

2014

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA
COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA IDENTIFICACIÓN DE RUTAS DE
DESVÍO PARA EL TRÁFICO VEHICULAR DURANTE EL PROCESO
CONSTRUCTIVO DE LA SOLUCIÓN VIAL DEL SECTOR DE POSTOBON EN EL
MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**



Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Fisicomecánica

Escuela de Ingeniería Civil

21 de Mayo de 2014

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOMÁTICA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA IDENTIFICACIÓN
DE RUTAS DE DESVÍO PARA EL TRÁFICO VEHICULAR DURANTE EL
PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SOLUCIÓN VIAL DEL SECTOR DE
POSTOBON EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA



**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOMÁTICA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA
IDENTIFICACIÓN DE RUTAS DE DESVÍO PARA EL TRÁFICO
VEHICULAR DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA
SOLUCIÓN VIAL DEL SECTOR DE POSTOBON EN EL
MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**

ALIZ JULIETH CHACÓN ARCHILA



ESCUELA DE
INGENIERIA
Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMEÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2014

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOMÁTICA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA IDENTIFICACIÓN
DE RUTAS DE DESVÍO PARA EL TRÁFICO VEHICULAR DURANTE EL
PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SOLUCIÓN VIAL DEL SECTOR DE
POSTOBON EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA



Informe Final del Trabajo de Grado en la Modalidad de Práctica Empresarial

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOMÁTICA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA IDENTIFICACIÓN
DE RUTAS DE DESVÍO PARA EL TRÁFICO VEHICULAR DURANTE EL
PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SOLUCIÓN VIAL DEL SECTOR DE
POSTOBON EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**



ALIZ JULIETH CHACÓN ARCHILA

Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Msc. YERLY FABIÁN MARTÍNEZ ESTUPIÑAN



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMEÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A mi familia que con su confianza, esfuerzo y sacrificios me ayudaron a salir adelante.

A mi novio Carlos Eduardo, por aguantarme y brindarme todo su apoyo incondicional ayudándome en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mis compañeros que compartieron clases en el transcurso de la carrera, en especial a mi querido amigo Yuseth por compartir y ayudarme tantas veces.

A los profesores que con sus conocimientos y experiencias nos brindaron su sabiduría, en especial a mi director Yerly que con su paciencia me guio por el camino de la movilidad y el transporte.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	11
1.1 PREDISEÑO GEOMÉTRICO.....	13
1.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SOLUCIÓN VIAL SELECCIONADA.....	14
1.1.2 SITUACIÓN ACTUAL.....	14
1.1.3 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	15
1.1.4 CRITERIOS DE DISEÑO	15
1.1.5 PROCESO DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS.....	21
1.2 SEÑALIZACIÓN	15
1.3 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO	225
1.3.1 ETAPA 1.....	266
1.3.2 ETAPA 2.....	277
1.3.3 ETAPA 3.....	288
1.3.4 ETAPA 4A	288
1.3.5 ETAPA 4B.....	289
1.3.6 ETAPA 5B.....	300
1.3.7 PROCESO DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS.....	311
2. APORTE EN EL ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE CARGA DE LA ZONA INDUSTRIAL DE BARRANCABERMEJA; Error! Marcador no definido.	
2.1 CARACTERÍSTICA ACTUAL DEL CORREDOR; Error! Marcador no definido.	2
2.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	34
2.2.1 ALTERNATIVA 1.....	345
2.2.2 ALTERNATIVA 2.....	366
2.2.3 ALTERNATIVA 3.....	366
2.2.4 PROCESO DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS.....	37
3. CONCLUSIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Rutas de transporte público afectadas.....	15
Tabla 2 Calculo de capacidad de la glorieta	16
Tabla 3 Valores para el control de las curvas verticales	17
Tabla 4 Resumen de criterio de diseño Glorieta Cra 33 – cl 60.....	18
Tabla 5 Calculo de capacidad de la glorieta	18
Tabla 6 Resumen de criterio de diseño Glorieta dg 60 – cl 66D.....	18
Tabla 7 Valores de pendiente Longitudinal para rampas de peralte	19
Tabla 8 Distancia de visibilidad de parada en tramos a nivel	19
Tabla 9 Distancia de visibilidad de parada para tramos con pendiente	19
Tabla 10 Resultados del Prediseño Geométrico.....	21
Tabla 11 Resultados PMT durante la hora pico	31
Tabla 12 Proyectos priorizados.....	34
Tabla 13 Alternativa a corto plazo.....	34
Tabla 14 Alternativa a mediano plazo	36
Tabla 15 Alternativa a largo plazo.....	37
Tabla 16 Resultados de la alternativa I y II en 5 años	37
Tabla 17 Resultados de la alternativa II y III del escenario I en 20 años	39
Tabla 18 Resultados de la alternativa II y III del escenario II en 20 años	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Sector en estudio	12
Figura 2 Plano planta de solución vial del sector - Alternativa 13	13
Figura 3 Vista Planta del Prediseño geométrico	20
Figura 4. Glorieta	22
Figura 5. Demarcación zona escolar	23
Figura 6. Intersección semaforizada	23
Figura 7 Semáforo de poste y ménsula larga	24
Figura 8 Etapa 1	26
Figura 9 Etapa 2	27
Figura 10 Etapa 3	28
Figura 11 Etapa 4A	29
Figura 12 Etapa 4B	30
Figura 13 Etapa 5B	30
Figura 14 Corredor de estudio	32

RESUMEN EJECUTIVO DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOMÁTICA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA
IDENTIFICACIÓN DE RUTAS DE DESVÍO PARA EL TRÁFICO
VEHICULAR DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA
SOLUCIÓN VIAL DEL SECTOR DE POSTOBON EN EL MUNICIPIO
DE BARRANCABERMEJA ¹

AUTOR Aliz Julieth Chacón Archila ²

PALABRAS CLAVES Prediseño geométrico, Señalización, Plan de Manejo de
Tráfico, etapas de construcción, Microsimulación.

En el presente documento se da a conocer el proceso que se realizó durante el desarrollo del trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial con el grupo de investigación GEOMÁTICA, gestión y optimización de sistemas, adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, donde se brindó apoyo en el prediseño geométrico, en la propuesta de señalización vial del proyecto, en el plan de manejo de tráfico durante la etapa constructiva y en la modelación de las diferentes alternativas de ejecución y fases de obra, de la solución vial del segundo proyecto estratégico contemplado en el plan de desarrollo municipal- Barrancabermeja Ciudad Futuro 2012 – 2015, que busca optimizar y diseñar el sistema vial del sector de la diagonal 60, y sus intersecciones con la calle 65, 66D y la carrera 34B (postobon); y la calle 61 entre carreras 34B y 33, y carrera 33 entre calles 61 y 60 de la ciudad de Barrancabermeja, identificando en lo posible el impacto que se genera en las horas pico y seleccionando la mejor solución en bienestar de los habitantes del sector y de todo el casco urbano de la ciudad de Barrancabermeja con base en resultados obtenidos por en la modelación.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, **Director:** Msc Yerly Fabián Martínez Estupiñan

ABSTRACT OF THE UNDERGRADUATE PROJECT

- TITLE** PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOMÁTICA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA
IDENTIFICACIÓN DE RUTAS DE DESVÍO PARA EL TRÁFICO
VEHICULAR DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA
SOLUCIÓN VIAL DEL SECTOR DE POSTOBON EN EL MUNICIPIO
DE BARRANCABERMEJA ¹
- AUTHOR** Aliz Julieth Chacón Archila ²
- KEY WORDS** Geometric predesign, signaling, Traffic Management Plan,
construction stages, microsimulation

This document discloses the process that took place during the development of undergraduate work in corporate practice mode with the Geomatics, management and optimization of systems research group, attached to the school of civil engineering at the Industrial University of Santander, giving support for the creation of the road's geometric pre-design, the road signs proposal, the traffic management plan during construction and modeling of different alternatives of implementation and construction phases, to the traffic solution referred to the second strategic project of the municipal development plan - Barrancabermeja Ciudad Futuro 2012 - 2015, which seeks to optimize and design the road system of diagonal 60 sector, and the intersections with calle 65, 66D and carrera 34B (Postobón); and calle 61 between calle 33 and 34B, and carrera 33 between calle 61 and calle 60 of Barrancabermeja city, identifying where possible the generated impact during peak hours and selecting the best solution in welfare of the inhabitants of the sector and all over the urban area of Barrancabermeja based on results obtained in modeling.

¹ Bachelor Thesis

² Faculty of physical-mechanical engineering, School of Civil Engineering, **Project director:**
Msc. Yerly Fabián Martínez Estupiñan

INTRODUCCIÓN

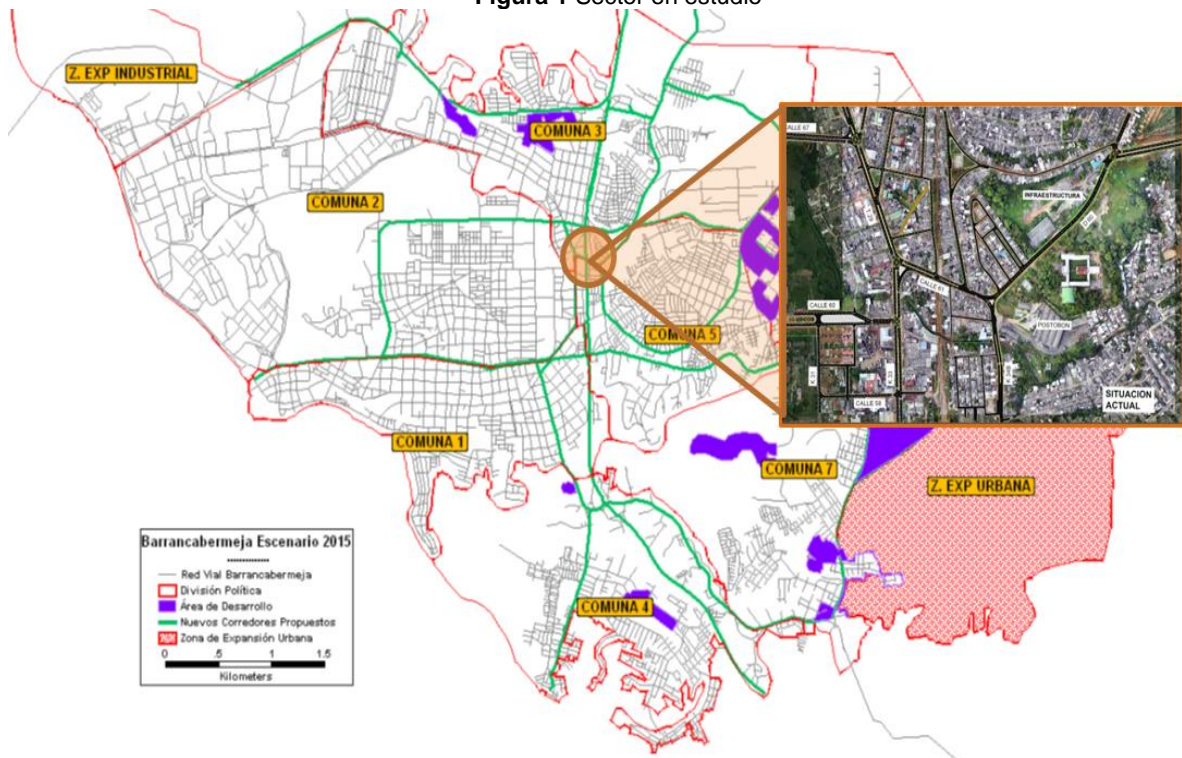
En busca de adquirir habilidades para identificar problemas y plantear soluciones referentes al campo de movilidad y transporte, se realizó una práctica empresarial con el grupo de investigación GEOMÁTICA, Gestión y Optimización de Sistemas, adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, en donde se suscribió el contrato No. 716 de 2012 con el Municipio de Barrancabermeja – Oficina Asesora de Planeación, el cual tiene por objeto la “Elaboración de estudios y diseños de algunos de los proyectos estratégicos y del componente programático contemplados en el plan de desarrollo municipal- Barrancabermeja ciudad futuro 2012 – 2015”, entre ellos el proyecto 2: “Optimización y diseño del sistema vial del sector de la diagonal 60, y sus intersecciones con la calle 65, 66D (sector obras públicas) y la carrera 34B (postobon); y la calle 61 entre carreras 34B y 33, y carrera 33 entre calles 61 y 60.”

Durante la ejecución del proyecto ya nombrado y con la solución vial ya establecida, se plantean diversas etapas de ejecución, entre ellas se encuentra: el prediseño geométrico, la señalización, el Plan de Manejo de Tráfico y la elaboración de escenarios de microsimulación, que permite identificar la magnitud e impacto del proyecto, ubicado en un punto crítico de la ciudad. Este artículo presenta la contribución realizada en cada una de éstas etapas, además de un aporte extra realizado en una propuesta para el mejoramiento de un corredor carga de la misma ciudad.

1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Barrancabermeja, departamento de Santander- específicamente entre las comunas 1 y 5 de la ciudad, comprendido por la diagonal 60 y sus intersecciones con la calle 65, 66D (sector obras públicas) y la carrera 34B (Postobon); y la calle 61 entre carreras 34B y 33, y carrera 33 entre calles 61 y 60, como se observa en la Figura 1. (Ver Anexo 1)

Figura 1 Sector en estudio



Fuente: Elaboración propia en base del Informe BCF_SF-DG60_ETT - Geomática

Antes de iniciar la práctica, el grupo de investigación formaron cuadrillas para recoger información, como registro fotográfico aéreo y de campo, para identificar características geométricas de las intersecciones y los corredores del sector de estudio, observando el número de calzadas, el ancho de los carriles, el número de accesos por intersección, los sentidos viales, la infraestructura vial destinada para peatones, ciclistas y usuarios del sistema de transporte público colectivo; además de la señalización vial presente en el sector, las actividades económicas a las cuales están destinadas los predios próximos a los corredores viales, la localización de las redes de servicio público y los principales movimientos vehiculares y peatonales a lo largo del día. Una vez realizaron el registro fotográfico procedieron a realizar el levantamiento topográfico, visitas de campo para determinar puntos de conteo y puntos de muestreo, aforos peatonales y vehiculares en los puntos seleccionados identificando las horas pico, toma de velocidades y realización de apiques en puntos seleccionados.

Durante el planteamiento de soluciones se determinaron una serie de alternativas como solución vial, obteniendo finalmente la alternativa 13 como se observa en la figura 2.

Figura 2 Plano planta de solución vial del sector - Alternativa 13



Fuente: Equipo Arquitectónico UIS

1.1. PREDISEÑO GEOMÉTRICO

Debido a los problemas de movilidad causados en la ciudad de Barrancabermeja por la falta de construcción de nuevas infraestructuras viales y un crecimiento del parque automotor; calculado para el año 2009 de 56.108 vehículos matriculados, es decir por cada 100 personas hay una tasa de motorización de 33 vehículos, además de un incremento en comparación al 2008 de 9.6%. Por esta razón, es fundamental la necesidad de invertir en nuevos proyectos de infraestructura vial tales como intercambiadores viales, ampliación de corredores existentes, implementación de glorietas, etc., para que de ésta manera se pueda amortiguar la creciente demanda de transporte.

Por tal razón, la administración municipal entabla el contrato del presente proyecto con la UIS., con el fin de plantear y diseñar una solución vial que no impacte urbanísticamente el sector, que exista un mejoramiento de la movilidad vehicular descongestionando el tráfico actual y el que se pueda generar en un futuro que garantice seguridad, minimizando la accidentalidad, y brindando comodidad a los peatones, además de tener presente el factor económico. El grupo de ingenieros junto con los representantes del municipio de Barrancabermeja seleccionaron la alternativa 13. Es a esta solución que se le realiza el diseño geométrico preliminar.

1.1.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SOLUCIÓN VIAL SELECCIONADA

La alternativa cuenta con una glorieta en la intersección de la calle 60 con carrera 33 de tres carriles de circulación y con un radio interno de 30 metros, en la carrera 34B con diagonal 60 (Sector de Postobon) una intersección semaforizada tipo T, también se presenta un eje vial que conecta la calle 60 con la diagonal 60, mediante una vía de doble calzada con 3 carriles de circulación por sentido, una glorieta planteada en la intersección de la diagonal 60 con calle 66D (sector de Obras Públicas) con tres carriles de circulación y un radio interno de 23 metros, y la calle 61 reducida a dos calzadas con un carril por sentido.

A continuación se presenta de forma preliminar un resumen de los criterios de diseño que tubo presente el diseñador geométrico basado en el Manual para el diseño geométrico de carreteras 2008 y el libro Cálculo y diseño de glorietas, German Arboleda Vélez.

En primer lugar se recopiló la información acerca de los criterios de diseño que se tuvieron en cuenta, se realizó el informe de prediseño BCF_SV_DG60_DG y se adiciono los anexos de los reportes que arrojó el software AutoCAD Civil 3D para materializar el proyecto en campo, con la información recolectada por aforos, se realizó la matriz origen-destino, que posteriormente y con ayuda de otros datos, ha sido incluida en el software de microsimulación adquirido por el grupo llamado Transmodeler 2.6 (software que sirve para simular desde grandes vías como autopistas hasta las calles locales más congestionadas con geometrías poco comunes o muy complejas, analizando en detalle, el comportamiento del tráfico y la operación semaforica, y, evaluando los impactos de tránsito a futuro en diversos escenarios), se elabora un modelo de la situación actual para observar la movilidad en el sector de estudio, se simulo la alternativa seleccionada y se compararon los resultados validando la propuesta seleccionada.

1.1.2. SITUACIÓN ACTUAL

Con los datos recopilados de los aforos, se realizó la matriz Origen-destino, que es una tabla que indica cuantos automotores hay en diferentes rutas, en donde se observa desde cual punto inicia cada recorrido (Origen) hasta donde se dirigen (Destino), dependiendo del tipo de vehículos (Autos, Buses, Camiones y Motos). La elaboración de ésta Matriz fue una contribución que se hizo al Grupo debido a que no existía un método para realizarla: “Manual para la elaboración de matrices Origen-destino”

Por otro parte, se realizó un inventario de rutas de transporte público que transitan por la zona, como se observa en la tabla 1, información obtenida por el plan maestro de movilidad y que seguidamente se incluye en el simulador Transmodeler.

Tabla 1 Rutas de transporte público afectadas

RUTA	EMPRESA
06	Transportes San Silvestre
16	Transportes San Silvestre
17	Transportes San Silvestre
24	Transportes San Silvestre
28	Transportes San Silvestre
02	Transporte cochoferes
05	Transporte cochoferes
06	Transporte cochoferes
07	Transporte cochoferes
08	Transporte cochoferes
09	Transporte cochoferes

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Maestro de Movilidad

1.1.3. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros que el diseñador geométrico tuvo presente para el prediseño del presente proyecto son los siguientes:

Vehículo de diseño

Teniendo presente que es un corredor principal de vehículos de carga pesada, el vehículo de diseño es el tractocamión de tres (3) ejes con semirremolque de dos (2) ejes (3S2).

Velocidad de diseño

Debido a que las características que se presentan en el proyecto son dos intersecciones a nivel tipo glorieta y una semaforizada, la pendiente longitudinal es de 8% y hay una distancia entre intersección tipo glorieta y semaforizada de 180 metros, la velocidad de operación en la vía es de alrededor de 30 Km/h.

Clasificación de la vía

De acuerdo al plan de ordenamiento Territorial de Barrancabermeja, el corredor pertenece a una vía urbana complementaria.

1.1.4. CRITERIOS DE DISEÑO

Glorieta carrera 33 con calle 60 (Ver figura 3)

De acuerdo al libro de German Arboleda Vélez, si el diámetro de la isla central está entre 4 y 24 metros se considera una glorieta pequeña, y si es superior a 25 metros y además contiene más de tres accesos, se considera una glorieta convencional.

Con respecto al tema de la velocidad de diseño para una glorieta, teóricamente los vehículos que la transitan lo deben hacer con una velocidad uniforme, por

tal motivo, los elementos del proyecto se deben ajustar para que lo garantice. Experimentalmente, la velocidad oscila entre 25 y 40 Km/h para obtener un funcionamiento efectivo, además que los conductores deben obedecer la señal Ceda el paso que se encuentra en los accesos de cada una, de manera que la velocidad no alcanza ni los 50Km/h, por lo que no se justifica que se diseñe con velocidades superiores. Es por este motivo que la velocidad de diseño seleccionada fue de 30Km/h.

Por otro lado, la longitud de las zonas de entrecruzamiento, es la distancia que va desde un extremo hasta el otro extremo de las isletas canalizadoras en cada entrecruzamiento. Esta longitud y el ancho de entrecruzamiento son los que definen la capacidad del tramo y la maniobra para los vehículos. La longitud de entrecruzamiento utilizada está alrededor de 44metros

El ancho de calzada de glorieta, es el ancho mínimo de las zonas de entrecruzamiento que usualmente son los mismos, que junto con la longitud de entrecruzamiento se puede determinar la capacidad. La calzada de la glorieta varía en la zona de entrecruzamiento debido a que esta combinado. También las calzadas solo presentan un solo sentido de circulación. El ancho de calzada que se utilizo fue de 12 metros.

La capacidad práctica Q_p , de cada sección de entrecruzamiento entre entradas de una glorieta se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_p = \frac{160 W(1 + \frac{e}{W})}{1 + \frac{W}{L}}$$

Dónde:

W: Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros

e: Ancho promedio de entradas a la sección de entrecruzamiento

L: Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

En la siguiente tabla se presenta la capacidad que el diseñador calculó de cada sección.

Tabla 2 Calculo de capacidad de la glorieta

Tramo	Longitud de entrecruzamiento, L (m)	Ancho sección entrecruzamiento, W (m)	e_1 (m)	e_2 (m)	e (m)	Capacidad, Q_p (Veh/h)
Norte-Oeste	39.57	12	7	10	8.5	2517
Oeste-Sur	43.17	12	7	10	8.5	2567
Sur-Este	42.12	12	7	10	8.5	2553
Este-Norte	44.35	12	10.5	10	10.25	2802

Fuente: Informe BCF_SV_DG60_DG Geomática

También, la isleta central, depende de la velocidad de proyecto de la glorieta, el número y ubicación de los accesos además de las longitudes de

entrecruzamiento que se necesita, se diseña como un círculo, ocupando un área mínima, en su perímetro; conectando los caminos a un solo sentido de circulación de entrada y salida controlando las distancias mínimas de entrecruzamiento y garantizando la misma velocidad en todos los tramos. Para éste proyecto el radio es de 30metros.

Para una excelente operación en la glorieta, el entrar, se debe ingresar con una velocidad aproximada a la de tránsito de la glorieta. Debe tener un radio de entrada entre 25 y 35 metros, por lo que para éste proyecto se utilizó 30. Para salir de la glorieta, se debe mantener la misma velocidad de la glorieta. Para éste proyecto, el radio de salida es de 40metros.

Otros factores importantes que se tuvieron en cuenta es la pendiente transversal de la calzada de la glorieta (Es la relación entre radio y velocidad) que para el proyecto se utilizó una pendientes hacia la isla de -3% y hacia el exterior de -1% (facilidad en los empalmes con los accesos) y la pendiente longitudinal (ésta pendiente se debe mantener en lo posible que sean planas para evitar maniobras de reducción de velocidad en la glorieta, se recomienda que no se exceda de 3%, para este proyecto se utilizó del 2%).

Finalmente para terminar el prediseño de la glorieta se debe realizar controles de curvas verticales que se basan según la seguridad y operación. En la siguiente tabla se observa los valores de k mínimos que dependen de la velocidad de diseño.

Tabla 3 Valores para el control de las curvas verticales

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{cv} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K_{min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 ⁽¹⁾
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 ⁽¹⁾
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Fuente: Manual para el diseño geométrico de carreteras 2008 pág. 142.

Para éste proyecto se utilizó para curva cóncava $K = 10$ y convexa $K = 15$.

Tabla 4 Resumen de criterio de diseño Glorieta Cra 33 – cl 60

Tipo de Glorieta	Convencional
Velocidad de diseño	30Km/h
Radio Isleta central	30m
Long. zonas entrecruzamiento	44m
Ancho de calzada	12m
Radio mínimo de entrada	30m
Radio mínimo de salida	40m
Pendiente longitudinal mínima	2%
Curva vertical	Cóncava K=10 y Convexa K=15

Fuente: Elaboración propia con base del informe BCF_SV_DG60_DG

Glorieta diagonal 60 con calle 66D (Ver figura 3)

Tabla 5 Calculo de capacidad de la glorieta

Tramo	Longitud de entrecruzamiento, L (m)	Ancho sección entrecruzamiento, W (m)	e_1 (m)	e_2 (m)	e (m)	Capacidad, Qp (Veh/h)	Capacidad de diseño 0,85Qp
Norte-Oeste	36	12	7	10	8.5	2460	2091
Sur-Este	45	12	10.5	10	10.25	2811	2389
Este-Norte	34	12	7	10	8.5	2424	2061

Fuente: Informe BCF_SV_DG60_DG Geomática

Tabla 6 Resumen de criterio de diseño Glorieta dg 60 – cl 66D

Tipo de Glorieta	Convencional
Velocidad de diseño	30Km/h
Radio Isleta central	23m
Long. zonas entrecruzamiento	34 y 45m
Ancho de calzada	12m
Entrada	25m con 43°
Salida	40m con 47°
Pendiente longitudinal	1%
Curva vertical	Cóncava K=18 y Convexa K=27

Fuente: Elaboración propia con base del informe BCF_SV_DG60_DG

Corredor de la calle 60–Diagonal 60 (Ver figura 3)

El primer criterio de diseño del corredor es la velocidad de diseño, que para este proyecto es de 30Km/h, también se presenta el bombeo de 2% y la transición del peralte (diferencia entre inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma) del 4%.

Tabla 7 Valores de pendiente Longitudinal para rampas de peralte

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Fuente: Manual para el diseño geométrico de carreteras 2008 pág. 110.

Por otro lado, en el diseño se debe garantizar la distancia de visibilidad, que sirve para adelantar a un vehículo de manera segura a lo largo del corredor. Se usa únicamente la visibilidad de parada (Es la suma de la distancia necesaria que se requiere para detectar un obstáculo y la distancia recorrida mientras se frena) (tablas 8 y 9), la visibilidad de adelantamiento (Distancia necesaria para adelantar a un vehículo que transita en el mismo carril) no se aplica debido a que es una doble calzada con tres carriles y separador.

Tabla 8 Distancia de visibilidad de parada en tramos a nivel

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_e (km/h)	DISTANCIA PERCEPCIÓN- REACCIÓN (m)	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
			CALCULADA (m)	REDONDEADA (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Fuente: Manual para el diseño geométrico de carreteras 2008 pág. 60.

Tabla 9 Distancia de visibilidad de parada para tramos con pendiente

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_e (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D_p					
	DESCENSO			ASCENSO		
	- 3%	- 6%	- 9%	+ 3%	+ 6%	+ 9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

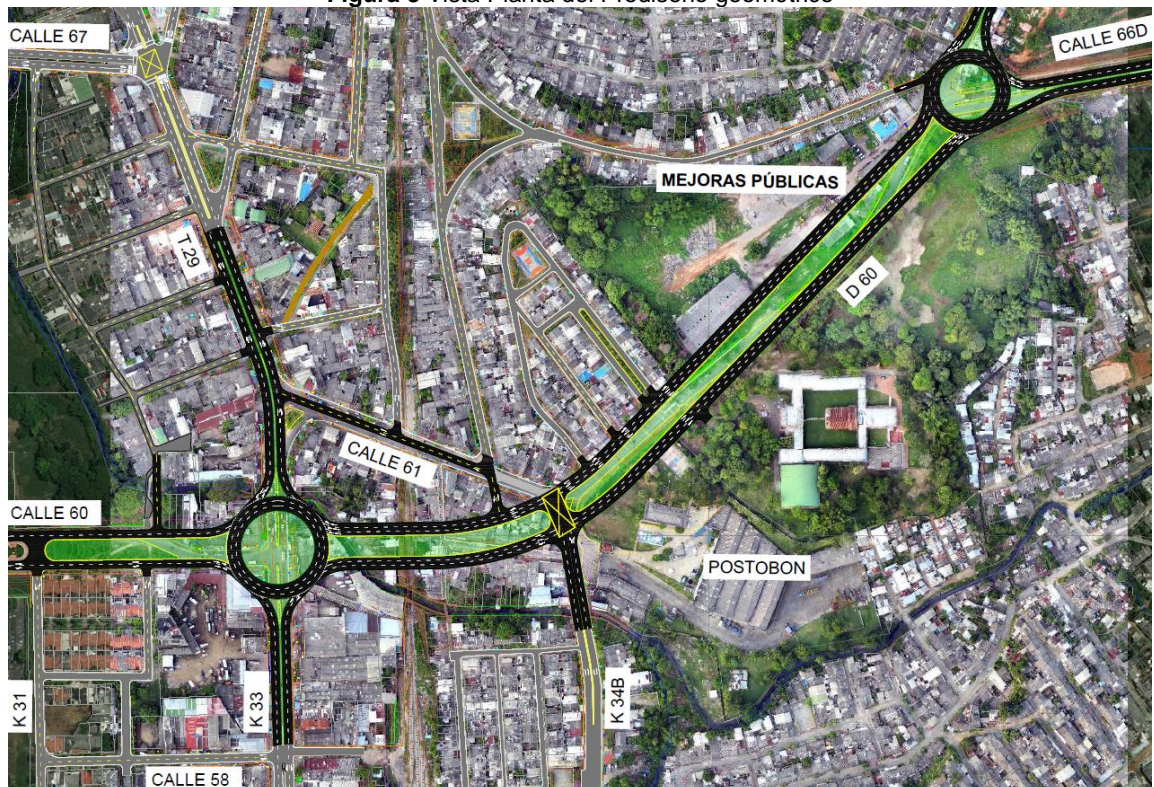
Fuente: Manual para el diseño geométrico de carreteras 2008 pág. 60.

Con respecto a la sección transversal, la calle 60 entre carrera 31 y 33 presenta dos calzadas con dos carriles de 3.5 metros por sentido y la calle 60 – Diagonal 60 entre carrera 33 y calle 66D (Mejoras públicas) presenta dos calzadas con tres carriles de 3.5 metros por sentido. En el Anexo 2 se puede apreciar las secciones transversales del corredor.

En cuanto a la pendiente longitudinal, el manual de diseño recomienda una pendiente mínima de 0,3% para terrenos planos y 0,5% para los demás terrenos, con el fin de garantizar el escurrimiento de agua lluvia sobre la superficie del pavimento. Para este proyecto se trabajó con una pendiente mínima de 0,5% y máxima de 8,2%.

Finalmente en curvas verticales, se sigue el criterio de seguridad (Longitud mínima de la curva vertical a lo largo de la trayectoria, se recomienda ser mayor a la visibilidad de parada), criterio de operación (Longitud mínima de la curva vertical que evita que el usuario sienta un cambio súbito de pendiente se aplica la siguiente formula: $L_{min} = 0.6 \times V_{cv}$) y criterio de drenaje (Longitud máxima de la curva vertical que evita una tenencia plana en la trayectoria y se dificulte el drenado). Para el proyecto se presenta para curvas cóncava, una $K=6,6$ y para convexa $K=7,1$.

Figura 3 Vista Planta del Prediseño geométrico



Fuente: Elaborado por el Ingeniero geométrico

1.1.5. PROCESO DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS

Teniendo como base el pre-diseño geométrico, se procede a simular su desempeño en cuatro escenarios: con el volumen vehicular actual y el volumen vehicular proyectado a 5, 10 y 20 años, con el fin de observar y analizar anticipadamente, el comportamiento que se presenta en cada escenario durante la hora pico y la situación más crítica del corredor. Los resultados de dichas simulaciones se presentan como niveles de servicio (Siendo A “Excelente”, B “Muy Bueno”, C “Bueno”, D “Aceptable”, E “Capacidad límite de la vía” y F “Malo”) y las velocidades promedio de operación (*Km/hora*) en los corredores involucrados del sector en estudio.

Tabla 10 Resultados del Prediseño Geométrico

RUTA	SECTOR	SITUACIÓN ACTUAL		PROYECTO FINAL		5 AÑOS		10 AÑOS		20 AÑOS	
		V (Kph)	NDS	V (Kph)	NDS	V (Kph)	NDS	V (Kph)	NDS	V (Kph)	NDS
1	Calle 60 - Diagonal 60 (W - E)	3,5	F	21,6	D	20,8	E	20,8	E	20,4	E
2	Calle 60 - Diagonal 60 (E - W)	13,2	F	21,2	D	19,5	E	19,7	E	18,9	E
3	Carrera 33 (S - N)	16,6	F	23,5	D	22,4	D	21,7	D	21,7	D
4	Carrera 33 (N - S)	2,2	F	18	E	14,5	F	11,7	F	6,2	F
5	Carrera 33 - Diagonal 60 (N - E)	2,1	F	18,8	E	15,9	E	13,6	F	8,1	F
6	Diagonal 60- Carrera 33 (E - N)	14,5	F	22,5	D	20,9	E	20,7	E	20,3	E
7	Carrera 33 - Diagonal 60 (S - E)	4,2	F	23,5	D	22,6	D	22,5	D	22,2	D
8	Carrera 34b - Calle 60 (S - W)	2,7	F	17	E	15,6	F	15,4	F	14,9	F
9	Calle 67 - Diagonal 60 (W - E)	3,2	F	19	E	15,7	F	13,8	F	9,4	F
10	Diagonal 60 - Calle 67 (E - W)	13,3	F	20,3	E	18,9	E	19,2	E	18,2	E
11	Diagonal 60 - Carrera 33 (E - S)	13,6	F	22,2	D	19,9	E	19,9	E	19,1	E
12	Calle 60 - Carrera 34b (W - S)	5,2	F	21,9	D	21,2	D	21	D	20,5	E
13	Calle 60 - Carrera 34a (W - N)	5,9	F	22,5	D	21,6	D	21,7	D	21,3	D
14	Carrera 34a - Calle 60 (N - W)	10,8	F	22,2	D	20,7	E	21,2	D	19,8	E
	PROMEDIO	7,93	--	21,01	165%	19,30	143%	18,78	137%	17,21	117%

Fuente: Elaboración propia

De los resultados anteriores, se puede observar que la situación actual presenta una velocidad de operación de $7,94 \text{ km/h}$ y un nivel de servicio F, confirmando el alto nivel de congestión que presenta el sector en la hora más crítica del día. El modelo del proyecto final, con un volumen vehicular igual al de la situación actual presenta una velocidad de $21,01 \text{ km/h}$ superando al actual en un 165%. Con respecto a las proyecciones, se observa que para una proyección de 5, 10 y 20 años, la velocidad de operación es de $19,3 \text{ km/h}$, $18,78 \text{ km/h}$ y $17,21 \text{ km/h}$ respectivamente.

Finalmente se concluye, que el modelo garantiza en 20 años un nivel de servicio E, solucionando en gran medida la congestión que se presenta en el sector.

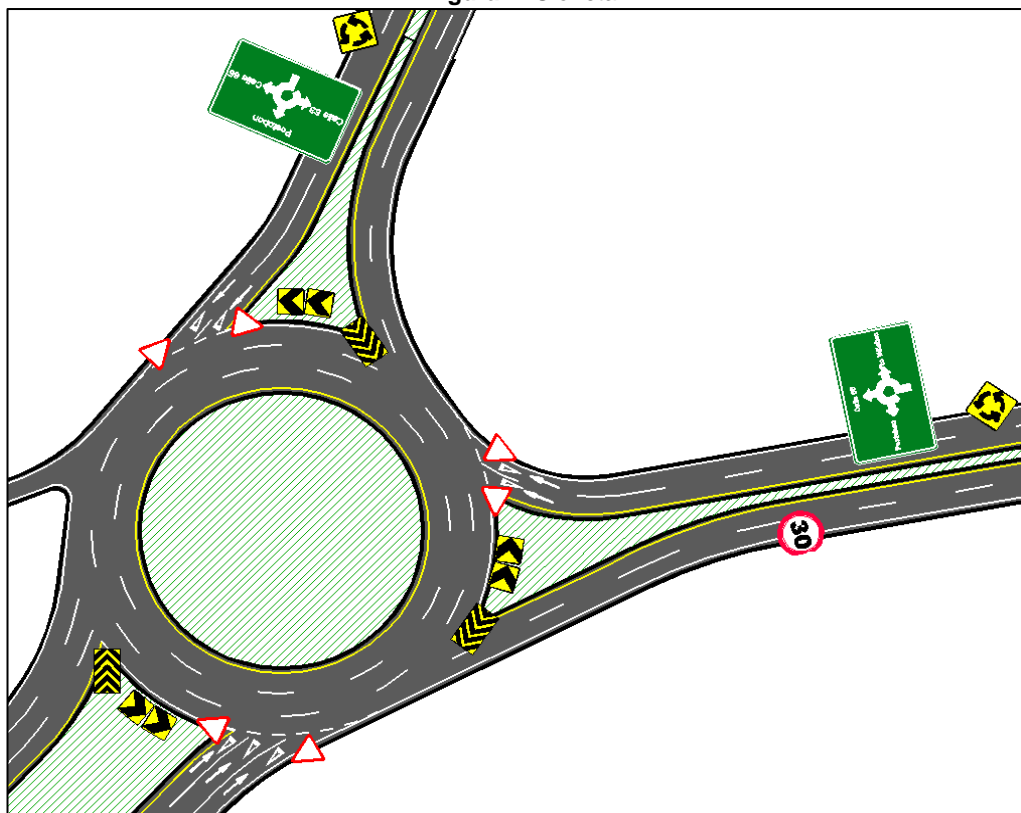
1.2. SEÑALIZACIÓN

En esta etapa se presenta de forma preliminar la señalización, sus clases y los dispositivos que se implementaran una vez el proyecto de construcción haya concluido, esto con el fin de mejorar la movilidad en el sector, informar al usuario de la vía cómo debe actuar, qué medidas debe tener presentes, para evitar accidentes de tránsito de todo tipo y brindar seguridad a los habitantes de la zona.

En primer lugar se realizó una evaluación del prediseño geométrico indicando los puntos críticos tales como las intersecciones, siguiendo con una revisión minuciosa del manual de señalización vial, identificando las posibles señales a implementar, se ubicó las señales seleccionadas y se modeló (únicamente las señales de Pare y ceda el paso) en el software de microsimulación Transmodeler, observando la movilidad en la vía una vez ya esté construida, y finalmente se presentó la propuesta al grupo de Ingenieros donde se hicieron las observaciones pertinentes y se realizaron la correcciones requeridas.

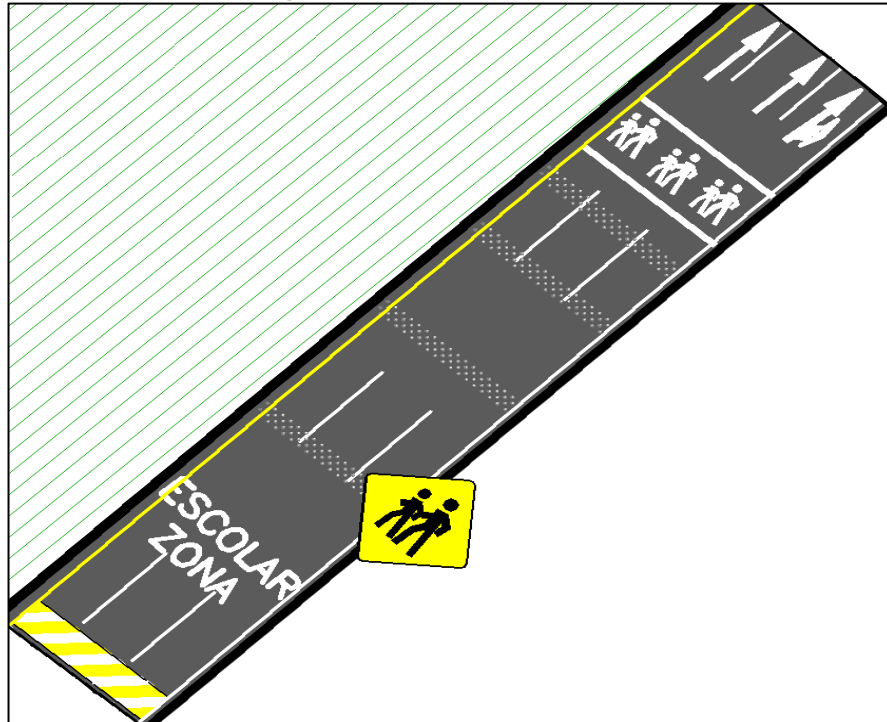
Como se observó en la figura 3, se identificó los puntos críticos del proyecto, que consta de dos glorietas, una intersección semaforizada y una doble calzada de tres carriles por sentido, cruzando por una zona escolar cuya señalización indicada por el manual, se ilustra en las figuras 4, 5 y 6.

Figura 4. Glorieta



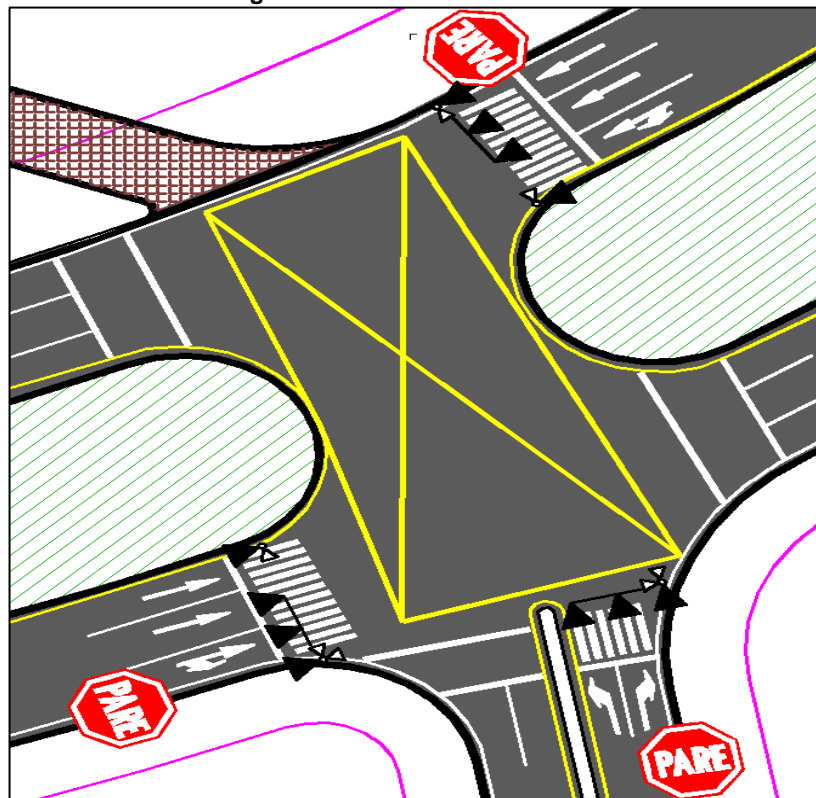
Fuente: Elaboración propia en base al manual de Señalización vial

Figura 5. Demarcación zona escolar



Fuente: Elaboración propia en base al manual de Señalización vial

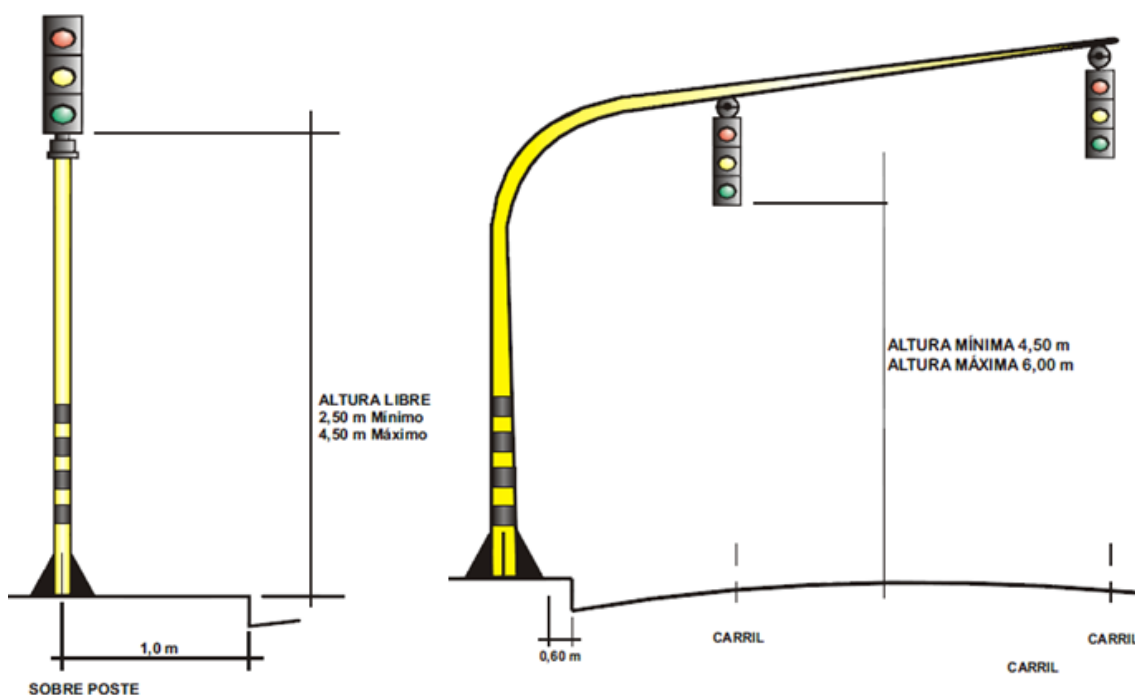
Figura 6. Intersección semaforizada



Fuente: Elaboración propia en base al manual de Señalización vial

Una vez determinados los puntos críticos, se identifica zonas de prohibición, límites de velocidad, pares, etc., establecidas por la Inspección de Tránsito y Transporte de Barrancabermeja. Se ubican las señales horizontales (línea central, línea de borde, línea de carril, línea y demarcación de pare, línea y demarcación de ceda el paso, línea antibloqueo, flechas en el pavimento, demarcación de paso peatonal y cebras y demarcación de zona escolar), señales verticales (señales preventivas como Glorieta, zona escolar, cruce a nivel con el ferrocarril y barrera, señales reglamentarias como Pare, Ceda el paso, prohibido girar en U, circulación Prohibida de vehículos de carga, prohibido parquear, velocidad máxima, sentido único de circulación y sentido de circulación doble, señales informativas como croquis y nomenclatura urbana, y algunas señales elevadas) y otros dispositivos de regulación de tránsito (Delineador de curva horizontal y delineador de obstáculo) en los sitios correspondientes y se prosigue con la ubicación de semáforos seleccionando si es vehicular o peatonal, y si está soportado en ménsulas largas o sobre postes como se observa en la siguiente figura.

Figura 7 Semáforo de poste y ménsula larga



Fuente: Manual de Señalización vial 2004

Al final de ésta etapa, se arreglan los detalles de cada señal y se realiza el informe correspondiente para la evaluación del grupo. En el Anexo 3 se observa el resultado definitivo de la señalización del presente proyecto.

1.3. PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO

El proceso constructivo de cualquier proyecto vial, es un factor adicional al problema de movilidad que se presenta en una ciudad, de tal manera que para evitar mayores impactos, se diseña un plan de manejo de tráfico (PMT). Para el diseño del PMT se basó en los siguientes documentos:

- Ley 769 de 2002 -Código Nacional de Tránsito Terrestre.
- Resolución 1050 de 2004. Manual de Señalización, Dispositivos para la regulación del tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas de Colombia. Ministerio de Transporte.
- Manual de planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte.
- Manual para el Manejo del Tránsito por Obras Civiles en Zonas Urbanas de la STT.

En esta etapa se presentará de forma preliminar el PMT; un método que se propone para la disminución del impacto vehicular durante la fase de construcción de una obra como consecuencia de cierres y desvíos, señalizando la zona del proyecto mínimo quince días antes la construcción de la obra, de tal manera que la comunidad se familiarice y se pueda convocar a reuniones con los posibles afectados (residentes de la zona, transportadores y comerciantes), informando las posibles vías alternas y los senderos para los peatones, la accesibilidad a las residencias afectadas por la obra e indicando las zonas de parqueo a aquellas casas que tienen vehículos. También se distribuye volantes y se publica en el periódico de mayor circulación ilustrando las etapas del proyecto, se garantiza las debidas medidas de seguridad, estableciendo zonas de cargue y descargue de materiales, entrada y salida de vehículos de carga, rutas claras para el arrojamiento de escombros, optimización de dispositivos de control y apoyo de la Inspección de Tránsito y Transporte de Barrancabermeja y la Policía de Tránsito para evitar el parqueo en zonas prohibidas que afecten la movilidad del sector.

En primer lugar, con la información recolectada por el modelo de la situación actual, se plantea unas etapas de construcción dependiendo de las prioridades y características que comprenden cada uno de los tramos del proyecto, se modeló cada etapa y los posibles desvíos vehiculares con ayuda del software, realizando un análisis de resultados y finalmente se presentó la propuesta al grupo de Ingenieros donde se hicieron las observaciones pertinentes y se realizaron la correcciones requeridas.

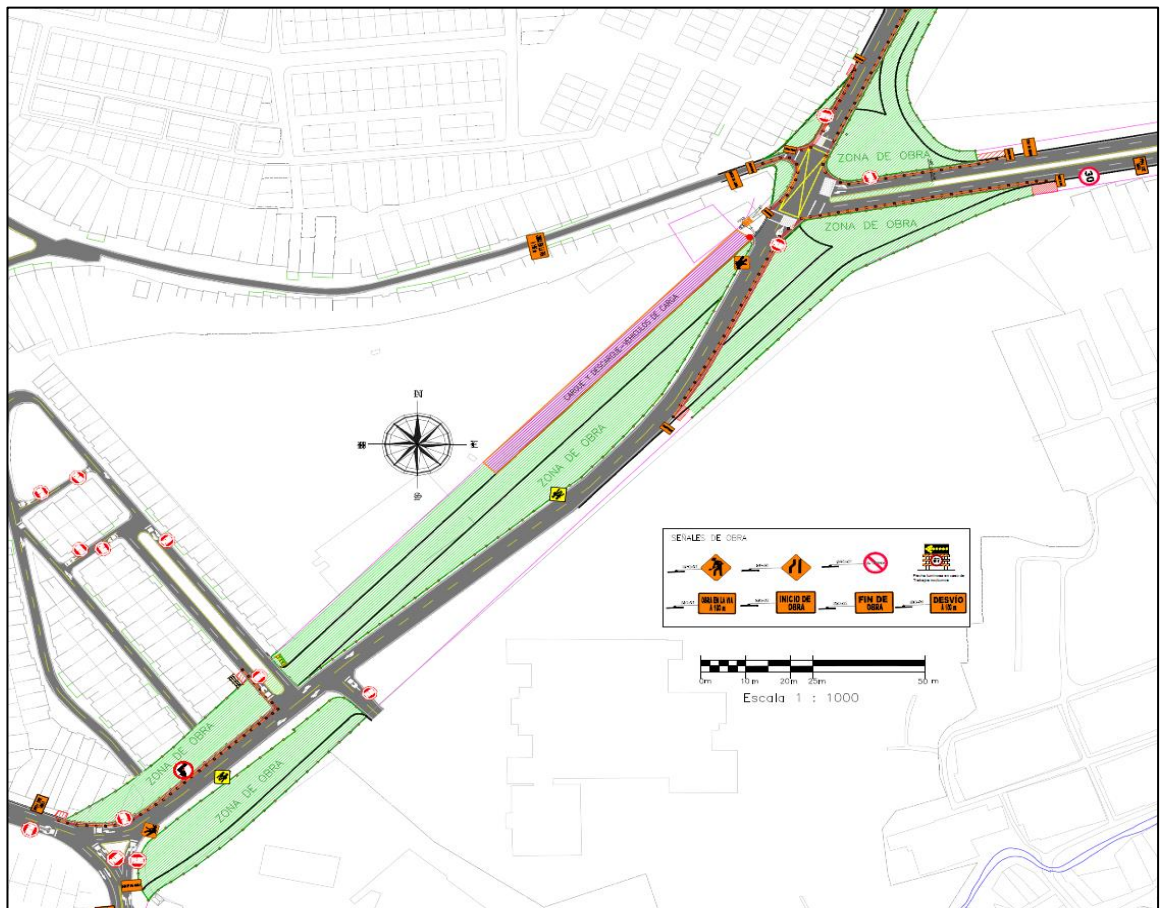
Para éste proyecto, y pensando en el impacto vehicular, se plantea dos escenarios: uno con 4 etapas y el otro con 5 etapas, según el avance de la construcción.

1.3.1. ETAPA 1

La primera etapa se plantea igual para los dos escenarios. Se inicia con la demolición de las esquinas de la intersección de la diagonal 60 con calle 66D, de tal forma que se empiece la construcción de una parte de la glorieta que se realizará en este punto, éste proceso no afectaría el flujo vehicular.

Al mismo tiempo, se realizará la demolición del costado izquierdo de la diagonal 60 SW-NE, y partes del costado derecho, iniciando desde la esquina de postobon hasta la entrada del colegio seminario y desde 200 metros después del seminario hasta la esquina de la intersección de la diagonal 15 con calle 66D, de tal forma que se empiece la construcción de una calzada con tres carriles en estos tramos. Éste proceso tampoco afectará el flujo vehicular. Se recomienda optimizar los tiempos semaforizados En el Anexo 4, se aprecia al detalle ésta etapa.

Figura 8 Etapa 1



Fuente: Elaboración propia

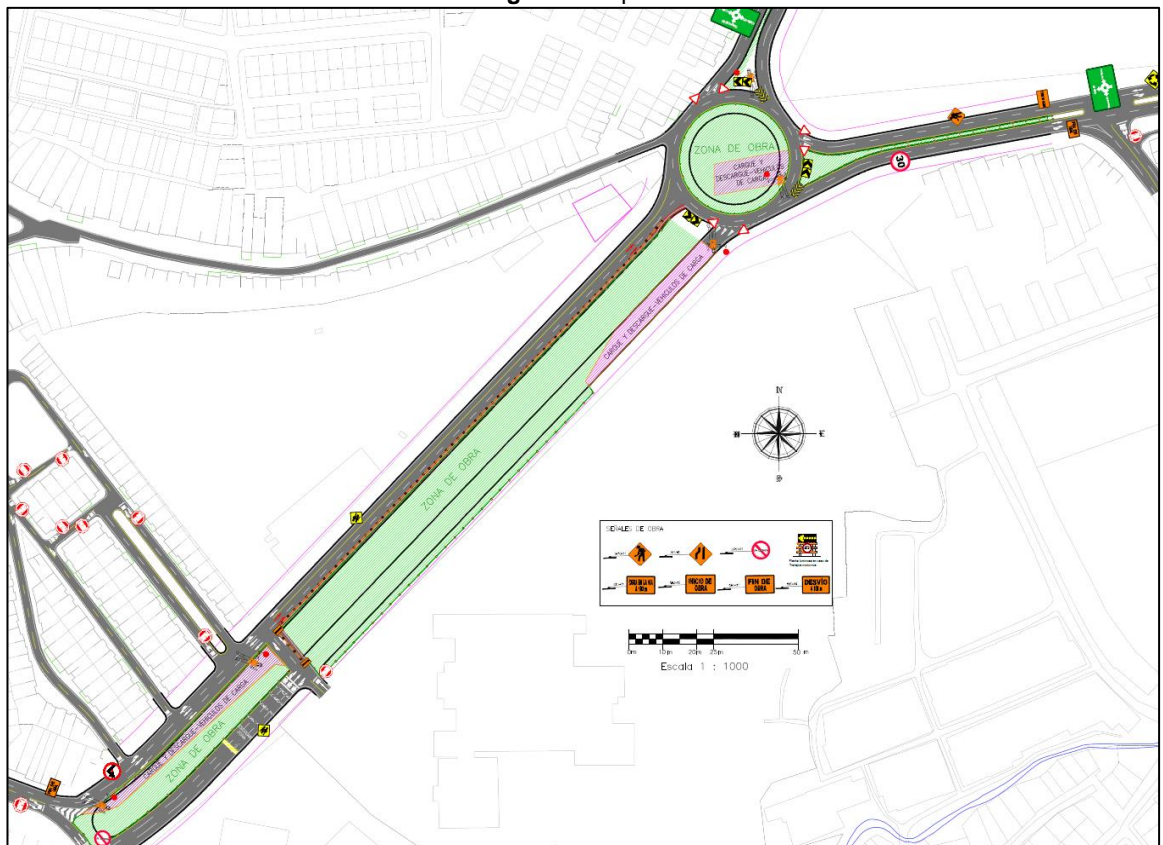
1.3.2. ETAPA 2

Ésta etapa es igual para los dos escenarios. Se plantea habilitar dos carriles de la glorieta de la diagonal 60 con calle 65 y se interviene el tercer carril así como la isla de la glorieta, sin afectar el flujo vehicular.

Además, se cierra la vía existente de la diagonal 60 y se habilita la calzada construida en la etapa anterior únicamente un carril por sentido, permitiendo al tercer carril, que cumpla como refuerzo en horas pico, para el sentido más crítico. Al mismo tiempo, se adecua la vía cerrada para iniciar la construcción de una calzada con tres carriles en sentido NE-SW

A su vez, se adecuará un retorno en la entrada del seminario para regular el tráfico y se implementará un semáforo que ayude a controlar el flujo vehicular, en la intersección de la carrera 34B con Diagonal 60. Se recomienda optimizar los tiempos semaforizados. En el Anexo 4, se aprecia al detalle ésta etapa.

Figura 9 Etapa 2



Fuente: Elaboración propia

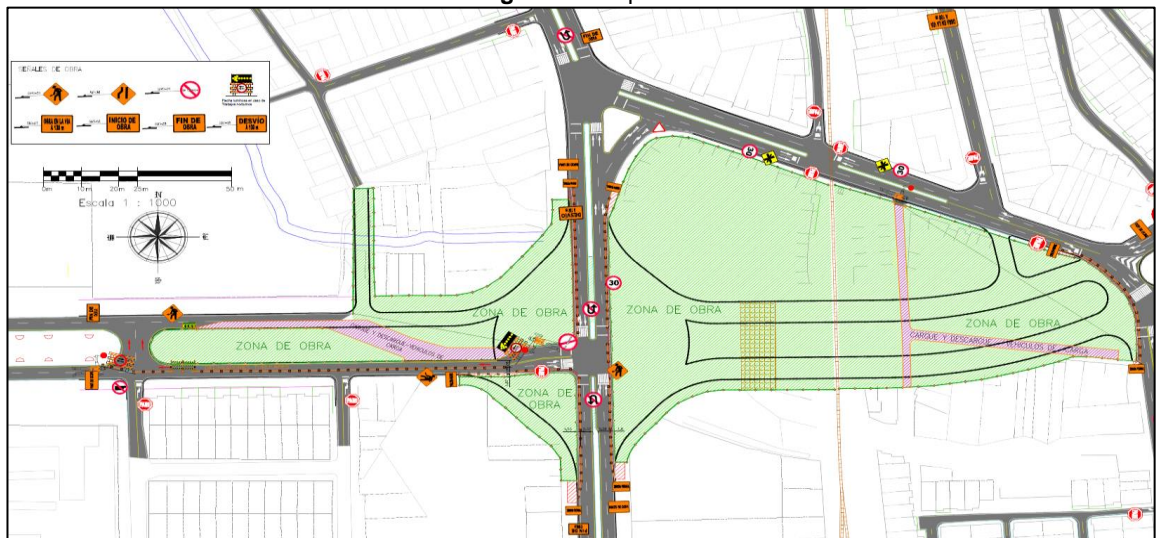
1.3.3. ETAPA 3.

Ésta etapa es igual para los dos escenarios. Se plantea habilitar la calzada construida en la etapa anterior, para un total de dos calzadas con tres carriles cada una, manteniendo a su vez el retorno en la entrada del seminario.

Por otro lado se adecúa la sección de la calle 60 entre la carrera 31 y 33, en donde se cerrará la calzada Este-Oeste para su intervención, restringiendo el tramo Oeste-Este a un solo carril y habilitando el otro carril de ésta calzada a un contraflujo Este-Oeste.

Al mismo tiempo, se inicia con la demolición de las del sector comprendido entre la calle 60 y 61 entre las carreras 33 y 34B, de tal manera que inicie la construcción de una parte de la glorieta que se realizará en la intersección de la calle 60 con carrera 33, así como la doble calzada con tres carriles en ese sector, construyendo el respectivo puente que se necesita en la zona y el parque que se tiene planteado. Se recomienda optimizar los tiempos semaforizados. En el Anexo 4, se aprecia al detalle ésta etapa.

Figura 10 Etapa 3



Fuente: Elaboración propia

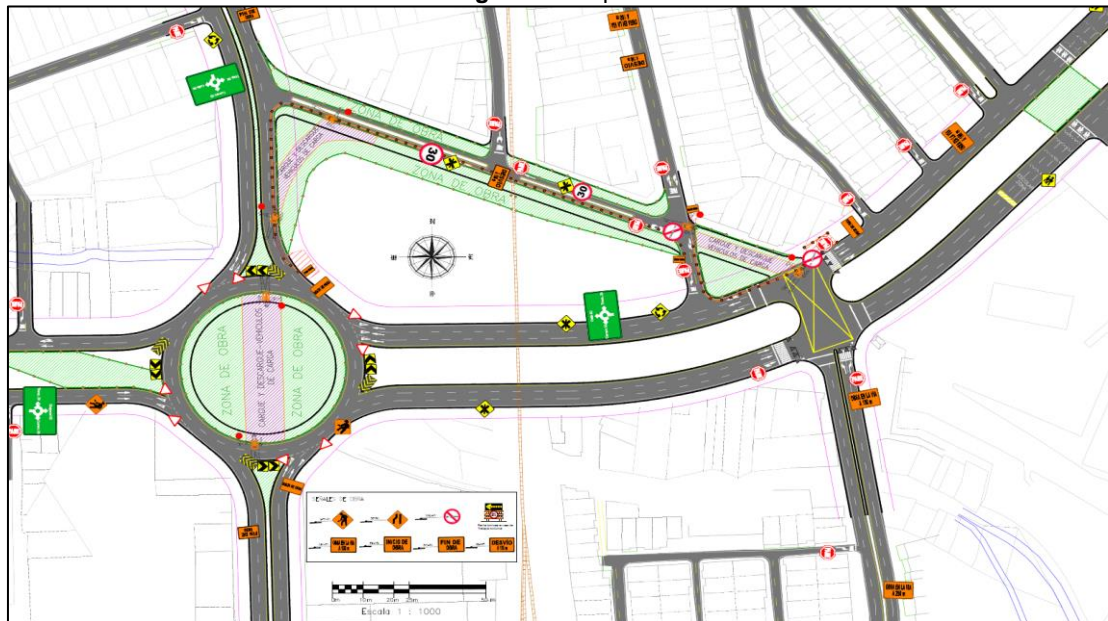
1.3.4. ETAPA 4A

Ésta etapa pertenece al escenario A, que se ejecutará siempre y cuando el puente ubicado en la carrera 33 entre calle 60 y 61 tenga las características requeridas por parte de los ingenieros estructurales para su óptimo funcionamiento.

Se inicia habilitando dos carriles de la glorieta de la calle 60 con carrera 33 y se intervendrá el tercer carril así como el centro de la glorieta. Se cierra el retorno que estaba habilitado en las etapas anteriores.

Finalmente, se reducirá a un carril por calzada la calle 61 entre las carreras 33 y 34B, con el fin de realizar la ampliación del espacio público que se tiene proyectado. En el Anexo 4, se aprecia al detalle ésta etapa.

Figura 11 Etapa 4A



Fuente: Elaboración propia

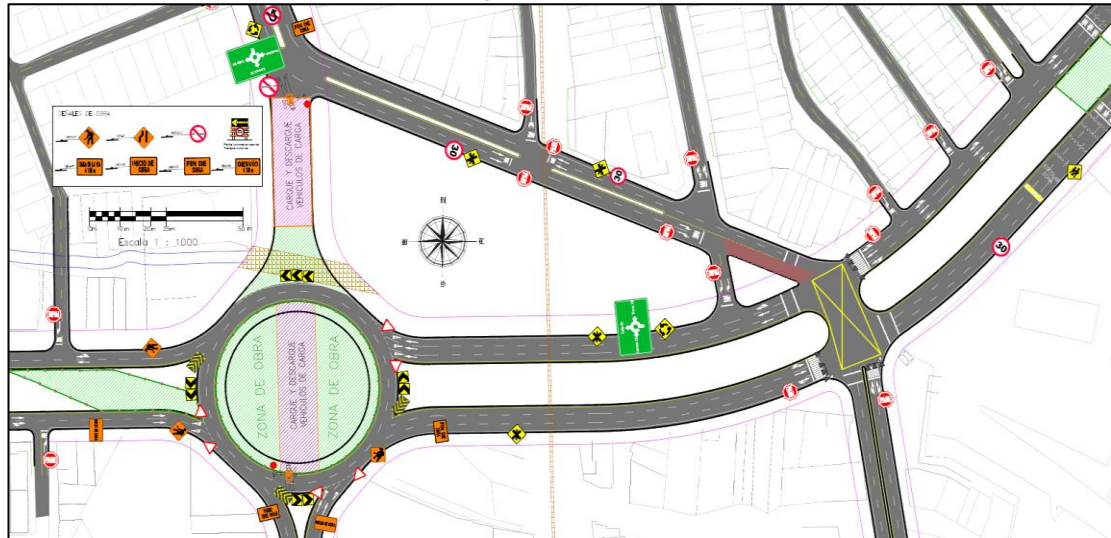
1.3.5. ETAPA 4B

Ésta etapa pertenece al escenario B, que se ejecutará siempre y cuando el puente ubicado en la carrera 33 entre calle 60 y 61 no cumpla con las características requeridas por parte de los ingenieros estructurales para su óptimo funcionamiento.

Se inicia habilitando dos carriles de la glorieta de la calle 60 con carrera 33 y se interviene el tercer carril así como la isla de la glorieta. Se cierra el retorno que estaba habilitado en las etapas anteriores.

Por otro lado se cierra la carrera 33 entre calles 60 y 61, desviando el flujo vehicular que cruza por la zona, por las carreras 34A y 34B. Se recomienda optimizar los tiempos semafORIZADOS. En el Anexo 4, se aprecia al detalle ésta etapa.

Figura 12 Etapa 4B

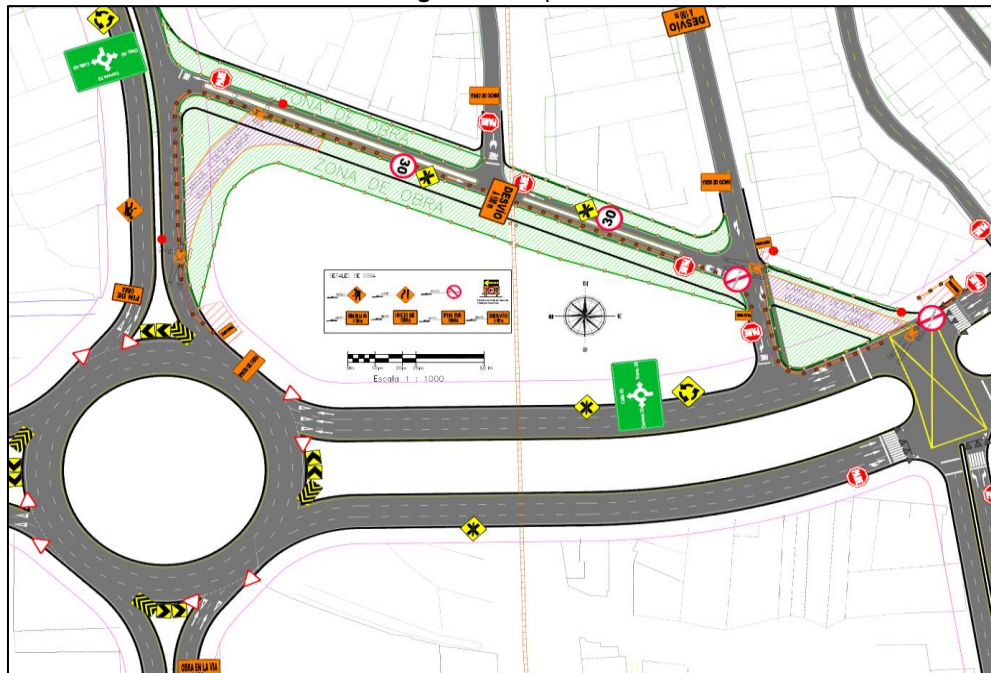


Fuente: Elaboración propia

1.3.6. ETAPA 5B

Finalmente, se reduce a un carril por calzada la calle 61 entre las carreras 33 y 34B, con el fin de realizar la ampliación del espacio público que se tiene proyectado. Se recomienda optimizar los tiempos semaforizados. En el Anexo 4, se aprecia al detalle ésta etapa.

Figura 13 Etapa 5B



Fuente: Elaboración propia

1.3.7. PROCESO DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS

Teniendo como base el pre-diseño geométrico y el diseño operacional de cada una de las etapas de construcción formuladas, se procedió a simular su desempeño en los dos escenarios planteados, iniciando con la situación actual hasta la etapa 5B, con el fin de identificar y dar solución anticipadamente, a los posibles conflictos que se puedan presentar en la hora pico durante la ejecución de la obra. Los resultados de dichas simulaciones se presentan como niveles de servicio y velocidades promedio de operación (*Km/hora*) en los corredores involucrados del sector.

Tabla 11 Resultados PMT durante la hora pico

RUTA	SECTOR	ETAPA 1		ETAPA 2		ETAPA 3		ETAPA 4 A		FASE 4 B		FASE 5 B	
		V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS
1	Calle 60 - Diagonal 60	13,7	F	10,8	F	11,5	F	19,4	E	17,9	E	18,5	E
2	Calle 60 - Diagonal 60	5,6	F	17,5	E	17,4	E	15,9	E	17,3	E	19,8	E
3	Carrera 33 (S-N)	14,6	F	16,6	E	15,9	E	23,5	D	15,3	F	23,6	D
4	Carrera 33 (N-S)	14,7	F	10,4	F	13,4	F	18,1	E	17,4	E	18,3	E
5	Carrera 33 - Diagonal 60	14	F	10,2	F	13,6	F	17,4	E	17,6	E	19,2	E
6	Diagonal 60- Cra 33	6,6	F	21,1	D	21,3	D	19,5	E	22,1	D	22,7	D
7	Cra 33 - Diagonal 60	14,1	F	14,8	F	18,1	E	19,8	E	21,5	D	23,6	D
8	Carrera 34b - Calle 60	6,1	F	15,7	F	13,5	F	6,2	F	13,8	F	15,6	F
9	Calle 67 - Diagonal 60	13,7	F	9,7	F	13,1	F	17	E	17,4	E	19,4	E
10	Diagonal 60 - Calle 67	5,9	F	19	E	19,4	E	17,4	E	19,9	E	20,6	E
11	Diagonal 60 - Carrera 33	5,2	F	18,6	E	18,7	E	16,2	E	19,7	E	22,5	D
12	Calle 60 - Carrera 34b	13,3	F	8,9	F	10,2	F	16,7	E	16,8	E	17,4	E
13	Calle 60 - Carrera 34a	12,8	F	11,4	F	13,2	F	21	E	13,7	F	20,5	E
14	Carrera 34a - Calle 60	13,5	F	16,5	E	15,6	F	15,9	E	10	F	20,2	E
PROMEDIO		10,99	2,5%	14,37	81,1%	15,35	93,4%	17,43	119,6 %	17,17	116,4 %	20,14	153,7 %

Fuente: Elaboración propia

De los resultados anteriores, se puede observar que a medida que avanza cada etapa de construcción, las velocidades promedio de operación y los niveles de servicio de la vía mejoran, obteniendo resultados en la primera etapa durante la hora más crítica, una velocidad de $8,14 \text{ km/h}$ superando a la situación actual en un 2,5%. Sin embargo, el nivel de servicio para los dos casos se sigue manteniendo en todas las rutas en F.

En la etapa 2 y 3, se empieza a observar algunas rutas con nivel de servicio D y E superando a la situación actual en un 81,1% y en un 93,4% respectivamente. Para las etapas 4A, 4B y 5B, el nivel de servicio en la mayoría de rutas es encuentra en D y E con unos porcentajes de 119,6%, 116,4% y 153,7% respectivamente, en comparación con las velocidades de operación de la situación actual.

Finalmente se concluye, que a medida que va avanzando las etapas de construcción el impacto vehicular no se ve reflejado, por consiguiente ese proceso constructivo es viable.

Al final de ésta etapa, se arreglan detalles como señalización, dispositivos de control de tráfico y otros, de cada etapa y se realiza el informe correspondiente para la evaluación del grupo.

2. APOORTE EN EL ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE CARGA DE LA ZONA INDUSTRIAL DE BARRANCABERMEJA

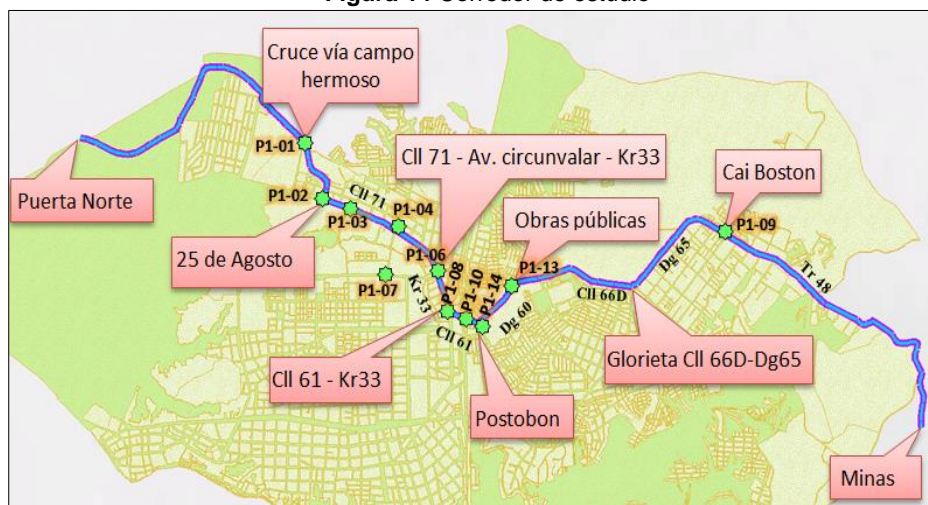
Debido al número de trabajadores que tiene las industrias como por ejemplo la refinería de Barrancabermeja cuya mano de obra se calcula de aproximadamente 4.000 personas en su punto más crítico durante la ampliación que se proyecta de esa industria, se ha realizado un estudio sobre el impacto de tráfico generado durante la hora en que se movilizan éstos trabajadores desde las residencias hasta su lugar de trabajo, además de la circulación constante de vehículos de carga que transporta materia prima desde las minas de Pedro Pablo y la Cascajera hasta las industrias.

En ésta propuesta se presenta de forma preliminar, un análisis de la situación actual del corredor, identificando el inventario y estado de las señales horizontales y verticales, el estado del pavimento y la capacidad de la vía. Por otro lado se plantean tres alternativas de solución: a corto plazo, a mediano plazo y a largo plazo, cada uno con una serie de escenarios, se modeló cada una de las alternativas en el software Transmodeler realizando un análisis de resultados y finalmente se presentó la propuesta al grupo de Ingenieros donde se hicieron las observaciones pertinentes y se realizaron la correcciones requeridas por el grupo de ingenieros.

2.1. CARACTERÍSTICA ACTUAL DEL CORREDOR

El corredor se seleccionó desde la Puerta Norte de la refinería hasta la entrada de las minas para un total de 10,271 Km. Como se observa en la siguiente figura.

Figura 14 Corredor de estudio



Fuente: Elaboración propia

El corredor cuenta actualmente y con información tomada en campo antes de iniciar la práctica, con una señalización horizontal deficiente, es decir a lo largo del corredor no se presenta línea central, línea de borde, línea de carril, también hay ausencia en la mayoría de intersecciones de línea y demarcación de pare, línea y demarcación de ceda el paso, línea antibloqueo, flechas en el pavimento, demarcación de paso peatonal y cebras y demarcación de zona escolar. El único sector que tiene señalización en buen estado es la entrada del 25 de Agosto. En el tema de señales verticales se encontró que actualmente existen 165 señales reglamentarias de las cuales el 41% requiere de cambio de la misma, en señales preventivas de 58 señales que existen, el 57 % no se encuentran en buenas condiciones y en señales informativas, de 17 el 71% de señales no son aceptadas todo esto debido a que el tablero y/o el soporte están doblados o deteriorados, el ángulo de visión no es el adecuado, la pintura del tablero esta desgastada, el soporte no cumple con la altura y/o el tablero no tiene el dimensionamiento requerido por el manual de señalización, etc.

Con respecto a señales elevadas, de 10 señales que hay en el corredor entre banderas y pasavías, 7 requiere de mantenimiento bien sea por mala visibilidad o el soporte y/o el tablero está oxidado. Además de las señales, hay otros dispositivos que ayudan a controlar el tráfico como lo son los delineadores de curva horizontal donde se ve una ausencia del 75% de estos dispositivos en las curvas del corredor y delineadores de obstáculos Cabe mencionar que se requiere que los árboles que se encuentren cerca de cualquier señal vertical o elevada, sean podados constantemente para evitar riesgos que se puedan presentar por la falta de visibilidad.

Por otra parte, el corredor cuenta con dos tipos de pavimentos, pavimento rígido con 1,49 Km y pavimento flexible con 8,78 Km. También presenta en pavimento rígido un total aproximado de 521 fallas de las cuales se destacan fallas por desintegración, parches, grieta longitudinal, deterioro del sello entre otras, y en pavimento flexible 1649 fallas aproximadamente de las cuales se destacan fallas por desgaste superficial, piel de cocodrilo, pérdida de agregado, grieta perimetral, bache, hundimiento entre otras. Por tal razón, el grupo de ingenieros de Geomática sugiere un refuerzo en el pavimento a lo largo del corredor y en algunos tramos (p. e. desde la glorieta de la calle 66D con diagonal 65 hasta las minas) la demolición y construcción de una estructura nueva.

También se identificó que en el corredor se presentan reducciones de capacidad vial, es decir de una vía de dos calzadas con dos carriles por sentido se reduce a una calzada con un carril por sentido en donde se registró volúmenes de demanda en la hora pico hasta de 1641 vehículos equivalentes por hora. Los tramos que presentaron estas reducciones son: desde puerta Norte hasta 25 de Agosto, luego desde Postobon hasta Obras públicas (tramo más crítico según los datos obtenido por los aforos vehiculares) y desde la glorieta de la calle 66D con diagonal 65 hasta las minas. Por tal razón, el grupo de ingenieros prioriza éstas zonas.

2.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Según el Plan de Movilización de carga y pasajeros realizado por la Universidad Nacional 2011, plantean proyectos de mayor prioridad a lo largo del corredor como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 12 Proyectos priorizados

No	ZONA
P1-01	Puerta norte - cruce vía campo hermoso
P1-02	Calle 71 x Carrera 18 (Puerta 25 de Agosto)
P1-03	Calle 71 x Carrera 20
P1-04	Calle 71 x Carrera 24
P1-05	Par vial generado entre carreras 20 y 24
P1-06	Calle 71 x AV. Circunvalar x Carrera 33
P1-07	Av. Circunvalar con carrera 24
P1-08	Calle 61 x Carrera 33
P1-09	Transversal 48 x diagonal 65 (Cai del Boston)
P1-10	Calle 61 x cruce vía férrea
P1-11	Corredor de carga a escombrera municipal
P1-12	Corredor de carga a minas pedro pablo y la casajera
P1-13	Cruce vía férrea sobre calle 61 (obras públicas)
P1-14	Calle 61 carrera 34B diagonal 60 (postobon)

Fuente: Plan de Movilización de Carga y Pasajeros

Se plantean tres alternativas de solución de acuerdo con la información recopilada anteriormente.

2.2.1. ALTERNATIVA 1

En la alternativa a corto plazo se plantea las siguientes intervenciones: (Ver anexo 5)

Tabla 13 Alternativa a corto plazo

No	INTERVENCIÓN
P1-01	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical
P1-02	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical, además de cambiar las losas de concreto del pavimento en un 30% la calle 71
P1-03	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical, además de cambiar las losas de concreto del pavimento en un 30% la calle 71. Se mantiene el doble sentido de la carrera 20
P1-04	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical además de cambiar las losas de concreto del pavimento en un 30% la calle 71. La carrera 24 cambia a un único sentido sur-norte
P1-05	No se genera el par vial

No	INTERVENCIÓN
P1-06	Se mantiene la intersección semaforizada, optimizando tiempos y mejorando señalización horizontal y vertical, además de cambiar las losas de concreto del pavimento en un 30% la calle 71
P1-07	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical
P1-08	Se mantiene modernización y ajuste de intersección semaforizada, y se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical
P1-09	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical, además de la demolición y construcción de estructura nueva de pavimento a lo largo de la diagonal 65 y la transversal 48
P1-10	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical
P1-12	Se analiza el mejoramiento de señalización horizontal y vertical desde la entrada norte hasta las minas, y el mantenimiento de pavimentos de la calle 71 entre la puerta 25 de Agosto hasta la intersección con la carrera 33 y desde la glorieta de la calle 66D con Diagonal 65 hasta la entrada a las minas
P1-13	Se propone complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical haciendo énfasis en la zona escolar.
P1-14	Se propone implementar una intersección semaforizada además de complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical

Fuente: Elaboración propia

La señalización horizontal que se plantea en cada una de las prioridades se realiza basándose en el manual de señalización vial. En total se propone 15,835 km en línea central amarilla, 7,454 Km en línea central blanca, 6,564 Km en línea de borde amarilla, 6,564 km en línea de borde blanca, 5 intersecciones con línea antibloqueo incluyendo la existente (25 de agosto), 62 líneas de pare y demarcación de pare incluyendo las que necesita mantenimiento, 16 líneas y demarcación de ceda el paso, 236 flechas en el pavimento incluyendo las de mantenimiento, 10 demarcaciones de aproximación a obstáculos incluyendo las de mantenimiento, 2 demarcaciones de zona escolar, 38 pasos peatonales con cebrá y 3 policías acostados.

Con respecto a señalización vertical se propone 28 señales preventivas, 228 señales reglamentarias (es importante que las esquinas de cada intersección haya una señal que indique el sentido de la calle como lo son las señales SR-38 y SR-39), 73 señales informativas (también hay que recalcar que en cada intersección es necesario que se encuentre la nomenclatura urbana como lo es la señal SI-26), 3 señales elevadas, 162 delineadores de curva horizontal y 6 delineadores de obstáculos.

Al mismo tiempo el grupo de ingenieros plantea cambio del 30% de las losas existentes para 5 años, la calle 71, con base de 14cm y una losa de concreto de 22cm, y para el tramo que va desde la glorieta de la calle 66D con diagonal

65 hasta las minas, una estructura nueva con una subbase de 5cm, una Base de 12cm y una carpeta asfáltica de 18cm para 5 años

2.2.2. ALTERNATIVA 2

En la alternativa a mediano plazo se plantea las siguientes intervenciones: (Ver anexo 5)

Tabla 14 Alternativa a mediano plazo

No	INTERVENCIÓN
P1-03	Se mantiene la propuesta de intersección semaforizada, pero manteniendo el doble sentido de la carrera 20.
P1-04	Se mantiene propuesta de intersección semaforizada, dejando la carrera 24 en sentido sur-norte.
P1-06	Se propone bacheo y una sobrecarpeta en la Carrera 33 desde la AV. Circunvalar hasta calle 61
P1-09	Se mantiene propuesta de intersección semaforizada, optimizando tiempos.
P1-10	Se propone que la carrera 34A cambie el sentido a sur-norte formando un par vial generado entre carrera 34 y 34A, además se propone la conexión Oriente – Occidente en la calle 73 entre carreras 34 y 34A y la conexión Occidente -Oriente en la calle 65 entre carreras 34 y 34A convirtiéndose en otro par vial generado entre calles 65 y 73, con su respectiva señalización horizontal y vertical, con el fin de atraer vehículos livianos, evitando pasar por la ruta de carga.
P1-13	Se propone una solución geométrica de una glorieta de 3 carriles con afectación predial, complementando con adecuada señalización horizontal y vertical haciendo énfasis en la zona escolar. Se propone una sobrecarpeta en la calle 66D entre diagonales 60 y 65
P1-14	Se propone perfil de doble calzada desde postobon hasta Obras Publicas con tres carriles.

Fuente: Elaboración propia

La propuesta P1-13 y P1-14 hace parte del proyecto del sector de postobon que se plantea en el presente artículo y que se puede apreciar en la figura 3.

Por otro lado, el grupo de ingenieros plantea bacheo y sobrecarpeta para, la carrera 33 con una subbase de 17cm, una base de 22cm, una carpeta asfáltica de 12cm y una sobre carpeta para 5 años de 3 cm, y para el tramo que va desde la calle 66D con diagonal 60 hasta la glorieta de la calle 66D con diagonal 65, sobrecarpeta con una subbase de 12cm, una base de 22cm, una carpeta asfáltica de 15cm y una sobre carpeta para 5 años de 4cm.

2.2.3. ALTERNATIVA 3

En la alternativa a largo plazo se plantea las siguientes intervenciones: (Ver anexo 5)

Tabla 15 Alternativa a largo plazo

No	INTERVENCIÓN
P1-01	Se propone una solución geométrica de una glorieta con afectación predial complementándolo con una adecuada señalización horizontal y vertical y se mantiene la propuesta de una doble calzada con ancho de carril de 3.5m desde la puerta Norte hasta cruce vía campo hermoso con dos carriles por sentido y un sobre ancho para garantizar una berma de 2,5m y andén de 1,20m de un costado.
P1-02	Se sustituye solución de intersección semaforizada por una solución geométrica de un retorno hacia el sur con afectación predial complementándolo con una adecuada señalización horizontal y vertical y una.
P1-08	Se propone bacheo y una sobrecarpeta en la calle 61 entre carreras 33 y 34B
P1-10	Se propone bacheo y una sobrecarpeta en la calle 61 entre carreras 33 y 34B.
P1-14	Se propone bacheo y una sobrecarpeta en la calle 61 entre carreras 33 y 34B

Fuente: Elaboración propia

El grupo de ingenieros plantea bacheo y sobrecarpeta para, la calle 61 entre carreras 33 y 34B con una subbase de 17cm, una base de 22cm, una carpeta asfáltica de 12cm y una sobre carpeta para 5 años de 3 cm.

2.2.4. PROCESO DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS

Teniendo como base el pre-diseño geométrico de cada una de las propuestas que lo requiere, la señalización y los semáforos adicionales, se procedió a simular su desempeño en las tres alternativas planteadas. Los resultados de dichas simulaciones se presentan a continuación como niveles de servicio y velocidades promedio de operación (*Km/hora*) en los corredores involucrados del sector en estudio

Tabla 16 Resultados de la alternativa I y II en 5 años

RUTA	SECTOR	ACTUAL		OPCIÓN I		OPCIÓN II		OPCIÓN III		OPCIÓN IV	
		V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS
1	Puerta Norte - Minas	6,3	F	16,3	E	18,3	E	13,6	F	18,9	E
2	Minas - Puerta Norte	15,3	F	16	E	19,2	E	21,6	D	21	E
3	Puerta Norte - Diag 60 con Cile 75	4,6	F	14,1	F	14,6	F	11,6	F	17,8	E
4	Diagl 60 con Cile 75 - Puerta Norte	9,4	F	13,4	F	12	F	21,5	D	20,2	E
5	Puerta Norte - Cra 33 con cile 59	4,6	F	12,5	F	14	F	10,4	F	16,7	F
6	Cra 33 con cile 59 - Puerta Norte	16,7	E	19,5	E	20,3	E	19,1	E	17,2	E
7	Puerta Norte - Cra 34B con Cile 60	4,3	F	12,7	F	13,2	F	9,8	F	16	F
8	Cra 34B con Cile 60 - Puerta Norte	14	F	16,7	E	15,8	F	16,4	E	15	F
9	Puerta Norte - Cile 60 con Cra 28	4,7	F	12,7	F	14,1	F	10,6	F	17,3	F
10	Cile 60 con Cra 28 - Puerta Norte	15,4	F	17,2	E	15,7	F	13	F	14,9	F
11	Puerta Norte - Cra 24 con Cile 72	9,9	F	19,3	E	21,4	D	19	E	20,7	E
12	Cra 24 con Cile 72 - Puerta Norte	11,6	F	13,4	F	13,8	F	12,3	F	12,4	F
13	Puerta Norte - Cile 67 con Cra 28	5	F	15,2	F	17,5	E	12,8	F	20	E

RUTA	SECTOR	ACTUAL		OPCIÓN I		OPCIÓN II		OPCIÓN III		OPCIÓN IV	
		V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS
14	Clle 67 con Cra 28 - Puerta Norte	18,6	E	22,6	D	23,1	D	23,4	D	21,9	D
15	Puerta Norte - Cra 20	16,7	E	17,9	E	20	E	17,8	E	20	E
16	Cra 20 - Puerta Norte	15,7	F	18,6	E	18,4	E	18,8	E	19,1	E
17	Puerta Norte - Cra 34A	4,2	F	12,5	F	12,8	F	10,7	F	16,7	F
18	Cra 34A - Puerta Norte	17,7	E	21	E	21,3	D	21,3	D	17,4	F
19	Clle 60 con Cra 28 - Cai Boston	7,6	F	16,3	E	16,7	E	11,5	F	16,3	F
20	Cai Boston - Clle 60 con Cra 28	10,5	F	10,1	F	12,5	F	16,4	E	16,1	F
21	Cra 33 con clle 59 - Cai Boston	7,9	F	18,7	E	23	D	16,9	E	19,6	E
22	Cai Boston - Cra 33 con clle 59	10,4	F	9,9	F	12,4	F	15,9	F	15,5	F
23	Cra 34B x Clle 61 - Clle 61 x Cra 28	4,1	F	4,5	F	3,9	F	4,3	F	3,9	F
24	Clle 61 x Cra 28 - Cra 34B x Clle 61	3,5	F	6,8	F	5,3	F	3,2	F	6,4	F
25	Clle 67 con Cra 28 - Cai Boston	6,4	F	15,6	F	16	E	12,7	F	16,8	E
26	Cai Boston - Clle 67 con Cra 28	11,2	F	10,7	F	13,3	F	17	E	17	E
27	Clle 60 - Cra 34A	3,5	F	8,8	F	9,4	F	11,7	F	15,7	F
28	Cra 34A - Clle 60	6,7	F	6,6	F	6,7	F	6,5	F	4,5	F
PROMEDIO		9,52	--	14,3	49,9 %	15,2	59,4 %	14,3	50%	16,25	70,7%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se presentan los resultados de las propuestas de la alternativa I y algunos de la alternativa II con una proyección de 5 años y asumiendo que el volumen de carga y pasajeros se encuentra en su pico más alto. En la tabla, se observa una columna llamada Actual donde se visualiza los resultados obtenidos del modelamiento de la situación actual de la vía sin hacer ningún mantenimiento e implementando el volumen de carga, considerándola como la situación más crítica con una velocidad promedio de 9.5 Km/h y un nivel de servicio F. En Opción I, se presenta los resultados del modelamiento de la implementación de la señalización pertinente en la Alternativa I (Pares y Ceda el paso), el semáforo ubicado en el proyecto P1-14 y la repavimentación nombrada en las P1-02, P1-03, P1-04 y P1-06 de la calle 71, obteniendo una velocidad promedio de 14,27 Km/h aumentando en comparación a la situación actual en un 49,9%. En la Opción II, se presenta los resultados del modelamiento de la repavimentación nombrada en la P1-09 que va desde la glorieta de la calle 66D con diagonal 65 hasta las minas, y todo lo incluido en la Opción I, obteniendo una velocidad promedio de 15.17 Km/h aumentando en comparación a la situación actual en un 59.4% (Esta alternativa es en resumen el resultado de toda la Alternativa I). En la Opción III, se visualiza los resultados del modelamiento de la construcción de la Glorieta propuesta en la Alternativa II en la propuesta P1-13, además de todo lo modelado en la Opción I, obteniendo una velocidad promedio de 14.28Km/h aumentando en comparación a la situación actual en un 50%. Finalmente en la Opción IV, se presenta la construcción de la doble calzada propuesta en la Alternativa II en la propuesta P1-14, además de la glorieta nombrada en la Opción III, sin repavimentación de ningún tramo, obteniendo una velocidad promedio de 16.25Km/h aumentando en comparación a la situación actual en un 70.7%

Tabla 17 Resultados de la alternativa II y III del escenario I en 20 años

RUTA	SECTOR	OPCIÓN I		OPCIÓN II		OPCIÓN III		OPCIÓN IV	
		V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS
1	Puerta Norte - Minas	6,9	F	7,5	F	11,1	F	26,9	D
2	Minas - Puerta Norte	13,1	F	26,4	D	28,4	C	29,5	C
3	Puerta Norte - Diag 60 con Cile 75	6,2	F	5,8	F	8,9	F	24,1	D
4	Diagl 60 con Cile 75 - Puerta Norte	6,8	F	18	E	26,2	D	28,1	C
5	Puerta Norte - Cra 33 con cile 59	4,7	F	4,3	F	6,7	F	24,3	D
6	Cra 33 con cile 59 - Puerta Norte	18,7	E	18,6	E	19,4	E	24,7	D
7	Puerta Norte - Cra 34B con Cile 60	4,7	F	4,4	F	6,6	F	24,3	D
8	Cra 34B con Cile 60 - Puerta Norte	20,5	E	16,5	E	18	E	21,3	D
9	Puerta Norte - Cile 60 con Cra 28	4,8	F	4,4	F	6,8	F	24,4	D
10	Cile 60 con Cra 28 - Puerta Norte	13	F	13,5	F	14,2	F	12,4	F
11	Puerta Norte - Cra 24 con Cile 72	7,4	F	6,7	F	10,4	F	26,4	D
12	Cra 24 con Cile 72 - Puerta Norte	31,1	C	20,9	E	21,4	D	14,1	F
13	Puerta Norte - Cile 67 con Cra 28	5,1	F	4,5	F	7,2	F	25,7	D
14	Cile 67 con Cra 28 - Puerta Norte	28,8	C	24,2	D	27	C	26,2	D
15	Puerta Norte - Cra 20	13,1	F	14,8	F	18,3	E	29,4	C
16	Cra 20 - Puerta Norte	25,5	D	21,9	D	27,7	C	28,1	C
17	Puerta Norte - Cra 34A	5,4	F	4,8	F	7,5	F	24,6	D
18	Cra 34A - Puerta Norte	29,3	C	25,3	D	19,9	E	30,5	C
19	Cile 60 con Cra 28 - Cai Boston	7,3	F	12,2	F	14,2	F	10,6	F
20	Cai Boston - Cile 60 con Cra 28	7	F	18,3	E	19,3	E	17,9	E
21	Cra 33 con cile 59 - Cai Boston	9	F	16,9	E	20,4	E	21,1	D
22	Cai Boston - Cra 33 con cile 59	6,8	F	17,7	E	18,9	E	17,8	E
23	Cra 34B x Cile 61 - Cile 61 x Cra 28	5,4	F	3,6	F	3,8	F	3,5	F
24	Cile 61 x Cra 28 - Cra 34B x Cile 61	2,9	F	3,5	F	3,6	F	2	F
25	Cile 67 con Cra 28 - Cai Boston	7,4	F	11,8	F	15	F	23,4	D
26	Cai Boston - Cile 67 con Cra 28	7,2	F	20,1	E	20,7	E	22	D
27	Cile 60 - Cra 34A	7,2	F	7,8	F	7,4	F	12,7	F
28	Cra 34A - Cile 60	15,3	F	9,7	F	5,9	F	20,6	E
	PROMEDIO	11,39	--	13,00	--	14,82	--	21,31	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Resultados de la alternativa II y III del escenario II en 20 años

RUTA	SECTOR	OPCIÓN I		OPCIÓN II		OPCIÓN III		OPCIÓN IV	
		V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS
1	Puerta Norte - Minas	25,8	D	26,8	D	26,6	D	31,5	C
2	Minas - Puerta Norte	19,5	E	22,6	D	26	D	29,1	C
3	Puerta Norte - Diag 60 con Cile 75	27,6	C	26,9	D	28,6	C	32,3	C
4	Diagl 60 con Cile 75 - Puerta Norte	28,1	C	29,2	C	28,8	C	30,2	C
5	Puerta Norte - Cra 33 con cile 59	24,2	D	20,8	E	22,1	D	24,9	D
6	Cra 33 con cile 59 - Puerta Norte	16,1	E	16,9	E	16,4	E	24,1	D
7	Puerta Norte - Cra 34B con Cile 60	4,7	F	5,3	F	5,6	F	24,9	D
8	Cra 34B con Cile 60 - Puerta Norte	18,2	E	17	E	17,2	E	20,9	E
9	Puerta Norte - Cile 60 con Cra 28	24,5	D	21,1	D	22,2	D	25,1	D
10	Cile 60 con Cra 28 - Puerta Norte	11,8	F	12,2	F	12,8	F	13	F
11	Puerta Norte - Cra 24 con Cile 72	26,4	D	23,2	D	24,4	D	26	D
12	Cra 24 con Cile 72 - Puerta Norte	23	D	18,6	E	17,7	E	13,1	F
13	Puerta Norte - Cile 67 con Cra 28	25,3	D	22	D	23,3	D	26,2	D
14	Cile 67 con Cra 28 - Puerta Norte	21,9	D	22,2	D	21,6	D	26,4	D
15	Puerta Norte - Cra 20	14	F	11,6	F	11,7	F	29,5	C
16	Cra 20 - Puerta Norte	21,2	D	20,6	E	21,1	D	27,9	C
17	Puerta Norte - Cra 34A	27,3	C	24,4	D	25,9	D	25	D
18	Cra 34A - Puerta Norte	25,1	D	24,5	D	11,3	F	29,9	C
19	Cile 60 con Cra 28 - Cai Boston	10,5	F	11,1	F	12,7	F	11,2	F
20	Cai Boston - Cile 60 con Cra 28	9,2	F	15,4	F	19,9	E	18,2	E

RUTA	SECTOR	OPCIÓN I		OPCIÓN II		OPCIÓN III		OPCIÓN IV	
		V	NDS	V	NDS	V	NDS	V	NDS
21	Cra 33 con c/le 59 - Cai Boston	14,5	F	15,6	F	17	E	21,2	D
22	Cai Boston - Cra 33 con c/le 59	9	F	15	F	19,7	E	18	E
23	Cra 34B x C/le 61 - C/le 61 x Cra 28	5,1	F	4,2	F	4,5	F	3,5	F
24	C/le 61 x Cra 28 - Cra 34B x C/le 61	3,1	F	2,9	F	3,7	F	2,2	F
25	C/le 67 con Cra 28 - Cai Boston	10,4	F	11,7	F	13	F	24,2	D
26	Cai Boston - C/le 67 con Cra 28	9,5	F	16,3	E	21,4	D	21,4	D
27	C/le 60 - Cra 34A	6,8	F	7,2	F	7	F	12,4	F
28	Cra 34A - C/le 60	13,4	F	11,1	F	3	F	21,1	D
PROMEDIO		17,0	--	17,01	--	17,3	--	21,6	--

Fuente: Elaboración propia

En las tablas anteriores se presentan los resultados de la Alternativa III y algunos de la Alternativa II con una proyección de 20 años y asumiendo y asumiendo que el volumen de carga y pasajeros se encuentra en su pico más alto. Se presentan dos escenarios, el Escenario I (resultados de la tabla 17) es el modelo del corredor sin tener presente el Puente de la vía a Yuma (actualmente existe un proyecto acerca de la construcción de un puente hacia Yuma, dicho puente está trazado por el norte de la ciudad de Barrancabermeja por donde se podría desviar la carga pesada desde la entrada norte hasta las minas. El puente hace conexión entre la entrada Norte y la vía campo hermoso, por donde se haría el desvío y tiene conexión por la vía Llano lindo que conecta a la intersección de la diagonal 60 con calle 66D por donde terminaría el desvío) (ver Anexo 5), y el Escenario II (resultados de la tabla 18) es el modelo del corredor teniendo presente el puente de la vía a Yuma.

En ambos escenarios las opciones propuestas son las mismas. En la opción I, se presenta los resultados del modelamiento de la señalización, el semáforo y la repavimentación de los dos tramos de la Alternativa I, más la repavimentación de otros tramos como la carrera 33 entre Avenida circunvalar y calle 61 como se nombra en P1-06 y la calle 66D entre diagonales 60 y 66D como se nombra en el P1-13, adicionalmente se modela la construcción de la glorieta con doble calzada y el retorno planteado en la alternativa III en la P1-01 y P1-02 respectivamente, las conexiones y los Par vial planteados en la P1-10 de la alternativa II, obteniendo una velocidad promedio para el escenario I de 11.39Km/h y el escenario II de 17Km/h.

En la Opción II, se presentan los resultados del modelamiento de la Opción I adicionando la glorieta propuesta en la alternativa II en la P1-13, obteniendo una velocidad promedio para el escenario I de 13 Km/h y el escenario II de 17.01Km/h. En la Opción III, se presenta los resultados del modelamiento de la Opción II adicionando la doble calzada propuesta en la Alternativa II en la P1-14, obteniendo una velocidad promedio para el escenario I de 14.82 Km/h y el escenario II de 17.3Km/h (Esta alternativa es en resumen el resultado de todas las fases propuestas en éste documento). La opción IV se presenta los resultados del modelamiento de la Opción III adicionando la construcción del proyecto del sector de Postobon nombrado anteriormente en el presente

artículo, obteniendo una velocidad promedio para el escenario I de 21.31 Km/h y el escenario II de 21.6 Km/h.

Para finalizar éste aporte al análisis y mejoramiento del corredor de carga de la zona industrial de Barrancabermeja, se realiza el informe correspondiente para la evaluación del grupo.

3. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los datos suministrados en el modelamiento de la situación actual, se encontró registros hasta de 1.641 vehículos equivalentes en la intersección de la calle 60 con carrera 33 en sentido sur-occidente durante la hora pico registrada desde las 5:15 pm hasta las 6:15 pm, y de acuerdo con la distribución modal se identificó que el 68% representa a las motos, situación que tuvieron presente el equipo técnico de GEOMÁTICA en la elaboración de la solución vial para disminuir la accidentalidad en especial con éste tipo de transporte y mejorar la movilidad del sector. Los datos arrojados por el simulador, demostraron la congestión que se presenta con una velocidad de operación de 7Km/h y un nivel de servicio F.
- El diseñador Geométrico realizó el prediseño de la solución vial seleccionada con una velocidad de diseño de 30 Km/h debido a que es una vía complementaria urbana, cuyo rango de velocidades se encuentra entre 20 y 40Km/h. Una vez realizado el modelo de éste proyecto para la hora pico, el simulador arrojó una velocidad de operación de 21Km/h con un volumen vehicular actual, y de 17Km/h proyectado a 20 años, por lo que demuestra que la solución seleccionada es viable.
- Se planteó unas alternativas para el plan de manejo de tráfico, orientado en la disminución del impacto vehicular, con dos escenarios, uno con 4 etapas y el otro con 5, iniciando con la diagonal 60 con calle 66D debido a que en éste punto, existe la posibilidad de que transite los vehículos de carga una vez esté construido el tramo del puente a Yuma que conecta a la entrada Norte de la refinera con éste punto en cuestión, además, durante el proceso constructivo de la primera etapa, se pueden ir adquiriendo los predios ubicado entre calle 60 y 61 con las carreras 33 y 34B.
- A partir de la modelación del PMT propuesto, se observó que en ninguna etapa hubo reducción de velocidad, sino que por lo contrario, aumentaba a medida que iba avanzando el proyecto, demostrando que con una buena planeación no hay afectación en la movilidad.
- Se observó la importancia de los modelo de microsimulación debido a que se puede estimar cuantitativamente el impacto en la movilidad, al tiempo que se permite brindar un concepto técnico para comparar distintos eventos y seleccionar el más óptimo, en función de reducir el traumatismo vehicular.

- Una vez se finalizaba una etapa del proyecto, se presentaba al grupo técnico de ingenieros expertos del grupo de investigación GEOMÁTICA, para realizar las observaciones pertinentes y realizar las correcciones requeridas, así como a su vez adquiría una retroalimentación de lo realizado.
- Se hizo un aporte al grupo de investigación GEOMÁTICA, con la realización del manual para la elaboración de matrices origen-destino en el software Transmodeler, debido a que en la actualidad el grupo no cuenta con uno, dificultándose la elaboración de los modelos de microsimulación.
- Se realizó una contribución en el análisis y mejoramiento del corredor de carga de la zona industrial de Barrancabermeja, donde se observó la importancia y el impacto que tiene movilizar el recurso humano de las industrias y la carga pesada. Se encontró velocidades promedio de operación de 9Km/h en el caso en que el volumen de carga se encuentra en su pico más alto y no se realice ninguna medida preventiva a lo largo del corredor en cinco años, y 16Km/h en una proyección de veinte años asumiendo que el puente de Yuma existe, el volumen de carga se encuentra en su pico más alto y el proyecto de Postobon está ejecutado.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Mayor de Bogota, Secretaría de Tránsito y Transporte. (1999). *Manual para el manejo de Tránsito por obras civiles en zonas urbanas*. Bogotá D.C.

Alcaldía Mayor de Bogota, Secretaria de Tránsito y Transporte. (2005). *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*. Bogotá D.C.

Caliper Corporation. (s.f.). *Transmodeler traffic Simulation Software*. Recuperado el 01 de abril de 2014, de <http://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>

Ley 769 del 2002. (2002). *Código Nacional de Tránsito Terrestre*.

Plan de Ordenamiento Territorial. (2002). Barrancabermeja.

República de Colombia, Ministerio de Transporte. (2004). *Manual de señalización, Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Bogotá D.C.

República de Colombia, Ministerio de Transporte, Instituto nacional de vías, subdirección de apoyo técnico. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*.

Universidad Nacional de Colombia. (2010). *Plan Maestro de Movilidad*. Barrancabermeja.

Universidad Nacional de Colombia. (2011). *Plan de Movilización de Carga*. Barrancabermeja.

Universidad Nacional de Colombia. (2011). *Plan de Movilización de Pasajeros*. Barrancabermeja.

VÉLEZ, G. A. (s.f.). *Cálculo y Diseño de Glorietas*.