Diciembre, 2020

Análisis Factibilidad de una ciclovía en el cantón de Belén

N° Informe: INTRACA-IT-2020-135

Cliente: Municipalidad de Belén

Profesional responsable: Ing. Daniel Alonso Chacón Oviedo

Ing. Jorge Arturo Carmona Chaves, MPA

Analista: Ing. Miguel Zamora Herrera

Asistente: Karina Zúñiga Alvarado

Tel: 2339 3080 info@intracacr.com www.intracacr.com

Página en blanco a propósito

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Alcance 4

1.2. Objetivos 5

2. METODOLOGÍA 5

2.1. Guía Técnica de Diseño para Infraestructura Ciclista 5

2.2. Encuestas de ciclistas 7

2.6. Estudio Velocidad 11

2.7. Levantamientos geométricos 13

2.8. Metodología Índice de Compatibilidad de Bicicletas BCI 13

3. DESARROLLO 16

3.1. Descripción de la situación actual 16

3.2. Demanda Actual 30

3.3. Encuestas a empresas generadoras y atractores de viajes en el cantón de Belén 43

3.4. Índice de Compatibilidad de Bicicletas 44

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 49

4.1. Tramos 49

4.2. Tramos Factibles o Complicados 63

4.1. Impacto de la construcción de una ciclovía 64

4.2. Proyectos Adicionales e Impactos 66

5. CONCLUSIONES 67

6. RECOMENDACIONES 73

7. BIBLIOGRAFÍA 76

ANEXOS 77

A1. Memoria de Cálculo 79

A2. Cálculo BCI para cada tramo, parámetros utilizados.....87

A3. Levantamientos geométricos por tramo de análisis.....89

INFORME TÉCNICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio analiza la factibilidad de la construcción de una ciclovía en el cantón de Belén, el proyecto forma parte de la contratación 2019LA-000009-0002600001 “Contratación de servicios de consultoría vial para las unidades de obras públicas, tránsito municipal y plan regulador” para la Municipalidad de Belén.

Como parte de los esfuerzos de la Municipalidad para incentivar el uso de medios de trasporte sostenibles, el Comité de Movilidad Urbana Sostenible impulsa la idea de crear una ruta para ciclovías en el cantón de Belén, con un trazado alrededor de las vías principales que cruzan los distritos de Asunción, La Ribera y San Antonio, pasando por centros corporativos, los centros poblacionales y puntos de posible integración con otro medio de transporte masivo como trenes o buses. El trazado preliminar planteado por la Municipalidad se muestra en color verde en la Figura 1.

Las ideas de la Municipalidad de mejorar los sistemas de transporte alternativos surgen de la necesidad de mejorar la movilidad urbana orientada hacia las personas, brindando seguridad, infraestructura eficiencia y comodidad, en un ambiente donde la prioridad siempre ha sido el vehículo privado. Sin embargo, la determinación de la factibilidad de la ciclovía debe ser estudiada rigurosa y objetivamente, ya que se debe ser cuidadoso de no forzar medidas que resulten ineficientes o que su impacto no sea significativo en el tema de movilidad general, provocando un rechazo prematuro de las medidas integrales que se desean implementar. Además, el mejoramiento en los sistemas de transporte se debe ver desde una perspectiva integral, entendiéndose que el fomento del uso de la bicicleta solo es un paso de muchos que se deben dar para ofrecer una ciudad más amigable para las personas que habitan en ella, y que la unión con otros cantones vecinos y el esfuerzo conjunto con planes de movilidad empresarial resultan de importancia para el uso de estas medidas.

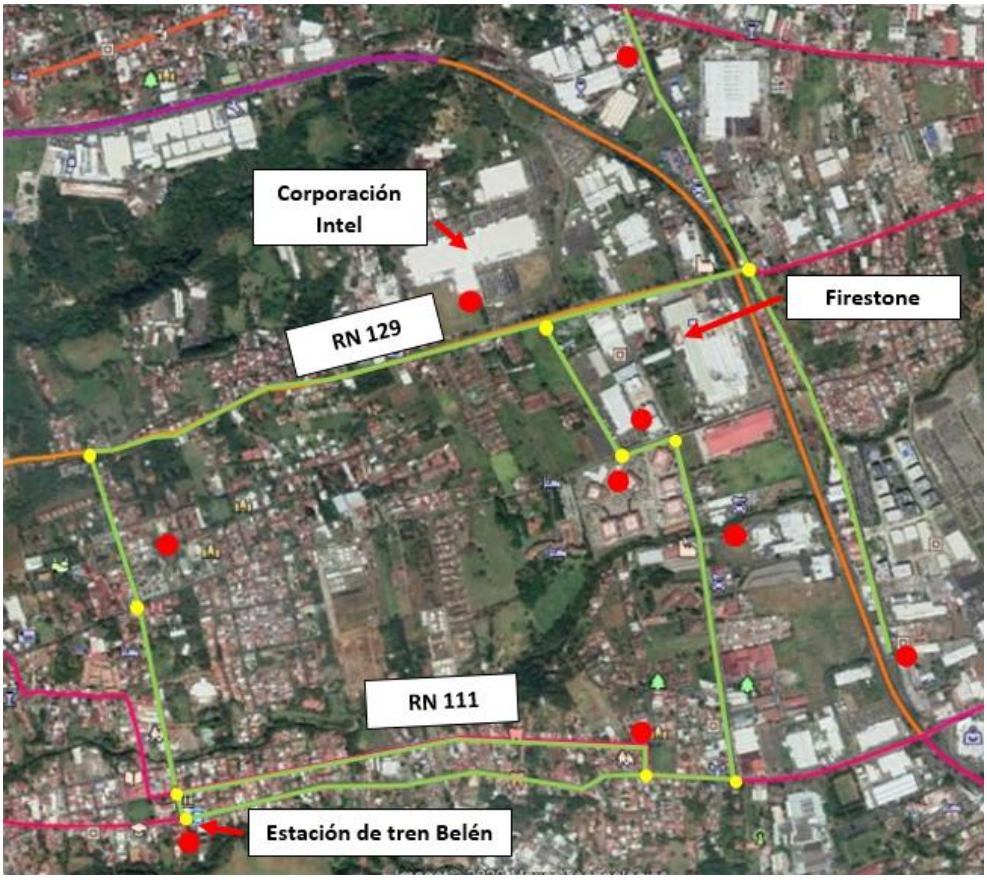


Figura 1. Ubicación del trazo preliminar de la ciclovía a analizar

Tal como lo menciona la Guía Técnica de Diseño para Infraestructura Ciclista, que hace referencia al Ministerio de Vivienda y urbanismo de Chile, las ciclovías deben cumplir con las siguientes características:

- Coherente: Debe buscarse una coherencia entre la destreza de los usuarios y el diseño. Además, este diseño debe contemplar una relación lógica y continua entre los diferentes tramos, sin cambios que resulten incomprensibles para los usuarios. Los elementos más relevantes son los que definen el camino con claridad y que satisfacen la mayor cantidad de orígenes y destinos en su recorrido.
- Conectiva: Una ruta debe permitir la vinculación entre otras rutas del sistema vial o bien, unir de manera efectiva orígenes y destinos potenciales. Rutas aisladas dentro de la ciudad o sin salida no serán usadas.

- Segura: La seguridad se plantea como un componente dual, en la que se deben evaluar la seguridad vial y ciudadana; considerando la accidentabilidad registrada a lo largo de la ruta, así como los eventos de criminalidad. Es primordial evitar los encuentros con tránsito motorizado de alta velocidad, ya sea disminuyendo la velocidad de los vehículos con motor o creando una separación física entre estos y las bicicletas, con especial atención en los cruces. Es importante contemplar la percepción de los usuarios respecto a la seguridad, de manera que sea un insumo adicional al analizar las variables de accidentabilidad y criminalidad.
- Directa: Todos los factores que influyen en el tiempo de viaje son parte del concepto de rutas directas; la infraestructura ciclo-inclusiva debe propiciar rutas lo más directas y cortas posibles, entre destinos. Se asocian variables como la velocidad de las personas ciclistas, cantidad de intersecciones y frecuencia de detenciones.
- Cómoda: Que el viaje en bicicleta sea una experiencia placentera y conveniente potencia su uso. La provisión de pavimentos adecuados, geometría correcta, y la minimización de detenciones, obstáculos y posibles conflictos con otros usuarios influyen en este rubro. Una ruta que demanda niveles elevados de atención al estado de esta y sus condiciones aporta estrés a la experiencia de viaje. Además, factores como la sombra en horario diurno e iluminación durante la noche incrementan la sensación de confort durante el viaje.
- Atractiva: Una ruta atractiva debe tener un ambiente seguro y amable en cuanto a la estética arquitectónica y a un entorno atractivo, con la menor contaminación acústica y atmosférica. Se busca oferta de puntos de acceso y actividades posibles de desarrollar. Si el viaje es atractivo para el usuario, disminuyen los costos percibidos y se convierta en una experiencia de mayor beneficio. Al elegir la ruta, un análisis de usos de suelos es indispensable para lograr este objetivo.

Debido a lo anteriormente mencionado, el manejo de estas variables se consideró al realizar el análisis de la propuesta, con la finalidad de determinar la funcionalidad de la ciclovía en el trazado propuesto.

1.1. Alcance

El análisis de factibilidad de la ciclovía en el cantón de Belén se limita a la determinación parámetros de demanda y oferta disponibles y recopilados por medio de trabajos de campo para determinar si es posible la construcción o demarcación de carriles para bicicletas, como parte del resguardo para los usuarios actuales como para el fomento de posibles interesados. Esta factibilidad se analizó desde el punto de vista de la compatibilidad actual con las vías de tránsito de vehículos que forman parte del cantón de Belén y se realizaron en el trazado inicial estimado por la Municipalidad. En esta etapa, no se realizarán diseños de la ciclovía.

También es importante recalcar que la funcionalidad de las ciclovías debe estar en función de un modelo de movilidad urbana y no necesariamente de recreación o deporte. El uso de la bicicleta como alternativa de transporte debe pensarse en los usuarios no cautivos del sistema del transporte para sustitución o complemento de viajes realizados a pie, transporte público o vehículo privado, como parte de la recuperación del espacio público para las personas. Debido a esto, las encuestas de usuarios se realizaron en horas pico de un día típico entre semana.

El análisis de la factibilidad de la ciclovía se basó principalmente en el documento MOPT-03-05-01-0917-2019 Guía Técnica de Diseño para Infraestructura Ciclista, sin embargo, no se limitó a esta, utilizando bibliografías adicionales en el tema metodológico y analítico.

Se procedió a realizar el análisis a partir de las siguientes secciones:

I. Caracterización del entorno:
    a. Estudio de velocidades de operación.
    b. Caracterización flujos viales a partir de los conteos efectuados anteriormente.
    c. Determinación de importantes generadores de viaje.
    d. Levantamiento geométrico en cerca de 26 puntos alrededor del tramo principal.
    e. Mapeo de accidentabilidad a partir de base de datos abiertos del COSEVI
II. Análisis de la demanda actual, esto a partir de la realización de encuestas “a la orilla de la vía” en 5 puntos alrededor del trazo preliminar.

III. Análisis de la demanda potencial, a partir de la determinación de importantes generadores de viajes a lo largo del cantón de Belén y la realización de encuestas digitales a trabajadores de dichos generadores.

1.2. Objetivos

Objetivo General

Analizar la factibilidad de una ciclovía en el cantón de Belén a partir del estudio del entorno alrededor del trazo preliminar, las características de las vías, los flujos viales, la demanda actual de ciclistas y demanda potencial de nuevos usuarios.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de velocidades de operación en el trazo preliminar de la ciclovía.
- Estudiar la demanda actual de una ciclovía sobre el trazo preliminar de ciclovía a partir de la realización de encuestas a ciclistas.
- Determinar la demanda potencial del uso de una ciclovía por parte de personas que viajan a importantes generadores de viajes como empresas y/o centros corporativos.
- Caracterización del espacio físico disponible en diferentes puntos por los cuales pasa el trazo preliminar de la ciclovía.
- Caracterización de los flujos viales que transitan sobre el trazo preliminar planteado a partir de conteos realizados anteriormente.

2. METODOLOGÍA

2.1. Guía Técnica de Diseño para Infraestructura Ciclista

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes, en su esfuerzo por mejorar las condiciones para los usuarios de bicicleta en el país, desarrolló la Guía Técnica de Diseño para Infraestructura ciclista, cuya última edición fue publicada en noviembre del 2019. Este documento establece recomendaciones para la recopilación de información y el diseño de redes de ciclovías con base en la bibliografía internacional aplicable.

La Guía establece los lineamientos y recomendaciones básicos que deben seguirse, por lo que se utilizó de manera fundamental en el presente estudio, a pesar de que el alcance de esta factibilidad no abarca el posible diseño de las ciclovías.

Este estudio se centra en analizar algunos de los aspectos establecidos en las tres primeras etapas (Estudios preliminares, Identificación de vías aptas y Análisis operacional de puntos de conflicto) de la Metodología establecida en la Guía en cuestión, una imagen de dicha metodología se puede observar en la Figura 2. El análisis se realiza adaptándose al alcance del presente proyecto.

Figura 2. Metodología para el desarrollo de facilidades ciclistas

Fuente: Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista, 2019

2.2. Encuestas de ciclistas

Para estudiar las rutas que utilizan ciclistas y poder caracterizar la demanda actual de ciclistas que transitan por el cantón de Belén se realiza una encuesta “A la orilla de la vía” en cinco puntos del trazo preliminar de la ciclovía que se está analizando. A continuación, se observa los puntos en los cuales se realizaron encuestas:

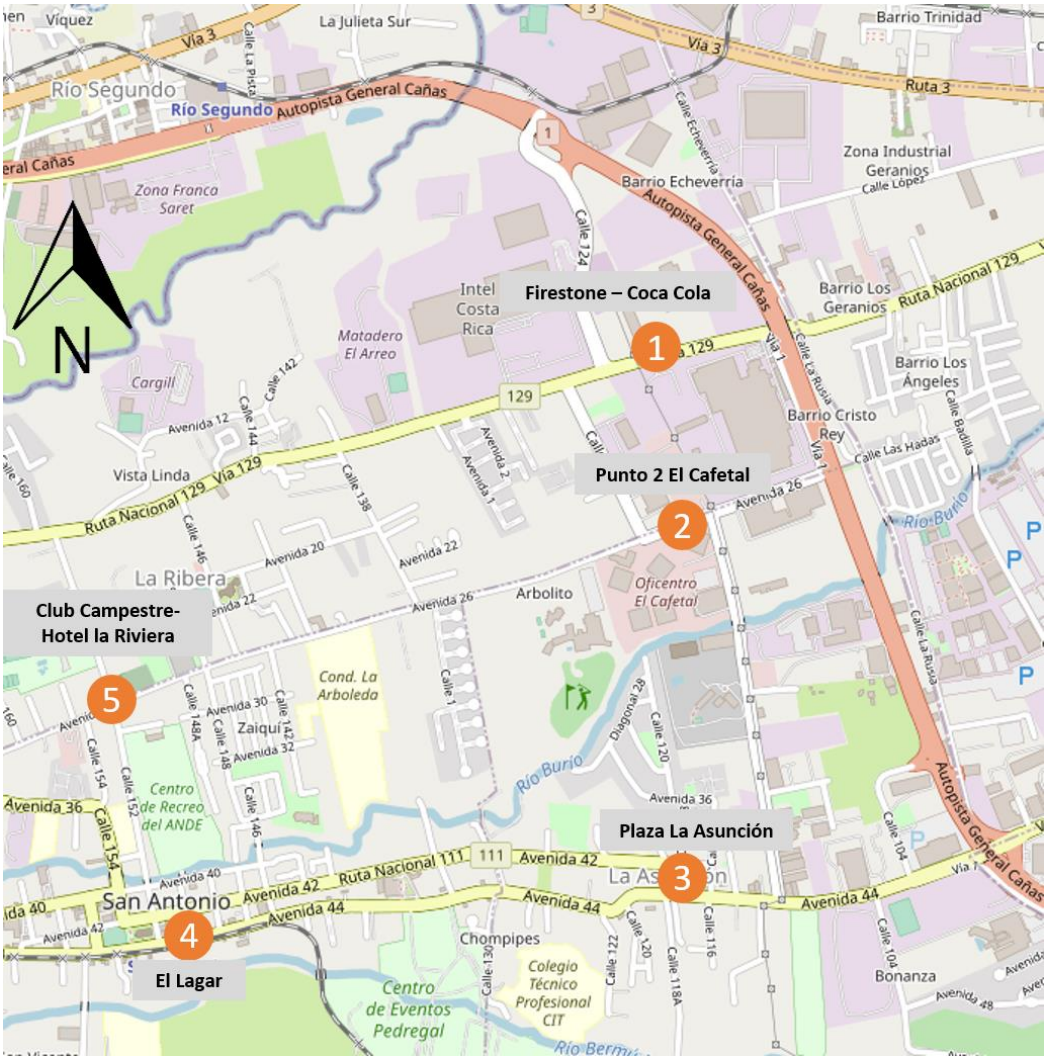


Figura 3. Ubicación de puntos de realización de Encuestas y Conteos

Cada una de estas ubicaciones se selecciona ante la lógica que son puntos posibles de entrada y salida de ciclistas, esto determinado a partir de observación, los conteos realizados anteriormente con los que se cuentan y tomando en consideración posibles generadores y atractores de viajes en el cantón.

La encuesta realizada tiene tres enfoques, el primero poder determinar orígenes y destinos de los ciclistas, de manera que se pueda aproximar la ruta utilizada, el segundo caracterizar a la población ciclista y el tercero poder determinar si existe un impacto por la pandemia y las restricciones vehiculares en la elección de utilizar la bicicleta como medio de transporte.

Las encuestas se realizan en días entre semana para los periodos pico de la mañana y de la tarde, de 6:00 am a 7:30 am y de 4:30 pm a 06:00 pm, respectivamente. Dichas horas se estiman a partir de conteos que se realizaron anteriormente en la intersección entre Calle Arbolito y Calle las Américas; y entre Calle Echeverría y la Ruta Nacional 129.

La encuesta realizada se diseña a partir del ejemplo propuesto en la Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista del MOPT y se realizan algunos cambios con el fin de mejorar tiempos de respuesta, adaptar algunas consultas a la zona de estudio y se agrega una sección COVID con el fin de estudiar si antes de la pandemia utilizaban la bicicleta como medio de transporte y si continuaran usándola después de la pandemia.

El cálculo del tamaño de la muestra a realizar encuestas se obtiene a partir de la fórmula establecida en la la Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista, dicha ecuación se presenta a continuación:

$$n \geq \frac{p(1-p)}{\left(\frac{e}{z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

Donde:

n: Número de ciclistas a encuestas.

p: Proporción de viajes con un destino determinado, en este caso se utiliza 0.5 ya que es el valor más conservador.

e: error asociado, se utiliza 0.1 (10%).

z: igual a 1.96 para un nivel de confianza de 95 %.

N: tamaño de la población, obtenido por medio de conteos.

2.3. Conteos Ciclistas

La realización de conteos de ciclistas es parte fundamental para conocer demanda actual de ciclistas en el cantón de Belén, es por esto que se realizaron conteos de ciclistas durante los periodos pico de la mañana y de la tarde, en las mismas horas en las cuales se realizaron las encuestas, en cada uno de los puntos mostrado en la Figura 3.

Se utiliza la población de ciclistas determinada, tanto de la hora pico de la mañana como de la tarde, para calcular el tamaño de la muestra de ciclistas a la cual realizar encuestas.

Los conteos se realizan cada 15 minutos, se dividían los quese consideraban ciclistas deportivos de medio/alto rendimiento, ya que esta población no solía detenerse a realizar la encuesta, considerando esto y que posiblemente los deportistas que anden entrenando no son una demanda de una ciclovía urbana.

2.4. Conteos vehiculares

Se utilizan conteos vehiculares realizados anteriormente por nuestra empresa y otros aportados por la Municipalidad de Belén (esto debido a que no se encuentra dentro del alcance de este proyecto la realización de conteos vehiculares) con los dos principales fines:

- Analizar la caracterización de los flujos viales que transitan sobre el trazo de ciclovía en cuestión.
- Determinar la infraestructura o facilidad ciclística requerida según volúmenes vehiculares a partir de los establecido en la Guía Técnica de Diseño de Infraestructura Ciclista del MOPT, lo cual se puede observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tipo de infraestructura según velocidad y volumen vehicular

Velocidad Máxima Vehicular (km/h)	Volumen Vehicular Motorizado (Máximo Diario)	Tipo de Infraestructura Ciclista
30	4000	Carril Compartido
≤ 40	4000	Demarcada
> 40 ≤ 60	N/A	Segregada Tipo 1
> 60	N/A	Segregada Tipo 2
N/A	N/A	Trazo Independiente

Fuente: Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista del MOPT, 2019

- Se utilizan los flujos viales para el cálculo del Índice de Compatibilidad de Bicicletas, el cual se explicará en la sección 2.8

2.4.1.Proyección

El cálculo de la proyección se realizará para el año 2020, año de análisis. Se construyó la curva logística con la información de los volúmenes vehiculares para la sección de control 40700 sobre la Ruta Nacional No. 129. Las tasas de crecimiento calculadas se obtienen de la curva logística y a partir de dicho dato se calcula el factor de crecimiento mediante la siguiente ecuación:

$$GF_{i-n} = (1 + \%_{crec})_i * (1 + \%_{crec})_{i+1} * \dots * (1 + \%_{crec})_n$$

Donde:

i es el año actual

n es el año al cual se desea proyectar.

Los conteos brindados por la municipalidad fueron realizados en los años 2013 y 2014, por tanto, se realiza el cálculo de dos factores de crecimiento, en el caso del año 2013 el factor corresponde a 1.559 y en el caso del 2014 de 1.462. Los detalles del cálculo del factor de crecimiento se pueden consultar la sección de Anexos.

2.5. Encuestas a empresas generadores de viajes (Encuestas de preferencia declarada)

Se realiza una encuesta a trabajadores y colaboradores de empresas o centros corporativos que se consideran posibles importantes generadores y atractores de viajes en el cantón. Las empresas o centros corporativos que se consideraron son El Arreo, Unilever, AFZ, El Cafetal e Intel. Estas empresas o centros corporativos además de ser importantes generadores y atractores de viajes manifiestan disposición de enviar la encuesta a sus trabajadores.

Se utilizan dos tipologías principalmente de encuesta para obtener información requerida respecto a la movilidad. Una primera tipología, de preferencia revelada, la cual se utiliza con el fin de obtener información respecto las características de la movilidad actual de los encuestados, y una segunda tipología, de preferencia declarada, con la cual se busca obtener información de la preferencia de los

encuestados ante una serie de hipótesis, en este caso principalmente para conocer si la construcción de una ciclovía incentivaría que las personas elijan la bicicleta para movilizarse en bicicleta.

La encuesta está diseñada en alrededor de 4 secciones, esto con el fin de poder caracterizar la movilidad de las personas que trabajan en dichos centros, conocer disponibilidad para que personas consideren la bicicleta como medio de transporte, conocer si la existencia de una ciclovía ayudaría a que dichas personas utilicen la bicicleta como medio de transporte y, por último, una caracterización de la persona que llena la encuesta.

2.6. Estudio Velocidad

Se realiza un análisis de las velocidades de operación a lo largo del trazo de la ciclovía en estudio en un total de 17 puntos, la ubicación de estos se observa en la Figura 4. Se explica a continuación la metodología para obtener las velocidades en cada punto y determinar la velocidad de operación.

2.6.1. Velocidad de punto (Método de los dos observadores)

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea.

Para evaluar la velocidad de los vehículos en cada tramo de las vías estudiadas se ha utilizado el método de los dos observadores. Este es un método sencillo de realizar ya que se basa en el tiempo empleado por el vehículo en recorrer una distancia determinada, sin embargo, se necesita tener una cantidad de datos suficiente para obtener resultados representativos, ya sea al menos 30 mediciones o los datos recolectados en una hora.

En base a los datos obtenidos, la velocidad se calcula mediante la fórmula básica de la física:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

v = velocidad

d = distancia

t = tiempo

Se debe escoger un tramo de la vía donde los vehículos circulen a una velocidad uniforme, por lo que la longitud debe ser pequeña, en un rango comprendido de 30 a 100 metros, y no deben tener interrupciones como cruces o paradas (Cal y Mayor, 2005).

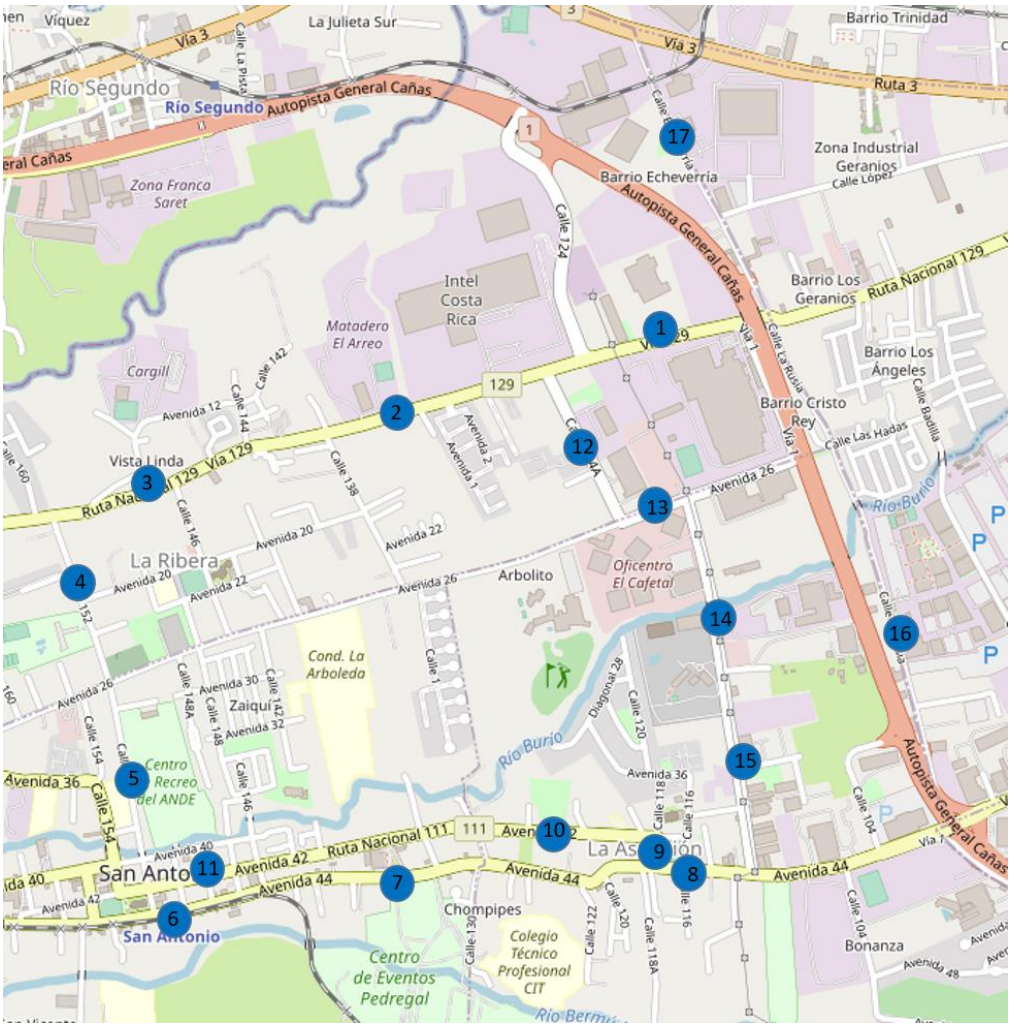


Figura 4. Ubicación de la totalidad de puntos en los cuales se realizaron tomas de velocidades

2.6.2. Velocidad de Operación

El Manual de Diseño del SIECA establece que la velocidad de operación de una vía corresponde al percentil 85 de la totalidad de datos de velocidad tomados en un tramo de la vía. La velocidad obtenida del percentil 85 representa que el 85 % de los conductores transitan a dicha velocidad o una menor.

2.7. Levantamientos geométricos

Se realizan un total de 26 levantamientos geométricos a lo largo de todos los tramos de estudio. Inicialmente se realiza un levantamiento en cada uno de los 17 puntos en los cuales se realizaron estudio de velocidad y posteriormente se realizan otros 9 levantamientos geométricos para verificar medidas u obtener secciones transversales de algunos puntos que se consideraban críticos. Los levantamientos se realizan utilizando un odómetro para la medición de cada uno de los elementos que conforman la sección transversal y dibujando un croquis de esta y sus dimensiones.

2.8. Metodología Índice de Compatibilidad de Bicicletas BCI

Se utiliza el Índice de compatibilidad para bicicletas desarrollado por la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA por sus siglas en inglés, Federal Highway Administration) para poder analizar las condiciones actuales a lo largo del trazo de la ciclovía y evaluar la capacidad las vías para alojar ciclistas y vehículos.

Se divide el trazo preliminar de la ciclovía en un total de 17 tramos de estudio en los cuales se realizaría el cálculo de BCI, cada uno de estos tramos elegidos se seleccionan por la presencia de ciertas condiciones similares. En la siguiente Figura 5 se pueden observar cada uno de los tramos seleccionados.

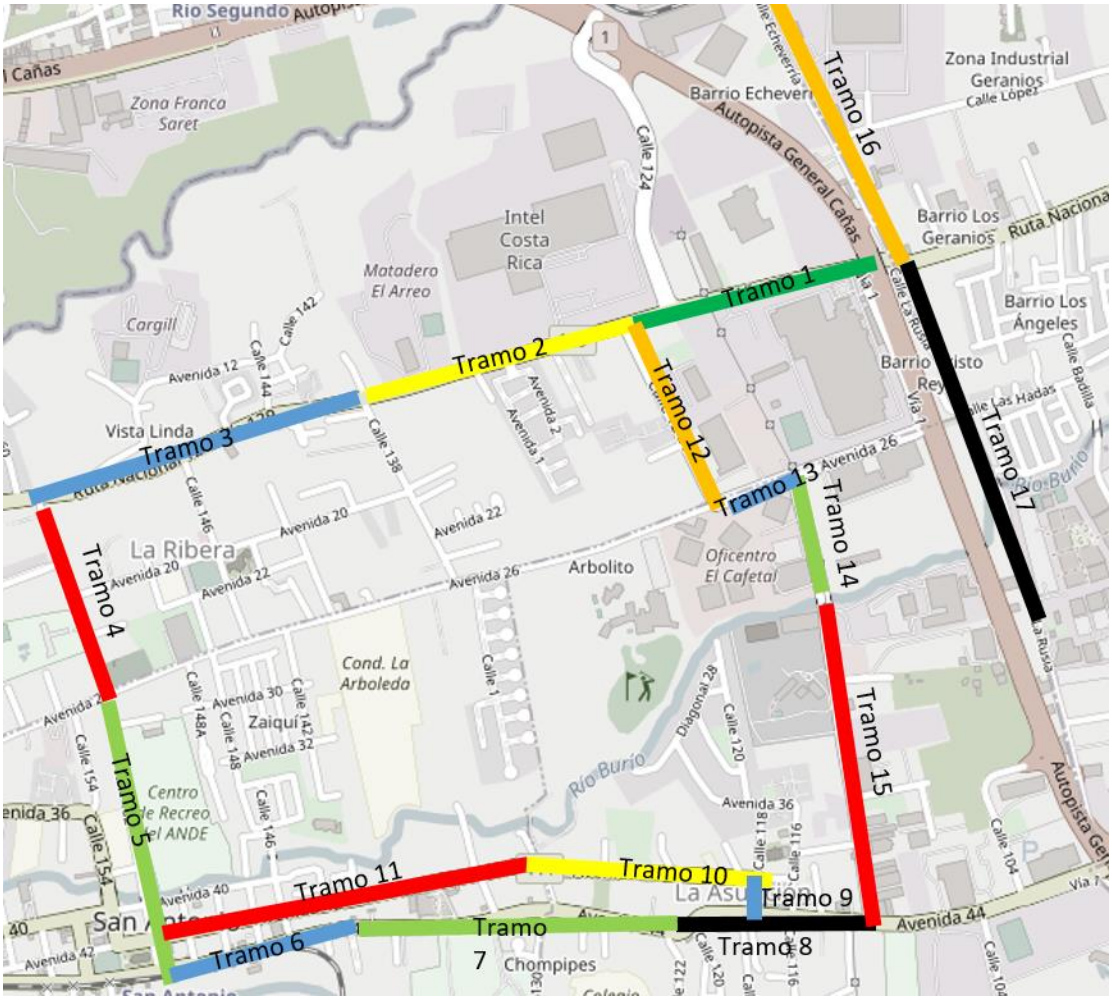


Figura 5. Ubicación de tramos de estudio elegidos

La obtención del índice de compatibilidad de bicicletas se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$BCI = 3.67 - 0.966 * BL - 0.410 * BLW - 0.498 * CLW + 0.002 * CLV + 0.0004 * OLV + 0.022 * SPD$$
$$+ 0.506 * PKG - 0.234\, AREA + AF$$

Donde:

BL: Presencia de carril de bicicleta o espaldón mayor a 0.9 m (Sí =1 No=0)

BLW: Ancho del carril de bicicletas o espaldón en metros

CLW: Ancho del carril vehicular adyacente en metros

CLV: Volumen vehicular del carril adyacente en la hora de estudio

OLV: Volumen vehicular del otro carril adyacente en la hora de estudio

SPD: Velocidad de operación vehicular según percentil 85

PKG Parqueo adyacente a la ciclovía ocupado en más del 30 % (Sí =1 No=0)

AREA: Área residencial (Sí =1 No=0)

AF: Factores camiones, parqueos, giros a la derecha, donde:

$$AF = f_t + f_p + f_{rt}$$

f_t: Factor por vehículos pesados por hora en el carril adyacente

f_p: Factor por tiempo límite de parqueo

f_{rt}: Factor por giros a la derecha por hora

Estos últimos factores se calculan a partir de los siguientes cuadros

Cuadro 2. Factores de ajuste por volumen de pesados

Camiones por hora en el carril adyacente (Pph)	f_t
≥ 120	0.5
60 a 119	0.4
30 a 59	0.3
20 a 29	0.2
10 a 19	0.1
<10	0

Fuente: FHWA,1998

Cuadro 3. Factores de ajuste por tiempo de parqueo

Tiempo límite de parqueo (min)	f_p
≤ 15	0.6
16 a 30	0.5
31 a 60	0.4
61 a 120	0.3
121 a 240	0.2
241 – 480	0.1
> 480	0.0

Fuente: FHWA,1998

Cuadro 4. Factores de ajuste por giros a la derecha

Giros a la derecha por hora (Vph)	f_{rt}
≥ 270	0.1
< 270	0.0

Fuente: FHWA,1998

A partir del cálculo mediante la ecuación anterior se procede a clasificar el tramo de estudio a partir de los rangos establecidos en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Niveles de BCI

BCI	**Rango**	Nivel de compatibilidad
A	≤ 1.5	Extremadamente alta
B	1.51 – 2.30	Muy alta
C	2.31 – 3.40	Moderadamente alta
D	3.41 – 4.40	Moderadamente baja
E	4.41 – 5.30	Muy baja
F	> 5.3	Extremadamente baja

Fuente: FHWA,1998

3. DESARROLLO

3.1. Descripción de la situación actual

3.1.1. Generadores y atractores de viajes

Parte del análisis para la implementación se debe determinar puntos importantes en el cantón que puedan ser importantes generadores y atractores de viajes en bicicleta, por esto se realiza un mapeo en el cual se detallan empresas de gran tamaño, centros corporativos, escuelas, colegios, clínicas, entre otros puntos importantes. En la siguiente imagen se puede observar la ubicación de estos puntos.

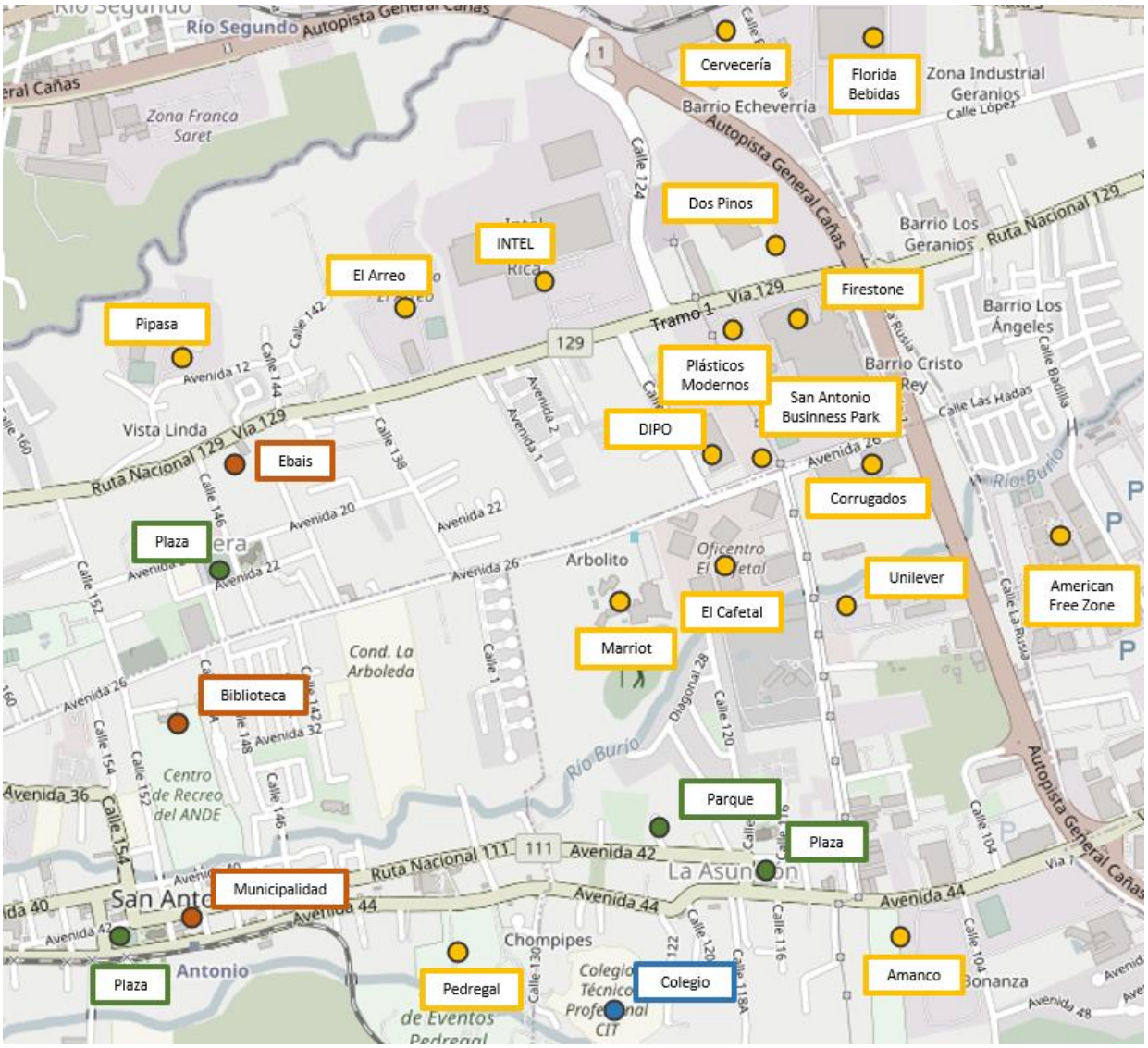


Figura 6. Posibles generadores y atractores en la zona de estudio

3.1.2. Rutas de transporte público

Debido que el transporte público puede ser un importante generador y atractor de viajes y a la posibilidad de realizar intermodalidad (utilización de varios medios de transporte en una misma ruta para viajar de un punto A a un punto B, por ejemplo, viajar en San José en bicicleta a la estación del tren y viajar hasta Belén en tren) es importante analizar que rutas existen de transporte público (bus y tren) sobre la zona de análisis. En la siguiente imagen se muestra la ubicación de la Estación del tren y las rutas de transporte público que pasan por la zona de estudio.

Al observar la Figura 7, es posible determinar que en el sector este de la calle del Arbolito existen un importante grupo de generadores y atractores de viajes los cuales no cuentan de manera accesible de rutas de transporte público para movilizarse.

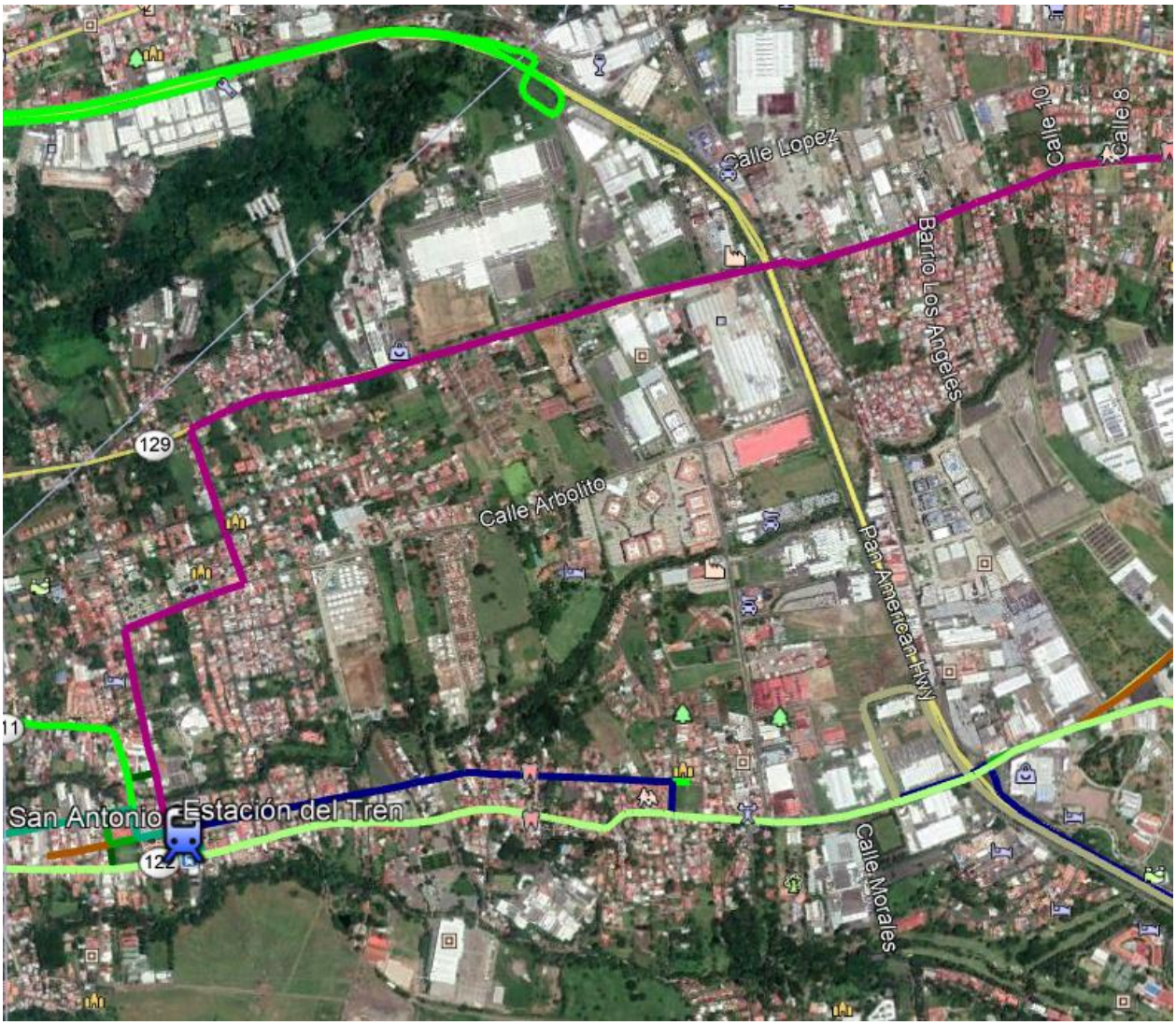


Figura 7. Rutas de buses sobre la zona de estudio y ubicación de estación del tren

3.1.3. Secciones Transversales

Es fundamental conocer cuál es el espacio disponible para colocar una ciclovía es por esto por lo que se realizan levantamientos geométricos en cada uno de los tramos de estudio, según las condiciones de los tramos se decide realizar uno, dos o más levantamiento. En total se realizaron alrededor de 26 levantamientos distribuidos entre

todos los tramos de análisis, se contó también con la topografía en los alrededores del túnel bajo Autopista General Cañas en Ruta Nacional 129.

A continuación, se detallan por cada uno de los tramos las secciones transversales, los elementos que la conforman, las dimensiones y la ubicación de cada levantamiento, haciendo énfasis en espacio disponible para la implementación de una ciclovía:

Tramo 1: Este tramo cuenta con dos sentidos de circulación, en la mayoría del tramo estudiado cuenta con un carril en el sentido Este – Oeste, y de dos en el otro sentido, la configuración se puede observar en la Figura 28. Los anchos de carriles varían entre los 3.3 m y los 4.15 m, entre mayor sea la cercanía con el túnel bajo la autopista General Cañas menor es el espacio y los anchos de carril disponibles. Existe además un espacio disponible de espaldón en el cual en los puntos de menor dimensión tiene 30 cm en sentido Este - Oeste y 15 cm en el Oeste – Este.

Tramo 2: Este tramo cuenta con dos secciones diferenciadas principalmente, una en las cercanías de la entrada a INTEL la cuenta con bastante espacio, con dos carriles en el sentido Este – Oeste de 3 y 3.1 m, uno de ingreso a INTEL, una isla de 1.7 m entre sentidos de circulación y un carril en el sentido Oeste – Este de 3.2 m. Además, cuenta con espacios de espaldón de 0.4 m en el sentido Este – Oeste y de 0.16 en el otro sentido. La otra sección se encuentra después de la entrada a INTEL y hasta el super Yaplus, en este caso se tiene menor espacio disponible, cuenta con un carril por sentido de cerca de 3.1 m con espacios de espaldón de 0.15 y 0.17 m en cada lado de la carretera, es decir como máximo se cuenta con 6.52 m disponible. En la Figura 29 se puede observar las secciones transversales para el tramo 2 y la ubicación de dichas de los levantamientos realizados.

Tramo 3: Este tramo presenta un carril por cada uno de los sentidos de circulación, según los levantamientos realizados se presentan anchos de carril entre los 3.1 m a los 3.6 metros variando a lo largo del tramo, se cuenta además con espacio de espaldón con dimensiones entre 0.15 m y 0.74 m. Según los levantamientos, los cuales se pueden visualizar en la Figura 30, el espacio disponible varía entre los 6.45 m y los 8.1 m, siendo el primero el caso crítico.

Tramo 4: Este tramo presenta un carril por sentido de circulación, en la Figura 31 se observan los levantamientos con los que se cuenta en el tramo 4. Se observa que se tienen carriles de mayor amplitud los cuales varían entre 3.59 m y 3.77 m, y además se cuenta con 15 cm más a cada lado de la calzada. En este tramo se cuenta con espacio disponible entre 7.48 m y 7.8 m.

Tramo 5: Este tramo presenta un carril por sentido, en su mayoría varían entre los 3.55 m y los 3.71 m, y no se presenta espacio extra como espaldón, en la Figura 32 se puede observar los levantamientos geométricos realizados. Se cuenta con espacio disponible de máximo 7.1 metros a excepción del puente ubicado sobre este tramo en el cual se reducen los carriles a 3.2 m.

Tramo 6: En este tramo se realizan dos levantamientos, cada uno se puede observar en la Figura 33, el primero de estos se realiza en la cercanía de la Estación del tren, en dicha sección en general se cuenta con bastante espacio disponible, con carriles en el sentido Oeste – Este de entre 3.7 m y 6.2 m en su sección más amplia, además de una isla y espacio de parqueo. Se cuenta también un espacio de espaldón de 0.7 m en el lado sur de la calzada. En el punto menos angosto se cuenta con 10.78 m. En el segundo levantamiento realizado se tiene un ancho de calzada de 7.5 m, dividido en dos carriles con sentido de circulación en el sentido Oeste – Este, uno de 3.9 m y el otro de 3.6 m, se tendrían disponibles 7.5 m de espacio. Sobre la mayoría de este tramo la sección transversal total está conformada por la vía del tren de 4.4 m aproximadamente.

Tramo 7: En este tramo se realizan 3 levantamientos, la ubicación y las secciones transversales se pueden observar en la Figura 34. Se cuenta con carriles de 3.8 m a 4.3 m, ambos en el sentido de circulación Oeste – Este. En el punto más angosto se cuenta con 7.8 m de espacio disponible en la calzada.

Tramo 8: Se realizan dos levantamientos sobre este tramo, en la Figura 35 se puede observar la ubicación y las características de la sección transversal. En este caso se cuenta con tres carriles, dos en el sentido Oeste – Este y uno en el sentido contrario, los anchos de carril varían entre 3.4 m y los 5.29 m, en el punto más angosto se cuenta con 11.9 m.

Tramo 9: Al costado oeste de la plaza la Asunción se tienen dos carriles en el sentido Sur – Norte, tal y como se puede observar en la Figura 36. Cada carril cuenta con un ancho de 4.1 m, es decir, se tiene disponible un espacio de 8.2 metros.

Tramo 10: Esta sección cuenta con dos carriles de circulación en el sentido Este – Oeste, y un espacio disponible de la calzada de 7.2 m. En la Figura 37 se observa todos los elementos que conforman la sección transversal y sus dimensiones.

Tramo 11: Al igual que la sección anterior, esta sección cuenta con dos carriles de circulación en el sentido Este – Oeste. El espacio disponible de calzada es de 7.31 m. En la Figura 38 se observa todos los elementos que conforman la sección transversal y sus dimensiones.

Tramo 12: En general este tramo cuenta con espacio amplio disponible, en la Figura 39 se observa los elementos que conforman la sección transversal en dos puntos sobre este tramo, se destaca la ausencia de acera sobre el costado oeste de la calzada. Sobre este tramo existen dos secciones, una que cuenta con un carril de circulación por sentido de alrededor 4 m y otra con dos carriles de circulación por sentido de entre 3.1 m y 3.5 m. El espacio disponible sobre la calzada es de 8 m en uno de los puntos y de 13.2 m en el otro punto en el cual se realizó levantamiento. En este caso existe un espacio de 5.3 m de zona verde y posteriormente de cuneta, esto cerca de la intersección con la calle El Arbolito, en el lado oeste de la calzada los cuales se podrían destinar a acera y parte de ciclovía.

Tramo 13: Este tramo cuenta con una serie de variaciones en la sección transversal, en la Figura 40 se observa solamente la configuración en el punto más crítico, el cual es el de menor ancho. En general la calzada está conformada por un carril de circulación en cada uno de los sentidos y se cuenta con carriles para realizar el giro de ingreso y salida del El Centro Corporativo El Cafetal. Como se observa en la Figura 40, se cuenta con carriles entre los 3 y 3.1 m, un espacio de espaldón en el costado norte de 0.1 m y un carril de 5.4 m en el costado sur de la calzada, es decir, se tiene disponible un espacio de 11.6 m.

Tramo 14: En general este tramo cuenta en la sección trasversal con suficiente espacio, sin embargo, existe un puente ubicado sobre este punto el cual cuenta con un carril por sentido de circulación de 3.75 m. En la Figura 41, se observa la sección transversal sobre un punto al este de El Centro Corporativo El Cafetal y sobre el puente. En el primer levantamiento se obtiene una calzada con 14 m de ancho, para un carril por sentido, se destaca la existencia de postes de electrificado ubicados entre la calzada.

Tramo 15: Este tramo cuenta con una sección trasversal bastante amplia, si se suma cada uno de los elementos que la conforman, los cuales se observan en la Figura 42, se obtiene cerca de 21 m. Este valor es importante ya que en el punto de menor ancho de la calzada se tiene un carril por sentido de cerca de 3.15 m, es decir, se tiene en la calzada disponible 6.30 m, espacio insuficiente para los carriles vehiculares y una ciclovía, por tanto, se podría utilizar los amplios espacios de zona verde que hay en ambos costados de la calzada.

Tramo 16: Este tramo cuenta principalmente con dos secciones diferenciadas, una en las cercanías de la intersección con la ruta nacional 129 y otra hacia el norte de la calle Echeverría, en la Figura 43 se observan ambas secciones transversales. En las cercanías de la ruta nacional 129 se cuentan con dos carriles en el sentido Norte – Sur y con uno en el sentido Sur – Norte, el espacio disponible total de la calzada es de 10.68 m, lo que da cerca de 3.6 m por carril. La otra sección cuenta con un carril de circulación por sentido, con carriles de cera de 3.3 m, con un espaldón en el costado oeste de 0.18 m y de cerca de 2.4 m en el costado este. Es decir, se cuenta con un espacio disponible de 9.2 m en la calzada.

Tramo 17: De manera similar al tramo anterior, se cuenta principalmente con dos secciones diferenciadas, una en las cercanías de la intersección con la ruta nacional 129 y otra en las cercanías de AFZ, en la Figura 44 se observan ambas secciones transversales. En las cercanías de la ruta nacional 129 se cuentan con un carril por sentido de circulación y una calzada que puede variar entre 4.8 m y 5.4 m. El sector cerca de AFZ cuenta con dos carriles en el sentido Sur – Norte de entre 3.5 y 3.6 m y uno en el sentido Norte -Sur de 3.3 m, para un espacio disponible de 10.4 m.

3.1.4. Pendientes

Existen longitudes máximas recomendadas según la pendiente de la vía por la cual se ubicaría la ciclovía, por tanto, se analizan las pendientes de los tramos de estudio, con el fin de analizar por cuales zonas existen importantes pendientes las cuales podrán afectar el trazo de ciclovía a obtener. En el Cuadro 6, se observan las pendientes promedio obtenidas a partir del programa Google Earth, se divide en alguno de los tramos en subtramos en los cuales se mantuviera una pendiente similar.

Cuadro 6. Pendientes promedios en cada uno de los tramos de estudio

	Distancia (m)	**Pendiente promedio (%)**
Tramo 1	668	3.3
Tramo 2	718	2.1
Tramo 3 A	250	4.5
Tramo 3 B	348	3.7
Tramo 3 C	332	9.3
Tramo 4 A	290	7.2
Tramo 4 B	270	1.7
Tramo 5 A	477	6.4
Tramo 5 B	291	2.8
Tramo 6	527	2.3
Tramo 7 A	505	2.4
Tramo 7 B	333	4.2
Tramo 8 A	218	7.1
Tramo 8 B	358	5.8
Tramo 9	97	-
Tramo 10	582	-6
Tramo 11	1.06	-2.2
Tramo 12	530	1
Tramo 13	217	2
Tramo 14	345	6.8
Tramo 15 A	521	1.9
Tramo 15 B	354	6
Tramo 16	981	6.2
Tramo 17	1.45	-3.4 y 3.2

3.1.5. Volúmenes Vehiculares

Se obtienen flujos vehiculares en cada uno de los tramos de análisis para cada uno de los sentidos de circulación, esto a partir de los conteos brindados por la Municipalidad de Belén realizados en el 2013 y 2014 principalmente. En la Figura 8 se muestran los flujos viales para la hora pico de la mañana y el porcentaje de pesados obtenido para cada uno de los tramos de estudio, y en la Figura 9 los flujos vehiculares y porcentajes de pesados para la hora pico de la tarde. Estos valores fueron los utilizados en cada tramo para el cálculo del Índice de Compatibilidad de Bicicletas.

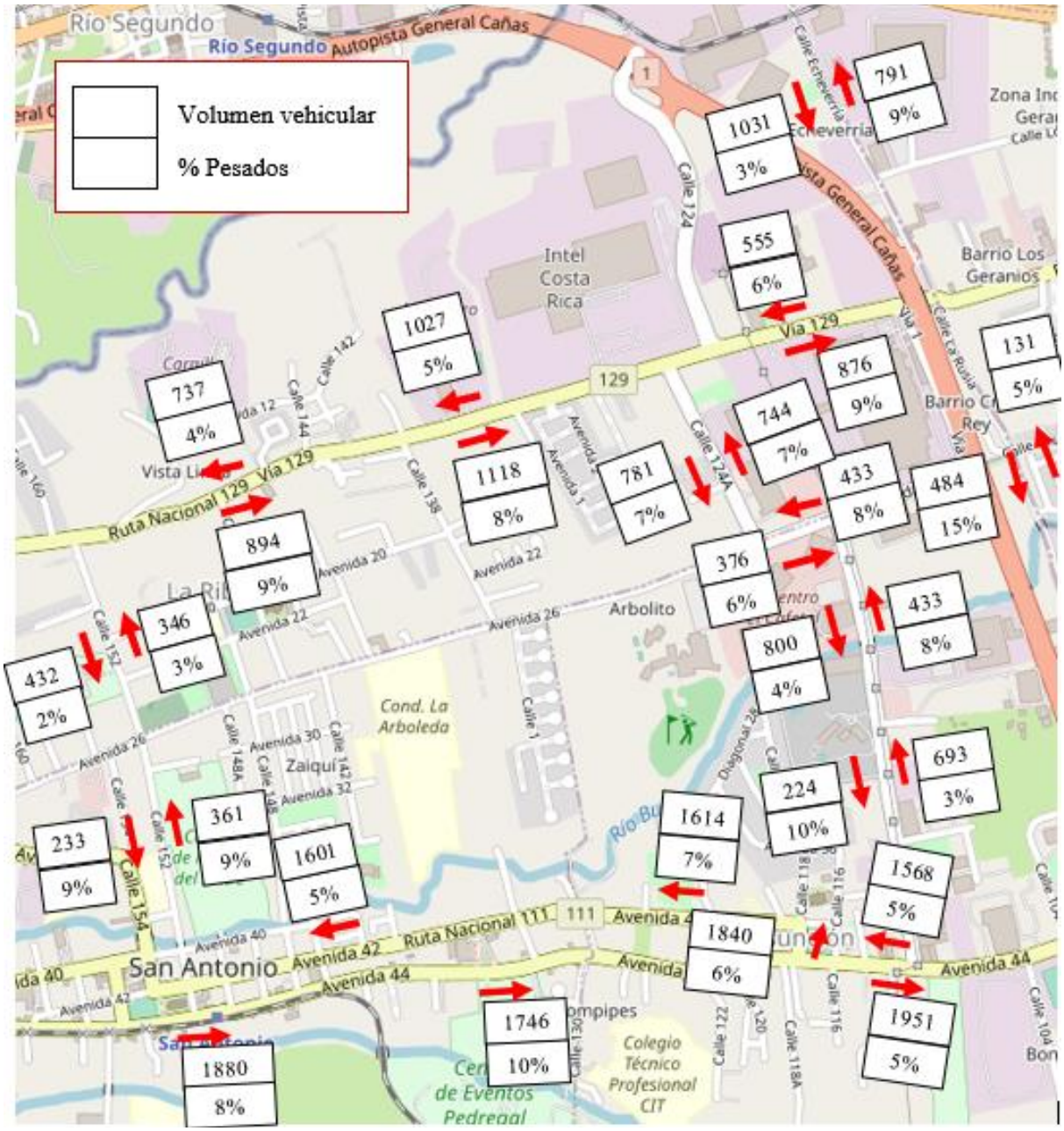


Figura 8. Flujo vehicular en hora pico de la mañana y porcentaje de pesados

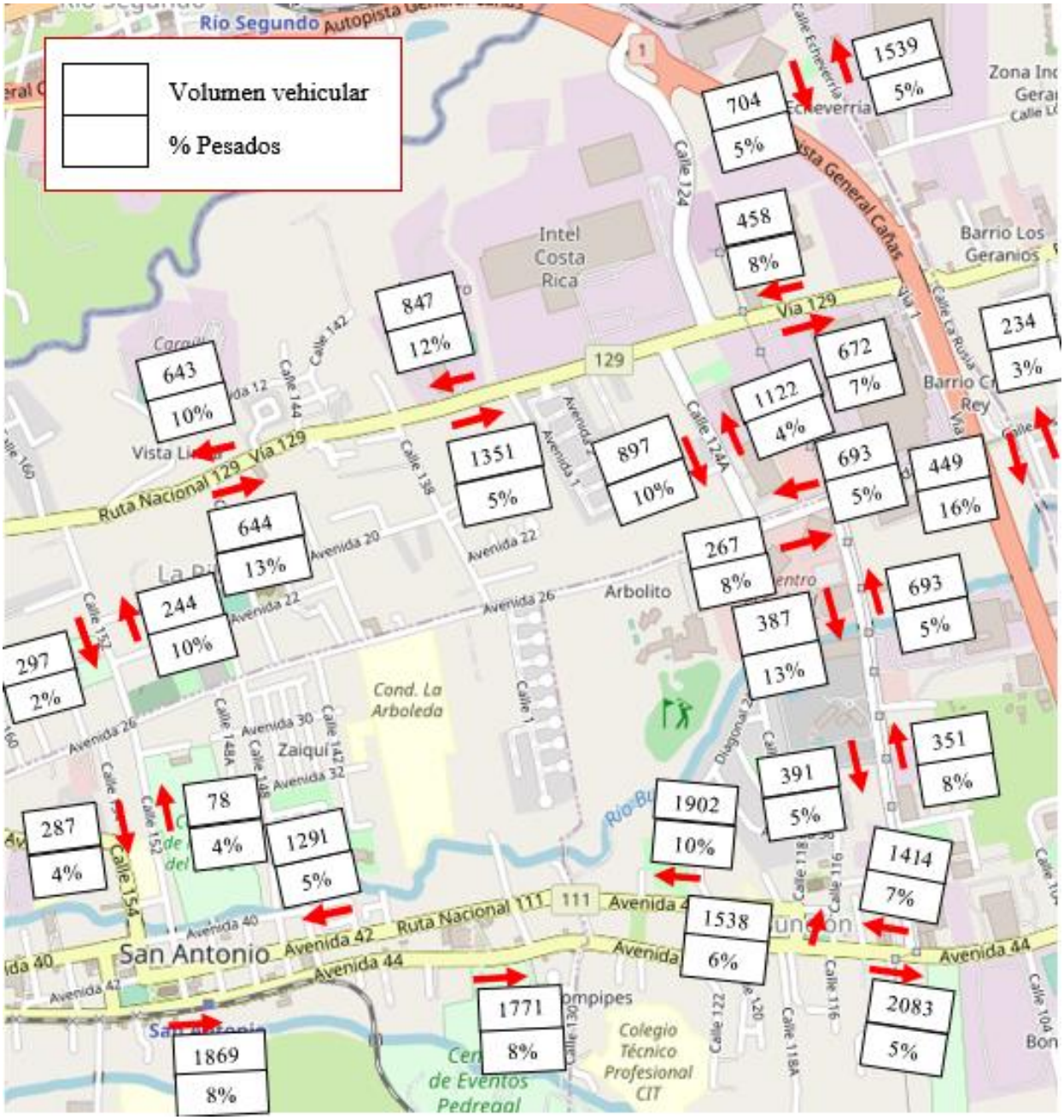


Figura 9. Flujo vehicular en hora pico de la tarde y porcentaje de pesados

3.1.6. Velocidades Reglamentarias y Operación

La velocidad es un insumo requerido primero para elegir la facilidad ciclística requerida, ya que como se observa en el Cuadro 1 conforme la velocidad aumenta, mayor protección deben tener los ciclistas y segundo para poder realizar el cálculo del Índice de Compatibilidad de Bicicletas.

La velocidad reglamentaria que prevalece en la zona de estudio es de 40 km/h, reduciéndose a 25 km/h en zonas escolares.

En la Figura 10 se puede observar las velocidades de operación obtenidas en cada uno de los 17 puntos de estudio, se muestra como en la totalidad de puntos la velocidad operación es mayor a la reglamentaria. En el Cuadro 7 se realiza la comparación entre la velocidad de operación y la reglamentaria en cada uno de los puntos de estudio.

Cuadro 7. Comparación Velocidades de Operación y Reglamentarias

Punto	Operación Sentido Este - Oeste	Operación Sentido Oeste - Este	Señalizada / demarcada	Punto	Operación Sentido Norte - Sur	Operación Sentido Sur - Norte	Señalizada / demarcada
Punto 1	44,1	61,11	40	Punto 4	50,65	46,69	40
Punto 2	58,48	52,77	40	Punto 5	60,97	50,41	25
Punto 3	57,39	52,36	40	Punto 9	44,55	-	40
Punto 6	-	62,92	40	Punto 12	76,41	54,52	40
Punto 7	-	82,53	40	Punto 14	58,08	78,1	40
Punto 8	57,68	76,09	40	Punto 15	46,18	43,81	40
Punto 10	76,14	-	40	Punto 16	30,73	43,61	40
Punto 11	60,41	-	40	Punto 17	45,52	43,18	Sin señalizar
Punto 13	46,93	56,07	40				

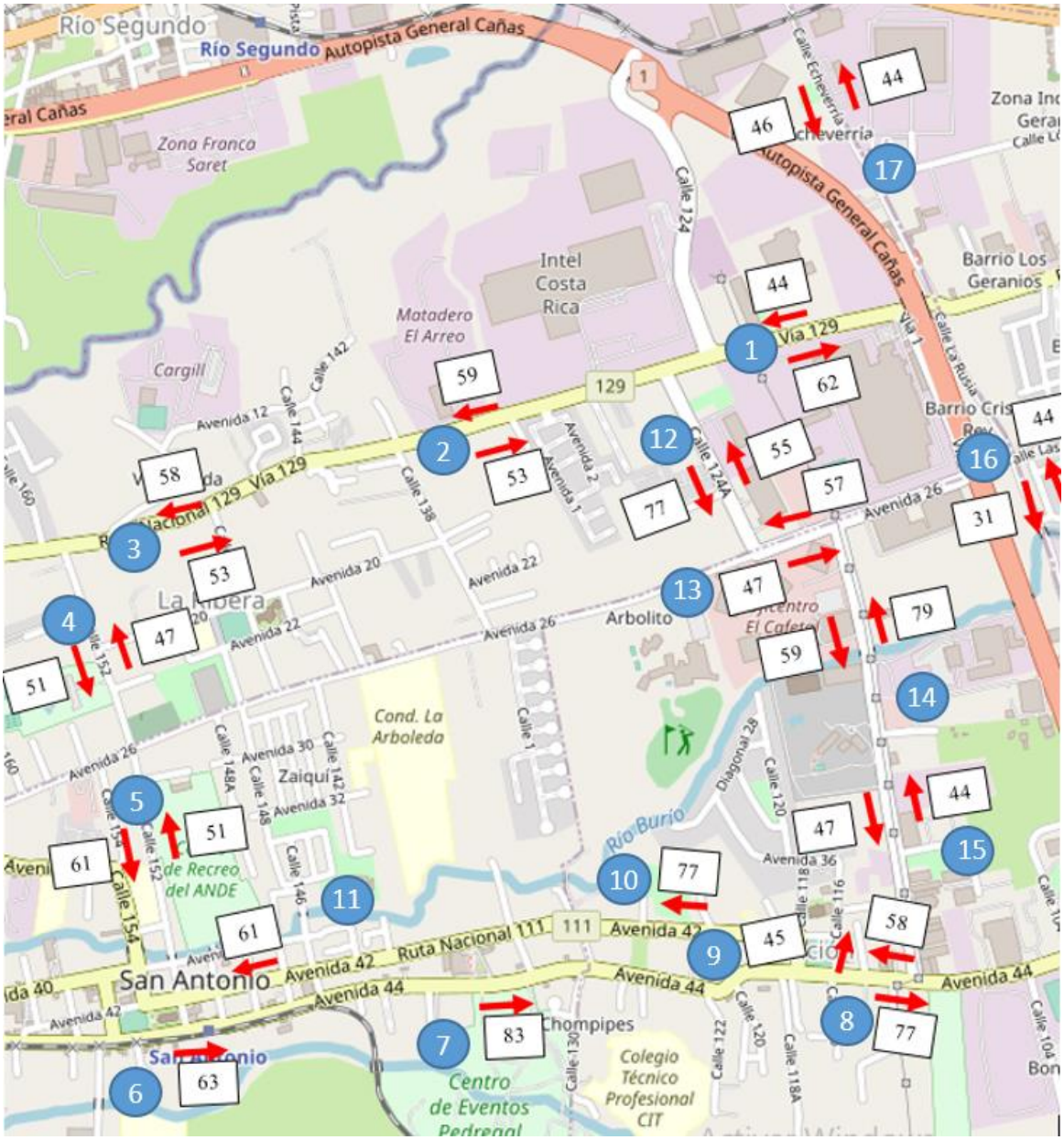


Figura 10. Velocidades de operación a lo largo del trazo de estudio

3.1.7. Accidentabilidad

Parte de los insumos que se pueden considerar para analizar la necesidad una ciclovía es la cantidad de accidentes que se dan en la zona. A partir de la información con la que cuenta el COSEVI se puede cuantificar accidentes que han ocurrido en cada uno de los distritos de Belén entre el año 2014 y el 2018, en la Cuadro 8 se puede observar dicha información.

Es posible obtener la ubicación de dichos accidentes a partir de un mapa que se genera en la página web del COSEVI. La Figura 11 muestra la ubicación aproximada de la totalidad de accidentes en la zona de estudio, estos accidentes incluyen todo tipo de severidad y usuario, para el presente proyecto el interés recae en los ciclistas por tanto se procede a demarcar con cuadros azules el punto de ubicación de accidentes leves de ciclistas y en un cuadro rojo accidentes graves o mortales de ciclistas.

Cuadro 8. Cantidad de accidentes por distrito en los cuales estaba implicados Ciclistas o pasajeros

Año	La Asunción	La Ribera	San Antonio	Total
2014	1	6	2	9
2015	1	3	0	4
2016	0	4	3	7
2017	5	3	9	17
2018	2	4	1	7
Total	**9**	**20**	**15**	**44**

Nota: Elaboración propia a partir de información COSEVI

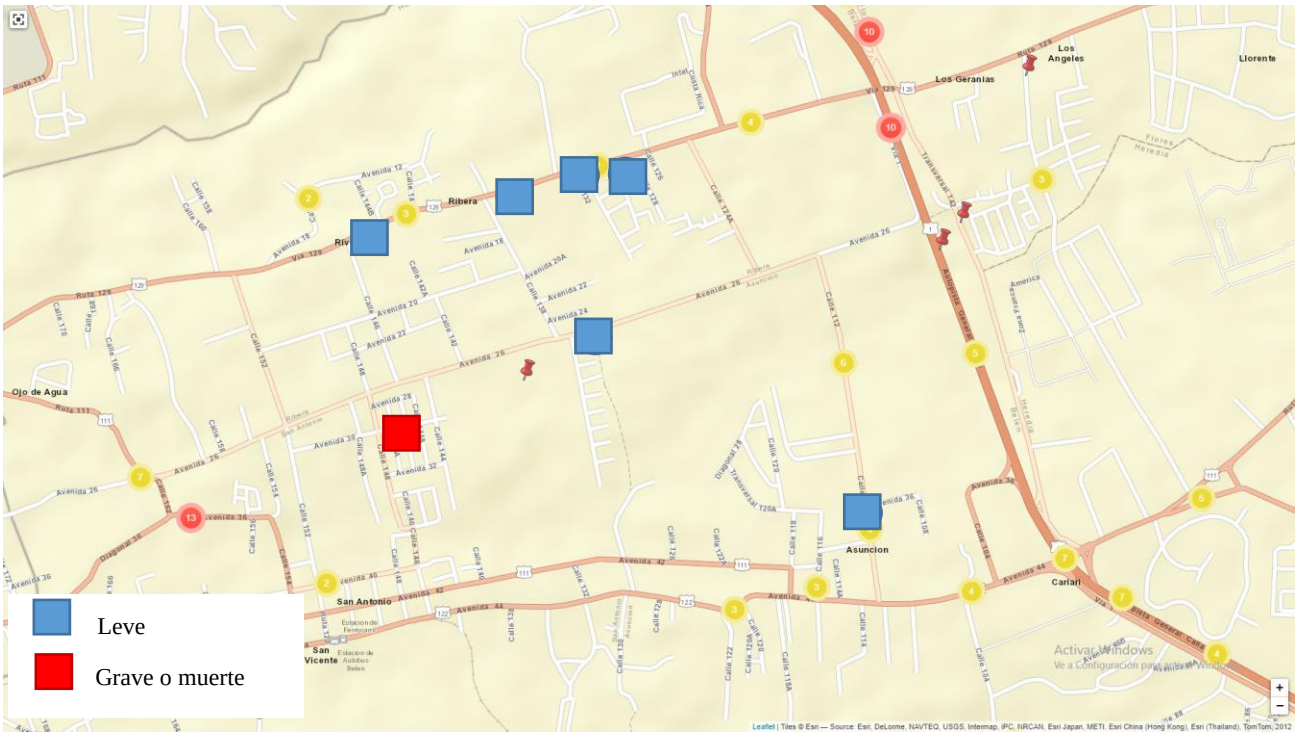


Figura 11. Puntos de accidentes de bicicletas en la zona de estudio según severidad, 2014-2018

Fuente: Elaboración propia a partir de datos abiertos del COSEVI.

3.2. Demanda Actual

3.2.1. Conteos Ciclistas

Se obtiene la cantidad de ciclistas circulando por la zona a partir de la realización de conteos en cinco puntos, la ubicación de estos se puede observar en la Figura 3. En el Cuadro 9 se puede observar el total de ciclistas que transitaron en cada uno de los puntos tanto para la hora pico de la mañana como de la tarde y el total.

Cuadro 9. Conteos de Bicicletas en cada uno de los puntos estudiados (AM, PM y Totales)

Punto	**Club Campestre/Hotel La Riviera**			**Lagar**			**Cafetal**			**Plaza Asuncion**			**Firestone/ Coca Cola**		
Horario	AM	PM	Total	AM	PM	Total	AM	PM	Total	AM	PM	Total	AM	PM	Total
Total ciclistas	37	35	72	39	31	70	27	30	57	40	15	55	84	41	125
Sin Deportistas, sin repetidos	17	23	40	21	19	40	17	22	39	30	13	43	39	28	67

En los conteos se agrupan los ciclistas deportivos, ya que esta población no se detenía a realizar la encuesta, posiblemente debido a que viajaban a altas velocidades y a encontrarse en medio de entrenamiento. Es por esto que se decide restar dicho grupo de la población total de ciclistas en el cálculo de la muestra, ya que las personas encuestadas no representan dicho grupo de ciclista, este grupo por sus condiciones no necesariamente son una demanda de una ciclovía. Asociado a esto el estudio se realiza con un énfasis en el uso de la ciclovía como forma de movilidad cotidiana, es por esto por lo que se analiza la conexión de la ciclovía con centros generadores de viajes y rutas de transporte público, de manera que se pueda promover la bicicleta como un medio de transporte más.

Otro grupo que se restó de la población total de ciclistas fue el de las personas que indicaban que ya habían completado la encuesta. En la Figura 12 se observa el resultado para cada uno de los puntos en los cuales se realizaron conteos.

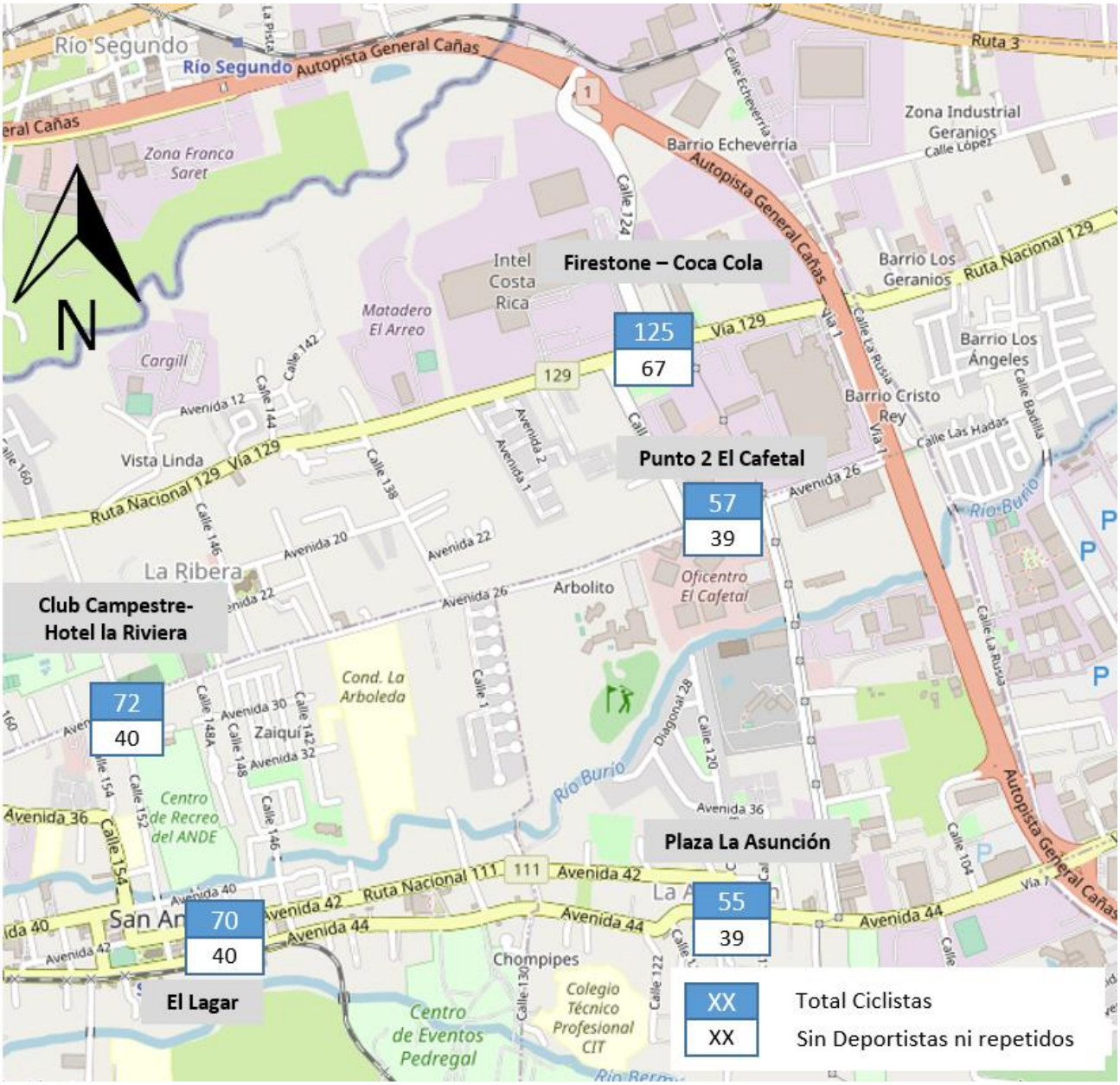


Figura 12. Total de ciclistas que transitaron por cada uno de los puntos analizado.

3.2.2. Cálculo de muestra

El cálculo de la muestra se realiza según la sección 2.2, esto para cada uno de los puntos en los cuales se realizaron conteos, utilizando como población la totalidad de ciclistas menos los deportistas de alto o medio rendimiento y ciclistas que ya habían llenado la encuesta. En el siguiente cuadro se puede

observar el resumen de la población utilizada para cada uno de los puntos en el cálculo de la muestra de población a encuestar, el valor de la muestra y la cantidad de encuestas obtenidas en cada punto.

Cuadro 10. Tamaño de población, muestra y el total de encuestas realizadas para cada uno de los puntos de estudio

Punto	Club Campestre/Hotel La Riviera	Lagar	Cafetal	Plaza Asunción	Firestone/ Coca Cola
Población	40	40	39	43	67
Muestra	29	29	28	30	40
Total de Encuestas	32	29	29	35	41

3.2.3. Resultados Encuestas Ciclistas

En total se realizan 166 de encuestas distribuidas en cada uno de los puntos tal y como se observa en el Cuadro 10. A continuación, se detallan los principales resultados, en la sección de Anexos se encuentran graficados cada uno de los resultados obtenidos de la encuesta.

- Apenas un 5 % de las personas encuestadas fueron mujeres, es porcentaje corresponde a 9 mujeres de un total de 166 encuestas.
- Respecto a los implementos de seguridad, 50 % de las personas encuestadas no utilizaba casco, un 32 % no utilizaba ningún equipo de seguridad, solamente 33 % utilizaba Chaleco o algún refractivo y solamente el 38 % de las personas utilizaba luces.
- La mayoría de las personas encuestadas era menor a 45 años, cerca de un 77 % de los encuestados corresponde a dicho rango de edad. Hay un importante porcentaje que se encuentra entre los 46 y 55 años, corresponde a un 17 % de la totalidad de encuestados.
- Respecto a la ocupación, un 93 % de las personas era empleado o tenía un trabajo propio.
- Respecto a la escolaridad, la mayoría de las personas encuestadas solamente tenían primaria y secundaria completa, corresponde a este grupo un 80 % del total de encuestados. Se destaca que existe un 16 % de las personas que cuentan con la universidad completa.

- Se puede relacionar con la escolaridad los niveles de ingreso familiar de las personas encuestadas, en este caso se obtiene cerca de un 20 % del total que ganan más de ₡ 650 000 al mes y un 65 % ganan menos de dicho monto.
- A partir de la consulta sobre de cuales vehículos es dueños se obtiene que 10 personas no son dueñas de bicicleta, que un total de 22 personas son dueñas de carro y de estas 17 personas eligen la bicicleta para ir trabajo, que 6 personas tienen motocicleta y 5 de estas eligen la bicicleta como medio de transporte y que 2 personas son dueñas de carro y moto y una de estas elije la bicicleta como medio de transporte. Es decir, existe un total de 23 personas que a pesar de tener otros medios de transporte prefieren la bicicleta. En la siguiente figura se puede observar dichos resultados de manera gráfica.

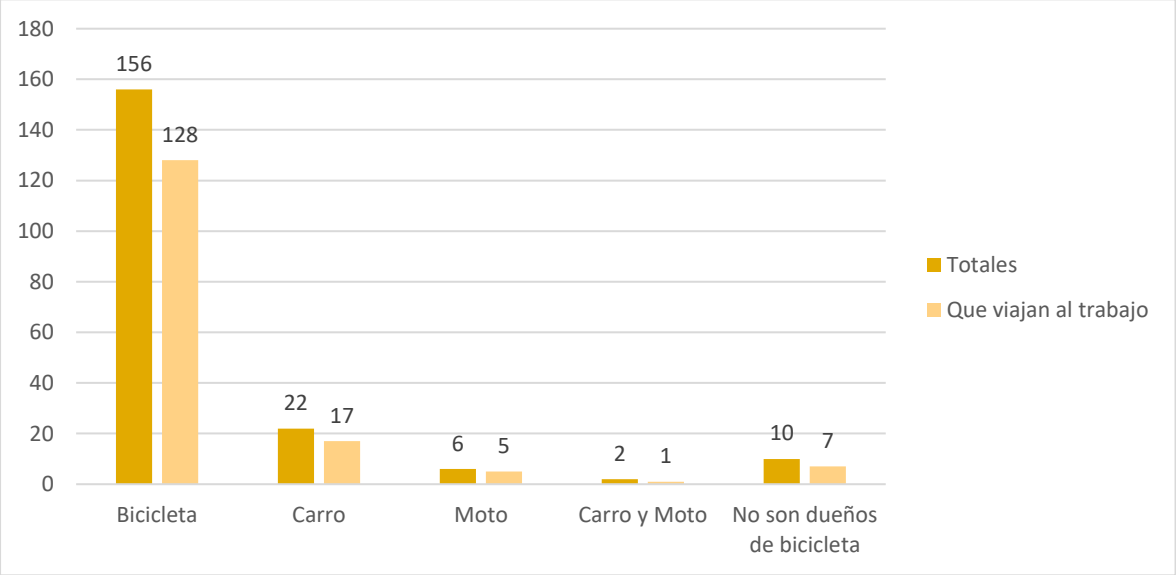


Figura 13. Vehículos de los que son dueñas las personas encuestadas

- Del total de encuestados un total de 67(40%) se considera experimentado y 88 se consideran ciclistas moderado (53%).
- De las personas encuestadas un 23 % cuenta con menos de un año de haber iniciado a andar en bicicleta y un 9 % cuenta con entre 1 año y 2 años de haber iniciado, estos dos grupos corresponden a un total de 53 personas. Un 16 % cuenta con entre 2 y 5 años de haber iniciado a andar en bicicleta y el resto de la población con más de 5 años.

- Respecto a la cantidad de días que las personas utilizan la bicicleta, Se obtiene que un importante porcentaje la usa entre 5 y 7 días para movilizarse, corresponde a un total de 138 persona encuestadas. Apenas un 9 % la utiliza solamente 3 días o menos.
- Respecto al motivo de viaje, la mayoría de las personas estaba utilizando la bicicleta para movilizarse al trabajo, un total de 135 personas. En el siguiente gráfico la cantidad de personas según motivo de viaje y en caso de haber respondido Compras o mandados, y Recreación, cuántos de estos utilizan la bicicleta para ir al trabajo. Esto lo que indica es que 13 personas más utilizan también la bicicleta para ir al trabajo, es decir, que del total de encuestados 148 personas utilizan la bicicleta como medio de transporte para ir al trabajo.

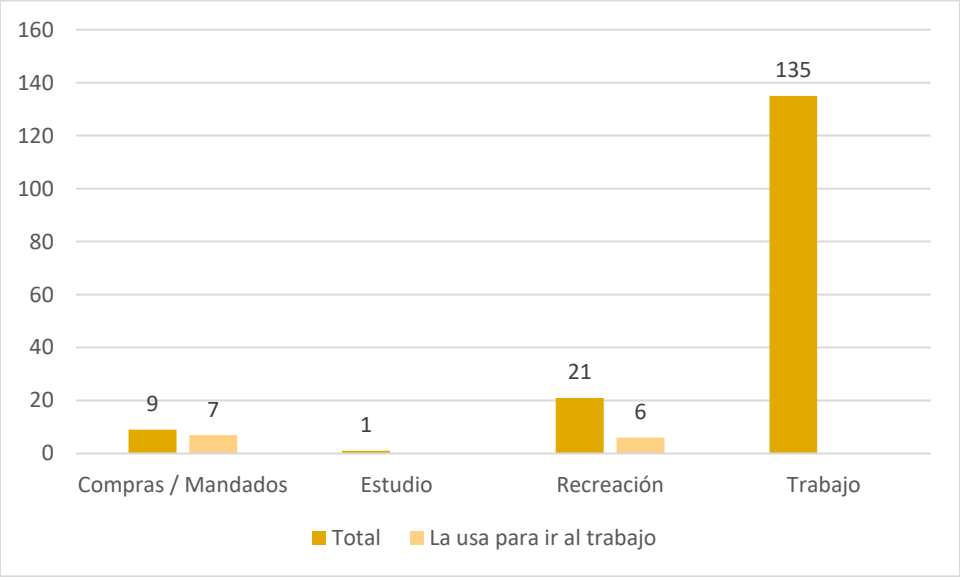


Figura 14. Motivo de viaje de las personas encuestadas

- Un 55 % de las personas encuestadas tarda más de 30 minutos en realizar el viaje actual, de este un 19 % tarda más de 45 minutos.
- Solamente a 11 de las personas encuestadas les han robado la bicicleta en los últimos 3 años.
- 25 personas han tenido algún tipo de accidente en los últimos 3 años, de estos 20 fueron en Belén. En 15 de estos casos el accidente fue un choque o golpe contra vehículo. En tres de los accidentes la causa fue huecos o parrillas.

- Respecto a la percepción de seguridad se obtienen los resultados observados en la Figura 15. En general solamente 16 % de los encuestados se siente muy seguro. En hora pico las personas se siente más inseguras, esto a pesar de que las velocidades de los vehículos tienden a ser menores, posiblemente el factor que afecte en este sentido sea el aumento en el volumen vehicular y agresividad de los conductores.

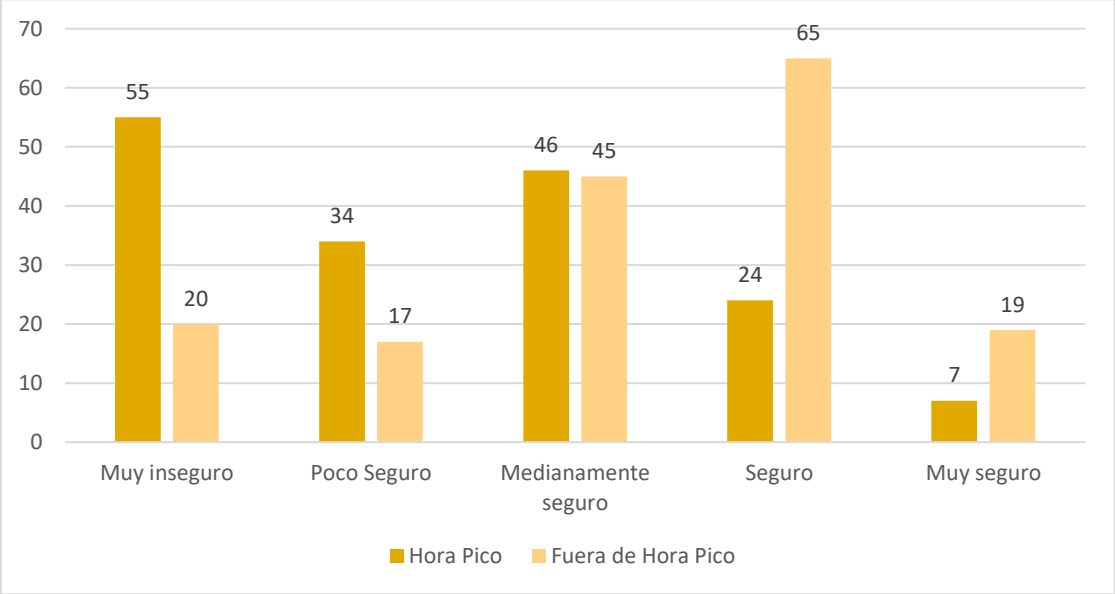


Figura 15. Percepción de seguridad de los ciclistas en hora pico y fuera de esta

- Las personas encuestadas consideran como principal aspecto a tomar en cuenta para el diseño de una ciclovía una señalización o demarcación, el segundo aspecto con mayor importancia es la reducción de la velocidad del vehículo automotor. Se destaca que solamente 7 % de las respuestas obtenidas consideran importante un recorrido con pocas cuestas.
- Respecto al Covid, solamente 20 personas no utilizaban la bicicleta como medio de transporte antes de la pandemia, de estas 17 indican que seguirán utilizándola como medio de transporte una vez se normalice la situación.

3.2.4. Rutas a partir de encuestas

A partir de las consultas respecto a orígenes, destinos y rutas aproximada se procede a ingresar en el programa Google Earth cada una de las respuestas obtenidas, esto con el fin de entender por dónde se mueven los ciclistas

en el Cantón de Belén, en las siguientes figuras se observan cada una de las rutas obtenidas para cada uno de los puntos en los cuales se realizaron encuestas.

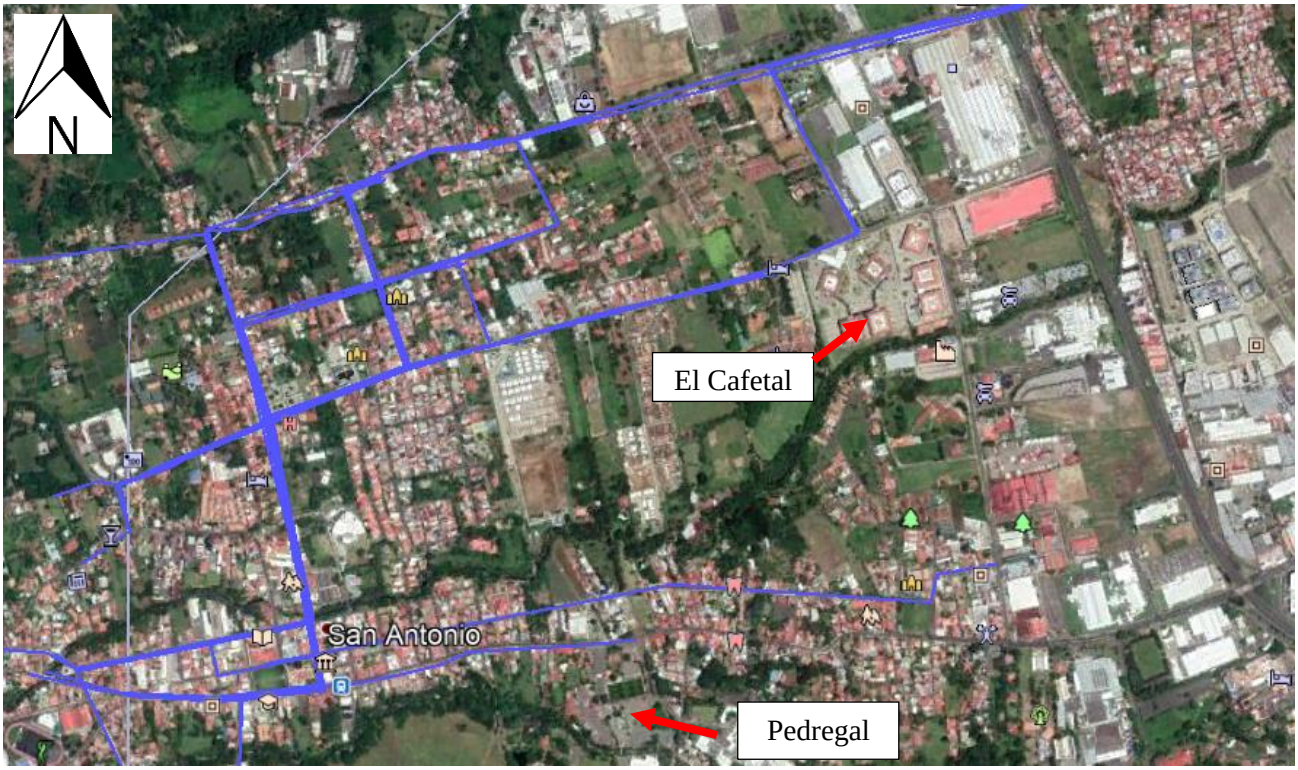


Figura 16. Total de rutas obtenidas a partir de las encuestas realizadas en el sector del Hotel La Riviera y el Club Campestre

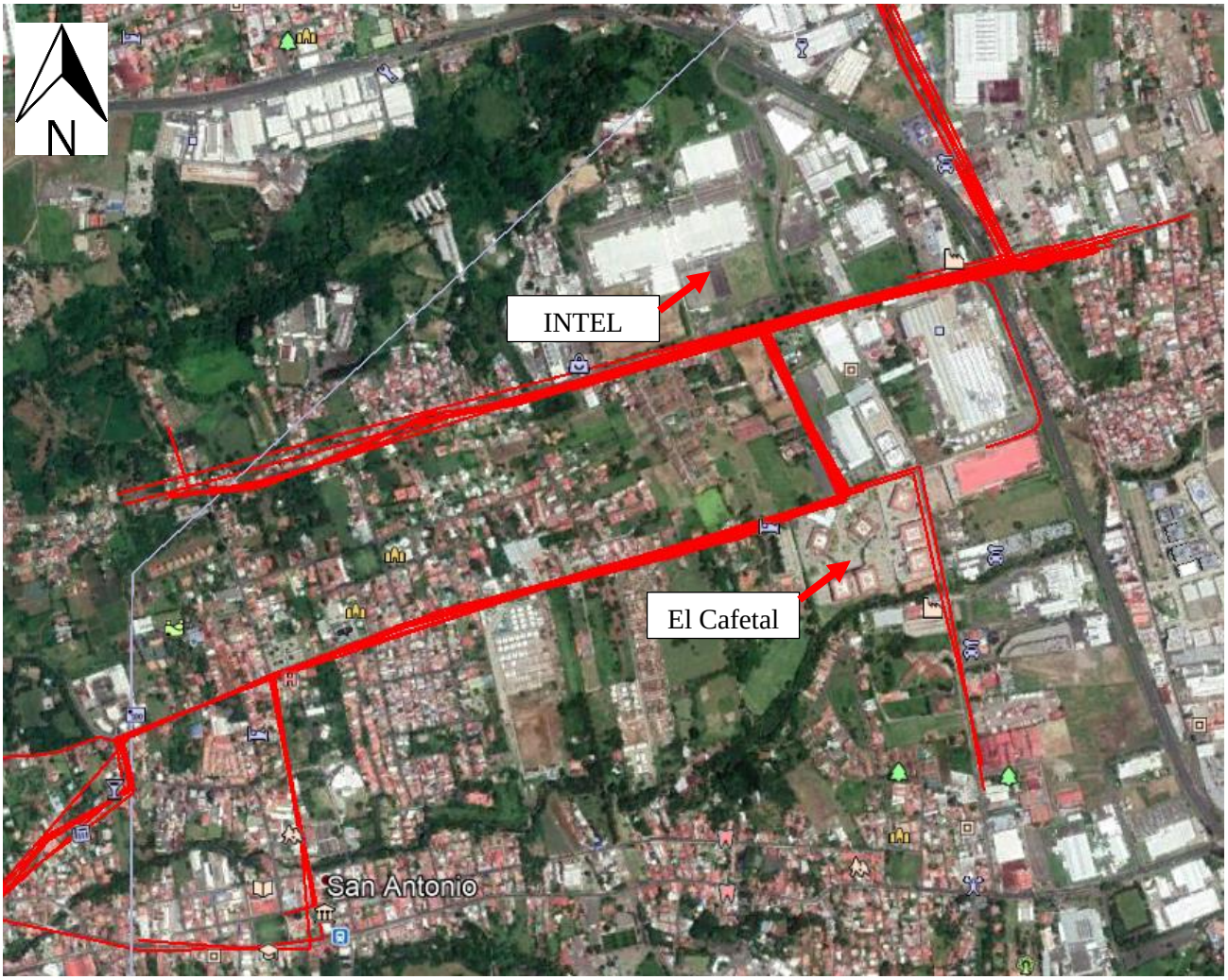


Figura 17. Total de rutas obtenidas a partir de las encuestas realizadas en el sector de la Firestone y Coca Cola

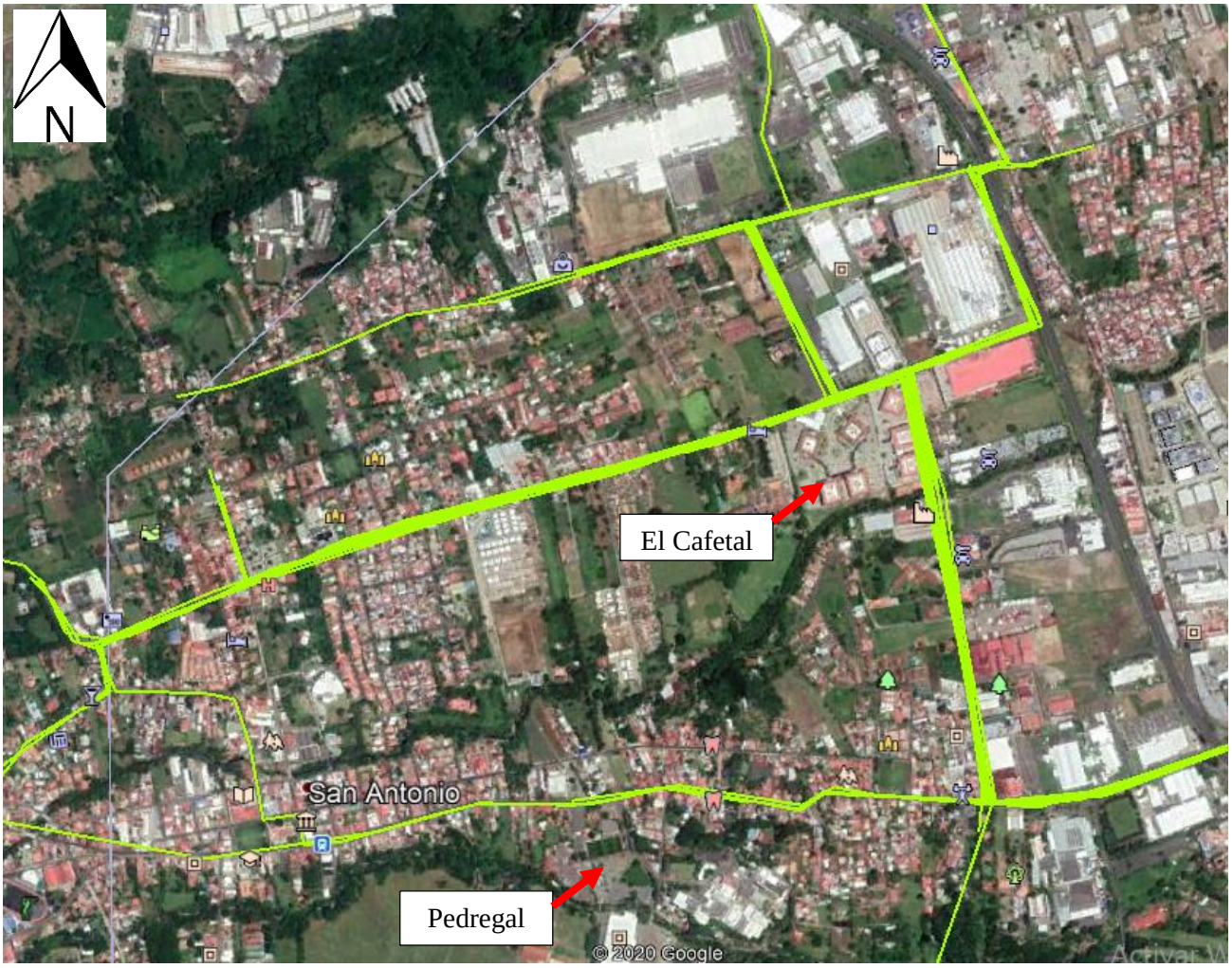


Figura 18. Total de rutas obtenidas a partir de las encuestas realizadas en el sector del Centro Corporativo El Cafetal

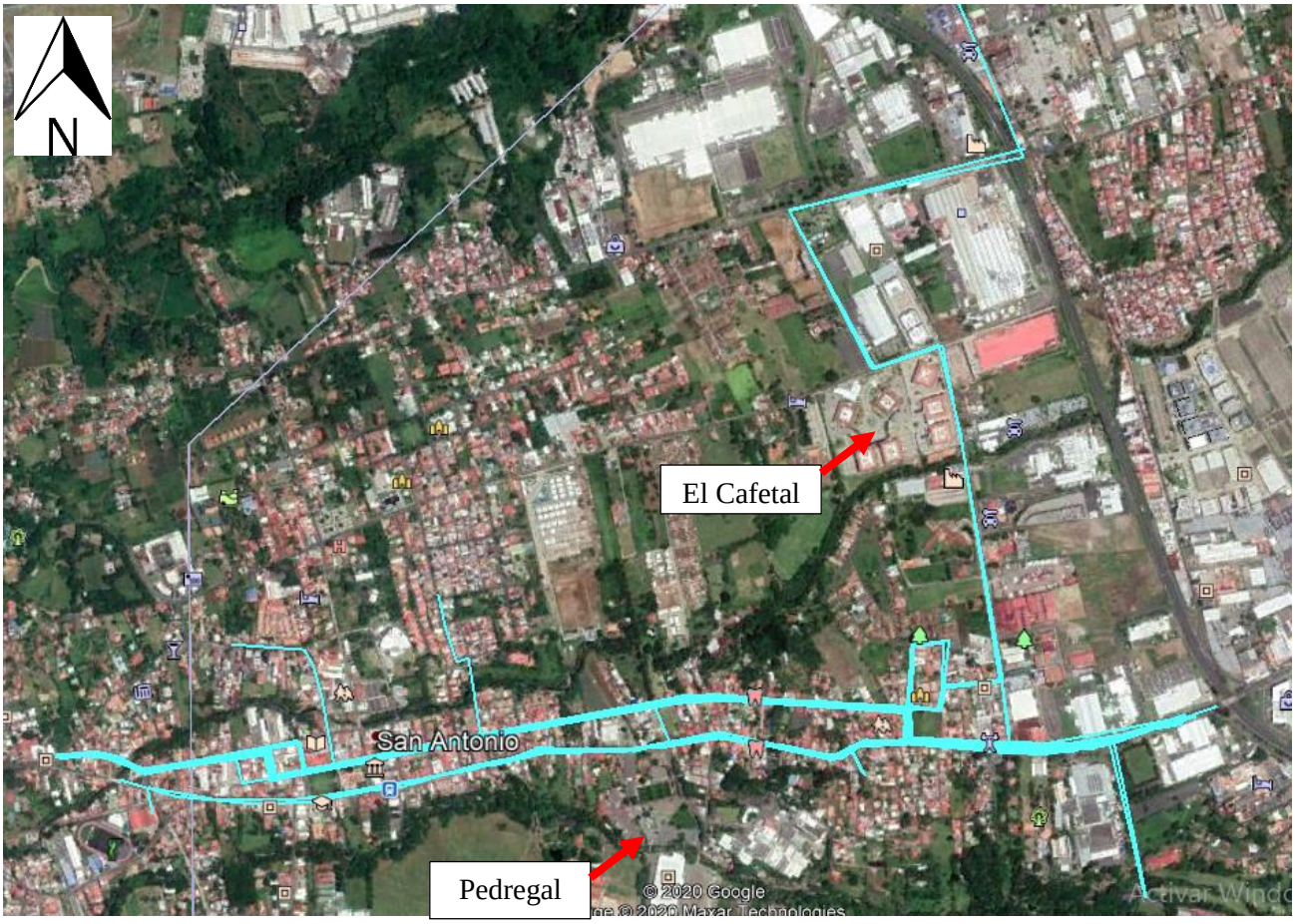


Figura 19. Total de rutas obtenidas a partir de las encuestas realizadas en el sector de la Plaza de la Asunción.

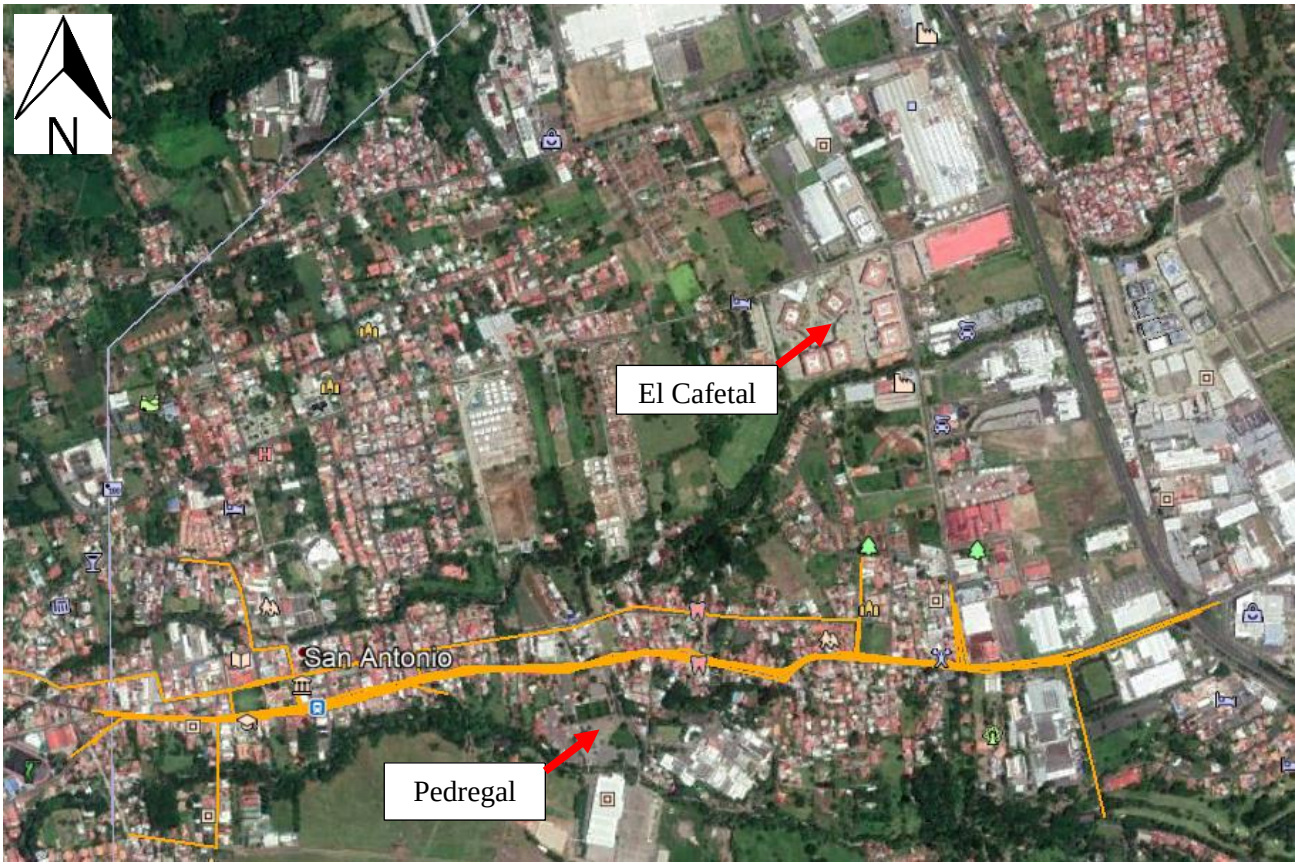


Figura 20. Total de rutas obtenidas a partir de las encuestas realizadas en el sector del Lagar

Con cada una de las rutas establecidas se puede obtener la cantidad de ciclistas transitando en cada tramo de análisis establecido. En la Figura 21 se muestra la cantidad de ciclistas por sentido de circulación obtenido a partir de la sumatoria de cada una de las rutas en cada uno de los tramos de análisis. Se agrega además el conteo total de ciclistas sobre dos puntos de la Calle Arbolito, esto debido a que se cuenta con un importante número de rutas que pasan por dicha calle.

Otro insumo de las consultas sobre orígenes y destinos son lugares y/o empresas que son importantes generadores de viajes de ciclistas que transitan por la zona de estudio, se determina que existen cuatro lugares (aparte de los distritos de Belén) que provocan un número importante de viajes, en la Figura 22 se observa que, de dichos lugares, San Rafael de Alajuela es el que genera mayor cantidad de viajes, con un total de 31 viajes tanto de ida como de vuelta.

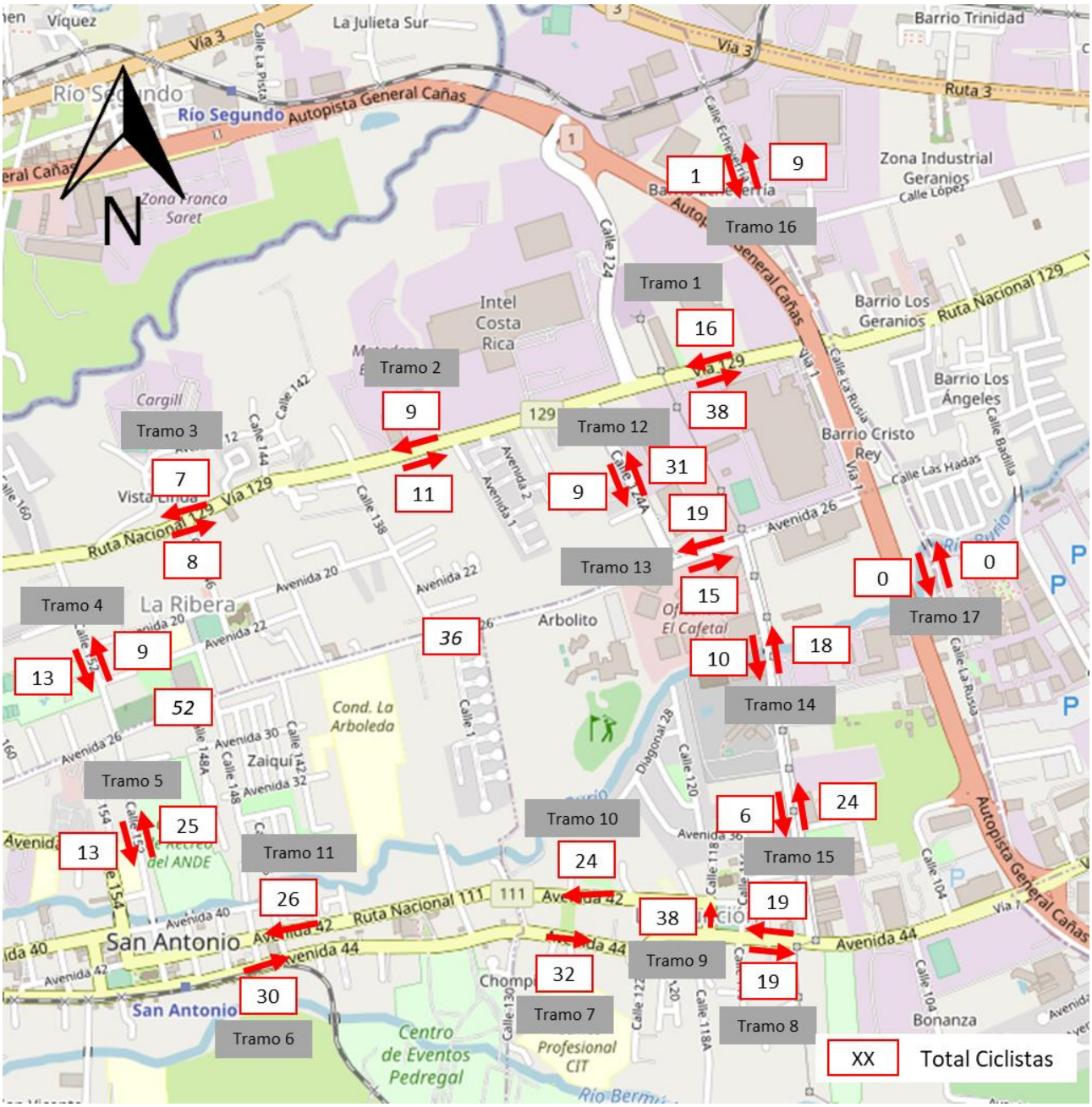


Figura 21. Cantidad de rutas de ciclistas por sentido en cada uno de los tramos de análisis

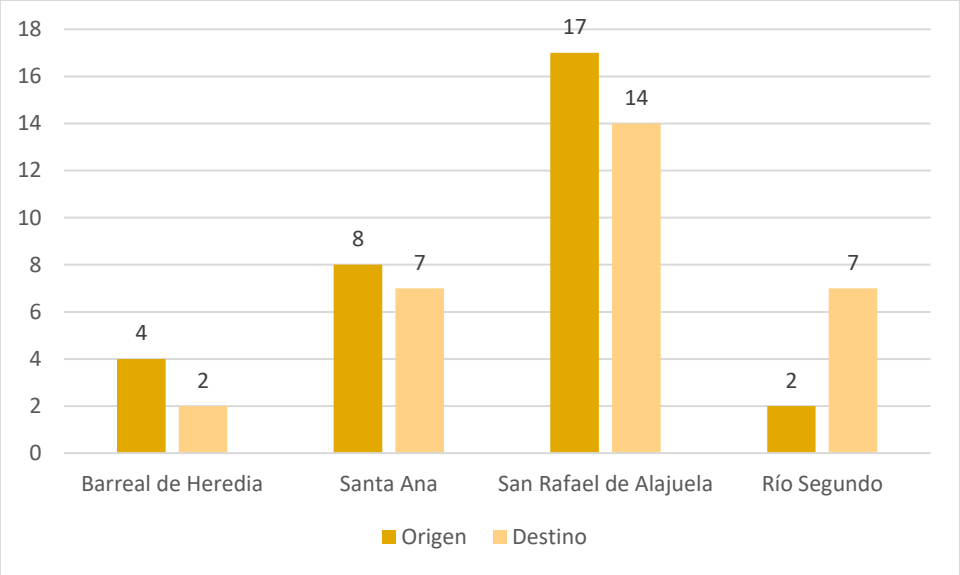


Figura 22. Lugares que generan importantes viajes de ciclistas

Se realiza el mismo ejercicio, pero con empresas, con el fin de ubicar que empresas son importantes generadores de viajes y pueden convertirse en aliados en la promoción de una cultura ciclística en el cantón de Belén. En la Figura 23 se muestran un total de 10 empresas orígenes y destinos de las personas encuestadas, se destacan las empresas Firestone, Plásticos Modernos y el Centro Corporativo El Cafetal por tener 4 o más viajes.

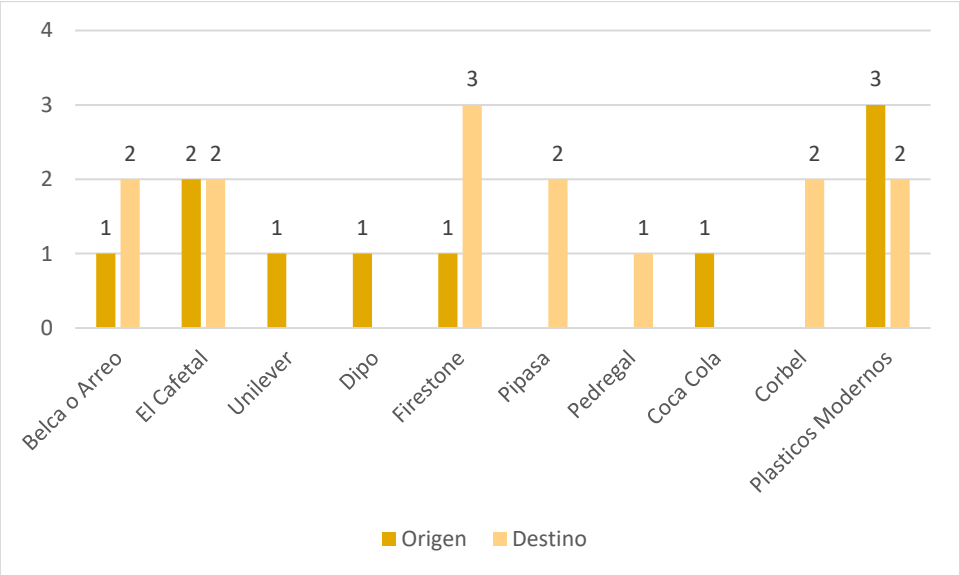


Figura 23. Empresas orígenes y destinos de rutas de ciclistas en Belén

3.3. Encuestas a empresas generadoras y atractores de viajes en el cantón de Belén

El enfoque de esta encuesta es conocer cómo se movilizan actualmente trabajadores y colaboradores de empresas que se consideran importantes generadores de viajes, de manera que podamos encontrar si existe ciclistas movilizándose a dichos puntos, conocer orígenes y destinos, de manera que se pueda obtener ciertas posibles rutas y compararlas con el trazo preliminar de la ciclovía, así como conocer la percepción de dichos personas en la importancia de la ciclovía para incentivar el ciclismo como medio de transporte y la probabilidad de que utilicen una ciclovía en caso de que existiera, a partir de esto se estimaría una demanda potencial de la ciclovía.

Para la aplicación de la encuesta inicialmente se realiza un primer contacto con los posibles encargados de dar visto bueno al envío de la encuesta a sus trabajadores, con el fin de explicar lo que se está realizando y ver si existe anuencia de parte de estos para enviar la encuesta. En este proceso se logra contactar funcionarios de Gensler y Garnier los cuales se encuentran realizando un Plan Empresarial de Movilidad Sostenible para el Centro Corporativo El Cafetal, San Antonio Business Park y el Hotel Marriot, estos esfuerzos importantes realizados por la empresa privada son un indicativo de la necesidad de nuevas formas de movilización sostenibles. Los resultados de dicho plan pueden ser importantes para el análisis de la ciclovía en cuestión, por tanto, a partir de la reunión se solicita dichos resultados, sin embargo, para esto requieren visto bueno por parte de las empresas clientes.

La encuesta ha sido enviada en tres empresas, en dos de estas se tienen una cantidad importante de respuestas y en la otra la cantidad de respuestas ha sido menor.

Entre las dificultades que se encuentran en este proceso es la lenta respuesta por parte de los encargados de dar visto bueno al envío de la encuesta, ya que además de revisarla dicho encargado deber ser revisado por recursos humanos y por comunicación interna, posterior a esto es enviada. Otra dificultad es que se depende de la disponibilidad de los trabajadores a llenarla.

Una vez se cuente con respuestas por mayor cantidad de empresas se procederá a realizar el análisis correspondiente y así determinar si existe una demanda potencial del uso de la bicicleta y de una ciclovía en el cantón de Belén por parte de trabajadores de dichas empresas.

3.4. Índice de Compatibilidad de Bicicletas

A partir de la metodología explicada en la sección 2.8 y con los insumos de presencia o no de carril de bicicleta o espaldón mayor a 0.9 m, el ancho de espaldón o carril bici, el ancho del carril vehicular adyacente, los volúmenes vehiculares tanto en hora pico de la mañana como de la tarde, las velocidades de operación, la existencia de parqueos adyacentes, si la zona es residencial o no, los porcentajes de pesados y giros a la derecha se procede a calcular por cada tramo y en cada sentido de circulación, en caso de que aplique, el índice de compatibilidad de bicicleta, los resultados obtenidos se encuentran en el siguiente cuadro:

Cuadro 11. Índice de Compatibilidad de Bicicletas obtenido en cada tramo de estudio.

Tramo	Sentido	Horario	BCI	Nivel de Compatibilidad
1	O-E	AM	4.611	Muy baja
1	E-O	AM	4.579	Muy baja
1	O-E	PM	4.103	Moderadamente baja
1	E-O	PM	4.385	Moderadamente baja
2	E-O	AM	5.614	Extremadamente baja
2	O-E	AM	5.714	Extremadamente baja
2	E-O	PM	5.354	Extremadamente baja
2	O-E	PM	6.180	Extremadamente baja
3	E-O	AM	4.851	Muy baja
3	O-E	AM	5.234	Muy baja
3	E-O	PM	4.813	Muy baja
3	O-E	PM	4.734	Muy baja
4	N-S	AM	3.646	Moderadamente baja
4	S-N	AM	3.470	Moderadamente baja
4	N-S	PM	3.376	Moderadamente alta
4	S-N	PM	3.366	Moderadamente alta
5	N-S	AM	4.385	Moderadamente baja
5	S-N	AM	4.472	Muy baja
5	N-S	PM	3.875	Moderadamente baja

5	S-N	PM	4.124	Moderadamente baja
6	O-E	AM	7.020	Extremadamente baja
6	O-E	PM	7.001	Extremadamente baja
7	O-E	AM	6.695	Extremadamente baja
7	O-E	PM	6.714	Extremadamente baja
8	O-E	AM	7.043	Extremadamente baja
8	E-O	AM	7.142	Extremadamente baja
8	O-E	PM	8.073	Extremadamente baja
8	E-O	PM	6.068	Extremadamente baja
9	S-N	AM	6.534	Extremadamente baja
9	S-N	PM	5.930	Extremadamente baja
10	E-O	AM	6.518	Extremadamente baja
10	E-O	PM	7.102	Extremadamente baja
11	E-O	AM	6.028	Extremadamente baja
11	E-O	PM	5.503	Extremadamente baja
12	S-N	AM	5.224	Muy baja
12	N-S	AM	5.608	Extremadamente baja
12	S-N	PM	5.980	Extremadamente baja
12	N-S	PM	5.940	Extremadamente baja
13	E-O	AM	4.605	Muy baja
13	O-E	AM	4.262	Moderadamente baja
13	E-O	PM	5.125	Muy baja
13	O-E	PM	4.044	Moderadamente baja
14	S-N	AM	4.807	Muy baja
14	N-S	AM	5.101	Muy baja
14	S-N	PM	5.327	Extremadamente baja
14	N-S	PM	4.275	Moderadamente baja
15	S-N	AM	4.745	Muy baja
15	N-S	AM	3.873	Moderadamente baja
15	S-N	PM	4.061	Moderadamente baja
15	N-S	PM	3.907	Moderadamente baja
16	S-N	AM	5.077	Muy baja
16	N-S	AM	5.501	Extremadamente baja
16	S-N	PM	6.573	Extremadamente baja
16	N-S	PM	4.847	Muy baja
17	S-N	AM	3.805	Moderadamente baja
17	N-S	AM	4.625	Muy baja
17	S-N	PM	4.011	Moderadamente baja
17	N-S	PM	4.555	Muy baja

En el Anexo A.2 se puede observar una tabla con la totalidad de parámetros utilizados para la realización del cálculo de los índices de compatibilidad de bicicleta en cada uno de los tramos de estudio.

Como se observa en el Cuadro 11, en general los tramos de análisis presentan niveles de BCI moderadamente bajos, muy bajos o extremadamente bajos en cada uno de los sentidos de circulación tanto para la hora pico de la mañana como de la tarde, esto a excepción del tramo 4 en la hora pico de la tarde para ambos sentidos de circulación. Obtener índices de compatibilidad de bicicletas con dichos niveles es un indicador de que actualmente las vías analizadas presentan bajas capacidades para alojar de manera conjunta a ciclistas y vehículos.

A continuación, se presenta el análisis de cada uno de los tramos de estudio y de las características o factores determinantes para obtener el nivel de BCI obtenido.

- **Tramo 1:** Se obtienen BCI Muy bajo en el caso de la mañana y Moderadamente bajo en el caso de la tarde. La razón de la diferencia entre estos valores es debido a que en las tardes se presentan menores flujos viales, se reducen de 876 vehículos por hora a 672 en el caso de sentido Oeste – Este y de 555 vehículos por hora a 458 en el caso del sentido Este –Oeste.
- **Tramo 2:** Se obtienen BCI Extremadamente bajos en ambos horarios y sentidos de circulación, en este caso no existen diferencias importantes en los flujos viales entre las cuatro condiciones analizadas (AM, PM y ambos sentidos de circulación) y el menor de los flujos es de 847 vehículos por hora.
- **Tramo 3:** Se obtienen niveles de BCI Muy bajos en ambos horarios y sentidos de circulación. En este caso no se encuentran diferencias importantes entre volúmenes vehiculares, por tanto, tampoco en los niveles de BCI.
- **Tramos 4:** Se obtienen niveles de BCI Moderadamente bajos en el caso de la mañana y de Moderadamente altos en la tarde. La principal diferencia recae en los flujos viales los cuales se encuentran entre 240 y 300 vehículos en la tarde y entre 340 y 435 vehículos en el periodo de la tarde.
- **Tramo 5:** Se obtienen niveles de BCI Moderadamente bajos en el caso de los dos sentidos de circulación en la hora pico de la tarde y en el sentido Norte - Sur de la mañana y de Muy bajo en el

caso del sentido Sur - Norte en la hora pico de la mañana, el cual tiene volúmenes por hora pico mayores al resto de condiciones. En este caso se destaca que existen zonas de parqueo o estacionamiento los cuales afectan el nivel de BCI.

- **Tramo del 6 al 11:** En estos tramos se obtienen niveles de BCI Extremadamente bajos lo cual tiene relación directa con las velocidades de operación altas con las cuales circulan los vehículos y los volúmenes de vehículos por hora pico, los cuales van desde los 1037 a los 2083 vehículos.
- **Tramo 12:** Se obtienen niveles de BCI Extremadamente bajos en el caso de los dos sentidos de circulación en la hora picos de la tarde y en el sentido Norte - Sur de la mañana y de Muy bajo en el caso del sentido Sur - Norte en la hora pico de la mañana, el cual tiene volúmenes por hora pico mayores al resto de condiciones, la principal diferencia recae en que el flujo de volúmenes vehiculares es menor en el caso del sentido Sur – Norte en la hora pico de la mañana.
- **Tramo 13:** Se obtienen niveles de BCI Moderadamente bajos en los sentidos de Oeste – Este en ambos sentidos horarios y de Muy bajos los sentidos Este – Oeste en ambos horarios pico. La principal diferencia recae en los flujos viales los cuales varían entre 267 y 376 en el caso del sentido Oeste – Este y entre 435 y 696 en el otro sentido.
- **Tramo 14:** Se obtienen niveles de BCI Muy bajo en ambos sentidos para la hora pico de la mañana, de Extremadamente bajo en el caso del sentido Sur – Norte en el horario pico de la tarde y de Moderadamente bajo en el sentido Norte – Sur en el horario pico de la tarde. Al igual que en los casos anteriores la diferencia principal recae en los flujos vehiculares y la velocidad de operación.
- **Tramo 15:** Se obtienen niveles de BCI Muy bajo en el caso del sentido Sur - Norte para la hora pico de la mañana en los horarios mañana y Moderadamente bajo para el sentido Norte – Sur en la hora pico da la mañana y para ambos sentidos en la hora pico de la tarde. En este caso la diferencia principal recae sobre los flujos vehiculares, ya que en el horario pico de la mañana son mayores al resto de condiciones, las cuales tienen un flujo vehicular entre los 220 y los 350 vehículos en hora pico.
- **Tramo 16:** Se obtienen niveles de BCI Muy bajo en el caso del sentido Sur - Norte en el horario de la mañana y Norte - Sur en el horario de tarde; y Extremadamente bajo sentido Norte - Sur en el horario

de la mañana y Sur - Norte en el horario de tarde. La diferencia recae en que los flujos viales en los movimientos que obtuvieron un BCI Extremadamente bajo son bastantes mayores en comparación de los movimientos que obtuvieron una clasificación de Muy bajo.

- **Tramo 17:** En este caso se obtiene BCI Moderadamente bajo en el caso de los sentidos Sur - Norte en ambas horas pico y Muy bajos en el caso Norte - Sur en ambos horarios pico. La principal diferencia en este caso es que los flujos viales en los sentidos Sur – Norte, el cual cuente entre 130 y 240 vehículos por hora y en el otro sentido entre 445 y 490 vehículos por hora.

En las siguientes figuran se puede visualizar los niveles de BCI para la hora pico de la mañana y de la tarde en ambos sentidos de circulación, donde aplique.

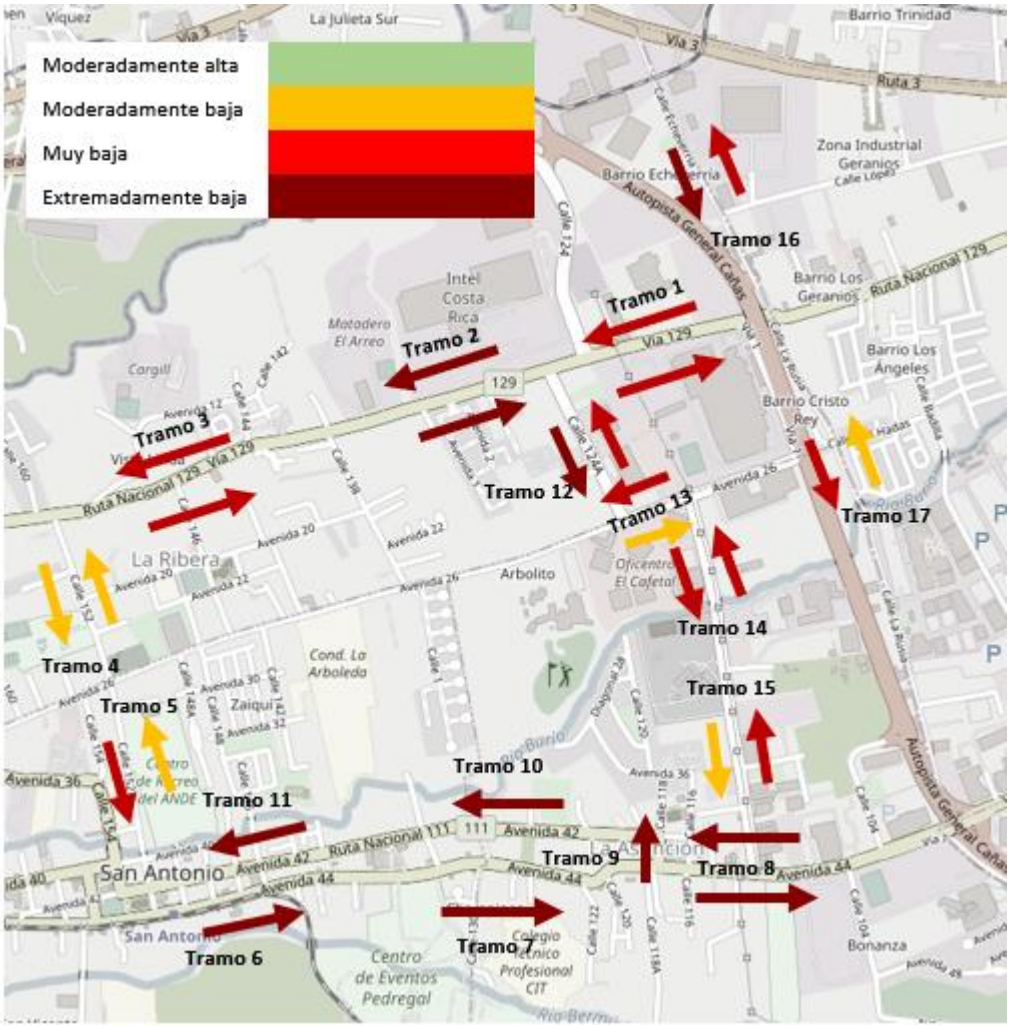


Figura 24. Niveles de BCI para cada uno de los tramos de estudio para la hora pico de la mañana

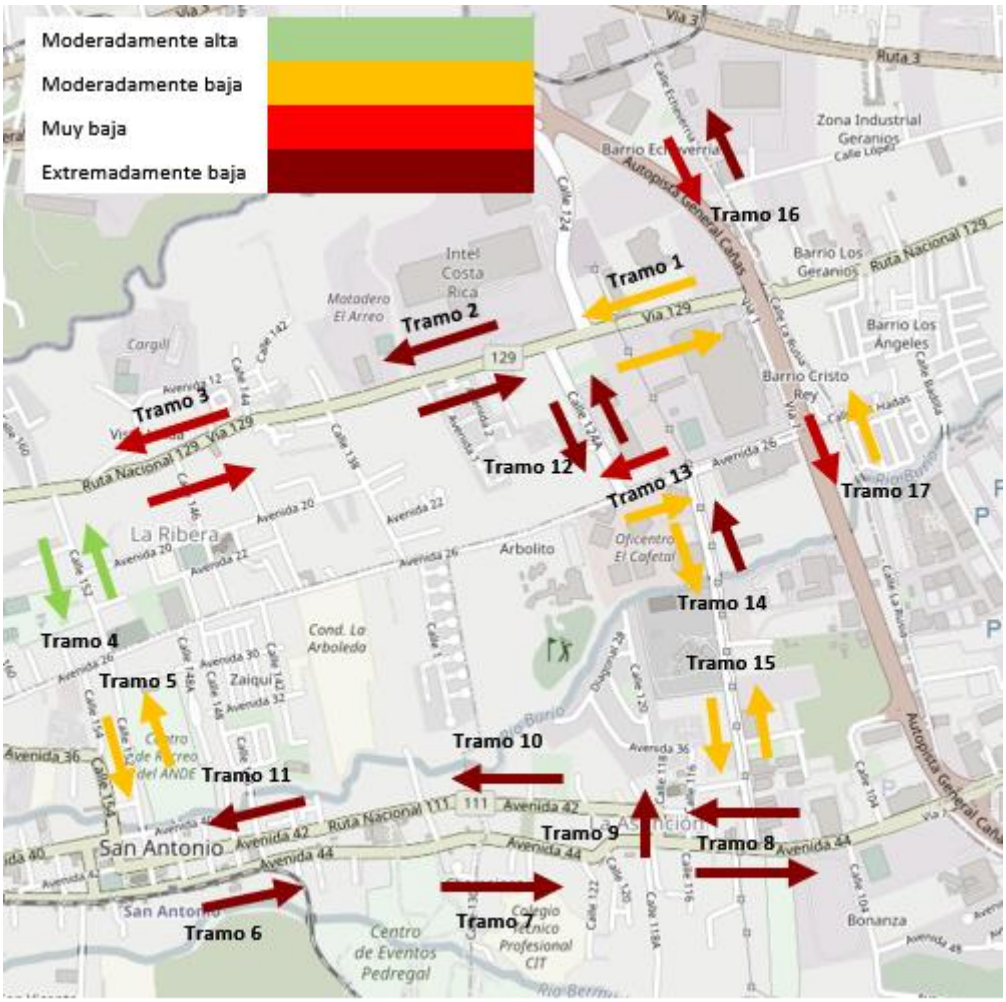


Figura 25. Niveles de BCI para cada uno de los tramos de estudio para la hora pico de la tarde

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Tramos

A partir de los resultados obtenidos y presentados en la sección anterior, se procede a analizar en cada uno de los tramos la conveniencia o no para establecer una ciclovía sobre los mismos, teniendo como punto base el Cuadro 1, el cual indica la infraestructura ciclística requerida según velocidad de operación y volúmenes vehiculares estipulada por la guía del MOPT:

Tramo 1:

A partir de la velocidad de operación en ambos sentidos las cuales se ubican entre los 40 y 60 km/h, según la guía de diseño del MOPT la facilidad requerida sería una ciclovía segregada Tipo 1 la cual está conformada por 1.5 m de ciclovía más 0.5 m de una zona de amortiguamiento, por tanto, se requieren 2 m en cada sentido de la vía., en este caso con el espacio que se cuenta de 12.65 m para 3 carriles y de cerca de 7.45 m en las cercanías del túnel bajo la General Cañas, y bajo las condiciones actuales de número de carriles, velocidad y flujos viales no sería viable construir una ciclovía segregada sobre este tramo.

La no existencia de espacio, los volúmenes vehiculares altos y las velocidades de operación son las principales razones por las que se obtienen un nivel de BCI Muy bajos y Moderadamente bajos.

En este tramo la pendiente no es ningún problema debido que en promedio es de 3.3 % y no presenta tramos largos con pendientes mayores.

A pesar de que actualmente la Compatibilidad de bicicletas sobre este tramo tiene niveles bajo se destaca que de los conteos se obtiene que un total de 125 ciclistas transitaron en ambas direcciones durante la hora pico de la tarde y mañana, de estos 67 son no deportivos. Es decir, un nivel de servicio bajo en BCI no significa la no existencia de ciclistas sobre dicha vía. La cantidad de rutas de ciclistas que transitan sobre dicho tramo es otra muestra de lo indicado anteriormente, ya que sobre este tramo es de los puntos por dónde más rutas de ciclistas transitan, un total de 54 en ambas direcciones.

Por tanto, a pesar de que no existen condiciones de espacio, pero si es este tramo un sector importante de circulación de ciclistas se deben analizar opciones para poder aumentar la seguridad a estos usuarios sobre este tramo, algunas opciones son reducir porcentaje de pesados, reducir volúmenes y/o velocidades.

Tamo 2:

En este caso la velocidad de operación vehicular se encuentra entre los 50 y 60 km/h, por tanto, correspondería también una ciclovía segregada, es decir, se requieren 2 m en cada sentido de circulación, lo cual según el espacio con el que se cuenta en los sectores más angostos no sería posible. Se destaca que ni en el sector de la

entrada a INTEL en dónde se cuenta con un espacio de hasta 11.56 m sería posible ingresar dos ciclovías segregada en cada sentido.

La falta de espacio, los altos volúmenes vehiculares y las velocidades altas sobre este tramo son la principal razón de que se obtenga un índice de compatibilidad de bicicletas extremadamente bajo.

La pendiente tampoco es un problema en este tramo, ya que en los 718 m se tiene una pendiente promedio del 2.1 %.

Sobre este tramo no se cuenta con conteos de ciclistas, solamente con las rutas determinadas a partir de las consultas orígenes y destinos de las encuestas, en total 20 rutas pasan por este tramo, de estas 9 en el sentido este – oeste. Se destaca empresas como INTEL, El Arreo y Pipasa como fuentes atractores de ciclistas, esto debido a que se varias de las personas encuestadas pertenecían a dichas empresas y que tiene existencia de parqueos amplios de bicicletas.

Este tramo se destaca por tener cerca de un 50% de los accidentes de la zona de estudio por tanto debe ser importante analizar opciones de reducción de velocidades u otras alternativas para mejorar la seguridad.

Tramo 3:

La velocidad de operación vehicular en este tramo se encuentra entre los 50 y 60 km/h, por tanto, correspondería también una ciclovía segregada, entes caso el espacio es aún más reducido que en el tramo 2, en los puntos de más angostos apenas se tiene carriles entre 3.1 m y 3.2 m, por tanto, no se podría colocar una ciclovía segregada en ambos sentidos o en uno solo.

La falta de espacio, los altos volúmenes vehiculares y las velocidades altas sobre este tramo son la principal razón de que se obtenga un índice de compatibilidad de bicicletas muy bajo, es en estos factores donde se deben de enfocar esfuerzos para mejorar dicho índice.

En este caso, la pendiente si es un problema esto debido a que se dividen en tres subtramos, obteniendo en uno de estos una pendiente promedio de 9.3% con una longitud de 332 m, cuando el máximo recomendado para

dichas pendientes debe ser de 60 m. Por tanto, bajo dichas especificaciones se debería encontrar alternativas a este tramo.

Sobre este tramo no se realizaron conteos, se lograron obtener a partir de las encuestas realizadas una circulación de 15 ciclistas, 8 de estos en el sentido Oeste – Este, esto a pesar de las pendientes amplias comentadas anteriormente.

Debido a las condiciones negativas respecto a volúmenes y velocidades sobre este punto y al poco tránsito de ciclistas este tramo no presenta condiciones aptas para implementar una ciclovía sobre el mismo.

Tramo 4:

Este tramo presenta velocidades de operación entre los 47 km/h y los 51 km/h, por tanto, correspondería a una ciclovía segregada, es decir, se requiere de mínimo 2 metros para colocar una ciclovía a partir de lo estipulado en la Guía técnica del MOPT. En términos de espacio, bajo las condiciones actuales no ser viable colocar una ciclovía sobre este tramo ya que el espacio en el punto más angosto disponible es de aproximadamente 7.5 m tomando en cuenta ya espacio de espaldón.

Este tramo presenta volúmenes de menor magnitud, es por esto por lo que el índice de compatibilidad de bicicletas en la hora tarde se obtienen niveles moderadamente altos, relacionado también a que se cuenta con carriles relativamente amplios en ambos sentidos.

Respecto a la pendiente, este tramo presenta dos características principales, un subtramo con pendientes promedio de 1.7 % el cual no tendría ningún tipo de problema y otro de 290 m de longitud con una pendiente promedio de 7.2 %, este último subtramo se localiza a partir de la intersección con la Ruta Nacional 129. Este último subtramo estaría incumpliendo con la recomendación de la Guía del MOPT la cual indica que para pendientes del 7 % debería como máximo tener una longitud de 120 m.

Sobre este tramo se contabilizaron un total de 72 ciclistas de los cuales 40 no son clasificados como ciclistas deportistas. Al analizar las rutas de ciclistas nos damos cuenta de que existen un total de 22 rutas de ciclistas

que transitan a lo largo de este tramo, sin embargo, solamente 4 transitan por el subtramo con pendiente de 7.2 % y 3 de estos vienen del sector de la Firestone por ende podría tomar otras rutas.

A partir de estos resultados con los que se cuenta, y de la cantidad de rutas de ciclistas se considera no viable o oportuna que la ciclovía se coloque en este punto. En este tramo se podrían mejorar el índice de compatibilidad de bicicletas mediante una reducción en los volúmenes o reducción de la velocidad.

Tramo 5:

Este tramo debido a que la velocidad de operación en el sentido Sur – Norte es de 51 km/h correspondería sobre este tramo una ciclovía segregada, es decir, se requieren como mínimo 2 m sobre dicho sentido. En el sentido Norte – Sur se obtiene una velocidad de operación de 61 km/h, en este caso se requeriría una ciclovía segregada tipo 2, esto según la guía técnica de diseño de infraestructura ciclista del MOPT, esta tipología requeriría realizar un sistema de contención vehicular sobre la zona de amortiguamiento o una zona libre de mayor amplitud, por ende, se requeriría como mínimo 2 m en el sentido Norte – Sur. A partir del espacio requerido y el espacio con el que se cuenta, no sería posible sobre este tramo colocar en ninguno de los dos carriles.

Respecto al BCI obtenido para este tramo, a pesar de que se tienen volúmenes relativamente bajos, se obtienen niveles de BCI Moderadamente bajo o muy Bajos, esto tiene relación principalmente a la velocidad de operación con la que transitan los vehículos y a que existen zonas de estacionamientos sobre este punto.

Respecto a la pendiente en este caso, se dividen en dos subtramos con características de pendiente constantes, en el caso del tramo 5 A, el cual se encuentra en las cercanías del cementerio, se tiene una pendiente promedio de 6.4 % en una longitud de 477 m, en este caso se excede la longitud recomendada por la Guía del MOPT, de 240 m como máximo para dichas pendientes. El tramo 5B cuenta con una longitud de 291 m y una pendiente promedio de 2.8 %, por lo que no tendría mayores problemas respecto a la pendiente.

En este punto la cantidad de ciclistas coincide con el tramo anterior, se tienen un total de 72 ciclistas de los cuales 40 se clasifican como no deportivos. Respecto a las rutas de ciclistas que transitan sobre este punto se

tiene un total de 38, siendo 25 en el sentido Sur – Norte. Se destaca que existen 13 ciclistas en el sentido Norte – Sur que transitan sobre este tramo a pesar del subtramo con pendiente de 6.4 %.

A partir de los resultados obtenidos, este es un tramo con un importante flujo de ciclistas que conecta con puntos importantes como el centro de San Antonio, la Estación del tren y conecta con la vía principal para trasladarse hacia Santa Ana, por tanto, se define como de importancia alta para establecer una ciclovía, sin embargo, bajo las condiciones actuales de espacio y velocidades vehiculares no es posible trazar una ciclovía sobre este tramo.

Tramo 6 y 7:

Se analizan estos dos tramos juntos ya que comparten mucha de la información con la se caracterizan cada uno de los tramos.

Estos tramos presentan velocidades mayores a los 60 km/h por lo que la tipología de ciclovías requerida es una segregada tipo 2, por tanto, el espacio que se requiere son como mínimo 2 m (1.5 de la ciclovía más 0.5 m de zona de amortiguamiento). A partir del espacio disponible de 7.5 m la única forma de colocar una ciclovía requerida según las condiciones de velocidad sobre estos tramos sería a partir de la eliminación de uno de los carriles lo cual al ser una ruta con un alto volumen vehicular podría que esto no sea viable.

Sobre el tramo 6 existe una calle marginal la cual podría considerarse para realizar una vía compartida, esto dependiendo de la velocidad de operación y los flujos viales que transiten por la misma.

Respecto al BCI, estos dos tramos presentan niveles de BCI Extremadamente bajos, esto tiene relación con la cantidad de vehículos que transitan sobre esta vía y la velocidad de operación con la que transitan. Sobre estos tramos no es posible mejorar el nivel de compatibilidad de bicicletas ni al reducir la velocidad de operación a la reglamentaria de 40 km/h, por las condiciones de los flujos vehiculares que se presentan solamente se podría mejorar el BCI al brindar mayor espacio para la circulación de los ciclistas.

Respecto a la pendiente promedio en este tramo es menor a 4.2 %, por tanto, no se tendría problema de incorporar una ciclovía por este tramo.

Sobre este tramo se contaron un total de 70 ciclistas de los cuales 40 eran clasificados como no deportivos. Respecto a las rutas obtenidas a partir de la encuesta se obtienen 30 rutas en el caso del tramo 6 y de 32 en el tramo 7, lo que indica que a pesar de que existe un nivel de compatibilidad de bicicletas extremadamente bajo esta ruta es por la cual transitan mayor cantidad de ciclistas en la zona de estudio.

A partir de los resultados obtenidos, este es un tramo con un importante flujo de ciclistas y muy bajo nivel de BCI, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer una ciclovía, sin embargo, bajo las condiciones actuales de espacio y velocidades vehiculares se requeriría eliminar uno de los carriles de tránsito vehicular lo que lo hace poco viable.

Tramo 8:

Este tramo presenta una velocidad de operación de 77 km/h en el sentido Oeste - Este, por tanto, se requeriría una ciclovía segregada tipo 2, es decir, como mínimo 2 m en ese sentido con la inclusión de un sistema de contención vehicular. En el sentido Este – Oeste se requeriría de igual manera 2 m, pero sin el sistema de contención vehicular (segregada tipo 1). Con el espacio disponible de 11.9 m no sería posible ubicar una ciclovía en cada sentido de circulación más los 3 carriles que existen actualmente, la única forma de realizar esto sería mediante la eliminación de uno de los carriles, esto disminuye la viabilidad de la ciclovía debido a que esta vía es ruta nacional y maneja flujos vehiculares sumamente amplios.

Al igual que en los tramos 6 y 7 este tramo presenta niveles de BCI Extremadamente bajos, relacionado principalmente con los flujos vehiculares altos que transitan por la zona y la velocidad de operación con la que transitan. Sobre este tramo tampoco es posible mejorar el nivel de compatibilidad de bicicletas ni al reducir la velocidad de operación a la reglamentaria de 40 km/h, solamente se podría mejorar el BCI al brindar mayor espacio para la circulación de los ciclistas.

Respecto a la pendiente, este tramo es dividido en dos subtramos por las condiciones que presenta, el primero tiene una longitud de 218 m y una pendiente promedio de 7.1 %, y el segundo una longitud de 358 m y una pendiente de 5.8 %. Por tanto, a partir de dichas pendientes, longitudes y las recomendaciones de la Guía del

MOPT, en ambos subtramos en el sentido Oeste – Este la pendiente podría ser un factor que desincentive una el uso de una ciclovía sobre este tramo.

Respecto al tránsito de ciclistas sobre este tramo solamente se cuenta con la información de las rutas obtenidas a partir de las encuestas, según dicha información un total de 38 rutas transitan sobre este tramo, 19 en cada uno de los sentidos. Este tramo presenta uno de los mayores flujos de ciclistas sobre la zona de estudio, esto a pesar de que existen niveles bajos de BCI.

A partir de los resultados obtenidos, este es un tramo con un importante flujo de ciclistas, muy bajo nivel de BCI y una de las principales vías para ingresar y salir del cantón, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer una ciclovía, sin embargo, bajo las condiciones actuales de espacio y velocidades vehiculares se requeriría eliminar uno de los carriles de tránsito vehicular lo que lo hace poco viable.

Tramo 9:

A partir de la velocidad de operación la tipología de ciclovía requerida sería de segregada tipo I, es decir se requerirían 2 m como mínimo para la ciclovía. En este caso se cuenta con 8.2 m de espacio total de la calzada, por lo tanto, si dejaran dos carriles de 3 m cada uno sería posible colocar la ciclovía requerida sobre este tramo. Es importante considerar que existe una parada de bus a media cuadra y que el tránsito de los vehículos sobre este tramo se realiza principalmente mediante un carril, por tanto, se podría considerar dejar un solo carril para el flujo vehicular, la ciclovía y la parada de autobuses.

Respecto al BCI, en este caso se obtiene niveles extremadamente bajos, relacionado en este caso principalmente con los altos flujos vehiculares que transitan por este tramo.

Este tramo no presenta ningún problema respecto a la pendiente debido a que es relativamente plano.

Respecto al tránsito de ciclistas, sobre este se contabilizaron un total de 55 de los cuales 39 se clasifican como no deportivos. También se cuenta con el total de rutas de ciclistas que pasan sobre este tramo, obtenidas a partir de las encuestas realizadas, un total de 38 ciclistas transitan sobre este punto.

A partir de los resultados obtenidos, este es un tramo con un importante flujo de ciclistas, muy bajo nivel de BCI y una de las principales vías para ingresar al cantón, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer una ciclovía. En este caso el espacio es suficiente para poder establecer la ciclovía requerida para las condiciones actuales.

Tramo 10 y 11:

Se analizan estos dos tramos juntos ya que comparten mucha de la información con la se caracterizan cada uno de los tramos.

Estos tramos presentan velocidades mayores a los 60 km/h por lo que la tipología de ciclovías requerida es una segregada tipo 2, por tanto, el espacio que se requiere son como mínimo 2 m (1.5 de la ciclovía más 0.5 m de zona de amortiguamiento). A partir del espacio disponible de 7.2 m la única forma de colocar una ciclovía requerida según las condiciones de velocidad sobre estos tramos sería a partir de la eliminación de uno de los carriles lo cual al ser una Ruta Nacional y tener un alto flujo vehicular podría no ser viable.

Respecto al BCI, estos dos tramos presentan niveles de BCI Extremadamente bajos, esto tiene relación principalmente con la cantidad de vehículos que transitan sobre esta vía y la velocidad de operación con la que transitan. Sobre estos tramos solamente se puede mejorar el nivel de BCI en el tramo 11 en la hora pico de la tarde al reducir la velocidad de operación a la reglamentaria de 40 km/h, esto debido a que presenta menores flujos viales en comparación a las otras condiciones. Por tanto, brindar mayor espacio a la circulación de ciclistas sería la única forma en mejorar significativamente los niveles de BCI.

Respecto a la pendiente promedio en estos tramos no se tienen mayores problemas debido a que la circulación se da con pendiente negativa.

Sobre estos tramos no se realizaron conteos de ciclistas. Respecto a las rutas obtenidas a partir de las encuestas un total de 24 rutas circulan en el caso del tramo 10 y de 26 en el tramo 11, lo que indica que a pesar de que existe un nivel de compatibilidad de bicicletas extremadamente bajo esta ruta es una ruta con un importante flujo de ciclistas.

A partir de los resultados obtenidos, este es un tramo con un importante flujo de ciclistas y muy bajo nivel de BCI, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer una ciclovía, sin embargo, bajo las condiciones actuales de espacio y velocidades vehiculares se requeriría eliminar uno de los carriles de tránsito vehicular lo que lo hace poco viable.

Tramo 12:

En caso se manejan una velocidad de operación de 77 km/h en el sentido Norte – Sur y de 55 km/h en el sentido Sur –Norte, por tanto, se requieren dos tipologías de ciclovías diferentes, sin embargo, ambas con una dimensión mínima de dos metros. En el caso del sentido Sur – Norte se requeriría una ciclovía segregada de tipo I y en el otro sentido una tipología tipo II, la diferencia recae en que la segunda requiere un sistema de contención vehicular.

Debido a que en la mayoría del tramo la sección trasversal es bastante amplia, en el punto más angosto la totalidad de la sección mide 16.48 m, por tanto, se podría tener espacio suficiente para una acera en ambos lados, un cordón de caño, dos carriles de circulación y ambas ciclovías, es importante destacar que sobre el punto menos angosto se cuenta con espacio suficiente pero no con aceras construida, además este tramo presenta cunetas bastante amplias en algunos puntos.

Respecto al BCI, en este caso se obtiene niveles extremadamente bajos, relacionados principalmente con los altos flujos vehiculares que transitan por este tramo y las altas velocidades a las que lo realizan. Logrando una disminución de las velocidades de operación se podría obtener ciertas mejoras en los BCI, esas sin ser significativas. Es requerido para mejora significativamente los BCI brindar espacio de circulación a los ciclistas debido a que los flujos vehiculares que transitan.

Este tramo no presenta ningún problema respecto a la pendiente promedio ya que es de aproximadamente 1 %.

Respecto al tránsito de ciclistas, sobre este tramo no se realizaron conteos, sin embargo, se obtiene el número total de rutas obtenidas a partir de las encuestas. Un total de 40 rutas transitan por este tramo, donde 31 son en el sentido Sur - Norte.

A partir de los resultados obtenidos, este es un tramo con un importante flujo de ciclistas (uno de los mayores en la zona de estudio), que cuenta con muy bajo nivel de BCI, es una vía que une con importantes generadores y atractores de viajes como lo es El centro Corporativo El Cafetal y un acceso al cantón, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer una ciclovía el mismo. En este caso el espacio es suficiente para poder establecer la ciclovía requerida para las condiciones actuales.

Tramo 13:

En caso se maneja una velocidad de operación de 47 y 57 km/h, por tanto, se requiere una ciclovía segregada de tipo I, la cual tiene como mínimo 2 m de ancho. Sobre este tramo se tiene en el punto más angosto un total de calzada de 11.6 m, lo cual podría ser suficiente para colocar dos ciclovías en cada uno de los sentidos y dejando un carril vehicular por sentido. En este caso hay que tener en cuenta que existen carriles de giros a la derecha o izquierda para ingresar a El Centro Corporativo El Cafetal, los cuales habría que tomar en cuenta para el planteamiento de las ciclovías.

Respecto al BCI, en este caso se obtiene niveles extremadamente Muy bajos o Moderadamente bajos, relacionados principalmente con los flujos vehiculares que transitan por este tramo y las altas velocidades a las que lo realizan. Logrando una disminución de las velocidades de operación se podría obtener ciertas mejoras en los BCI, esas sin ser significativas. Es requerido para mejora significativamente los BCI brindar espacio de circulación a los ciclistas debido a que los flujos vehiculares que transitan.

Este tramo tampoco presenta ningún problema respecto a la pendiente promedio ya que es de aproximadamente 2 %.

Respecto al tránsito de ciclistas, sobre este tramo no se realizaron conteos, sin embargo, se obtiene el número total de rutas obtenidas a partir de las encuestas. Un total de 34 rutas transitan por este tramo, donde 19 son en el sentido Este - Oeste.

A partir de los resultados obtenidos, este es un tramo con un importante flujo de ciclistas, cuenta con muy bajo nivel de BCI, una vía que une con importantes generadores y atractores de viajes como lo es El centro

Corporativo El Cafetal y un acceso a un sector del cantón, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer una ciclovía. En este caso el espacio es suficiente para poder establecer la ciclovía requerida para las condiciones actuales.

Tramo 14:

En este caso se maneja una velocidad de operación de 59 y 79 km/h, por tanto, se requiere una ciclovía segregada de tipo II en el sentido Sur – Norte y segregada tipo I en el sentido Norte - Sur, se requiere en ambos casos como mínimo 2 m de ancho. Sobre este tramo el punto más angosto de la calzada es sobre el puente el cual tiene 7.5 m de espacio en la calzada, por tanto, no existe espacio suficiente sobre esta para albergar los carriles vehiculares más la ciclovía en ambos sentidos, sin embargo, el resto del tramo si cuenta con suficiente espacio, ya que cuenta con un ancho de calzada de cerca de 14.

Respecto al BCI, en este caso se obtiene niveles extremadamente Muy bajos, Moderadamente bajos y Extremadamente bajos, relacionados principalmente con los flujos vehiculares que transitan por este tramo y las altas velocidades a las que lo realizan. En este caso si se lograra una disminución de las velocidades de operación se podría obtener mejoras importantes en los BCI, sin embargo, para mejorar significativamente los BCI es requerido brindar espacio de circulación a los ciclistas.

Este tramo presenta problema respecto a la pendiente promedio ya que en el sentido Sur – Norte el tramo cuenta con una pendiente promedio de 6.8 % y una longitud de 345 m, lo cual es mayor a lo recomendado en la Guía de diseño del MOPT.

Respecto al tránsito de ciclistas, sobre este tramo no se realizaron conteos, sin embargo, se obtiene el número total de rutas obtenidas a partir de las encuestas. Un total de 28 rutas transitan por este tramo, donde 18 son en el sentido Sur – Norte, estos a pesar de la posible problemática que pueda causar la pendiente de 6.8 %.

De igual manera que en el caso anterior, este tramo cuenta con un importante flujo de ciclistas, con bajos niveles de BCI, es una vía que une con importantes generadores y atractores de viajes como lo es El Centro Corporativo El Cafetal y es un acceso a un sector del cantón, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer

una ciclovía. En este caso el espacio es suficiente para poder establecer la ciclovía requerida, teniendo en cuenta que en el puente se debería realizar un tipo de planteamiento de manera que se comparta la vía sobre el puente para las condiciones actuales.

Tramo 15:

En este tramo se cuenta con una velocidad de operación de 47 y 44 km/h, por tanto, se requiere una ciclovía segregada de tipo I en ambos sentidos, por tanto, se requiere en ambos casos como mínimo 2 m de ancho. Sobre este tramo el punto más angosto de la calzada 6.34 m, por tanto, no habría posibilidad de que ingresaran los dos carriles vehiculares y la ciclovía en ambos sentidos. Sin embargo, al revisar la sección transversal completa existen espacios de zona verde y cunetas amplias en ambos lados de la vía, este espacio se podría utilizar para colocar ambas ciclovías.

Respecto al BCI, en este caso se obtiene niveles Muy bajos y Moderadamente bajo, relacionados principalmente con los flujos vehiculares que transitan por este tramo. En este caso si se lograra una disminución de las velocidades de operación a la velocidad reglamentaria se obtendrían ciertas mejoras en los BCI, sin embargo, para mejorar significativamente los BCI es requerido brindar espacio de circulación a los ciclistas.

Este tramo presenta problema respecto a la pendiente promedio ya que en el sentido Norte – Sur el tramo cuenta con una pendiente promedio de 6 % y una longitud de 354 m, lo cual es mayor a lo recomendado en la Guía de diseño del MOPT.

En este tramo no se realizaron conteos de ciclistas, sin embargo, se obtiene el número total de rutas obtenidas a partir de las encuestas. Un total de 30 rutas transitan por este tramo, donde 24 son en el sentido Sur – Norte.

Este tramo cuenta con un importante flujo de ciclistas, con bajos niveles de BCI, es una vía que une con importantes generadores y atractores de viajes como lo es El Centro Corporativo El Cafetal y empresas como Unilever y es un acceso a un sector del cantón, por tanto, se podría definir de importancia alta para establecer una ciclovía. En este caso el espacio es suficiente para poder establecer la ciclovía requerida.

Tramo 16:

En este tramo se cuenta con una velocidad de operación de 46 y 44 km/h, por tanto, se requiere una ciclovía segregada de tipo I en ambos sentidos, es decir, como mínimo 2 m de ancho. Respecto al espacio disponible se tiene complicaciones principalmente cerca de la intersección de la Ruta Nacional 129, ya que en dicho punto hay 3 carriles de cerca de 3.6 m, lo que no dejaría espacio para las dimensiones de la ciclovía requerida según las velocidades de operación.

Respecto al BCI, en este caso se obtiene niveles Muy bajos y Extremadamente bajo, relacionados principalmente con los altos flujos vehiculares que transitan por este tramo. En este caso para mejorar significativamente los BCI es requerido brindar espacio de circulación a los ciclistas.

Este tramo presenta problema respecto a la pendiente promedio ya que en el sentido Norte – Sur el tramo cuenta con una pendiente promedio de 6.2 % y una longitud de 981 m, lo cual es mayor a lo recomendado en la Guía de diseño del MOPT.

En este tramo no se realizaron conteos de ciclistas, sin embargo, se obtiene el número total de rutas obtenidas a partir de las encuestas. Un total de 10 rutas transitan por este tramo, donde 9 son en el sentido Sur – Norte.

En este caso no se obtiene un importante flujo de ciclistas transitando sobre este tramo y debido al poco espacio con el que se cuenta, se podría definir de importancia baja este tramo para establecer una ciclovía.

Tramo 17:

En este tramo se cuenta con una velocidad de operación de 31 y 44 km/h, por tanto, se requiere una ciclovía delimitada en el sentido Norte – Sur y segregada tipo I en sentido Sur – Norte. Se requiere entonces 1.5 m como mínimo en el sentido Norte – Sur y de 2 m en el sentido Sur – Norte. Con un espacio disponible en la calzada de 4.8 m, no sería posible bajo las condiciones actuales colocar las ciclovías requeridas a partir. Debido a que las velocidades son bajas se podría considerar medidas de tráfico calmado de manera que se logren reducir las velocidades, de manera que se pueda implementar una vía compartida.

Respecto al BCI, en este caso se obtiene niveles Muy bajos y Moderadamente bajo, relacionados principalmente con los flujos vehiculares que transitan por este tramo. En este caso para mejorar significativamente los BCI es requerido brindar espacio de circulación a los ciclistas.

Este tramo tampoco presenta ningún problema respecto a la pendiente promedio ya que es de aproximadamente 3 %.

En este tramo no se realizaron conteos de ciclistas y no se obtienen rutas de ciclistas que transiten sobre el mismo, por tanto, no se podría definir de importancia baja este tramo para establecer una ciclovía.

4.2. Tramos Factibles o Complicados

En el cuadro siguiente se puede observar cual es la condición respecto a espacio para cada uno de los tramos de análisis en la condición actual y en caso de que se redujera la velocidad de operación a la reglamentaria.

Cuadro 12. Análisis de tramos factibles en la condición actual y en caso de que se reduzca la velocidad de operación a reglamentaria

Tramo	Condiciones actuales (Velocidades de operación actuales)	Reduciendo velocidad a 40 (Ciclovía demarcada 1.5 m)
1	No hay espacio suficiente, Requeriría eliminar un carril. Habría que brindar tratamiento especial en túnel.	Ciclovía de 1.5 m a cada lado reduciría a 9.65 m para 3 carriles. Tratamiento especial en túnel.
2	No hay espacio suficiente, Requeriría eliminar un carril.	Ciclovía de 1.5 m a cada lado reduciría a 8.56 m para 3 carriles. Espacio insuficiente.
3	No hay espacio suficiente, Requeriría eliminar un carril.	No hay espacio suficiente ni para ciclovía en un solo sentido, se podría considerar eliminar un carril y dejar vía en un solo sentido.
4	No hay espacio suficiente, Requeriría eliminar un carril.	Espacio suficiente para ciclovías en un sentido, con carriles de 3 m
5	No hay espacio suficiente, Requeriría eliminar un carril.	No hay espacio suficiente para ciclovía en ambos sentidos, se podría incluir en un solo sentido sin embargo existe pendiente de 40 cm, habría que analizar si es posible tomarlo de zona verde o acera.
6	Requeriría eliminar un carril	Espacio suficiente para ciclovía en un sentido, con carriles de 3 m
7	Requeriría eliminar un carril	Espacio suficiente para ciclovía en un sentido, con carriles de 3 m

8	Requeriría eliminar un carril	Ciclovía de 1.5 m a cada lado reduciría a 8.9 m para 3 carriles. Se requerirá tomar espacio de zona verde para completar espacio faltante.
9	Espacio suficiente	Espacio suficiente
10	Requeriría eliminar un carril	Espacio disponible de 7.2 m, se requieren 7.5 m para ciclovía más dos carriles de 3 m. Habría que considerar si es posible obtener espacio de zona verde.
11	Requeriría eliminar un carril	Espacio disponible de 7.2 m, se requieren 7.5 para ciclovía más dos carriles de 3 m. Habría que considerar si es posible obtener espacio de zona verde
12	Espacio suficiente con ciertas implicaciones constructivas	Espacio suficiente con ciertas implicaciones constructivas
13	Espacio suficiente	Espacio suficiente
14	Espacio suficiente con ciertas implicaciones constructivas. Tratamiento especial en puente	Espacio suficiente con ciertas implicaciones constructivas. Tratamiento especial en puente
15	Espacio suficiente con ciertas implicaciones constructivas.	Espacio suficiente con ciertas implicaciones constructivas.
16	Espacio Insuficiente sector de intersección Ruta Nacional 129	Espacio insuficiente
17	Espacio Insuficiente	Espacio Insuficiente. Considerar reducir velocidades a 30 km/h para vía compartida.

4.1. Impacto de la construcción de una ciclovía

Se determina el nivel de BCI en caso de que existiera una ciclovía en cada uno de los tramos y sentidos de circulación, a partir de esto se obtiene que en promedio una ciclovía mejora en 32 % el índice de compatibilidad de bicicletas. Se destaca que a pesar de este esfuerzo en tramos en los que actualmente se catalogan como extremadamente bajos, los BCI mejoran, pero se continúa teniendo un nivel moderadamente bajo, muy bajo o extremadamente bajo, lo cual tiene relación directa con los flujos viales transitando por dichos tramos. En el siguiente cuadro se puede observar el resultado para cada uno de los tramos en cada uno de los sentidos de circulación donde apliquen.

Cuadro 13. Comparación de los niveles de BCI en caso de que se incluyera una ciclovía en cada uno de los tramos de estudio

Tramo	Sentido	Horario	Situación Actual		Con ciclovía 1.5 m		Porcentaje de reducción
			BCI	Nivel de Compatibilidad	BCI	Nivel de Compatibilidad	
1	O-E	AM	4.611	Muy baja	3.153	Moderadamente alta	32%
1	E-O	AM	4.579	Muy baja	3.056	Moderadamente alta	33%
1	O-E	PM	4.103	Moderadamente baja	2.645	Moderadamente alta	36%
1	E-O	PM	4.385	Moderadamente baja	2.862	Moderadamente alta	35%
2	E-O	AM	5.614	Extremadamente baja	4.033	Moderadamente baja	28%
2	O-E	AM	5.714	Extremadamente baja	4.133	Moderadamente baja	28%
2	E-O	PM	5.354	Extremadamente baja	3.773	Moderadamente baja	30%
2	O-E	PM	6.180	Extremadamente baja	4.599	Muy baja	26%
3	E-O	AM	4.851	Muy baja	3.331	Moderadamente alta	31%
3	O-E	AM	5.234	Muy baja	3.735	Moderadamente baja	29%
3	E-O	PM	4.813	Muy baja	3.293	Moderadamente alta	32%
3	O-E	PM	4.734	Muy baja	3.235	Moderadamente alta	32%
4	N-S	AM	3.646	Moderadamente baja	2.118	Muy alta	42%
4	S-N	AM	3.470	Moderadamente baja	1.958	Muy alta	44%
4	N-S	PM	3.376	Moderadamente alta	1.848	Muy alta	45%
4	S-N	PM	3.366	Moderadamente alta	1.854	Muy alta	45%
5	N-S	AM	4.385	Moderadamente baja	2.845	Moderadamente alta	35%
5	S-N	AM	4.472	Muy baja	2.932	Moderadamente alta	34%
5	N-S	PM	3.875	Moderadamente baja	2.335	Moderadamente alta	40%
5	S-N	PM	4.124	Moderadamente baja	2.584	Moderadamente alta	37%
6	O-E	AM	7.020	Extremadamente baja	5.439	Extremadamente baja	23%
6	O-E	PM	7.001	Extremadamente baja	5.420	Extremadamente baja	23%
7	O-E	AM	6.695	Extremadamente baja	5.114	Muy baja	24%
7	O-E	PM	6.714	Extremadamente baja	5.133	Muy baja	24%
8	O-E	AM	7.043	Extremadamente baja	5.462	Extremadamente baja	22%
8	E-O	AM	7.142	Extremadamente baja	5.561	Extremadamente baja	22%
8	O-E	PM	8.073	Extremadamente baja	6.492	Extremadamente baja	20%
8	E-O	PM	6.068	Extremadamente baja	4.487	Muy baja	26%
9	S-N	AM	6.534	Extremadamente baja	4.953	Muy baja	24%
9	S-N	PM	5.930	Extremadamente baja	4.349	Moderadamente baja	27%
10	E-O	AM	6.518	Extremadamente baja	4.937	Muy baja	24%
10	E-O	PM	7.102	Extremadamente baja	5.521	Extremadamente baja	22%
11	E-O	AM	6.028	Extremadamente baja	4.447	Muy baja	26%
11	E-O	PM	5.503	Extremadamente baja	3.922	Moderadamente baja	29%
12	S-N	AM	5.224	Muy baja	3.643	Moderadamente baja	30%
12	N-S	AM	5.608	Extremadamente baja	4.027	Moderadamente baja	28%
12	S-N	PM	5.980	Extremadamente baja	4.399	Moderadamente baja	26%

12	N-S	PM	5.940	Extremadamente baja	4.359	Moderadamente baja	27%
13	E-O	AM	4.605	Muy baja	3.065	Moderadamente alta	33%
13	O-E	AM	4.262	Moderadamente baja	2.681	Moderadamente alta	37%
13	E-O	PM	5.125	Muy baja	3.585	Moderadamente baja	30%
13	O-E	PM	4.044	Moderadamente baja	2.463	Moderadamente alta	39%
14	S-N	AM	4.807	Muy baja	3.226	Moderadamente alta	33%
14	N-S	AM	5.101	Muy baja	3.520	Moderadamente baja	31%
14	S-N	PM	5.327	Extremadamente baja	3.746	Moderadamente baja	30%
14	N-S	PM	4.275	Moderadamente baja	2.694	Moderadamente alta	37%
15	S-N	AM	4.745	Muy baja	3.164	Moderadamente alta	33%
15	N-S	AM	3.873	Moderadamente baja	2.292	Muy alta	41%
15	S-N	PM	4.061	Moderadamente baja	2.480	Moderadamente alta	39%
15	N-S	PM	3.907	Moderadamente baja	2.326	Moderadamente alta	40%
16	S-N	AM	5.077	Muy baja	3.496	Moderadamente baja	31%
16	N-S	AM	5.501	Extremadamente baja	3.920	Moderadamente baja	29%
16	S-N	PM	6.573	Extremadamente baja	4.992	Muy baja	24%
16	N-S	PM	4.847	Muy baja	3.266	Moderadamente alta	33%
17	S-N	AM	3.805	Moderadamente baja	2.224	Muy alta	42%
17	N-S	AM	4.625	Muy baja	3.044	Moderadamente alta	34%
17	S-N	PM	4.011	Moderadamente baja	2.430	Moderadamente alta	39%
17	N-S	PM	4.555	Muy baja	2.974	Moderadamente alta	35%

4.2. Proyectos Adicionales e Impactos

Como se observa en el cuadro anterior el tramo 1 presenta complicaciones en el espacio disponible para mantener los carriles vehiculares actuales y poder brindar espacio necesario a los ciclistas, sin embargo, este es una de las principales entradas y salidas del cantón, por tanto, presenta un nivel alto de importancia. Considerando esto es importante tener en cuenta proyecto futuros que puedan llegar a solventar el problema de espacio con el que se cuenta.

Uno de estos es la rotonda que se planea realizar alrededor de la Firestone, esta rotonda permitiría contar con mayor espacio ya que se podría dejar solo dos carriles vehiculares y por ende contar con espacio necesario para la ciclovía.

Proyectos de urbanismo táctico y/o pacificación vial como los que se realizaron con la GIZ pueden también generar un impacto positivo para la ciclovía ya que ayudaría a reducir velocidades y por ende se requiere menor espacio para la ciclovía.

Eliminación de sentidos de circulación en vías o de movimientos en intersecciones pueden ayudar a obtener mayor espacio para la ciclovía, para esto es necesario un mayor análisis como el que se está realizando con la Macro modelación del cantón de Belén., ya que estos cambios pueden tener importantes repercusiones en la funcionalidad de las vías. Se debe considerar en esta modelación y en los trazos de la ciclovía a analizar las rutas actuales de ciclistas y los orígenes y destinos encontrados de las encuestas realizadas, con el objetivo que pueda brindar conexiones con localidades como San Rafael de Alajuela, Santa Ana, Heredia u otras.

5. CONCLUSIONES

Generadores, Atractores de viajes y Transporte Público

- El tramo preliminar planteado une algunos de los principales generadores y atractores de viajes en el cantón de Belén, además permite la conexión de estos puntos con rutas de transporte público y la estación del tren.
- A partir de las rutas de transporte que transitan por el cantón de Belén se observa que existe un déficit en cuanto al transporte público que llega al sector este de la calle El Arbolito, punto por donde se encuentran grandes centros corporativos y por donde se están construyendo más.

Encuestas a ciclistas y conteos de ciclistas.

- Existe una diferencia marcada entre la cantidad de mujeres que utilizan la bicicleta para movilizarse y la cantidad de hombres que lo hacen. Solamente se encuestaron 9 mujeres del total de 166 encuestas realizadas.
- A partir de la observación de los implementos de seguridad utilizados por los ciclistas encuestados es posible determinar que hace falta educación y concientización respecto a la utilización de dichos

elementos, ya que 50 % de los ciclistas encuestados no utilizaban el casco, dispositivo fundamental en la protección de los usuarios en caso de algún accidente.

- La cantidad de accidentes que han tenido los ciclistas encuestados asociado al dato con el que cuenta el COSEVI de accidentes en los cuales huno una bicicleta implicada en los distritos de Belén son una muestra de la necesidad de realizar esfuerzos para mejorar la seguridad de estos usuarios vulnerables de la vía. Del total de encuestados un 15 % manifestó haber tenido algún tipo de accidente en bicicleta en los últimos 3 años.
- Existe una diferencia entre la percepción de la seguridad en la vía en hora pico o fuera de esta, por parte de los ciclistas, estos se sienten más inseguros en hora pico lo que tiene una relación directa con la cantidad de vehículos en la vía. Fuera de hora pico solamente un 22 % percibe como poco seguro o muy inseguro mientras en hora pico un 53 % lo percibe de dicha manera.
- Cerca de un 14 % de las personas encuestadas que viajan en bicicleta cuenta con otro medio de transporte como carro o moto para movilizarse, sin embargo, eligen la bicicleta.
- De las personas encuestadas un 83 % utiliza la bicicleta entre 5 y 7 días para movilizarse, esto es un indicado que un grupo importante prácticamente usa la bicicleta como principal medio de transporte.
- La señalización o demarcación y la reducción de la velocidad de los vehículos son los principales aspectos considerados por los ciclistas para el diseño de una ciclovía.
- El Covid si ha tenido un efecto en la forma de movilizarse de algunos de los ciclistas, 20 de estos indican que antes de la pandemia no utilizaban la bicicleta como medio de transporte, y de estos 17 indican que la continuaran utilizando una vez se vuelva a la normalidad.
- A partir de la obtención de rutas de los ciclistas encuestados fue posible determinar tramos del trazo de la ciclovía preliminar de uso amplio por ciclistas actualmente y tramos de bajo uso. En el siguiente cuadro se puede observar lo obtenido a partir de la Figura 21 para cada uno de los tramos:

Cuadro 14. Totalidad de ciclistas por tramo

Tramo	Cantidad de ciclistas
1	54
2	20
3	15
4	22
5	37
6	30
7	32
8	38
9	38
10	24
11	26
12	40
13	34
14	28
15	30
16	10
17	0
Promedio	**28**
Máximo	**54**
Mínimo	**10**

- Existen dos tramos con más 40 rutas en ambos sentidos, estos son el tramo 1 y el 12. Siete tramos con entre 30 y 40 rutas en ambos sentidos, estos son tramo 5, 6, 7, 8, 9, 13 y 15. Cinco tramos con entre 20 y 30 rutas en ambos sentidos, estos tramos son 2, 4, 10, 11 y 14. Dos tramos entre 10 y 15 rutas, tramo 3 y 16. Y el tramo 17 el cual no contabilizó ninguna ruta de ciclista.
- Se destaca la calle El Arbolito, la cual no se encuentra en el trazo preliminar de la ciclovía, sin embargo, cuenta con 52 rutas de ciclistas en el sector cerca del cementerio y de 36 rutas en el sector ubicado más hacia el este. Por tanto, es importante posteriormente analizar esta vía para que forme parte del trazo de la ciclovía.
- Barreal de Heredia, Santa Ana, San Rafael de Alajuela y Río Segundo son localidades origen o destino de los ciclistas encuestados, es importante, destacarlos ya que estos cantones, distritos o barrios pueden llegar a ser extensiones de la ciclovía y/o aliados en el proceso de concientización, educación y promoción de la bicicleta como medio de transporte.

- A partir de los resultados de la encuesta, también se determinaron empresas o centros corporativos que son orígenes y destinos de los ciclistas encuestados, entre estas se encuentran El Arreo, El Centro Corporativo El Cafetal, Firestone, Plásticos Modernos, Unilever, Dipo, Pipasa, Pedregal, Coca Cola y Corbel. Los primeros cuatro presentaron 3 o más ciclistas.

Factibilidad ciclovía y demanda actual

- Existe una demanda de una ciclovía actualmente, esto se determina a partir de los conteos y encuestas realizadas. Un total de 379 ciclistas fueron contabilizados en los cinco puntos en los cuales se realizaron conteos y encuestas, de estos 229 ciclistas que utilizaban la bicicleta como medio de transporte o recreación.
- Porcentaje importante de los ciclistas contabilizados se pueden clasificar como deportivos a nivel medio o alto, esta población no se considera necesariamente parte de la demanda de una ciclovía, pero si es población que se beneficia de mejorar la seguridad de ciclistas en las vías y de realizar procesos de educación y concientización los cuales deben ser parte de la implementación de una ciclovía.
- A partir de las condiciones de velocidad actuales, el espacio con el que se cuenta y dejando la misma cantidad de carriles vehiculares no es factible construir una ciclovía, ya sea en un solo sentido o en ambos en la mayoría de los tramos analizados. Solamente sería posible en los tramos 9, 12, 13, 14 y 15, ya que cuentan con suficiente espacio. En la siguiente imagen se pueden visualizar cuales serían los tramos en los cuales se cuenta con suficiente espacio bajo las condiciones actuales de velocidad y número de carriles.

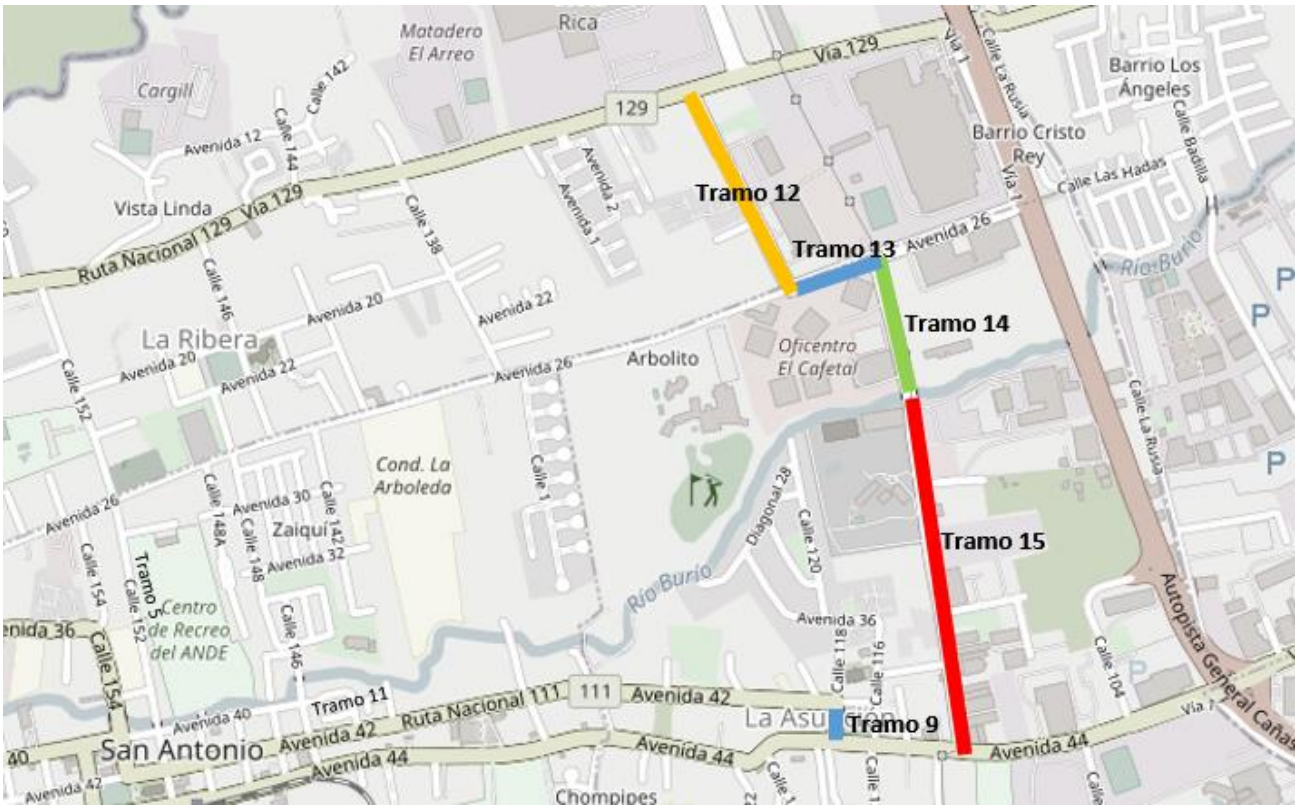


Figura 26. Tramos en los cuales actualmente se cuenta con espacio suficiente para establecer una ciclovía en ambos sentidos, bajo las condiciones actuales.

- Los tramos 3 y 4, debido a la dificultad de espacio disponible con la que cuentan, las pendientes altas y la baja cantidad de ciclistas que transitan podrían no ser parte de la ciclovía inicialmente. Se deben analizar otras vías por las cuales solventar esta demanda de ciclistas y que presenten mejores condiciones, sin dejar de lado la continuidad y sentido de la ciclovía. De manera similar sucede con los tramos 16 y 17, ya que presentan baja demanda y condiciones desfavorables, principalmente de espacio.
- En caso de reducir las velocidades de operación a las reglamentarias, existiría espacio suficiente, bajo la condicionante de utilizar carriles de 3 m, en los tramos:
    - Tramo 4, ciclovía en un solo sentido
    - Tramo 5, ciclovía en un solo sentido, habría que tomar 40 cm de zona verde/acera.
    - Tramo 6 y 7, ciclovía en un solo sentido, dos carriles de 3 m.

- Tramo 8, ciclovía en ambos sentidos, faltaría 10 cm para poder ingresar 3 carriles de 3 m, habría que tomar espacio de zona verde.
- Tramo 9, ciclovía en un solo sentido.
- Tramo 10 y 11, ciclovía en un solo sentido, habría que tomar 30 cm de zona verde.
- Tramo 12, 13, 14 y 15, ciclovía en ambos sentidos.

Figura 27. Tramos en los cuales actualmente se cuenta con espacio suficiente para establecer una ciclovía en ambos sentidos, bajo las condiciones actuales.

– No existiría espacio suficiente ni reduciendo las velocidades de operación en los tramos 1, 2, 3, 16 y 17. En el caso del tramo 1 es fundamental buscar algún tipo de alternativa, como la eliminación de un carril vehicular, ya que presenta muy altos volúmenes de ciclistas, por lo que se debería brindar mayor seguridad. Otra alternativa para este tramo es incluir la ciclovía en la propuesta de la rotonda que se está planteando alrededor de la Firestone.

- Otra opción de obtener mayor espacio para una ciclovía sería mediante la eliminación de un carril de circulación y aprovechando dicho espacio para la colocación de una ciclovía, sin embargo, para realizar esto se requiere un análisis mayor y de funcionalidad vial.

Índice de Compatibilidad de Bicicletas

- En general el Índice de Compatibilidad de Bicicletas en la ruta analizada presenta niveles bajos (Moderadamente bajo, Muy bajo o Extremadamente bajo), lo cual está relacionado principalmente con los altos volúmenes vehiculares que transitan por la zona y las altas velocidades de operación vehicular sobre los tramos de análisis. Las rutas con mayores volúmenes vehiculares son las que presentan peores niveles de servicio, lo cual se presenta sobre los tramos 2, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.
- Reducir las velocidades de operación y un porcentaje pequeño de volúmenes vehiculares pueden llegar a ser algo positivo y ayudar a mejorar los Índices de Compatibilidad de Bicicleta, sin embargo, no sería de manera significativa. Un impacto significativo se obtendría a partir de brindar espacio de tránsito para ciclistas o una reducción importante en los flujos vehiculares.
- La construcción de ciclovías en promedio generaría una mejora de 32 % en el índice de compatibilidad de bicicletas, sin embargo, existen tramos que debido a los altos flujos viales a pesar de colocar una ciclovía de 1.5 m de ancho los índices de compatibilidad no llegan ni a moderadamente alto.

6. RECOMENDACIONES

- Analizar e implementar alternativas de pacificación vial para reducir las velocidades de operación de los vehículos, esto con el fin de brindar mayor seguridad a todos los usuarios de la vía. Además, esto ayudaría a requerir menos espacio para implementar una ciclovía.
- Definir prioridades de vías en las cuales implementar la ciclovía, eso a partir de la demanda actual de ciclistas y las condiciones favorables de cada tramo.
- Analizar otras vías para el establecimiento de la ciclovía, definidas a partir de las rutas encontradas de los ciclistas encuestados, tal y como la calle El Arbolito que mostró un importante flujo de ciclistas. El

análisis de mayor cantidad de vías, buscando solucionar problemáticas de espacio sin perder de vista la demanda actual de ciclistas y las necesidades de estos a ayudaría en una mejor definición de trazo de la ciclovía a implementar.

- En caso de que se tenga que elegir sentido de circulación de una ciclovía a implementar, utilizar las rutas encontradas para brindar prioridad el sentido en el cual se movilizan más ciclistas.
- Aprovechar análisis Macro del cantón con el objetivo de analizar cambios de vías de manera que se pueda contar con mayor cantidad de espacio y así poder colocar ciclovía.
- Realización de talleres de educación a ciclistas ya que se encontró que gran porcentaje de ciclistas no utilizaba equipo de seguridad fundamental como el casco.
- Mostrar resultados obtenidos a otras municipalidades como Santa Ana, Heredia y Alajuela, de manera que se pueda visibilizar actual demanda de ciclistas de dichos cantones, con posibilidad de realizar esfuerzos conjuntos para dar continuidad a una posible ciclovía.
- Crear sinergias con empresas generadoras o atractores de viajes en el cantón con el objetivo de encontrar en estos aliados para la promoción de la bicicleta como medio de transporte sostenible, así como para la realización de procesos de concientización y educación respecto al respeto de ciclistas en las vías. Aprovechar con este fin, esfuerzos realizados por centros corporativos para realizar Planes Empresariales de Movilidad Sostenible.
- Antes de realizar diseño de ciclovía realizar levantamientos topográficos, de manera que se pueda tener mayor claridad de la totalidad de espacio con la que se cuenta.
- Realizar acercamiento con grupos organizados de ciclistas y otras instituciones como el COSEVI con el fin de validar la información generada y poder recopilar observaciones de estos grupos o instituciones.
- Considerar realizar Ciclovías Recreativas, lo cual es un espacio en el cantón en el cual se prohíben los flujos motorizados en un día y tiempo determinado, permitiendo que dicho espacio sea aprovechado por todo tipo de ciclistas. Este tipo de actividades permite aumentar poco a poco la demanda de ciclistas

y que las personas inicien a considerar la bicicleta como medio de transporte, además de ser un espacio para el disfrute de las personas y para la realización de ejercicio.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acuña Leiva, R., Hernández Vega, H., Jiménez Romero, D., Zamora Rojas, J., & Loría Salazar, L. (2016). *Guía de diseño y evaluación de ciclovías para Costa Rica.* San José.

Espinoza Bolaños, J., & Hernández Vega, H. (2015). *Estudio de Movilidad Ciclista en los distritos del cantón de Puntarenas con Mayor cantidad de ciclistas involucrados en colisiones.* San José.

FHWA. (1998). *The bicycle compatibility index A lever of service cconcept, Implementation Manual.* Washington DC: Federal Highway Administration.

INTECO. (2019). *INTE W42:2019 Requisitos de Infraestructura Ciclista.* San José: INTECO.

Leiva, R. A., & Hernández Vega, H. (2015). *Desarrollo de una metodología para el diseño y la evaluación de cilovías en Costa Rica.* San José.

MOPT. (2016). *MOPT-03-05-01-004-2016 Una ciclo vía para San José Falles II y III.* San José.

MOPT. (2019). *MOPT-03-05-01-0917-2019 Guía Técnica de diseño para infraestructura ciclista.* San José.

SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con efoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial.* Ciudad de Guatemala.

Torres Paniagua, M., & Hernández Vega, H. (2016). *Estudio de movilidad cilista en los distrititos de San Frrancisco, Guadalupe y Quebradilla del cantón de Cartago, y los distritos de Tobosi y Tejar del cantón del El Guarco.* San José.

Transportation Research Board. (2000). *Highway Capacity Manual.* Washington DC.

ANEXOS

Página en blanco a propósito

A1. Memoria de Cálculo

Cálculo de la Curva Logística

En el presente anexo se explica cómo a partir del análisis de la información disponible de las estaciones de conteo sobre la Ruta 129, se estimaron los porcentajes de crecimiento requeridos para el año 2020 para conteos realizados en el 2013 y 2014.

Para esto se tomaron datos de conteos históricos de tránsito realizados en la siguiente estación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes:

- Estación 766, sección 40700, ubicada sobre la Ruta Nacional No. 129, ubicada 200.0 metros después de la Fábrica Firestone.

La metodología utilizada es la proyección logarítmica, cuya asíntota horizontal es la capacidad de la carretera, de manera que se formase una gráfica de TPD contra el año, con forma característica de curva logística con forma de “S”.

Se construyó la curva S de la estación de conteo, la cual servirá para determinar la proyección logística de las rutas que conforman la red y así determinar las tasas de crecimiento en las intersecciones aforadas. En este caso, se construyó la curva logística para la Ruta Nacional No. 129.

Para la realización de dicha curva se tomó como insumo los valores de conteos vehiculares proporcionados por el Departamento de Planificación Sectorial del MOPT, los cuales se muestran en el Cuadro A1. 1.

Cuadro A1. 1. TPD Histórico para la estación No. 766, Ruta Nacional No. 129

160 ANIVERSARIO | mopt Impulsamos el futuro

SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL

Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte

03/12/2020 - 9:10 am

Tránsito Promedio Diario Anual (TDPA) de una Estación de Conteo

Estación: 766 **Ruta:** 129 **Sección:** 40700

Tramo: LTE CANT.FLORES/BELÉN(CALLE RIBERA)-FÁTIMA(R.111)

Ubicación: 200 M DESPUÉS DE LA FÁBRICA FIRESTONE

Comentario:

Año	TPDA	Liviano	Carga Liv.	Bus	C. 2 ejes	C. 3 ejes	C. 4 ejes	C. 5/6 ejes
1987	1390	36.39	43.72	4.86	11.93	1.86	0.09	1.15
1988	1450	39.77	44.78	5.51	7.69	1.59	0	0.66
1989	1665	44.22	38.75	5.28	9.44	1.45	0	0.86
1991	2335	44.65	42.67	4.28	6.62	0.97	0	0.81
1993	2395	44.79	38.32	5.02	9.55	1.33	0	0.99
1994	2635	49.48	34.96	3.68	9.3	1.29	0	1.29
2005	10750	64.91	21.56	1.18	9.82	1.32	0	1.21
2006	10773	64.75	21.68	1.19	9.83	1.33	0	1.22
2015	19165	71	14.95	1.9	8.23	1.77	0.62	1.53
2019	12577	74.88	20.61	2.16	1.58	0.09	0.67	0.02

Nomenclatura:

Liviano: Liviano (automóvil, 4x4 y microbuses familiares)
Carga Liv.: Carga Liviana (pick up y camión pequeños de 2 ejes con eje trasero sencillo)
C. 2, 3, 4 ejes: Camión No Articulado (de carga, vagoneta y trailer sin carreta)
C. 5/6 ejes: Camión Articulado (trailer con carreta, equipo especial y vehículo de 6 o más ejes)

Como se mencionó anteriormente, la metodología utilizada es mediante una curva logística. Utilizando distintas variables, como el TPD, así como características geométricas de la carretera se puede estimar el crecimiento tomando en cuenta la capacidad máxima del tramo de vía.

El crecimiento vehicular en las vías se caracteriza por presentar inicialmente un incremento lento que luego aumenta de una manera muy similar a la exponencial y finalmente se desacelera para eventualmente detenerse debido al límite de capacidad, más allá del cual no se admite crecimiento. Tal comportamiento puede ser simulado mediante la función logística o curva logística (o curva S).

La curva logística o curva en forma de S es una función matemática de la forma:

$$Y = \frac{C}{1+e^{m \cdot x+b}} \quad (1)$$

Donde C es la capacidad del sistema, y x se llama tasa natural de crecimiento, donde “m” y “b” son los factores a calibrar.

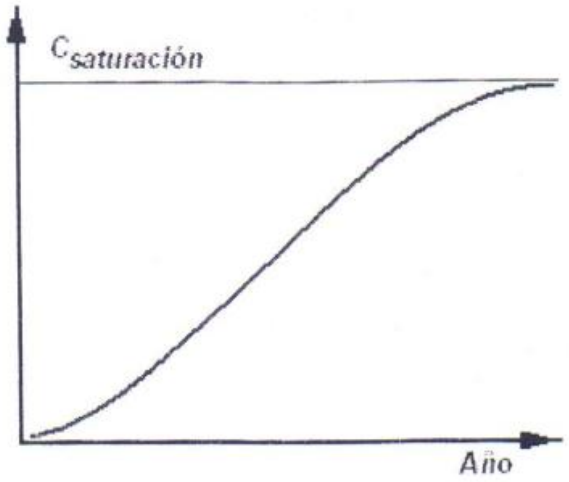


Figura A1. 1. Curva logística tipo de crecimiento para el tránsito vehicular.

Para poder utilizar la curva logística se procede a seguir con los siguientes pasos:

- Encontrar la capacidad de la vía
- Calcular el TPD de saturación de la vía
- Calcular la curva logística.

A continuación, se muestran por estación analizada la memoria de cálculo para la elaboración de las curvas logísticas características de cada una de las secciones.

Crecimiento en la estación de conteo 0

Esta curva característica presentaba las siguientes tipologías:

- Un Carril de circulación.
- Valor de TPD menor a 20000 veh/día.

Como primer insumo para el cálculo de la curva logística se requiere determinar la capacidad de la carretera, para lo cual se utilizó la metodología para carreteras de dos carriles del HCM-2010, dada en el capítulo 15 de dicho manual. Se procede a analizar las ecuaciones 15-12 y 15-13, esto ya que se consideró la carretera como Clase I.

$$C_{dATS} = 1700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$ (Ecuación 15-12)

$$C_{dPTSF} = 1700 f_{g,PTSF} f_{HV,PTSF}$$ (Ecuación 15-13)

Para la ecuación 15-12 se calculan los factores $f_{g,ATS}$ de los anexos 15-9 y 15-11 y $f_{HV,ATS}$ de la ecuación 15-4.

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1+P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)}$$ (Ecuación 15-4)

One-Direction Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h)	Adjustment Factor: Level Terrain and Specific Downgrades	Adjustment Factor: Rolling Terrain
≤100	1.00	0.67
200	1.00	0.75
300	1.00	0.83
400	1.00	0.90
500	1.00	0.95
600	1.00	0.97
700	1.00	0.98
800	1.00	0.99
≥900	1.00	1.00

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

Figura A1. 2. Anexo 15-9, capítulo 15 del HCM 2010

Vehicle Type	Directional Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h)	Level Terrain and Specific Downgrades	Rolling Terrain
Trucks, E_T	≤100	1.9	2.7
	200	1.5	2.3
	300	1.4	2.1
	400	1.3	2.0
	500	1.2	1.8
	600	1.1	1.7
	700	1.1	1.6
	800	1.1	1.4
	≥900	1.0	1.3
RVs, E_R	All flows	1.0	1.1

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Figura A1. 3. Anexo 15-11, capítulo 15 del HCM 2010

De la Figura A5.2 se obtiene un $f_{g,ATS}$ de 1, mientras que con la Figura A5.3, el porcentaje de vehículos pesados del año 2019 y con la ecuación 15-4 se calcula un $f_{HV,ATS}$ de 0.98.

Finalmente, al aplicarlos a la ecuación 15-12 se obtiene una capacidad de 1662 vehículos/hora en una dirección, suponiendo una distribución porcentual 50/50 se obtiene una capacidad de saturación de 3129 vehículos/hora.

Realizando el análisis para la ecuación 15-13 se calculan el factor $f_{g,PTSF}$ de los anexos 15-16 y 15-18 y $f_{HV,PTSF}$ de la ecuación 15-8.

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1+P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)} \qquad \text{(Ecuación 15-8)}$$

Directional Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h)	Level Terrain and Specific Downgrades	Rolling Terrain
≤100	1.00	0.73
200	1.00	0.80
300	1.00	0.85
400	1.00	0.90
500	1.00	0.96
600	1.00	0.97
700	1.00	0.99
800	1.00	1.00
≥900	1.00	1.00

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

Figura A1. 4. Anexo 15-16, capítulo 15 del HCM 2010

Vehicle Type	Directional Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h)	Level and Specific Downgrade	Rolling
Trucks, E_T	≤100	1.1	1.9
	200	1.1	1.8
	300	1.1	1.7
	400	1.1	1.6
	500	1.0	1.4
	600	1.0	1.2
	700	1.0	1.0
	800	1.0	1.0
	≥900	1.0	1.0
RVs, E_R	All	1.0	1.0

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

Figura A1.5. Anexo 15-18, capítulo 15 del HCM 2010

De la Figura A5.4 se obtiene que el valor del factor $f_{g,PTSF}$ es 1 y de la Figura A5.5 se obtiene que el factor $f_{HV,PTSF}$ corresponde a de 1, que al aplicarlos a la ecuación 15.13 se obtiene una capacidad de saturación de la

vía de 3186 vehículos/hora. Por lo tanto, se utiliza el menor de los valores que en este caso corresponde a 3129 vehículos/ hora, siendo este el escenario más conservador.

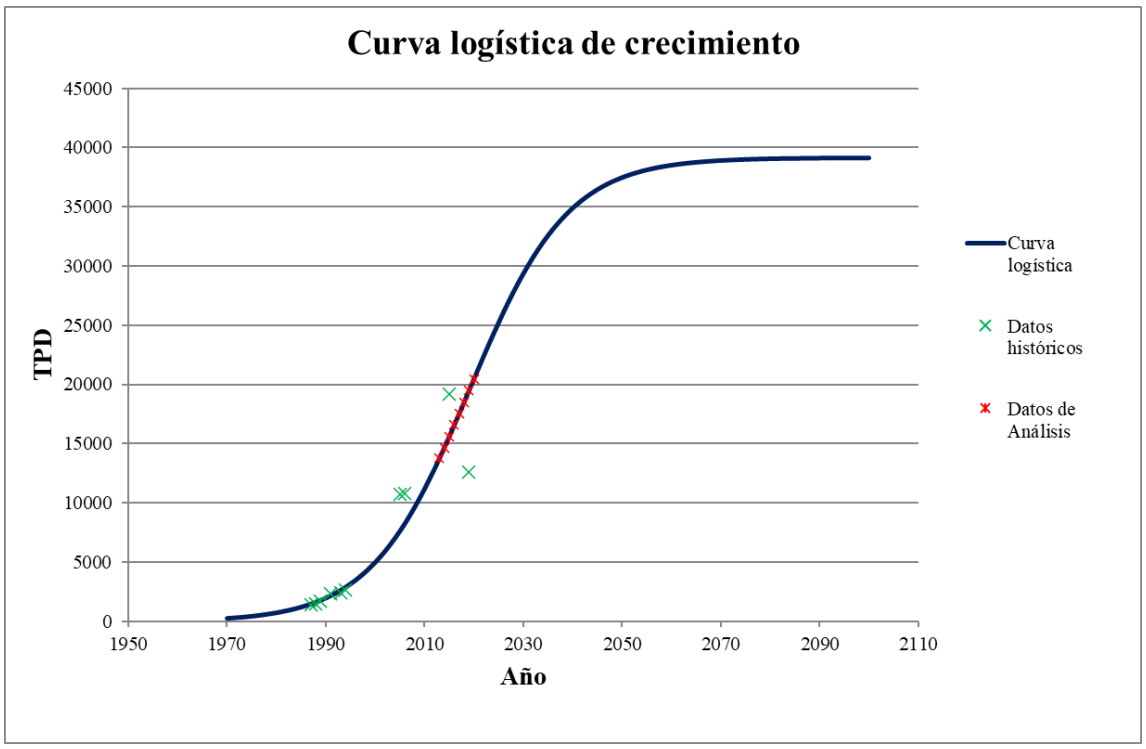
Cuadro A1. 2. Memoria de cálculo curva logística base, estación 766, Ruta Nacional No. 129.

% Pesados	4.52%	
% Recreativos	0.00%	
E_T	1.5	ATS
E_R	1.0	
E_T	1.1	PTSF
E_R	1.0	

$f_{HV,\ ATS}$	0.98
$f_{g,\ ATS}$	1.00
$c_{,\ ATS}$	1662
$c_{,\ ATS\ ambos\ sentidos}$	3324
$c_{,\ ATS\ ambos\ sentidos}$	3129

SR_{sat} (ATS)	3129
SR_{sat} (PTSF)	3186
FHMD	0.08
TPD_{sat}	**39,113**

$f_{HV,\ PTSF}$	1.00
$f_{g,\ PTSF}$	1.00
$c_{,\ PTSF}$	1692
$c_{,\ ATS\ ambos\ sentidos}$	3384
$c_{,\ ATS\ ambos\ sentidos}$	3186



Posteriormente se obtiene el porcentaje de crecimiento, a partir de la ecuación de la curva exponencial para el intervalo de los años del estudio 2013 – 2020 y 2014 - 2020. El factor de crecimiento para el primer caso es de 1.559 y para el segundo de 1.462.

A2. Cálculo BCI para cada tramo, parámetros utilizados

Tramo	Sentido	Horario	Carril Bicicleta o espaldon mayor a 0,9 m (BL)	Ancho carril o espaldón (BLW)	Ancho carril Adyacente (CLW)	Volumen vehicular carril adyacente (CLV)	Volumen vehicular carril misma dirección (OLV)	Transito Promedio	Velocidad de operación vehicular percentil 85	Presencia estacionamientos Ocupados en mas del 30 %	Área Residencial	Porcentaje de pesados	Camiones por hora en carril adyacente	ft	Tiempo límite en parqueo	Giros a la derecha	AF	BCI	Nivel de Compatibilidad
1	O-E	AM	0	0.30	3.80	876	0	10950	44	0	1	9%	79	0.4	0	0.1	0.5	4.611	Muy baja
1	E-O	AM	0	0.14	3.30	555	0	6938	62	0	1	6%	34	0.3	0	0.1	0.4	4.579	Muy baja
1	O-E	PM	0	0.30	3.80	672	0	8400	44	0	1	7%	49	0.3	0	0.1	0.4	4.103	Moderadamente baja
1	E-O	PM	0	0.14	3.30	458	0	5725	62	0	1	8%	37	0.3	0	0.1	0.4	4.385	Moderadamente baja
2	E-O	AM	0	0.00	3.10	1027	0	12838	59	0	1	5%	54	0.3	0	0.1	0.4	5.614	Extremadamente baja
2	O-E	AM	0	0.00	3.20	1118	0	13975	53	0	1	8%	94	0.4	0	0.1	0.5	5.714	Extremadamente baja
2	E-O	PM	0	0.00	3.10	847	0	10588	59	0	1	12%	106	0.4	0	0.1	0.5	5.354	Extremadamente baja
2	O-E	PM	0	0.00	3.20	1351	0	16888	53	0	1	5%	63	0.4	0	0.1	0.5	6.180	Extremadamente baja
3	E-O	AM	0	0.15	3.10	737	0	9213	58	0	1	4%	28	0.2	0	0.1	0.3	4.851	Muy baja
3	O-E	AM	0	0.20	3.10	894	0	11175	53	0	1	9%	79	0.4	0	0.1	0.5	5.234	Muy baja
3	E-O	PM	0	0.15	3.20	643	0	8038	58	0	1	10%	68	0.4	0	0.1	0.5	4.813	Muy baja
3	O-E	PM	0	0.20	3.10	644	0	8050	53	0	1	13%	81	0.4	0	0.1	0.5	4.734	Muy baja
4	N-S	AM	0	0.13	3.60	432	0	5400	51	0	1	2%	9	0	0	0.1	0.1	3.646	Moderadamente baja
4	S-N	AM	0	0.17	3.60	346	0	4325	47	0	1	3%	11	0.1	0	0.1	0.2	3.470	Moderadamente baja
4	N-S	PM	0	0.13	3.60	297	0	3713	51	0	1	2%	6	0	0	0.1	0.1	3.376	Moderadamente alta
4	S-N	PM	0	0.17	3.60	244	0	3050	47	0	1	10%	25	0.2	0	0.1	0.3	3.366	Moderadamente alta
5	N-S	AM	0	0.10	3.20	233	0	2913	61	1	1	9%	21	0.2	0	0.1	0.3	4.385	Moderadamente baja
5	S-N	AM	0	0.10	3.30	361	0	4513	51	1	1	9%	33	0.3	0	0.1	0.4	4.472	Muy baja
5	N-S	PM	0	0.10	3.20	78	0	975	61	1	1	4%	4	0	0	0.1	0.1	3.875	Moderadamente baja
5	S-N	PM	0	0.10	3.30	287	0	3588	51	1	1	4%	12	0.1	0	0.1	0.2	4.124	Moderadamente baja
6	O-E	AM	0.00	0.00	3.6	1503	377	23500	63	0	0	8%	121	0.5	0	0.1	0.60	7.020	Extremadamente baja
6	O-E	PM	0.00	0.00	3.6	1494	375	23362.5	63	0	0	8%	124	0.5	0	0.1	0.60	7.001	Extremadamente baja
7	O-E	AM	0.00	0.00	4	1348	398	21825	83	0	1	10%	135	0.5	0	0.1	0.60	6.695	Extremadamente baja
7	O-E	PM	0.00	0.00	4	1416	355	22137.5	83	0	1	8%	114	0.4	0	0.1	0.50	6.714	Extremadamente baja
8	O-E	AM	0	0.00	3.40	1568	0	19600	77	0	1	5%	79	0.4	0	0.1	0.5	7.043	Extremadamente baja
8	E-O	AM	0	0.00	3.90	1951	0	24388	58	0	1	5%	99	0.4	0	0.1	0.5	7.142	Extremadamente baja
8	O-E	PM	0	0.00	3.40	2083	0	26038	77	0	1	5%	105	0.4	0	0.1	0.5	8.073	Extremadamente baja
8	E-O	PM	0	0.00	3.90	1414	0	17675	58	0	1	7%	100	0.4	0	0.1	0.5	6.068	Extremadamente baja
9	S-N	AM	0.00	0.00	4.1	1840	0	23000	45	0	1	6%	111	0.4	0	0.1	0.50	6.534	Extremadamente baja
9	S-N	PM	0.00	0.00	4.1	1538	0	19225	45	0	1	6%	93	0.4	0	0.1	0.50	5.930	Extremadamente baja
10	E-O	AM	0.00	0.00	3.6	1291	323	20175	77	0	1	7%	91	0.4	0	0.1	0.50	6.518	Extremadamente baja
10	E-O	PM	0.00	0.00	3.6	1521	381	23775	77	0	1	10%	191	0.5	0	0.1	0.60	7.102	Extremadamente baja
11	E-O	AM	0.00	0.00	3.655	1225	376	20012.5	61	0	1	5%	62	0.4	0	0.1	0.50	6.028	Extremadamente baja
11	E-O	PM	0.00	0.00	3.655	1037	254	16137.5	61	0	1	5%	53	0.3	0	0.1	0.40	5.503	Extremadamente baja
12	S-N	AM	0	0.00	3.10	744	0	9300	55	0	0	7%	55	0.3	0	0.1	0.4	5.224	Muy baja
12	N-S	AM	0	0.00	3.45	781	0	9763	77	0	0	7%	55	0.3	0	0.1	0.4	5.608	Extremadamente baja
12	S-N	PM	0	0.00	3.10	1122	0	14025	55	0	0	4%	50	0.3	0	0.1	0.4	5.980	Extremadamente baja
12	N-S	PM	0	0.00	3.45	897	0	11213	77	0	0	10%	89	0.4	0	0.1	0.5	5.940	Extremadamente baja
13	E-O	AM	0	0.10	3.10	433	0	5413	57	0	0	8%	35	0.3	0	0.1	0.4	4.605	Muy baja
13	O-E	AM	0	0.00	3.00	376	0	4700	47	0	0	6%	23	0.2	0	0.1	0.3	4.262	Moderadamente baja
13	E-O	PM	0	0.10	3.10	693	0	8663	57	0	0	5%	35	0.3	0	0.1	0.4	5.125	Muy baja
13	O-E	PM	0	0.00	3.00	267	0	3338	47	0	0	8%	22	0.2	0	0.1	0.3	4.044	Moderadamente baja
14	S-N	AM	0	0.00	3.75	433	0	5413	79	0	0	8%	35	0.3	0	0.1	0.4	4.807	Muy baja
14	N-S	AM	0	0.00	3.75	800	0	10000	59	0	0	4%	33	0.3	0	0.1	0.4	5.101	Muy baja
14	S-N	PM	0	0.00	3.75	693	0	8663	79	0	0	5%	35	0.3	0	0.1	0.4	5.327	Extremadamente baja
14	N-S	PM	0	0.00	3.75	387	0	4838	59	0	0	13%	51	0.3	0	0.1	0.4	4.275	Moderadamente baja
15	S-N	AM	0	0.00	3.17	693	0	8663	44	0	0	3%	21	0.2	0	0.1	0.3	4.745	Muy baja
15	N-S	AM	0	0.00	3.17	224	0	2800	47	0	0	10%	23	0.2	0	0.1	0.3	3.873	Moderadamente baja
15	S-N	PM	0	0.00	3.17	351	0	4388	44	0	0	8%	29	0.2	0	0.1	0.3	4.061	Moderadamente baja
15	N-S	PM	0	0.00	3.17	291	0	3638	47	0	0	5%	15	0.1	0	0.1	0.2	3.907	Moderadamente baja
16	S-N	AM	0	0.00	3.30	791	0	9888	44	0	0	9%	72	0.4	0	0.1	0.5	5.077	Muy baja
16	N-S	AM	0	0.00	3.30	1031	0	12888	46	0	0	3%	32	0.3	0	0.1	0.4	5.501	Extremadamente baja
16	S-N	PM	0	0.00	3.30	1539	0	19238	44	0	0	5%	84	0.4	0	0.1	0.5	6.573	Extremadamente baja
16	N-S	PM	0	0.00	3.30	704	0	8800	46	0	0	5%	36	0.3	0	0.1	0.4	4.847	Muy baja
17	S-N	AM	0	0.00	2.40	131	0	1638	44	0	0	5%	7	0	0	0.1	0.1	3.805	Moderadamente baja
17	N-S	AM	0	0.00	2.40	484	0	6050	31	0	0	15%	72	0.4	0	0.1	0.5	4.625	Muy baja
17	S-N	PM	0	0.00	2.40	234	0	2925	44	0	0	3%	7	0	0	0.1	0.1	4.011	Moderadamente baja
17	N-S	PM	0	0.00	2.40	449	0	5613	31	0	0	16%	72	0.4	0	0.1	0.5	4.555	Muy baja

A3. Levantamientos geométricos por tramo de análisis

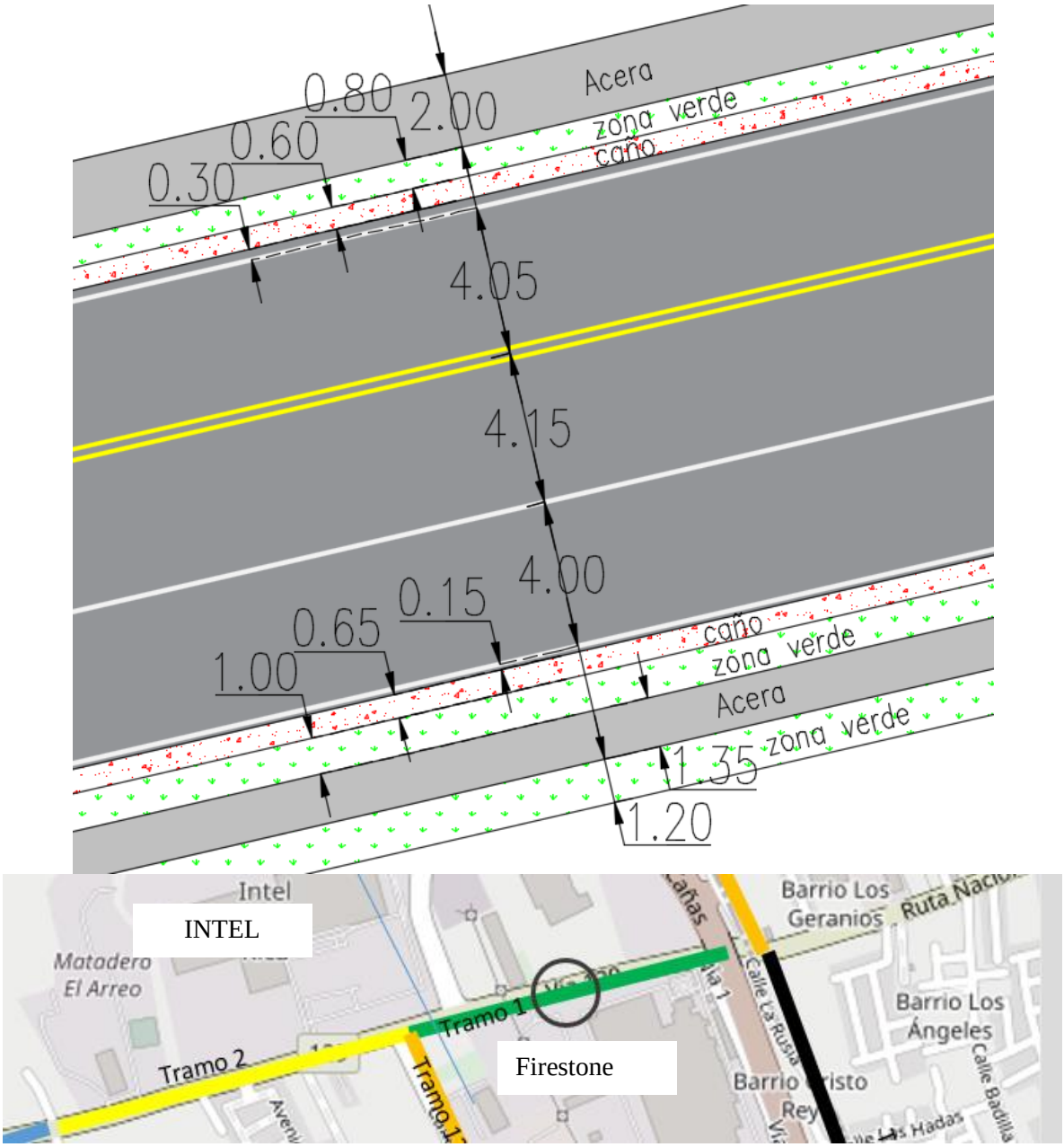


Figura 28. Sección transversal de tramo 1 y ubicación

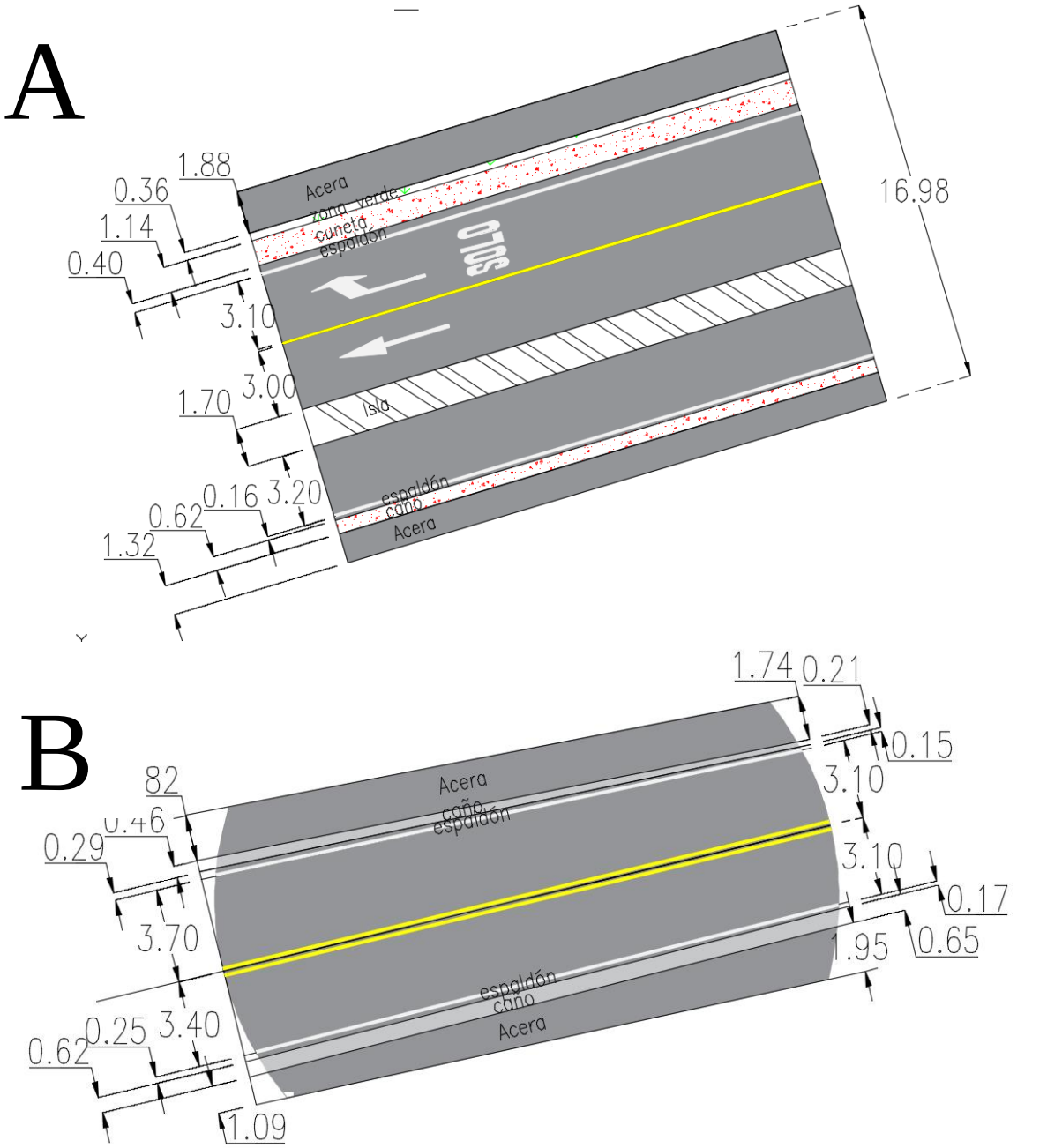


Figura 29. Secciones transversales de tramo 2 y ubicación

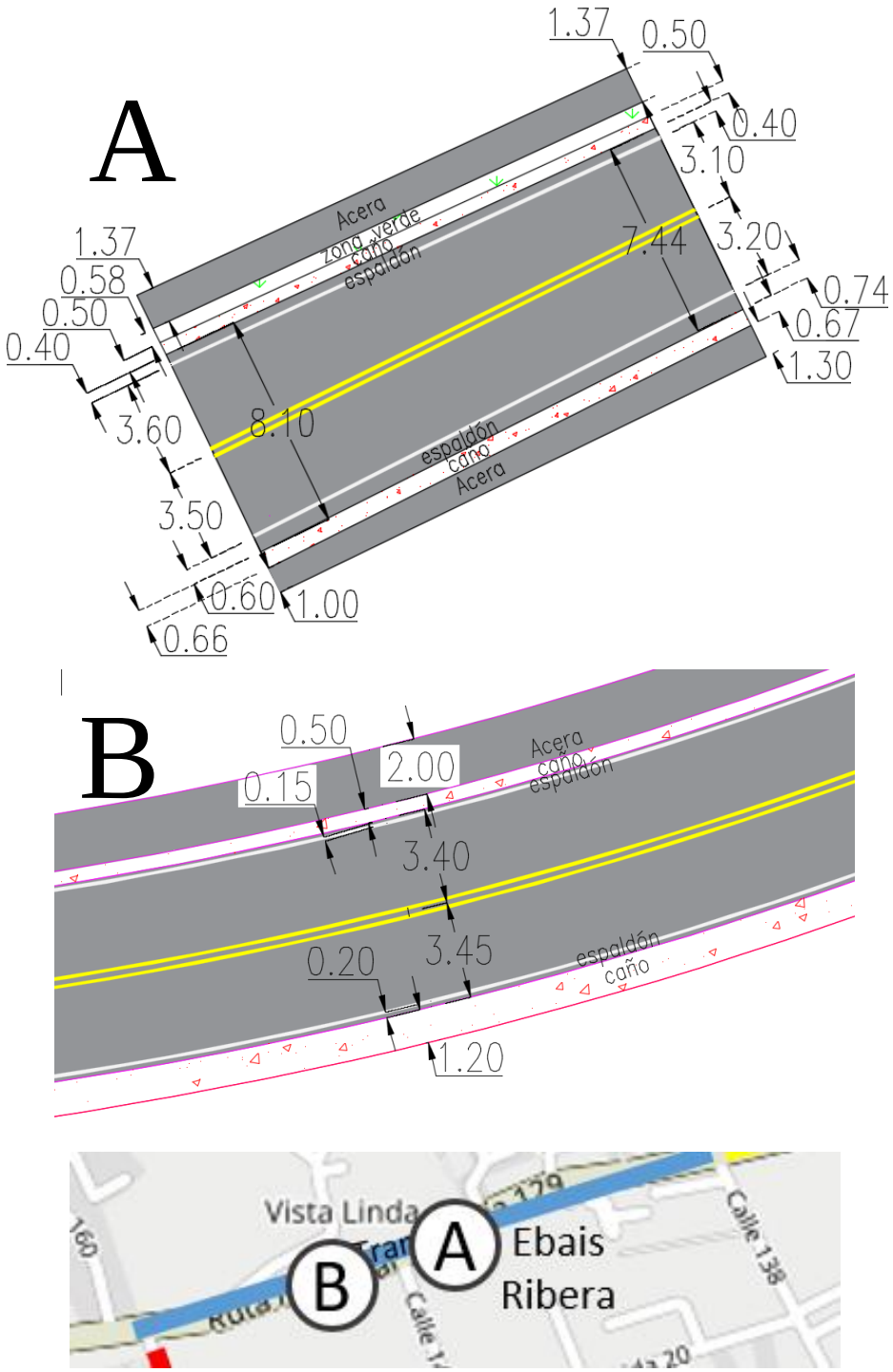


Figura 30. Secciones transversales de tramo 3 y su ubicación

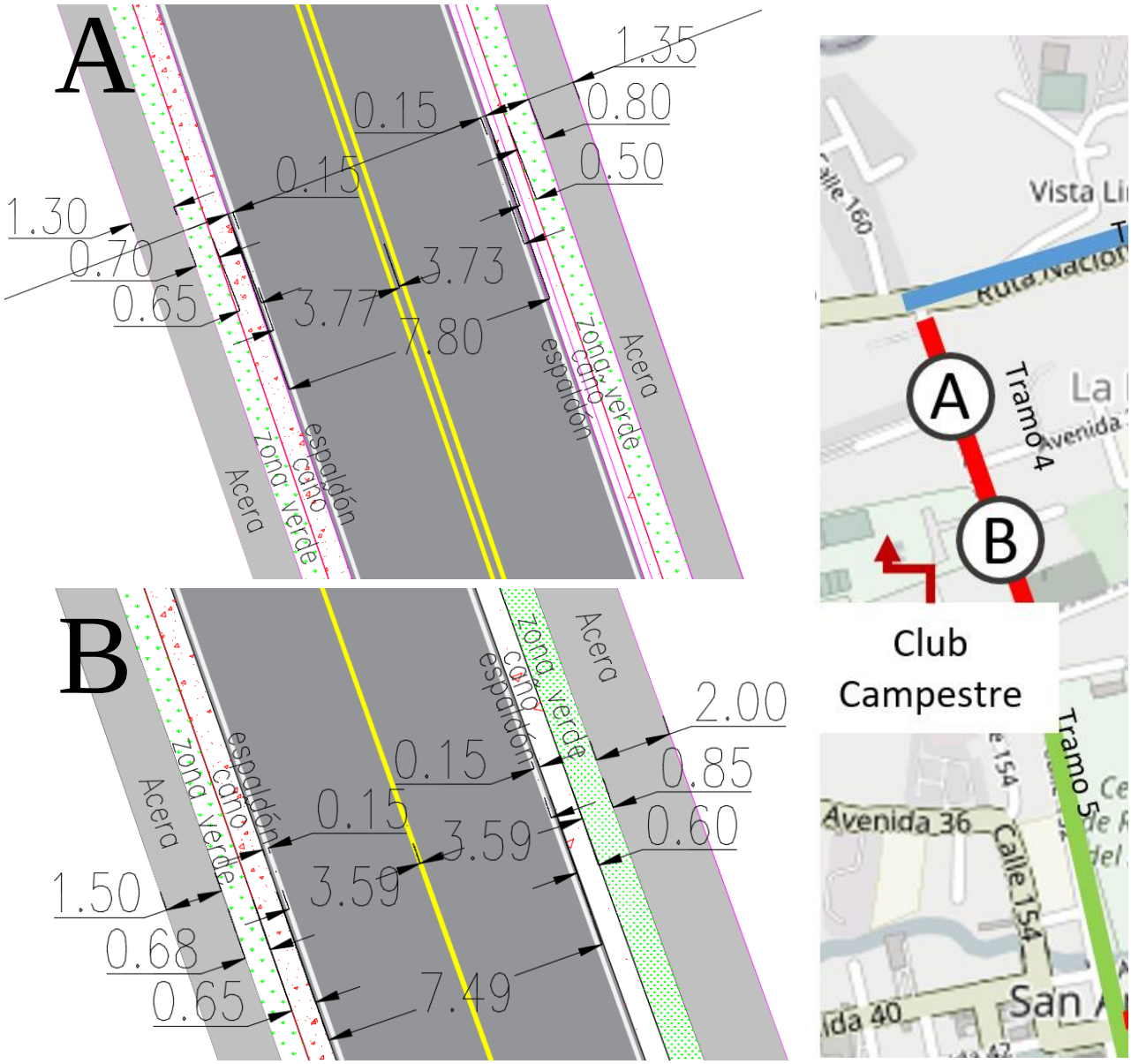


Figura 31. Secciones transversales de tramo 4 y su ubicación

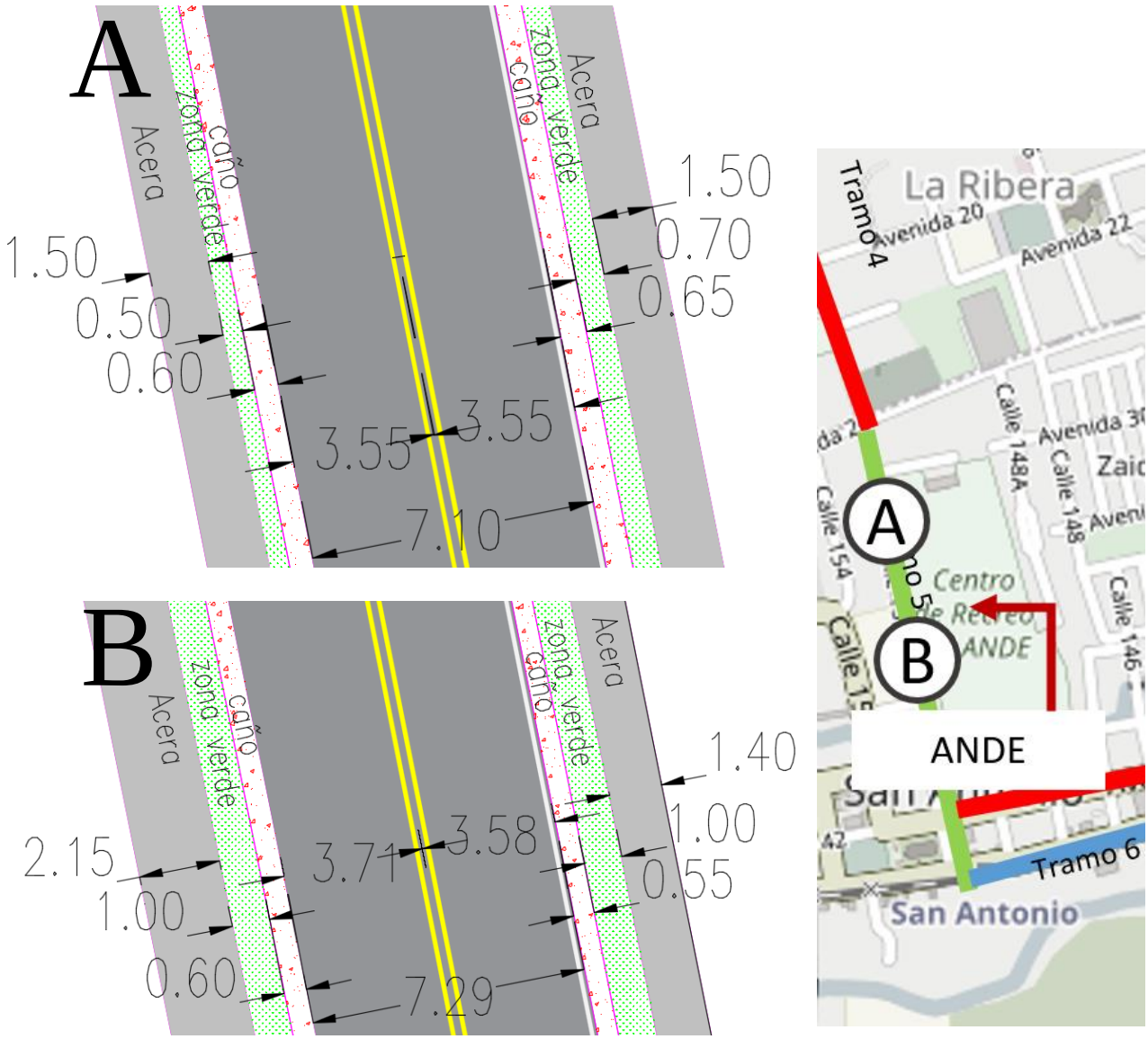


Figura 32. Secciones transversales de tramo 5 y su ubicación

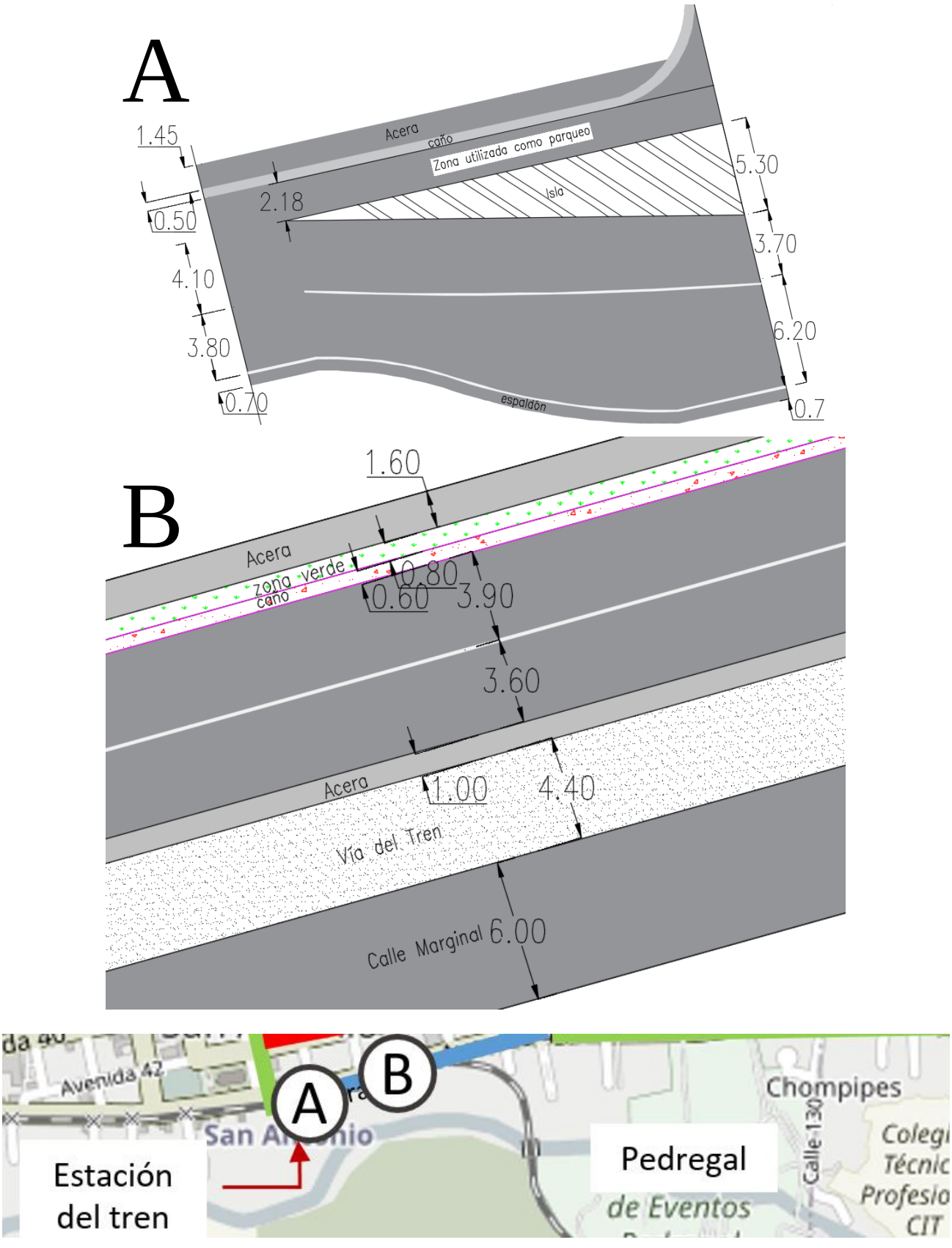


Figura 33. Secciones transversales tramo 6 y ubicaciones respectivas

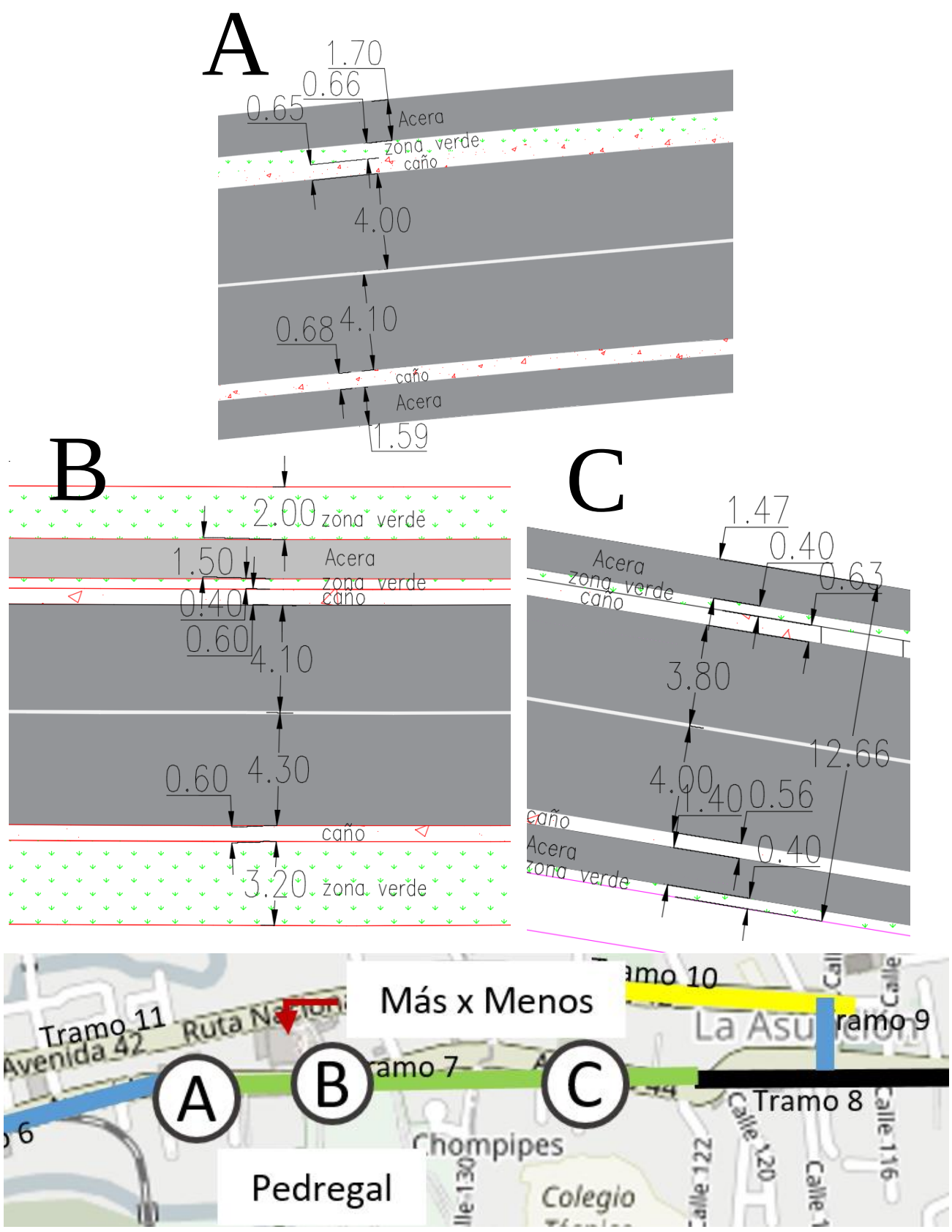


Figura 34. Secciones transversales tramo 7 y ubicaciones respectivas

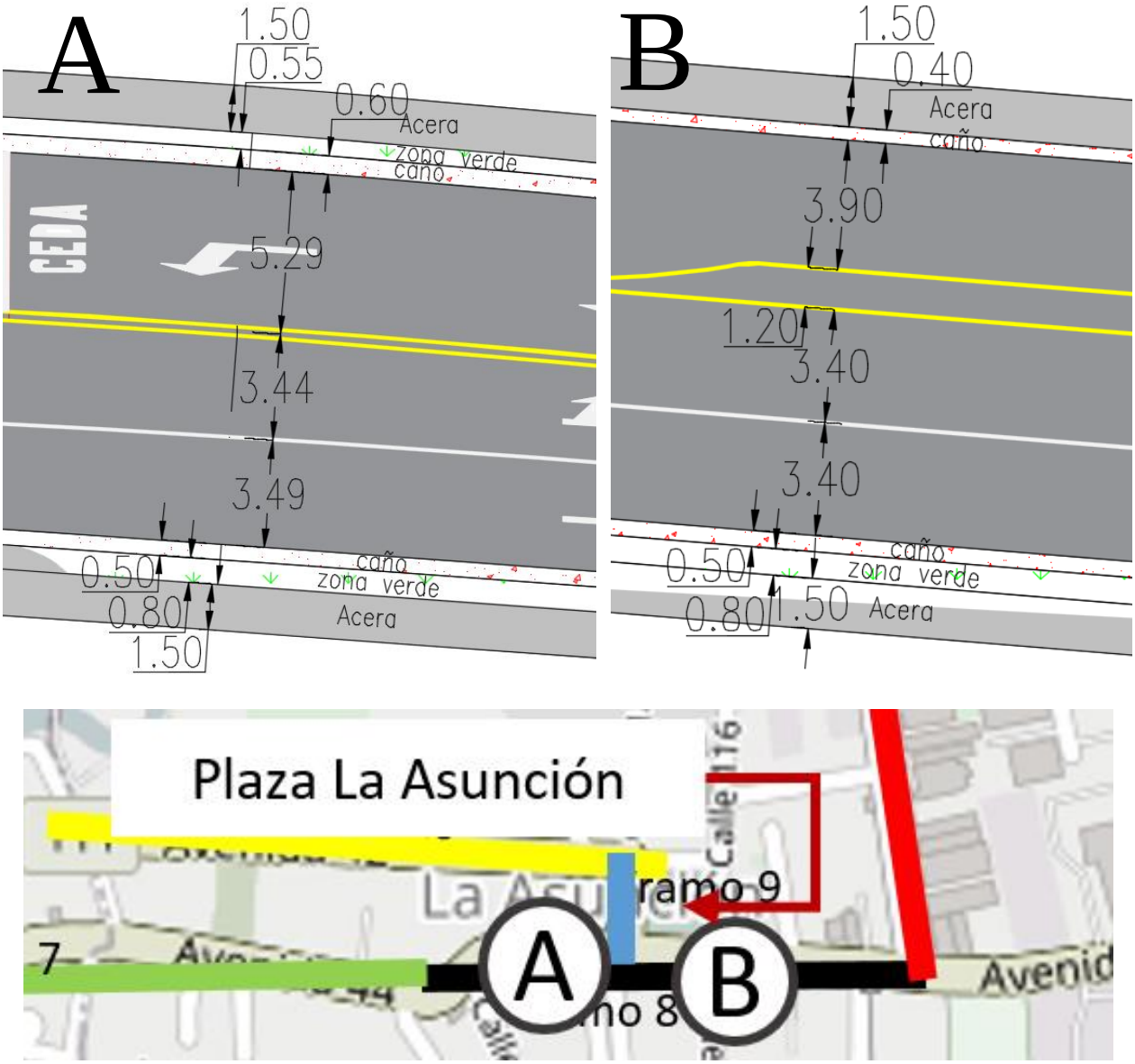


Figura 35. Secciones transversales tramo 8 y ubicaciones respectivas

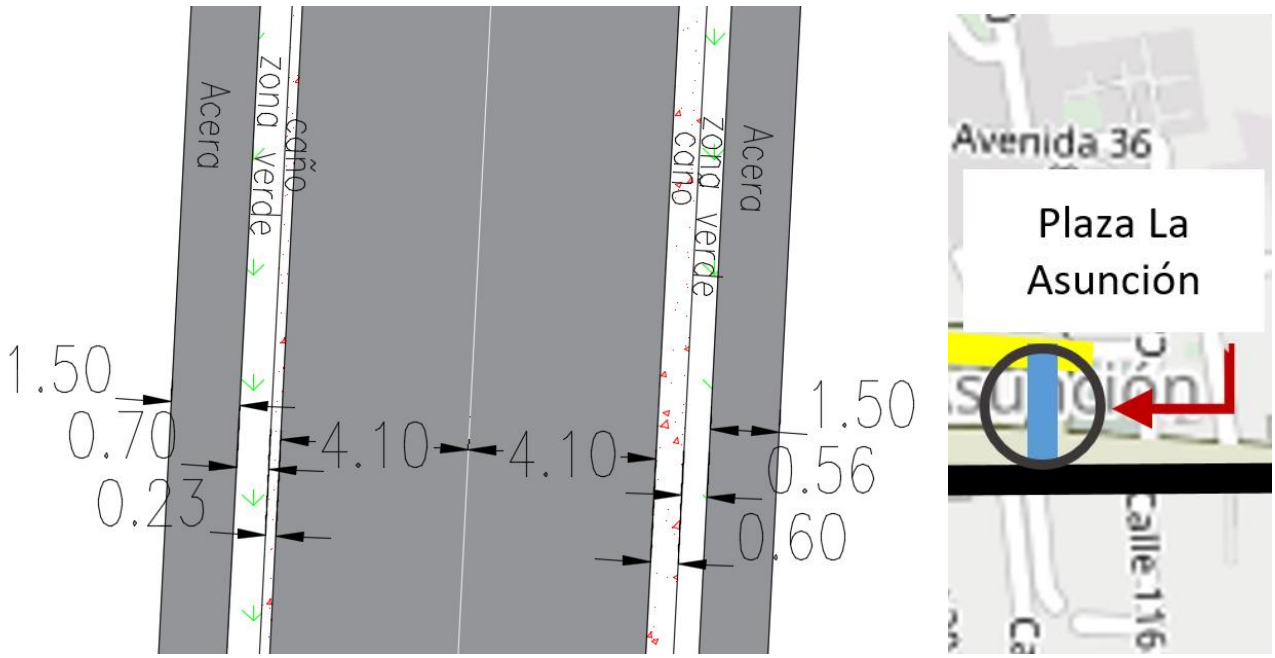


Figura 36. Sección transversal tramo 9 y ubicación respectiva

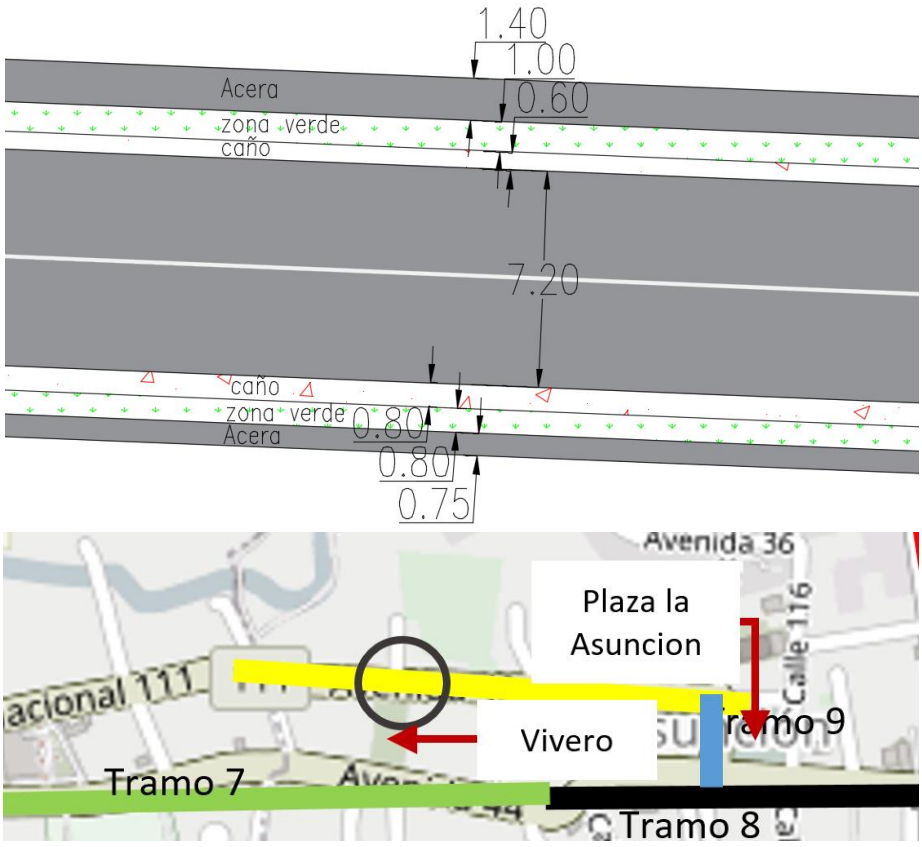


Figura 37. Sección transversal tramo 10 y ubicación respectiva

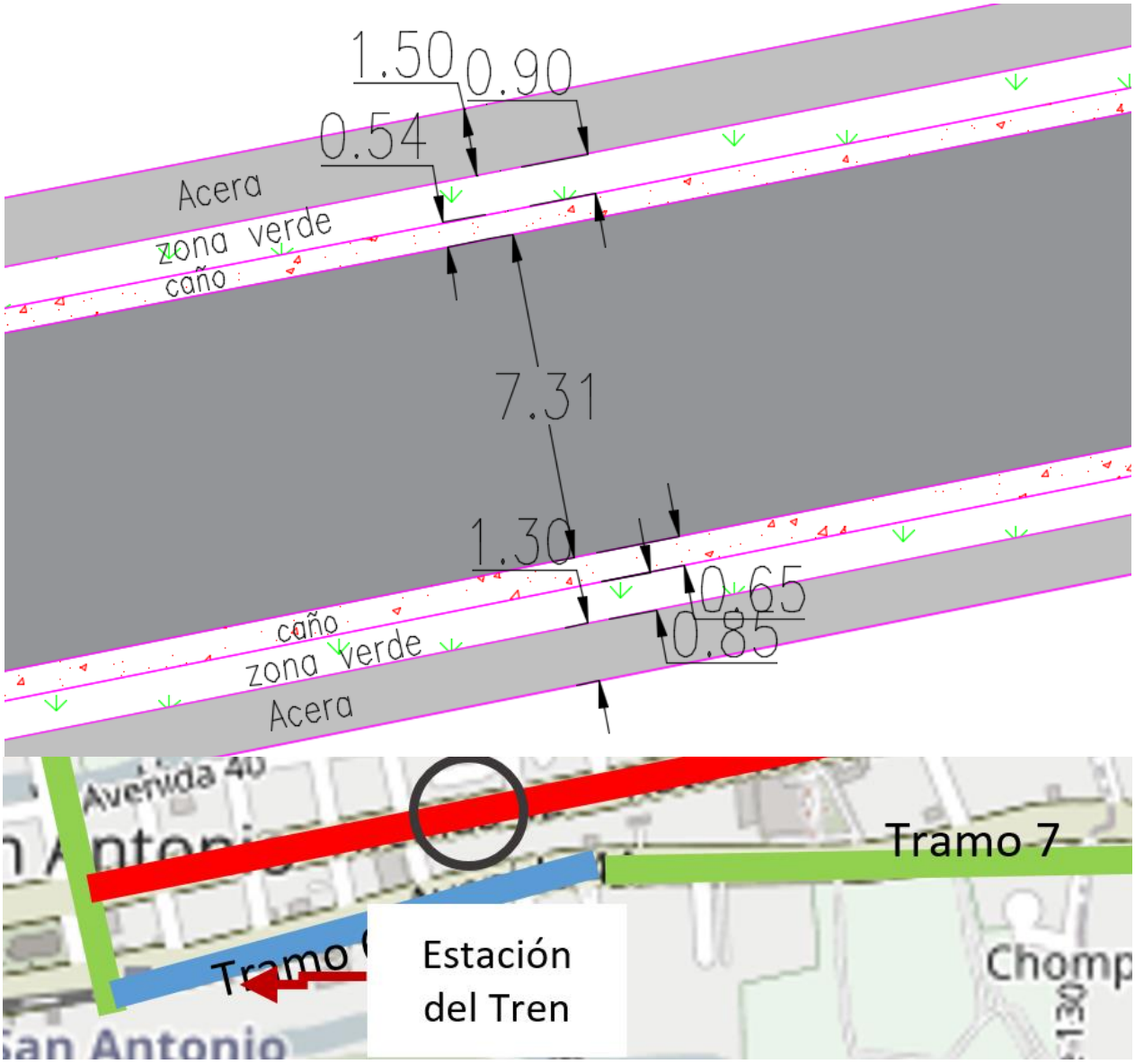


Figura 38. Sección transversal tramo 11 y ubicación respectiva

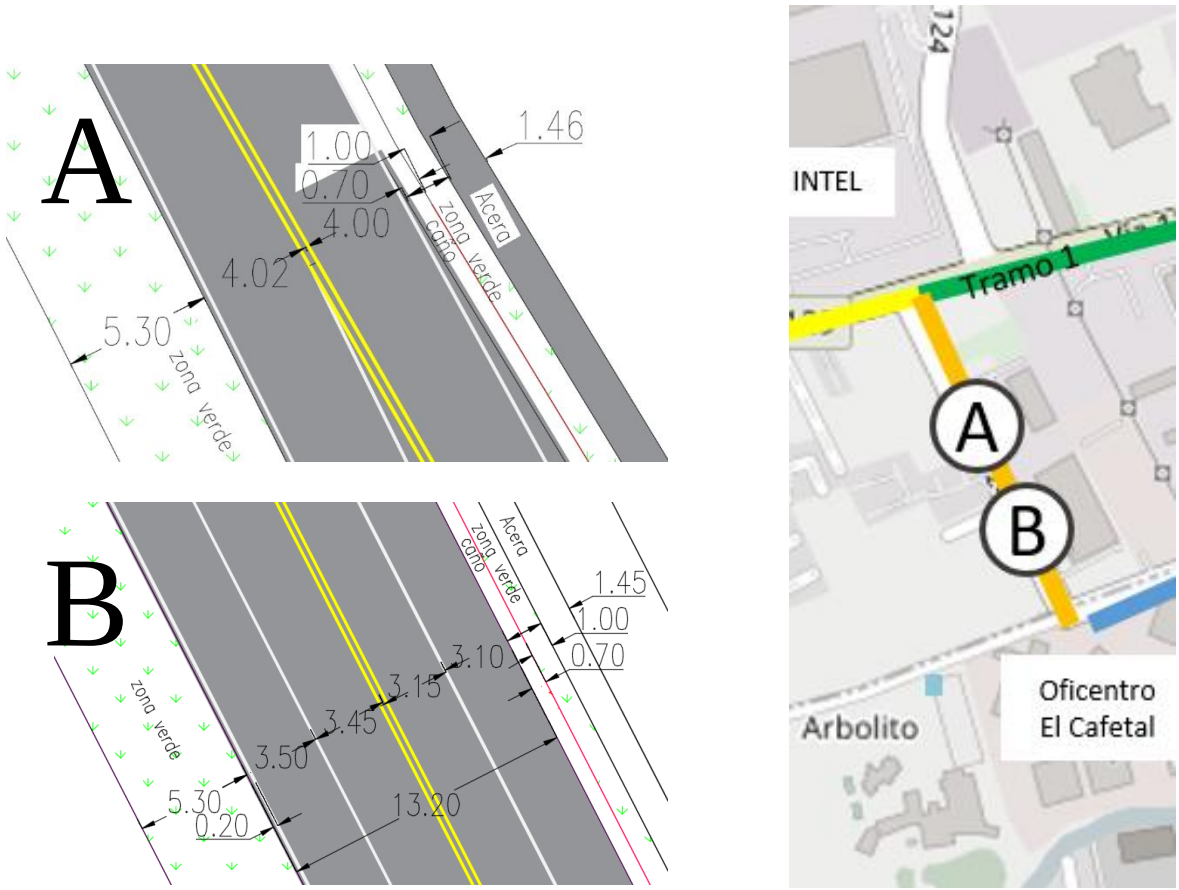


Figura 39. Secciones transversales tramo 12 y ubicaciones respectivas.

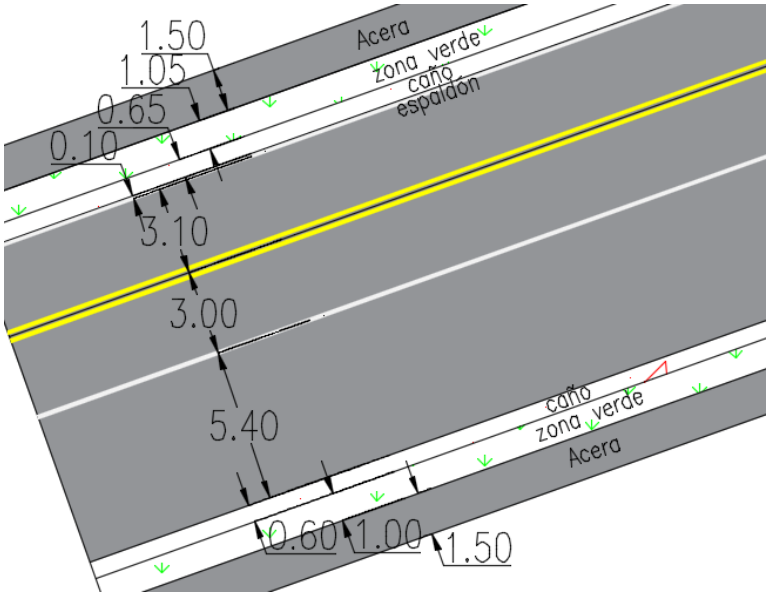


Figura 40. Sección transversal tramo 13, ubicada en calle arbolito entre el Centro Corporativo El Cafetal y San Antonio Business Park

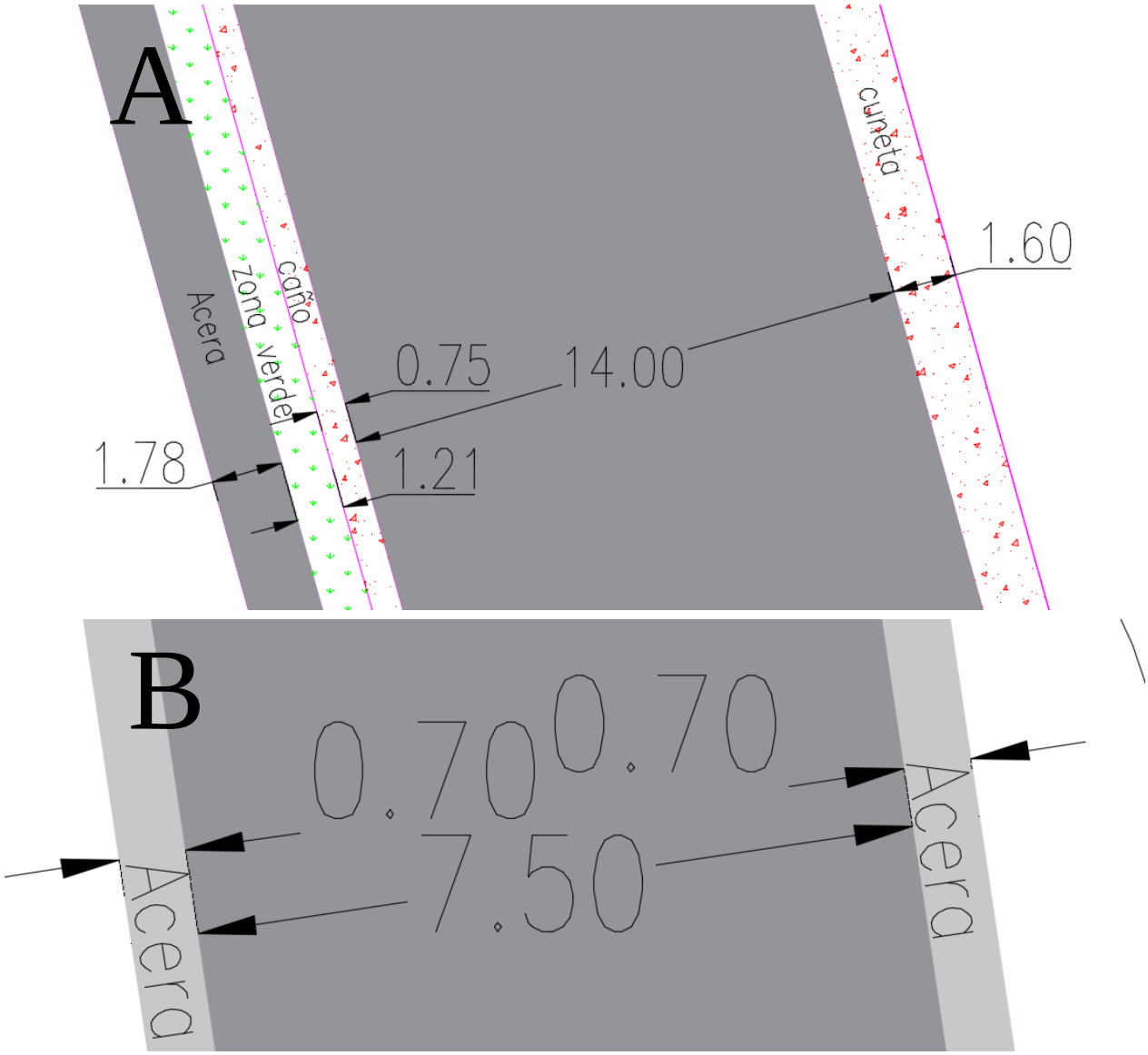


Figura 41. Sección transversal tramo 14, Punto A al costado este del Centro Corporativo El Cafetal y el punto B sobre el puente en calle 112.

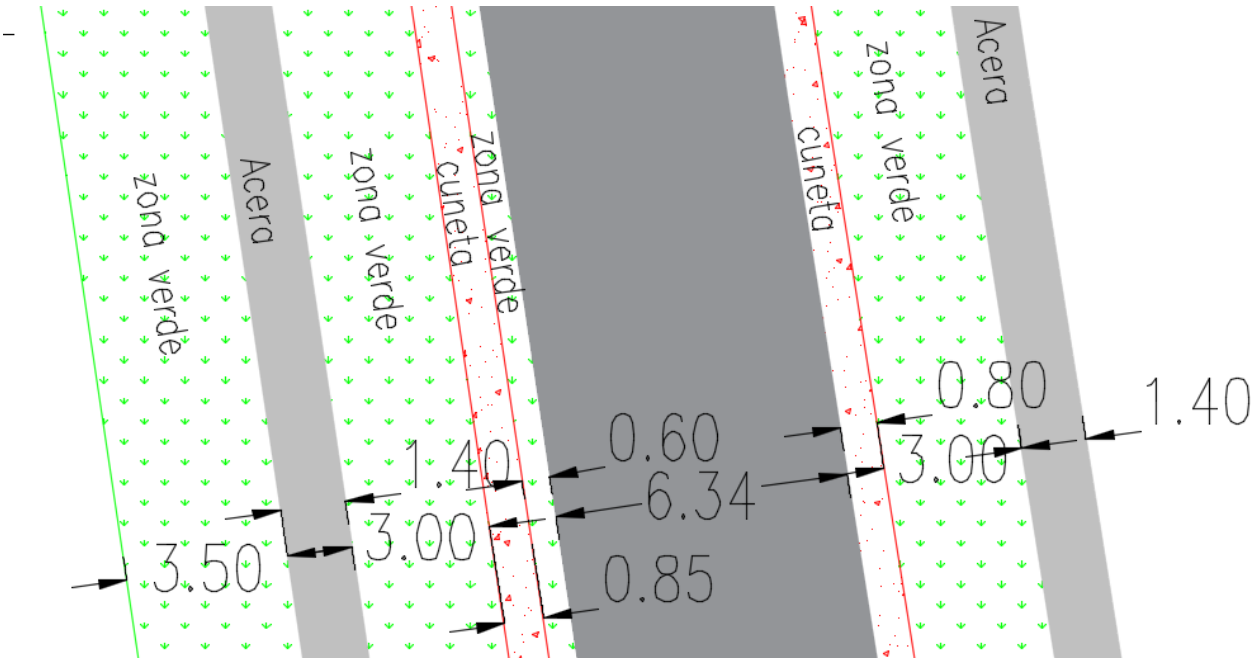


Figura 42. Sección transversal tramo 15, frente a iglesia testigos Jehová

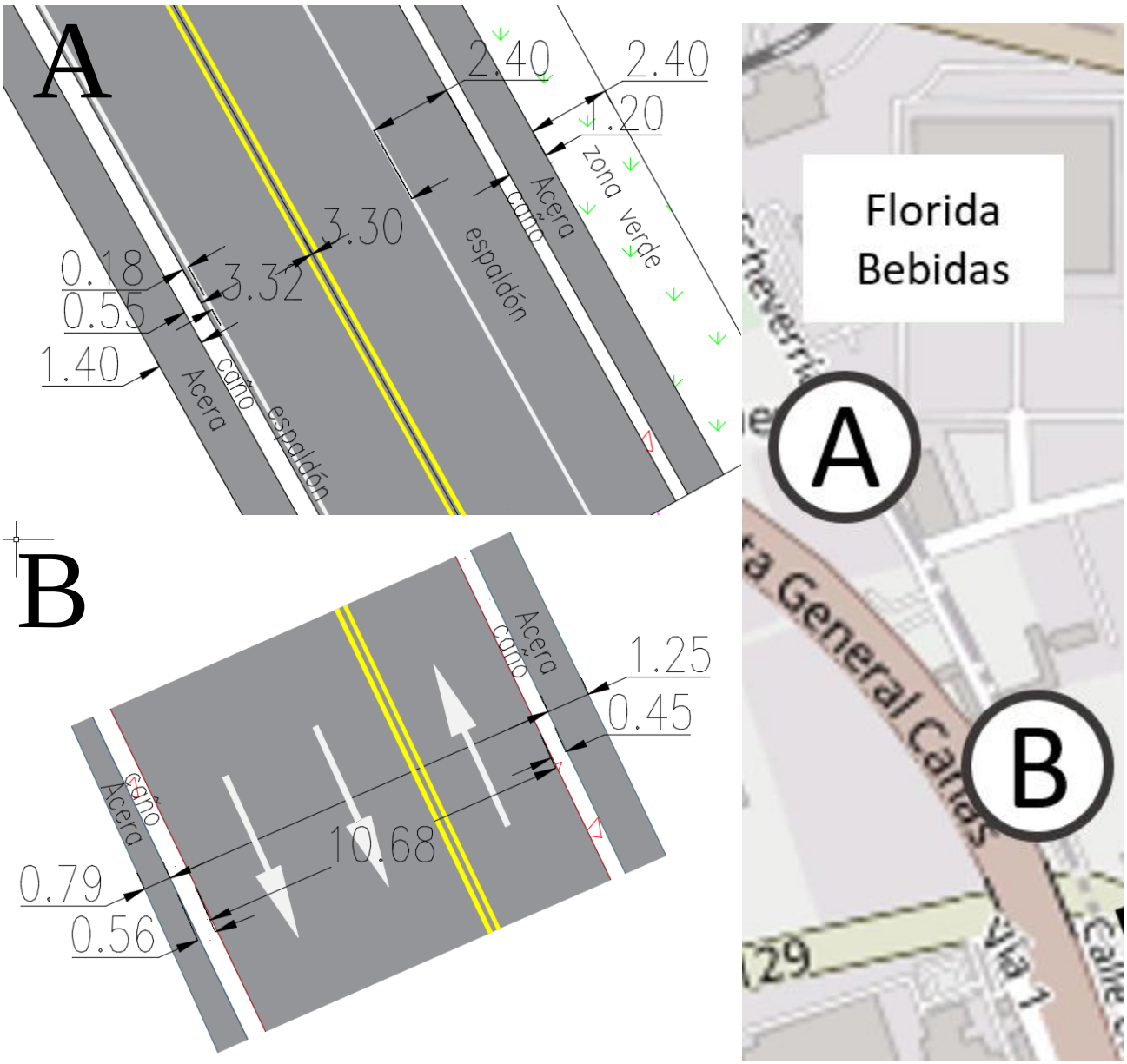


Figura 43. Secciones transversales sobre tramo 16, y ubicaciones respectivas.

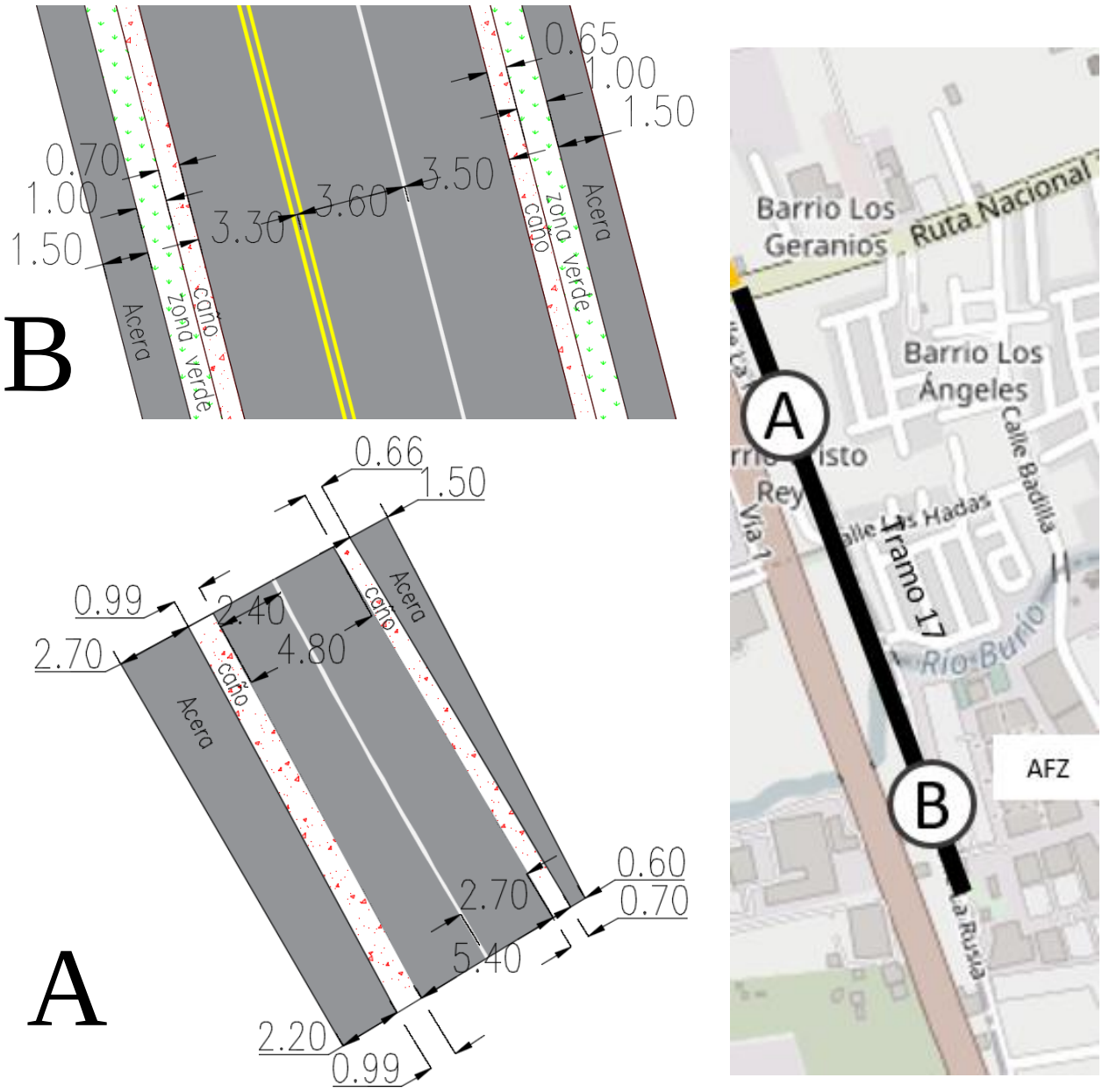


Figura 44. Secciones transversales tramo 17 y puntos de ubicación.