá superar los 600 m de longitud.

La LBS se formará soldando dos semi-secciones provisionales contiguas, a través de las siguientes operaciones:

- Soltar todas las fijaciones de las semi-secciones o liberar manteniendo restringida las zonas centrales de las secciones temporales.
- Permitir la libre dilatación de los rieles ayudando la operación con rodillos de acero de 20 mm. de diámetro colocados entre el patín del riel y la traviesa para facilitar su desplazamiento.
 - Hacer vibrar los rieles con los golpes de un mazo de madera para facilitar la expansión y la remoción de toda clase de obstrucciones a la expansión térmica.
- Cortar el sobrante de riel en los extremos de la junta a soldar si la formación de la sección provisional se hizo a temperatura inferior a TN, en caso contrario si fueron fijadas a Temperatura \square TN insertar cupones de compensación, para llenar la separación causada por la contracción térmica. La longitud del riel de compensación no será inferior a 6 m. Para insertarlo, se quitará la longitud apropiada de las semi-secciones provisionales. El riel de compensación se soldará a uno de los extremos de cualquiera de las secciones provisionales.
- Habiendo alcanzado la TN dentro de una tolerancia de ± 3 °C; establecer las luces de soldadura y retirar rápidamente los rodillos de expansión, partiendo de los TC y volviendo a colocar las fijaciones previamente retiradas.
- Luego de estabilizados los desplazamientos de las semi-secciones dentro del RTN, se fija la abertura de los rieles para soldar, se retiran los rodillos y se colocan nuevamente todas las fijaciones de las primeras traviesas aledañas a la junta a soldar y enseguida alternadas para asegurar la fijación de la LBS.
- Efectuar la soldadura de la junta
- Completar la fijación de la LBS

- Finalizado el vaciado de la soldadura, soltar nuevamente las fijaciones aledañas a la junta soldada, para facilitar la retracción del riel.
- Luego de un tiempo controlado de enfriamiento, se restablecen las fijaciones de la barra.

Estiramiento de rieles:

Si resulta imposible formar la LBS por calentamiento natural, se debe recurrir a un estiramiento del riel. Esto lógicamente, sólo es posible cuando la temperatura es menor que $T_N - 3^{\circ}\text{C}$. Se le exigirá tener a mano tensores especiales de capacidad apropiada (mecánicos o hidráulicos) capaces de generar una fuerza de tracción de 60 toneladas sin dañar los rieles. El tensor se diseñará para permitir la ejecución de las soldaduras aluminotérmicas.

La regulación de esfuerzos y la formación de la LBS. no se permite realizar a temperaturas por debajo de $+ 10^{\circ}\text{C}$.

Si se emplea el estiramiento de los rieles, se deben llevar a cabo las siguientes operaciones, luego del registro de temperatura:

Se aplica el procedimiento de los puntos 1 a 4 del caso anterior

Fijar marcas de referencia cerca de los extremos de las dos semi-secciones provisionales que coincidan, dentro de 1 mm. con marcas colocadas en estacas clavadas en el suelo; registrar la temperatura de los rieles; calcular la elongación necesaria a obtener en las dos semi-secciones provisionales.

Aplicar los tensores y estirar los rieles hasta obtener la elongación calculada, verificada por las marcas de referencia, hacer vibrar los rieles mediante golpes con un mazo de madera para facilitar la elongación y suprimir cualquier interferencia a este respecto.

Cortar secciones delgadas de los extremos de los rieles para permitir la elongación.

Al alcanzar las elongaciones calculadas, retirar rápidamente los rodillos de expansión partiendo de los TC y volver a colocar las fijaciones.

Restablecer las fijaciones del riel, partiendo de la junta en dirección a los TC.

Soldar las juntas, mantener la tensión por un tiempo controlado aun después del vaciado de la soldadura aluminotérmica, para compensar el esfuerzo de tensión por contracción de la soldadura durante la solidificación.

Soltar y quitar el tensor 10 minutos después del vaciado de la soldadura.

Desmontar y montar inmediatamente las fijaciones de 40 traviesas a cada lado de la soldadura.

d. Cambiavías:

Los cambia-vías requeridos se instalarán en las nuevas estaciones y su elección estará en concordancia con las velocidades prescritas para acceso a los desvíos de entrada a las estaciones,

•Especificaciones: Las características fundamentales que deben tener los cambiavías son las siguientes:

El material que se emplee para la construcción del cambiavías debe cumplir la norma para el suministro de rieles código U.I.C. 860-0, el acero deberá ser naturalmente duro, calidad 900 A. Los cambiavías deben permitir la circulación de trenes por la vía directa en ambos sentido, a una velocidad de 100 Km/hora y por la vía desviada a velocidad de entrada que determine para los diseños (30 Km/hora a 50 Km/hora), aproximadamente.

Cambiavías serán de tal forma que se pueden instalar con desviación a la derecha o con desviación a la izquierda.

En relación con el ancho de vía elegido para el proyecto se debe tener en cuenta las disposiciones del gobierno al respecto, pues estas hablen que en un futuro se lleven a cabo cambios a troya estándar.

El corazón será ensamblado o monobloque; la parte central será al manganeso, contenido entre el 12 y el 14%. Los extremos del cambiavías deben ir perforados, para permitir el ensamblaje con la vía intermedia y vía corriente.

Las agujas deben ser de tipo elástico, soldadas a los rieles intermedios. El riel contraaguja en la parte interior, debe ser maquinado de tal manera que permita el alojamiento de la punta de aguja.

La curvatura del tramo desviado inicia en la punta de aguja y termina al principio de la pata de liebre del corazón. El radio será el mayor posible.

El operador debe tener, además de sus elementos propios, una torre de mando entre 0.80 y 1.00 metros de altura, en la cual deben ir colocadas en la parte superior, las banderolas indicativas de la vía, de color rojo y blanco.

El cambio debe tener incorporado un sistema de cierre en las puntas que garantice ajuste entre la aguja y el riel contraaguja, así como un dispositivo central para proporcionar la separación requerida entre dichos elementos. Además los dispositivos de cierre deben funcionar satisfactoriamente, pese a la presencia de mugre, aumentos de trocha, desplazamiento longitudinales y otras influencias desfavorables comunes en la operación férrea normal.

El cambio deberá además tener un sistema de seguridad de tal naturaleza que una maniobra equivocada (recorrido de un vehículo hasta el inicio del cambio estando éste en posición falsa), no ocasione daños en los dispositivos de cierre.

La longitud total del cambiavía no debe superar los 24 metros.

El corazón debe ir sobre placas de asiento. Los guardarieles deben ir sobre placas de asiento conjuntamente con el riel exterior.

El fabricante y/o proveedor deberá incluir en su cotización todos los elementos requeridos para el montaje y operación completa del cambiavías, incluyendo las eclisas planas que conectan los cambiavías en sus extremos con las vías directos y desviados, y el talón de las agujas con el corazón.

El cambiavías será completamente soldado, y estará protegido por tramos de barra corta del lado punta y lado talón. Además todos los cambiavías deberán cumplir las condiciones aquí indicadas

a) Abertura mínima punta de la aguja	110 mm.
b) Abertura mínima talón de aguja	58 mm.
c) Cota de protección	>870 mm.
d) Cota de libre paso	<835 mm.
e) Abertura riel – contrarriel	47 mm.
f) Radio de curvatura vía desviada	>109mm

A continuación se presentan las principales características de los materiales, las cuales deberán ser tenidas en cuenta por el fabricante y/o proveedor al realizar el diseño y las especificaciones de los cambiavías:

- Traviesas. Las traviesas o vigas que se utilizarán para su colocación son de madera de 0.16 * 0.26 mts de sección y longitud variable prescripciones de la información secundaria al respecto se propone que sean traviesas de hormigón o traviesas plásticas. La separación entre traviesas deberá estar entre 55 y 60 cm.
- Rieles. La sección típica del riel será ARA-A-90 información secundaria se recomienda un perfil de mayor peso definitivamente. En cuanto a sus características técnicas y pruebas de aceptación, deben cumplir la norma U.I.C. 860-0.
- Placas de deslizamiento. Serán de acero fundido y se fijarán a cada traviesa mediante cuatro (4) tirafondos por hilo de riel.
- Placas de asiento. Serán de acero laminado y estampado y tendrán la forma adecuada para la colocación de los ganchos para fijar el riel. Se fijarán a cada traviesa mediante cuatro (4) tirafondos por hilo de riel.
- Elementos de fijación. Serán de tipo “gancho” (sin mantenimiento), que no necesita graduación ni durante la colocación, ni durante su vida útil, ni lubricación.
- Tipo elástico, en capacidad de absorber parcialmente los esfuerzos transmitidos por el riel a la traviesa
- Garantizar el acoplamiento gancho – riel con una fuerza mínima de 800 Kg
- Tipo antivándalico
- Tipo no aislante
- Tener una placa metálica de asiento fijada por cuatro (4) tirafondos entre el riel y la traviesa de madera. Los tirafondos serán suministrados conforme al código U.I.C. ficha 864-1 edición de 1978 con las aclaraciones que siguen, referidas a la numeración de la citada ficha.
- Material: Corresponderá al grado no endurecido, con una resistencia la tensión entre 56 y 65 Kg/mm².
- Fabricación: Corresponderá a su diseño al aprobado por el Interventor, serán galvanizados según lo estipulado en 12.3 y 23.4 de la ficha.
- Dimensiones: Se entiende que corresponde a los presentados por el fabricante y/o proveedor.
- Tolerancia: Se aplicará las tolerancias señaladas en la ficha.
- La aceptación de las barras de acero se efectuará mediante el certificado de la acería.
- Procedimiento para pruebas e inspecciones: se utilizará el método progresivo de Wald.
- Apoyo: Todo el cambiavías será fijado a las traviesas de madera con interposición de placas de asiento.

- Eclisas: Estas serán de seis (6) orificios del tipo HIGH CARBON STEEL. Las dimensiones, características técnicas y pruebas de aceptación de todos los materiales que conforman la unión (eclisas, pernos, tuercas, arandelas) deberán cumplir con lo indicado al respecto la norma AREMA.

Todos los materiales que conforman los cambiavías y que no están cubiertos por esta especificación deberán cumplir con las características técnicas exigidas por las normas U.I.C. pertinentes, o como alternativa, las normas AREMA. A falta de especificaciones especiales, deberán cumplir con las indicaciones del fabricante y/o proveedor previamente aprobadas por el Interventor.

Montaje. Se acepta el ensamblaje de los elementos metálicos en la planta del fabricante y/o proveedor (aguja – contraaguja, corazón ensamblado cuando a ello fuere lugar)

9. ESTACIONES Y PASOS PEATONALES

9.1. ESTACIONES:

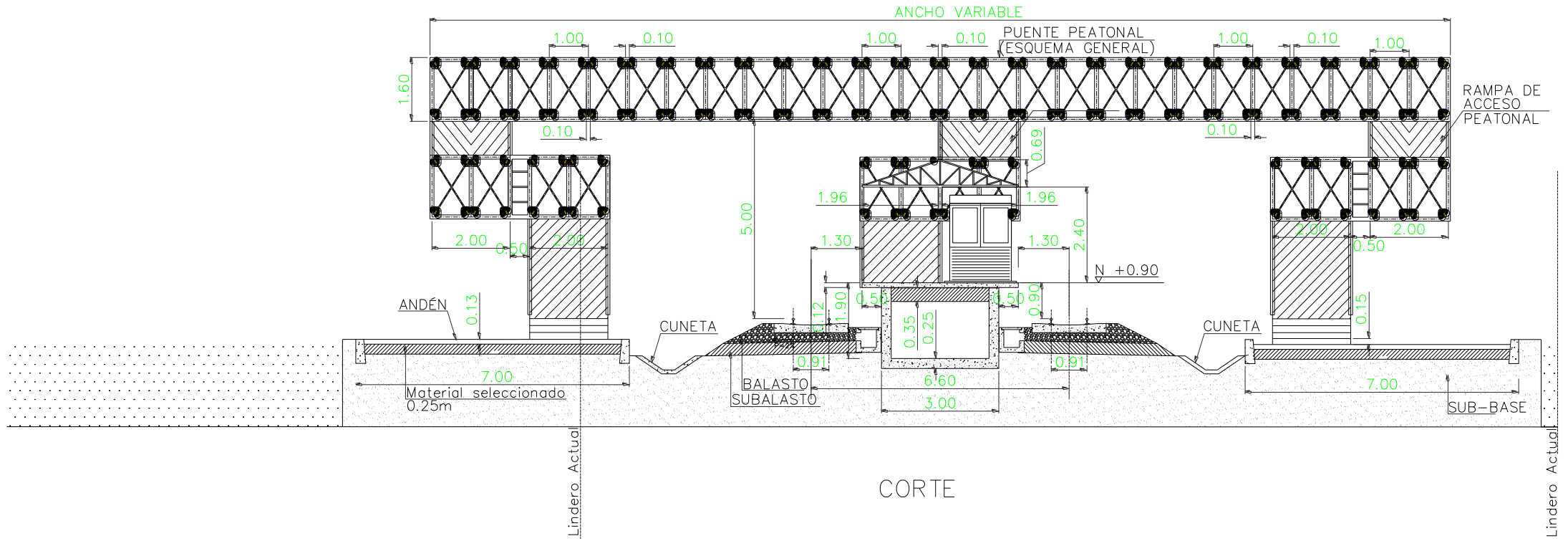
El servicio de pasajeros requiere de la construcción de estaciones nuevas y adecuación de las existentes; también es necesario dotar al sistema de patio talleres, en alguno de los extremos un patio, tal como se ilustra en los planos.

- Las estaciones sencillas denominadas tipo A, constan de: (1)- Una plataforma central de 4.0 m de ancho por 60 m de longitud. (2)- Una cubierta metálica con teja termo acústica sobre la plataforma. (3)- Un puente metálico peatonal, con accesos desde los costados, complementados con rampas de 2.50 m de ancho y pendientes del 5%. (4)- Una caseta metálica para expedición de tiquetes. (5)- Dos torniquetes para control de acceso pasajeros. (6)- Línea de ferrocarril paralela a la principal para circulación de los trenes en las dos direcciones.
- La estación de La Caro, y Chia que corresponden a una estación terminal, denominada tipo B, tiene una estructura similar a la de las estaciones sencillas. Adicionalmente tienen dos líneas de servicios laterales para acceder a zonas de taller para revisión y lavado.
- La estación de Zipaquirá, denominada tipo C, cuenta con una estructura similar a la de las estaciones sencillas.

El taller que se diseñe se provee que cuente con la siguiente infraestructura: taller principal con cuatro (4) líneas de servicio, Las naves de taller de inspección y alistamiento de trenes, Taller de revisión menor y mantenimiento preventivo, Taller de reparación de equipamiento mecánico, Taller de reparación de componentes eléctricos y electrónicos, Taller de soldadura y herrería, Taller de Baterías, Vía de lavado, Planta de combustible, Almacenes generales y de partes de material rodante, Área de sanitarios, regaderas y vestidores

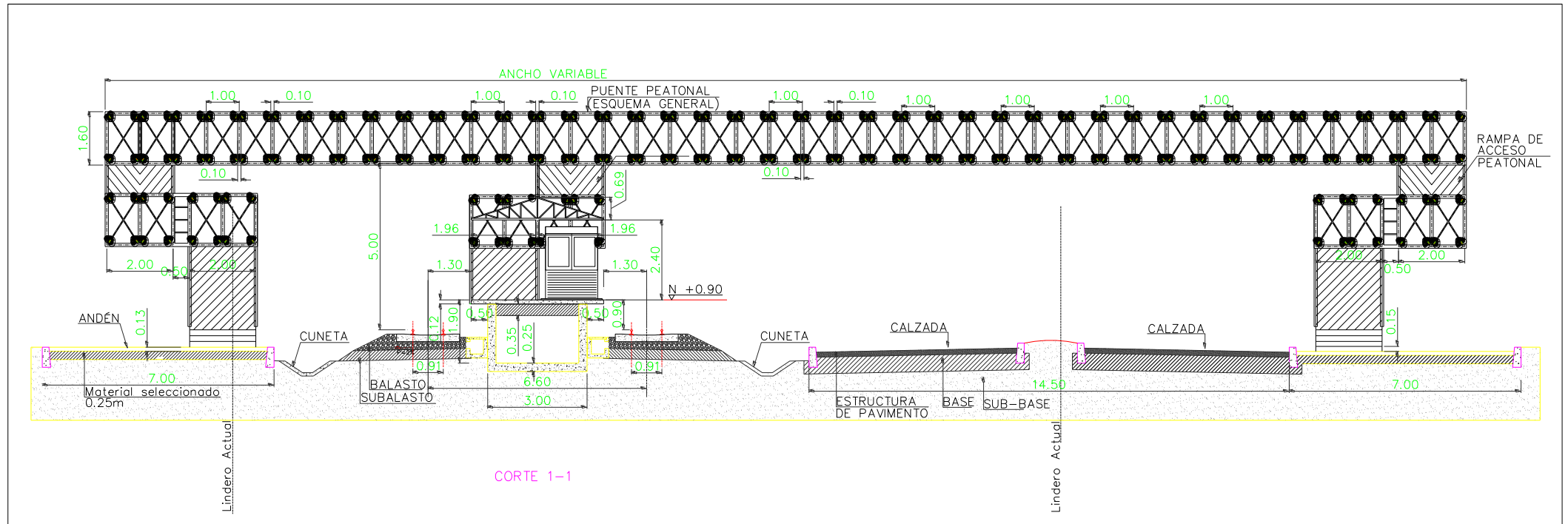
- Todas las estaciones tienen un puente peatonal para acceder a ellas de forma segura. Los puentes son de tres tipos, según las vías aledañas en cada caso, como se ilustra en los planos.
- El sistema de recaudo previsto tiene dos equipos de control por estación, y un expendio de tiquetes.
- Para la implantación de las estaciones es necesario adquirir predios adicionales al corredor, básicamente debido a las rampas de puentes peatonales.

Figura 22 ESTACIÓN TIPO A



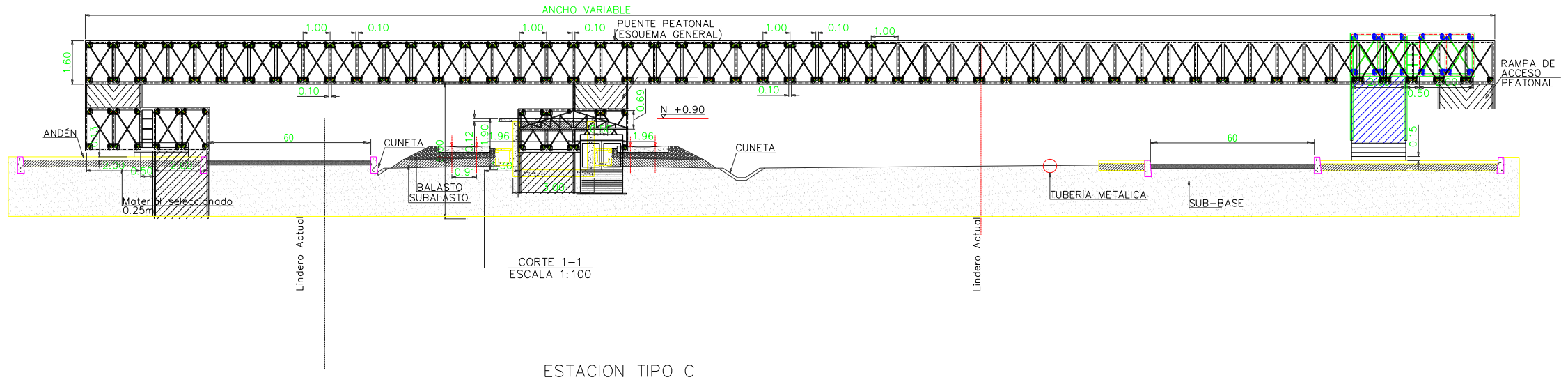
Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria

Figura 23 ESTACION TIPO B



Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria

Figura 24 ESTACION TIPO C

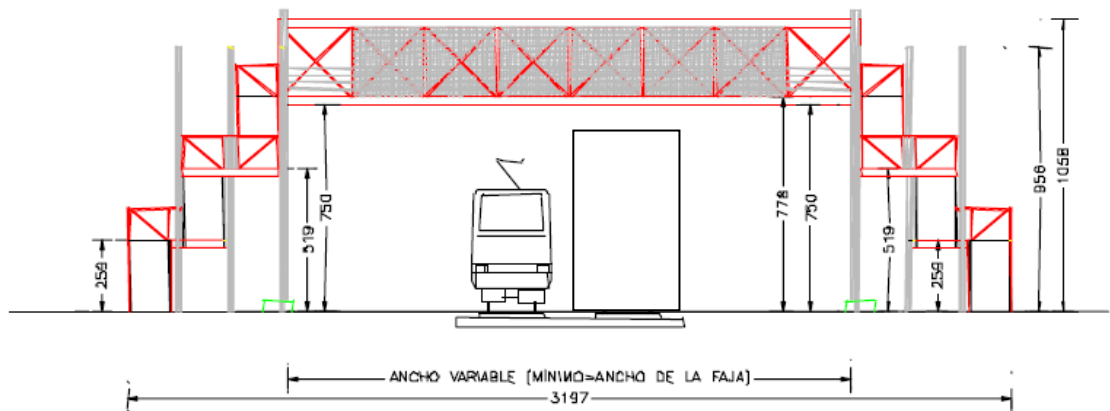


Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria

9.2. PASOS PEATONALES:

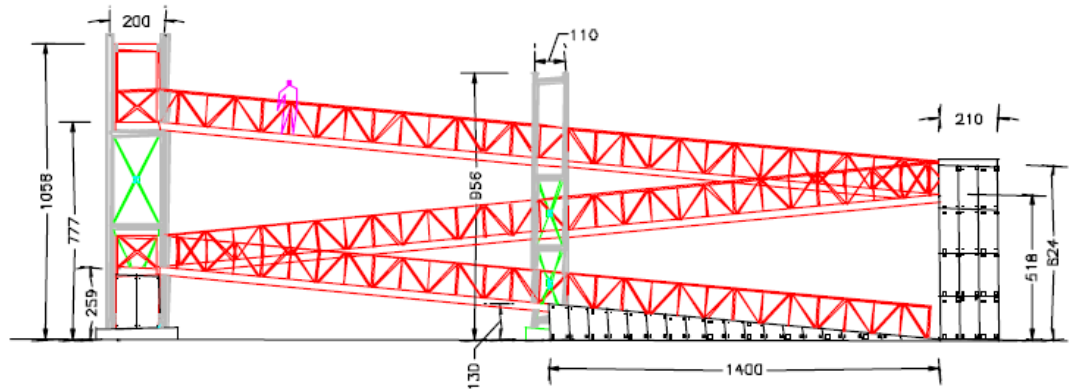
Estos pasos se ubican en las estaciones a través de todo el corredor férreo, determinados por puentes peatonales metálicos, tipo A (de acuerdo a la estación tipo A) los cuales están compuestos por accesos desde los costados, complementados con rampas de 2.50 m de ancho y pendientes del 5%.

Figura 25 Paso peatonal recto elevado tipo frontal



Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria

Figura 26 Paso peatonal recto elevado tipo lateral



Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria

Es inevitable que a lo largo del corredor se presenten pasos a nivel de peatones, que aunque deben ser desestimulados, se debe prever su existencia.

Los pasos peatonales a nivel deben cumplir con ciertas características mínimas:

- a) Pavimento liso y nivelado en la zona de las vías
- b) Accesos cómodos y seguros a la zona de cruce
- c) Dispositivos que impidan la entrada a vehículos menores
- d) Cierres de la faja para canalizar el flujo por el paso
- e) Ancho igual o inferior a 1,5 m
- f) Letreros de advertencia

Características deseables son:

- g) Iluminación suficiente en los accesos y vereda de cruce, que no impida ver las luces de los trenes que se acercan

h) Dispositivos para impedir o dificultar el acceso al resto de la faja por los peatones.

i) Señalización de advertencia de la proximidad de un tren

Pavimentos: Se utiliza habitualmente pavimentos formados por durmientes, dispuestos en paneles apernados, los que pueden colocarse en vías con durmientes de madera o de hormigón.

También se instalan losetas de hormigón, que proveen una superficie más pareja y, en teoría, de mayor duración. Sin embargo, las operaciones de mantenimiento de la vía, en especial las mecanizadas, obligan a remover estas losetas, las que suelen dañarse con los traslados.

En Norteamérica se utiliza también cubiertas prefabricadas de material sintético, las que constituyen una solución cercana al óptimo, ya que:

a) Proporcionan una superficie lisa, fácil de caminar

b) No son resbalosas con la humedad

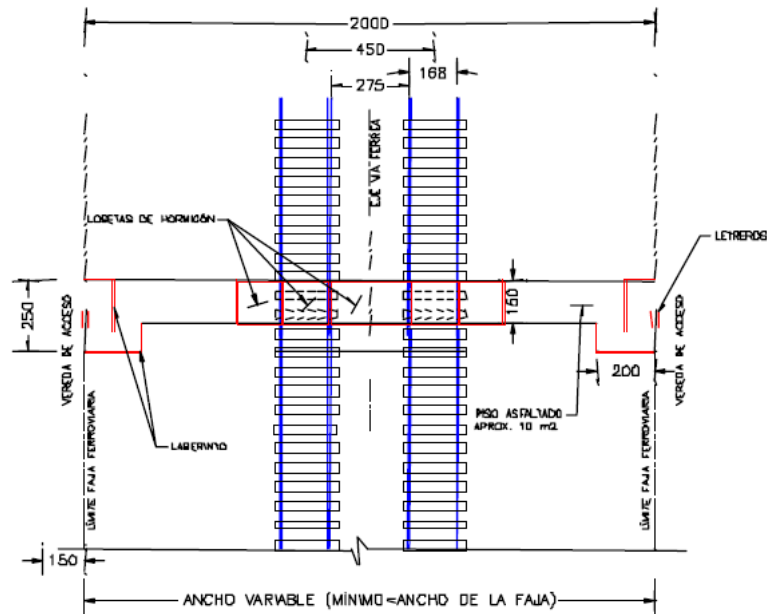
c) Son livianas y por tanto fáciles de remover y recolocar

Accesos: Los accesos deberán ser pavimentados con hormigón o asfalto. Debe consultarse rampas de acceso para minusválidos, con gradientes máximas de 15%.

Iluminación y Dispositivos Automáticos: En aquellos casos en que los pasos peatonales sean iluminados, esto puede hacerse como parte del alumbrado público. Se recomienda iluminar sólo los accesos en forma directa, manteniendo iluminación indirecta sobre la vereda de cruce, para que los usuarios puedan percatarse fácilmente de la proximidad de un tren.

Al igual que en los cruces vehiculares, es posible instalar dispositivos de advertencia de la proximidad de un tren y aún barreras automáticas, los que funcionan basados en los mismos principios. Sin embargo, no se recomienda la instalación de estos dispositivos ya que, no existiendo ninguna obligación legal por parte de los ferrocarriles para instalar estos aparatos de detección y advertencia automáticos, una vez instalados se convierte en responsabilidad del ferrocarril su correcto funcionamiento.

Figura 27 Paso peatonal a nivel en planta



Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria

9.3. TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE EQUIPOS

En la zona de patios y en los talleres se han de encontrar las instalaciones y equipos para mantener en condiciones de operación confiable y estado seguro, el material rodante y las vías, permitir el estacionamiento de los trenes en horas de baja afluencia de pasajeros (horas valle) ó al finalizar el servicio en la línea. También se podrán estacionar en un lugar predeterminado los vehículos auxiliares de mantenimiento.

El terreno deberá contener los siguientes elementos:

- Las naves de taller de inspección y alistamiento de trenes.
- Taller de revisión menor y mantenimiento preventivo.
- Taller de reparación de equipamiento mecánico.
- Taller de reparación de componentes eléctricos y electrónicos.
- Taller de soldadura y herrería
- Taller de Baterías
- Vía de lavado

- Planta de combustible
- Almacenes generales y de partes de material rodante
- Área de sanitarios, regaderas y vestidores

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Demanda

- En resumen el transporte de pasajeros en el área de influencia del proyecto tiene las siguientes características.

El eje vial de Zipaquirá, presenta una demanda de pasajeros de transporte público aproximada de 27.000 viajes/día, que representa un incremento del 35%. Esto se puede explicar por el desarrollo de nuevos proyectos de vivienda en especial en la zona de Chía y Zipaquirá.

- En las horas pico de la mañana el sentido de mayor demanda se presenta hacia la ciudad de Bogotá.
- Para el corredor Norte la velocidad promedio es más alta cercana a los 55 Km/Hora.
- La accesibilidad de los usuarios al sistema se hace directamente en los centros urbanos regionales, en Bogotá un porcentaje significativo requieren de modos complementarios y con pago adicional para la terminación de su transporte urbano en Bogotá.
- La casi totalidad de los usuarios no disponen de vehículos propios para su movilización regular.
- Los motivos más importantes en la hora de la mañana son el trabajo, el estudio y en la tarde el regreso al hogar.
- Los flujos de vehículos de transporte colectivo, en los fines de semana muestran una tendencia negativa, es decir que la demanda debe ser inferior a las demandas en los días normales de trabajo y estudio.
- Se observó en un periodo de 20 años, es muy probable que la población del área en estudio se incremente en un 50% como mínimo. Esta cuenta con una tasa de crecimiento en promedio del 2.4%

Oferta

- Se propone utilizar un tren, tipo 2, de 37 metros de largo, con capacidad de 333 pasajeros bi-direccional. Por ser un tren bi-direccional no tendrá problema en incorporarse al sistema de carga y pasajeros.

- Este por ser de mayor capacidad ofrecida por la compañía siemens tomando como ejemplo tipo, se considera que al transcurrir los años la demanda aumentará y por lo tanto, no será necesario disponer de otra sección, en un tiempo corto.

Drenaje.

- Se observa claramente abandono por parte de las Instituciones encargadas del mantenimiento de este tipo de obras, las cunetas a pesar de tener una sección transversal adecuada para el manejo y control de las aguas que bajan hacia la trocha, debido a la obstrucción ocasionada por las basuras y escombros que arrojan al lugar, no se encuentran trabajando acorde a las necesidades de la vía.
- De igual manera los encoles y descoles de las alcantarillas de cruce no pudieron ser identificados de manera clara, ya que la vegetación del lugar impide observarlos, esto indica claramente que las alcantarillas no se encuentra trabajando de una manera adecuada, difícilmente en temporada de lluvia se encaucen y controlen la totalidad de las aguas tanto superficiales como sub-superficiales.
- En algún sitio se observa que los filtro francés que se suponen deben estar sellados, se encuentra expuesto, los materiales granulares no cumplen su función, dicho filtro se encuentra totalmente deteriorado y no trabaja acorde a las necesidades del lugar.
- Por lo anterior se recomienda que cada una de las obras de drenaje aquí mencionadas deben ser limpiadas y mantenidas de manera periódica, en ese sentido se ha corrido con suerte, ya que si se presenta lluvias extremas, así las obras cuenten con la capacidad con las que fueron diseñadas, por el alto contenido de basuras y escombros, no serán encausadas y controladas la totalidad de las aguas, lo cual generará consecuencias graves en el corredor férreo.

Pasos a Nivel

- Por otro lado, los pasos a nivel se encuentran en estado regular, la señalización esta en buen estado pero los rieles en el sitio de intersección no cuenta con las juntas y niveles adecuados, esto implica situaciones inseguras para los trenes que circulan por el lugar.
- De la misma manera se recomienda realizar un mantenimiento rutinario y correctivo de la señalización horizontal, ya que en su gran mayoría esta

traslucida y no puede ser fácilmente identificada por los vehículos que circulan con la intersección.

La región de influencia del proyecto hace parte de la sabana de Bogotá y se considera como zona de desarrollo agrícola, ganadero, industrial, minero y habitacional.

A pesar de la afectaciones fenomenológicas propias de la naturaleza presentadas, y que de alguna manera a deprimido su desarrollo de manera transitoria, la sociedad y para los gobiernos será su responsabilidad primaria tomar las preocupaciones para su control

Por otro lado, a pesar de no ser la región crecimiento en el momento por el costo del uso del suelo, crece de manera organizada y sostenible.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, Destino Capital, Movilidad Sostenible, Bogotá 2009.
- DIAN, Metodología Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros, Bogotá 2010.
- Centro de Estudios Democráticos, Sistema Integrado de Transporte una Alternativa para la Movilidad en Bogotá, Bogotá D.C, 2009.
- Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, Plan Maestro de Movilidad, Bogotá 2011.
- Steer Davies Gleave, Informe ejecutivo: estudio de demanda para el tren de cercanías de la Sabana de Bogotá, Bogotá 2001.
- Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria, Chile 2010.
- Proyectos de Ferrocarriles en Colombia. Gustavo Arias de Greiff. 2011.
- Presente y Futuro de los Ferrocarriles en Colombia. Tercer Foro. Ing. Osvaldo Ricardo Bonelli. Santiago de Cali. Septiembre de 2010
- Sistema Féreo Nacional. Cámara Colombiana de la Infraestructura. 2012.
- Rehabilitación del Ferrocarril en Colombia- Alejandro Uribe. Revista Economía y Política del Mundo.
- Ferrocarriles, integración y progreso para Colombia. Gonzalo Duque Escobar. Monografía del Ranosatorio – Universidad Nacional.
- Ferrocarriles Nacionales. Enciclopedia y Biblioteca Virtual. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Historia del Ferrocarril en Colombia – Proyectos Ferroviarios. Revista La Otra Opinión.
- Montoya D. Competitividad e infraestructura portuaria de la costa atlántica (Puerto de Cartagena – Puerto de Barranquilla) frente al puerto de Miami. Universidad del Rosario. Bogotá D.C. 2011.

- Super Intendencia de Puertos y Transporte. Informe Consolidado Año 2012. Ministerio de Transporte. Bogotá D.C. 2013.
- Revista Logística. Los puertos Marítimos de Colombia se la juegan por la infraestructura. Legis. Edición No 7. Bogotá D.C. Noviembre de 2009
- Moreno J. La navegación y el transporte fluvial en Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Primera Edición. Bogotá D.C. 2007.
- Información Minera de Colombia www.imcportal.com
- Documento Cámara Colombiana de la Infraestructura, Informe Técnico 2012 Sistema Férreo Nacional, Seguimiento a Proyectos de Infraestructura.
- Documento Conpes 3137 Autorización a la nación para contratar un empréstito externo hasta por us\$120 millones con el fin de financiar el aporte de la nación en la concesión de la red férrea del pacífico. Octubre 2001.
- Hay, W, (2002) Ingeniería de transporte. Editorial Limusa, S.A. Grupo Noriega Editores. México.
- Ministerio de fomento, (2011) Observaciones del transporte intermodal terrestre y marino, Secretaría d estado de transportes, Dirección General de transporte terrestre. España.
- Ministerio del transporte, (2011) oficina accesoria de planeación, Grupo de planificación sectorial. Colombia.
- Ordoñez, J. (2002) El ferrocarril como columna vertebral del transporte sostenible. Notas editoriales. Mientras Tanto – volúmenes 83 – 85 – pagina 106. Icaria editorial. Barcelona.
- Oliveros, F., Rodríguez, M y Megia, M. (1983) Tratado de explotación de ferrocarriles I: planificación, Editorial Rueda. Madrid.
- Wilmsmeier, G. (2007) Infraestructura y servicios de transporte ferroviaria vinculada a las de navegación fluvial en América del Sur. CEPAL Naciones Unidas, División de Recursos Naturales e infraestructura. Santiago de Chile. <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/34014/lcl2737e.pdf>. Consultada el 20 de abril de 2013.
- <http://www.infraestructura.org.co>, actualización enero de 2013, Seguimiento a proyectos de infraestructura.

- <http://www.bu.com.co>, actualización diciembre de 2012, Colombia un País de oportunidades.
- www.caracol.com.co, febrero 14 de 2011, China quiere construir en Colombia un ferrocarril que sea alternativa al Canal de Panamá.
- http://ar.ask.com/web?l=sem&ifr=1&qsrc=999&ad=semA&an=google_s&q=historia%20de%20las%20vias%20ferreas%20en%20alemania&siteid=6445&o=6445&ar_uid=BC3DDE07-7A7D-4D13-A360-0E378A9D6F3A&click_id=EFF2E93F-34A0-4CD4-9EF3-6CFB366A99E1
- <http://www.trendeoccidente.com/historia.php>
- <http://www.viajaentrenporeuropa.com/estaciones-de-europa/alemania/>
- <http://www.drenajevialenalemania.com/estaciones-de-europa/alemania/>
- http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.PRCP.MM/countries?display=map?cid=EXT_BoletinES_W_EXT.
- Grupo de estudios urbano-regionales del Magdalena Medio. Puertos fluviales y marítimos de Colombia. Barrancabermeja 2008 <http://barrancabermeja.blogspot.com/2008/06/puertos-fluviales-y-maritimos-de.html>
- http://books.google.com.co/books?id=1lbK6_RpEmcC&pg=PA106&dq=trenes+de+cercanias&hl=es&sa=X&ei=Dlx5UcTSMYzS9AS4m4C4DQ&ved=0C DIQ6AEwAQ#v=onepage&q=trenes%20de%20cercanias&f=false. Consultada el 20 de abril de 2013.