

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito
Rápido para el corredor Uruca – Heredia

Trabajo Final de Graduación

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta

Jorge Manuel Díaz Gutiérrez

Director del Trabajo Final de Graduación

Ing. Jonathan Agüero Valverde, Ph.D.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Comité asesor y estudiante



Ing. Jonathan Agüero Valverde, Ph.D.
Director del proyecto



Ing. Cristhian Quirós Calderón
Asesor del proyecto



Ing. Diana Jiménez Romero, Msc.
Asesor del proyecto



Ing. Henry Hernández Vega, Msc.
Asesor del proyecto



Jorge Manuel Díaz Gutiérrez
Estudiante

31 de octubre de 2019

El suscrito, Jorge Manuel Díaz Gutiérrez, cédula 1 1607 0968, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné B32282, manifiesta que es autor del Trabajo Final de Graduación: “Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia”, bajo la Dirección del Ing. Jonathan Agüero Valverde, Ph.D., quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: de acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N0 6683, artículo 7; “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Díaz Gutiérrez, Jorge Manuel

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia
Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José. C.R.:

J.M. Díaz G., 2019

xxvi, 264, [305]h, ils. col. – 71 refs.

RESUMEN

El sistema de transporte público (STP) del Gran Área Metropolitana (GAM) se desarrolló con una planificación deficiente. Debido a ello, el STP no responde a las necesidades de traslado de las personas y presenta deficiencias en sus variables operativas: tiempo de viaje, duplicidad de servicios, cobertura, frecuencia, cobertura horaria, regularidad, presencia de servicios especiales e informales, entre otras.

Por este motivo, se busca generar una propuesta de un sistema de buses de tránsito rápido (BRT), que se adapte a las necesidades de las personas en el sector Uruca-Heredia, que forma parte de la GAM, de manera que se puedan mejorar las deficiencias detectadas.

Para ello, se caracteriza el sector de manera física, socioeconómica y operativa; mediante trabajo de campo y un análisis de bases de datos del INEC, ARESEP y CTP. Con la caracterización se diseñan los componentes de un BRT: se generan los corredores primarios donde se concentran los viajes actuales en el STP y se proponen modificaciones a la infraestructura vial para que se adecúe a una ruta troncal. Se localizan terrenos en el sector sobre los que se pueden construir estaciones de intercambio, se modifican las interlineas para que respondan al nuevo sistema y se completa la cobertura del servicio mediante rutas secundarias que conectan las zonas residenciales con las rutas troncales.

Se obtiene que los viajes del Sector Uruca-Heredia pueden satisfacerse con 4 rutas troncales, 4 rutas interlineas, 28 rutas alimentadoras y el servicio de trenes. J.M.D.G.

TRANSPORTE PÚBLICO, BUS, SECTORIZACIÓN, SISTEMA BRT, DISEÑO DE RUTAS, URUCA, HEREDIA, DISEÑO, ESTRUCTURA DE BUSES, RUTA TRONCAL, ALIMENTADORAS

Ing. Jonathan Agüero Valverde, Ph.D.

Escuela de Ingeniería Civil

Díaz Gutiérrez, Jorge Manuel

Implementation guidelines for BRT System in the road corridor Uruca – Heredia

Thesis – Civil Engineering – San José. C.R.:

J.M. Díaz G., 2019

xii, 264, [305]h, ils. col. – 71 refs.

ABSTRACT

The transit system of the Great Metropolitan Area in Costa Rica was developed with almost any planning. This is the reason why the system does not respond to the needs of society for transportation and has great deficiencies in regards its operational variables: time travel, service duplicity, spacial availability, frequency, service span, reliability, presence of paratransit services, etc.

Therefore, the present investigation proposes a Bus Rapid Transit (BRT) System that is able to cover the user's needs for transportation in the sector of Uruca-Heredia and will allow upgrades in the actual transit system operational variables.

A socioeconomic and operational characterization of the sector was performed based on field work and the analysis of databases from INEC, ARESEP and CTP. The information generated is used to desing the BRT corridors, using the roads where the transit users converge and generating designs that will upgrade the road network. Furthermore, areas that can be used as multimodal stations were found, the actual semi-circulars lines were modiflicated in order to unificate them to the new system and the feeder services were created to serve the residential zones and connect them to the BRT system.

In conclusion, the transit can evolve to 4 BRT corridors, 4 semi-circulars lines, 28 feeder services, in order to serve correctly the transportion needs of the sector Uruca-Heredia. J.M.D.G.

TRANSIT, BUS, COVERAGE DESIGN, BRT SYSTEM, SERVICE DESIGN, URUCA, HEREDIA, DESIGN, ROAD STRUCTURE, BRT CORRIDOR, FEEDER SERVICES

Jonathan Agüero Valverde, Ph.D.

Civil Engineering School



24 de octubre de 2019
IC-1276-2019

Señor:
Jorge Manuel Díaz Gutiérrez
Presente

Estimado estudiante:

Según el artículo 39 del reglamento de Trabajos Finales de Graduación, la Escuela de Ingeniería Civil se complace en otorgarle la aprobación con distinción de su Trabajo Final de Graduación denominado "Análisis de implementación de un sistema de buses de tránsito rápido para el corredor Uruca-Heredia."

Por este motivo le manifestamos nuestras más sinceras felicitaciones por su dedicación y empeño.

Atentamente,

Ing. Flor Muñoz Umaña, M.Sc.
Directora
Escuela de Ingeniería Civil

GAA
C.: Archivo

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
EIC Escuela de
Ingeniería Civil

*Dedicada a mis dos madres, tanto la que está en el cielo
como la que me cuida acá en la tierra. Sin ustedes
jamás hubiera llegado a donde estoy.*

Agradecimientos

Quiero comenzar agradeciendo a mi familia. Ellos me han dado la fuerza, la paz y la tranquilidad que muchas veces me han faltado. A Papi, por siempre estar para mí, preocuparse por mi bienestar y trabajar duro por verme salir adelante. A Mami, por ser tan buena madre y siempre esperarme con un plato caliente, un abrazo acogedor y una sonrisa de alivio para darme fortaleza. A Graciela por ser la mejor hermana que pude pedir y ayudarme tanto con esta tesis. A mis tías y tíos, sin ellos jamás hubiera logrado llegar hasta aquí. Gracias a todos por ayudarnos en nuestros momentos de necesidad. ¡Mi título se los debo a todos ustedes!

Agradecer a mi equipo asesor y a mi director de tesis por todo el trabajo que hicieron orientándome para que pudiese culminar este trabajo de la mejor manera. ¡Muchas gracias Jonathan, Cristhian, Henry y Diana!

A mis amigos de carrera que sufrieron y rieron conmigo. Gracias por hacer de estos años de los mejores de mi vida: Alfonso, Mauricio, Donald, Adri, Stif, Roy, Guan, Fede, Colleen, Lucía, Laura, Pedro y Silvia.

Aquellas personas que son parte esencial de mi vida, me hacen sonreír, me ayudan a levantarme y siempre han creído en mí. Espero tenerlos por muchos años más. ¡Gracias Di, Mari, Maye, Walki, Indi, Pablo, Dani!

Un especial agradecimiento a aquellas personas que también son parte esencial de mi vida, pero me regalaron de su tiempo y esfuerzo para elaborar este trabajo; personas que midieron, comieron, rieron, se mojaron y sudaron conmigo durante todo el proyecto. ¡Gracias Adri, Caro, Mari, Glo, Guan y Moni!

A todos aquellos que menciono y que no mencioné pero de alguna u otra forma me ayudaron a llegar hasta acá, ¡gracias! Espero la vida les recompense con creces todo lo que han dado por mí.

Índice general

Índice de figuras	vii
Índice de cuadros	xi
I Introducción	1
1.1. Justificación	1
1.1.1. Problema específico	1
1.1.2. Importancia	3
1.1.3. Antecedentes teóricos y prácticos del problema	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.3. Hipótesis	7
1.4. Alcances	7
1.5. Limitaciones	8
1.6. Metodología	9
1.6.1. Diagrama metodológico	9
1.6.2. Descripción de la metodología	11
1.6.2.1. Fase de recopilación de información	11
1.6.2.2. Fase de análisis de la información	11
1.6.2.3. Fase de diseño	12
1.6.2.4. Fase final	12

II Marco teórico	13
2.1. Sistemas de transporte	13
2.1.1. Sistemas de transporte urbano	13
2.1.1.1. Clasificación de los sistemas de transporte público	14
2.1.1.2. Características de los sistemas de transporte público	15
2.1.1.2.1. Características operativas de los sistemas de transporte público	15
2.1.1.2.2. Calidad del servicio en los sistemas de transporte público	18
2.1.1.2.3. Relación costo-beneficio	20
2.1.2. Jerarquía del transporte urbano	21
2.2. Movilidad	22
2.3. El Transporte urbano orientado a las ciudades	23
2.3.1. Sistemas de transporte urbanos para poblaciones menores	23
2.3.2. Sistemas de transporte urbano para pueblos	23
2.3.3. Sistemas de transporte urbano para ciudades medias	24
2.3.4. Sistemas de transporte urbano para ciudades grandes	24
2.4. Análisis de los sistemas de transporte	24
2.4.1. Oferta y demanda del transporte	24
2.4.2. Recopilación de información	25
2.4.3. Flujos de viaje de un sistema	26
2.5. Sistemas de Buses de Transito Rápido	27
2.5.1. Características de los Sistemas BRT	27
2.5.1.1. Infraestructura física	27
2.5.1.2. Sistemas directos y troncoalimentados	28
2.5.1.3. Segregación del sistema	29
2.5.1.4. Alineamiento	30
2.5.1.5. Velocidad de operación	31
2.5.1.6. Paradas	31
2.5.1.7. Estaciones	32
2.5.1.8. Tecnología rodante	33
2.5.1.9. Sistemas de transporte inteligente	34
2.5.1.10. Medidas de prioridad	34

2.5.2.	Integración modal	35
2.5.3.	Ejemplos latinoamericanos de aplicación de Sistemas BRT	36
2.5.3.1.	Curitiba-Brasil	36
2.5.3.2.	Bogotá-Colombia	37
2.5.3.3.	Santiago-Chile	37
2.5.3.4.	Otras ciudades	38
III	Caracterización del sector Uruca-Heredia	39
3.1.	Delimitación del sector Uruca-Heredia	39
3.1.1.	Descripción del sistema de transporte público que opera en la actualidad	39
3.1.2.	Geometría registrada en el Consejo de Transporte Público	45
3.1.3.	Delimitación del sector Uruca-Heredia	48
3.2.	Características físicas del sector Uruca-Heredia	50
3.3.	Caracterización del sistema de transporte público actual	57
3.3.1.	Cobertura del servicio de transporte público del sector	57
3.3.2.	Demanda de viajes del sistema actual de transporte público	63
3.3.3.	Características operativas del sistema actual de transporte público	68
3.3.3.1.	Operadores del servicio	68
3.3.3.2.	Longitud de recorrido y duplicidades del servicio	69
3.3.3.3.	Tarifa y sistema de pago	72
3.3.3.4.	Descripción del Estudio de Frecuencia y Carga Puntual	73
3.3.3.5.	Frecuencia registrada durante los periodos pico	75
3.3.3.6.	Cobertura horaria	77
3.3.3.7.	Velocidad comercial y tiempos de ciclo	78
3.3.3.8.	Caracterización del parque vehicular del sistema de transporte público	79
3.3.3.9.	Saturación de los buses	83
3.3.3.10.	Índice de pasajeros por kilómetro	85
3.3.3.11.	Paraderos y terminales	86
3.4.	Servicios especiales e informales	87
3.5.	Caracterización socioeconómica del sector Uruca-Heredia	91
3.5.1.	Descripción de la población de estudio	91

3.5.1.1.	Metodología empleada	91
3.5.1.2.	Distancia de caminata actual	94
3.5.1.3.	Cantidad de habitantes	98
3.5.1.4.	Densidad poblacional	99
3.5.1.5.	Descripción etaria	103
3.5.1.6.	Poblaciones con limitaciones en su movilidad	105
3.5.1.7.	Acceso a vehículo particular y motocicleta	109
3.5.1.8.	Condición de pobreza en el sector Uruca-Heredia	110
3.5.1.9.	Lugar de trabajo de la población del sector Uruca-Heredia	111
3.5.1.10.	Escolaridad	116
3.5.1.11.	Condición de actividad de la población del sector Uruca-Heredia	117
3.5.2.	Zonificación actual del sector Uruca-Heredia	122
IV	Generación y Atracción de Viajes en el sector Uruca-Heredia	127
4.1.	Origen y destino de los viajes	127
4.2.	Posibles zonas de atracción de viajes externos al sector	132
4.3.	Corredores primarios del sector Uruca-Heredia	135
4.3.1.	Posibles UGM generadores de viajes	135
4.3.2.	Pasajeros promedio por kilómetro en los tramos comunes del sector Uruca-Heredia	137
4.3.3.	Frecuencias de los tramos comunes del STP	139
4.3.4.	Corredores del STP del sector Uruca-Heredia	144
4.3.5.	Corredores primarios en otros estudios	147
V	Diseño del Sistema BRT	149
5.1.	Diseño de la ruta troncal	149
5.1.1.	Parámetros mínimos de la ruta troncal	149
5.1.2.	Diseño de las Rutas Troncales	156
5.1.2.1.	Diseño del Tramo Santo Domingo	161
5.1.2.2.	Diseño del Tramo San Pablo	165
5.1.2.3.	Diseño del Tramo Heredia	168
5.1.2.4.	Diseño del Tramo San Francisco	172
5.1.2.5.	Diseño del Tramo Ulloa	175

5.1.2.6.	Diseño del Tramo Uruca	180
5.1.2.7.	Diseño del Tramo La Carpio-Hospital	180
5.1.2.8.	Diseño del Tramo Ruta Nacional 1-Sabana y San José	184
5.1.3.	Modificaciones importantes a la red vial	187
5.2.	Terminales y estaciones de intercambio	203
5.2.1.	Subsectores en el área de Estudio	203
5.2.2.	Estaciones de intercambio y terminales	205
5.3.	Sistema de interlineas	207
5.4.	Diseño de las rutas secundarias	217
5.4.1.	Subsector San Rafael	220
5.4.2.	Subsector San Pablo	220
5.4.3.	Subsector Santo Domingo	225
5.4.4.	Subsector Guararí	225
5.4.5.	Subsector Ulloa	230
5.4.6.	Subsector Mercedes y Heredia	230
5.4.7.	Subsector Lagunilla y Migración	236
5.4.8.	Subsector Carpio	236
5.4.9.	Subsector Uruca	236
5.5.	Evaluación de la propuesta de BRT	241
5.5.1.	Cobertura del sistema	241
5.5.1.1.	Cobertura para personas con problemas de movilidad	241
5.5.1.2.	Cobertura de la zona urbana del sistema	245
5.5.1.3.	Comparación de la cobertura actual con la cobertura propuesta	248
5.5.2.	Otras formas de evaluar la propuesta	249
VI	Recomendaciones de implementación	251
6.1.	Ejecución por etapas	251
6.2.	Sistema de pago e integración tarifaria	254
6.3.	Vehículos del Sistema BRT	255
6.4.	Señalización de las unidades	256
6.5.	Información al usuario y sistemas de transporte inteligente	256

6.6. Frecuencias y programación de servicios	257
6.7. Accesibilidad	258
VII Recomendaciones y conclusiones	261
7.1. Recomendaciones	261
7.2. Conclusiones	262
A Modificaciones a la red vial para la aplicación del Sistema BRT	265
B Mapas de cada ramal en análisis	481
C Descripción de los recorridos actuales	527
D Base de datos: demanda mensual STP de ARESEP	537
E Matriz Origen/Destino	565
Referencias	571

Índice de figuras

1.1.	Diagrama metodológico del proyecto	10
2.1.	Jerarquía del Transporte urbano	22
2.2.	Interacción entre los diversos factores que determinan el comportamiento del sistema de transportes dentro de una ciudad	26
2.3.	Ejemplo de sistema troncoalimentado en BRT Transmilenio, Bogotá	28
2.4.	Ejemplo de Estación en una medianera en TransMilenio, Bogotá	32
2.5.	Líneas del sistema BRT de Curitiba, Brasil	36
3.1.	Comportamiento de la demanda mensual reportada del STP por Ramal	63
3.2.	Demanda mensual promedio reportada del STP por cada ruta del sector analizado	65
3.3.	Comparación de la Demanda Promedio Mensual Reportada por PRODUS y por ARESEP	67
3.4.	Porcentaje del recorrido de cada ramal que comparte con otros ramales	70
3.5.	Frecuencia promedio medida en campo de los ramales analizados	75
3.6.	Regularidad de las rutas de transporte público Analizadas	77
3.7.	Ejemplo de una unidad de la Ruta 10	80
3.8.	Ejemplo de una unidad de la Ruta 407	80
3.9.	Ejemplo de una unidad de las Rutas 400 y 402-421	80
3.10.	Ejemplo de una unidad de la Ruta 400 BS	80
3.11.	Distribución de las unidades según su saturación en el punto muestreado	84
3.12.	Ejemplo de paradero techado	86
3.13.	Ejemplo de paradero no señalizado	87
3.14.	Ejemplo de paradero con señalización vertical	87

3.15. Distribución de los servicios especiales registrados según el tipo de vehículo registrado	88
3.16. Distribución de los servicios especiales según la clasificación que les brinda el CTP	89
3.17. Porcentaje de los servicios especiales observados que utilizaron una unidad de transporte público autorizada	90
3.18. Comparación entre las distancias de caminata promedio y la Demanda Mensual Promedio Reportada por cada 10 000 habitantes de cada ruta	95
3.19. Comparación de la demanda promedio mensual y la cantidad de habitantes de cada ruta	98
3.20. Comparación de la densidad poblacional con la demanda mensual promedio de cada ruta	100
3.21. Descripción de la población del sector analizado según su edad	103
3.22. Cantidad de adultos mayores que viven en la zona de influencia de cada ruta	104
3.23. Proporción de viviendas que tienen acceso al vehículo privado y motocicleta para cada área de influencia de las rutas analizadas	109
3.24. Proporción de la población servida por cada ruta que presenta condición de pobreza	110
3.25. Porcentaje de la población de cada ruta que trabaja fuera del cantón de residencia	112
3.26. Distribución de la población de cada ruta según el grado académico máximo obtenido	117
3.27. Porcentaje de la población servida de cada ruta que se encuentra trabajando activamente	118
3.28. Zonificación oficial del Distrito Uruca según el plan regulador de San José	125
4.1. Distribución porcentual de los viajes en el servicio de autobús regular en el sector Uruca-Heredia según la matriz O/D del GAM para un día hábil	128
4.2. Distribución porcentual de los viajes del cantón San Rafael en el servicio de autobús regular según la matriz O/D para un día hábil	130
4.3. Distribución porcentual de los viajes del cantón Santo Domingo en el servicio de autobús regular según la matriz O/D para un día hábil	131
4.4. Volumen de pasajeros – sector Uruca-Heredia Hora Pico AM	147
4.5. Predicción del comportamiento de los volúmenes de viajes del AMSJ al año 2020	148
5.1. Simbología utilizada en las propuestas de mejora	159
5.2. Demarcación sugerida para diferenciar los carriles	160
5.3. Sistema Transcribe, Cartagena, Colombia	172
5.4. Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-1 en Santo Domingo	188
5.5. Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-2 en Santo Domingo	189

5.6.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-3 en Santo Domingo	190
5.7.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-4 en Santo Domingo	191
5.8.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la ampliación del puente del Antiguo Matadero de Santo Domingo	192
5.9.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-13 en Heredia	193
5.10.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-15 en Heredia	194
5.11.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-17 en Heredia	195
5.12.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-19 en Heredia	196
5.13.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-7 en Heredia	197
5.14.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la Terminal en Heredia	198
5.15.	Ejemplo de Diseño Sugerido para el acceso principal de la Terminal en Heredia	199
5.16.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección SF-I-7 en San Francisco	200
5.17.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la parada SF-P-1.1 en San Francisco	201
5.18.	Ejemplo de Diseño Sugerido para la parada SF-P-1.2 en San Francisco	202
5.19.	Terreno sugerida para la estación de intercambio La Aurora	205
5.20.	Terreno sugerida para la estación de intercambio Lagunilla	205
5.21.	Terreno sugerida para la estación de intercambio Guararí	205
5.22.	Terreno sugerida para la estación de intercambio Hospital México	205
5.23.	Terreno sugerido para la Estación Terminal en San José	206
5.24.	Terreno sugerido para la Estación Terminal en La Carpio	206
6.1.	Ejemplo de pago electrónico con tarjetas prepago en Goiania, Brasil	254
6.2.	Ejemplo de bus articulado de dos módulos	255
6.3.	Ejemplo de paradero accesible	258

Índice de cuadros

2.1. Factores que influyen en la percepción de la calidad del servicio de un usuario del sistema de transporte público	19
2.2. Nivel de servicio de un sistema de buses según diversos factores	19
3.1. Rutas y ramales del transporte público que conforman el sector Uruca-Heredia	40
3.2. Origen y destino de los ramales analizados según la división política-territorial costarricense	44
3.3. Diferencias entre el recorrido y las paradas observadas en campo con las autorizadas por el CTP	46
3.4. Distritos que conforman el área de estudio	48
3.5. Área abastecida con las rutas de transporte público pertenecientes al sector Uruca-Heredia	57
3.6. Porcentaje del sector que no se encuentra cubierto por las rutas de estudio	59
3.7. Demanda Promedio Mensual del STP por ramal en el sector Uruca-Heredia	64
3.8. Comparación entre la demanda mensual promedio reportada por ARESEP y CTP	66
3.9. Descripción de los concesionarios de las rutas analizadas	68
3.10. Longitud de recorrido de cada ramal del STP del sector Uruca-Heredia	69
3.11. Número de ramales con que un servicio comparte recorrido	71
3.12. Tarifas del STP a mayo 2019	72
3.13. Nivel de servicio según la cobertura horaria de los ramales	78
3.14. Tiempos de ciclo y velocidades comerciales promedio observadas para cada uno de los ramales	79
3.15. Comparación entre las unidades observadas en campo y las unidades autorizadas	81
3.16. Capacidad promedio de las unidades de cada ruta	82
3.17. Distribución porcentual (%) del parque vehicular del STP según su edad	82
3.18. Distribución porcentual (%) del parque vehicular del STP según la marca del bus	83

3.19.	Cálculo del IPK para las Rutas 10, 400 BS y 407	85
3.20.	Frecuencia observada de los servicios especiales durante el muestreo	87
3.21.	Área abastecido por cada ruta según la paradas del STP más cercana a cada UGM	92
3.22.	Características estadísticas de la distancia entre los centros de los centroides de los UGM y la parada más cercana del STP de las rutas analizadas	94
3.23.	Caracterización estadística de la escolaridad de la población analizada por cada Ruta del STP	116
4.1.	Resumen de la Matriz O/D de los viajes en el servicio de autobús regular del sector Uruca-Heredia para un día hábil	129
5.1.	Parámetros utilizados para el diseño de la Ruta Troncal	153
5.2.	Tránsito Promedio Diario reportado para algunas rutas del sector Uruca-Heredia	159
5.3.	Distancias promedio entre los centroides de los UGM y la parada de la ruta troncal más cercana	203
5.4.	Descripción de las rutas secundarias por cada subsector	218
5.5.	Comparación de la cobertura entre el sistema actual y el sistema propuesto	248
3.1.	Descripción del recorrido observado en campo de los ramales analizados	527
4.1.	Demanda Mensual del STP de Julio 2017 a Agosto 2018	537
5.1.	Matriz Origen destino parte 1	566
5.2.	Matriz Origen destino parte 2	567
5.3.	Matriz Origen destino parte 3	568
5.4.	Matriz Origen destino parte 4	569

Nomenclaturas y Abreviaturas

AMSJ: Área Metropolitana de San José

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicio Públicos

Carrera: Viaje que realiza un bus desde la terminal de origen hasta la terminal final.

CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos

CTP: Consejo de transporte Público

BRT: *Bus Rapid Transit* [Bus de Tránsito Rápido]

GAM: Gran Área Metropolitana

GPS: *Global Positioning System* [Sistema de Posicionamiento Global]

INA: Instituto Nacional de Aprendizaje

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

ITCR: Instituto Tecnológico de Costa Rica

ITDP: *Institute for Transportation and Development Policies* [Instituto para el Transporte y el Desarrollo de Políticas]

Lanamme: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica

LOS: *Level of Service* [Nivel de Servicio]

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes

OD: Origen-Destino

PIB: Producto Interno Bruto

PLANGAM: Plan de Desarrollo Urbano para el Gran Área Metropolitana

PRODUS-UCR: Proyecto de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica

PRUGAM: Programa Regional Urbano del Gran Área Metropolitana de Costa Rica

Sectorización: Acción de dividir el área metropolitana de una ciudad en sectores, de acuerdo a las características socioeconómicas, a la red vial, a la matriz de viajes Origen/Destino, a la delimitación política, al uso de suelo, entre otros factores.

Shapefile: Archivo de formato vectorial de datos espaciales en inglés.

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial

STP: Sistema de Transporte Público

Troncalización: Modificar un sistema de buses directo, en el que todos los buses de un área metropolitana ingresan al casco central de una ciudad, a uno troncoalimentado, el cual posee una ruta primaria que ingresa al casco central de la ciudad y una red de rutas secundarias que conectan las zonas residenciales con la ruta primaria.

UGM: Unidad Geoestadística Mínima

Viaje: Viaje que realiza un usuario del STP del Punto A a un Punto B

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

La presente sección busca contextualizar al lector con la zona y el tema de análisis. Para ello, se establece el problema específico de estudio, su importancia y los antecedentes teóricos y prácticos que se relacionan con el mismo y con la propuesta de solución.

1.1.1. Problema específico

El Gran Área Metropolitana (GAM) es la mayor concentración urbana de Costa Rica. Se encuentra constituida por sus 4 mayores ciudades (San José, Alajuela, Heredia y Cartago) y sus respectivas áreas metropolitanas. Históricamente ha concentrado la mayor parte del comercio, la industria y los servicios del país, aunque solo representa el 3.84% del territorio, por lo que, desde finales del siglo XX su población ha crecido de una manera más acelerada que la de los otros núcleos urbanos, hasta albergar al 54.7 % de los habitantes del país (Alvarez, 2017), el 70 % de la flota vehicular y el 85 % de la industria (PRUGAM, 2008).

No obstante, dicho crecimiento no se acompañó con políticas públicas y una adecuada planificación, debido a la falta de control y de planes reguladores o a la poca vinculación de los mismos, por lo que el desarrollo de las ciudades de la GAM no fue homogéneo (Quesada et al., 2017). A modo de ejemplo, entre el año 2000 y 2011 los cantones centrales del Área Metropolitana de San José (AMSJ) se despoblaron un 5 %, pero el resto del AMSJ aumentó su población en un 11 % (Loría et al., 2014).

Esto generó que el AMSJ se consolidara como una ciudad polinuclear, con núcleos terciarios que funcionan como ciudades dormitorio y un núcleo primario que concentra la mayor parte de los empleos, comercios, servicios, industrias e instituciones del Estado (L.C.R. Logística S.A., 1999). De esta manera, para el año 2017 se estimaba que 254 581 personas laboraban en la ciudad de San José, lo cual representaba el 207 % de la propia población ocupada del cantón (Quesada et al., 2017).

Quesada et al. (2017) exponen que lo anterior se combinó con un mal uso del suelo, cambios en los patrones de desplazamiento, escasez de servicios, comercios y empleos y una inadecuada planificación vial; para que la infraestructura evolucionara hacia un sistema radial con una pobre conexión transversal, que buscaba concentrar los flujos vehiculares hacia el centro de San José, por lo que hoy en día el 60 % de los viajes deben pasar por la capital, ocasionando la sobrecarga de tránsito que se vive en ella.

Como explican Loría et al. (2014), dicha congestión aumenta la contaminación del aire, los niveles de ruido, el consumo de hidrocarburos (hasta en un 8 %), los accidentes de tránsito y el costo de bienes y de los servicios en hasta un 3.5 % del PIB. También ocasiona un aumento en los tiempos de viaje que, según estimaciones, en el 2009 fue equivalente al 2.0 % del PIB; y desincentiva el uso del transporte público, porque disminuye su nivel de servicio y hace que sus tiempos de viaje sean hasta 1.5 veces mayores a los del vehículo privado.

El sistema de transporte público (STP), lejos de ser una solución a la sobrecarga vial, aumentó la congestión debido al modelo con el que opera, ya que la ley que lo regula, si bien establece que es un servicio público del cual el Estado es titular, brinda la posibilidad de concesionarlo mediante un modelo en el que las ganancias son percibidas por la cantidad de usuarios y no por el nivel del servicio (Ley N°7969, 1999).

Esto permitió que el STP generara el mismo desarrollo radial-concéntrico, con trazos superpuestos debido a la creación no planificada de 210 rutas de bus que compiten por los usuarios hasta en un 10 % de su recorrido (Alvarez, 2017). Esto derivó en buses estacionados al inicio de los recorridos para maximizar la cantidad de pasajeros (L.C.R. Logística S.A., 1999) y en altos tiempos de espera para usuarios de paradas intermedias al no poder abordar las unidades que van a su máxima capacidad, o porque estas no se detienen para cumplir con su horario de llegada a San José (Rodríguez, 2015).

Rodríguez (2015) explica que la falta de planificación derivó en el detrimento de los niveles de servicio, traduciéndose en usuarios que deben caminar más de 300 metros para llegar a una parada, tiempos de espera de más de 15 minutos durante la hora pico, bajo confort, poca conveniencia, unidades saturadas, vehículos deteriorados y contaminantes y falta de integración modal (L.C.R. Logística S.A., 1999).

Por este motivo, el uso del vehículo privado aumentó hasta llegar a representar el 35 % de los viajes mientras que el transporte público disminuyó hasta el 54 % (Martínez, 2011), se desarrolló un crecimiento anual del 8 % del parque vehicular (PlanGAM, 2013) y una disminución de la ocupación vehicular de 2.5 personas por vehículo (p/v) en 1991 (L.C.R. Logística S.A., 1999) a 1.44 p/v en el 2011 (Martínez, 2011). Cabe resaltar que durante el periodo pico, el transporte público absorbe el 40.6 % de los viajes realizados (Consortio EPYPSA - SIGMA GP, 2015).

Si bien es cierto, existen estudios técnicos para mejorar el STP, estos solo han logrado distribuir el AMSJ en sectores, ya que el “proyecto ha sufrido demoras en su aplicación y no han encontrado argumentos técnicos que justifique su retraso” (MOPT, 2011a), por lo que el diseño y la implementación de un sistema de rutas adecuado no ha logrado avanzar. Por estos motivos, el STP del AMSJ debe ser modificado con urgencia para aliviar las congestionadas vías de la capital de manera expedita, ya que no existe ningún criterio técnico, económico u operacional que justifique el deterioro progresivo del sistema (MOPT, 2011b).

Como se mencionó, el AMSJ se ha logrado dividir en sectores. Una de las zonas establecidas es el sector Uruca-Heredia, el cual para el año 2020 se estima que tendrá una demanda de STP de 13 mil viajes por hora (v/h) hacia San José y 10 mil v/h en sentido contrario, durante la hora pico de la mañana (L.C.R. Logística S.A., 1999). Además, para el año 2015 el sector contaba con 20 rutas, una velocidad de operación promedio de 18 km/h y más de 215 unidades con un promedio de 6.1 años (Consortio EPYPSA - SIGMA GP, 2015); y, para el año 2017, el sector tenía una demanda de 253 851 viajes diarios (9 % de todos los viajes del AMSJ), un IPK de 11.6, una población de 196 694 personas (Alvarez, 2017).

1.1.2. Importancia

La demanda del transporte se deriva de la necesidad de los usuarios de movilizarse para realizar sus labores productivas y acceder a los servicios básicos (Quesada et al., 2017), por lo cual, la movilidad urbana se debe considerar un servicio de interés público, en donde los usuarios son el componente primordial del sistema y en donde los

intereses privados no se deben anteponer (Rodríguez, 2015).

Por ello, es necesario ofrecer una solución a la congestión vial que se vive en la GAM, la cual puede enfocarse en la intervención de la infraestructura vial, en el control del parque vehicular o en la mejora del STP. Por otro lado, la solución debe beneficiar a la mayor cantidad de personas, por lo que el AMSJ, al concentrar la mayor cantidad de habitantes, es un buen lugar para iniciar el proceso de mejora del STP de la GAM (L.C.R. Logística S.A., 1999).

De las medidas mencionadas anteriormente, el reordenamiento del STP es la solución con menor costo económico y la que permite una mayor justicia social, beneficiando a los sectores de la población que no pueden acceder al vehículo privado al no contar con la capacidad adquisitiva (ITDP, 2010). Además, el transporte público, comparado con las demás soluciones, es la que representa la menor cantidad de emisiones pasajero-kilómetro y la que mejor utiliza el limitado espacio vial con que se cuenta (Chávez & Hernández, 2015). Por otra parte, una mejora en el STP tiene beneficios ocultos como una mayor sostenibilidad socio-ambiental y mejoras en los niveles de estrés, ruido y salud (Hernández, 2018b).

El nuevo STP debe permitir una movilización masiva eficiente desde los núcleos terciarios hacia el núcleo primario, siempre asociada “con el uso del suelo, las densidades y la existencia de espacios públicos” (PRUGAM, 2008), por lo que se recomienda un sistema como el metro, el tren ligero o los buses de tránsito rápido (BRT).

El BRT es un sistema utilizado alrededor del mundo que funciona por medio de una red de rutas primarias de alta frecuencia y una red de rutas secundarias que aumentan el área de cobertura y conectan la ruta primaria con los hogares de los usuarios (L.C.R. Logística S.A., 1999). Además, en comparación con otros sistemas de transporte masivo ya mencionados, el BRT tiene menores tiempos de implementación (entre 1 a 3 años) y costos iniciales hasta 100 veces menores (ITDP, 2017).

El ITDP (2017) explica que el BRT permite mejoras en la calidad del aire, en los niveles de ruido, en los costos operativos y en el nivel de servicio, generación de empleo y la reducción de los tiempos de viaje y de los índices de accidentabilidad y criminalidad. A estos beneficios, L.C.R. Logística S.A. (1999) agrega la disminución del uso de los hidrocarburos, el aumento del comercio y la densificación de la demanda.

Al tener tantos beneficios, el BRT atrae nuevos usuarios, promoviendo el cambio modal y disminuyendo la con-

gestión. Este comportamiento se ha observado en ciudades como Bogotá, donde el uso del transporte público aumentó un 6 % y disminuyó el uso del vehículo de un 18 % (2001) a un 10 % (2003).

Otro ejemplo de cambio en la participación modal se dio en Curitiba, donde esta aumentó un 2 % el año de inauguración del sistema BRT de la ciudad (ITDP, 2010). Para el caso del área de estudio, a modo de ejemplo, L.C.R. Logística S.A. (1999) estimó que la ejecución de un sistema de este tipo aumentaría la demanda del STP para el año 2020 de 13 000 v/h a 18 000 v/h durante la hora pico de la mañana.

1.1.3. Antecedentes teóricos y prácticos del problema

En el país se han hecho varios estudios que permiten conocer el estado del transporte público en el AMSJ, así como propuestas de reformas al mismo. Entre estos se encuentran el PRUGAM, el PlanGAM, un estudio de L.C.R. Logística S.A. (1999), el Diseño de un bus de Tránsito Rápido para el corredor San José – Curridabat (Quirós, 2014) y un Análisis de prefactibilidad técnica de un Sistema de Transporte Masivo de San José (Alvarez, 2017).

El PRUGAM (2008) y el PlanGAM (2013) son marcos reguladores que brindan lineamientos y reformas para articular proyectos de infraestructura y transporte y, de esta manera, generar ciudades habitables, ambientalmente sostenibles, integradas, competitivas y mejor diseñadas. Se propuso una reforma al STP para mejorar la movilidad, disminuir los tiempos de viajes y accidentes, mediante un sistema intermodal de alta tecnología.

El Estudio de Reorganización del Transporte Público Colectivo en el Área Metropolitana de San José fue realizado por L.C.R Logística S.A. en 1999. En este, se propone dividir al AMSJ en 8 sectores que abastecerían la demanda del STP mediante un sistema BRT, diseñado con los volúmenes de demanda de transporte a diferentes horizontes.

Quirós (2014) realizó un diseño de un sistema BRT para el Corredor San José – Curridabat, utilizando una metodología similar a la planteada para el presente proyecto. Él explica en su documento la condición actual del transporte público para el sector analizado y propone modificaciones a la infraestructura vial y al STP.

Alvarez (2017) publicó, por medio del CFIA, un Análisis de prefactibilidad técnica de un Sistema de Transporte Masivo de San José. En este trabajo se analizó la viabilidad técnica de este tipo de sistemas, además de un análisis de variables secundarias como los usos del suelo, el desarrollo urbano y la multimodalidad.

En el ámbito internacional se cuenta con las guías de ITDP (2017), ITDP (2010) y TCRP (2003b) para el diseño de sistemas de tránsito rápido. En ellas se describe el proceso de elaboración de un sistema de este tipo, desde la concepción del proyecto hasta su diseño, implementación y evaluación. Además, se describen los sistemas BRT aplicados en 40 ciudades de 6 continentes diferentes, entre las cuales se encuentran ciudades latinoamericanas con condiciones similares al AMSJ como Santiago, Bogotá, Curitiba, Sao Paulo, Ciudad de Guatemala y México D.F.

Por último, cabe resaltar que en el país existe legislación que pretende regular el STP. Entre la legislación actual se encuentra la Ley N°7969 (1999), la Ley N°3503 (1965), el Plan de Director Urbano de Municipalidad de San José (2005) y el Plan de Desarrollo Municipal 2017-2018 del cantón de San José de Quesada et al. (2017).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Generar propuestas de modificación al sistema de transporte público del sector Uruca-Heredia para que este funcione como un sistema de Buses de Tránsito Rápido, basadas en las condiciones actuales del sector.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de las rutas que actualmente operan en el corredor primario Uruca-Heredia que incluya el recorrido, las paradas, el área de servicio, la demanda mensual y las condiciones operativas durante los periodos pico de cada ruta.
- Determinar sectores del corredor en los cuales el transporte público presenta deficiencias de cobertura, a partir de un análisis espacial de las áreas de servicio de cada ruta actual.
- Caracterizar a la población que actualmente se ve abastecida por el servicio de transporte público y a la población que se vería beneficiada por la implementación de un sistema BRT, mediante los datos suministrados en el Censo Nacional 2011.
- Caracterizar variables físicas como pendientes, hidrografía, curvas de nivel y el estado de la red vial de la zona de estudio.
- Proponer una ruta troncal para un sistema de Bus de Tránsito Rápido en el sector Uruca – Heredia a partir de la información generada, así como la infraestructura necesaria para su implementación.

- Proponer una red de rutas secundarias para el Sector Uruca – Heredia, de manera que se adapten a las condiciones actuales del sector y a la ruta troncal planteada.
- Proponer la ubicación de las estaciones de intercambio entre la ruta troncal, las rutas alimentadoras y otros modos de transporte.
- Proponer los puntos de intercambio entre el sistema Bus de Tránsito Rápido expuesto y las interlineas que actualmente transitan por el sector analizado.
- Definir una estrategia de implementación para el sistema de transporte público planteado para el sector Uruca – Heredia.

1.3. Hipótesis

El sistema de transporte público del Corredor Vial Uruca-Heredia presenta deficiencias operativas que se pueden modificar de manera sistemática hasta que el sector opere como un sistema de Buses de Tránsito Rápido.

1.4. Alcances

El proyecto consiste en caracterizar el sector Uruca-Heredia, propuesto por L.C.R. Logística S.A. (1999), para que se pueda diseñar un sistema BRT a partir de la información generada. Los alcances del presente proyecto se presentan a continuación.

- Se entregará una caracterización de las rutas del sector que incluye su características geométricas (recorrido y paradas), las características operativas de cada ruta durante los periodo pico, las áreas de servicio de cada ruta, las características socioeconómicas de la población a la que sirven y las características físicas del sector.
- La evaluación del sector se realiza para el año 2018 y el año 2019.
- El proyecto entregará una propuesta de rutas de buses para la troncal, las alimentadoras y las intersectorial, así como recomendaciones de cambios a la infraestructura vial.
- Se propondrá la ubicación de las estaciones de intercambio, sin embargo, no se propondrá un diseño funcional ni estructural de las mismas.
- Se recomendará una estrategia de implementación del sistema que permita la adaptación de los usuarios.

1.5. Limitaciones

Las limitaciones que tuvieron para desarrollar el proyecto se presentan a continuación.

- No se cuenta con información detallada de los tiempos de viaje, recorridos, oferta y demanda de las rutas del sector estudiado.
- Las características operativas de las rutas durante los periodos pico fueron obtenidas con un Estudio de Frecuencia y Carga Puntual. Debido a la falta de personal no se puede ampliar los resultados obtenidos mediante un Estudio de Ascenso y Descenso de Pasajeros.
- No se cuenta con información reciente y actualizada para la caracterización de la población, por lo que esta se realizará con las bases de datos del INEC del año 2011.
- La caracterización de la población depende de la unidad mínima censal con que cuenta el INEC. A su vez, el tamaño las áreas de servicio y de la zona de estudio se tuvo que modificar dependiendo de las Unidades Geoestadísticas Mínimas.
- No se realizará una estimación de costos económicos para la implementación del plan ni de las mejoras a la infraestructura.
- Se excluye el sistema de transporte regional e interregional, ya que se requieren estudios independientes.
- No se contempla la elaboración de estudios de capacidad, de impacto vial, de tiempos de viaje o de programación de itinerarios del sistema BRT debido a la escasez de personal, tiempo e información.
- No se contempla realizar un estudio de demanda para el sistema BRT, ya que se requiere información adicional de la que no se dispone.
- Se pretende, en la medida de lo posible, utilizar el derecho de vía existente y evitar expropiaciones para disminuir los plazos y los costos de implementación.
- El área de estudio se definió con la distancia de caminata real realizada por los usuarios del sistema de transporte público actual de la Ciudad de San José y no contempla modificaciones debido a una mejora por el sistema BRT. No se cuenta con el personal para realizar encuestas de intención de caminata para un sistema BRT en el AMSJ.
- Al no contar con la información de los sectores vecinos al sector de estudio, no se puede analizar la interacción entre estos.

- No se consideró la afectación que podrían generar sobre el sistema de transporte público del sector proyectos viales como la Nueva Radial a Heredia, Circunvalación Norte y el Anillo Periférico del AMSJ, debido a que no se encontraron estudios detallados sobre las posibles implicaciones de dichos proyectos.
- No se cuenta con un perfil carga para realizar estimaciones de pasajeros por kilómetro ni para determinar con exactitud nodos de atracción y generación de viajes.
- No se cuenta con personal para realizar encuesta de intención de pago ni intención de uso de un sistema tipo BRT.
- La información presente en los registros del CTP es limitada y se encuentra incompleta.
- La matriz Origen Destino disponible está segregada por cantón, por lo que se desconoce el comportamiento de los usuarios por distrito y por comunidades.
- Se desconoce el comportamiento de las rutas de autobús que no ingresan a San José por medio de las Rutas Nacionales 1 y 108, aunque estos servicios pueden influenciar los viajes esperado de los usuarios.
- En la zona de San Pablo de Heredia, el MOPT se encuentra realizando ampliaciones en la vía para colocar un par vial que conecte Heredia con Santo Domingo.
- Para el diseño del sistema de buses no se consideran rutas de materiales peligrosos ni la afectación que podrían generar las rutas troncales sobre las zonas residenciales.
- El diseño no contempla la afectación a las zonas comerciales del sector analizado ni las posibles medidas que tendrían que tomar los comercios o la administración para evitar inconvenientes o permitir el traslado de mercancía a los comercios.

1.6. Metodología

A continuación, se expone la metodología seguida para obtener los resultados expuestos en las siguientes secciones.

1.6.1. Diagrama metodológico

En la Figura 1.1 se presenta el diagrama del diseño metodológico que se siguió durante el presente proyecto.

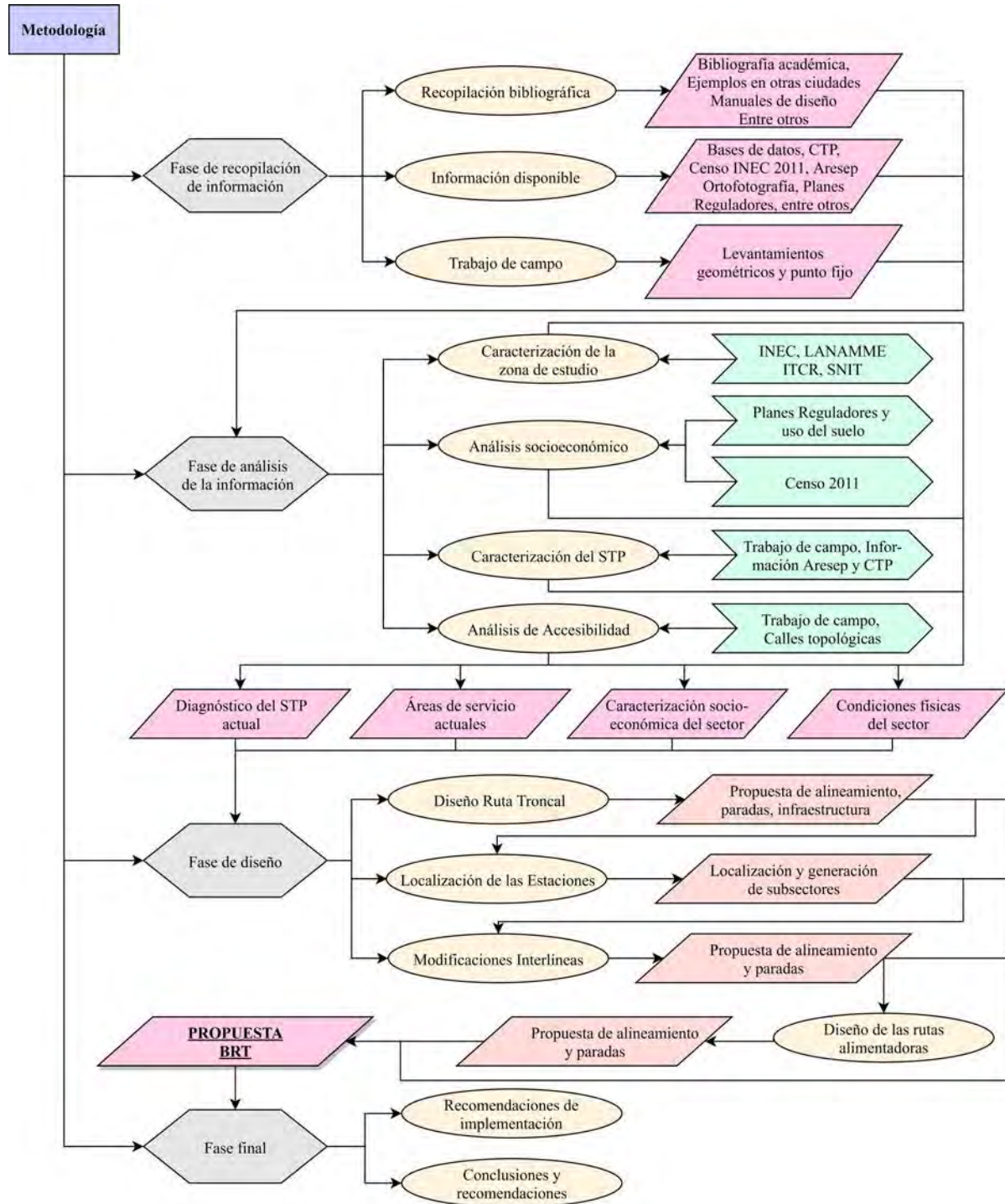


Figura 1.1: Diagrama metodológico del proyecto

1.6.2. Descripción de la metodología

La metodología utilizada en el proyecto, como se logra observar en la Figura 1.1, se dividió en 4 grandes fases, basadas en las actividades realizadas: fase de recopilación de información, fase de análisis de la información, fase de diseño y la fase final. A continuación, se describe cada una de ellas.

1.6.2.1. Fase de recopilación de información

Durante esta fase se recolectó la información necesaria para los análisis posteriores. Las fuentes de información se dividieron en 3 categorías dependiendo del origen de las mismas:

- Recopilación bibliográfica: subfase que permitió obtener información de bibliografía académica, de manuales de diseño, de informes técnicos y otros documentos publicados. También, se recolectaron casos de aplicación de sistemas BRT en el mundo y en América Latina.
- Información disponible: subfase que permitió recolectar bases de datos como las de Lanamme, del ITCR y del SNIT. En esta subfase también, se realizaron los trámites ante instituciones para obtener información no disponible al público como los microdatos UGM del Censo 2011 del INEC, los datos de demanda de ARESEP, la zonificación de los municipios y los expedientes por ruta del CTP.
- Trabajo de campo: subfase que permitió recolectar información por medio de levantamientos geométricos y de un Estudio de Frecuencia y Carga Puntual de Pasajeros. Se obtuvieron características sobre las rutas actuales como recorrido, paradas, datos operativos durante periodo pico, vialidad, tarifa, entre otros. También se realizó una inspección visual del estado de las terminales y de las paradas a lo largo del recorrido. El levantamiento geométrico se realizó en ambos sentidos del viaje con la herramienta GPS *Locus Map*. También incluyó un pequeño muestreo no estadístico de la situación actual de los servicios informales y especiales en el sector de estudio.

1.6.2.2. Fase de análisis de la información

Durante esta segunda fase se analizó la información obtenida en la primera etapa. Se subdividió en 4 partes, dependiendo de la información que se debe analizar.

- Caracterización de la zona de estudio: subfase en la que se describió el estado físico actual de la zona de estudio por medio de datos georreferenciados (archivos tipo *shapefile* y ortofotografía) como los del INEC, del Lanamme, del ITCR y del SNIT.

- Análisis socioeconómico: subfase en la que se describió a la población de acuerdo a sus características socioeconómicas y al sector de acuerdo al uso de suelo. Para ello, se analizaron los planes reguladores del sector y la zonificación reportada por los municipios. También se analizó la información presente en el Censo 2011 del INEC.
- Caracterización del STP: subfase que en la que se analizó la información de campo, de ARESEP y del CTP. Su fin fue describir el funcionamiento general de las rutas que actualmente circulan por el sector.
- Análisis de accesibilidad: utilizando la información generada y el *shapefile* (archivo vectorial) de calles de Sanabria (2017), se analizó la accesibilidad de cada ruta y del STP como un conjunto. El archivo vectorial fue revisado topológicamente para verificar los nodos y los enlaces de la red. Para esta sección se utilizó el programa *ArcGIS*, versión 10.5.

Una vez finalizados los análisis anteriores, se cruzó la información obtenida para generar el diagnóstico del STP actual, las áreas de servicio del sistema y las características físicas y socioeconómicas del sector.

1.6.2.3. Fase de diseño

En esta fase se generó una propuesta del sistema BRT. Para ello, se tomó la información generada en la fase anterior y se desarrolló una propuesta de alineamiento, de paradas, de infraestructura y de tecnología para las rutas troncal, alimentadoras y para las interlíneas. Cabe resaltar que para cada una de las rutas troncales se revisó el ancho de vía, las zonas públicas, los radios de giro y la accesibilidad que brinda al sector.

Para el trazado de las rutas alimentadoras y las interlíneas se analizó la cobertura, las comunidades servidas actualmente, las densidades poblacionales y la presencia de personas con problemas de movilidad. El resultado fue comparado con el diseño propuesto por L.C.R. Logística S.A. (1999) y Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015). Además, el diseño se comparó con los núcleos urbanos actuales (identificados con ortofotografía) y con la información en la fase anterior.

1.6.2.4. Fase final

Durante la fase final, basándose en la propuesta, se desarrolló una estrategia de implementación que permitirá una transición paulatina entre los sistemas, mientras las partes involucradas en el STP se adaptan a las nuevas condiciones. Además, durante esta fase se analizaron características que se deben implementar en el Sistema BRT junto con el trazado propuesto y se redactaron las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de transporte

Antes de definir y explicar qué es y cómo funciona un sistema de Buses de Tránsito Rápido, es necesario especificar qué es un sistema de transporte, los tipos que existen y sus características. La presente sección del Capítulo II guía al lector en lo que se entenderá, de ahora en adelante, como sistema de transporte urbano.

2.1.1. Sistemas de transporte urbano

Un sistema de transporte es un conjunto de elementos con infraestructura y vehículos propios, que cuenta con una estructura de control creada para satisfacer las necesidades de movilización de las personas y los bienes, ya sea por medios motorizados o no motorizados (Rodríguez, 2015).

En el caso de los sistemas de transporte para personas, estos permiten mejorar la calidad de vida de los usuarios; por lo que ellos deben ser la razón de su regulación, estructuración y operación, por encima de los intereses particulares (Hernández, 2018b). Por esto mismo, los sistemas de transporte de personas deben ser eficaces, eficientes y equitativos, disminuyendo los costos al mínimo mientras que se cubren las necesidades de movilización de la mayor cantidad de población.

Los sistemas de transporte urbano se pueden clasificar en: público, privado y *paratransit* o servicios especiales; según la regulación que ejerza el Estado sobre el transporte.

- **Sistemas de transporte público:** un sistema de transporte público es aquel que está disponible para que cualquier persona pueda hacer uso del mismo a cambio de una tarifa avalada por el Estado, quien además regula la ruta, los horarios y la flota (Vuchic, 2007). Estos pueden ser sistemas de capacidad regular o baja como buses o microbuses, o sistemas de alta capacidad como trenes, metros, sistemas BRT, entre otros.
- **Sistemas de transporte privado:** un sistema de transporte privado es aquel se da cuando el vehículo es utilizado de manera individual o colectiva pero no se cobra ninguna tarifa para transportar a los usuarios. Estos son conducidos por el dueño del vehículo en la vialidad proporcionada y operada por el Estado, pero el conductor puede elegir la ruta, el horario y el tiempo de viaje, debido a que sus paradas, ruta o velocidad de operación no son reguladas (Obando, 2014). El transporte privado se puede dar por medios no motorizados como el caminar o las bicicletas; o por medio de vehículos motorizados como el automóvil, los microbuses y las motocicletas.
- **Sistemas de transporte *paratransit* o servicios especiales:** los servicios especiales son aquellos que no se pueden clasificar como transporte privado o transporte público, debido a que su forma de operar se encuentra entre los dos modos. Estos no cuentan con rutas, horarios o vehículos regulados por el Estado para brindar el servicio, sin embargo, se cobra una tarifa fija que se define previamente por acuerdo entre el operador y el usuario o por el Estado (Vuchic, 2007). Algunos ejemplos son los taxis, los carros de alquiler, las microbuses escolares, el carpooling, entre otros.

2.1.1.1. Clasificación de los sistemas de transporte público

Como explica Solano (2013), los sistemas de transporte público (STP) se pueden clasificar analizando las características de sus rutas, la manera en la que interactúa con los usuarios o el horario de operación que tenga.

Primeramente, si se desea clasificar el STP según las características de sus rutas, se debe estudiar la longitud de sus recorridos y sus velocidades de operación. De esta manera, si la unidad del STP posee un recorrido menor a 20 km, aunque idealmente es menor a los 15 km, y transporta a los usuarios dentro de una misma ciudad a velocidades moderadas se clasifica como urbano. Si el STP supera los 20 km y transporta usuarios dentro de una zona metropolitana, con velocidades relativamente altas y pocas paradas intermedias se clasifica como regional o interurbano. Por último, si el STP conecta zonas metropolitanas diferentes, no suelen presentar paradas intermedias y operan a altas velocidades se clasifica como interregional (Solano, 2013).

Por otro lado, L.C.R. Logística S.A. (1999) clasifica los STP según la manera en la que interactúan con los usuarios. Así pues, se catalogan como regular cuando los usuarios pueden abordar o desabordar las unidades en todas las paradas autorizadas, cuando estos los solicitan; como expresos o alterados cuando los usuarios no pueden abordar o desabordar las unidades en todas las paradas autorizadas, ya que el vehículo se detiene en un 20 % de las paradas intermedias o menos; y, por otro último, se clasifican como servicios directos cuando los usuarios solo pueden acceder o salir del STP en las terminales o en estaciones de transferencia, ya que el vehículo no realiza paradas intermedias y recorre las vías a altas velocidades.

La última manera de catalogar un STP es analizando el horario en el que operan, de modo que, un servicio se clasifica como regular si opera durante al menos 18 horas en un día entre semana; como de hora pico si opera en las horas de máxima demanda; y como especial si solo opera durante emergencias o en eventos especiales.

2.1.1.2. Características de los sistemas de transporte público

El análisis de un STP debe realizarse desde una perspectiva global que incluya todas las variables que lo afectan. Estas variables pueden ser divididas en 3 dimensiones: las características operativas, dictan cómo funciona el servicio; la calidad, dicta cómo se siente el usuario al utilizar el servicio; y los beneficios que presenta el STP a la sociedad y a la empresa que lo brinda. Cabe resaltar que existe una cuarta variable referente al Estado como ente rector, sin embargo, su análisis queda fuera de los objetivos de este texto.

2.1.1.2.1. Características operativas de los sistemas de transporte público

Como ya se mencionó, las características operativas permiten describir cómo se desarrolla el servicio para deducir el rendimiento o desempeño del STP (Molinero & Sánchez, 2002). Las características que comúnmente se utilizan son las siguientes.

- Capacidad de línea (C): valor calculado a partir de la capacidad vehicular que indica la cantidad máxima de usuarios por hora que puede tener el sistema. Se calcula mediante la siguiente fórmula (Vuchic, 2007).

$$C = f * C_v \quad (2.1)$$

- Capacidad vehicular (C_v): cantidad máxima de usuarios que pueden estar dentro de una unidad en operación. Incluye el total de usuarios que pueden estar sentados (cantidad de asientos) y el total de usuarios que pueden estar de pie.
- Factor de ocupación: relación entre la cantidad de usuarios en una unidad y la capacidad vehicular (Vuchic, 2007).
- Frecuencia (f): cantidad de vehículos de transporte público que transitan por un punto en el lapso de una hora (Vuchic, 2007).
- Intervalo (i): tiempo transcurrido entre la salida de dos unidades de la misma ruta de transporte, expresada en minutos. Se relaciona con la frecuencia con la siguiente ecuación (Solano, 2013).

$$f = \frac{60}{i} \quad (2.2)$$

- Índice de pasajeros por kilómetro (IPK): indica la eficiencia con la que se movilizan los usuarios en una ruta. Se calcula mediante la siguiente ecuación (Posada, 2010).

$$IPK = \frac{\text{Número total de viajes realizados en un periodo}}{\text{Kilometraje total de los autobuses en el mismo periodo}} \quad (2.3)$$

- Longitud de recorrido (L): distancia que separa dos terminales de una misma ruta de transporte público.
- Ocupación promedio de los vehículos (O_p): valor que relaciona la cantidad de usuarios y la cantidad de viajes en un periodo. Se utiliza la siguiente ecuación.

$$O_p = \frac{\text{Cantidad total de usuarios}}{\text{Cantidad de viajes}} \quad (2.4)$$

- Productividad: relación entre los recursos generados e invertidos. Se puede medir en vehículo/km, espacio/km, costo operativo, entre otros (Vuchic, 2007).
- Regularidad (R): porcentaje de viajes que cumplen con su horario programado de llegada a las estaciones (Vuchic, 2007). Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$R = \frac{\text{Cantidad de viajes que cumplen su horario}}{\text{Cantidad de viajes totales}} * 100 \quad (2.5)$$

- Sección de máximo volumen (SMD): sección de la ruta de transporte público que posee la mayor cantidad de usuarios adentro de una unidad.

- Seguridad (S): número de accidentes o siniestros que generan muertes, daños a las personas o daños a la propiedad por cada 100 millones de pasajeros por kilómetro (Vuchic, 2007). Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$S = \frac{\text{Número de accidentes} * 100000000}{\text{Número de pasajeros por kilómetro}} \quad (2.6)$$

- Tamaño de la flota: número total de vehículos que se utilizan para operar una ruta. Se divide en vehículos en circulación, en espera y en mantenimiento.
- Tiempo de ciclo (t_c): tiempo, en minutos, que le toma a una unidad pasar dos veces por el mismo punto (Solano, 2013). Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$t_c = 2 * (t_r + t_t) \quad (2.7)$$

- Tiempo de recorrido (t_r): intervalo, en minutos, que pasa entre el momento en el que la unidad sale de la terminal hasta que esta llega a la siguiente terminal.
- Tiempo de terminal (t_t): periodo de tiempo en el que las unidades se encuentran detenidas en las terminales por motivos de ascenso y descenso de pasajeros, revisión de vehículos, descansos de operadores y actividades de control (Solano, 2013).
- Utilización del sistema: relación entre el número de usuarios y los kilómetros recorridos (Vuchic, 2007).
- Velocidad comercial (V_c): velocidad promedio que una unidad mantiene para completar un ciclo, incluyendo el tiempo en terminal y en paradas. Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$V_c = \frac{120L}{t_c} \quad (2.8)$$

- Velocidad de operación (V_o): velocidad promedio con la que las unidades recorren la ruta, tomando en cuenta las paradas que realizan las unidades y las demoras del tránsito. Se calcula mediante la siguiente fórmula (Solano, 2013).

$$V_o = \frac{L}{t_r} \quad (2.9)$$

- Volumen de diseño (V_D): máximo volumen de pasajeros en una ruta a lo largo de la sección de máximo volumen.

- Volumen de pasajeros (V_p): cantidad de usuarios que pasan por un punto en una hora. Este número es estacional porque varía de acuerdo a la época del año, a la hora del día y al día de la semana. Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$V_p = f * O_p \quad (2.10)$$

2.1.1.2.2. Calidad del servicio en los sistemas de transporte público

Luego de explicar las características operativas con las que se analiza un STP, ahora se explicará cómo se caracteriza la calidad del servicio desde el punto de vista del usuario.

La calidad de un STP puede ser medida mediante muestreos estadísticos que incluyan factores que reflejen el cubrimiento de las necesidades de los usuarios (Vuchic, 2007). En el Cuadro 2.1 se establecen algunos de los elementos que el usuario puede tomar en cuenta a la hora de calificar la calidad del servicio.

Cabe mencionar que los factores presentes en el Cuadro 2.1 son solo algunos de los elementos que los usuarios valoran. Los factores varían de una población a otra, ya que dependen de la condición socioeconómica, el espacio geográfico, la edad, el sexo, entre otros. Por este motivo, antes de realizar cualquier muestreo sobre la calidad del servicio, se deben delimitar los factores mediante técnicas estadísticas como encuestas o grupos focales, orientados a obtener las variables correctas y a su validación.

Otra manera de establecer la calidad del servicio es utilizar un indicador denominado nivel de servicio (LOS). Este considera factores de operación como la velocidad, la seguridad y la regularidad; factores de calidad como la cobertura, la limpieza y el estado de los vehículos; y factores adicionales como el acceso a la información, el factor de ocupación y la tarifa (Molinero & Sánchez, 2002). En el Cuadro 2.2 se aprecian los indicadores y cómo deducir el LOS con base en ellos.

Cuadro 2.1: Factores que influyen en la percepción de la calidad del servicio de un usuario del sistema de transporte público

Factor	Ejemplos
Accesibilidad	Facilidad de acceso al sistema
	Accesibilidad dentro del sistema
	Método de pago
Disponibilidad	Cobertura y distancia de caminata
	Disponibilidad de horarios
Tiempos	Tiempo de viaje
	Tiempo de espera
	Puntualidad y retrasos
Confortabilidad	Ambiente durante el viaje
	Comodidad de pie
	Comodidad de los asientos
	Facilidades de abordaje
	Niveles de ocupación o sobreocupación
Medio Ambientales	Contaminación producida
	Infraestructura
	Paisaje
Seguridad	Número de delitos
	Número de accidentes
	Percepción de seguridad
Servicio al usuario	Trato del personal
	Servicio al cliente
	Interfaz del usuario
	Acceso a la información
	Avisos ante condiciones atípicas

Fuente: Pticina (2011)

Cuadro 2.2: Nivel de servicio de un sistema de buses según diversos factores

Nivel de servicio	Intervalo (minutos)	Cantidad de viajes diarios	Horas de servicio	Estado de los pasajeros
A	<10	>15	19 – 24	No necesitan ir con alguien al lado.
B	10 – 14	12 – 15	17 – 18	Pueden escoger con quién sentarse al lado.
C	15 – 20	8 – 11	14 – 16	Todos se pueden sentar.
D	21 – 30	4 – 7	12 – 13	Algunos deben ir de pie.
E	31 – 60	2 – 3	4 – 11	El bus se encuentra a su máxima capacidad.
F	>60	0 – 1	0 – 3	Sobrepasa la capacidad establecida.

Elaboración propia con base en datos del TCRP (2013)

Se debe procurar que los niveles de servicio se encuentren siempre en los primeros escaños de la calificación, ya que, mientras mejor sea la calidad del servicio, más usuarios se sentirán satisfechos con el mismo y, por ende, el sistema presentará mejores de ocupación.

2.1.1.2.3. *Relación costo-beneficio*

Se entenderá como beneficio toda aquella mejoría que se experimente debido a la modificación del STP. Se pueden magnificar como mejoras en la movilidad, la reducción del consumo de gasolina, cambios en la calidad del aire, incremento en las opciones de viaje, creación de puestos de trabajo, entre otros (Kirby & Miller, 1983). Además, se suelen utilizar indicadores como la cantidad de pasajeros, el cambio en la relación vehículos particulares/km, consumo de gasolina, el tiempo de viaje, entre otros.

Los costos son todos aquellos perjuicios que un STP provoca. Estos pueden ser de carácter monetario como los costos de capital y de operación; o pueden ser no monetarios como las externalidades negativas y los costos al usuario (Molinero & Sánchez, 2002). A continuación, se explican los costos más comunes de los STP.

- Costos de capital o de inversión: se incurren por la conceptualización, el planeamiento, el diseño y la construcción del sistema. Algunos ejemplos son la construcción de carriles exclusivos y de depósitos, la adquisición las unidades, cambios en el servicio y remodelaciones (AASHTO, 2004).
- Costos de operación: costos que se generan por la operación del sistema. Se incluyen el pago de salarios, la depreciación de los activos, la compra del combustible y los costos de mantenimiento (ITDP, 2017).
- Costos del usuario: costos en los que se incurre por utilizar el sistema, incluye los costos generados por los tiempos de espera, de viaje y de caminata y la tarifa (Chávez & Hernández, 2015). Se debe procurar que este costo no sea mayor al 30 % de los ingresos del usuario, para incentivar el uso y el desarrollo social, por lo que es deseable que el Estado subsidie las tarifas si este costo es mayor (Hernández, 2018b).

Las externalidades son costos asociados al STP que pueden ser positivos o negativos, monetarios o no monetarios, y su principal características es que no están ligados a la planeación del proyecto (Molinero & Sánchez, 2002). Entre las externalidades más comunes se encuentran los aumentos en los tiempos de viaje del transporte privado, la disminución de la vialidad para el transporte privado, cambios en los niveles de ruido, en los niveles de servicio, en el valor de la tierra, en el uso del suelo y en los patrones de desplazamiento, entre otros (TCRP, 2002).

Siempre se debe realizar un balance entre los beneficios, los costos y las externalidades generadas, de manera que el análisis permita evaluar la idoneidad del STP durante su construcción, vida útil y cierre (Cháves & Hernández, 2015).

$$C/B = \frac{\text{Costos} + \text{Externalidad negativa}}{\text{Beneficios} + \text{Externalidad positiva}} \quad (2.11)$$

Analizando la Ecuación 2.11, a menores valores de C/B la movilidad mejorará y se tendrá una menor cantidad de perjuicios; en cambio, con C/B grandes se tienen más pérdidas que beneficios. Cabe resaltar que se debe tomar en cuenta la inflación a la hora de realizar el análisis, además, las externalidades y los costos del usuario se deben ser traducidos a costos monetarios mediante análisis económico, para que puedan ser comparados con los beneficios y los otros costos (Kirby & Miller, 1983).

2.1.2. Jerarquía del transporte urbano

El transporte urbano de personas se produce mediante la interacción de varios modos de transporte que generan una red de intercambio. No obstante, los diferentes sistemas no pueden ser priorizados de la misma manera dentro de la red de una ciudad, debido a que el espacio y los recursos son limitados, por lo que las intervenciones en la vialidad deben orientarse hacia la máxima eficacia y hacia el beneficio de la mayoría de los usuarios. En este punto es donde surge la interrogante, ¿qué sistema de transporte se debe priorizar?

Como explica Obando (2014), la red de transporte de personas se autoorganiza en una jerarquía escalonada y estructurada, que se desarrolla desde escalas menores como el transporte peatonal hasta escalas superiores como el vehículo privado y el transporte público. Dicha organización se conoce como la jerarquía del Transporte urbano y se puede observar en la Figura 2.1.

La jerarquía permite planificar el Transporte urbano priorizando los sistemas que brinden la mayor accesibilidad a los usuarios, que sean menos contaminantes, más inclusivos, más efectivos, más equitativos y más económicos. Dicha priorización permite decidir el orden y el presupuesto que se les asigna a cada intervención (ITDP, 2017).

Basándose en la definición anterior y como se puede observar en la Figura 2.1, la jerarquía establece que se debe priorizar al peatón, luego al ciclista, posteriormente a los usuarios del transporte público, a los servicios especiales como los taxis y el transporte de estudiantes, al transporte de carga, a los automotores con tecnologías limpias y, de último, a los vehículos privados que utilicen hidrocarburos. Cabe mencionar que tanto los servicios especiales como el sistema de transporte privado y el de carga comparten la red vial, por lo que las intervenciones a su vialidad afectan a los tres modos.

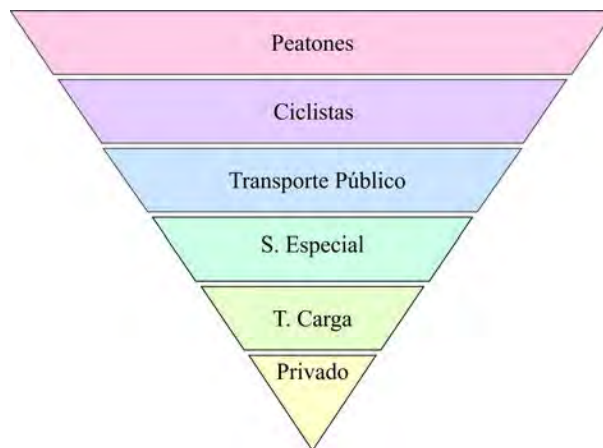


Figura 2.1: Jerarquía del Transporte urbano
Modificado de ITDP (2010)

2.2. Movilidad

La movilidad hace referencia a los desplazamientos que se generan por las necesidades de las personas y las mercancías; sin importar si estos son urbanos, dentro de la misma ciudad y su área de influencia, o regionales e interregionales, si estos se realizan entre varias ciudades. La movilidad se puede dar por medio de diferentes sistemas de transporte, sin embargo, la elección del usuario dependerá directamente de sus necesidades, tiempos de viaje, disponibilidad y los costos asociados.

Como explica Navarro (2014), la movilidad debe tener como objetivo facilitar el desplazamiento del mayor número de personas sin sacrificar el nivel de servicio, la comodidad y la frecuencia. En el caso de los sistemas de transporte urbano, la movilidad es una parte esencial de la ciudad porque permiten el desplazamiento de las personas hacia los servicios básicos.

2.3. El Transporte urbano orientado a las ciudades

Los sistemas de transporte urbano nacen por la necesidad de desplazamiento dentro las ciudades, por lo que estos deben adaptarse a las características de la urbe. Por ello, el servicio debe responder a los patrones de desplazamiento, la capacidad adquisitiva del gobierno, la longitud de los desplazamientos, características físicas de las ciudades, características socioeconómicas de la población, entre otros.

Debido a lo anterior, los sistemas de transporte urbano se pueden dividir de acuerdo al tamaño de la urbe a la que sirve: sistemas para poblaciones menores, sistemas para pueblos, sistemas para ciudades medias y sistemas para ciudades grandes.

2.3.1. Sistemas de transporte urbanos para poblaciones menores

En los centros urbanos poco densos y con menos de 100 000 habitantes, la mayoría de los viajes se completan por medio de viajes individuales no motorizados, ya que las distancias a recorrer suelen ser cortas. Sin embargo, a medida que la comunidad crece, se incrementan los viajes motorizados y los servicios con un conductor profesional y tarifa comienzan a aparecer, estos son precursores del transporte público y no suelen ser regulados por el Estado (Vuchic, 2007).

En este tipo de poblaciones, los sistemas de transporte deben orientarse hacia la comodidad del peatón y del ciclista, mediante calles de baja capacidad e infraestructura para viajes no motorizados (Vuchic, 2007).

2.3.2. Sistemas de transporte urbano para pueblos

Una vez que las poblaciones menores comienzan a crecer, el uso el transporte privado se vuelve insostenible debido a la congestión que se genera. Es por ello, que en los centros urbanos con poblaciones entre los 100 000 y 500 000 habitantes se deben implementar medidas orientadas a luchar contra los niveles de congestión.

Como explica Vuchic (2007), el combate a la congestión se debe dar mediante el aumento de la capacidad vial y la transformación de los choferes informales en un STP de capacidad media con altos estándares de calidad, capaz de transportar más personas por una tarifa relativamente baja. Cabe destacar que, si el STP no presenta los estándares esperados comenzarán a aparecer sistemas informales de transporte.

2.3.3. Sistemas de transporte urbano para ciudades medias

En los centros urbanos con poblaciones entre los 500 000 y los 2 millones de habitantes, la congestión ocasionada por el transporte individual afecta los niveles de servicio de otros modos de transporte. Por ello, se deben separar parcialmente los modos para que no interfieran entre sí y, de esta manera, los niveles de servicio del transporte público aumenten (Vuchic, 2007).

A su vez, se debe aumentar la capacidad del transporte público mediante unidades más grandes, aumentos de las frecuencias o mediante la implementación de sistemas de mayor capacidad como trenes, metros, monorrieles, entre otros (Vuchic, 2007).

2.3.4. Sistemas de transporte urbano para ciudades grandes

Cuando las ciudades poseen 2 millones de habitantes o más, la cantidad de viajes dentro y fuera de la ciudad se incrementan sustancialmente, por lo que los volúmenes de desplazamiento de los STP son sumamente elevados.

En este tipo de ciudades los sistemas de transporte deben ser de alta capacidad, automatizados y con una separación física total como el metro o los sistemas de tránsito rápido. A su vez, se deben construir vías de alta capacidad dentro de las ciudades que estén separadas físicamente del resto de la vialidad para focalizar los viajes individuales motorizados y así disminuir los conflictos y mejorar la fluidez (Vuchic, 2007).

Cabe resaltar, el STP debe responder a los constantes cambios en los patrones de desplazamiento, por lo que los diseños deben ser monitoreados de manera constante para que sean actualizados.

2.4. Análisis de los sistemas de transporte

2.4.1. Oferta y demanda del transporte

Como explica Quirós (2014), los estudios de transportes buscan esclarecer la relación que existe entre los usuarios y el sistema. La descripción de la relación se realiza por medio de dos características propias del servicio de transporte: la oferta y la demanda.

- **Oferta:** condiciones generales del servicio ofrecido por los operadores. Se suele considerar la ruta, las paradas, la frecuencia, tiempo de viaje, distancia recorrida, tarifa, vehículos, administración y otras características operativas (L.C.R. Logística S.A., 1999).
- **Demanda:** las personas necesitan movilizarse dentro de las ciudades para cumplir con sus patrones sociales. Esto genera una demanda de transporte que depende del uso del suelo, la economía, condiciones socioeconómicas, características demográficas, y otras condiciones. Entonces la demanda del transporte se muestra como la necesidad de traslado los usuarios de un punto a otro, por lo que se puede cuantificar en un flujo potencial de viajes conformado por los usuarios actuales del servicio y los usuarios potenciales (L.C.R. Logística S.A., 1999).

La oferta del transporte debe ser compatible con la demanda del transporte para maximizar los volúmenes movilizables, ya que el punto de equilibrio entre la oferta y la demanda se manifiesta en estos flujos (L.C.R. Logística S.A., 1999).

2.4.2. Recopilación de información

Para la recolección de la información necesaria para analizar un sistema de transporte, se utilizan diferentes metodologías directas como la observación directa, muestreos sube y baja, conteos de punto fijo, formularios de caracterización, entre otros; o métodos indirectos como los muestreos estadísticos a los usuarios.

Si se desea realizar estimación de demanda de un servicio, toda información que se recolecte debe ser estadísticamente válida, por lo que la rigurosidad durante la recolección se vuelve primordial. Por otro lado, también existen procedimientos para obtener datos que no son estadísticamente válidos por lo que no pueden ser utilizados para calcular demanda, pero se pueden usar para otros procedimientos como la programación de servicios.

La recolección puede realizarse por medio de tres procedimientos diferentes:

1. **Censos:** recopilan la totalidad de la información de los viajes realizados.
2. **Muestreos:** debido a que un censo posee un costo económico sumamente alto, en muchos estudios no resulta viable su realización. Por este motivo, se puede obtener información de una muestra y, posteriormente, con la información obtenida se infiere las características de la población total. La muestra debe aleatoria, sin sesgos, simple, sistemática y estratificada para que sea estadísticamente válida. El tamaño de la muestra responde directamente al tamaño de la población.

3. Sondeos: recopilan la información por medio de una muestra no estadística, por lo que no se puede utilizar la información generada para estimar la demanda; sin embargo, se puede utilizar para realizar diseños operativos.

2.4.3. Flujos de viaje de un sistema

Como explican Cal et al. (2000), un sistema de transportes se debe entender como parte integral de la dinámica de una ciudad. Es decir, es una pieza más de un sistema intermodal que depende de las actividades y de los flujos de viajes. En la Figura 2.2 se puede observar la manera en la que estas tres variables interactúan entre sí.

Analizando la Figura 2.2, se puede concluir que si se da una modificación en el sistema de actividades (cambio en el uso del suelo, la construcción de un nuevo edificio, centro comercial o residencial, entre otros) se va a dar un cambio en el flujo de desplazamiento, debido a que las zonas de atracción y generación de viajes cambian, por lo que los patrones de desplazamientos se ven modificados, lo que condiciona al sistema de transportes.

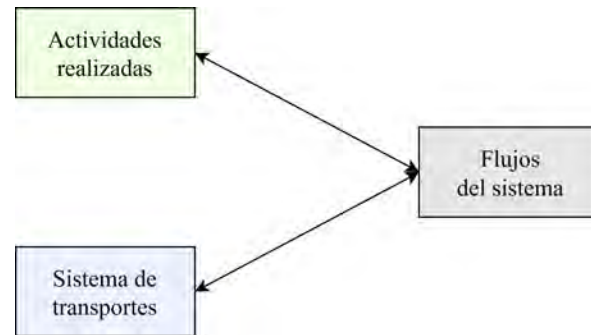


Figura 2.2: Interacción entre los diversos factores que determinan el comportamiento del sistema de transportes dentro de una ciudad

De la misma manera, un cambio en el sistema de transportes obliga a la población a variar su patrón de desplazamientos, ya que estos se deben adaptar a los modos existentes y, ese cambio en el patrón de flujos, genera que las actividades a realizar se modifiquen.

A modo de ejemplo, suponga que el Gobierno ha decidido abrir una zona franca cerca de la Ciudad de Liberia, en la provincia de Guanacaste. El cambio en el uso del suelo (cambio en las actividades) traerá consigo nuevos empleos, por lo que los trabajadores ahora deberán desplazarse hacia su trabajo y no hacia donde normalmente se dirigían (modificación en el flujo de viajes). Este cambio genera la necesidad de un sistema de transporte que lleve a los trabajadores desde Liberia hasta la zona franca (modificación al sistema de transporte).

Considere un ejemplo en el que el gobierno ha decidido implementar un sistema troncalizado entre Heredia y San José (modificación al sistema de transporte). El sistema permite mejorar los tiempos de viaje y disminuye los costos de operación y los costos del usuario, por lo que las personas dejan de lado el carro y comienzan a utilizar el transporte público (cambio en el flujo). Como el Sistema BRT tiene estaciones intermedias, estaciones de intercambio modal y terminales, las personas tienen a concentrarse en estos puntos y, con el tiempo, las zonas aledañas a las estaciones se comienzan a densificar, aumentando la cantidad actual de residentes y de comercios en el área (cambio en las actividades).

Por lo tanto, si se da cualquier cambio en las actividades de una ciudad se deben tomar medidas que permitan que el sistemas de transportes responda a las nuevas necesidades de la población. En el caso contrario, cualquier modificación al sistema de transporte debe contemplar medidas de mitigación y de control urbano para un desarrollo adecuado de la ciudad.

2.5. Sistemas de Buses de Transito Rápido

Un sistema de Buses de Tránsito Rápido (BRT) es un modo de transporte público que utiliza infraestructura segregada para operar buses de alta capacidad a altas frecuencias. Tiene un costo relativamente bajo y logra emular a los sistemas que utilizan rieles, por lo que ha sido exitoso en ciudades como Sao Paulo, Curitiba y Bogotá (ITDP, 2010).

Este comportamiento se logra gracias a una coordinación entre sus componentes, de manera que la infraestructura, sistema de rutas troncales y secundarias, estaciones, vehículos, sistema de transporte inteligente y la integración modal, trabajan en conjunto para generar un alto nivel de servicio.

2.5.1. Características de los Sistemas BRT

A continuación, se describen de manera general las principales características de los Sistemas BRT.

2.5.1.1. Infraestructura física

La infraestructura de un sistema BRT completo incluye carriles segregados, una red integrada de rutas y corredores, estaciones para la integración modal y entre rutas, plataformas y accesos a nivel al bus y otras mejoras del espacio público circundante (ITDP, 2010).

2.5.1.2. Sistemas directos y troncoalimentados

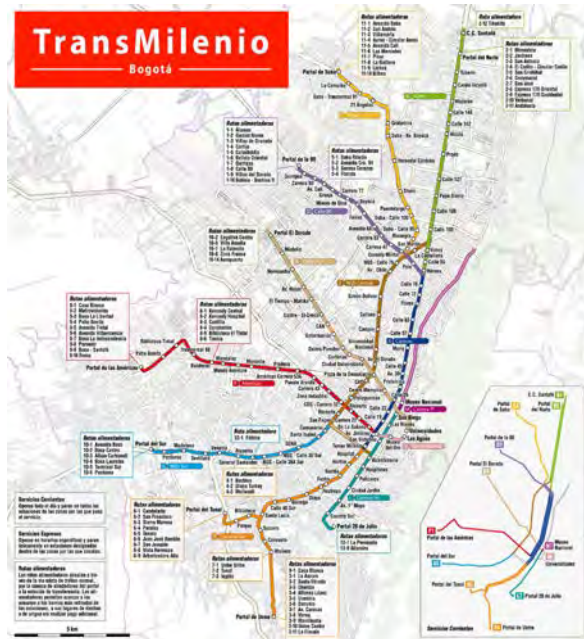


Figura 2.3: Ejemplo de sistema troncoalimentado en BRT Transmilenio, Bogotá

Fuente: ITDP (2017)

brindan la flexibilidad al sistema para conectar las zonas residenciales con la ruta primaria (L.C.R. Logística S.A., 1999); y una red de rutas intersectoriales que desplazan usuarios entre corredores sin que se deban pasar por el centro metropolitano (PRUGAM, 2008).

Un ejemplo de este tipo de sistemas se logra observar en la Figura 2.3, donde se presenta el Sistema BRT TransMilenio de Bogotá. En la figura, cada una de las líneas de colores representa una ruta troncal que se alimenta de las rutas secundarias en las paradas asignadas con puntos blancos. A cada una de las rutas troncales se le asigna un cuadro en el cual se indica los nombres de las rutas secundarias que la alimentan.

Se conoce como sistema directo aquel servicio de transporte público donde el usuario solo utiliza un vehículo para trasladarse (ITDP, 2010). Este tipo de servicios genera que una cantidad considerable de unidades deban ingresar al polo de atracción, aumentando la carga vial y disminuyendo la eficiencia de los carriles exclusivos. Por ello, los sistemas BRT sugieren un cambio de modalidad hacia sistemas troncoalimentados, en los cuales, la demanda de transporte público se divide en corredores urbanos que son delimitados de acuerdo a las características de la vía, la facilidad de implementación, los costos, la demanda de transporte, entre otros factores (ITDP, 2010).

Cada corredor urbano posee una ruta primaria que brinda acceso al centro de la ciudad, mediante vehículos que transitan a altas frecuencias y velocidades; una red de rutas secundarias de frecuencia media que le

2.5.1.3. Segregación del sistema

La funcionalidad de un sistema BRT depende su interacción con el resto del tráfico. Por ello, sistemas segregados tienden a tener mejores velocidades de operación, niveles de servicio, tiempos de viaje y costos de operación; sin embargo, esto también significa una mayor inversión inicial debido a la infraestructura necesaria para segregar el sistema. Es por ello que existen diversos grados de segregación para los sistemas BRT; estos se pueden clasificar en 4 categorías.

1. Categoría D: al STP no se le da prioridad de paso, por lo que el transporte privado y el BRT comparten el espacio vial. Los BRT que componen esta categoría suelen presentar problemas en sus variables operativas y bajos niveles de servicio debido a la congestión (Molinero & Sánchez, 2002).
2. Categoría C: en esta categoría, los vehículos BRT presentan tratamiento preferencial pero no existe separación física del resto del flujo por lo que el vehículo privado suele invadir el carril prioritario (Vuchic, 2007). Se recomienda un flujo entre los 50 y los 200 vehículos BRT por hora para implementar medidas de este tipo (AASHTO, 2004). Se pueden mencionar 3 medidas diferentes que le brindan prioridad vial al STP, sin la necesidad de una separación física.
 - a) Carriles de flujo concurrente: permiten que el bus tenga prioridad en la dirección del mayor flujo durante la hora pico, pero los demás vehículos pueden hacer uso del mismo durante el resto del tiempo. Se diferencian por medio de un color diferente o de dos líneas blancas continuas (Quirós, 2014).
 - b) Carriles de prioridad: segmento de vialidad donde el vehículo BRT tiene prioridad de paso durante todo el tiempo. Se marcan mediante señalización vertical y horizontal.
 - c) Carriles de contraflujo: el carril exclusivo que funciona en la dirección opuesta al flujo convencional de los vehículos privados. La dirección del carril puede variarse según la dirección que presente el mayor volumen de vehículos (AASHTO, 2004).
3. Categoría B: sistema que cuenta con separación física longitudinal utilizando elementos fijos como muros, conos o vallas; sin embargo, se mantienen los cruces a nivel con los vehículos privados y los peatones (Molinero & Sánchez, 2002). También se incluyen los sistemas que cuentan con calles completas en el centro de las ciudades destinadas al transporte público, por lo que se prohíbe el paso del vehículo privado por estas. Se recomienda utilizar este tipo de carriles cuando se tienen flujos vehiculares entre los 80 y 400 vehículos BRT por hora (AASHTO, 2004).

4. Categoría A: el derecho de vía del transporte público se encuentra completamente controlado, por lo que hay segregación longitudinal y vertical a través de viaductos elevados o túneles (Molinero & Sánchez, 2002). Esto evita todo tipo de interferencia con el transporte privado, pero incrementa considerablemente los costos económicos y sociales del sistema. Se recomiendan utilizar este tipo de separación con flujos mayores a los 200 vehículos BRT por hora (AASHTO, 2004).

A la hora de decidir el grado de segregación también se deben considerar características inherentes a la ciudad a la que el sistema va a servir. La AASHTO (2004) establece algunas particularidades, propias de cada ciudad, que se deben analizar para determinar la segregación del sistema.

- Geometría de la vialidad.
- Requerimientos mínimos para el funcionamiento del transporte privado.
- El ingreso del usuario al sistema.
- Características de los autobuses.
- Uso del suelo e impactos ambientales.
- Costos de implementación.

La decisión de cómo segregar al sistema debe realizarse mediante un análisis integral que tome en cuenta, como mínimo, todas las variables anteriormente mencionadas y otras que el diseñador considere importantes, ya que no se deben ignorar otras características que puedan llegar a afectar la funcionalidad de los carriles.

2.5.1.4. Alineamiento

El alineamiento de los sistemas BRT debe estar enfocado a disminuir los puntos conflictivos con el vehículo privado, de manera que, el BRT puede estar alineado al centro, al lado derecho o al lado izquierdo de la vía.

El ITDP (2017) recomienda que el alineamiento se encuentre en el centro de la carretera, ya que se disminuye la cantidad de plataformas de abordaje y se facilita la transferencia interna a los usuarios. Además, se evita cualquier afectación a la infraestructura peatonal y que el vehículo privado invada el carril del BRT al realizar maniobras con giros a la derecha. Sin embargo, el alineamiento en el centro de la vía aumenta los costos constructivos, reduce la flexibilidad del sistema y complica el retiro de un bus en caso de una avería (AASHTO, 2004).

2.5.1.5. Velocidad de operación

Los sistemas BRT se pueden diseñar para que operen a diversas velocidades, según las necesidades de cada ciudad. La elección de la velocidad de diseño depende de la vialidad, del espaciamiento de las estaciones, de si es una ruta principal o secundaria y del tipo servicio brindado (ver Sección 2.1.1.1). A continuación, se presentan algunas velocidades típicas de operación para rutas primarias según TCRP (2003b):

- Cuando el bus transita en una autopista sin realizar paradas, la velocidad típica de operación se encuentra entre los 65 y 80 km/h.
- Cuando el bus transita por una autopista realizando paradas, la velocidad típica de operación varía entre los 40 y 55 km/h.
- Por otro lado, si el bus transita por una vía arterial, la velocidad de operación promedio máxima observada es 30 km/h.

2.5.1.6. Paradas

Las paradas son los puntos en la vía donde el sistema BRT interactúa con los usuarios. La separación de estas debe rondar los 400 y los 500 metros, de manera que la distancia permita a los usuarios acceder a sus destinos de manera rápida, sin limitar la capacidad de la red o aumentar los costos operativos (Molinero & Sánchez, 2002).

Las paradas se pueden ubicar en la vía pública pero generan afectación a la capacidad del carril por la interrupción del flujo, por lo que se recomienda el uso de bahías para evitar la obstrucción. El ancho mínimo de una bahía es de 3 m y su geometría debe facilitar la aceleración, desaceleración y la reincorporación al flujo de las unidades (L.C.R. Logística S.A., 1999). Además, la longitud de las bahías debe permitir el estacionamiento de varios buses al mismo tiempo durante el periodo de máxima demanda y mantener cómodos a los usuarios.

Se debe colocar un escampadero para resguardar a los usuarios del clima durante su tiempo de espera. Su diseño depende de la cantidad de ascensos y descenso, de la geometría de la parada, del tipo de vehículo, del método de pago, de la proximidad de intersecciones, de la segregación del sistema, de la pendiente, de la congestión, entre otros factores (Molinero & Sánchez, 2002).

2.5.1.7. Estaciones

Las estaciones son estructuras cerradas donde los pasajeros abordan y desabordan los vehículos, ya sea porque se encuentran en su punto de origen o destino o porque harán transferencia hacia otras rutas o modos (Navarro, 2014). Como Navarro (2014) explica, además de la interacción con los usuarios, las estaciones son construidas con varias finalidades:

- Concentrar el tránsito para un manejo eficiente.
- Transferencia de usuarios entre rutas o modos de transporte.
- Procesamiento del tránsito: venta de tiquetes, facturación, etc.
- Generar facilidades comerciales a los usuarios.

Por otro lado, las estaciones deben facilitar el acceso al usuario, por lo que su diseño nunca debe limitar la infraestructura peatonal. Dicho diseño depende de la cantidad de usuarios y unidades, los tiempos de terminal, la vialidad circundante, la forma de llegada, los patrones de demanda, entre otros. Deben contar con al menos un acceso universal, un área de transición con asientos, compra de tiquetes y espacios de información, una bahía de abordaje y una desabordaje, plataformas a nivel y un estacionamiento para buses al menos 1.7 veces el tamaño de la unidad más grande (ITDP, 2017).



Figura 2.4: Ejemplo de Estación en una medianera en TransMilenio, Bogotá

Fuente: ITDP (2017)

Como ya se ha mencionado con anterioridad, un sistema BRT normalmente cuenta con 3 tipos diferentes de estaciones a lo largo de las rutas troncales. Según el ITDP (2017), las estaciones se clasifican de la siguiente manera:

1. Paradas Intermedias: se colocan entre el inicio y el fin del alineamiento con el propósito de abastecer a los usuarios y a los buses.

2. De transferencia o de intercambio: puntos donde se permite el intercambio modal o entre rutas, sin tener que abandonar el sistema para realizar los trasbordos.
3. Terminales: lugar donde se cierra e inicia el circuito del vehículo (Molinero & Sánchez, 2002). Permiten el abordaje al inicio y al final de las rutas, facilitan la integración modal y poseen servicios y comercios para atraer a los usuarios. Además, deben contener facilidades para los trabajadores del sistema BRT.

La separación entre dos estaciones ronda entre 1 km y 500 m para asegurar la fluidez del sistema (L.C.R. Logística S.A., 1999). Además, la localización de las mismas depende del terreno disponible y de las condiciones de la vía. Pueden localizarse en medianas como la que se logra observar en la Figura 2.4, a los lados de la vía, en espacios de estacionamiento, en carriles de giros a la izquierda o en el terreno disponible (ITDP, 2017).

2.5.1.8. Tecnología rodante

Los vehículos son las unidades de transporte del sistema BRT. Existen muchos tipos de vehículos y su elección depende de los volúmenes de usuarios, las condiciones físicas del recorrido y de los costos iniciales y de mantenimiento; de manera que el vehículo elegido cuente con la mayor relación costo-beneficio (ITDP, 2013). A manera de ejemplo, un criterio frecuente de elección es la tecnología del motor, donde hay que elegir entre vehículos diésel, de tecnología limpia, eléctricos o híbridos (TCRP, 2003b).

Otra variante importante es el tamaño del vehículo, existiendo vehículos articulados, simples, de piso bajo, de varias puertas, entre otros. El tamaño óptimo depende de la capacidad de la línea, la frecuencia, la maniobrabilidad del vehículo, el confort requerido y los costos de operación. A continuación, se presentan algunos tipos de vehículos clasificados según su tamaño.

1. Buseta: vehículo con una longitud entre los 8 y 10 m, con capacidad entre las 16 y 30 personas sentadas y una capacidad máxima de 50 personas en total.
2. Autobús medio: vehículos de dos ejes con una longitud entre los 10 y los 13 m, una cantidad de asientos entre 35 y 55 y una capacidad entre 50 y 100 pasajeros (90 para un adecuado nivel de servicio) (Molinero & Sánchez, 2002).
3. Autobús grande: vehículo con una longitud entre los 13 y 15 metros, con una cantidad entre 35 a 55 asientos y un máximo de 115 personas para un nivel de servicio adecuado.

4. Autobús articulado: vehículo formado por dos cuerpos articulados por medio de una junta que le permite conservar una apariencia continua en su interior y, a la vez, doblarse para realizar giros. Pueden medir hasta unos 18 m y contar con una capacidad de hasta 160 pasajeros, con un máximo de 75 personas sentadas (Vuchic, 2007).
5. Autobús doblemente articulado: vehículo de 3 compartimientos con 2 articulaciones que los unen. Miden entre los 22 y los 28 metros, cuentan con una capacidad de hasta 225 personas (80 personas sentadas) y poseen más de 4 puertas de doble canal.

Los sistemas BRT suelen utilizar combinaciones de los diferentes tipos de bus entre la troncal y las rutas secundarias, de manera que se disminuyan los costos y aumente la eficiencia (Vuchic, 2007). Cabe resaltar, la altura del piso del vehículo no debe ser mayor a los 40 cm desde el nivel del suelo para facilitar la accesibilidad (Vuchic, 2007), y a su vez, todas las paradas deben contar con una plataforma de abordaje que se adapte a la altura del bus.

2.5.1.9. Sistemas de transporte inteligente

El BRT se considera un servicio de transporte inteligente porque se logra integrar a la ciudad y facilita al usuario el acceso de la información, mediante sistemas tecnológicos como cámaras, sistemas de localización de vehículos, sistemas de información para pasajeros y un control centralizado (ITDP, 2010).

Además, utiliza la tecnología para disminuir los tiempos de viaje, mejorar el nivel de servicio, reducir los sesgos operativos, realizar el cobro electrónico por medio de tarjetas inteligentes, bandas magnéticas o máquinas de monedas y verificar a los usuarios antes del abordaje (ITDP, 2010). Cabe resaltar que permitir el cobro y la verificación preabordaje mejora las políticas de integración modal, porque facilita la integración de la tarifa entre los diferentes sistemas de transporte (Molinero & Sánchez, 2002).

2.5.1.10. Medidas de prioridad

Como se ha mencionado con anterioridad, para la correcta operación de los Sistemas BRT se deben realizar modificaciones a la vialidad que le permitan a las unidades circular sin la interferencia de otros modos de transportes. Algunas de las medidas más comunes que se implementan para darle prioridad de paso a los sistemas BRT son mencionadas por AASHTO (2004):

- Restricción de giros izquierdos: se pueden restringir los giros izquierdos de los vehículos privados para evitar la interrupción del flujo del transporte público. No obstante, este tipo de medidas ocasiona que los vehículos privados deban recorrer mayores distancias para realizar los giros.
- Permitir giros a la izquierda: se pueden permitir los giros a la izquierda al sistema BRT para reducir las distancias que se deben recorrer. Sin embargo, esto puede ocasionar demoras para los vehículos del transporte privado.
- Señalización de intersecciones: se puede mejorar el sistema BRT por medio de señales de tipo alto-ceda en los cruces o modificando las fases del semáforo (Vuchic, 2007). Si se desea modificar los semáforos, la AASHTO (2004) cita el Traffic Control Systems Handbook para señalar algunas medidas:
 - Extender la fase verde para que el vehículo no se deba detener.
 - Cortar la fase roja del contra flujo y comenzar el ciclo verde de manera temprana cuando un bus se aproxima. Con este tipo de sistema se puede permitir el flujo vehículos privados siempre que no haya un vehículo BRT.

2.5.2. Integración modal

La intermodalidad hace referencia al traslado de personas o mercancías por medio de varios modos de transporte que forman una red urbana que satisface las necesidades de los usuarios. Esto permite al usuario llegar a su destino de una manera más económica y eficaz, con una rápida combinación entre los diferentes sistemas de transporte.

Ahora bien, el Sistema BRT debe contar con una alta conectividad que facilite tanto el uso como el ingreso al sistema. Por ello, la integración modal debe darse con la infraestructura peatonal, con las ciclovías, con el vehículo particular y con los otros servicios de transporte público; de forma que el BRT actúe como modo principal de transporte (ITDP, 2010).

Esto permite optimizar la base de usuarios, ya que, si los modos no compiten entre sí y se complementan, forman una matriz que maximiza el alcance del sistema (PRUGAM, 2008). Para ello, la transferencia debe ser práctica, intuitiva y ordenada, de manera que el usuario conozca todas las opciones posibles y que este elija de acuerdo a factores controlables como la velocidad, la trayectoria, el costo, la comodidad y la distancia de caminata de cada modo, y de acuerdo a factores no controlables como el clima y los gustos (PRUGAM, 2008).

2.5.3. Ejemplos latinoamericanos de aplicación de Sistemas BRT

A continuación, se presentan algunos ejemplos exitosos de Sistemas BRT que se han desarrollado en América Latina y que sirven de ejemplo para una posible implementación del mismo en el corredor vial Uruca-Heredia.

2.5.3.1. Curitiba-Brasil

Curitiba es la capital del estado brasileño de Paraná. Su zona central son aproximadamente 432 km² y alberga una población mayor a los 2 millones de habitantes, no obstante, su región metropolitana abarca 13 500 km² con más de 3 300 000 habitantes (CAF, 2011). Se desarrolló con un patrón concéntrico y con ciudades dormitorio como el AMSJ, por lo que se generaron líneas radiales que unían las zonas residenciales con el centro. Sin embargo, durante los años 70 se implementó un STP que unió el eje norte y sur mediante 2 líneas expresas, 8 alimentadoras y 2 terminales para transportar a 54 000 pasajeros diarios (8 % de la demanda) (CAF, 2011).

Entre el año 1977 a 1980, se expandió el sistema añadiendo más líneas expresas y alimentadoras, hasta tener un total de 9 líneas expresas de norte a sur con 33 alimentadoras, 4 líneas de este a oeste y dos interurbanas, como se observa en la Figura 2.5 (CAF, 2011).

En la actualidad, el transporte público absorbe el 45 % de los viajes y ofrece 13 mil trabajos. La demanda actual es de 262 000 viajes/día en el eje sur, en el eje norte de 130 000 viajes/día, Boqueirao con 145 000 viajes/día, el eje este con 115 000 viajes/día y el oeste con 80 000 viajes/día; con un promedio general de 1.9 pasajeros/km, 504 pasajeros/vehículo y 260 km/vehículo (CAF, 2011).

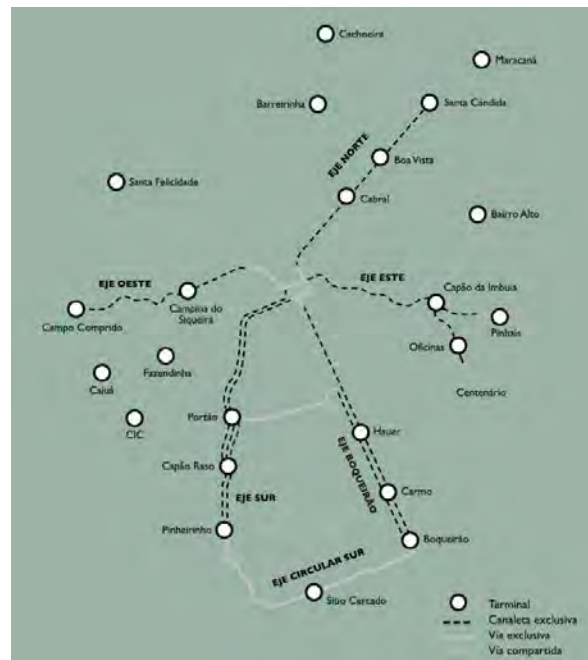


Figura 2.5: Líneas del sistema BRT de Curitiba, Brasil

Fuente: CAF (2011)

El sistema cuenta con 2 144 vehículos, de los cuales 565 son articulados (160 pasajeros) o biarticulados (270 pasajeros), 91 microbuses y 1 488 buses regulares (entre 110 y 80 pasajeros). Estos vehículos recorren 72 km de vías con prioridad para el transporte público y permiten el abordaje y desabordaje de usuarios en 34 terminales que se ubican en distintos puntos de la ciudad (CAF, 2011).

Por otro lado, el sistema deja distintos beneficios económicos, por ejemplo, CAF (2011) menciona que los costos para los usuarios son el 20 % de los costos del transporte individual y genera menos emisiones que el transporte individual, ya que el primero produce 102 toneladas diarias (t/d) de CO y 1300 t/d de CO₂, en cambio el STP produce 10 t/d de CO y 800 t/d de CO₂.

2.5.3.2. Bogotá-Colombia

La región metropolitana de Bogotá es la capital de Colombia y posee una población de más de 7 millones de habitantes. Es una ciudad conurbada, donde Bogotá es el centro urbano y los municipios que la rodean funcionan como ciudades dormitorio, tal y como acontece en el AMSJ. Sus 1.1 millones de vehículos absorben el 22 % de los viajes y crecen a un ritmo anual del 10 %, el transporte público absorbe el 57 % de los viajes (CAF, 2011).

El tiempo promedio de viaje en automóvil es de 40.5 minutos y en bus es de 73 minutos. La mayoría del transporte público se desarrolla en el Transmilenio, el cual es un servicio BRT que utiliza autobuses articulados y regulares en 85 km de vías exclusivas. Este ha tenido un crecimiento exponencial: inicialmente transportó a 500 000 viajes/día y para el año 2008 transportaba hasta 1.5 millones de viajes/día (CAF, 2011).

2.5.3.3. Santiago-Chile

La ciudad de Santiago creció durante los años 70 y 80 hacia sus periferias, por lo que se generó un aumento en la cantidad de viajes, debido a que la población se desplazó hacia las regiones más alejadas pero el centro de la ciudad continuaba siendo la zona de mayor actividad económica. Por este motivo, el Estado intervino el STP y comenzó a planificar el mejoramiento del mismo, hasta culminar en el año 2007 con la implementación del TranSantiago, el cual es un sistema BRT que abastece las principales poblaciones de la ciudad (CAF, 2011).

Actualmente, el 35 % de los viajes son realizados por el transporte público, donde los TranSantiago representan el 76 % de los viajes. El sistema ofrece 889 000 viajes/día, por medio de autobuses estándar y articulados que transitan el 5.8 % de las vías, correspondientes a carriles exclusivos para el BRT (más de 100 km) (CAF, 2011).

2.5.3.4. Otras ciudades

A continuación, se mencionan otras ciudades latinoamericanas que poseen Sistemas BRT.

- Porto Alegre: sistema creado en el 1987, que cuenta con integración tarifaria intermodal, 50 km de carriles exclusivos, 483 buses, transporta 15 000 pasajeros/hora y genera más de 1 millón de viajes diarios (TCRP, 2003a). Se espera que realice 26 000 viajes/hora para 2033 (CAF, 2011).
- Rio de Janeiro: sistema llamado T5, el cual es un anillo BRT de tránsito completamente segregado, con líneas expresas y no expresas (CAF, 2011).
- Ciudad de México: sistema conocido como Metrobús, el cual es un corredor norte-sur de 19.7 km de extensión y 33 estaciones. Actualmente, la ciudad está considerando ampliarlo en 8.5 km, con 43 estaciones, 80 buses articulados y 26 biarticulados, con el cual se planean movilizar unos 350 000 viajes/día en el futuro (CAF, 2011).
- São Paulo: sistema BRT que cuenta con 230 000 viajes/día, 20 000 pasajeros y una velocidad de operación de hasta 30 km/h durante el periodo pico (TCRP, 2003a).

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR URUCA-HEREDIA

3.1. Delimitación del sector Uruca-Heredia

En la presente sección se procede a delimitar el sector Uruca-Heredia y a describir las rutas de transporte público que lo conforman, según los resultados obtenidos en el campo.

3.1.1. Descripción del sistema de transporte público que opera en la actualidad

Las rutas de autobús que conforman un sistema de transporte varían constantemente, ya que deben adaptarse a los flujos de viaje y a la evolución de la ciudad. Por este motivo, las rutas que conforman el sector Uruca-Heredia varían dependiendo del periodo de análisis, por ejemplo, las rutas de autobús del estudio de sectorización de L.C.R. Logística S.A. (1999) y las rutas encontradas en la actualización que se realizó el Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015) no son las mismas.

Así mismo, factores como el aumento poblacional no previsible de Guararí, La Carpio y León XIII, la creación del plan regulador del cantón San Pablo, modificaciones en el plan regulador de San José, construcción de nuevas zonas francas, universidades y centro comerciales y el crecimiento de la mancha urbana, generan que las rutas de bus actuales no sean las mismas que las detalladas por el Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015). Por ello, primeramente, se procede a actualizar las rutas que deben analizarse.

Se decide utilizar como base el sector Uruca-Heredia sugerido por L.C.R. Logística S.A. (1999), el cual está conformado por el distrito Uruca del cantón de San José y los distritos Ulloa, San Francisco y Heredia del cantón Heredia. Dichos distritos tienen como característica común que las rutas de bus que se dirigen al casco central de San José ingresan por medio de las Rutas Nacionales 1 o 108 (sector Uruca).

Se realizan 2 visitas de campo a las Rutas Nacionales mencionadas para registrar todos los servicios de transporte público que las recorren. Para delimitar las rutas que serían incluidas dentro del estudio, se establece que el análisis del sector Uruca-Heredia debe ser conformado única y exclusivamente por rutas urbanas, excluyendo servicios regionales e interregionales. Con base en este supuesto se procede a excluir todas aquellas rutas de bus observadas con recorridos mayores a 15 km. Los servicios no incluidos dentro de este estudio deben tomarse en cuenta en análisis posteriores para diseños definitivos.

Se incluyen los distritos San Pablo, Rincón de Sabanilla, Santa Rosa, Santo Domingo y San Rafael dentro del sector Uruca-Heredia, ya que pueden ingresar al centro de San José sin hacer transbordo por medio de la Ruta 407. Dichos distritos no fueron incluidos dentro del Estudio de Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015) ni en el de L.C.R. Logística S.A. (1999). Además, el Consejo de Transporte Público (CTP) en su Sesión Ordinaria 12-2019 eliminó la numeración que existía para los ramales, según se observa en el expediente facilitado por el CTP (2019), por lo que, para facilitar el procesamiento de datos se les asigna un código. En el Cuadro 3.1 se presentan las 5 rutas y los 20 ramales que se deciden estudiar.

Cuadro 3.1: Rutas y ramales del transporte público que conforman el sector Uruca-Heredia

No. de ruta	Ramal	
	Código	Descripción
10	10-A	Barrio Corazón de Jesús
10	10-B	Hospital México por Pista
10	10-C	Hospital México por Uruca
10	10-D	La Carpio por Pista
10	10-E	La Carpio por Uruca
10	10-F	La Peregrina
10	10-G	León XIII
10	10-H	Parque de Diversiones
10	10-I	Urbanización Rositer Carballo por Pista
10	10-J	Urbanización Rositer Carballo por Uruca
400	400-A	Guararí por Lagunilla

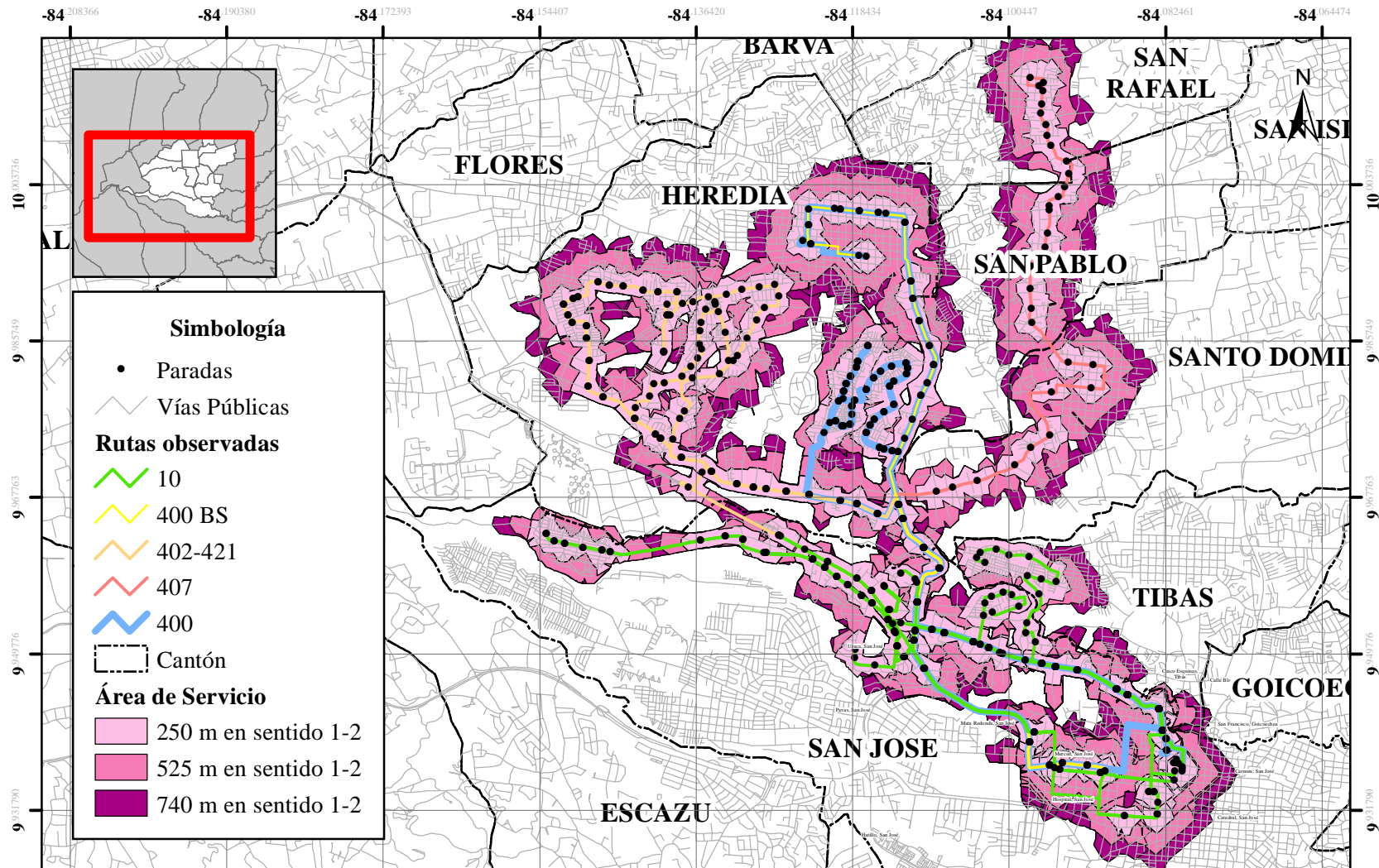
Continuación de la Cuadro 3.1

No. de ruta	Ramal	
	Código	Descripción
400	400-B	Guararí por Pista
400	400-C	Guararí por Uruca
400	400-D	Heredia por Uruca
400 BS	400 BS	Heredia por Pista
402-421	402-421-A	La Aurora por Pista
402-421	402-421-B	La Aurora por Uruca
402-421	402-421-C	Liliana por Pista
402-421	402-421-D	Santa Cecilia por Uruca
407	407	San Rafael - Santo Domingo

Una vez determinados los ramales que conforman el sector, se procede a abordar cada uno para registrar sus recorridos y paradas por medio de sistemas GPS. Como por lo general el usuario camina desde el origen de su viaje hasta la parada del STP, la zona de abastecimiento de cada ramal obedece a la distancia máxima que las personas están dispuestas a caminar. Dicha distancia obedece factores como el propósito del viaje, variables socioeconómicas, edad, género, características físicas, ambientales y climáticas, entre otras (Boklis, 2016).

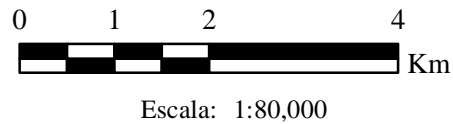
Por ello, Rodríguez-Gonzalez & Agüero-Valverde (2017) efectuaron una investigación por medio de encuestas presenciales para determinar la distancia de caminata real de los usuarios del transporte público en el AMSJ. Como resultado se obtuvo que, con una precisión de 25 m y un intervalo del 95 % de confianza, la distancia real de caminata es de 255 m, 525 m y 740 m para los percentiles 50, 85 y 95 de la población, respectivamente.

Se utiliza la geometría registrada y el *shapefile* de calles de la GAM de Sanabria (2017), el cual fue actualizado por medio de ortofotografía y corregido topológicamente, para estimar el área de servicio de cada ramal para cada percentil mencionado. En los Mapas 1 y 2 se pueden apreciar las 5 rutas que conforman el sector Uruca-Heredia, así como las áreas de servicio para ambos sentidos del viaje: 1-2 cuando el bus se aleja el casco central de San José y 2-1 cuando el bus se dirige hacia el casco central de San José. La geometría y el área de cobertura de cada ramal pueden observarse en el Apéndice B.



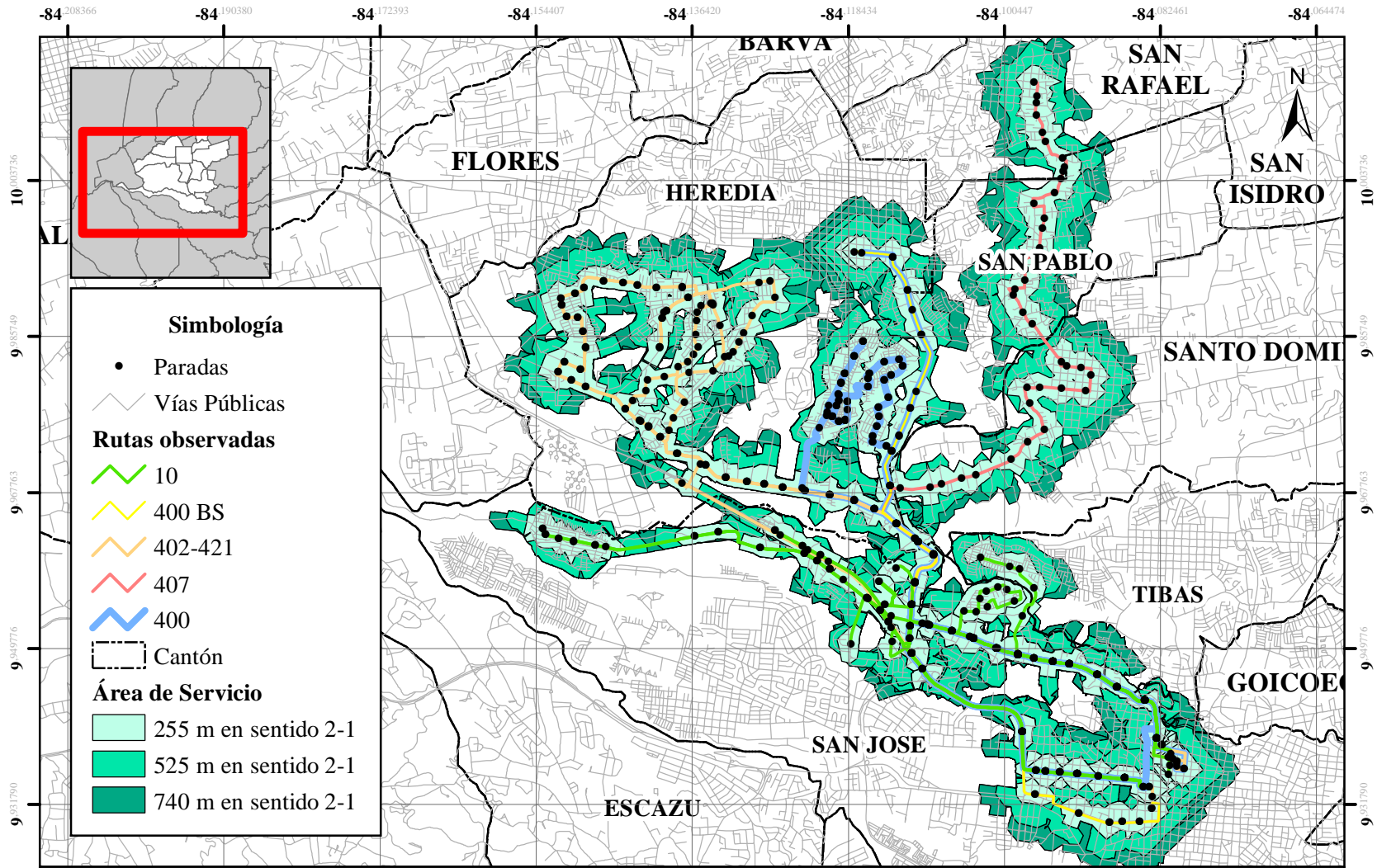
Mapa 1. Área de servicio, recorrido y paradas de los Ramales que componen el Sector Uruca-Heredia en el Sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
 Datos de campo, Sanabria (2017),
 ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
 CRTM05



Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Escala: 1:80.000

Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05

El recorrido detallado de cada una de los ramales puede consultarse en los Apéndices B y C, donde se presentan la descripción visual y textual de los recorridos, respectivamente.

Compilando los lugares de origen y destino de los ramales, se puede determinar que los distritos abastecidos por el sistema son Uruca de San José, Heredia, San Francisco y Ulloa de Heredia, Santa Rosa y Santo Domingo de Santo Domingo, San Pablo y Rincón de Sabanilla de San Pablo y San Rafael y Santiago de San Rafael. En el Cuadro 3.2 se puede observar el respectivo origen y el destino de cada ramal.

Cuadro 3.2: Origen y destino de los ramales analizados según la división política-territorial costarricense

Ramal	Origen			Destino		
	Provincia	Cantón	Distrito	Provincia	Cantón	Distrito
10-A	San José	San José	Merced	San José	San José	La Uruca
10-B	San José	San José	Hospital	San José	San José	La Uruca
10-C	San José	San José	Merced	San José	San José	La Uruca
10-D	San José	San José	Hospital	San José	San José	La Uruca
10-E	San José	San José	Merced	San José	San José	La Uruca
10-F	San José	San José	Merced	San José	San José	La Uruca
10-G	San José	San José	Merced	San José	Tibás	León XIII
10-H	San José	San José	Hospital	San José	San José	La Uruca
10-I	San José	San José	Hospital	San José	San José	La Uruca
10-J	San José	San José	Merced	San José	San José	La Uruca
400-A	San José	San José	Merced	Heredia	Heredia	San Francisco
400-B	San José	San José	Merced	Heredia	Heredia	San Francisco
400-C	San José	San José	Merced	Heredia	Heredia	San Francisco
400-D	San José	San José	Merced	Heredia	Heredia	Heredia
400 BS	San José	San José	Hospital	Heredia	Heredia	Heredia
402-421-A	San José	San José	Hospital	Heredia	Heredia	Ulloa
402-421-B	San José	San José	Merced	Heredia	Heredia	Ulloa
402-421-C	San José	San José	Hospital	Heredia	Heredia	Ulloa
402-421-D	San José	San José	Merced	Heredia	Heredia	Ulloa
407	San José	San José	Merced	Heredia	San Rafael	San Rafael

3.1.2. Geometría registrada en el Consejo de Transporte Público

Se solicitó al Consejo de Transporte Público (CTP) acceso a los expedientes de las 5 rutas de autobús en estudio. No obstante, una vez facilitado el acceso, se descubrió que los mismos se encontraban incompletos y hasta el año 2017, por lo que solo se cuenta con las descripciones de los recorridos autorizados de las Rutas 10 y 400 BS.

Al comparar los recorridos y las paradas observadas en campo con las autorizadas por el CTP dentro del expediente, se observan pequeñas diferencias en número de paradas y recorridos realizados. En el Cuadro 3.3 se exponen las diferencias encontradas.

Cuadro 3.3: Diferencias entre el recorrido y las paradas observadas en campo con las autorizadas por el CTP

Sentido	Ramal	Recorrido	Paradas
1-2	10-B	-	La parada autorizada sobre Av. 1 se observó en Av. 8 frente al Hospital Geriátrico.
	10-D	Según el CTP, el bus recorre San José por Calle 10, Av. 8, Calle 24 y Av. 1. Se observó por Calle 10 y Av. 1.	-
	10-E	-	Se observaron paradas no autorizadas: 1 en la Pozuelo, 2 en la intersección entre las Rutas 34 y 108, 1 en la plaza de la Uruca, 1 frente a Autos Subaru, 1 frente a la FACO en la Uruca y 1 en Barrio México.
	10-F	Según CTP, la salida de San José se da por Calle 8, en lugar de la salida observada por Barrio México observada.	En campo no se observaron en campo 4 paradas autorizadas dentro de la Peregrina.
	10-G	Según CTP, la salida de San José se da por Calle 8, en lugar de la salida observada por Barrio México observada.	Se observó una parada sobre la Av. 41B y no se observaron 3 paradas dentro de León XII: sobre Av. 55, Calle 36 y Transversal 40.
	10-I	Según el CTP, en las noches se suspende esta ruta y la Ruta Hospital México por Pista cubre la zona luego de realizar su recorrido usual. Esto no se comprobó en campo.	No se realizaron las paradas autorizadas en el Hospital Trauma ni el Centro Nacional de Rehabilitación.
	10-J	-	Se observaron 2 paradas no autorizadas: una sobre Transversal 76, entre Av. 43 y Calle 88; otra en Av. 39 y Transversales 70 y 76

Continuación del Cuadro 3.3

Sentido	Ramal	Recorrido	Paradas
	400 BS	El CTP establece el egreso de San José por Av. 8, Calle 12, Av. 1, Calle 24 y Av. 3. El egreso observado es Av. 8, Calle 24, Av. 3. En Heredia, el bus debe recorrer Av. 3, Calle 22, Av. 2, Calle 12 y Av. 8; sin embargo, se observó Calle 18, Av. 6, Calle 8 y Av. 8.	-
2-1	10-A	-	No se observó la parada autorizada en la salida del Barrio Corazón de Jesús sobre Calle 72.
	10-B	El recorrido inició en Centro Nacional de Rehabilitación en lugar del Hospital del Trauma. Para el ingresar a la Rotonda Juan Pablo II se debe hacer por Calle 76 y Av. 33; no obstante, el ingreso se dio por Transversal 72.	No se observó la parada autorizada sobre Ruta No. 1, cerca del monumento del agua. No se observó la parada en la intersección de Calle 76 y Av. 33.
	10-C	-	Se observó una parada sobre Calle 72, y no se apreció la parada autorizada sobre Av. 33.
	10-D	-	Se observó una parada no autorizada en Av. 43 y no se observó la parada autorizada Calle 58.
	10-E	-	No se observaron 3 paradas autorizadas: Av. 51 y Calles 46 y 48; Transversal 40; y Calle 44.
	10-G	En la noches, la ruta se suspende y el recorrido lo cubre la Ruta Hospital México por Pista. No se comprobó en campo.	Se registró una parada no autorizada cerca de la intersección entre Av. 39 y Transversales 70 y 76. No se observó la parada autorizada sobre Ruta N. 1, cerca del monumento del agua.

Fuente: elaboración propia con datos de campo y CTP (2019)

3.1.3. Delimitación del sector Uruca-Heredia

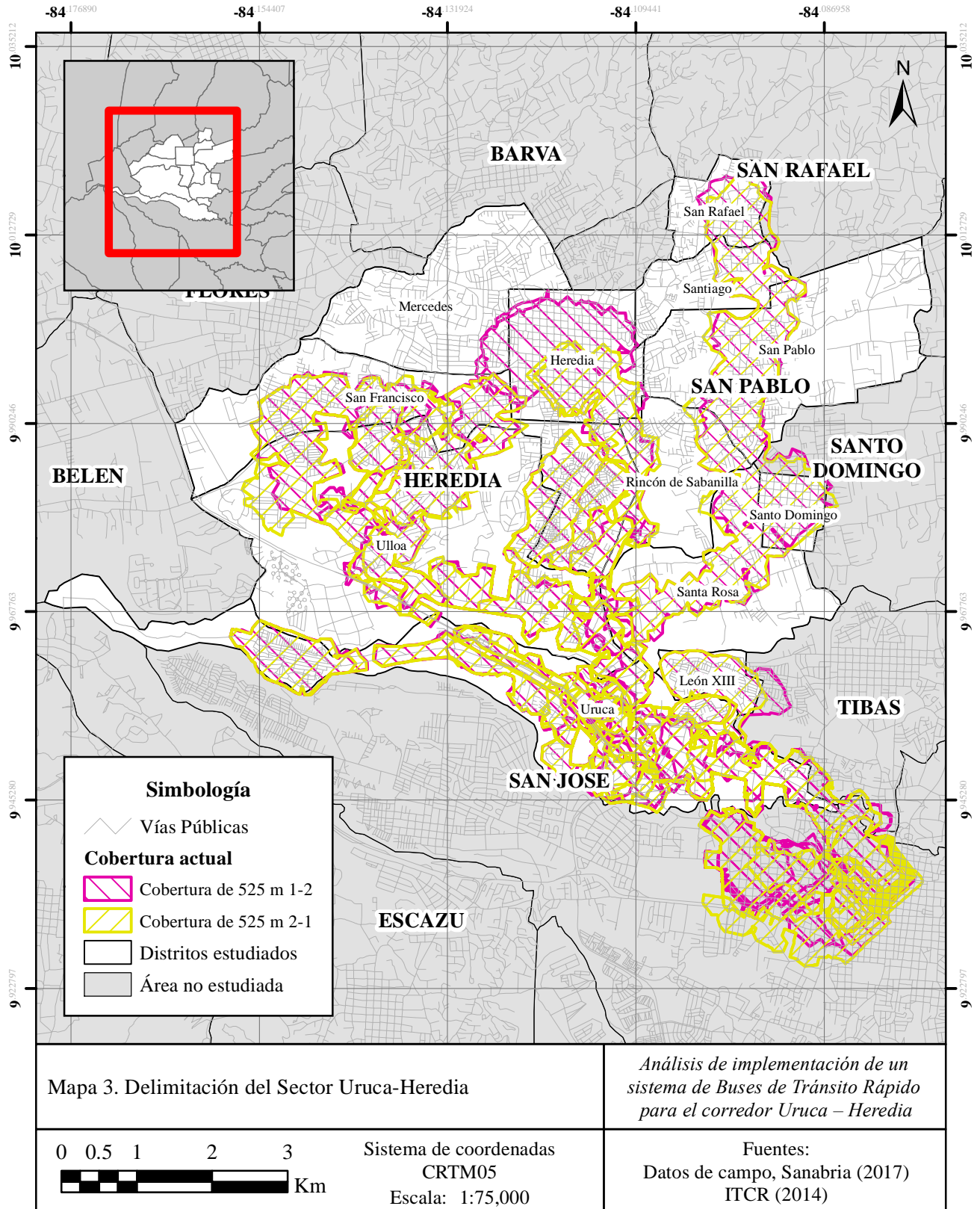
Con base en el origen y el destino de las rutas registradas en el Cuadro 3.2 y en las zonas abastecidas por el STP con 525 m de los Mapas 1 y 2, se procede a establecer la definición del sector Uruca-Heredia. En el Cuadro 3.4 se presentan los distritos que lo conforman y en el Mapa 3 se expone de manera gráfica la zona de estudio del presente trabajo.

Cuadro 3.4: Distritos que conforman el área de estudio

PCD	Provincia	Cantón	Distrito
10107	San José	San José	Uruca
101304	San José	Tibás	León XIII
40101	Heredia	Heredia	Heredia
40102	Heredia	Heredia	Mercedes
40103	Heredia	Heredia	San Francisco
40104	Heredia	Heredia	Ulloa
40301	Heredia	Santo Domingo	Santo Domingo
40306	Heredia	Santo Domingo	Santa Rosa
40501	Heredia	San Rafael	San Rafael
40503	Heredia	San Rafael	Santiago
40901	Heredia	San Pablo	San Pablo
40902	Heredia	San Pablo	Rincón de Sabanilla

Es de importancia realizar las siguientes aclaraciones:

- En el sector Uruca-Heredia existen rutas que no se dirigen al casco central de San José. Dichas rutas pueden influir en el comportamiento del sector analizado; sin embargo, dicha influencia no será estudiada y debe ser analizada en futuros trabajos.
- El área de servicio de las rutas actuales cubre pequeñas secciones de algunos distritos que no se observan en el Cuadro 3.4, dicha cobertura se debe a la posición de las paradas del servicio; no obstante, dichos distritos no forman parte del sector analizado.



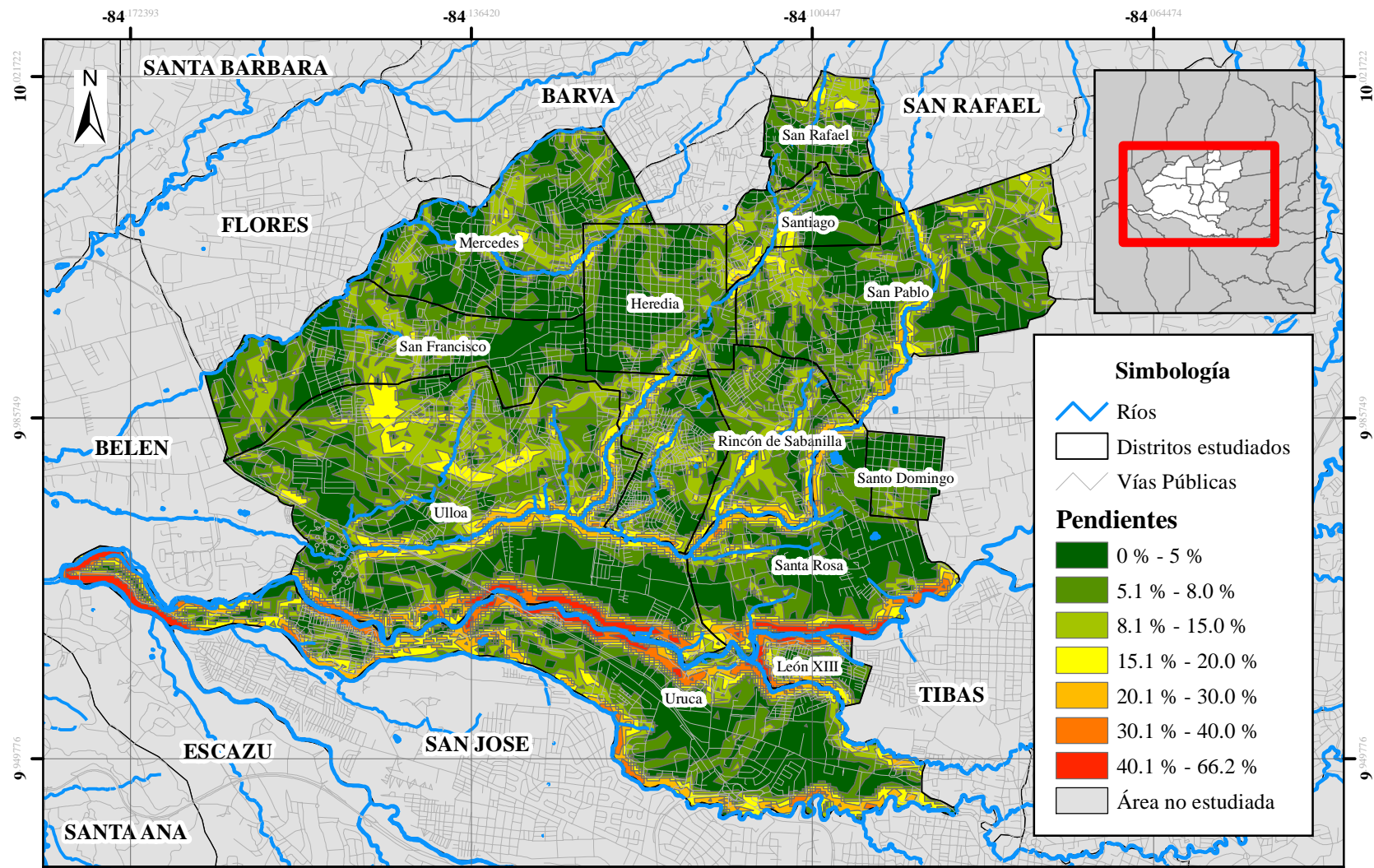
3.2. Características físicas del sector Uruca-Heredia

En la presente sección se describirán de manera breve las características físicas de la zona de estudio. Para ello se exponen una serie de mapas que buscan representar las condiciones del terreno con que debe lidiar un posible Sistema BRT.

Primeramente, en el Mapa 4 se aprecian la hidrología del sector según el SNIT (2018) y las pendientes del terreno calculadas con las curvas del nivel del SNIT (2018). Estos mapas son de suma relevancia para establecer posibles rutas, ya que se deben evitar las pendientes altas que dificulten la circulación de los autobuses. A su vez, en el Mapa 6 se observan las curvas de nivel asociadas a las pendientes del Mapa 4. Al comparar estos dos mapas se llega a la conclusión que la elevación del sector crece de manera paulatina, por medio de una pendiente poco pronunciada. Los distritos San Rafael y Santiago son los que se encuentran a una mayor altura, y los sectores del este de la Uruca y Ulloa los de menor altura. Además, el sector posee varios ríos importantes con pendientes pronunciadas en sus márgenes, un ejemplo de estos es el Río Virilla.

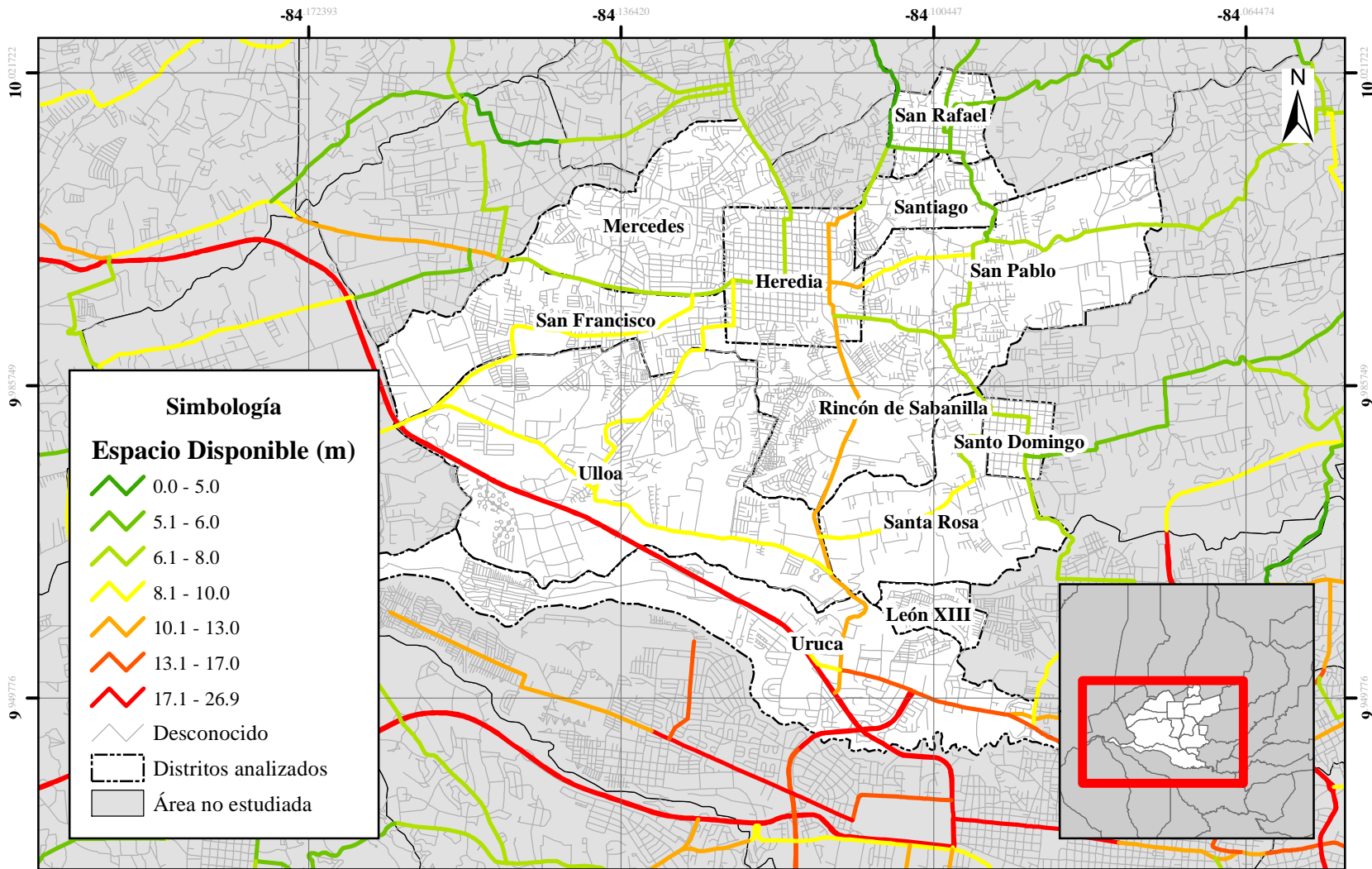
Seguidamente, en el Mapa 5, se expone el espacio público disponible de las principales rutas del sector, obtenido mediante la suma del ancho de la calzada y del espaldón de cada calle, datos brindados por Lanamme (2019). En los Mapas 8 y 9 se aprecia el número de carriles de las principales rutas y el estado del pavimento de las mismas, respectivamente. El estado del pavimento se expone conforme al mantenimiento requerido para que la vía se encuentre en su estado óptimo: mantenimiento de preservación y de recuperación, rehabilitación menor y mayor y finalmente, reconstrucción. Todos estos mapas se utilizan en el trabajo para guiar de manera inicial las posibles vías que podrían ser utilizadas para el tránsito de la ruta troncal del Sistema BRT.

Por último, en el Mapa 9 se exponen algunas intersecciones conflictivas para el STP actual que podrían generar problemas a los vehículos del Sistema BRT, mientras intentan realizar giros izquierdos o cualquier otra maniobra. Dichos puntos fueron establecidos durante las visitas de campo, durante los levantamientos geométricos de los ramales del STP actual.



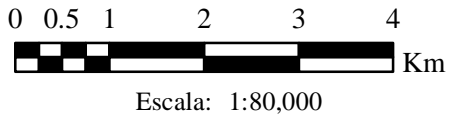
Mapa 4. Pendientes e hidrología de los distritos servidos por el STP del Sector Uruca - Heredia

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 0.5 1 2 3 Km Escala: 1:73,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, SNIT (2019), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--------------------------------------



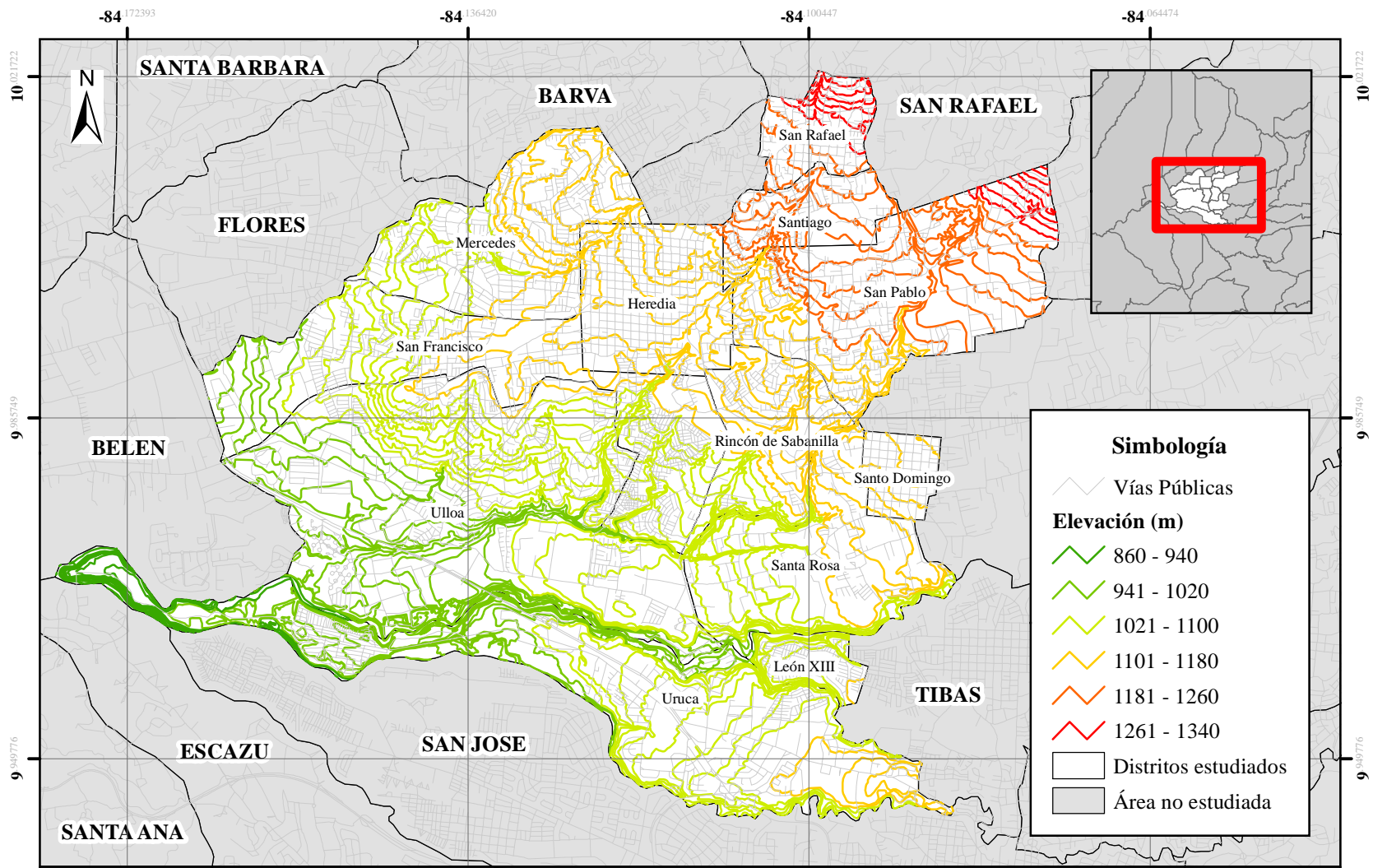
Mapa 5. Derecho de vía disponible en las calles principales de la red vial del Sector Uruca-Heredia

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



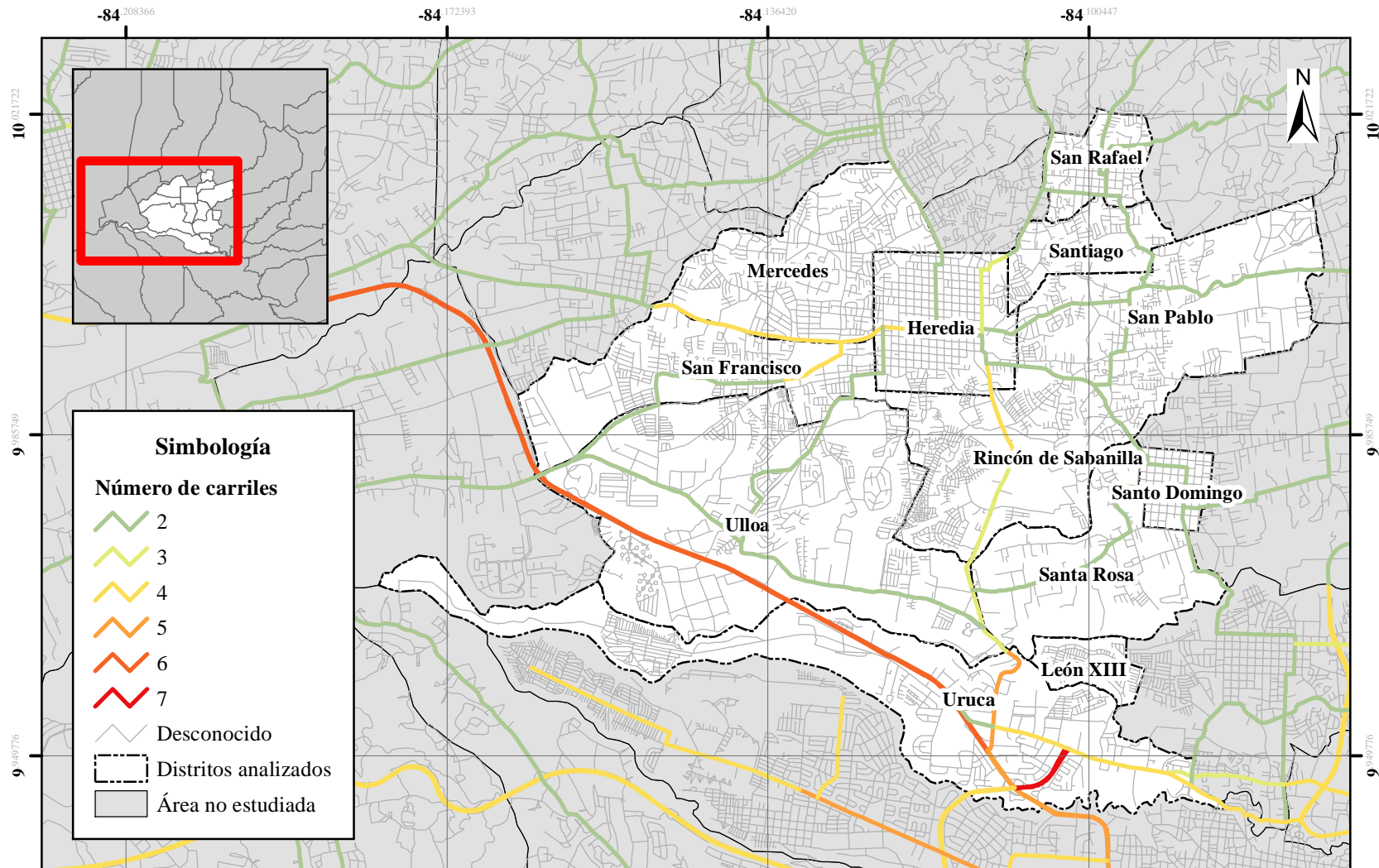
Fuentes:
SNIT (2019), Sanabria (2014)
ITCR (2014), Lanamme (2019)

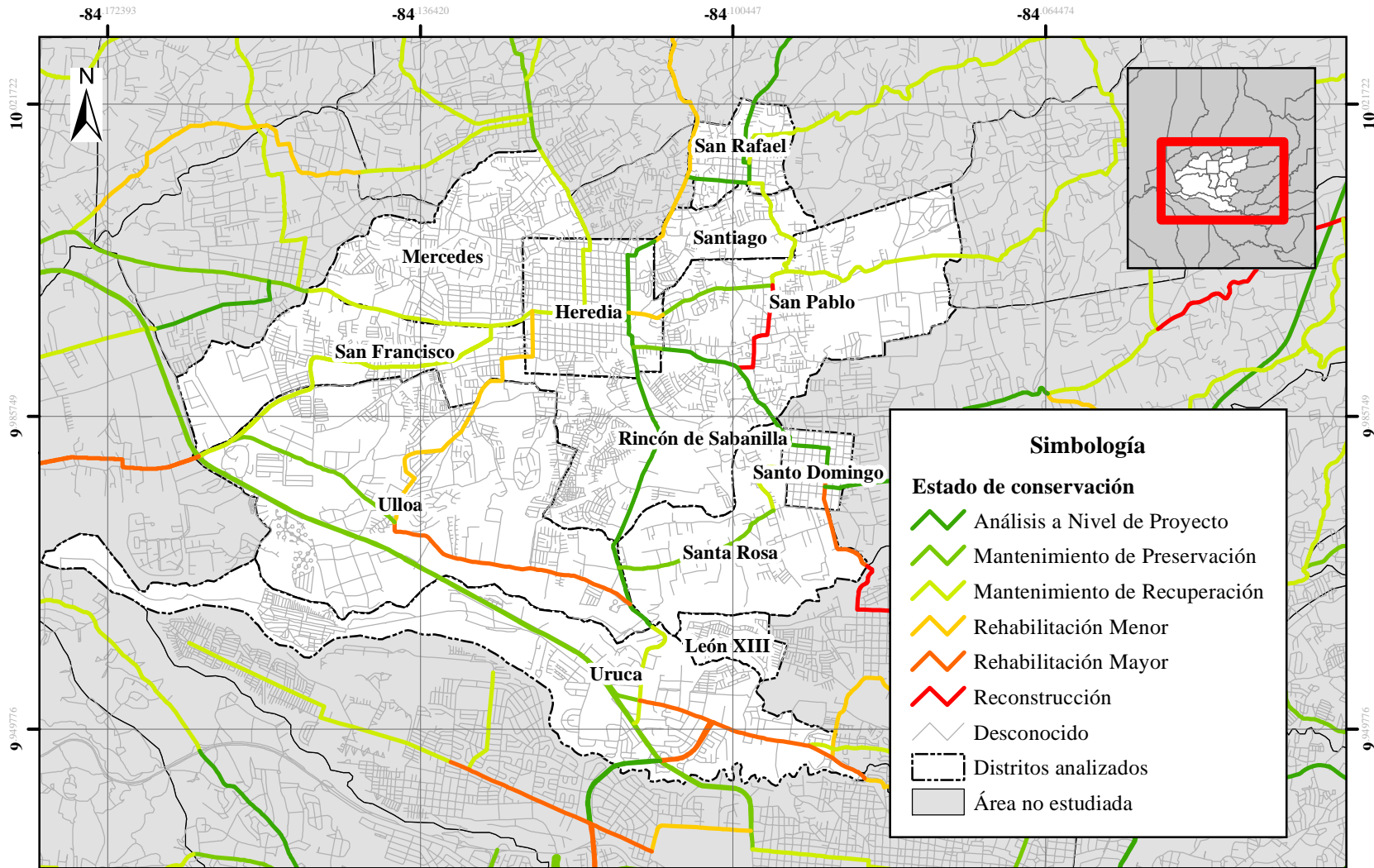
Sistema de coordenadas
CRTM05



Mapa 6. Curvas de nivel del Sector Uruca-Heredia

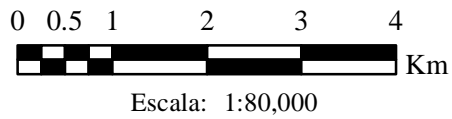
<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 0.5 1 2 3 Km Escala: 1:73,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, SNIT (2019), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--------------------------------------





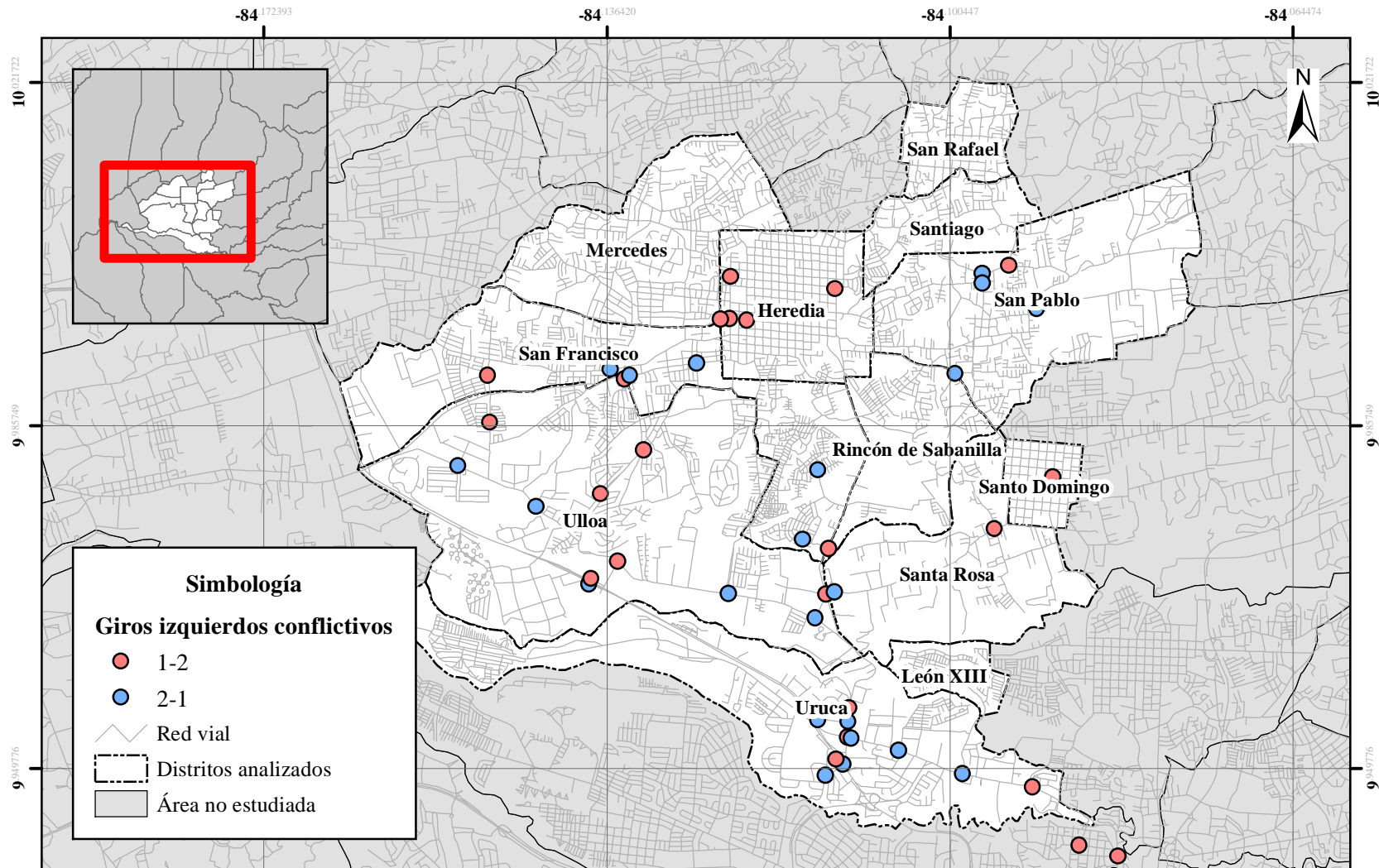
Mapa 8. Mantenimiento requerido por las calles principales de la red vial del Sector Uruca-Heredia para el año 2014

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
SNIT (2019), Sanabria (2014)
ITCR (2014), Lanamme (2019)

Sistema de coordenadas
CRTM05



Mapa 9. Giros izquierdos conflictivos detectados en el STP actual del Sector Uruca-Heredia

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.5 1 2 3 Km</p> <p>Escala: 1:73,000</p>	<p>Fuentes: SNIT (2019), Sanabria (2014) ITCR (2014), Datos de campo</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	---	--	--------------------------------------

3.3. Caracterización del sistema de transporte público actual

3.3.1. Cobertura del servicio de transporte público del sector

Para establecer la cobertura actual del servicio de transporte público en el sector Uruca-Heredia, se tomaron como válidos los siguientes supuestos:

- El percentil que mejor representa la intención de caminata es el 85, ya que se descarta intenciones de caminata atípicas y muestra la distancia debajo de la cual el 85 % de las personas está dispuesta a caminar para ingresar al transporte público. Por lo que, la distancia de caminata es de 525 m (Rodríguez-Gonzalez & Aguero-Valverde, 2017).
- El STP no es perfecto, por lo que puede presentar deficiencias de cobertura. Si bien es cierto, las poblaciones del sector pueden tener acceso a otros servicios de transporte público como el tren u otras rutas de autobús, estos no forman parte del estudio al no dirigirse hacia San José.

Con base en los supuestos anteriores, se obtuvo el área de servicio total que tiene el STP en el sector con las rutas de autobús presentadas en el Cuadro 3.1. En el Cuadro 3.5 se presenta la cobertura del servicio para cada distrito del sector en km² y como un porcentaje del área total del mismo.

Cuadro 3.5: Área abastecida con las rutas de transporte público pertenecientes al sector Uruca-Heredia

Cantón	Distrito	Área total del distrito (km ²)	Área servida (km ²)		Porcentaje del área del distrito (%)	
			Sentido 1-2	Sentido 2-1	Sentido 1-2	Sentido 2-1
Heredia	Heredia	3.0	2.3	1.1	77.6	35.4
	Mercedes	4.3	0.3	0.0	5.8	0.0
	San Francisco	6.3	4.0	3.9	63.2	62.3
	Ulloa	11.6	6.3	6.6	54.1	57.0
San José	Uruca	8.0	6.0	6.0	72.2	71.9
San Pablo	Rincón De Sabanilla	2.4	0.8	0.9	31.3	37.8
	San Pablo	6.0	1.6	1.7	26.3	27.5
San Rafael	San Rafael	1.3	0.7	0.6	49.9	41.5
	Santiago	1.5	0.5	0.5	35.1	34.8

Continuación del Cuadro 3.5

Cantón	Distrito	Área del distrito (km ²)	Área servida (km ²)		Porcentaje del área del distrito (%)	
			Sentido 1-2	Sentido 2-1	Sentido 1-2	Sentido 2-1
			Santo Domingo	Santa Rosa	4.3	1.9
	Santo Domingo	0.8	0.7	0.7	86.8	91.2
Tibás	León XIII	0.8	0.7	0.7	90.8	89.6
Total		50.3	25.8	24.7	51.3	49.1

Como se logra observar en el Cuadro 3.5, el servicio analizado tiene una cobertura de 25.8 km² y de 24.7 km², para el sentido 1-2 y 2-1, respectivamente. Por otra parte, los distritos que presentan un mayor porcentaje de cobertura son Heredia, San Francisco y Ulloa (mayor al 54 %), Uruca (mayor al 70 %) y León XIII (90 %). Esta cobertura es esperable considerando que el STP analizado se creó para abastecer dichas poblaciones.

La Ruta 407 sirve distritos de los cantones San Pablo, San Rafael y Santo Domingo. De todo estos, solo el distrito Santo Domingo presenta una cobertura casi total debido al recorrido, según los Mapas 10 y 11 (ver Mapas A-39 y A-40 del Apéndice B). Además, el cantón Heredia tiene una diferencia en la cobertura entre ambos sentidos, ya que, las Rutas 400 y 400 BS en el sentido 1-2 recorren la mayor parte del distrito, pero en el sentido 2-1 ingresan a directo a la carretera (ver Mapas A-27, A-28, A-29 y A-30 del Apéndice B).

El porcentaje de cobertura en el Cuadro 3.5 refleja que el sector presenta problemas de abastecimiento para los viajes con sentido a San José, que se ven reflejados en las zonas blancas de los Mapas 10 y 11. Dichas deficiencias podrían verse solventadas por rutas de autobús que transitan el sector de estudio que no fueron incluidas dentro del trabajo, porque su longitud es mayor a 15 km o su destino no es San José.

En la actualidad se encuentra operando la Ruta 400 A que conecta Heredia con San José, Santo Domingo y Tibás. Dicha ruta queda fuera del estudio porque pertenece al sector Santo Domingo-Tibás. Sin embargo, dicho servicio traslada usuarios de los cantones analizados, por lo que para el análisis de cobertura es considerado. En los Mapas 10 y 11 se representan en color amarillo la zona abastecida por la Ruta 400 A (Heredia por Tibás).

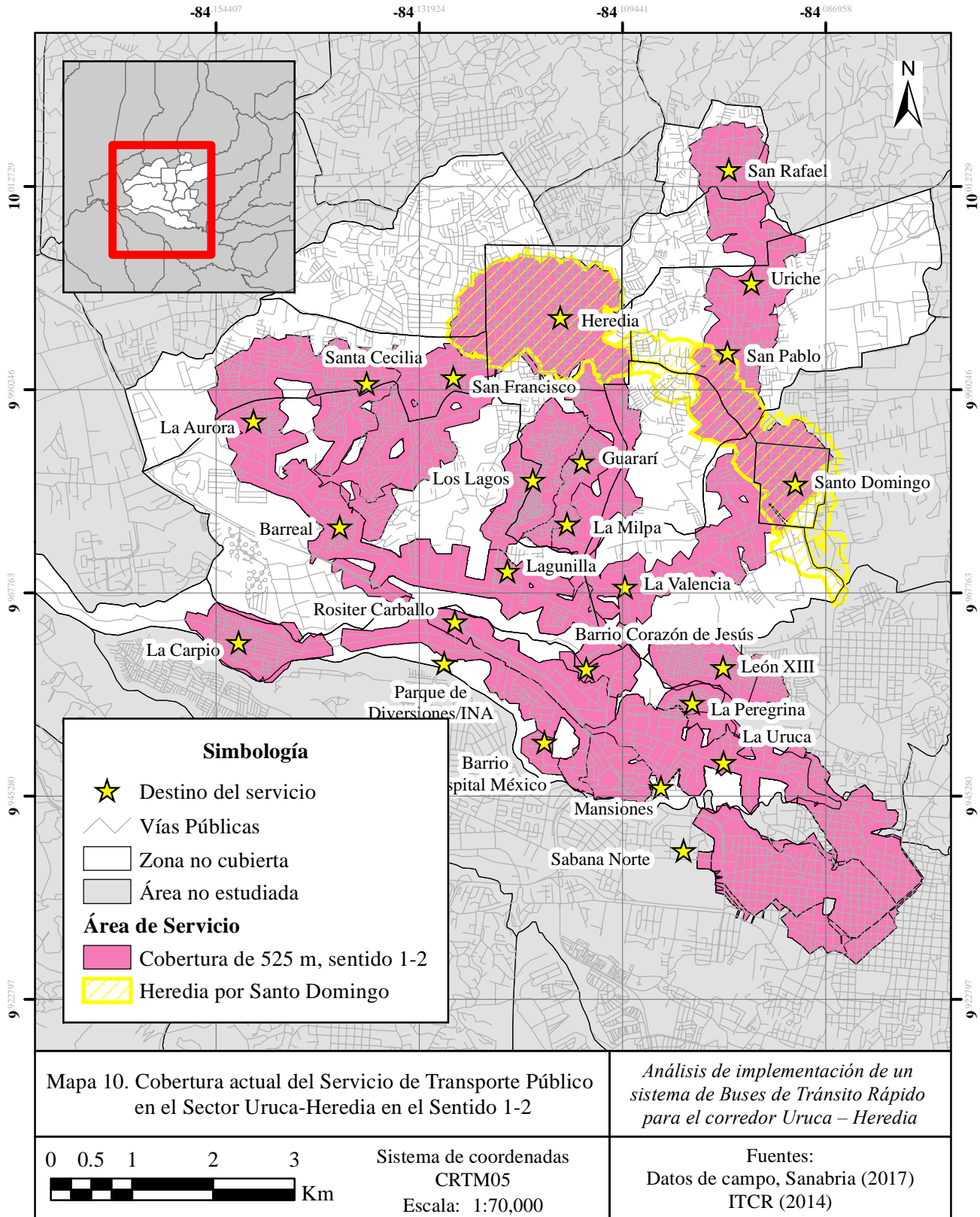
El área total de las deficiencias es de 24.5 km² y de 25.6 km², en el sentido 1-2 y 2-1, respectivamente; lo cual aproximadamente representa la mitad del sector estudiado. En el Cuadro 3.6 se expone qué porcentaje de cada distrito no está cubierto por las rutas analizadas, considerando la Ruta Heredia por Tibás.

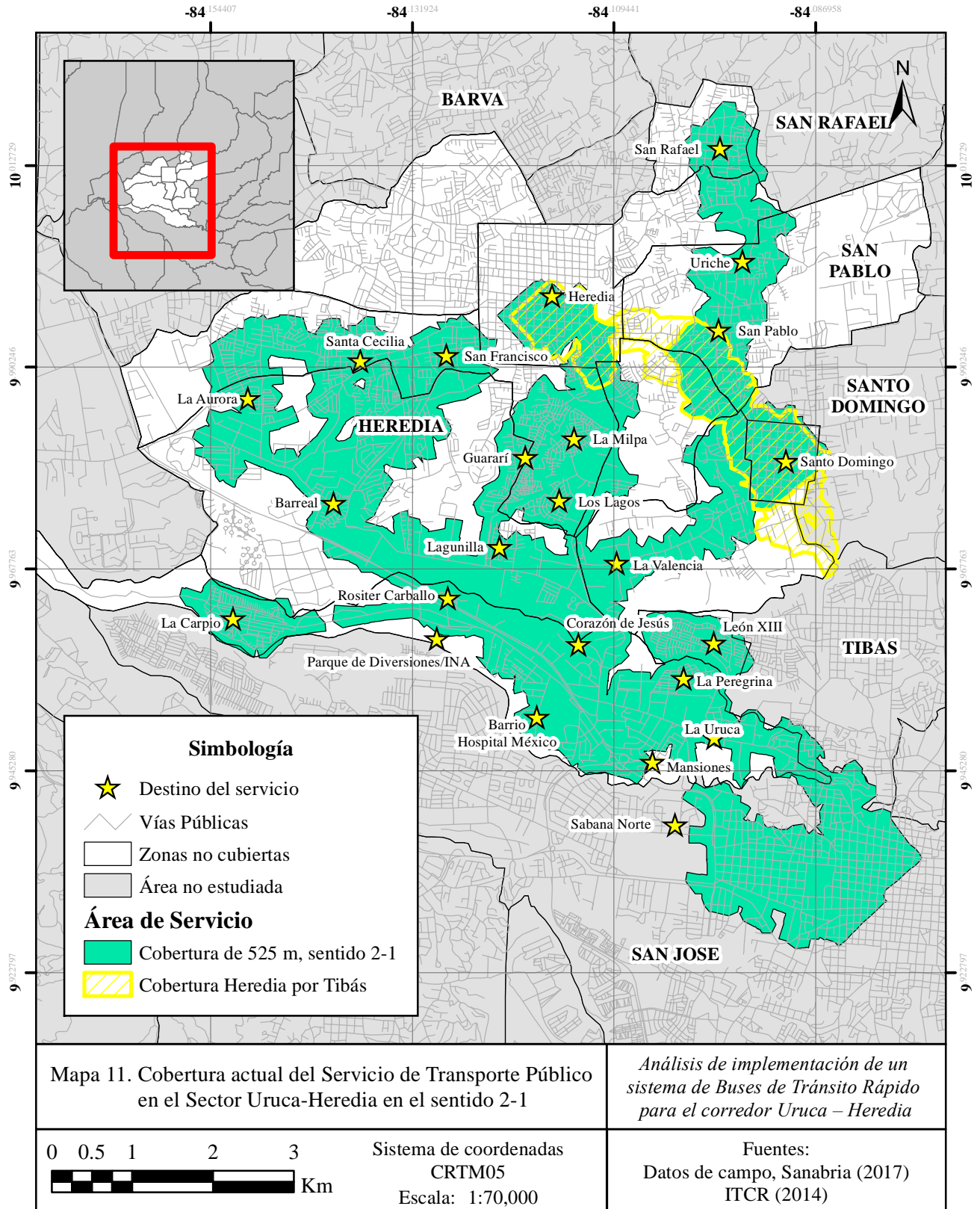
Cuadro 3.6: Porcentaje del sector que no se encuentra cubierto por las rutas de estudio

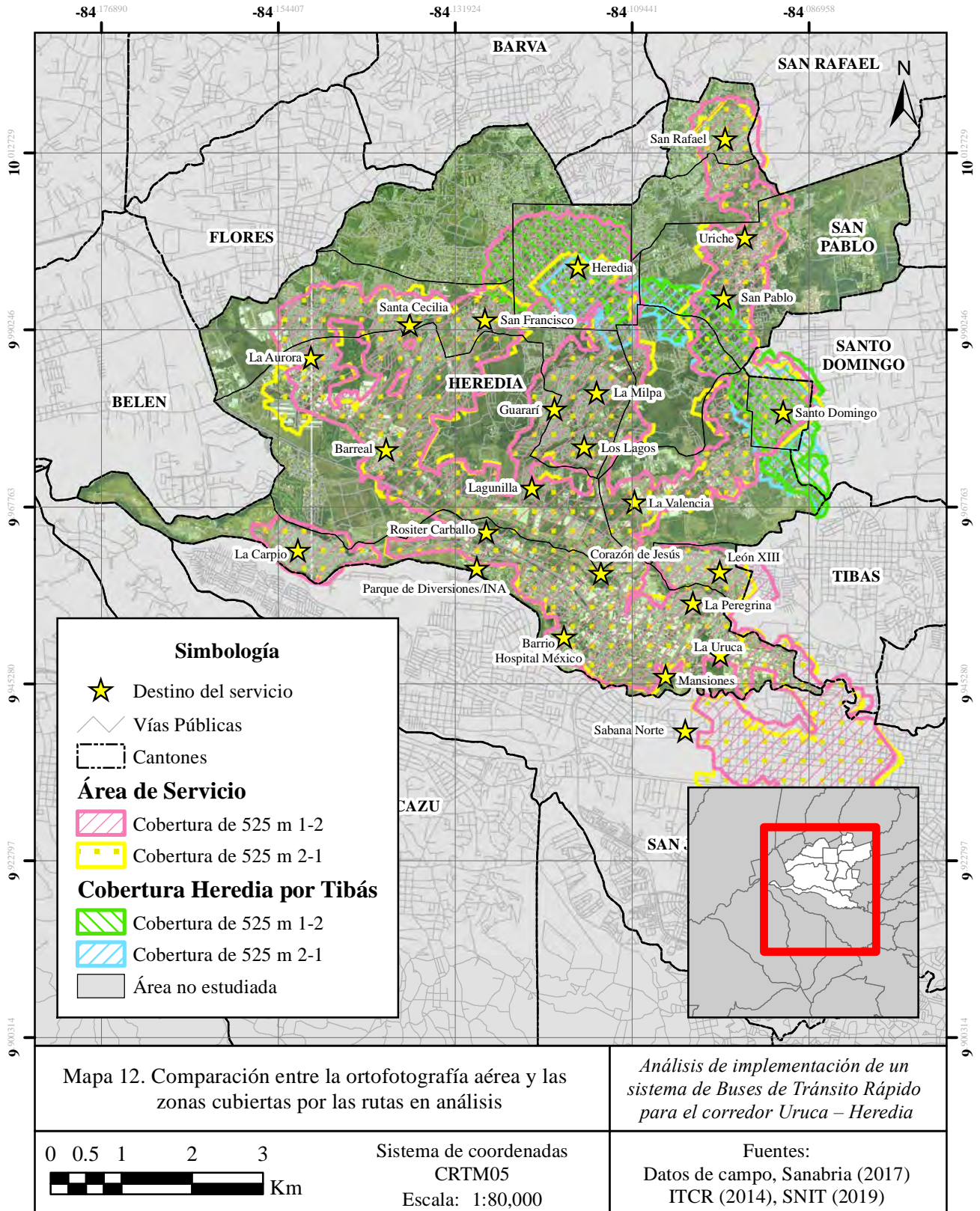
PCD	Distrito	Área con deficiencias (%)	
		Sentido 1-2	Sentido 2-1
10107	Uruca	27.8	28.1
101304	León XIII	9.2	10.4
40101	Heredia	21.8	62.8
40102	Mercedes	94.2	100.0
40103	San Francisco	36.8	37.7
40104	Ulloa	45.9	43.0
40301	Santo Domingo	1.0	1.9
40306	Santa Rosa	49.0	47.1
40501	San Rafael	50.1	58.5
40503	Santiago	64.9	65.2
40901	San Pablo	68.9	68.1
40902	Rincón de Sabanilla	59.4	54.2

En el Cuadro 3.6 se especifica que la mitad de los distritos no pueden acceder a una ruta hacia San José en más de un 50 % de su territorio, siendo el caso de Mercedes el más crítico (casi un 100 %), seguido por San Pablo, con casi un 70 %. Estos distritos pueden tener rutas hacia el Centro de Heredia, no obstante, el sistema actual no facilita los intercambios por lo que el acceso a San José continúa siendo deficiente.

En el Mapa 12 se comparan las zonas con deficiencias y ortofotografías del SNIT (2018). Se encuentra que las deficiencias de Heredia, Mercedes, San Rafael y Santiago aparecen en zonas urbanizadas. Los problemas en San Francisco se dan en zonas urbanizadas y en zonas no ocupadas. Las deficiencias de Ulloa, San Pablo y en Rincón de Sabanilla se dan en terrenos con manchas urbanas y baja urbanización. Un sistema BRT debe diseñarse enfocado a eliminar las deficiencias en la cobertura del STP.







3.3.2. Demanda de viajes del sistema actual de transporte público

Los datos de demanda para los ramales estudiados fueron solicitados a la ARESEP (2018). Estos se suministraron en forma de demanda mensual reportada desde el mes de agosto 2017 hasta julio 2018, dividida en pasajeros totales, equivalentes y adultos mayores; tal y como se aprecia en el Anexo D. Sin embargo, los datos de agosto 2017 y julio 2018 se encontraban incompletos, por lo que se excluyeron del análisis y, como la Ruta 400-A entró en funcionamiento durante el segundo semestre 2018, no se cuentan con datos de demanda de la misma.

En la Figura 3.1 se aprecia que la demanda mensual se comporta de manera diferente a lo largo del año: entre los meses de octubre y enero existe una demanda mayor, que puede ser superior a 1.5 veces la desviación estándar más el promedio. Esto puede deberse a múltiples factores como la dinámica de la época, el crecimiento habitual del empleo, variaciones en los hospitales, errores en los datos, entre otros. No obstante, para explicar este comportamiento se debe realizar un estudio que queda fuera de los alcances del trabajo.

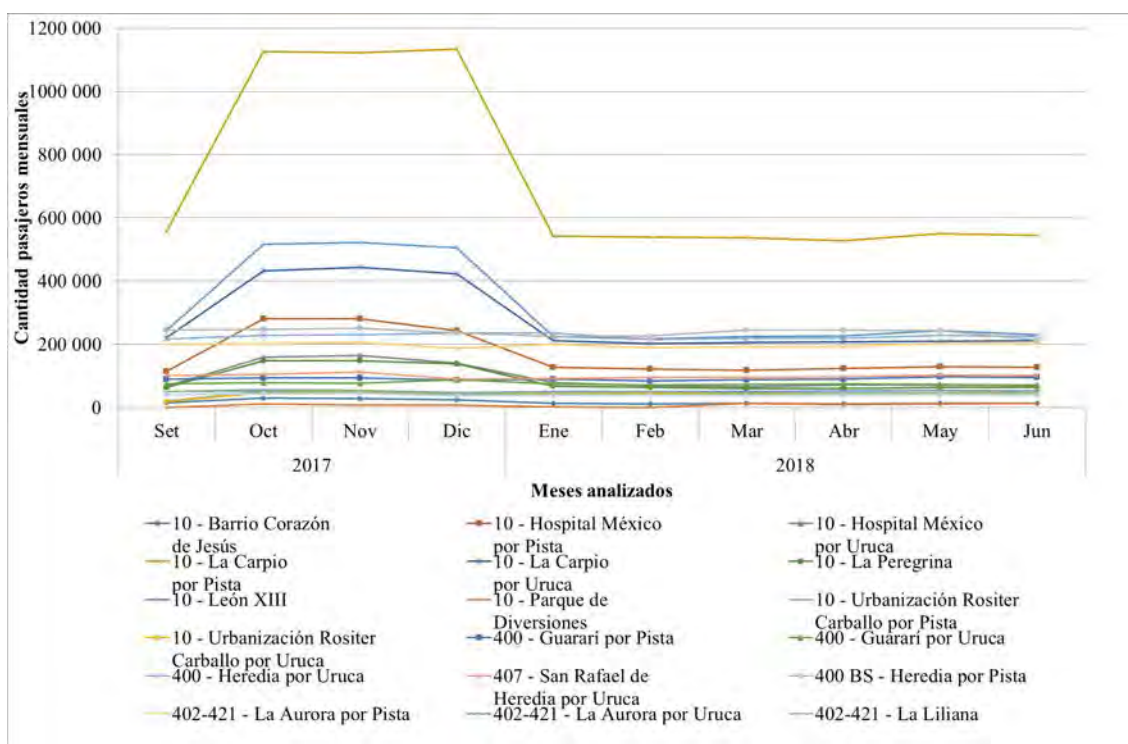


Figura 3.1: Comportamiento de la demanda mensual reportada del STP por Ramal
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018)

Considerando que los valores atípicos pueden variar la demanda promedio, se decide no considerar los meses con reportes mayores a 1.5 veces la desviación estándar más el promedio para cada ramal. Las demandas mensuales promedio obtenidas se presentan en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.7: Demanda Promedio Mensual del STP por ramal en el sector Uruca-Heredia

Ramal	Demanda promedio mensual				
	Con meses atípicos		Sin meses atípicos		
	\bar{X}	S	\bar{X}	S	Meses atípicos
Barrio Corazón de Jesús (10-A)	17,413	7 177	16 068	6 133	Oct
Hospital México por Pista (10-B)	166,862	70 895	138 320	42 510	Nov - Dic
Hospital México por Uruca (10-C)	95,834	41 290	79 330	25 167	Nov - Dic
La Carpio por Pista (10-D)	718,267	282 486	718 267	282 486	-
La Carpio por Uruca (10-E)	277,025	107 819	258 501	96 009	Dic
La Peregrina (10-F)	88,049	39 823	72 902	26 980	Nov - Dic
León XIII (10-G)	315,820	137 975	292 818	124 356	Nov
Parque de Diversiones (10-H)	7,899	5 040	7 899	5 040	-
Rositer Carballo por Pista (10-I)	41,658	14 888	41 658	14 888	-
Rositer Carballo por Uruca (10-J)	42,380	8 902	42 380	8 902	-
Heredia por Pista (400 BS)	237,639	12 365	237 639	12 365	-
Guararí por Pista (400-B)	90,847	4 310	90 847	4 310	-
Guararí por Uruca (400-C)	75,892	4 798	74 609	2 720	Dic
Heredia por Uruca (400-D)	225,691	7 414	224 450	6 671	Ene
La Aurora por Pista (402-421-A)	197,632	6 446	197 632	6 446	-
La Aurora por Uruca (402-421-B)	52,158	2 876	51 654	2 539	Oct
Santa Cecilia (402-421-C)	47,805	3 569	46 993	2 627	Nov
La Liliana (402-421-D)	40,597	2 413	40 170	2 121	Nov
San Rafael por Uruca (407)	99,399	6 593	97 992	5 163	Ene

Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018)

Con el Cuadro 3.7 se puede concluir que la demanda promedio mensual del STP del sector es de 2 730 129 de viajes/mes, siendo los ramales La Carpio por Pista, León XIII, La Carpio por Uruca, Heredia Pista y Heredia Uruca quienes poseen la mayor cantidad de viajes, absorbiendo el 26.3 %, el 10.7 %, el 9.5 %, el 8.7 % y el 8.2 % de la demanda total, respectivamente.

Las demás rutas no superan el 7 % de la demanda del sector, siendo Parque de Diversiones (0.3 %) y Barrio Corazón de Jesús (0.6 %) los ramales con menor demanda. Como cada ramal forma parte de una ruta de buses, la suma de las demandas conforma la demanda promedio mensual de cada ruta, presentada en la Figura 3.2.

Como se observa en la Figura 3.2, la Ruta 10 absorbe la mayor cantidad de viajes promedio reportados, correspondiendo a un 61.1 % de la demanda total del sector. Seguidamente, las rutas 400 y 402-421 absorben el 14.3 % y el 12.3 %, respectivamente. Las demás rutas presentan una demanda menor al 10 % de los viajes totales.

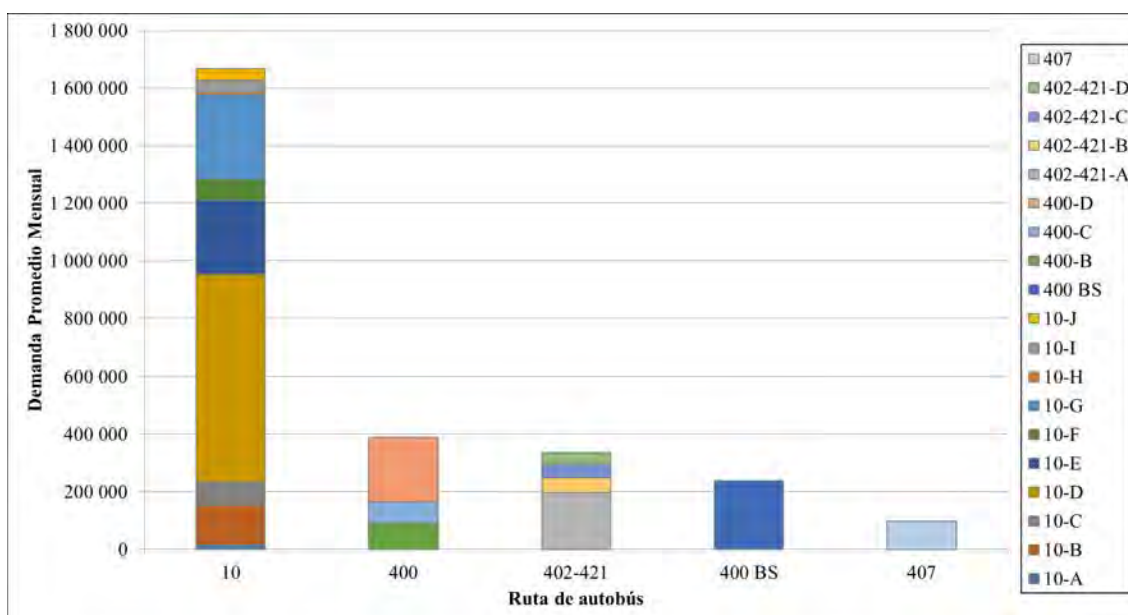


Figura 3.2: Demanda mensual promedio reportada del STP por cada ruta del sector analizado
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018)

Al considerar que las Rutas 400 y 402-421 son operadas por la misma empresa (Transportes Unidos La Cuatrocientos S.A.), se puede decir que dicho concesionario brinda el 26.6 % de todos los viajes y, considerando la Ruta 10, que dos compañías brindan más de 3/4 partes de todos los viajes del sector.

Por otra parte, como se observa en la Figura 3.2, La Carpio por Pista representa casi la mitad (43.1 %) de la demanda de la Ruta 10 y, por lo tanto, como todos los ramales comporten su tarifa según lo expuesto en la Sección 3.3.3, casi la mitad de los ingresos por pasajes del concesionario; la demanda restante se divide de manera equitativa entre los 9 ramales. En el caso de la Ruta 400 y 402-421 operadas por el mismo concesionario, los viajes dependen en gran medida de Heredia por Uruca y La Aurora por Pista.

Además de la demanda promedio mensual calculada con base en los datos de ARESEP (2018), se revisaron los expedientes de las rutas de bus facilitados por el CTP (2019), para encontrar la demanda de viajes durante los periodos pico o un factor que permitiera su cálculo. Sin embargo, dicha información no se encontró en los expedientes, pero sí se halló la demanda mensual promedio de viajes para la Ruta 10. En el Cuadro 3.8 se comparan la demanda mensual promedio de viajes en transporte público obtenida de ARESEP y del CTP.

Cuadro 3.8: Comparación entre la demanda mensual promedio reportada por ARESEP y CTP

Ramal	Demanda mensual		Diferencia	
	CTP	ARESEP	Absoluta	Porcentual
Barrio Corazón de Jesús (10-A)	11 522	16 068	4 546	39.5 %
Hospital México por Pista (10-B)	117 986	138 320	20 334	17.2 %
Hospital México por Uruca (10-C)	65 712	79 330	13 618	20.7 %
La Carpio por Pista (10-D)	534 023	718 267	184 244	34.5 %
La Carpio por Uruca (10-E)	207 589	258 501	50 912	24.5 %
La Peregrina (10-F)	60 235	72 902	12 667	21.0 %
León XIII (10-G)	221 429	292 818	71 389	32.2 %
Parque de Diversiones (10-H)	9 744	7 899	-1 845	-18.9 %
Rositer Carballo por Pista (10-I)	23 487	41 658	18 171	77.4 %
Rositer Carballo por Uruca (10-J)	21 680	42 380	20 700	95.5 %

Elaboración propia con datos de CTP (2019) y ARESEP (2018)

La demanda del CTP, exceptuando el ramal Parque de Diversiones, es mucho menor que la demanda calculada con los datos de ARESEP, esta última siendo casi el doble en los ramales Rositer Carballo por Uruca (95.5 %) y por Pista (77.4 %). En el resto de los ramales la demanda de ARESEP es entre 17 y 39.5 % mayor que la demanda del CTP.

Para corroborar las demandas de las rutas 400 y 400 BS, se utilizó un estudio elaborado por PRODUS-UCR (2015). En la Figura 3.3 se observa que las demandas mensuales estimadas por PRODUS son mayores que las de ARESEP, sin datos atípicos. El ramal que presenta una mayor diferencia es Heredia por Pista con una disminución de la demanda de un 24.0 %, seguida por Heredia por Uruca con una disminución del 18.3 % y Guararí por Pista con una disminución del 16.7 %. El único ramal en donde la demanda calculada es mayor es Guararí por Uruca (10.3 %).

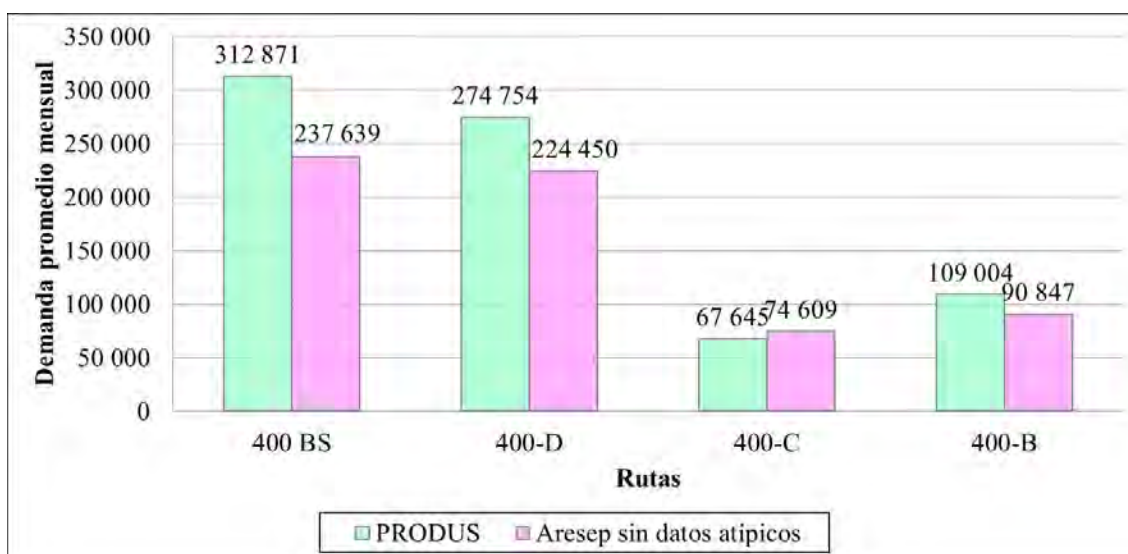


Figura 3.3: Comparación de la Demanda Promedio Mensual Reportada por PRODUS y por ARESEP
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) y de PRODUS-UCR (2015)

Las diferencias entre los datos del CTP, ARESEP y PRODUS son constantes, por lo que estas pueden deberse a errores sistemáticos en las bases de datos, a diferencias en la metodología empleada para la recolección de los datos, a los periodos de muestreo (se desconoce el periodo de muestreo del CTP), entre otros factores.

Por otra parte, los datos de PRODUS brindan información de 4 de los 20 ramales, por lo que no pueden ser utilizados para todo el Sistema. En el caso del CTP, solo se cuenta con una de las 5 rutas analizadas y se desconoce la metodología empleada, impidiendo su revisión, por lo que no es recomendable su utilización. Dada las diferencias entre las metodologías y las fechas de muestreo de ARESEP y PRODUS y a la falta de información sobre el proceso del CTP, no se deben combinar los 3 resultados.

Debido a lo expuesto anteriormente, para el presente estudio se decide utilizar la demanda mensual promedio de viajes en transporte público obtenida con los datos de ARESEP.

Los datos brindados por ARESEP (2018) se encontraban distribuidos en adultos mayores y en pasajeros equivalentes, que se diferencian ya que los primeros no pagan el pasaje por tener una tarifa diferenciada y los segundos sí deben hacerlo. Así pues, del total de pasajeros que utilizan los ramales del sector menos del 10 % corresponden a personas adultas mayores, siendo La Peregrina (10-F) el ramal que cuenta con el mayor porcentaje (8.3 %) y La Liliana (402-421-D) el ramal que presenta la menor proporción (0.7 %). Por otro lado, en la Ruta 407 la suma de adultos mayores y pasajeros equivalentes no llega al 100.0 % debido a que los datos de ARESEP contienen dicho error.

3.3.3. Características operativas del sistema actual de transporte público

3.3.3.1. Operadores del servicio

Según la información brindada por ARESEP (2018), las rutas de transporte público son operadas por las empresas reportadas en el Cuadro 3.9. Es apreciable que las 5 rutas son operadas por 4 empresas diferentes, ya que la Ruta 400 y la Ruta 402-421 comparten concesionario.

Según ARESEP (2018), la Ruta 400 BS es operada por Busetas Heredianas S.A.; sin embargo, durante las visitas de campo se observó que algunos buses utilizados en la ruta le pertenecen a la empresa Autotransportes Heredia Uruca S.A., según los datos del Registro Nacional de Costa Rica (2019). Como se explicará en la Sección 3.3.3.8, esto se aclara en el expediente del CTP (2019), donde se observa que dichas unidades son subarrendadas.

Cuadro 3.9: Descripción de los concesionarios de las rutas analizadas

Ruta	Datos del Concesionario	
	Nombre	Cédula Jurídica
10	Buses INA Uruca S.A.	3-101-031606
400	Transportes Unidos La Cuatrocientos S.A.	3-101-072996
400 BS	Busetas Herediana S.A.	3-101-058765
402-421	Transportes Unidos La Cuatrocientos S.A.	3-101-072996
407	Autotransportes Rutas 407 y 409 S.A.	3-101-124650

Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) y Registro Nacional de Costa Rica (2019)

3.3.3.2. Longitud de recorrido y duplicidades del servicio

La longitud de los recorridos de los ramales, obtenida del trabajo de campo, se puede observar en el Cuadro 3.10. Los ramales de la Ruta 10 poseen longitudes menores a los 10 km, con un promedio de 7.2 km. Por otra parte, los ramales que abastecen al distrito de San Francisco de Heredia (400-A, 400-B y 400-C) poseen longitudes muy similares: en promedio 11.6 km.

Cuadro 3.10: Longitud de recorrido de cada ramal del STP del sector Uruca-Heredia

Ramal	Longitud campo (km)		Longitud CTP (km)	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1	Sentido 1-2	Sentido 2-1
Barrio Corazón de Jesús (10-A)	5.2	5.0	5.2	5.0
Hospital México por Pista (10-B)	7.0	5.6	7.3	6.3
Hospital México por Uruca (10-C)	5.6	5.1	5.6	5.1
La Carpio por Pista (10-D)	9.7	9.4	10.8	9.4
La Carpio por Uruca (10-E)	10.3	9.8	10.4	9.9
La Peregrina (10-F)	5.6	5.7	5.3	5.8
León XIII (10-G)	6.3	4.6	6.0	4.7
Parque de Diversiones (10-H)	6.9	6.5	7.8	6.5
Rositer Carballo por Pista (10-I)	8.4	7.8	10.8	7.7
Rositer Carballo por Uruca (10-J)	7.5	7.2	7.5	7.2
Heredia por Pista (400 BS)	13.2	11.2	-	-
Guararí por Lagunilla (400-A)	11.5	11.7	-	-
Guararí por Pista (400-B)	12.4	12.9	-	-
Guararí por Uruca (400-C)	11.0	11.0	-	-
Heredia por Uruca (400-D)	12.7	10.4	-	-
La Aurora por Pista (402-421-A)	15.5	16.5	-	-
La Aurora por Uruca (402-421-B)	14.6	15.8	-	-
Santa Cecilia (402-421-C)	14.7	14.4	-	-
La Liliana (402-421-D)	13.3	13.1	-	-
San Rafael por Uruca (407)	15.5	15.5	-	-

Fuente: elaboración propia con datos de campo y CTP (2019)

Los ramales que sirven al distrito Heredia (400 BS y 400-D) presentan una diferencia de 500 m. La ruta 402-421 también presenta similitud en sus longitudes, con un promedio de 14.5 km. Finalmente, la ruta con mayor recorrido es la 407, con una longitud de 15.5 km. Todas las rutas se pueden clasificar como urbanas de acuerdo a lo expuesto en la Sección 2.1.1.1.

Para la Ruta 10, además de la longitud registrada en campo se cuenta con la longitud que el CTP (2019) autoriza. Dicha longitud también es apreciada en el Cuadro 3.10, donde los resultados son comparados. Se concluye que algunos ramales no tienen la misma longitud reportada que la registrada en campo, ya que el recorrido observado no es el mismo que el autorizado, como se explicó en la Sección 3.1.2.

El sector presenta duplicidad en los recorridos y paradas de todos los ramales. Así pues, como se observa en la Figura 3.4, existen rutas que comparten el 100 % de su recorrido, compitiendo por los usuarios en los tramos comunes y disminuyendo la rentabilidad de las rutas con tarifas mayores. La ruta con una menor competencia de usuarios es la 407, con un 40 % de duplicidad en el sentido 1-2 y un 39.1 % en el sentido 2-1.

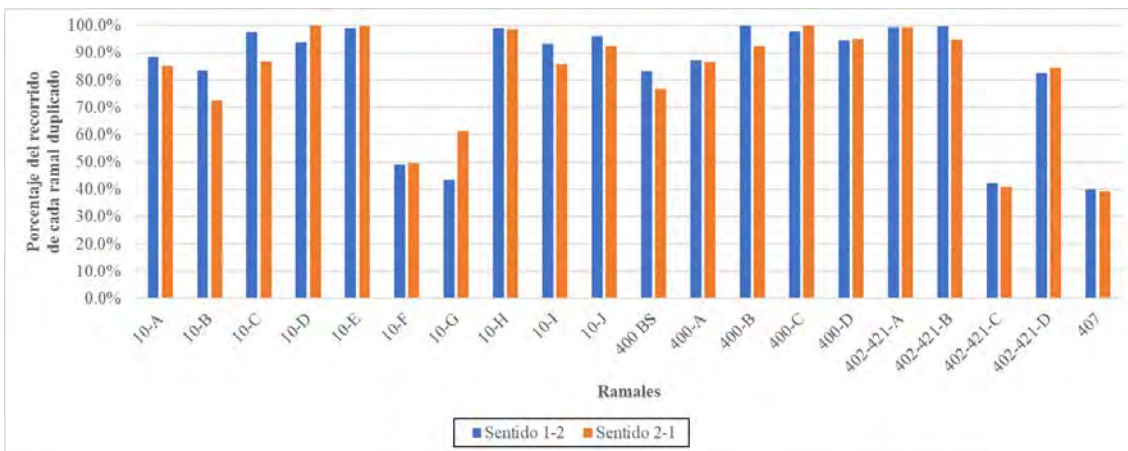


Figura 3.4: Porcentaje del recorrido de cada ramal que comparte con otros ramales

La coincidencia del recorrido, por lo general, no se debe a que existen dos rutas iguales sino que varias rutas comparten segmentos de su recorrido, que pueden ir desde menos del 25 % hasta casi un 100 % de la longitud total, como se aprecia en el Cuadro 3.11. Así pues, a modo de ejemplo, La Carpio por Uruca (10-E) presenta competencia en un 99.1 % de su recorrido, de los cuales, compite con 6 ramales en menos de un 25 % de su recorrido, con 9 ramales entre un 25 % y un 50 % del recorrido y con 2 ramales entre un 50 % y un 75 % del recorrido en el sentido 1-2.

Cuadro 3.11: Número de ramales con que un servicio comparte recorrido

Ramal	Número de ramales que comparten un porcentaje del recorrido									
	Porcentaje Compartido Sentido 1-2					Porcentaje Compartido Sentido 2-1				
	0 %	<25 %	<50 %	<75 %	>= 75 %	0 %	<25 %	<50 %	<75 %	>= 75 %
10-A	6	4	1	1	8	6	4	0	2	8
10-B	10	2	7	1	0	11	1	2	4	2
10-C	3	7	2	4	4	5	5	0	6	4
10-D	10	6	2	2	0	11	0	6	3	0
10-E	3	6	9	2	0	2	7	10	1	0
10-F	10	0	1	9	0	8	2	1	9	0
10-G	10	0	10	0	0	8	2	0	10	0
10-H	10	1	7	1	1	11	0	3	4	2
10-I	11	4	4	1	0	9	2	4	5	0
10-J	8	1	4	7	0	5	4	3	8	0
400 BS	4	11	3	2	0	3	13	2	2	0
400-A	4	9	5	1	1	1	8	10	0	1
400-B	4	11	2	3	0	1	10	7	2	0
400-C	6	3	6	5	0	6	2	7	5	0
400-D	6	5	8	1	0	6	2	7	5	0
402-421-A	4	10	5	1	0	3	12	4	1	0
402-421-B	5	6	7	2	0	5	8	5	2	0
402-421-C	9	8	3	0	0	9	4	7	0	0
402-421-D	5	5	9	0	1	6	5	8	0	1
407	6	6	8	0	0	6	8	6	0	0

El sistema de transporte público actual presenta deficiencias en su trazado pues, como se vio en la Sección 3.3.1, aún cuando hay zonas con problemas de cobertura hay otras con sobre cobertura, generando tramos de la red vial en donde varios ramales compiten por los usuarios, disminuyendo la calidad del servicio, aumentando tiempos de viaje y la congestión. De esta manera, un posible sistema BRT puede solventar el problema mencionado ordenando el trazado de las rutas para disminuir los puntos con duplicidad de recorridos y aumentar la demanda.

3.3.3.3. Tarifa y sistema de pago

En el siguiente cuadro se presenta las tarifas del sistema de transporte público por ruta, a mayo 2019.

Cuadro 3.12: Tarifas del STP a mayo 2019

Ruta		Tarifa (colones)
10		285.00
400	A, B y C	340.00
	D	575.00
400 BS		575.00
402-421	A, B y C	340.00
	D	450.00
407		480.00

Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2019)

El cobro de la tarifa, mencionada en el Cuadro 3.12, actualmente se realiza con efectivo durante el abordaje del usuario, lo que ocasiona un aumento en los tiempos al requerir que el conductor se estacione, cobre la tarifa, cuente el efectivo, cuente el vuelto y se lo entregue al usuario.

Al existir alta duplicidad de los servicios, según la Sección 3.3.3.2, y a que las rutas tienen tarifas diferentes, en los tramos comunes las rutas con mayor tarifa son menos rentables. Por ejemplo, Barrio Corazón de Jesús (10-A) y Heredia por Uruca (400-D) compiten en más del 75 % en sus recorridos, sin embargo, el primero tiene una tarifa menor por lo que los usuarios que van a preferir utilizarla.

Estos problemas suelen solucionarse en los Sistemas BRT debido a que se da la integración tarifaria entre los recorridos, de manera que, ramales con menor rentabilidad son subvencionados por aquellos con mayor rentabilidad, eliminando la necesidad de aumentar las tarifas. Además, el pago de la tarifa suele ser electrónico y puede darse previo al abordaje disminuyendo los tiempos ingreso.

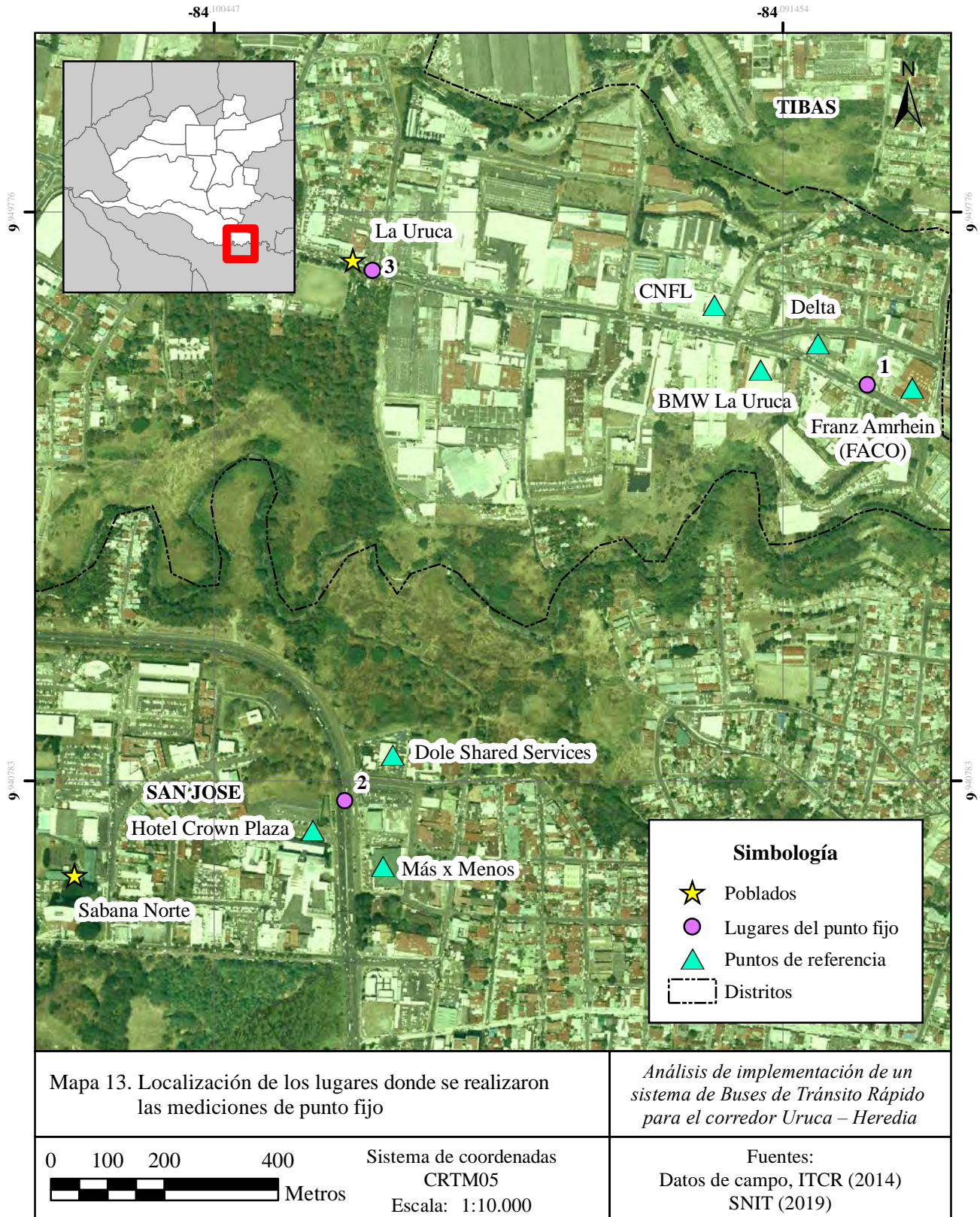
3.3.3.4. Descripción del Estudio de Frecuencia y Carga Puntual

Para describir el transporte público analizado mediante variables operativas como velocidad comercial, frecuencia, parque vehicular, nivel de servicio, entre otras; se procedió a realizar un pequeño estudio de Frecuencia y Carga Puntual mediante 6 puntos fijos en diferentes periodos: dos en el periodo pico de la mañana y cuatro puntos fijos en el periodo pico de la tarde, divididos de manera equitativa entre las dos rutas de ingreso a San José (Uruca y Pista).

El análisis se realiza durante los periodos picos, debido a que no se realizó una estimación de la demanda y no se cuenta con el personal para un estudio exhaustivo. Solo se requiere describir el funcionamiento del STP durante los periodos pico vehicular del día, ya que son las horas de mayor congestión y de mayor tiempo de viaje.

En el Mapa 13 se pueden observar los lugares donde se realizaron los muestreos mencionados. A continuación se describen las mediciones:

- Miércoles 8 de mayo de 6:00 a.m. a 9:00 a.m. en el sector Uruca (punto 1 del Mapa 13).
- Jueves 9 de mayo de 6:10 a.m. a 9:10 a.m. en el sector Pista (punto 2 del Mapa 13).
- Miércoles 22 de mayo de 4:00 p.m. a 7:00 p.m. en el sector Pista (punto 2 del Mapa 13)
- Jueves 23 de mayo de 3:30 p.m. a 6:00 p.m. en el sector Uruca (punto 3 del Mapa 13).
- Martes 28 de mayo de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en el sector Pista (punto 2 del Mapa 13).
- Jueves 20 de junio de 4:00 p.m. a 7:00 p.m. en el sector Uruca (punto 3 del Mapa 13).



3.3.3.5. Frecuencia registrada durante los periodos pico

Las frecuencias del sistema se observan en la Figura 3.5. El ramal Parque de Diversiones (10-H) no fue observado durante el muestreo, debido a que, según el horario autorizado, la ruta funciona solo los fines de semana.

Analizando ambos periodos pico y sentidos de viaje, se concluye que los ramales con las mejores frecuencias son 10-D, 400 BS y 10-G: 22, 20 y 15 buses/hora, respectivamente. Dichas rutas abastecen a La Carpio, Heredia, Hospital México, León XIII y Guararí, por lo que se puede esperar que estos puntos tengan una alta tasa de generación y atracción de viajes.

Los ramales con las menores frecuencias son la 10-A, 400-A, 402-421-B, 402-421-D y la 10-C, con frecuencias mínimas de 1 bus/hora y máximas de 2 buses/hora. Dichos ramales alimentan a las comunidades de Barrio Corazón de Jesús, Guararí por Lagunilla, Santa Cecilia, La Liliana y Hospital México, respectivamente, lo que sugiere que estas requieren el servicio pero no a frecuencias altas.

En promedio, los ramales de la Ruta 10 tienden a tener frecuencias mayores que los ramales de la Ruta 400 y estos, a su vez, poseen frecuencias mayores que los de la Ruta 402-421, reflejando lo observado en el análisis de demanda

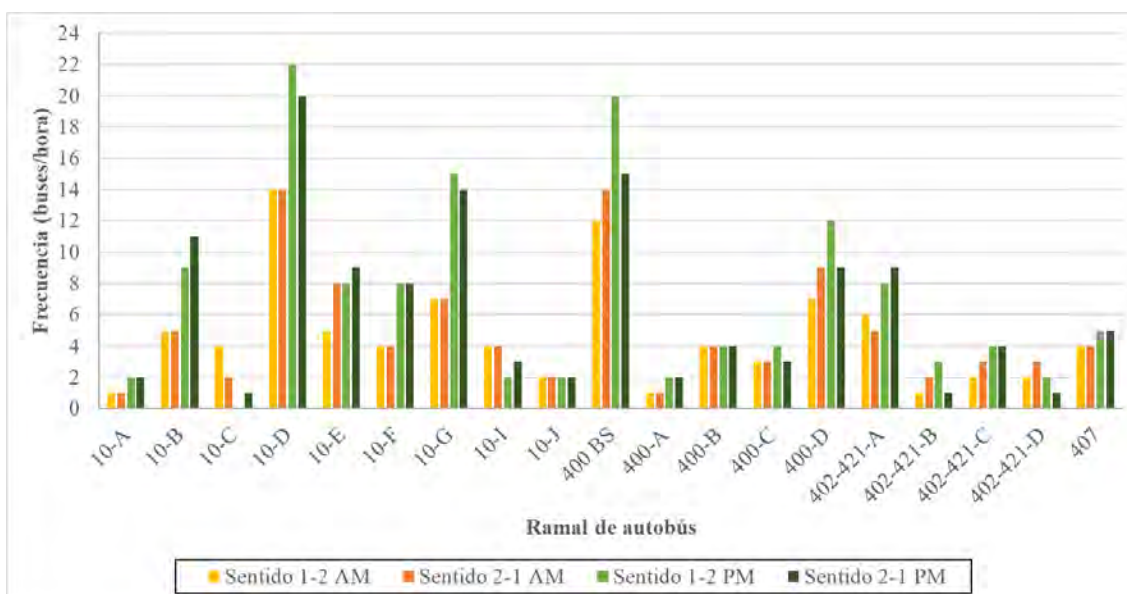


Figura 3.5: Frecuencia promedio medida en campo de los ramales analizados

de la Sección 3.3.2.

Debido a lo explicado en la Sección 2.1.1.2.2, el nivel de servicio que percibe un usuario depende de la frecuencia. Utilizando el Cuadro 2.2, se obtiene el nivel de servicio de cada ramal según su frecuencia:

- Nivel de servicio A: 10-D, 10-E, 10-F, 10-G, 400 BS y 400-D.
- Nivel de servicio B: 10-B y 402-421-A
- Nivel de servicio C: 400-B y 407
- Nivel de servicio D: 10-I y 402-421-C
- Nivel de servicio E: 10-A, 10-C, 10-J, 400-A, 400-C, 402-421-B y 402-421-D

El sistema posee una frecuencia total de 83 buses/hora en el sentido 1-2 y de 87 buses/hora en el sentido 2-1, durante el periodo pico AM. Durante el periodo pico PM, la frecuencia en el sentido 1-2 es de 127 buses/hora y en el sentido 2-1 es de 117 buses/hora, por lo que durante el periodo pico PM la frecuencia es considerablemente mayor. La implementación de un sistema BRT permite disminuir estas frecuencias debido a que se utilizan buses de mayor capacidad.

Luego de revisar los expedientes de las rutas brindados por CTP (2019), solo se encontraron las frecuencias autorizadas para las Rutas 10 y 400 BS, por lo que en la Figura 3.6 solo se observan los ramales de dichas rutas. En esta figura se expone la regularidad, definida en el Capítulo II como la proporción de los viajes observados que cumplen con el horario programado.

El cálculo de la regularidad se hizo mediante la Ecuación 2.5. Según lo apreciado, la gran mayoría de rutas del sector realiza más viajes que los autorizados por el CTP. La ruta 400 BS es presenta la mayor distorsión, entre 4 y 6 veces más carreras que las autorizadas. El resto de los ramales realiza entre 1.2 y 2.5 veces el número de carreras autorizadas durante los periodos pico.

En el caso de los ramales 10-G, 10-E, 10-C, 10-B y 10-A, estos presentan menos carreras de las autorizadas por lo que el valor de su regularidad es menor a 1. El ramal más crítico es 10-C, en el cual se observaron solamente entre el 20 y el 70 % de los viajes autorizados, en el sentido 2-1 PM no se observó ningún viaje.

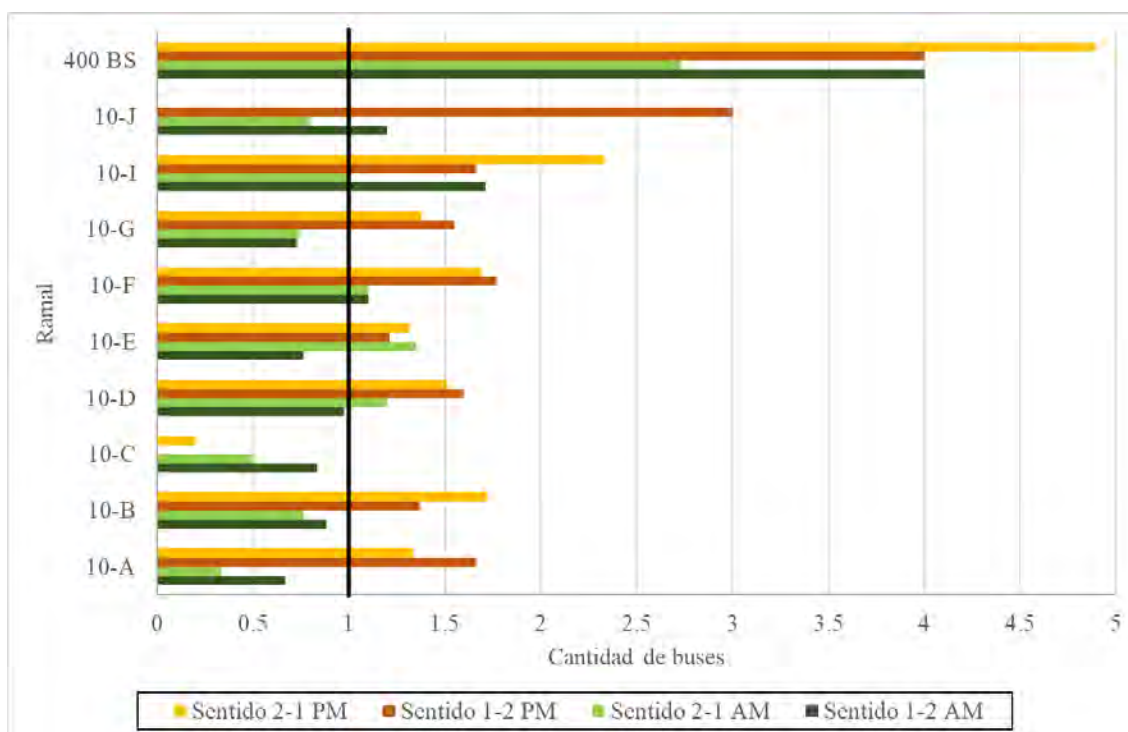


Figura 3.6: Regularidad de las rutas de transporte público Analizadas
Fuente: elaboración propia con datos de campo y del CTP (2019)

3.3.3.6. Cobertura horaria

Para determinar la cobertura horaria de los ramales que componen el sector Uruca-Heredia, se revisaron los horarios encontrados de las Rutas 10 y 400 BS en los expediente del CTP (2019). En el caso de las Rutas 407, 400 y 402-421 se buscó su horario oficial, pero solo se logró obtener el horario de la Ruta 407 en el sitio web de la compañía y, con base en este, se estima la cobertura horaria.

En el Cuadro 3.13 se expone la cobertura horaria entre semana, clasificando el nivel de servicio de acuerdo al Cuadro 2.2. El ramal Parque de Diversiones (10-H) ha sido excluido del cuadro debido a que su funcionamiento se limita a los fines de semana según el CTP (2019).

En el Cuadro 3.13 se puede apreciar que las rutas con mayor cobertura horaria son las mismas que presentaron un nivel de servicio A, según la frecuencia observada durante la hora pico; y, a su vez, son las mismas con mayor demanda mensual promedio de viajes en transporte público.

Cuadro 3.13: Nivel de servicio según la cobertura horaria de los ramales

Ramal	Horario			Nivel de servicio
	Primer servicio	Último Servicio	Horas en servicio	
10-A	6:00	19:00	13	D
10-B	4:00	22:00	18	B
10-C	5:00	22:00	17	B
10-D	4:00	23:00	19	A
10-E	4:00	23:00	19	A
10-F	5:00	23:00	18	B
10-G	4:00	23:30	19.5	A
10-I	5:00	17:00	12	D
10-J	5:00	17:00	12	D
400 BS	5:00	22:00	17	B
407	4:30	21:00	16.5	C

Fuente: elaboración propia con datos del CTP (2019) y Transportes Ruta 407-409 (2019)

3.3.3.7. Velocidad comercial y tiempos de ciclo

En el Cuadro 3.14, se presentan las velocidades comerciales y los tiempos de ciclo. El tiempo de ciclo es el periodo que dura un bus en retornar a un punto en el mismo sentido de viaje, incluye los tiempos de recorrido, de parada, de descanso y en terminal. No considera los buses que no completan un ciclo. La velocidad comercial es la relación entre el tiempo de ciclo y la longitud de recorrido. Algunos ramales no presentan datos porque no se registró un ciclo completo durante la medición, es decir, los tiempos de ciclo son mayores a 3 horas.

Se tienen velocidades bajas (menores a 10 km/h) que se deben a la congestión vehicular. No se encuentra una diferencia significativa entre los tiempos de ingreso a San José por la Uruca y por la pista, lo que sugiere que la congestión en la pista es mayor, ya que estas rutas son de menor longitud. Por otra parte, los tiempos de viaje son mayores en el periodo PM, lo cual explica que la frecuencia de dicho periodo sea a la del periodo AM, ya que los buses se encuentran cautivos en la congestión y se requieren más unidades para satisfacer la demanda.

Un sistema BRT con carriles exclusivos debe enfocarse en mejorar las velocidades comerciales y los tiempos de ciclo, de manera que, al disminuir los conflictos entre transporte público y la congestión del vehículo particular, el número de unidades requeridas y el tiempo de viaje del usuario sean menores.

Cuadro 3.14: Tiempos de ciclo y velocidades comerciales promedio observadas para cada uno de los ramales

Ramal	Tiempo de ciclo		Velocidad comercial	
	Periodo AM	Periodo PM	Periodo AM	Periodo PM
Barrio Corazón de Jesús (10-A)	1:12:00	2:05:00	8.4	4.9
Hospital México por Pista (10-B)	1:38:57	1:38:28	7.6	7.7
Hospital México por Uruca (10-C)	1:31:34	-	7.0	-
La Carpio por Pista (10-D)	1:52:27	2:02:04	10.2	9.4
La Carpio por Uruca (10-E)	2:10:15	2:39:48	9.3	7.5
La Peregrina (10-F)	1:27:51	1:43:27	7.7	6.5
León XIII (10-G)	1:43:07	1:35:41	6.3	6.8
Rositer Carballo por Pista (10-I)	1:41:48	2:45:24	9.6	5.9
Rositer Carballo por Uruca (10-J)	1:18:45	2:11:00	11.2	6.7
Heredia por Pista (400 BS)	2:19:57	2:51:12	10.5	8.6
Guararí por Lagunilla (400-A)	-	-	-	-
Guararí por Pista (400-B)	2:24:15	2:40:00	8.4	7.5
Guararí por Uruca (400-C)	2:17:30	2:30:40	9.7	8.8
Heredia por Uruca (400-D)	2:24:27	3:14:10	9.2	6.8
La Aurora por Pista (402-421-A)	2:30:02	3:01:36	11.7	9.7
La Aurora por Uruca (402-421-B)	-	-	-	-
Santa Cecilia (402-421-C)	2:08:30	2:50:20	11.6	8.7
La Liliana (402-421-D)	-	-	-	-
San Rafael por Uruca (407)	-	-	-	-
Promedio	1:58:57	2:05:57	9.2	7.5

3.3.3.8. Caracterización del parque vehicular del sistema de transporte público

Las unidades del sector son sumamente variadas, por ello, para distinguirlas cada empresa utiliza un color particular, como se observa en las Figuras 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10.



Figura 3.7: Ejemplo de una unidad de la Ruta 10



Figura 3.8: Ejemplo de una unidad de la Ruta 407



Figura 3.9: Ejemplo de una unidad de las Rutas 400 y 402-421



Figura 3.10: Ejemplo de una unidad de la Ruta 400 BS

Los buses de la Ruta 10 se distinguen por su color rosado. Como el concesionario de la Ruta 400 es el mismo de la Ruta 402-421, las unidades de estas rutas son compartidas y su color es color *beige* con líneas rojas y amarillas. En el caso de la Ruta 400 BS los buses son de color amarillo y los buses de la Ruta 407 son de color variado y de tipo escolar.

Durante el muestreo en campo se anotaron las placas de los buses en operación. Gracias a ello, se pudo caracterizar la flota de buses según el dueño registrado en el Registro Nacional de Costa Rica (2019). En la mayoría de los casos, los concesionarios son los mismos dueños de su flota de buses, con excepción de la Ruta 400 BS donde se encontraron 13 unidades de una empresa llamada Autotransportes Uruca Heredia S.A., que, según el CTP (2019), son subarrendadas.

Luego de ello, las placas fueron comparadas con los registros del CTP (2019). En el caso de la Ruta 10 la última autorización de cambio de flota se dio en el acuerdo DACP-2019-0299 del 3/12/2019, para las Rutas 402-421 y 400 en el acuerdo DACP-2019-0517 del 3/05/2019, para la Ruta 400 BS en el acuerdo DACP-2018-1691 del 13/11/2018 y para la Ruta 407 en el acuerdo DACP-2016-1137 del 16/03/2016. En el Cuadro 3.15 se muestra una comparación entre las unidades observadas y las autorizadas.

Cuadro 3.15: Comparación entre las unidades observadas en campo y las unidades autorizadas

Clasificación de la Unidad	Número de unidades y placas por ruta				
	10	400 y 402-421	400 BS	407	Total
Autorizadas	81	95	58	10	244
Observadas	83	92	38	11	224
Unidades autorizadas no observadas	-	14: HB 2037 - HB 2038 HB 2039 - HB 2040 HB 2263 - HB 2673 HB 2936 - HB 4107 HB 3583 - HB 3809 HB 3810 - HB 3812 HB 3814 - HB 3815	10: HB 2412 - HB 2413 HB 2414 - HB 2416 HB 2425 - HB 2427 HB 2428 - HB 2429 HB 2916 - HB 3110	1: HB 2930	25
Unidades observadas no autorizadas	2: SJB 16084 SJB 16085	14: HB 1737 - HB 1739 HB 1740 - HB 1873 HB 2239 - HB 2240 HB 2381 - HB 2383 HB 2775 - HB 2955 HB 3909 - HB 3912 HB 3914 - HB 3915	-	2: HB 3897 - HB 4034	18

Fuente: elaboración propia con datos de campo y del Registro Nacional de Costa Rica (2019)

En el Cuadro 3.15, se aprecia que el número de unidades en circulación es muy similar al número de buses autorizados. Sin embargo, no todas las unidades observadas en campo cuentan con permisos y varios buses autorizados no fueron observados durante el muestreo. El caso crítico es la Ruta 400 y 402-421, la cual reemplaza 14 unidades autorizadas por 14 no autorizadas.

Para establecer la capacidad total promedio de las unidades del Cuadro 3.16, se investigó la capacidad sentada de cada bus según el Registro Nacional de Costa Rica (2019). La capacidad de pie se calculó con base en lo acordado por la Junta Directiva del CTP en la sesión ordinaria 20-2007, en donde el ancho del pasillo dicta la cantidad de personas máximas de pie: un ancho de pasillo entre 25 y 35 cm tiene una capacidad de 12 personas de pie, un ancho entre 36 y 49 cm una capacidad de 22 personas y un ancho entre 50 y 65 cm una capacidad de 30 personas.

Cuadro 3.16: Capacidad promedio de las unidades de cada ruta

Ruta	Pasajeros sentados	Pasajeros de pie	Total de pasajeros
10	60	23	83
400 y 402-421	51	30	81
407	50	12	62
400 BS	49	29	78
Total	54	27	80

Fuente: elaboración propia con datos de campo y del Registro Nacional de Costa Rica (2019)

También se caracterizó la flota de buses según la edad de las unidades (Cuadro 3.17). Se observa que de las 5 rutas, la Ruta 10 tienen la flotilla de buses más reciente, ya que el 98.8% de la misma tiene una edad entre los 0 años y los 2 años. La Ruta 407 presenta la flota más antigua con un 72.7% de sus buses con edades mayores a los 11 años.

Cuadro 3.17: Distribución porcentual (%) del parque vehicular del STP según su edad

Edad	10	400 y 402-421	407	400 BS	Total
0 a 2 años	98.8	15.2	0.0	34.2	48.7
3 a 5 años	1.2	28.3	0.0	0.0	12.1
6 a 10 años	0.0	34.8	27.3	31.6	21.0
11 a 15 años	0.0	17.4	72.7	34.2	16.5
Más de 15 años	0.0	4.3	0.0	0.0	1.8

Fuente: elaboración propia con datos de campo y del Registro Nacional de Costa Rica (2019)

El 63.1% de los buses de las Rutas 400 y 402-421 tienen edades entre los 3 y los 10 años; el resto de su flota está distribuida de manera equitativa entre flota más reciente y flota más antigua. En el caso de los buses de la Ruta 400 BS, los más recientes son los que se encuentran subarrendados y representan un tercio de la flota total, el resto de sus buses tienen edades entre los 6 y los 10 años.

La última característica es la distribución de los buses según la marca. En el Cuadro 3.18 se observa que la flota de las Rutas 10 y 407 tienen solo 1 o 2 marcas de buses, por lo que se puede afirmar que son constantes. En cambio, los buses de las Rutas 400, 402-421 y 400 BS son sumamente variados en cuanto a su origen.

Cuadro 3.18: Distribución porcentual (%) del parque vehicular del STP según la marca del bus

Marca	Ruta				Total
	10	400 y 402-421	407	400 BS	
Ankai	-	-	-	26.3	4.5
BLK	-	15.2	-	-	6.3
Bluebird	-	-	27.3	-	1.3
Daewoo	-	76.1	-	-	31.3
King Long Bus	100.0	-	-	7.9	38.4
Mercedes Benz	-	7.6	-	34.2	8.9
Thomas	-	-	72.7	-	3.6
Volkswagen	-	-	-	23.7	4.0
Yaxing Coach	-	1.1	-	-	0.4
Zhong Tong	-	-	-	7.9	1.3

Fuente: elaboración propia con datos de campo y del Registro Nacional de Costa Rica (2019)

3.3.3.9. Saturación de los buses

Como se explicó en la Sección 2.1.1.2.2, la percepción del usuario sobre la calidad del servicio se ve influenciada por la saturación de las unidades. Por este motivo, durante las mediciones en campo se anotó el nivel de saturación con que contaba cada unidad registrada. Se utilizó la clasificación del Cuadro 2.2:

- Nivel de servicio A: el usuario puede sentarse en donde desee.
- Nivel de servicio B: el usuario puede sentarse pero debe hacerlo al lado de otro pasajero.
- Nivel de servicio C: todos los usuarios van sentados, con máximo 2 asientos libres disponibles.
- Nivel de servicio D: todos los asientos están ocupados y algunos usuarios viajan de pie.

- Nivel de servicio E: el bus está a capacidad con usuarios de pie y sentados de manera cómoda.
- Nivel de servicio F: el bus excede su capacidad por lo que los pasajeros no están cómodos.

Con base en lo anterior, establece la Figura 3.11 permite apreciar cómo se distribuyen la saturación promedio observada en el punto muestreado durante los periodos pico para cada ruta. Se observa que para las 5 rutas en ambos sentidos del viaje es predominante que las unidades transitan en un nivel de servicio A, B o C, de manera que la mayoría de los usuarios viajan sentados.

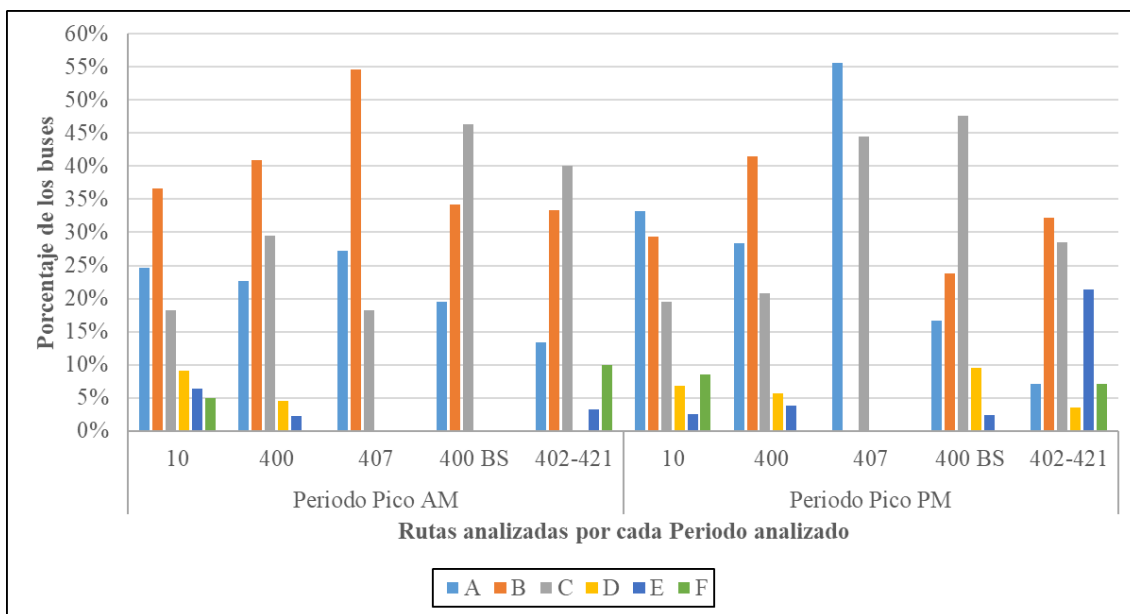


Figura 3.11: Distribución de las unidades según su saturación en el punto muestreado

Pocas veces se reportaron buses con niveles de servicio D, E y F, la mayoría de las ocasiones registradas se dieron en el periodo pico PM, en todos los casos fueron menores al 10% de todos los buses observados. Solamente la Ruta 10 presentó niveles de servicio bajos en algunos de sus viajes durante ambos periodos pico.

Cabe resaltar, en las unidades observadas la saturación fue muy similar en ambos sentidos del viaje (1-2 y 2-1), por lo que no se realizó distinción por sentido del viaje en la Figura 3.11. Este hecho resulta de importancia, debido a que sugiere que el sector analizado genera y atrae viajes de manera equilibrada entre los orígenes y destinos. Este resultado debe ser analizado de manera rigurosa con un Estudio de Ascenso y Descenso de Pasajeros, conocido como Estudio Sube y Baja.

3.3.3.10. Índice de pasajeros por kilómetro

El Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK) es una medida que permite cuantificar, en promedio, cuántos pasajeros transportan un ramal por kilómetro recorrido. Se puede considerar que a mayor IPK, mayor eficiencia del sistema en cuanto a intercambio de pasajeros. En entornos urbanos, es esperable valores de IPK altos, ya que las rutas son cortas y con densidades poblacionales mayores.

Para el cálculo del IPK se utilizaron las longitudes medidas en campo, la demanda mensual de viajes promedio en transporte público y el número de carreras semanales obtenidas del CTP (2019) y de Transportes Ruta 407-409 (2019), corregidas con la Figura 3.6. No se realiza el cálculo del IPK para las Rutas 400 y 402-421, ya que no se obtuvo acceso al horario oficial. La metodología empleada sigue lo descrito por la Sección 2.1.1.2, considerando 4.3 semanas por mes y un aumento de 5 % del recorrido del bus por los viajes a los depósitos.

Cuadro 3.19: Cálculo del IPK para las Rutas 10, 400 BS y 407

Ramal	Longitud (km)		No. Carreras semanales		Demanda de viajes	IPK
	Sentido 1-2	Sentido 2-1	Sentido 1-2	Sentido 2-1		
10-A	5.2	5	102	92	16 068	3.6
10-B	7	5.6	464	479	138 320	5.1
10-C	5.6	5.1	288	272	79 330	5.8
10-D	9.7	9.4	1607	1627	718 267	5.1
10-E	10.3	9.8	695	755	258 501	3.9
10-F	5.6	5.7	394	404	72 902	3.6
10-G	6.3	4.6	1002	977	292 818	6.0
10-H	6.9	6.5	36	36	7 899	3.6
10-I	8.4	7.8	190	180	41 658	3.1
10-J	7.5	7.2	151	151	42 380	4.2
400 BS	13.2	11.2	2040	1985	237 639	1.1
407	15.5	15.5	271	274	97 992	2.5

Fuente: elaboración propia con datos de campo, del CTP (2019) y de Transportes Ruta 407-409 (2019)

En el Cuadro 3.19 se observa que la Ruta 10 tiene valores de IPK relativamente altos, comparados con los IPK de otras ciudades latinoamericanas que rondan entre el 3.2 y el 0.6 (CAF, 2009). Eso significa que el intercambio de pasajeros se da a largo del recorrido, mejorando la rentabilidad de la ruta. Considerando que estos ramales abastecen a la Uruca, se considera imperativo que en la elaboración del Sistema BRT las paradas de dicha zona sean consideradas como urbanas, con distancia menores entre las paradas de la troncal.

En comparación con los promedios latinoamericanos, las Rutas 407 y 400 BS presentan un IPK relativamente bajo para un entorno urbano. En estas rutas es esperable un comportamiento pendular, en donde se da un intercambio alto de pasajeros al inicio del recorrido, pequeños intercambios a lo largo del mismo y una descarga considerable en el otro extremo de la ciudad.

Debido a que la Ruta 407 posee la mayor tarifa y una de las menores frecuencias, es probable que las zonas con altos intercambios se den en distritos donde no compite por usuarios: Santa Rosa, San Pablo y San Rafael. En el caso de la Ruta 400 BS, es esperable por su recorrido que la zona de carga se de en el distrito Heredia. Las zonas con bajo intercambio de pasajeros pueden tener una distancia de separación mayor entre las paradas de la troncal.

3.3.3.11. Paraderos y terminales

Durante las visitas de campo se constató el estado de los paraderos y de las terminales. Estas últimas no reciben ningún un tratamiento especial: son paradas regulares en donde el bus se estaciona a esperar su próxima salida. La única excepción a esta afirmación sucede con los ramales que sirven a Guararí (400-A, 400-B y 400-C), cuya terminal en San José se encuentra en la Estación 7-10 sobre Calle 8.

Exceptuando la terminal ya mencionada, la infraestructura de los paraderos y de las terminales se clasifica en 3 tipos: paraderos sin señalización, paraderos con señalización vertical y paraderos techados con señalización; estos últimos pueden encontrarse en buen estado como el paradero del Parque de Diversiones o en estado deficiente como la terminal de León XIII en San José. La localización de los tipos de paraderos no parece obedecer una ubicación geográfica o a un municipio. En las Figuras 3.12, 3.13 y 3.14 se presentan ejemplos de los paraderos mencionados.



Figura 3.12: Ejemplo de paradero techado



Figura 3.13: Ejemplo de paradero no señalizado

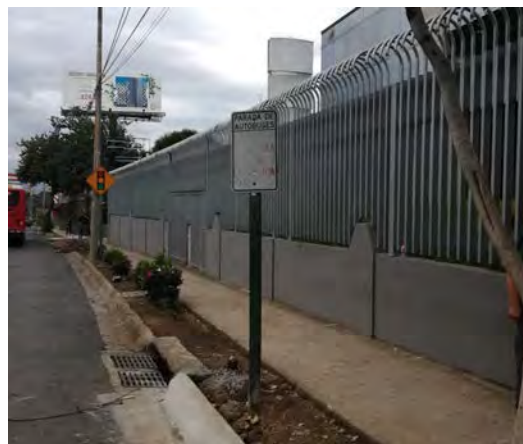


Figura 3.14: Ejemplo de paradero con señalización vertical

3.4. Servicios especiales e informales

Durante el Estudio de Frecuencia y Carga Puntual, se observó que por el sector analizado transitaba una cantidad importante de servicios especiales e informales. Debido a lo anterior, se decidió realizar un pequeño muestreo, no estadístico, que permitiera ilustrar la condición del sector con respecto a este tipo de servicios, como base para un futuro estudio a profundidad.

Debido a lo anterior, el día jueves 20 de junio se realizó un muestreo en el sector de la Uruca de 3:30 p.m. a 7:00 p.m. y el día jueves 4 de julio se muestreó el sector Pista de 3:30 p.m. a 6:00 p.m. El primer resultado obtenido fue la frecuencia de los servicios, esta se presenta el Cuadro 3.20.

Cuadro 3.20: Frecuencia observada de los servicios especiales durante el muestreo

Hora	Frecuencia (servicio especial/hora)			
	sector Pista		sector Uruca	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1	Sentido 1-2	Sentido 2-1
3:00 PM	13	30	-	-
4:00 PM	55	108	17	9
5:00 PM	13	58	9	14
6:00 PM	-	-	11	11

Se observa que el sector Pista tiene considerablemente un volumen mayor que el sector Uruca, llegando a ser hasta un máximo de 108 buses/hora. Este valor resulta muy similar a la frecuencia de los servicios regulares de todos los ramales del sector juntos (117 buses/hora), según la Sección 3.3.3.5. Es decir, la frecuencia reportada en los servicios especiales es considerablemente mayor al de todos los ramales.

Por otra parte, según lo constatado en campo, la mayoría de servicios especiales poseían alguna rotulación de zonas francas y campos empresariales en el sector. Aunado a esto, como se observar en el Cuadro 3.20, durante la hora pico de la tarde la mayor parte de los servicios especiales reportados se dirigen hacia San José, por lo que se sugiere que los pasajeros no viven en el sector analizado.

La siguiente característica registrada es el tipo de unidad con la que se brinda el servicio. Según se observa en la Figura 3.15, cerca del 30 % de los viajes son dados por buses regular (9 a 11 m de largo), por lo que, se puede deducir que el volumen de usuarios de los servicios especiales podría ser mayor que el volumen de usuarios transportados por algunos de ramales del servicio regular, al tener una frecuencia mayor y buses de tamaño similar.

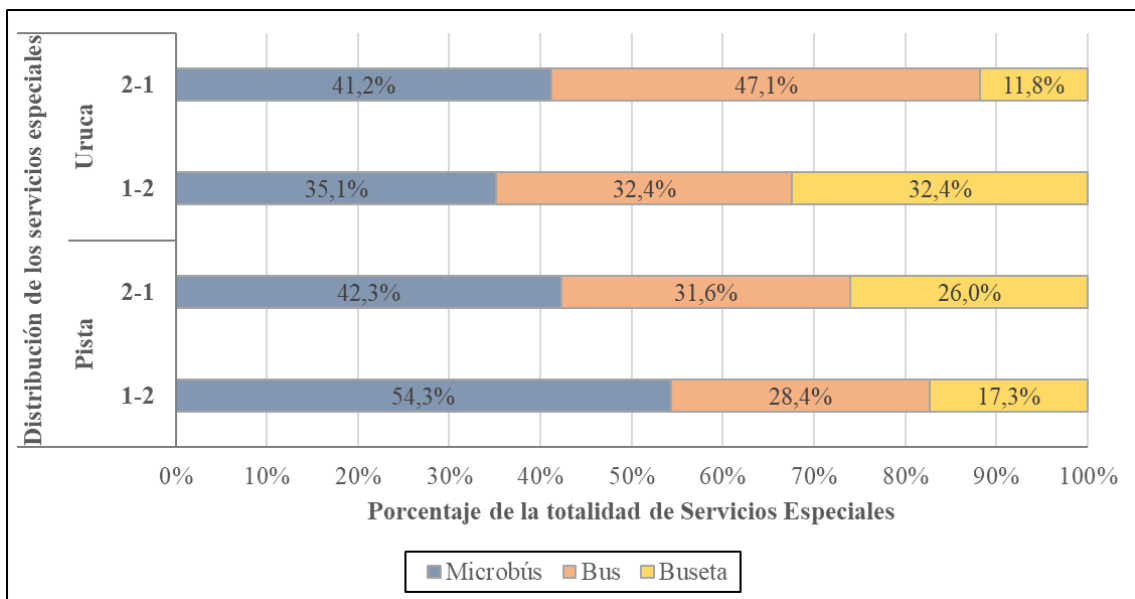


Figura 3.15: Distribución de los servicios especiales registrados según el tipo de vehículo registrado

Según se observa en la Figura 3.15, el servicio se brinda en mayor medida con microbuses, seguido por buses regulares y finalmente con busetas. Cabe resaltar que no se midió la capacidad de los buses ni el número de pasajeros, por lo que no se puede realizar una estimación de la demanda de viajes.

Se anotó el distintivo impreso en el vehículo que lo clasifica como: servicio especial, transporte de estudiantes o servicio de turismo. Los servicios especiales, como se observa en la Figura 3.16, corresponden a un 76.5 % de los vehículos registrados. El segundo servicio con mayor observación fue el de turismo y, por último, los servicios estudiantiles. No obstante, se constató que cerca del 30 % de los servicios estudiantiles no transportaban niños o adolescentes sino personas adultas, por lo que podrían no estar operando como Transporte de Estudiantes sino como servicios especiales, aunque su rotulación indique lo contrario.

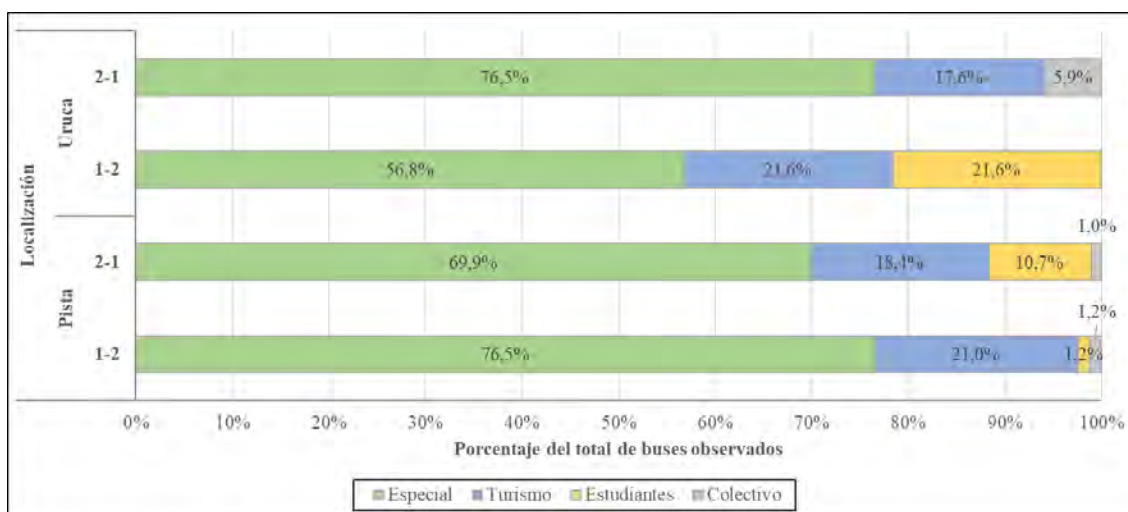


Figura 3.16: Distribución de los servicios especiales según la clasificación que les brinda el CTP

Se registró la presencia de transporte ilegal de personas, comúnmente conocidos como colectivos. Se logró localizar 2 paradas importantes de los colectivos en San José: costado norte de la Iglesia de la Merced y 100 m norte de la terminal León XIII. Estos servicios, según se observó en campo, se ofrecen a los usuarios en las paradas regulares de autobús y esperan a que el vehículo se encuentre a capacidad para dirigirse a su destino. Se apreciaron recorridos hacia León XIII, Migración, Hospital México y Carpio.

Hasta un 21,2 % de los viajes registrados como servicio especial, como se aprecia en la Figura 3.17, estaban siendo operados con unidades no señalizadas para este fin, que poseían placas regulares de transporte público y una señalización en su parte frontal que indicaba que se dirigían hacia zonas francas como Global Park. Esta última siendo de suma importancia, debido a que se reportó una frecuencia máxima de hasta 4 buses/hora y una mínima de 2 buses/hora durante los muestreos regulares del Estudio de Frecuencia y Carga Puntual. No se investigó si las placas de estos buses se encontraban actualmente autorizadas por el CTP para el servicio de transporte público.

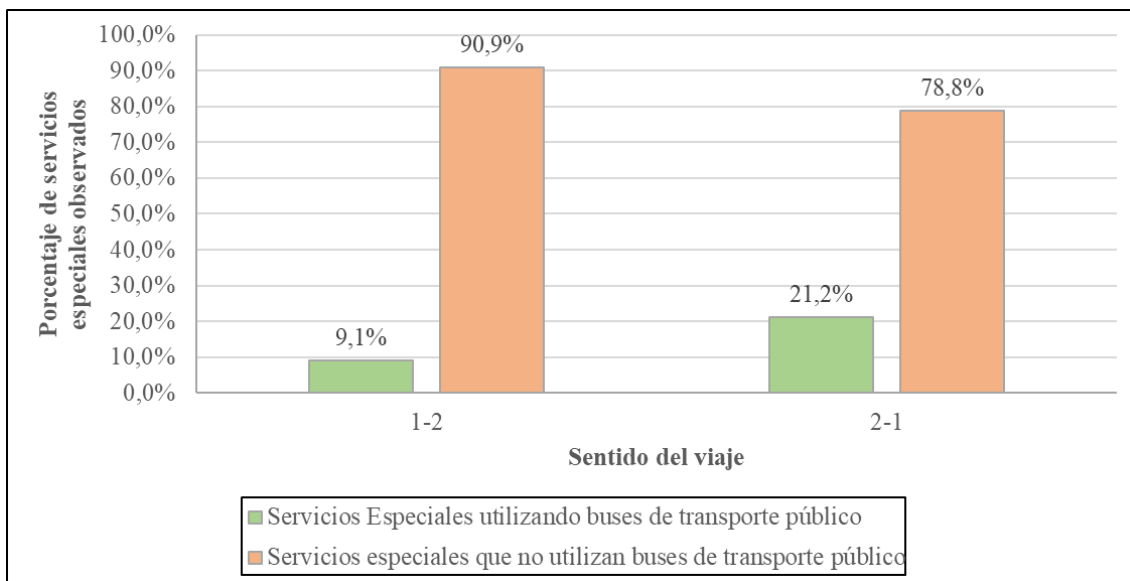


Figura 3.17: Porcentaje de los servicios especiales observados que utilizaron una unidad de transporte público autorizada

La presencia tan marcada de los servicios especiales e informales en el sector es un síntoma de lo observado en secciones anteriores: el sistema no se adapta a las necesidades del usuario por los problemas de trazado, frecuencia, tiempos de viaje, velocidad comerciales, cobertura, estado físico de las paradas, entre otros. Por esto, los posibles usuarios tienden a hacer uso de sistemas alternativos al transporte público, disminuyendo su demanda y rentabilidad. Se deben implementar mejoras urgentes, que le permitan cubrir las necesidades de los usuarios y absorber la demanda que los servicios especiales e ilegales brindan actualmente.

3.5. Caracterización socioeconómica del sector Uruca-Heredia

A continuación, se presenta una breve descripción de las características socioeconómicas del sector. El análisis incluye la caracterización de la población con los datos del Censo 2011 del INEC (2011b) y la zonificación de los distritos en el área de estudio, según cada municipalidad responsable.

Esta sección no puede ser utilizada para extrapolar las posibles relaciones obtenidas entre variables socioeconómicas y el uso del transporte público del AMSJ. Para ello, se debe realizar un estudio exhaustivo, ajeno a los objetivos de este trabajo, que permita verificar las relaciones señaladas.

3.5.1. Descripción de la población de estudio

3.5.1.1. Metodología empleada

Para la descripción de la población se analizaron 1 731 Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM), del Censo 2011 (INEC, 2011b), correspondientes a los distritos de estudio. Además, se supondrá que cada UGM se encuentra servido por la parada del STP más cercana, determinada con un análisis de proximidad mediante el centroide geométrico de cada UGM y un archivo de calles corregido topológicamente. También se tomaron los siguientes supuestos:

- Toda la población de un UGM se movilizará a la parada más cercana al centroide del UGM, sin considerar el tamaño del mismo o si la parada es intermedia o terminal.
- Todas las calles poseen aceras y son caminables, por lo que cualquier peatón puede utilizarlas.
- Existe competencia entre muchos ramales por la duplicidad del servicio explicada en la Sección 3.3.3, por lo que existirán ramales que comparten poblaciones.
- Como se observó en la Sección 3.1.1, todas las rutas del sector atraviesan el distrito Uruca, siendo esta la zona que presenta la mayor competencia. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 3.12, la Ruta 10 posee una tarifa mucho menor y, como se observa en la Sección 3.1.1, frecuencias más altas que las otras rutas, por lo que, tomando un usuario racional, se supondrá que toda la demanda del distrito se verá cubierta por la Ruta 10, única y exclusivamente.

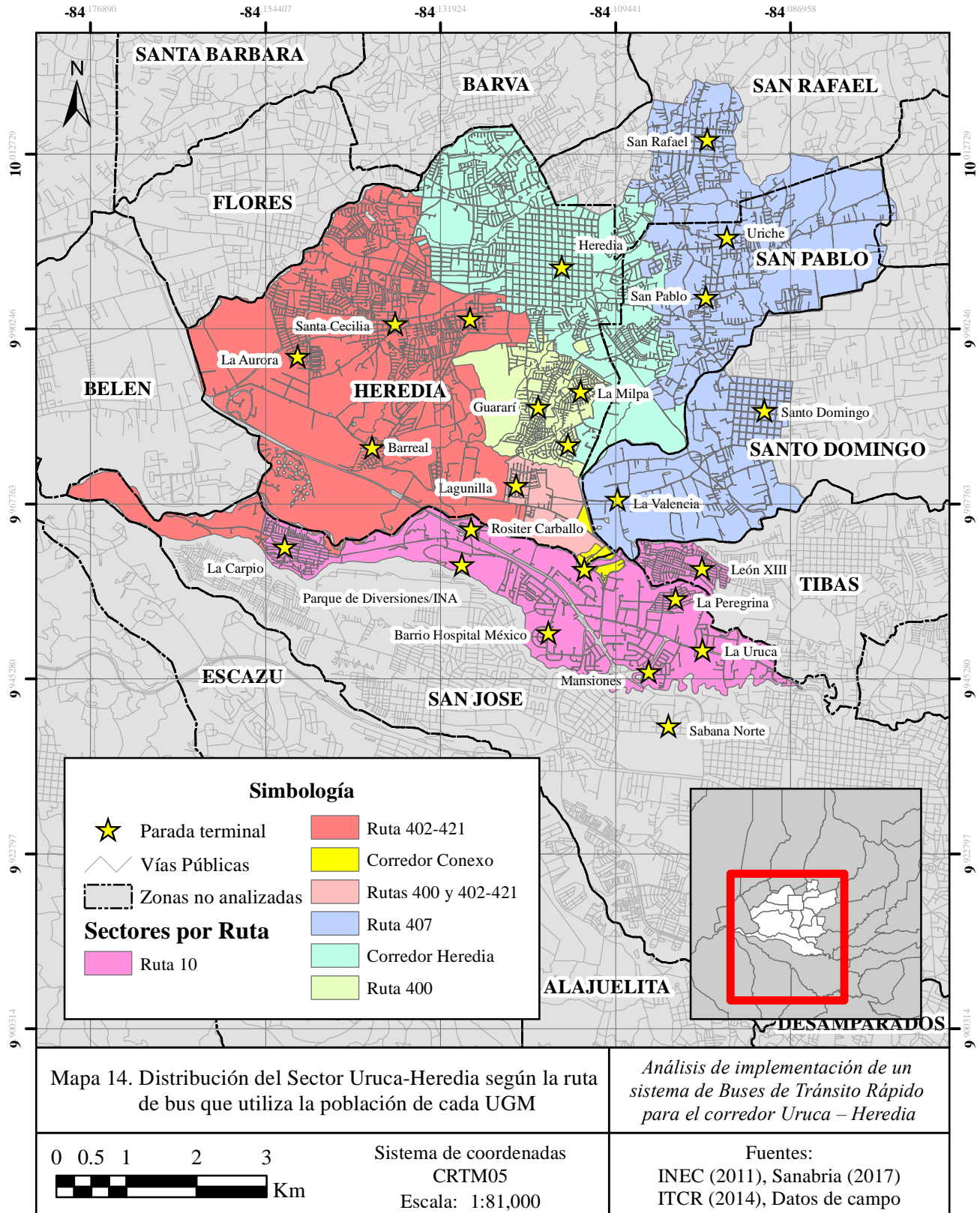
Con base en los supuestos anteriores se elaboró el Mapa 14, en donde se observa el área que abastece cada una de las rutas. Se presentan 3 corredores comunes: el Corredor Heredia que es compartido por las rutas 400 y 400 BS y corresponde a los distritos Heredia y parte de San Francisco; el corredor Conexo que comparten las Rutas 400, 400 BS, 402-421 y 407 y corresponde al tramo entre La Valencia y La Pozuelo; por último, Lagunilla que es abastecida por las Rutas 400 y 402-421. El área total que le corresponde a cada Ruta, así como la fracción que esta representa del total del sector, se expone en el Cuadro 3.21.

Cuadro 3.21: Área abastecido por cada ruta según la paradas del STP más cercana a cada UGM

Zona de análisis	Área total (km ²)	Porcentaje del sector Uruca-Heredia
Ruta 402-421	14.5	31.6 %
Ruta 407	13.1	28.5 %
Corredor Heredia	7.9	17.2 %
Ruta 10	6.9	14.9 %
Ruta 400	2.3	5.0 %
Rutas 400 y 402-421	1.1	2.3 %
Corredor Conexo	0.2	0.4 %
Total general	46.0	100.0 %

Como se observa en el Cuadro 3.21, la ruta con mayor cobertura es la 402-421 que representa el 31.6 % de todo el sector, seguida por la Ruta 407 que representa el 28.5 %. Cabe resaltar que, según la Figura 3.2 y el Cuadro 3.21, aunque las Rutas 10 y 400 son las que tienen las menores áreas de servicio, estas son las que cuentan con mayor demanda promedio mensual de viajes en transporte público del sector, lo cual puede deberse a factores ajenos al sistema de transporte público como la distancia de caminata o las características socioeconómicas de la población abastecida, como se verá más adelante.

Con base en los supuestos presentados con anterioridad, la población del sector se distribuyó entre las rutas de análisis, considerando los subsectores del Mapa 14. Esto permite establecer las características socioeconómicas que más adelante se utilizarán para describir a las poblaciones abastecidas. La variación de los subsectores puede suponer una variación en las características socioeconómicas encontradas.



3.5.1.2. Distancia de caminata actual

Cuadro 3.22: Características estadísticas de la distancia entre los centros de los centroides de los UGM y la parada más cercana del STP de las rutas analizadas

Sentido del viaje	Sentido 1-2	Sentido 2-1	Total general
Mediana (m)	307.8	385.2	339.9
Promedio (m)	492.9	599.3	546.1
Desviación estándar (m)	502.1	590.5	550.6
Máximo (m)	3 658.3	3 359.3	3 658.3
Mínimo (m)	0.3	0.3	0.3
Percentil 85 (m)	925.2	1 160.1	1 065.5

En los Mapas 15 y 16 se ilustra de manera gráfica la distancia entre los centroides y la parada de las rutas analizadas más cercana. A su vez, en el Cuadro 3.22 se presentan las principales estadísticas obtenidas. La mayor parte del sector presenta una distancia de caminata menor a los 525 m: en el sentido 1-2 un 69.0 % de los UGM caminan como máximo dicha distancia y en el sentido 2-1 el número disminuye al 61.8 %. Por otra parte, como las medianas son menores que el promedio, se puede asegurar el mayoría de las distancias de caminata son menores al promedio.

Se tienen valores máximos de caminata superiores a 10 veces el promedio, lo que ocasiona que la media se desplace hacia valores más altos y que las desviaciones estándar sean el doble del promedio. Sin embargo, para ambos sentidos del viaje más el 85 % de los UGM posee una distancia menor a 1.1 km entre su centroide y la parada del STP analizado más cercana, como se aprecia en el cuadro. Por lo tanto, solo el 15 % de los UGM poseen distancias de caminata entre 1.1 km y 3.7 km.

En los Mapas 15 y 16 se observa que las áreas con caminatas mayores se encuentran en las partes externas del sector y en las zonas con problemas de cobertura de la Sección 3.3.1. También se observa que la mayoría de los UGM poseen distancias menores a 1 km, reforzando lo dicho anteriormente con respecto al percentil 85.

Considerando que cada UGM presenta una distancia de caminata diferente y que cada ruta de autobús sirve a diferentes UGM, tal y como mostró en el Mapa 14, se puede calcular la distancia de caminata promedio para cada ruta, como se aprecia en la la Figura 3.18.

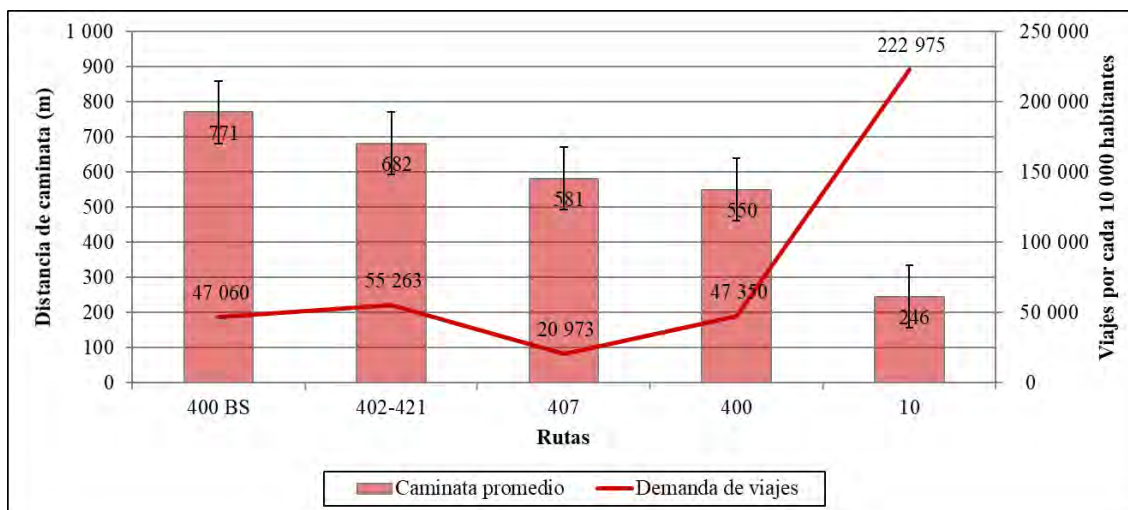
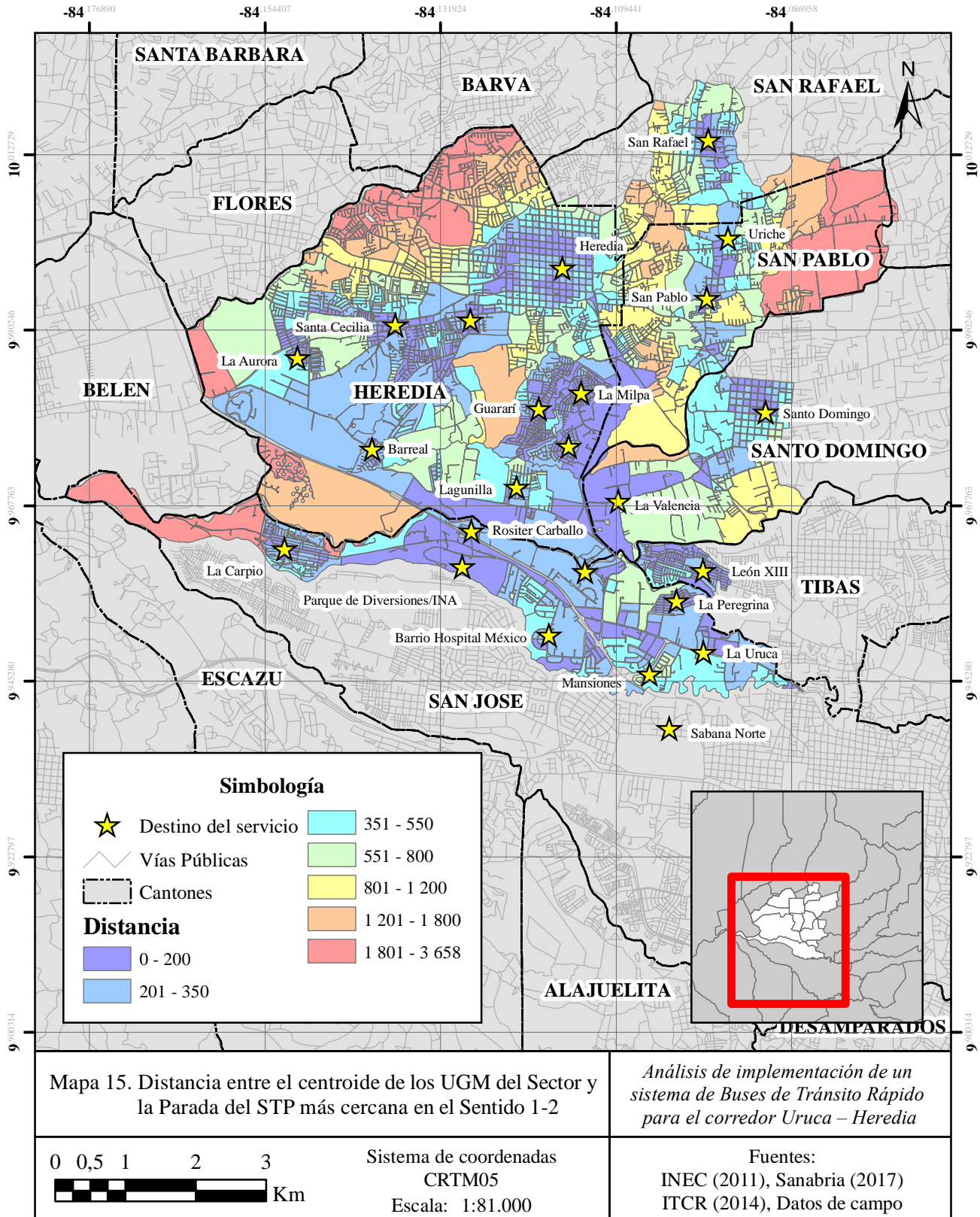
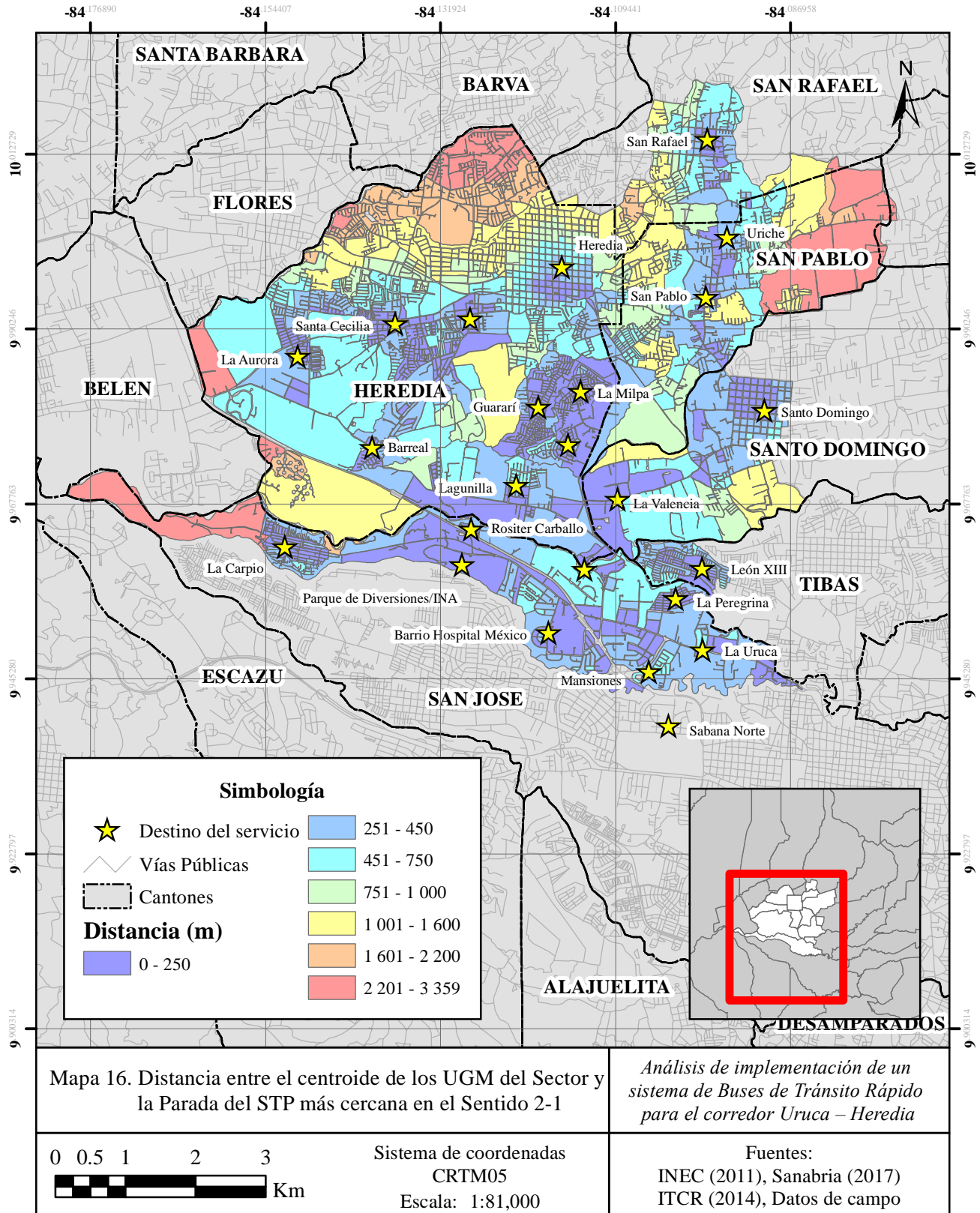


Figura 3.18: Comparación entre las distancias de caminata promedio y la Demanda Mensual Promedio Reportada por cada 10 000 habitantes de cada ruta
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018)

En la Figura 3.18 se tiene una posible relación entre la distancia de caminata y la demanda viajes; de manera que, mientras más crece la distancia, más disminuye la demanda. Este comportamiento puede deberse a que los usuarios consideran el tiempo total de traslado, incluyendo el tiempo de caminata, el tiempo de espera y el tiempo de viaje. Entonces, al crecer la distancia de caminata se desincentiva el uso del medio porque que crece el tiempo de caminata y, con este, el tiempo traslado.

Asimismo, la Figura 3.18 revela que todas las rutas analizadas, exceptuando la Ruta 10, presentan distancias de caminata promedio mucho mayores a 525 m, lo cual desincentiva su uso. Dichas distancias pueden disminuir debido a la existencia de rutas no consideradas dentro de este estudio; sin embargo, como el sistema actual no se diseñó para facilitar los trasbordos, su mera existencia no significa un alivio al usuario, ya que su tiempo de viaje sigue sin ser eficiente, resultando más atractivo el uso del transporte privado, los servicios especiales o los servicios informales.





3.5.1.3. Cantidad de habitantes

Según los datos del INEC, al año 2011 en el sector analizado vivían 315 260 personas, distribuidos en una zona completamente urbana. De ellos, en promedio, un 47.7 % corresponden a hombres y un 52.3 % a mujeres. En la Figura 3.19 se presentan la totalidad de los habitantes divididos entre cada una de las rutas.

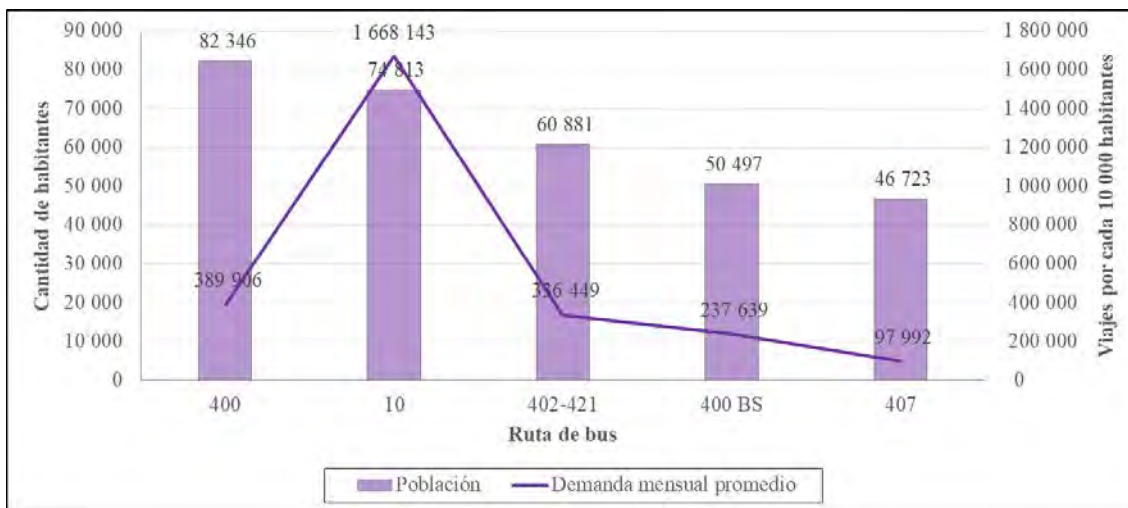


Figura 3.19: Comparación de la demanda promedio mensual y la cantidad de habitantes de cada ruta
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) e INEC (2011b)

La Figura 3.19 sugiere que, en el sector analizado, la cantidad de habitantes puede influir en la cantidad de viajes mensuales promedio que se presentan cada una de las rutas analizadas. De esta manera, las rutas con mayor cantidad de habitantes en su zona de influencia suelen tener una mayor cantidad de viajes totales. Así pues, en la zona de influencia de la Ruta 400 habitan cerca del 26.1 % de todos los habitantes del sector (82 346 personas) y, a su vez, dicha ruta absorbe el 14.3 % de los viajes generados. Obviando la Ruta 10, el siguiente servicio con mayor demanda y población es la Ruta 402-421: 19.3 % de los habitantes y el 12.3 % de los viajes.

¿Qué sucede con la Ruta 10? Esta no sigue la tendencia en la Figura 3.19, ya que, aunque solo contiene el 23.7 % de los habitantes abastece el 61.1 % de los viajes generados. Se puede deber a una combinación de factores:

- La Ruta 10 abastece a La Uruca, el cual es un atractor de viajes por su zona industrial. Por lo tanto, el sector no debe comportarse como un distrito dormitorio sino como un atractor importante de viajes, como se evidencia en las Secciones 3.3.3.10, 3.5.2 y 4.1.

- La ruta abastece atractores de viajes muy importantes en el AMSJ como el Hospital México, el Parque de Diversiones y Migración y Extranjería; por lo que los viajes generados pueden deberse a las personas que no viven en el sector y deben desplazarse hacia dichos puntos.
- Como se vio en la Sección 3.3.3, la Ruta 10 posee la menor tarifa de todas las rutas y las mejores frecuencias e intervalos de operación, por lo que resulta más atractiva para realizar viajes a las zonas compartidas.

En el caso de los ramales Heredia por Pista y por Uruca, también hay que considerar que existe la ruta Heredia por Tibás, la cual puede absorber parte de los usuarios de las Rutas 400, 400 BS y 407, ya que también se dirige hacia San José. Debido a estos, puede existir una distorsión en las demandas de las poblaciones abastecidas por dichas rutas ya que tienen una mayor oferta del transporte.

En el Mapa 17 se puede observar cómo se distribuye la totalidad de la población del sector. Como se observa, los UGM con mayor población se ubican en las zonas de La Carpio y La Uruca, seguido por La Milpa, Guararí y Santa Cecilia. Existe una alta concentración de habitantes en la zona de oeste de los cantones de Heredia y San Pablo.

3.5.1.4. Densidad poblacional

El sector presenta una densidad población media de 5 965 hab/km², un máximo de 320 189 hab/km² y un mínimo de 27 hab/km², obviando los UGM sin población. El 50 % de los UGM poseen una densidad menor a los 9 962 hab/km², el cuartil 1 corresponde a 3 511 km² y el cuartil 3 corresponde a 21 229 hab/km². Con base en los estadísticos anteriores, se puede deducir que las densidades de los UGM tiene una asimetría negativa, es decir, la mayoría de los UGM tiene valores tiene densidades menores al promedio del sector y existen pocos UGM con densidades muy altas.

Este comportamiento se ve reflejado de manera gráfica en el Mapa 18, donde la mayor parte del sector analizado presenta un color homogéneo y verdoso, lo cual es reflejo de las densidades poblaciones similares en todo el sector. Sin embargo, la densidad poblacional de la Carpio es muchísimo mayor que la del resto, por lo que los colores de sus UGM tienden a ser naranjas y rojos. Otras poblaciones con densidades considerables corresponden a León XIII, Peregrina, Guararí y La Aurora.

Por otra parte, en la Figura 3.20, se presenta una comparación entre la densidad promedio de las áreas servidas de cada ruta y con la demanda de viajes promedio mensuales por cada 10 000 habitantes. La Figura 3.20 sugiere que, para el sector analizado, mayores densidades pueden significar un factor que favorece el uso del STP.

Esto se puede deber a que la población se encuentra menos dispersa y a que las distancias de caminata son menores, según lo explicado en la Sección 3.5.1.2. Esta suposición se ve respaldada al comparar los Mapas 15 y 16 con el Mapa 18, ya que se aprecia que las zonas más densas son aquellas con distancias de caminata menores.

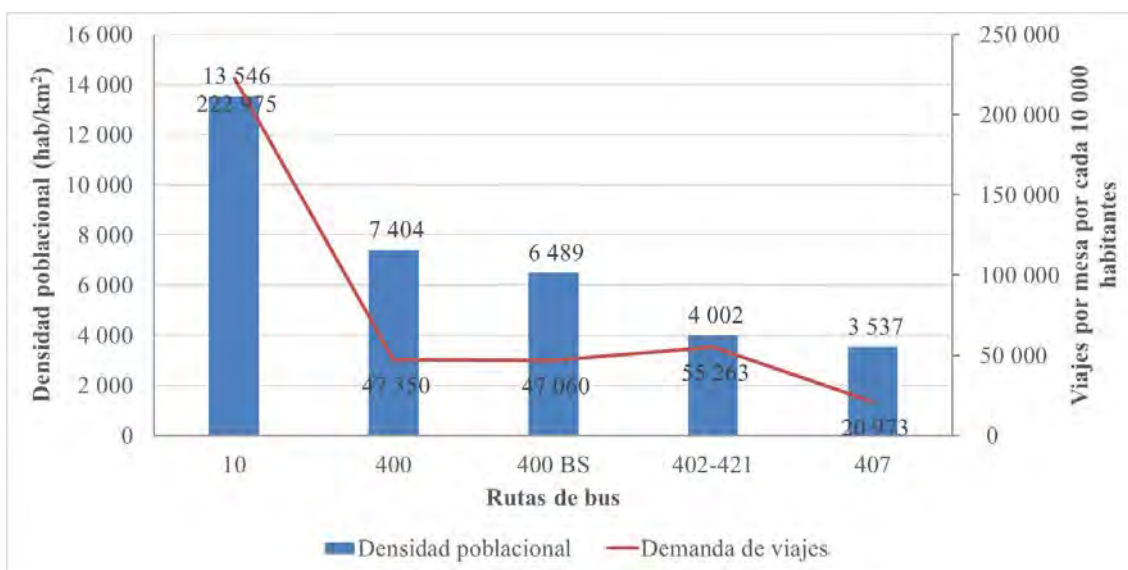
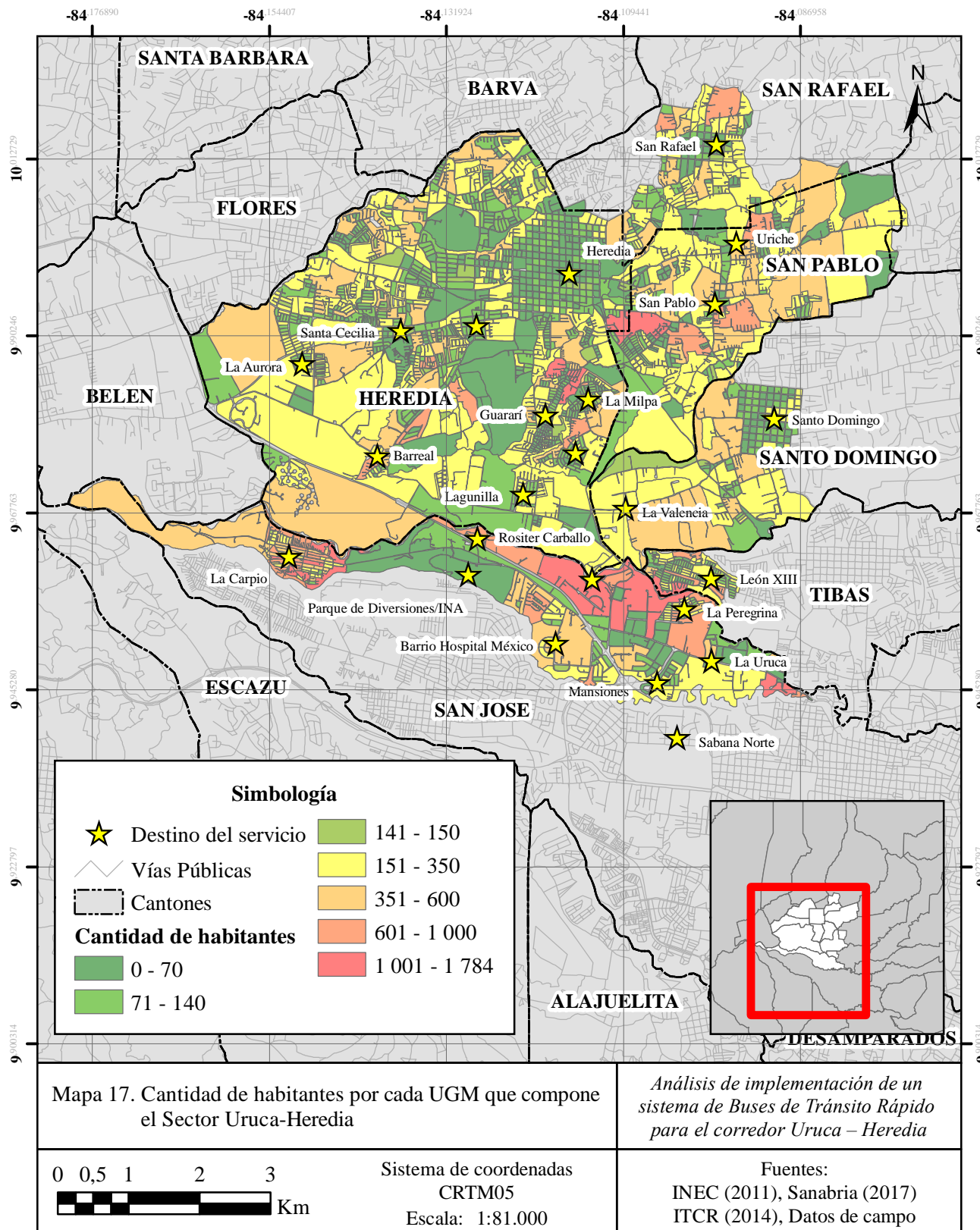
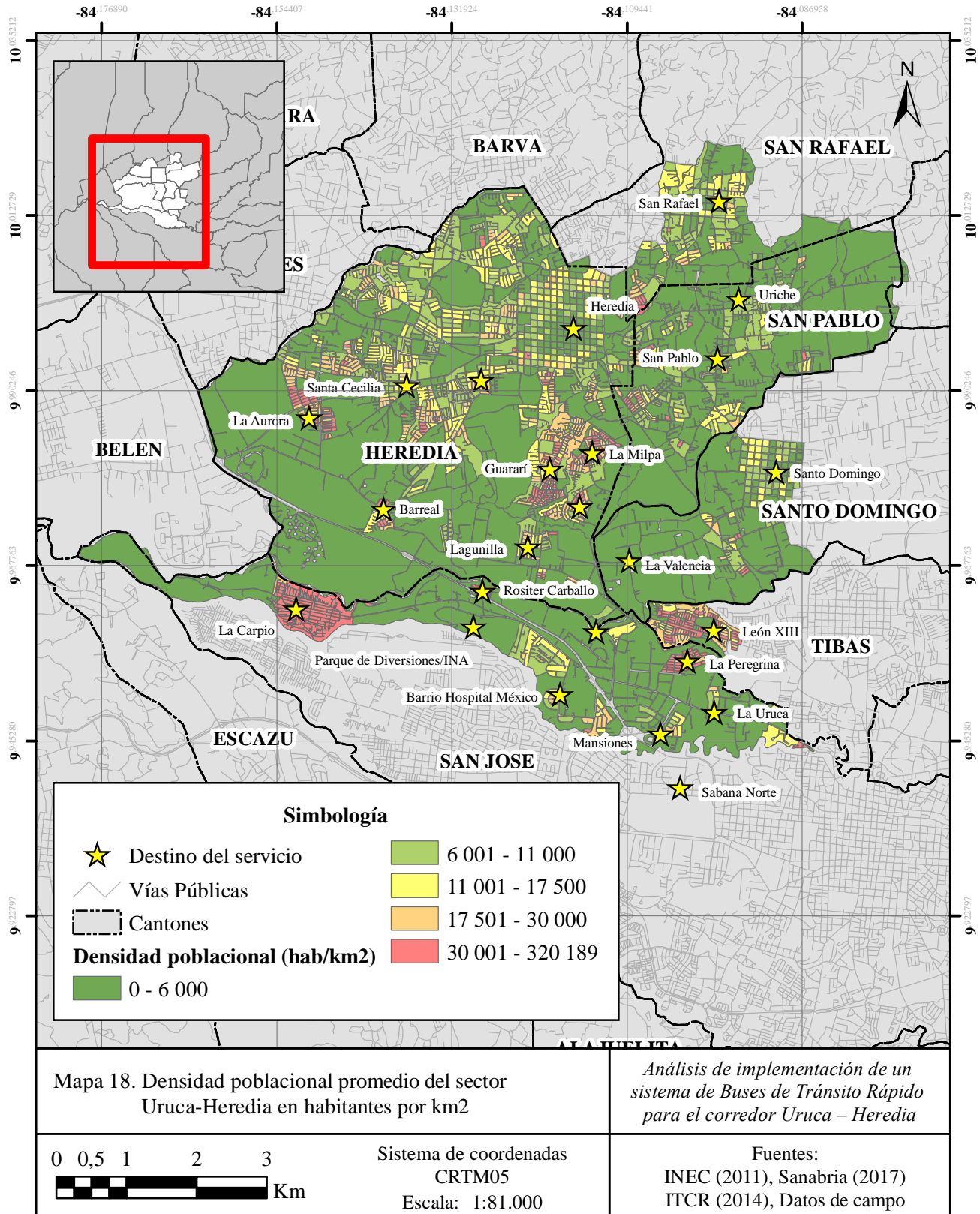


Figura 3.20: Comparación de la densidad poblacional con la demanda mensual promedio de cada ruta
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) e INEC (2011b)

De esta manera, la Ruta 10 posee la mayor densidad promedio, 13 546 hab/km², y genera la mayor cantidad de viajes. Las Rutas 400, 400 BS y 402-421 poseen densidades poblacionales similares y la cantidad de viajes generados ronda el mismo orden de magnitud (50 000 viajes aproximadamente), y la Ruta 407 es la que posee menor densidad poblacional y menor cantidad de viajes por mes por cada 10 000 habitantes.

Cabe resaltar que, como se mencionó, el sector de La Carpio posee la mayor densidad poblacional de todo el sector y, observando el Cuadro 3.7, los ramales que abastecen a esta población son aquellos que poseen la mayor cantidad de viajes totales de todo el sector analizado.





3.5.1.5. Descripción etaria

De la población analizada del sector, el 61.5 % de las personas poseen una edad entre los 18 y 59 años, el 11 % corresponde a población con una edad de 60 años o más, el 20.5 % corresponde a población en edad escolar (5 a 17 años) y el 7.0 % restante corresponde a niños menores a los 4 años de edad.

En la Figura 3.21 se caracteriza la población según su edad para cada ruta. En ella se destaca que todas las rutas poseen porcentajes similares en cada uno de los rangos establecidos. En todas las rutas aproximadamente el 60 % de la población tiene una edad entre los 18 y 59 años y el menor porcentaje correspondiente a las edades entre 0 y 4 años, con un porcentaje máximo del 9 %.

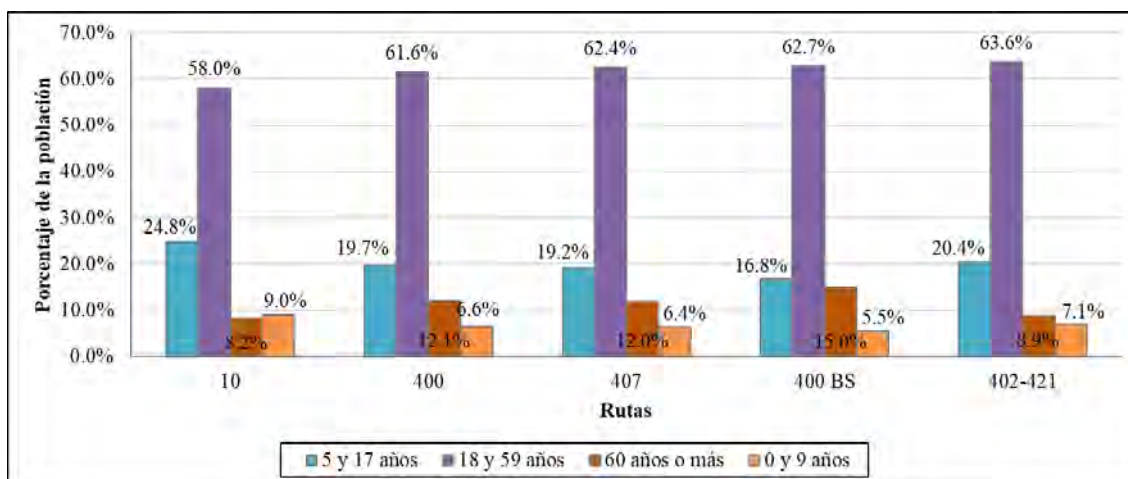


Figura 3.21: Descripción de la población del sector analizado según su edad
Fuente: elaboración propia con datos de INEC (2011b)

La población que se encuentra en el área de influencia definida para la Ruta 10 posee una mayor proporción de personas en edad escolar que las otras rutas (24.8%). A su vez, la población servida por la Ruta 400 BS tiene un aumento inusual en la cantidad de personas con edades superiores a los 60 años: 4 puntos porcentuales sobre el promedio de todo el sector. Los resultados de cada una de las rutas difiere muy poco de los resultados generales del sector.

Se relacionaron los viajes reportados de adultos mayores por cada 10 mil habitantes con la proporción de adultos mayores de cada ruta, de manera que, en las Rutas 402-421, 10, 407 y 400 BS se observa un aumento de la proporción de viajes de adultos mayores reportados cuando la proporción de adultos mayores en la población aumenta. No obstante, la Ruta 400 sigue la tendencia general, ya que, su proporción de adultos mayores es más alta que la de otras rutas con más viajes de adultos mayores por cada 10 mil habitantes. Para explicar dicho fenómeno se sugiere un estudio a profundidad del tema.

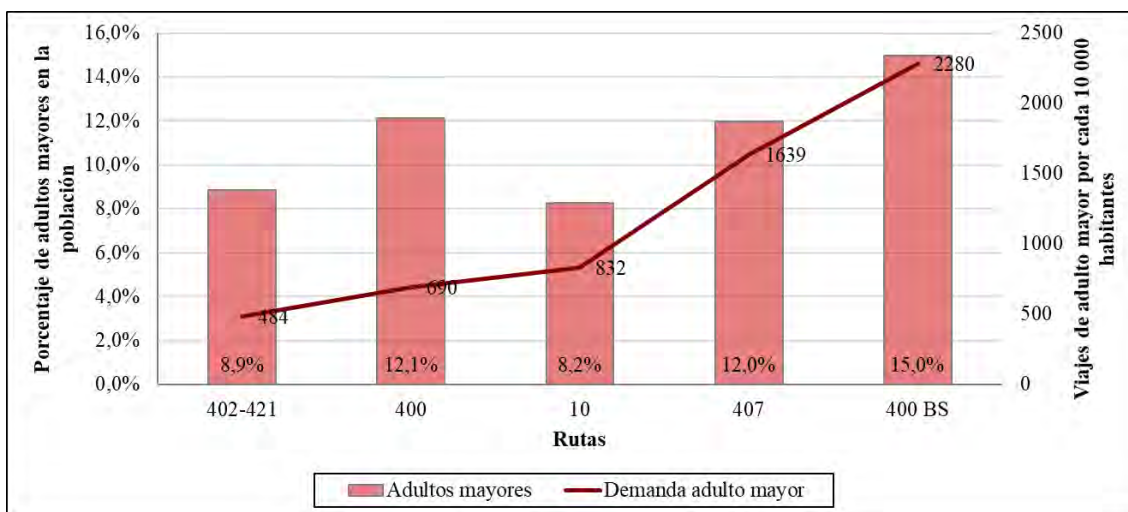


Figura 3.22: Cantidad de adultos mayores que viven en la zona de influencia de cada ruta
Fuente: elaboración propia con datos de INEC (2011b)

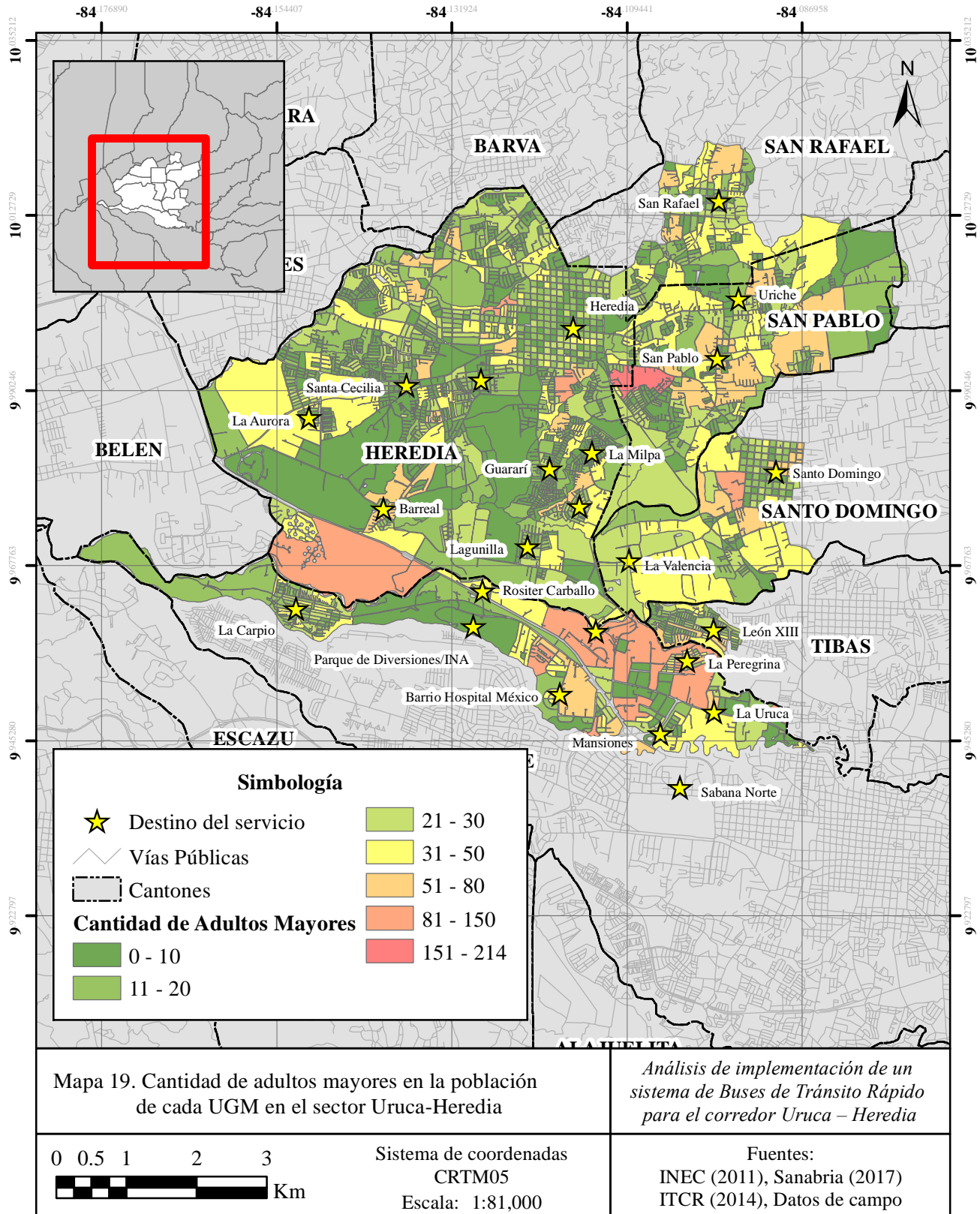
Por último, en el caso de la Ruta 10 se esperaba un aumento de la proporción de viajes de adulto mayor debido a que esta ruta abastece al Hospital México. Sin embargo, el aumento observado es pequeño, superando solamente la 402-421: aunque tiene 0.7 puntos menos en la proporción de adultos mayores, presenta más viajes.

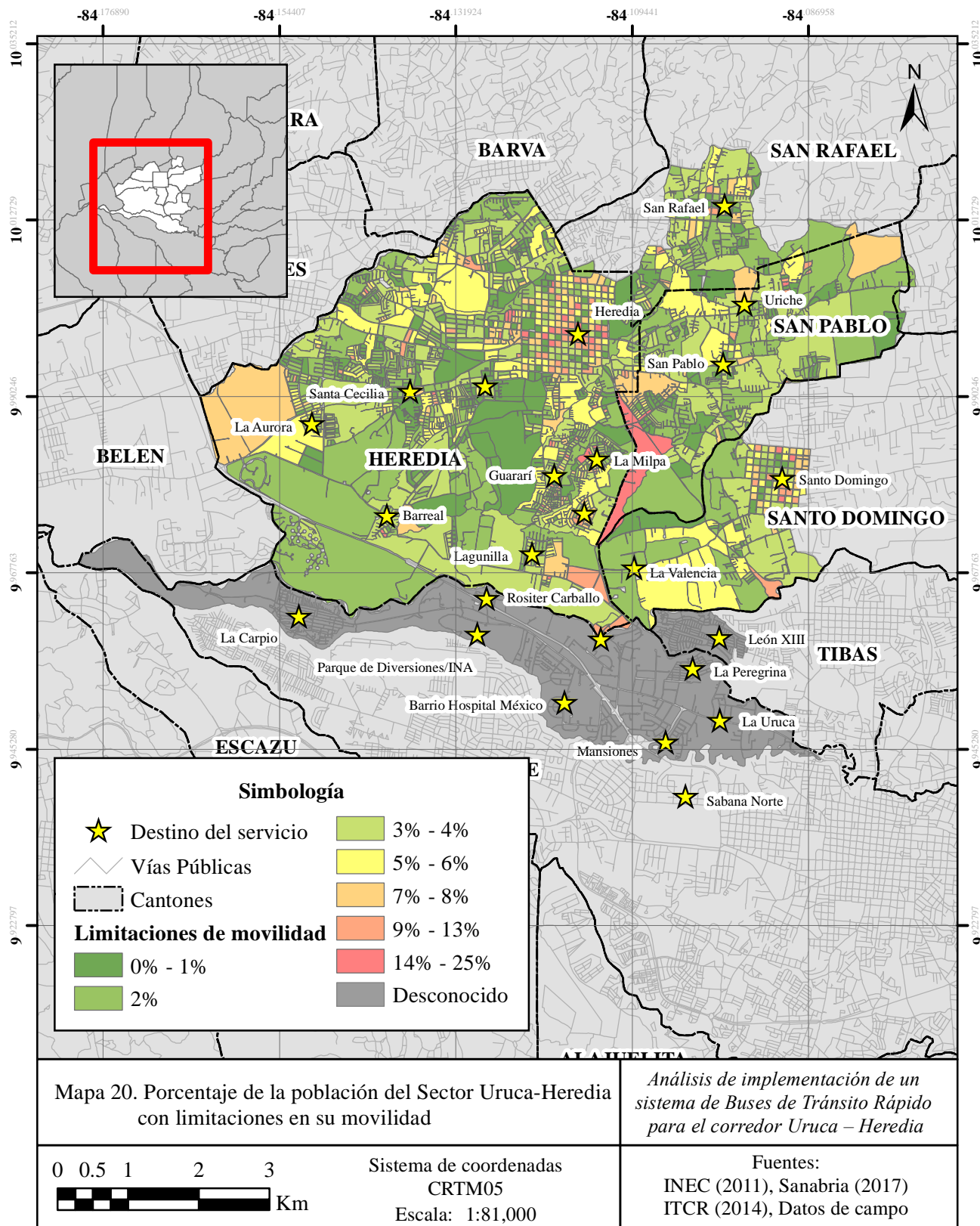
3.5.1.6. Poblaciones con limitaciones en su movilidad

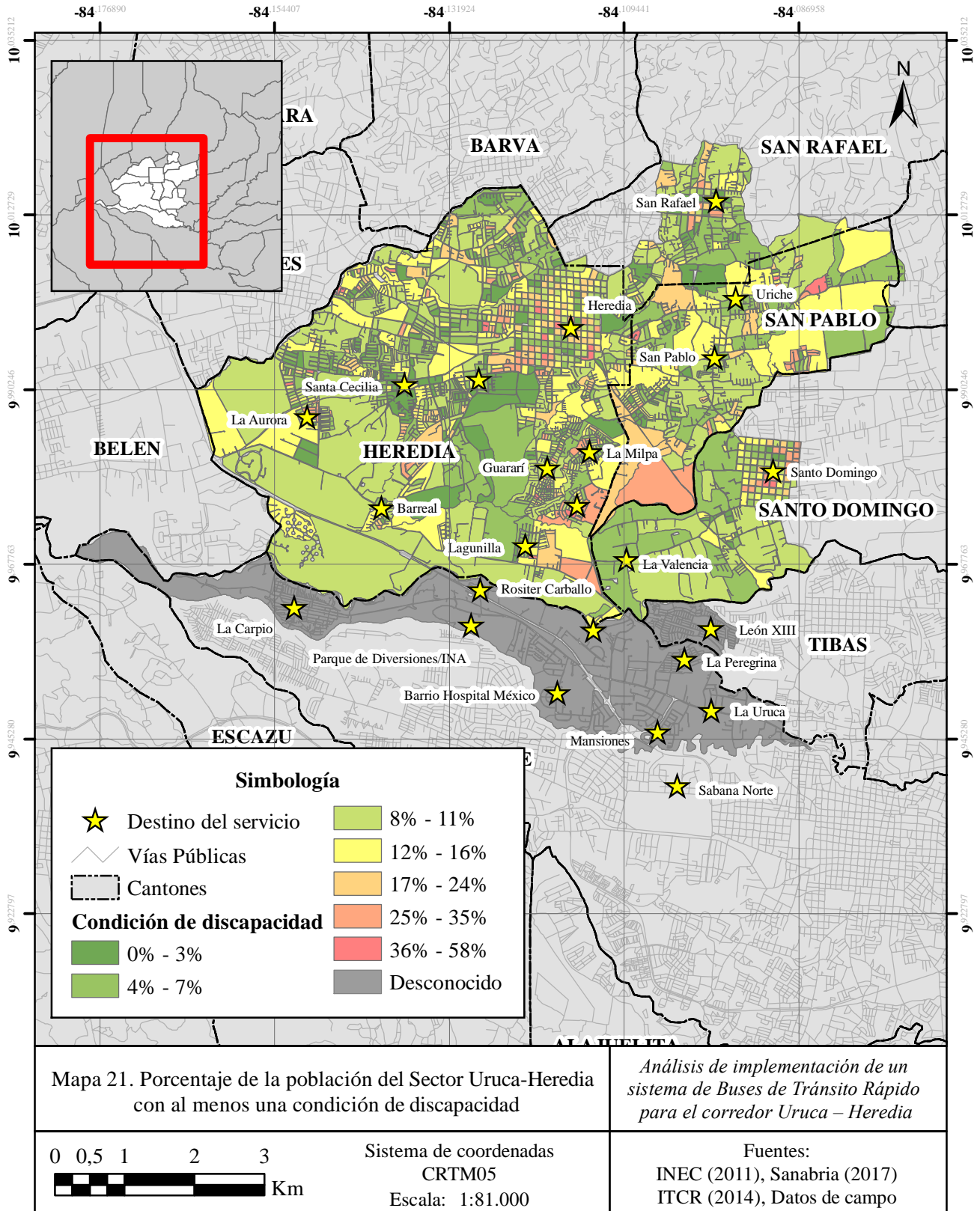
Para el diseño del Sistema BRT se desean tomar en cuenta las población que pueden llegar a presentar problemas de movilidad, debido a que, por su condición pueden sufrir problemas de accesibilidad. El análisis a realizar debe estar enfocado en prestar el servicio a estas poblaciones, utilizando distancias de caminata menores. Por dicho motivo se adjuntan los Mapas 19, 20 y 21. Cabe resaltar, no se cuenta con la información sobre limitación de movilidad y condición de discapacidad de los Distritos Uruca y León XIII, por lo que se indican como Desconocidos.

En el Mapa 19 se refleja la cantidad de adultos mayores en cada uno de los UGM. Se observa que en las Rutas 402-421 y 407 este tipo de población se concentran en pocos UGM con altas densidades, a diferencia de las Rutas 400 y 400 BS que poseen más adultos mayores, pero estos se encuentran distribuidos en un espacio mayor. La Ruta 10 concentra su población adulta mayor en las zonas centrales de la Uruca, teniendo población más joven en la Carpio y León XIII.

En el Mapa 20 se aprecia la proporción de la población que presenta problemas de movilidad y en el Mapa 21 se encuentra el porcentaje de la población que posee al menos una condición de discapacidad. En ambos mapas se puede apreciar que las condiciones de discapacidad y las limitaciones de movilidad se suelen concentrar en las mismas regiones, siendo más pronunciadas en Santo Domingo, Heredia, Los Lagos, La Milpa y San Rafael.







3.5.1.7. Acceso a vehículo particular y motocicleta

En promedio, un 37.5 % de las viviendas del sector cuentan con acceso a un automóvil. No obstante, la proporción de viviendas con vehículo tiene mucha variabilidad entre los UGM, por lo que en el Mapa 22 hay zonas con una tenencia muy alta y otras con una tenencia baja. Esto ocasiona que la proporción promedio de tenencia de vehículos en la zona de influencia de cada ruta sea diferente. Por ejemplo, según la Figura 3.23, los hogares abastecidos por la Ruta 400 BS tienen una proporción dos veces mayor que los hogares de la Ruta 10.

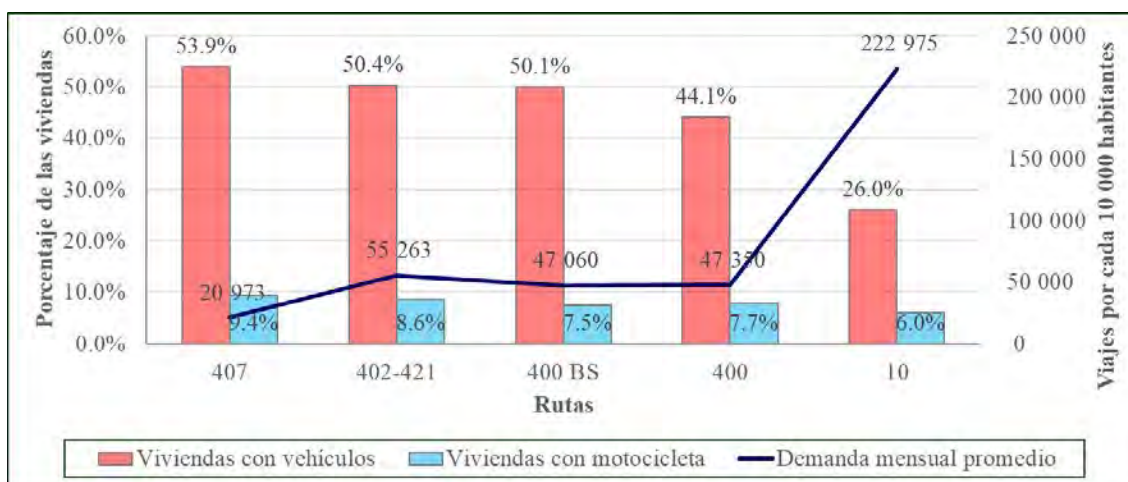


Figura 3.23: Proporción de viviendas que tienen acceso al vehículo privado y motocicleta para cada área de influencia de las rutas analizadas

Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) e INEC (2011b)

Al observar la Figura 3.23, es posible que exista una relación inversa entre la proporción de viviendas con vehículo y los viajes mensuales. Las rutas con porcentajes similares (402-421, 400 BS y 400) brindan cantidades de viajes en el mismo orden de magnitud. A su vez, la ruta con mayor proporción de viviendas con vehículos (Ruta 407) posee la menor cantidad de viajes proporcionales a su población. Lo contrario acontece en la Ruta 10, que posee la menor proporción de vehículos y tiene la mayor proporción de viajes. Esto puede deberse a que el acceso a un medio de transporte privado le permite a las personas desplazarse sin depender del STP.

En el Mapa 22 se presenta el porcentaje de viviendas con vehículo particular. En este mapa se observa que las mayores proporciones se dan cerca del Hospital México, en La Aurora, Santa Cecilia, Mercedes, San Rafael, Santo Domingo y San Pablo. Al comparar estas zonas con los Mapas 15 y 16, se observa que los sectores con mayor concentración de vehículos tienen distancias de caminata menores a los 525 m.

Las viviendas con acceso a motocicletas representan el 7.1 % del total. El porcentaje se mantiene constante entre las rutas, por lo que no existe una variabilidad en los datos de tenencia de motocicleta que permitan sugerir alguna relación entre la tenencia de motocicletas y los viajes en el STP.

3.5.1.8. Condición de pobreza en el sector Uruca-Heredia

Para el presente análisis se obvia los distritos de Uruca y León XIII, ya que no se cuenta con información de las fuentes consultadas. Según los datos del INEC (2011b), de la totalidad de la población en la zona de estudio, un 6.3 % de la misma se encuentra en la condición de pobreza. Según la Figura 3.24, la Ruta 400 es la que cuenta con una mayor proporción y el mayor número de personas en pobreza.

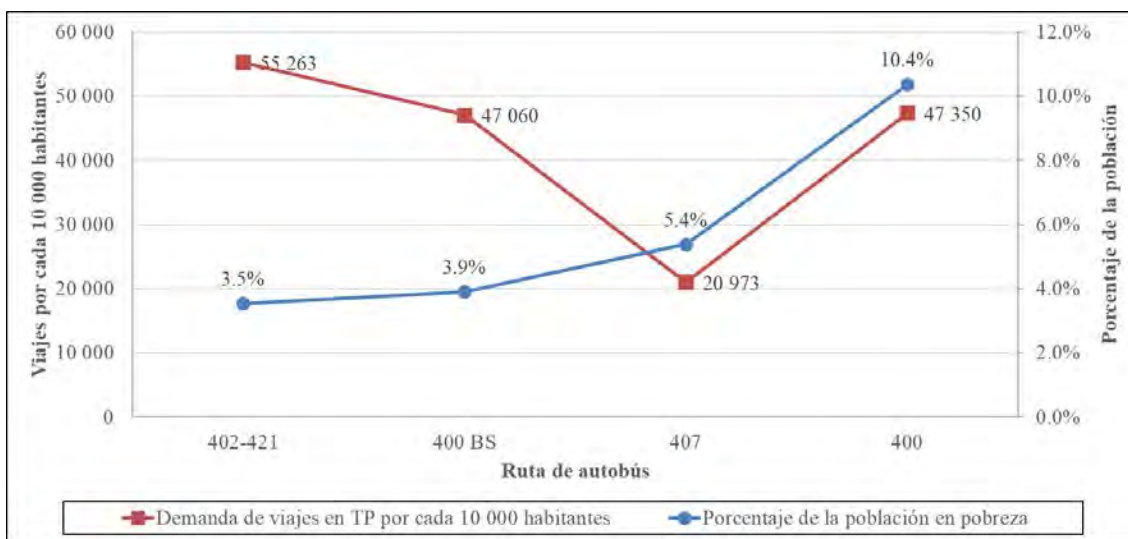


Figura 3.24: Proporción de la población servida por cada ruta que presenta condición de pobreza

Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) e INEC (2011b)

En la Figura 3.24, no se aprecia relación entre la condición de pobreza en el sector y la cantidad de viajes. De esta manera, las Rutas 400 BS, 407 y 402-421 reflejan que a mayor pobreza menor cantidad de viajes, pero la Ruta 400 contradice esta suposición. Una explicación a esto es la posible contradicción: la pobreza es un reflejo de la falta de oportunidades laborales, por lo que no se tiene el motivo de viaje y, por ende, este no se genera; pero, a su vez, la pobreza es un factor que limita la movilidad al STP, ya que no se puede financiar un vehículo privado. Esta posible contradicción debe ser estudiada a profundidad en un trabajo fuera del alcance del presente proyecto.

En el Mapa 23 se puede apreciar los lugares donde habita la población en condición de pobreza. Estas se concentran dentro de las poblaciones Guararí, La Milpa y Los Lagos, donde la pobreza ronda entre el 23.4% y el 86.5% de los habitantes de cada UGM. En el resto del sector analizado la pobreza no es tan marcada aunque se presentan poblaciones con esta condición en La Aurora, San Pablo y Santo Domingo.

3.5.1.9. Lugar de trabajo de la población del sector Uruca-Heredia

En el sector, en promedio, un 55.7% de los trabajadores laboran fuera del cantón donde residen, por lo que deben desplazarse distancias mayores para llegar a su lugar de trabajo. Por ello, esta población debe tener un acceso expedito y constante a un STP eficiente que les permitan recorrer grandes distancias. En el Mapa 24 se expone el porcentaje de trabajadores que laboran fuera del cantón de residencia.

En la Figura 3.25 se observa que, contrario a lo esperado, puede existir una tendencia que dicta que a mayor porcentaje de personas que trabajan fuera del cantón de residencia, menor utilización del STP. Esto puede deberse a que el STP actual no se adecúa a las necesidades de la población, como se explicó en las Secciones 3.1 y 3.4, por lo que la población intentará hacer uso de otros medios de transporte que le sirvan para desplazarse a su lugar de trabajo, siendo la población económicamente más acomodada quienes serán capaces de hacerlo al costear un vehículo privado.

Esta afirmación se ve respaldada al comparar los Mapas 22, 23 y 24, donde se observa que las zonas con menores niveles de pobreza son las mismas con mayor tenencia de vehículo y, a su vez, son las mismas con mayor proporción de personas trabajando fuera de su cantón de residencia. Este fenómeno se puede observar en la Sección 4.1, donde se presenta la matriz de Origen Destino (OD) en transporte público, observando que las cantidades de viajes en transporte público en estos cantones son bajas para la población total del mismo. Para mayor información dirigirse a dicha sección.

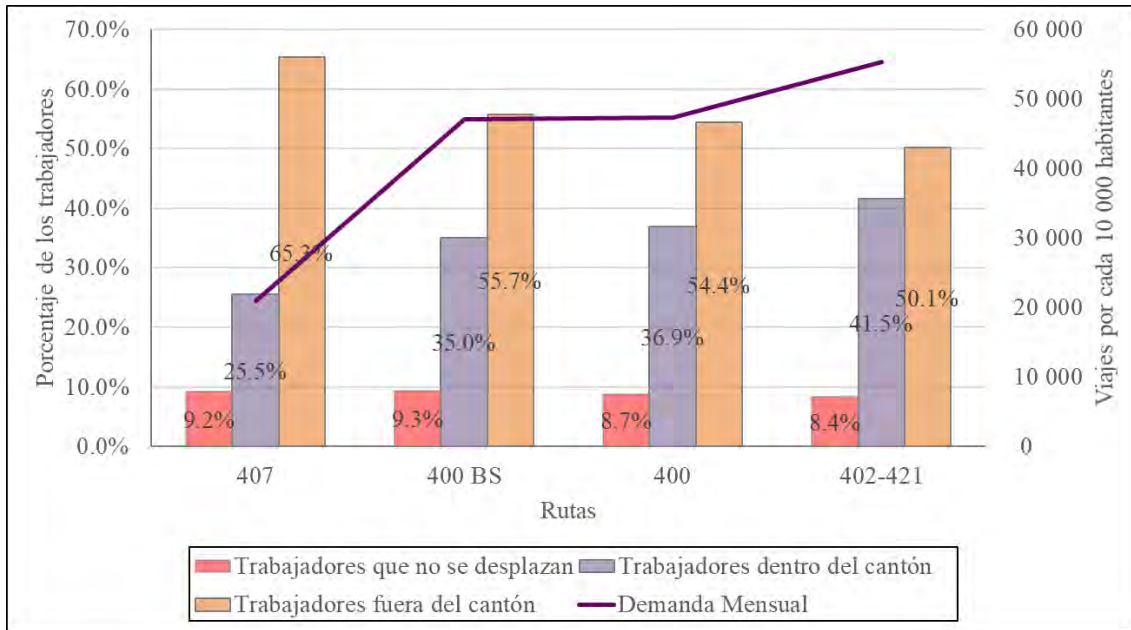
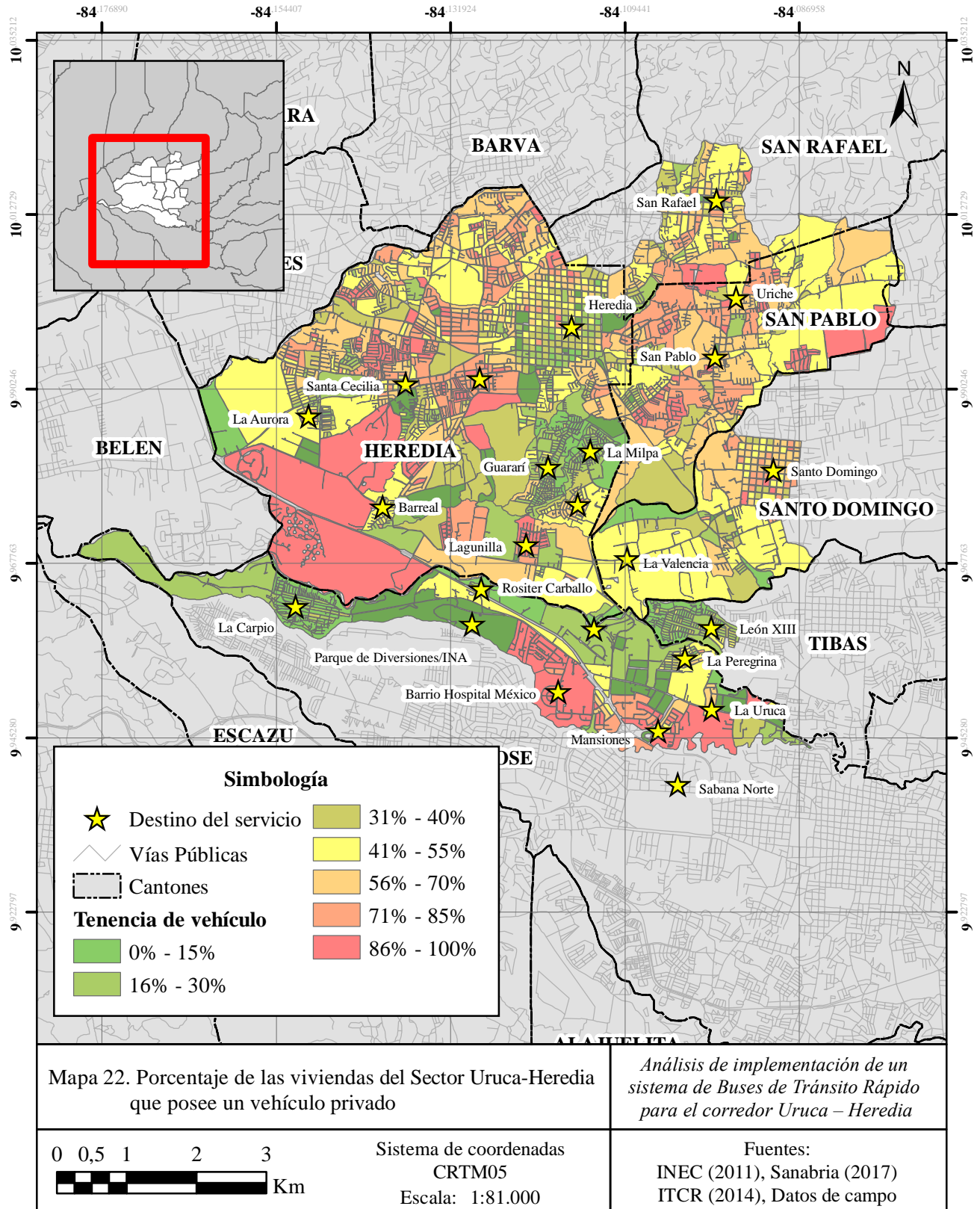
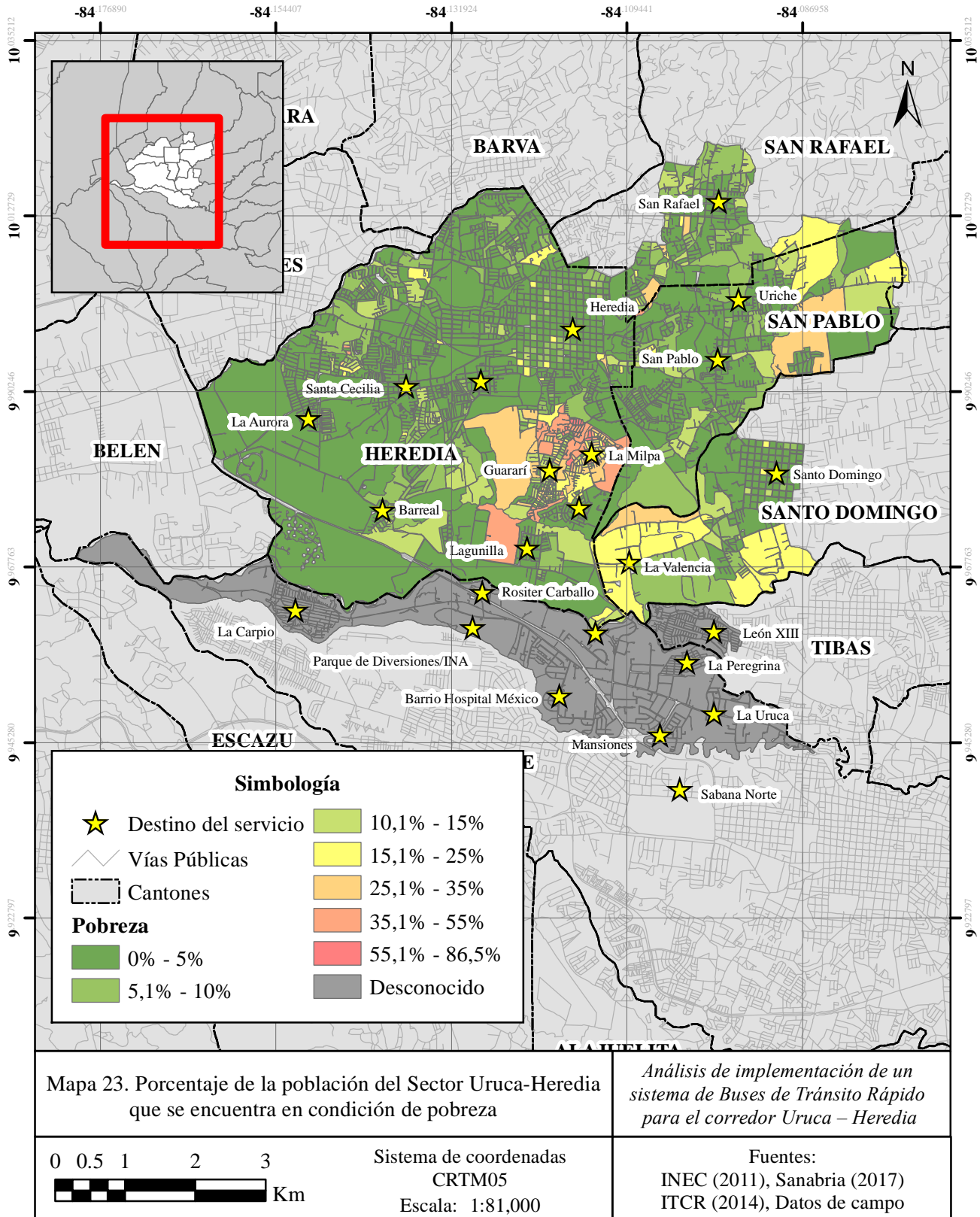
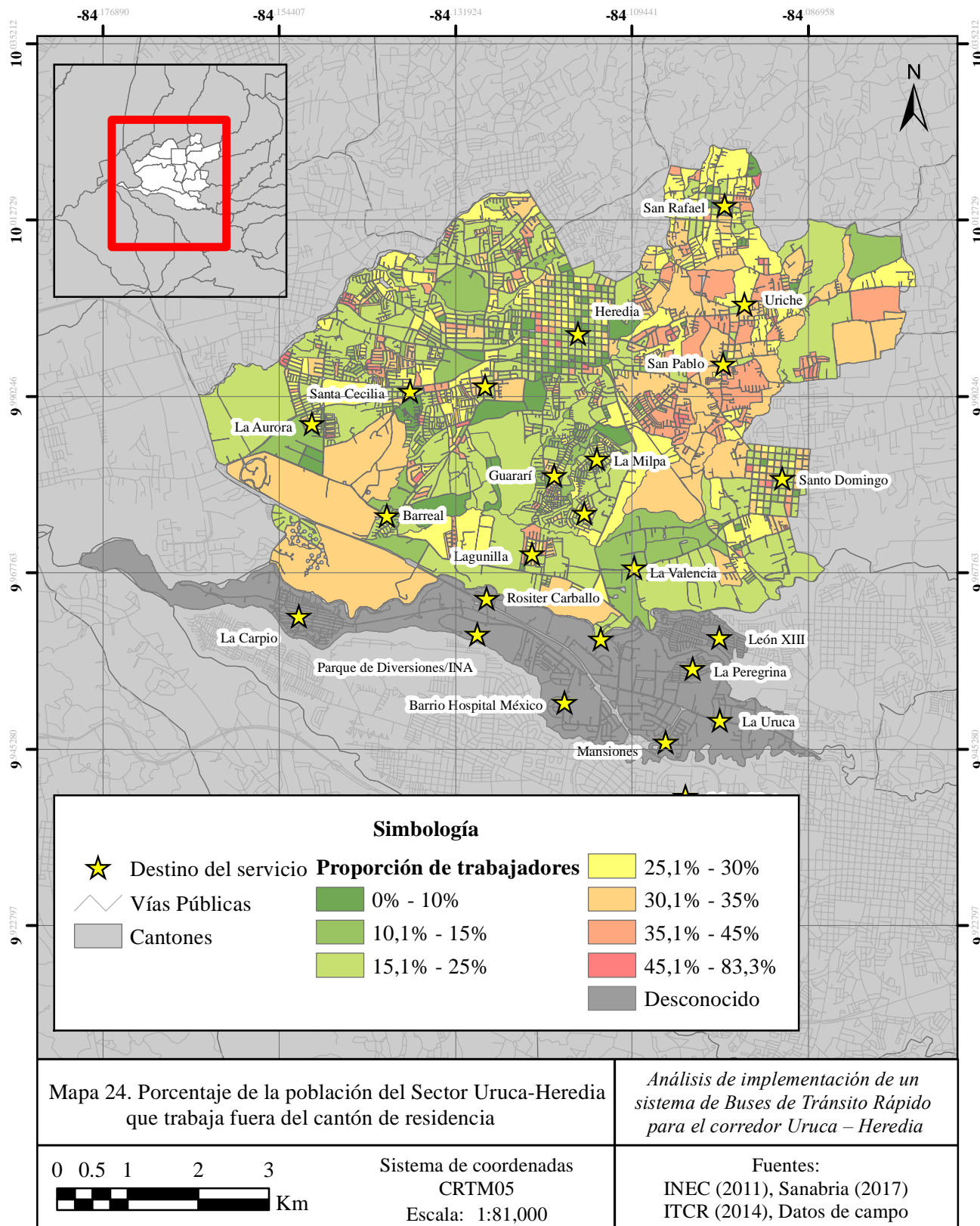


Figura 3.25: Porcentaje de la población de cada ruta que trabaja fuera del cantón de residencia
 Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) e INEC (2011b)







3.5.1.10. Escolaridad

Según lo demostrado en el Cuadro 3.23, toda la población analizada del sector posee una escolaridad promedio de 8.5 años; no obstante, la variabilidad genera promedios muy diferentes entre las diversas rutas, por ejemplo, la población que reside en la zona de influencia de la Ruta 10 tiene una escolaridad media de 7 años y la Ruta 400 BS una media de 9.6 años.

Cuadro 3.23: Caracterización estadística de la escolaridad de la población analizada por cada Ruta del STP

Estadístico	Ruta					Total general
	400 BS	407	402-421	400	10	
Promedio	9.6	8.8	8.8	8.6	7.0	8.5
Desviación estándar	5.4	5.4	5.4	5.3	4.3	5.2
CV	56 %	61 %	61 %	62 %	62 %	61 %
Mo	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	6.0
Me	9.7	8.1	8.3	8.0	5.2	7.6
Q1	5.4	5.0	5.0	4.9	4.0	4.5
Q2	13.7	12.5	12.2	12.0	9.2	11.8
Asimetría	Sesgo bajo	Sesgo bajo	Sesgo bajo	Positiva	Positiva	Positiva

Fuente: elaboración propia con datos de INEC (2011b)

Se observan 2 comportamientos diferentes: en las zonas abastecidas por las Rutas 400 BS, 407 y 402-421 el mayor segmento de la población cuenta con estudios universitarios (más del 30 %), el segundo mayor con secundaria incompleta y luego, en menor medida, primaria completa, primaria incompleta y secundaria completa, en ese respectivo orden. Estas rutas cuentan con un promedio alto de escolaridad muy cercano a la moda, por lo que la mayoría de personas tenga entre 9 y 10 años de escolaridad.

Por otra parte, las Rutas 10 y la 400 presentan asimetrías positivas en sus datos, por lo que población suele tener una escolaridad menor al promedio. De esta manera, el mayor porcentaje de personas no tiene la secundaria completa y el segundo segmento corresponde primaria incompleta. La mitad de su población tiene una escolaridad entre los 4 y 9.2 años, por lo que se puede afirmar que la escolaridad en estas rutas es menor que la escolaridad de las rutas del primer grupo.

Las rutas con menor escolaridad presentan una mayor cantidad de viajes. Esto se puede explicar, ya que las poblaciones abastecidas por las Rutas 407, 400 BS y 402-421 tiene un mayor ingreso gracias a sus estudios superiores, por lo que reemplazan el STP con el vehículo privado. El argumento anterior se ve reforzado con el Mapa 25 que, al compararlo con los Mapas 22, 23 y 24, se puede apreciar que los UGM con mayor escolaridad corresponden a los UGM con mayor tenencia de vehículos, menor pobreza y que laboran fuera de su cantón de residencia.

Como se observa en la Figura 3.26, el 84 % de los habitantes de la Ruta 10 no concluyó la secundaria, siendo el segmento de personas con título universitario sumamente bajo, en comparación con las otras rutas. Este hecho puede explicar en parte el volumen tan alto de viajes en la Ruta 10, ya que es esperable que su población no se desempeñe en labores que le permitan financiar un vehículo particular.

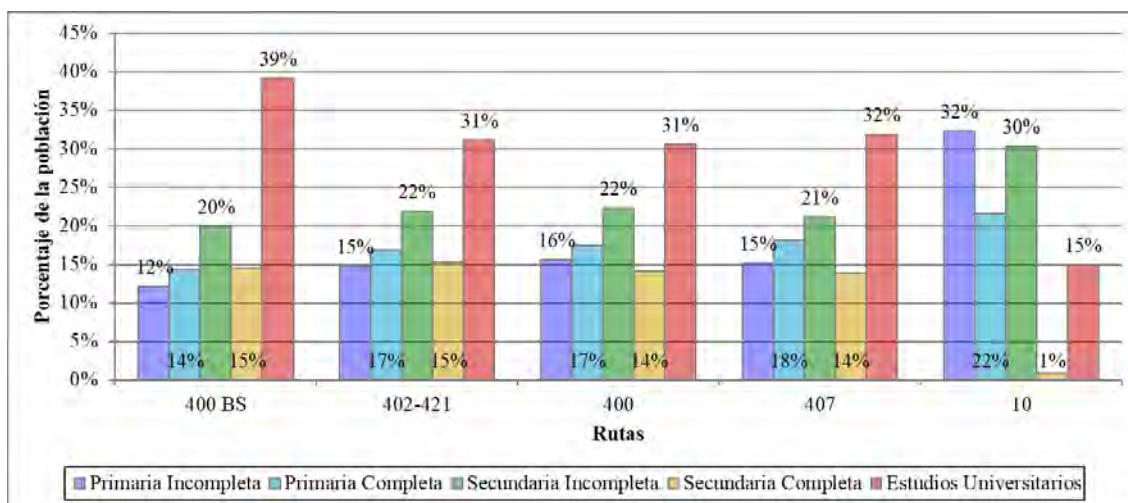


Figura 3.26: Distribución de la población de cada ruta según el grado académico máximo obtenido
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) e INEC (2011b)

3.5.1.11. Condición de actividad de la población del sector Uruca-Heredia

En el sector analizado, en promedio, un 52.8 % de los habitantes se encuentra laborando, el 1.9 % se encuentra en condición de desempleo y el 49.1 % es población no económicamente activa. Todas las rutas poseen proporciones similares en la población según su condición de actividad, rondando las personas trabajadoras entre 56.6 % (Ruta 402-421) y 50.7 % (Ruta 10). Las rutas con mayor tasa de participación económica son las mismas que poseen una mayor proporción de su población con edades entre los 18 y los 59 años, según la Sección 3.5.1.5.

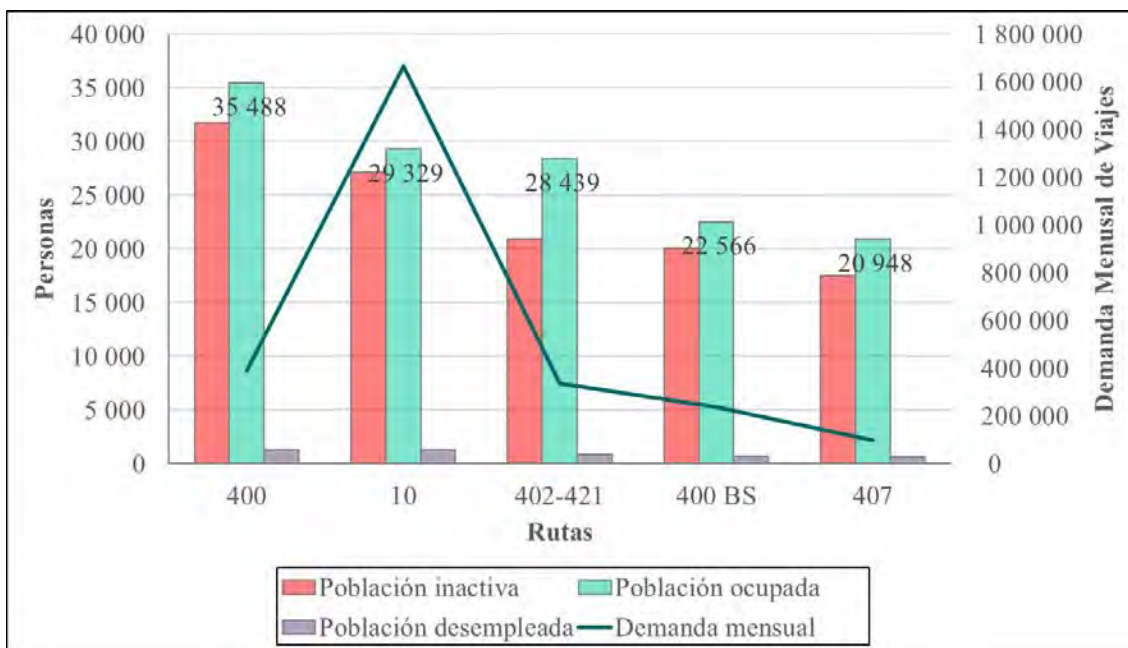
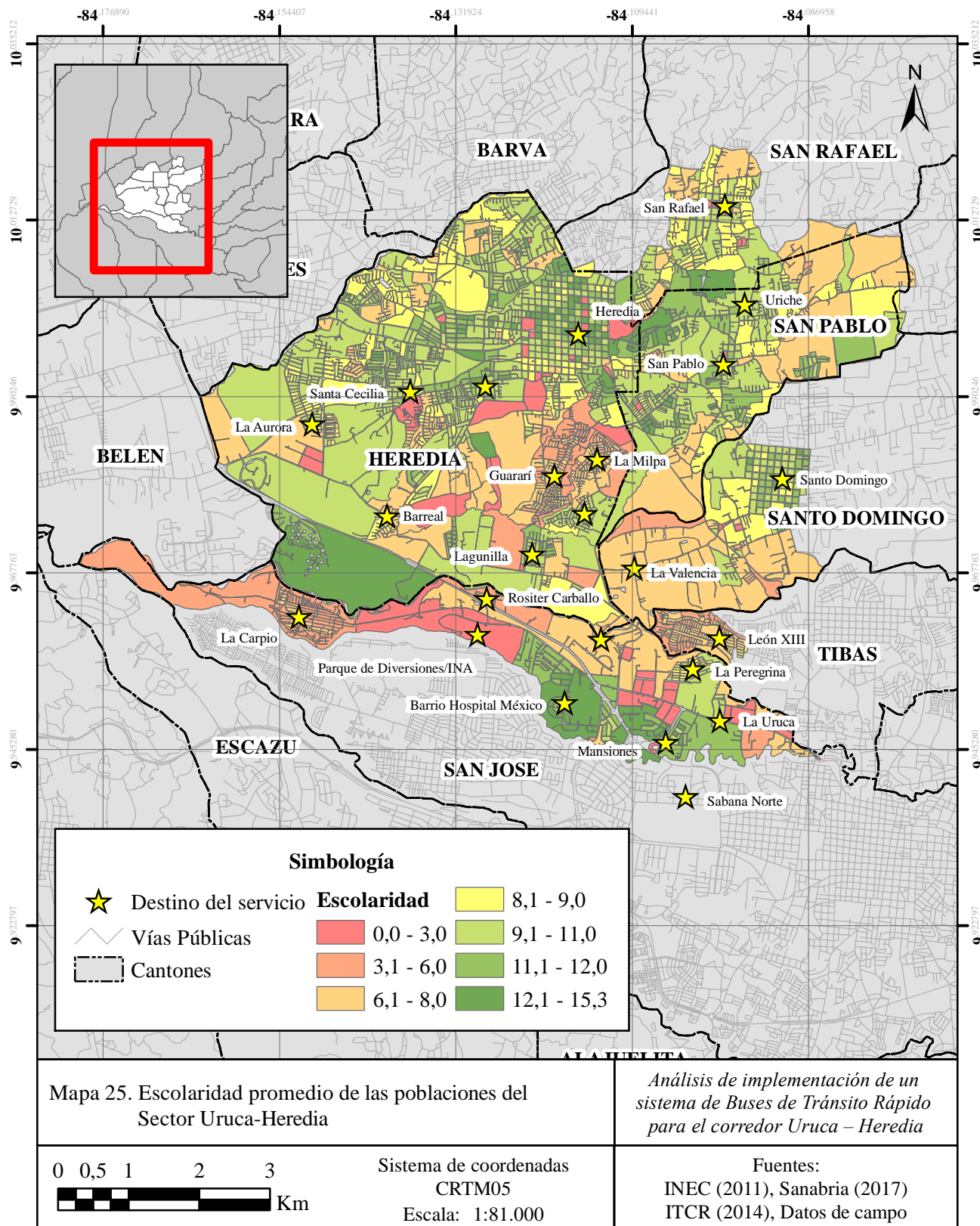
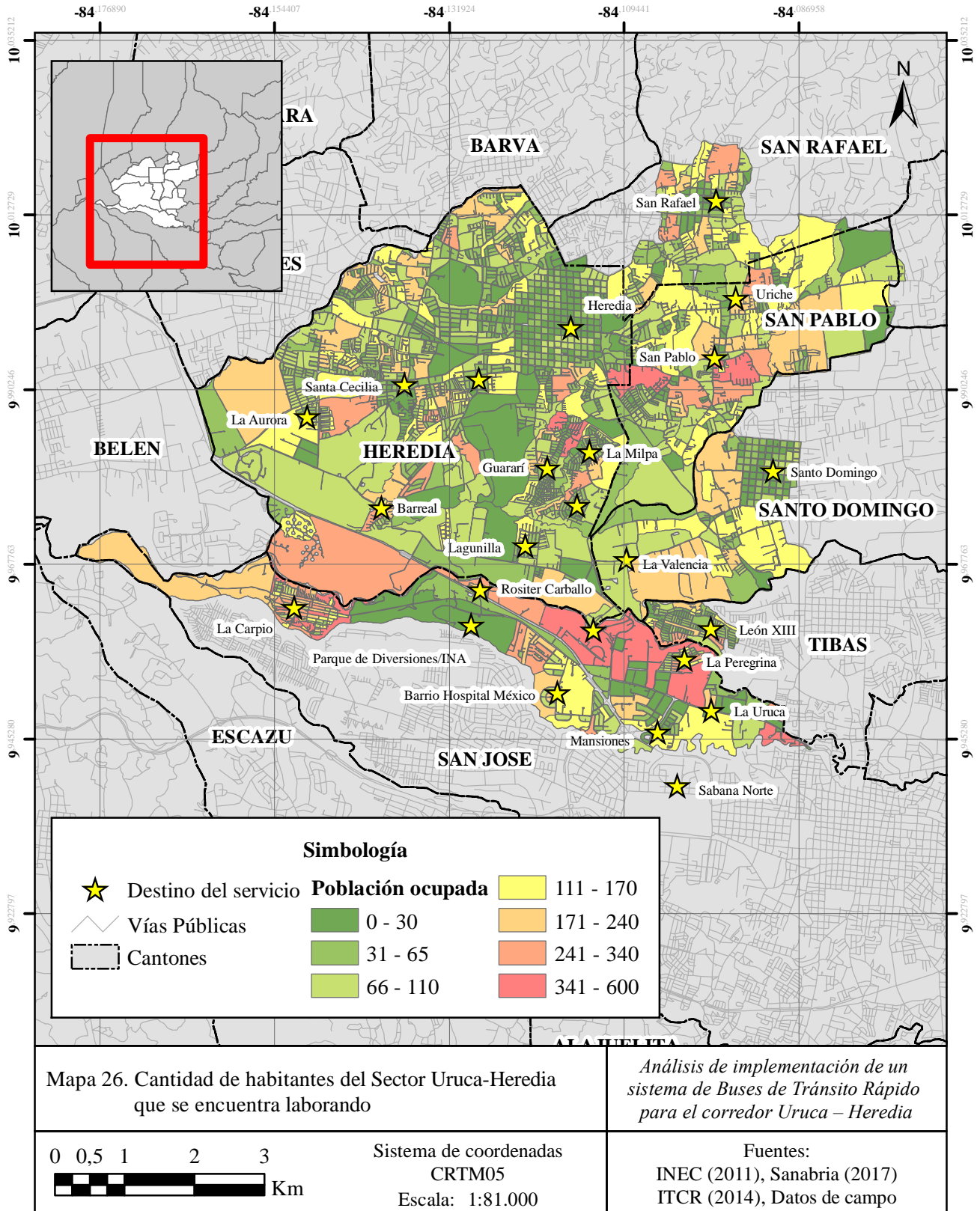


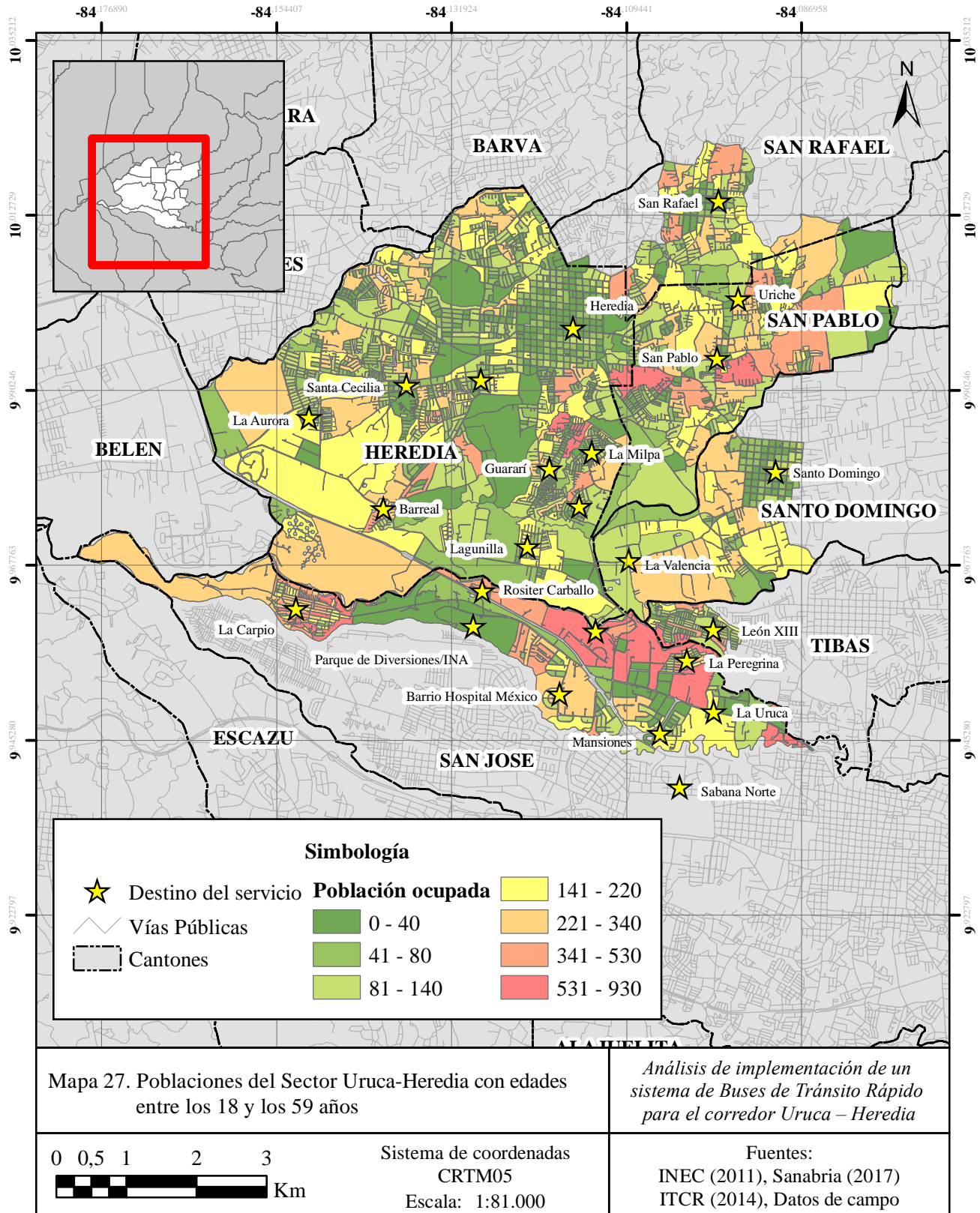
Figura 3.27: Porcentaje de la población servida de cada ruta que se encuentra trabajando activamente
Fuente: elaboración propia con datos de ARESEP (2018) e INEC (2011b)

En la Figura 3.27 se observa que puede existir una relación entre la población ocupada y los viajes generados en el STP. Esto es esperable debido a que una mayor fuerza laboral se puede traducir en una mayor cantidad de viajes hacia o desde su sitio de trabajo. Por lo tanto, para un STP puede resultar beneficioso más personas con edades entre los 18 y los 59 años que se encuentren o que deseen trabajar.

La excepción a la aparente relación es la Ruta 10, la cual abastece una zona atractora de viajes importante como la Uruca, por lo que no es un sector dormitorio que se debe ajustar a estos parámetros. En el Mapa 26 se presentan la región analizada según la proporción de los pobladores de cada UGM que se encuentran laborando y en el Mapa 27 se encuentra la cantidad de personas dentro de cada UGM que poseen una edad entre los 18 y los 59 años.







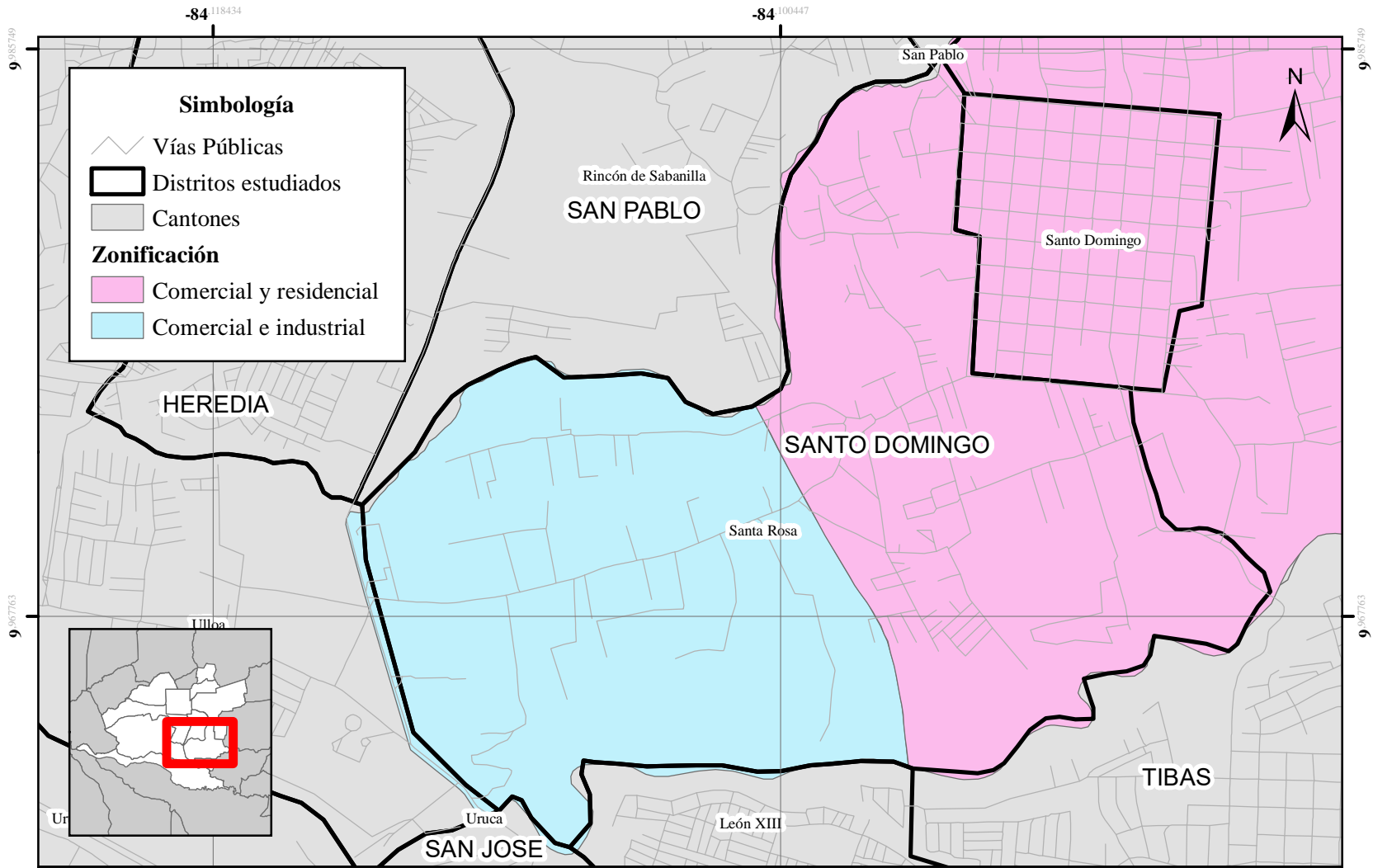
3.5.2. Zonificación actual del sector Uruca-Heredia

La presente sección tiene como objetivo explicar al lector la zonificación que brindan los municipios respectivos al sector Uruca-Heredia. Cabe mencionar, los cantones de Heredia y San Rafael no cuenta con plan regulador. Por este motivo, se acudió a las oficinas centrales de los municipios a consultar la metodología empleada por ellos para el otorgamiento de los permisos municipales. Ante la consulta respondieron que en la actualidad todo el cantón es considerado de uso mixto entre uso residencial, comercial e industrial; y los permisos se otorgan de acuerdo a la legislación nacional.


En cuanto al cantón de Santo Domingo, como se logra observar en el Mapa 28, el sector este del cantón se encuentra categorizado como una zona de uso mixto comercial y residencial. En cambio, el sector oeste (Distrito Santa Rosa) del cantón es considerado por el plan regulador como una zona de uso mixto entre el uso comercial e industrial (Municipalidad de Santo Domingo, 2019).

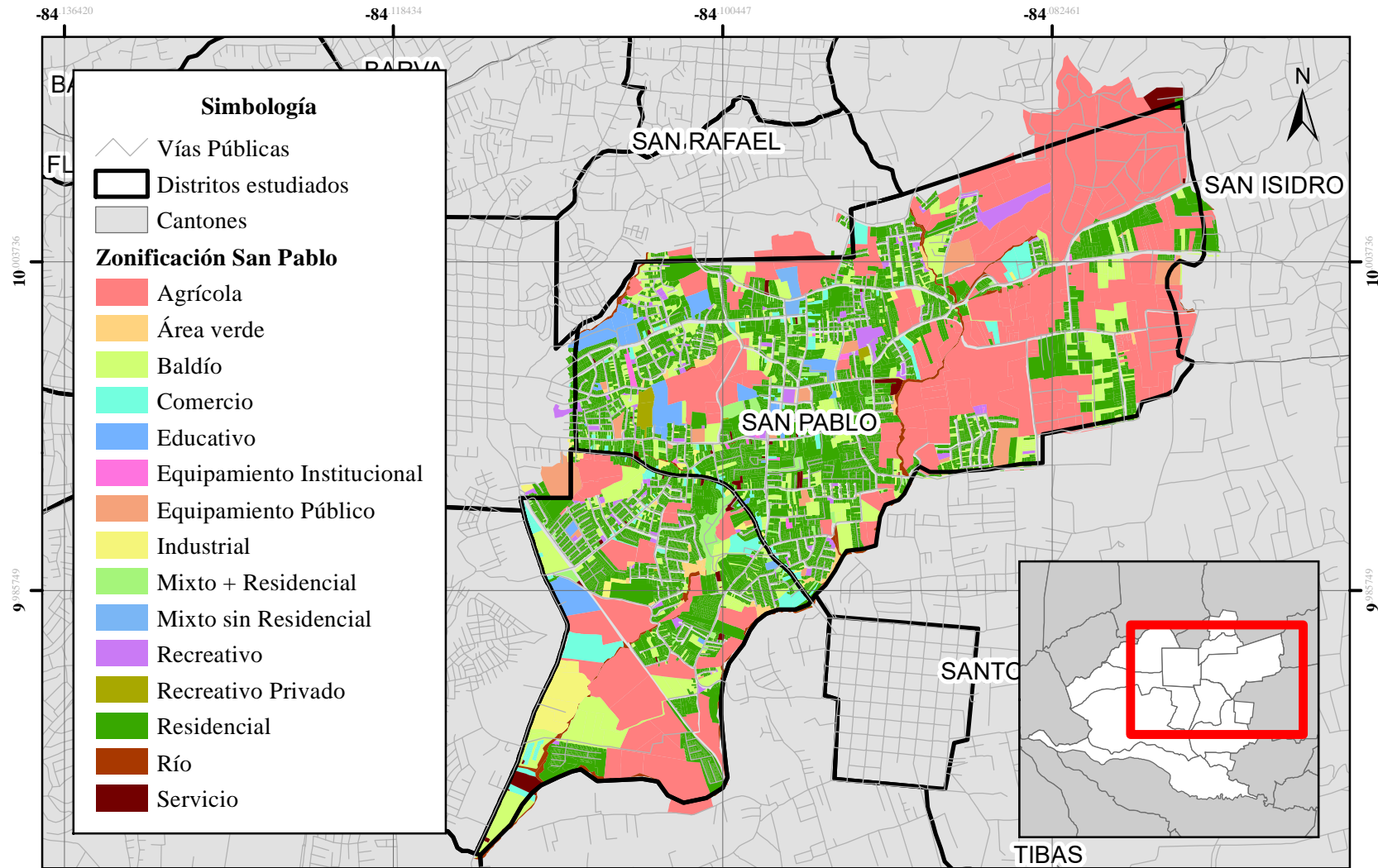
Como se aprecia en el Mapa 29, el cantón de San Pablo es mayoritariamente agrícola y residencial. La zona agrícola se concentra en el sur y en el este del cantón, con algunos parches cerca del centro. Las zonas residencial y residencial mixta se concentran en el centro del cantón, siendo la mayor parte del mismo. Existen otros usos en menor cuantía como el comercial e industrial, mas estos se concentran en las zonas periféricas y en la Ruta Nacional 3 (Municipalidad de San Pablo, 2019).

En la Figura 3.28 se presenta la zonificación de la Uruca. Esta cuenta con zonas residenciales, en las comunidades de La Carpio, Hospital México, Mansiones, Robledal y Peregrina, y una zona comercial densa en la Ruta Nacional 2 y en el este del distrito. No obstante, las principales actividades son las zonas especiales como la zona hospitalaria, las oficinas centrales del INA y el Parque de Diversiones; y las zonas mixtas entre el uso industrial y comercial. Este hecho vendría a explicar lo detallado en las secciones anteriores, donde las rutas que abastecen al distrito Uruca presentan valores altos de IPK, demanda, frecuencia, entre otros; resultantes de la actividad industrial y comercial de la zona.



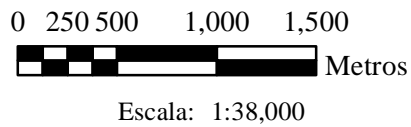
Mapa 28. Zonificación actual del cantón de Santo Domingo

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 125 250 500 750 1.000  Metros Escala: 1:22.000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), Municipalidad de Santo Domingo (2019)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---



Mapa 29. Zonificación actual del cantón de San Pablo

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014), Municipalidad de San Pablo (2019)

Sistema de coordenadas CRTM05

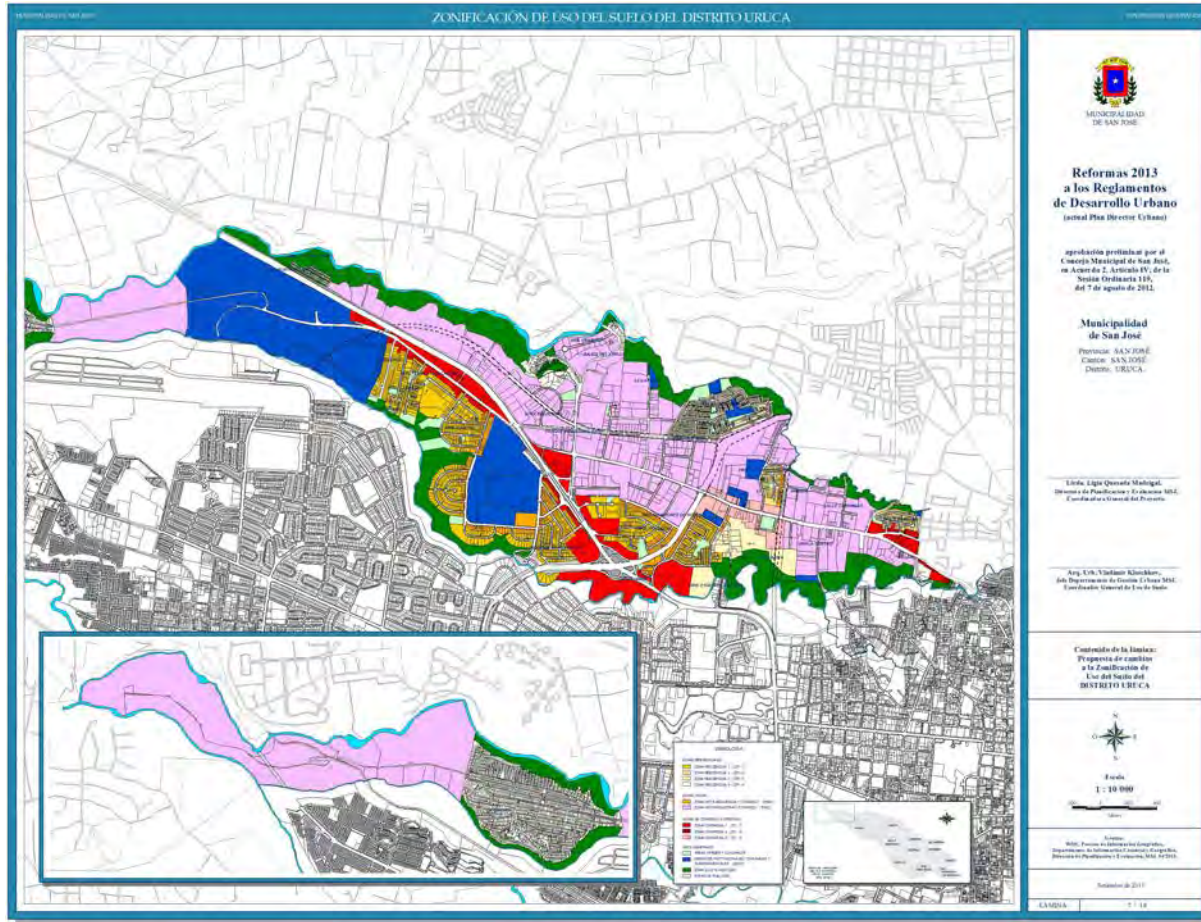


Figura 3.28: Zonificación oficial del Distrito Uruca según el plan regulador de San José
Fuente: Municipalidad de San José (2019)

CAPÍTULO IV

GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES EN EL SECTOR

URUCA-HEREDIA

El presente capítulo tiene como finalidad desarrollar un análisis breve sobre las condiciones en las que se desplazan los usuarios del STP actualmente; para que este pueda ser utilizado en el Capítulo V durante la elaboración de la propuesta del sistema troncal.

El capítulo se divide en tres puntos de análisis: el origen y el destino de los viajes del sector Uruca-Heredia, posibles focos de atracción de viajes existentes en el sector analizado y los principales corredores por los cuales el sistema de transporte público transita.

Cabe resaltar, este capítulo no representa una estimación de la demanda del sector para un sistema BRT ni puede ser utilizada con este fin. Para ello, se deben realizar encuestas de intención de viaje y sobre el posible uso del sistema BRT; así como realizar un Estudio de Ascenso de Descenso de Pasajeros. Dicho trabajo queda fuera de los alcances del presente proyecto.

4.1. Origen y destino de los viajes

Para entender cómo se comporta el usuario del STP es necesario conocer el origen y el destino de los viajes desarrollados. Para ello, explicará cómo se distribuyen los viajes cuyo origen o destino sea el sector analizado, según el Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015). La matriz completa de viajes O/D para un día hábil en el servicio de buses regulares para la GAM puede ser consultada en el Anexo E.

Como se aprecia en la Figura 4.1, el 12 % de los viajes que transitan por la zona estudiada son generados dentro de un cantón del sector, y se dirigen hacia otro cantón del área analizada, por lo que, al ser una porción considerable, los viajes internos son trascendentes dentro del comportamiento de la zona. De estos viajes internos, los viajes hacia el cantón de Heredia resaltan, al ser el 4.8 % de la demanda total.

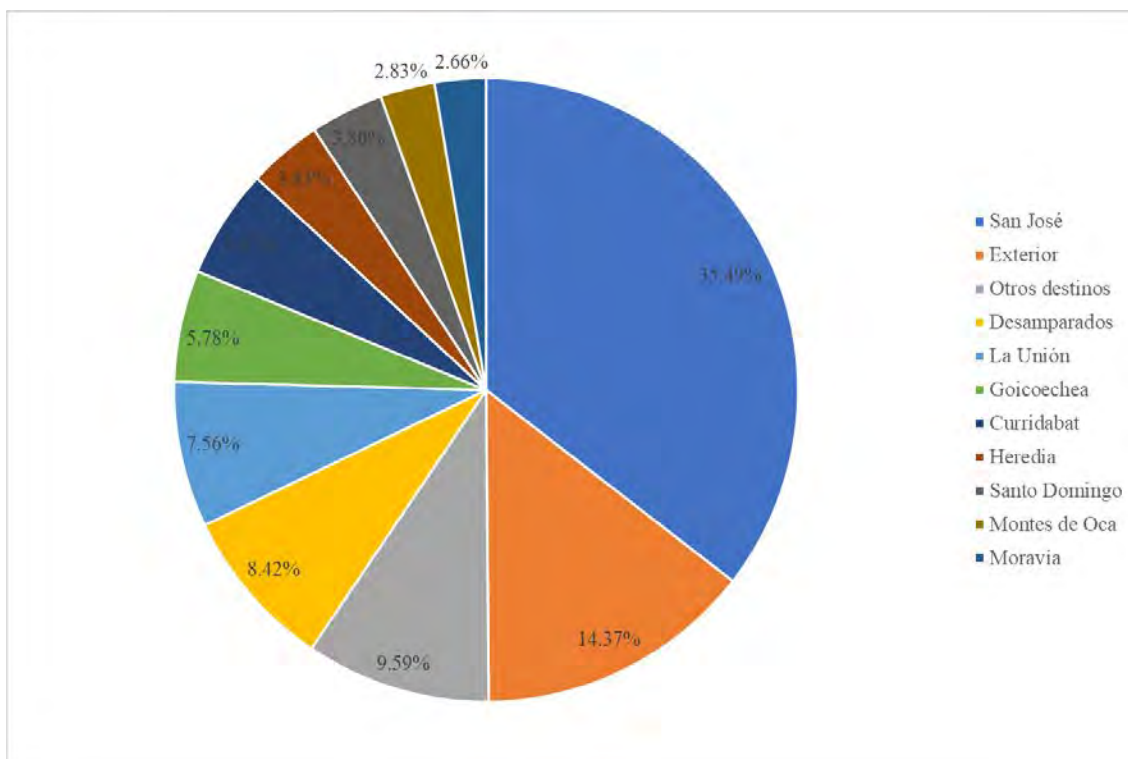


Figura 4.1: Distribución porcentual de los viajes en el servicio de autobús regular en el sector Uruca-Heredia según la matriz O/D del GAM para un día hábil
Fuente: elaboración propia con datos del Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015)

El 17 % de los viajes se dirigen hacia cantones adyacentes al sector analizado, que se ven abastecidos por rutas de intersectoriales o por líneas externas al sector como Flores y Barba de Heredia. Por otra parte, los viajes hacia fuera del AMSJ representan el 8 % de la demanda total.

En cuanto a los viajes que se dirigen hacia San José, estos representan la mayor parte de la demanda, siendo casi un tercio del total. No obstante, hay que considerar que hay viajes hacia cantones no adyacentes que deben hacer transbordo en el centro capitalino, como los que se dirigen hacia La Unión, Aserrí, Alajuelita, entre otros. Por ello, se puede asegurar que alrededor del 63 % de los viajes del sector Uruca-Heredia eventualmente se dirigen hacia San José, aunque este no sea su destino final.

Con base en la información detallada, se obtienen los siguientes requerimientos para el Sistema BRT:

- El sistema tronco alimentado debe estar enfocado en desplazar la mayor cantidad de usuarios hacia el centro capitalino. No obstante, debido a la alta cantidad de usuarios que se dirigen hacia el cantón de Heredia, las troncales también deben satisfacer de manera oportuna dicha ciudad.
- Como se tienen una proporción importante de viajes internos, las rutas del sector deben facilitar el traslado de usuarios dentro del propio sector, con el menor número de trasbordos posibles.
- Debido a la presencia de viajes hacia cantones adyacentes, las rutas intersectoriales se consideran primordiales. Estas deben estar articuladas al sistema, de manera que el usuario no debe ingresar a San José, disminuyendo su recorrido y tiempo de viaje.

Cuadro 4.1: Resumen de la Matriz O/D de los viajes en el servicio de autobús regular del sector Uruca-Heredia para un día hábil

Sector Analizado	Distribución de los viajes relacionados al sector Uruca Heredia						
	Adya- centes	No adya- centes	Exterior AMSJ	Heredia	Interno sector	San José	Total
Heredia	4 849	10 772	5 420	1 445	1 842	13 386	37 714
San José	55 094	92 068	20 118	13 386	4 857	92 849	278 372
San Pablo	858	1 000	-	147	-	1 323	3 328
San Rafael	-	130	-	260	520	-	910
Santo Domingo	1 565	1 911	1 056	1 435	3 423	3 534	12 924
Tibás	5 049	6 999	2 170	721	873	10 838	26 650
Total	67 415	112 880	28 764	17 394	11 515	121 930	359 898

Fuente: elaboración propia con datos del Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015)

En el Cuadro 4.1 se presentan todos los cantones que componen al sector Uruca-Heredia, de esta manera, el cantón que más viajes genera es Heredia, seguido por Santo Domingo, San Pablo y, por último, San Rafael. Los viajes fueron clasificados en viajes hacia cantones adyacentes, que pueden verse abastecidos por interlíneas o rutas interurbanas; viajes a cantones no adyacentes, que deben transitar por San José para llegar a su destino; viajes hacia zonas exteriores al ASMJ, viajes hacia Heredia, hacia San José y viajes internos del sector Uruca-Heredia. Cabe resaltar que, como la matriz OD está dada por cantón y no por distrito, León XIII y Uruca se desarrollarán de manera porcentual suponiendo que se comportan como el resto del cantón al que pertenecen.

En el caso del distrito León XIII, como se presenta en el Cuadro 4.1, el 66.9 % de los viajes se relacionan al cantón de San José, ya sea que se dirijan hacia este o deben hacer transbordo en el mismo. Por otra parte, el distrito también cuenta con un alto porcentaje de viajes que se dirigen hacia cantones adyacentes conectados por la Interlínea Uruca-Guadalupe. Debido a ello, se debe mantener el trazado de esta ruta por el distrito.

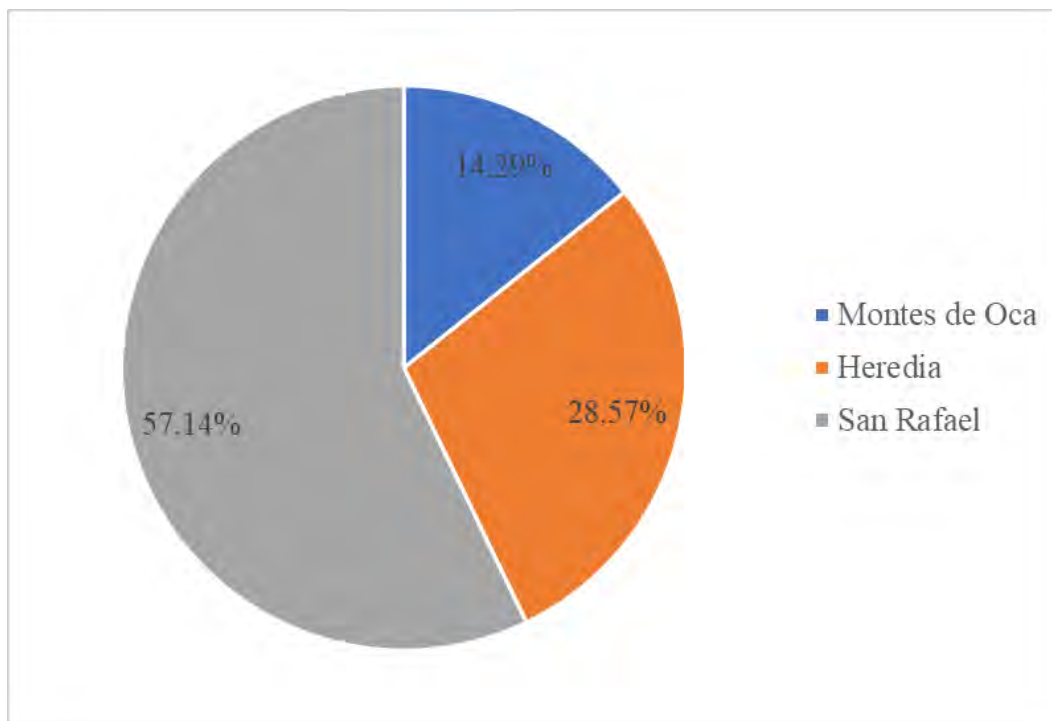


Figura 4.2: Distribución porcentual de los viajes del cantón San Rafael en el servicio de autobús regular según la matriz O/D para un día hábil

Fuente: elaboración propia con datos del Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015)

Para el cantón de San Rafael, en la Figura 4.2 se observa que la mayoría de sus viajes en el STP se mantienen dentro del propio cantón. El siguiente destino más frecuente es el cantón de Heredia, por lo tanto, se debe considerar una línea de buses que conecte directamente a San Rafael con el centro de Heredia, de manera que los usuarios puedan realizar intercambios rápidos hacia una ruta que los traslade a cualquier distrito del cantón. Como una gran porción de los viajes se dirigen hacia Montes de Oca, se le debe asegurar opciones que faciliten este recorrido.

En el Cuadro 4.1 se observa que la mayoría de los viajes de San Pablo se dirigen hacia San José o deben pasar por el centro capitalino (69.8%). También existe viajes hacia cantones adyacentes que se pueden satisfacer por medio de intercambios con las interlineas en Santo Domingo. Cabe resaltar, el 4% de los viajes del cantón se dirigen hacia la ciudad de Heredia.

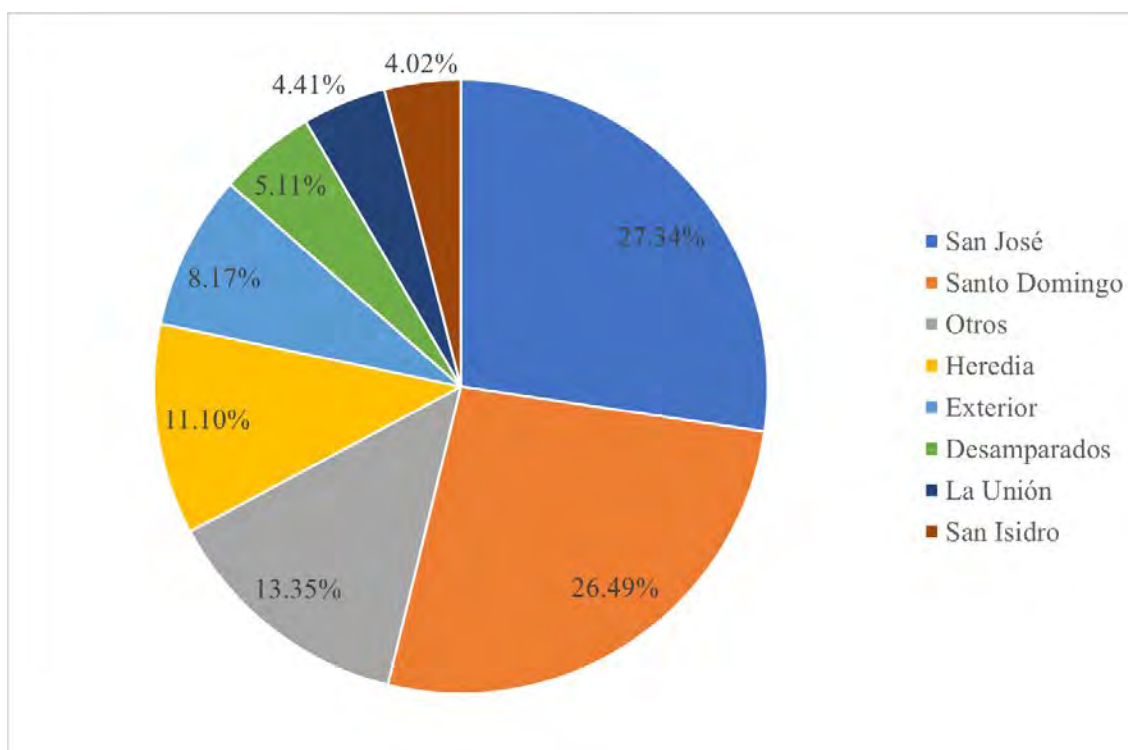


Figura 4.3: Distribución porcentual de los viajes del cantón Santo Domingo en el servicio de autobús regular según la matriz O/D para un día hábil

Fuente: elaboración propia con datos del Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015)

En el caso de Santo Domingo, se aprecia en la Figura 4.3 que este posee muchos viajes internos del propio cantón y viajes hacia cantones adyacentes que se abastecen por medio de interlineas (38.5 %). Además, en el Cuadro 4.1 se observa que el cantón posee una porción importante de viajes que deben pasar por San José (42.1 %) o se dirigen hacia Heredia (11.1 %). Por ello, se considera colocar un punto de intercambio en el centro del cantón que permita transbordos entre alimentadoras, interlineas y la troncal que une Heredia y San José.

Del Cuadro 4.1 se puede entrever que dos tercios de los viajes del distrito Uruca deben pasar por San José, ya que el 33 % de estos provienen de la capital y un 35 % son de cantones no adyacentes que deben hacer transbordo en ella. Asimismo, la Uruca se relaciona con el resto de los cantones del sector Uruca-Heredia, ya que estos representan un 7 % de los viajes. En conclusión, se recomienda unir el centro de San José y el resto de los cantones del sector con la Uruca de manera directa.

El cantón de Heredia tiene un comportamiento muy similar al del resto del sector según el Cuadro 4.1: cuenta con una porción importante de viajes que deben pasar por San José (64.1 %), viajes hacia cantones adyacentes (12.9 %), viajes internos del propio cantón (3.8 %) y viajes hacia otros cantones del sector Uruca-Heredia (4 %).

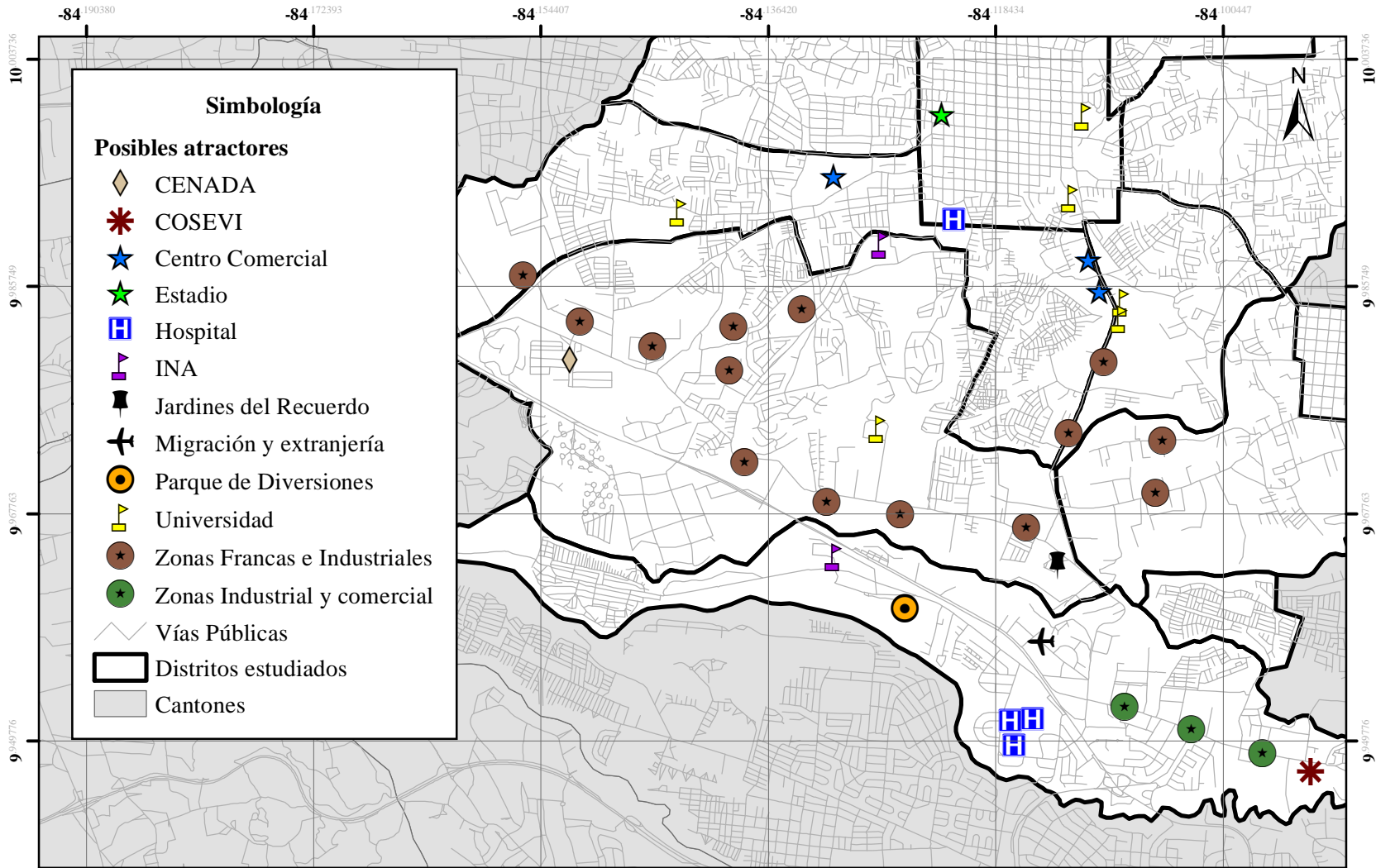
4.2. Posibles zonas de atracción de viajes externos al sector

Como se mencionado con anterioridad, dentro del sector Uruca-Heredia existen instalaciones que atraen viajes de zonas externas al sector analizado. Estos puntos de atracción son instalaciones que no se encuentran en otros sectores del AMSJ como zonas francas, hospitales, instalaciones educativas, entre otras.

Para determinar los atractores de viajes dentro del sector estudiado, la única manera certera es mediante encuestas a los usuarios. Sin embargo, dicho tipo de encuestas quedan fuera de los alcances del presente proyecto. Ante esto, se intentó solventar el problema mediante estudios concluidos; no obstante, el estudio más reciente que se logró localizar data del año 1992, por lo cual, al ser tan antiguo, se considera que no es representativo al comportamiento actual de los usuarios.

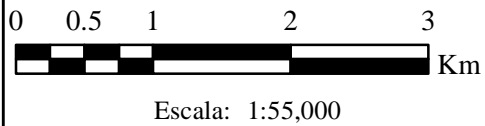
Ante esta situación, se ilustran algunos puntos que son posibles atractores de viajes dentro del sector Uruca-Heredia, que se lograron localizar durante el estudio mediante la observación, la demanda presentada en la Sección 3.3.2, la zonificación de la Sección 3.5.2 y la intención de viaje de la Sección 4.1. Estos puntos deben ser comprobados en un estudio posterior a este trabajo mediante encuestas a los usuarios y un Estudio de Ascenso y Descenso de Pasajeros.

En el Mapa 30 se logran observar puntos como zonas francas e industriales, zonas comerciales, universidades, hospitales, el Parque de Diversiones, las oficinas centrales de Migración y Extranjería, las oficinas centrales de COSEVI, cementerios privados como Jardines del Recuerdo, el Instituto Nacional de Aprendizaje, el estadio de Heredia, centros comerciales como Oxígeno, Plaza Bratsi y Paseo de las Flores, entre otros. Cabe resaltar, solo se consideran puntos que pueden atraer o generar viajes hacia zonas ajenas al sector de estudio, por lo que no se consideran puntos como cementerios, escuelas o colegios.



Mapa 30. Posibles atractores de viajes en el Sector Uruca-Heredia

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
 Datos de campo, Sanabria (2017),
 ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
 CRTM05

4.3. Corredores primarios del sector Uruca-Heredia

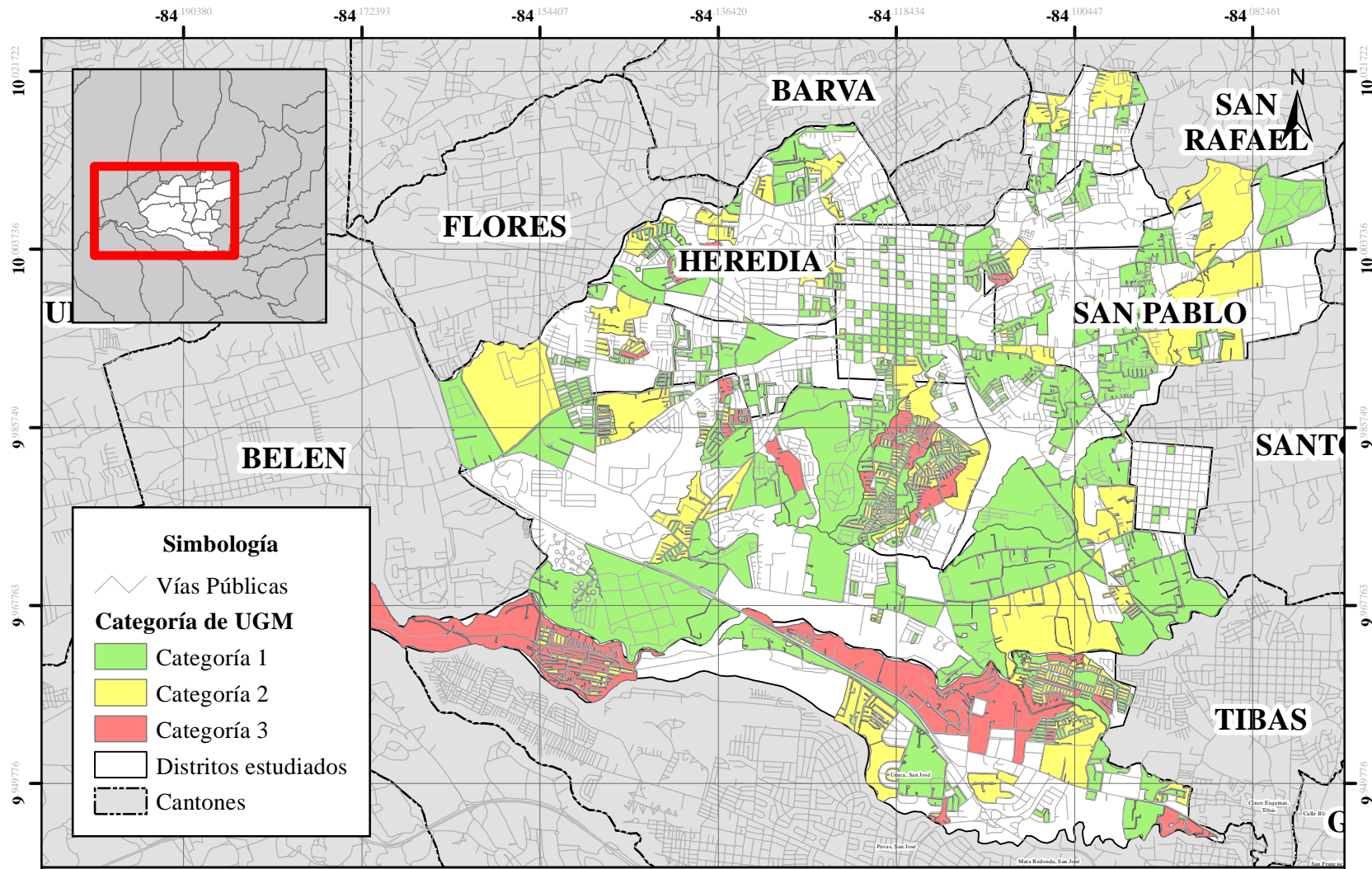
4.3.1. Posibles UGM generadores de viajes

Según lo explicado en la Sección 3.5, la cantidad de viajes mensuales en transporte público pueden depender de las características socioeconómicas de la población. Variables como densidad poblacional, población económicamente activa, población en edad laboral y el tamaño de la comunidad pueden encontrarse directamente relacionadas con la cantidad de viajes. Caso contrario puede acontecer con variables como lugar de trabajo, escolaridad y la presencia de vehículos particulares, que pueden estar inversamente relacionadas.

Se analizaron los UGM de acuerdo a las variables socioeconómicas mencionadas anteriormente. Se tomaron todos los UGM del sector y se dividieron en 7 grupos, utilizando *natural breaks*. Los 3 grupos que poseían los valores más extremos de las variables socioeconómicas que benefician al STP se eligieron para establecer cuáles UGM que podrían eventualmente generar más viajes. A continuación, se presenta el valor límite obtenido, es decir, el valor más bajo o más alto de las variables socioeconómicas pertenecientes a los UGM de los 3 grupos de *natural breaks* mencionados.

- Cantidad de habitantes mínima de habitantes por UGM: 351 habitantes.
- Densidad mínima: 11 000 habitantes por km².
- Porcentaje máximo de viviendas con acceso al vehículo particular: 40 %.
- Proporción máxima de personas que trabajan fuera del sector: 25 %.
- Escolaridad máxima: 8 años.
- Cantidad mínima de personas económicamente activas: 171 personas.
- Cantidad mínima de personas en edad laboral: 221 personas.

En el Mapa 31 se observa que los UGM se dividieron en 3 segmentos: en la categoría 1 cada UGM cumple con 2 o 3 de los límites propuestos, en la categoría 2 cumplen con 4 o 5 de los límites y en la categoría 3 cumplen con 6 o 7 de los límites. De esta manera, los UGM de la categoría 3 pueden generar más viajes mensuales, con respecto al tamaño de su población, que los UGM de la categoría 2 y estos, a su vez, generar más viajes que los de categoría 1.



Mapa 31. Poblaciones que potencialmente pueden generar más viajes en el STP en el Sector Uruca-Heredia

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.5 1 2 3 Km</p> <p>Escala: 1:70,000</p>	<p>Fuentes: INEC (2011), Sanabria (2017), ITCR (2014), ARESEP (2019)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	---	--	--

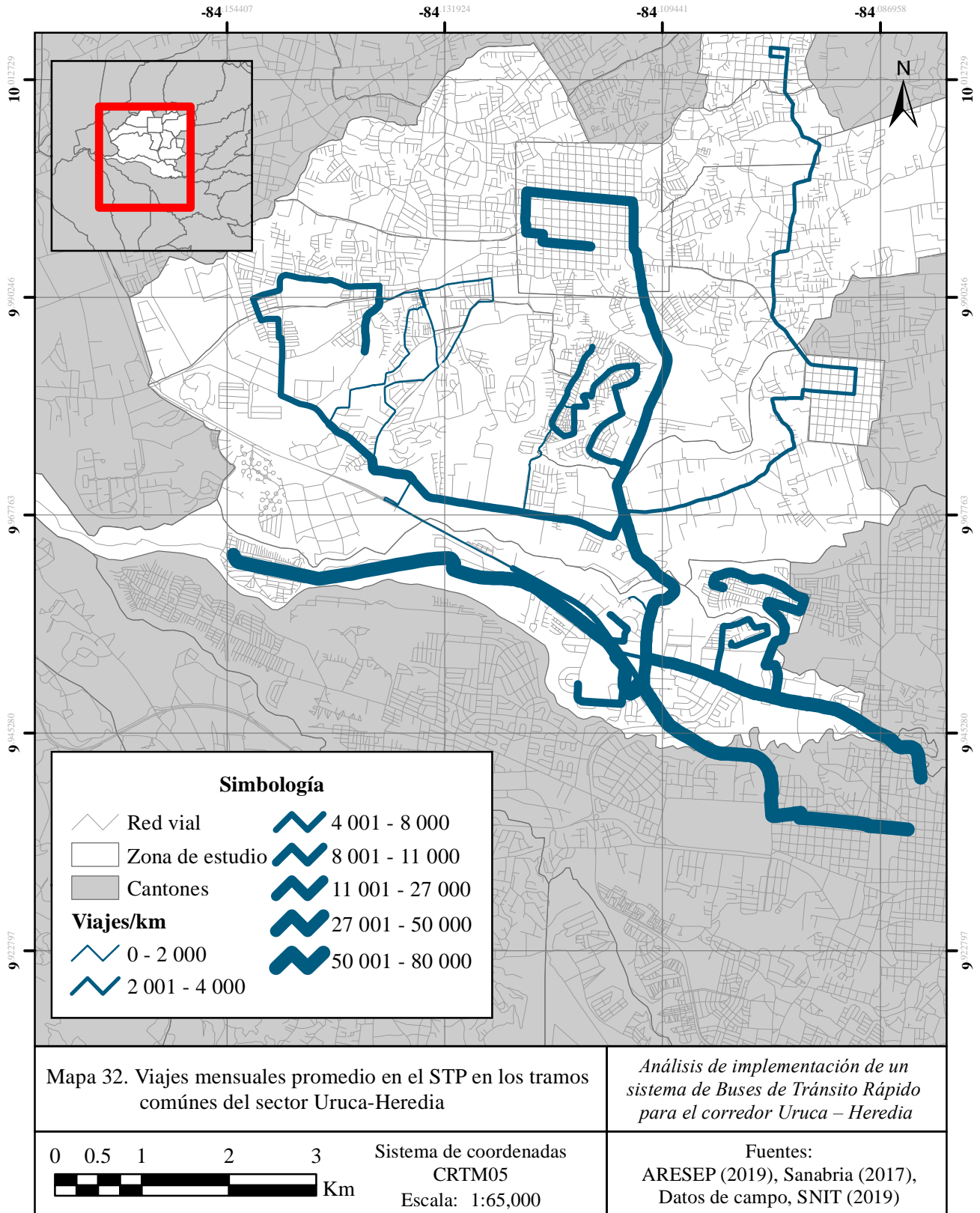
4.3.2. Pasajeros promedio por kilómetro en los tramos comunes del sector Uruca-Heredia

En la Sección 3.3.2 se expuso la demanda promedio mensual de viajes en el sistema de transporte público para cada una de las rutas analizadas del sector. No obstante, se desconoce como dicha demanda se distribuye durante la semana y los periodos horarios. También se desconoce cómo se reparten geográficamente los principales puntos de intercambios de los usuarios.

Debido a lo anterior, se intenta aproximar el comportamiento del sistema, a nivel de volumen mensual de pasajeros por kilómetro de recorrido. Para ello, se distribuyen los viajes de cada ruta de forma equitativa entre toda la longitud total del recorrido.

Esta demanda mensual promedio por kilometro permite observar los tramos por donde, eventualmente, puede existir una concentración mayor de usuarios dentro de las unidades. Los resultados obtenidos se grafican en el Mapa 32. Se logra entrever que los principales corredores se ubican en el sector de Ulloa, Ruta Nacional 2 y 3, La Uruca y La Carpio.

Lo mostrado en el Mapa 32 no constituye un estudio de demanda, ya que posee muchas limitaciones. Entre ellas, una de las principales es que no considera los puntos de atracción y generación de viajes, al suponer que todos los usuarios abordan y desbordan de las unidades de manera constante. Si se desea conocer a detalle el comportamiento de los usuarios se debe realizar un Estudio de Ascenso y Descenso de Pasajeros, que sale de los alcances del presente proyecto. Sin embargo, lo proyectado en el Mapa 32 permite mostrar sobre cuáles rutas se pueden concentrar la mayor cantidad de pasajeros, si estos realizaran el ascenso y descenso a lo largo de toda la ruta.



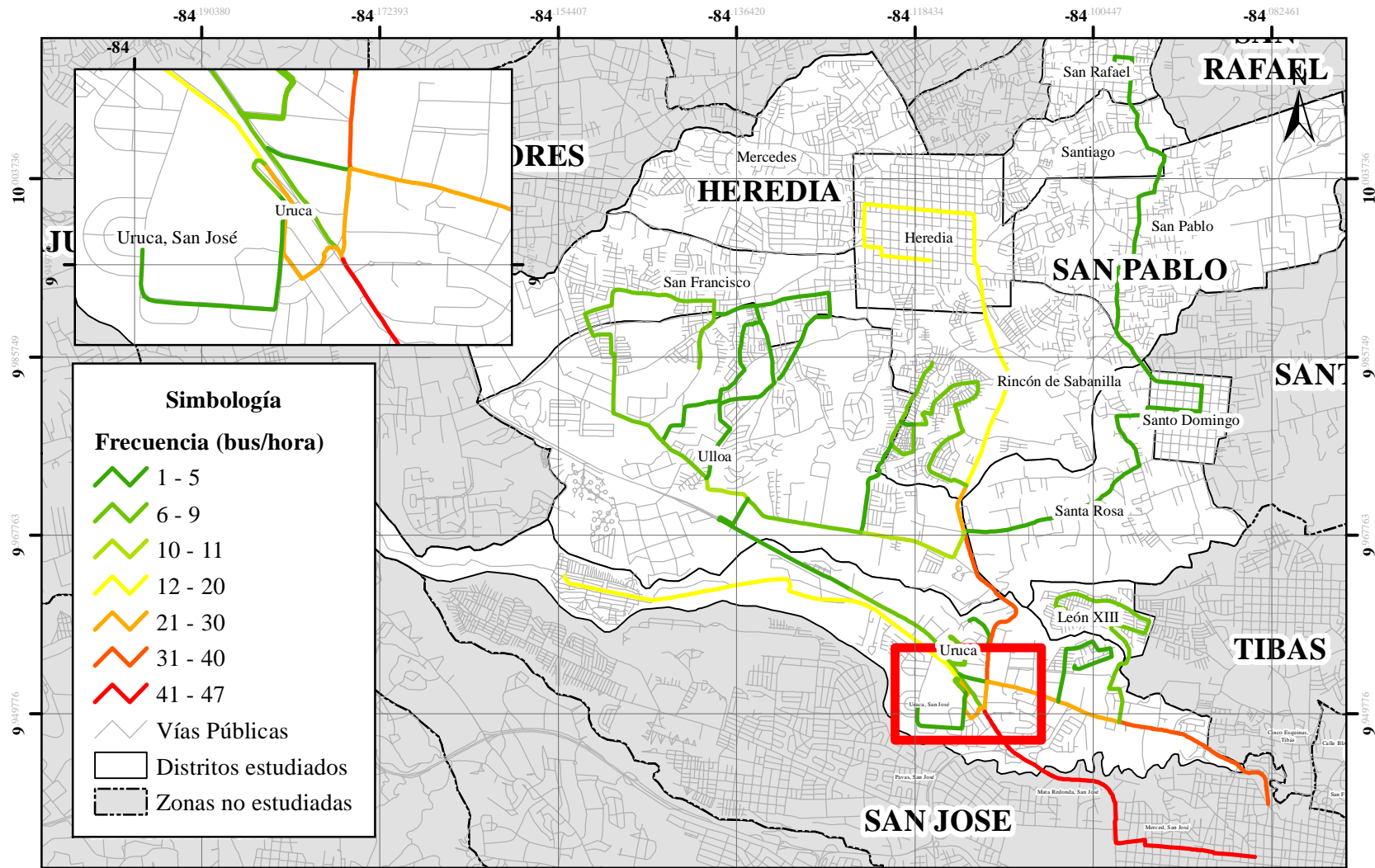
4.3.3. Frecuencias de los tramos comunes del STP

Con base en las frecuencias observadas en campo y presentadas en la Sección 3.3.3, se generaron los Mapas 33, 34, 35 y 36. Estos reflejan las frecuencias máximas reportadas en los tramos comunes del STP, para ambos sentido del viaje y ambos periodos pico.

Tal y como ha sucedido anteriormente, las Rutas 2 y 3, el sector de la Carpio y La Uruca son los que presentan la mayor oferta. En el caso del Sabana y Uruca esto se debe a que son las únicas entradas al Casco Central de San José desde el sector, por lo que los buses se concentran en estos puntos.

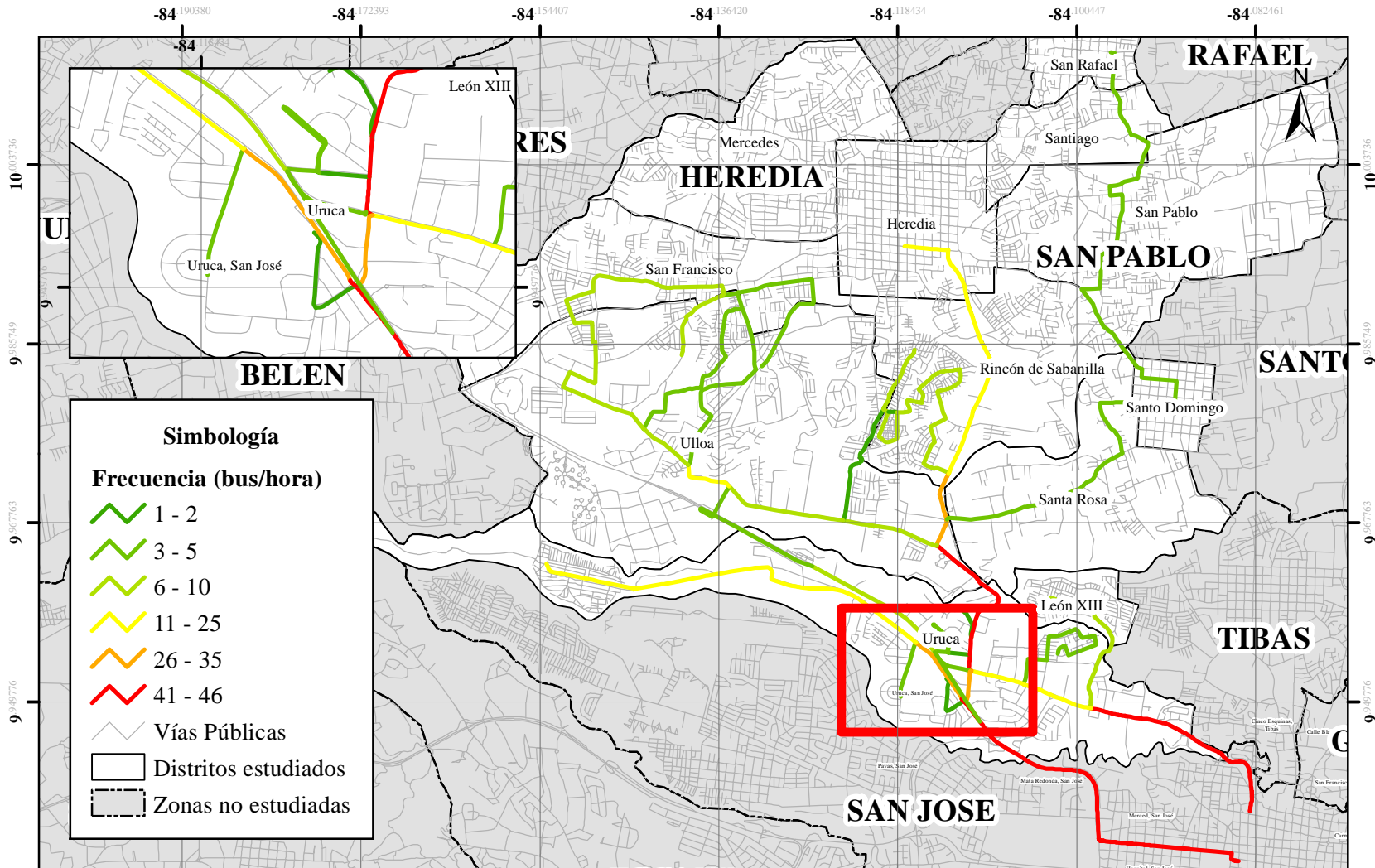
Por otra parte, la frecuencia máxima reportada en un tramo es entre 46 y 69 buses por hora durante el periodo PM, en los sectores de Pista y Uruca. La frecuencia máxima en un tramo durante el periodo AM vuelve a darse en la Pista y en La Uruca, y ronda los 47 buses/hora.

Como se observa en los siguientes Mapas, entre Lagunilla y La Pozuelo se tienen frecuencias muy altas, al igual que en la zona este de La Uruca. No obstante, en la zona oeste y central de La Uruca las frecuencias bajan. Esto se debe a que la mayoría de buses que transitan por Ruta Nacional 3 ingresa a la Capital por medio de la Ruta Nacional 1, por lo que el oeste de La Uruca tiene mejor frecuencia. Al combinar los flujos de buses que provienen de Ruta Nacional 3 con los de León XIII y Peregrina, en el este de La Uruca, las frecuencias vuelvan a aumentar y por ello se observan rojas.



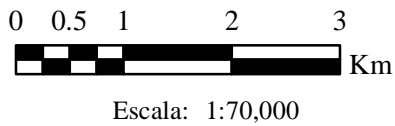
Mapa 33. Frecuencias observadas de los buses para cada tramo común de los Ramales del Sector en el Periodo AM Sentido 1-2

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.5 1 2 3 Km</p> <p>Escala: 1:70,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	---	--	---



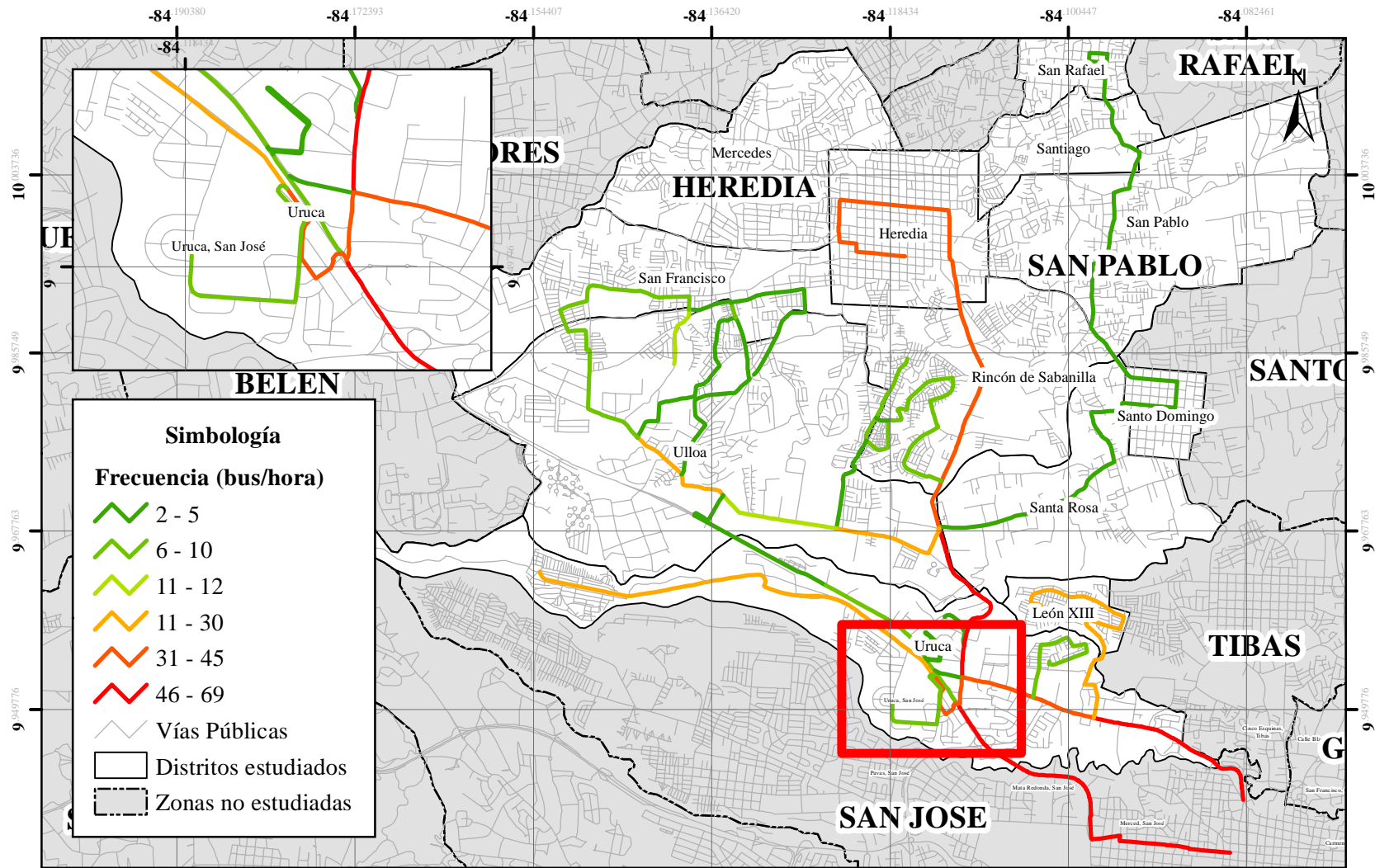
Mapa 34. Frecuencias observadas de los buses para cada tramo común de los Ramales del Sector en el Periodo AM Sentido 2-1

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



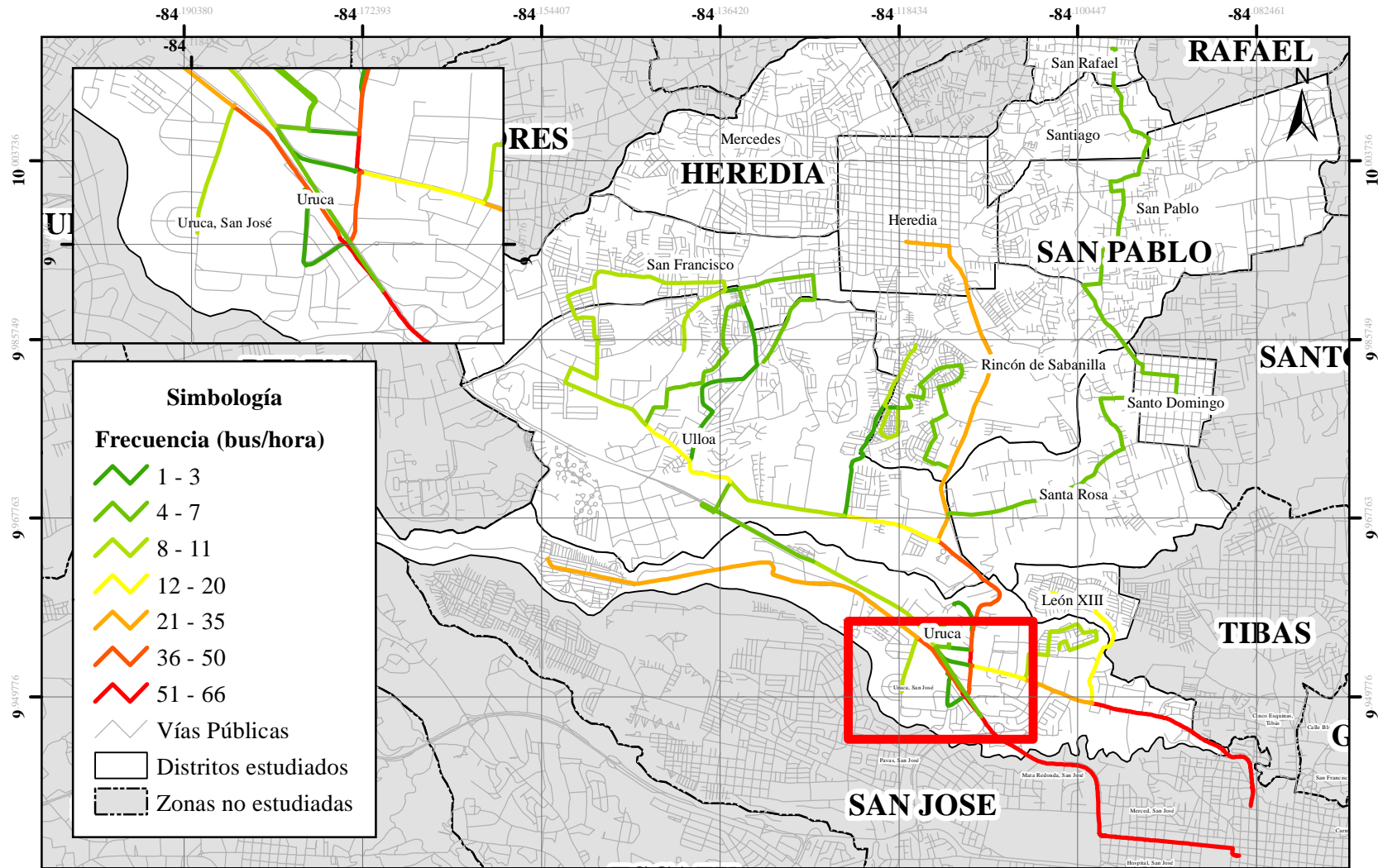
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



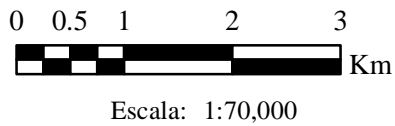
Mapa 35. Frecuencias observadas de los buses para cada tramo común de los Ramales del Sector en el Periodo PM Sentido 1-2

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.5 1 2 3 Km</p> <p>Escala: 1:70,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	---	--	---



Mapa 36. Frecuencias observadas de los buses para cada tramo común de los Ramales del Sector en el Periodo PM Sentido 2-1

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
 Datos de campo, Sanabria (2017),
 ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
 CRTM05

4.3.4. Corredores del STP del sector Uruca-Heredia

Para diseñar las rutas troncales del Sistema BRT deseado, se debe determinar los corredores principales, en los cuales se concentran la mayor cantidad de viajes del STP. Para ello, se utiliza la información generada en el Capítulo III, que se debe analizar en forma conjunta con los datos del presente capítulo.

Los corredores principales del sector Uruca-Heredia, deben responder a los tramos de la red vial en donde se concentran la mayor cantidad de viajes en el STP. Al observar las frecuencias se aprecia que las Rutas Nacionales 2, 3, 106 y 108 presentan las frecuencias más altas de todo el sector al acumular el mayor número de rutas de bus según la Sección 3.1.1.

Estas frecuencias altas permiten suplir la alta demanda mensual de viajes que transitan por estas rutas según el Mapa 32 y la Sección 3.3.2. Es decir, por las rutas mencionadas actualmente transitan el mayor número de buses y el volumen más grande de viajes del sector hacia San José, estas rutas son los corredores primarios del sector Uruca-Heredia.

Al comparar lo obtenido, ver Mapa 37, con los UGM que eventualmente pueden generar mayor cantidad de viajes, se observan que los corredores sugeridos sirven a poblaciones con altas tasas de generación como Carpio, Uruca, Aurora y Santa Cecilia; además de transitar muy cerca de zonas con generación media como León XIII y Guararí.

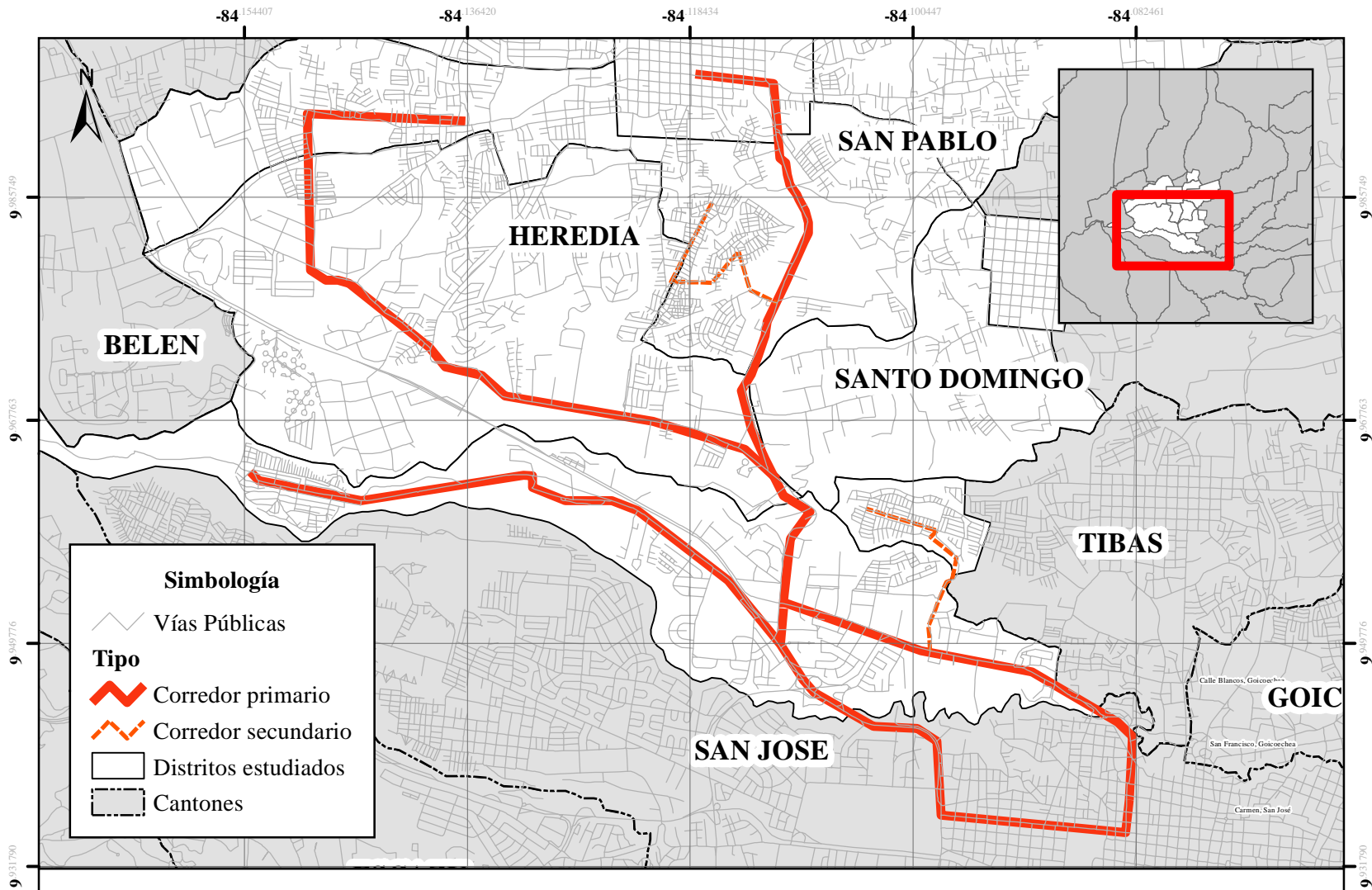
Las comunidades de León XIII y a Guararí pueden generar muchos viajes, como se observa en los Mapas 31 y 32. Sin embargo, su ubicación no les permite recibir rutas secundarias, sino que, estos sectores deben agregar sus recorridos al corredor primario. Ante esto, se les denominará como corredores secundarios, al tener un volumen alto de viajes pero no contar con espacio físico para permitir la afluencia de ramales. Estas comunidades deben abastecerse con frecuencias altas e inclusive considerar utilizar sistemas directos y expresos durante los periodos pico.

Según el Mapa 31, en los cantones de San Pablo y Santo Domingo hay varios UGM generadores de viajes que quedan lejos de los corredores propuestos. Sin embargo, pueden verse abastecidos por la Ruta 400 A, como se mencionó anteriormente. Esta ruta no pertenece al sector en estudio sino al sector Santo Domingo-Tibás, por lo que su demanda se ve confluída hace el corredor primario de dicho sector, fuera del alcance de este proyecto.

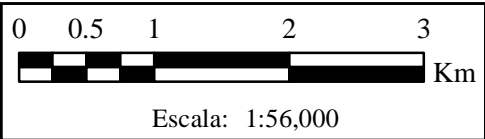
En la zona norte de Heredia y San Rafael existen UGM generadores de viajes que deben ser suplidos, mas sus viajes deben enfocarse a llevar al usuario al distrito central de Heredia, debido a su cercanía, a su matriz OD y a que pueden hacer transferencia al corredor primario en dicho distrito.

Por otra parte, como establece TCRP (2003b), el corredor primario de un BRT debe servir a las principales zonas comerciales e industriales del sector, de manera que, estos focos de viajes se vean abastecidos. De esta manera, al comparar los Mapas 28, 29, 30 y 37 se determina que los corredores primarios se ajustan a estas zonas, así como a la zonificación industrial y comercial de los cantones. Es decir, el corredor primario abastece a las zonas francas, parques industriales, hospitales, el parque diversiones, universidades y centros comerciales del sector.

Si se contraste los corredores generados con la matriz OD, se concluye que este refleja la inmensa proporción de viajes que se dirigen hacia el centro de San José, ya sea porque es su destino final o porque deben realizar trasbordos en él. También se aprecia, que los dos corredores primarios propuestos permiten alimentar todo el cantón de Heredia, supliendo de alguna manera la demanda interna de viajes hacia cualquier distrito del cantón.



Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
Sanabria (2017), ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05

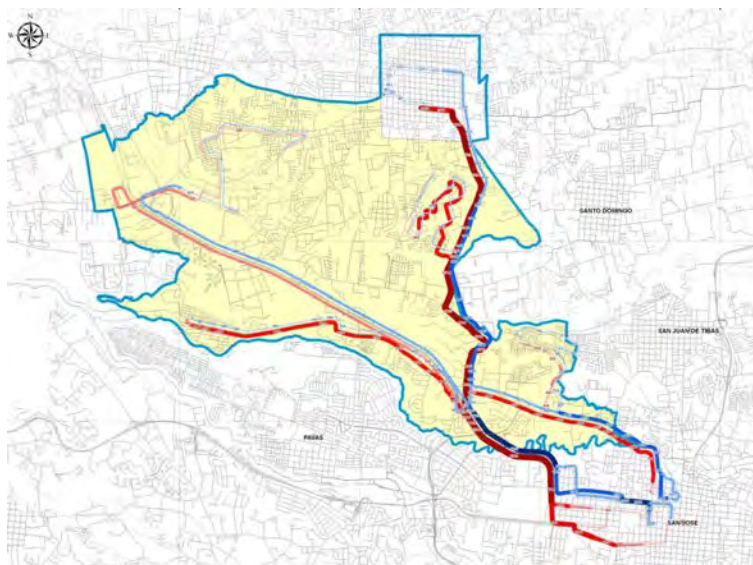


Figura 4.4: Volumen de pasajeros – sector Uruca-Heredia Hora Pico AM
Fuente: Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015)

4.3.5. Corredores primarios en otros estudios

Una vez identificados los corredores primarios que deben constituir las rutas troncales, se verifica la información generada con el Estudio de Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015) y con la estimación que realizó L.C.R. Logística S.A. (1999) para el año 2020.

En la Figura 4.4 se aprecia los resultados de las mediciones realizadas por Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015) mediante encuestas al usuario y un Estudio de Ascenso y Descenso de Pasajeros para los principales Ramales del sector, determinados según un Estudio de Frecuencia y Ocupación Visual que ellos realizaron.

Se aprecia que el Consorcio llegó a la misma conclusión sobre cuáles vías acumulan el mayor número de viajes del sistema de transporte público actual, utilizando la metodología mencionada. Esto reafirma la necesidad de elaborar el diseño de las rutas troncales de manera que abastezcan los corredores primarios identificados.

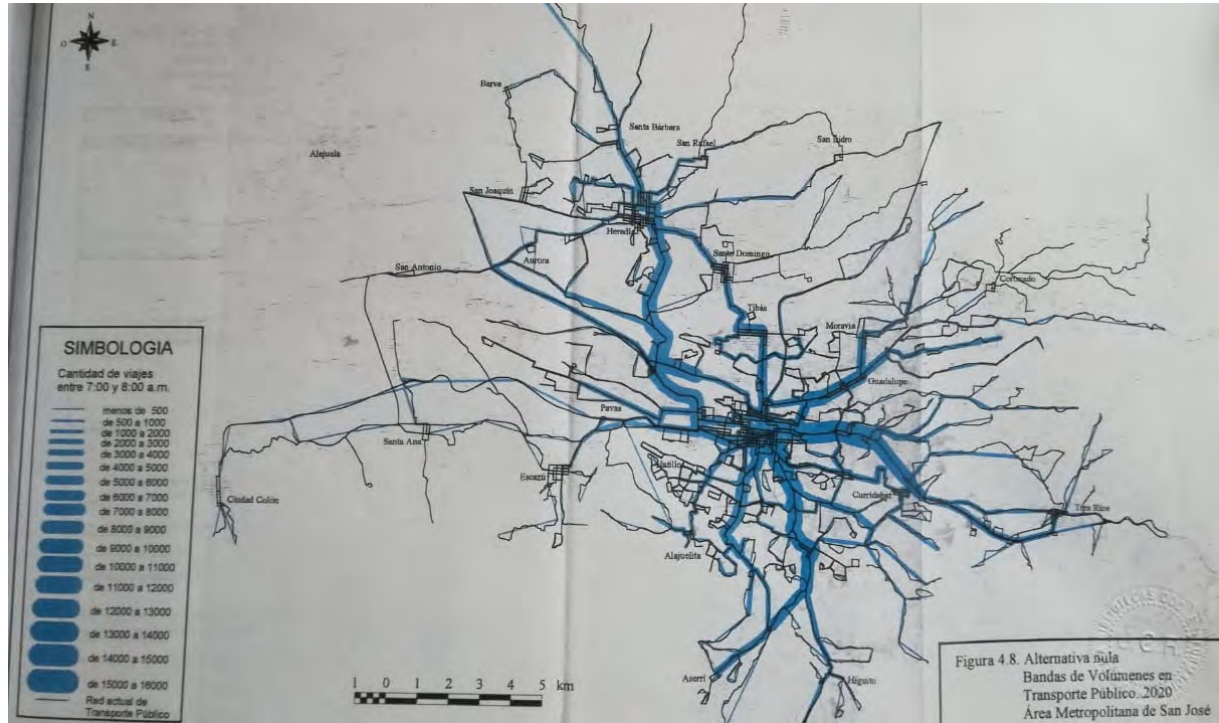


Figura 4.5: Predicción del comportamiento de los volúmenes de viajes del AMSJ al año 2020
Fuente: L.C.R. Logística S.A. (1999)

En el caso del estudio de L.C.R. Logística S.A. (1999), este predijo el comportamiento de la demanda de viajes en transporte público para el año 2020 con base en la estructura del STP de 1999. De manera que, la Figura 4.5 también sugiere la existencia de un corredor en las Rutas 2, 3, 106 y 108. Cabe resaltar que, el comportamiento predicho en este estudio no es el mismo que el observado, debido a la variación no previsible de factores socioeconómicos en la zona como: modificaciones al servicio de transporte público, cambios en la zonificación, cambios a los planes reguladores, construcción de universidades, zonas francas, centros comerciales, instituciones estatales, entre otros.

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL SISTEMA BRT

5.1. Diseño de la ruta troncal

Como se ha descrito en los capítulos anteriores, el sistema de transporte público (STP) actual del sector Uruca-Heredia está enfocado en trasladar usuarios, de manera directa, desde las zonas residenciales hacia el casco central de San José. El sistema no se diseñó de manera conjunta y no cuenta con tratamiento preferencial, por lo que posee velocidades de operación bajas, distancias de caminata excesivas, tiempos de espera en periodos pico muy grandes, duplicidades en los recorridos, entre otros problemas.

El presente capítulo busca diseñar un sistema de Buses de Tránsito Rápido (BRT) que funcione de manera troncalizada, con una red de rutas primarias o troncales que conecten las principales poblaciones y una red de rutas secundarias que conecten las demás zonas residenciales con la ruta troncal. De esta manera, el diseño buscado debe compensar las deficiencias encontradas en el sistema actual.

5.1.1. Parámetros mínimos de la ruta troncal

La presente sección establece parámetros mínimos a considerar para el diseño geométrico de la ruta troncal. Estudios posteriores deben establecer el diseño estructural, la frecuencia y la tarifa.

La troncal debe respetar los corredores primarios propuestos, ya que estos describen las zonas con mayor volumen de pasajeros y alimenta puntos como universidades, hospitales y zonas francas, industriales y comerciales. No obstante, el cumplimiento del corredor se encuentra sujeto a las pendientes y a la disponibilidad del terreno.

Por otra parte, las rutas troncales deben ser lo más cortas posibles para disminuir la distancia recorrida y los tiempos de viaje. A su vez, debido a la alta congestión vehicular presente en el sector, como se detalló en la Sección 3.3.3, el STP tiene bajas velocidades comerciales. Ante esto, se debe evitar la interacción entre los vehículos privados y el sistema BRT mediante carriles segregados.

Se priorizará colocar ambos sentidos de la troncal en la misma vía. No obstante, las calles en una sola dirección pueden ser utilizadas como un par vial, siempre que no se dificulte la comunicación entre las partes (TCRP, 2003b). Debido a la poca disponibilidad de espacio, se permite la utilización carriles reversibles exclusivos, sin embargo, en caso que el espacio sea muy limitado y con poca redundancia vial pueden presentarse tramos sin segregación. Estudios posteriores deben analizar la posibilidad de ampliar mediante la expropiación de terreno.

No se debe permitir el uso de los carriles exclusivos por parte de los servicios especiales e informales. Esto con el fin de otorgar al sistema BRT una ventaja frente a este tipo de servicios, al mantenerlos sobre el tránsito regular. Además, se deben prohibir los estacionamientos de vehículos privados, las zonas de carga y descarga de mercancías y las paradas de taxis en las vías por donde transite el sistema BRT (TCRP, 2003b).

Con el fin de generar fluidez entre el tráfico y la troncal, se prioriza disminuir el número de intersecciones que daban utilizar los buses. No obstante, en aquellas donde existan conflictos se considera:

- Prohibir giros de vehículos que interfieran con el BRT (TCRP, 2003b). No obstante, si se espera una circulación mayor a 100 vehículos/hora o el volumen de giro hacia la izquierda o derecha es mayor al 20 % del total, se habilitan carriles de giro izquierdo o derecho que permitan contener los vehículos mientras el BRT transita libremente (SIECA, 2011).
- En caso de que no se pueda suprimir el movimiento de los vehículos, se coloca un semáforo en la intersección. La fase roja debe ser mínima para el bus.
- La señal de Alto siempre debe estar colocada en los sentidos de donde no provenga la ruta troncal, respetando la jerarquía señalada por SIECA (2014).
- La señal de Ceda siempre debe estar colocada para los vehículos particulares.
- En las intersecciones donde el bus no pueda tener el carril exclusivo, se utilizan *Queue Bypass* (carriles de salto de cola en español), para que los buses tengan su propia línea de espera (TCRP, 2003b).

Considerando los corredores primarios de la Sección 4.3, se habilitarán 3 rutas troncales correspondientes a una ruta por corredor. Se decide nombrar a cada ruta troncal de acuerdo a las poblaciones que abastecen: Troncal Ulloa, Troncal Heredia y Troncal Hospital-Carpio.

Cabe resaltar, la última propuesta de Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015) establece la creación de 6 troncales; sin embargo, esto no se considera óptimo debido a que no elimina la duplicidad de servicios, permitiendo que las troncales Aurora, Santa Cecilia y León XIII compartan la mayor parte de su recorrido.

Por otro lado, como el sector presenta muchos viajes internos, según el Cuadro 4.1, dirigidos principalmente al cantón de Heredia, se decide completar la Troncal Ulloa hasta el distrito Heredia. De esta manera, se crea un anillo alrededor del sector y se brinda acceso a las poblaciones del noreste a la zona industrial de Ulloa.

Asimismo, el extender la troncal Ulloa permite disminuir el número de buses que ingresan a Heredia, aumenta el número de servicios entre Heredia y San José y concentra los flujos de Heredia que se mueven hacia las zonas francas de Aurora, Barreal y Lagunilla, mejorando la solvencia de la misma al permitir viajes en los sentidos Heredia-San José y San José-Heredia durante ambos periodos pico.

Adyacente al sector en análisis existe el sector Santo Domingo-Tibás. Según plantean L.C.R. Logística S.A. (1999) y Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015), este posee una troncal que une a Santo Domingo, San Pablo y el centro de Heredia. Si bien esta troncal no pertenece al sector, se presentará una propuesta de trazado que interactúe con las troncales pertenecientes. Esto permite mejorar el servicio, pues la matriz OD demuestra viajes entre San Pablo, Santo Domingo, Heredia y San José. Debe realizarse un análisis similar al de este trabajo para el sector Santo Domingo-Tibás y con este revisar el trazado de la troncal Santo Domingo. Dicho análisis queda fuera de los objetivos del estudio.

En cuanto a las paradas de la ruta troncal, la separación de estas se establece considerando el IPK calculado en la Sección 3.3.3.10, estableciendo cuáles zonas requieren un alto intercambio de pasajeros y peatones y en cuáles zonas la mayoría de los usuarios deberán ingresar por medio de trasbordos. Se considerarán como zonas peatonales Heredia, Santo Domingo, La Carpio, el Hospital México y La Uruca.

Las paradas de la troncal deberán contar con bahías si el espacio disponible lo permite. La importancia de estas radica en que desvían el flujo de buses que deben estacionarse del flujo principal, para que este continúe sin perturbaciones (TCRP, 2003b). Debido al poco espacio disponible se crean bahías falsas, las cuales, en lugar de desviar los buses que deben estacionarse, desvían el flujo principal, maximizando el uso del espacio y cumpliendo el objetivo de las bahías. No obstante, las bahías falsas solo se permiten en zonas de baja velocidad, ya que también desvían el flujo de vehículos particulares.

Considerando la presencia de un gran número de peatones intentando ingresar a los paraderos, se recomienda la utilización de semáforos peatonales para interrumpir el flujo vehicular. También pueden utilizarse reductores de velocidad tipo C, permitidos en el Decreto N° 17415-MOPT, de la Sección 3.2.16.2 Reductores de Velocidad del SIECA (2014), que obliguen a los vehículos a disminuir su velocidad. Se debe realizar un estudio que determine para cada paradero cuál es la solución óptima. Dicho estudio queda fuera de los alcances del presente proyecto.

Por último, además de las condiciones mencionadas anteriormente, se revisaron los siguientes manuales de diseño que establecen parámetros mínimos para la troncal del Sistema BRT: *TRCP Report 90: Bus Rapid Transit - Implementation Guidelines* (TCRP, 2003b), *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito* (SIECA, 2014), *el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras* (SIECA, 2011) y *The Bus Rapid Transit Planning Guide* (ITDP, 2017). En el Cuadro 5.1 se presentan el listado parámetros considerados para el diseño de la ruta troncal.

Cuadro 5.1: Parámetros utilizados para el diseño de la Ruta Troncal

Parámetro	Valores			Observación	Fuente
	Mínimo	Ideal	Máximo		
Ancho Carril BRT	3.4 m	3.6 m 3.9 m	4.0 m	Se permite utilizar un carril de 3.0 m en zonas de velocidad restringida como centros urbanos	TCRP (2003b)
Largo del bus de diseño	-	18 m	-	Se utiliza un bus articulado simple como unidad de diseño.	TCRP (2003b) SIECA (2011)
Ancho del bus de diseño	-	2.7 m	-	Se utiliza un bus articulado simple como unidad de diseño.	TCRP (2003b) SIECA (2011)
Velocidad de diseño	30 km/h	40 km/h	-	-	TCRP (2003b)
Ancho de aceras	1.2 m	2.0 m	-	-	TCRP (2003b) SIECA (2011)
Ancho de barreras	0.6 m	-	1.2 m	-	TCRP (2003b)
Ancho de las bahías	3 m	-	4 m	-	TCRP (2003b) SIECA (2011)
Largo horizontal de salida de la bahía	20 m	-	-	Debe verificarse que cumpla el ángulo máximo de cambio de carril.	SIECA (2011)
Largo horizontal de entrada a la bahía	12 m	-	-	Debe verificarse que cumpla el ángulo máximo de cambio de carril.	SIECA (2011)
Ángulo de cambio de carril	-	-	10°	-	TCRP (2003b)

Continuación del cuadro 5.1

Parámetro	Valores			Observación	Fuente
	Mínimo	Ideal	Máximo		
Longitud de las bahías	-	43 m	63 m	Se considera una distancia entre buses de al menos 3 m. En el caso, de las bahías que sirven a una troncal se consideran 2 buses estacionados. Las bahías que sirven a 2 troncales consideran 3 buses estacionados a la vez. El número de buses estacionados se debe revisar con un estudio de frecuencia ajena a este proyecto.	TCRP (2003b) SIECA (2011)
Distancia movimientos	20 m	-	-	Distancia es la mínima que debe existir entre el punto de tangencia del radio de una esquina y cualquier cambio en la dirección del bus.	SIECA (2011)
Ancho plataforma de espera	2.5 m	-	3.0 m	El ancho de las plataformas debe ser revisado con un estudio de demanda, fuera de los alcances del presente proyecto.	TCRP (2003b)
Separación de las paradas en zona peatonal	400 m	-	525 m	Zonas donde se espera que los usuarios caminen desde el sitio de origen de su viaje para ingresar a las paradas de la troncal.	TCRP (2003b)
Separación de las paradas en zona de transferencia	800 m	-	1.6 km	Zonas donde se espera que la mayoría de los usuarios ingresarán a la troncal por medio de transbordos con las alimentadoras.	TCRP (2003b)
Longitud de cambio de ancho de carril	-	-	-	$L = \frac{0,4*a*v^2}{150}$	SIECA (2014)

Continuación del cuadro 5.1

Parámetro	Valores			Observación	Fuente
	Mínimo	Ideal	Máximo		
Longitud aproximación de obstáculos	30 m	-	-	$L = \frac{0,4*a*v^2}{150}$	SIECA (2014)
Ancho paso peatonal	1.8 m	-	-	Rayas de un ancho mínimo de 20 cm con una separación de 40 cm entre ellas.	SIECA (2014)
Ancho de carril para vehículo	3.0 m	3.6 m	4.0 m	-	SIECA (2014)
Radio de giro externo de bus	13.5 m	15.5 m	16.5 m	El radio mínimo solo se permite en zonas de baja velocidad, como los centros urbanos.	TCRP (2003b) SIECA (2011)
Radio de giro interno de bus	8.5 m	-	-	El radio mínimo solo se permite en zonas de baja velocidad, como los centros urbanos.	TCRP (2003b) SIECA (2011)
Radio de giro externo de vehículo particular	0 m 4.2 m	5.8 m	7.3 m	El radio mínimo puede ser utilizado en intersecciones donde el vehículo particular cuente con la señal de alto.	SIECA (2014) SIECA (2011)
Radio de Islas de separación	700 m	1 500 m	-	Ancho mínimo de 1.8 m y área mínima de 9 m ² .	SIECA (2011)

5.1.2. Diseño de las Rutas Troncales

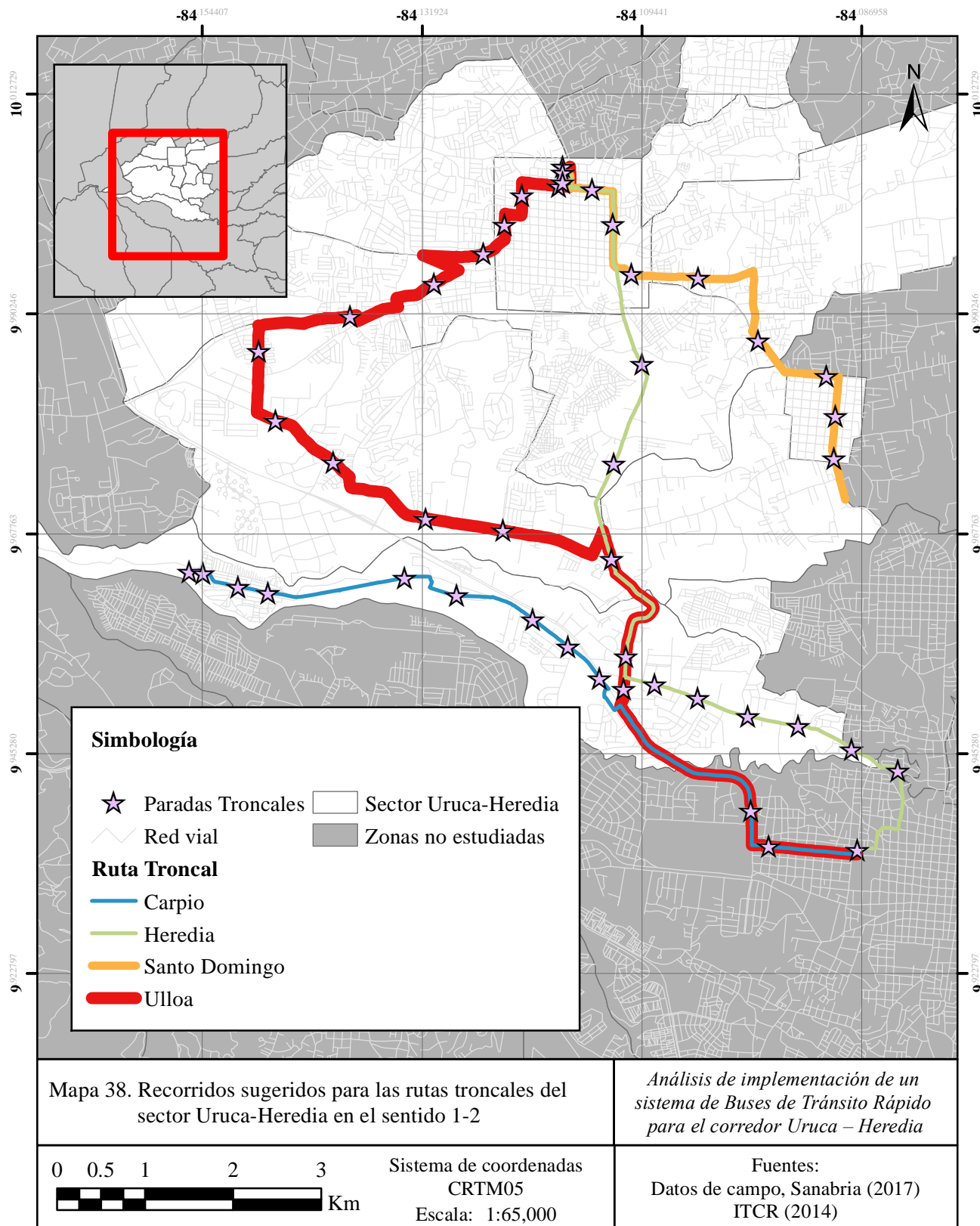
Considerando todos los parámetros presentados en la Sección 5.1.1, se procedió a estudiar los Mapas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 para determinar posibles vías a utilizar para las rutas troncales. Las posibles rutas determinadas fueron verificadas con información de campo y fotografía satelital para obtener la mejor ruta.

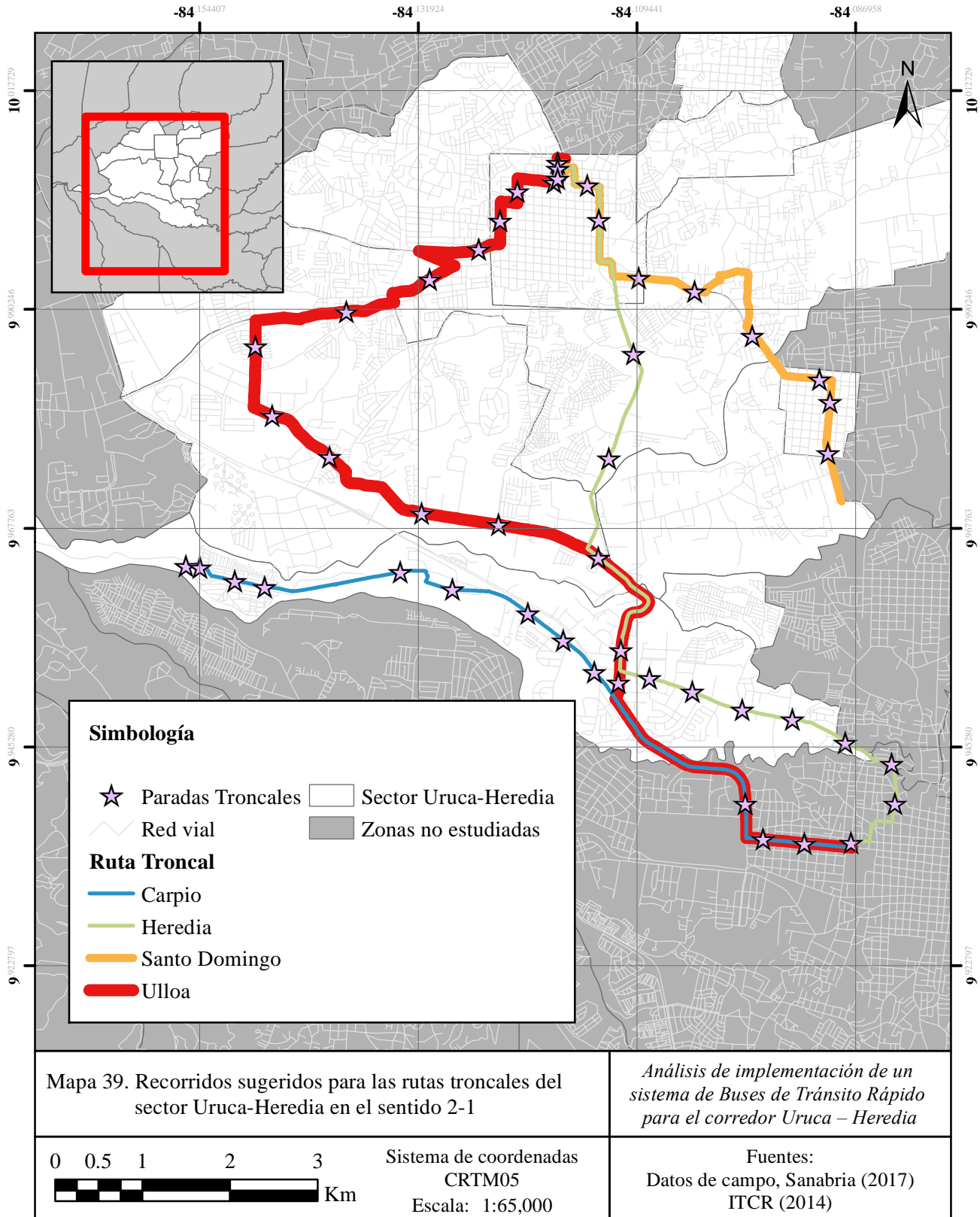
Durante la verificación de campo se recorrieron 52 km en el sector, registrando 229 puntos con un odómetro, que incluían: intersecciones, anchos de carriles, aceras, espaldones, zonas verdes, radios de giro y cunetas. Además de ello, la verificación con imagen satelital incluyó 135 muestras de fotografías obtenidas del *software Google Earth (2019)*.

Sobre el ingreso al casco central de San José, se decide que la troncal Carpio y la troncal Ulloa utilicen el sector Pista y la troncal Heredia el sector Uruca. Esto se debe a:

- La Carpio sirve de manera directa a los principales generadores y atractores de viajes: Hospital México, Parque de Diversiones, Hospital del Trauma, La Carpio, el INA, entre otros.
- Actualmente, la mayor parte del sector tiene la opción de ingresar a la Uruca o a la Pista, por lo que dicha opción no debe ser eliminada.
- La troncal Ulloa es considerablemente más larga que la troncal Heredia en ambos sentidos del viaje, por lo que, enviar la ruta por pista permite disminuir la distancia recorrida.
- Sumando las demandas actuales, se obtiene que el 52 % de los viajes que utilizan el corredor primario Heredia viajan por Pista y el 48 % por Uruca. En cambio, el 73 % de los viajes en el corredor Ulloa se da por Pista y el 27 % por Uruca, por lo tanto, es más conveniente que la Troncal Ulloa transite por el sector Pista.

Con base en esto, se generan los Mapa 38 y 39 donde se observan la propuesta general de las rutas troncales del sistema para sentidos del viaje. En las siguientes secciones se detallarán las troncales propuestas, divididas en secciones menores para facilitar la explicación.





Se detallarán las rutas troncales de los Mapas 38 y 39, divididas en tramos para facilitar la explicación.



Figura 5.1: Simbología utilizada en las propuestas de mejora

En la Figura 5.1 se expone la simbología utilizada en los diagramas representativos del sistema BRT de las próximas secciones. Se aclaran la simbología de las aceras, espaldones, zonas verdes y cunetas.

Se intentaron desarrollar rutas troncales que tuviesen el menor impacto sobre los vehículos, por lo que se consultó el Tránsito Promedio Diario (TPD) (MOPT, 2019). La búsqueda incluyó todas las vías del BRT, no obstante, muchas no contaban con información. Aquellas que sí contaban se presentan en el Cuadro 5.2, en donde se aprecia que la ruta que pasa por Santo Domingo es la que cuenta con el menor volumen y las Rutas 108 (Uruca) y 2 (Pista) son las que poseen los

mayores volúmenes. Debido al alto tránsito, a las Rutas del Cuadro 5.2 no se les restringió movimientos, aunque en algunas ocasiones el número de carriles para vehículos particulares disminuyó.

Cuadro 5.2: Tránsito Promedio Diario reportado para algunas rutas del sector Uruca-Heredia

Ruta	Distrito	Lugar	Sección de control	TPD	Año
1	Pista	Hotel Crowne Plaza	19002	61 054	2019
2	San José	Paseo Colón	19001	24 781	2019
3	San Francisco	Puente sobre el Virilla	40000	36 480	2015
3	San Francisco	Entrada Pricesmart	40000	32 138	2017
3	San Francisco	Puente Quebrada Seca	40010	30 452	2015
5	Santo Domingo	Plantel del MOPT	40050	16 340	2016
5	Santo Domingo	Frente a Gollo	40060	8 369	2018
5	San Pablo	Plaza de la Puebla	40730	17 132	2018
106	Ulloa	Escuela de Barreal	40031	15 727	2015

Continuación del cuadro 5.2

Ruta	Distrito	Lugar	Sección	TPDA	Año
106	Ulloa	Lagunilla	40032	19 734	2015
108	Uruca	Agencia Land Rover	19038	24 565	2018
108	Uruca	Plaza de la Uruca	19038	56 591	2015
111	San Francisco	Oxígeno	40120	11 579	2015
115	San Pablo	Entrada a San Pablo	40230	13 056	2015
126	Heredia	Quebrada Seca	40070	20 370	2015
40112	Ulloa	Aurora	49012	14 543	2016

Fuente: elaboración propia con datos de campo MOPT (2019)

En la Figura 5.2 se presenta la demarcación horizontal sugerida para los carriles exclusivos. Adicional a esta demarcación puede considerarse pintar el pavimento de un color diferente, como se ha implementado en las ciudades de Sidney y Londres (ITDP, 2010). Esto le permite a los conductores diferenciar de una manera más sencilla cuál carril utilizar. El color sugerido es el coralino, ya que según SIECA (2014) este color no se encuentra asignado a ninguna demarcación y puede utilizarse para identificar las rutas de transporte público.

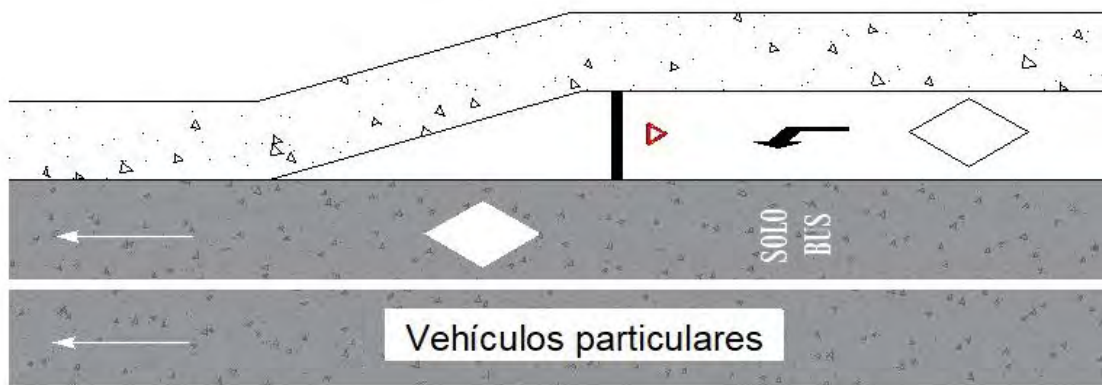


Figura 5.2: Demarcación sugerida para diferenciar los carriles

Se recomienda la vigilancia electrónica para evitar el ingreso de vehículos particulares a las zonas exclusivas. Como la frecuencia máxima actual en Pista o en Uruca es de 69 buses/hora y se espera que la frecuencia baje o se mantenga debido a la utilización de buses de mayor capacidad, no se recomienda la utilización de separación física; ya que, según AASHTO (2004), la separación física longitudinal se debe utilizar en frecuencias mayores a 80 buses/hora. Además, la separación física dificulta la flexibilidad del sistema en caso de averías (Molinero & Sánchez, 2002), el espacio físico disponible del sector es muy limitado, la separación física aumenta los costos de construcción y una barrera física puede poner en riesgo la seguridad vial del sistema.

Los puntos en los mapas detallan la ruta troncal: representan una modificación necesaria y se encuentran acompañados de un código que sirve para relacionar un diagrama de modificación con su localización espacial. El código hace referencia al distrito donde se encuentra, al tipo de modificación y al número de intervención (Distrito-Tipo-Número). Todos los diagrama se pueden consultar en el Apéndice A.

5.1.2.1. Diseño del Tramo Santo Domingo

Como se observa en el Mapa 40, el diseño incluye un carril exclusivo que desde el cementerio hasta en la zona norte del casco central de Santo Domingo. Luego de esto se utiliza un par vial que va hasta el sector conocido como el Antiguo Matadero de Santo Domingo.

En el caso de los vehículos particulares, se debe desviar el flujo entre Tibás y Heredia como se observa en el Mapa 41. Otros flujos pueden verse afectados por las modificaciones, sin embargo, quedan fuera de los objetivos del presente trabajo. Se debe realizar un estudio de impacto vial para todo el cantón.

En el caso de los vehículos que se dirigen hacia Heredia, como se aprecia en los Mapa 40 y 41, deben virar a la izquierda en la intersección de la McDonald's (ST-I-4), para posteriormente ingresar a la Calle Central mediante la intersección ST-I-3, ingresar a Calle 0 y luego al par vial generado sobre Av. 7.

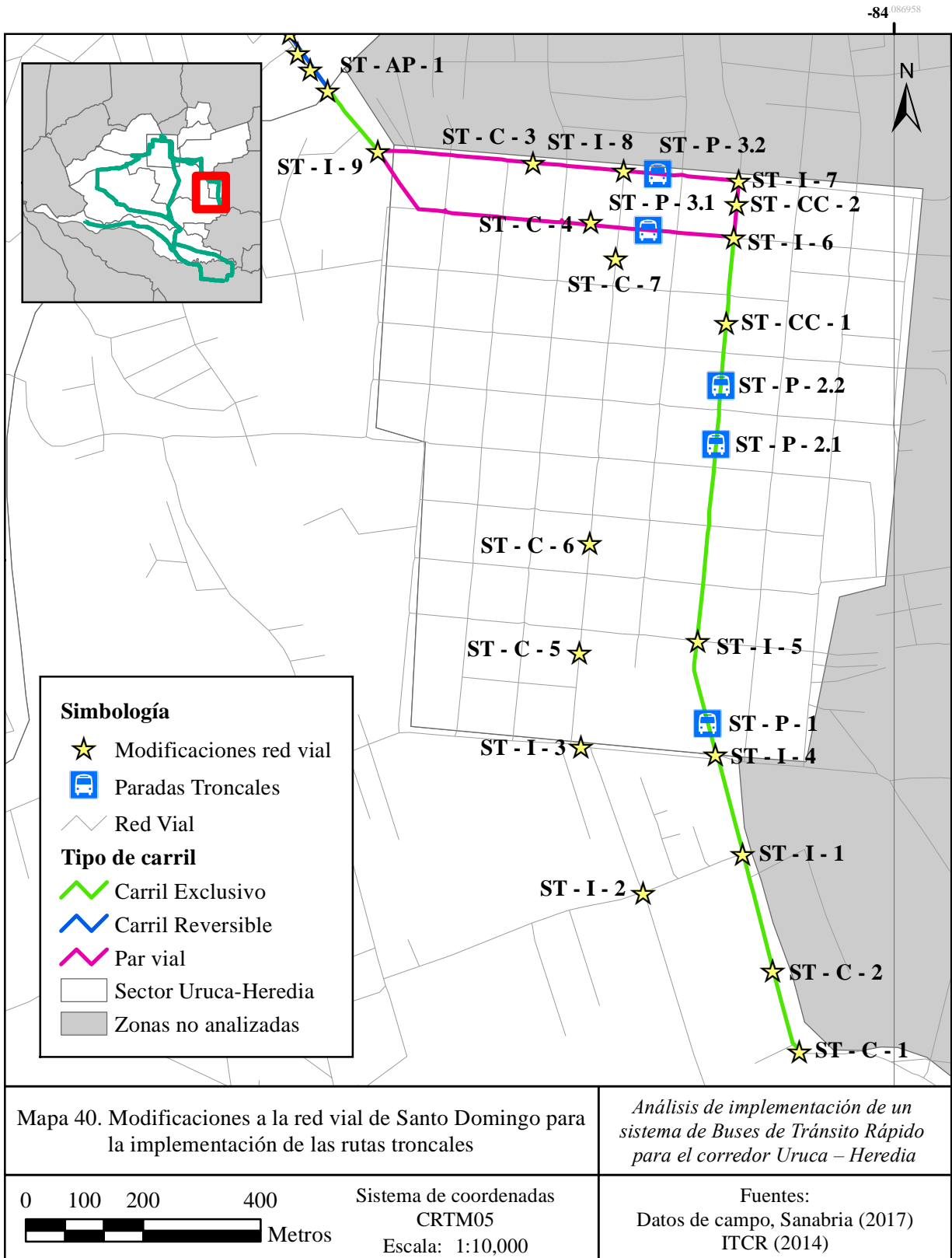
Los flujos que provienen de Heredia, ingresan a Santo Domingo sobre Av. 5 y se desvían sobre Calle 2 y Av. 6 para llegar a la Intersección ST-I-3 e ingresar al sistema tipo rotonda propuesto para la salida, como se puede observar detallado en las mejoras ST-I-1, ST-I-2, ST-I-3 y ST-I-4. Las modificaciones a la red vial incluyen una ampliación en el acceso sur de la intersección ST-I-1 a 4 carriles, en el acceso norte a 3 carriles y en el acceso oeste a 2 carriles.

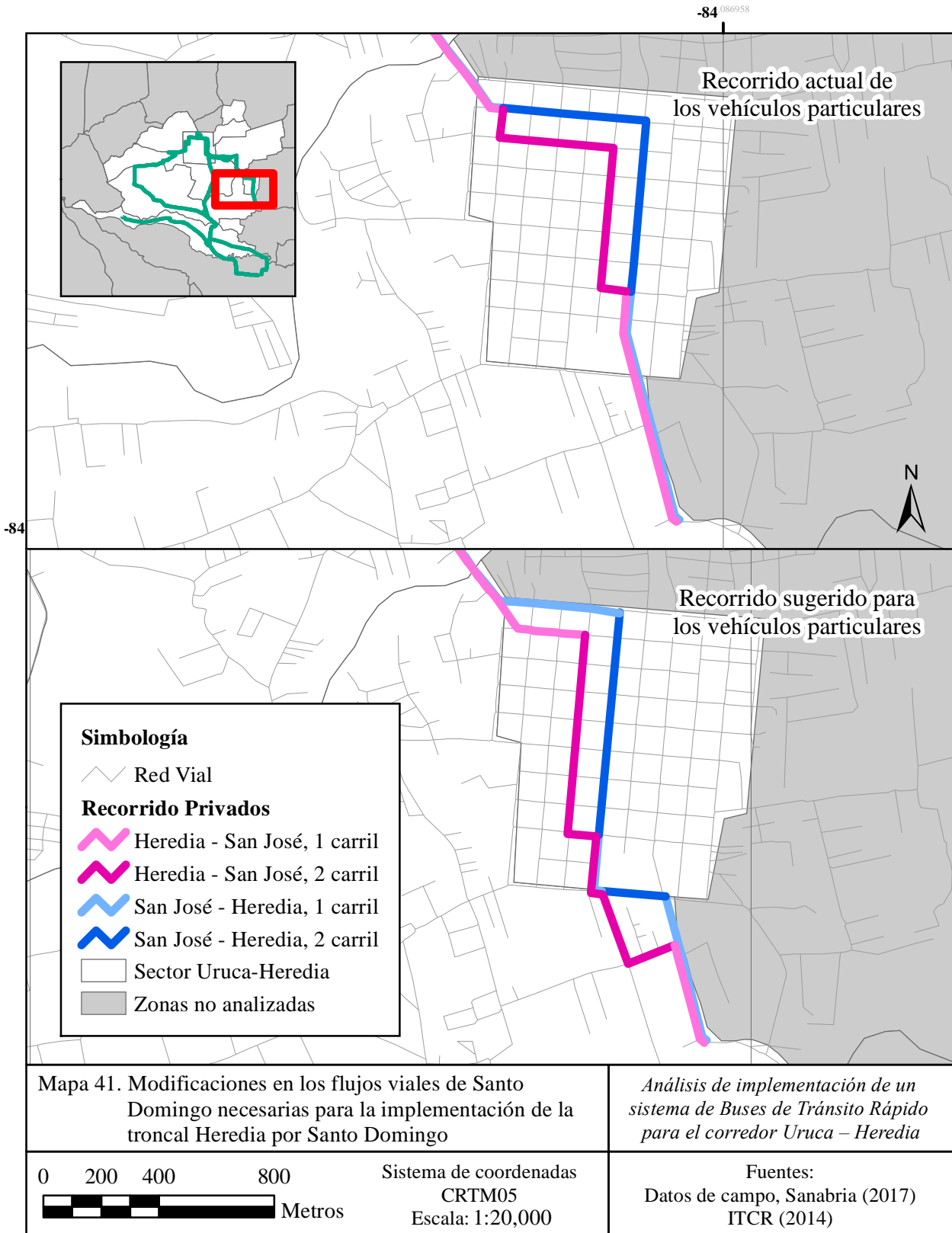
En la modificación ST-I-4 se observa que los buses ingresan a Santo Domingo sobre Calle 3 y los vehículos se desvían sobre Av. 12, cumpliendo con lo estipulado por TCRP (2003b), que recomienda no desviar los buses al ingresar a la cuadrícula de la ciudad, sino desviar los vehículos. Las mejoras descritas anteriormente tienen como objetivo soportar el TPD descrito en el Cuadro 5.2.

Luego de esta intersección el bus ingresa a la primer parada. Las paradas son ubicadas a menos de 525 m cada una, según lo estipulado anteriormente. Una parada a destacar es ST-P-2.1 y ST-P-2.2, ya que en estas se sugiera realizar los intercambios entre alimentadoras, interlinea y ruta troncal.

Debido al poco radio de giro que presentan las intersecciones, se debe hacer un cambio de carril entre los sentidos de los buses en ST-CC-1, este diseño cumple con los parámetros establecidos de 10° máximos y 20 m horizontales de visibilidad. Luego del cambio de carriles, como se observa en ST-I-7 y ST-I-6, pueden accesar y salir de manera cómoda del par vial.

La salida de Santo Domingo se observa en ST-I-9, en donde el par vial se une con una carretera de cuatro carriles. Los vehículos BRT deben desplazarse por los carriles centrales porque más adelante se encuentra un carril reversible en el centro de la calle.





5.1.2.2. Diseño del Tramo San Pablo

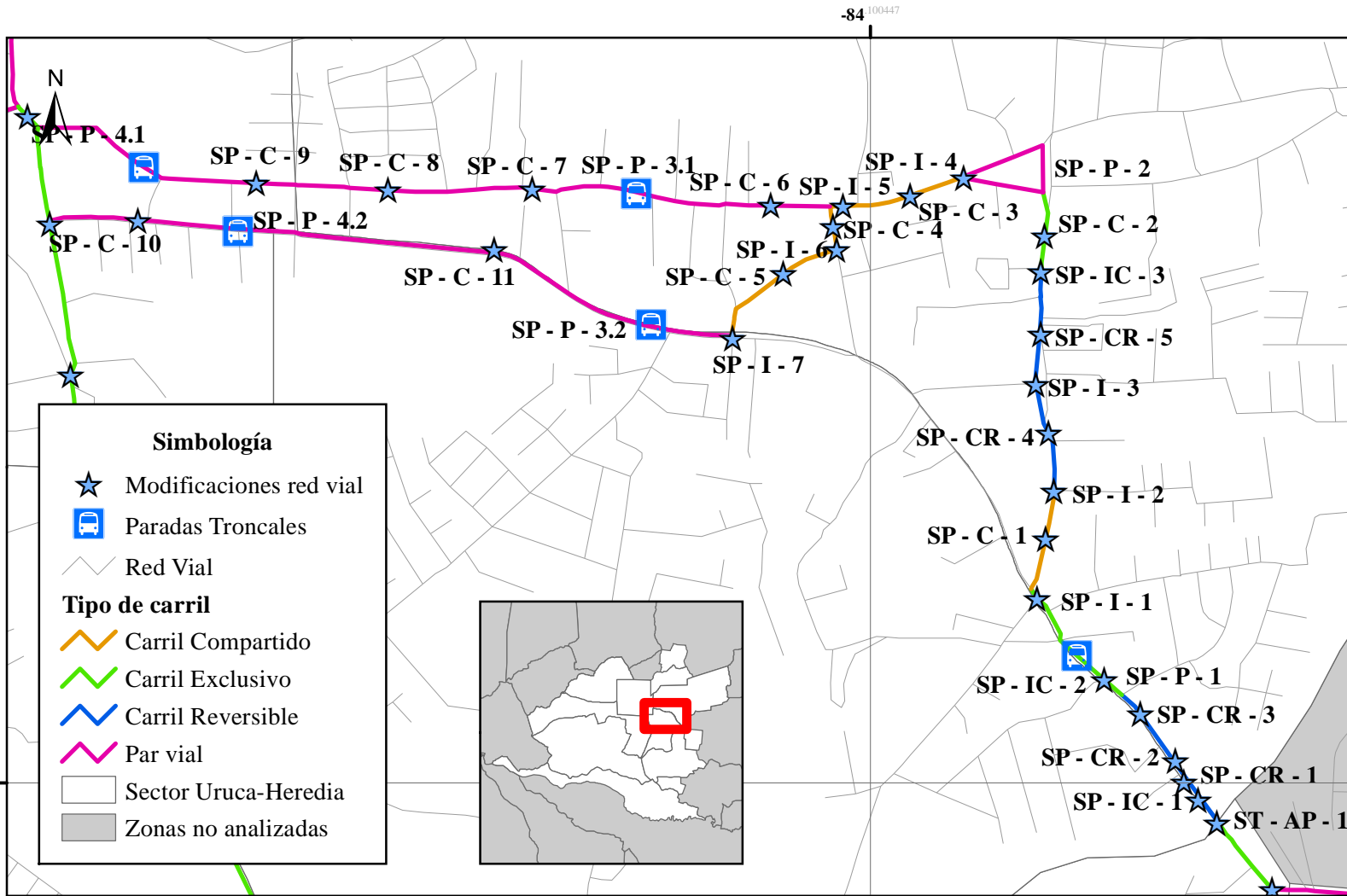
El recorrido de la ruta troncal Santo Domingo por el cantón de San Pablo comienza en el puente del Antiguo Matadero de Santo Domingo, con una carretera de cuatro carriles que se convierte en una de 3 carriles, con reversible exclusivo central para los buses.

Al llegar SP-IC-2 la carretera se vuelve a expandir a 4 carriles. Se debe colocar un semáforo y señalar de la manera más explícita la distribución correcta de los carriles para los choferes. Al expandirse a 4 carriles se encuentra la primera parada, que por la falta de espacio no tiene bahía.

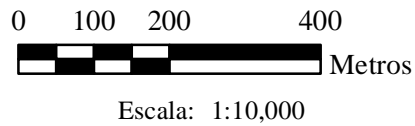
En la intersección SP-I-1, el bus ingresa en un carril compartido en dirección al centro de San Pablo. Este desvío se permite por dos motivos: según la matriz OD existen muchos viajes en el cantón que se dirigen hacia San José y hacia Heredia que pueden abastecerse con la troncal; además, la troncal permite conectar a las alimentadoras de San Pablo con las interlineas de Santo Domingo. En el Parque Central de San Pablo se habilita el paradero SP-P-2.

Luego de esto, el bus se dirige hacia el par vial por medio de un carril compartido con los vehículos particulares. En la intersección SP-I-5 los vehículos se desvían para comenzar el par vial que actualmente está en construcción por parte del MOPT. La última parada del tramo es SP-P-4.1, a la cual se le agrega una vía marginal para dar acceso a los residenciales detrás de la parada. Dicha vía termina en una intersección con el ingreso a Heredia, que le permite ingresar fácilmente al flujo principal sin afectar a los buses.

La distancia entre paradas utilizada es de zona de transferencia, porque se espera que el cantón de San Pablo sea ampliamente abastecido por alimentadoras. En el Mapa 43 se puede observar la localización del par vial entre San Pablo y el ingreso a Heredia.



Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia

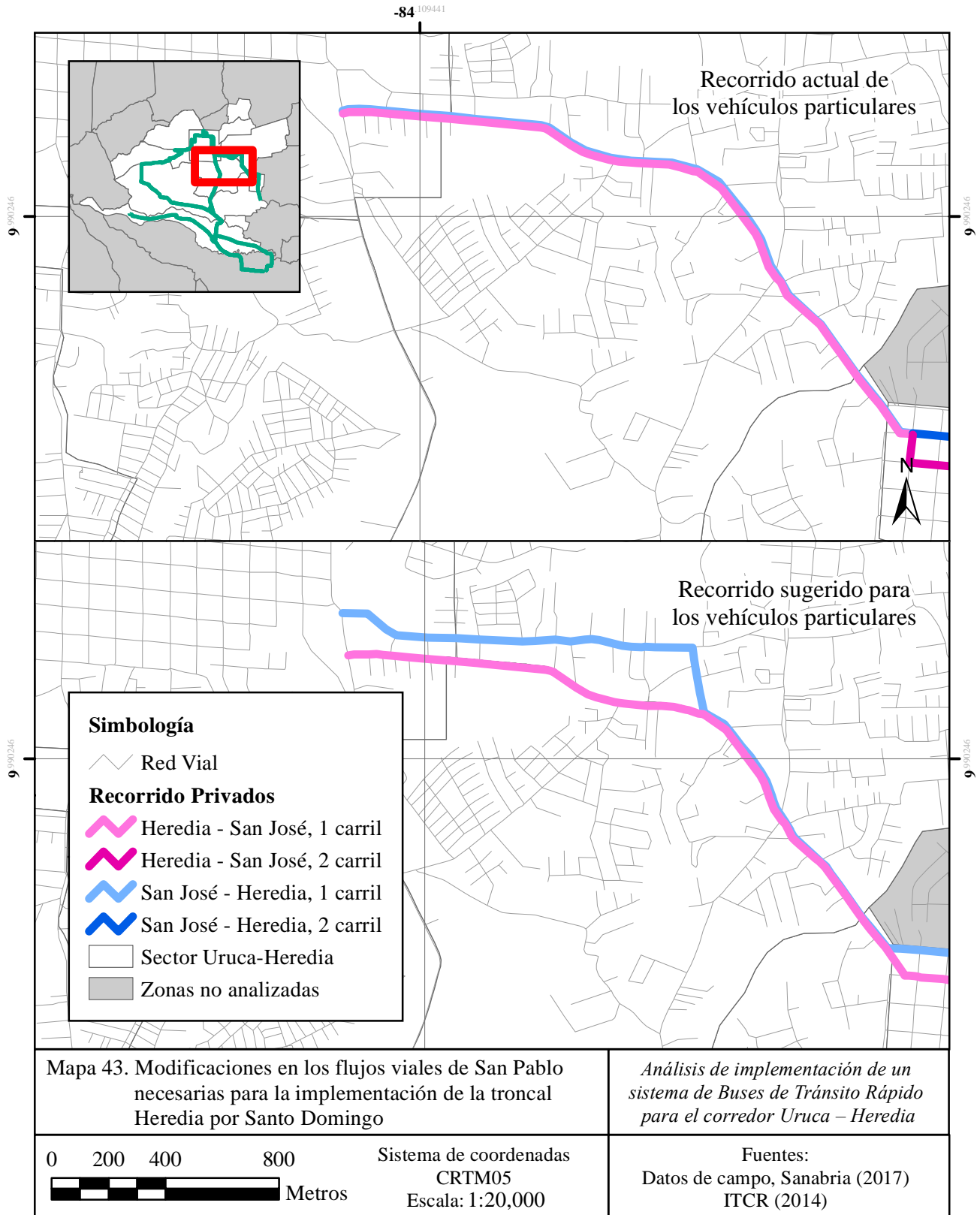


Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05

9 985749

6 985749



5.1.2.3. **Diseño del Tramo Heredia**

En el distrito Heredia convergen 3 rutas troncales. Como se observa en el Mapa 44, el par vial que utiliza la Troncal Santo Domingo está en la zona sureste del distrito. La Troncal Heredia ingresa por la Ruta 3, coincidiendo con la Troncal Santo Domingo en las intersecciones H-I-13, H-I-19, H-I-17 y H-I-21.

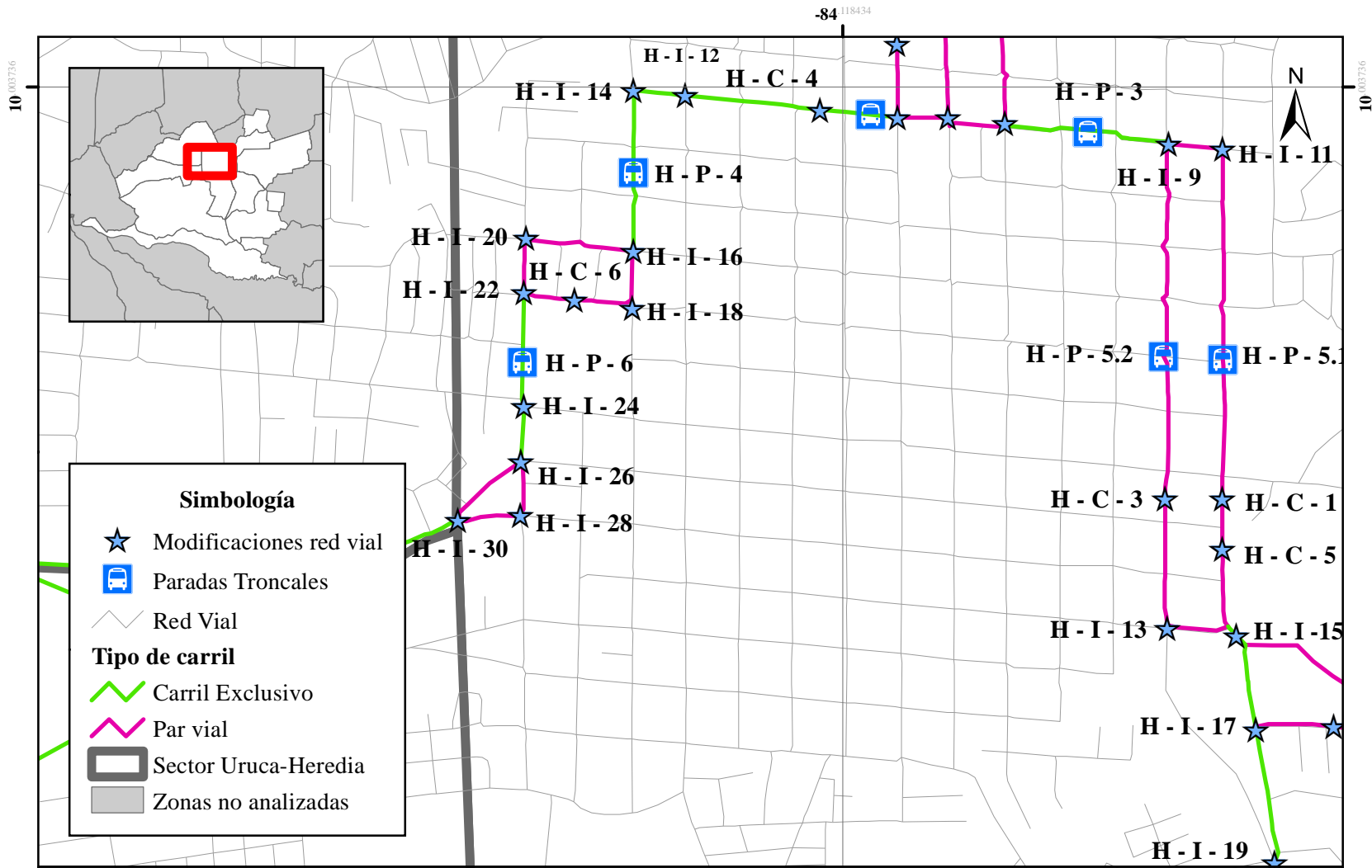
Se generó un par vial en zona este de Heredia que llega hasta la Av. 9, la cual se convirtió en calle exclusiva para el uso del transporte público. Las troncales Santo Domingo y Heredia son las que utilizan estas vías. Los vehículos particulares pueden utilizar avenidas paralelas a la vía exclusiva.

La Troncal Ulloa ingresa por la intersección H-I-30, en la cual se le prohíbe el giro izquierdo de los vehículos, por motivos de seguridad. El bus recorre los alrededores del Estadio de Heredia para ingresar a Calle 12 y Av.9, las cuales son de uso exclusivo. Los vehículos provenientes de Calle 12 pueden desviarse por Av. 11 o Av. 9 y utilizar calles paralelas como se observa en H-I-14, H-I-12 y Mapa 46.

Por último, las 3 troncales convergen sobre Calle 0. En esta se colocan las paradas finales de las troncales y de algunas alimentadoras, por lo que se recomienda el uso exclusivo de la vía para el uso del transporte público. Se espera una alta presencia de buses, lo que hace necesario 1 carril para el estacionamiento y 2 carriles para la circulación, según la recomendación del TCRP (2003b): en vías donde sea probable tener frecuencias cercanas a 90 buses/hora se debe colocar carriles dobles exclusivos.

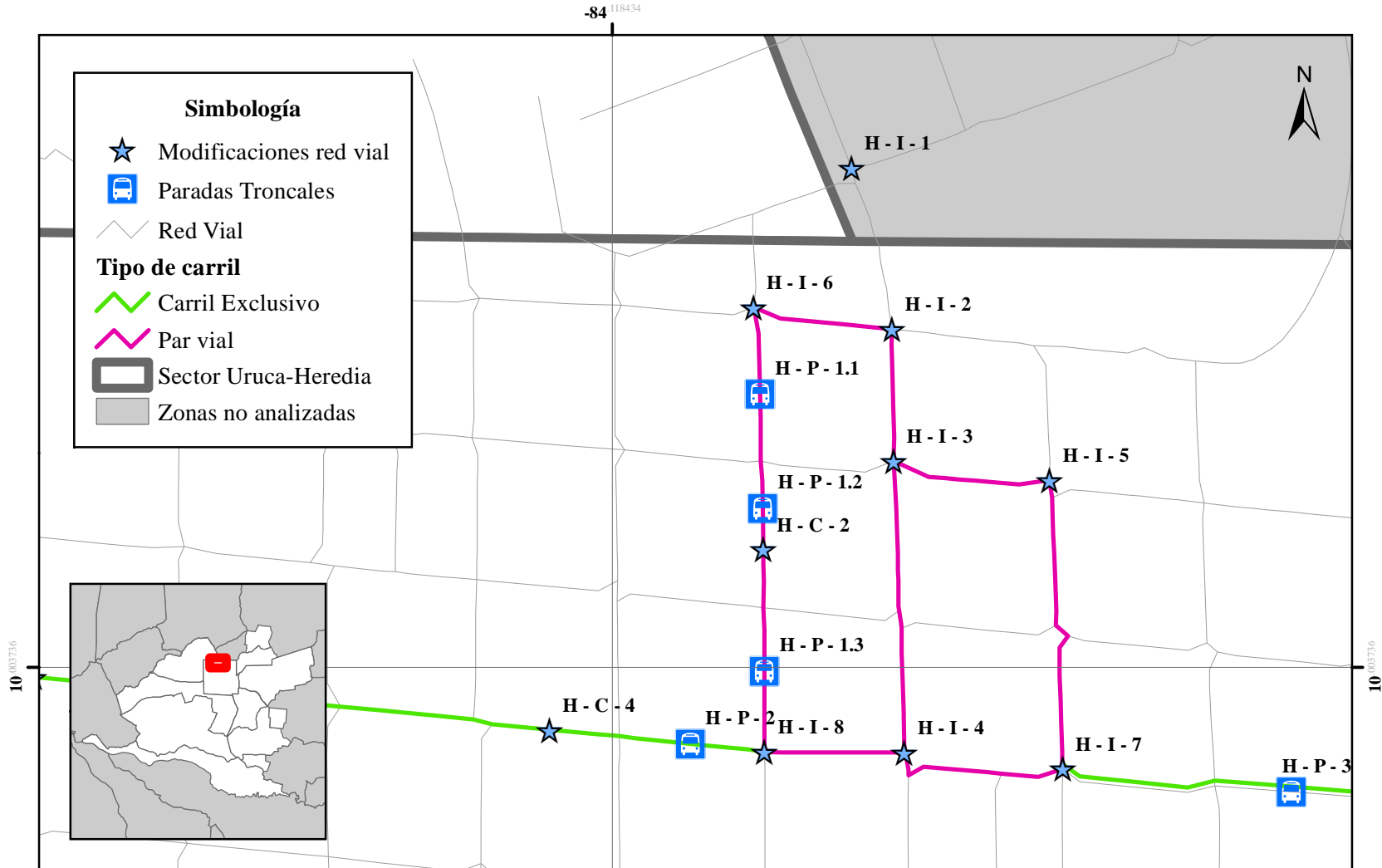
Como se observa en el Mapa 46, se crea un par vial sobre las calles aledañas a Calle 0, las cuales deben utilizar los vehículos que transitan por la Ruta Nacional 126 para ingresar y salir de Heredia. La modificación requiere los cambios mostrados en H-I-2, H-I-3, H-P-1.2, H-P-1.2, H-P-1.3, H-I-7 y H-I-8. No se da una reducción de carriles sino un desvío de los vehículos.

Se debe realizar un estudio de impacto vial para determinar medidas adicionales del control del tráfico.

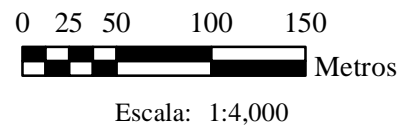


Mapa 44. Modificaciones a la red vial del sur de Heredia para la implementación de las rutas troncales

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 100 200 400 Metros Escala: 1:11,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---

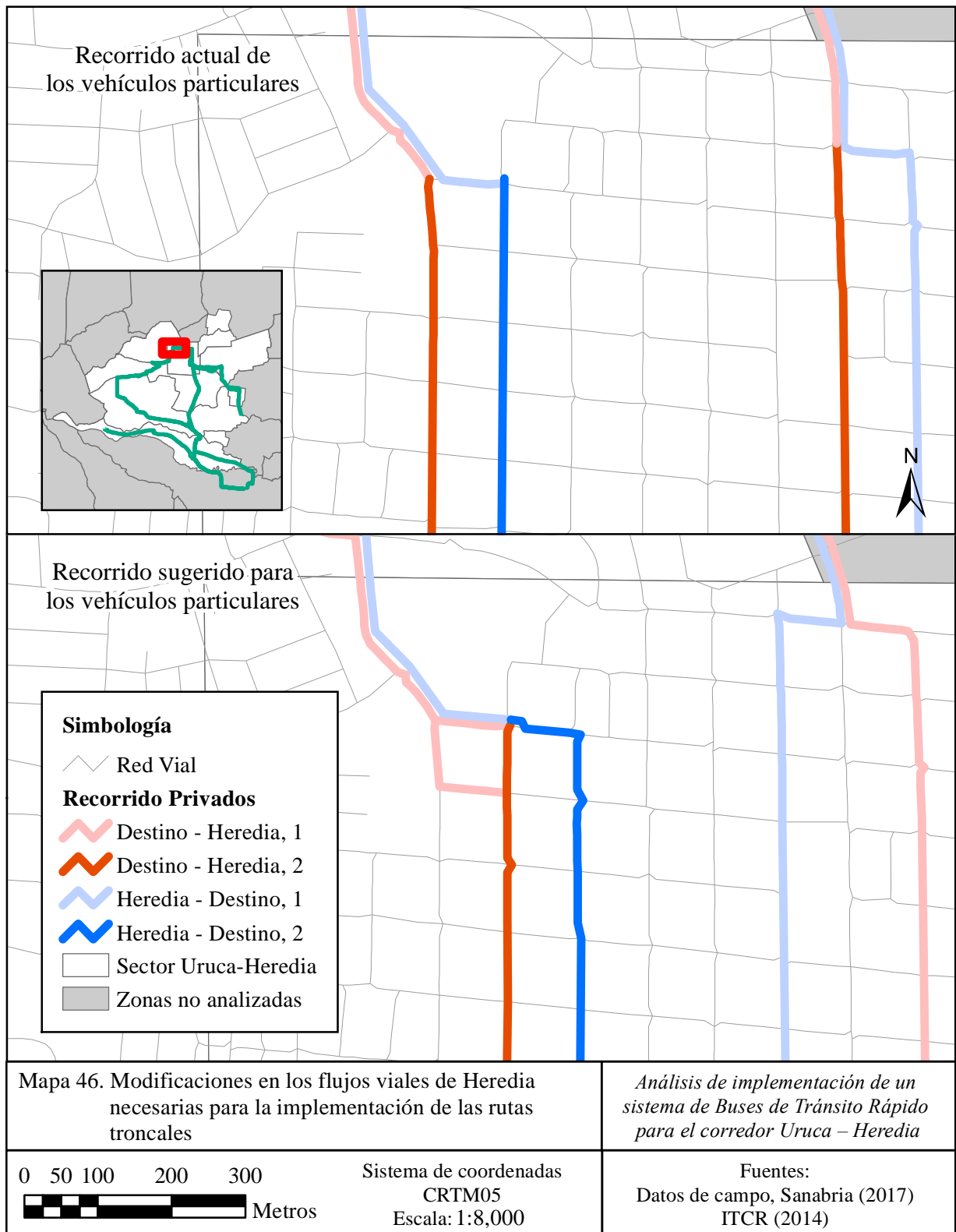


Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



5.1.2.4. Diseño del Tramo San Francisco

El distrito San Francisco se divide el sector oeste y este como se aprecia en los Mapas 47 y 48.

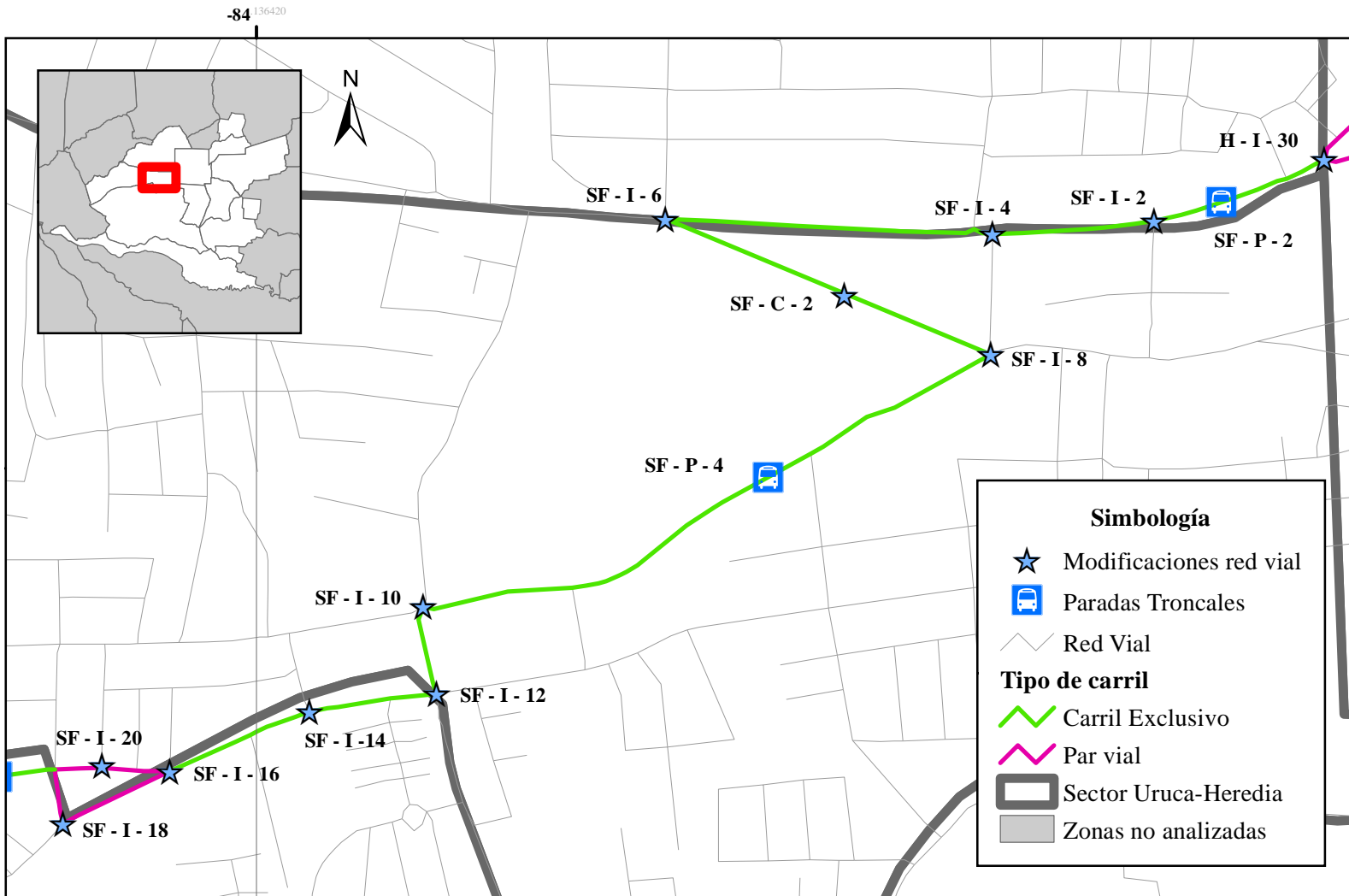
El sector Oeste es utilizado por la troncal Ulloa. El vehículo BRT debe utilizar el carril central de la carretera durante gran parte del recorrido, porque existen muchos giros derechos que pueden interferir con el bus. Al llegar a Calle La Deportiva (SF-I-10), el bus se desvía sobre Av. 16. En esta se debe restringir el flujo Este-Oeste de los vehículos particulares durante 100 m, por lo que los carros deben ingresar 100 m después. Todo el recorrido posee carril exclusivo.




Figura 5.3: Sistema Transcaribe, Cartagena, Colombia
Tomada por: Hernández (2018a)

El sector este es utilizado por la Troncal Heredia. Esta sale del distrito Central de Heredia utilizando el carril central. Al llegar a H-I-21 el bus utiliza el semáforo para ingresar al carril externo, ya que hay 2 paradas luego de este punto. No hay eliminación de movimientos sobre la ruta, no obstante, se hace un rediseño de la intersección SF-I-7 para permitir el paso del bus en carril exclusivo, y una de las 5 entradas a Paseo de Las Flores debe cerrarse para permitir la construcción de la bahía (SF-P-1.1).

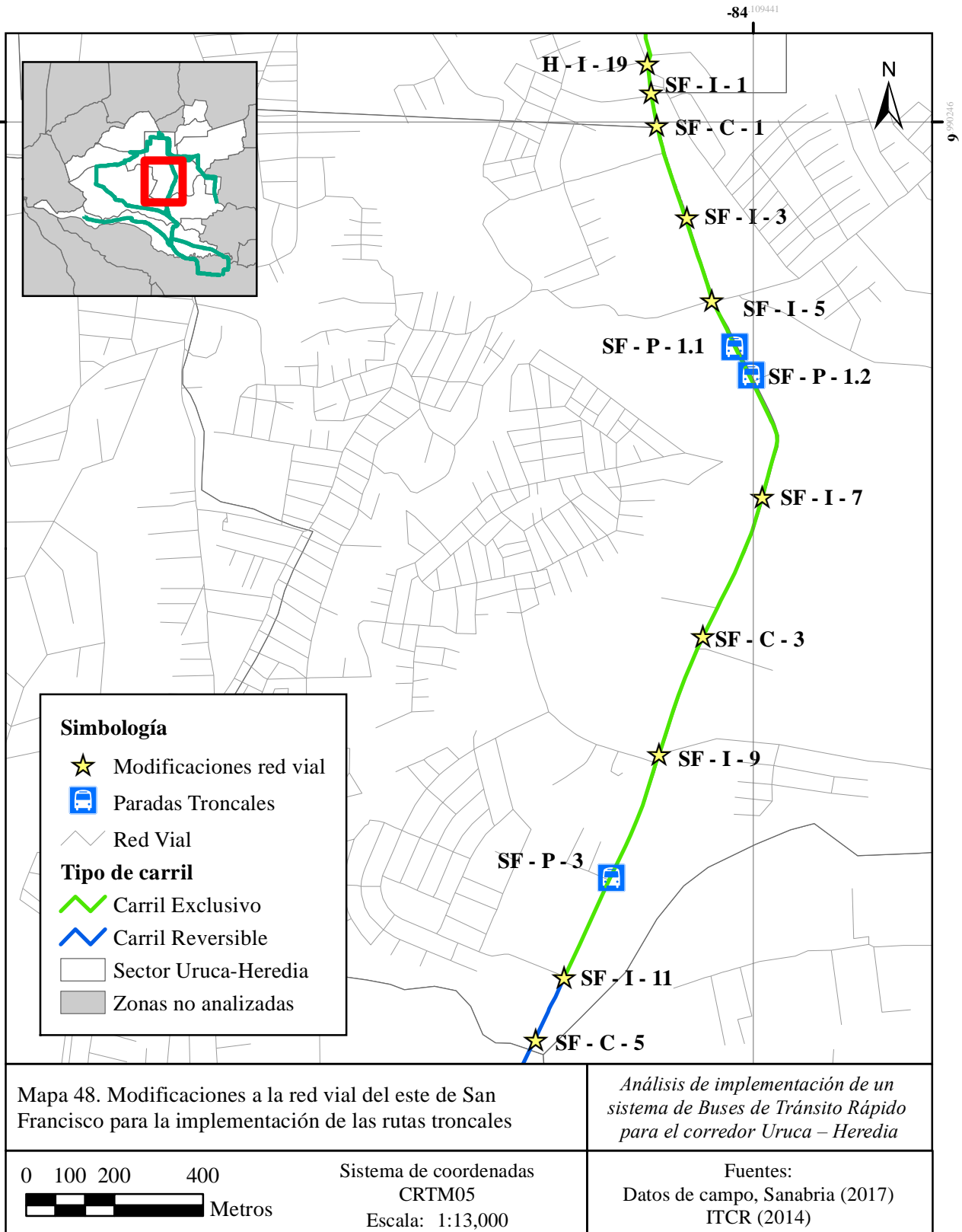
El diseño incluye una medianera entre H-I-30 y SF-I-4 y entre SF-P-4 y SF-I-10. La medianera sugerida se muestra en la Figura 5.3, la cual es una acera en concreto que facilita el cruce de los peatones y divide la carretera en 2 secciones diferentes, eliminando los contraflujos. Cabe mencionar que, por falta de espacio, la Troncal Heredia utiliza un carril reversible al llegar al sector de Guararí (SF-I-11).



Mapa 47. Modificaciones a la red vial del oeste de San Francisco para la implementación de las rutas troncales

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 50 100 200 300  Metros Escala: 1:8,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---





5.1.2.5. Diseño del Tramo Ulloa

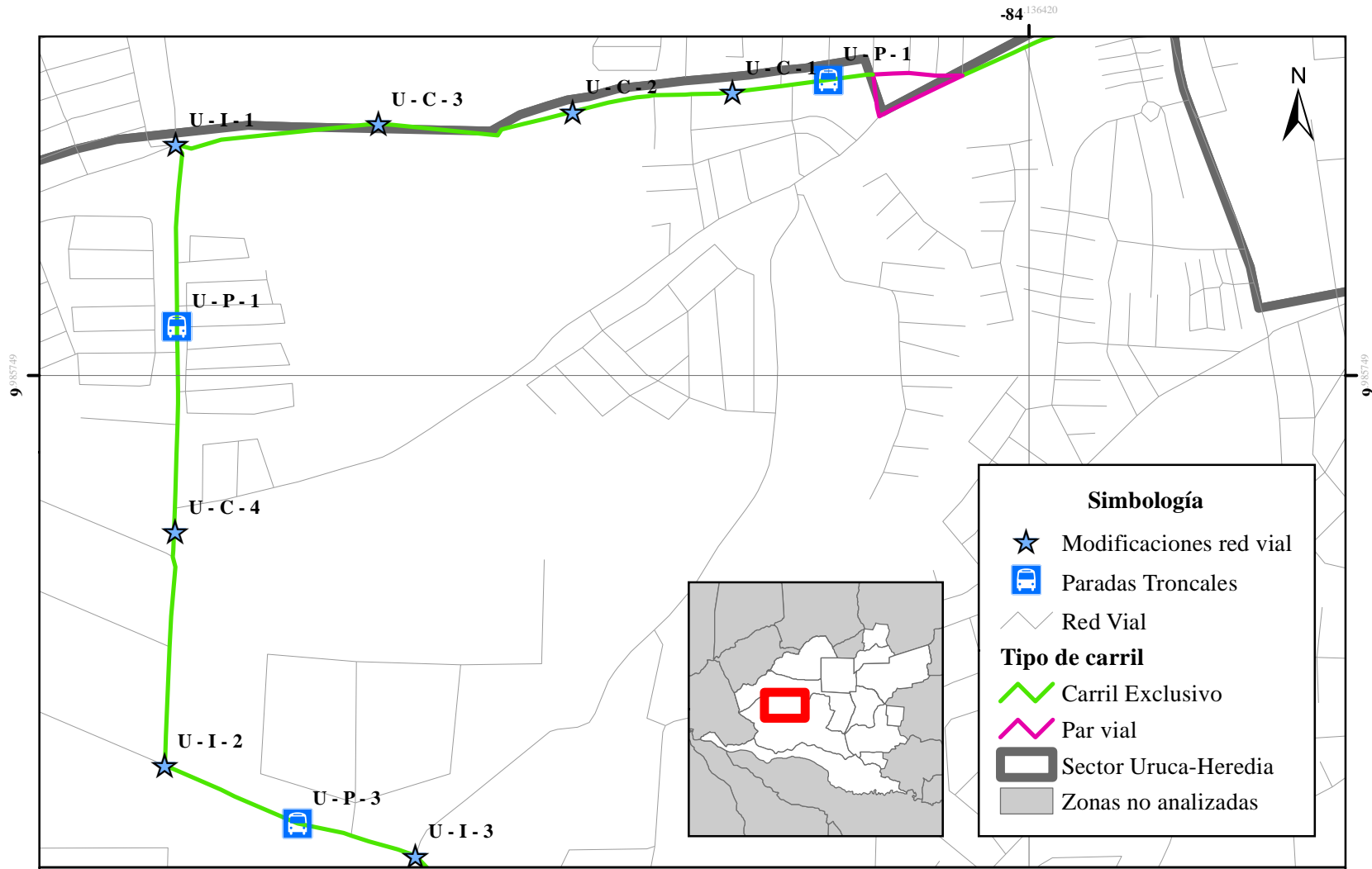
El recorrido de la troncal Ulloa por el distrito del mismo nombre se da mediante un carril exclusivo en gran parte del recorrido. Para ello en el tramo entre U-P-1 y U-I-1, se amplía la carretera a 4 carriles, de los cuales el bus utiliza el carril central para salir fácilmente de U-P-1 e ingresar a U-I-1.

En La Aurora de Heredia, entre U-I-1 y U-I-2, el carril exclusivo se obtiene mediante la asignación de los carriles existentes a los buses BRT, dejando solo 1 carril para el uso de los vehículos particulares. Cabe mencionar que U-I-1 es una rotonda, por lo que se asigna un carril como *Queue Bypass*, para no mezclar los buses con los vehículos particulares. Sin embargo, dentro de la rotonda comparte el espacio. La salida de la rotonda que utiliza el bus debe ampliarse a 3 carriles.

A partir del punto U-I-2 del Mapa 49 y hasta U-P-4 del Mapa 50, la carretera se amplía a 4 carriles. Debido a la falta de espacio, en U-P-4 comienza un carril reversible para buses que culmina en U-I-5. El inicio y el final del carril reversible se controla mediante un semáforo como se observa en los diagramas.

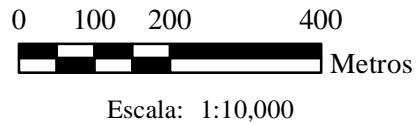
En el resto del distrito Ulloa se debe ampliar la carretera a 4 carriles, para que bus utilice el carril externo como exclusivo, ya que debe ingresar a las bahías. Al llegar a la intersección de la Valencia del Mapa 52, se debe agregar un carril exclusivo en la intersección U-I-7 mediante la ampliación de la misma. Luego de U-I-8, sobre la Ruta 3, se destinan 2 de los 4 carriles existentes para uso del transporte público.

La separación de las paradas es de transferencia, como se explicó anteriormente, y no se elimina ningún movimiento para los vehículos particulares.



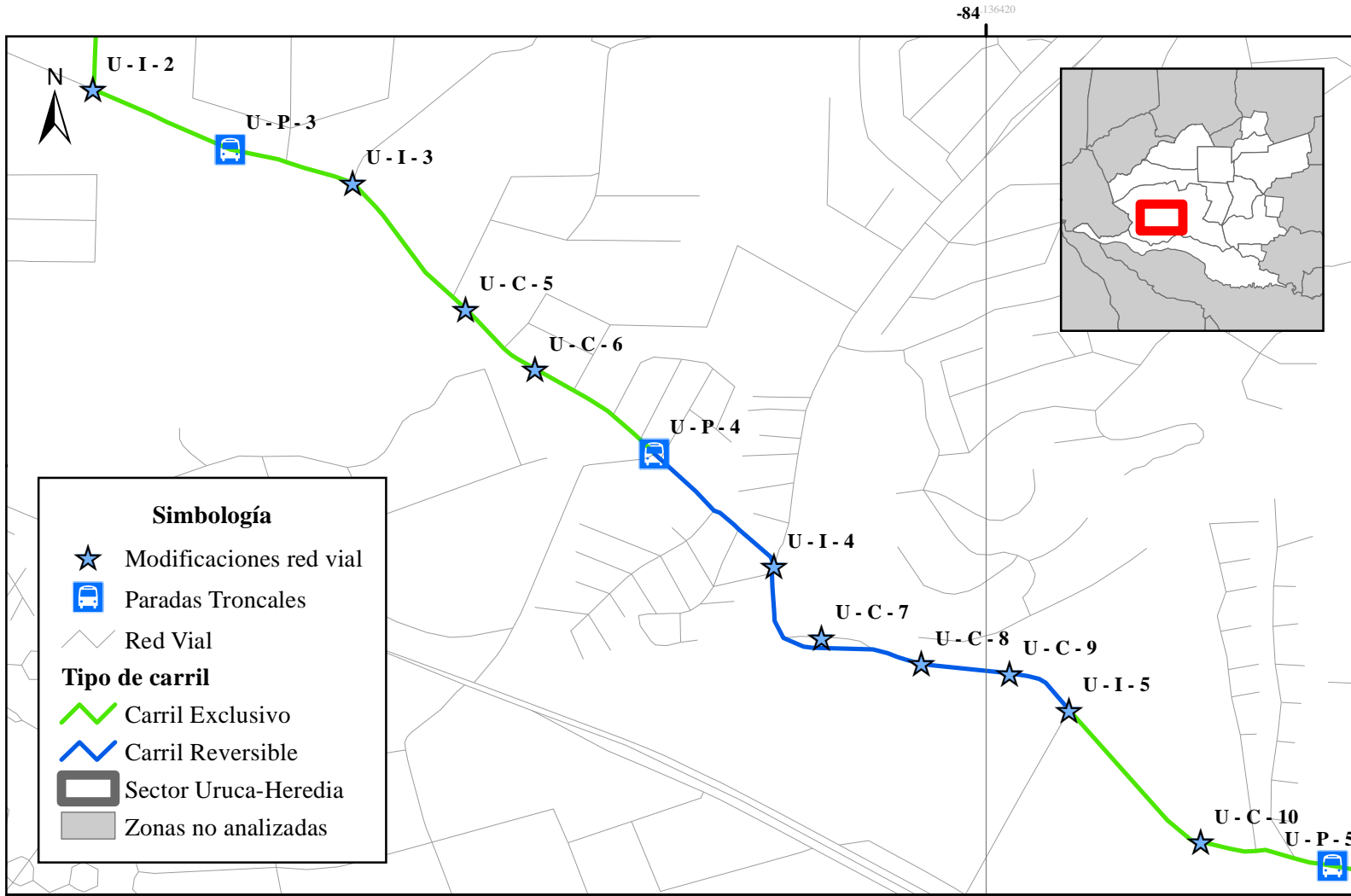
Mapa 49. Modificaciones a la red vial del norte y oeste de Ulloa para la implementación de las rutas troncales

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



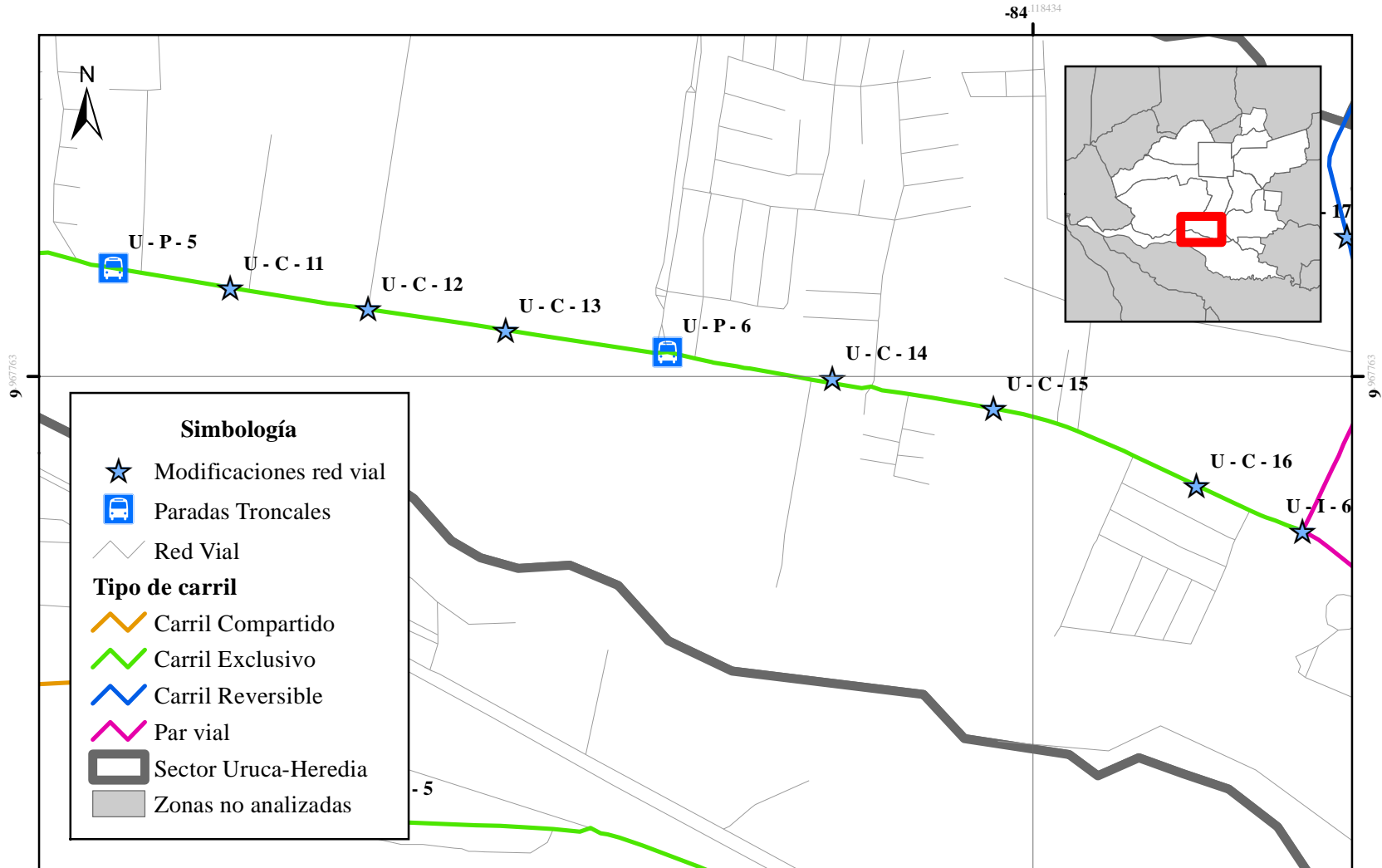
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



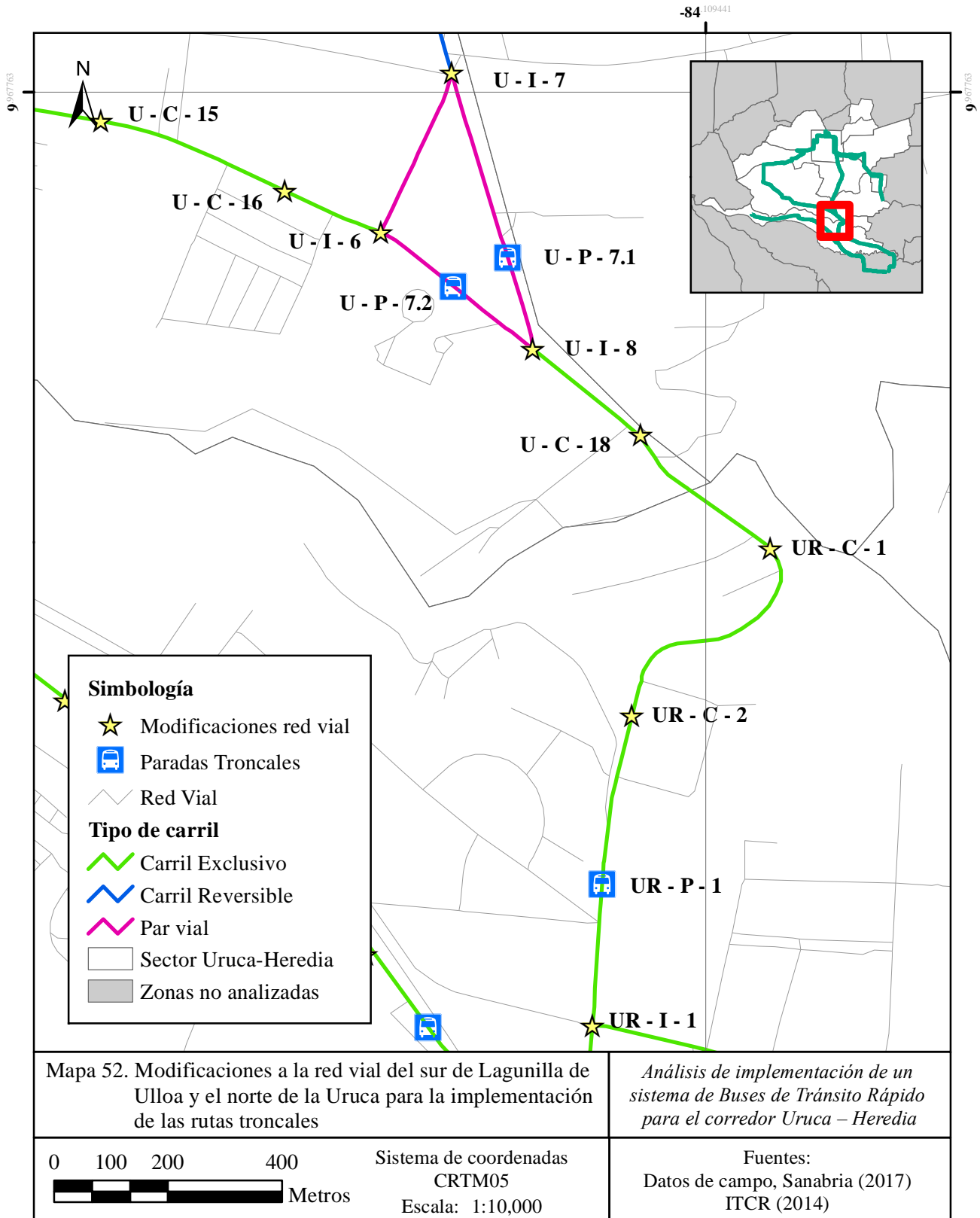
Mapa 50. Modificaciones a la red vial del suroeste de Ulloa para la implementación de las rutas troncales

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 100 200 400 Metros Escala: 1:10,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---



Mapa 51. Modificaciones a la red vial del sureste de Ulloa para la implementación de las rutas troncales

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 100 200 400 Metros Escala: 1:10,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--



5.1.2.6. Diseño del Tramo Uruca

En el Distrito Uruca, como se observa en el Mapa 50, desde U-I-1 hasta U-C-9, se habilita un carril exclusivo para los buses BRT. En esta ruta no se elimina ningún movimiento para los vehículos particulares, no obstante, se restringe el número de carriles de 4 a 2. La distancia entre paradas es de caminata, debido al alto IPK que presentaron las rutas del sector.

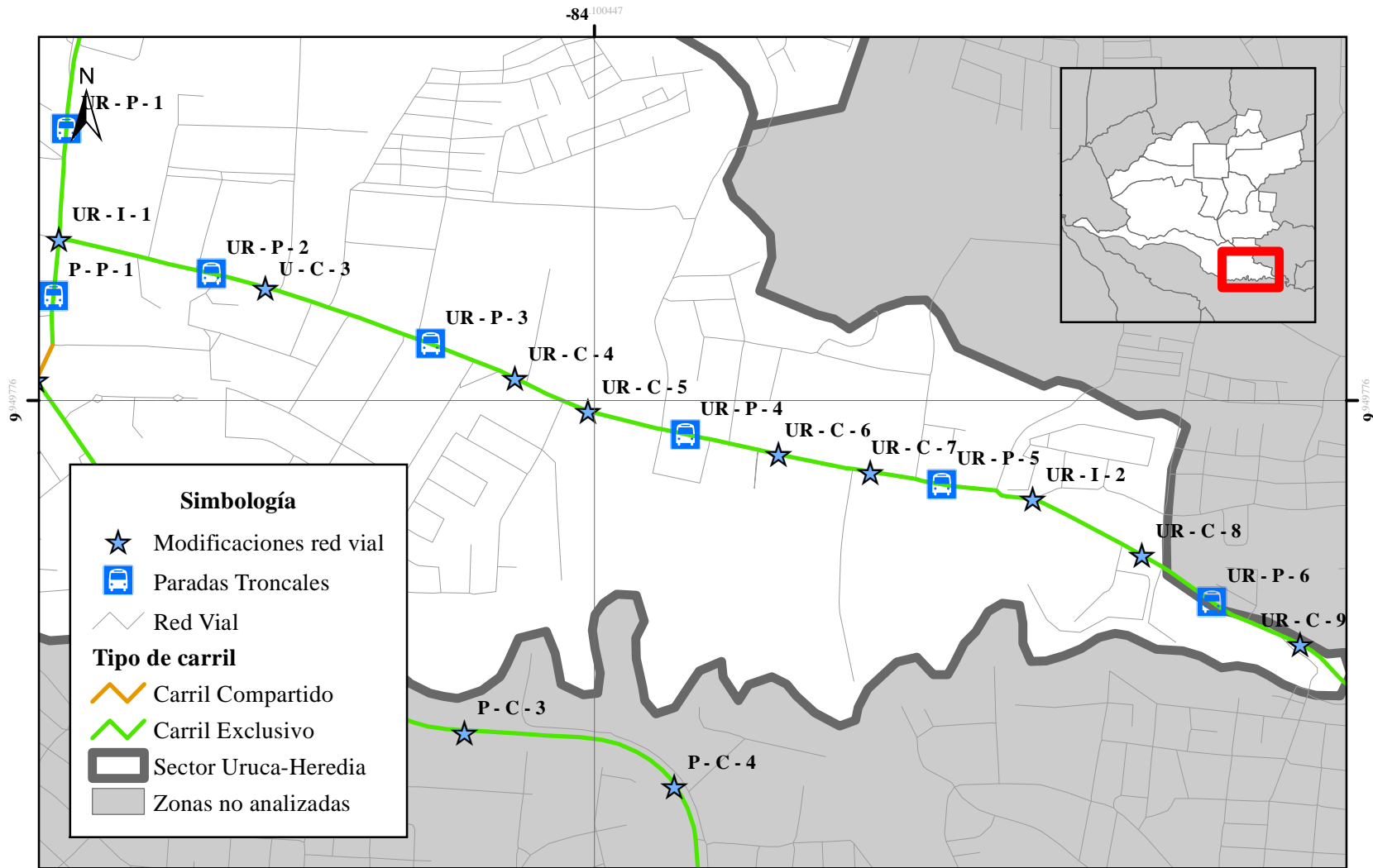
5.1.2.7. Diseño del Tramo La Carpio-Hospital

Como se mencionó anteriormente, las rutas de la Carpio presentan un IPK muy alto, altas densidades y es una sola calle que no permite el uso de alimentadoras, por lo que la distancia entre paradas es de caminata.

Como se observa en el Mapa 54, entre la comunidad y el punto se CH-C-7, los buses deben compartir el carril con los vehículos particulares debido al poco espacio disponible. Por otra parte, existe un terreno en la zona de La Carpio que puede ser utilizado como parqueadero de los buses.

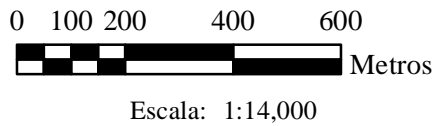
Los carriles exclusivos del Mapa 55 se dan mediante una correcta demarcación de la vía y ampliaciones en algunos tramos para convertir la carretera de 2 a 4 carriles. Al llegar al Hospital México, el terreno indicado como CH-P-8 puede ser utilizado como estación de intercambio entre interlineas, alimentadoras y la ruta troncal; además de abastecer al Hospital México.

Para la salida e ingreso a la pista, se sugiere utilizar la calle que actualmente utilizan los buses, y para la entrada al tramo utilizar las intersecciones 3 y 2 y 1, en ese respectivo orden. Se recomienda analizar en futuros trabajos el efecto que tendría la ampliación de la Ruta Nacional 1 sobre las troncales.



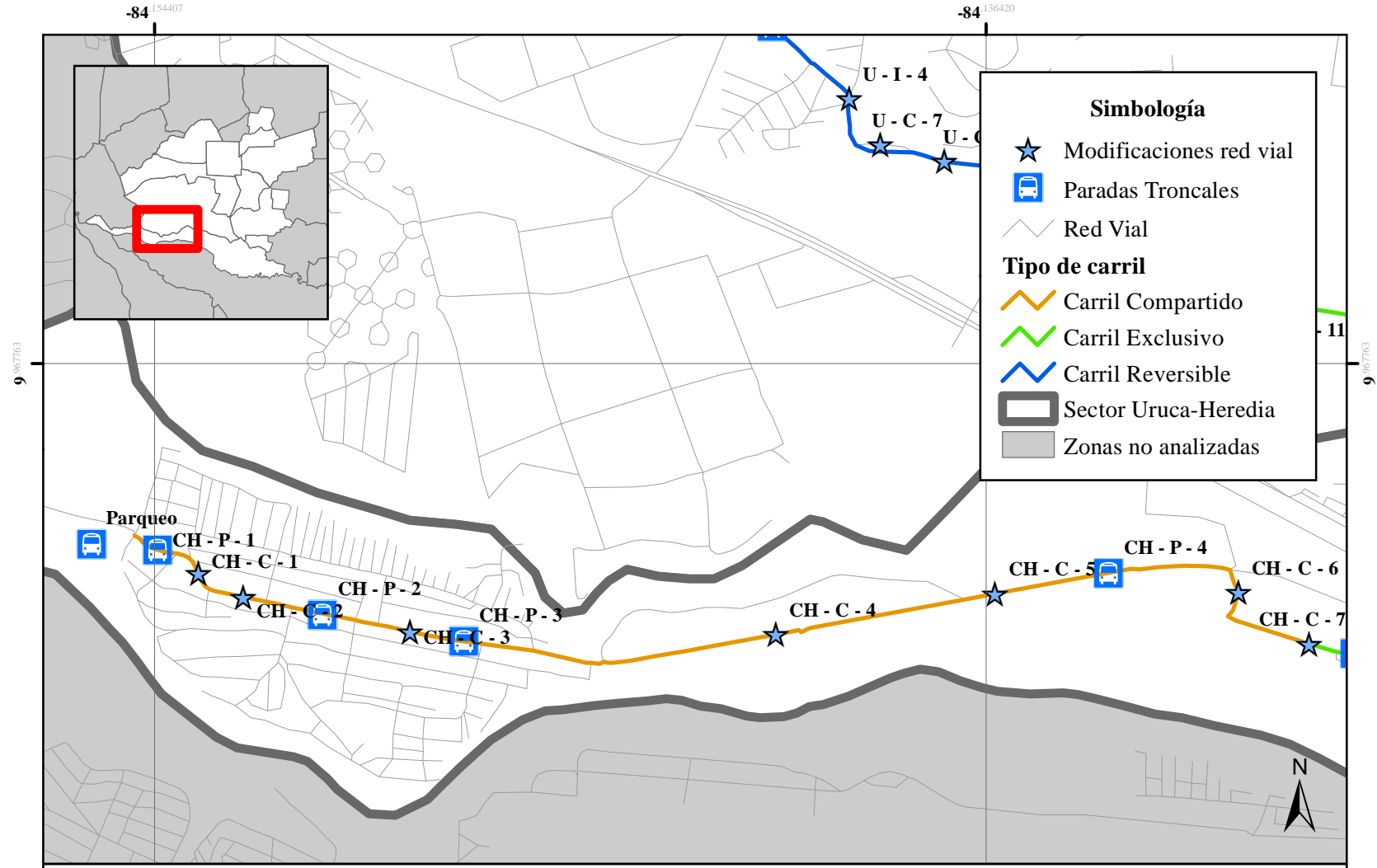
Mapa 53. Modificaciones a la red vial de la Uruca para la implementación de las rutas troncales

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



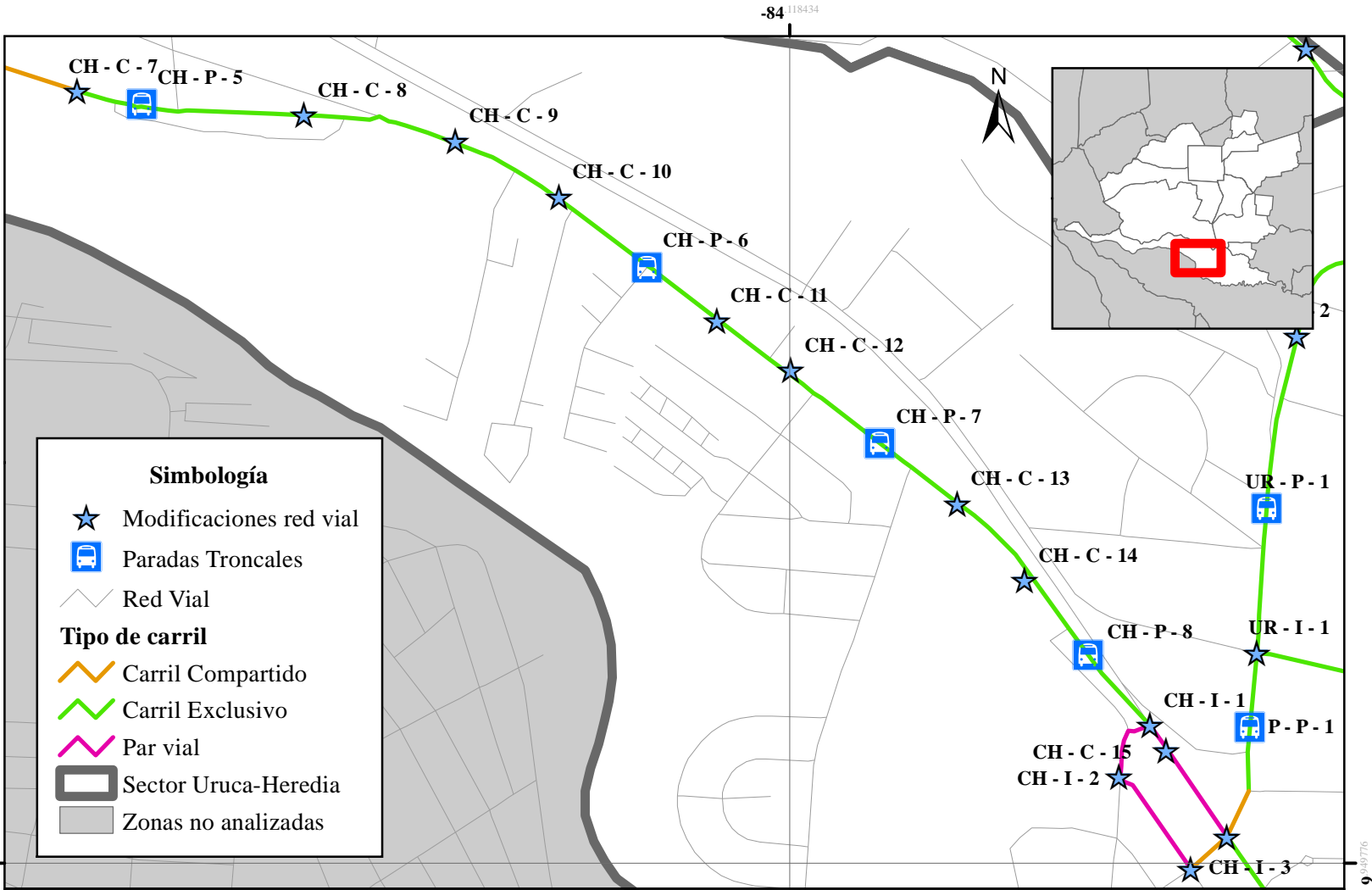
Fuentes:
 Datos de campo, Sanabria (2017),
 ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
 CRTM05



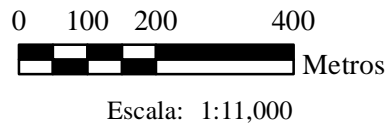
Mapa 54. Modificaciones a la red vial entre La Carpio y Parque de Diversiones para la Implementación de las rutas troncales

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 100 200 400 600 Metros Escala: 1:15,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	---



Mapa 55. Modificaciones a la red vial entre Parque de Diversiones y H. México para la implementación de las rutas troncales

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
 Datos de campo, Sanabria (2017),
 ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
 CRTM05

5.1.2.8. Diseño del Tramo Ruta Nacional 1-Sabana y San José

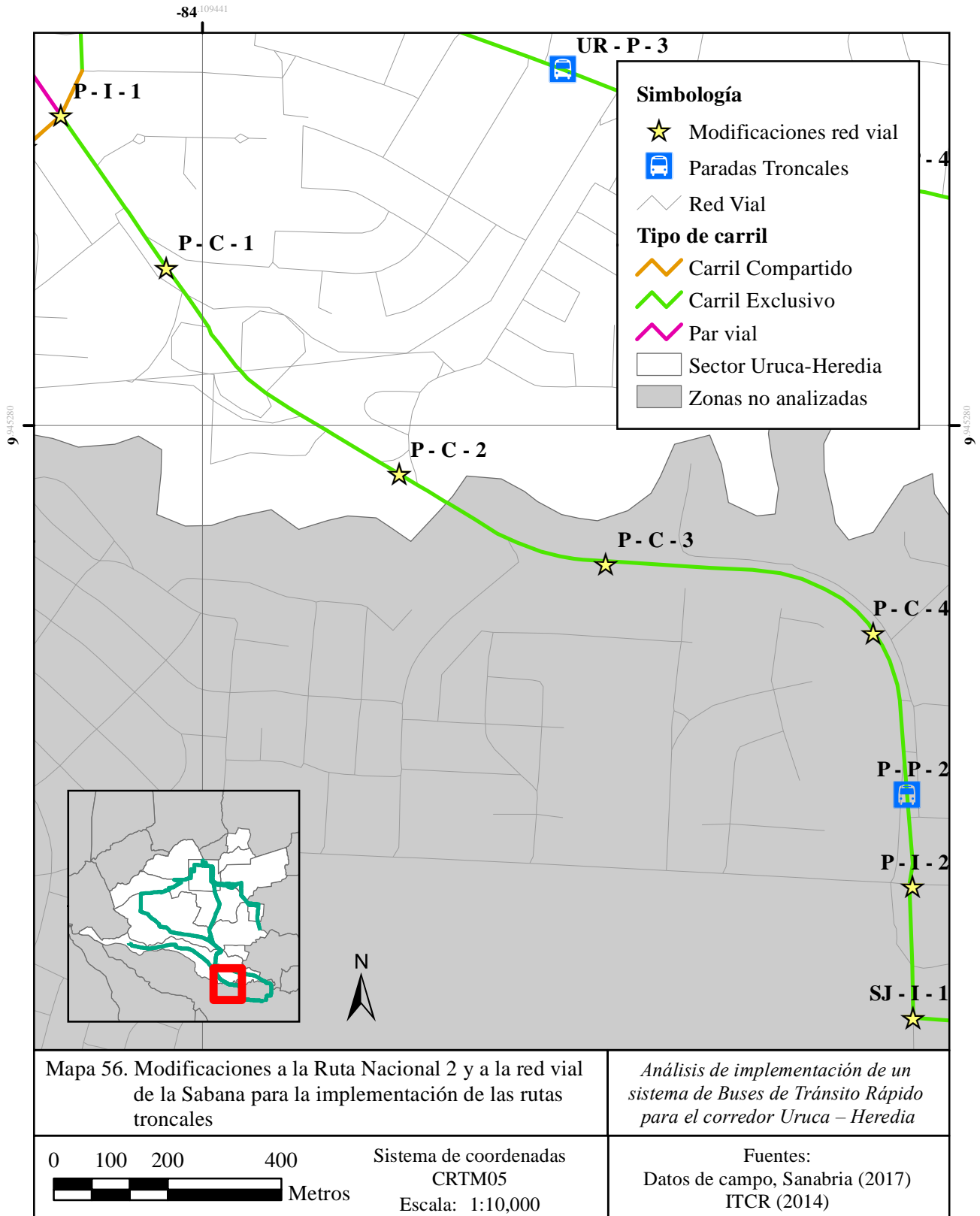
Como se mencionó en secciones anteriores el ingreso de las troncales Carpio y Ulloa sea por medio del sector Pista, representado en el Mapa 56.

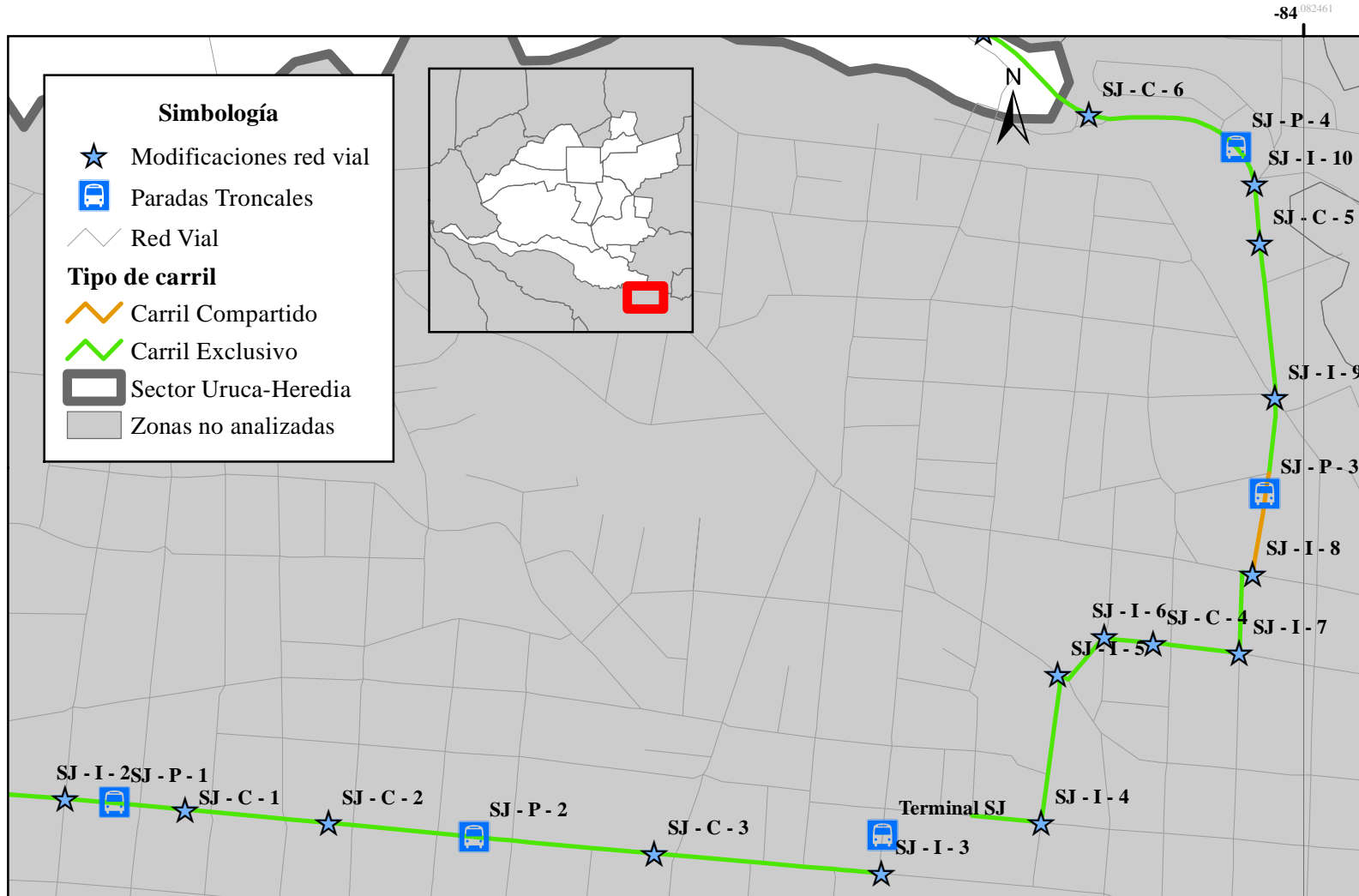
En la Ruta Nacional 1 se le habilita para los buses los carriles externos, ya que en frente al Hotel Crowne existe una parada en cada sentido. El paradero cuenta con una bahía, como se observa en P-P-2, la cual se construye utilizando la isla existente y disminuyendo la marginal de 8 m de ancho a 6.4 m.

En la intersección P-I-2 se debe agregar una fase extra al semáforo que le permita al bus ingresar al carril correcto para que en SJ-I-1 el bus ingrese o salga de Paseo Colón. En Paseo Colón los buses cuentan con carril exclusivo externo para realizar las paradas correspondientes separadas a una distancia caminable.

En el caso de la Troncal Heredia, esta ingresa por Uruca, como se observa en el Mapa 57. Cuenta con un carril exclusivo, obtenido mediante la disminución de los carriles disponibles para los vehículos particulares de 4 a 2. Al llegar a la intersección 9, en el sector de la antigua botica Solera, los carros deben desviarse para ingresar a San José por medio de la Calle 8, dejando la Calle 10 exclusiva para el transporte público.

El tramo compartido entre Avs. 9 y 7 se da para no generar una calle sin salida sobre Av. 9. Luego de Calle 10, el bus ingresa en carril exclusivo a Av. 5 en SJ-I-7 y continúa así hasta llegar a la terminal. La terminal sugerida se encuentra en un terreno frente al Hospital de Niños al final del Paseo Colón.





Mapa 57. Modificaciones a la red vial de San José para la implementación de las rutas troncales

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 100 200 400 Metros Escala: 1:8,500</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	---	--	---

5.1.3. Modificaciones importantes a la red vial

Para poder implementar de manera óptima las rutas troncales mostradas anteriormente, se deben realizar las 230 mejoras propuestas a la red vial presentadas en los mapas anteriores y expuestas en el Apéndice A. No obstante, entre las modificaciones sugeridas, resaltan las siguientes 5 que pueden significar una mayor inversión por parte del ente responsable.

1. ST-I-1, ST-I-2, ST-I-3 y ST-I-4: la modificación de estas cuatro intersecciones es básica para la implementación del carril exclusivo en Santo Domingo, debido a que permiten desviar el tránsito de vehículos particulares. Además, representan un aumento en el número de carriles de la entrada de Santo Domingo, permitiendo distribuir de una mejor manera los flujos.
2. ST-AP-1: es la ampliación del Puente que separa a Santo Domingo de San Pablo a 4 carriles. Sin esta ampliación no es posible implementar la carretera de 4 carriles, ni el carril reversible.
3. H-I-19, H-I-17, H-I-15 y H-I-13: las modificaciones a estas intersecciones incluyen la ampliación del puente en la entrada de Heredia, el control del tránsito, la ampliación del número de carriles y el desvío de los buses BRT. Sin estas modificaciones, no es posible colocar carriles exclusivos para la salida y entrada de Heredia.
4. H-I-2, H-I-3, H-I-4, H-P-1.1, H-P-1.2, H-P-1.3: estas modificaciones a la red vial son necesarias para permitir el aparcamiento de los autobuses de las rutas troncales y el intercambio de usuarios con las alimentadoras que llegarán a la zona. Además, son necesarias para desviar los flujos de vehículos particulares que se dirigen hacia Santa Bárbara.
5. SF-I-7, SF-P-1.1 y SF-P-1.2: modificaciones de la red vial frente al establecimiento PriceSmart y al centro comercial Paseo de las Flores, las cuales incluyen la generación de carriles exclusivos, de carriles de giro derecho e izquierdo y el cierre de una entrada del centro comercial.

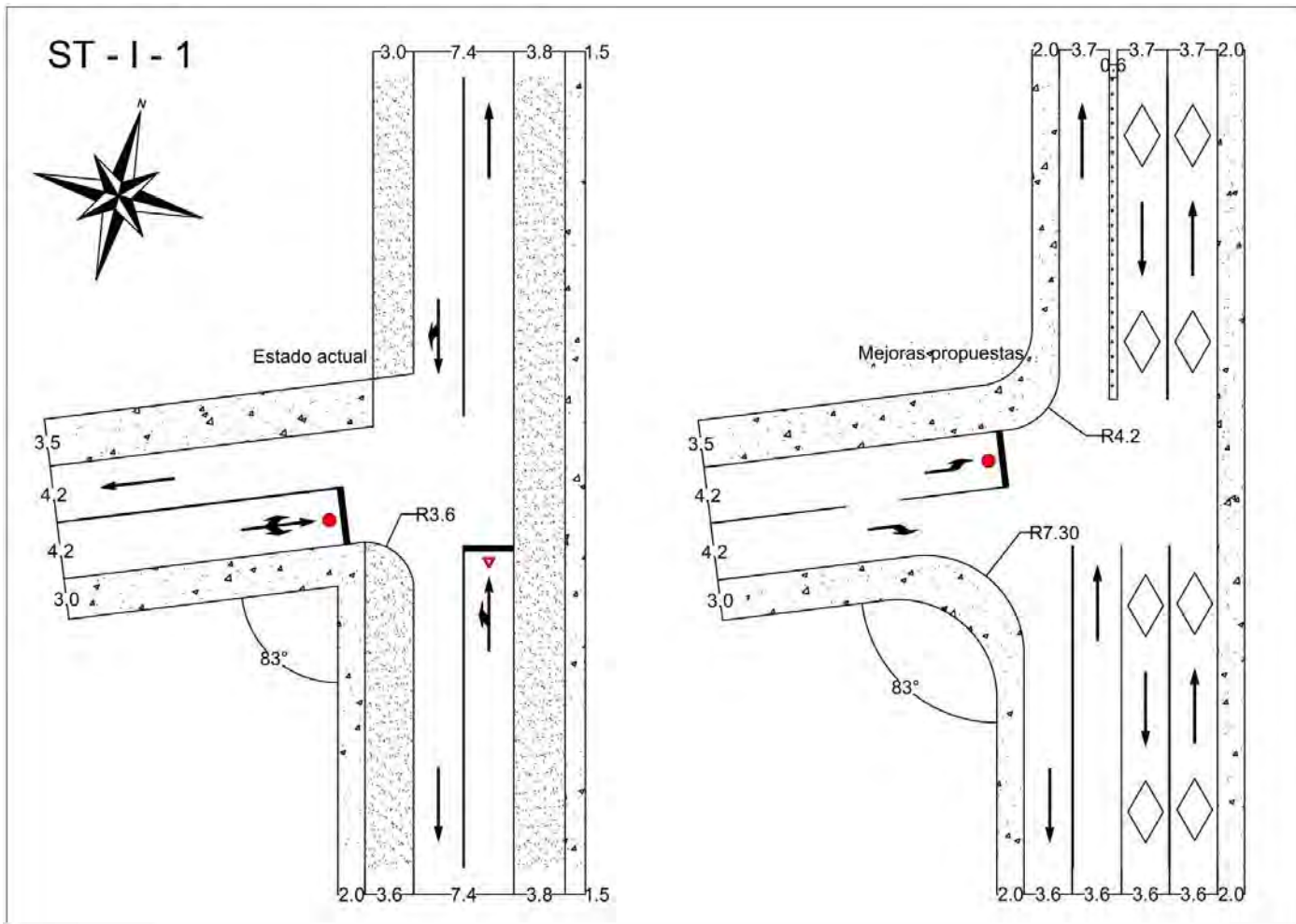


Figura 5.4: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-1 en Santo Domingo

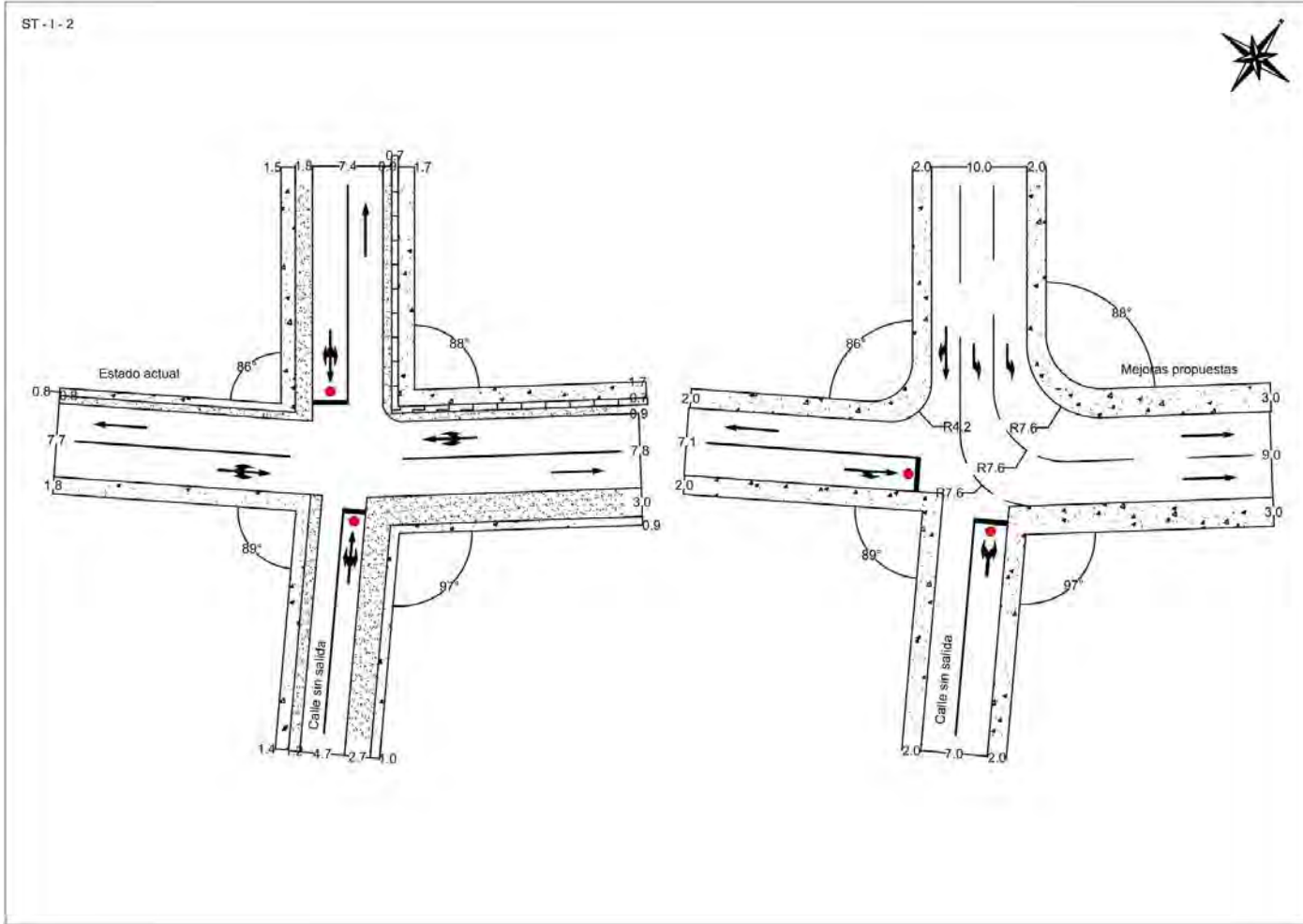


Figura 5.5: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-2 en Santo Domingo

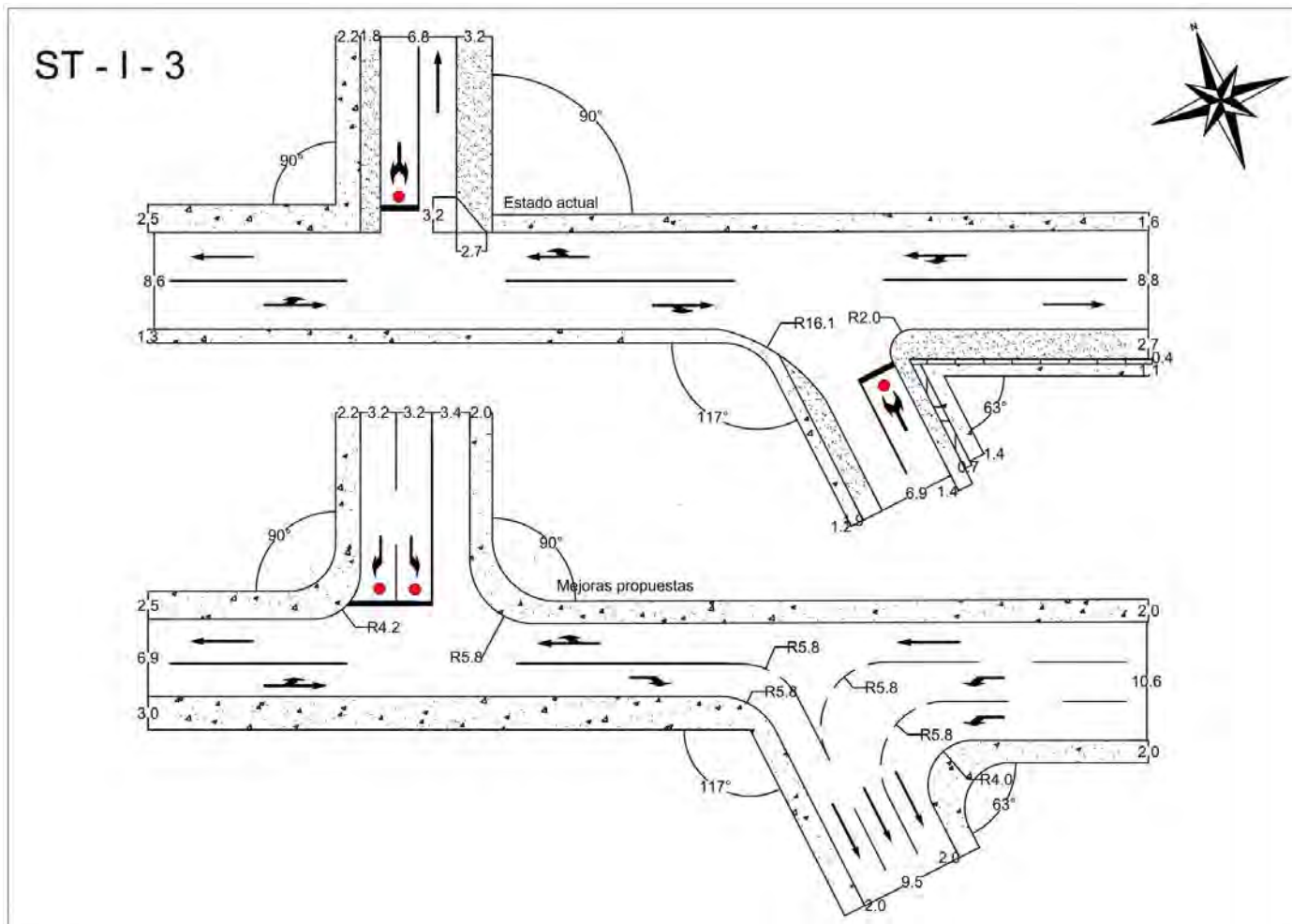


Figura 5.6: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-3 en Santo Domingo

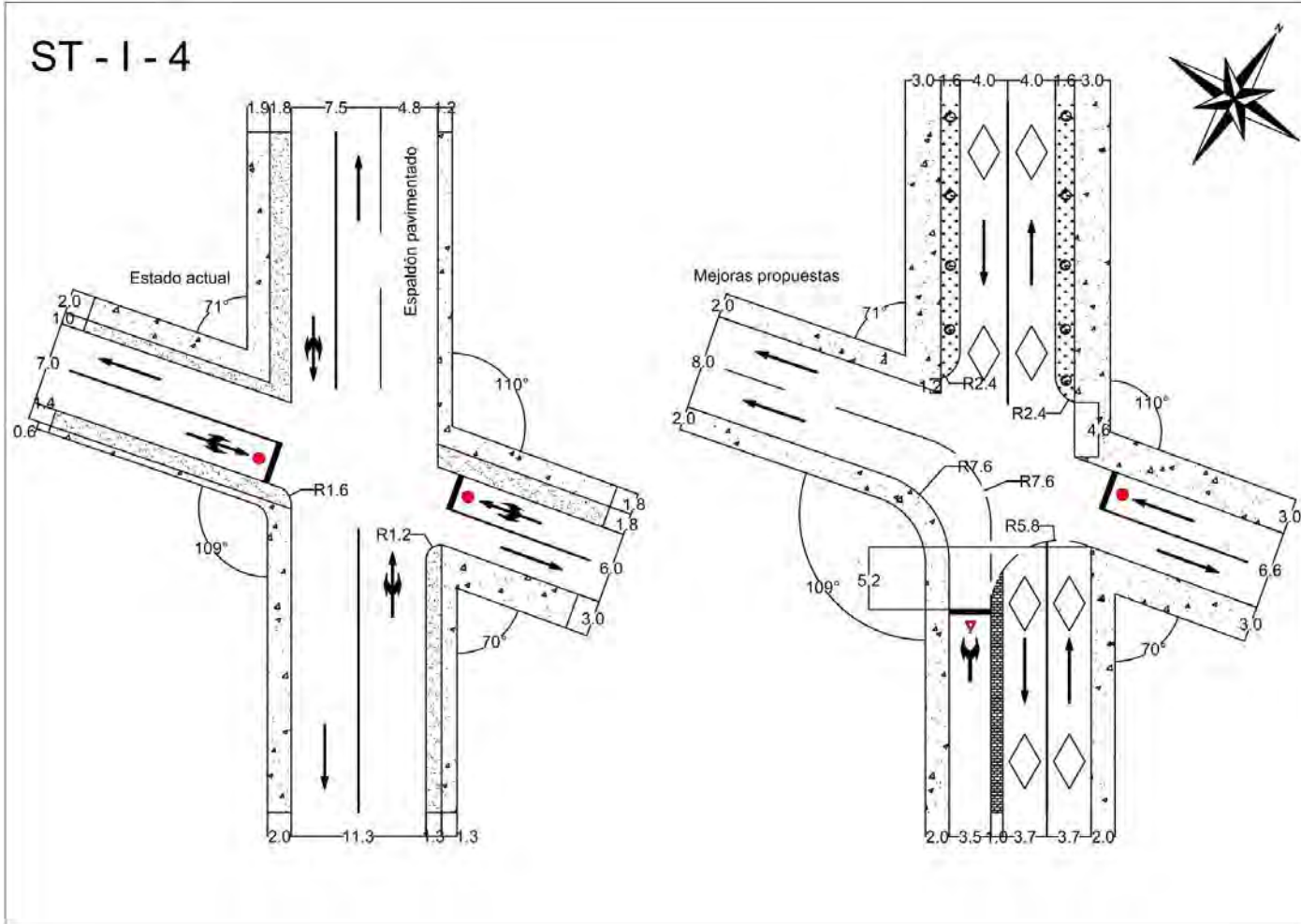


Figura 5.7: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección ST-I-4 en Santo Domingo

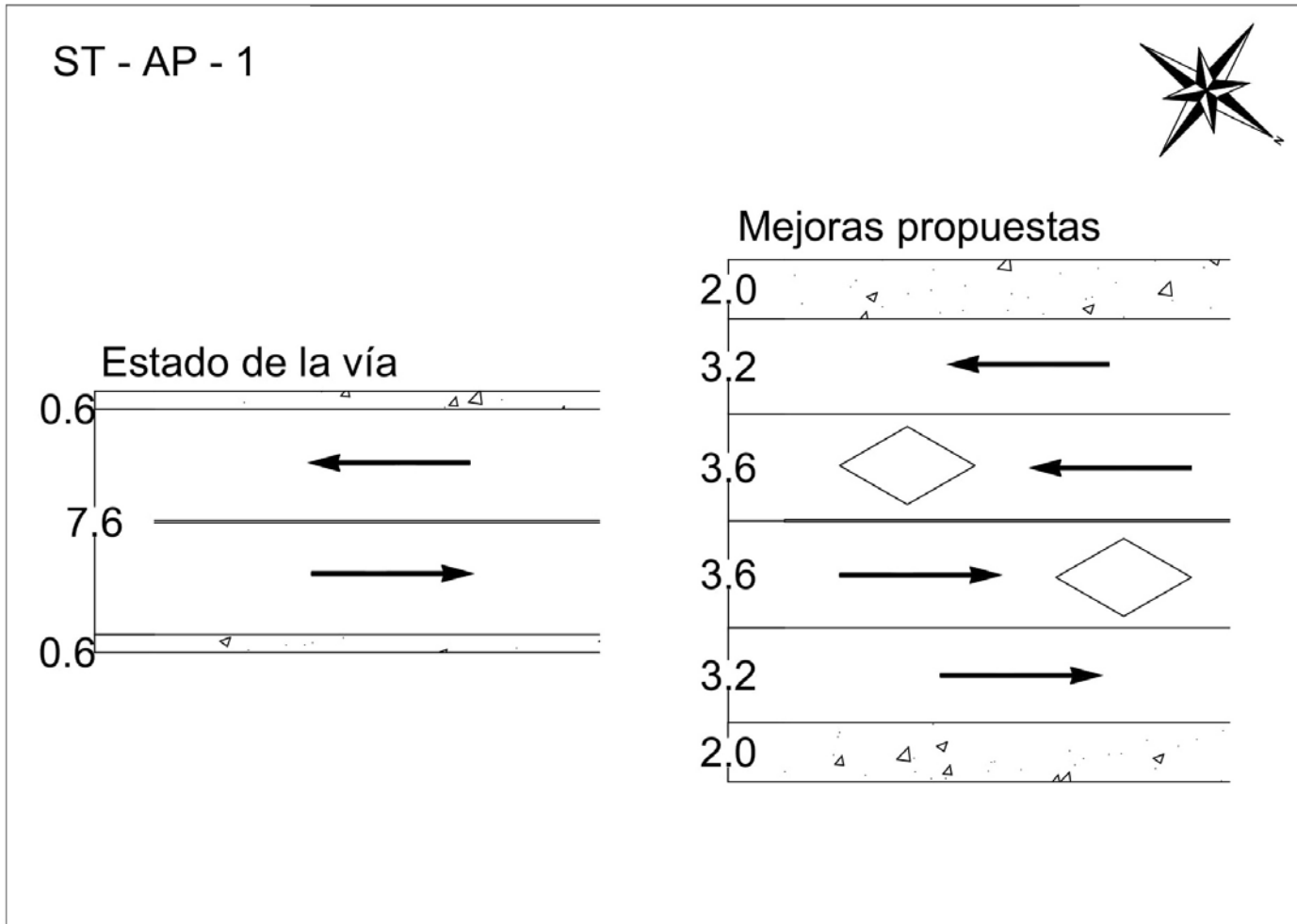


Figura 5.8: Ejemplo de Diseño Sugerido para la ampliación del puente del Antiguo Matadero de Santo Domingo

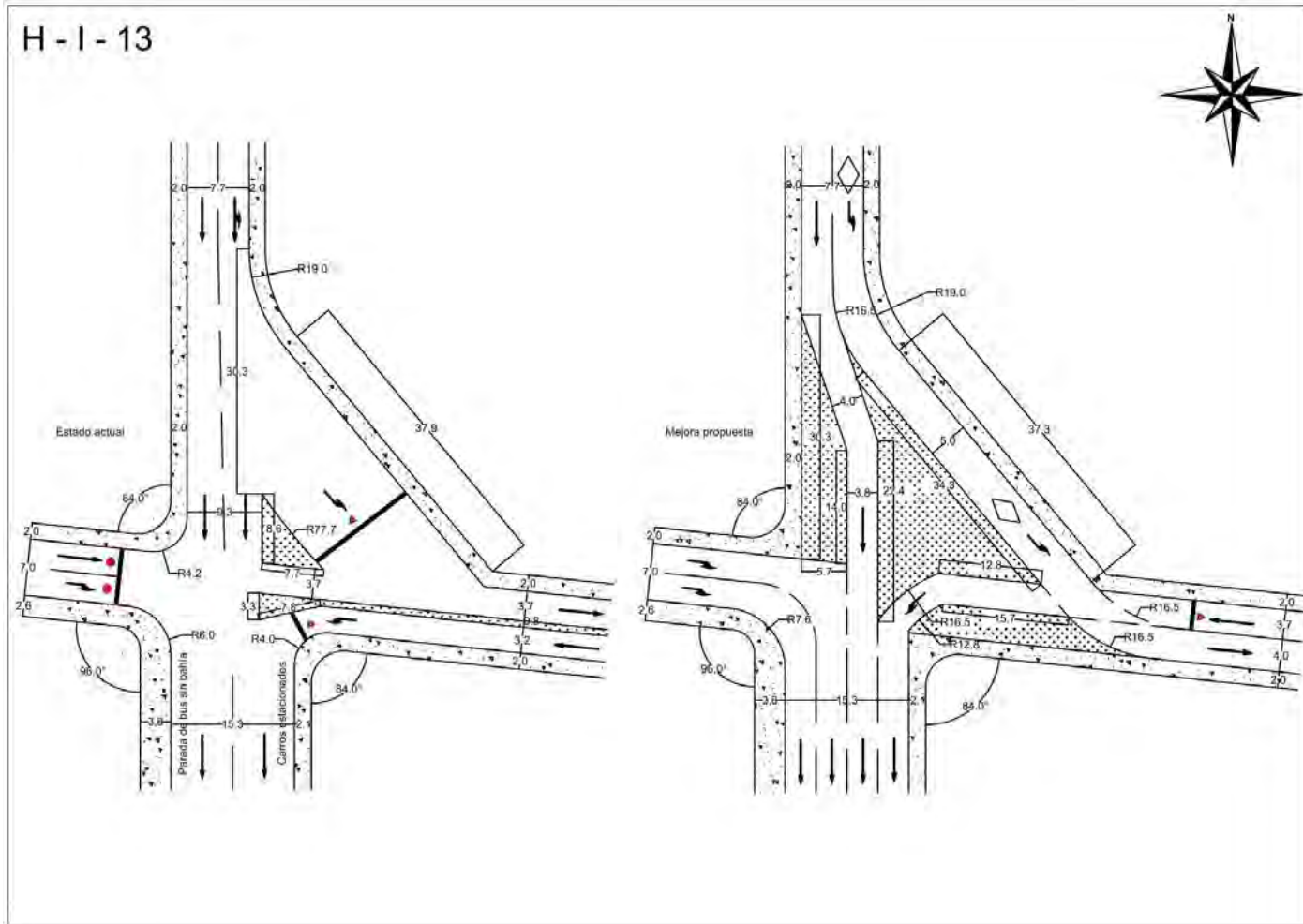


Figura 5.9: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-13 en Heredia

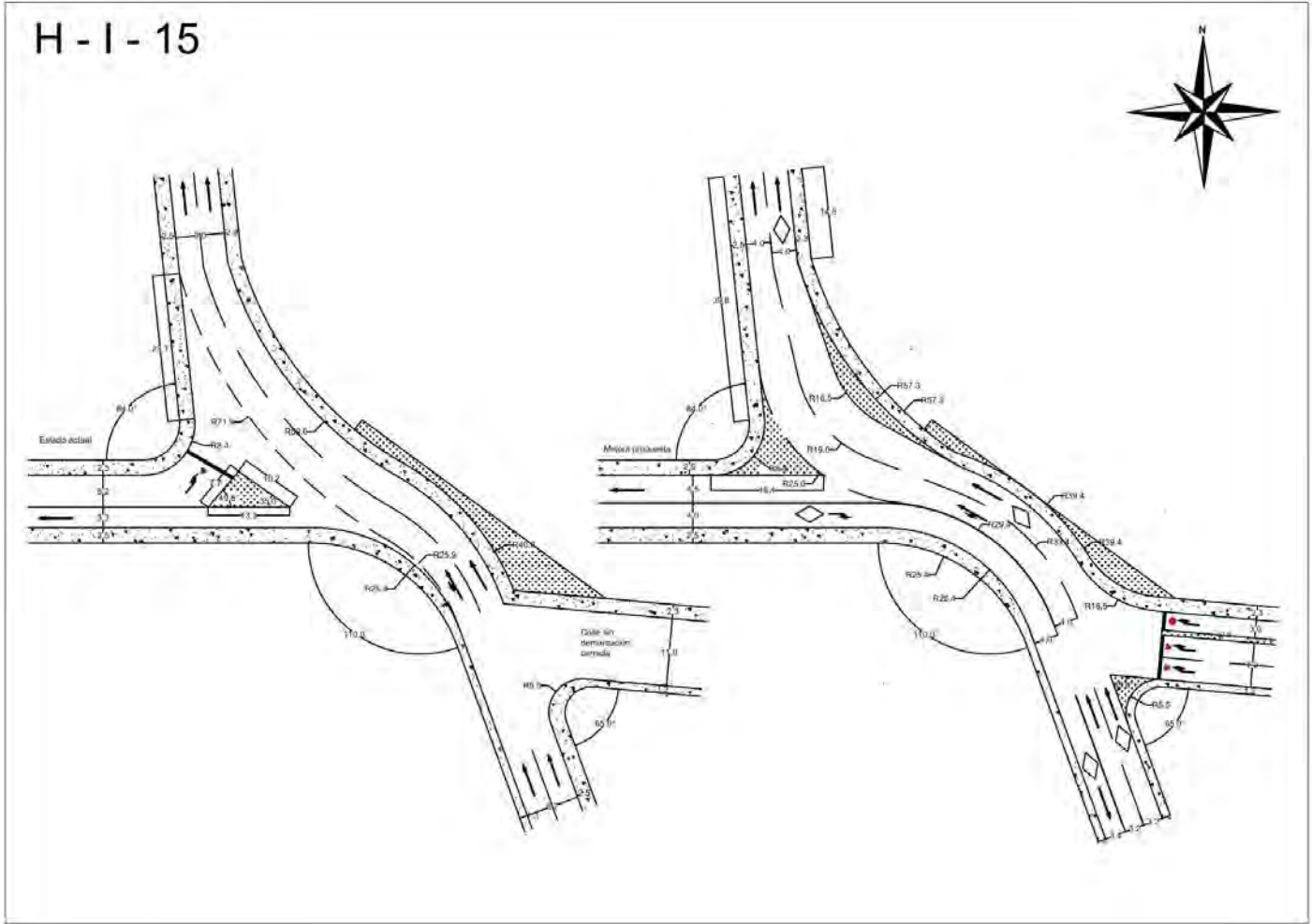


Figura 5.10: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-15 en Heredia

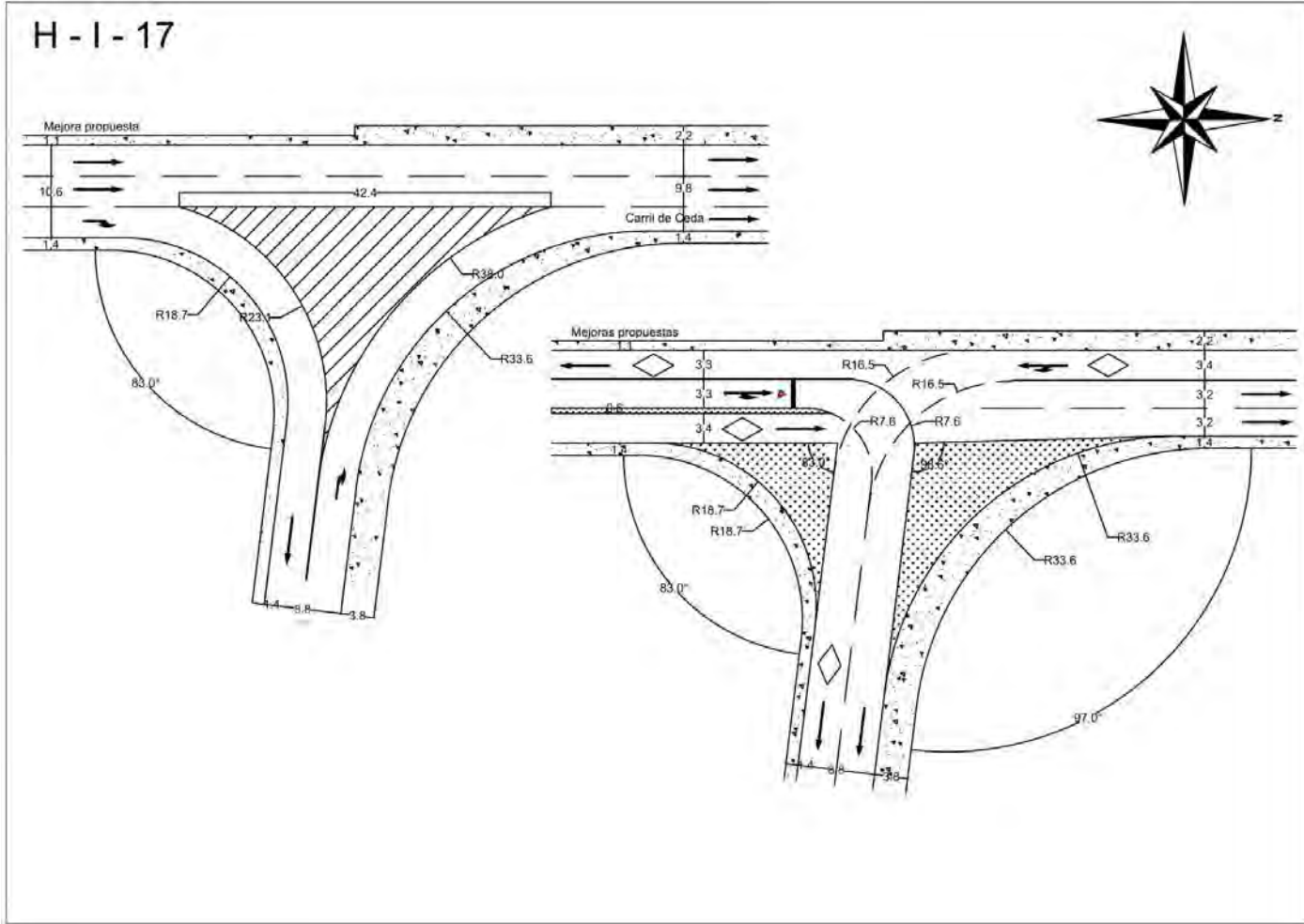


Figura 5.11: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-17 en Heredia

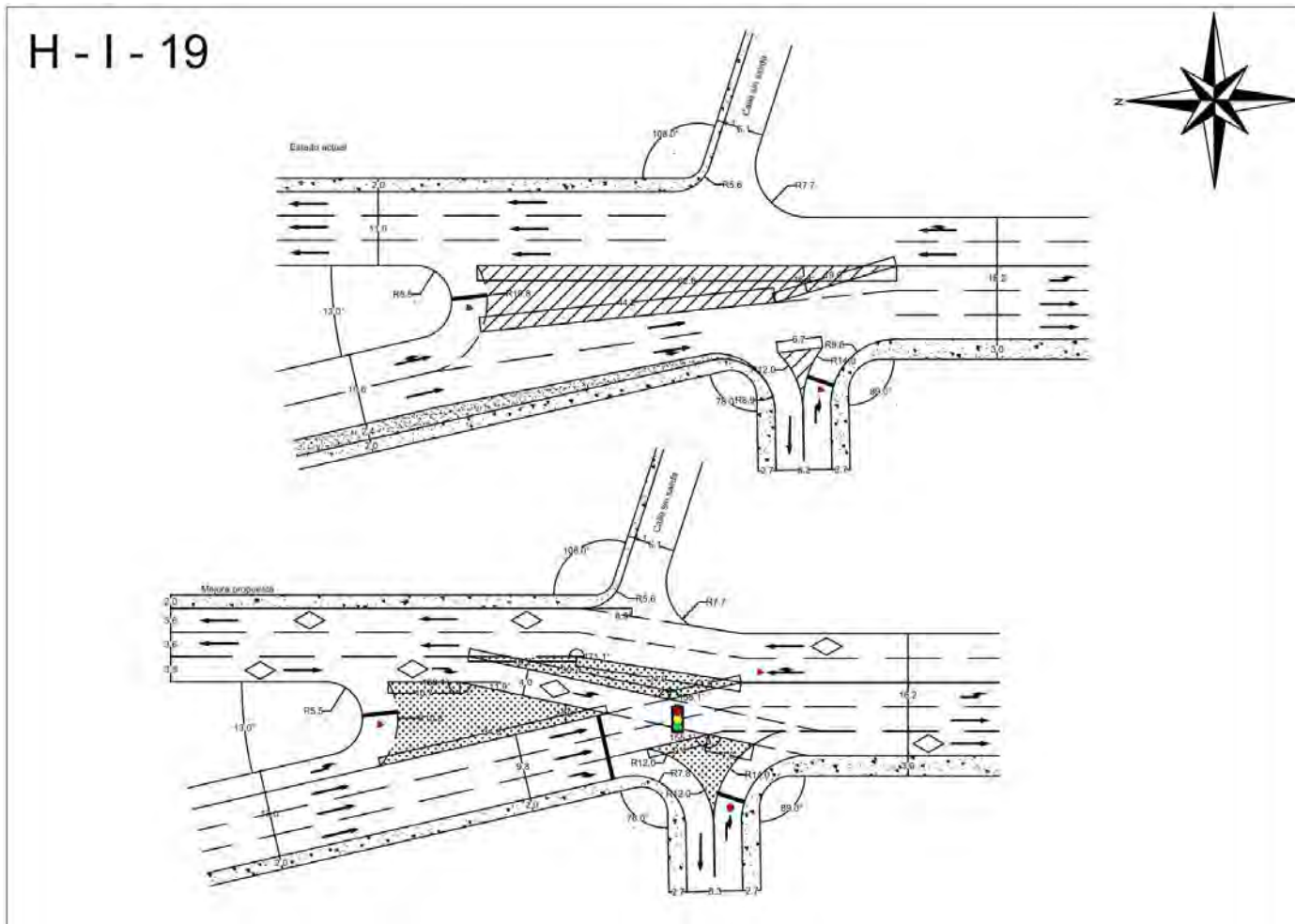


Figura 5.12: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-19 en Heredia

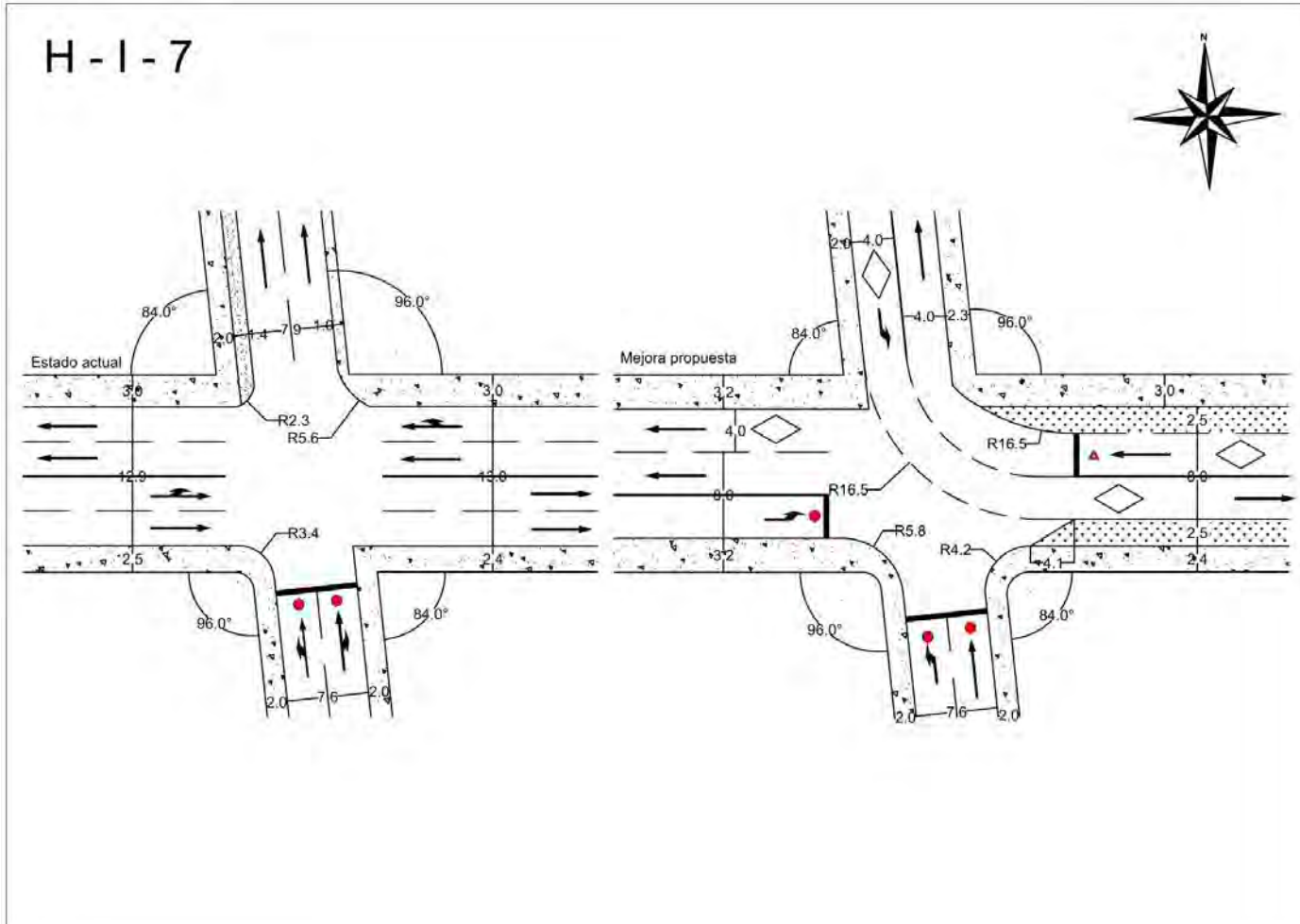


Figura 5.13: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección H-I-7 en Heredia

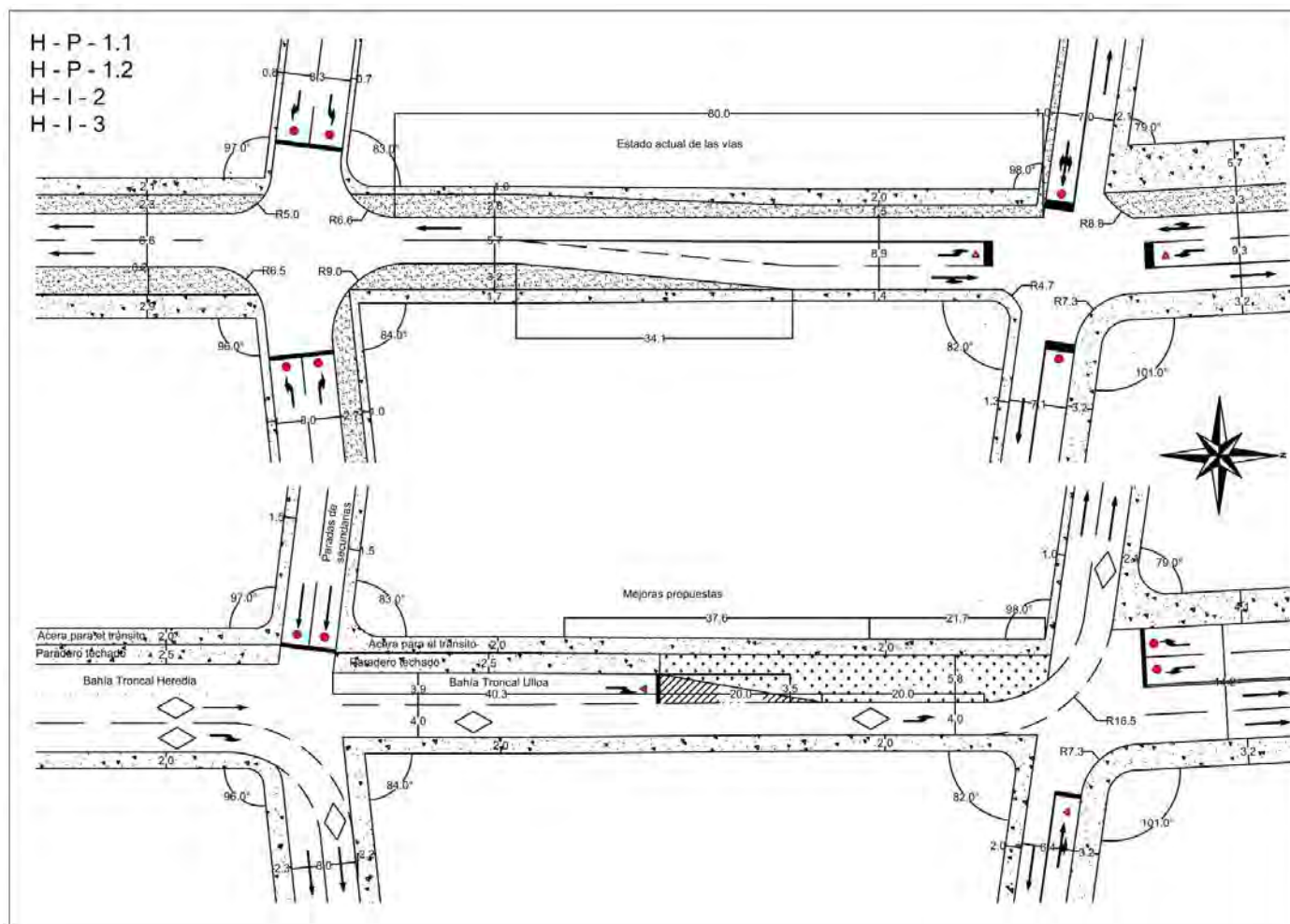


Figura 5.14: Ejemplo de Diseño Sugerido para la Terminal en Heredia

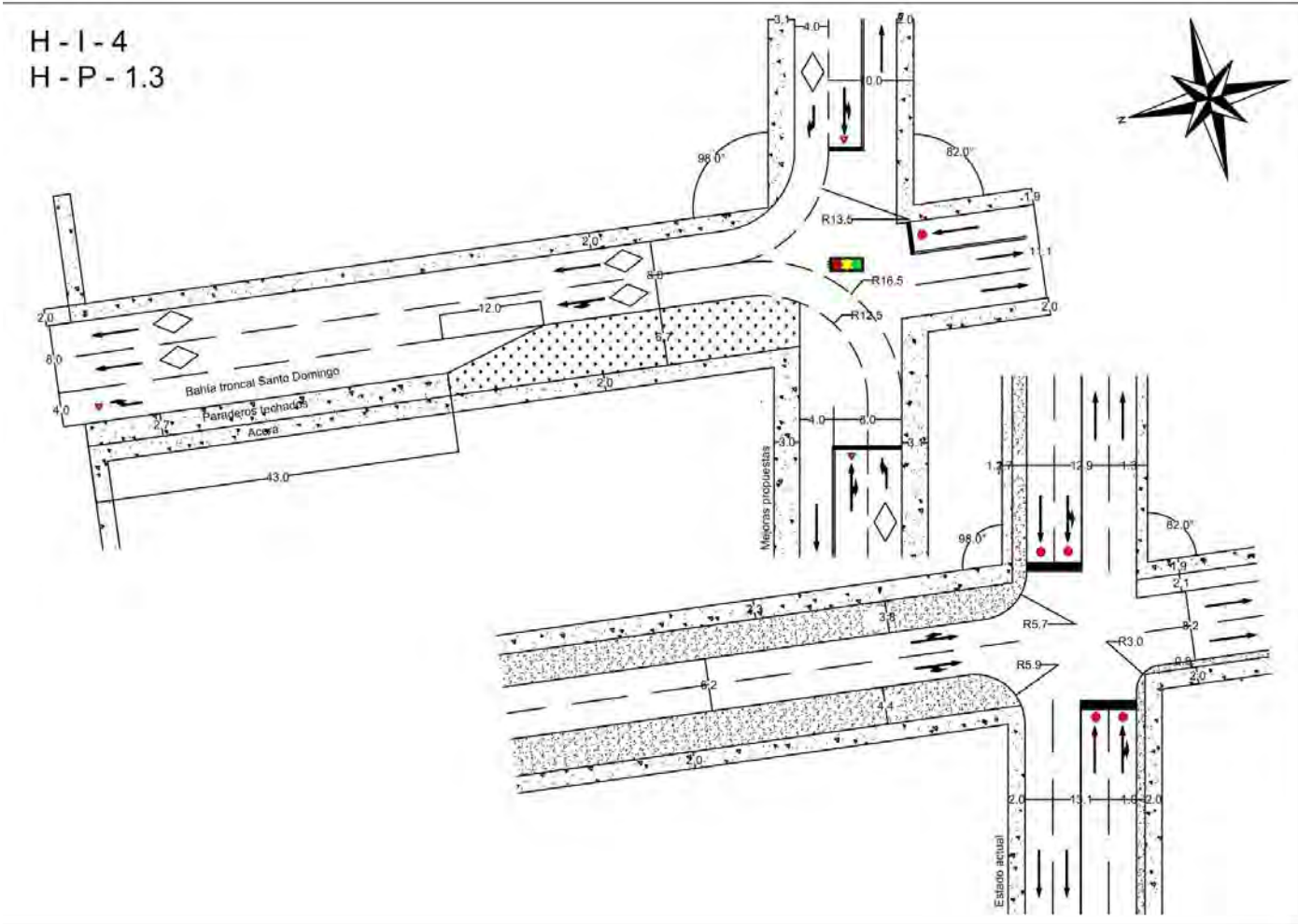


Figura 5.15: Ejemplo de Diseño Sugerido para el acceso principal de la Terminal en Heredia

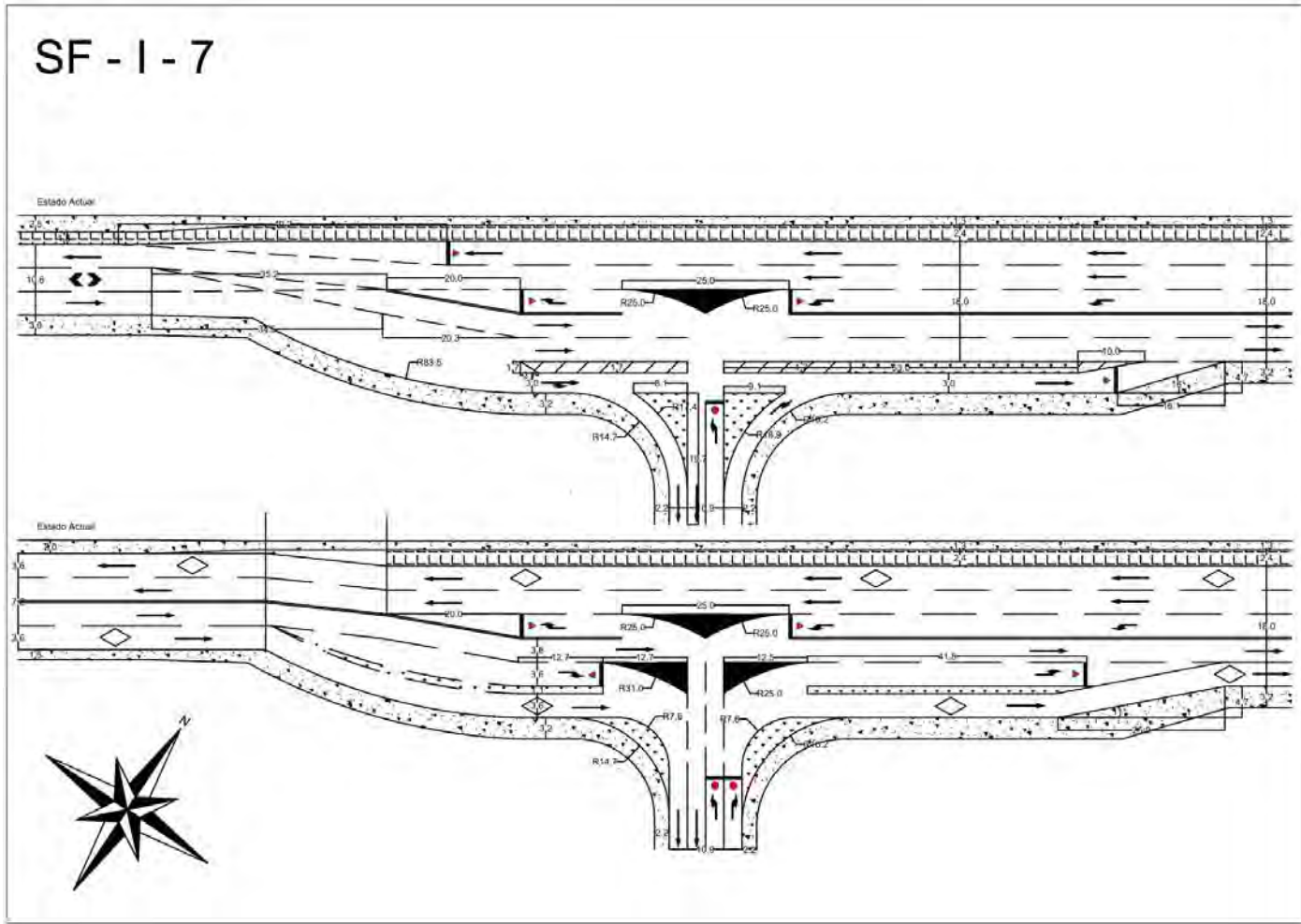


Figura 5.16: Ejemplo de Diseño Sugerido para la intersección SF-I-7 en San Francisco

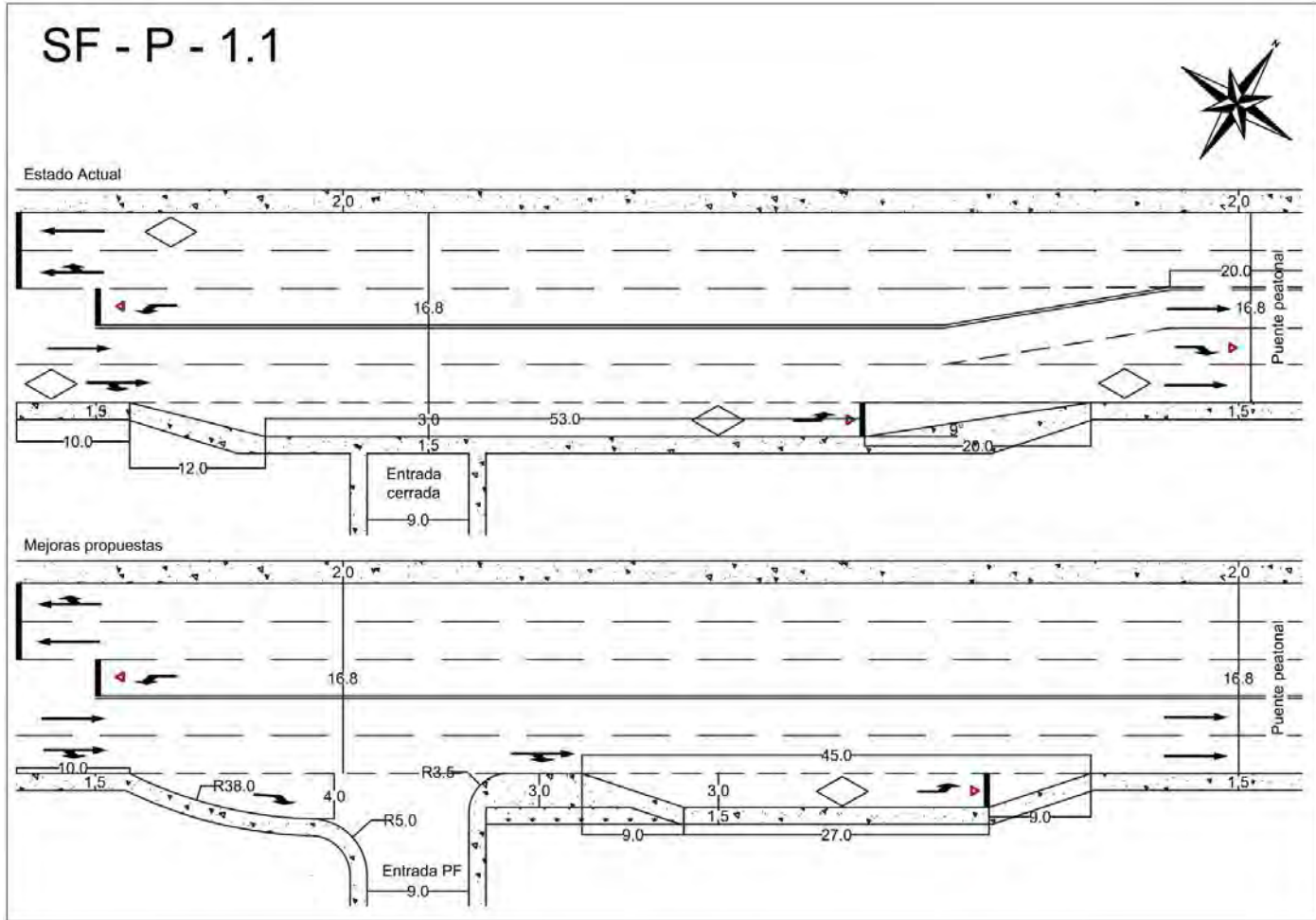


Figura 5.17: Ejemplo de Diseño Sugerido para la parada SF-P-1.1 en San Francisco

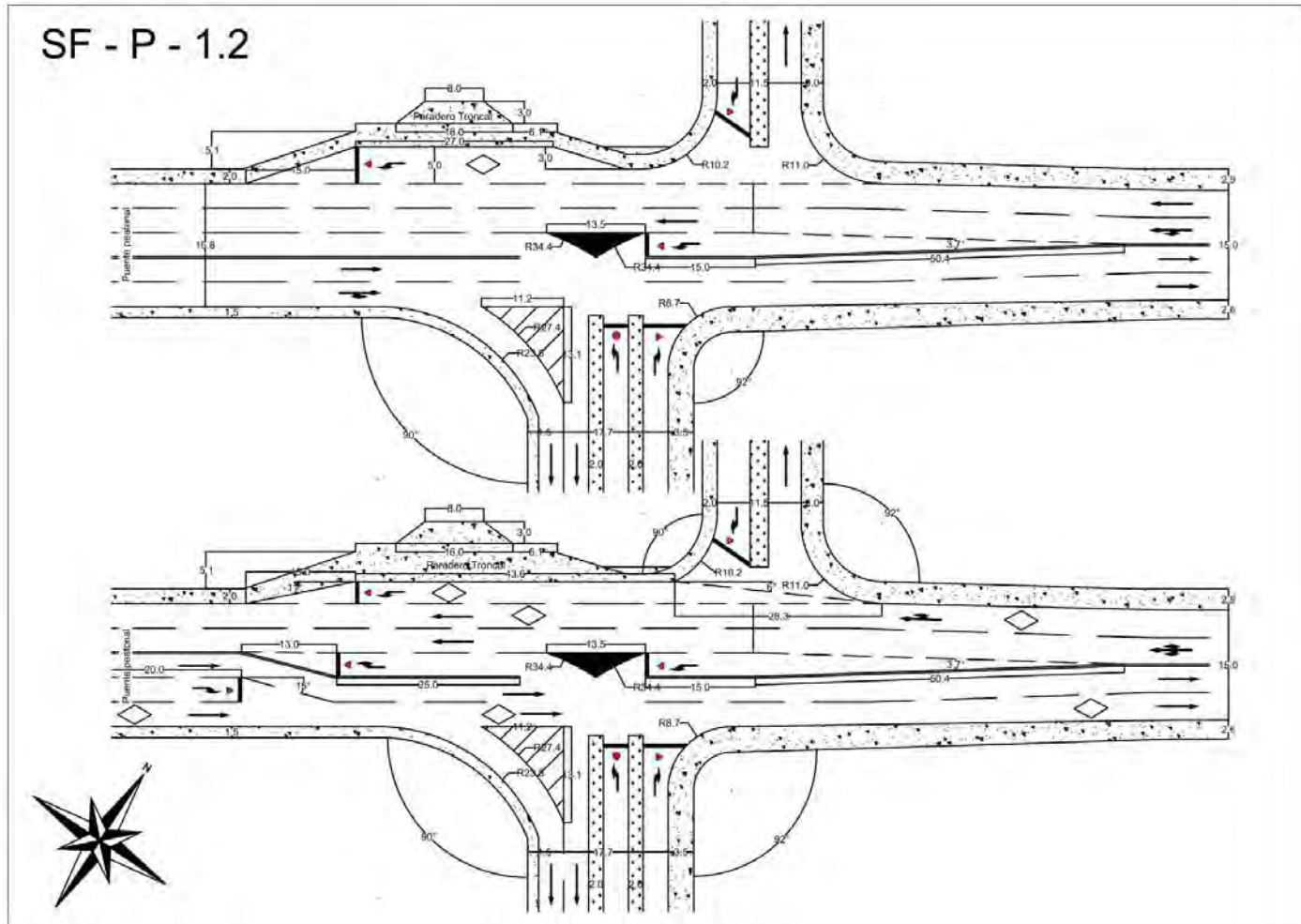


Figura 5.18: Ejemplo de Diseño Sugerido para la parada SF-P-1.2 en San Francisco

5.2. Terminales y estaciones de intercambio

5.2.1. Subsectores en el área de Estudio

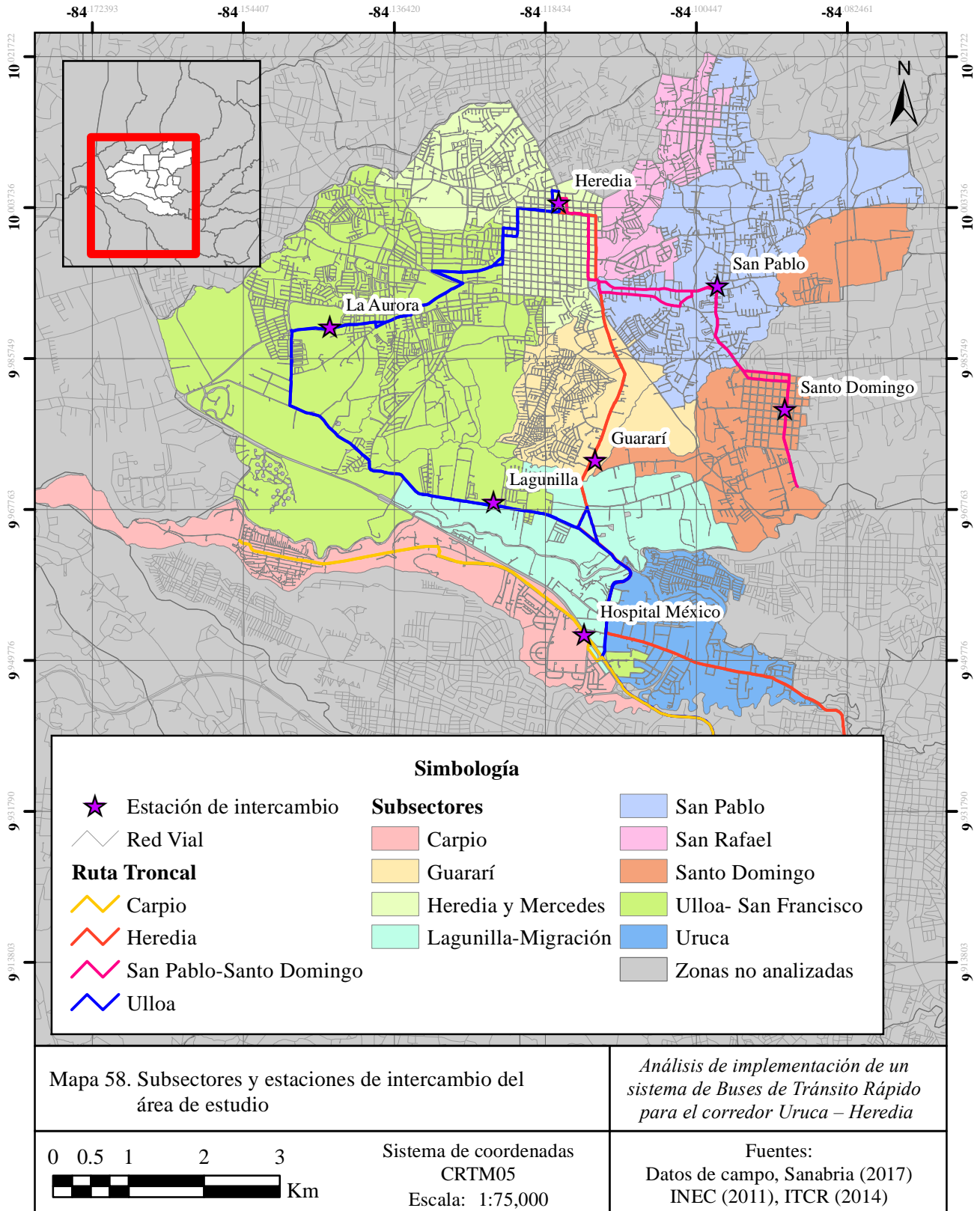
Una vez determinadas las rutas troncales y sus respectivas paradas se divide la zona de estudio en subsectores. Para ello, se le asignó a cada UGM la parada de la ruta troncal más cercana, para que de esta manera el usuario debe recorrer la menor distancia para ingresar a la troncal. De este modo se obtuvo el Mapa 58, en donde se observan 9 subsectores.

En el Cuadro 5.3 se exponen las distancias promedio entre los centroides de los UGM y la parada de la ruta troncal más cercana, determinados mediante un análisis de redes. Como se aprecia tanto en el Mapa 58 y en el Cuadro 5.3, el subsector Ulloa es el que posee las distancia más grandes entre sus centroides y las paradas; con excepción de un UGM en la Carpio que no posee población.

Cuadro 5.3: Distancias promedio entre los centroides de los UGM y la parada de la ruta troncal más cercana

Subsector	Distancia (m)		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Carpio	5.6	3 929.7	420.4
Guararí	169.9	1 808.0	1 176.3
Heredia y Mercedes	9.1	2 351.3	721.2
Lagunilla - Migración	78.2	2 095.5	806.4
San Pablo	0.8	3 594.0	1 157.3
San Rafael	129.7	3 116.5	1 627.4
Santo Domingo	32.5	3 357.0	797.6
Ulloa - San Francisco	24.4	2 912.1	962.8
Uruca	115.5	2 268.7	1 247.3
Sector analizado	0.8	3 929.7	996.5

En promedio, la distancia de caminata entre un UGM y la parada de la troncal suele ser menor a 1 km, con excepción de San Rafael por donde no pasa ninguna troncal y deberá abastecerse por medio de alimentadoras.



5.2.2. Estaciones de intercambio y terminales

Una vez asignados los subsectores, se procede a buscar al menos un terreno por subsector que sea capaz de permitir intercambios entre la ruta troncal, las alimentadoras y las interlíneas, que se encuentre lo suficientemente cerca de la ruta trazada para evitar modificaciones. Se hallaron 7 puntos de intercambio expuestos en el Mapa 58.

En el caso de Santo Domingo, San Pablo y Heredia los puntos de intercambio corresponden a paradas ya asignadas, las cuales eventualmente podrían permitir intercambios rápidos por la cuadrícula de la ciudad o por el diseño de la parada: SP-P-2, ST-P-2.1, ST-P-2.2, H-P-1.1, H-P-1.2, H-P-1.3.



Figura 5.19: Terreno sugerida para la estación de intercambio La Aurora



Figura 5.20: Terreno sugerida para la estación de intercambio Lagunilla



Figura 5.21: Terreno sugerida para la estación de intercambio Guararí



Figura 5.22: Terreno sugerida para la estación de intercambio Hospital México



Figura 5.23: Terreno sugerido para la Estación Terminal en San José

Interlineas.

De esta manera, como se observan en la Figura 5.19 el terreno sugerido para la Aurora, mediante el diseño adecuado, puede evitar que el bus ingrese a la rotonda (U-I-1), ya que posee dos frentes de lote. En la Figura 5.20 se expone el terreno sugerido para la subestación en Lagunilla, el cual es el más grande y brinda la posibilidad de albergar los buses de las interlineas.



Figura 5.24: Terreno sugerido para la Estación Terminal en La Carpio

En el caso de los subsectores Ulloa-San Francisco, Carpio y Guararí se buscaron terrenos lo suficientemente grandes para albergar la construcción de las estaciones. Para el subsector Ulloa-San Francisco se designaron dos estaciones de intercambio, con el fin de disminuir las distancias recorridas por las alimentadoras, caso contrario estas últimas tendrían longitudes mayores a 5 km. Además, una de estas estaciones permite el intercambio del subsector Lagunilla-Migración y de las

En la Figura 5.22 se presenta el terreno sugerido para la estación Hospital México, el cual es el mismo que se mencionó mientras se explicaba el Tramo Carpio-Hospital. Finalmente en la Figura 5.21 se expone el terreno sugerido para construir la estación de intercambio en Guararí. Las estaciones recién descritas coinciden con paradas de las rutas troncales: U-P-1, U-P-6 y SF-P-3. Debe evaluarse la supresión de estas una vez que las estaciones de intercambio sean construidas.

En el caso del Subsector Uruca no se encontró un terreno que permita los intercambios, por lo que estos se deberán realizar en las paradas de la troncal.

En relación a las terminales, se designan 3 puntos para estas, debido a que las troncales Ulloa, Heredia y Santo Domingo inician y culminan en San José y Heredia y la Troncal Carpio en La Carpio y San José. En el caso de Heredia, el punto sugerido como terminal es el mismo que la estación de intercambio. En La Carpio el terreno sugerido se encuentra en el sector oeste de la comunidad, en donde existen grandes extensiones de tierra no ocupada como se observa en la Figura 5.24.

La terminal sugerida para San José se ubica en un terreno ocupado por estacionamientos frente al Hospital de Niños, como se aprecia en la Figura 5.23. Cabe resaltar que este terreno es el mismo sugerido por Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015) en su estudio. Los costos de las expropiaciones y los diseños de las estaciones quedan fuera de los objetivos del presente trabajo.

5.3. Sistema de interlineas

Según la Sección 4.1, un gran porcentaje de los viajes del sector Uruca-Heredia se dirigen hacia cantones adyacentes, por lo que los usuarios no deberían desplazarse al centro de San José para poder llegar a su destino, sino utilizar sistemas intersectoriales que le permitan disminuir su tiempo de viaje.

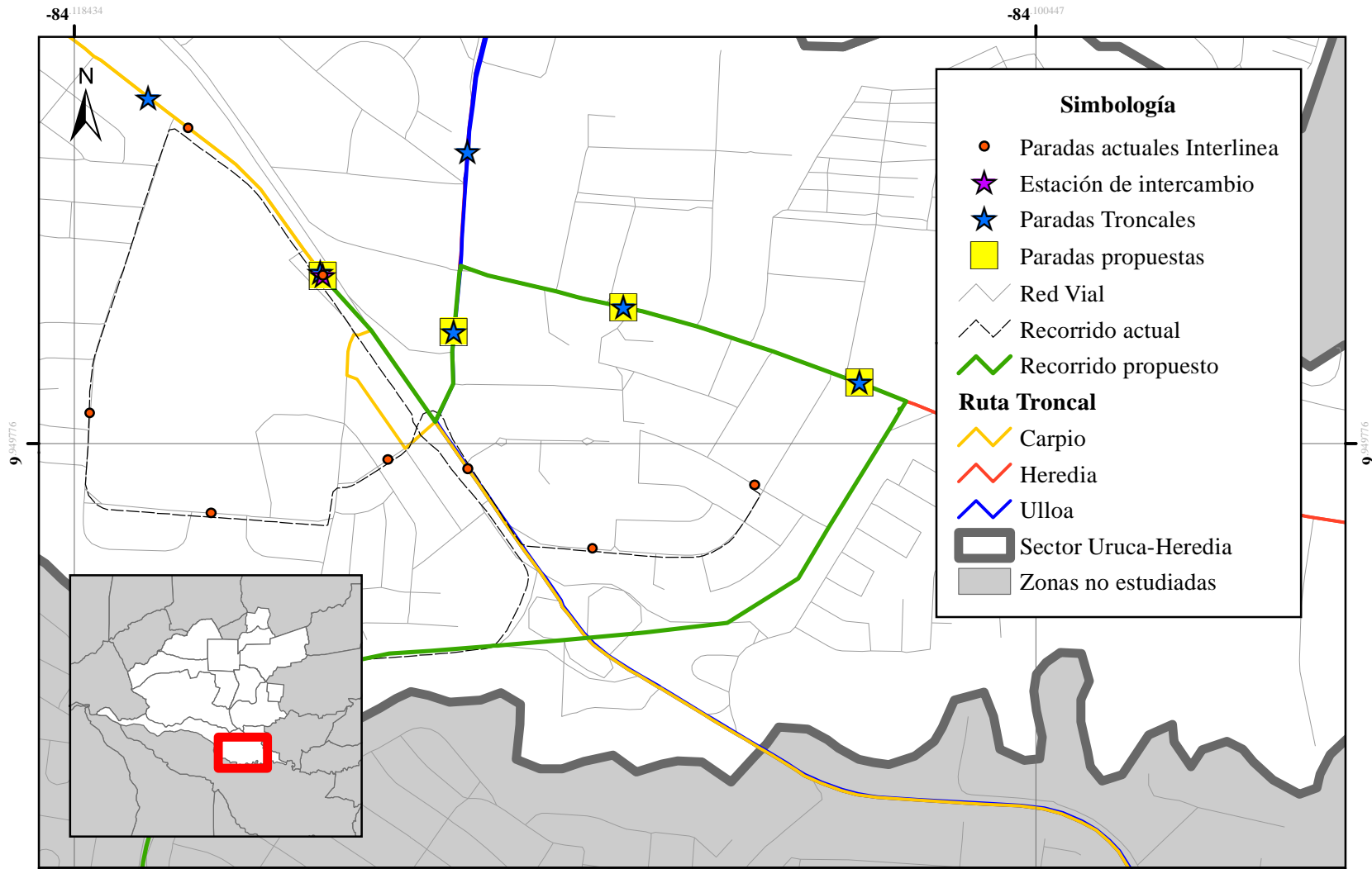
Es de este punto donde surge la importancia de que las interlineas interactúen directamente con las rutas troncales designadas, para que los usuarios se desplacen de sus hogares a la ruta troncal por medio de una alimentadora y de la ruta troncal hagan trasbordo a una interlinea para llegar a su destino.

El sector será abastecido por las 4 interlineas actuales: Guadalupe-Uruca, Escazú-Uruca, La Valencia-Guadalupe y Santa Ana-La Valencia. Esos interlineas se compararon con las rutas troncales generadas y se modificaron algunas de sus paradas y recorridos para obtener los Mapas 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 y 66.

En los Mapas 59 y 60 se expone la interlinea Uruca-Escazú, a la cual se le modifica su terminal en la Uruca; pasando de la comunidad Mansiones a la estación de intercambio Hospital. En el caso de los Mapas 61 y 62, la interlinea Guadalupe-Uruca sufre la misma modificación que la anterior. En el nuevo recorrido las interlineas utilizan los carriles exclusivos y las paradas designadas para los troncales, permitiendo el intercambio con las troncales Heredia y Ulloa. Los trasbordos entre la troncal Carpio y estas interlineas se darán en la estación de intercambio Hospital.

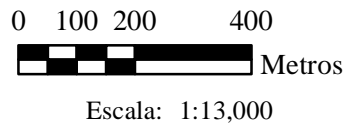
En los Mapas 63 y 64 se observa la interlinea La Valencia-Guadalupe, a la cual no se le realiza ninguna modificación de recorrido, no obstante, se varían algunas de sus paradas para que coincidan con las paradas de las rutas troncales. Además, las paradas actuales se revisaron de manera que la separación entre ellas sea de al menos 400 m, ya que en campo se registraron separaciones entre paradas de 200 m o menores, lo que disminuye la eficiencia del sistema. Esta se utiliza para conectar a las troncales Santo Domingo, Heredia y Ulloa con el sector Industrial de Santa Rosa, el cual, por su localización, no pudo ser alimentado con una ruta troncal.

En los Mapas 65 y 66 se presenta el recorrido sugerido para la interlinea Santa Ana-La Valencia. A esta no se le modifica el recorrido ni las paradas, aunque algunas son desplazadas para que coincidan con la ruta troncal Ulloa. Las interlineas Santa Ana-La Valencia y La Valencia-Guadalupe no se les modifican las terminales porque coinciden con la estación de intercambio Lagunilla, según lo observado en campo.



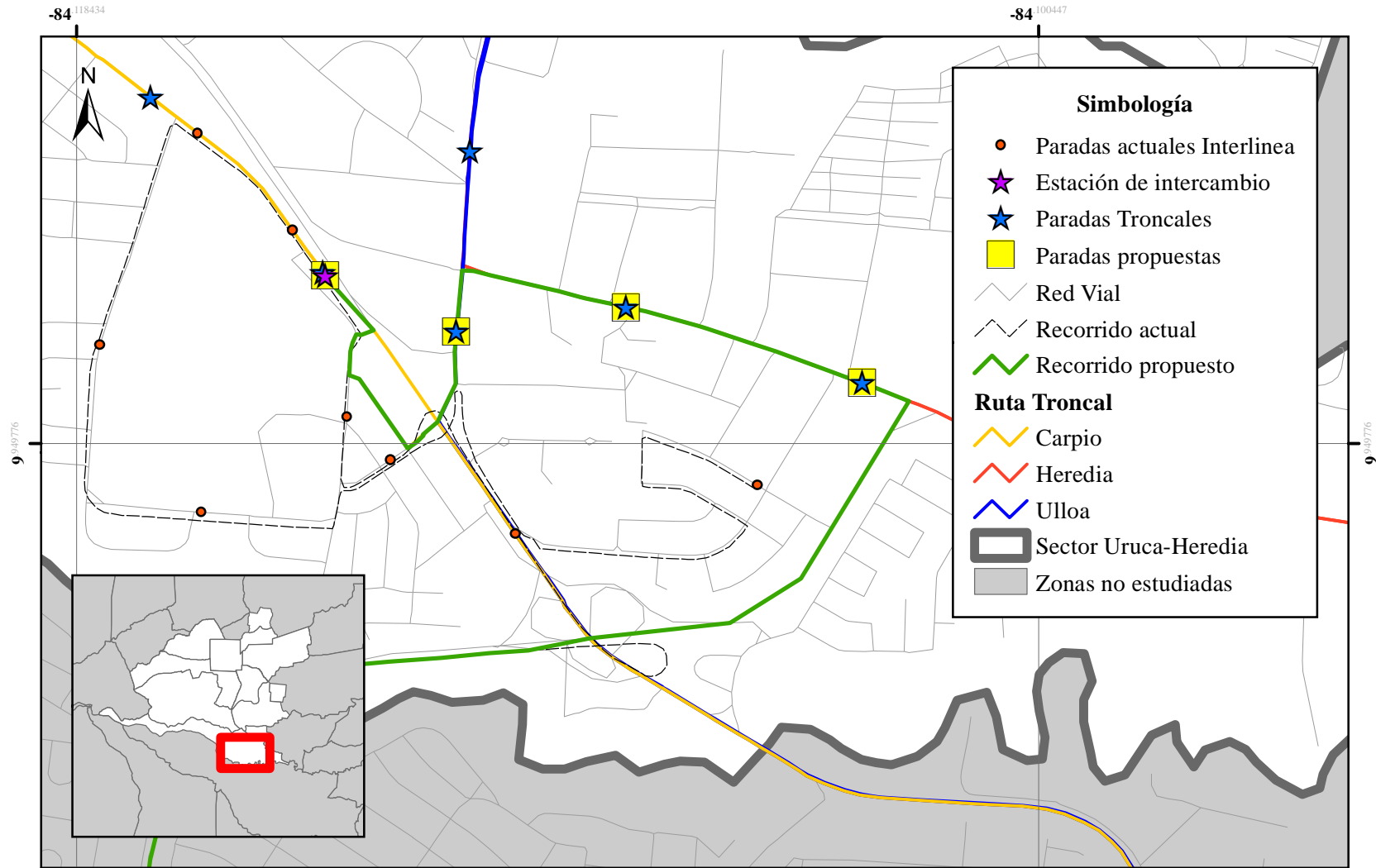
Mapa 59. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea Uruca-Escazú en el Sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



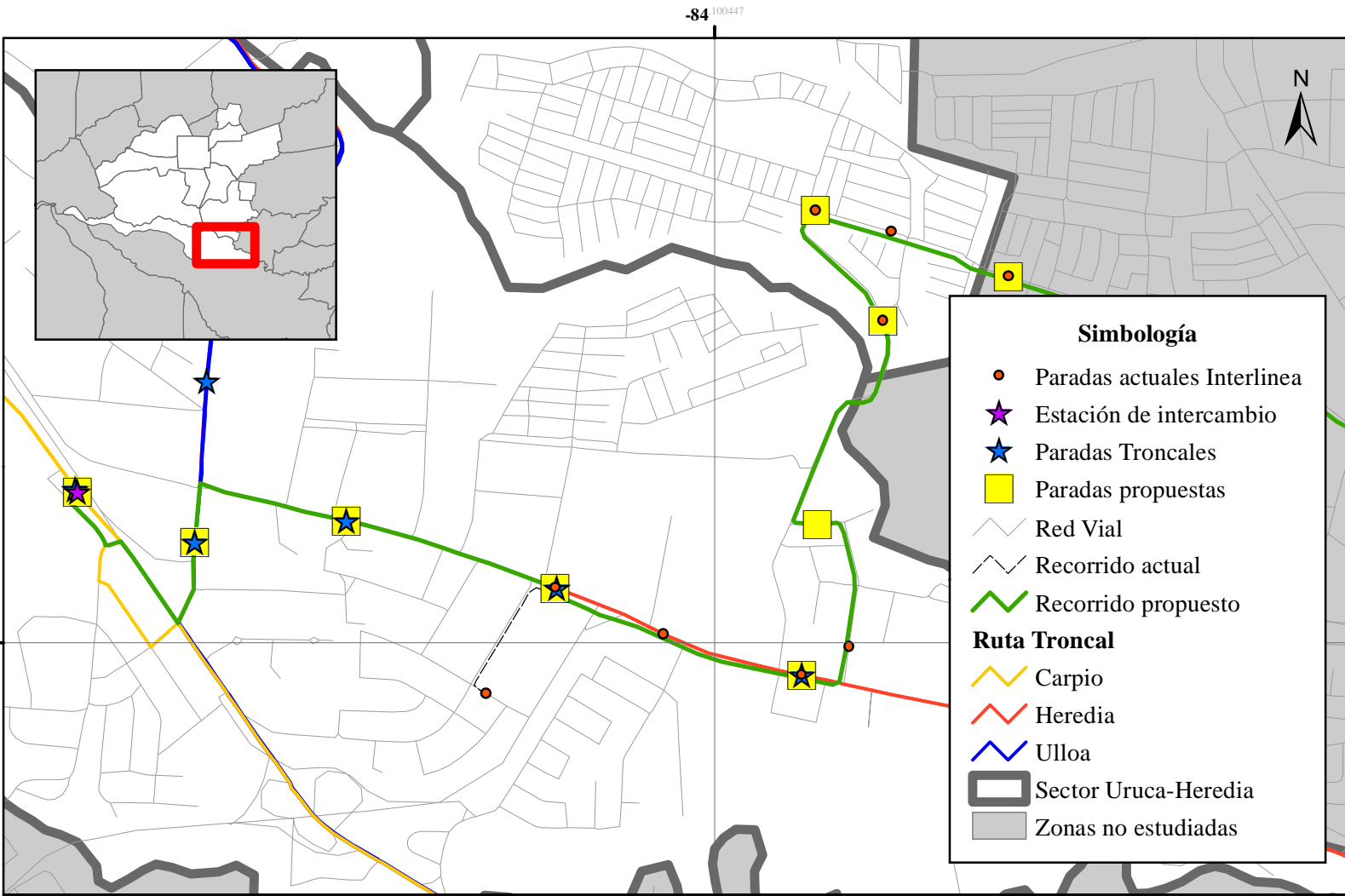
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de
coordenadas
CRTM05



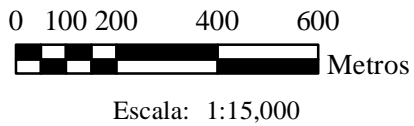
Mapa 60. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea Uruca-Escazú en el Sentido 2-1

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 100 200 400 Metros Escala: 1:13,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	--



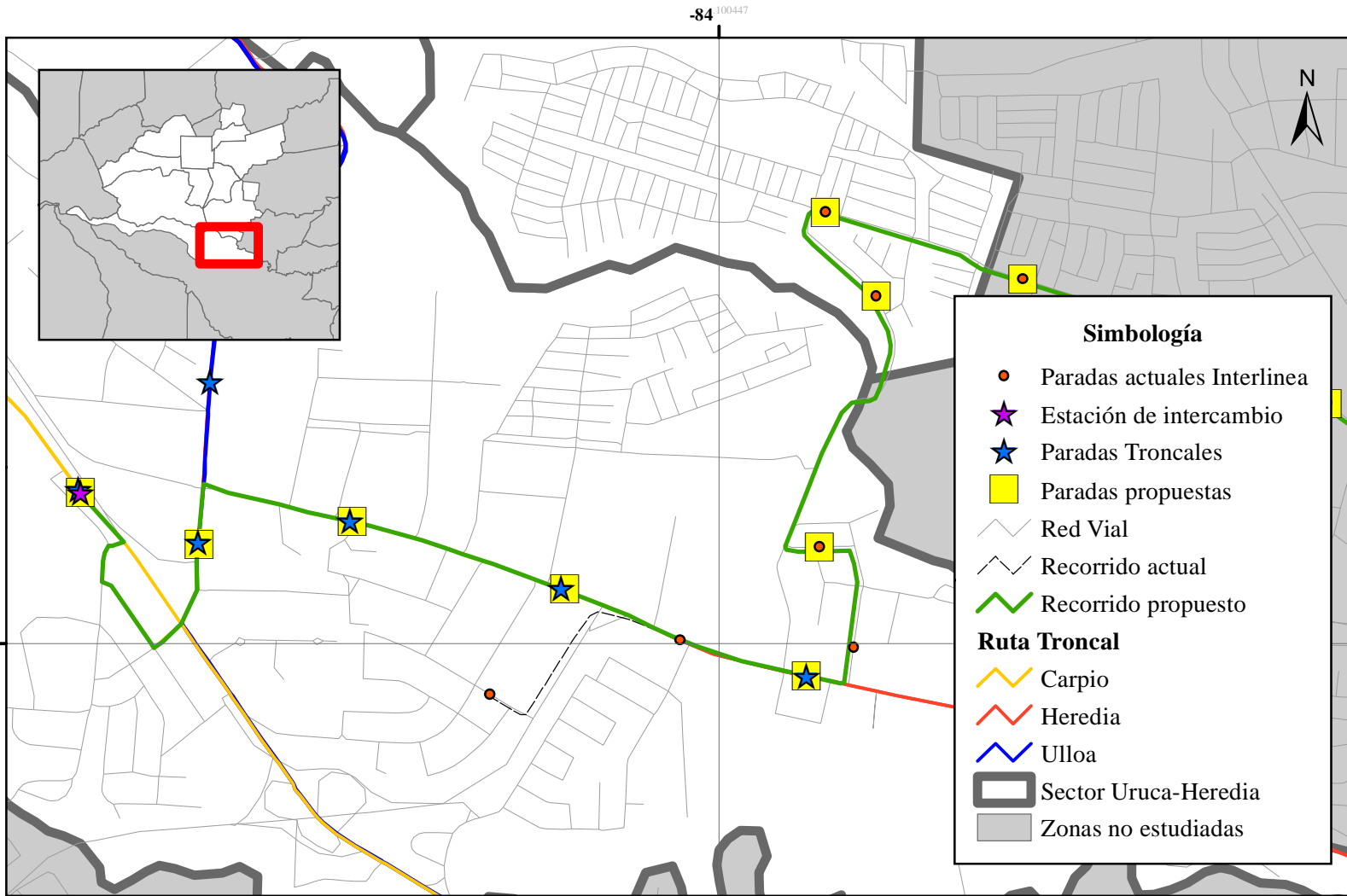
Mapa 61. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea Uruca-Guadalupe en el Sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



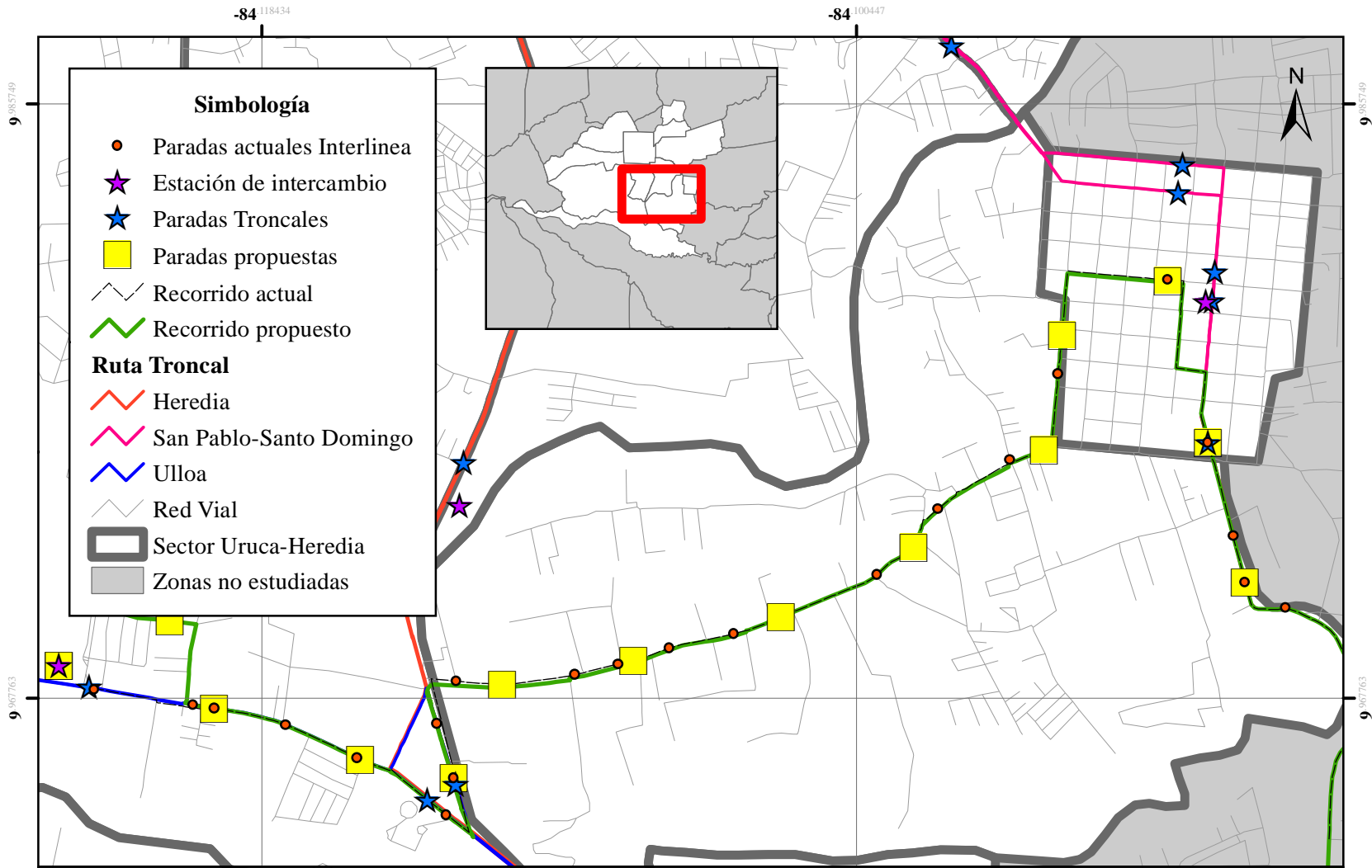
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



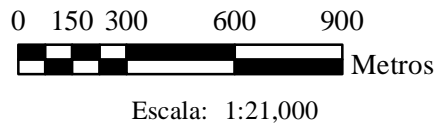
Mapa 62. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea Uruca-Guadalupe en el Sentido 2-1

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 100 200 400 600 Metros Escala: 1:15,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--



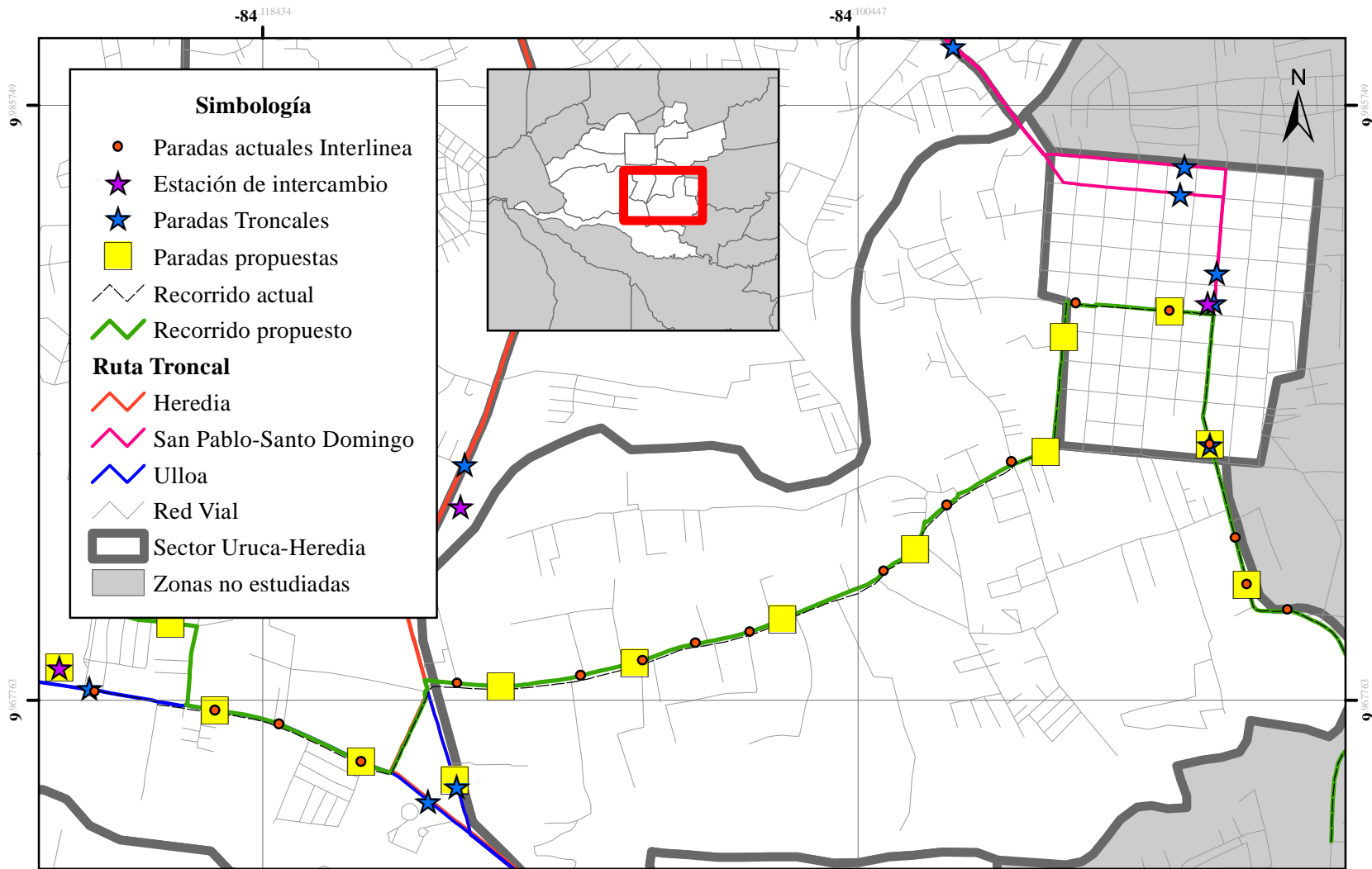
Mapa 63. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea La Valencia-Guadalupe en el Sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



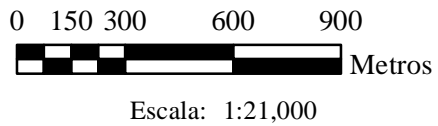
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



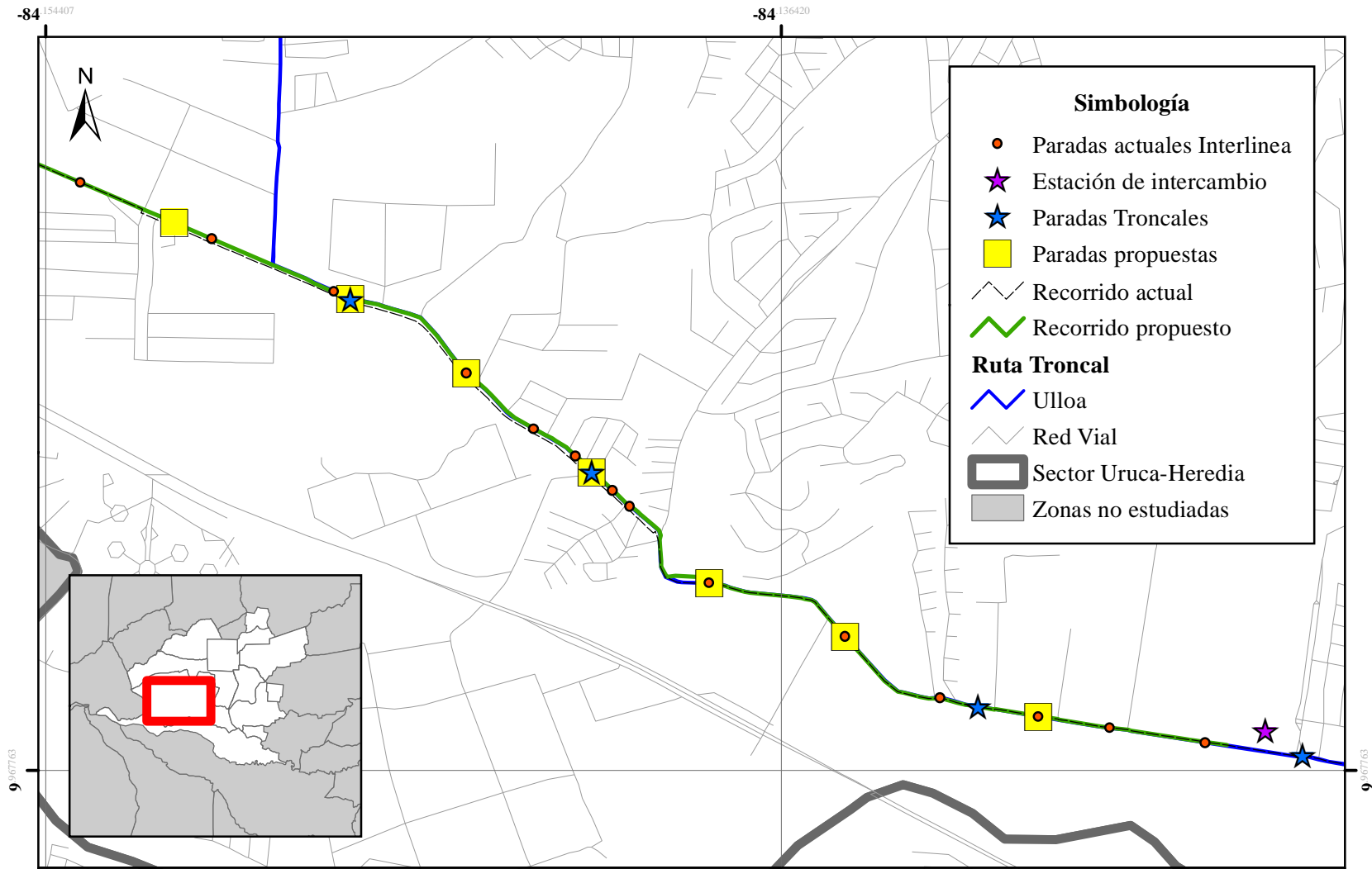
Mapa 64. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea La Valencia-Guadalupe en el Sentido 2-1

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



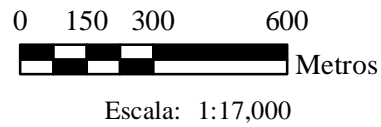
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



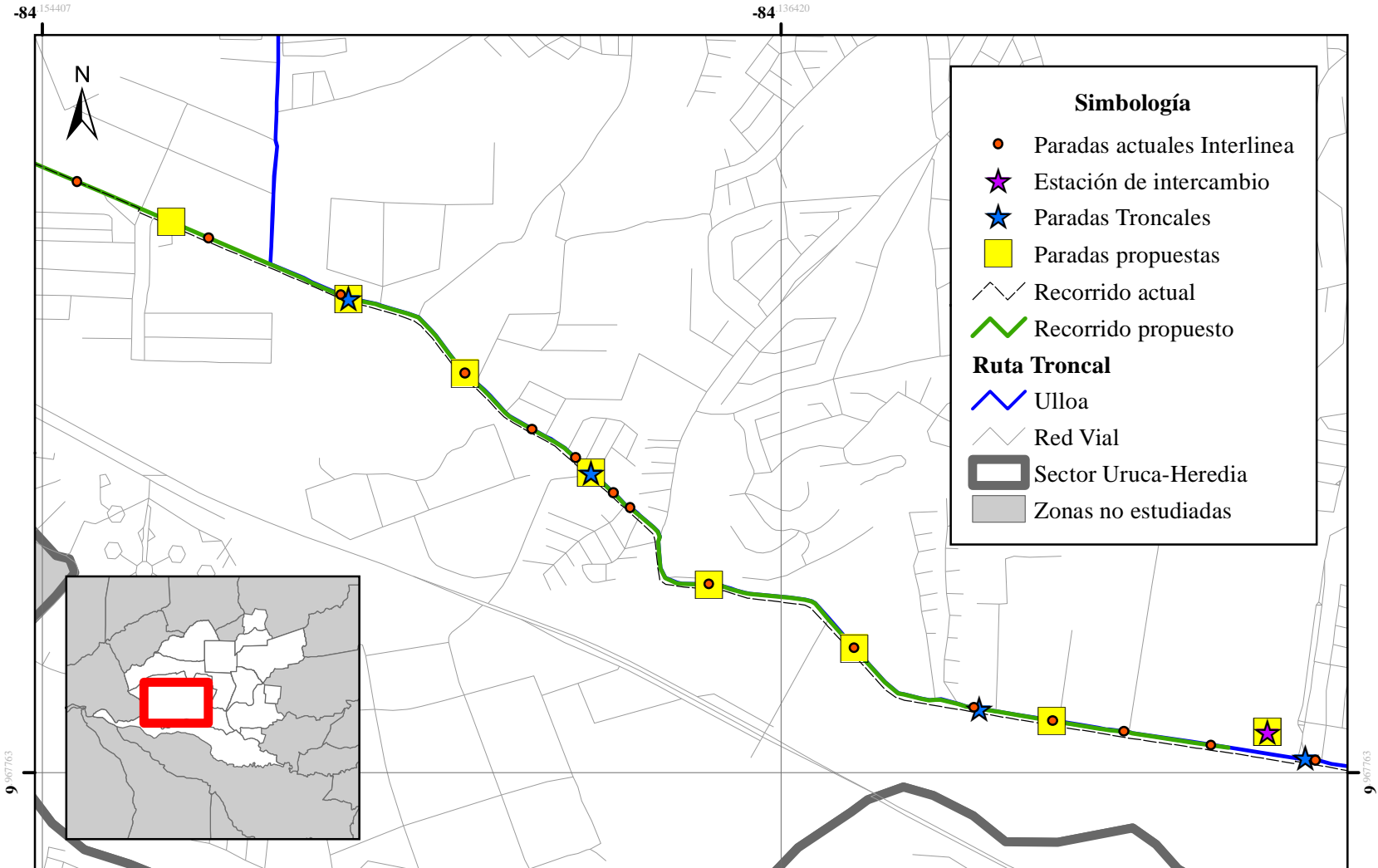
Mapa 65. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea Santa Ana-La Valencia en el Sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



Mapa 66. Modificaciones sugeridas al recorrido y a las paradas de la Interlinea Santa Ana-La Valencia en el Sentido 2-1

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 150 300 600 Metros Escala: 1:17,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--

5.4. Diseño de las rutas secundarias

Las rutas secundarias son un complemento importante de la ruta primaria, ya que permiten abastecer zonas donde la troncal no accesa, debido a que el bus utilizado no puede realizar maniobras en algunas calles de las comunidades y que algunas comunidades son pequeñas y no cuentan con la demanda suficiente para justificar una troncal.

Las rutas secundarias que se diseñarán tiene como objetivo que todas las comunidades del sector Uruca-Heredia tengan acceso al transporte público, además de eliminar la duplicidad de las rutas actuales. También se enfocan en disminuir el tiempo y la distancia recorrida por los usuarios. Por este motivo se decidió que el recorrido máximo de las rutas sea de 5 km, lo que a su vez permite disminuir el número de unidades por cada alimentadora propuesta.

Primeramente se ubican las comunidades abastecidas actualmente y aquellas con altas densidades poblacionales. Luego de esto considerando, los subsectores que anteriormente se desarrollaron, se le designa a cada comunidad la parada o la estación de la troncal más cercana. Mediante un análisis de red se designa la ruta más corta, la cual se ajusta para que el subsector sea cubierto en su totalidad.

La distancia designada entre paradas es entre 400 y 525 m, no obstante, en aquellas comunidades donde los Mapas 19, 20 y 21 mostraron una alta presencia de adultos mayores, personas con alguna discapacidad o con limitaciones en su movilidad, se utilizó una separación máxima entre 250 y 350 m.

Como se observa el Cuadro 3.17, el sistema actual del transporte público cuenta con muchas unidades que pueden ser utilizadas para las rutas alimentadoras, ya que son jóvenes y de una capacidad adecuada para hacer este tipo de sistemas. En cuanto los paraderos, se sugiere eliminar aquellos que no se encuentren señalizados e intentar colocar paraderos techados en la mayor parte de los recorridos. No se recomienda el uso de bahía para las rutas alimentadoras, debido a que sus frecuencias no ameritan este tipo de infraestructura.

Con base en lo anterior, se procede a diseñar cada una de las rutas alimentadoras. En el Cuadro 5.4 se resumen las secundarias sugeridas para cada subsector. En las siguientes secciones se señalarán particularidades de las rutas alimentadoras junto con su representación gráfica.

Cuadro 5.4: Descripción de las rutas secundarias por cada subsector

Subsector	Secundaria	Sentido	Longitud (km)
Carpio	Hospital	-	3.5
Guararí	Guararí	1-2	4.8
Guararí	Guararí	2-1	4.8
Guararí	Hospital San Vicente de Paúl	2-1	3.2
Guararí	Hospital San Vicente de Paúl	1-2	3.6
Guararí	La Milpa - Los Lagos	1-2	3.7
Guararí	La Milpa - Los Lagos	2-1	3.7
Lagunilla - Migración	Barrio Corazón de Jesús - Rossiter Carballo	1-2	4.2
Lagunilla - Migración	Barrio Corazón de Jesús - Rossiter Carballo	2-1	4.2
Lagunilla - Migración	Lagunilla	-	4.9
Mercedes	Mercedes Sur	1-2	4.1
Mercedes	Mercedes Sur	2-1	4.3
Mercedes	Mercedes Norte	2-1	4.2
Mercedes	Mercedes Norte	1-2	4.2
San Pablo	San Rafael - San Pablo	1-2	4.5
San Pablo	San Rafael - San Pablo	2-1	4.5
San Pablo	San Francisco - San Pablo	2-1	4.8
San Pablo	San Francisco - San Pablo	1-2	5.1
San Pablo	Miraflores	-	4.4

Continuación del cuadro 5.4

Subsector	Secundaria	Sentido	Longitud (km)
San Rafael	San Rafael por Santiago	2-1	4.1
San Rafael	San Rafael por Santiago	1-2	3.9
San Rafael	San Rafael por La Suiza	1-2	4.3
San Rafael	San Rafael por La Suiza	2-1	4.5
Santo Domingo	Residenciales norte	1-2	4.4
Santo Domingo	Residenciales norte	2-1	4.5
Santo Domingo	Santa Rosa	2-1	3.2
Santo Domingo	Santa Rosa	1-2	3.3
Santo Domingo	Rincón de Ricardo	1-2	2.2
Santo Domingo	Rincón de Ricardo	2-1	2.5
Ulloa - San Francisco	Escuela Veterinaria	2-1	3.1
Ulloa - San Francisco	Escuela Veterinaria	1-2	3.2
Ulloa - San Francisco	IMAS	2-1	2.9
Ulloa - San Francisco	IMAS	1-2	2.7
Ulloa - San Francisco	Urbanización San Bernardo	2-1	2.5
Ulloa - San Francisco	Urbanización San Bernardo	1-2	3.0
Ulloa - San Francisco	Global Park	1-2	2.1
Ulloa - San Francisco	Global Park	2-1	4.6
Ulloa - San Francisco	San Francisco	2-1	3.5
Ulloa - San Francisco	San Francisco	1-2	4.1
Ulloa - San Francisco	La Aurora	2-1	3.2
Ulloa - San Francisco	La Aurora	1-2	3.1
Uruca	León XIII	-	5.2
Uruca	Peregrina - Mansiones	-	4.7
Uruca	Ánimas	-	3.3

5.4.1. Subsector San Rafael

Cómo se observa en los Mapa 67 y 68 y en el Cuadro 5.4, el subsector San Rafael se encuentra alimentado por dos secundarias: La Suiza y San Rafael por Santiago. Con estas alimentadoras se le dan servicio a la zona norte y a la zona sureste del subsector, respectivamente.

Según la Matriz OD del cantón San Rafael, las alimentadoras del subsector deben transportar a la población hacia el cantón de Heredia. Los usuarios pueden hacer transbordo con una periférica en Heredia, con la troncal Ulloa (hacia Ulloa) o con la troncal Heredia (hacia San Francisco).

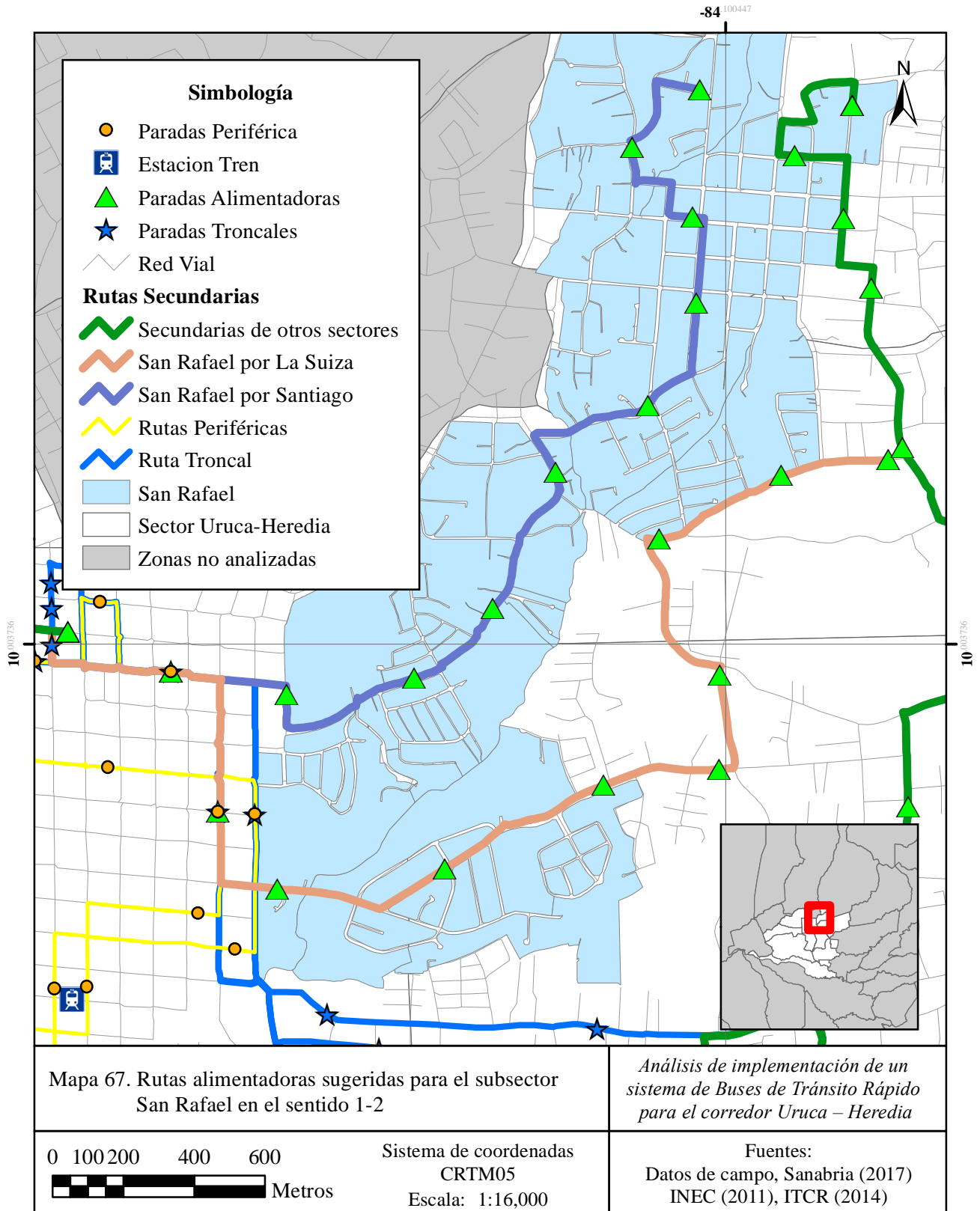
La alimentadora La Suiza recorre parte de otro subsector, abasteciendo dichas UGM. Si esto no se diera la zona sur del subsector no podría tener secundaria, ya que sería muy corta y podría no contar con la demanda necesaria para su funcionamiento.

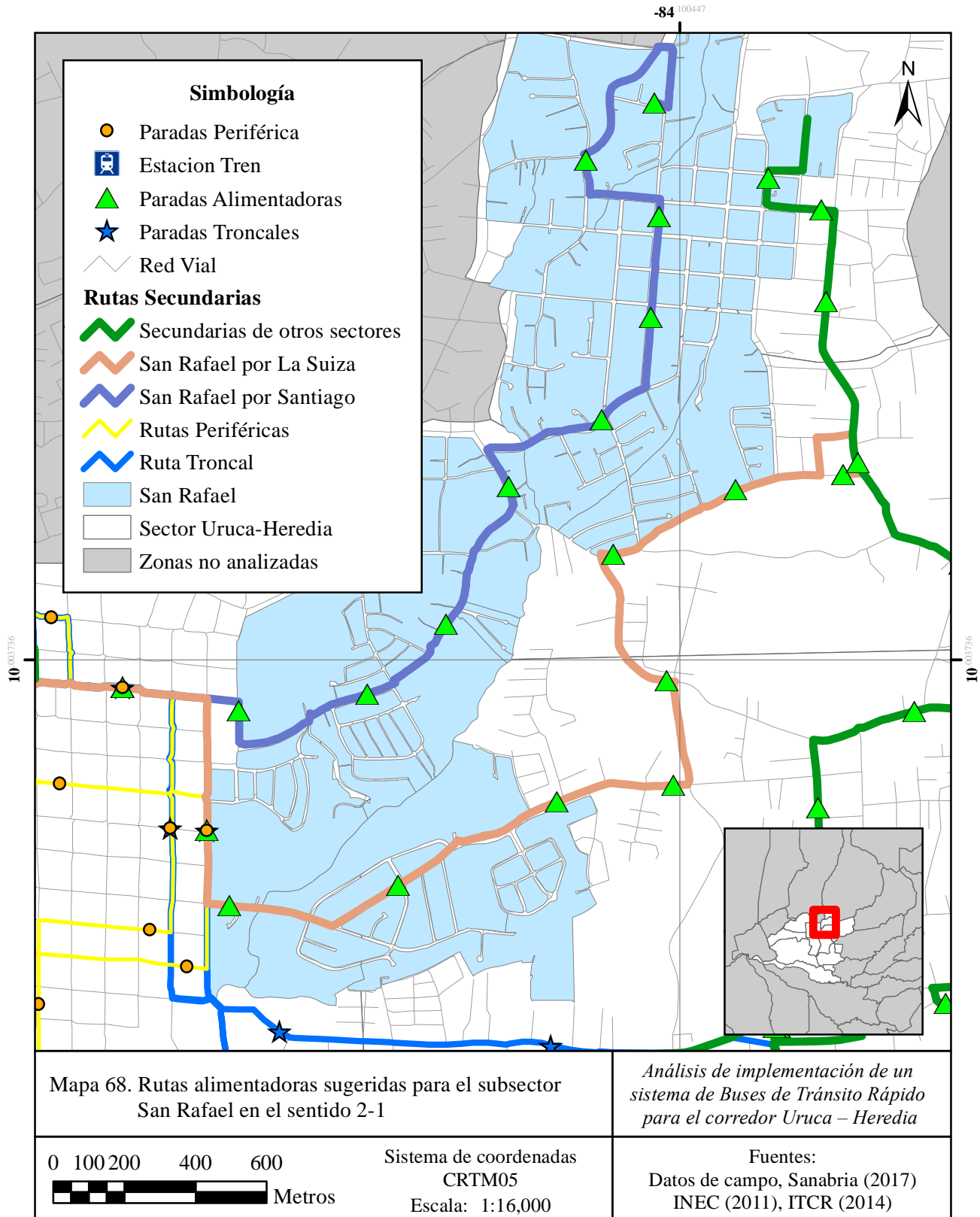
5.4.2. Subsector San Pablo

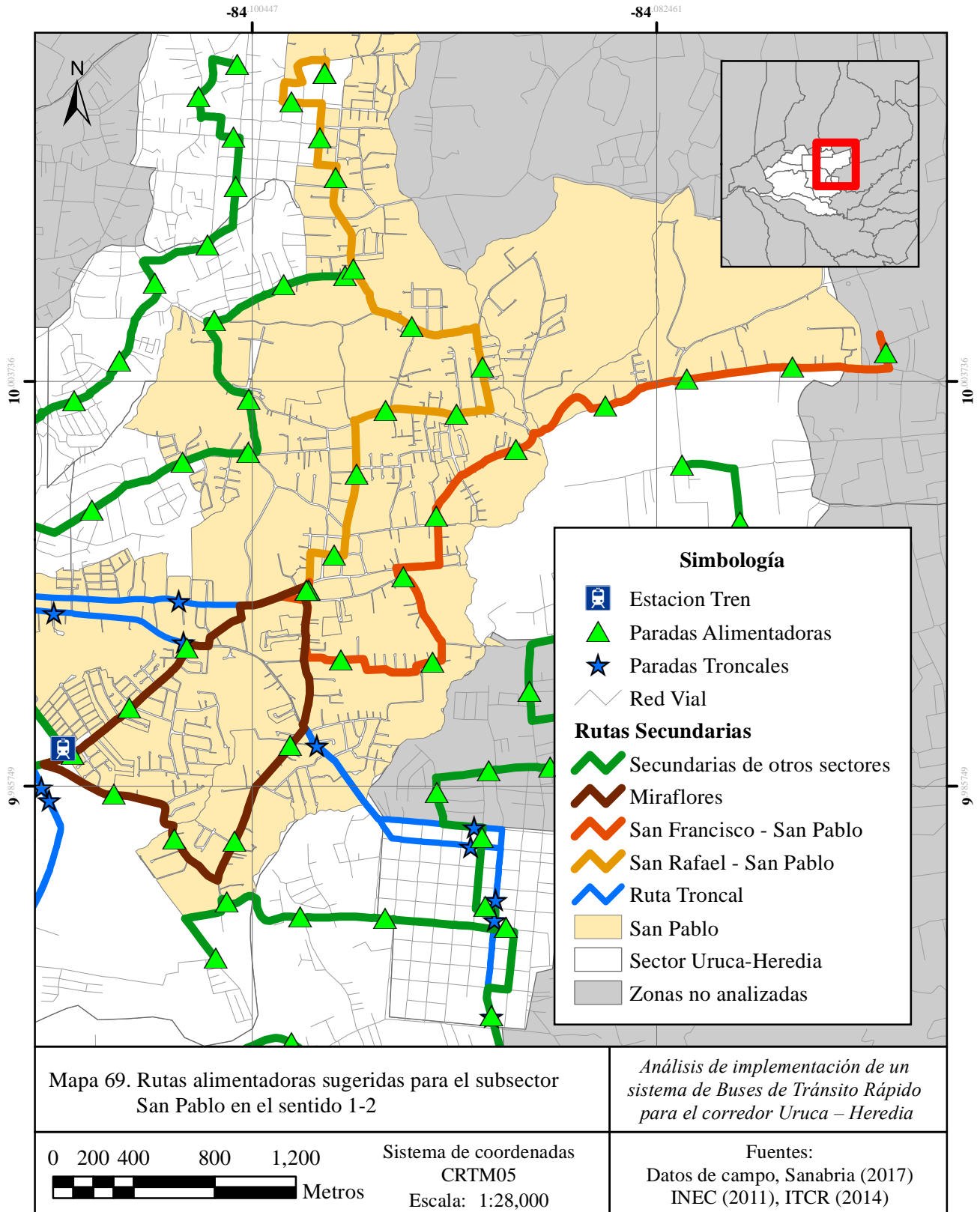
El subsector San Pablo cuenta con 3 alimentadoras. El sector este de San Rafael y el norte de San Pablo son abastecidos por la alimentadora San Rafael-San Pablo, las zonas este y sur cuentan con la secundaria San Francisco y el oeste con la ruta Miraflores.

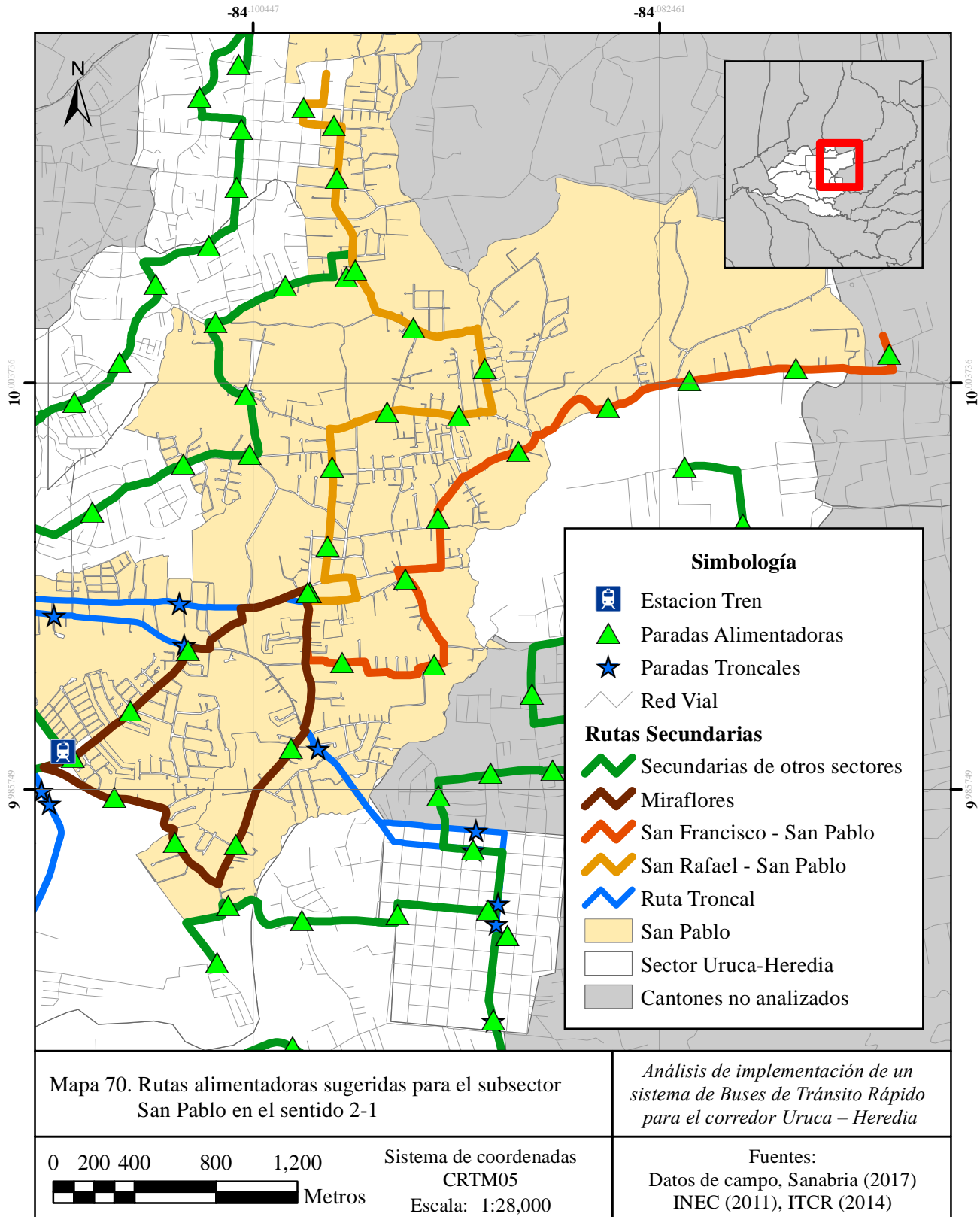
La alimentadora Miraflores es un circuito de 5 km que sirve para abastecer a las poblaciones de la zona y para trasladar usuarios de la Estación San Pablo a la Estación de Tren Miraflores. De esta manera se le da acceso indirecto a los habitantes de San Rafael y San Pablo al servicio de tren.

La población de San Pablo que se dirige hacia cantones adyacentes, deben hacer transbordo en el centro de San Pablo con la troncal y posteriormente, en Santo Domingo con la interlinea. En la zona noreste del cantón existe un terreno que no va a tener cobertura, sin embargo, según los datos del INEC y fotografía satelital es terreno agrícola.









5.4.3. Subsector Santo Domingo

Debido a que la matriz OD evidenció que el cantón de Santo Domingo tiene una gran proporción de viajes internos, hacia Heredia, hacia San José y hacia cantones adyacentes; en el centro del cantón se habilita un punto donde las rutas alimentadoras pueden hacer intercambio con la troncal, con otras alimentadoras o con interlineas.

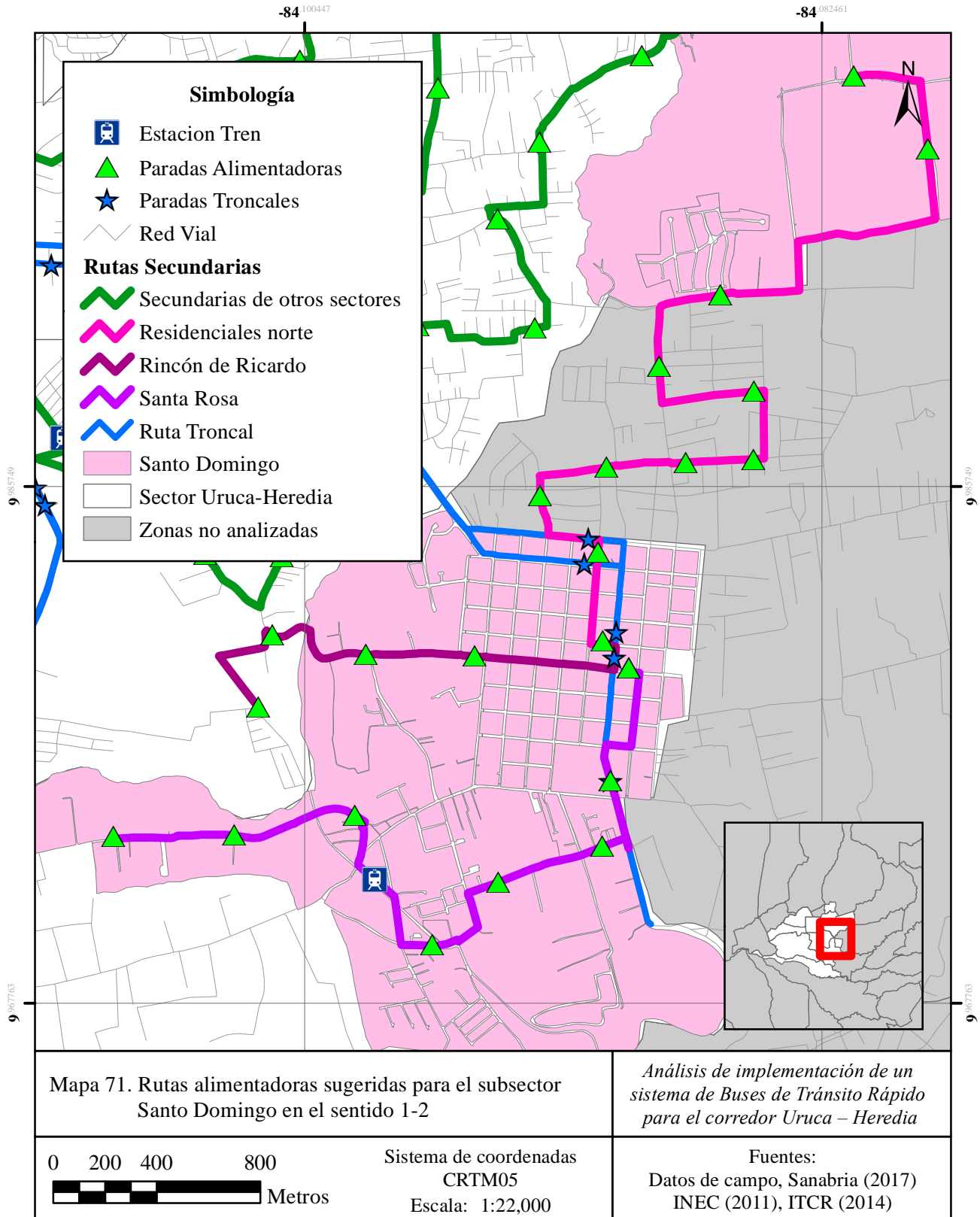
Se proponen 3 alimentadoras: residenciales del norte alimenta una pequeña población en el sur de San Pablo y a comunidades de Santo Domingo, al colegio, la escuela y la clínica del distrito central. La ruta Santa Rosa abastece a la comunidad del mismo nombre, a una zona industrial que actualmente no tiene servicio y a la Estación de Tren, dando acceso al tren a todo el cantón. Por último, la ruta Rincón de Ricardo da servicio a la comunidad del mismo nombre.

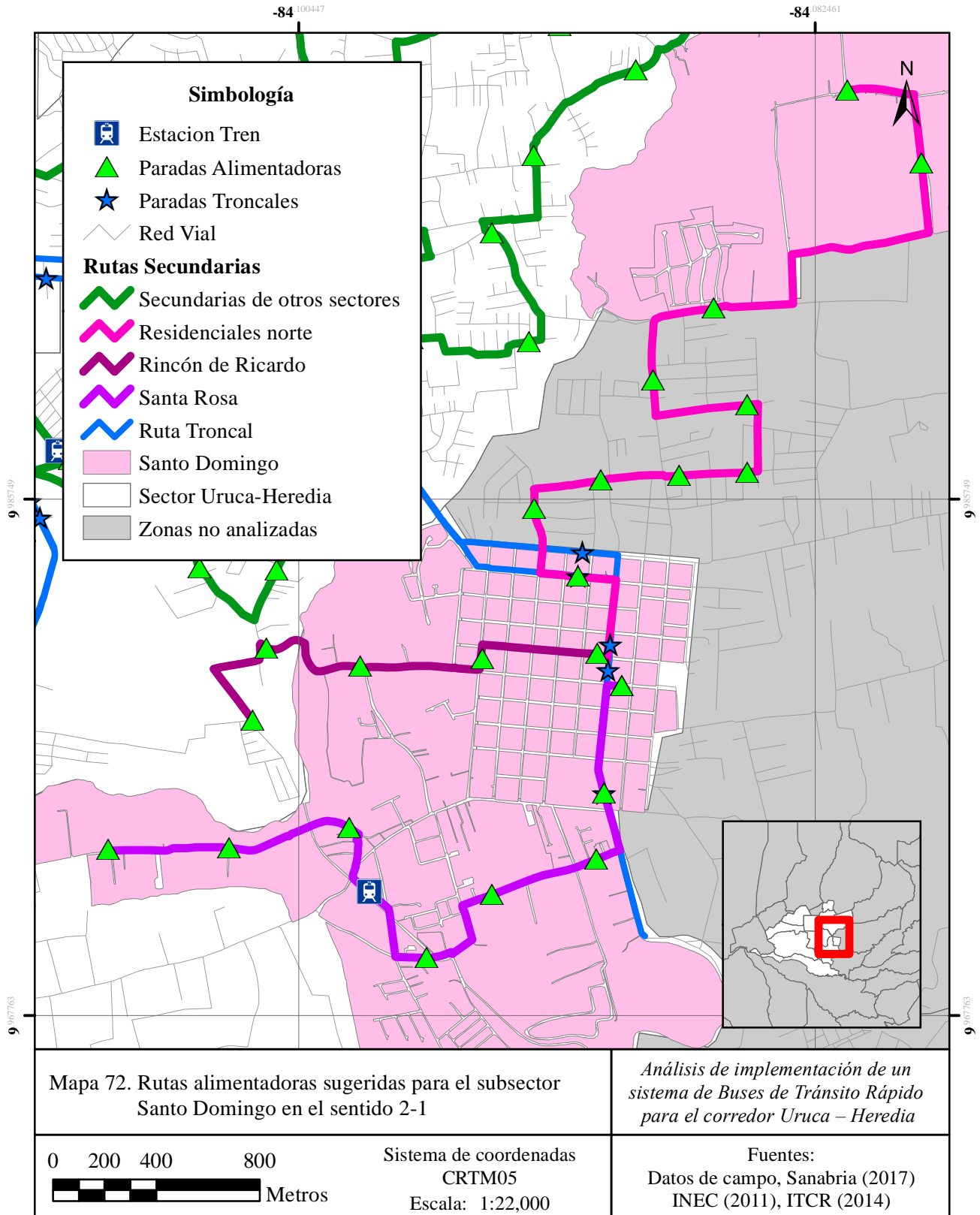
5.4.4. Subsector Guararí

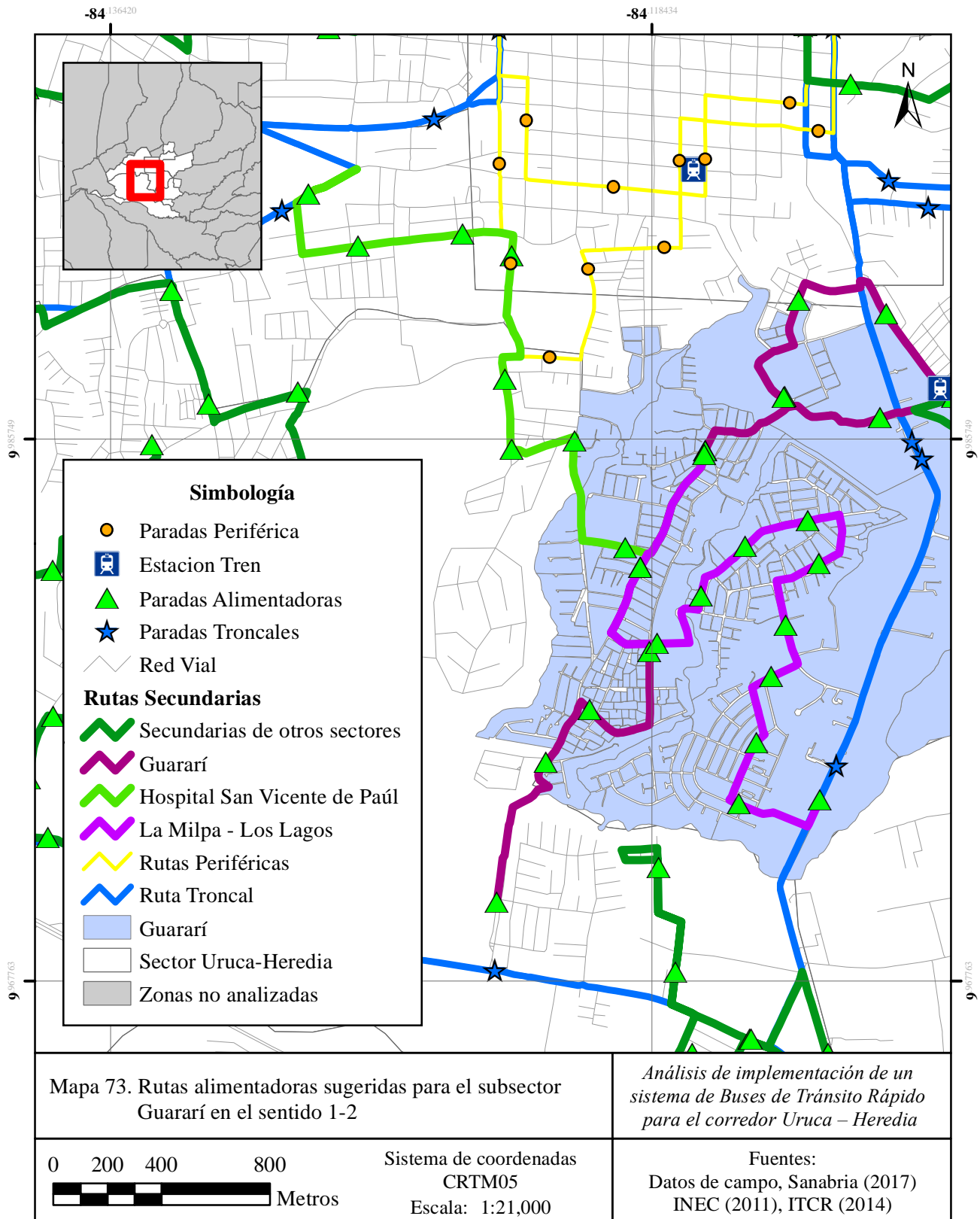
En los Mapas 73 y 74 se puede observar que el subsector es abastecido por 3 rutas alimentadoras. La primera de ellas (Guararí) inicia en la Estación Lagunilla, pasando por el centro de la comunidad y terminando en la estación de tren. Gracias a esta alimentadora se le da acceso a la comunidad al servicio de trenes, a la Troncal Ulloa y a las interlineas. Además, esta troncal posee una parada en Paseo de las Flores.

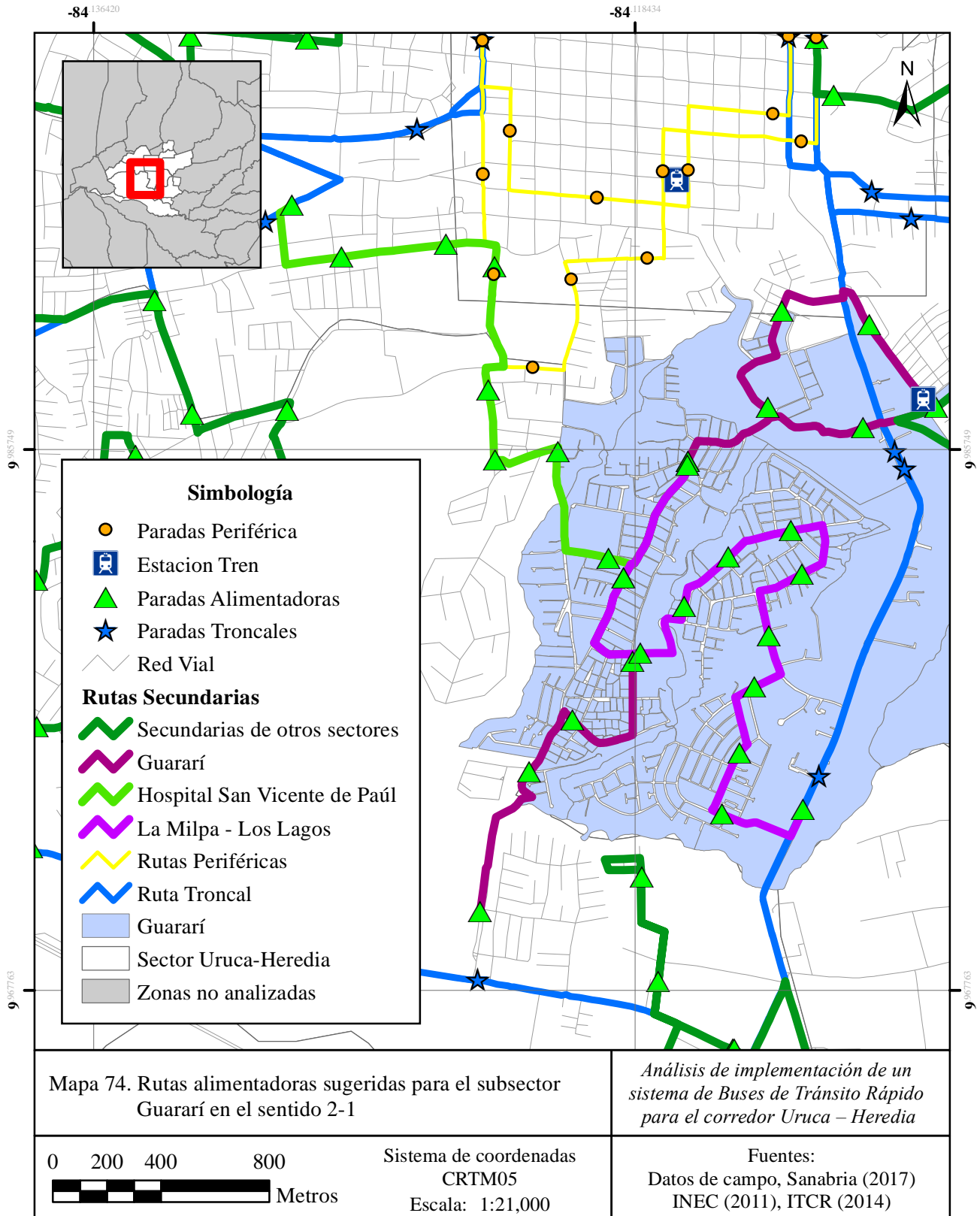
La segunda ruta es Milpa-Los Lagos, la cual realiza el recorrido que actualmente hace el bus; con esta ruta se le piensa dar acceso a la comunidad a la troncal Heredia y a la estación Guararí.

Por último, la ruta Hospital San Vicente de Paúl conecta la troncal Ulloa con el hospital San Vicente de Paúl, además de brindar el servicio de transporte público a varios UGM habitados que actualmente no cuentan con él. A su vez, le brinda a la comunidad de Guararí una salida hacia el distrito central de Heredia debido a que tiene paradas compartidas con la ruta periférica.









5.4.5. Subsector Ulloa

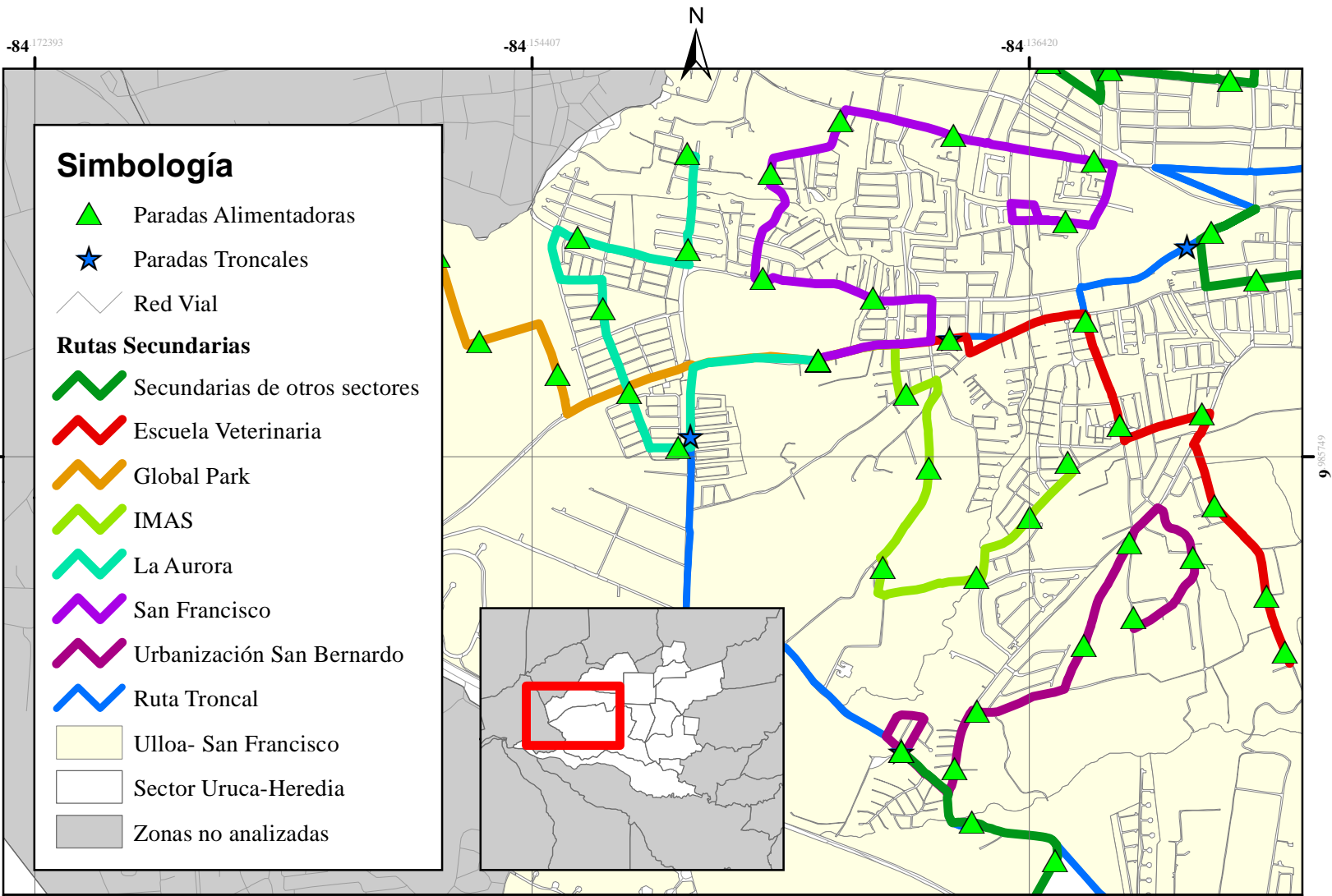
El subsector Ulloa cuenta con el mayor número de rutas alimentadoras: 6 rutas, como se observa en los Mapas 75 y 76. La mayoría de las alimentadoras llegan a la estación de intercambio la Aurora, no obstante, los usuarios que utilizan la alimentadora Urbanización San Bernardo realizarán el transbordo en la parada de Barreal y no en la estación de intercambio, caso contrario, la ruta tendría un recorrido mucho mayor a los 5 km.

Las secundarias fueron construidas con base en las paradas actuales. Además, se consideró las nuevas edificaciones y el crecimiento de la población. De esta manera, la ruta Escuela Veterinaria es un servicio nuevo que actualmente se brinda por medio de los servicios especiales de la Universidad Nacional. Cabe mencionar, la ruta Global Park tiene como objetivo que dicha zona franca tenga acceso a la ruta troncal, debido a que actualmente esta zona industrial es abastecida por servicios especiales, como se describió anteriormente, y, sin esta alimentadora, la zona franca quedaría sin cobertura nuevamente.

5.4.6. Subsector Mercedes y Heredia

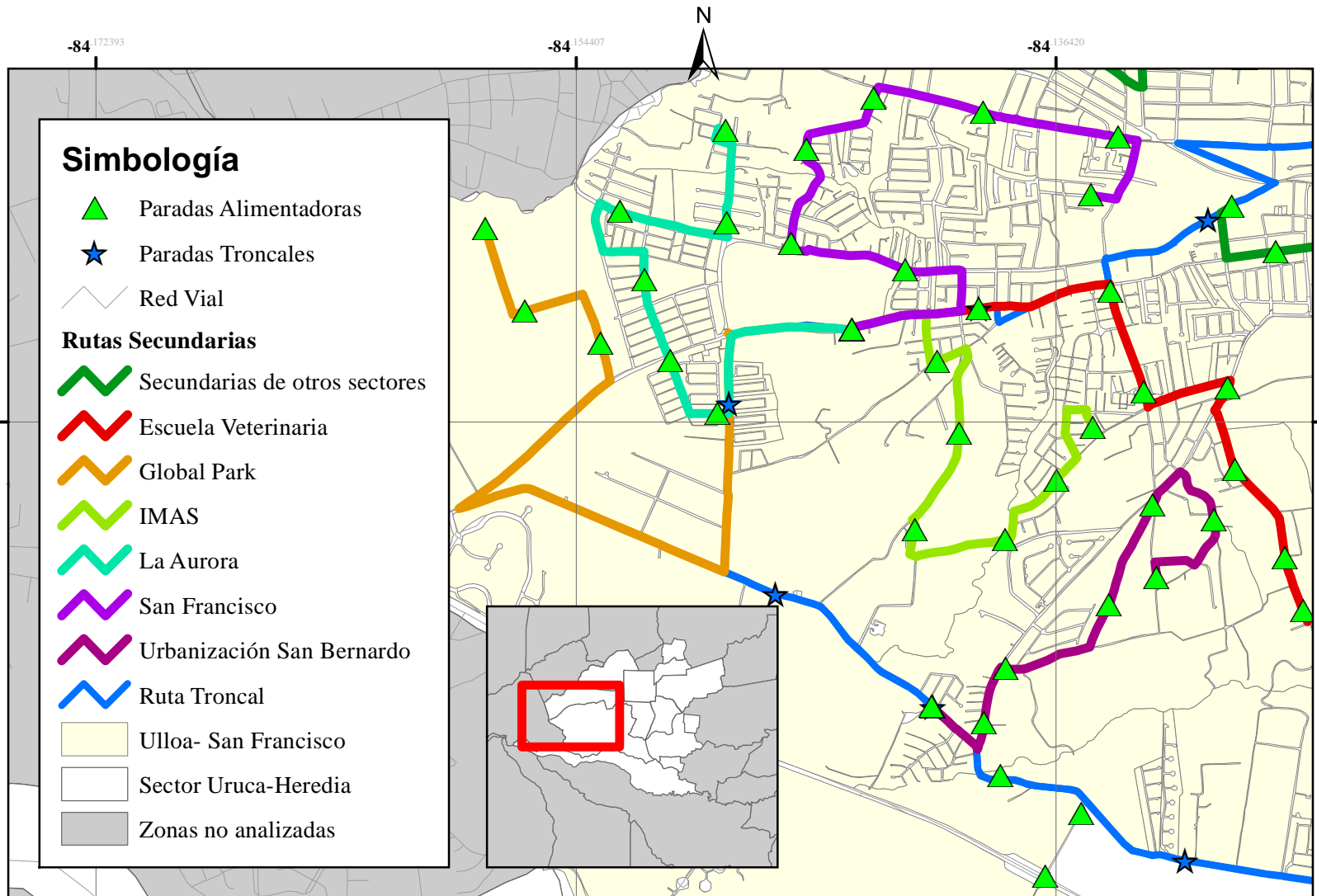
Se sugiere brindar el servicio en Mercedes mediante 2 alimentadoras: Mercedes Norte y Mercedes Sur. Si bien es cierto, esta última pertenece al subsector Ulloa, se decide mantener el trazo actual del transporte público hacia el centro de Heredia. Estas alimentadoras realizan sus intercambios con las troncales en la Estación Heredia.

En el centro de Heredia se establecen dos rutas periféricas que permiten llevar los usuarios desde las paradas de las troncales o alimentadoras hasta cualquier punto de la ciudad, esto porque gran parte de la ciudad se encuentra a más de 525 m de las paradas sugeridas. Las rutas periféricas dan acceso a los usuarios del transporte público a la estación de tren, al hospital y al cementerio de la ciudad.



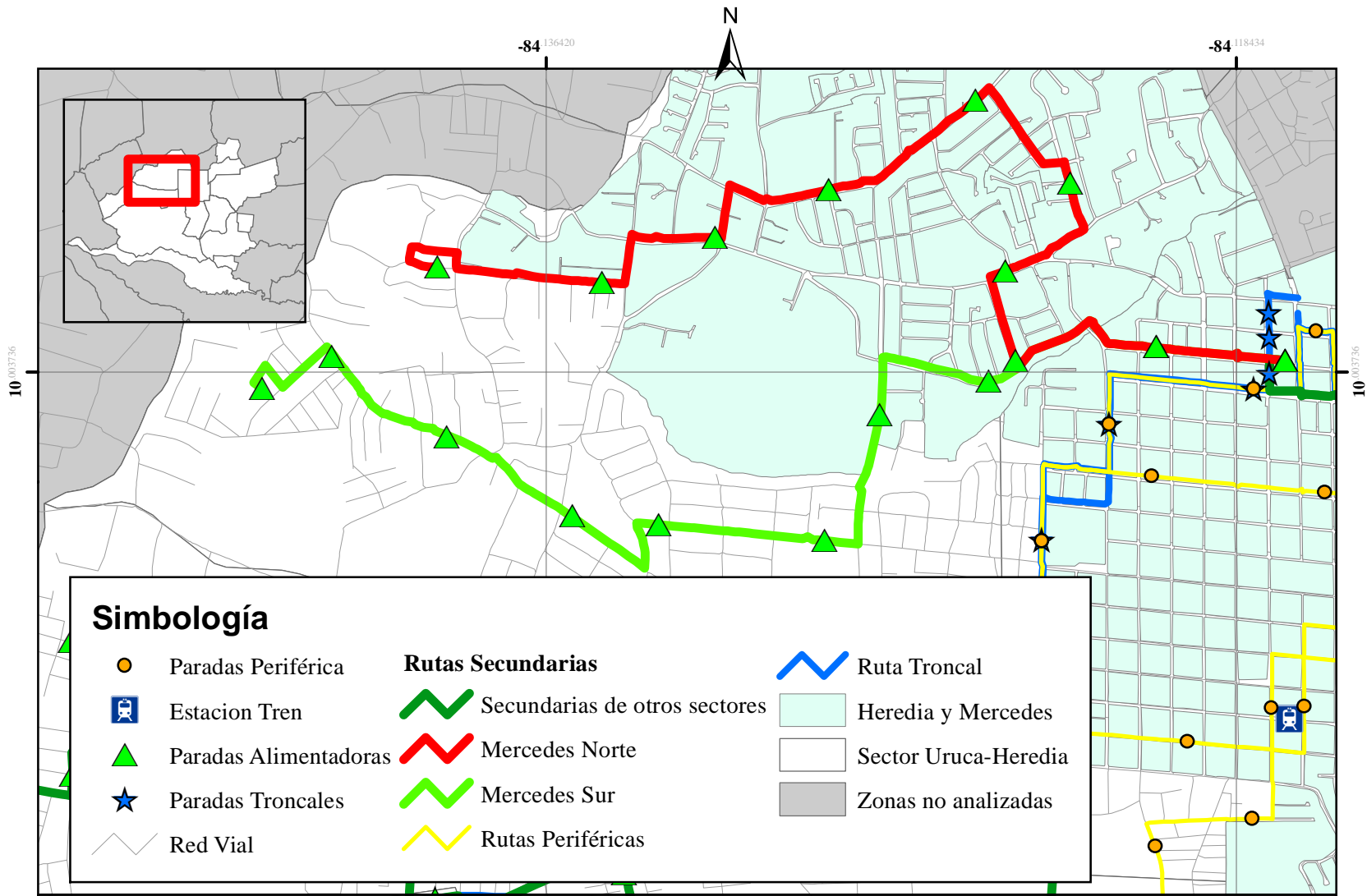
Mapa 75. Rutas alimentadoras sugeridas para el subsector Ulloa en el sentido 1-2

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 200 400 800 1,200 Metros Escala: 1:25,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---



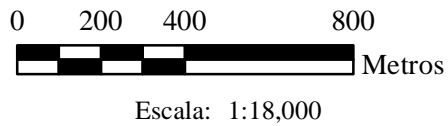
Mapa 76. Rutas alimentadoras sugeridas para el subsector Ulloa en el sentido 2-1

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 200 400 800 1,200 Metros Escala: 1:26,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---



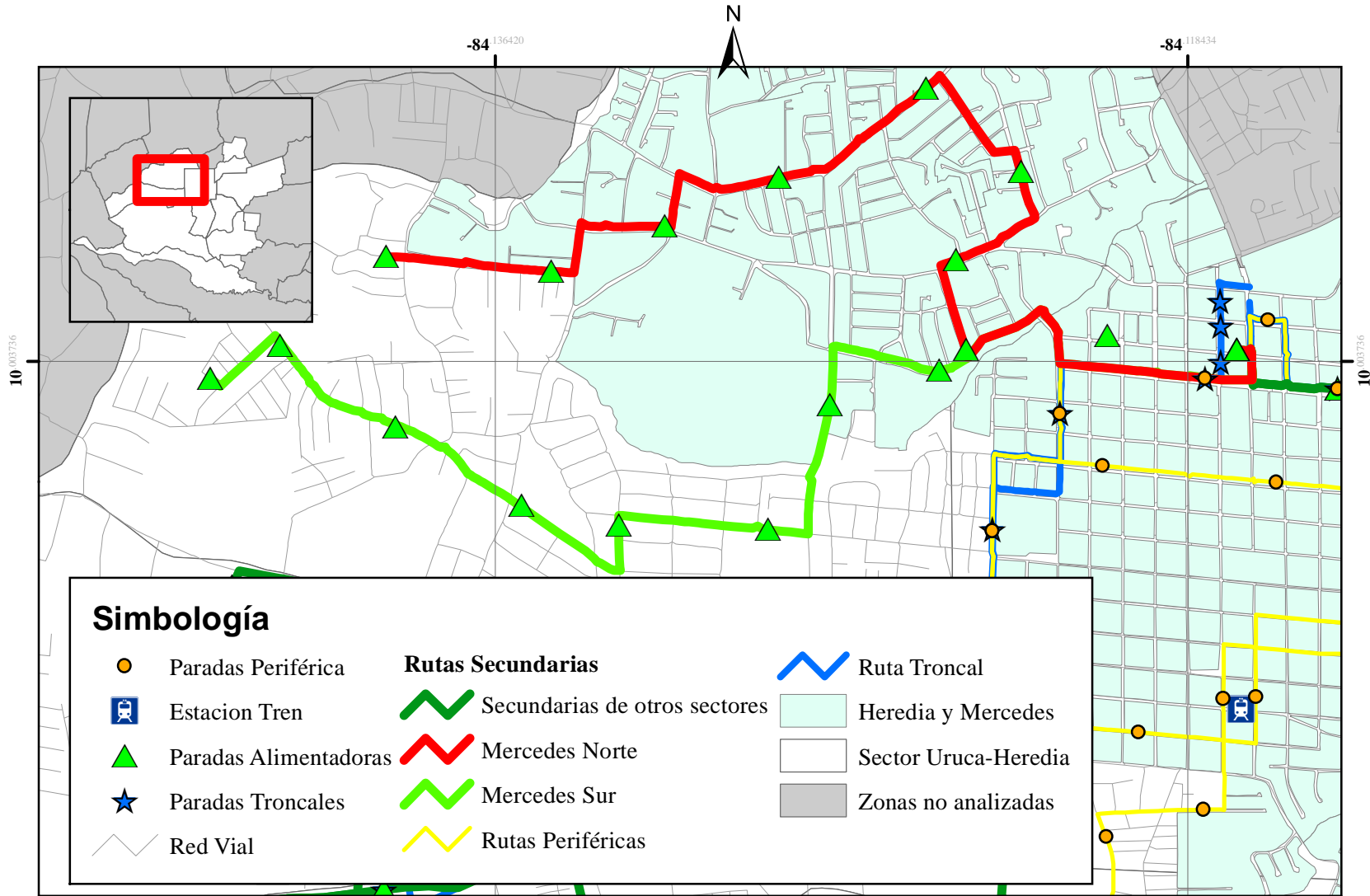
Mapa 77. Rutas alimentadoras sugeridas para el subsector Mercedes en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



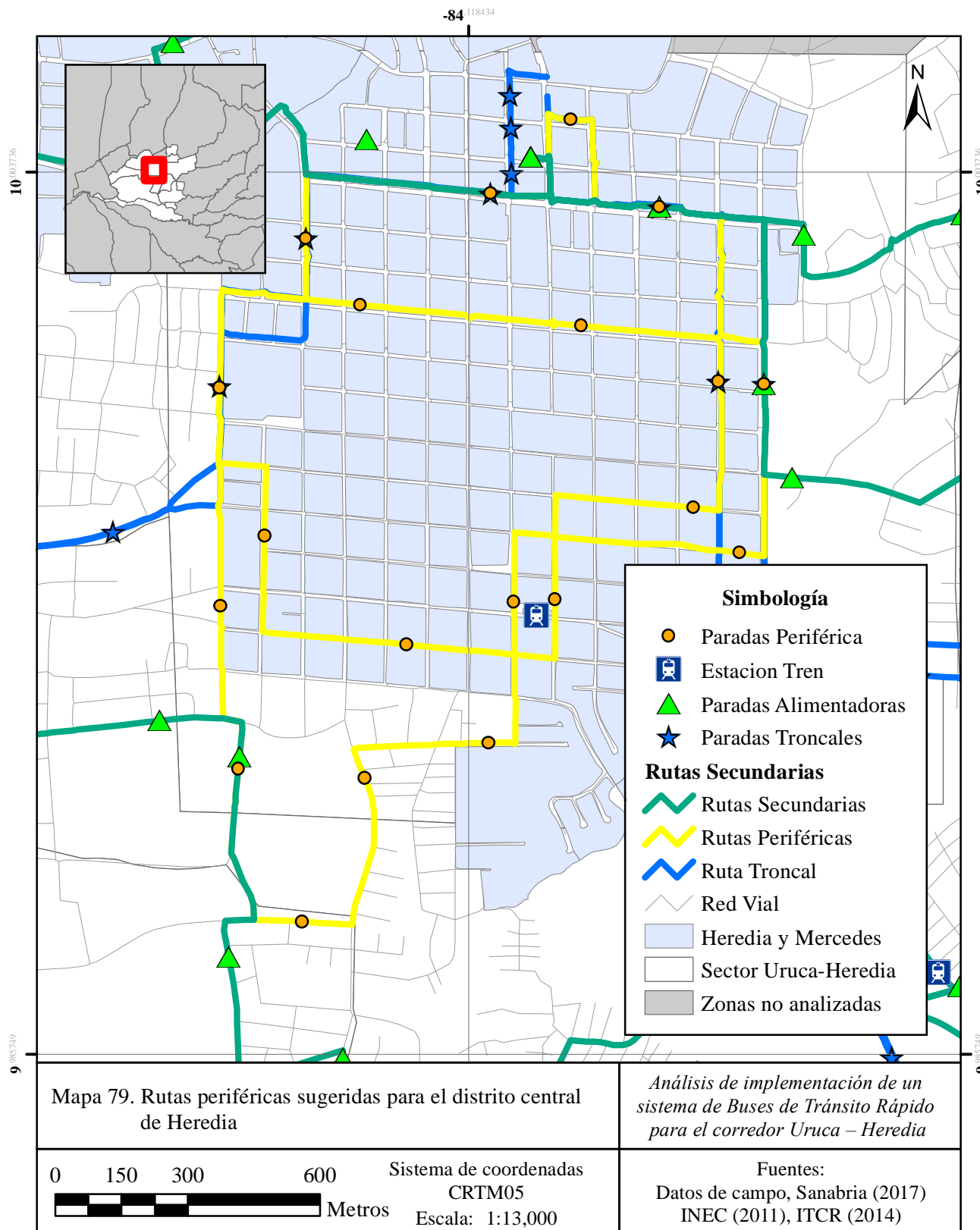
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



Mapa 78. Rutas alimentadoras sugeridas para el subsector Mercedes en el sentido 2-1

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 200 400 800 Metros Escala: 1:18,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--



5.4.7. Subsector Lagunilla y Migración

Se propone la creación de la alimentadora Lagunilla, la cual funcionaría como un circuito y brindaría acceso a las comunidades Sagrado Corazón de Jesús, Av. 55 y Lagunilla. Esta ruta debe revisarse cuando se cuenta con datos de demanda, debido a que, en teoría son comunidades con distancias mayores 525 m de la ruta troncal y hay una presencia muy alta de adultos mayores, sin embargo, puede que no cuente con demanda suficiente para su funcionamiento debido a la poca población y a su corto recorrido.

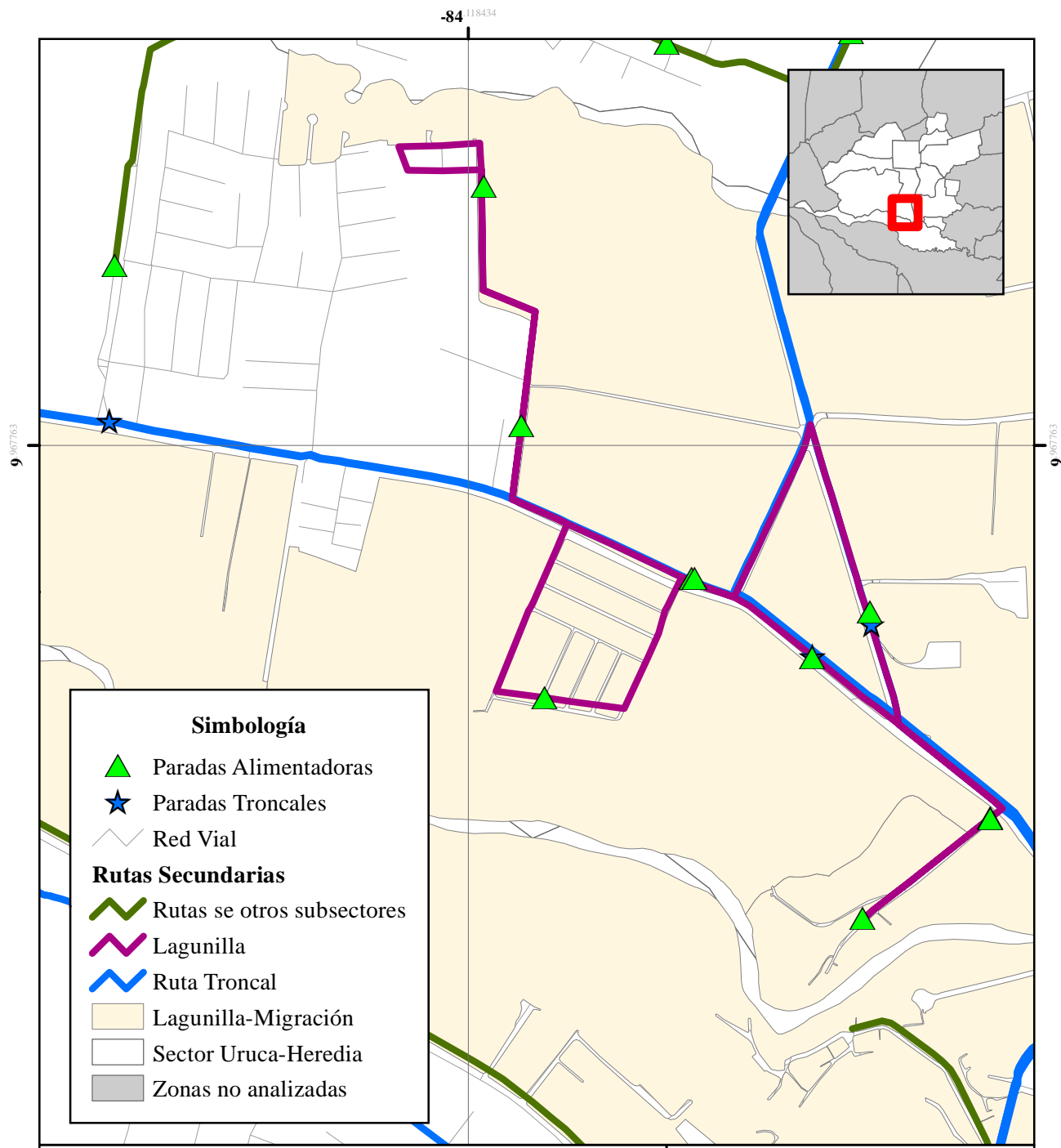
Las oficinas de migración y extranjería se abastecen por medio de la alimentadora Barrio Corazón de Jesús-Rositer Carballo, la cual también alimenta las comunidades del mismo nombre. Para acceder a esta alimentadora se debe hacer trasbordo en la parada de las rutas troncales Ulloa y Heredia.

5.4.8. Subsector Carpio

Se debe colocar una ruta secundaria en los alrededores del Hospital México, debido a que se espera población con problemas de movilidad y de salud. Además, la zona no es cubierta en su totalidad por los 525 m de las paradas troncales. La secundaria corresponde a un circuito de 3.5 km que conecta las comunidades aledañas, el Hospital del Trauma, el Centro Nacional de Rehabilitación y la Estación Hospital.

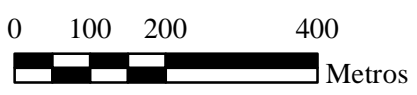
5.4.9. Subsector Uruca

Para el subsector Uruca se recomienda la creación de tres rutas alimentadoras que sirven a las comunidades de Peregrina, León XIII, Robledal, Ánimas y Mansiones. Se sugiere que las rutas funcionen como un circuito entre 2 comunidades para aumentar la longitud del tramo y la demanda por ramal y para que las rutas troncales tengan espacio en donde hacer el retorno. En el caso de León XIII, la demanda es tan alta que se sugiere un circuito único para la comunidad que llegue a la parada que cuenta con la única bahía del sector Uruca.



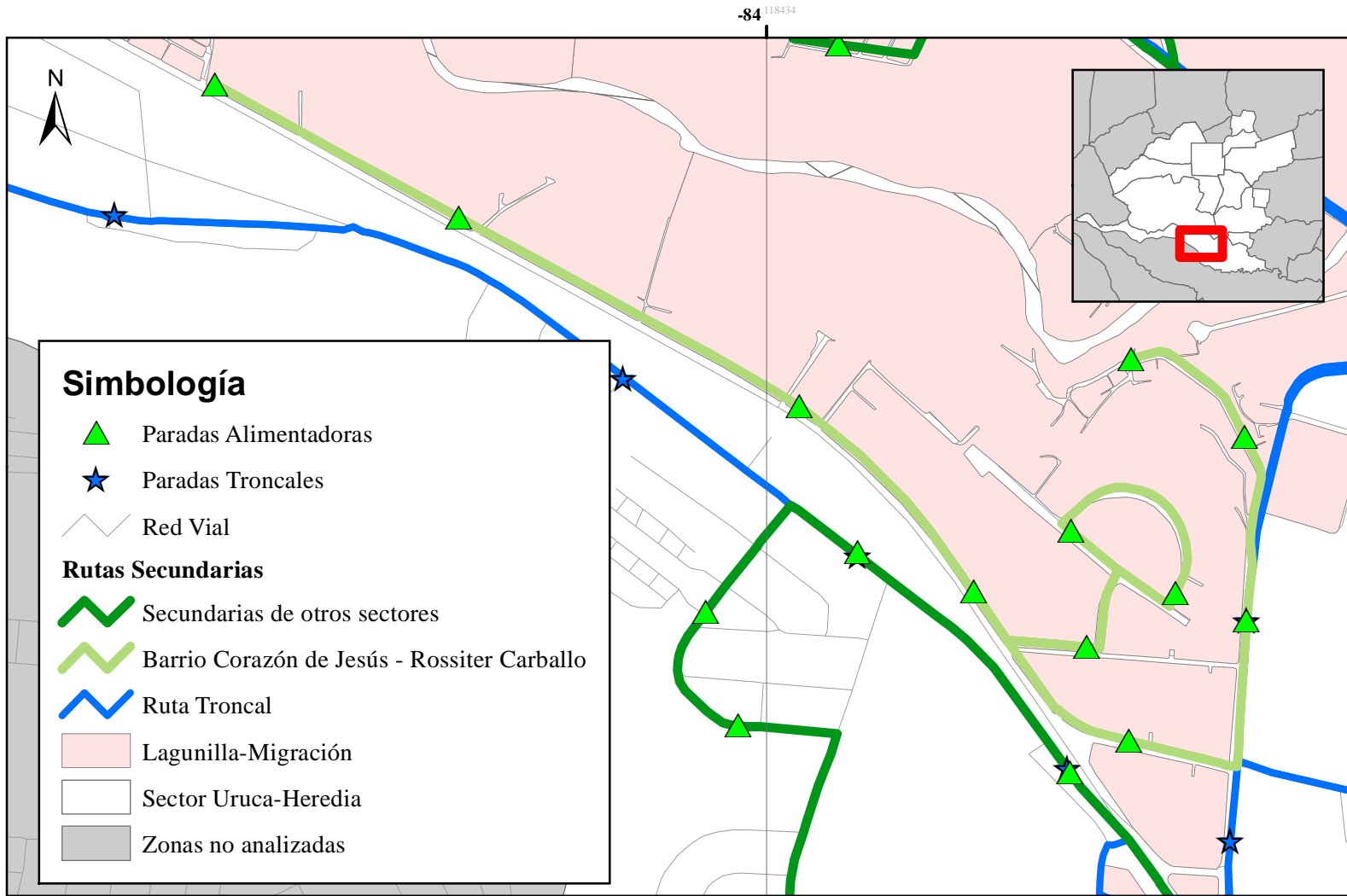
Mapa 80. Ruta alimentadora sugerida para el subsector Lagunilla

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



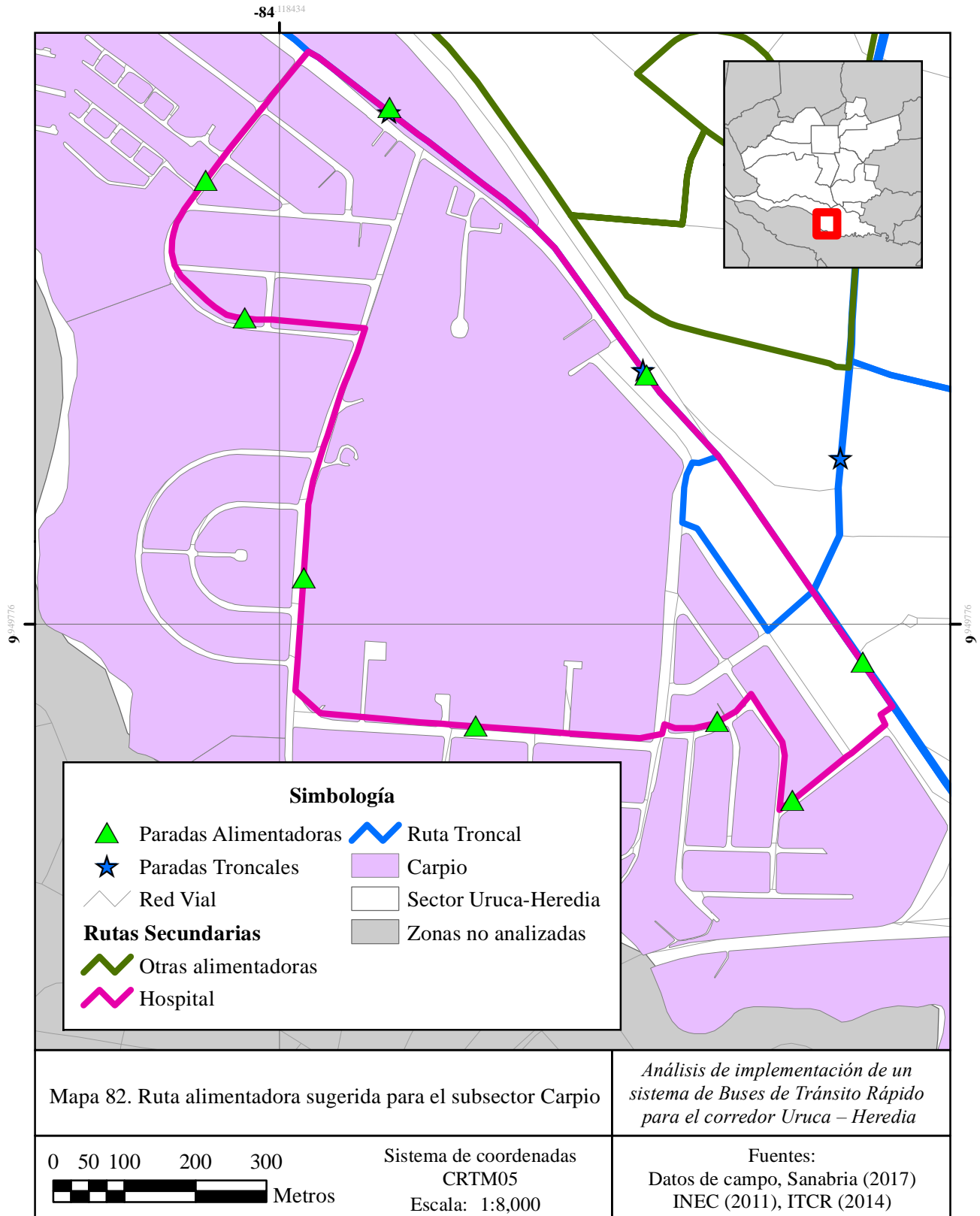
Sistema de coordenadas CRTM05
Escala: 1:10,000

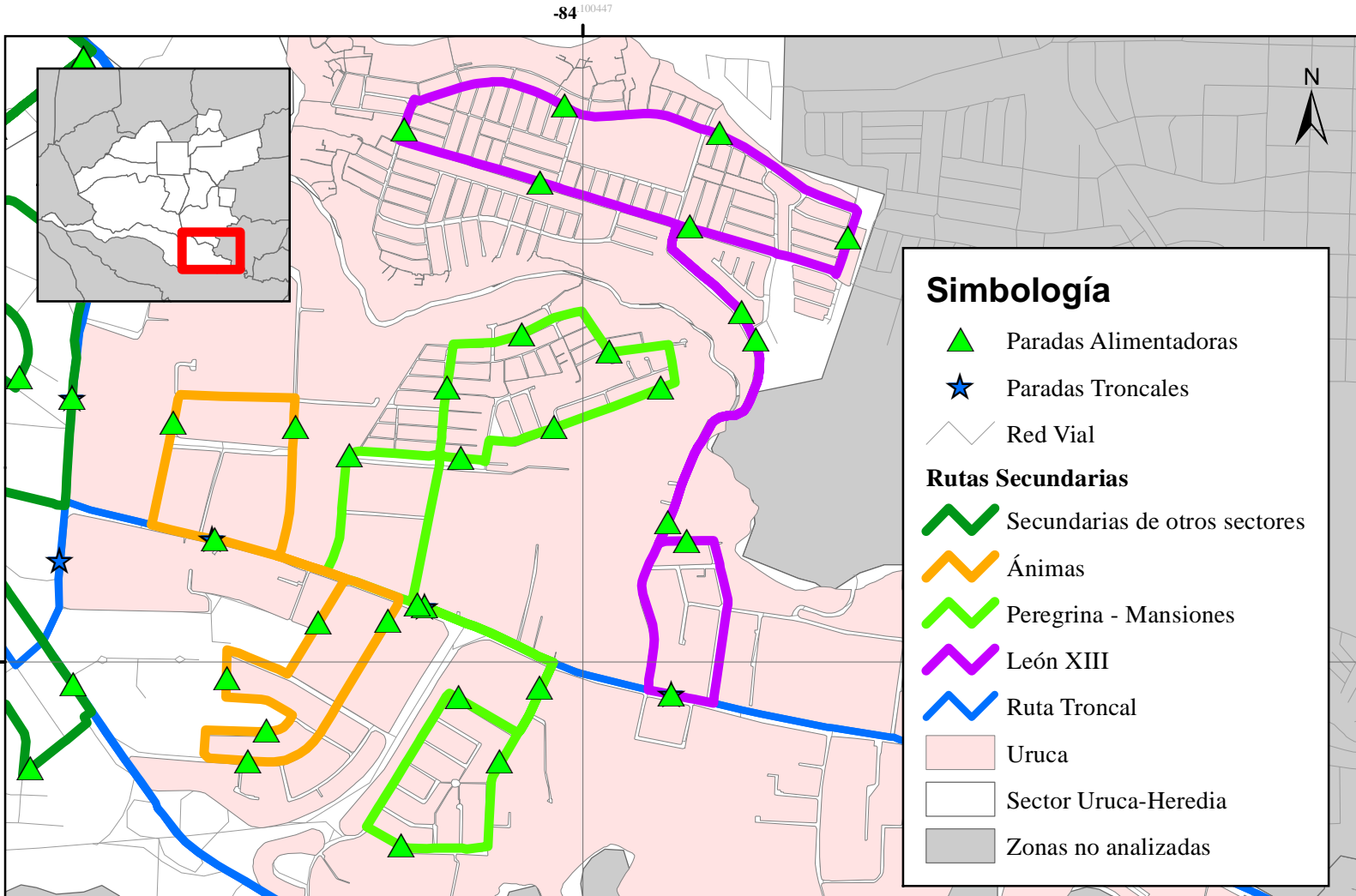
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017)
INEC (2011), ITCR (2014)



Mapa 81. Ruta alimentadora sugerida para el subsector Migración en ambos sentidos

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 100 200 400 Metros Escala: 1:11,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--





Mapa 83. Rutas alimentadoras sugeridas para el subsector Uruca

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 150 300 600 Metros Escala: 1:15,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---

5.5. Evaluación de la propuesta de BRT

5.5.1. Cobertura del sistema

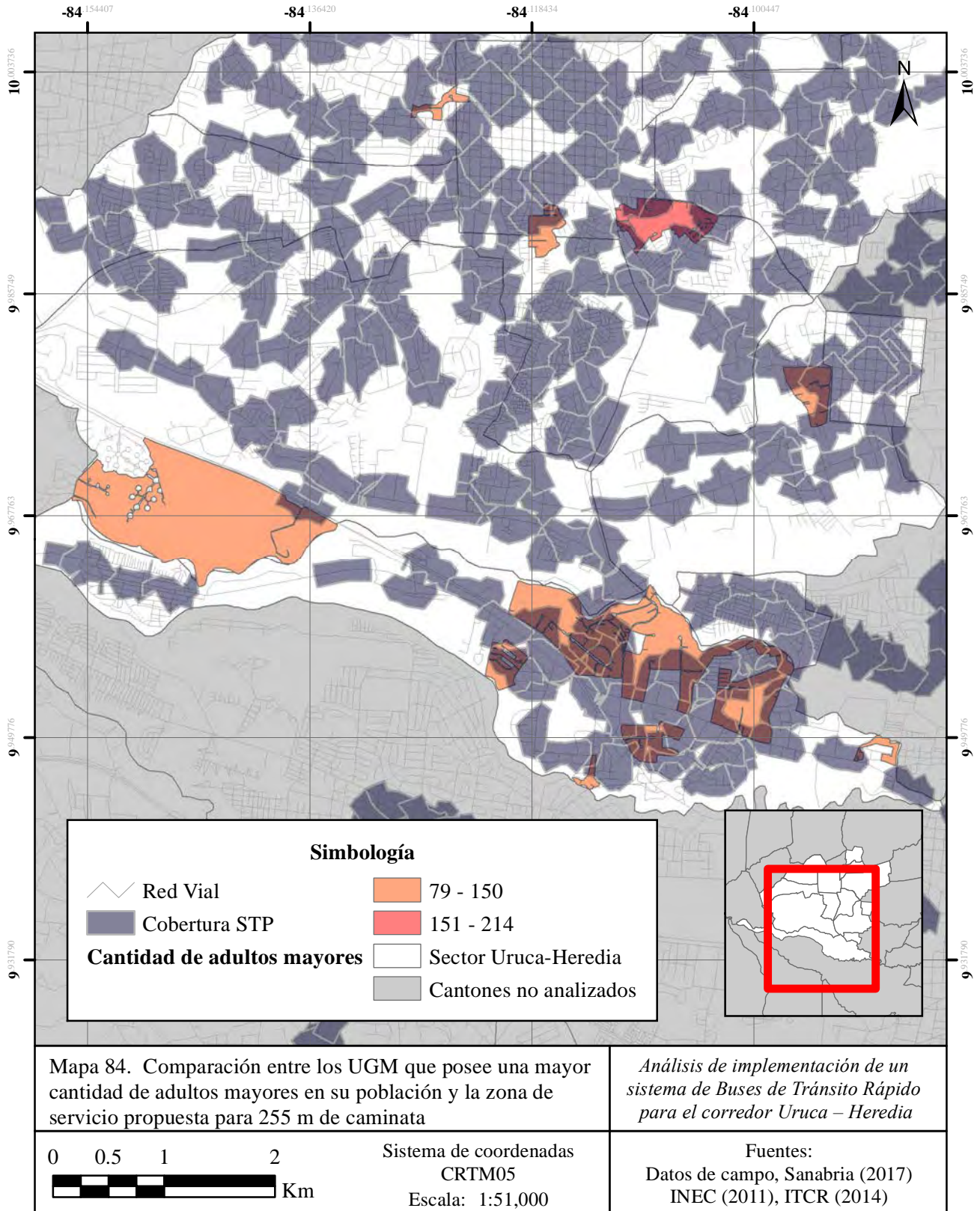
5.5.1.1. Cobertura para personas con problemas de movilidad

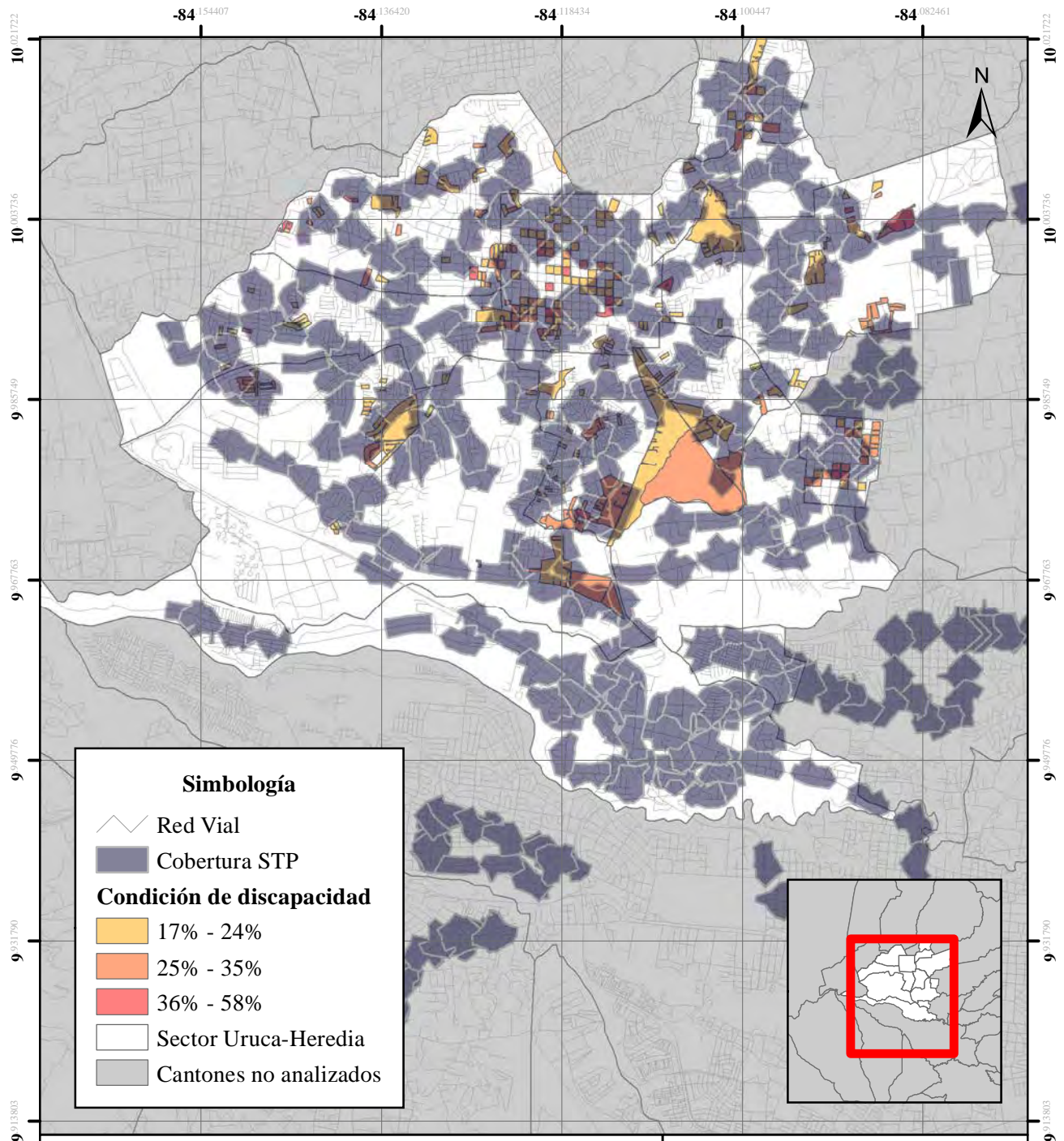
Para evaluar la cobertura del STP para las personas con alguna limitación en su movilidad, se comparan los datos de los Mapas 19, 20 y 21 con la áreas de servicio con 255 m de caminata, correspondientes al percentil 50 del AMSJ (Rodriguez-Gonzalez & Aguero-Valverde, 2017). Los resultados se presentan en los Mapas 84, 85 y 86. Para determinar los UGM a comparar se dividieron todos los UGM en 7 grupos de *Natural Breaks*, y se eligen los 3 grupos con valores mayores.

En el caso de los adultos mayores, como se observa en el Mapa 84, la mayor cantidad de los UGM se encuentran abastecidos. Las excepciones se dan en la zona sur de Ulloa que corresponde a cafetales y a condominios y en la zona norte de Uruca que son calles cerradas para la industria. Los terrenos que se encuentran parcialmente cubiertos corresponden a espacios sin vía pública. La única excepción es en el oeste del Distrito Heredia donde se encuentra una población no cubierta por 255 m.

Al comparar el diseño propuesto con los UGM que poseen mayores problemas de movilidad, se observa que la mayoría de los UGM se encuentran abastecidos. Las excepciones radican en algunas zonas no construidas o industriales en sur de San Rafael, en Santa Rosa y en la ruta Nacional 3. No obstante, UGM en el centro de Heredia, en el este de Santo Domingo, en el oeste de Heredia, en el norte de Mercedes y en el Centro de Ulloa no se ven abastecidos con 255 m, mas son una minoría y sí se ven abastecidos por la zona de 525 m.

Al relacionar la condición de discapacidad con el abastecimiento a 255 m, se hallaron problemas en los UGM de Heredia y el este de Santo Domingo. También hay problemas en zona agrícola del este de San Pablo, en zonas francas al noroeste de Ulloa y en zona no construida en el sur de Santa Rosa.





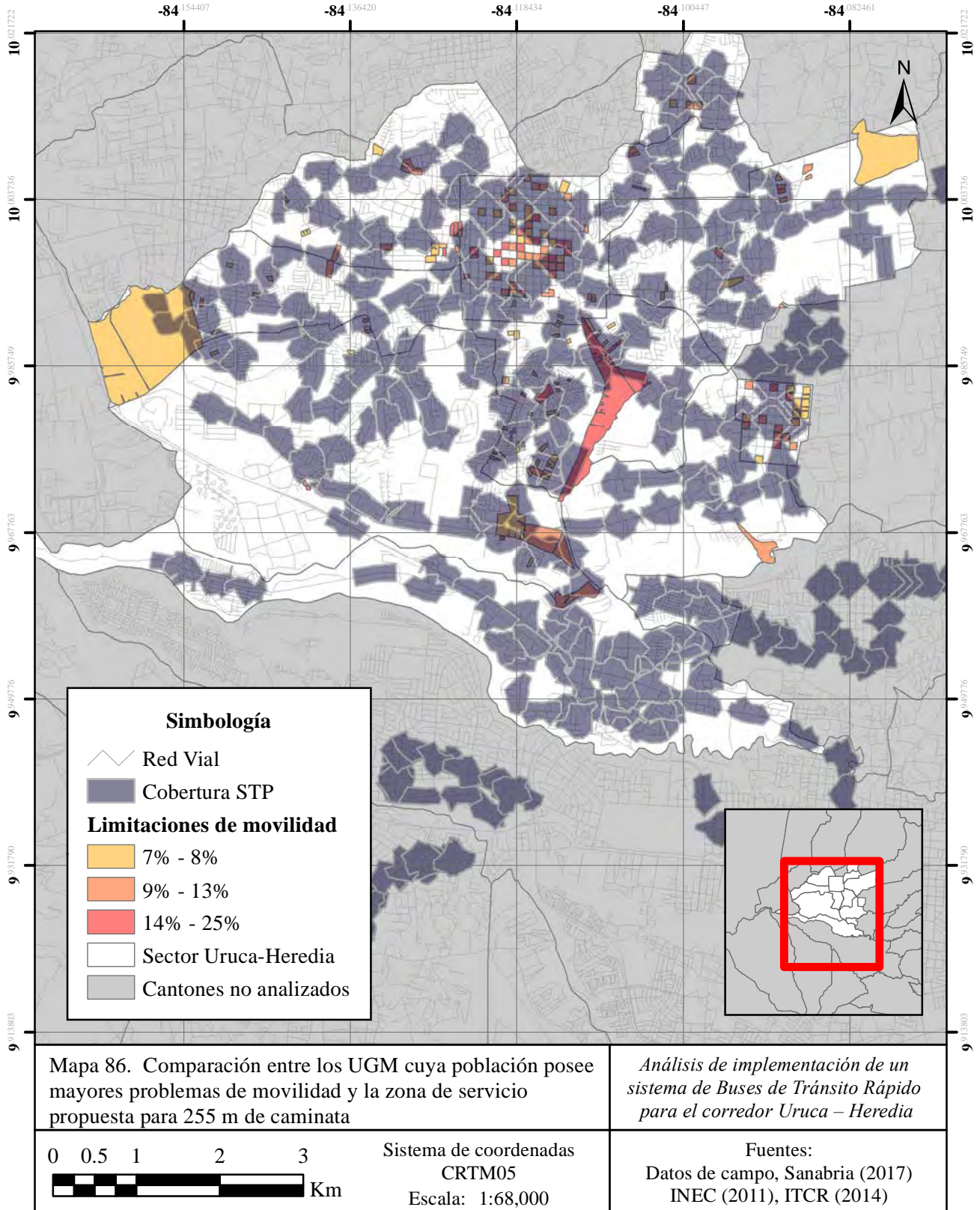
Mapa 85. Comparación entre los UGM que posee una mayor proporción de su población con alguna discapacidad y la zona de servicio propuesta para 255 m de caminata

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Sistema de coordenadas
CRTM05
Escala: 1:68,000

Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017)
INEC (2011), ITCR (2014)



5.5.1.2. Cobertura de la zona urbana del sistema

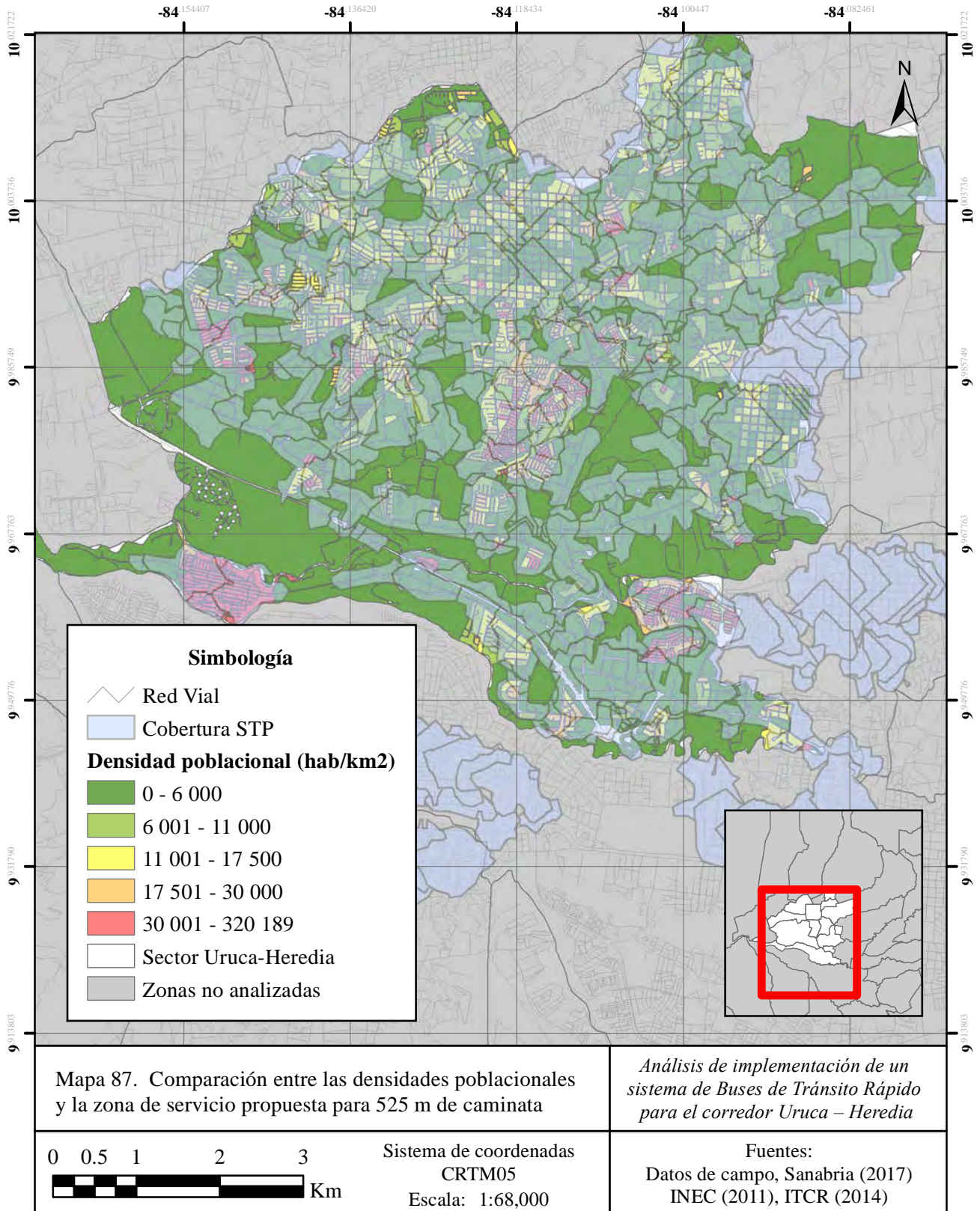
Para determinar la cobertura total del sistema, se utiliza una distancia de caminata de 525 m para las paradas de las rutas alimentadoras e interlineas y una distancia de 740 m para las paradas de la ruta troncal. Los 740 m corresponden al percentil 95 del estudio de Rodríguez-González & Agüero-Valverde (2017), ya que la ruta troncal suele tener distancias de caminata mayores que los servicios regulares, dada la experiencia vivida en otros países (ITDP, 2017). Cabe resaltar que se desconoce la distancia exacta en que las paradas de la ruta troncal atraerán usuarios, ya que esto depende de las condiciones socioeconómicas de la ciudad.

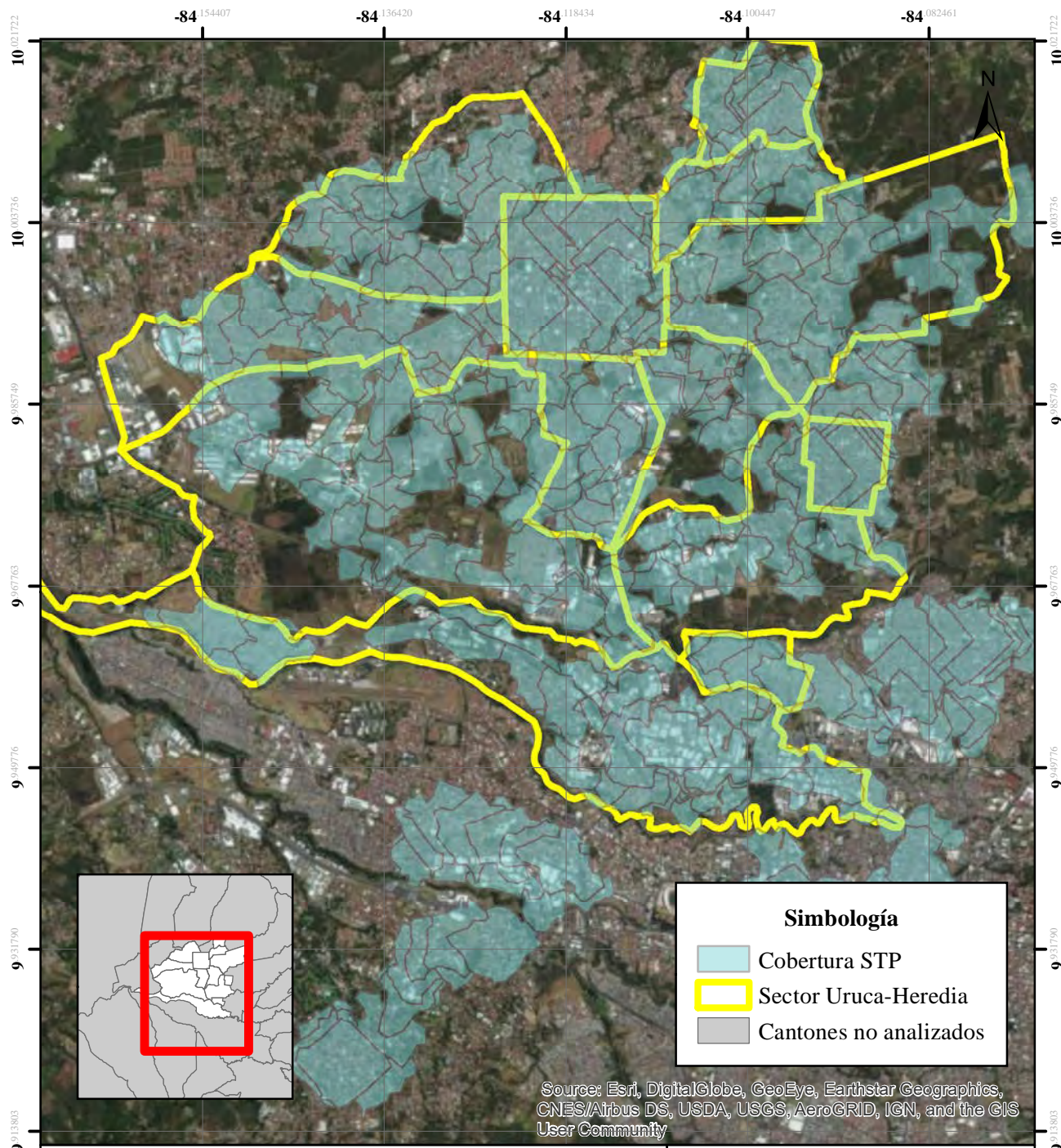
De esta manera en el Mapa 87 se expone el resultado obtenido de cobertura contra la densidad poblacional. Es apreciable que todos los UGM con densidades poblacionales mayores a los 6 000 habitantes por km² se encuentran cubiertos por la distancia de caminata de 525 m. Las excepciones radican en el norte de Mercedes que se encuentra desabastecido; sin embargo, por esta zona transita la ruta Barva de Heredia, que no forma parte dentro del estudio pero puede servir a los UGM en esta zona.

Además, existen zonas desabastecidas en el centro de la Ulloa, entre La Carpio y el Hospital México y en el oeste de Ulloa. No obstante, dichas poblaciones corresponden a condominios, en los cuales el transporte público no puede ingresar al ser propiedad privada.

El resto de las zonas que se encuentran sin abastecer son terrenos no construidos o zonas industriales con calles privadas por cuáles no puede transitar el transporte público, como se aprecia al comparar los Mapas 87 y 88.

Con base en lo anterior, se puede asegurar que la propuesta de BRT tiene una cobertura que resulta satisfactoria para el sector Uruca-Heredia.





<p>Mapa 88. Comparación entre ortofotografía y la zona de servicio propuesta para 525 m de caminata</p>	<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>
<p>0 0.5 1 2 3 Km Sistema de coordenadas CRTM05 Escala: 1:68,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017) INEC (2011), SNIT (2019)</p>

Cuadro 5.5: Comparación de la cobertura entre el sistema actual y el sistema propuesto

Distrito	Área cubierta (km ²)			Porcentaje abastecido	
	Total	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
Heredia	3.0	1.7	2.9	56.5 %	98.7 %
Mercedes	4.2	0.1	3.4	2.9 %	80.5 %
San Francisco	6.3	3.9	5.0	62.7 %	79.3 %
Ulloa	11.6	6.5	7.0	55.6 %	59.9 %
Uruca	8.4	6.0	5.6	72.0 %	67.1 %
Rincón de Sabanilla	2.4	0.8	1.8	34.6 %	73.4 %
San Pablo	6.0	1.6	4.4	26.9 %	73.0 %
San Rafael	1.3	0.6	1.2	45.7 %	91.1 %
Santiago	1.5	0.5	1.4	35.0 %	91.5 %
Santa Rosa	4.3	1.9	2.6	45.4 %	61.6 %
Santo Domingo	0.8	0.7	0.8	89.0 %	100.0 %
León XIII	0.8	0.7	0.7	90.2 %	90.7 %
Área total	50.6	25.1	36.8	49.7 %	72.7 %

5.5.1.3. Comparación de la cobertura actual con la cobertura propuesta

Como se aprecia en el Cuadro 5.5, la cobertura total del sistema paso de 25.1 km² a 36.8 km², lo que significa un aumento del 23 % del área cubierta, con respecto al área total del sector Uruca-Heredia.

En general, todos los distritos presentan una mejoraría considerable de su cobertura, siendo el distrito Ulloa el que presenta el menor aumento, un 4.4 % (0.5 km²), y los distritos San Rafael y Mercedes los que presentan los mayores aumentos en su ratio: 56.6 % y 77.6 %, respectivamente. Este aumento se debe al mejoramiento del sistema mediante las alimentadoras; de manera que las rutas se ajustaron a las zonas urbanas y a las densidades poblacionales que actualmente imperan en el sector.

Cabe mencionar que se tiene una leve disminución de la cobertura en el distrito Uruca, la cual se debe al desplazamiento de las paradas propuestas con respecto a rutas actuales. No obstante, dicho problema puede verse mermado por una intención de caminata mayor a la propuesta, ya que como se dijo anteriormente, los 740 m corresponden a la intención de caminata con el STP actual y hay que realizar un estudio de intención de caminata para un sistema BRT en el AMSJ.

Es importante señalar que, además de aumentar la cobertura total y porcentual del STP en el sector analizado, también se espera una mejora en los tiempos de viaje, de transferencia y de espera. Esto gracias a los sistemas de transporte inteligente y a la segregación de los vehículos. Con respecto a la segregación, actualmente el STP comparte la totalidad de sus recorridos con los vehículos particulares; en cambio, la propuesta incluye 36.7 km de carriles exclusivos, 2.1 km de carriles reversibles exclusivos y 3.1 km de carriles compartidos en la ruta troncal.

5.5.2. Otras formas de evaluar la propuesta

En el presente trabajo se evaluó la propuesta del sistema BRT considerando la cobertura del mismo. Sin embargo, para poder aplicar el sistema propuesto deben realizarse análisis complementarios como estudios de ascenso y descenso de pasajeros, encuestas a los usuarios, intención de pago, frecuencia, encuestas Origen-Destino, Impacto Vial, Intención de Caminata, entre otros. Dichos estudios quedan fuera de los objetivos del trabajo.

Cabe mencionar, una vez que se realicen los estudios mencionados, los trazos y las paradas propuestas para el sistema BRT pueden variarse, de manera que se adecúen de la mejor manera a las necesidades de los usuarios.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES DE IMPLEMENTACIÓN

Sirva el presente Capítulo para brindar algunas recomendaciones para el proceso de implementación del sistema BRT propuesto. Incluye recomendaciones en: la metodología de implementación, sistema de pago, integración tarifaria, vehículo recomendados, señalización, sistema de transporte inteligente, programación de servicios y accesibilidad.

6.1. Ejecución por etapas

Conociendo la magnitud del proyecto que se ha propuesto y considerando que se cuenta con recursos limitados y que el usuario debe acostumbrarse a las modificaciones, se propone que el Sistema BRT sea implementado por etapas. A continuación, se resumen las etapas que se sugieren para la implementación del sistema BRT, así como las obras que integran cada etapa en el orden correspondiente.

1. Inversiones menores: en este rubro se incluyen modificaciones menores a la red vial necesarias para implementar el sistema BRT como señalamiento vial horizontal y vertical y modificaciones a los tiempos de semáforo.
 - a) Carriles exclusivos en San José
 - b) Carriles exclusivos en Pista
 - c) Carriles exclusivos en La Uruca
 - d) Carriles exclusivos en la Ruta Nacional 3 hasta Lagunilla

- e) Carril exclusivo reversible desde Lagunilla hasta PriceSmart. Este carril no se encuentra dentro de las modificaciones propuestas, sin embargo, es aconsejable mantenerlo mientras se amplía el tramo. Este carril reversible actualmente existe para vehículos particulares.
 - f) Como actualmente el MOPT se encuentra construyendo el par vial en San Pablo, se considera que cuando el Sistema BRT se vaya a implementar el par vial estará concluido. Por lo anterior, solo deberá señalizar el carril exclusivo correspondiente.
2. Intervenciones primarias: se incluyen intervenciones a las que se les debe asignar un presupuesto mayor y una planificación para el control del tráfico.
- a) Modificaciones en la entrada de Santo Domingo para la implementación del desvío de los vehículos particulares.
 - b) Demarcación de los carriles exclusivos y del par vial en el centro de Santo Domingo.
 - c) Demarcación y construcción de las medianeras necesarias para los carriles exclusivos en el sector de San Francisco, desde la salida de Heredia hasta Calle La Deportiva.
3. Intervenciones medianas: incluyen intervenciones que requieren presupuesto alto y un gran impacto vial mientras se construyen. Incluyen las intervenciones en las entradas de Heredia.
4. Intervenciones mayores: modificaciones a la red vial como ampliaciones de las vías y modificaciones en los radios de giro en el centro de Heredia.
- a) Ampliación de la vía Carpio-Hospital México y la demarcación de los carriles exclusivos.
 - b) Ampliación de la vía entre a la entrada a Guararí y PriceSmart: eliminación del carril reversible y demarcación de los carriles exclusivos.
 - c) Ampliación del puente del Antiguo Matadero de Santo Domingo.
 - d) Demarcación de los carriles exclusivos y reversibles entre San Pablo y Santo Domingo.
 - e) Demarcación del carril exclusivo entre PriceSmart y la entrada de Heredia.

- f) Ampliación de la vía entre Lagunilla y La Aurora y la demarcación de sus respectivos carriles exclusivos y reversibles.
- g) Demarcación del carril exclusivo en La Aurora de Heredia.
- h) Construcción de la Terminal en San José.

5. Implementación del Sistema BRT: cuando la mayor parte de las intervenciones se encuentran listas se puede empezar a troncalizar el sistema.

- a) Ampliación de la vía entre La Aurora y Calle La Deportiva - Oxígeno.
- b) Construcción de las vías exclusivas en el Centro de Heredia.
- c) Construcción de las bahías que no se hayan implementado.
- d) Movilización de las terminales en Heredia e implementación de la ruta Periférica.
- e) Eliminación de la Ruta 407 y modificaciones a las rutas actuales de los subsectores San Rafael y San Pablo para la implementación de las alimentadoras.
- f) Modificaciones a las paradas y a los recorridos de las interlíneas.
- g) Modificaciones a las rutas actuales de Mercedes para implementación de las alimentadoras.
- h) Implementación de la troncal Carpio y de la alimentadora Hospital. Eliminación de las rutas actuales correspondientes.
- i) Implementación de la troncal Santo Domingo y de las alimentadoras en Santo Domingo. Eliminación de las rutas actuales correspondientes.
- j) Implementación de la troncal Heredia y eliminación de las rutas actuales correspondientes.
- k) Implementación de la troncal Ulloa y de las alimentadoras en Ulloa. Eliminación de las rutas actuales del sector Ulloa.
- l) Implementación de las alimentadoras en Guararí, la Uruca y cualquier otra faltante. Eliminación completa de las rutas actuales.
- m) Construcción de las Estaciones de Intercambio. Eliminación de las paradas que suplían la labor de la estación.

6.2. Sistema de pago e integración tarifaria

El sistema de pago de un servicio de transporte colectivo influye en los tiempos de viaje. Esto se debe a que el ascenso, el pago al chofer, la verificación del pasaje y la devolución del dinero, son segundos que se acumulan por cada uno de los usuarios, aumentando el tiempo de viaje en minutos (Urazán, 2012).



Figura 6.1: Ejemplo de pago electrónico con tarjetas prepago en Goiania, Brasil

Fuente: ITDP (2017)

Debido a lo anterior, con el fin de evitar los tiempos relacionados al pago del pasaje, se considera de suma importancia la implementación del pago electrónico en el sistema. Para ello se cuentan con tecnología como tarjetas inteligentes, bandas magnéticas o tiquetes prepago que permiten verificar a los usuarios antes del abordaje (ITDP, 2010). Este tipo de tecnología, además de disminuir los tiempos de viaje, le otorgan al usuario una mayor comodidad al no tener que utilizar dinero en efectivo.

Por otra parte, se debe permitir la integración tarifaria entre todo el sector en análisis. De esta manera, se asegura la sostenibilidad del sistema, al permitir que rutas con mayor demanda le brinden sostenibilidad rutas que, financieramente, podrían no ser aptas para el transporte público, pero brindan acceso a comunidades que de otra forma solo podrían utilizar el vehículo particular para trasladarse.

Además, se puede utilizar la tarifa única como método de integración. Esta metodología ha sido exitosa en países como Colombia, Brasil y Chile (ITDP, 2013), en donde, el pago de un pasaje le permite al usuario hacer transferencia entre varias rutas. De este modo se facilitan las maniobras de transferencia y se incentiva a los habitantes del sector a utilizar el STP.

6.3. Vehículos del Sistema BRT

Se recomienda la utilización de buses articulados de al menos 18 m para la ruta troncal, que cuenten con la capacidad de suplir la demanda concentrada de viajes en transporte público del sector Uruca-Heredia. El tamaño preciso de los buses, así como su frecuencia, queda sujeto al análisis de demanda que se debe realizar posterior a este trabajo.

El uso de este tipo de vehículos es recomendado por Molinero & Sánchez (2002), Quirós (2014), TCRP (2013), ITDP (2017) y Alvarez (2018); ya que presentan una mayor capacidad y menores costos de operación por kilómetro recorrido con respecto al autobús regular. Su utilización ha resultado en experiencias positivas para sistema BRT latinoamericanos: Santiago, Bogotá, Medellín y Lima.



Figura 6.2: Ejemplo de bus articulado de dos módulos

Fuente: TCRP (2003b)

Los buses deben contar con señalización visual y auditiva que le permita a los usuarios conocer cuál será la siguiente parada, terminal o estación de intercambio (Molinero & Sánchez, 2002), cumpliendo lo estipulado en la Norma Inte/ISO 9241-20:2018, con respecto a la accesibilidad.

En el caso de las rutas secundarias, se recomienda la utilización de buses regulares. Como se mencionó anteriormente, puede considerarse la posibilidad de utilizar la flota actual de buses para servir este tipo de rutas. La demanda y el número de buses necesarios por cada ruta depende directamente de la cantidad de viajes generados por las comunidades abastecidas.

6.4. Señalización de las unidades

Se recomienda utilizar señalización exterior en todos los buses del sistema, de manera que se indique el número de ruta, el origen y el destino del bus, tanto en la parte frontal como en los costados del mismo. Además, se sugiere codificar cada una de las rutas para facilidad de los usuarios. De esta manera, se debe señalar a qué ruta pertenece cada bus por medio de un color y de una nomenclatura específica (Alvarez, 2018)(Quirós, 2014).

6.5. Información al usuario y sistemas de transporte inteligente

Se le debe brindar al usuario información completa sobre cómo llegar a su destino, el costo y tiempo de viaje estimados. Para ello, se recomienda la publicación completa de las paradas, de los recorridos y de los puntos de intercambio dentro de los buses, en todos los puntos de acceso al sistema y en una página web diseñada para ser amigable y de fácil comprensión para el usuario, para que este pueda decidir qué ruta tomar para llegar a su destino (ITDP, 2010). Se recomienda que el diseño de la plataforma web cumpla con la normativa INTE/ISO 9241-151:2018, sobre interfaces web para usuarios.

Según lo detallado en la Sección 2.5.1.9, para el correcto funcionamiento de un sistema BRT, se le debe permitir a los usuarios acceder información en tiempo real sobre la ubicación de las unidades y los tiempos de viaje. Para ello, se debe utilizar cámaras, sistemas GPS en los vehículos, sistemas de información para pasajeros y un control centralizado de la misma (ITDP, 2010). La información generada se puede utilizar para desarrollar una aplicación móvil que le simplifique al usuario la elección de la ruta.

La aplicación sugerida debe reunir información como rutas, paradas, tarifas, métodos de pago, tiempos de viaje y de espera, desperfectos mecánicos en las unidades, modificaciones a las frecuencias y cualquier otra información que pueda ser considerada de importancia para los usuarios (Quirós, 2014).

Los sistemas de transporte inteligente permiten a los tomadores de decisiones tener bases de datos en las cuales basar sus decisiones para mejorar el transporte público.

6.6. Frecuencias y programación de servicios

Como se detalló en el Capítulo II, la calidad del servicio que percibe el usuario se encuentra ligado a la elección modal del mismo. Mientras mayor sea el nivel de servicio percibido, el sistema tiende a captar más usuarios que dejan el transporte particular y realizan el cambio modal.

Debido a lo anterior, durante la programación de servicios debe considerarse la percepción del usuario, procurando que las rutas cuenten con un nivel de servicio C en la mayor parte de su oferta, según lo explicado en la Sección 2.1.1.2.2.

Además, los itinerarios deberán ser programados con base en un estudio de demanda que permita esclarecer la frecuencia óptima, la velocidad de operación requerida y el volumen de diseño (Quirós, 2014). No se debe olvidar, que la programación de los servicios se ve influenciada por la capacidad de las unidades, por lo que durante el diseño de las frecuencias las capacidad de diseño deben mermarse para que una unidad nunca baje de un nivel de servicio D, según el Cuadro 2.2; es decir, donde todos los usuarios viajan de manera cómoda ya sea sentados o de pie.

Asimismo, para la programación de servicios se debe considerar servicios directos, expresos o regulares, según lo detallado en la Sección 2.1.1.1. De esta manera, el horario de cada tipo de servicio debe responder al perfil de carga que se obtenga, permitiendo disminuir los tiempos de viaje para los usuarios (L.C.R. Logística S.A., 1999).

Como explica Castillo & Quirós (2018), debe considerarse la opción de ampliar la cobertura horaria del sistema para permitir el cambio modal de usuarios que actualmente no utilizan el transporte público debido a sus jornadas nocturnas. Cabe resaltar que la cobertura horaria debe quedar sujeta a una encuesta de intención de viaje ajena al presente proyecto.

6.7. Accesibilidad

Considerando que la mayoría de usuarios del STP acceden al mismo en forma de peatones, la accesibilidad que tenga cada una de las paradas se convierte en un factor fundamental en el éxito de una mejora del STP. Como explica Alvarez (2018), una red continua y segura de aceras que le permitan a los usuarios trasladarse manera cómoda, segura y sin interrupciones entre el Sistema BRT y su destino u origen, incentiva a las personas a realizar el cambio modal en favor del STP.

Deben considerarse aspectos como la iluminación de las paradas y las aceras circundantes. Además, los paraderos techados y las estaciones deben diseñarse desde un principio considerando la accesibilidad al medio físico y a todos sus beneficios, según lo señalado en la Norma INTE W1-1:2018. En Costa Rica estas mejoras se deben coordinar con las Municipalidades respectivas para asegurar que se cumpla con estas recomendaciones.

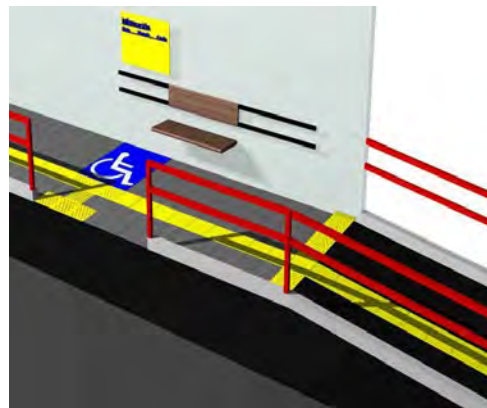


Figura 6.3: Ejemplo de paradero accesible

Fuente: Inteco (2007)

Por otra parte, todas las unidades del Sistema BRT deben contar con un piso bajo, adecuado a las rampas de acceso que se deben colocar en cada una de

las paradas, para que cualquier persona, sin importar si cuenta con problemas en su movilidad, pueda hacer uso del Sistema. El uso de tecnologías como rampas en buses de piso alto, en lugar de la opción mencionada, puede ser considerado para las rutas alimentadoras. No obstante, este tipo de tecnología aumenta los tiempos de viaje al requerir la ayuda del chofer para el ascenso y el descenso del usuario y le resta autonomía a los usuarios con problemas de movilidad, por lo que no se recomienda su utilización.

Se aconseja acatar las normativas INTE W13:2003, INTE W14:2003 e INTE W15:2007, que detallan los requisitos técnicos para que los vehículos y las paradas del transporte colectivo sean consideradas accesibles. El diseño de cada una de las paradas y la elección de las unidades quedan fuera de los objetivos del presente trabajo.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

7.1. Recomendaciones

Con base en el trabajo realizado, se plantean las siguientes recomendaciones para futuros estudios sobre análisis de implementación de sistemas BRT en el Área Metropolitana de San José (AMSJ).

1. Realizar estudios adicionales que permitan establecer interacciones entre las poblaciones y las redes viales de sectores adyacentes, de manera que los sistemas diseñados faciliten los viajes intersectoriales.
2. Llevar a cabo un estudio que permita dilucidar el comportamiento de la demanda del sistema de transporte público a lo largo del año, de manera que se pueda explicar la demanda inusual observada entre los meses de Octubre y Diciembre del 2017, de acuerdo con los reportes de ARESEP (2018), o en su defecto, problemas con las bases de datos.
3. Efectuar un Estudio de Ascenso y Descenso de pasajeros para obtener un perfil de carga y determinar, de manera certera, los principales focos de atracción y generación de viajes en el sector.
4. Estudiar el efecto de las rutas interurbanas e interregionales en el transporte público.
5. Examinar la posibilidad de construir una estación de intercambio interregional e interurbana en el AMSJ, de manera que este tipo de rutas no ingresen al Casco Capitalino.
6. Generar una encuesta que permita determinar la intención de caminata de la población en estudio para un sistema BRT.

7. Examinar la interacción actual del tren con el STP del sector en análisis, determinando la forma en la que los usuarios actualmente ingresan a las paradas del tren: ya sea como peatones o por medio de transferencia intermodal.
8. Realizar muestreos en campo para establecer las características del sistema, ya que la información con que cuentan las instituciones estatales es limitada, incompleta y, en muchos casos, se encuentra desactualizada.
9. Efectuar un estudio completo sobre los sistemas especiales e informales en el sector.
10. Estudiar las posibles relaciones entre las variables socioeconómicas de la población y la demanda del STP en el AMSJ.
11. Analizar el impacto que tendrá el Sistema BRT sobre el servicio de tren.
12. Realizar un estudio financiero del Sistema BRT que permita establecer las frecuencias y la cobertura horaria óptimas para cada ruta. Es recomendable, valorar los resultados obtenidos con el nivel de servicio percibido por los usuarios.
13. Implementar medidas como señalización externa de las unidades, sistemas de transporte inteligente, pago electrónico e integración tarifaria para que el servicio ofrecido sea óptimo.
14. Valorar el diseño de los vehículos BRT, de las paradas, estaciones y terminales con respecto a la accesibilidad de la población con problemas de movilidad.

7.2. Conclusiones

Con base en el trabajo realizado, se plantean las siguientes conclusiones.

1. El sistema de transporte público actual del sector Uruca-Heredia se considera deficiente, debido a los problemas en su cobertura, a la desarticulación entre modos y rutas, a las bajas frecuencias, a los altos tiempos de viaje, a las bajas velocidades comerciales, a la duplicidad en todos los recorridos, a las diferencias tarifarias, al sistema de pago en efectivo, a los paraderos en mal estado y

a la falta de terminales. No obstante, el sistema cuenta con un buen nivel de servicio (mayor a C) en su cobertura horaria y en la saturación de las unidades; y con un parque vehicular joven y en buen estado.

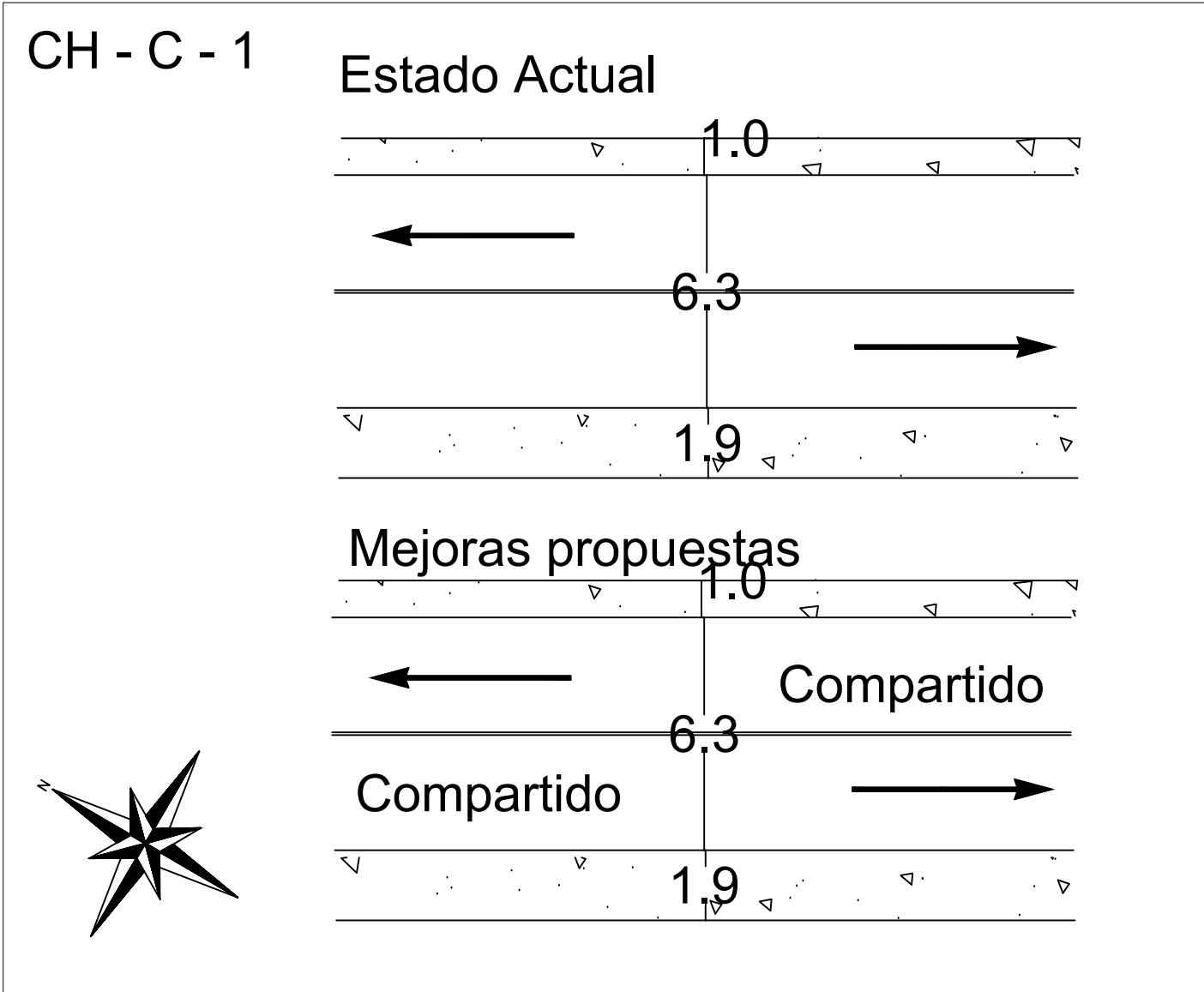
2. El sistema de transporte público actual dificulta los intercambios entre rutas y entre modos.
3. El sistema de transporte público actual no facilita los viajes entre sectores adyacentes, ya que está diseñado para trasladar usuarios a San José y no facilita los intercambios modales y entre rutas.
4. La población de la zona en estudio presenta características socioeconómicas sumamente variadas, por lo que las características promedio entre las poblaciones servidas por cada ruta suelen ser diferentes.
5. Características socioeconómicas como la cantidad de habitantes, la densidad poblacional, la cantidad de personas en edad laboral y la cantidad de personas económicamente activas son variables que se podrían relacionar positivamente con la demanda de viajes del sector Uruca-Heredia.
6. Variables socioeconómicas como el acceso a los vehículos particulares y trabajar fuera de su cantón de residencia podrían poseer una relación inversa con la demanda de viajes del STP, si este último no se adecúa a las necesidades de las personas.
7. El sector en análisis posee nodos de atracción de viajes importantes como zonas francas, zonas industriales, centros comerciales, universidades, hospitales, el INA y oficinas centrales de instituciones gubernamentales.
8. Del sector en análisis, el distrito Uruca es el mayor atractor de viajes.
9. La ruta del distrito Uruca poseen una alta tasa de intercambio de pasajeros, las del cantón de Heredia se comportan de manera pendular y la Ruta 407 presenta una alta tasa de intercambio en los tramos donde no compite por usuarios.
10. De los viajes generados en el sector, la mayor parte se dirigen hacia San José, seguidos por los viajes hacia cantones adyacentes, viajes internos, viajes externos al AMSJ y otros viajes.

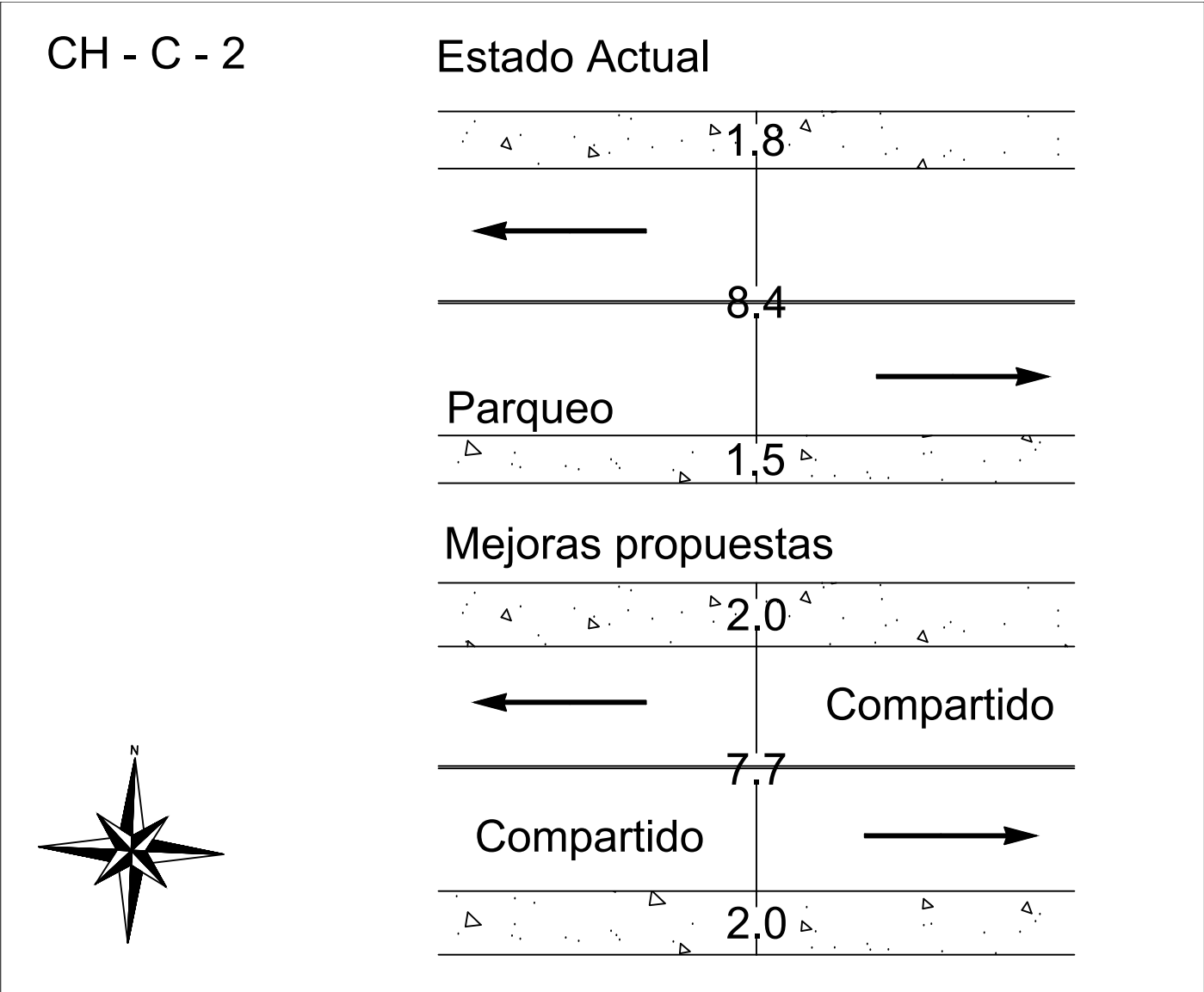
11. Es posible implementar un sistema BRT completo con carriles exclusivos y bahías para la ruta troncal, estaciones de intercambio y terminales, que permita disminuir las deficiencias operativas detectadas en STP actual.
12. Para que un sistema BRT satisfaga la matriz OD del sector Uruca-Heredia, debe ser conformado por una red de 4 rutas troncales, una compartida con el sector Santo Domingo-Tibás, 4 rutas interlineas, 2 rutas distribuidoras y 28 rutas alimentadoras que interactúan entre ellas, y con el sistema de trenes.
13. El Sistema BRT diseñado considera la accesibilidad de toda la población, incluidas aquellas personas con problemas de movilidad.
14. La distancia de caminata es un factor que influye en la demanda del transporte público: a medida que crece disminuye la demanda de viajes.

APÉNDICE A

MODIFICACIONES A LA RED VIAL PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA BRT

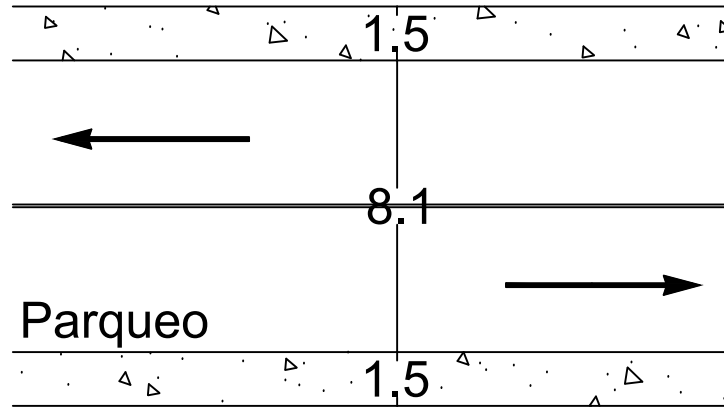
A continuación, se presentarán las 230 modificaciones sugeridas a la red vial del Sector Uruca-Heredia para implementar un sistema troncoalimentado de buses.



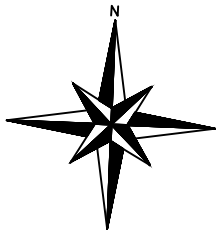
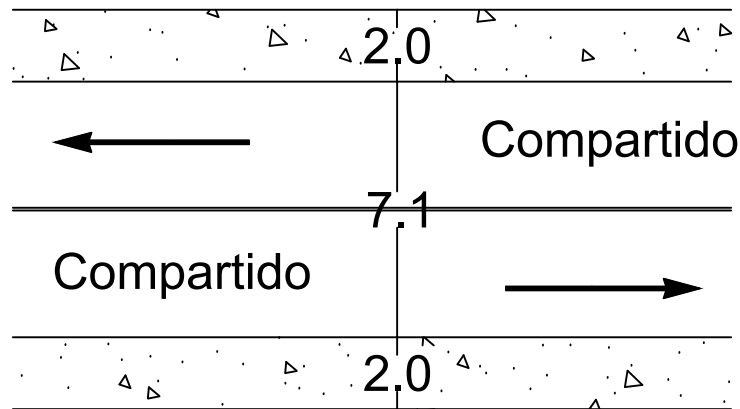


CH - C - 3

Estado Actual

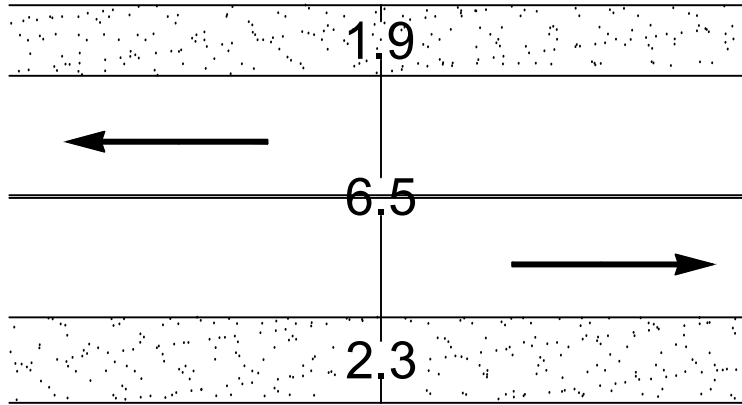


Mejoras propuestas

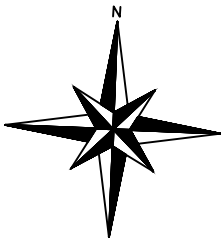
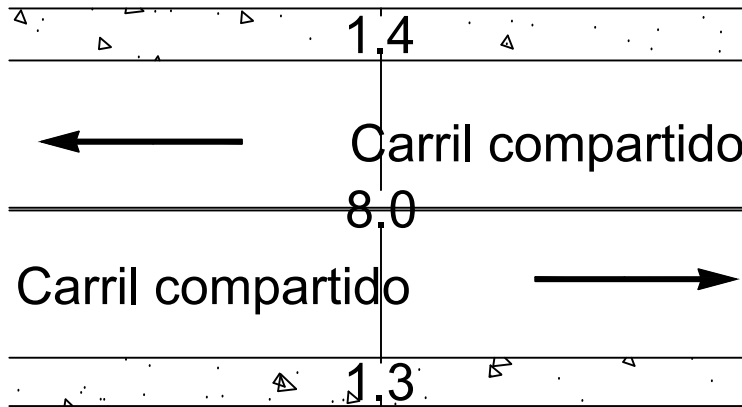


CH - C - 4

Estado Actual

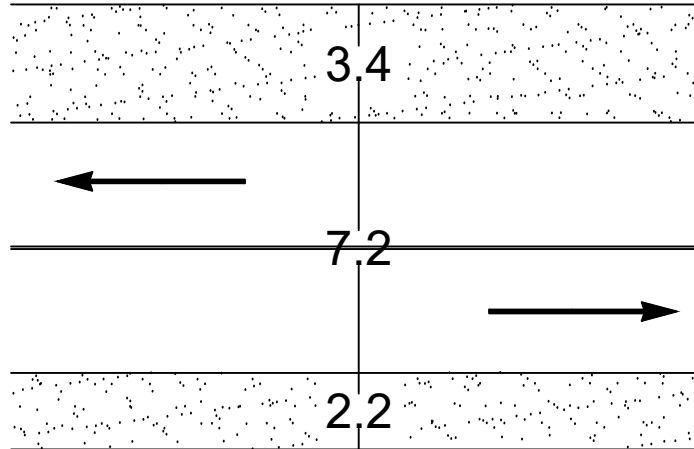


Mejoras propuestas

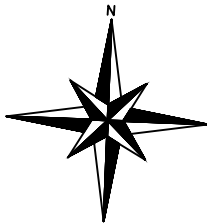
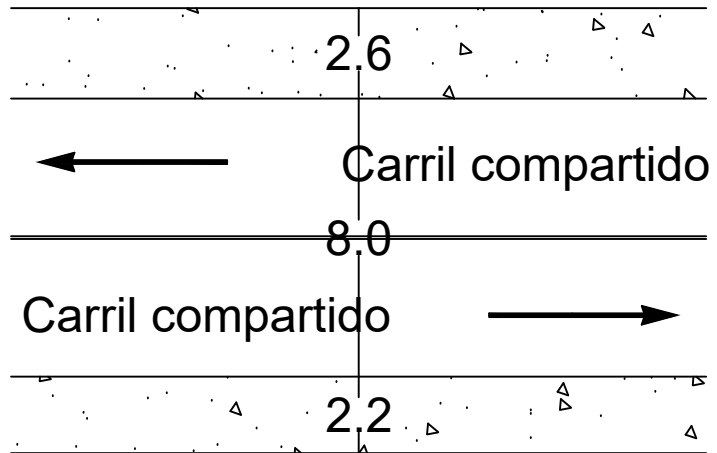


CH - C - 5

Estado Actual

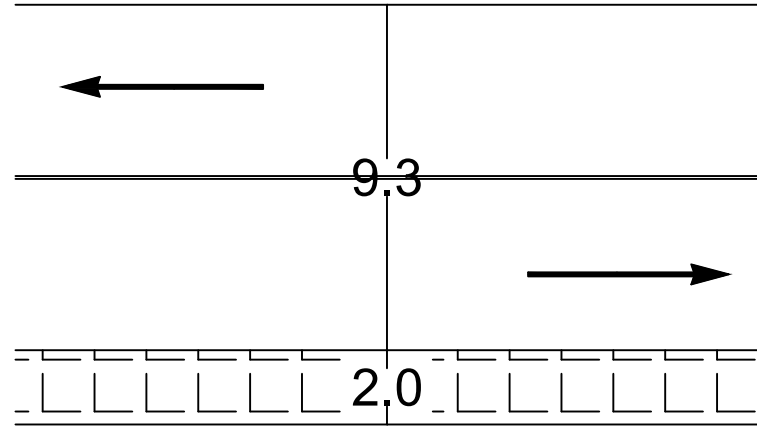


Mejoras propuestas

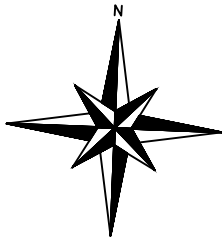
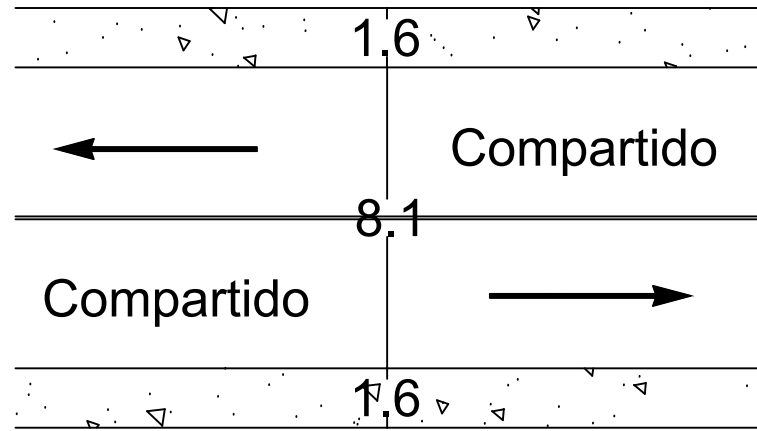


CH - C - 6

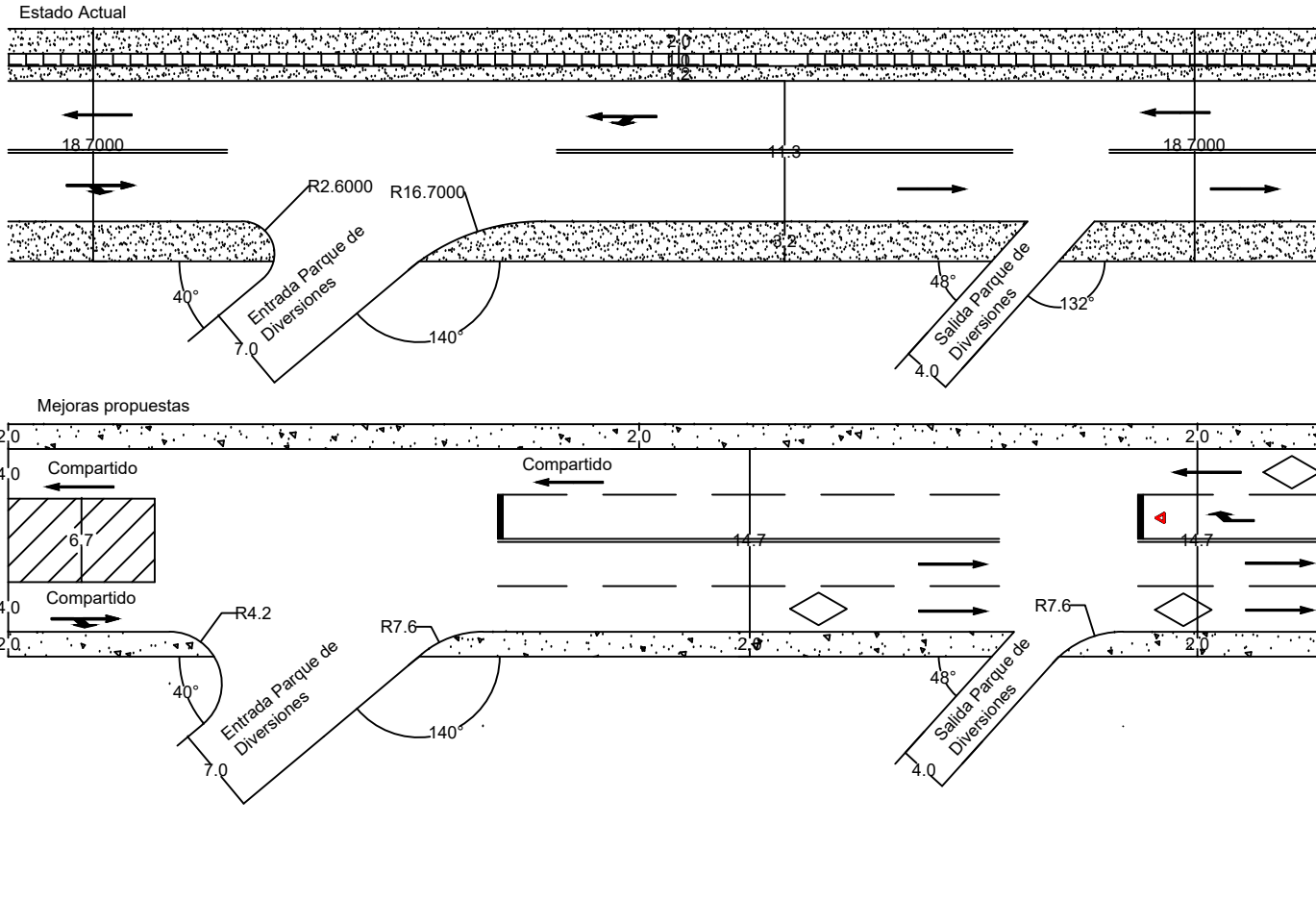
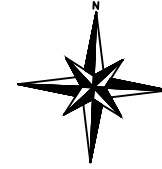
Estado Actual



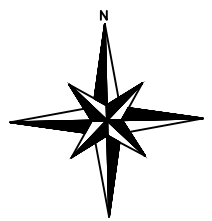
Mejoras propuestas



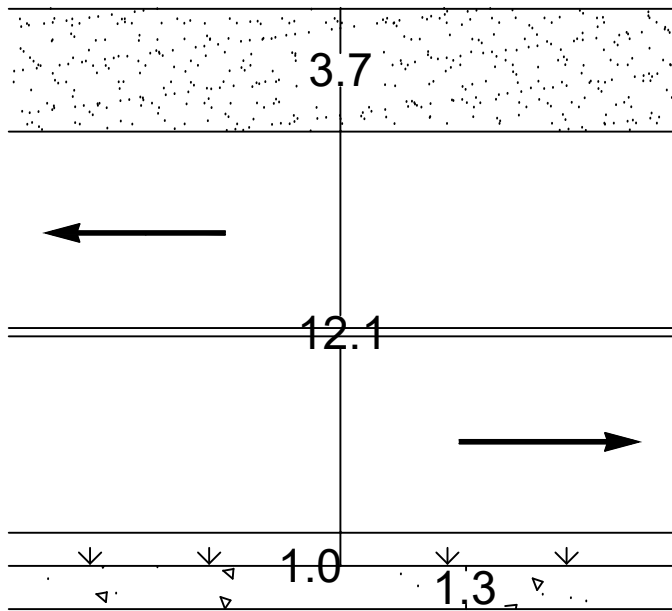
CH - C - 7



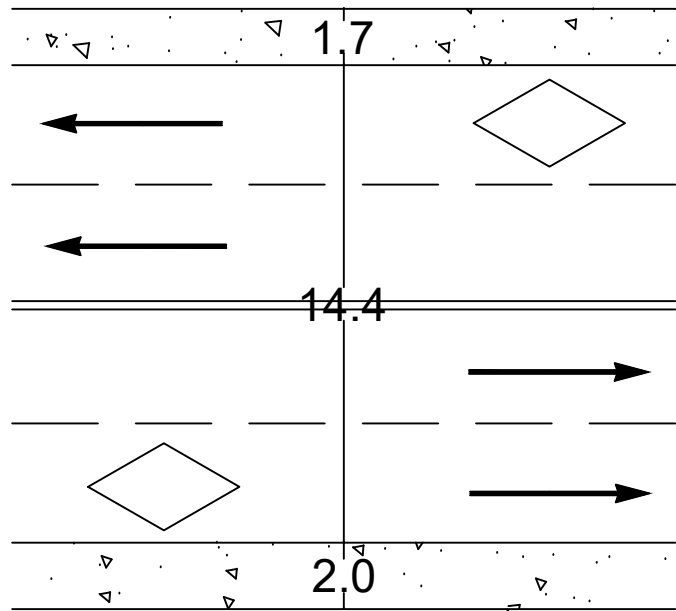
CH - C - 8



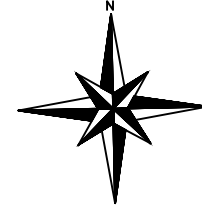
Estado Actual



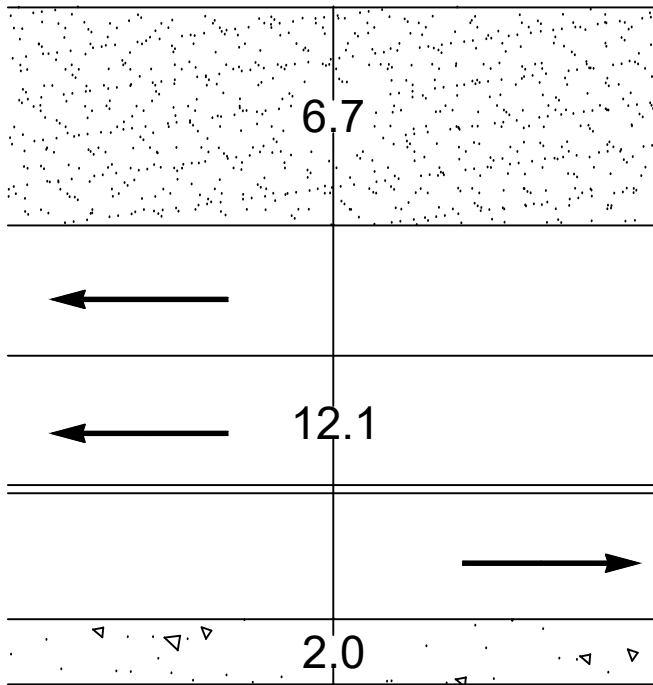
Mejoras propuestas



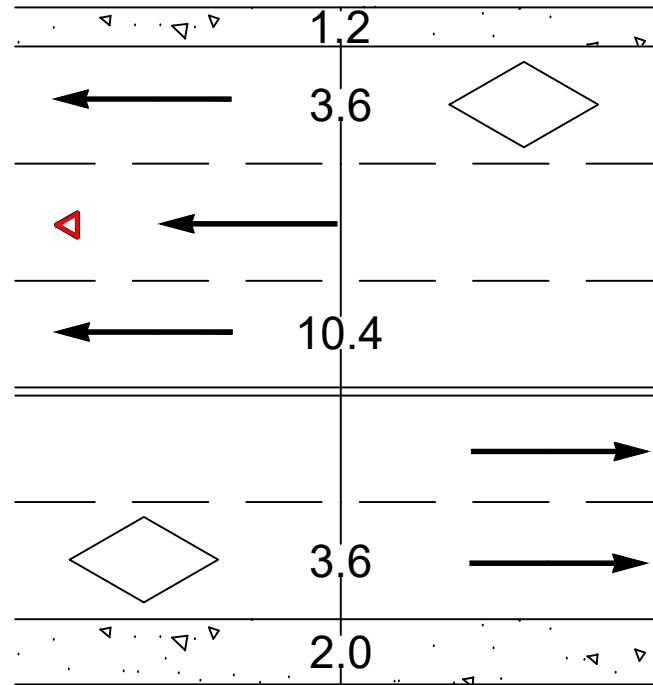
CH - C - 9



Estado Actual

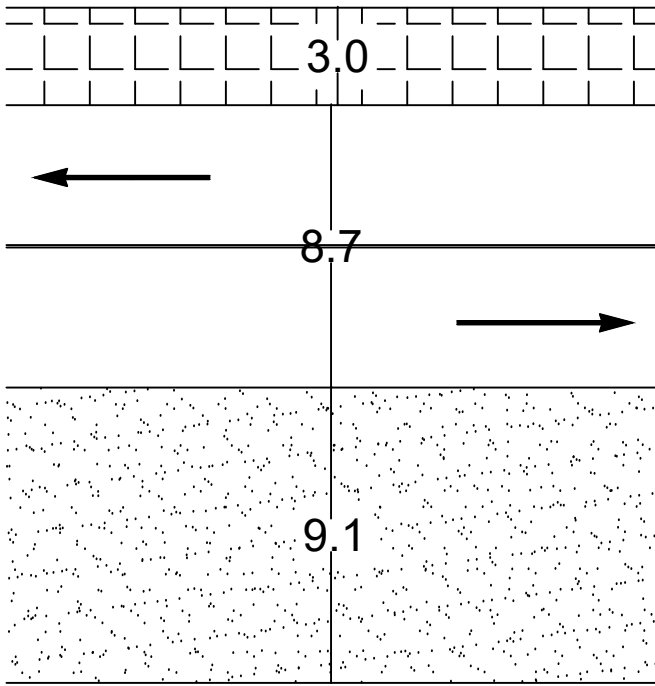


Mejoras propuestas

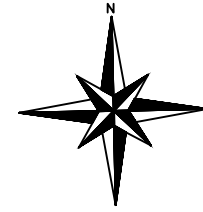
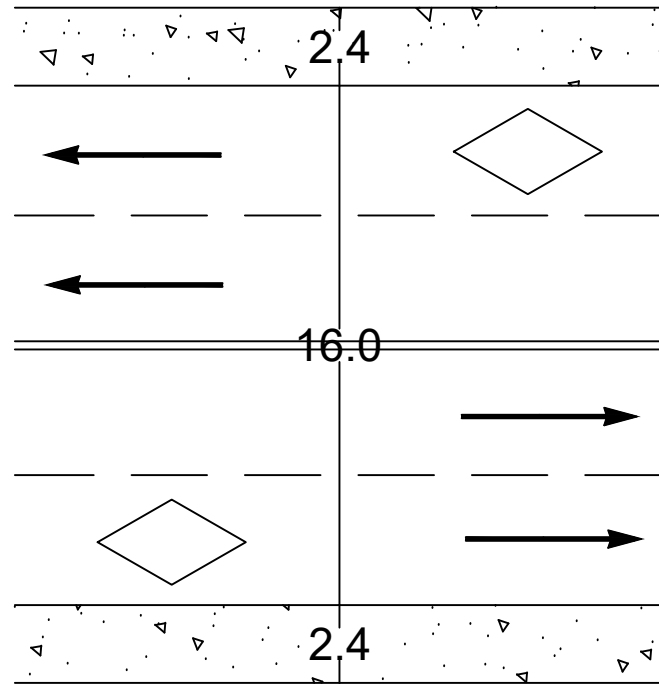


CH - C - 10

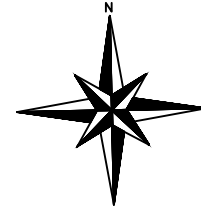
Estado Actual



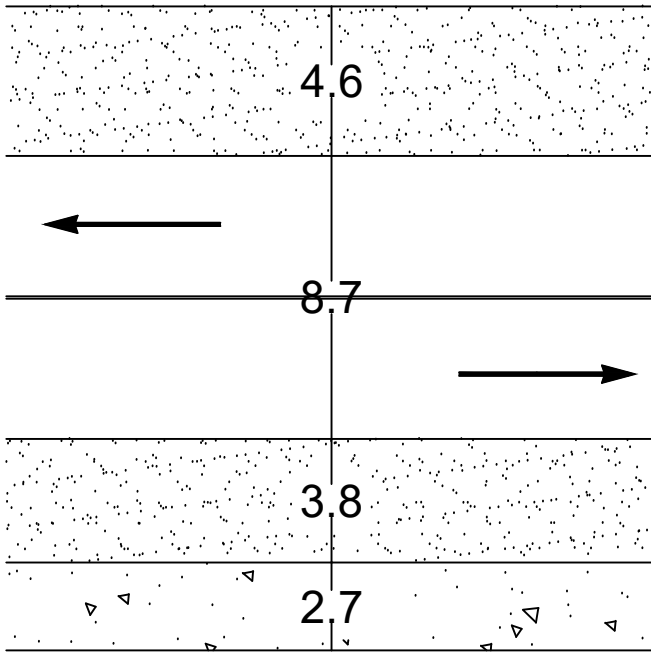
Mejoras propuestas



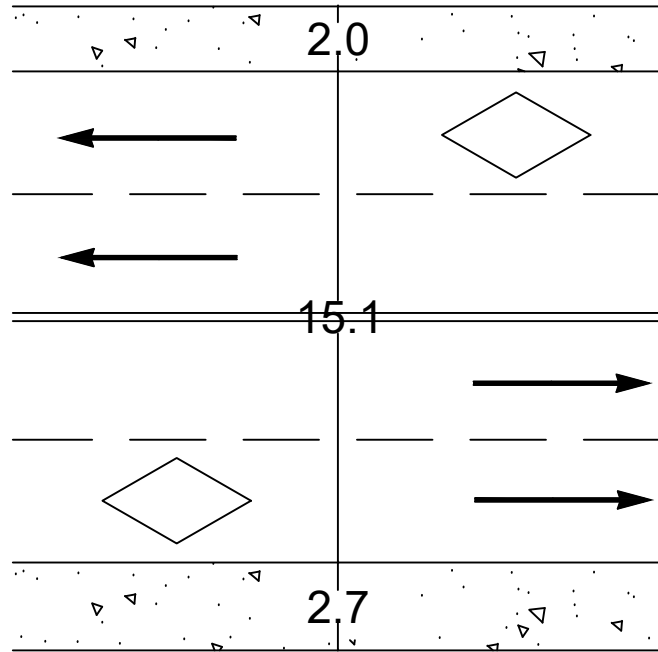
CH - C - 11



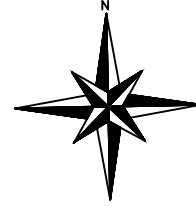
Estado Actual



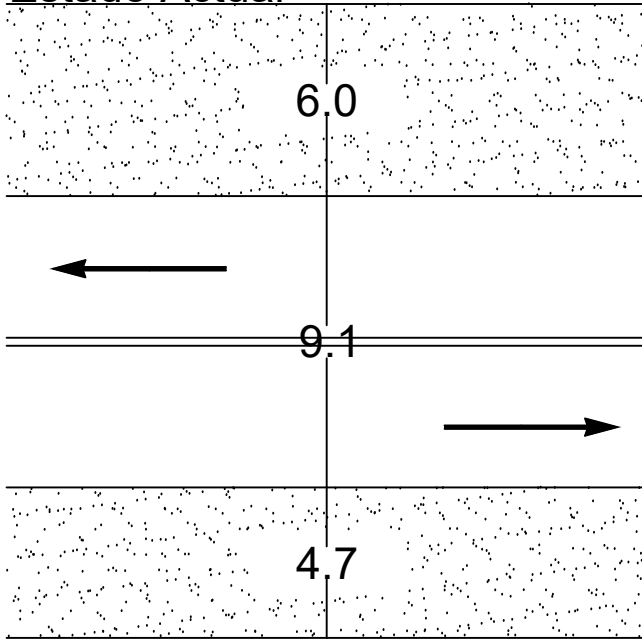
Mejoras propuestas



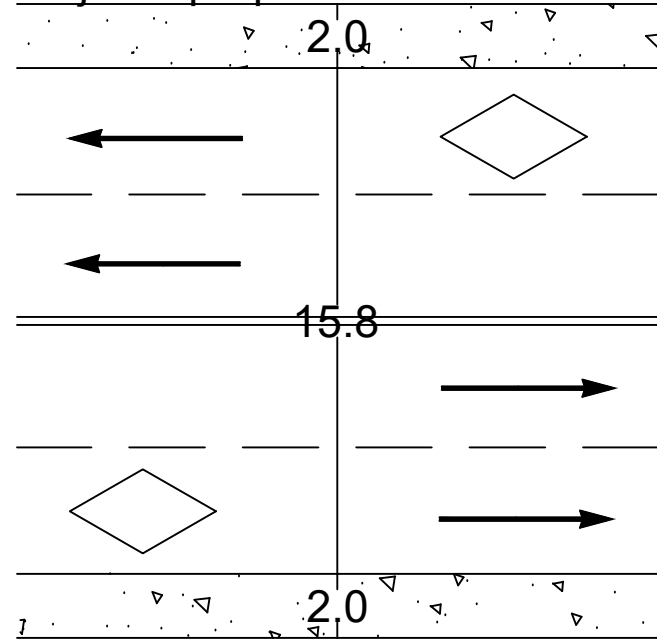
CH - C - 12



Estado Actual

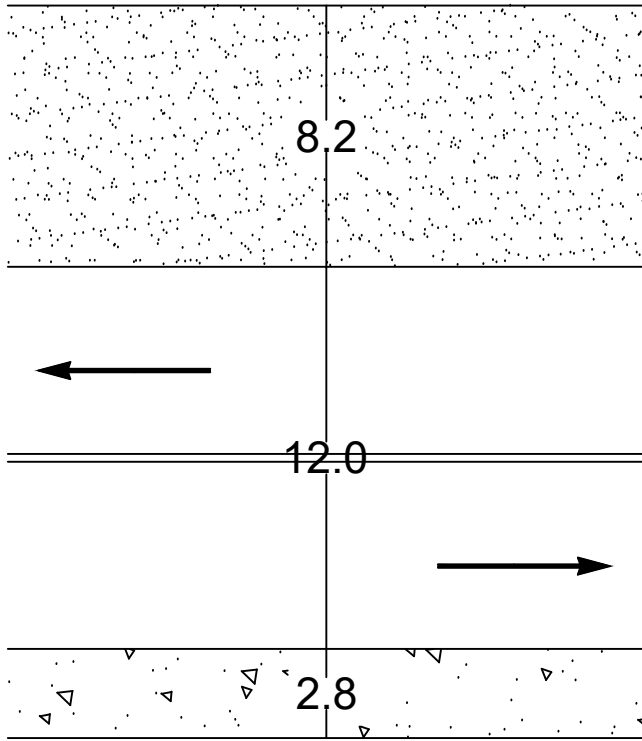


Mejoras propuestas

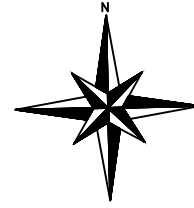
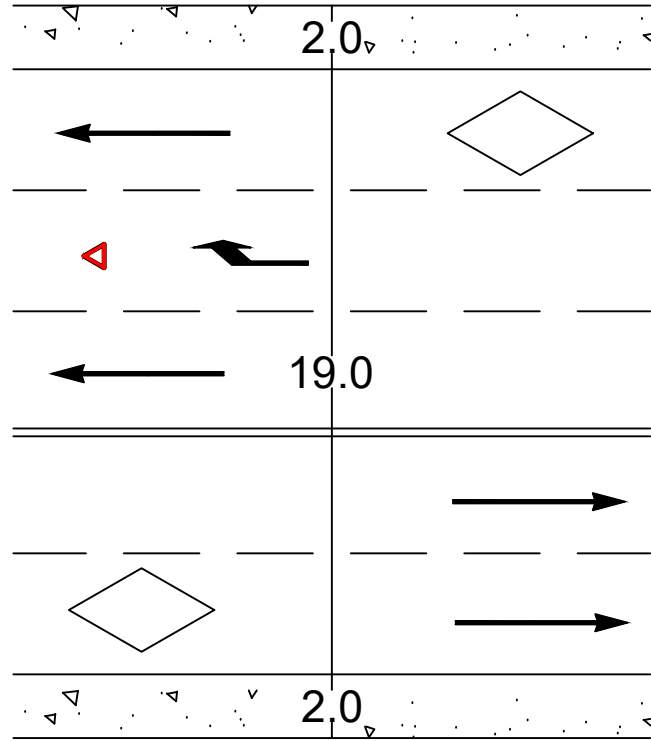


CH - C - 13

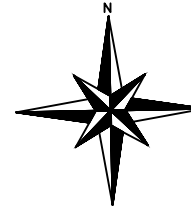
Estado Actual



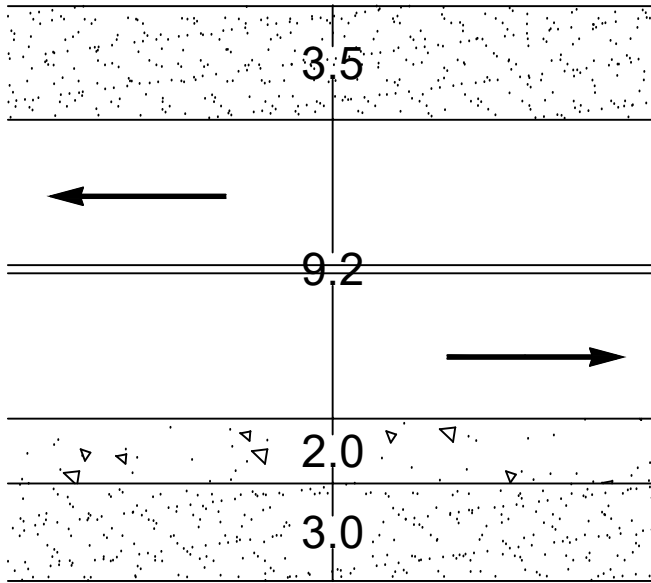
Mejoras propuestas



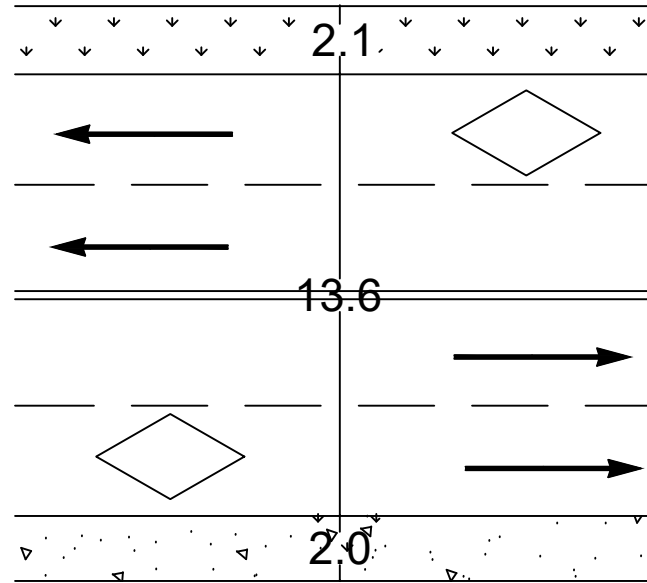
CH - C - 14



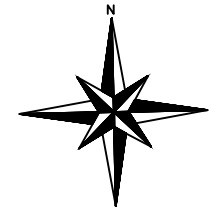
Estado Actual



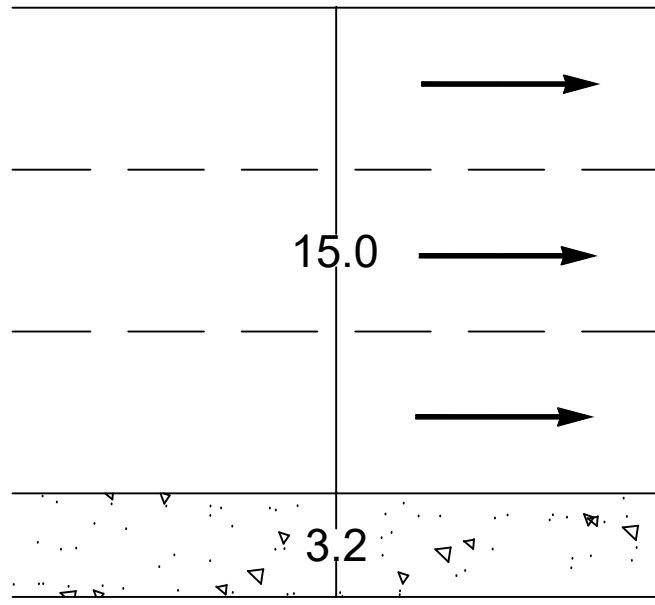
Mejoras propuestas



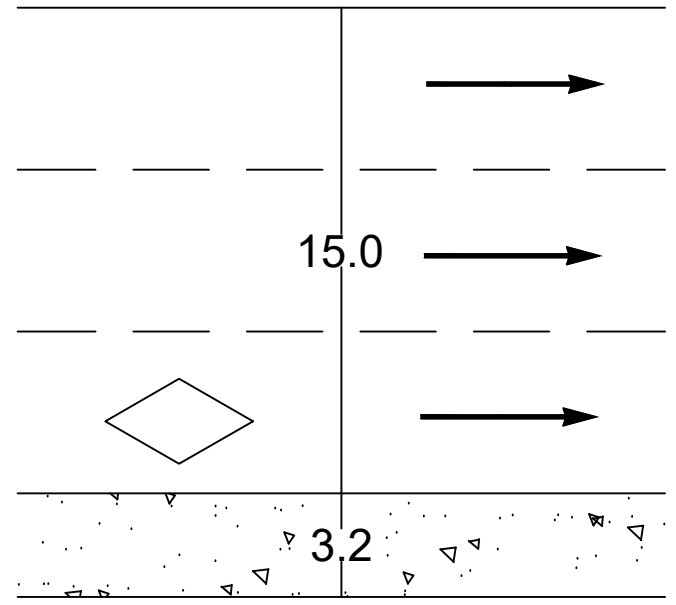
CH - C - 15



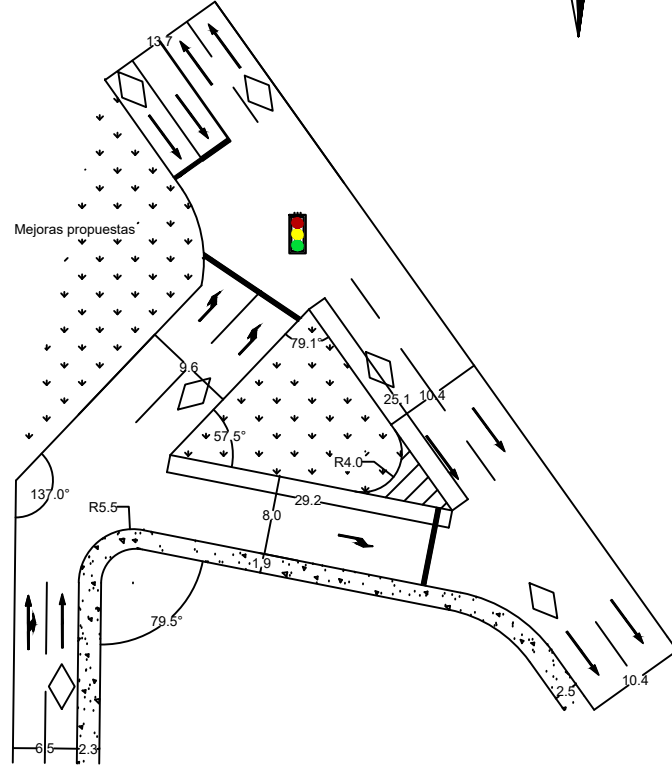
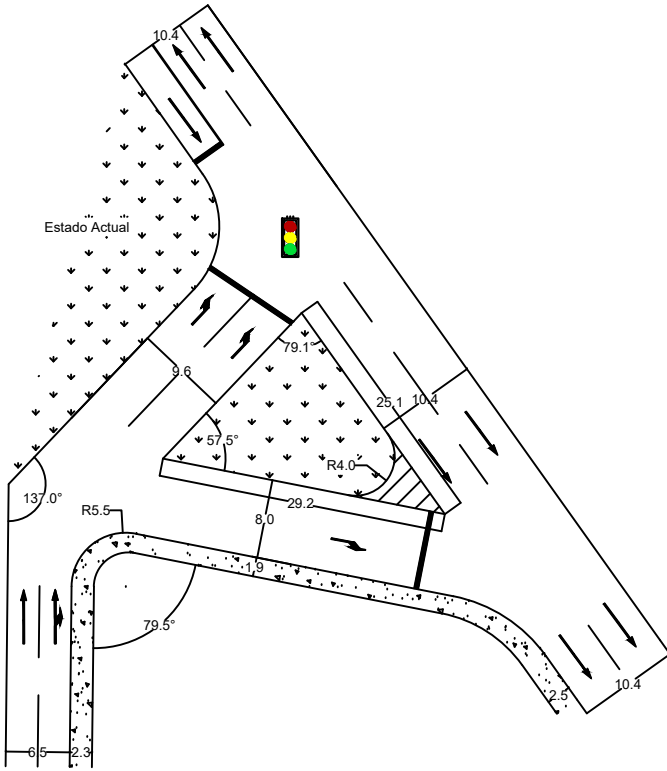
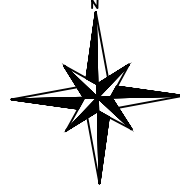
Estado Actual



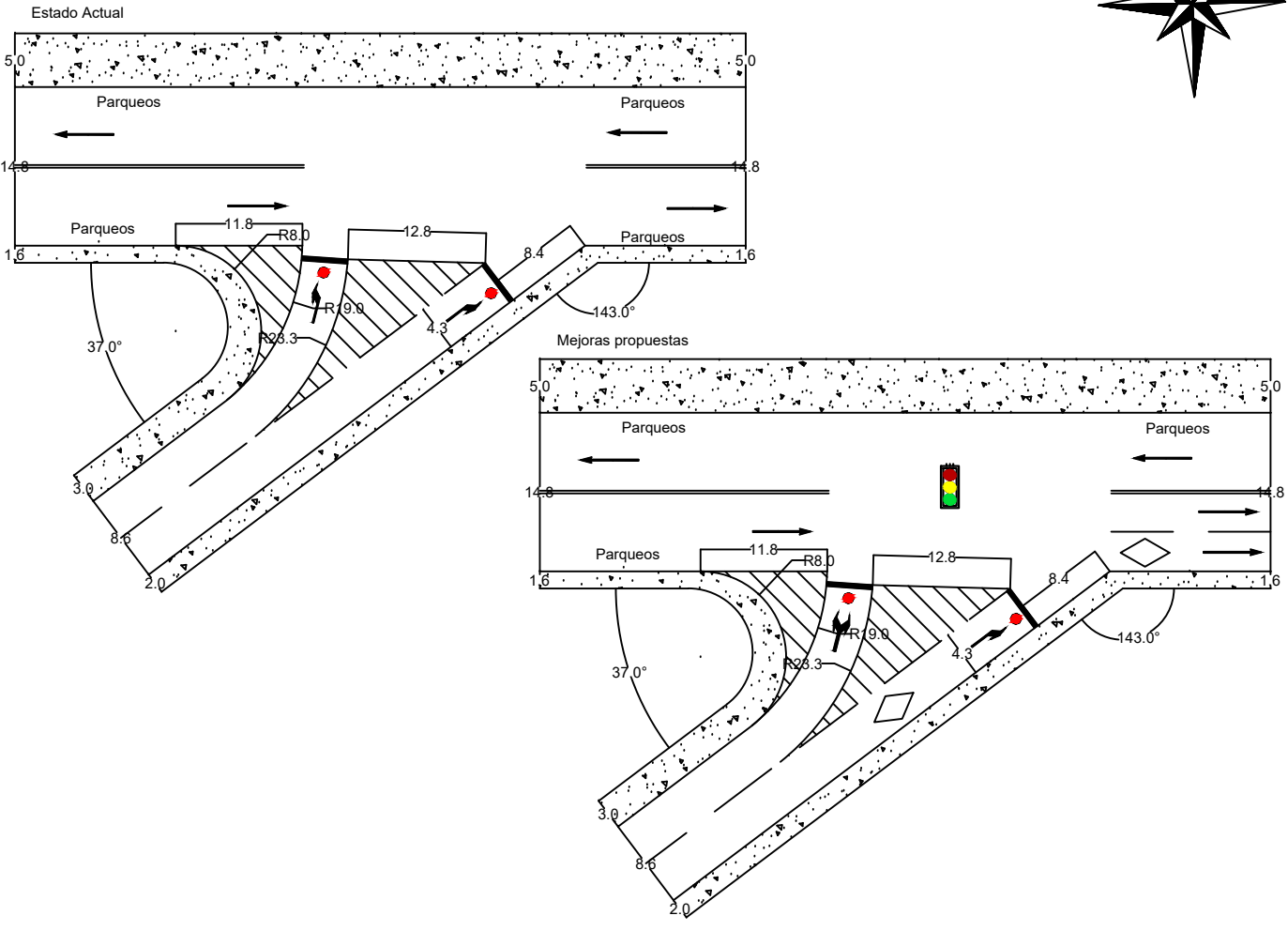
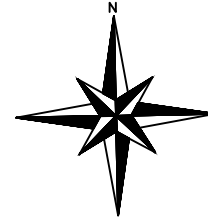
Mejoras propuestas

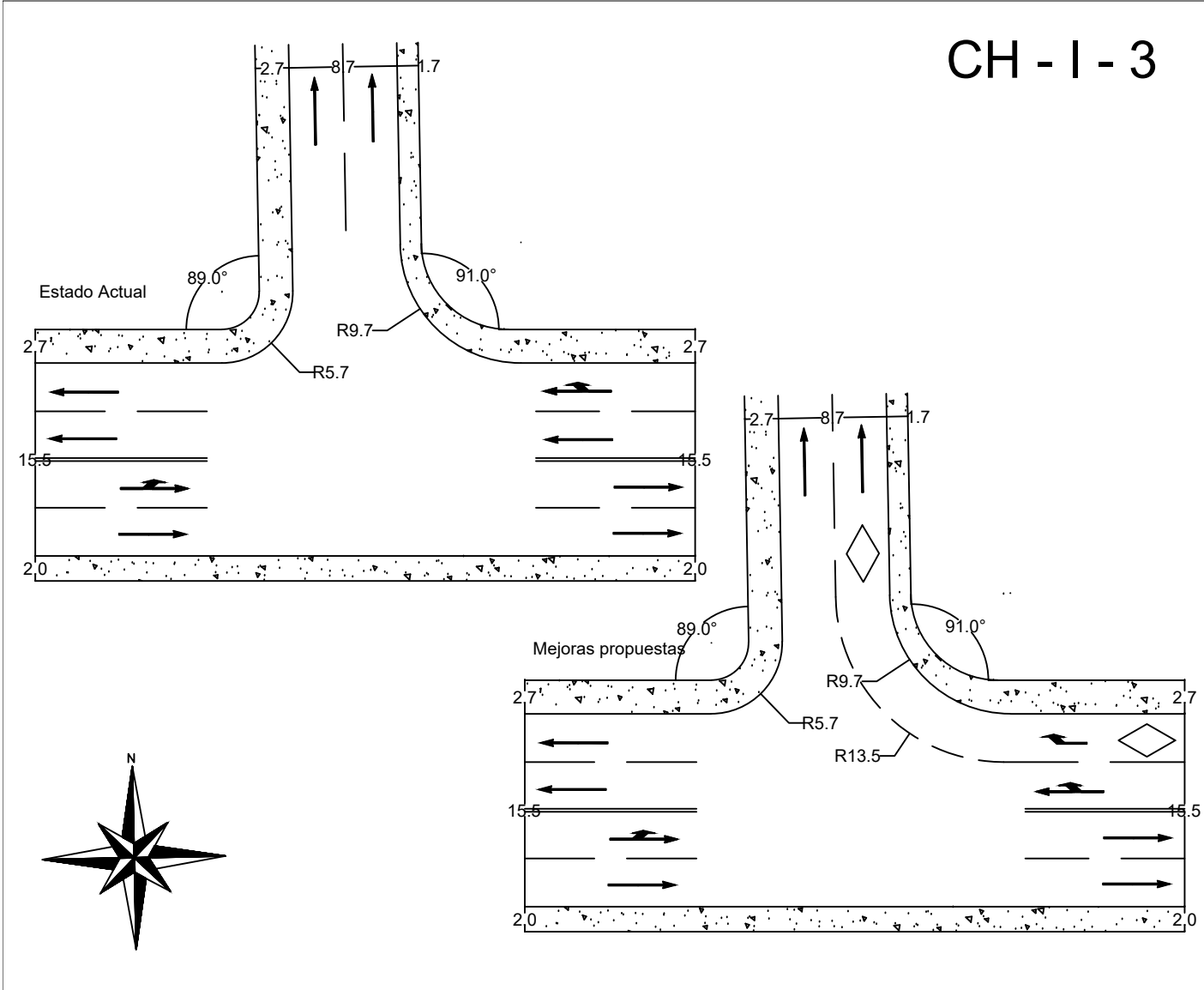


CH - I - 1

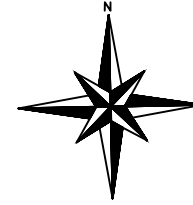


CH - I - 2

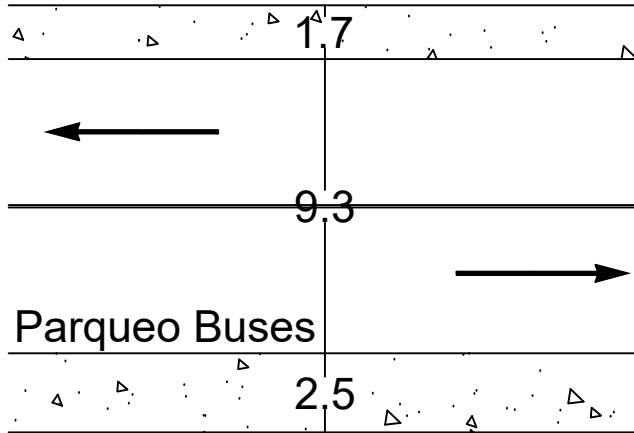




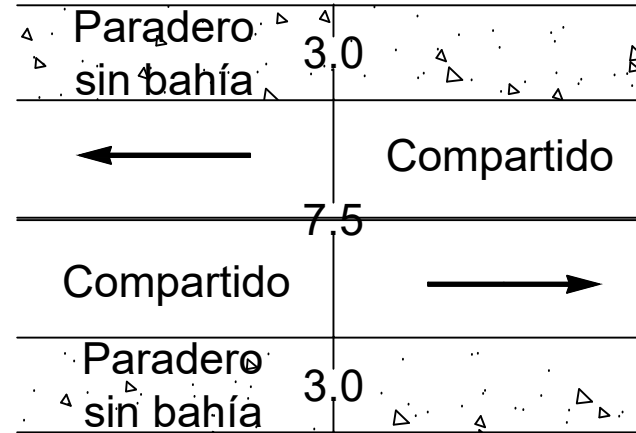
CH - P - 1



Estado Actual

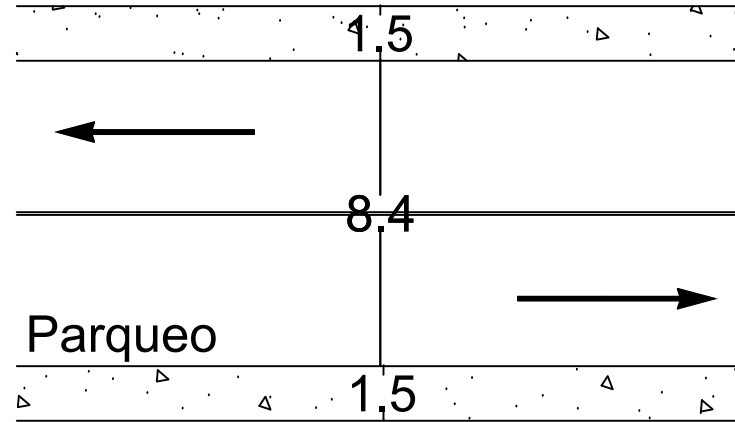


Mejoras propuestas

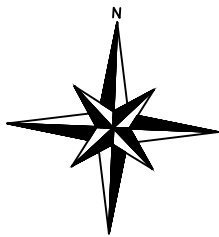
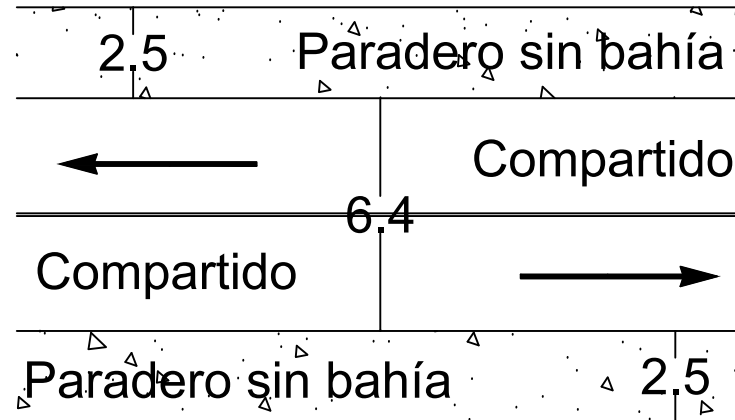


CH - P - 2

Estado Actual

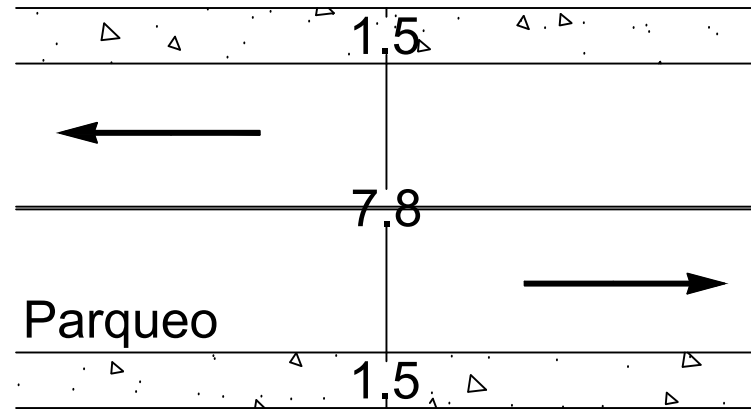


Mejoras propuestas

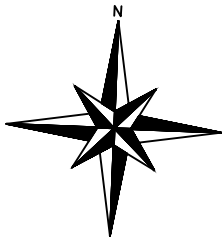
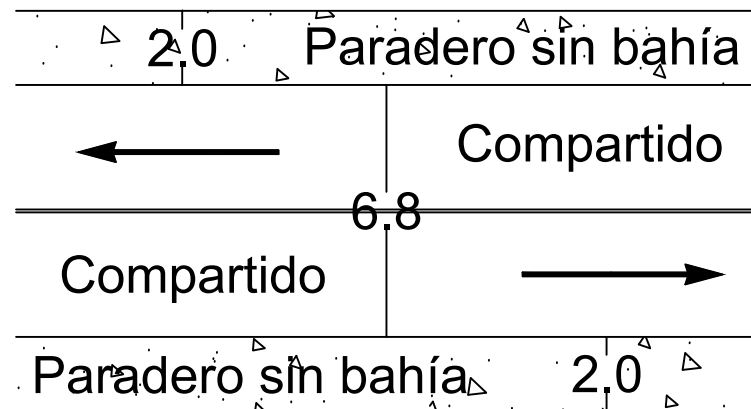


CH - P - 3

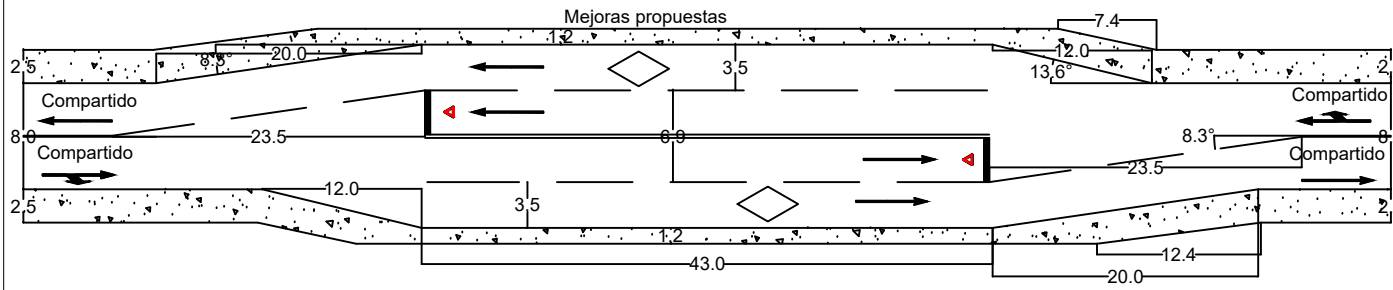
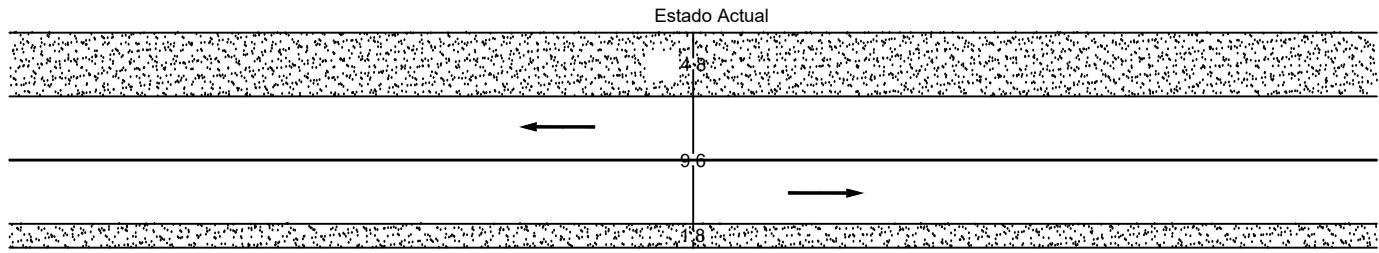
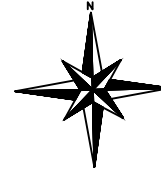
Estado Actual

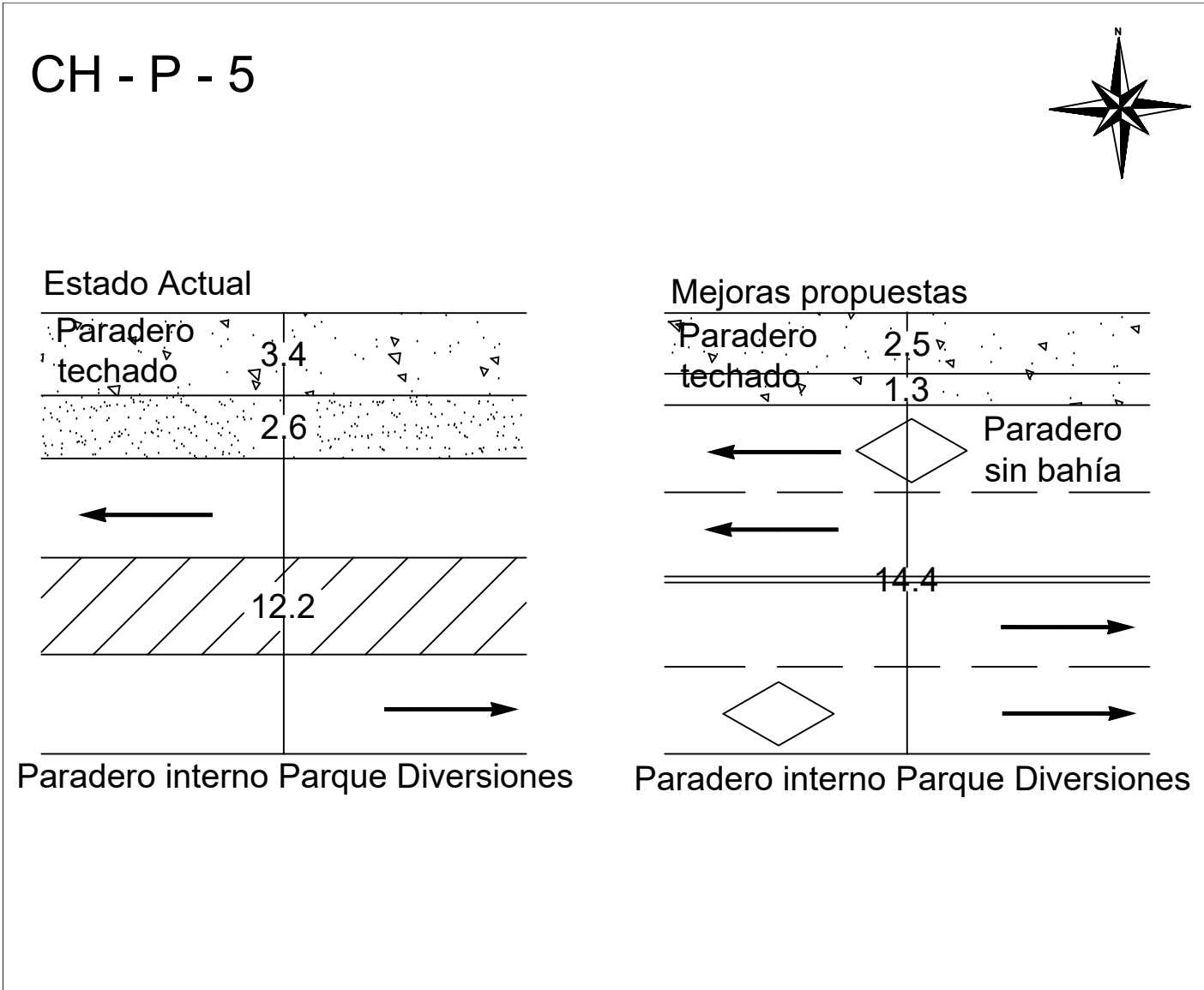


Mejoras propuestas

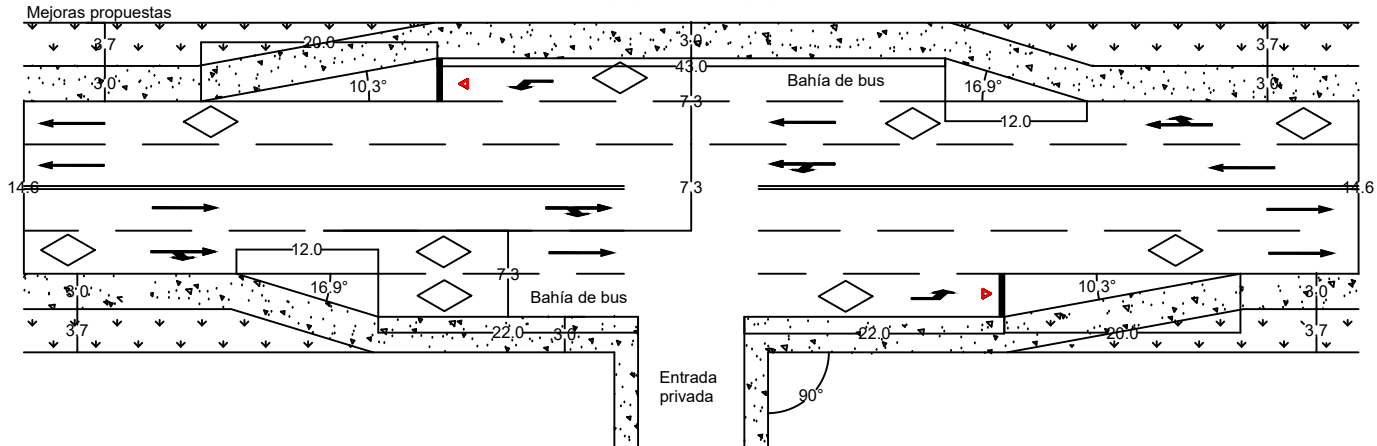
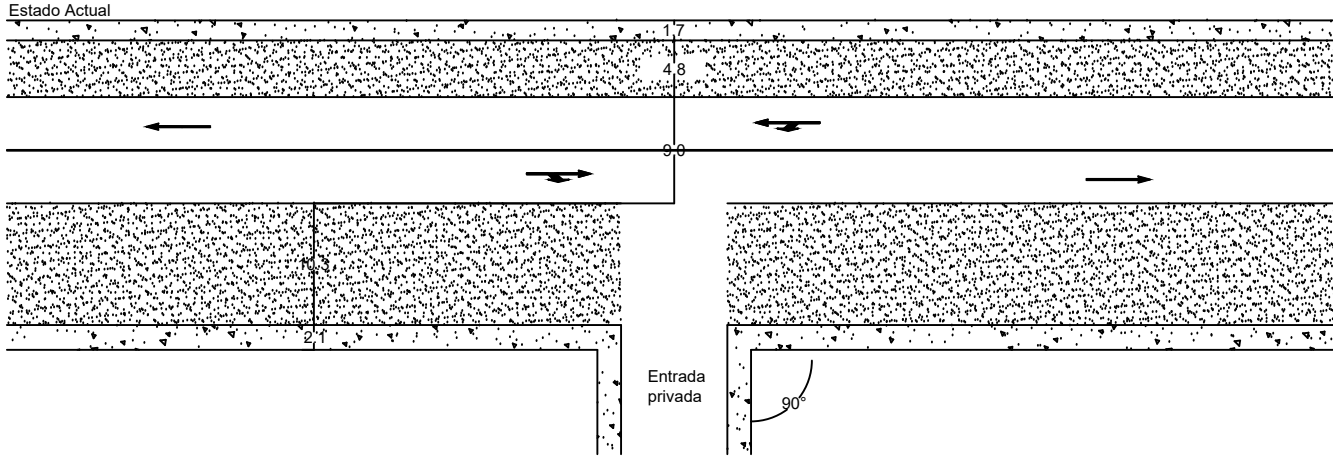
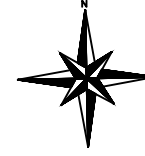


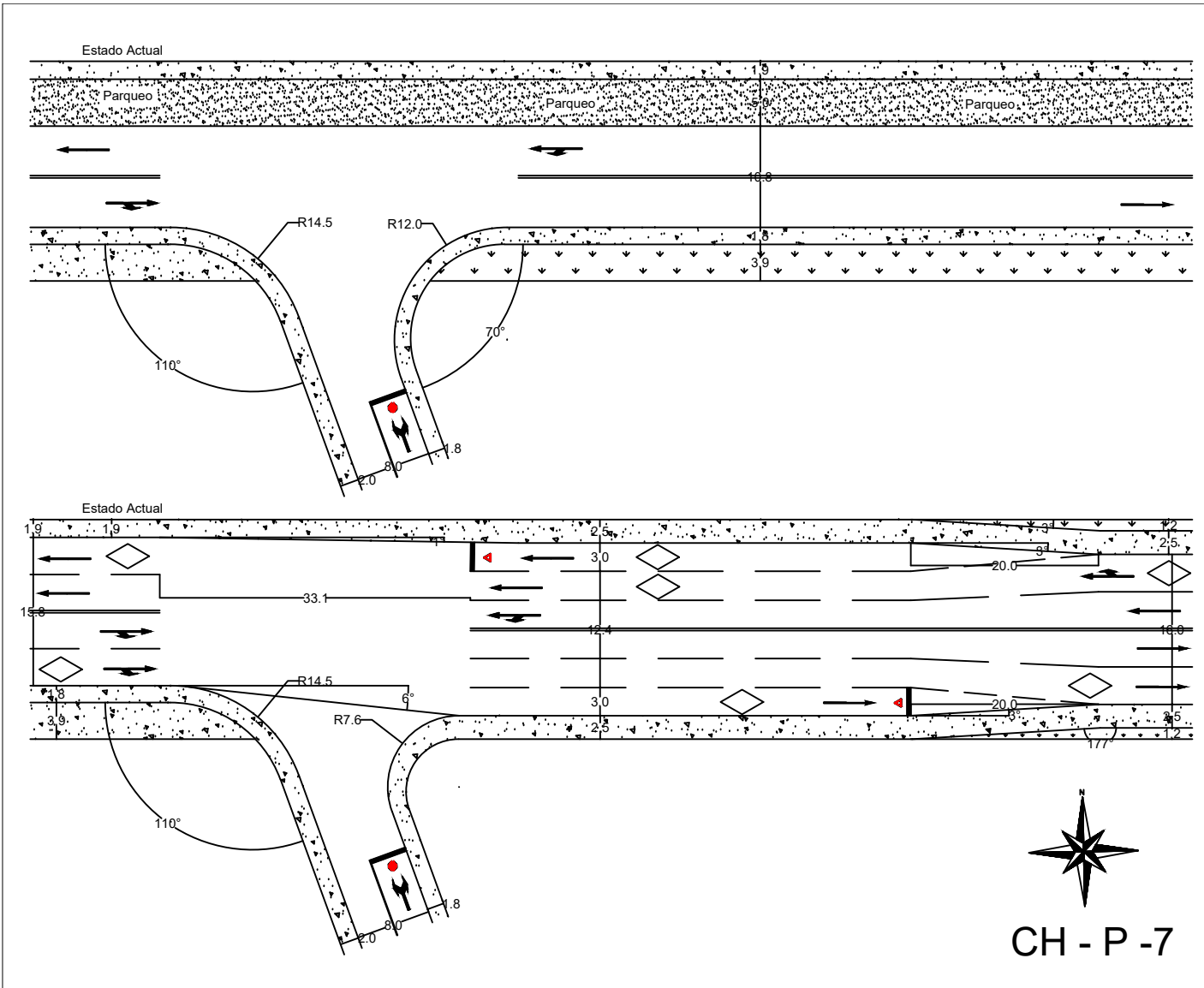
CH - P - 4

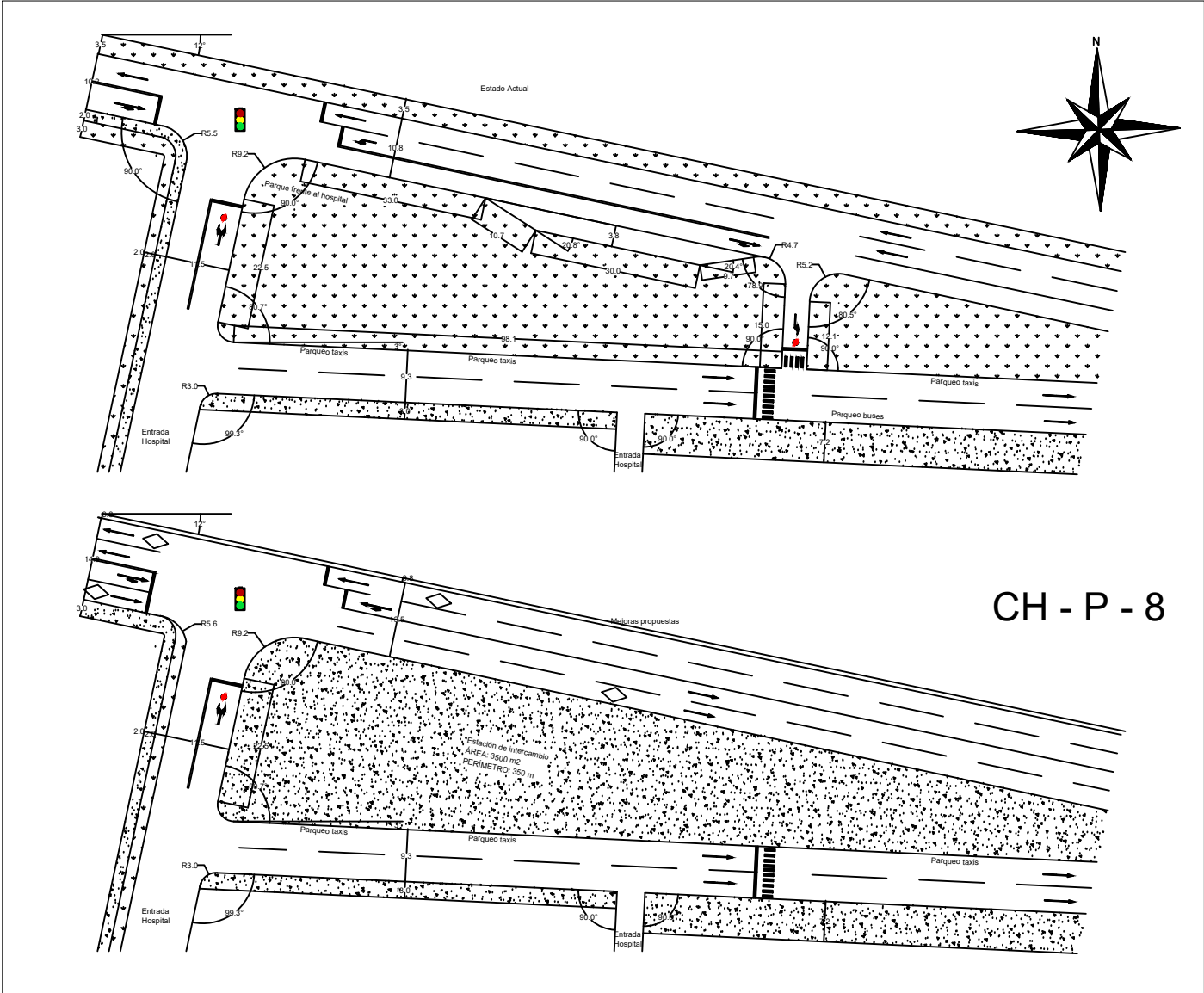


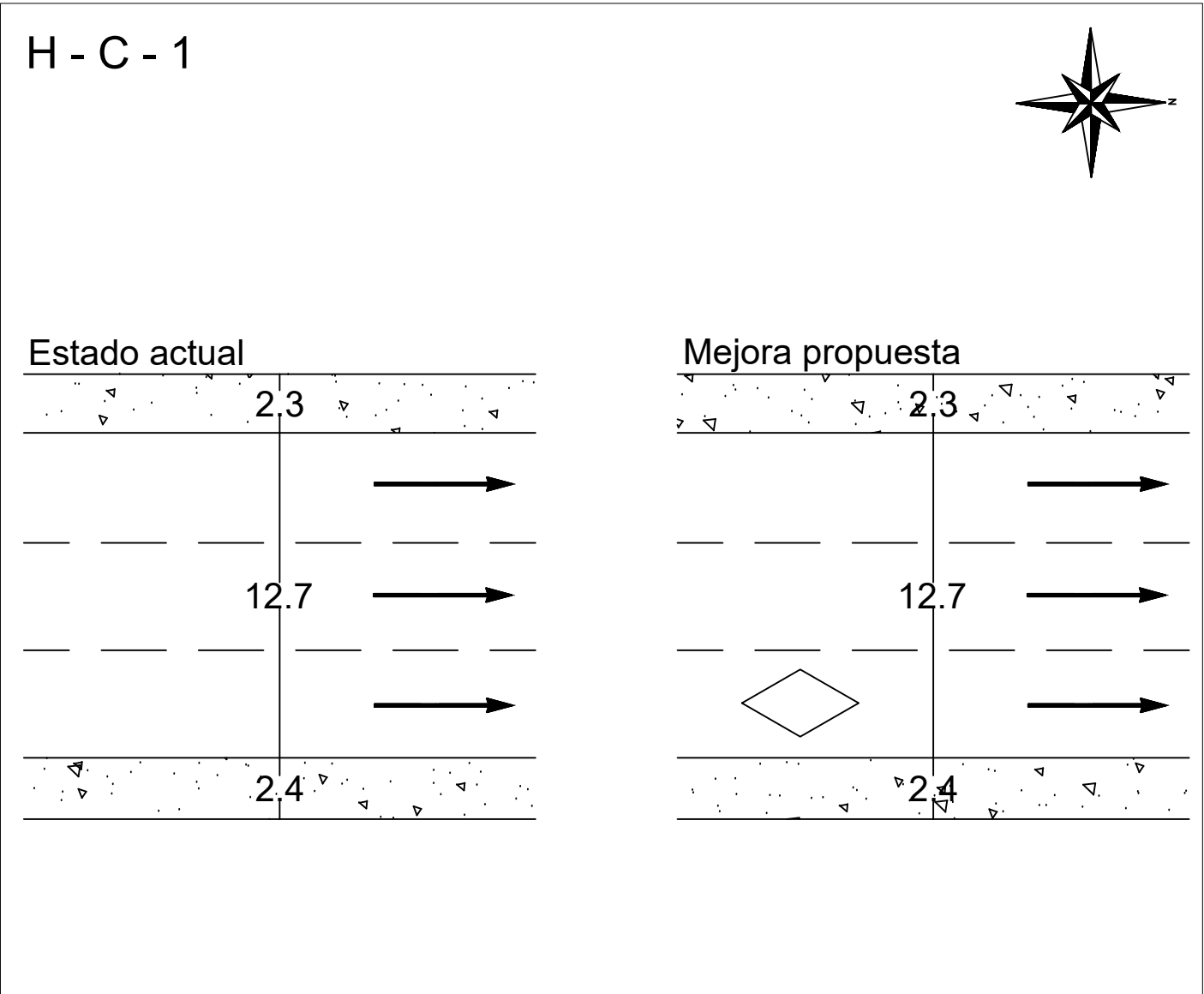


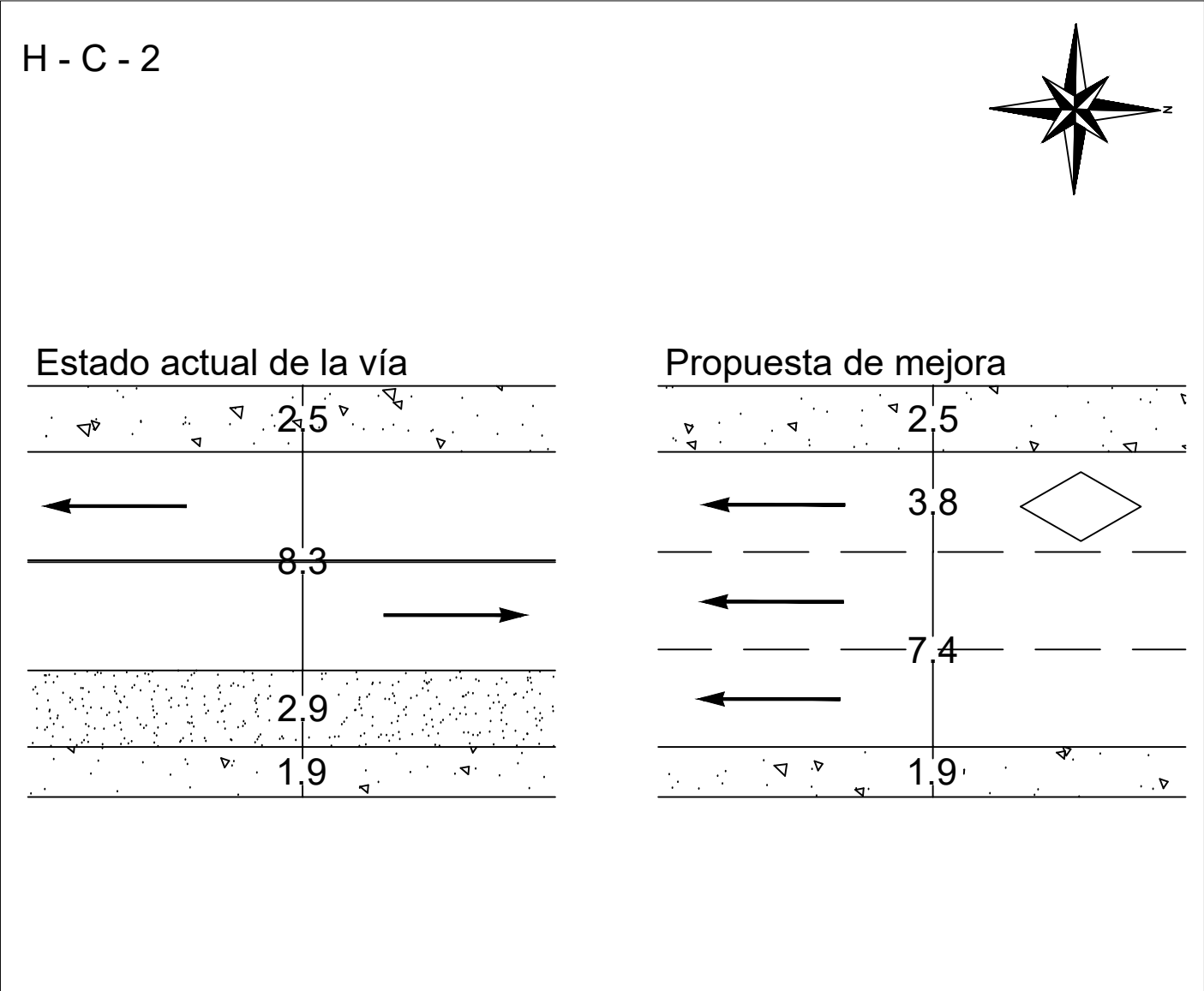
CH - P - 6



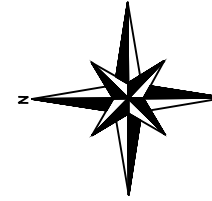




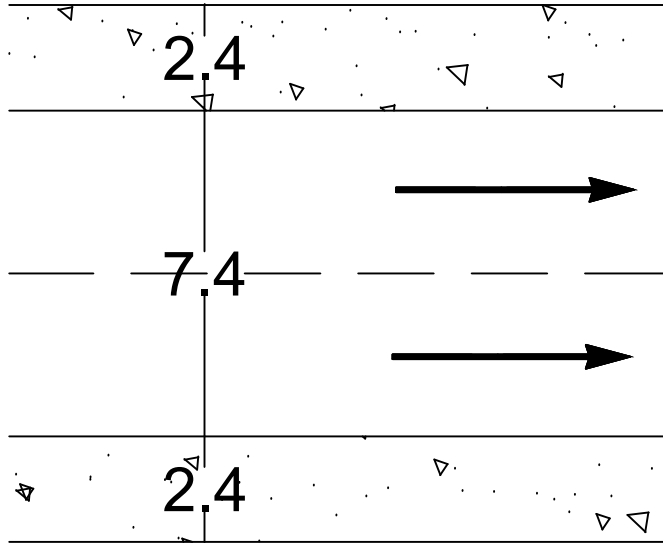




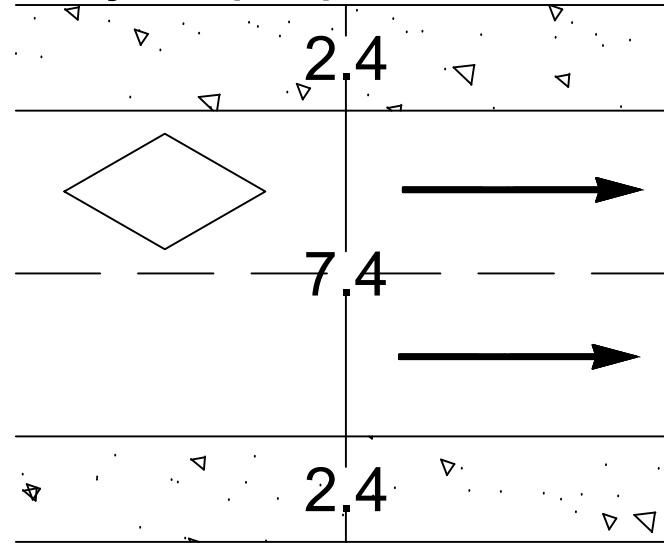
H - C - 3

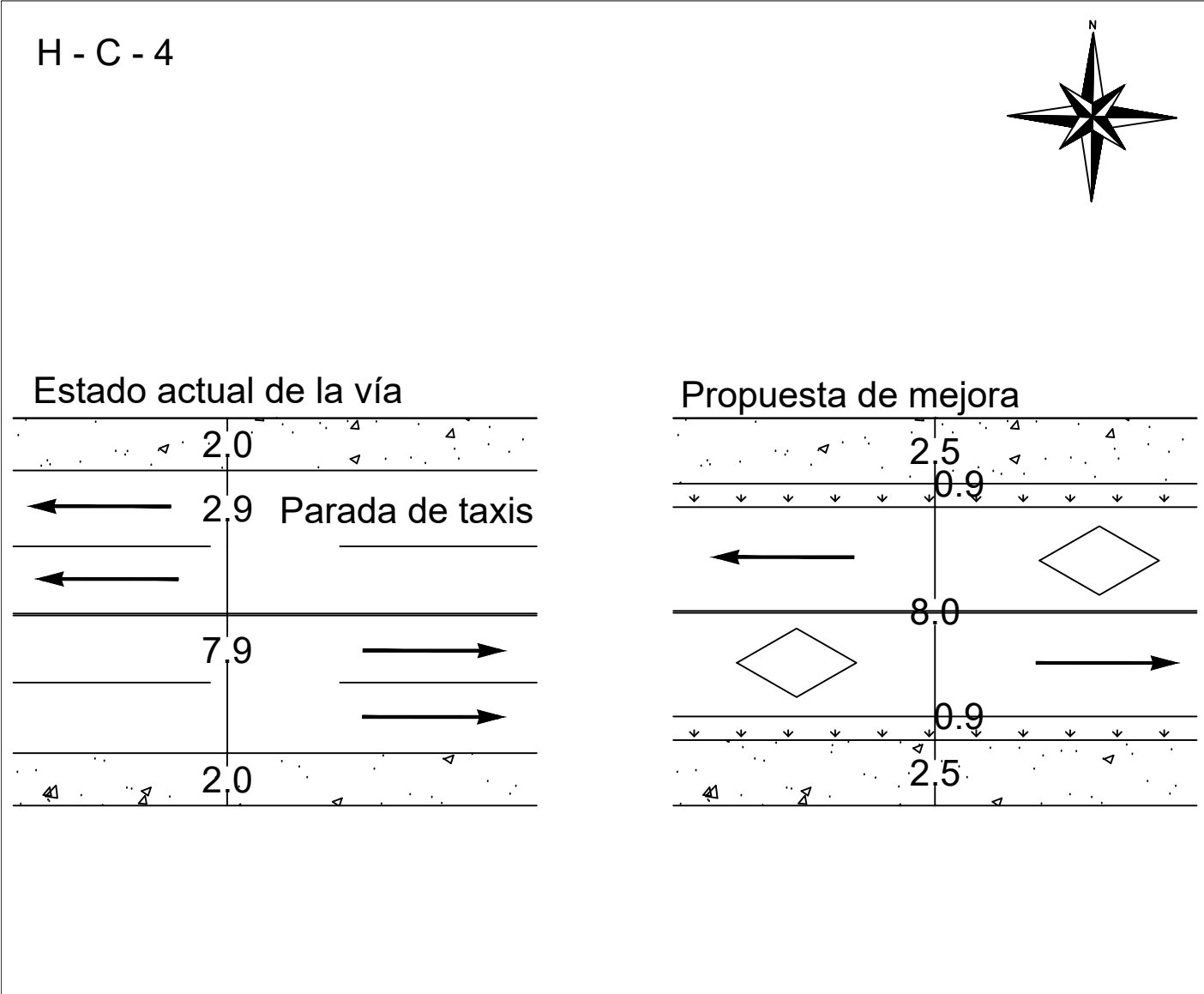


Estado actual

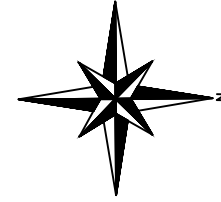


Mejora propuesta

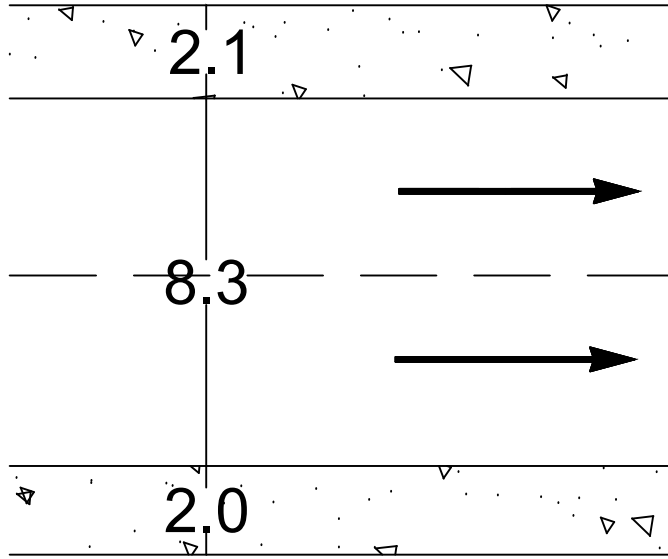




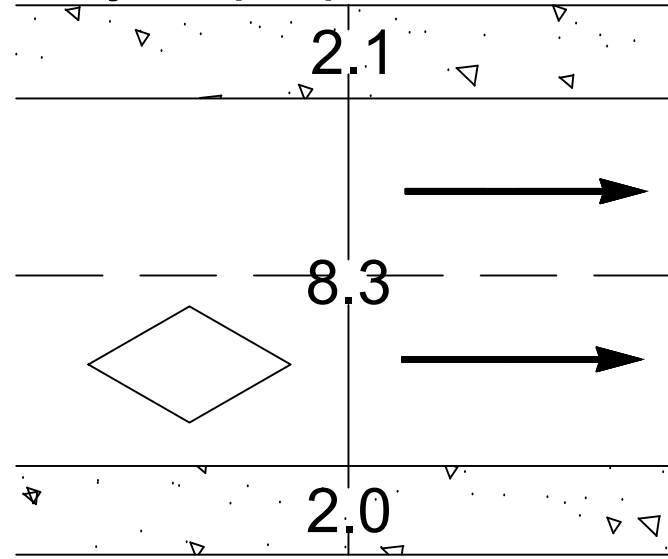
H - C - 5

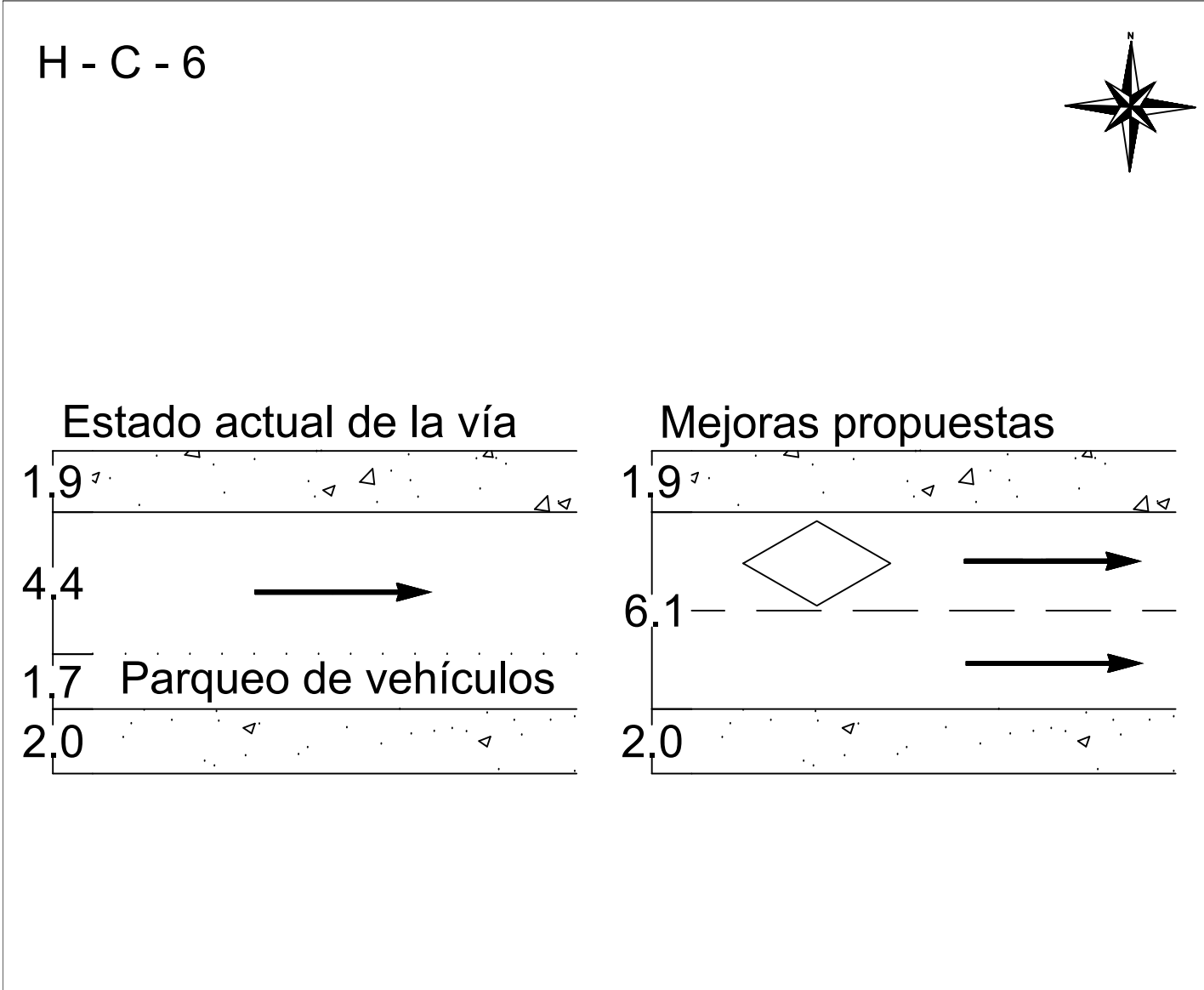


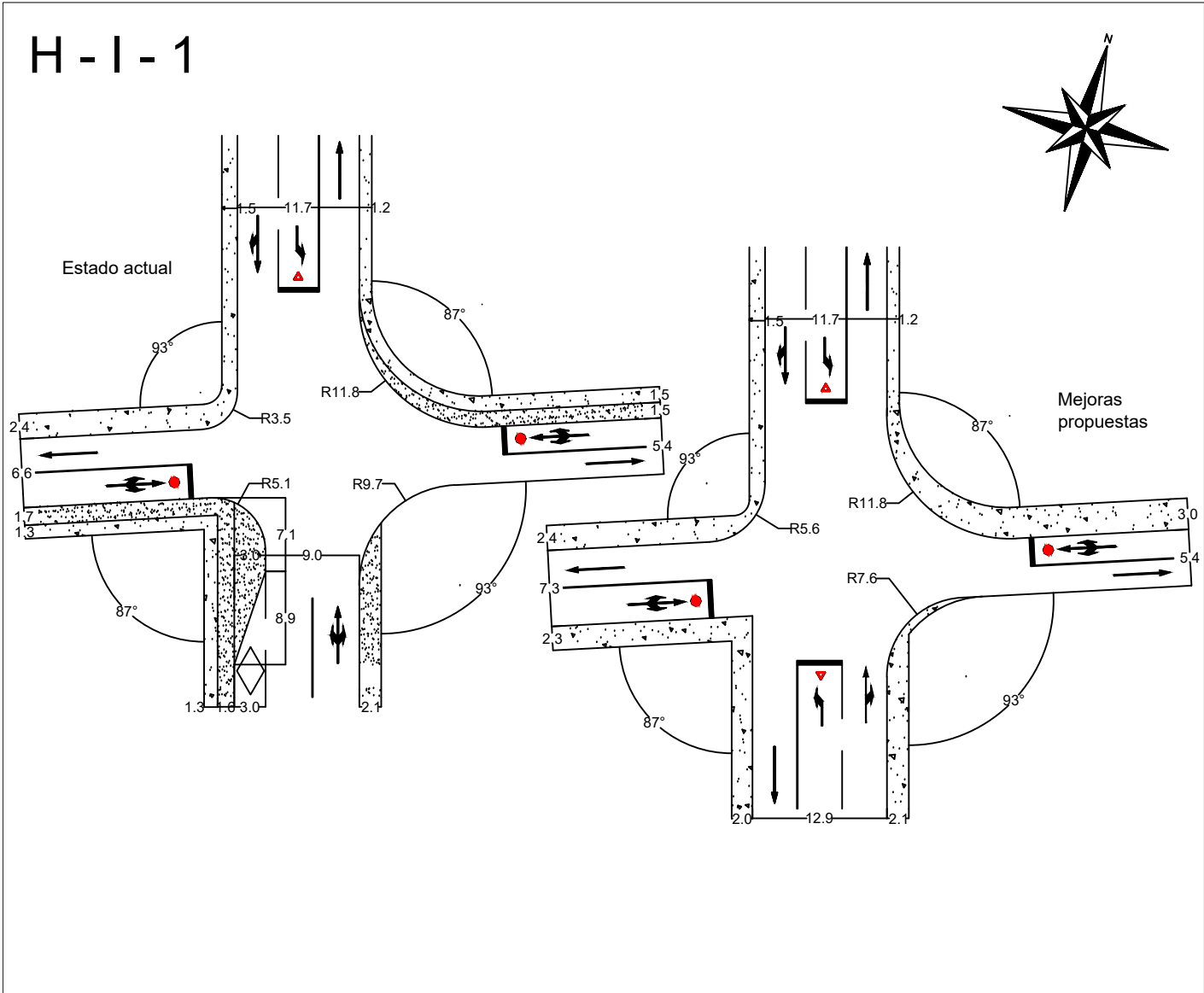
Estado actual

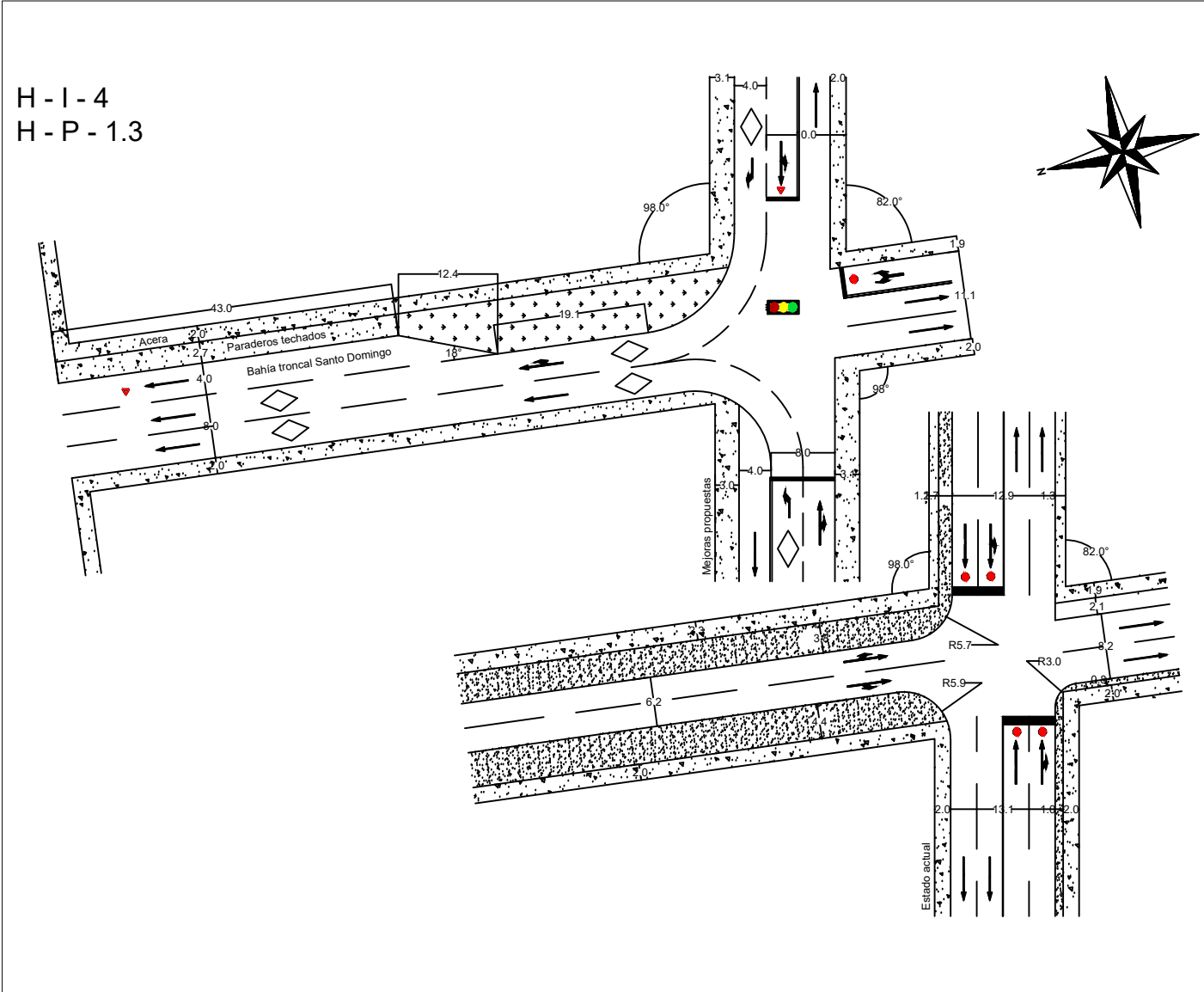


Mejora propuesta

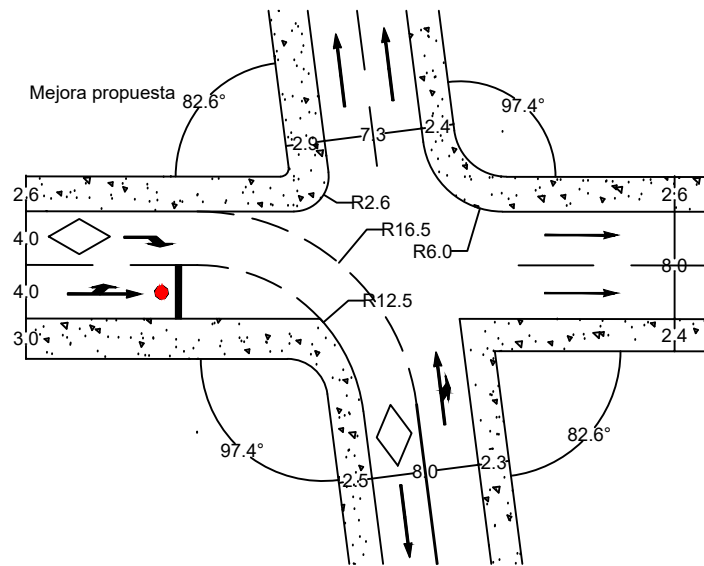
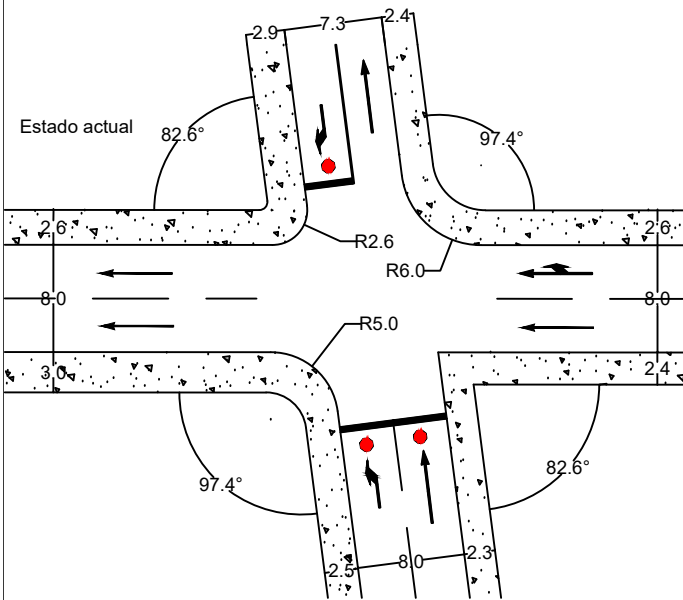
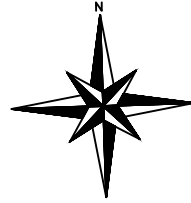


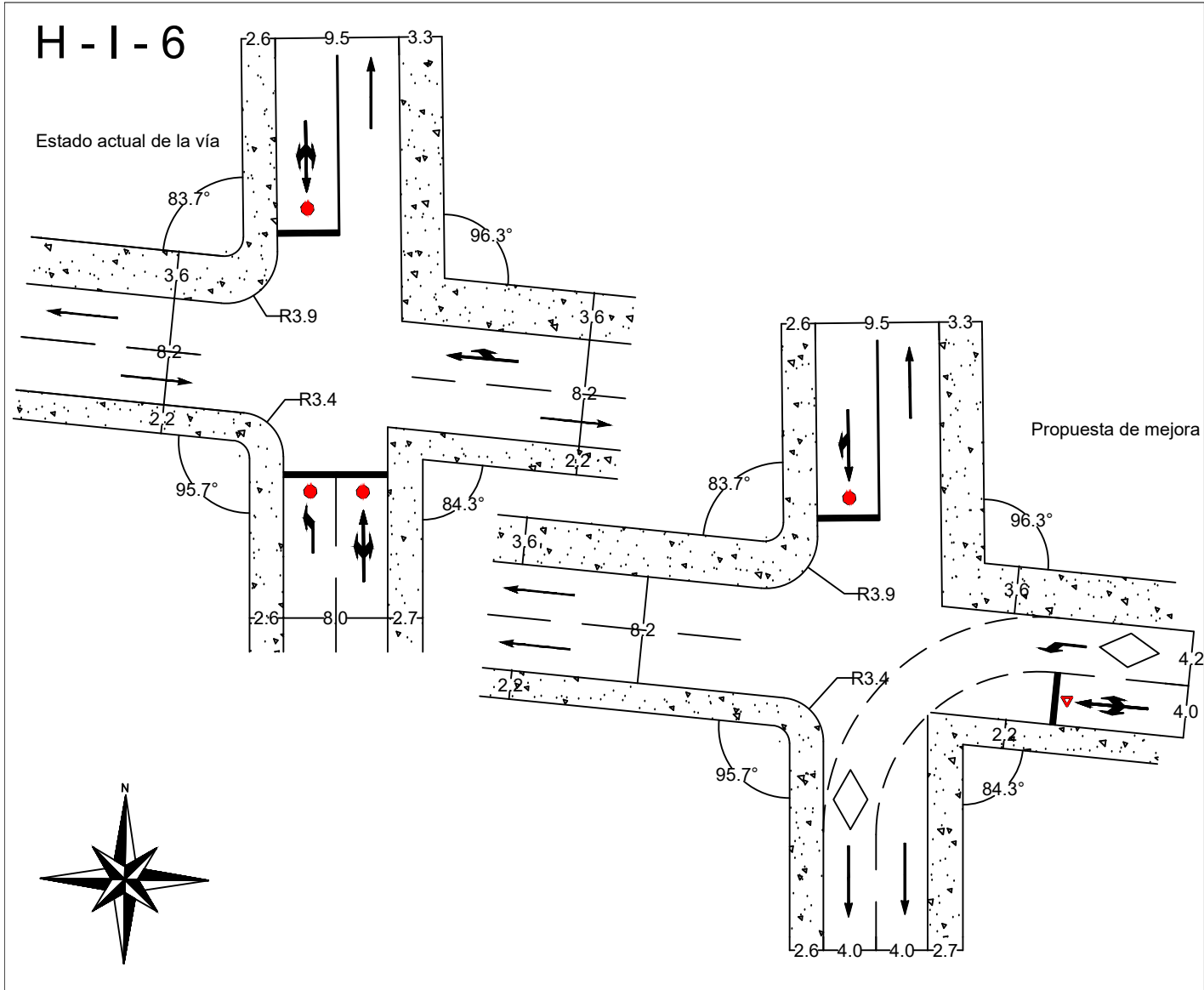




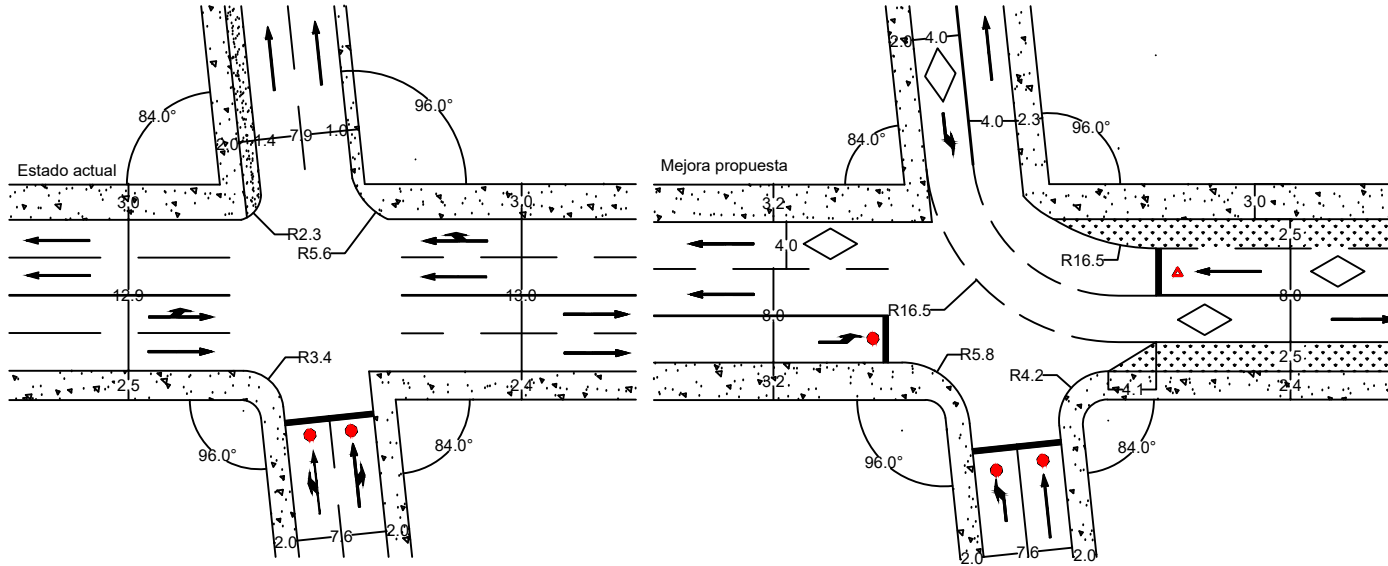
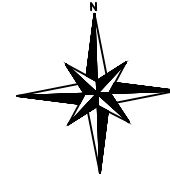


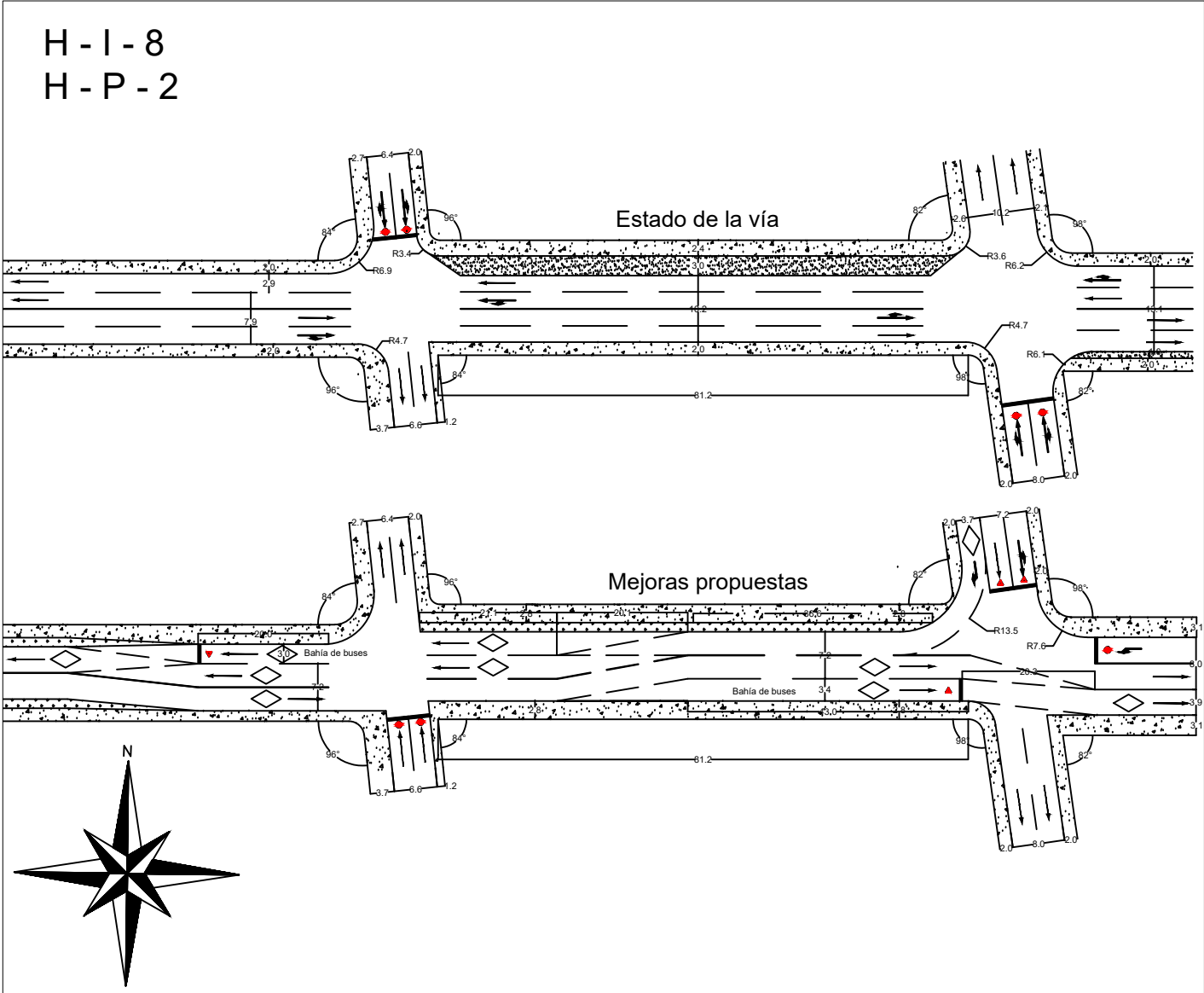
H - I - 5



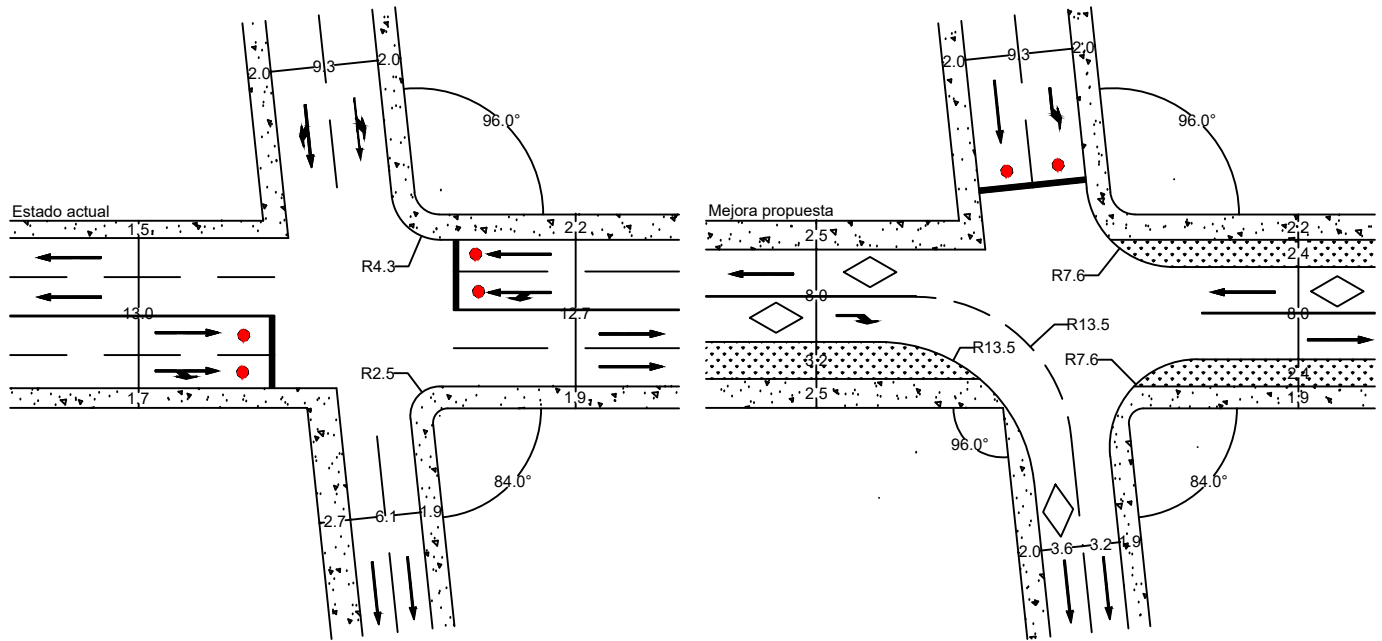
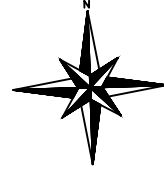


H-1-7

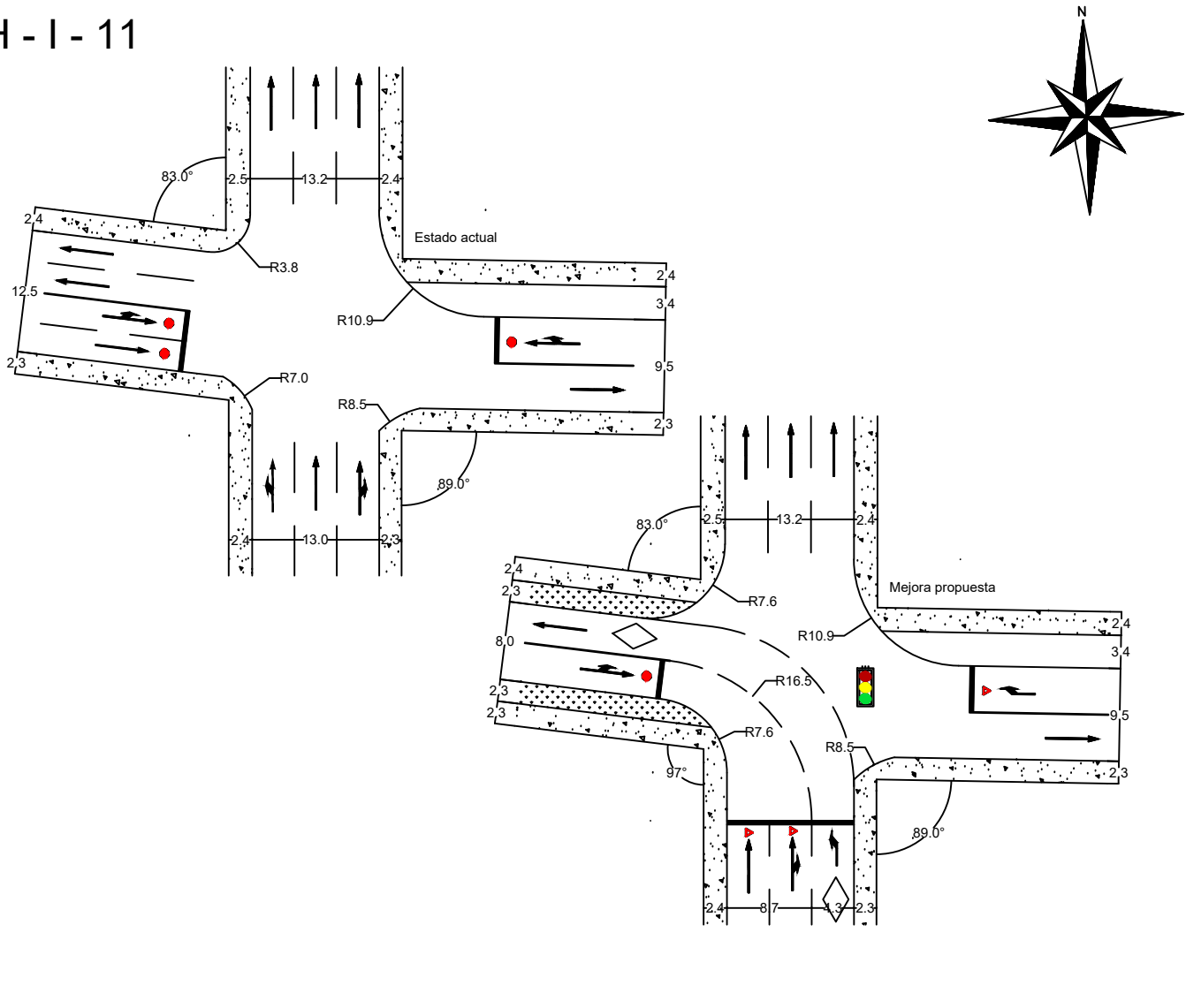




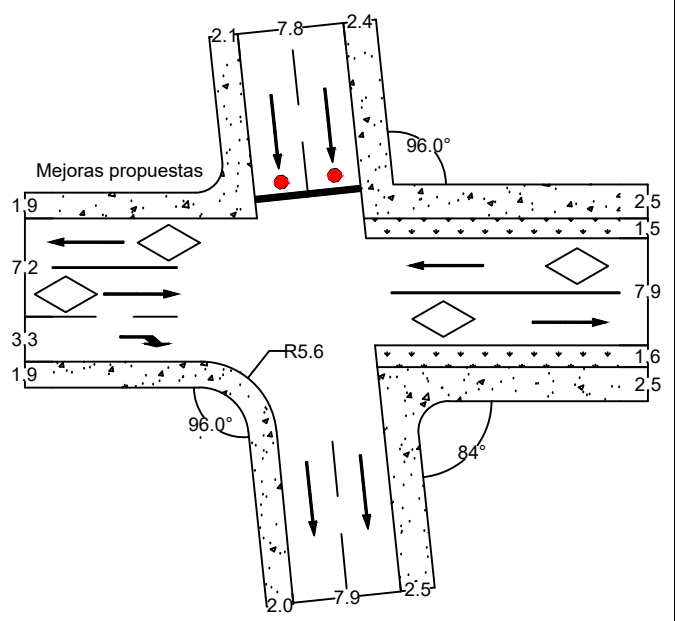
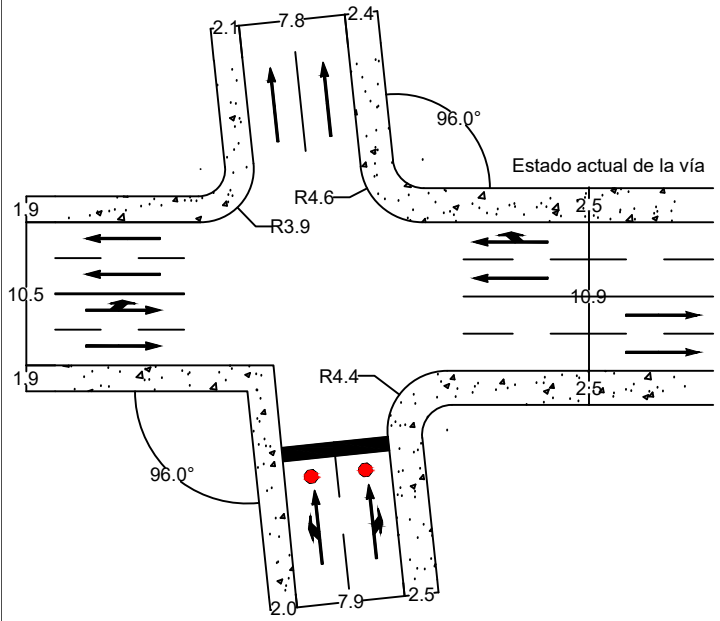
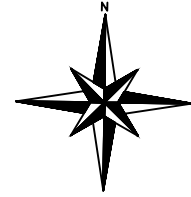
H-1-9



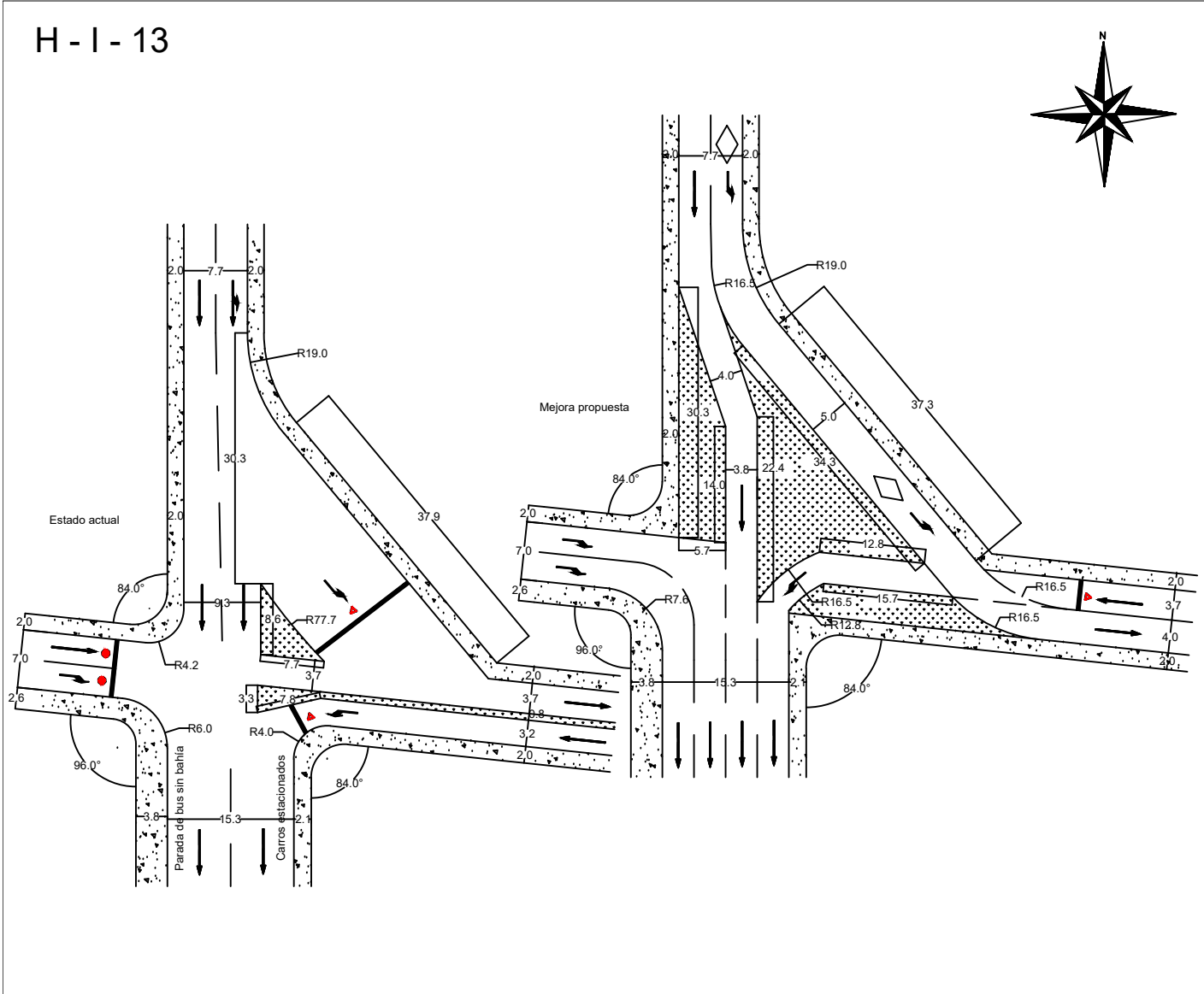
H - I - 11

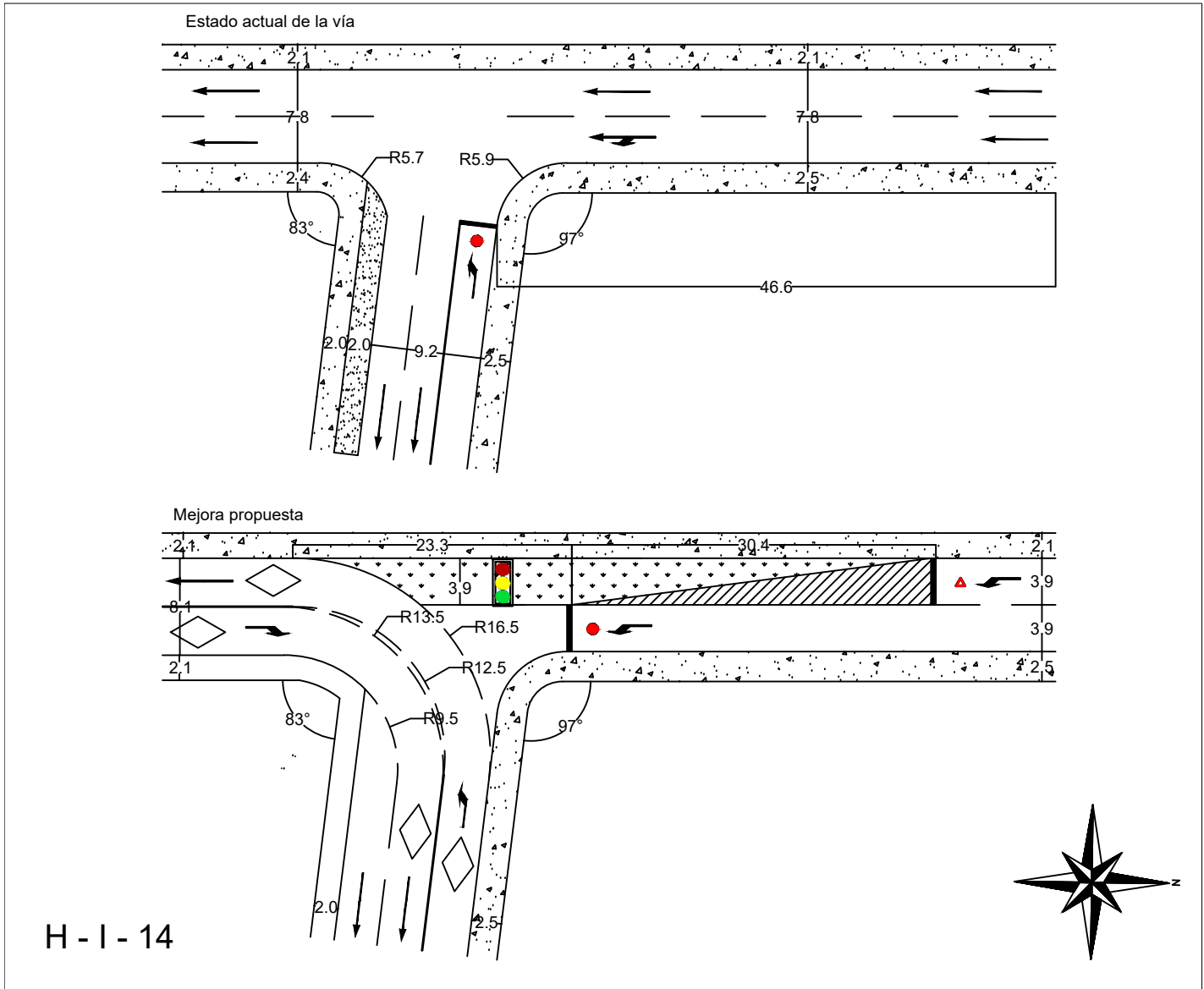


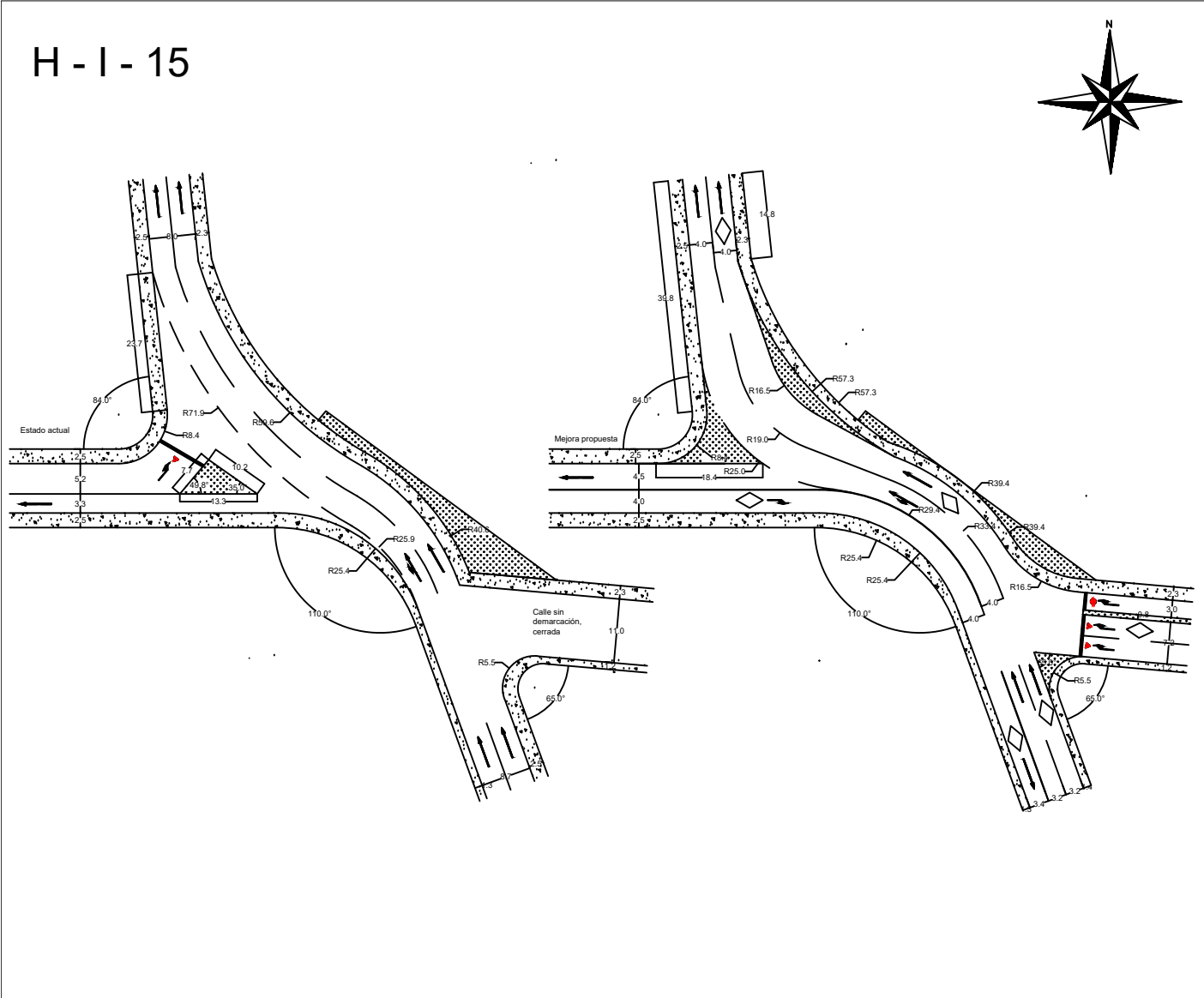
H - I - 12



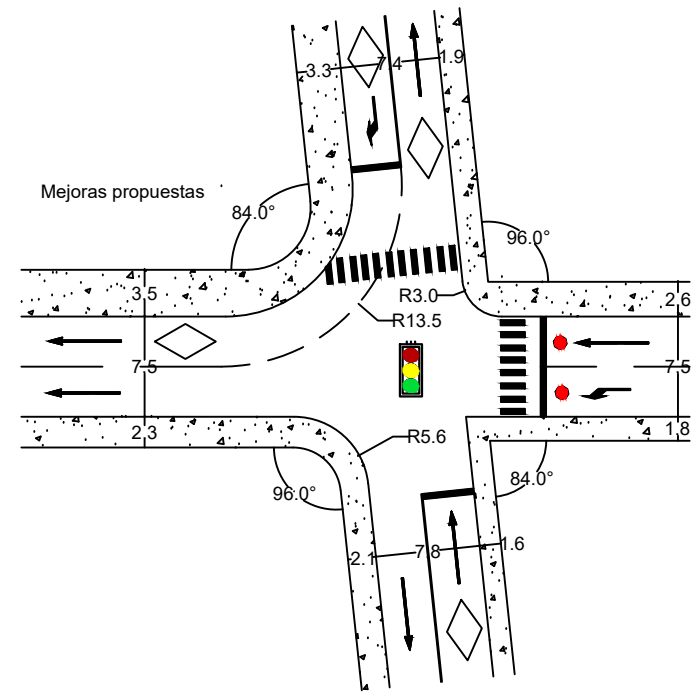
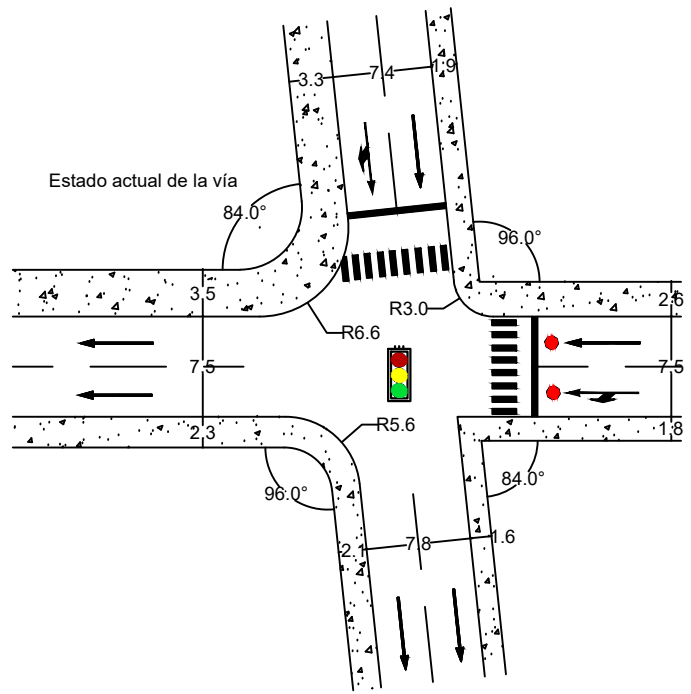
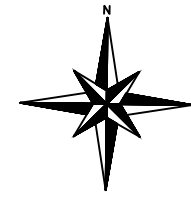
H - I - 13



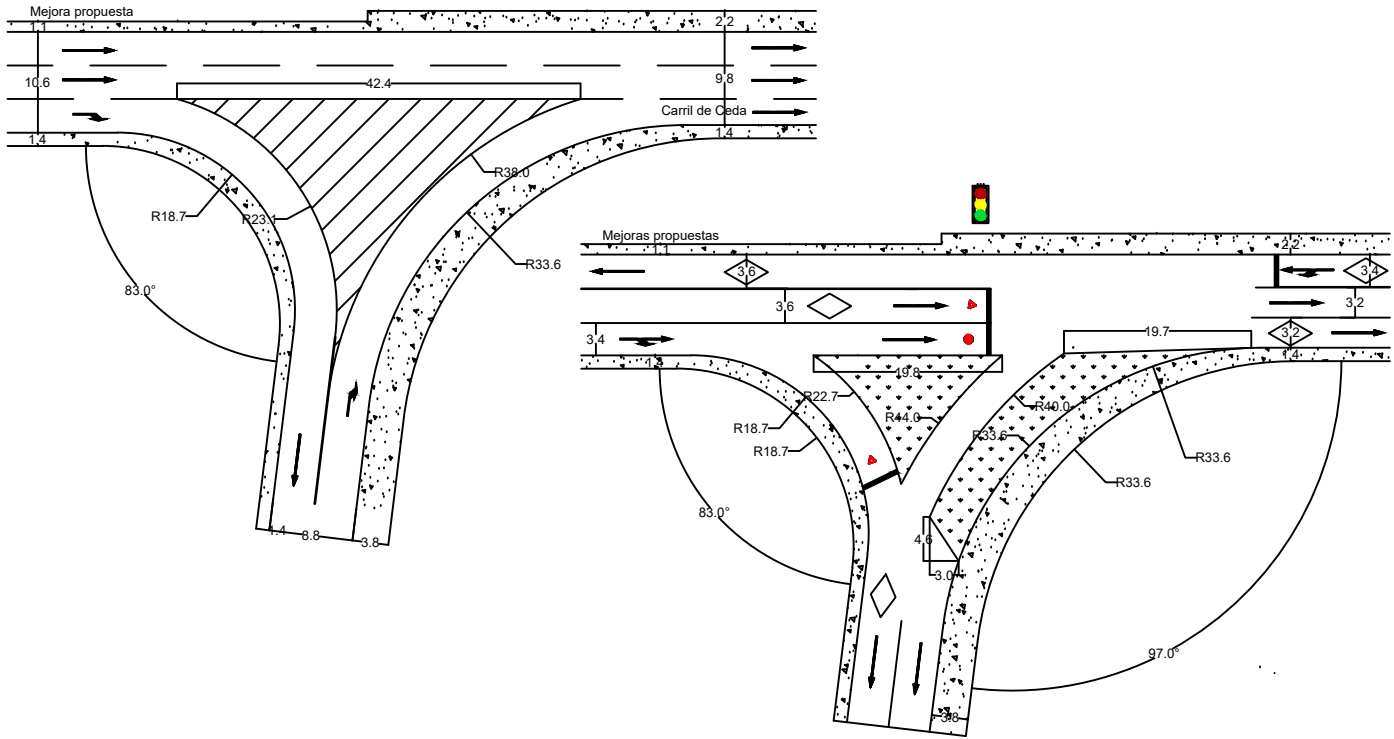
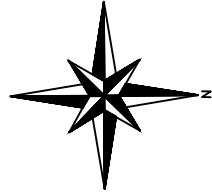




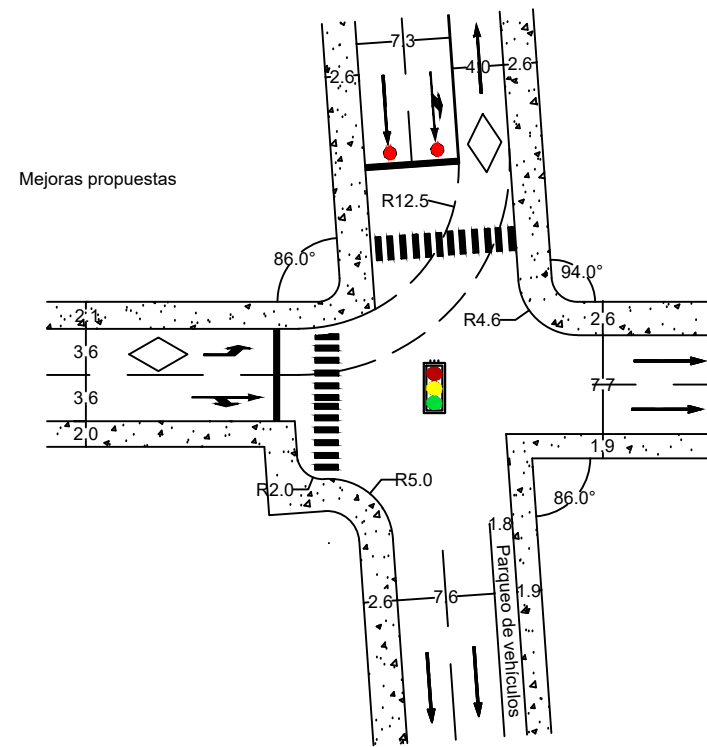
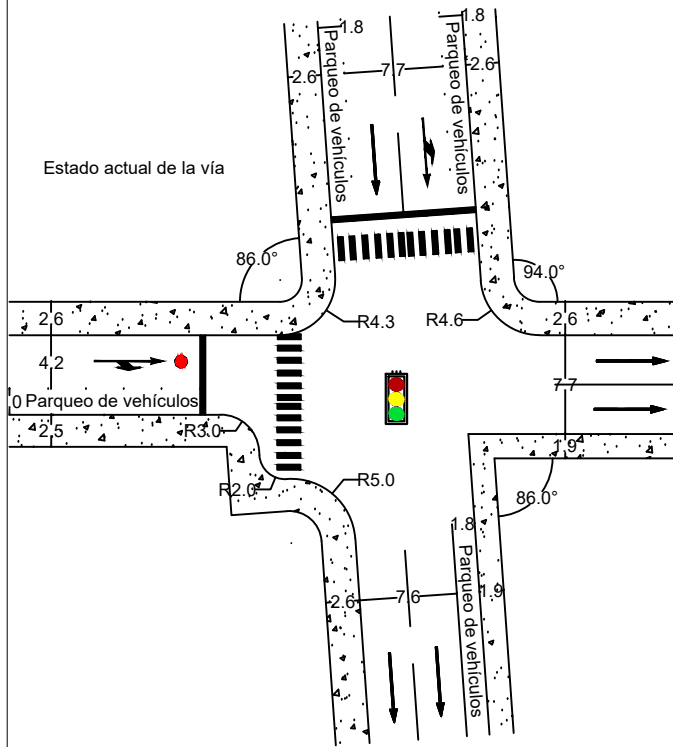
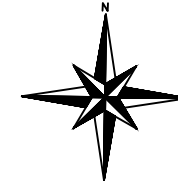
H - I - 16



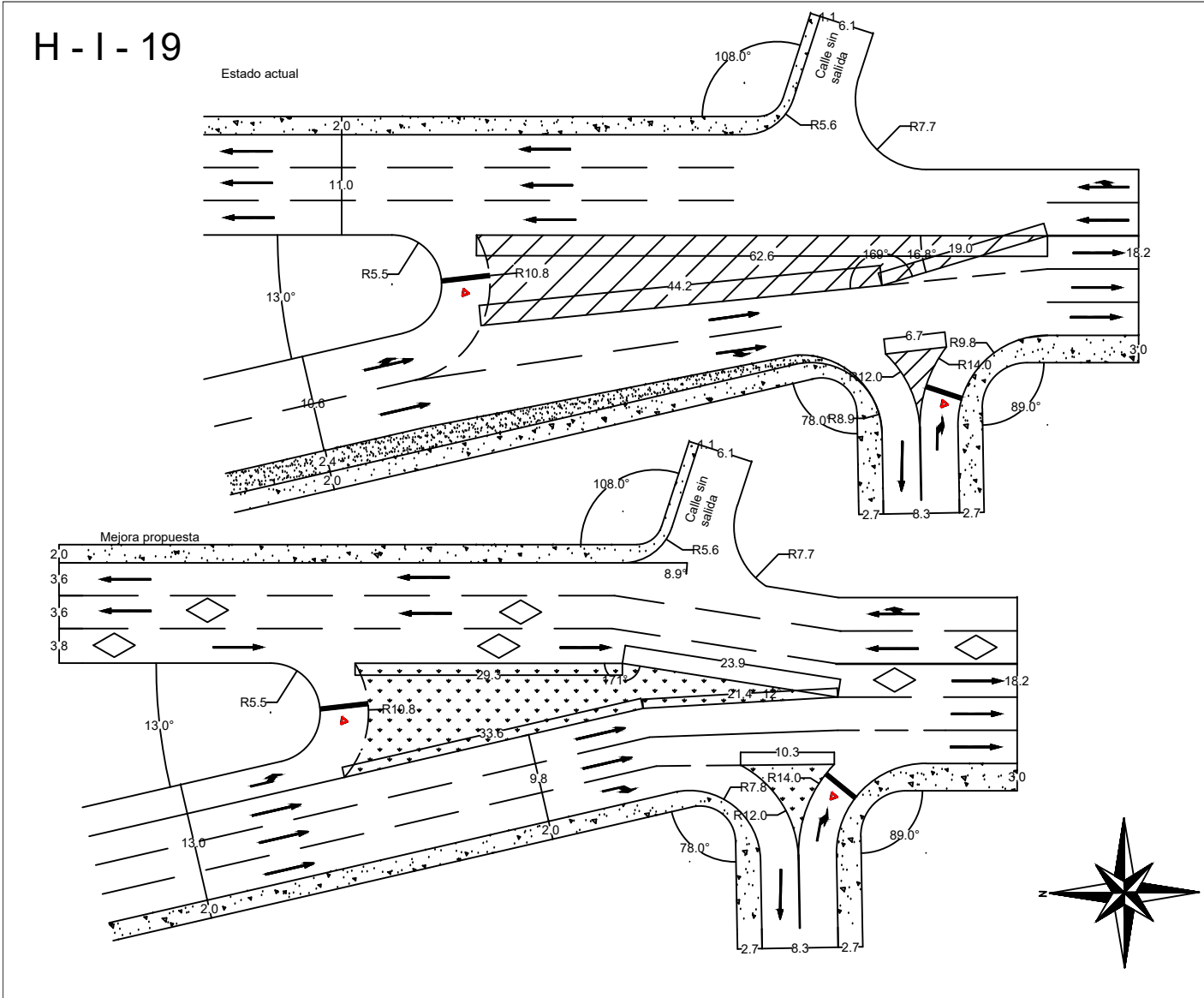
H - I - 17



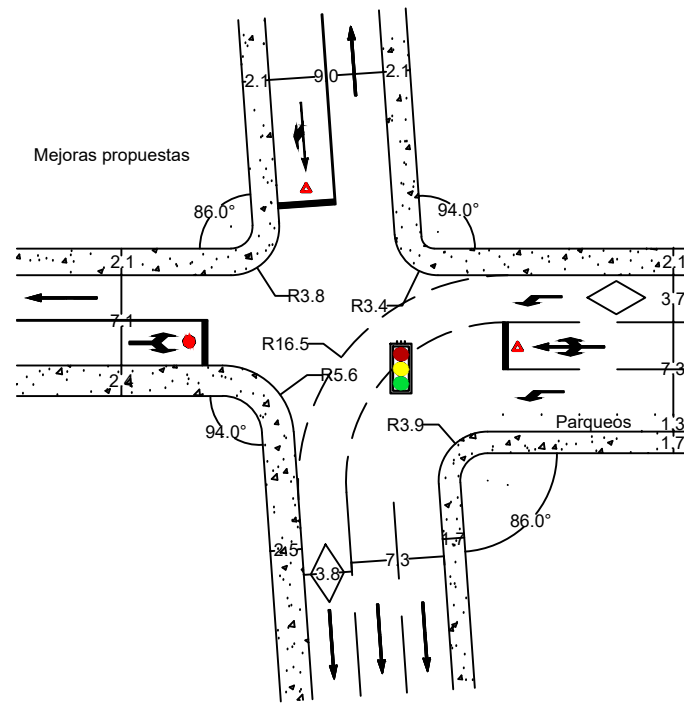
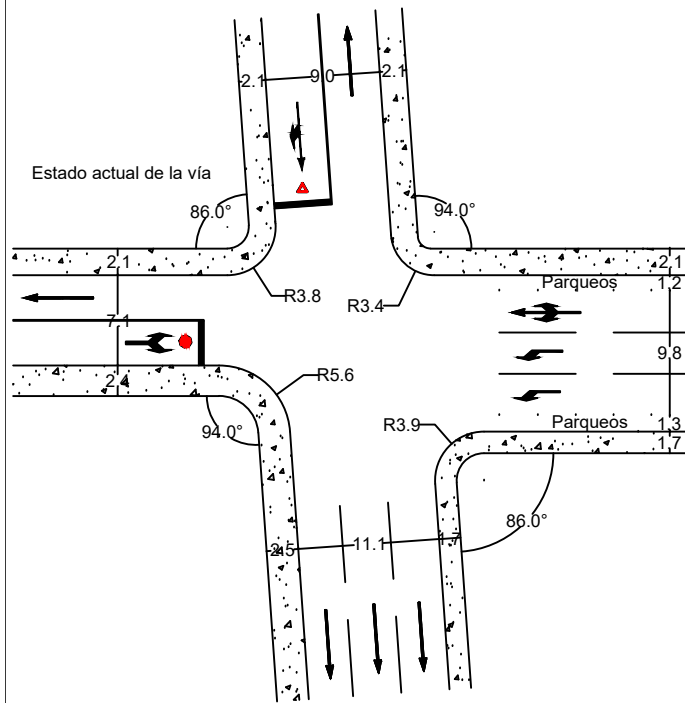
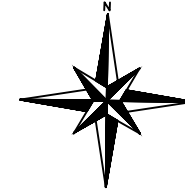
H - I - 18



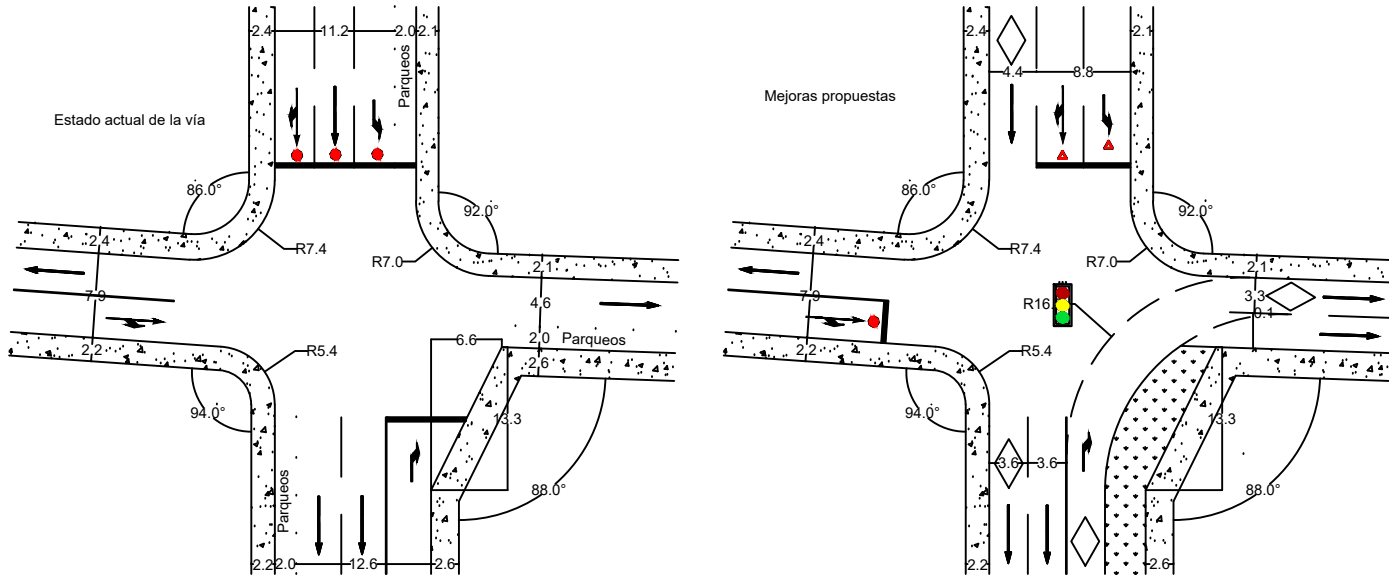
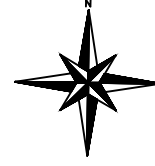
H - I - 19

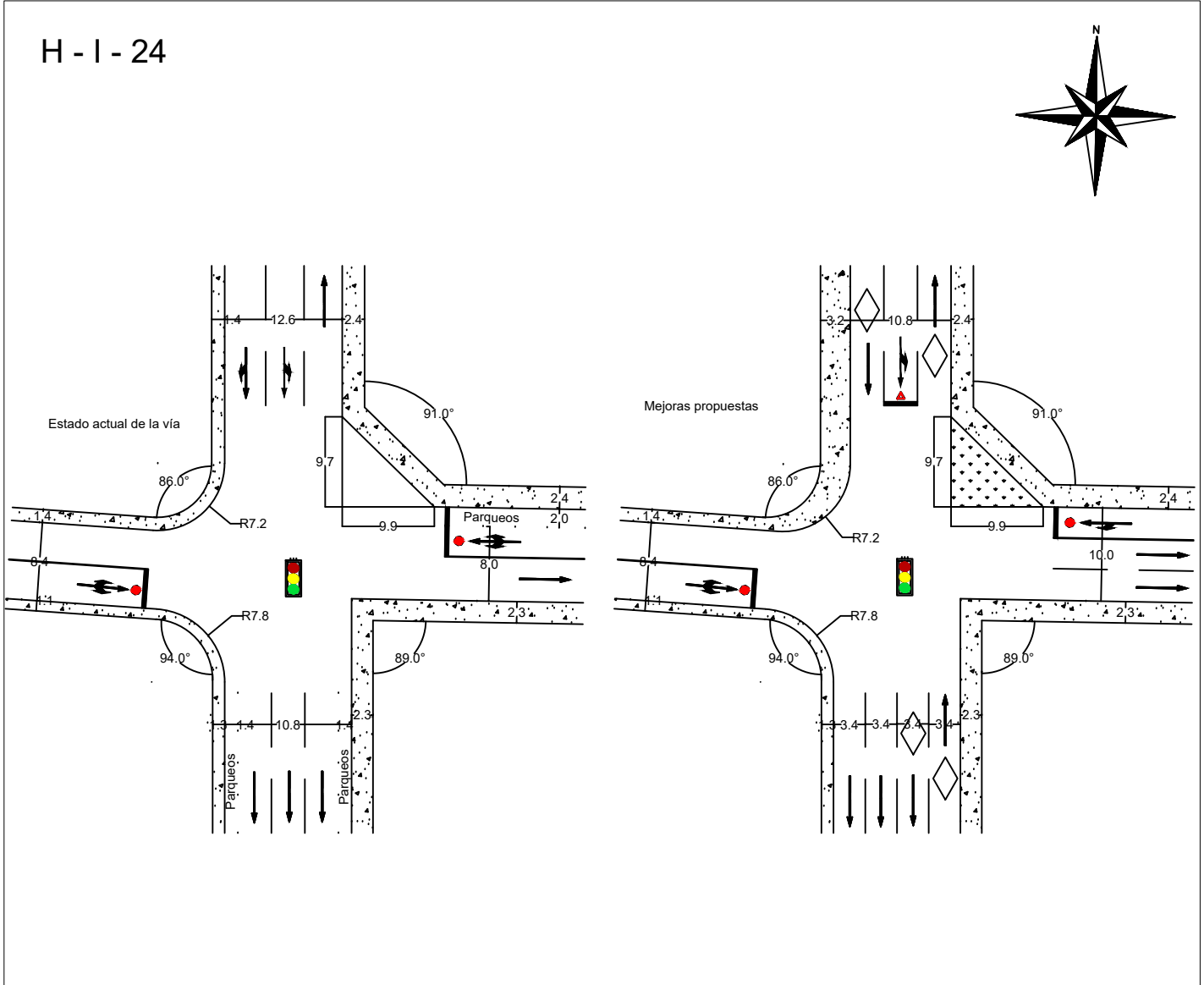


H - I - 20

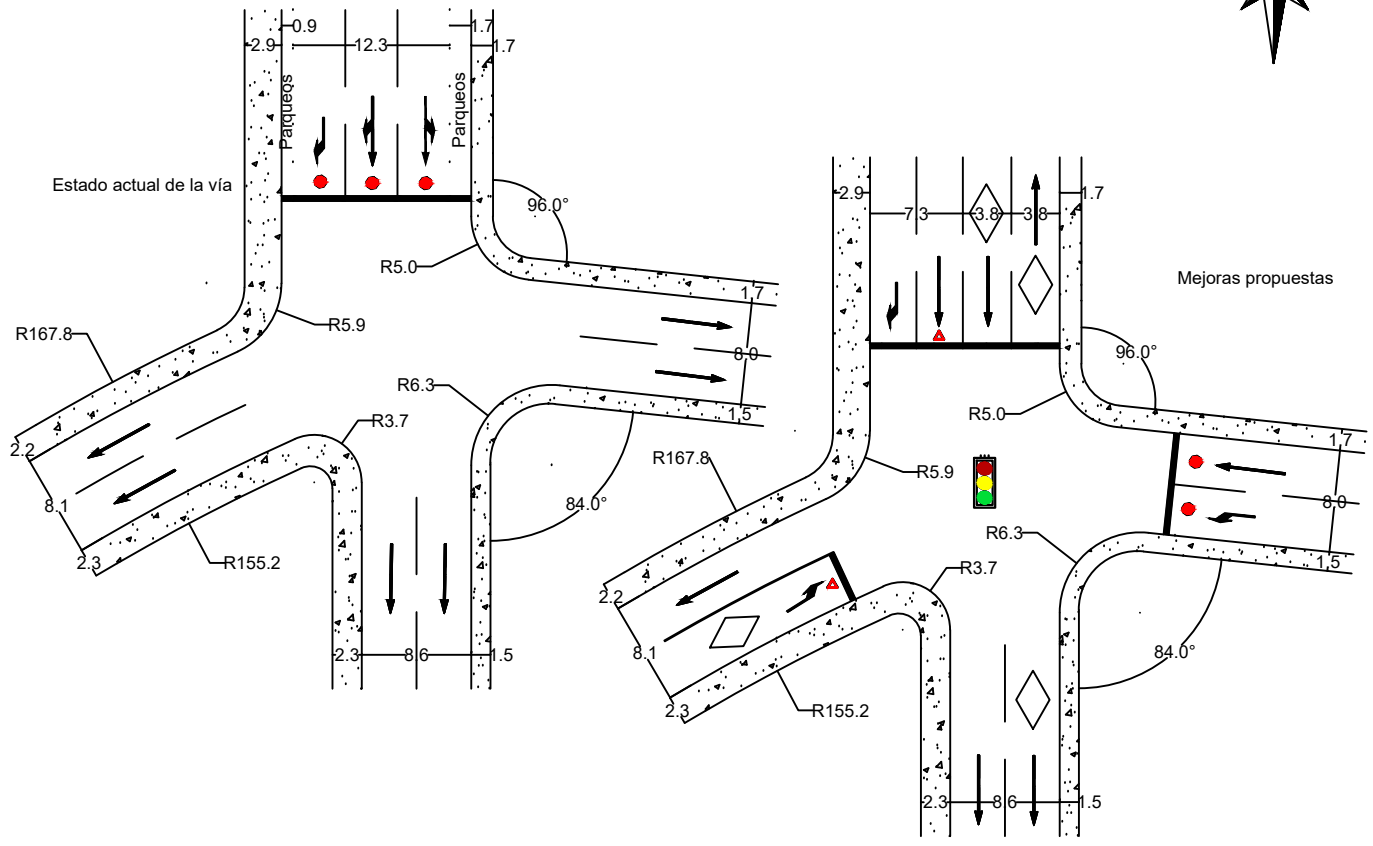
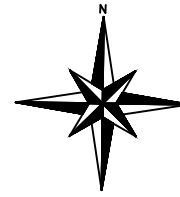


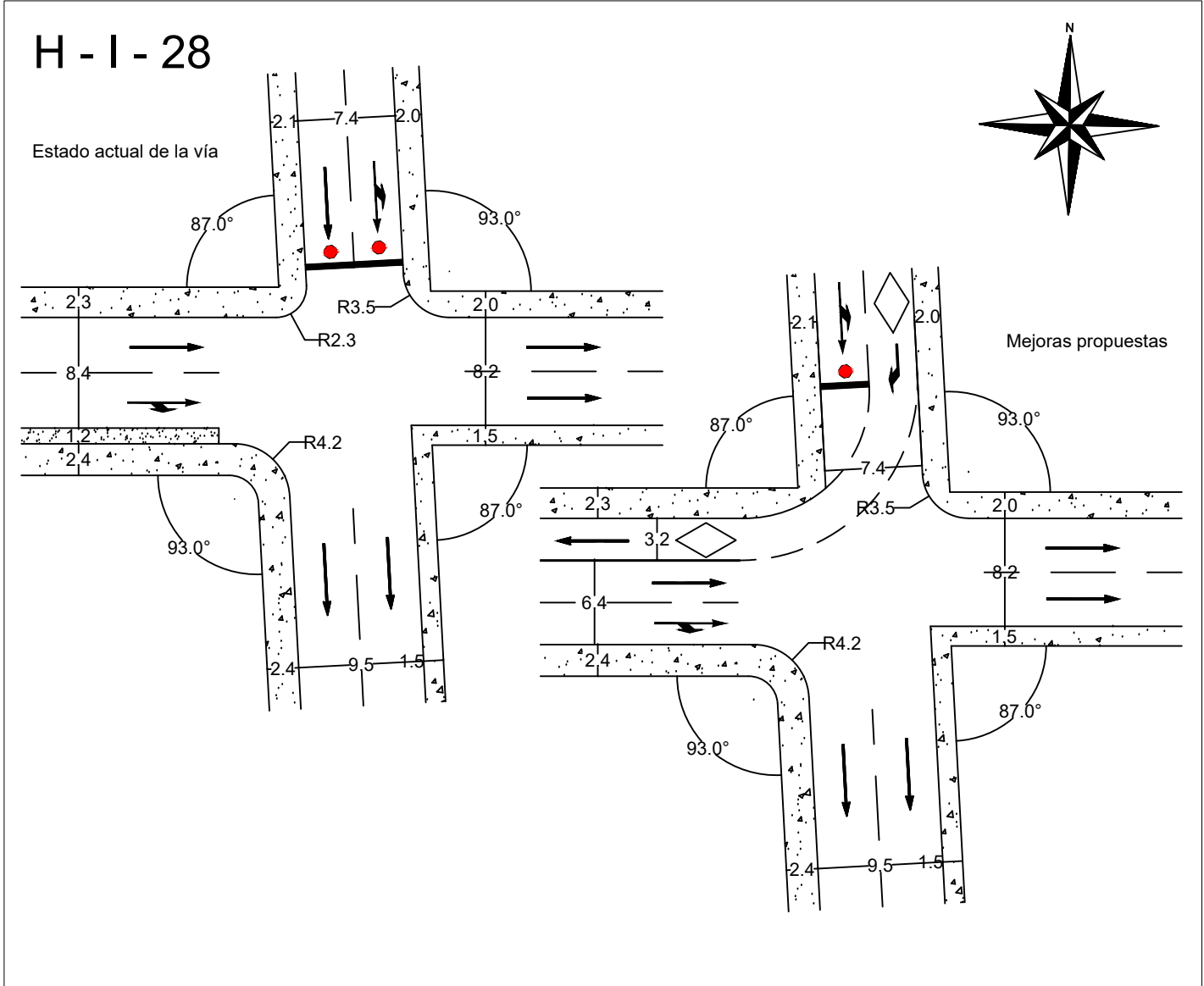
H - I - 22

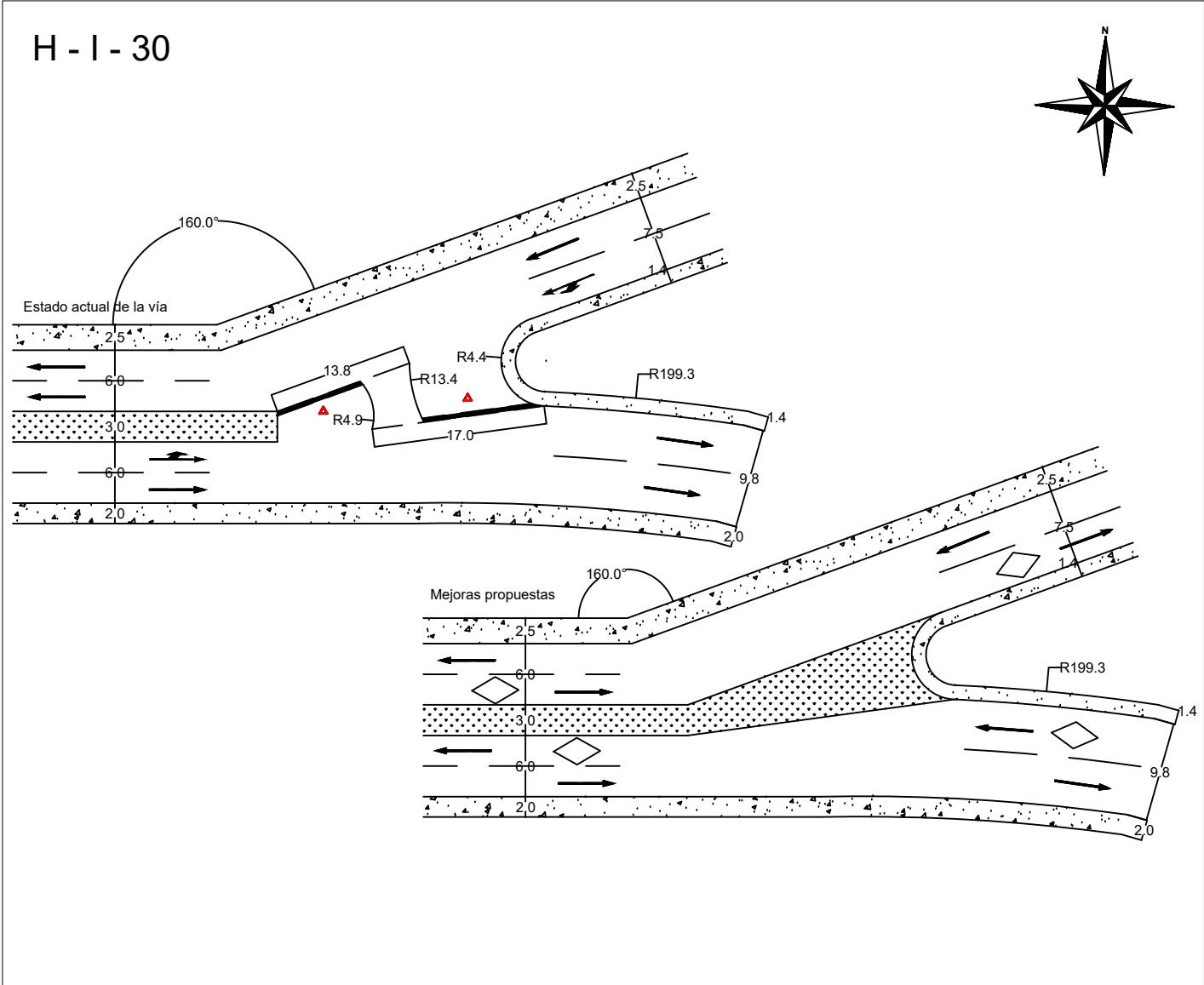


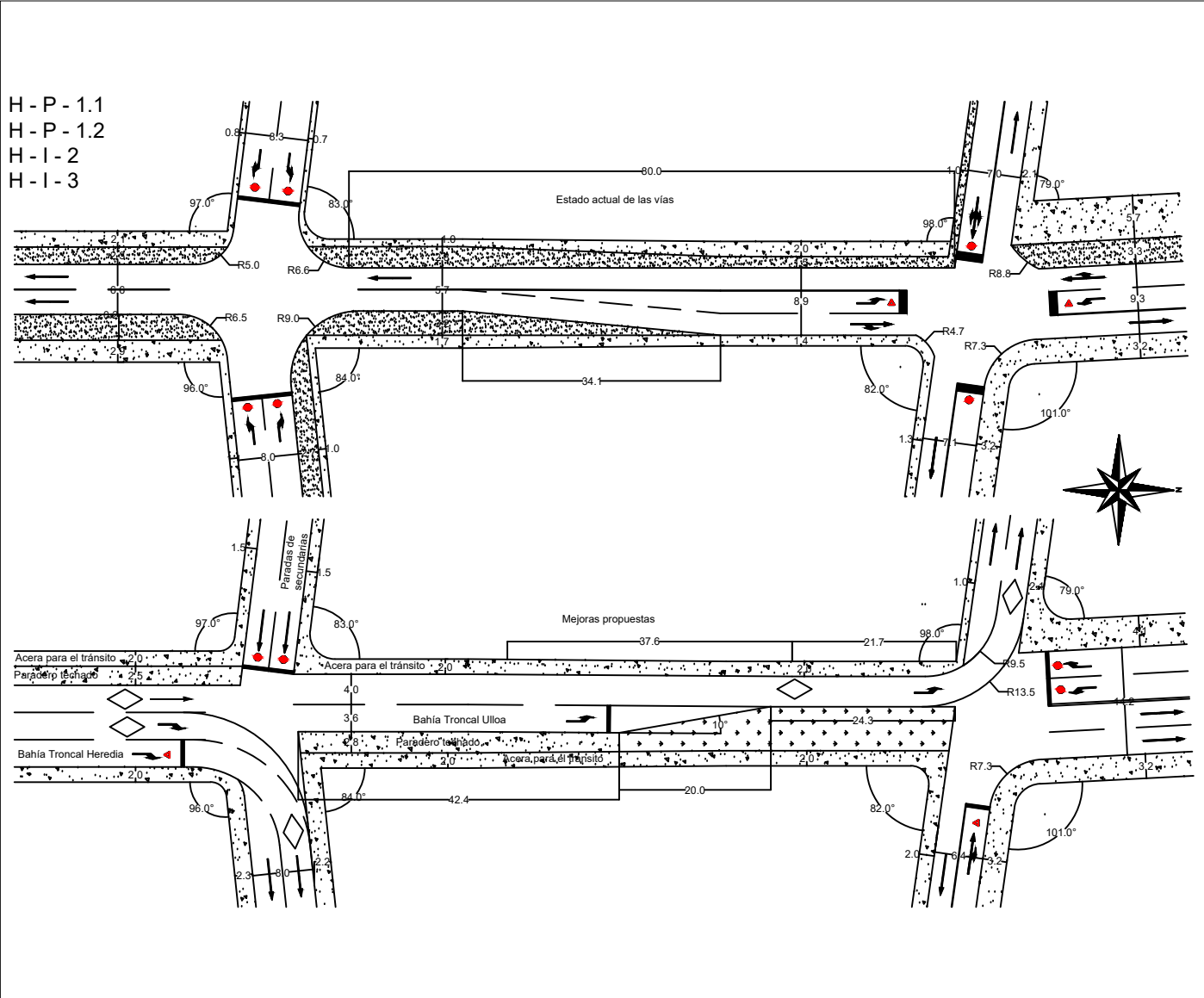


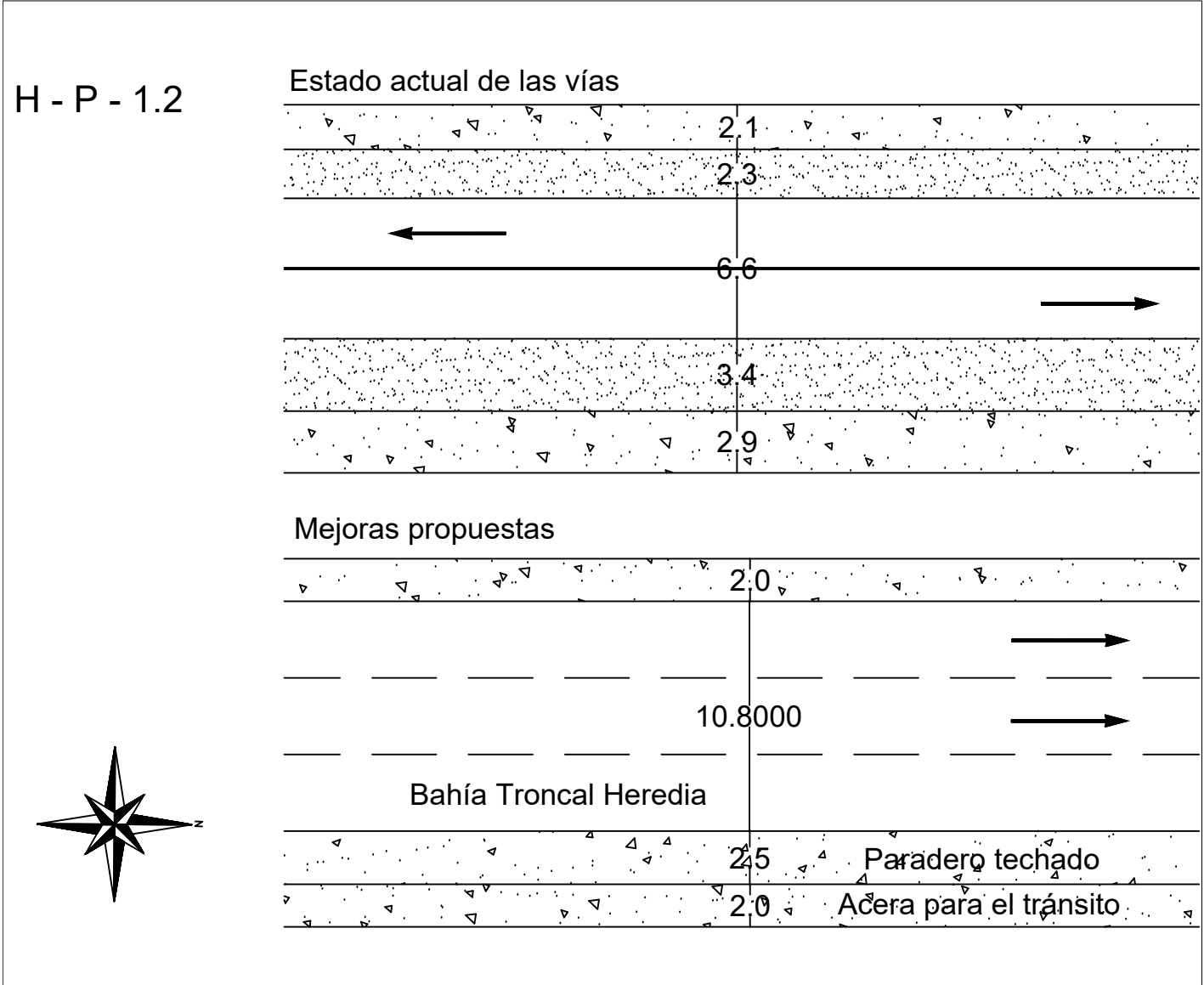
H - I - 26

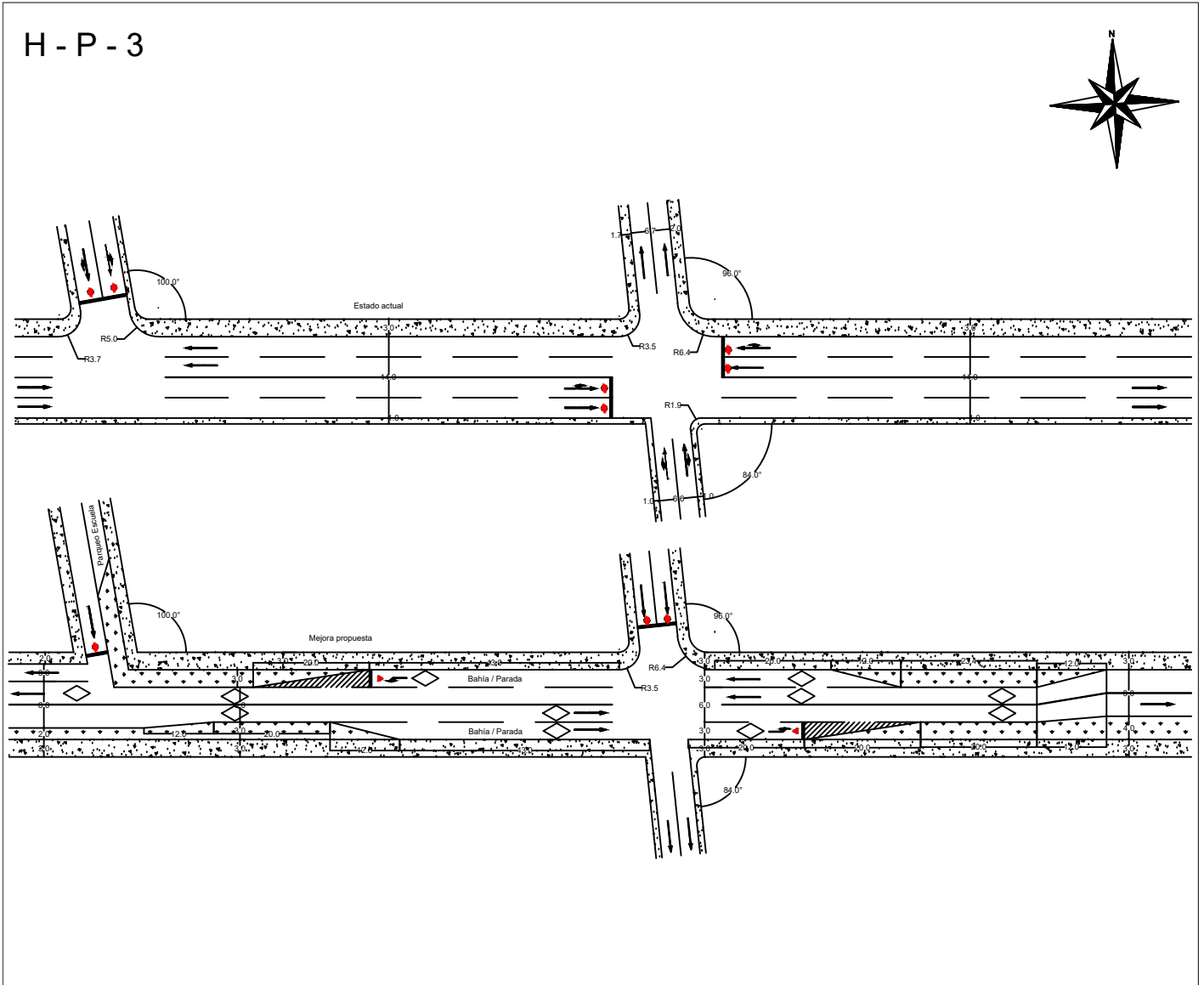


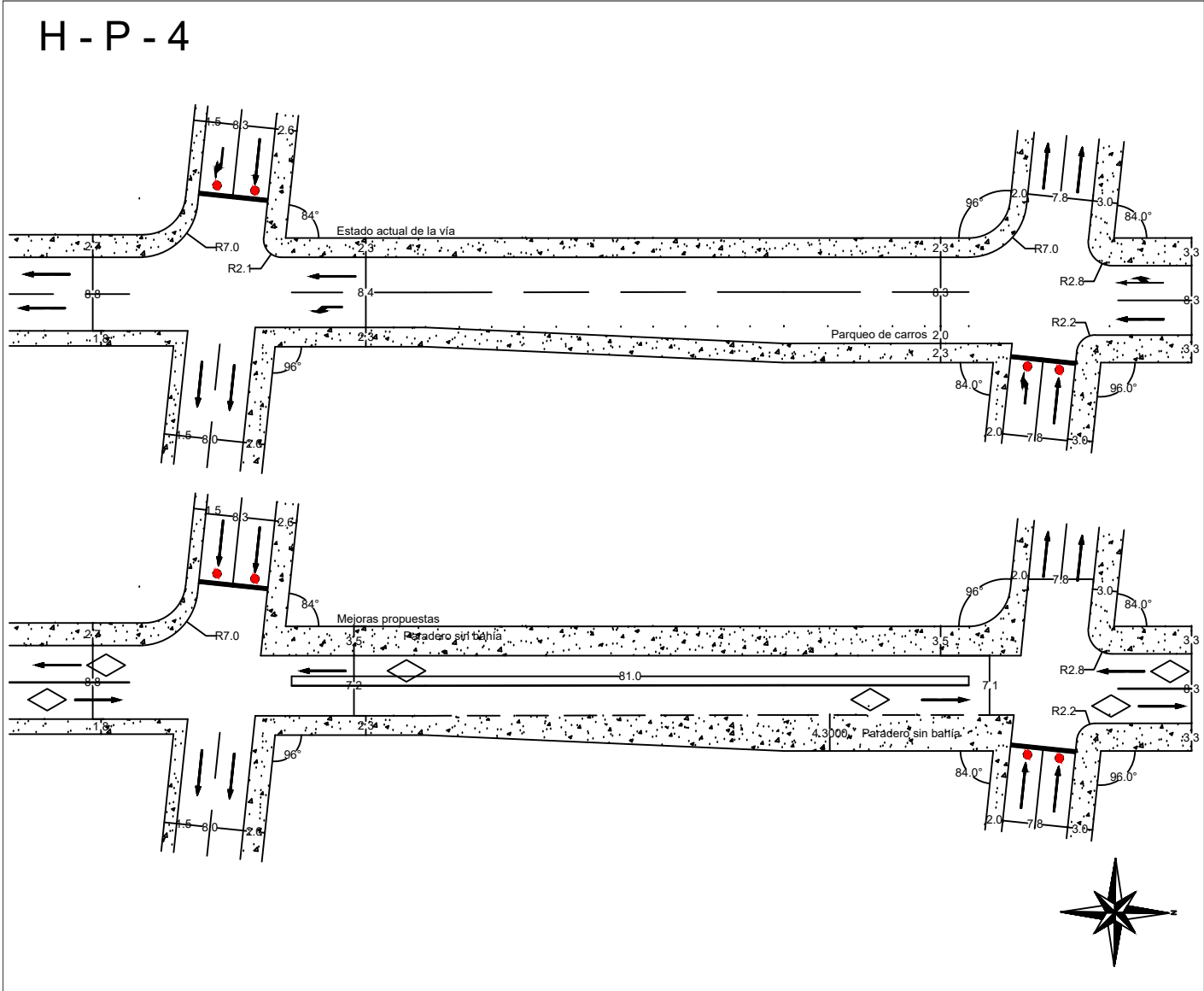


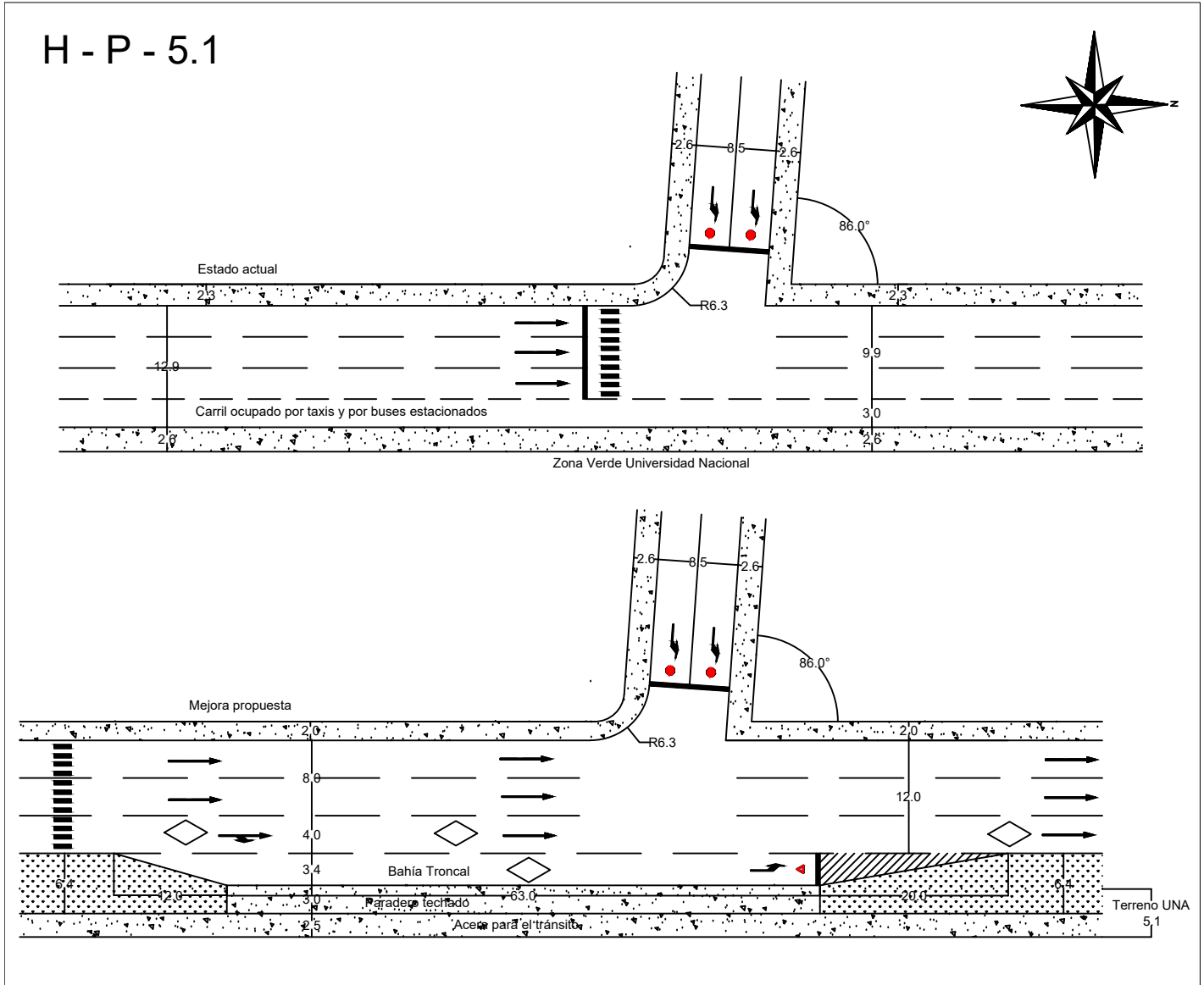




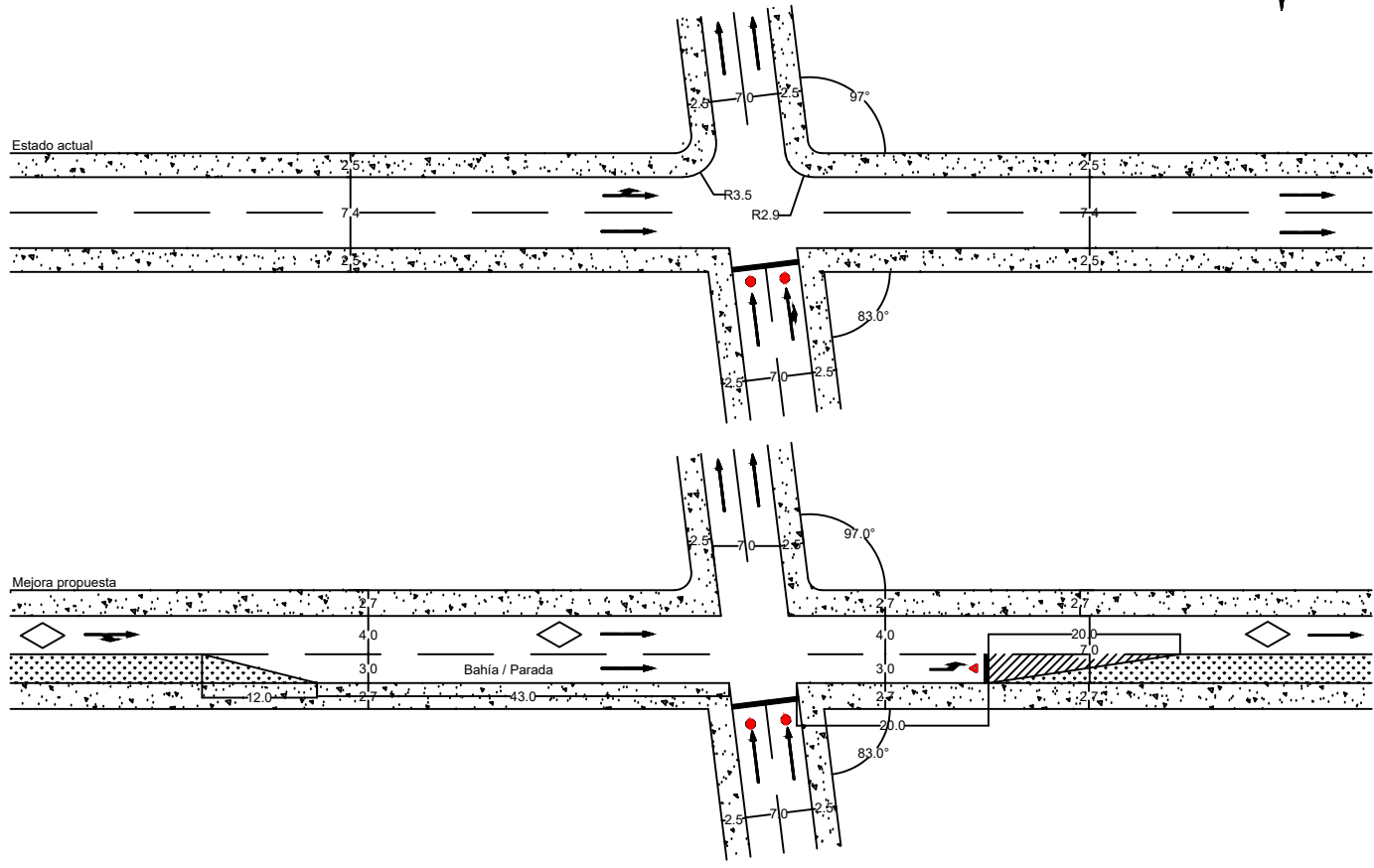
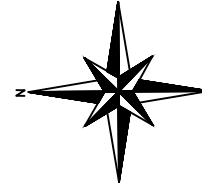




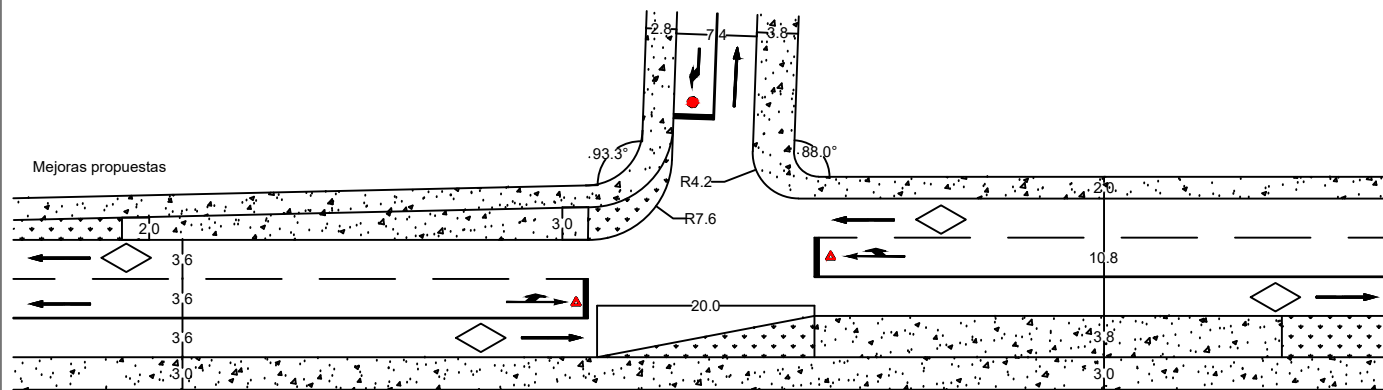
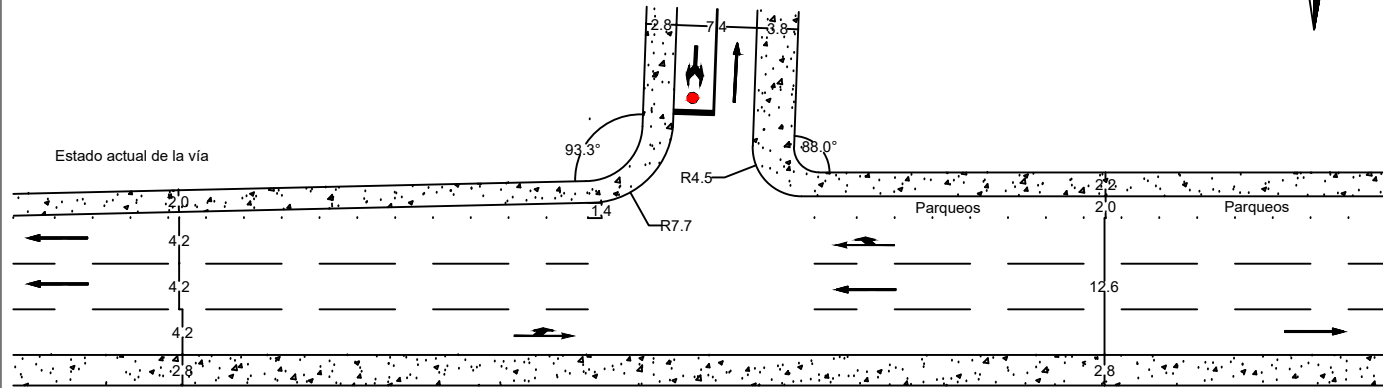
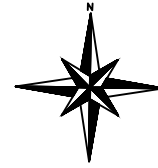


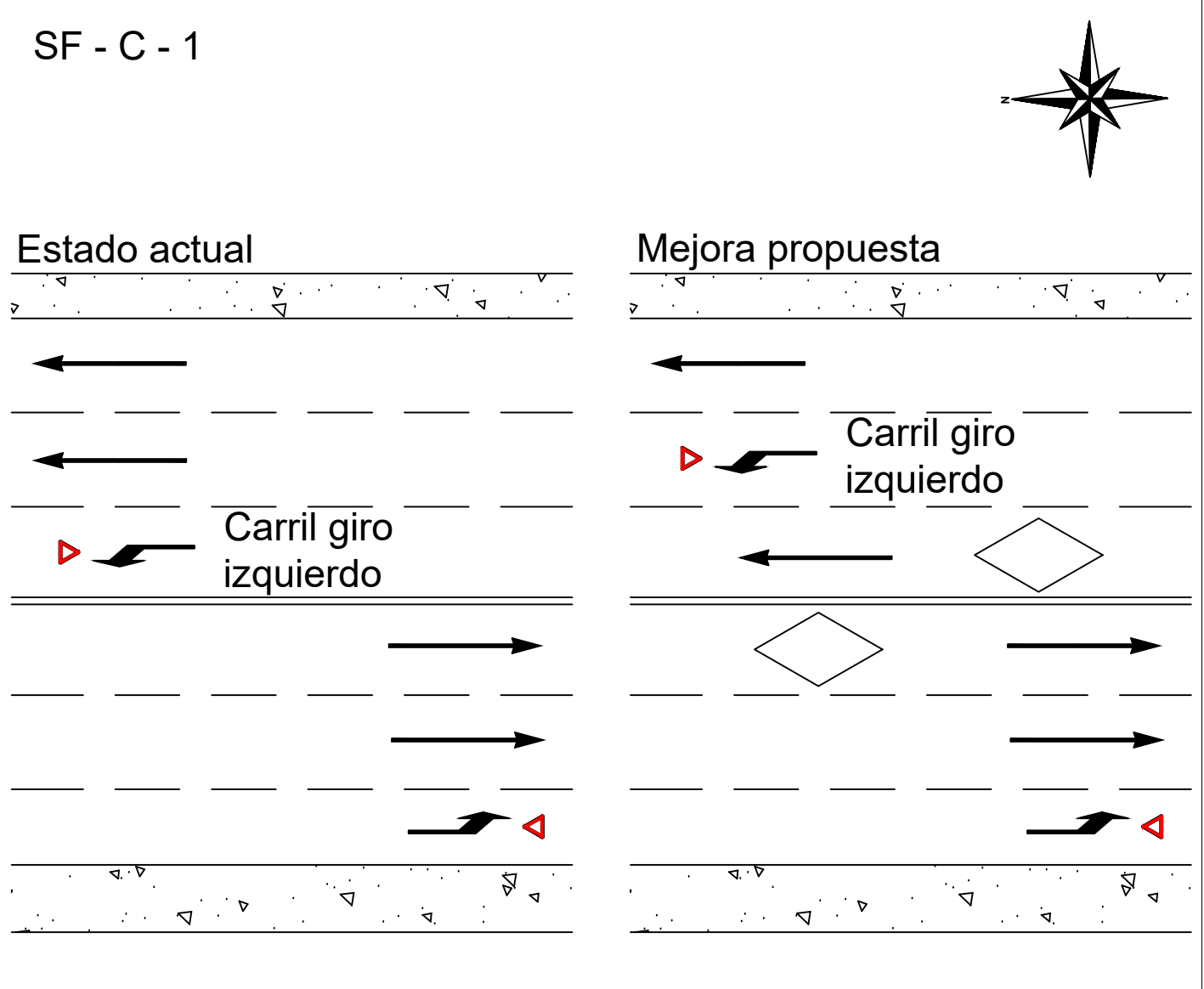


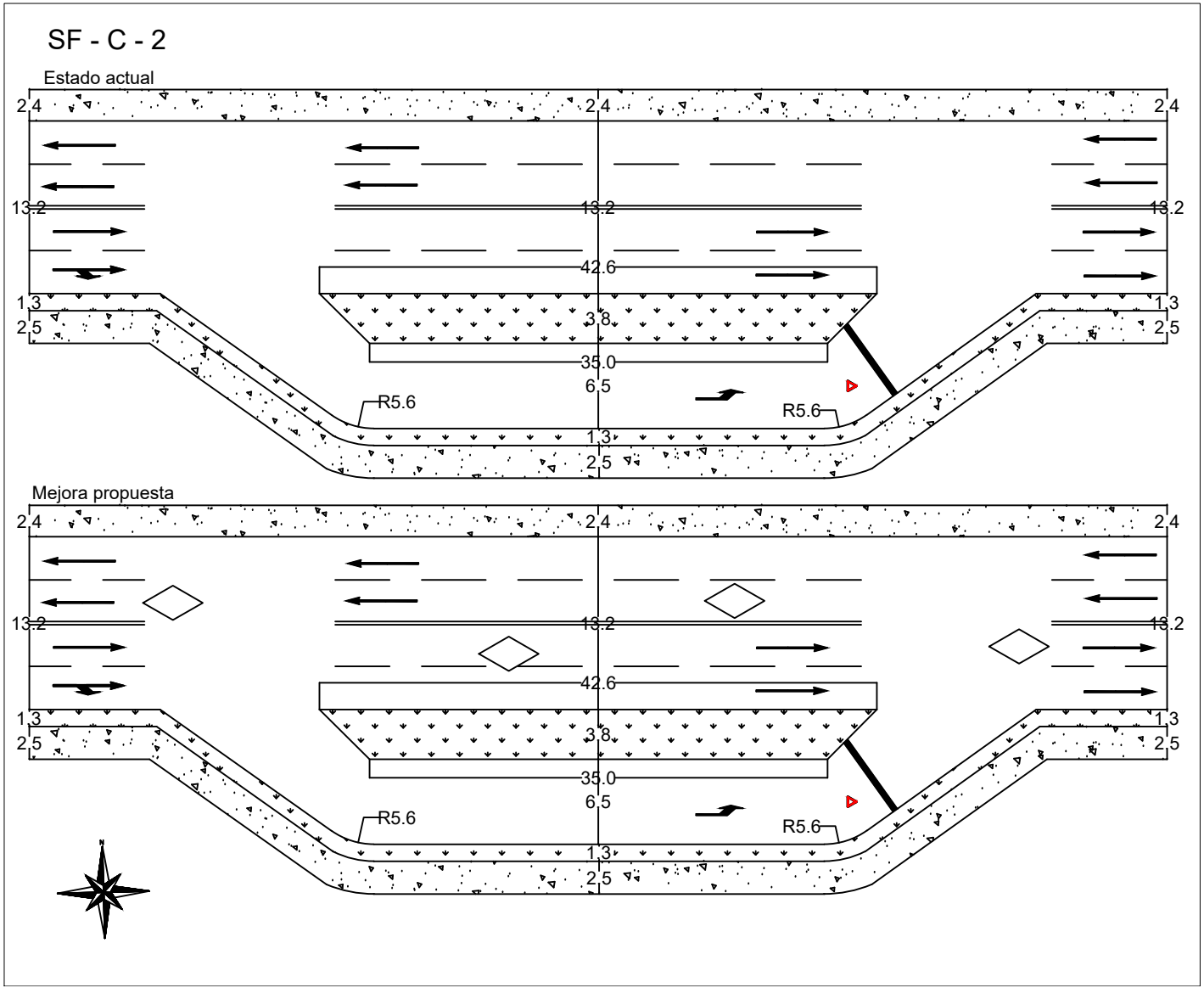
H - P - 5.2



H - P - 6



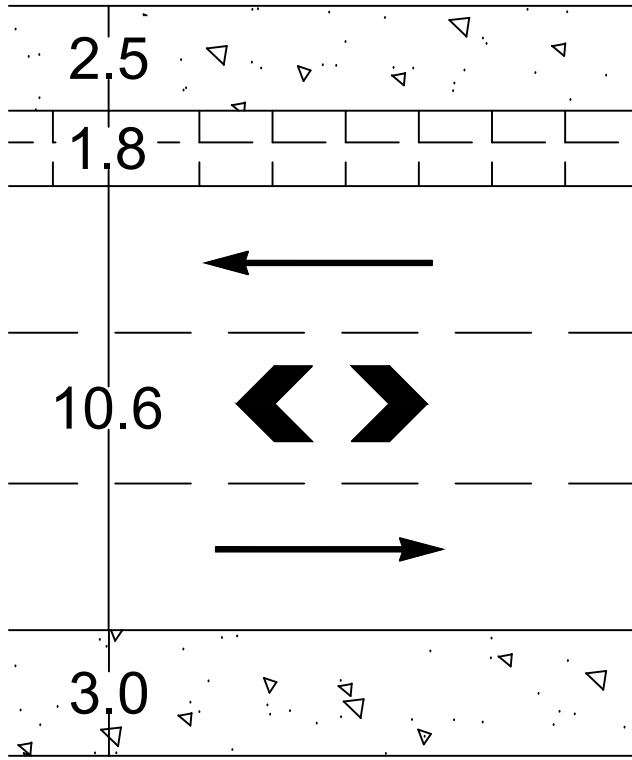




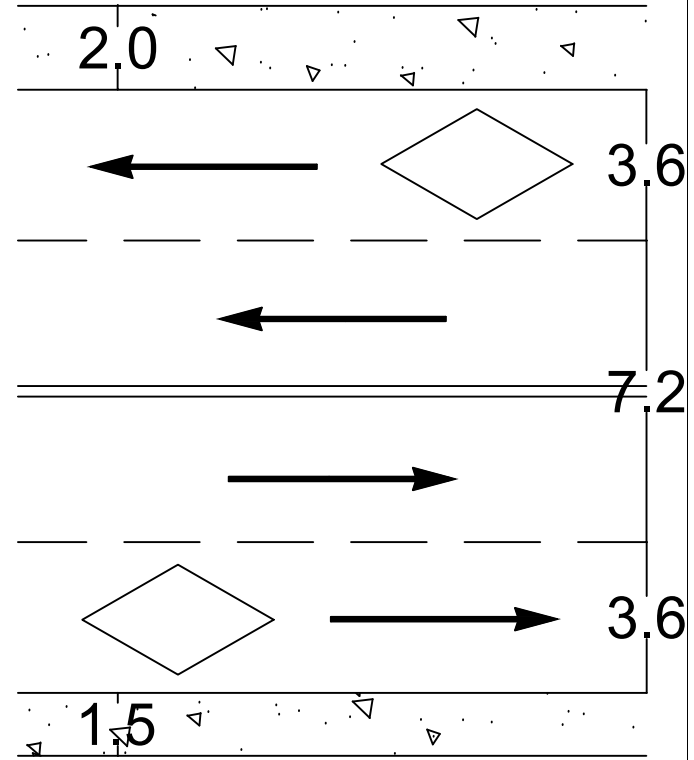
SF - C - 3



Estado Actual



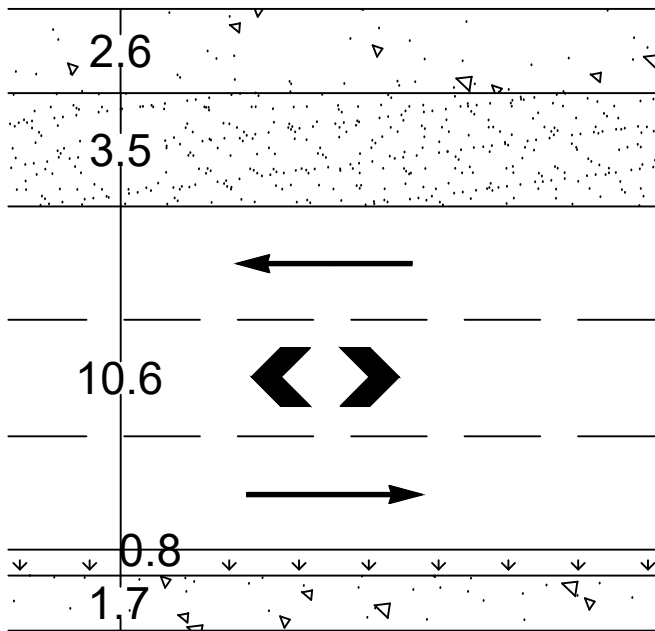
Mejoras propuestas



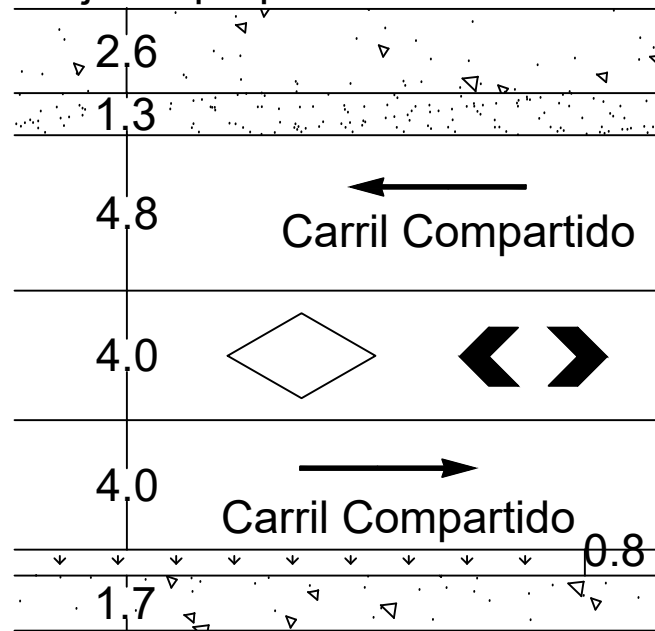
SF - C - 5



Estado Actual

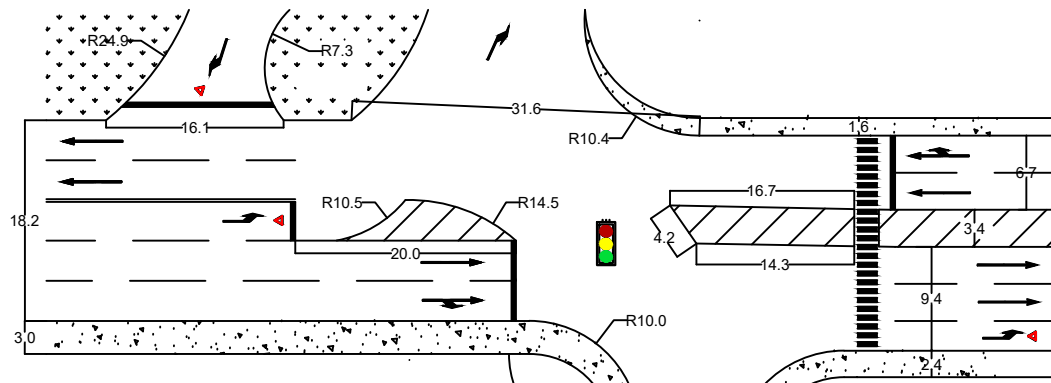


Mejoras propuestas

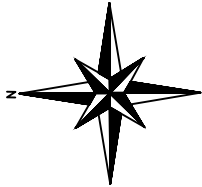
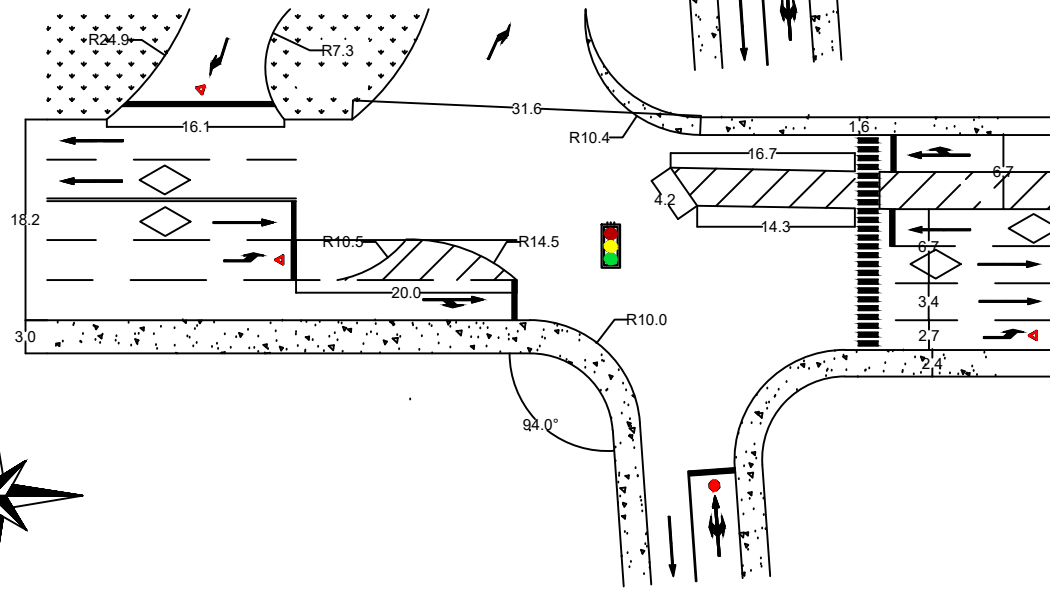


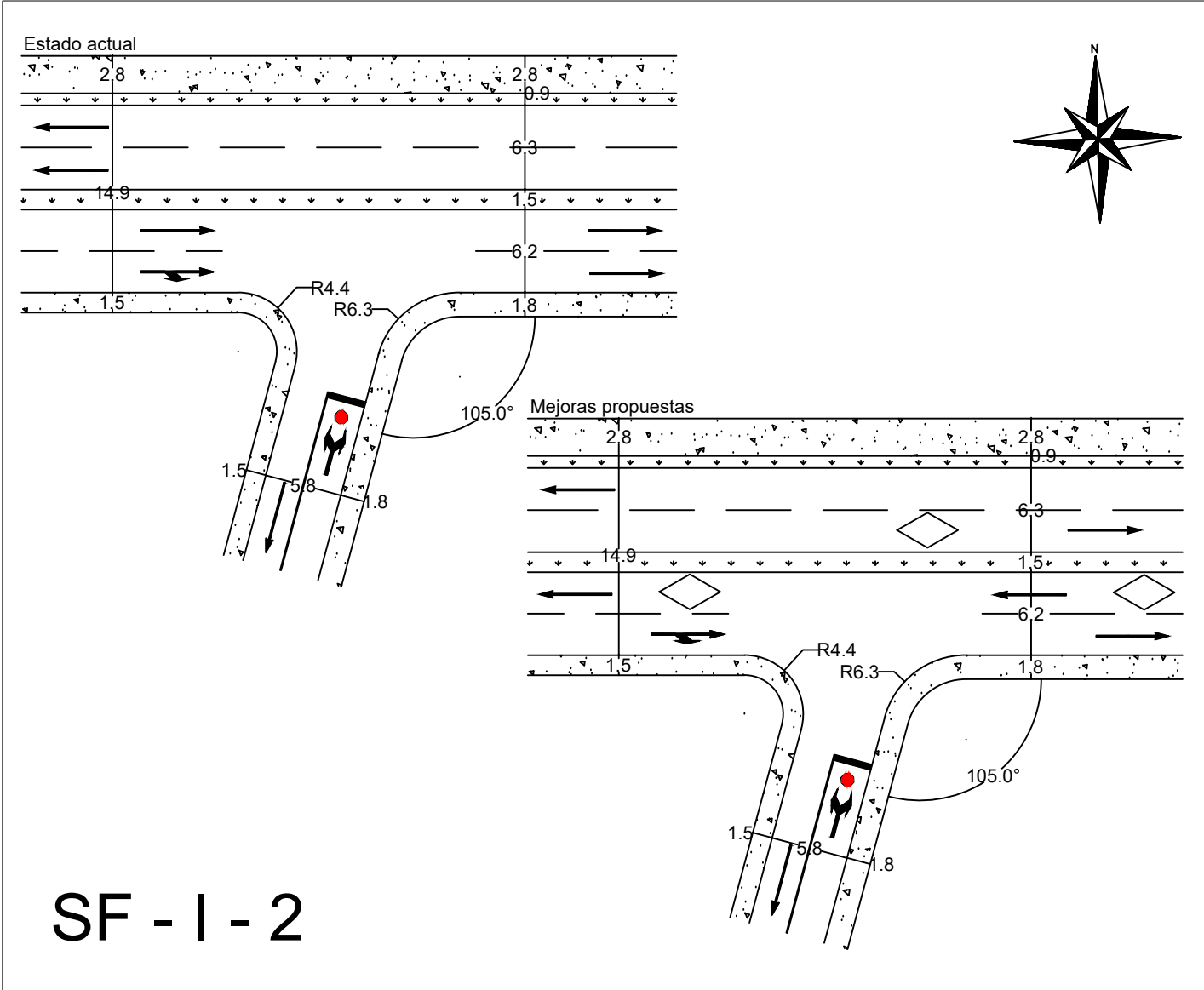
SF - I - 1

Estado actual



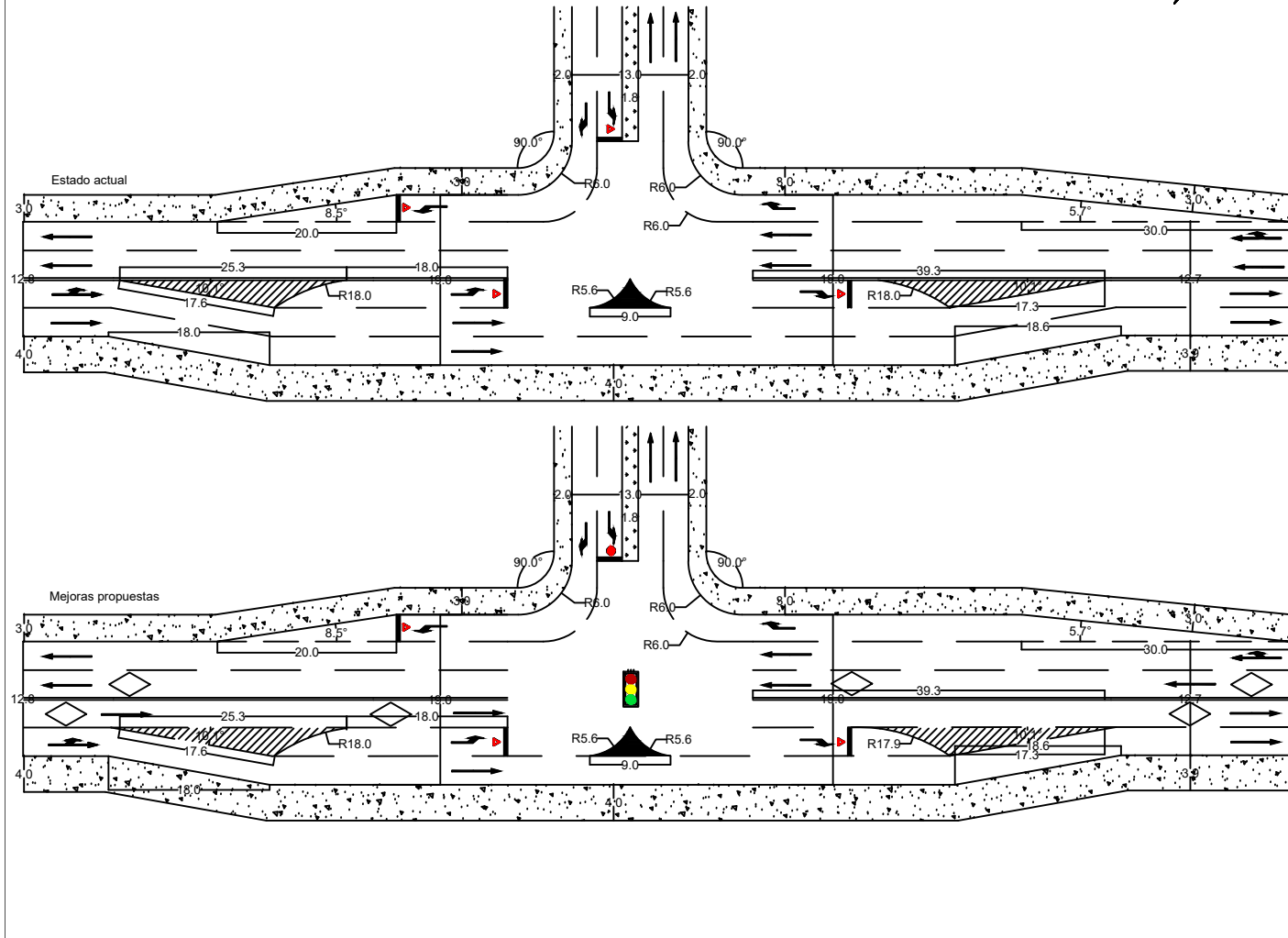
Mejoras propuestas



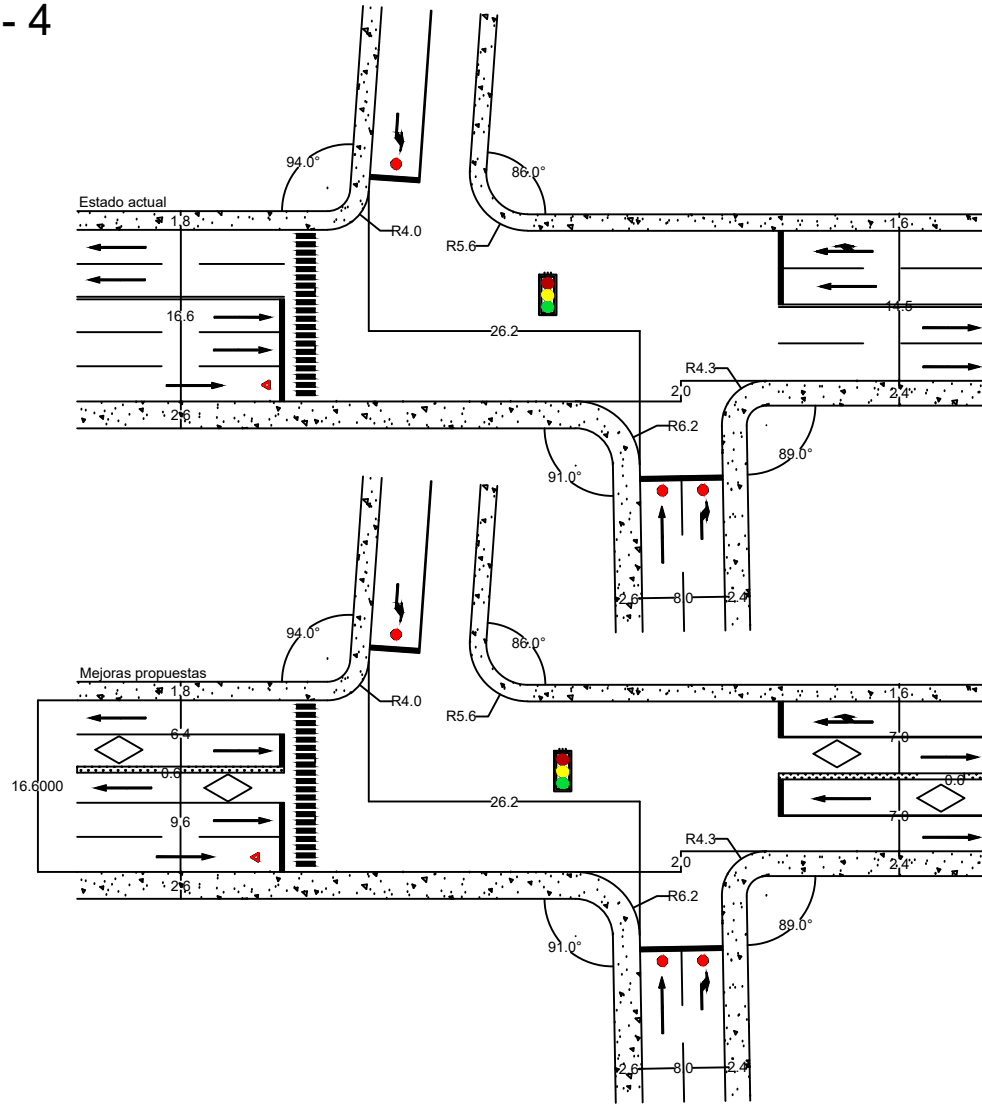
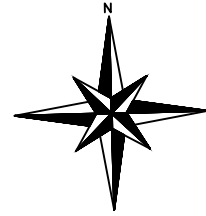


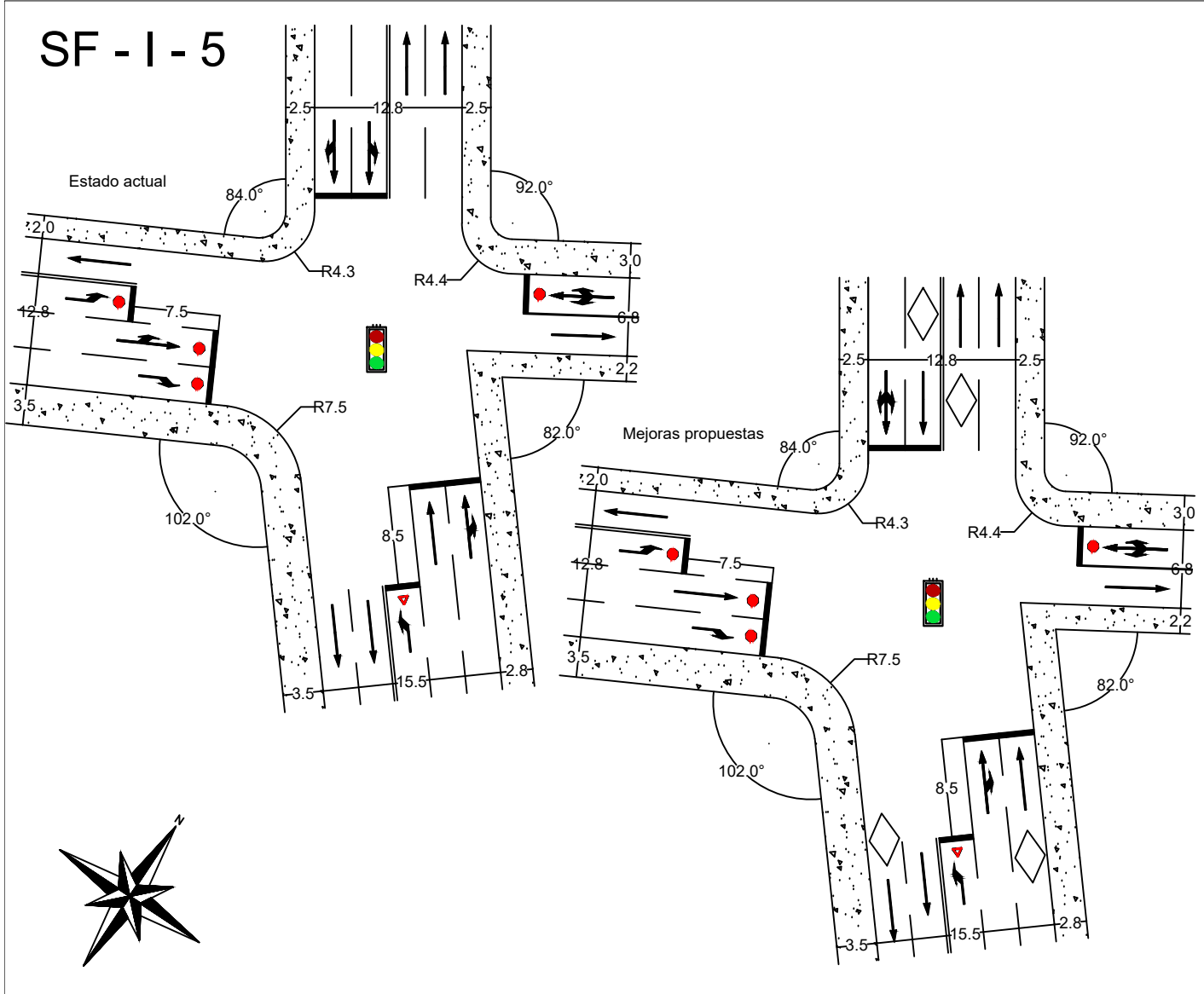
SF - I - 2

SF - I - 3

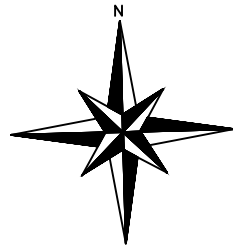
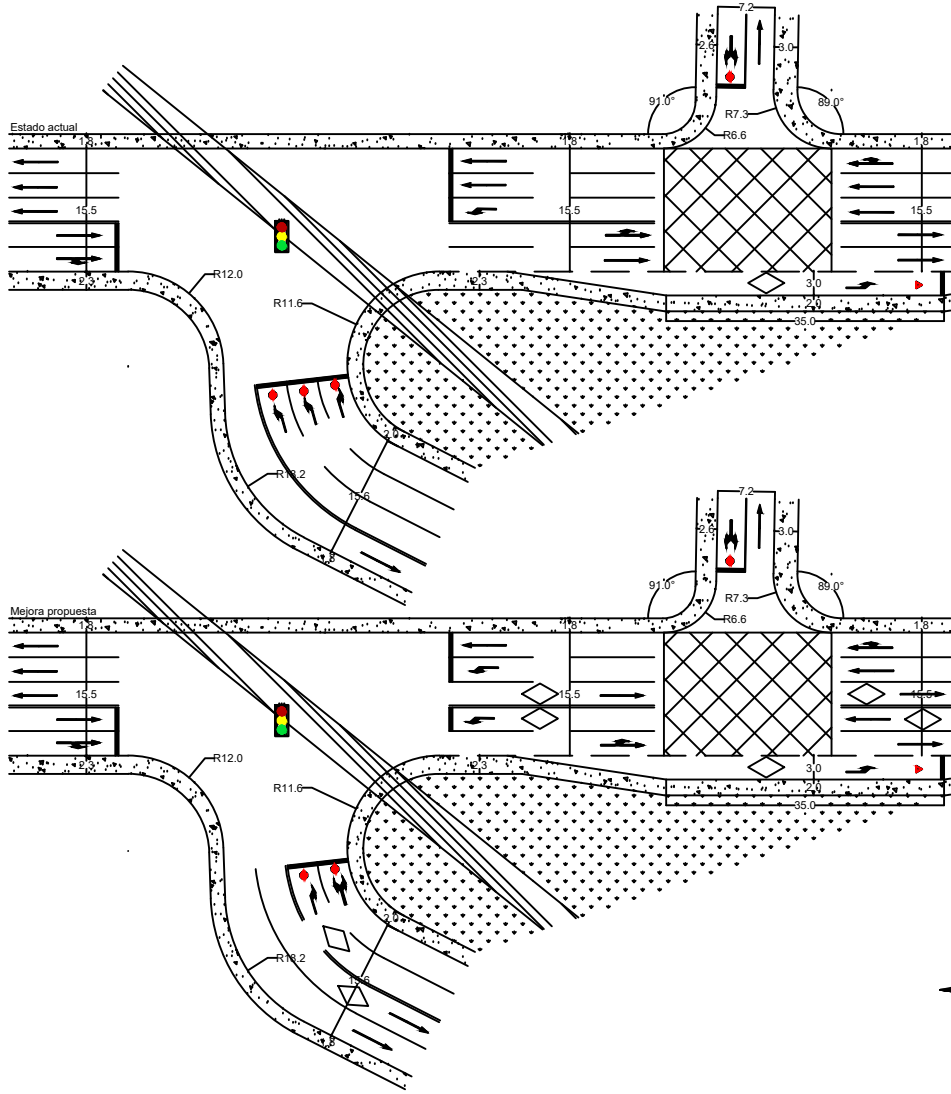


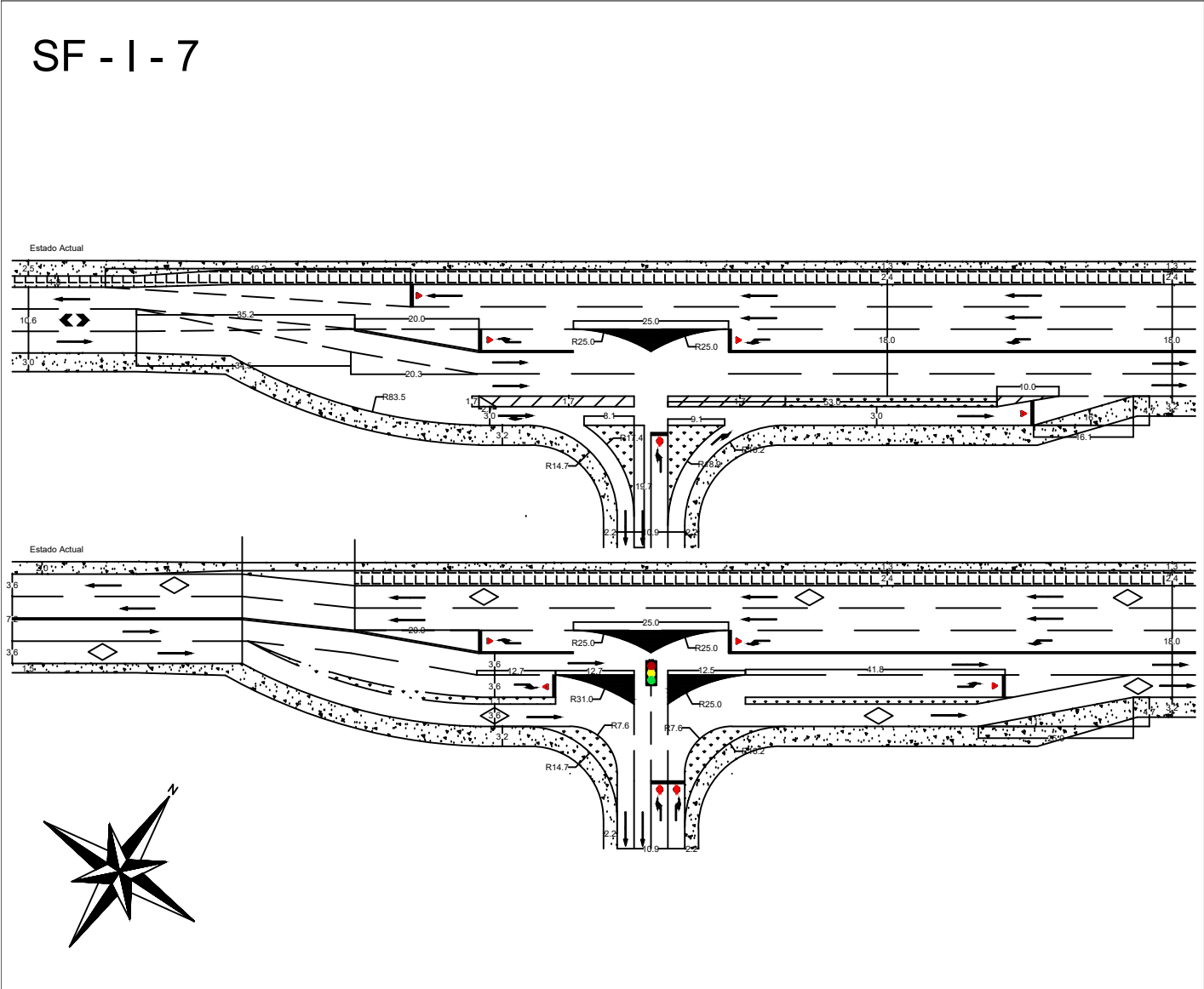
SF - I - 4

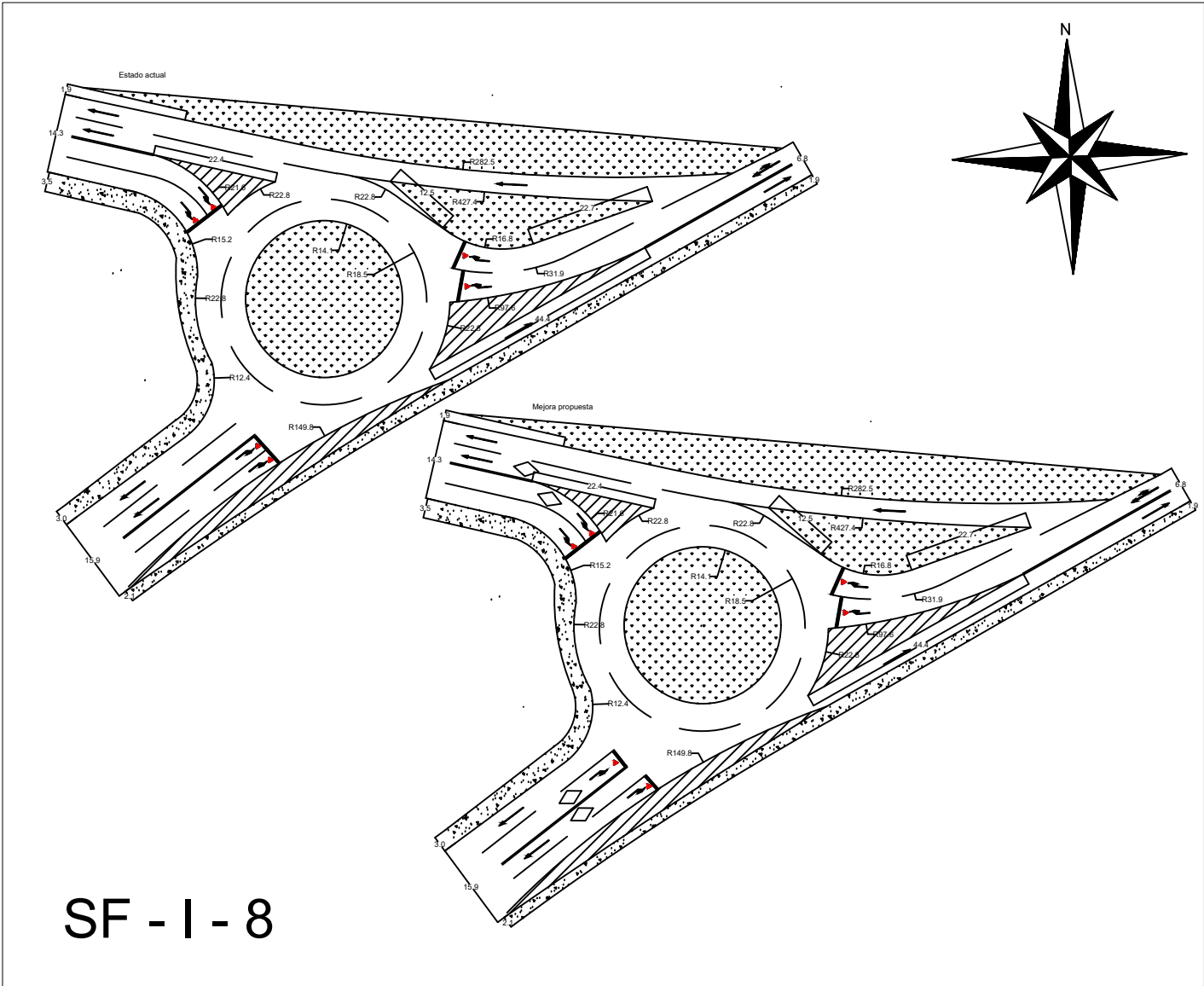


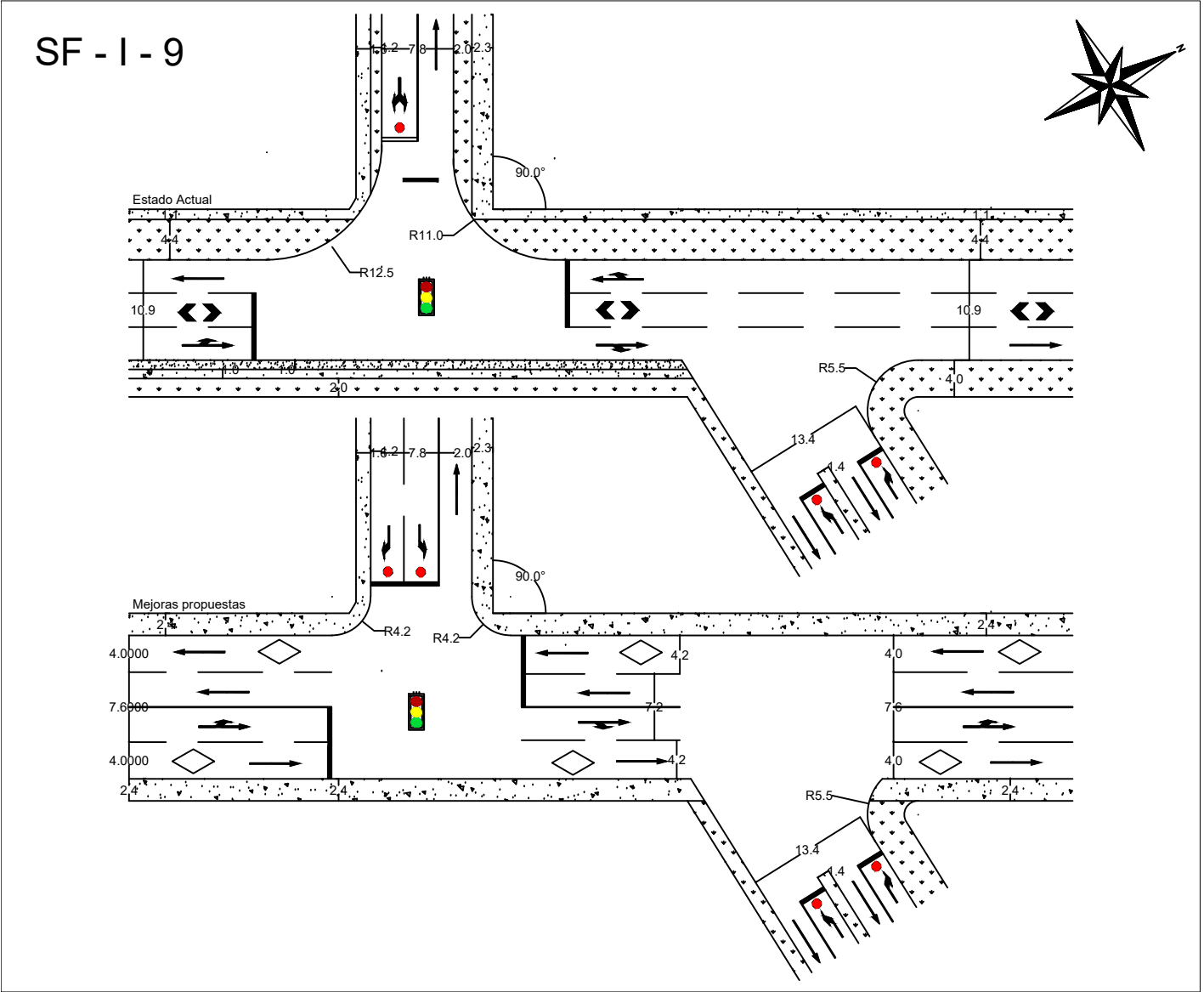


SF - I - 6

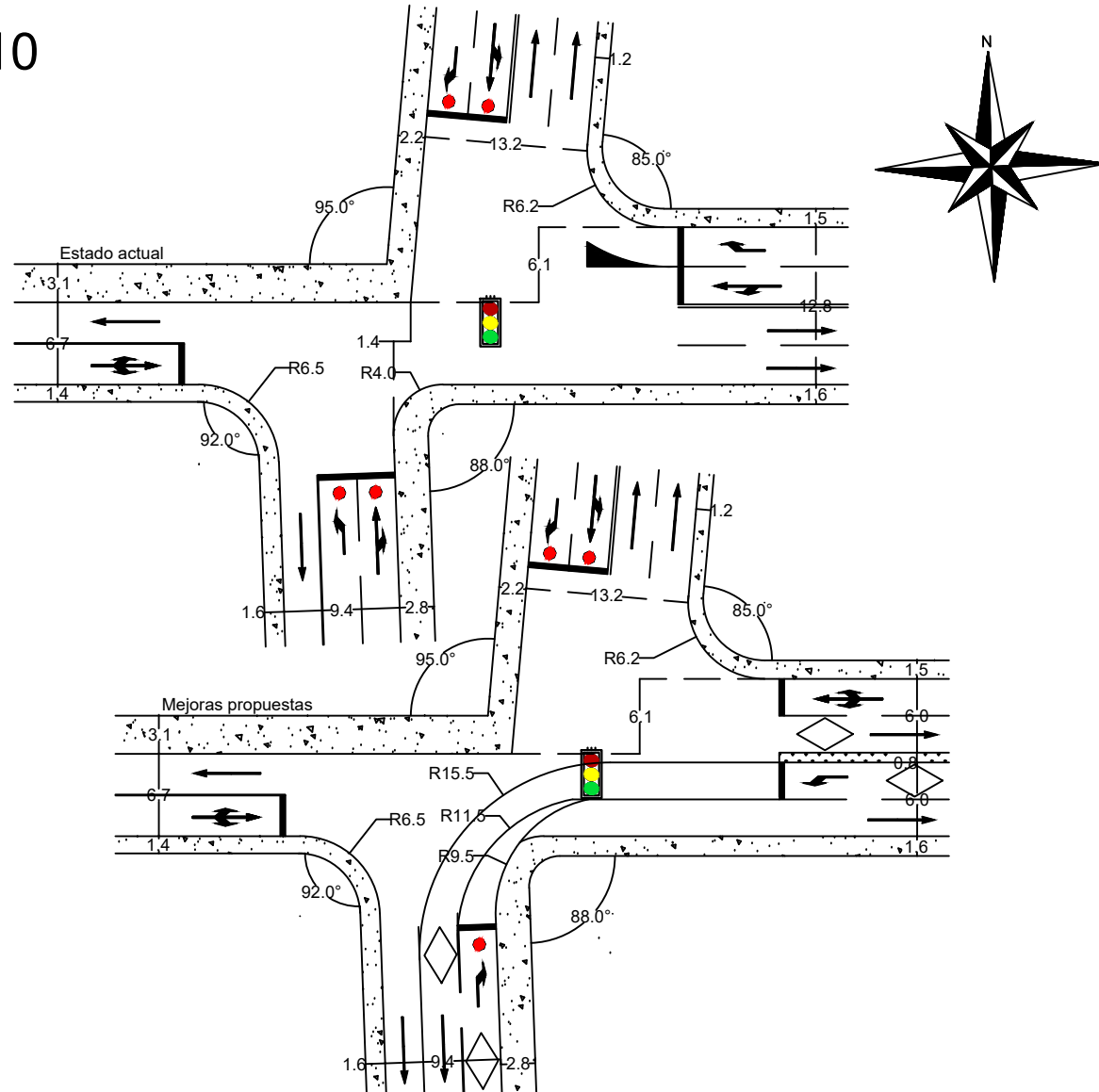




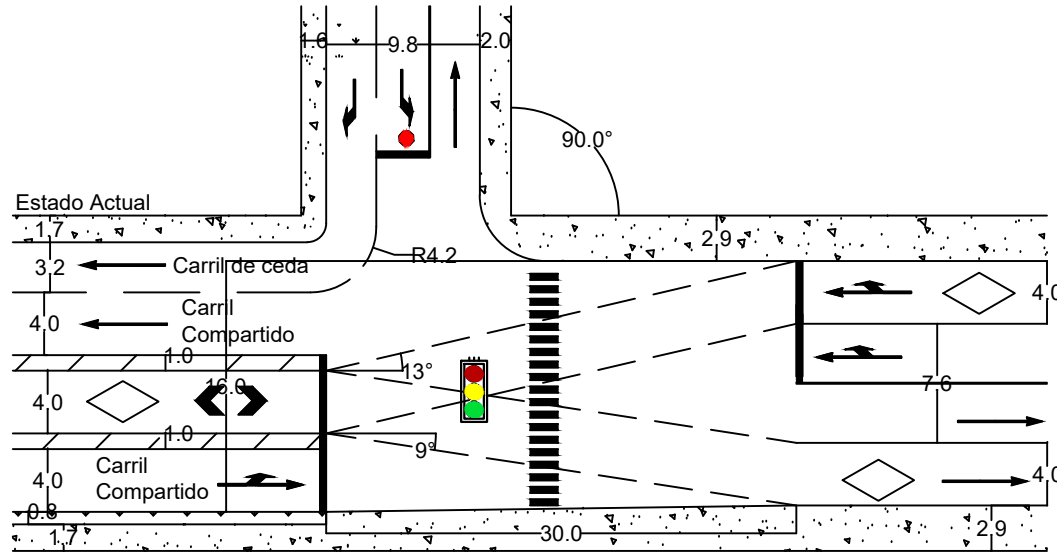
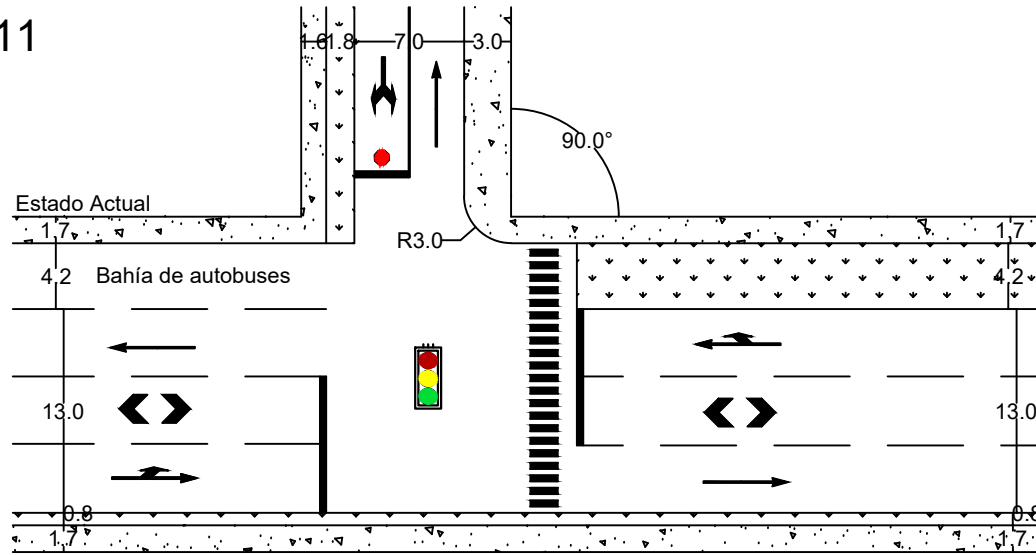
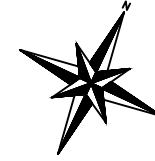




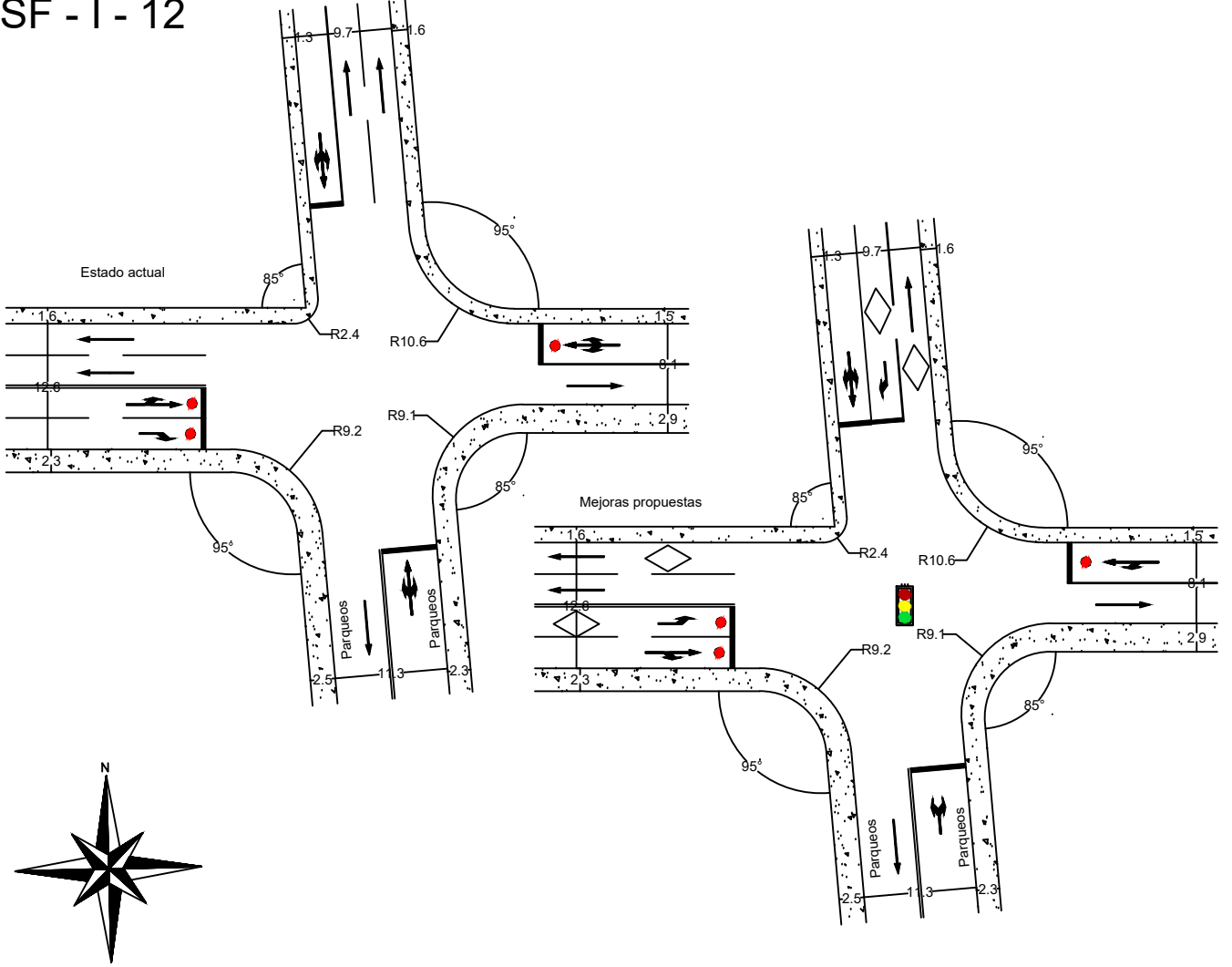
SF - I - 10



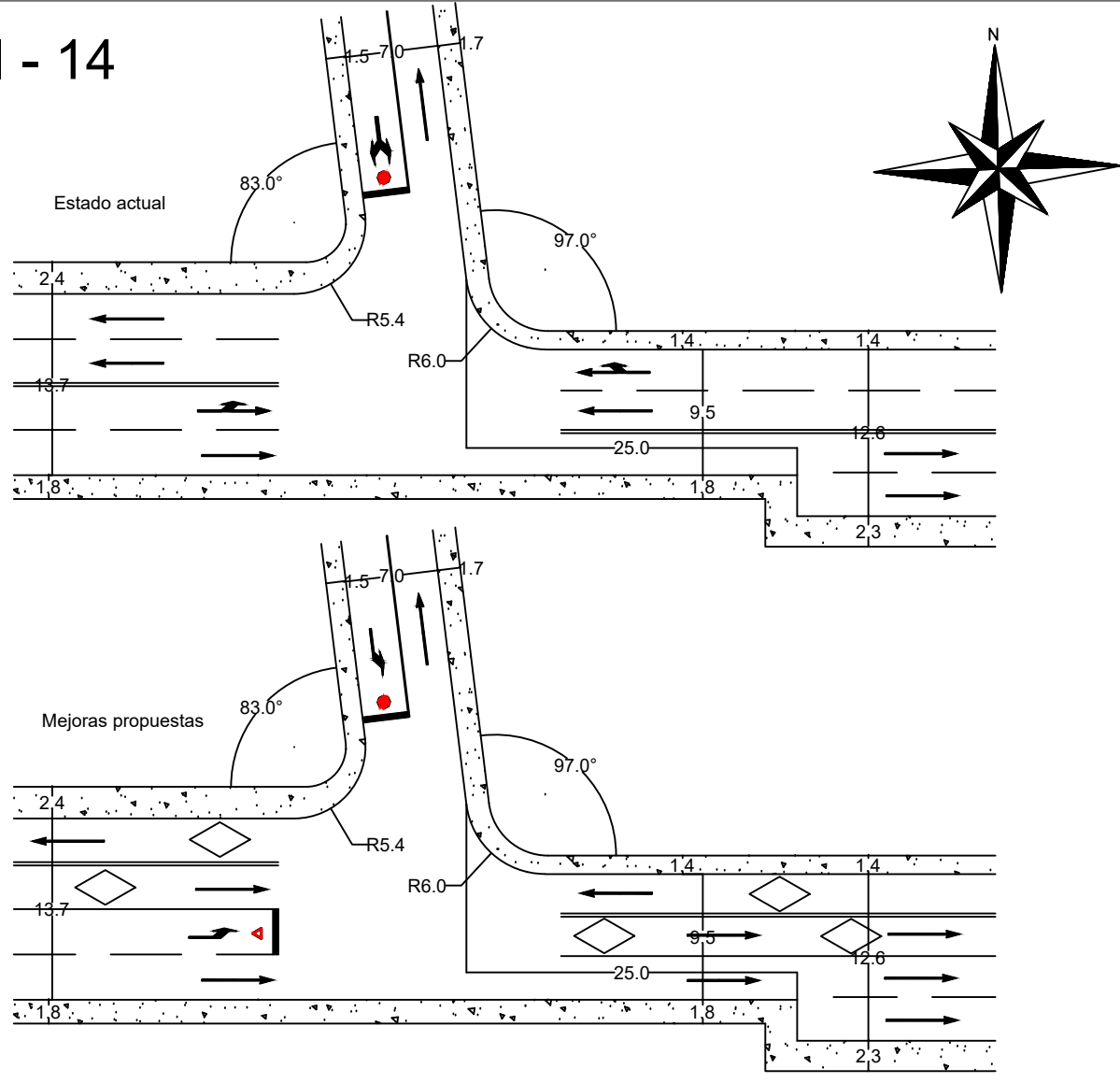
SF - I - 11

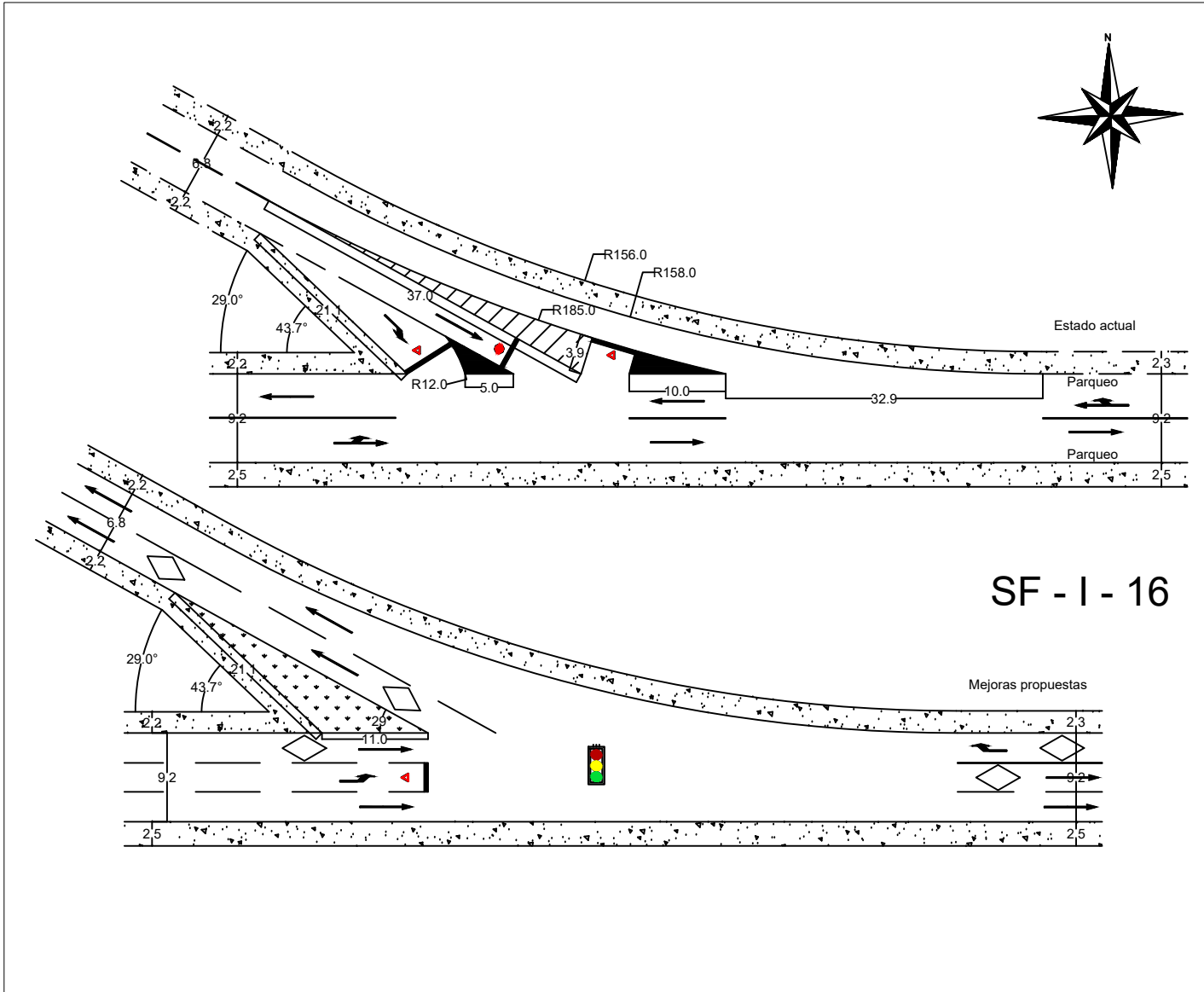


SF - I - 12

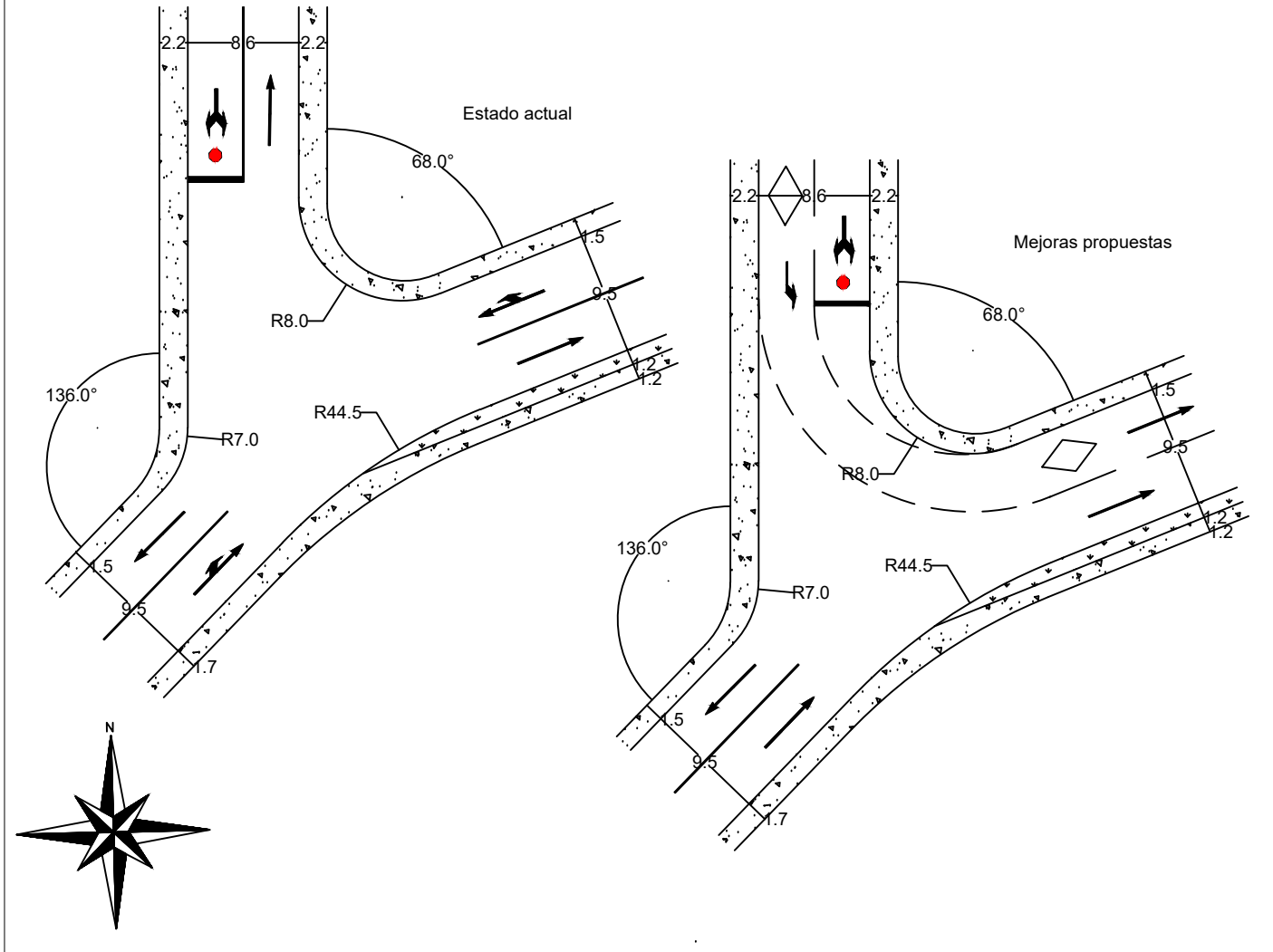


SF - I - 14

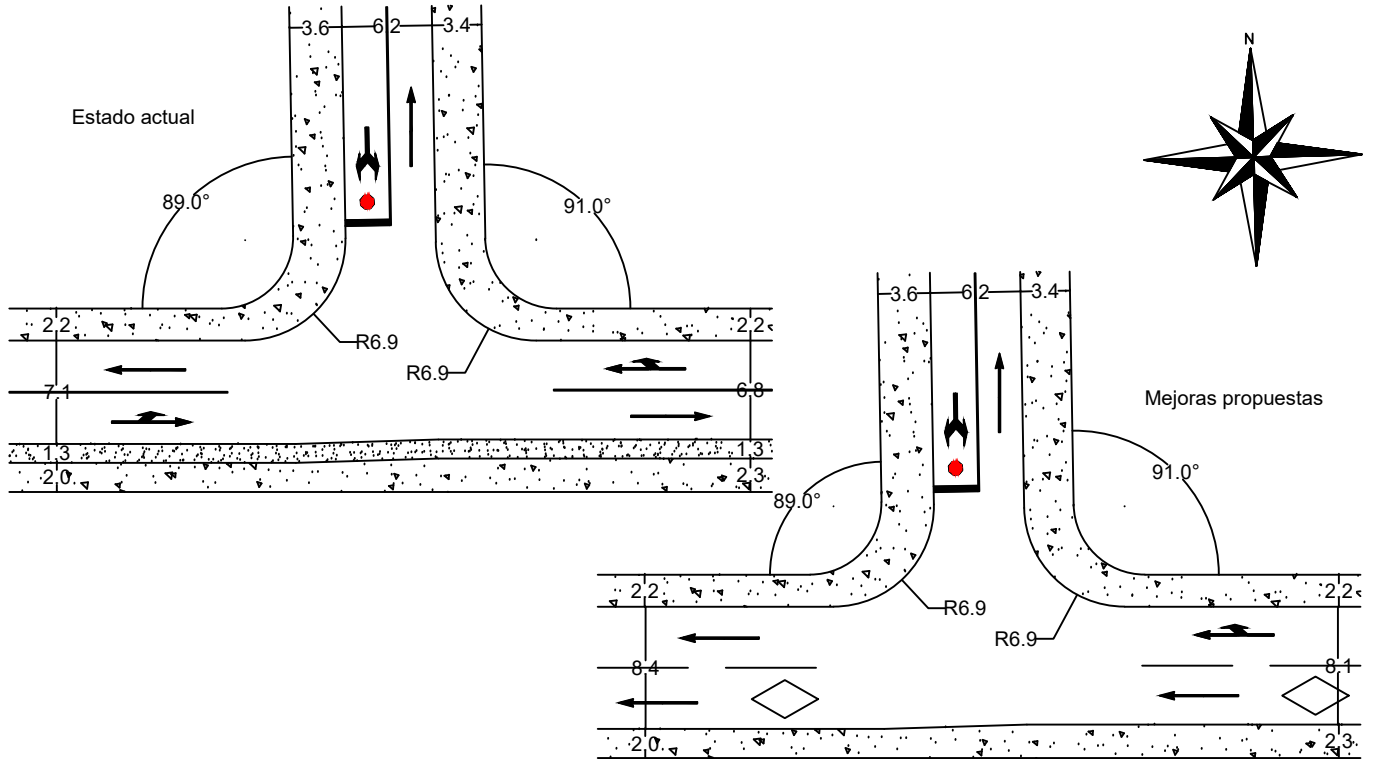




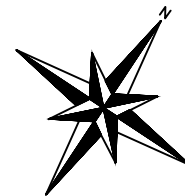
SF - I - 18



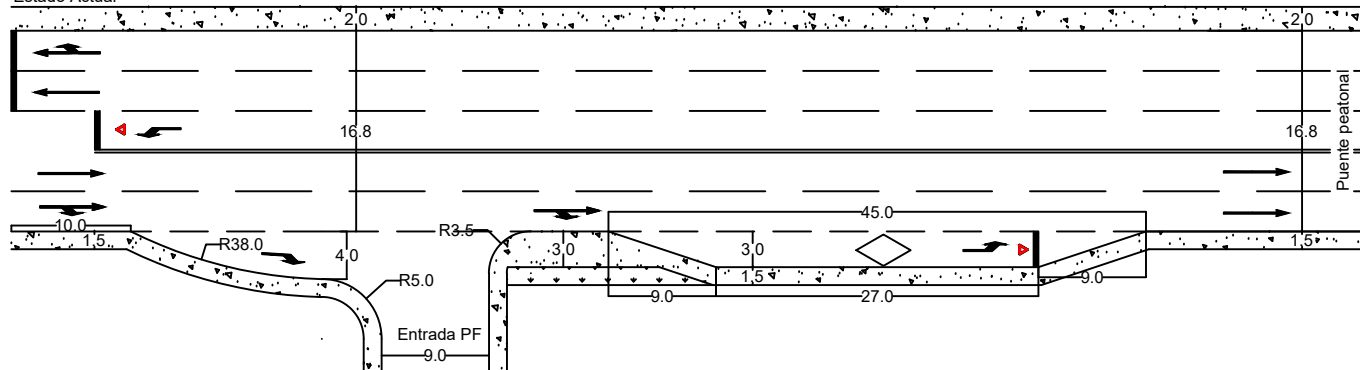
SF - I - 20



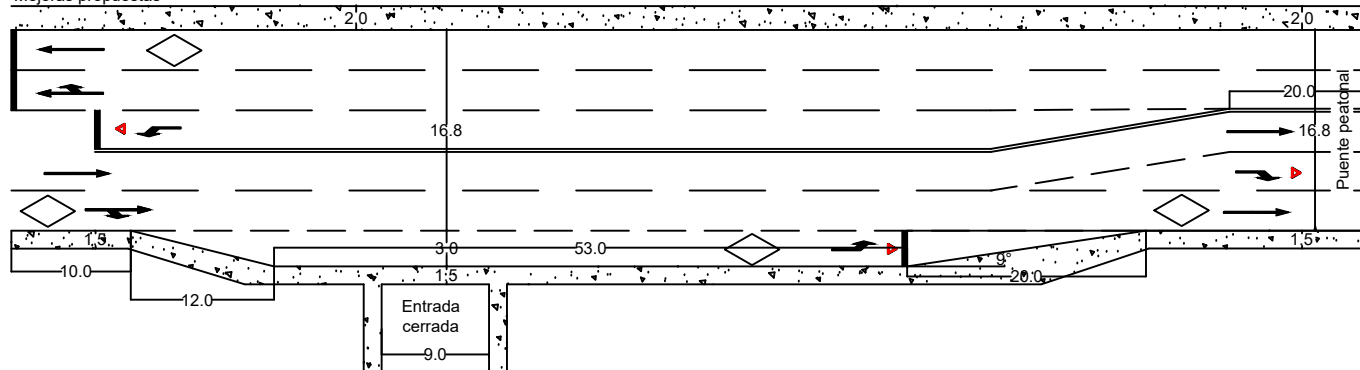
SF - P - 1.1

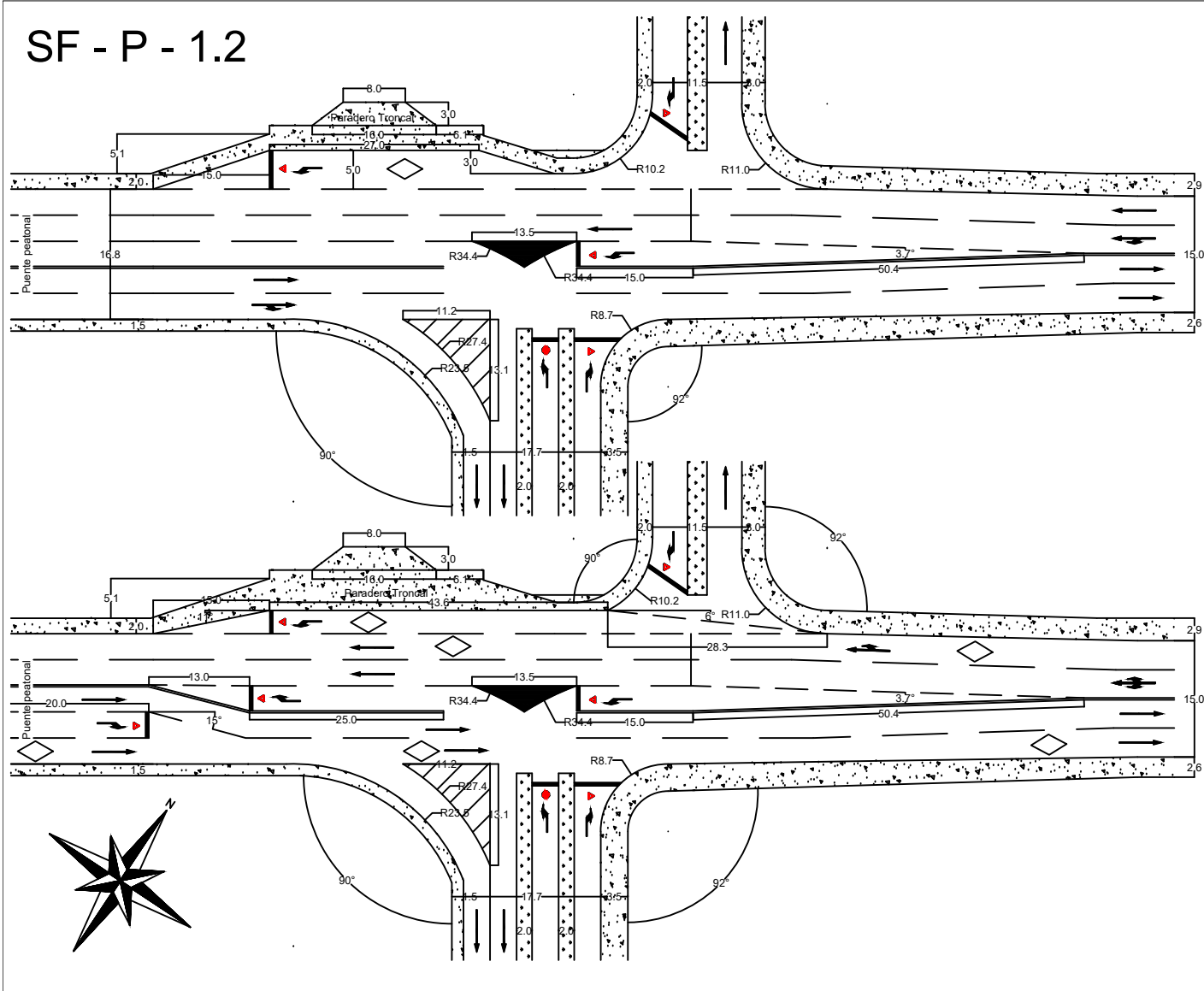


Estado Actual



Mejoras propuestas

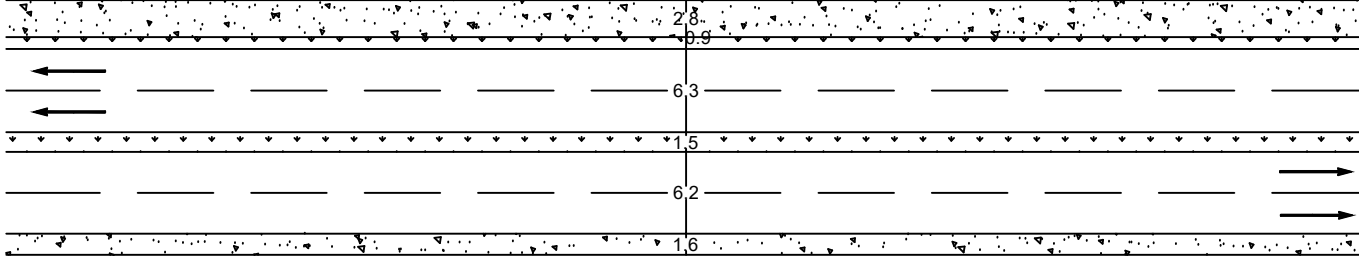




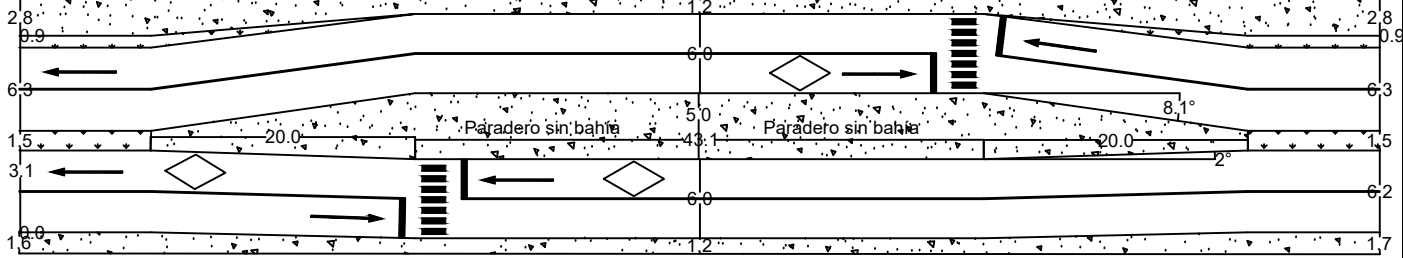
SF - P - 2



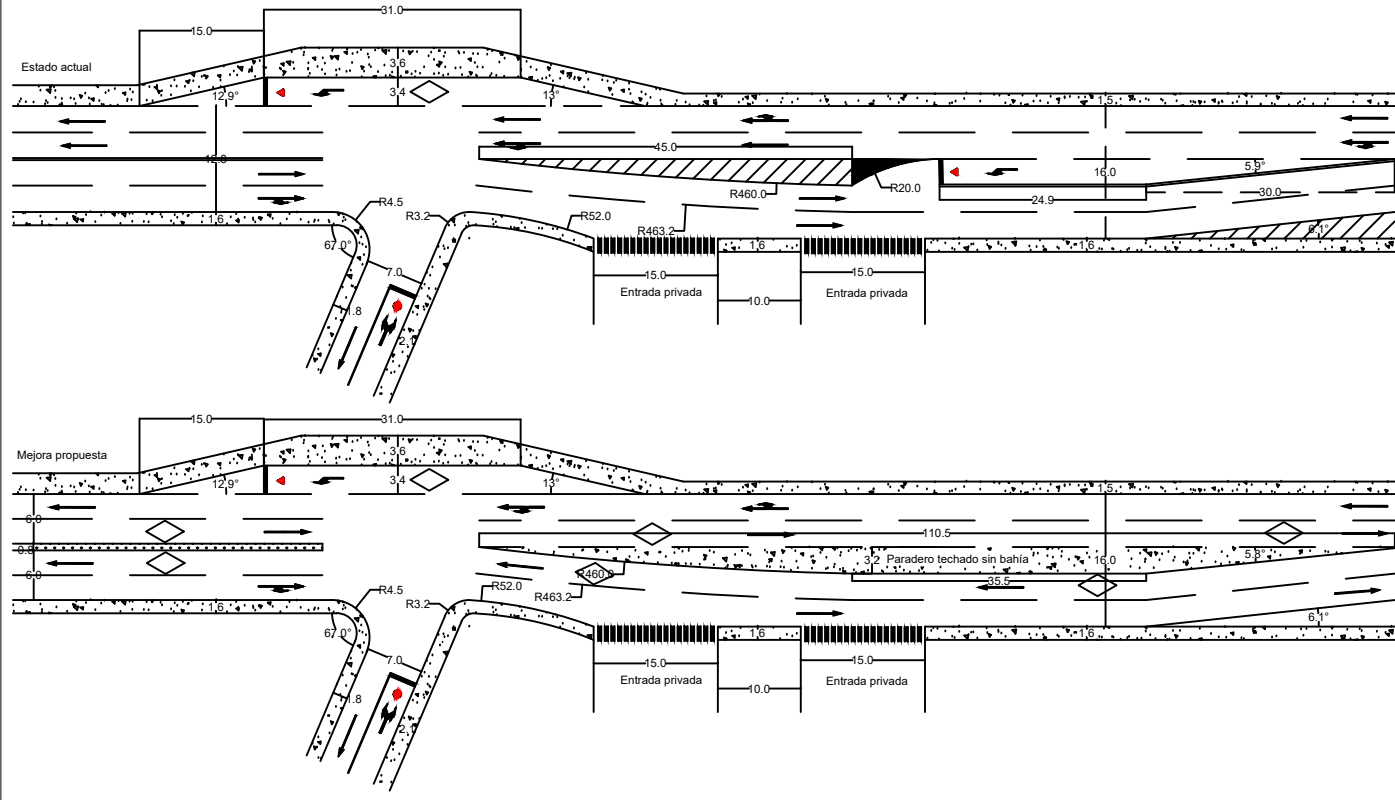
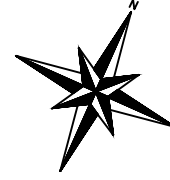
Estado actual



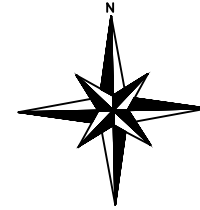
Mejora propuesta



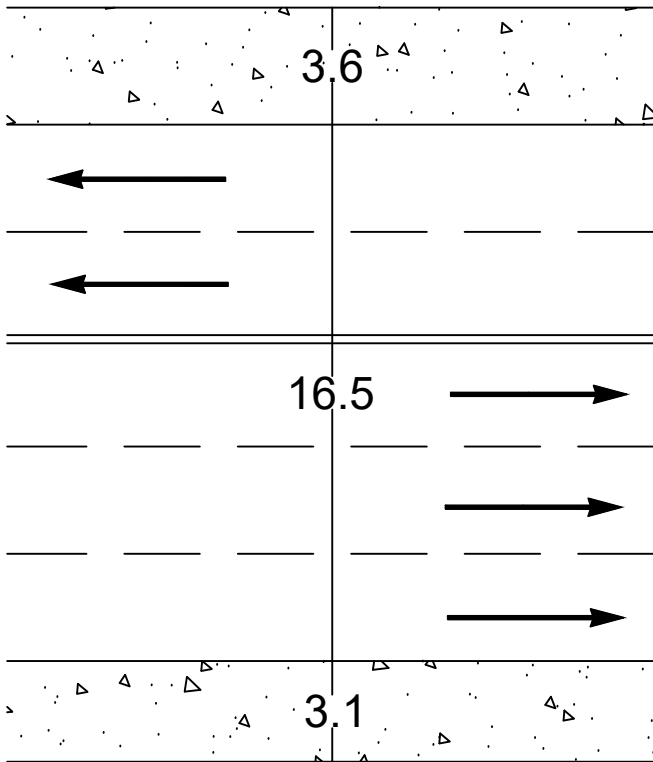
SF - P - 4



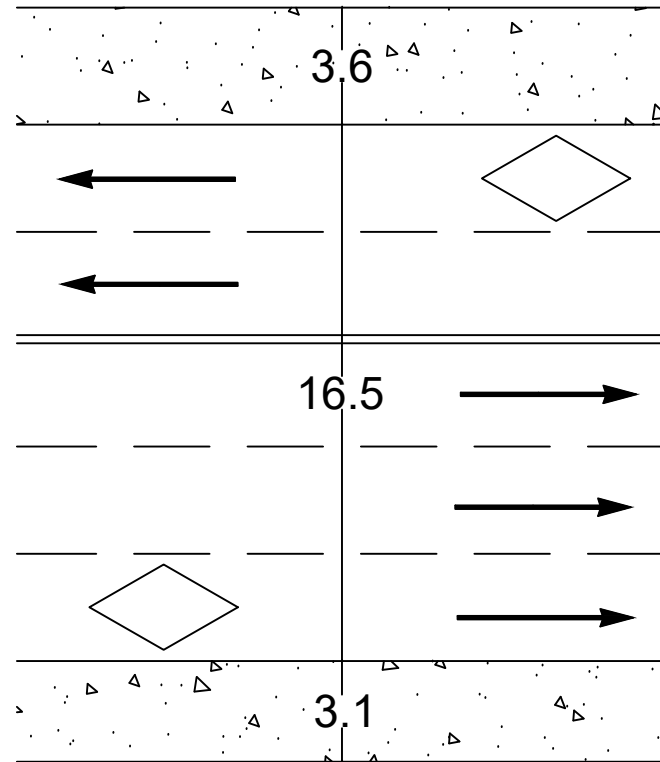
SJ - C - 1



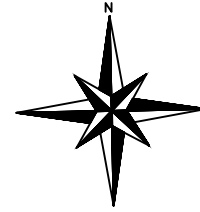
Estado Actual



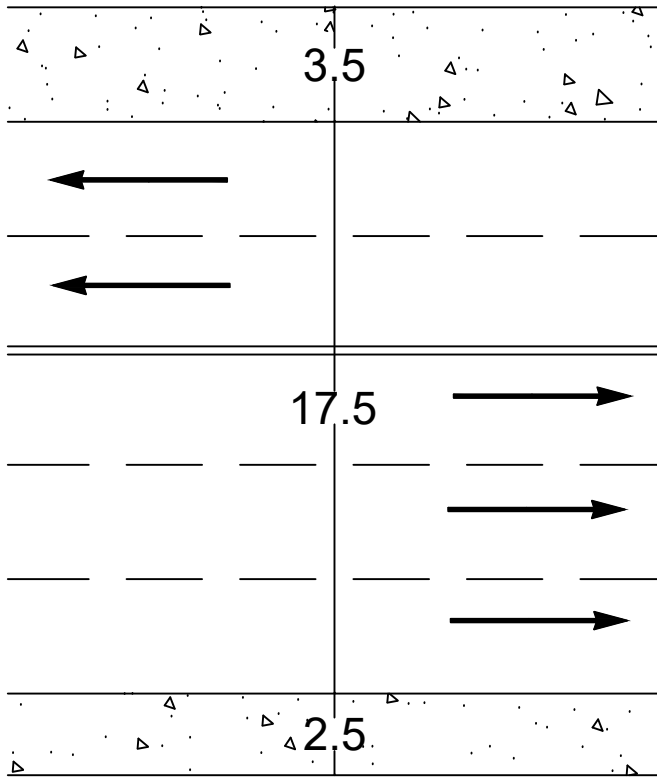
Mejoras propuestas



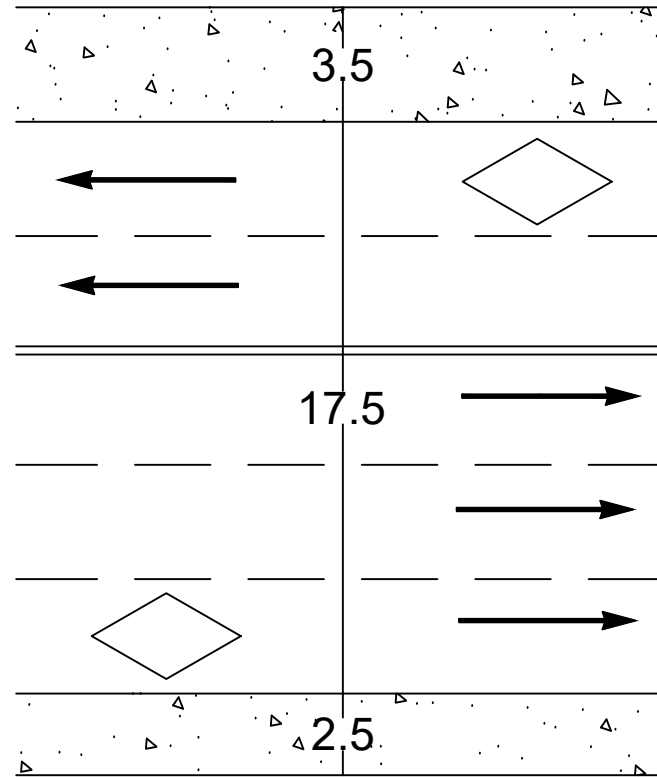
SJ - C - 2



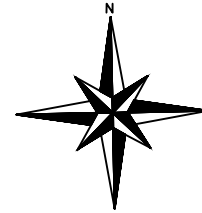
Estado Actual



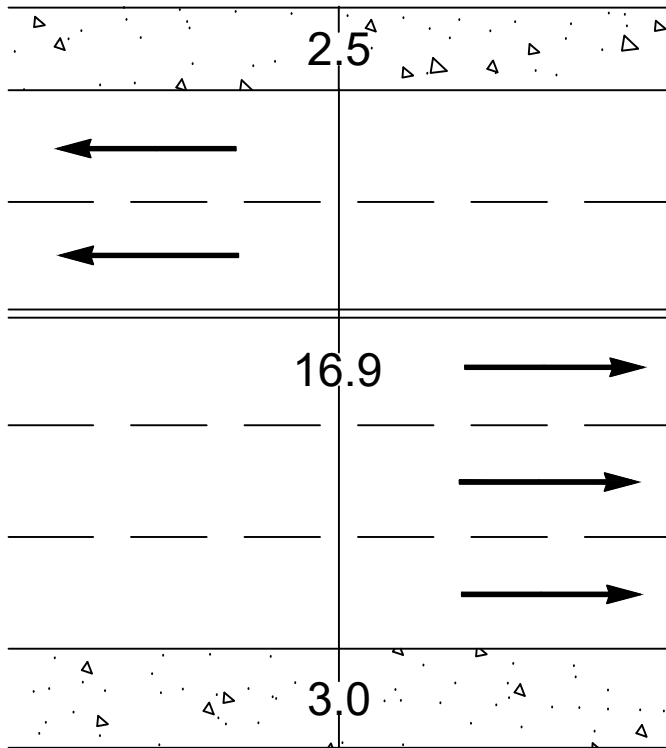
Mejoras propuestas



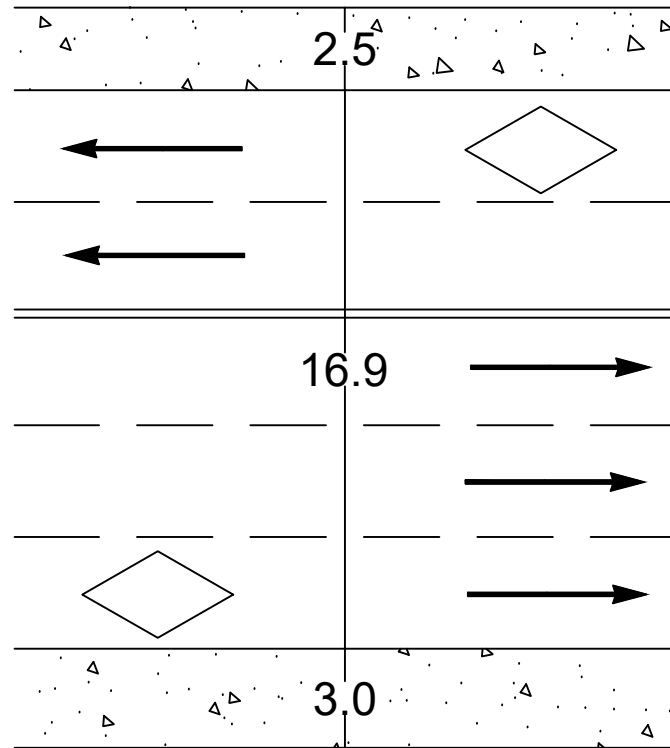
SJ - C - 3

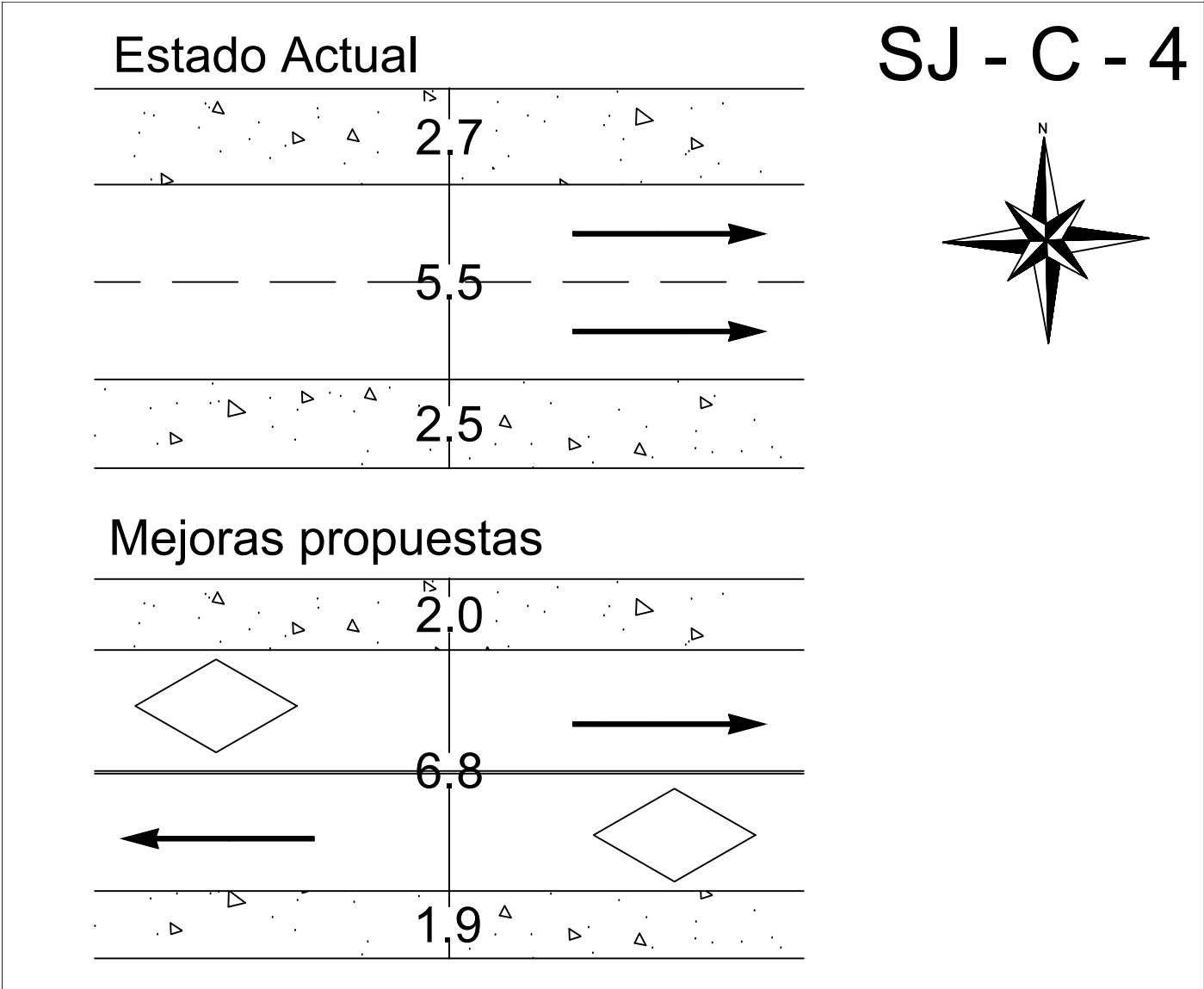


Estado Actual

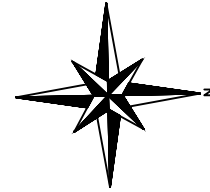


Mejoras propuestas

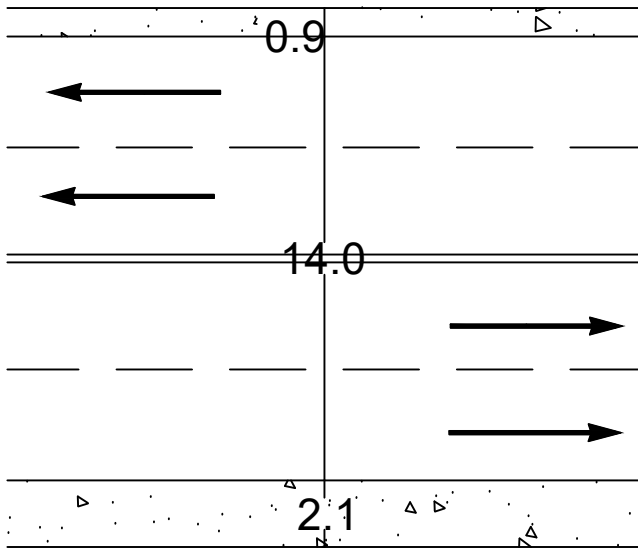




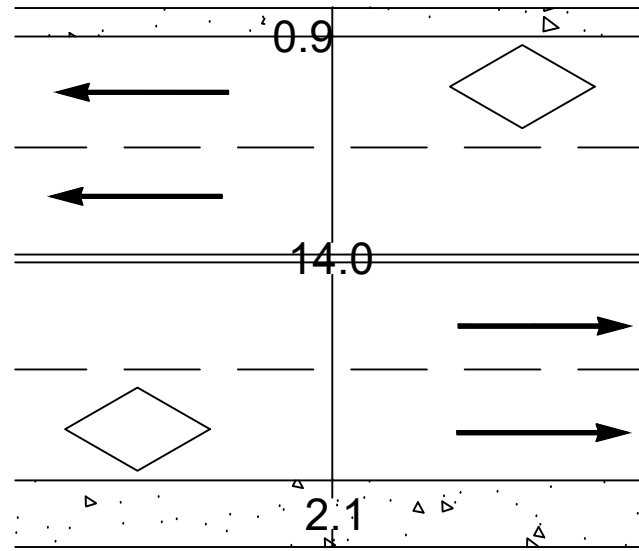
SJ - C - 5

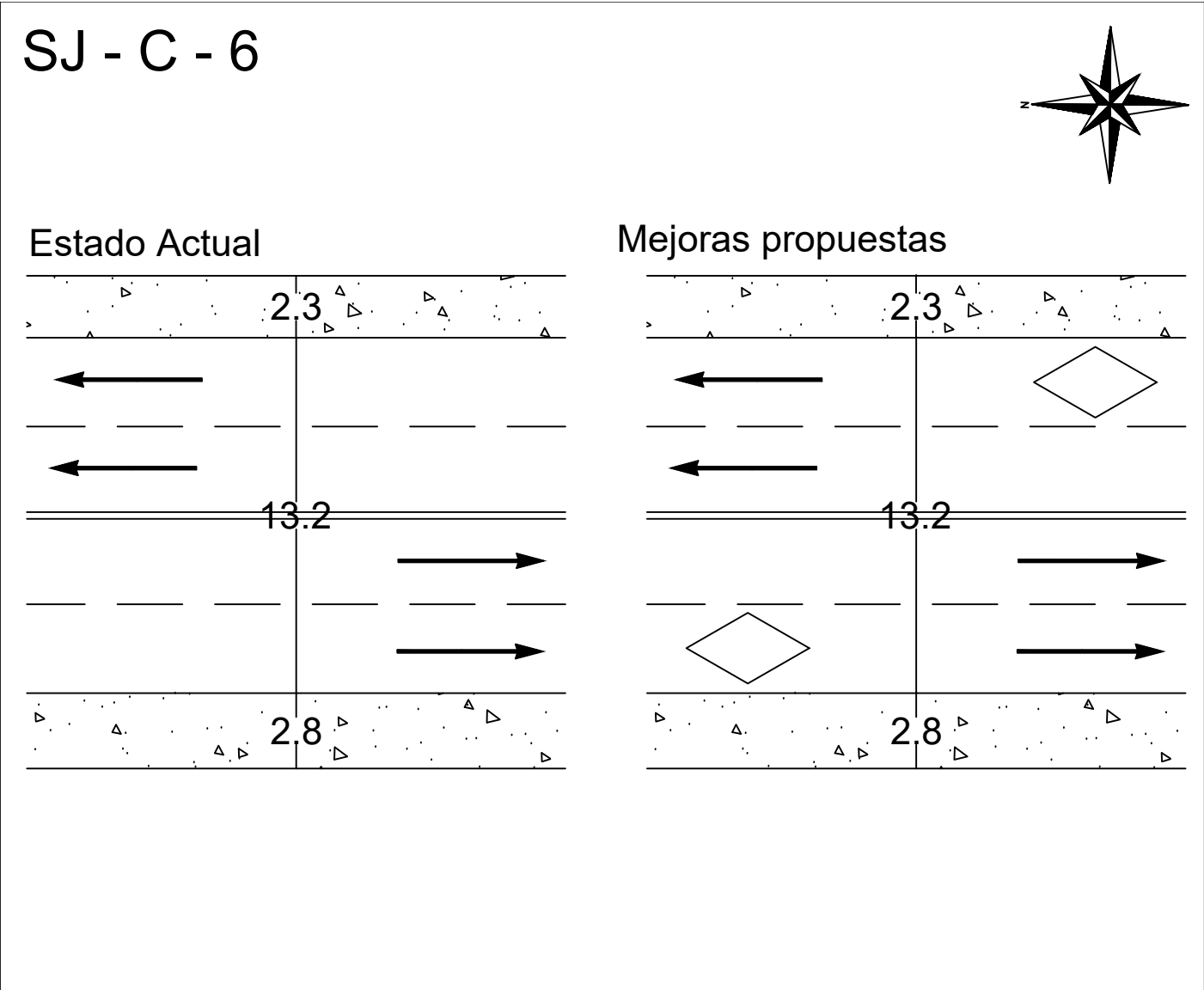


Estado Actual

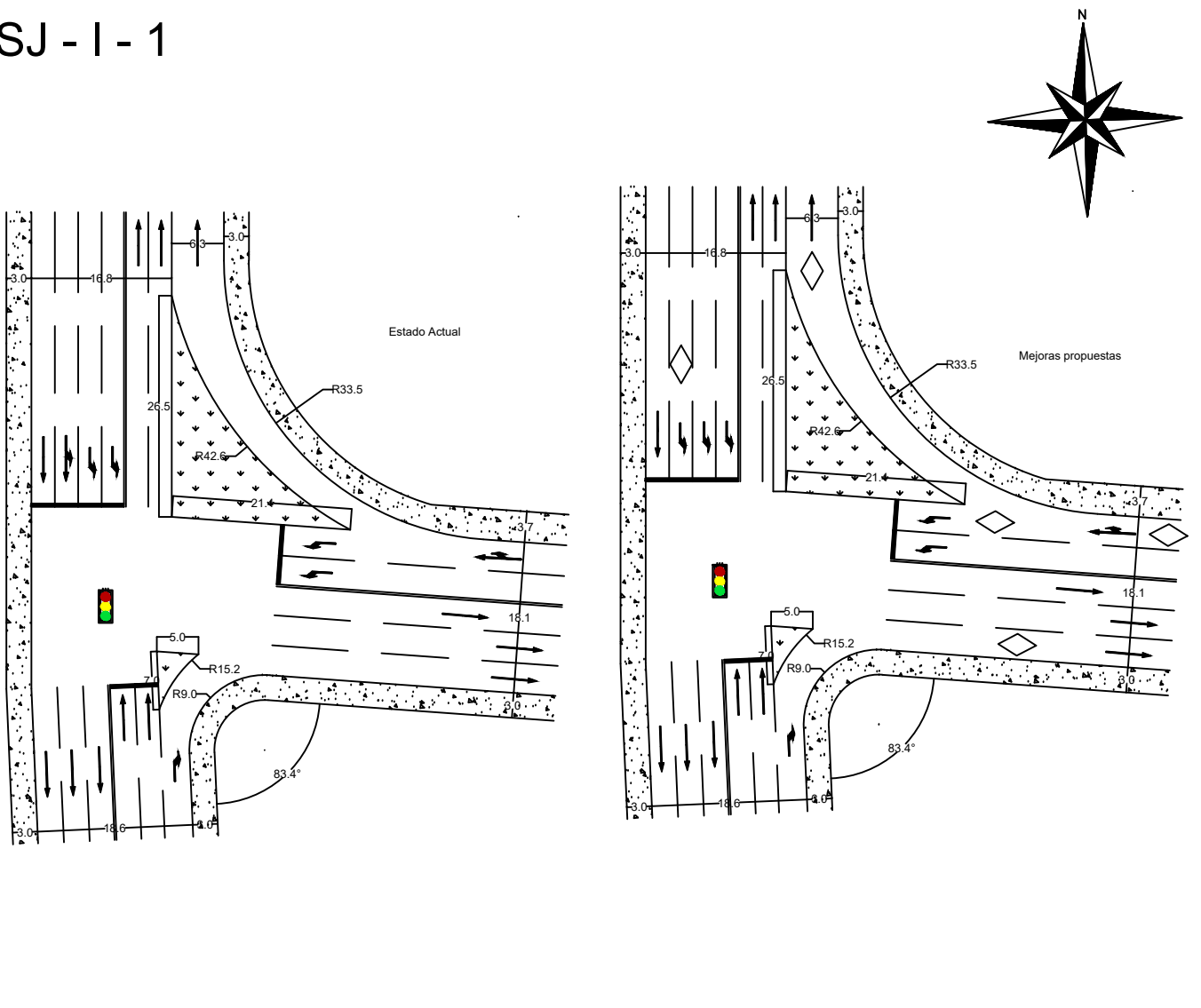


Mejoras propuestas

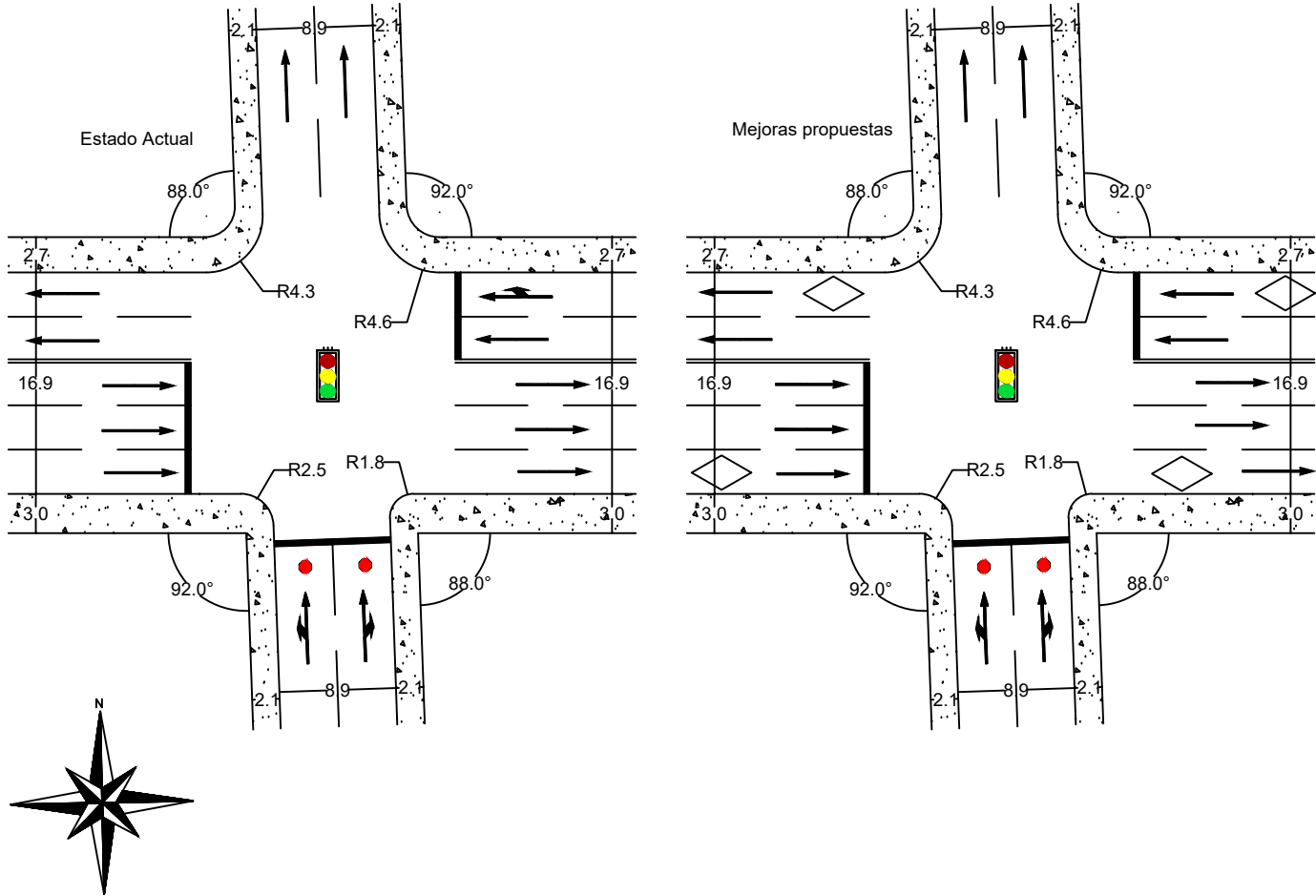


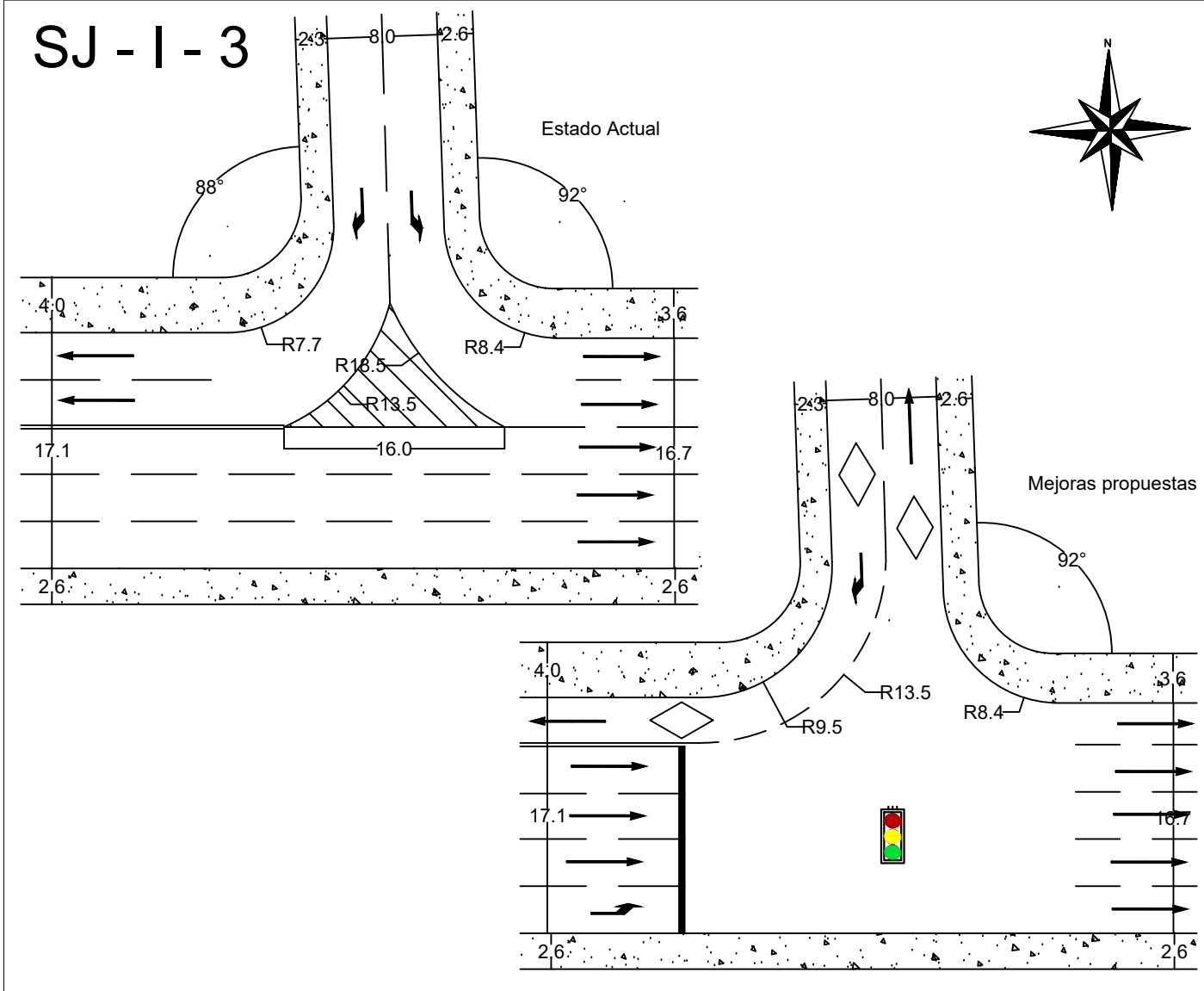


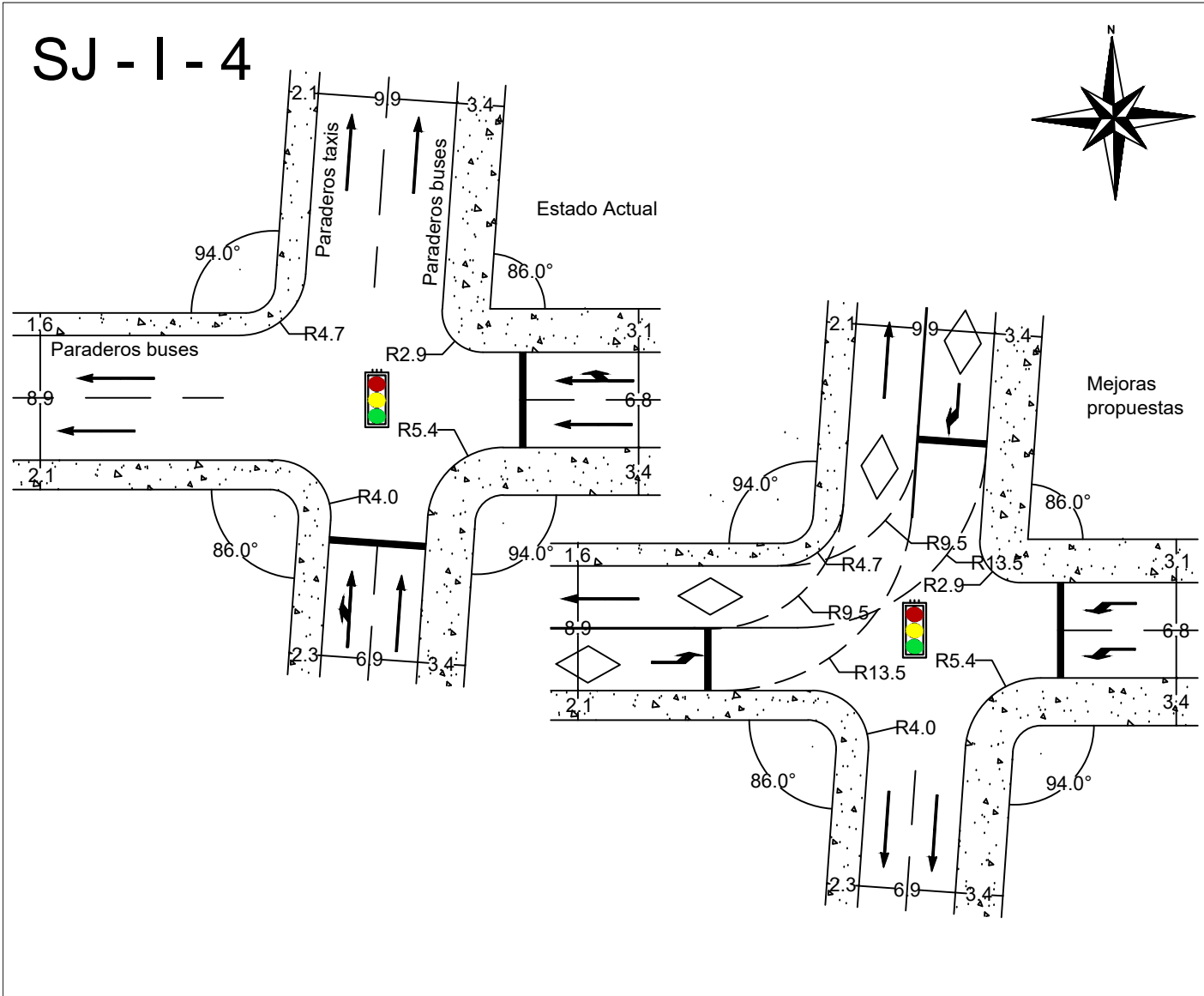
SJ - I - 1



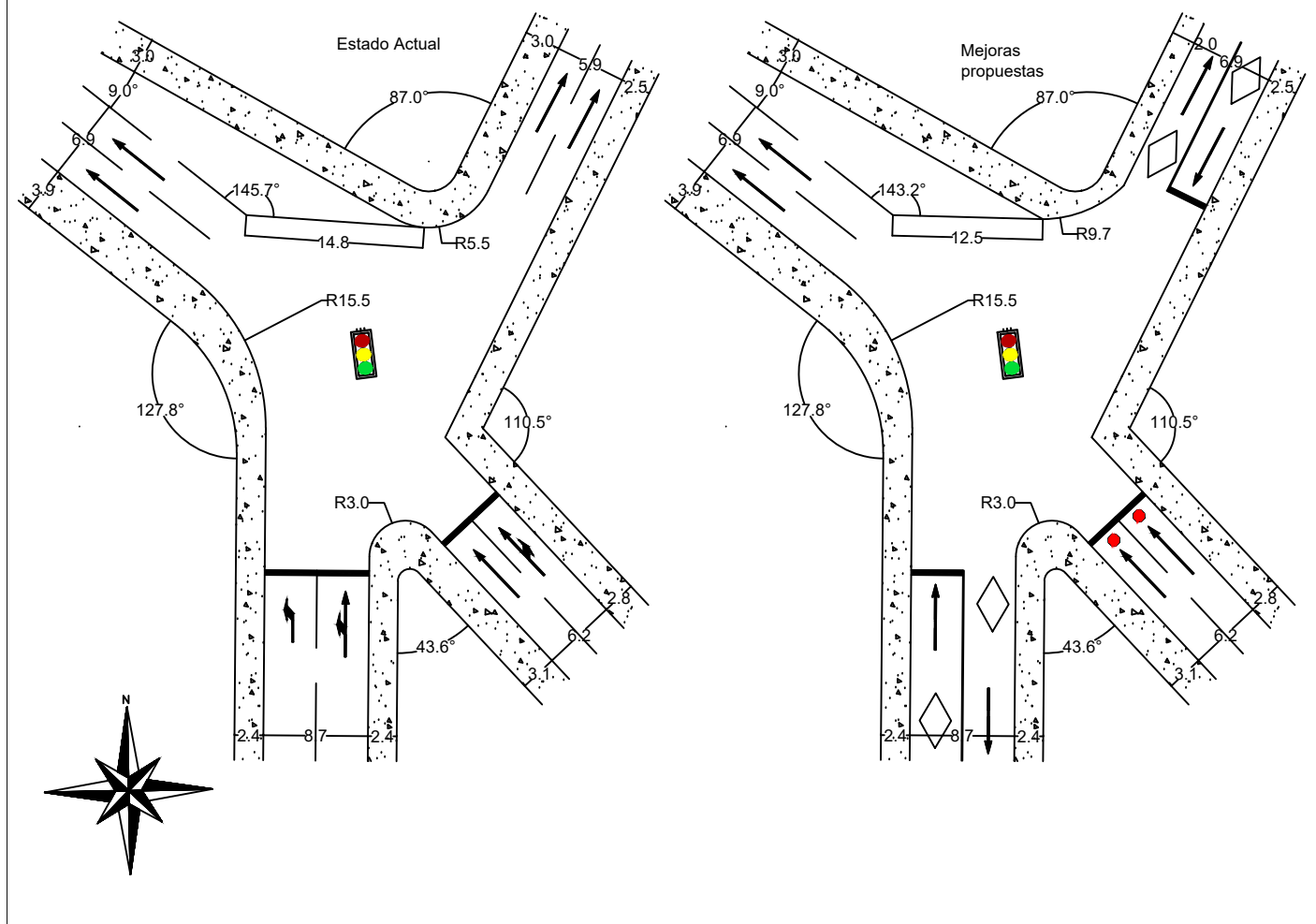
SJ - I - 2

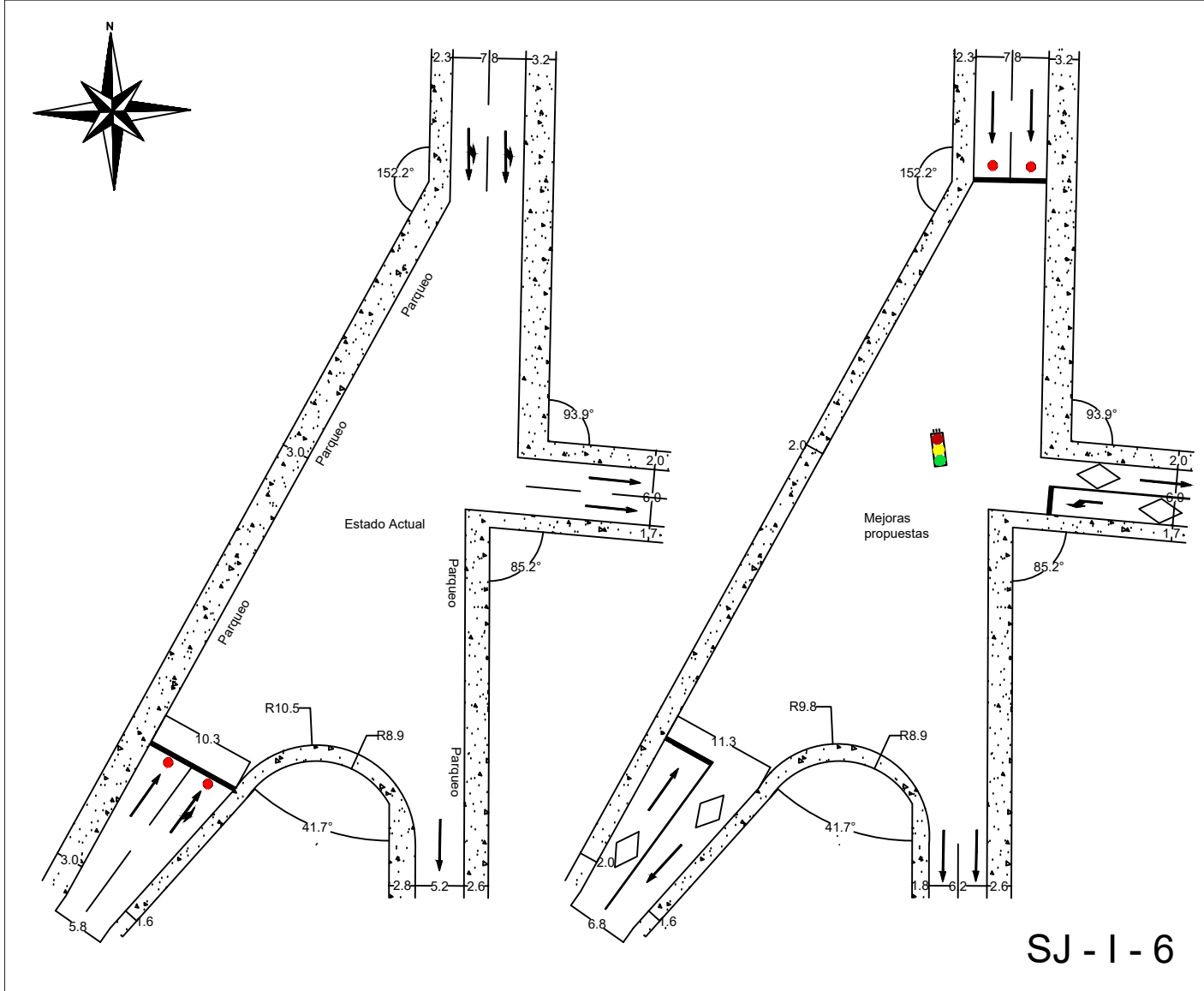


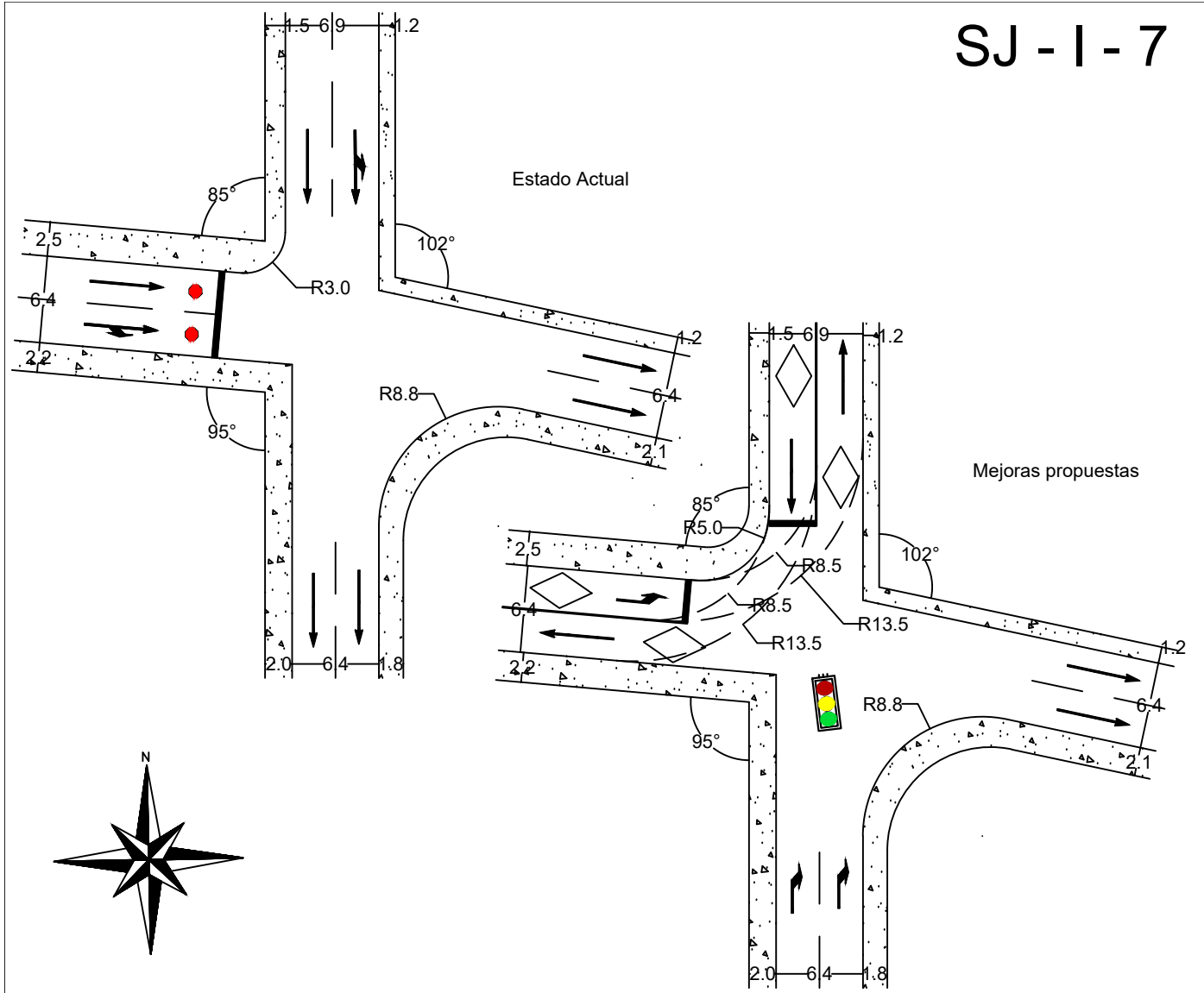




SJ - I - 5

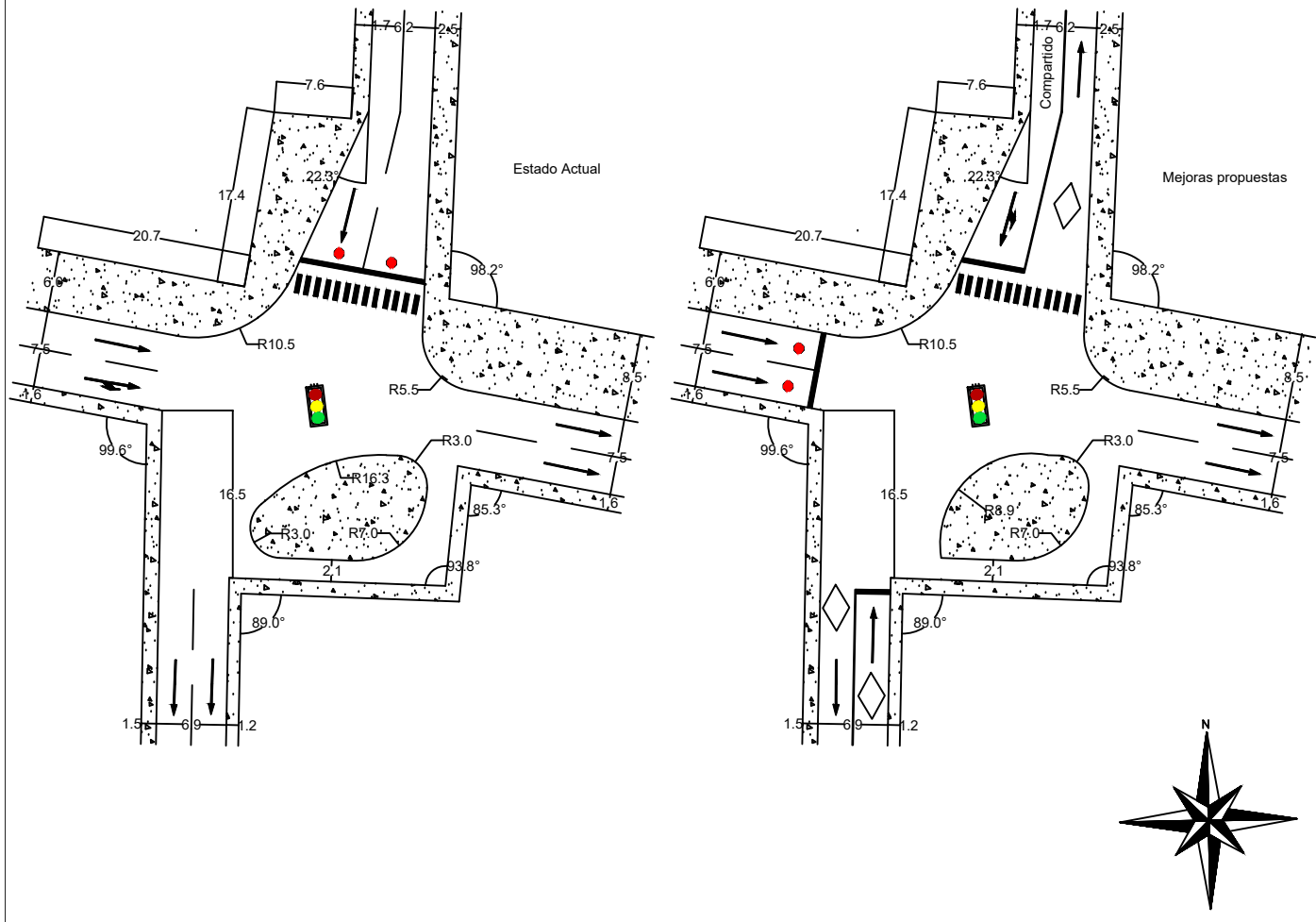




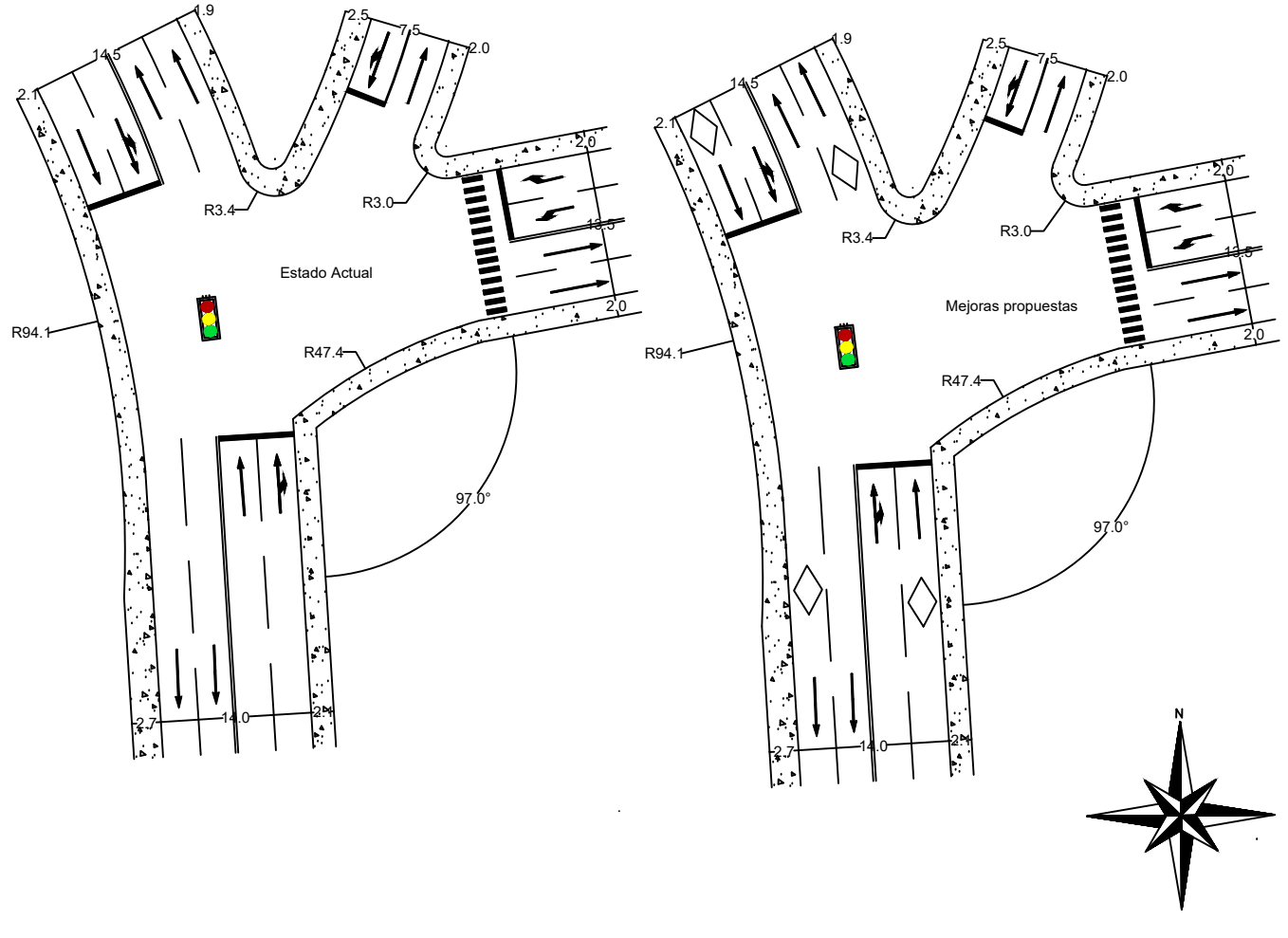


SJ - I - 7

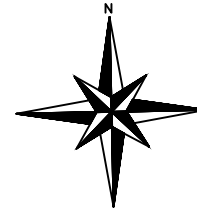
SJ - I - 8



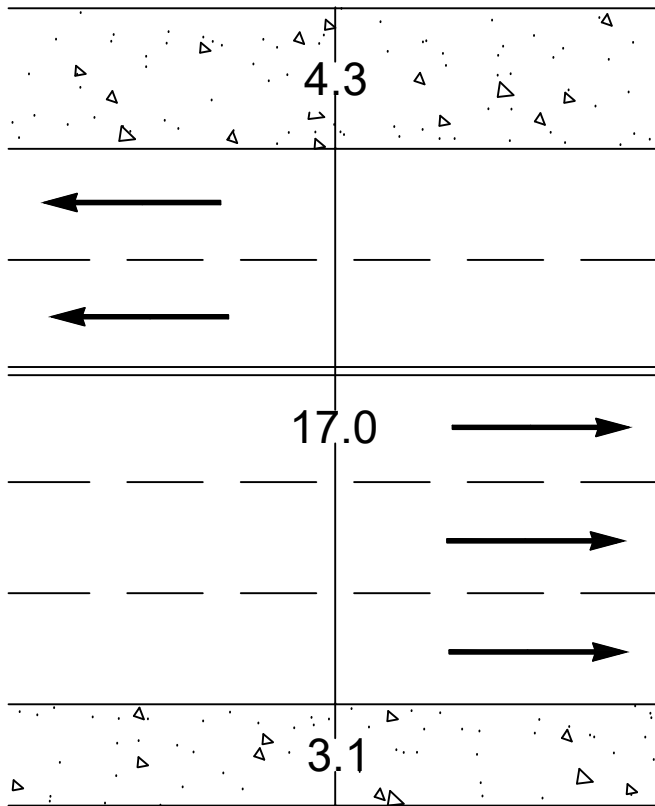
SJ - I - 10



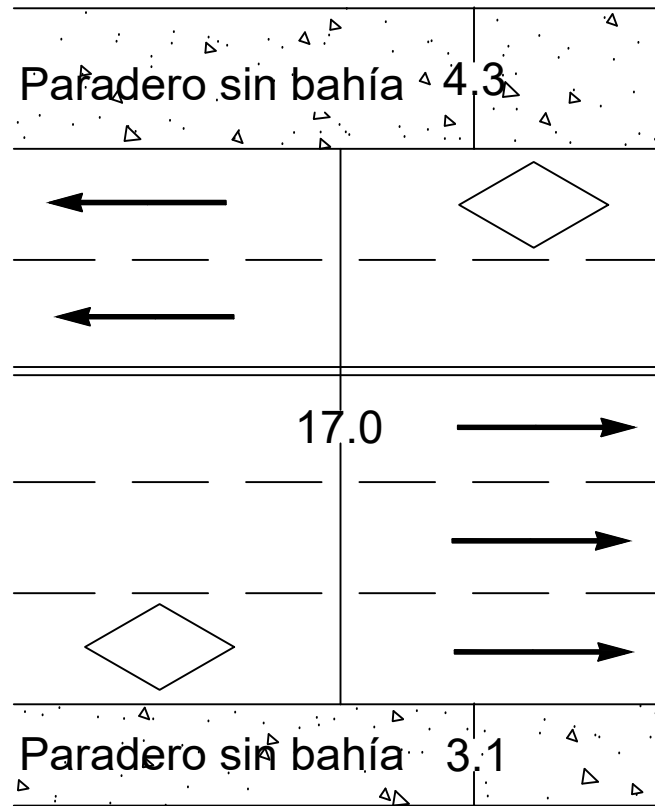
SJ - P - 1



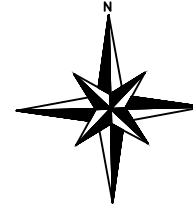
Estado Actual



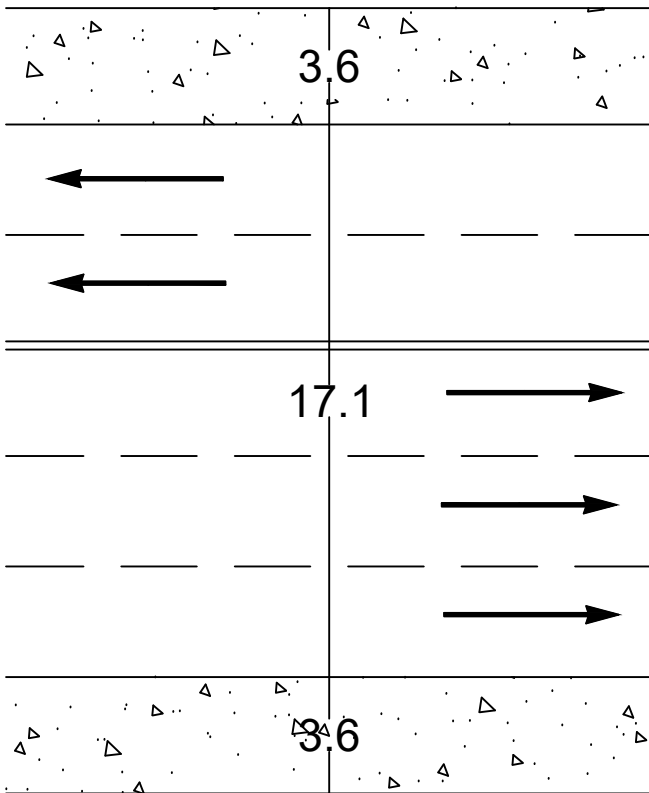
Mejoras propuestas



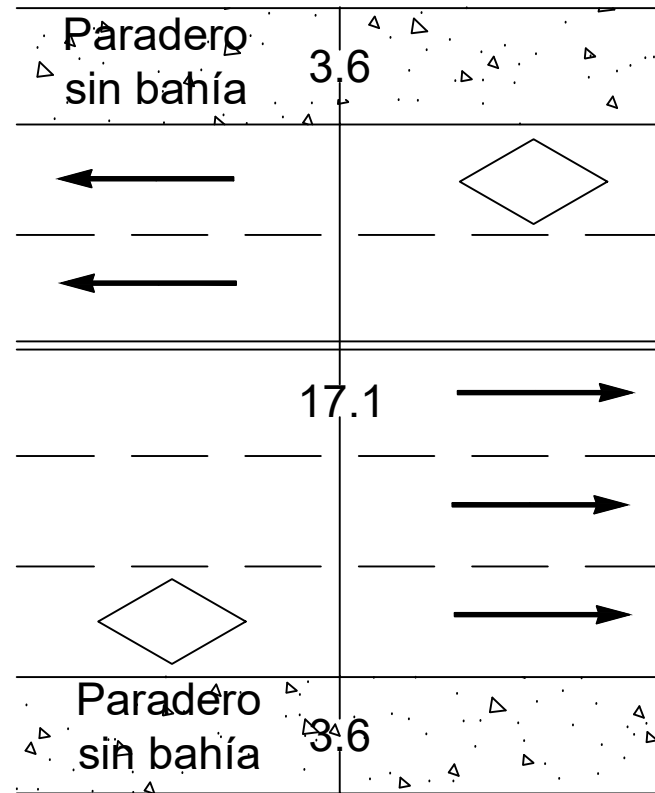
SJ - P - 2

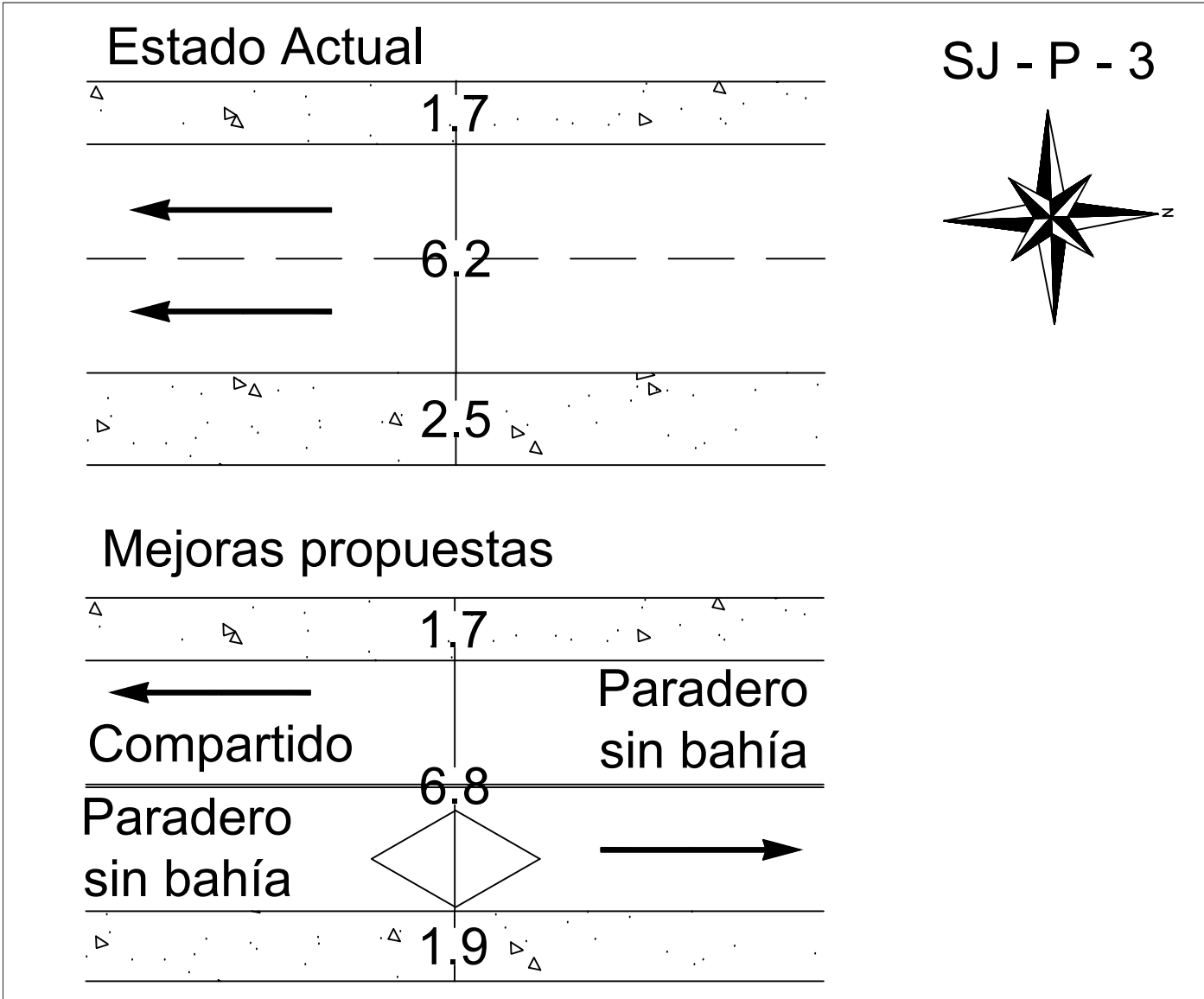


Estado Actual

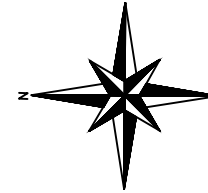


Mejoras propuestas

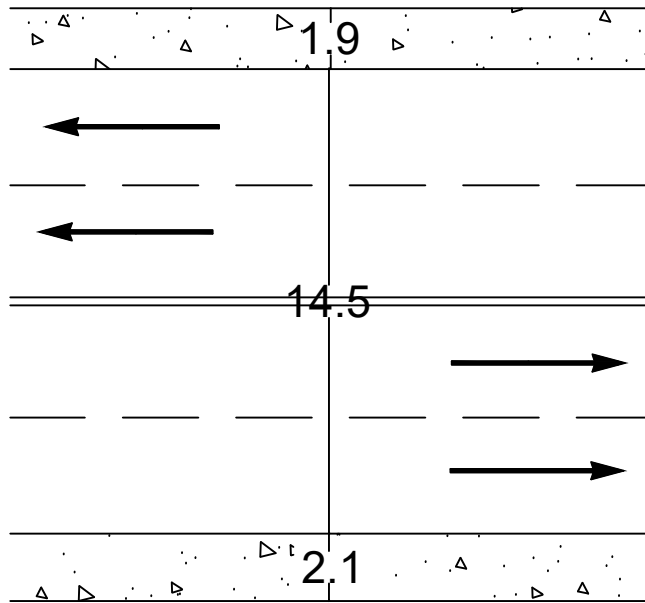




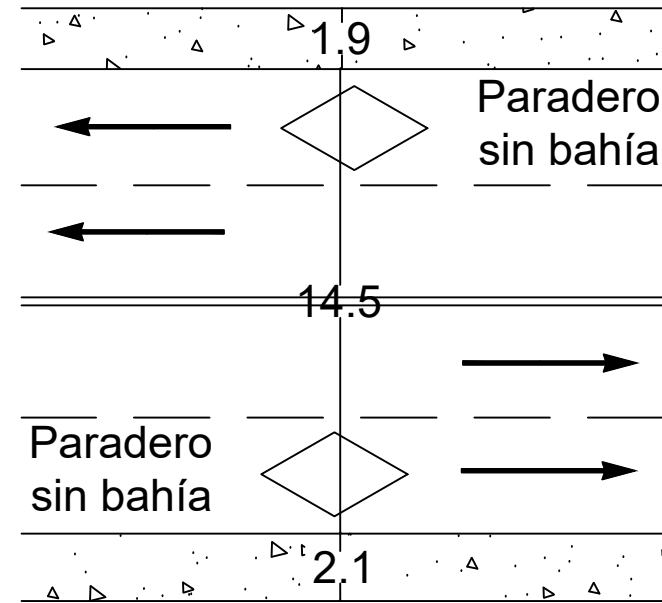
SJ - P - 4



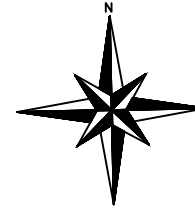
Estado Actual



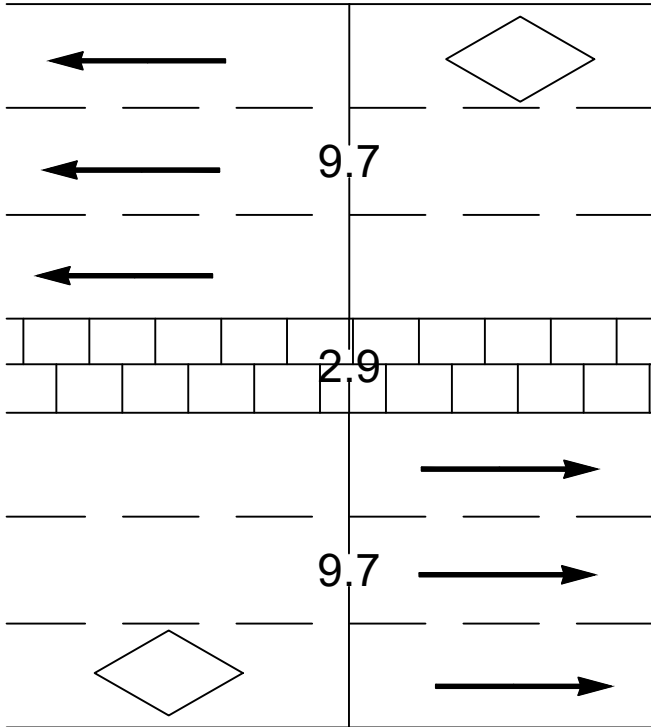
Mejoras propuestas



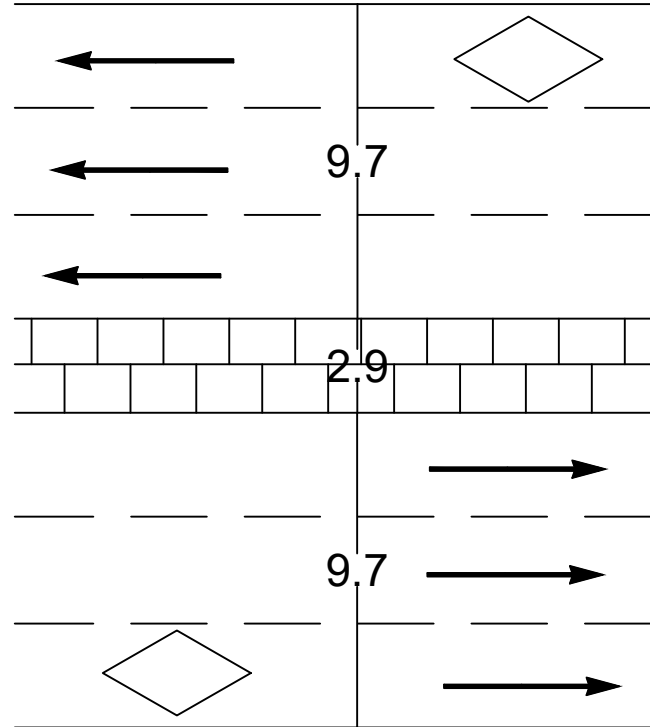
P - C - 1



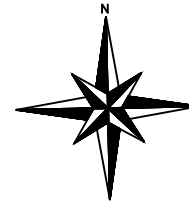
Estado Actual



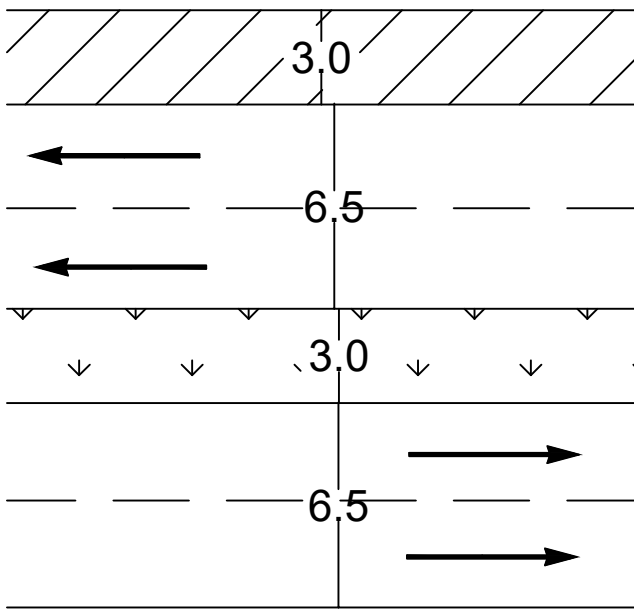
Mejoras propuestas



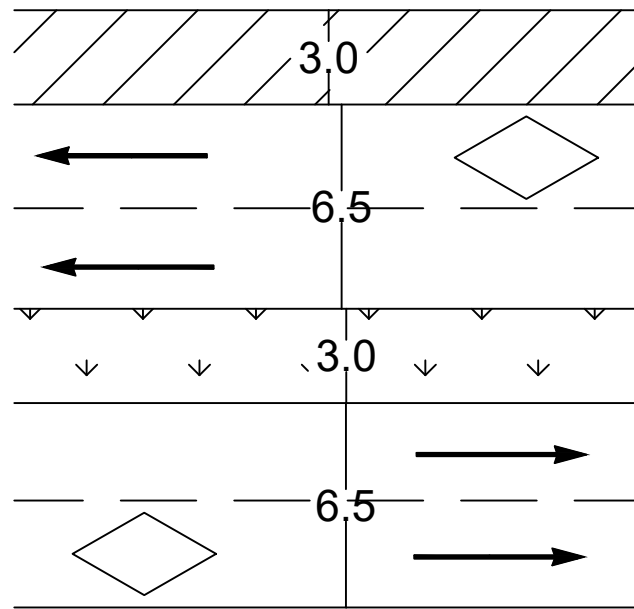
P - C - 2



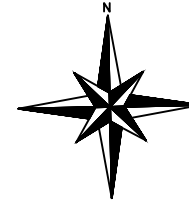
Estado Actual



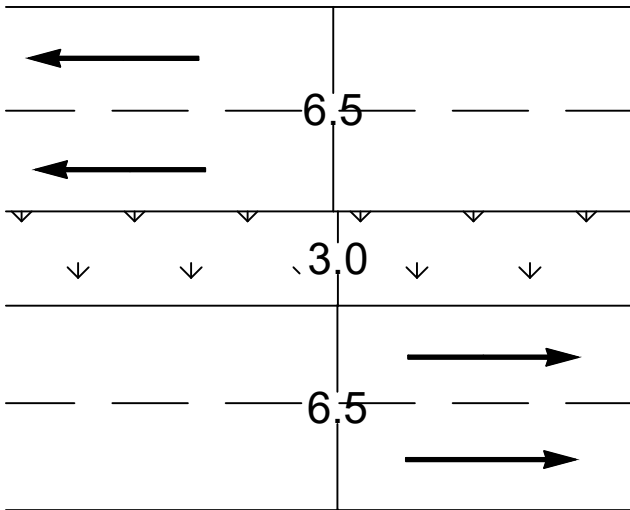
Mejoras propuestas



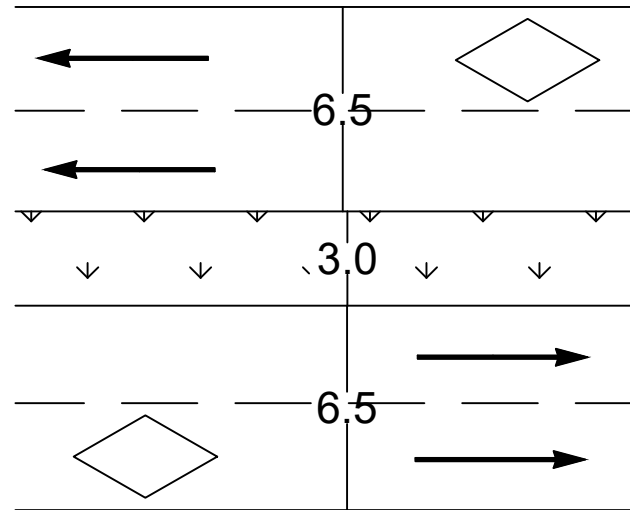
P - C - 3



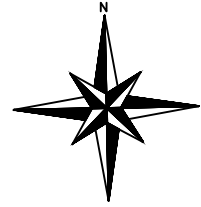
Estado Actual



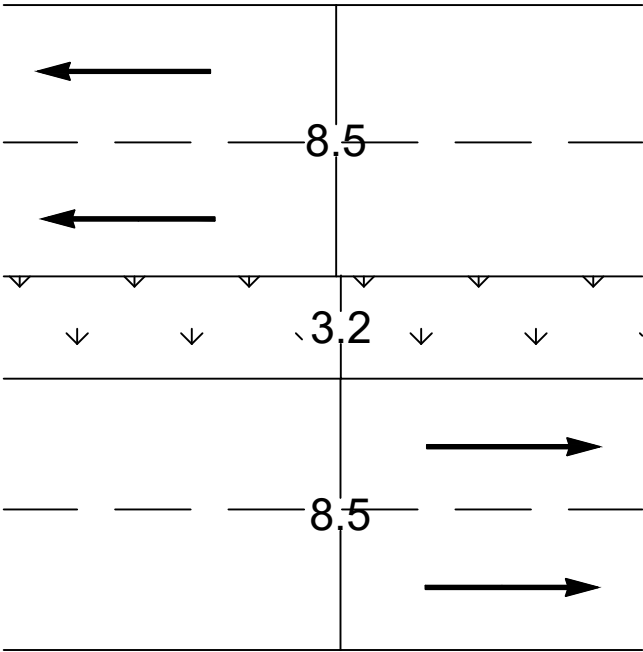
Mejoras propuestas



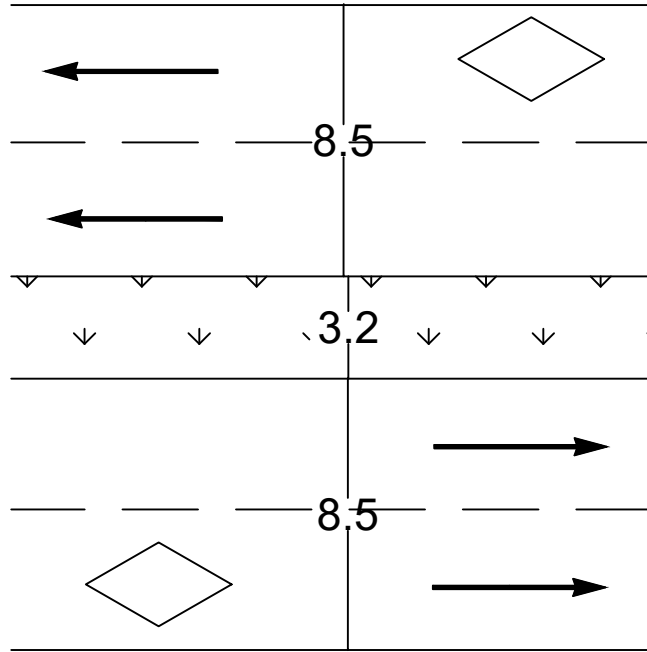
P - C - 4



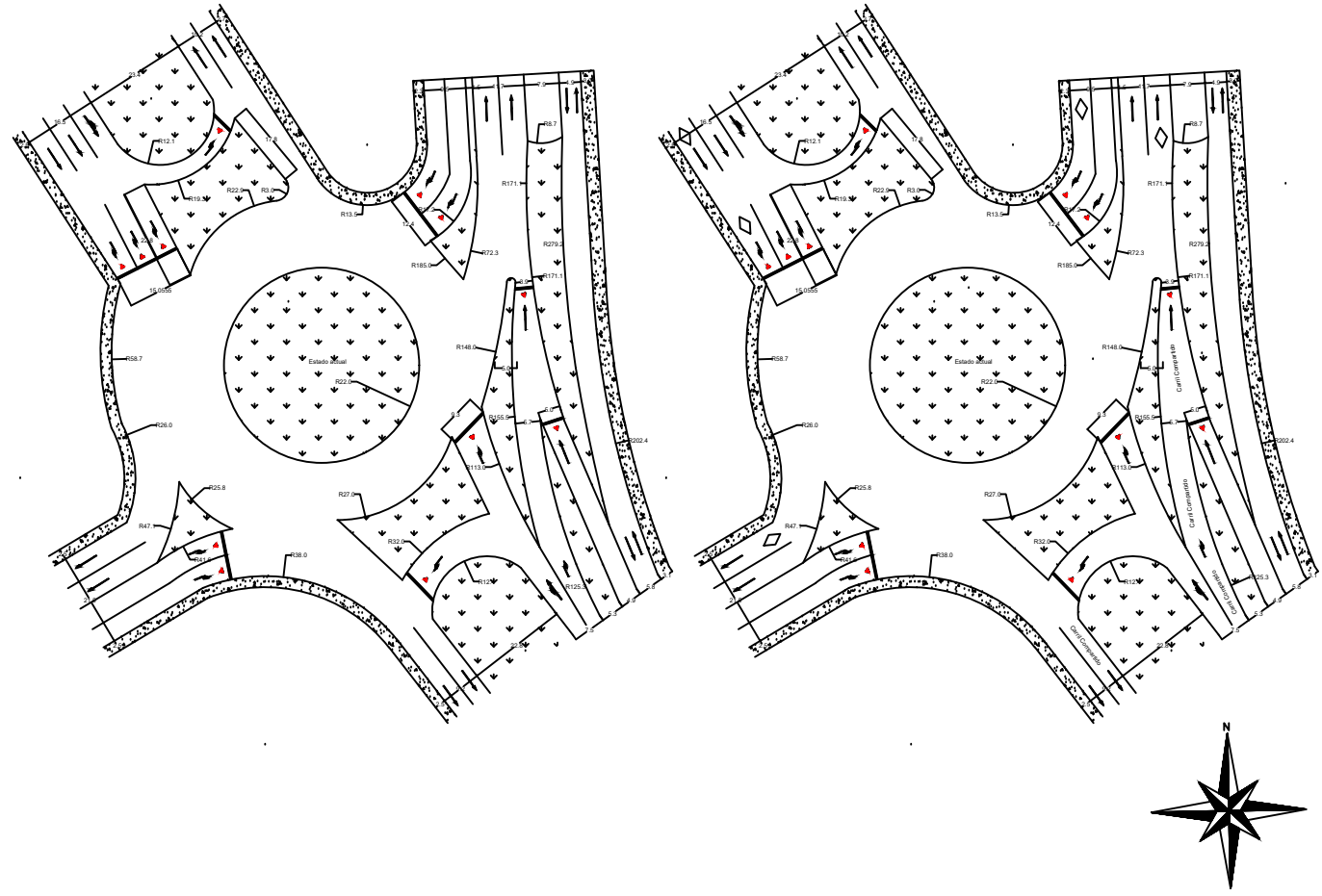
Estado Actual



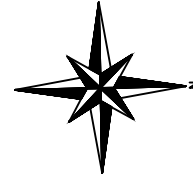
Mejoras propuestas



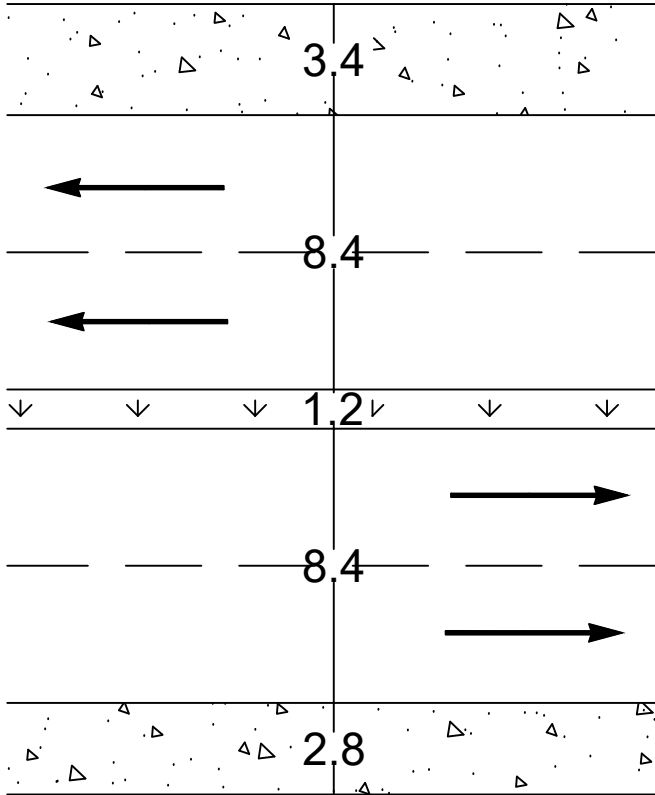
P-I-1



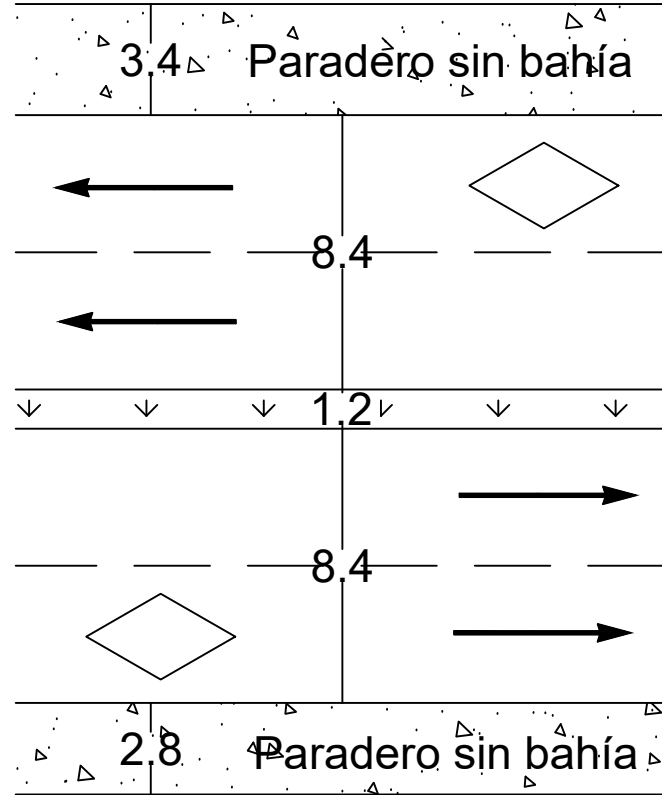
P - P - 1

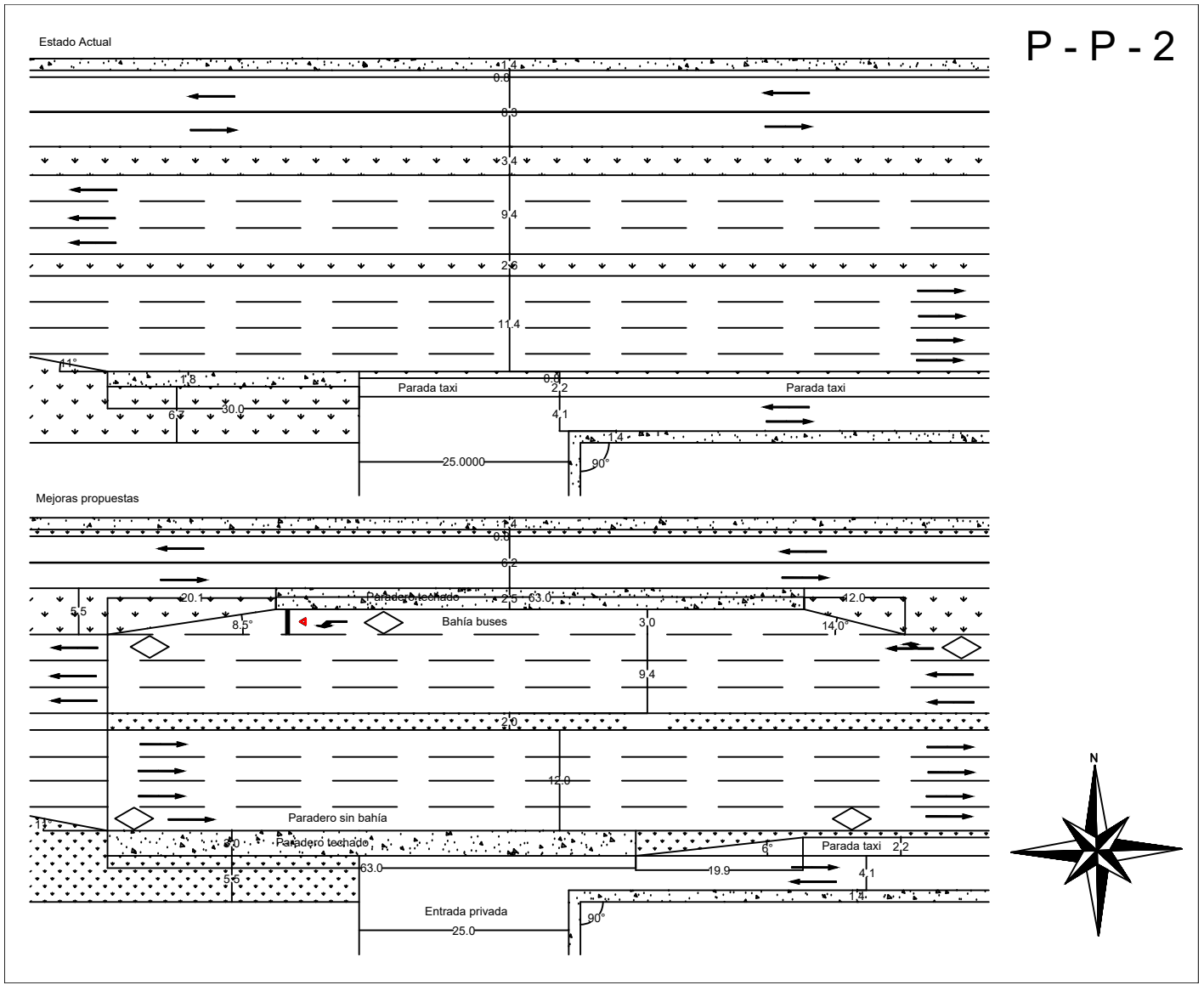


Estado Actual

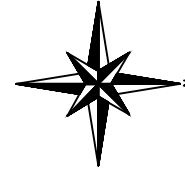


Mejoras propuestas

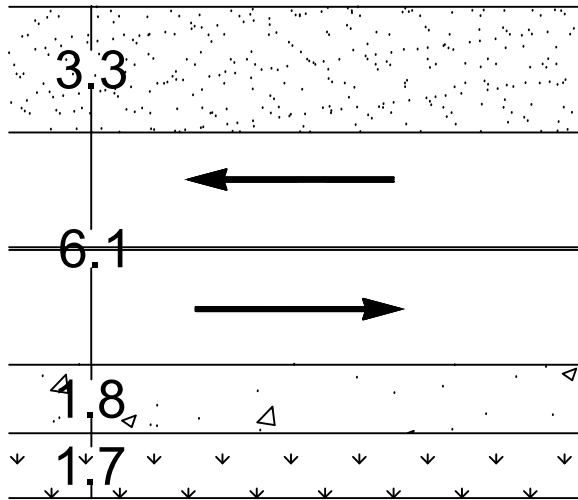




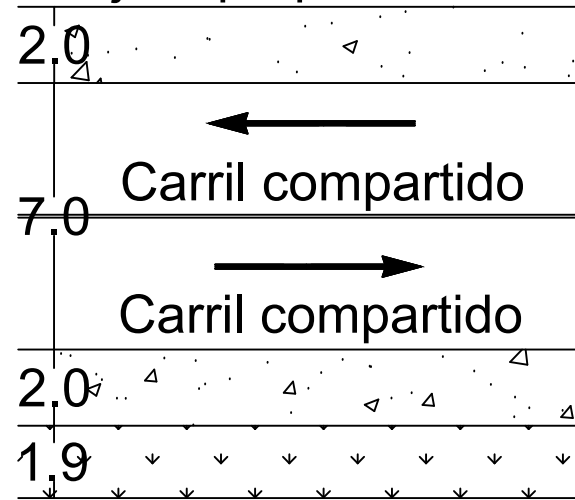
SP - C - 1



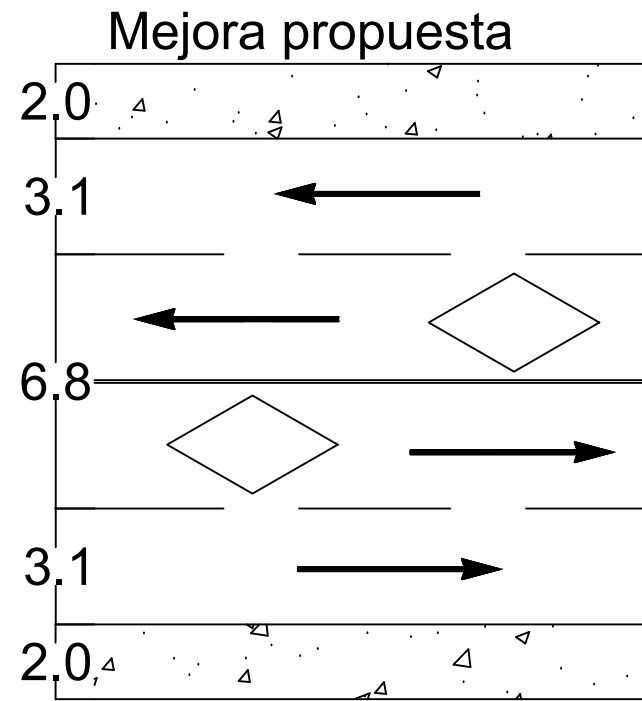
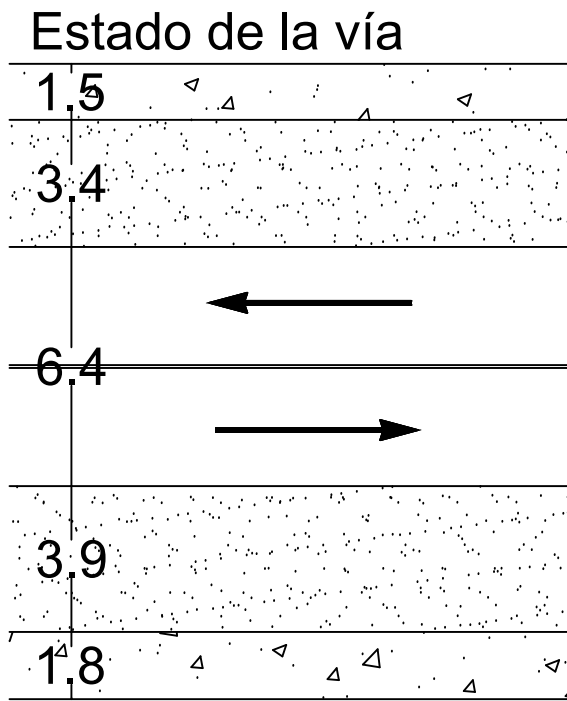
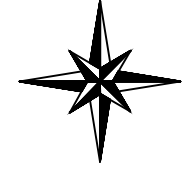
Estado de la vía

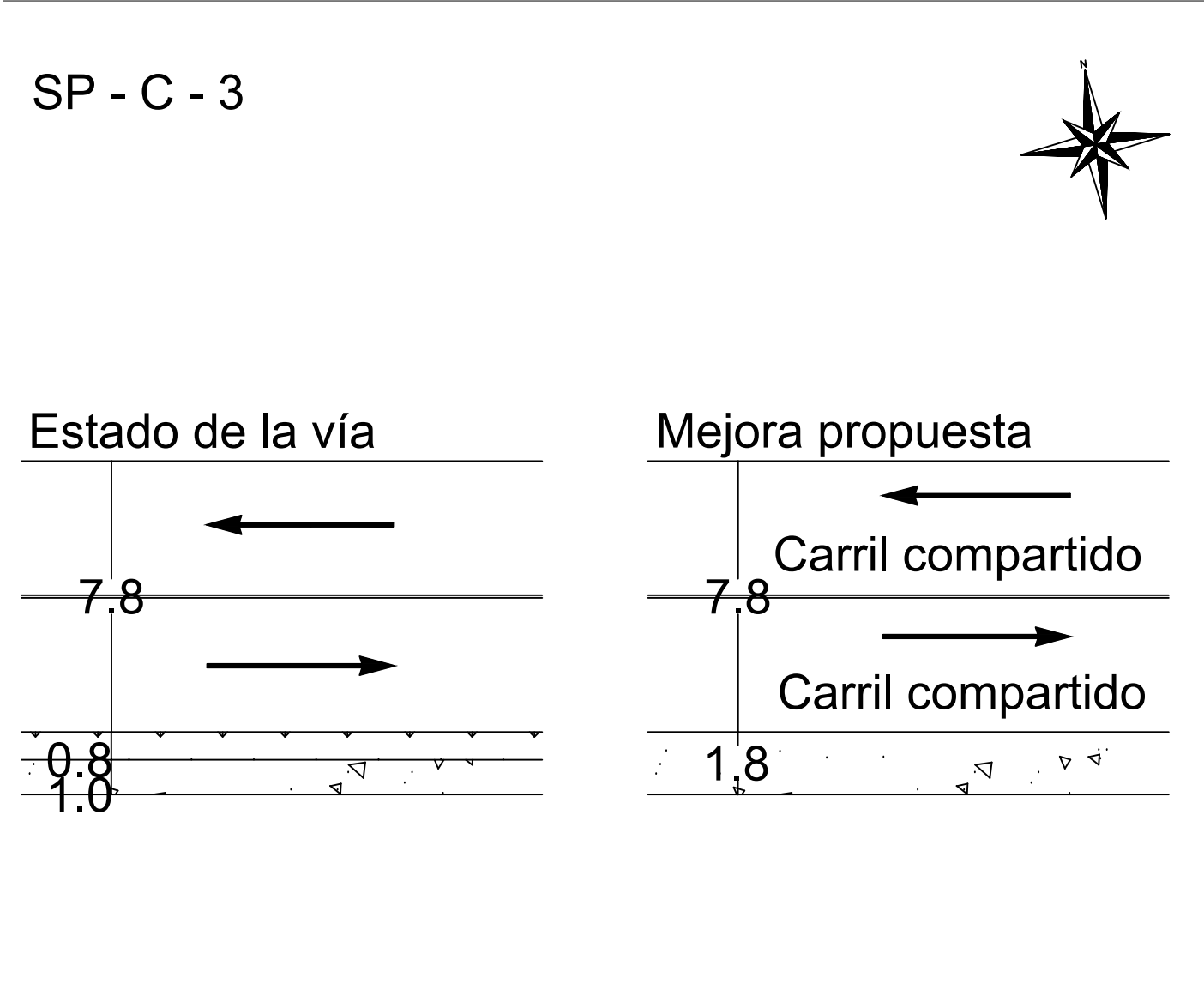


Mejora propuesta

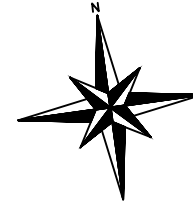


SP - C - 2

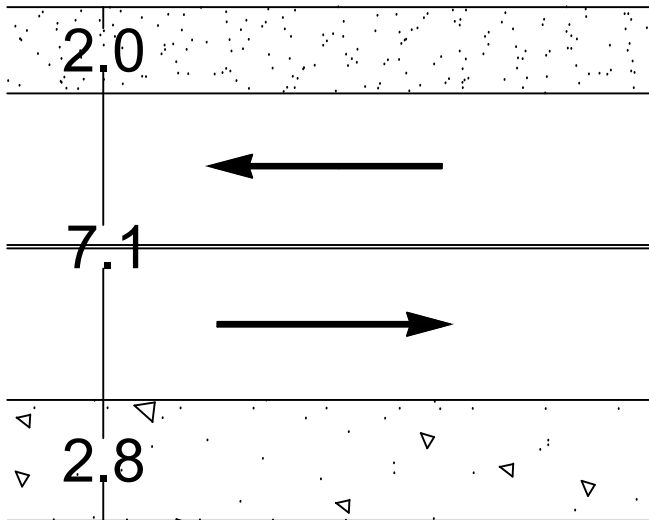




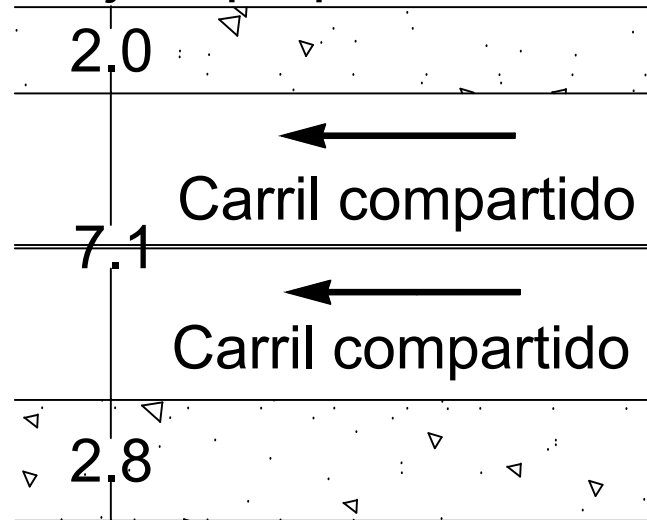
SP - C - 4



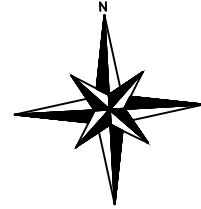
Estado de la vía



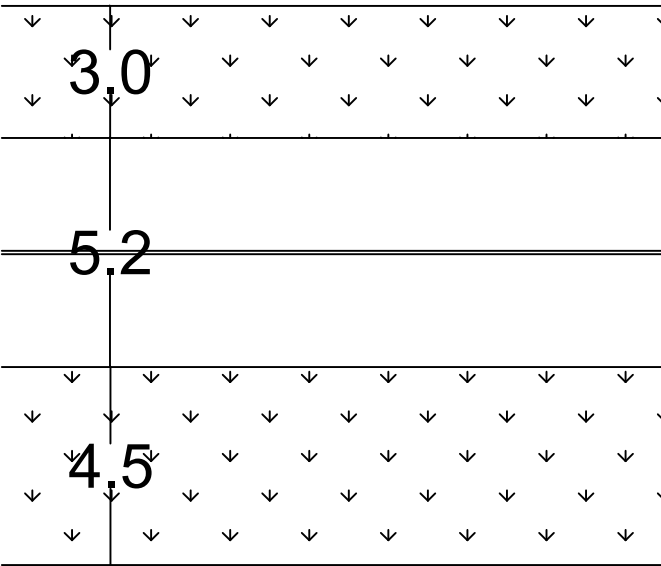
Mejora propuesta



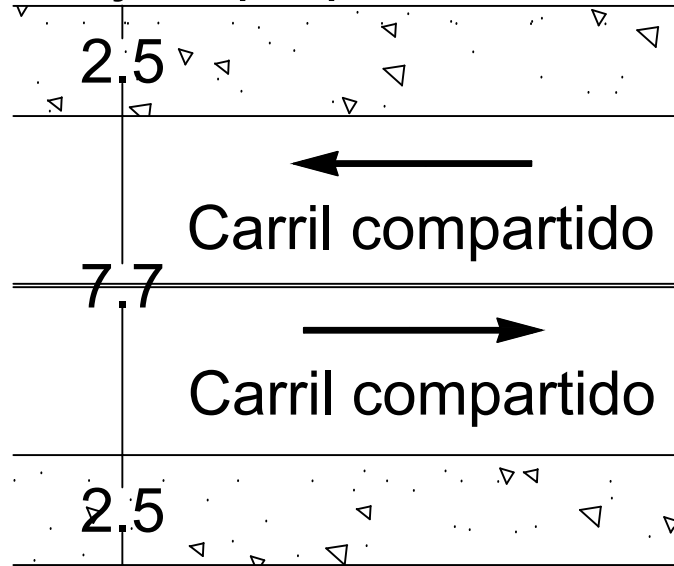
SP - C - 5



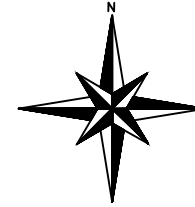
Estado de la vía



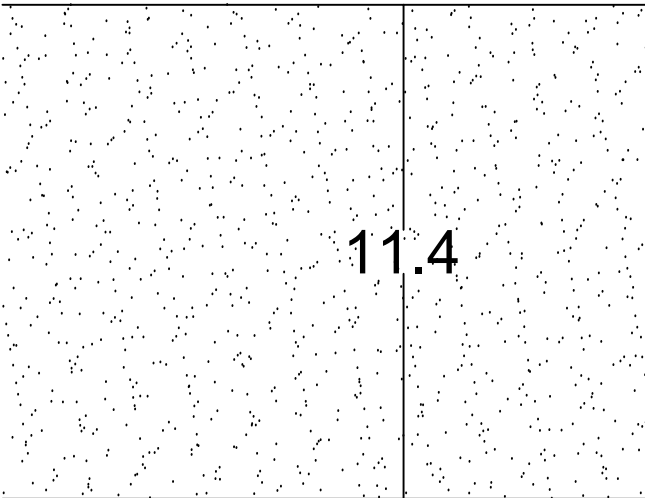
Mejora propuesta



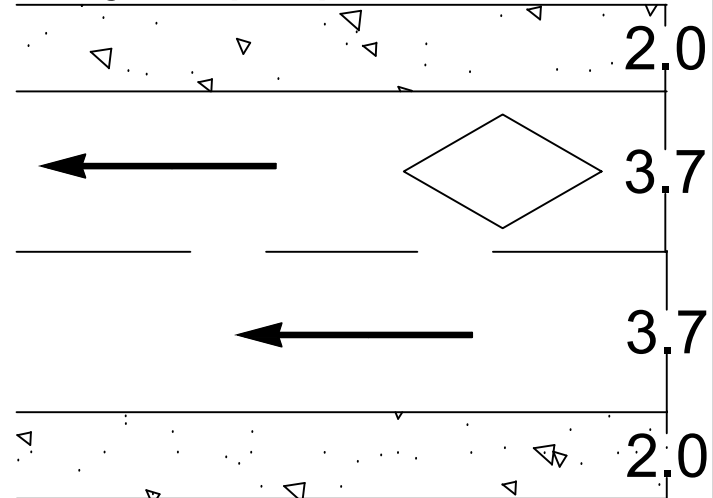
SP - C - 6

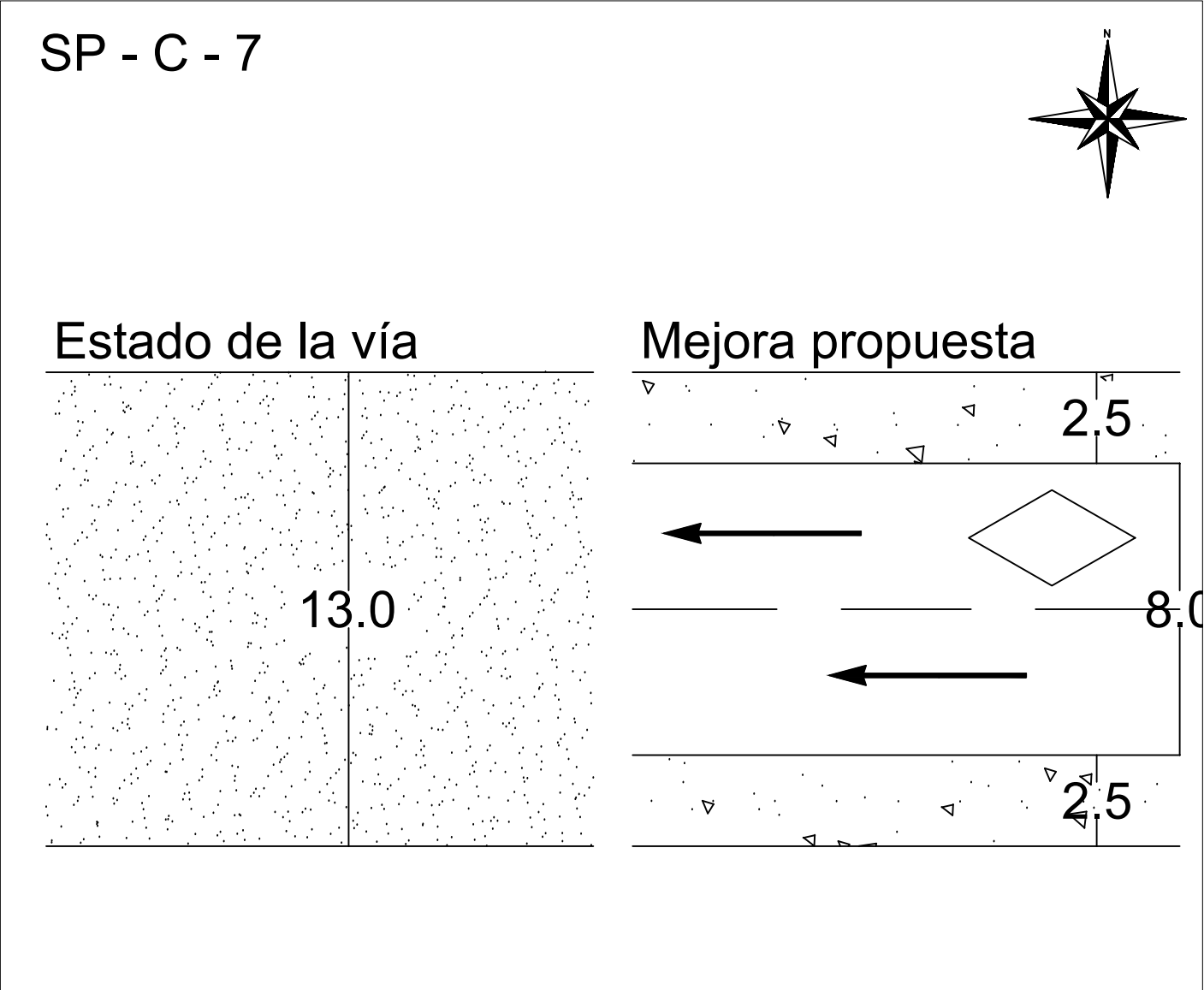


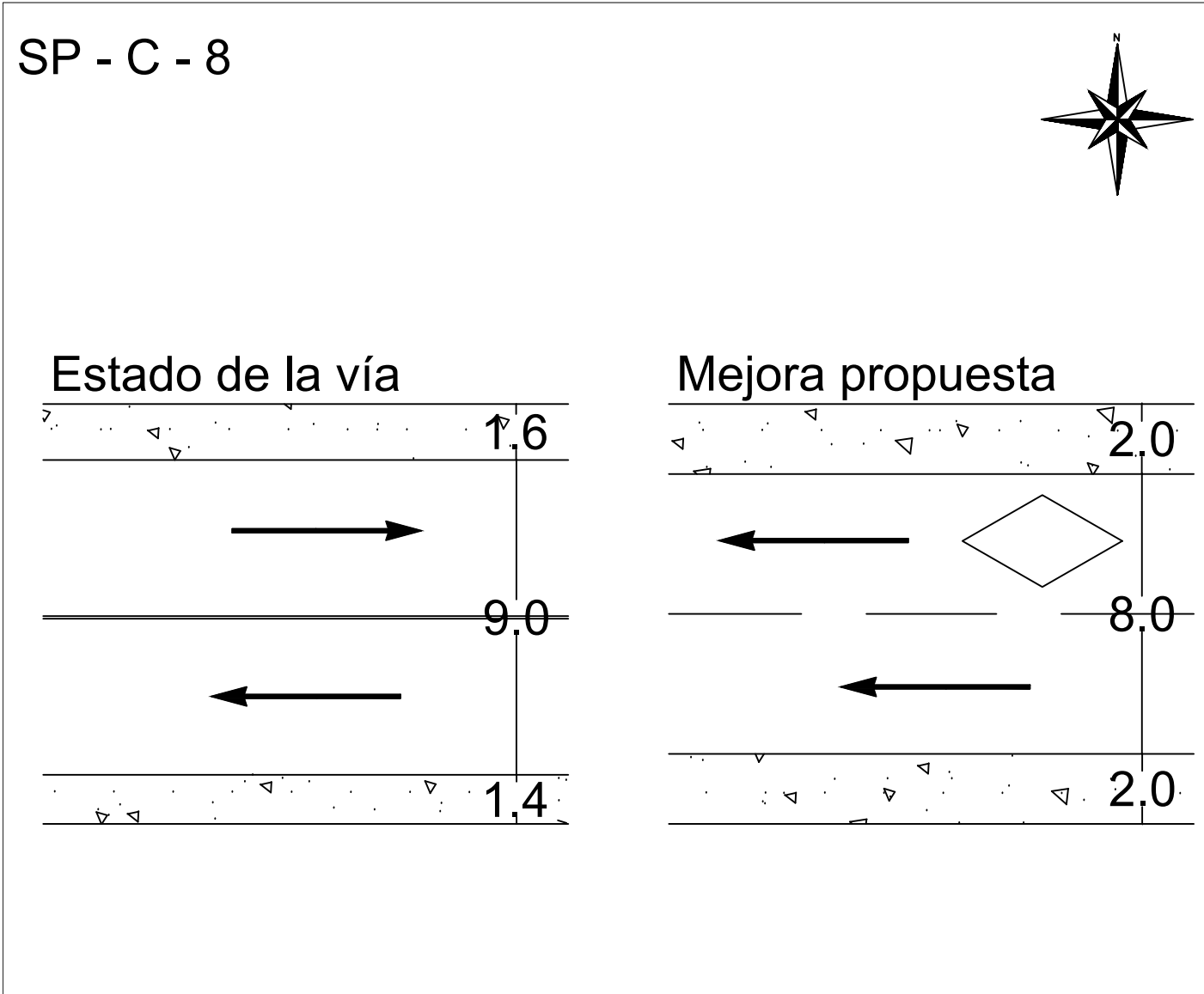
Estado de la vía

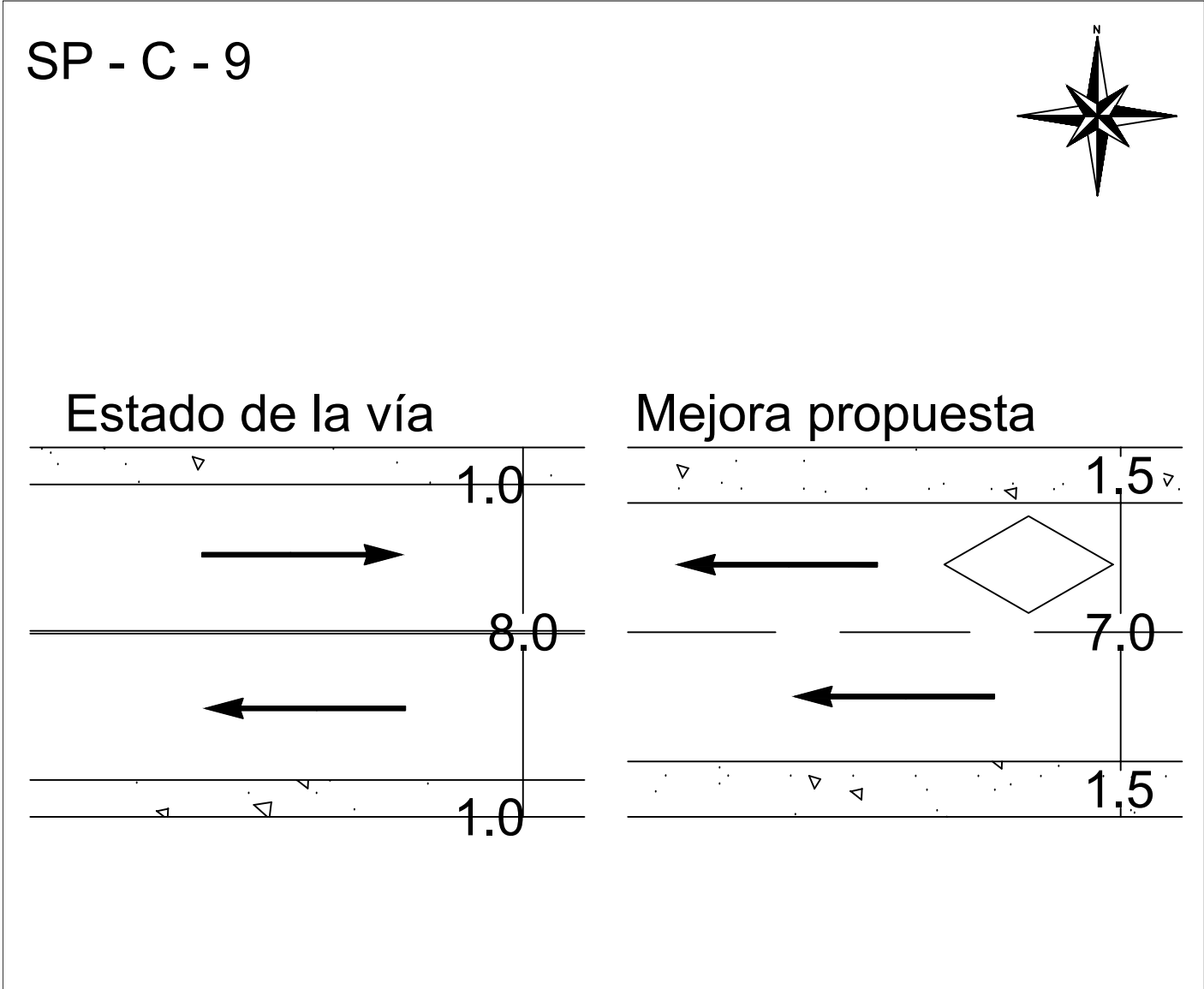


Mejora propuesta

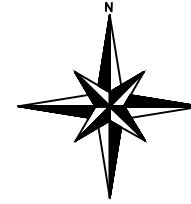




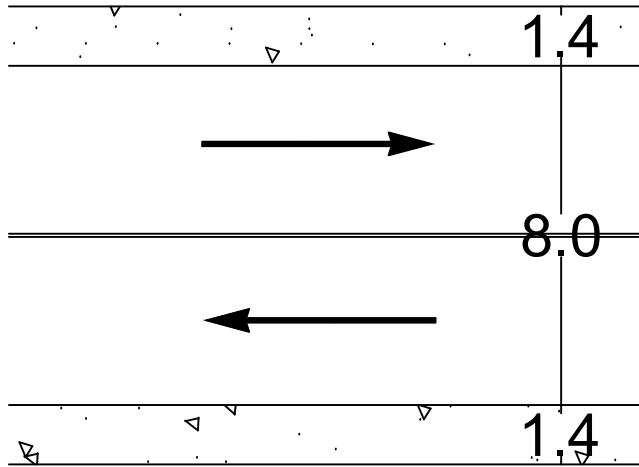




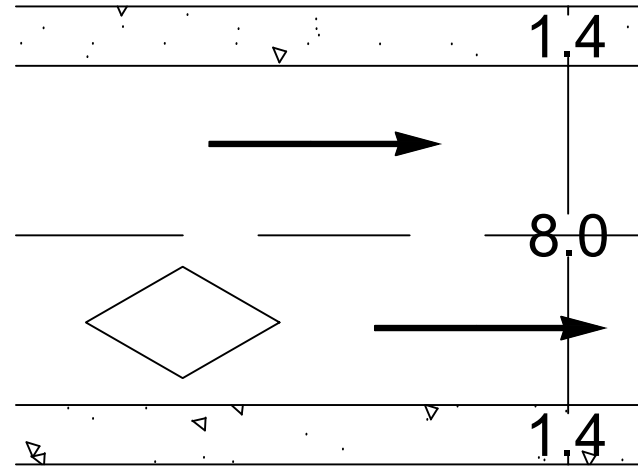
SP - C - 10



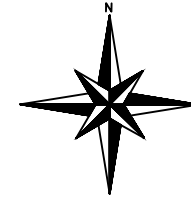
Estado de la vía



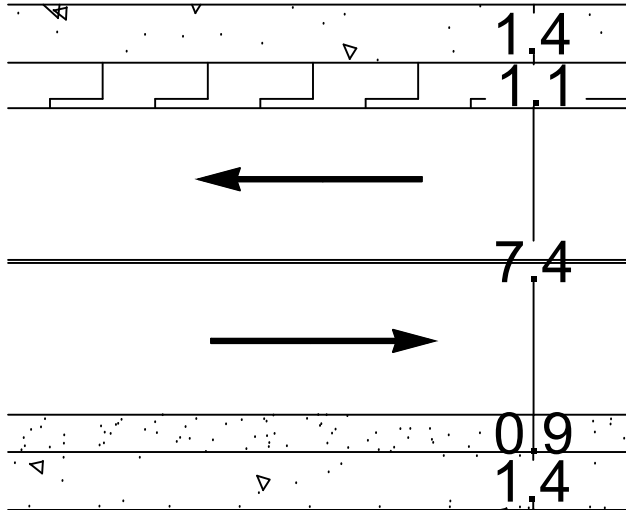
Mejora propuesta



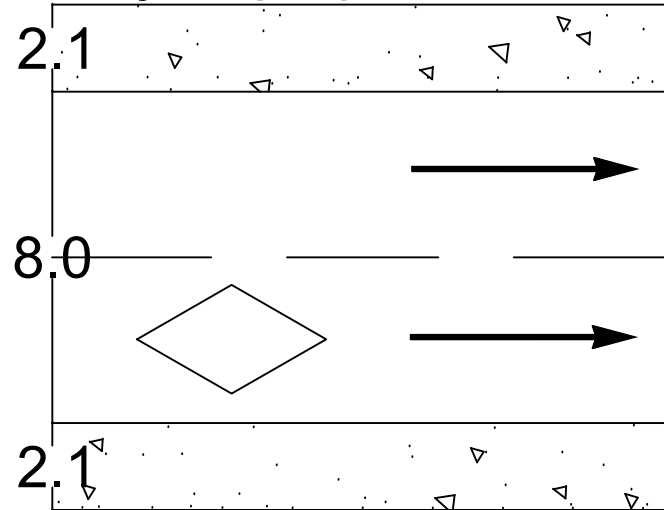
SP - C - 11

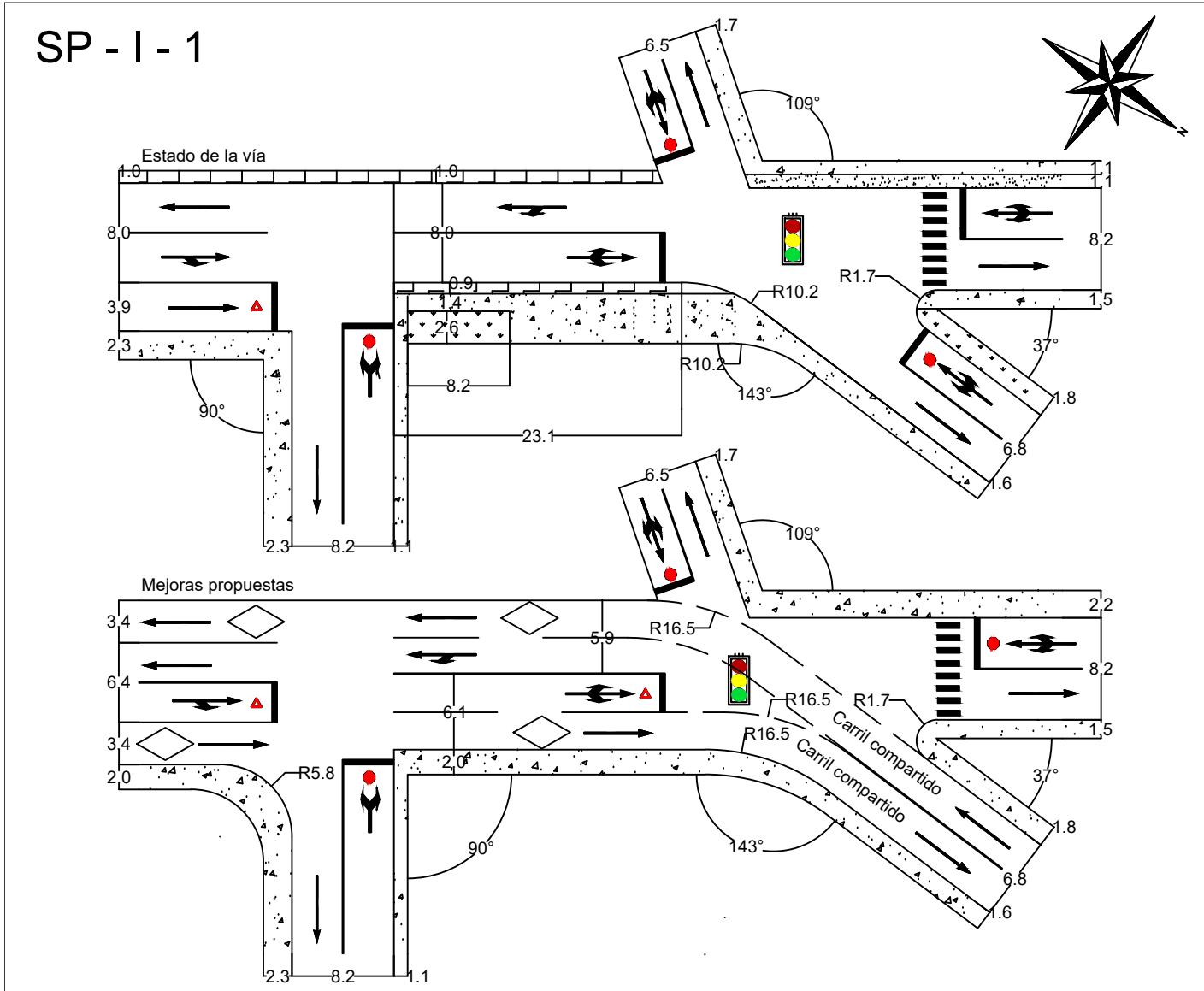


Estado de la vía

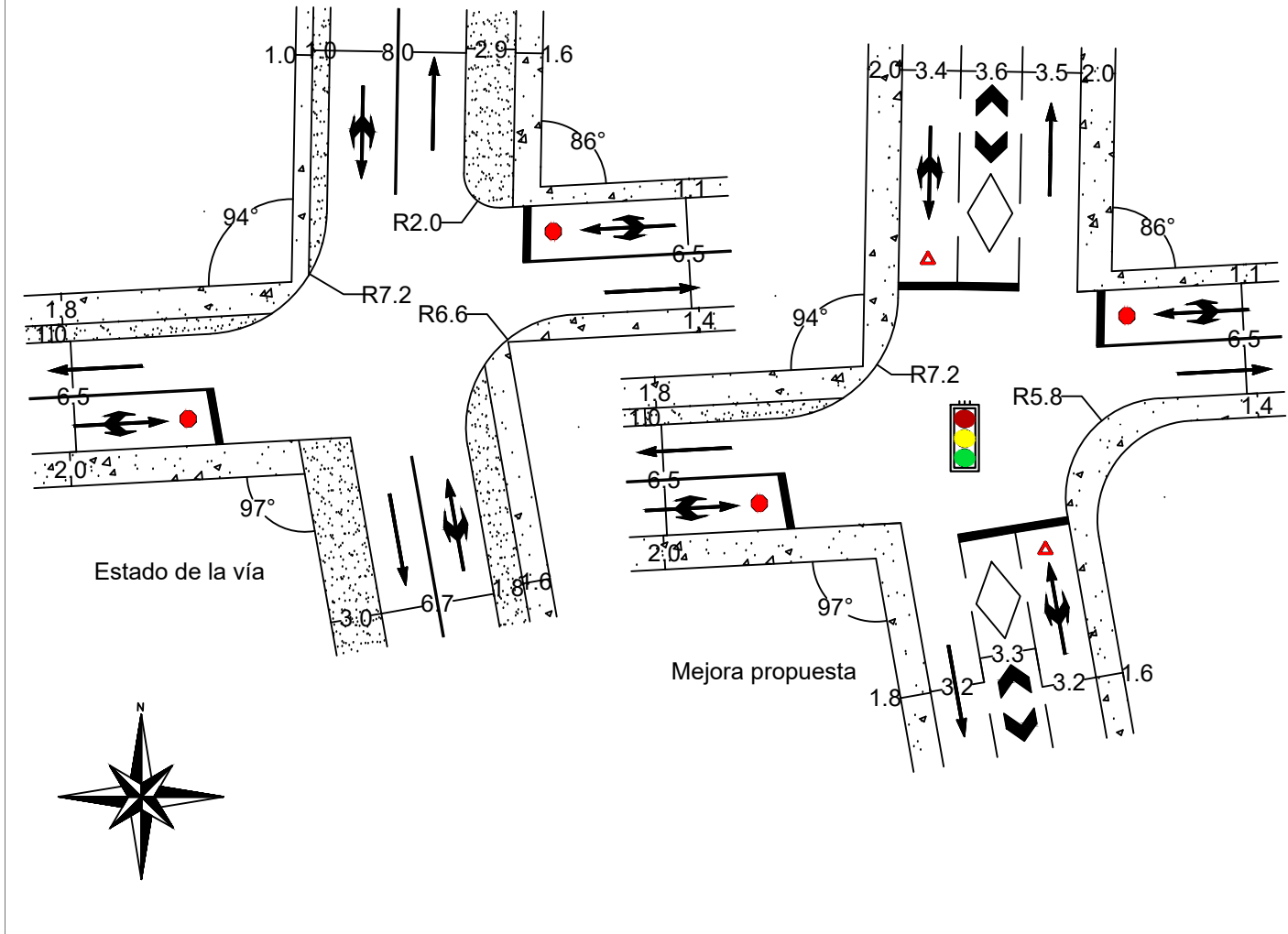


Mejora propuesta

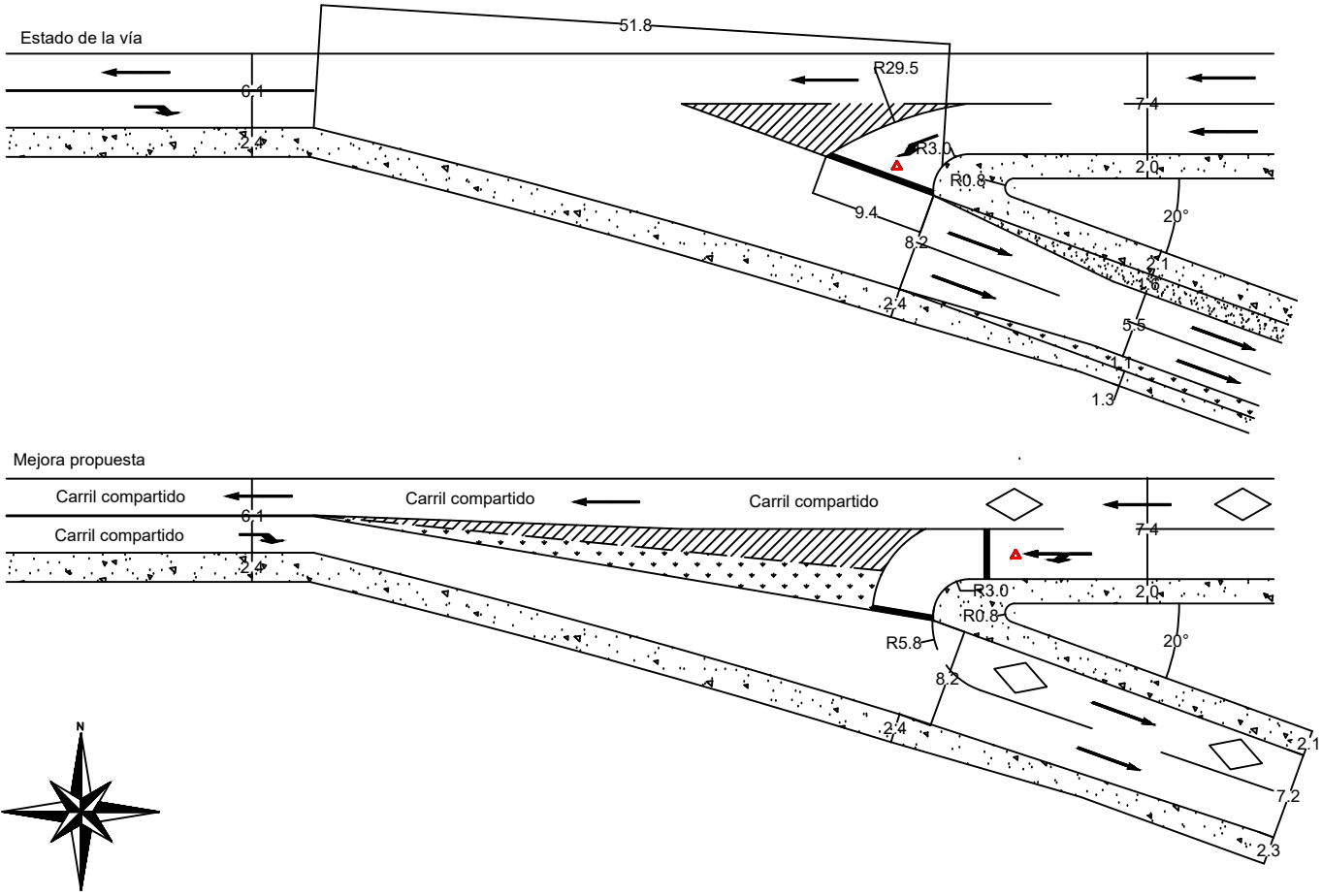




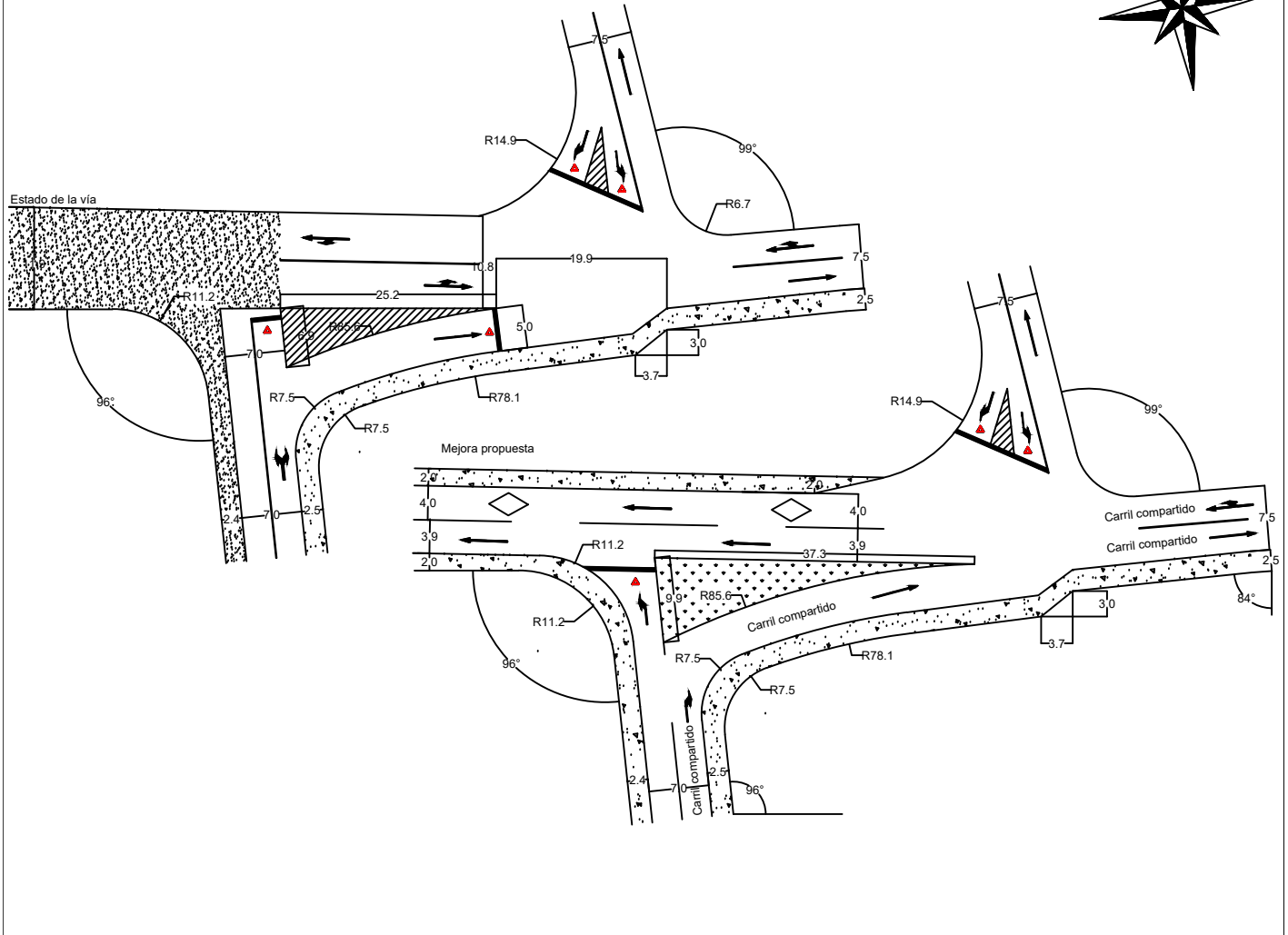
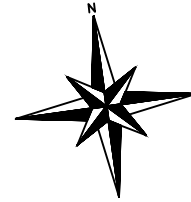
SP - I - 3

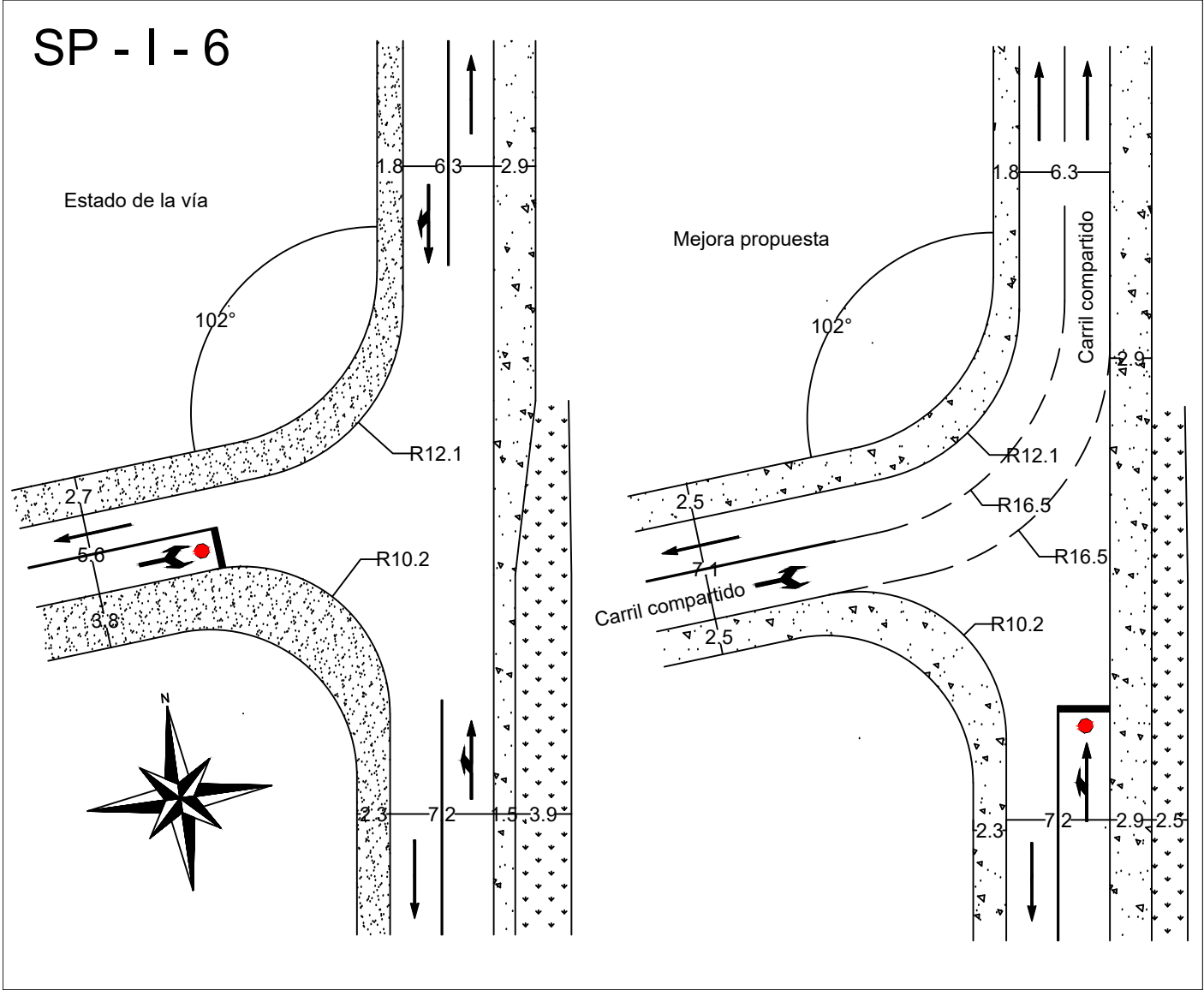


SP - I - 4

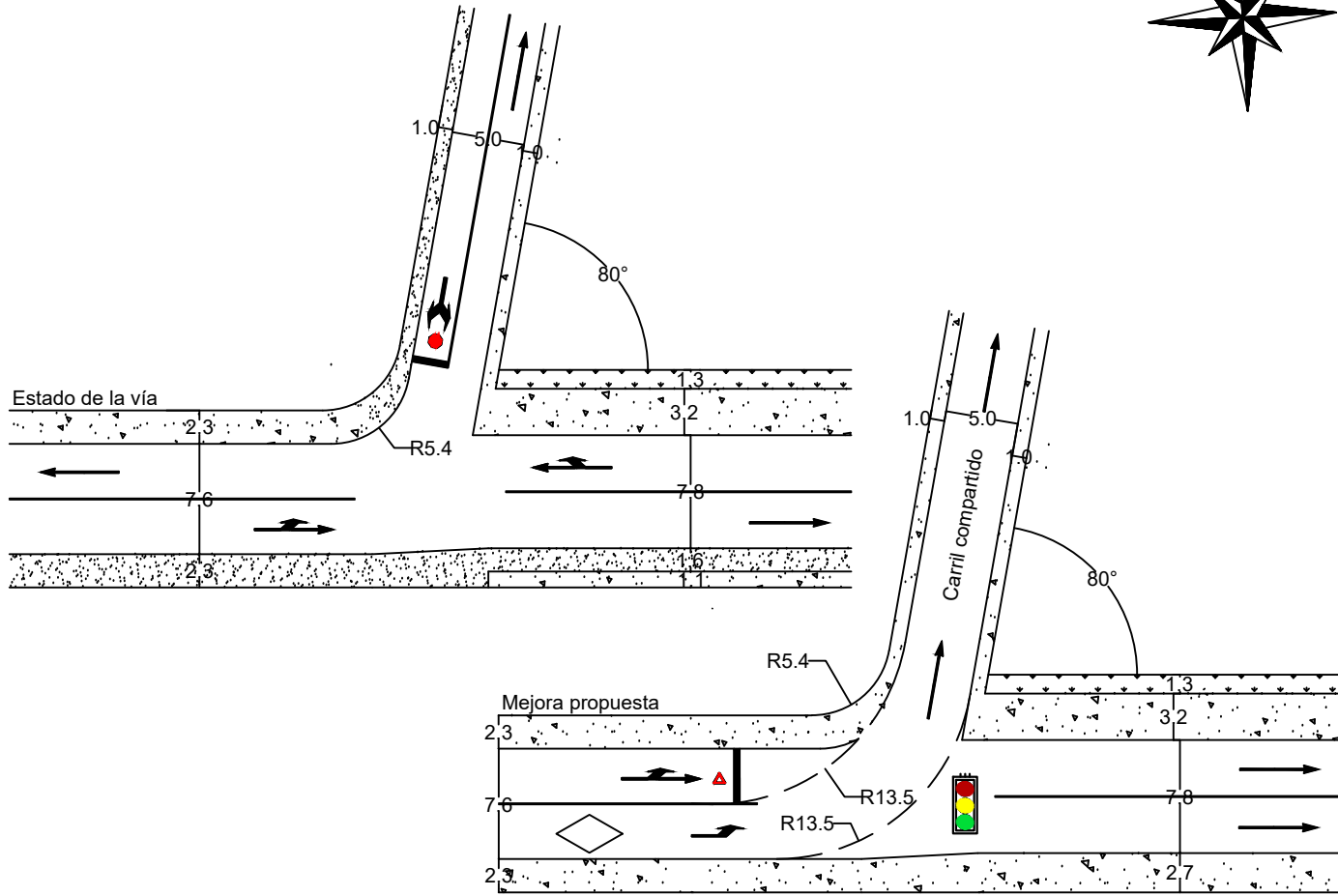
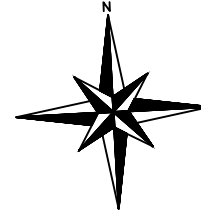


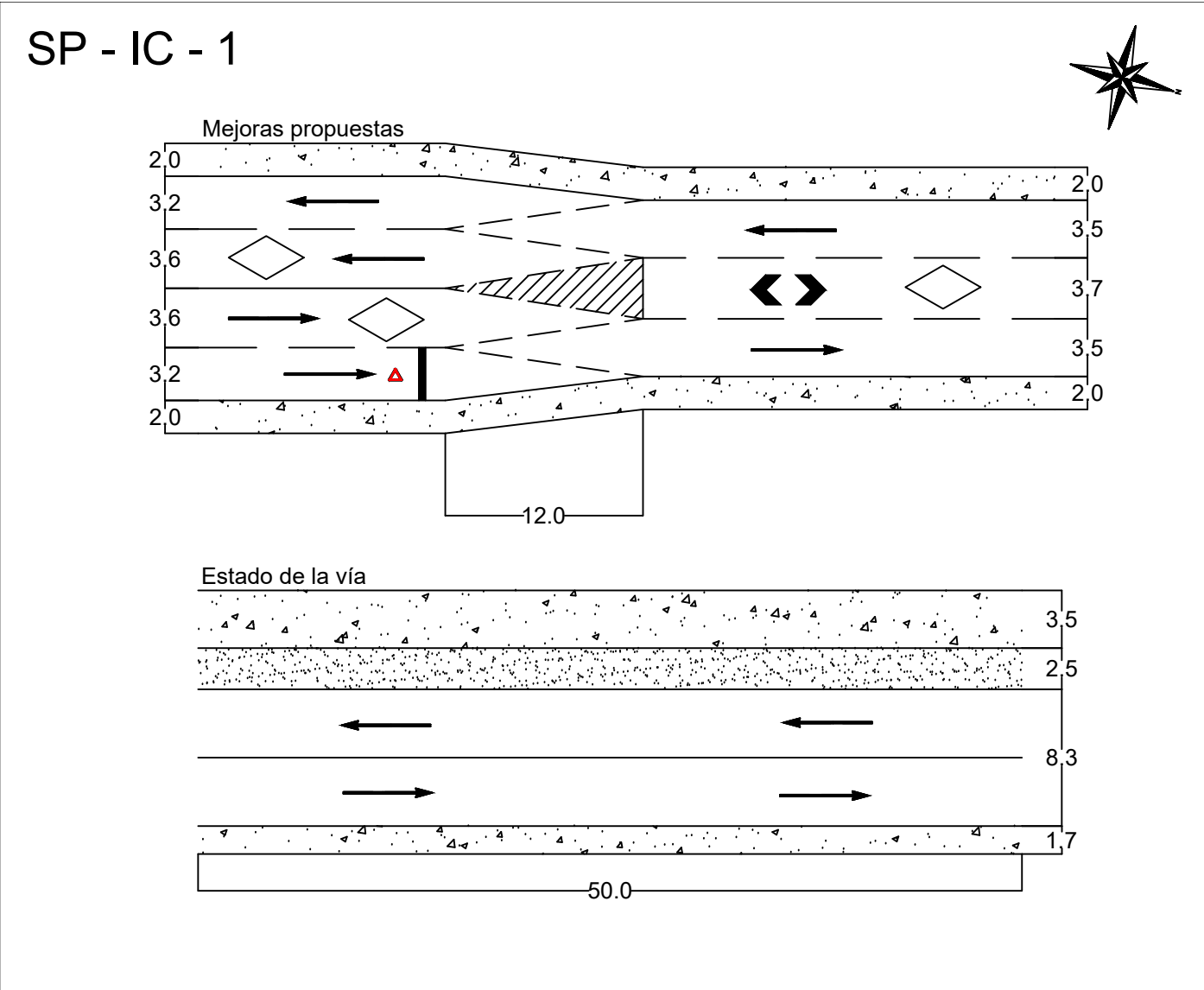
SP - I - 5

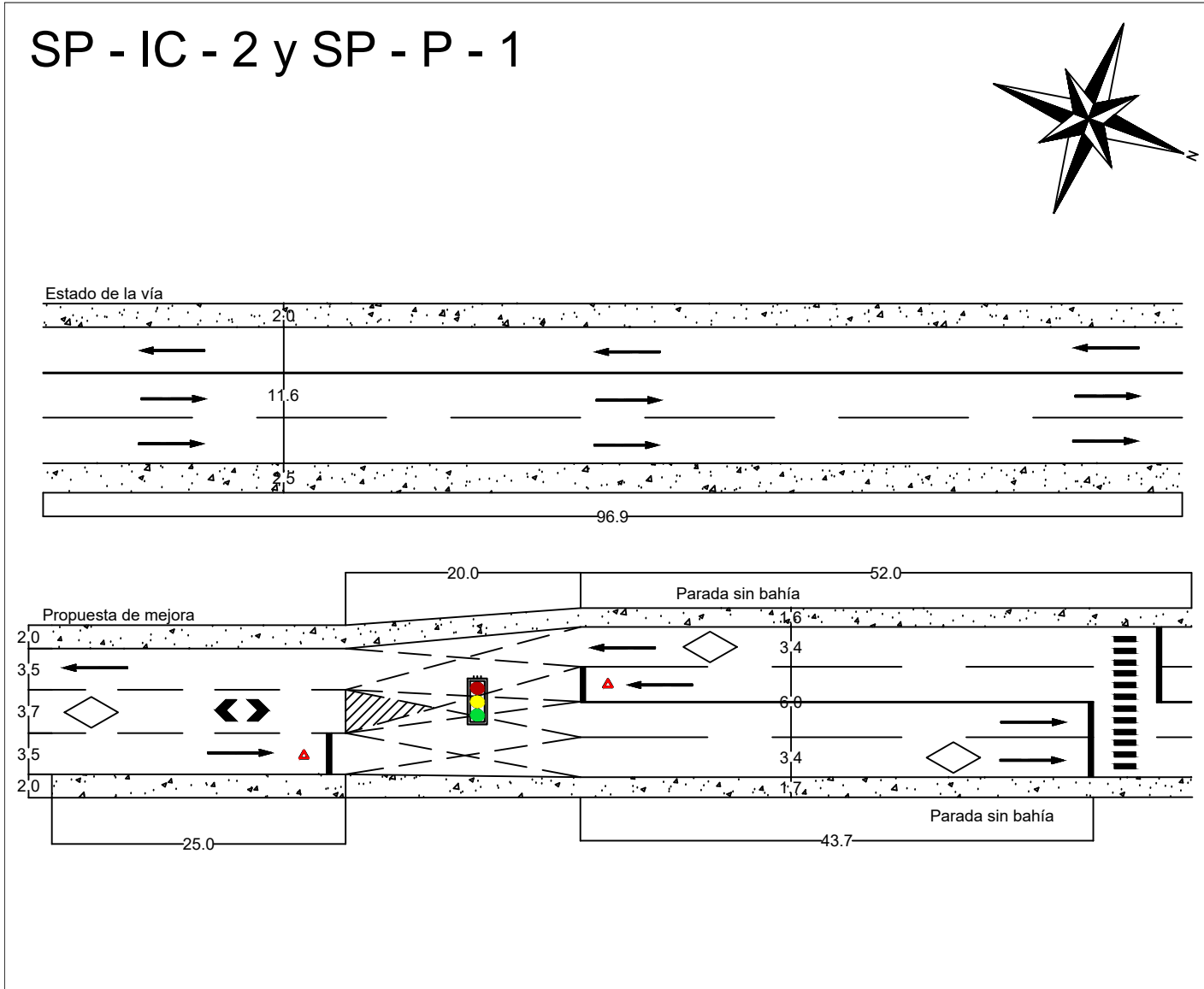


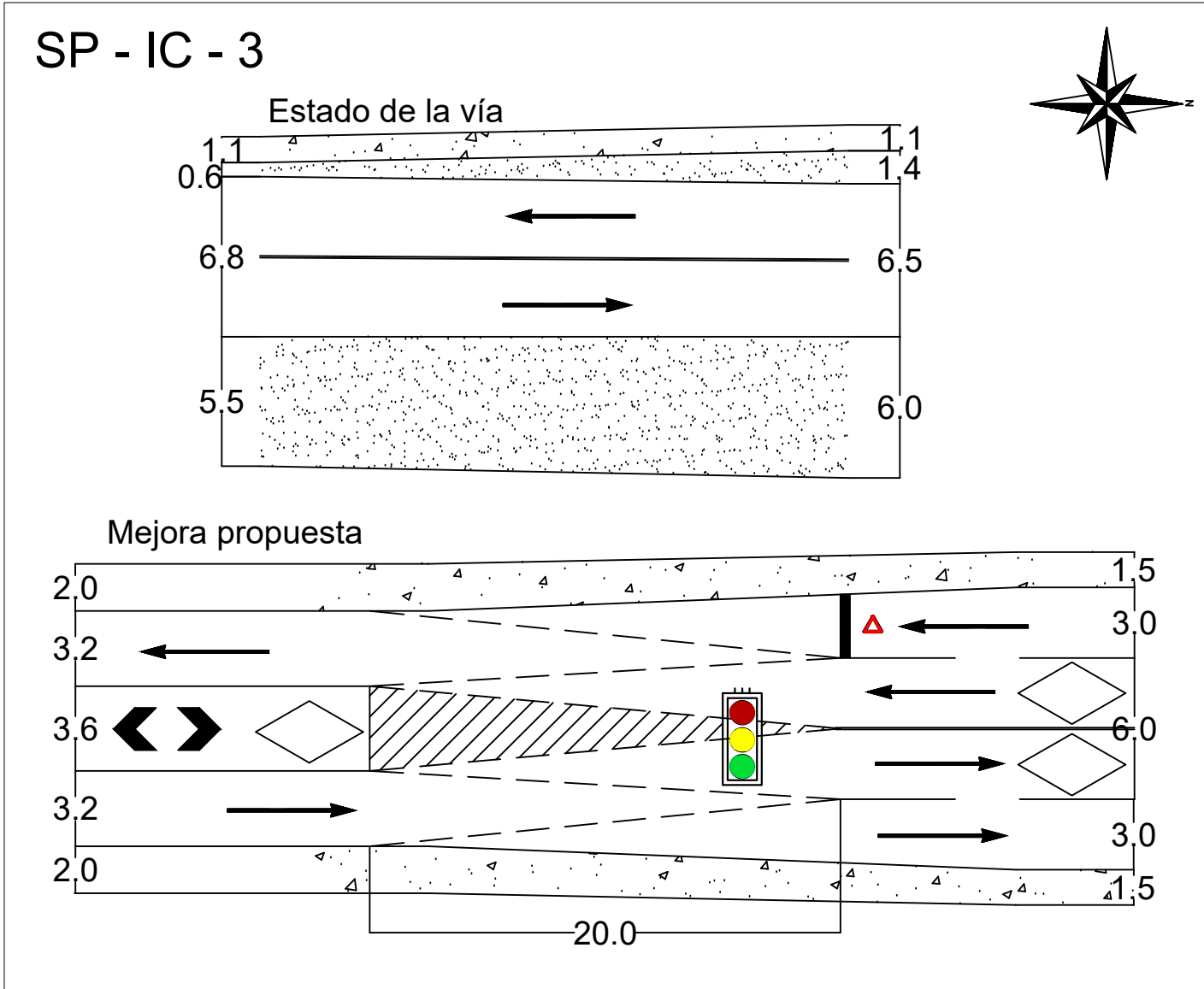


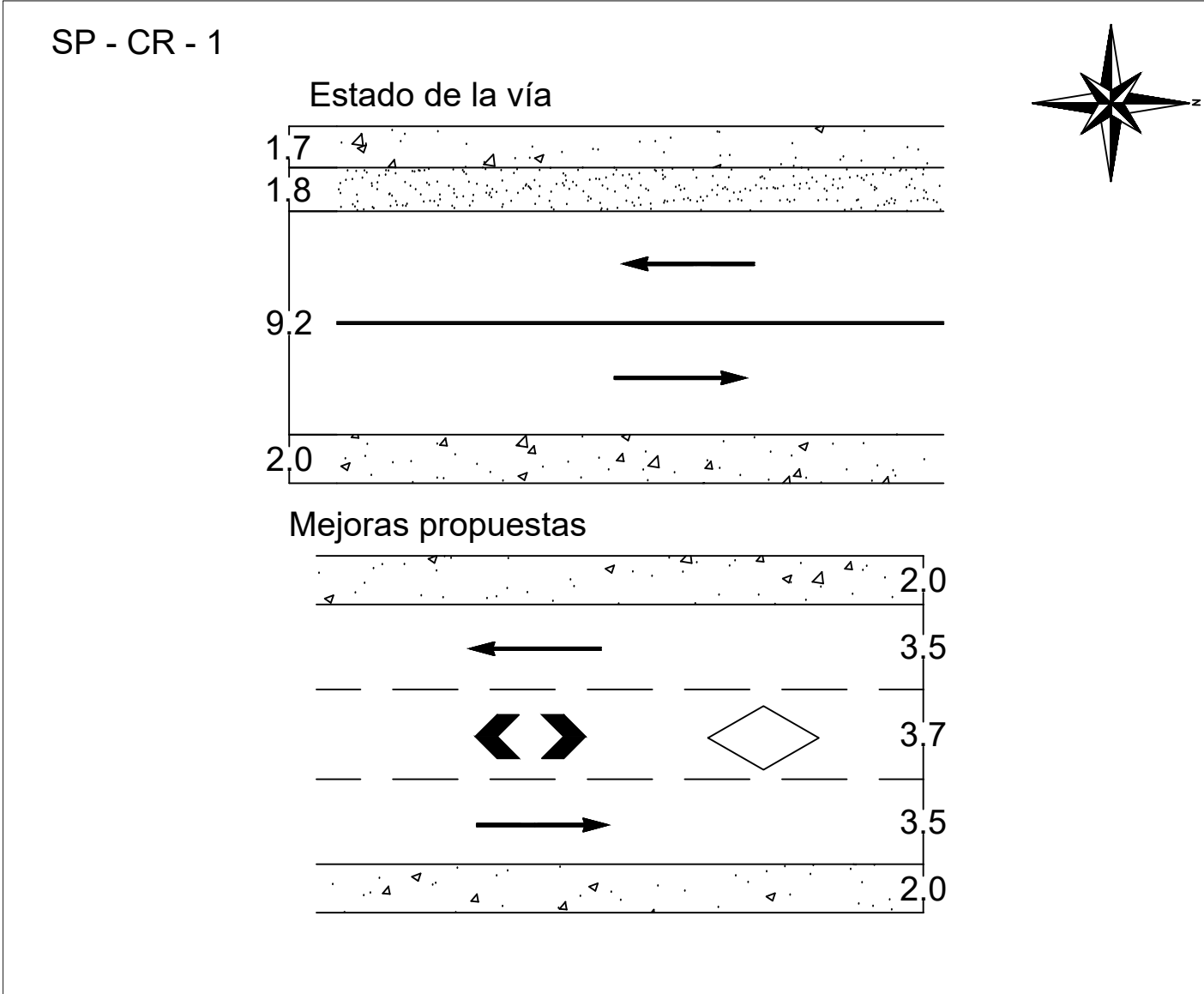
SP - I - 7

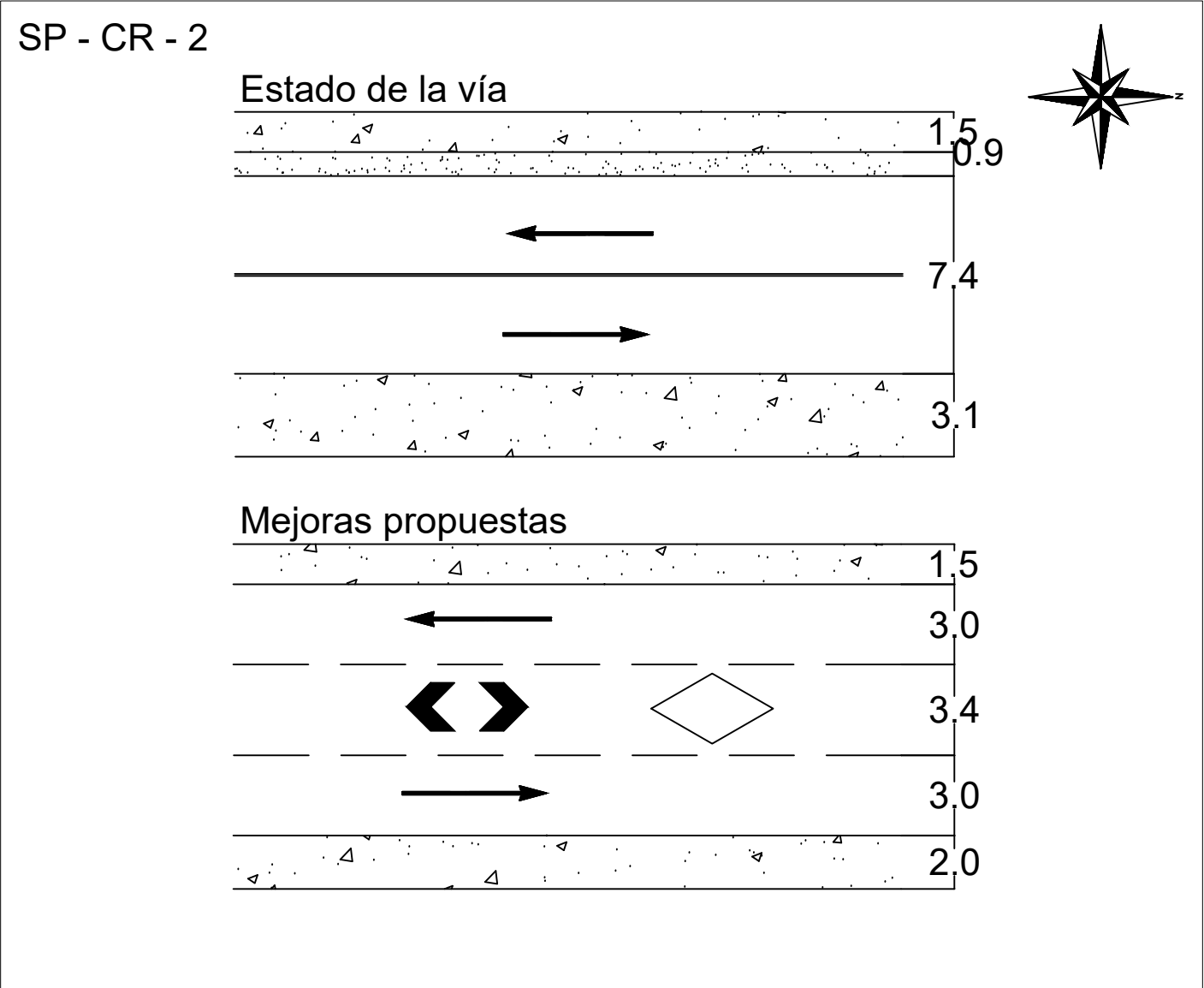


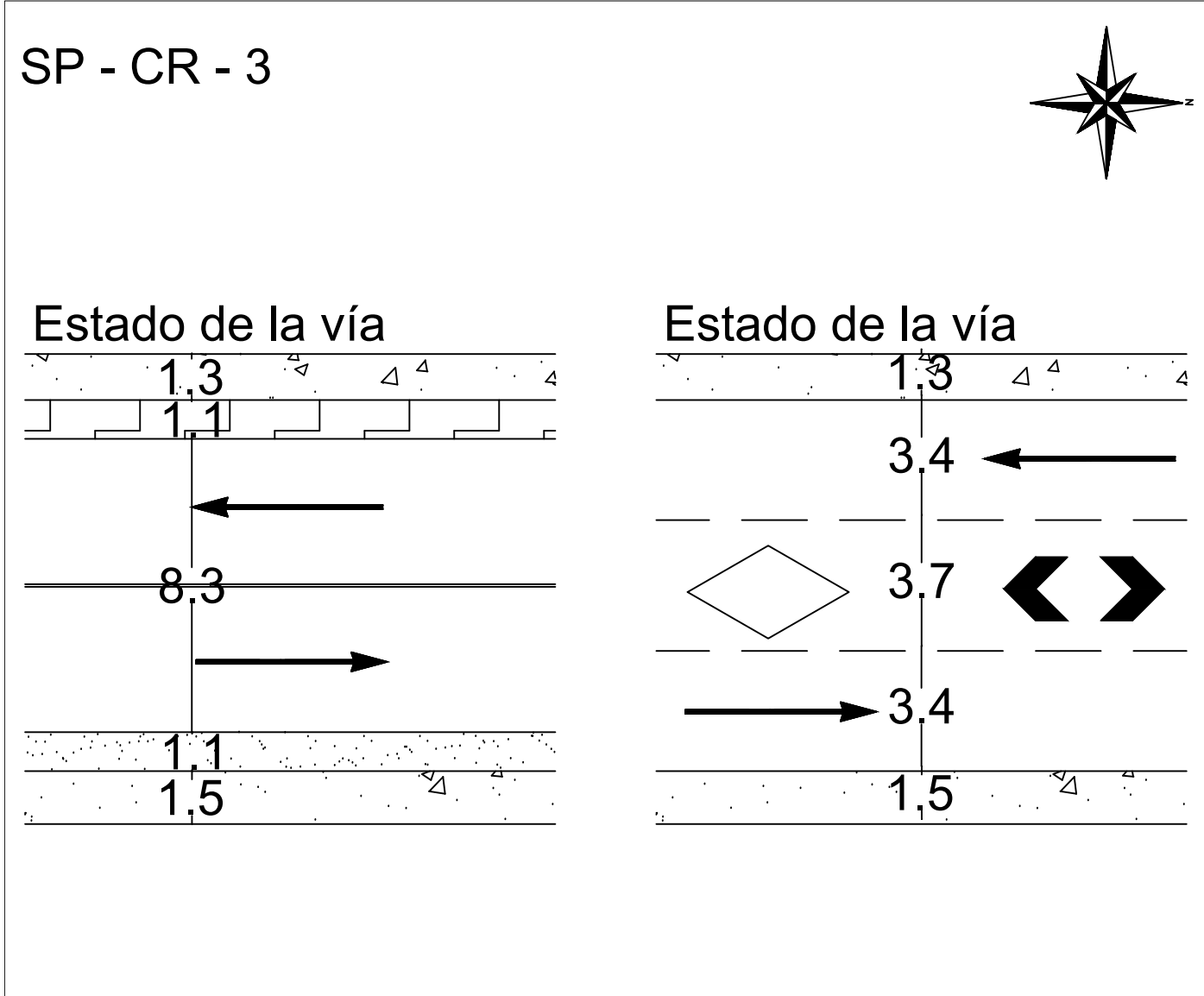




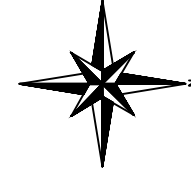




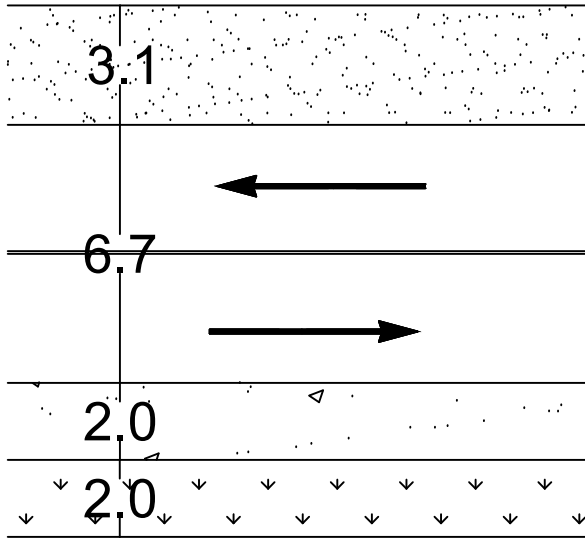




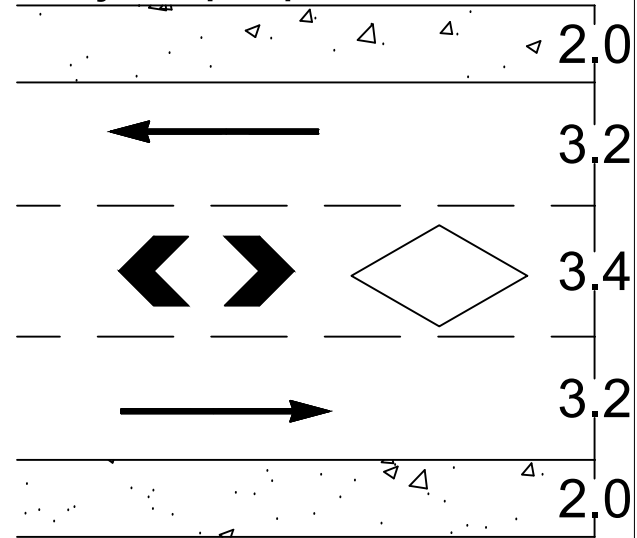
SP - CR - 4

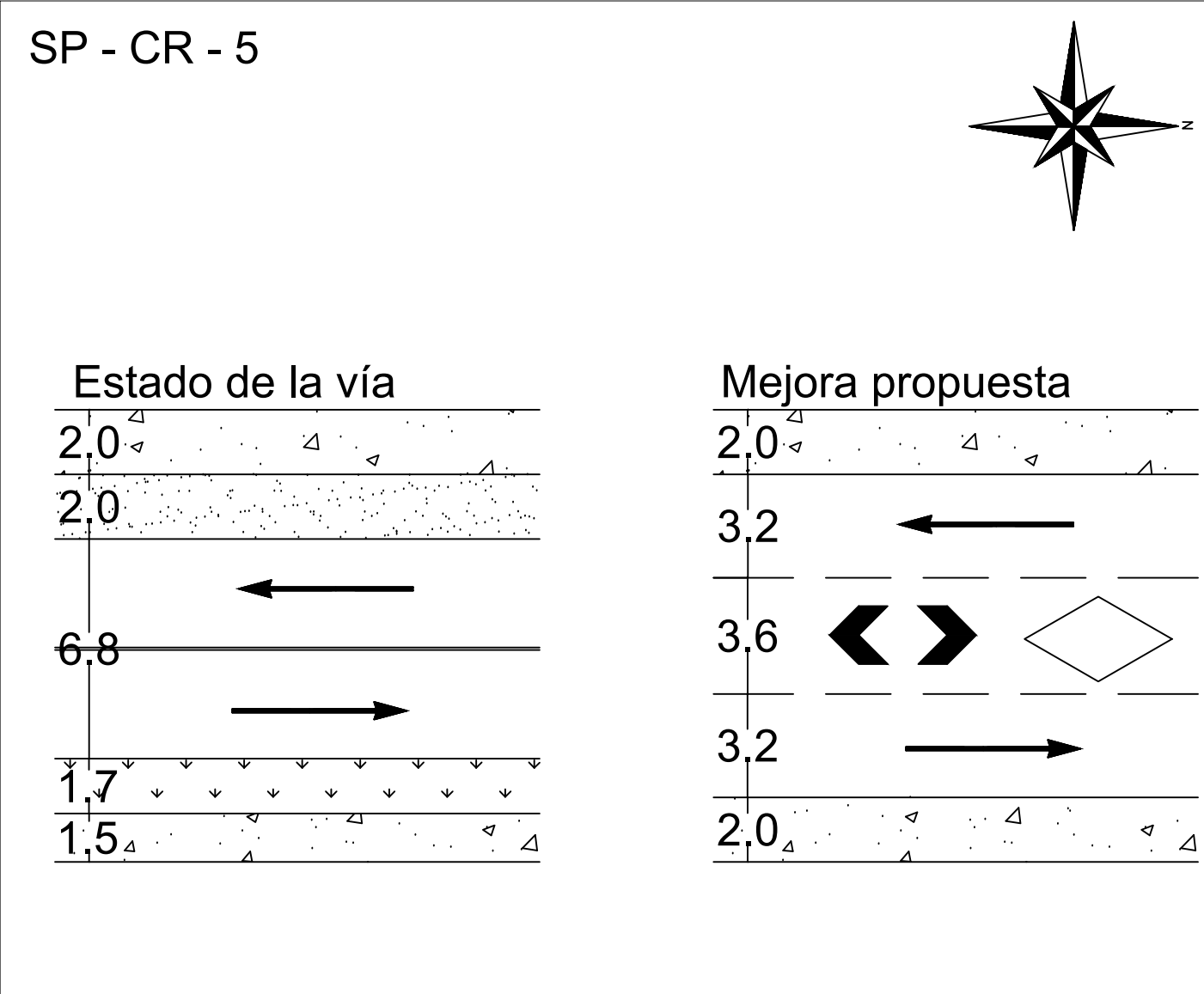


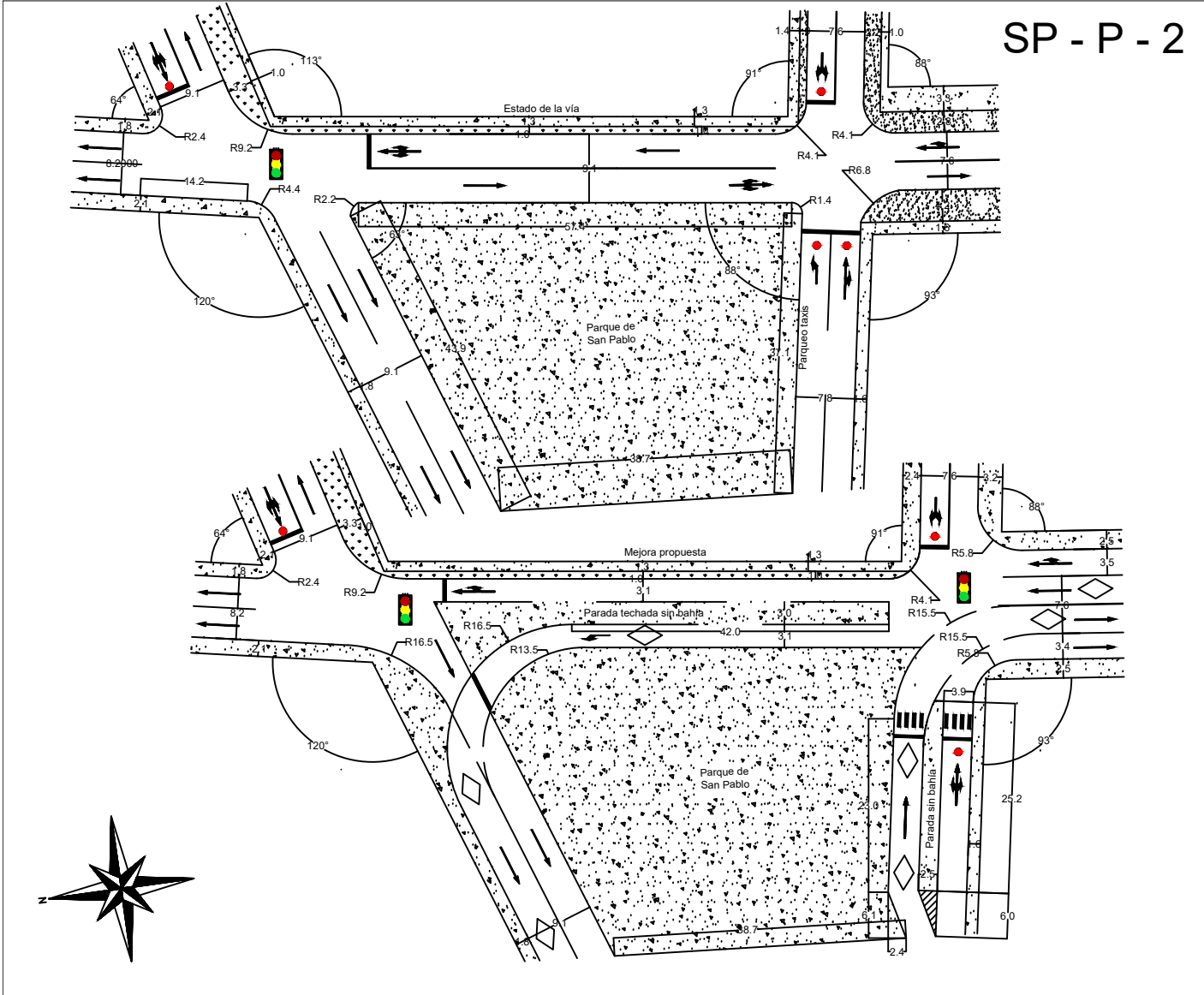
Estado de la vía



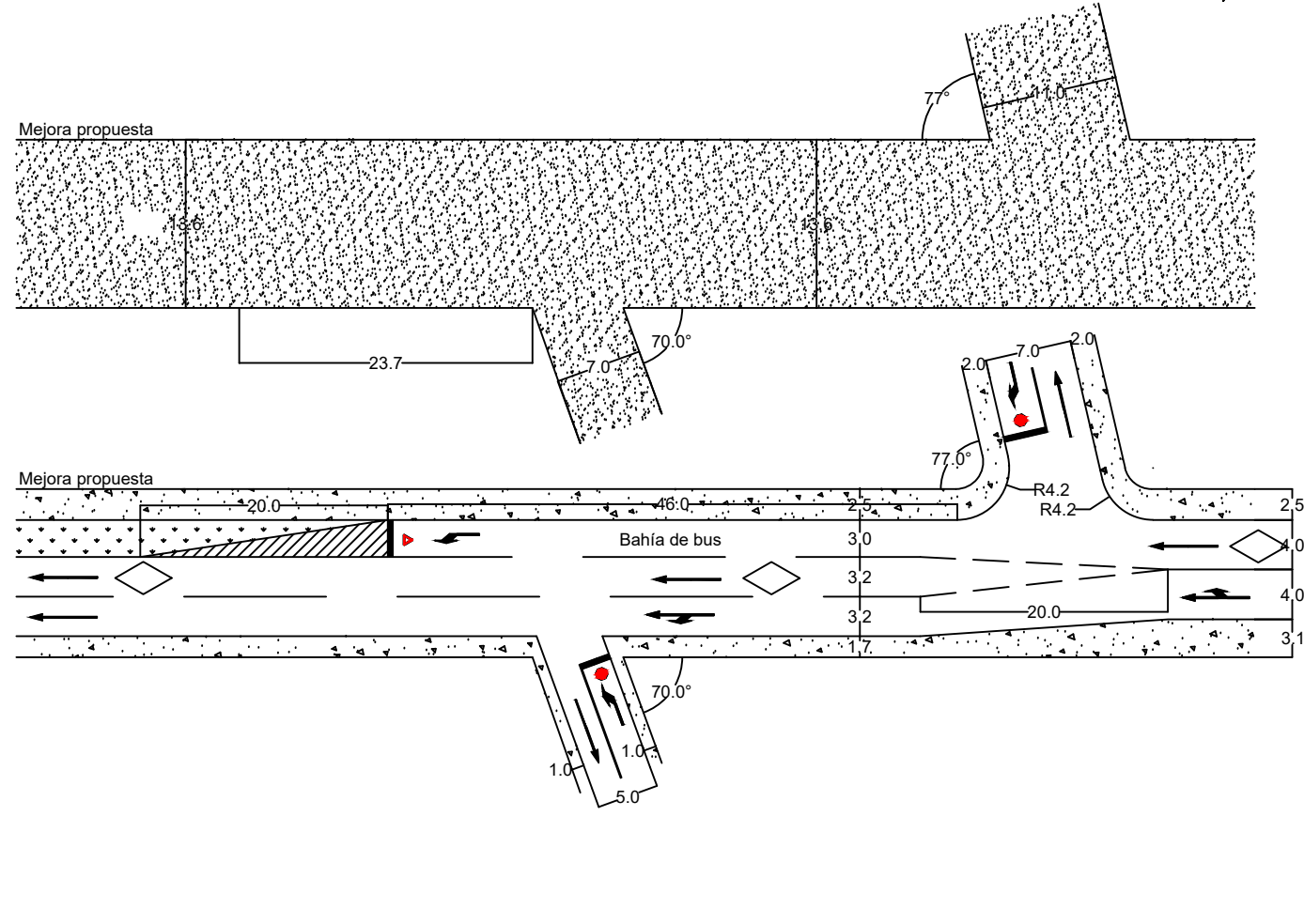
Mejora propuesta



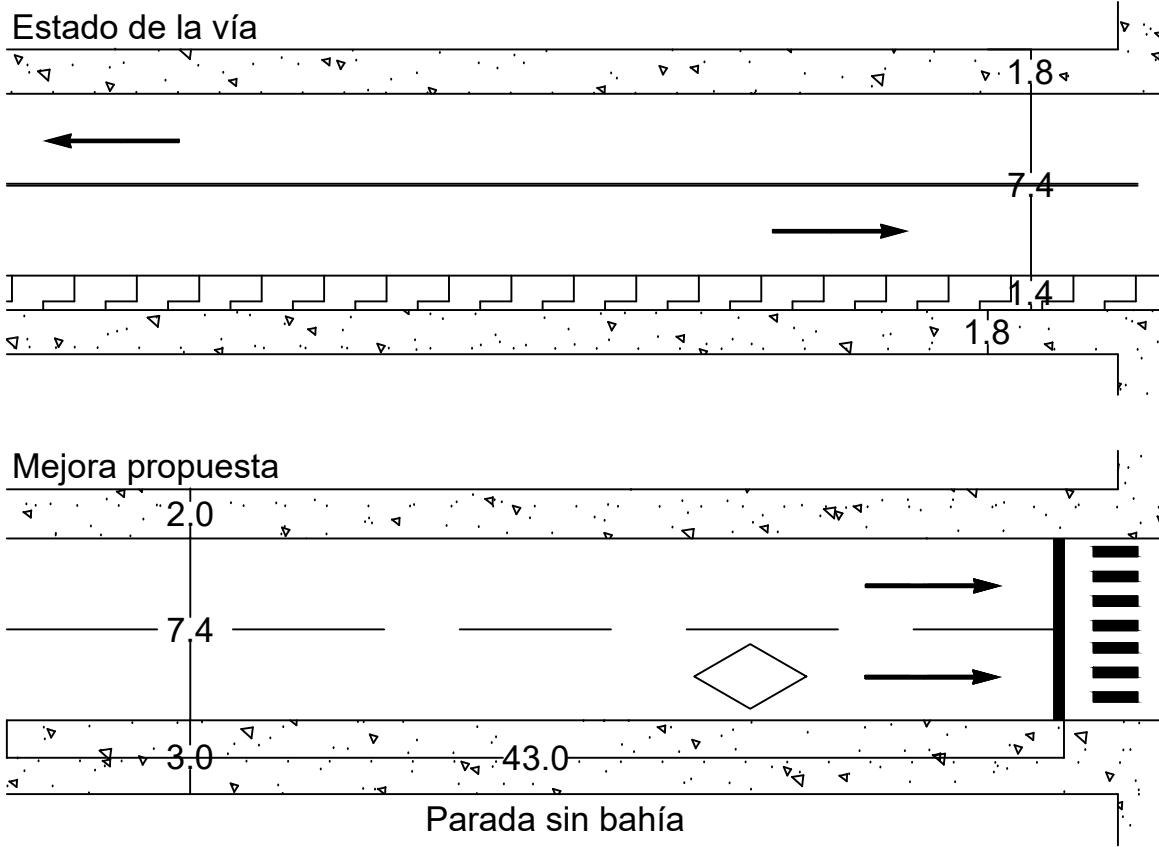


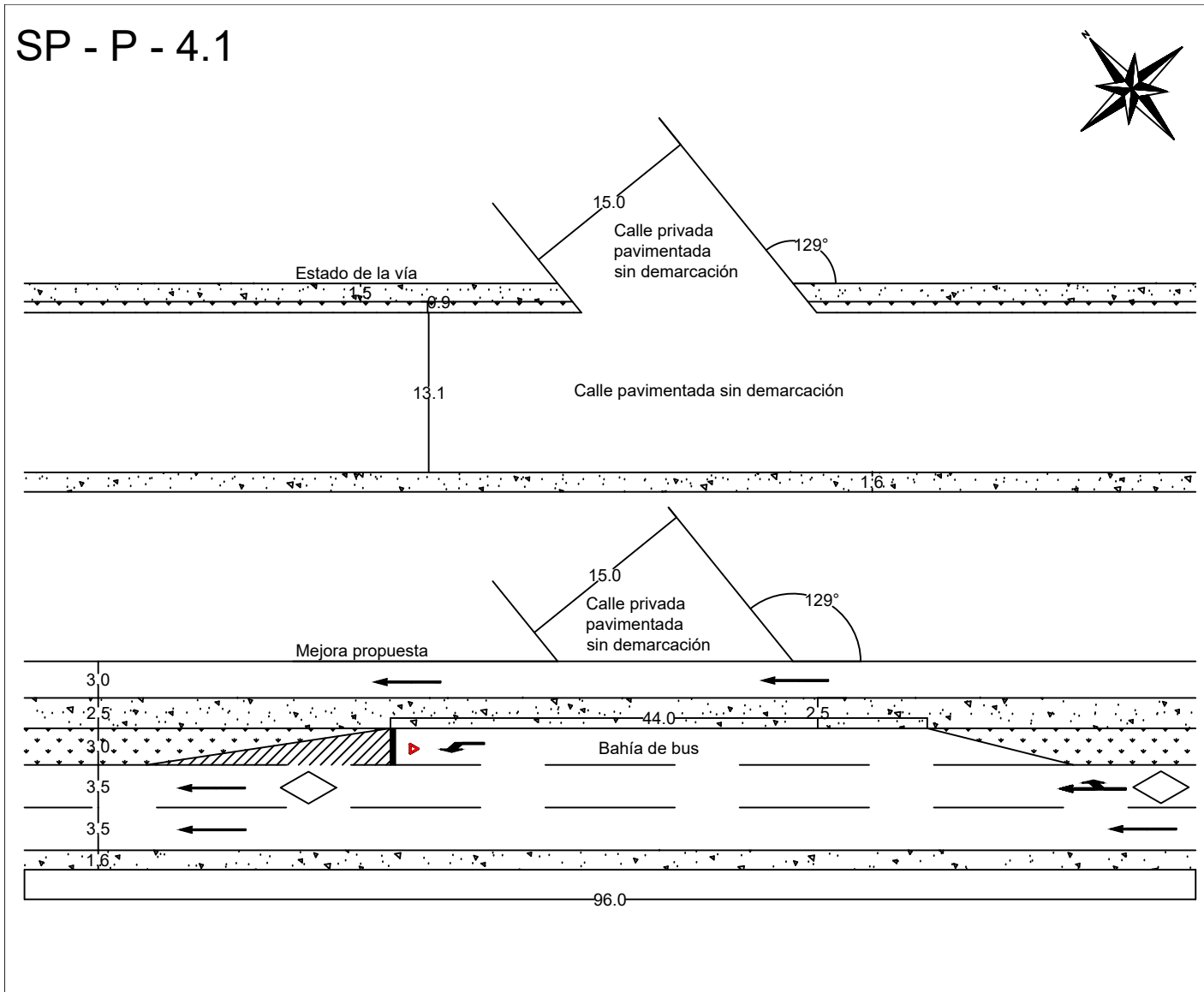


SP - P - 3.1

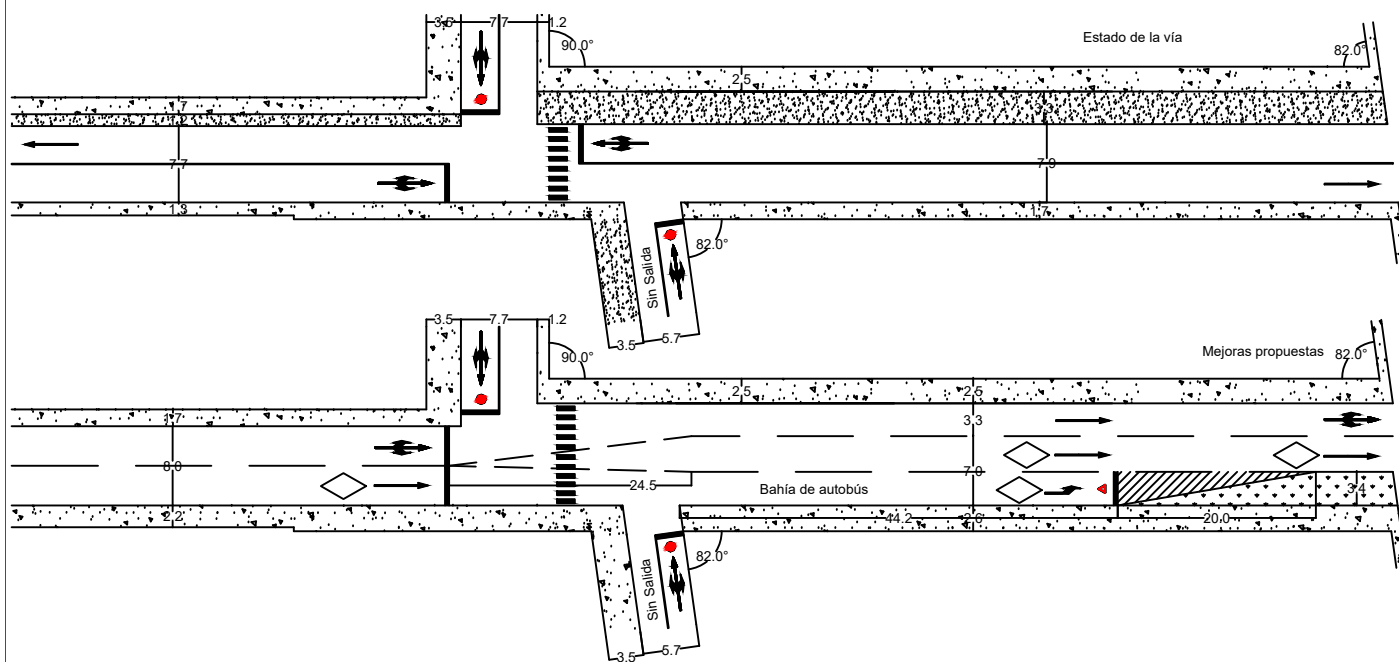
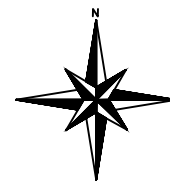


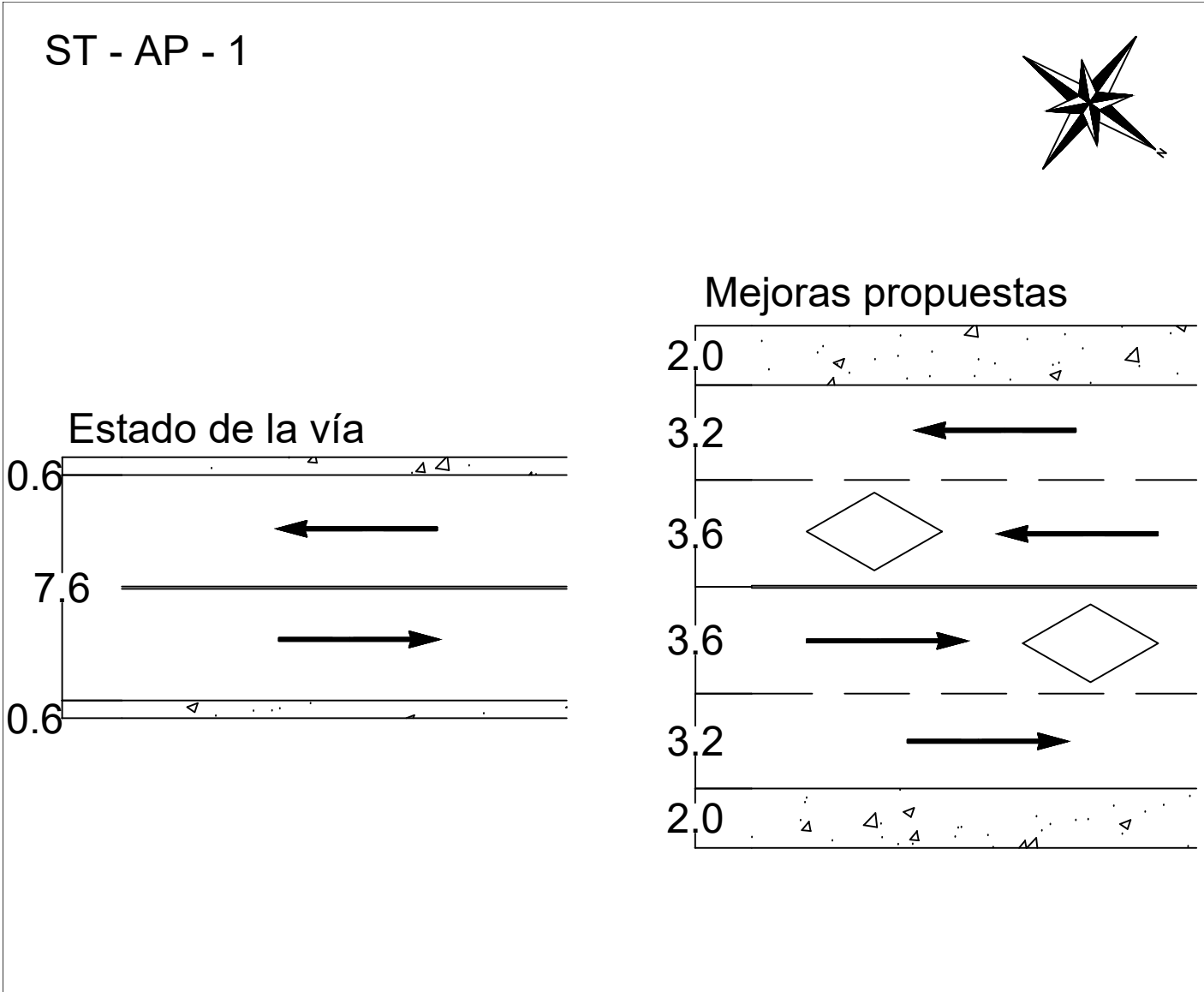
SP - P - 3.2



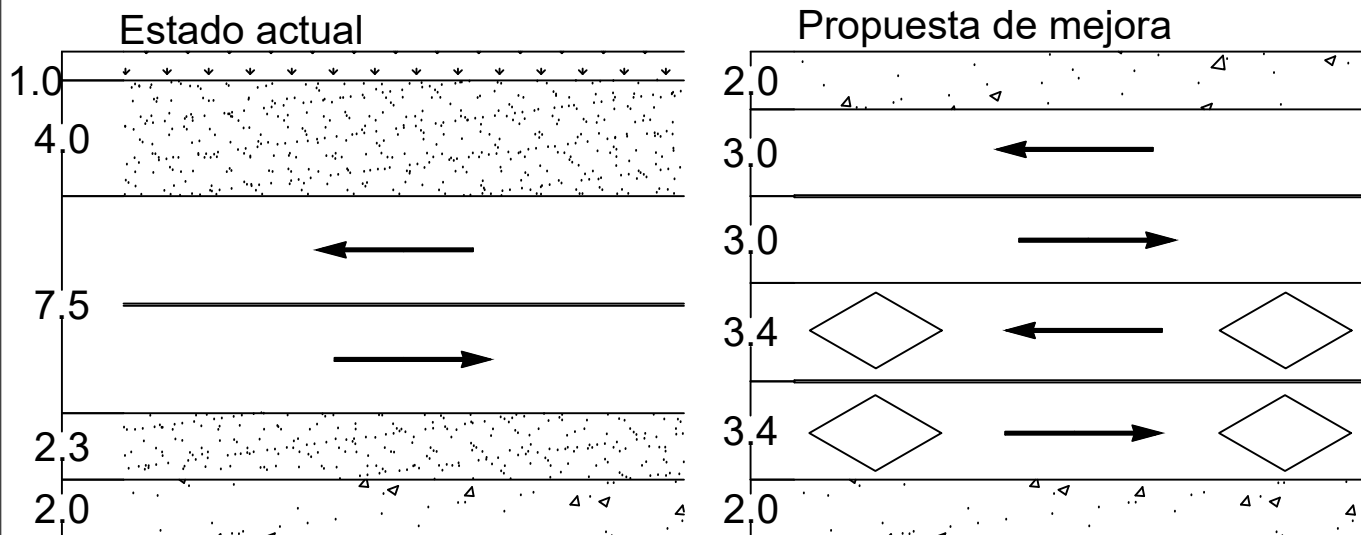
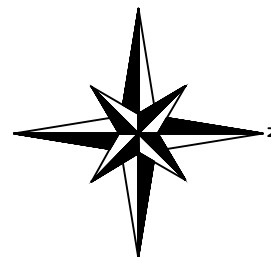


SP - P - 4.2

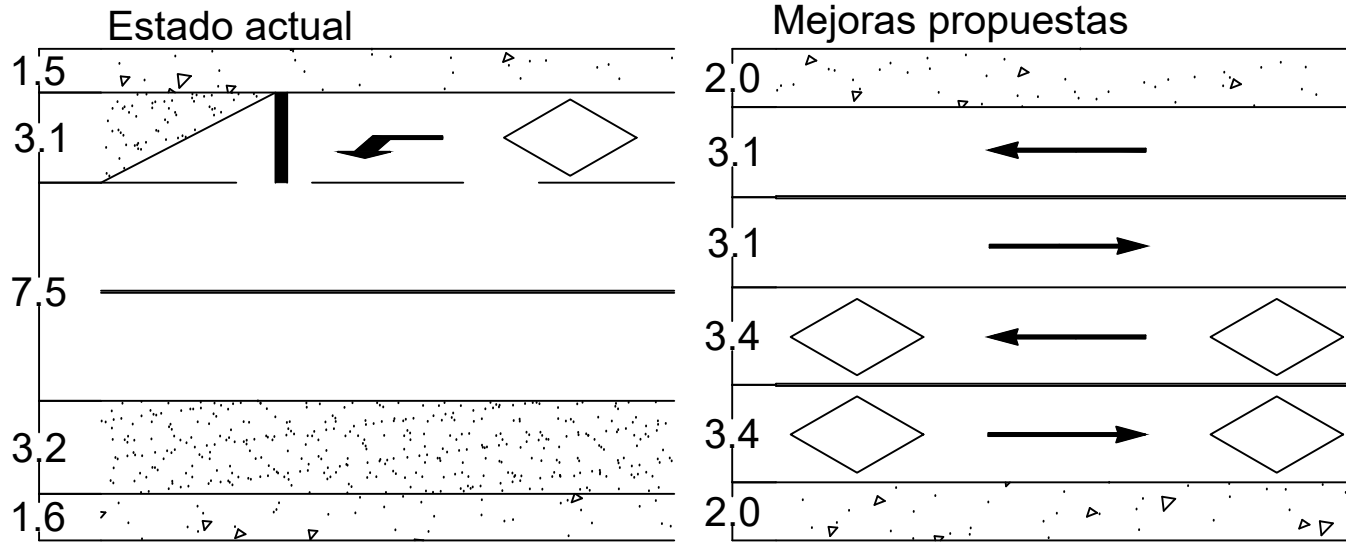
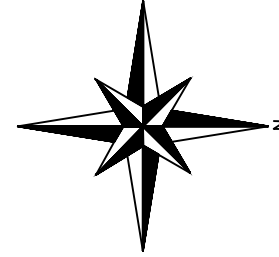


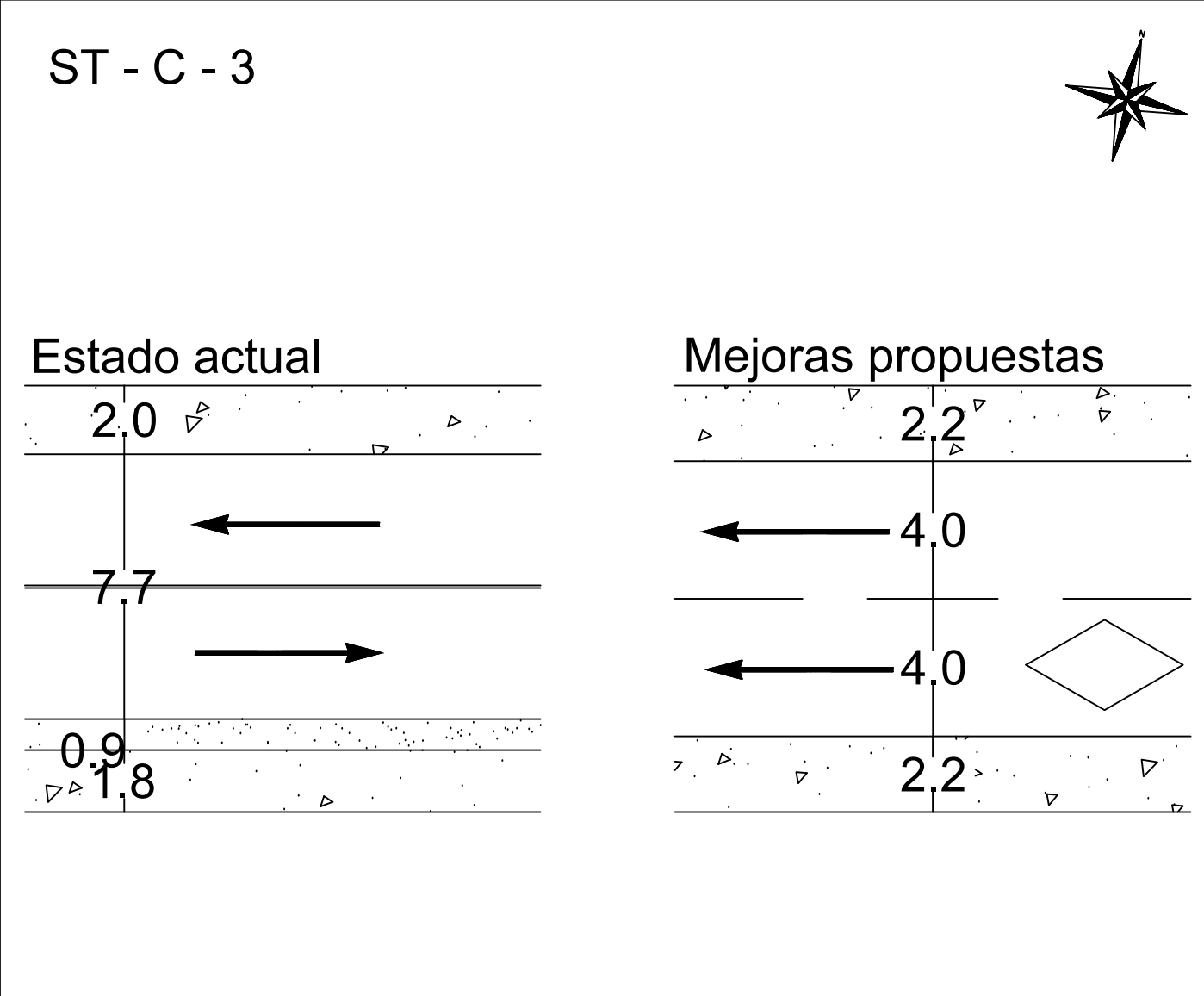


ST - C - 1



ST - C - 2

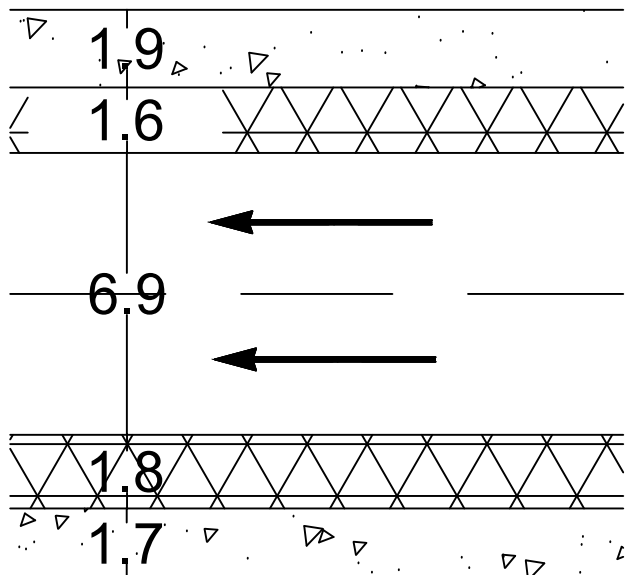




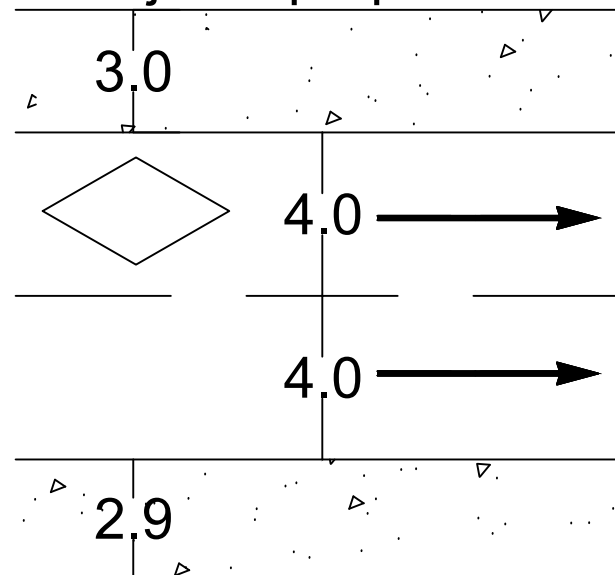
ST - C - 4

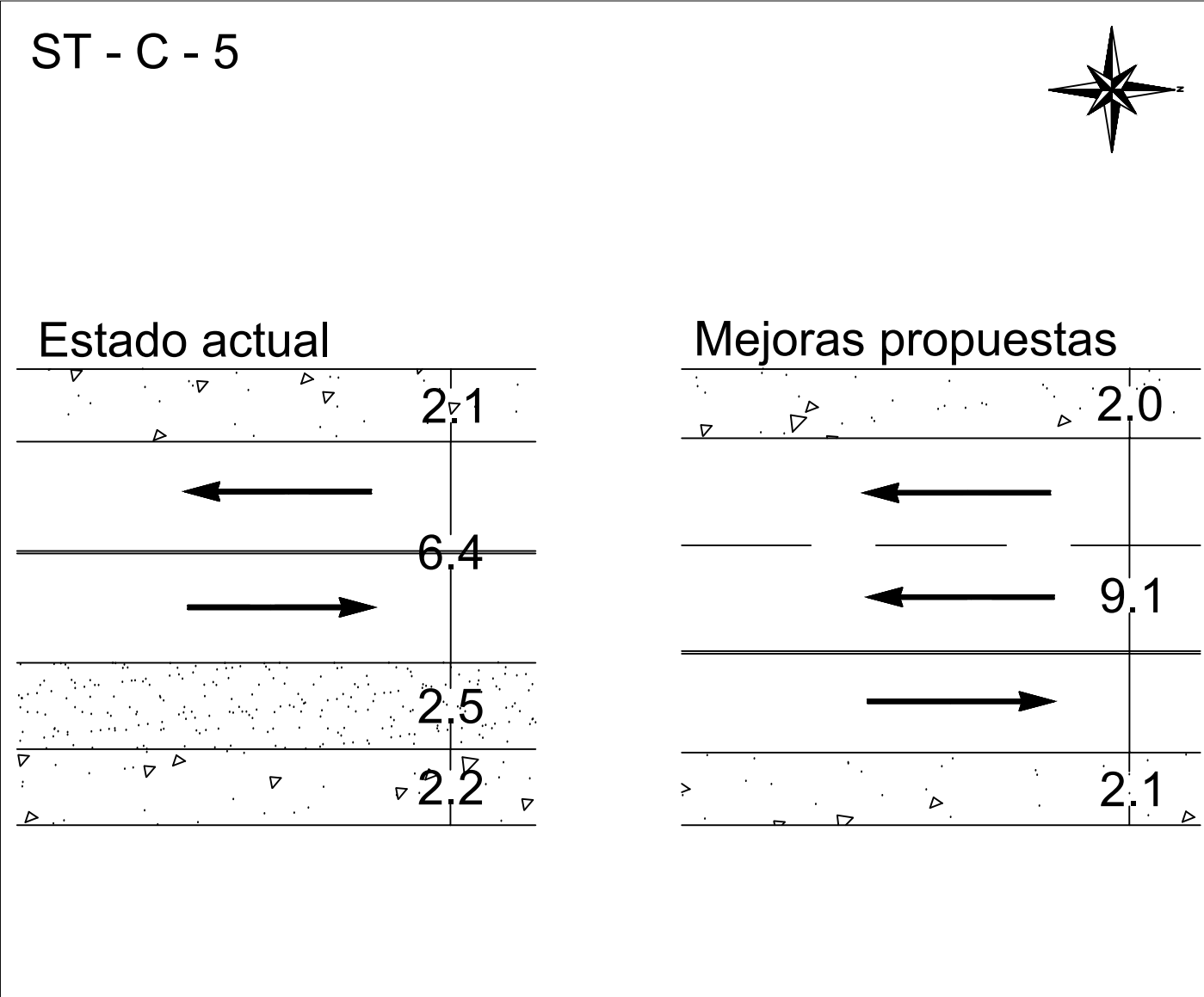


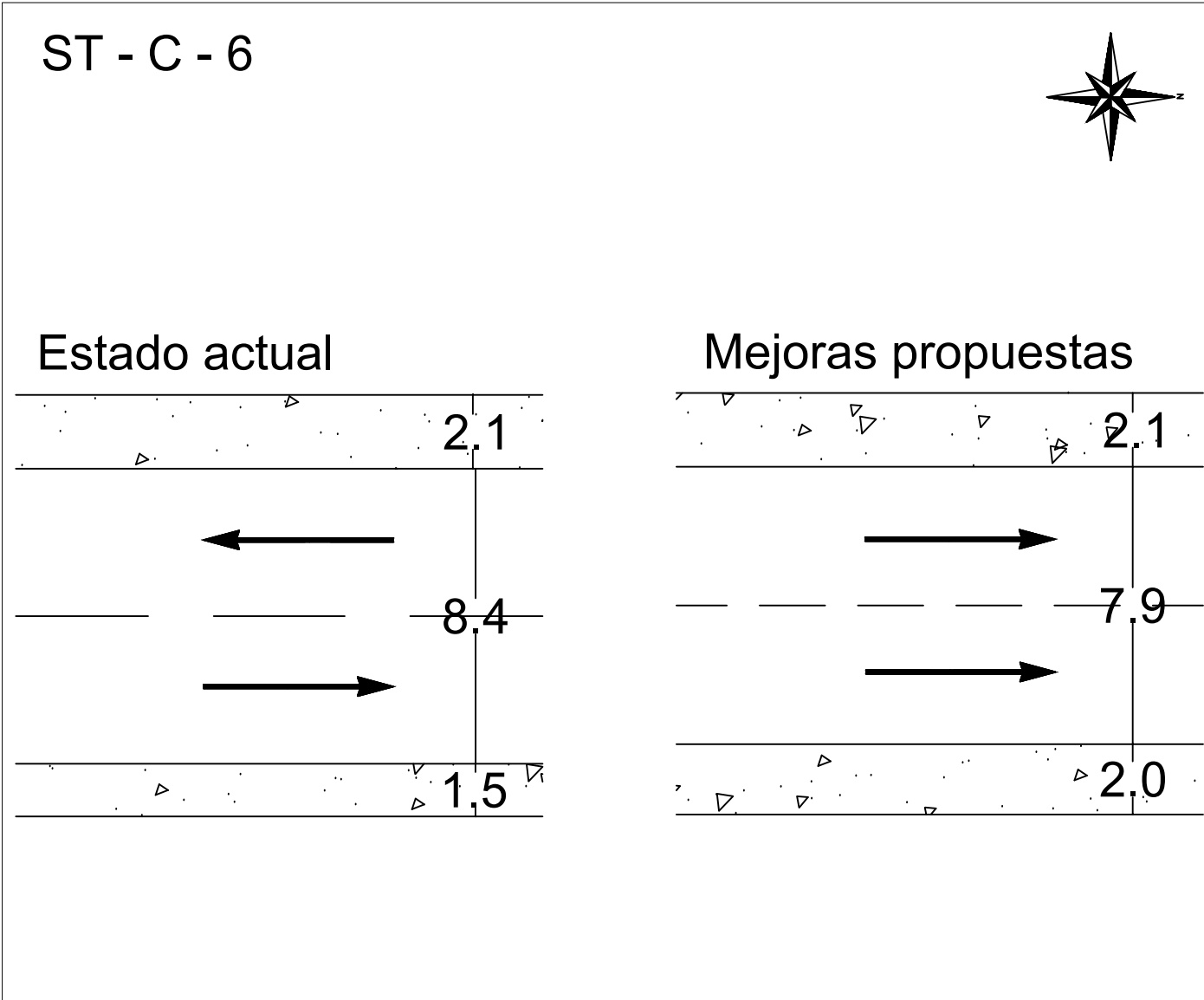
Estado actual

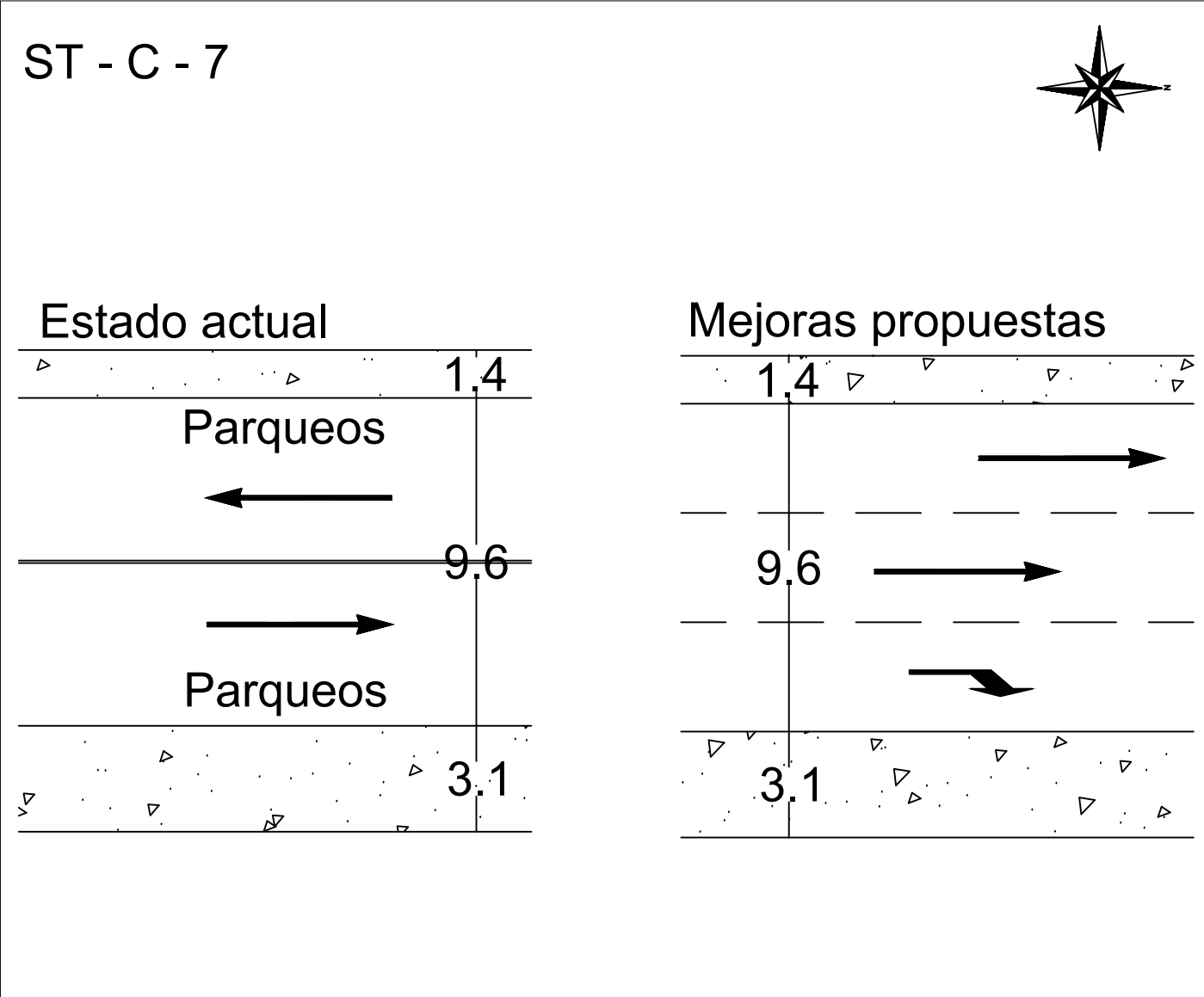


Mejoras propuestas

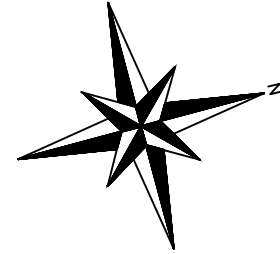




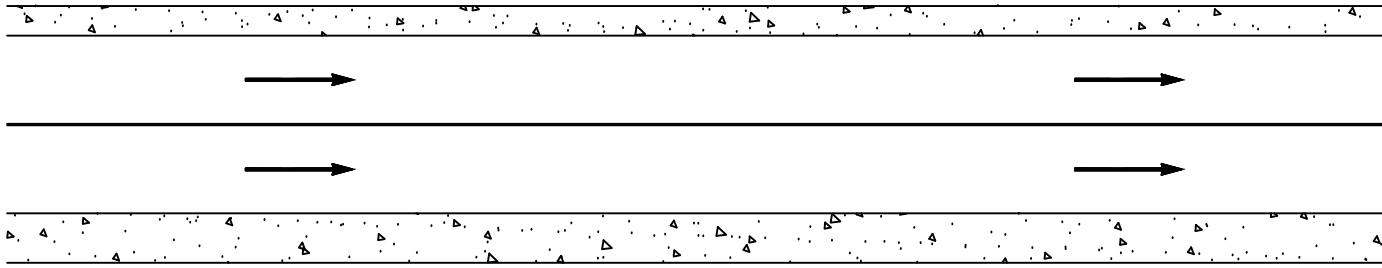




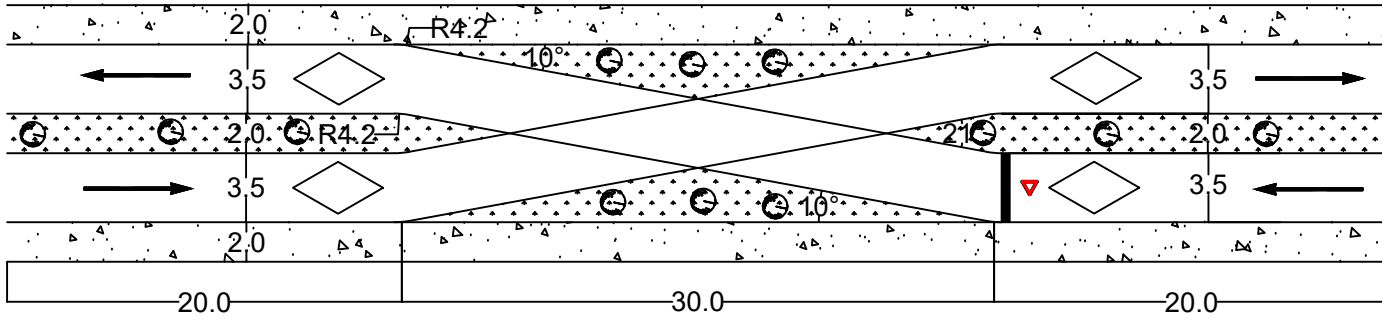
ST - CC - 1

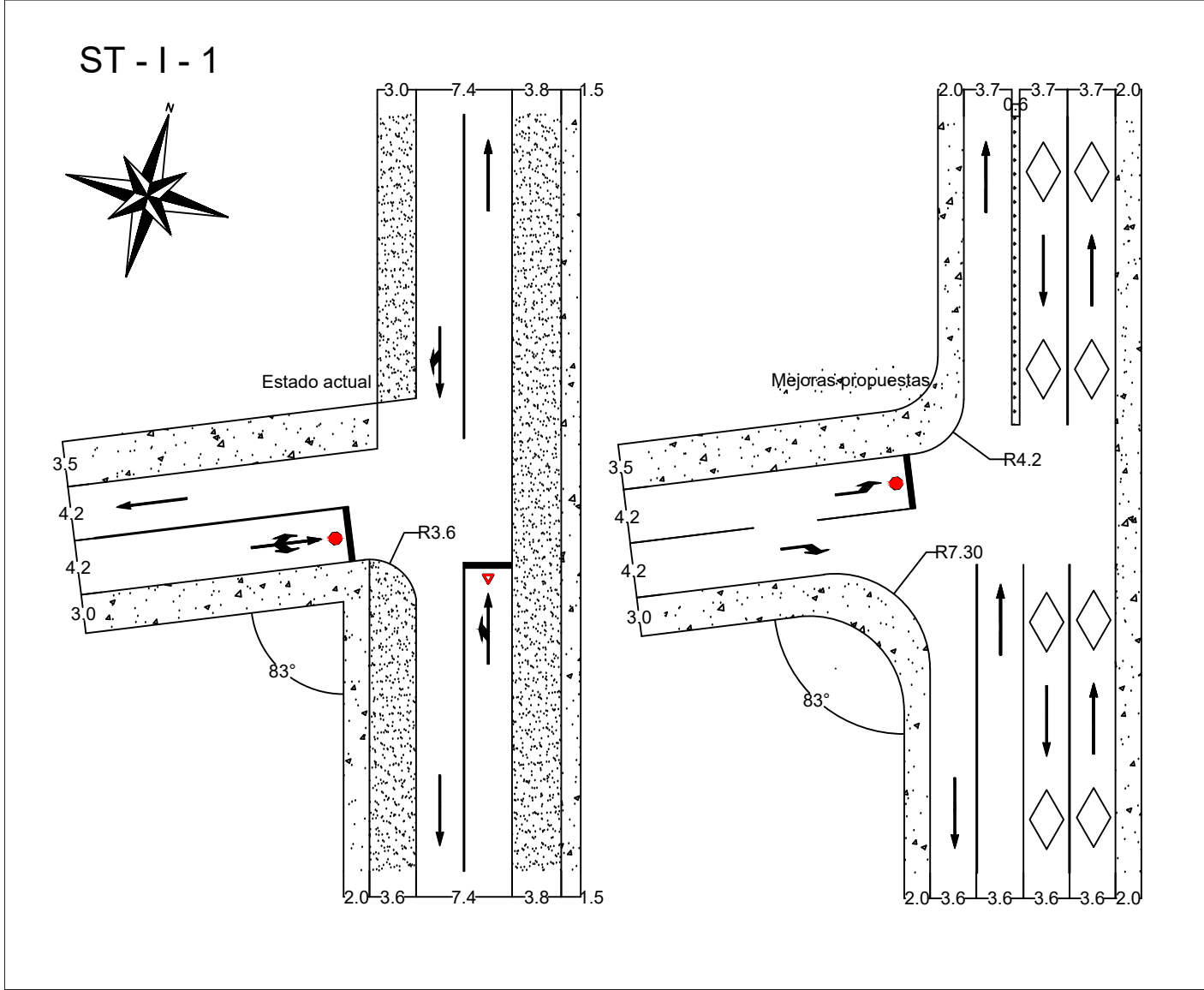


Estado actual

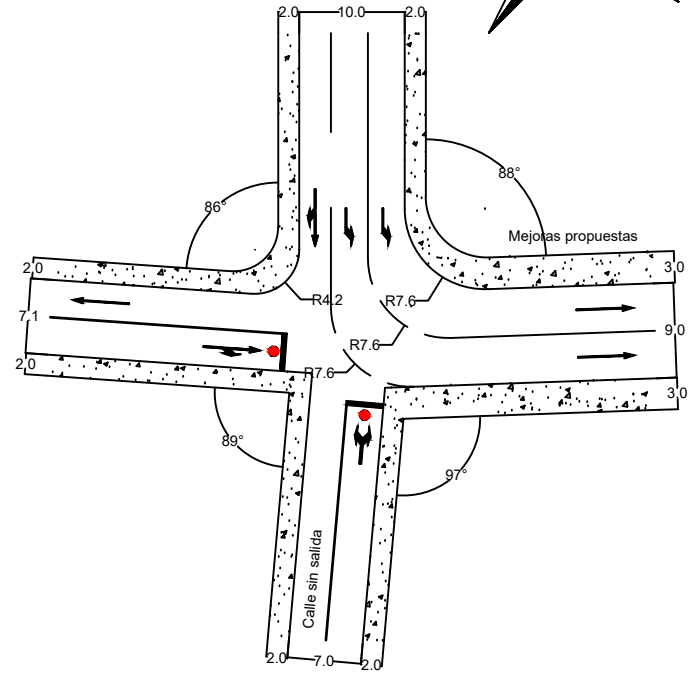
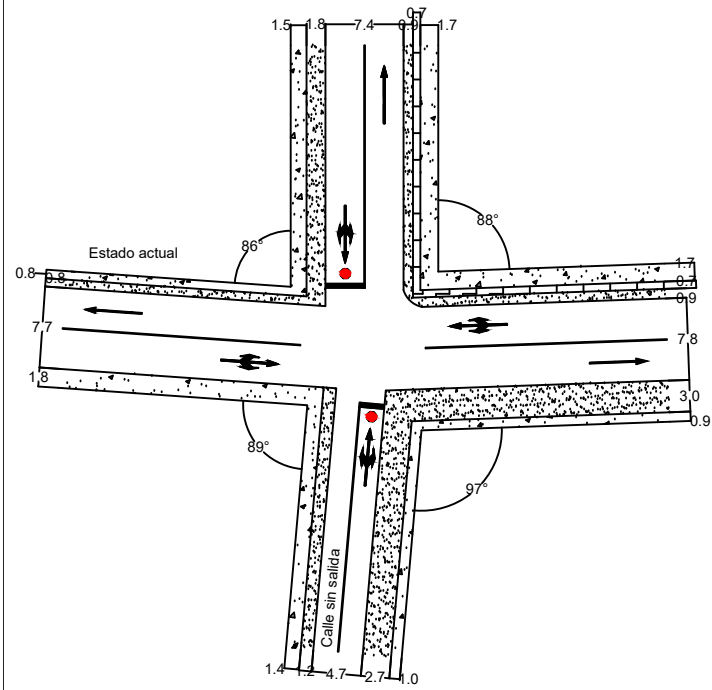


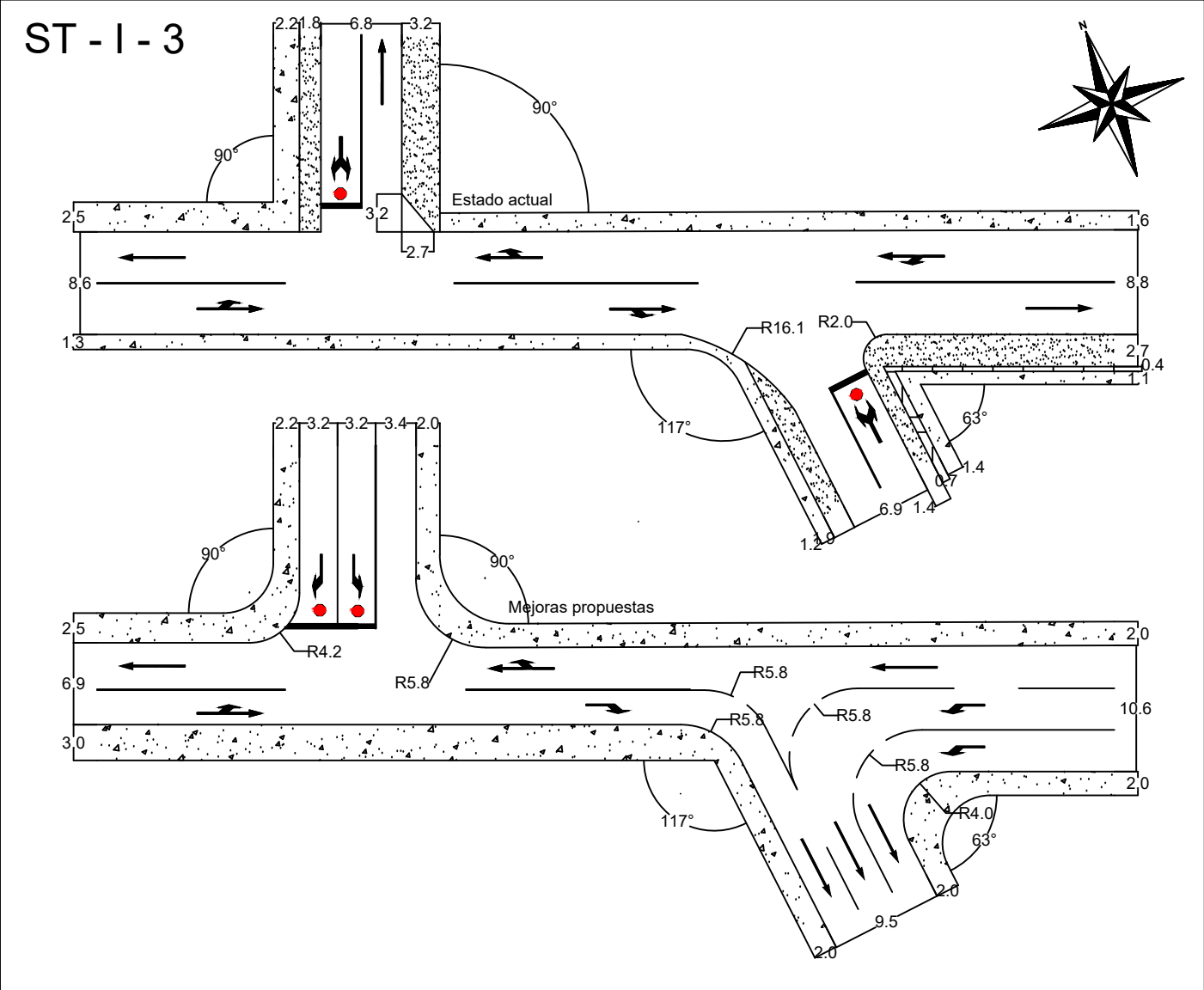
Mejoras propuestas



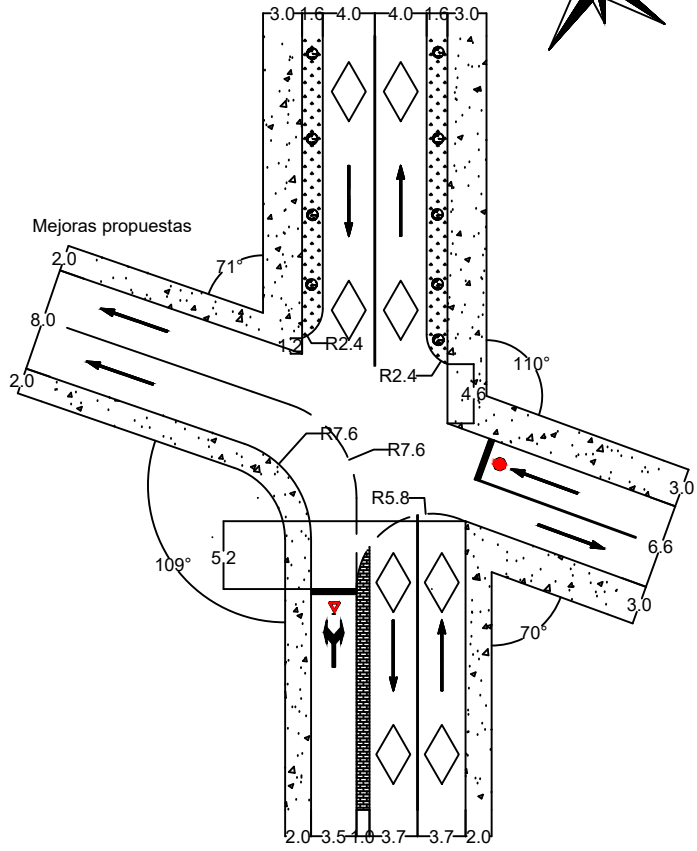
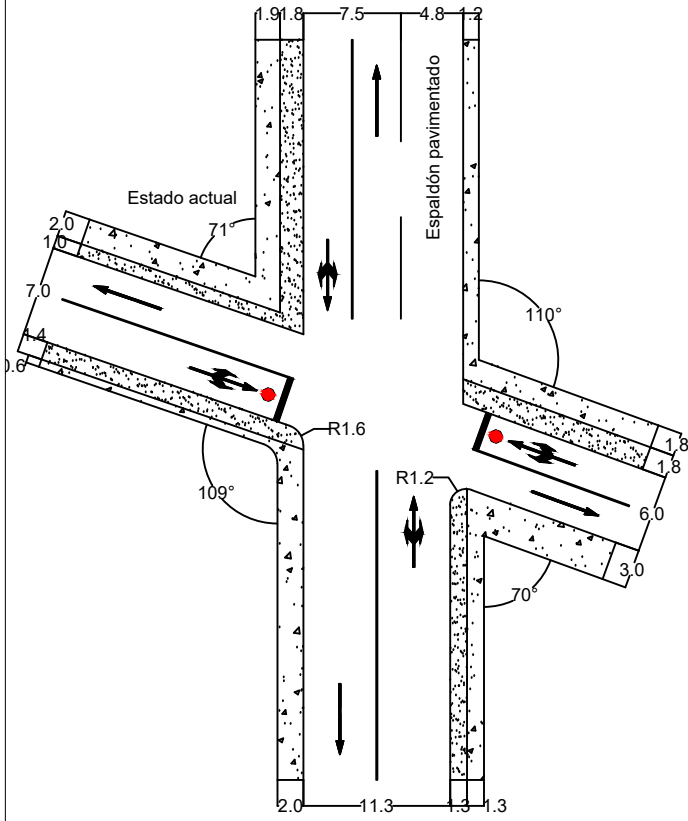


ST - 1 - 2

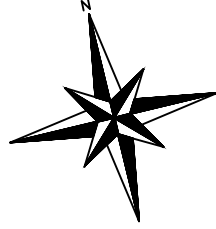
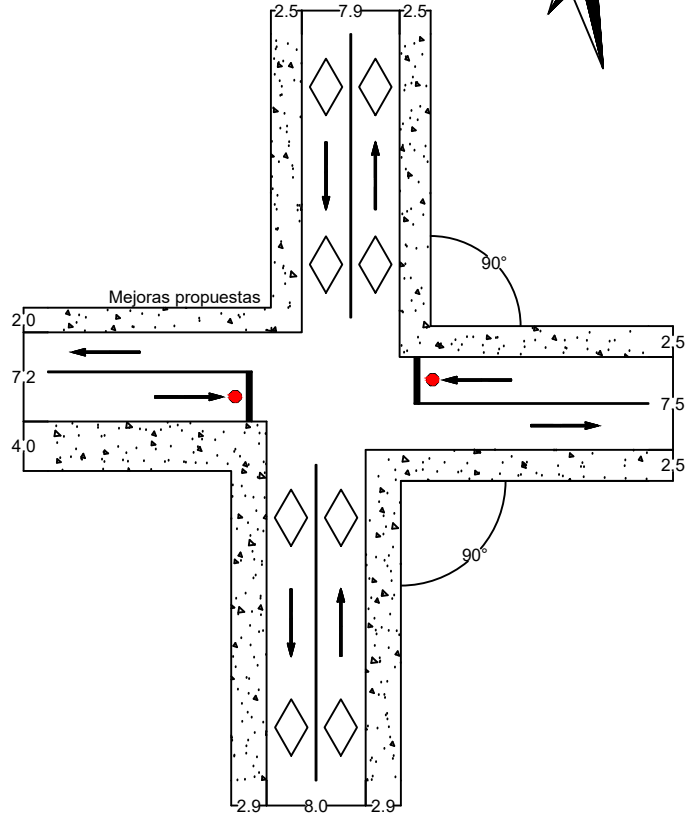
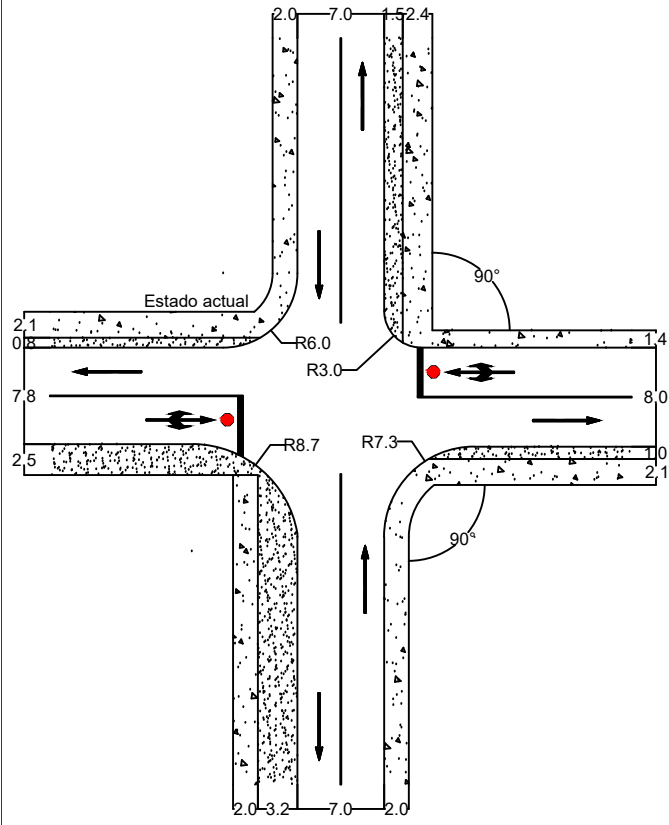


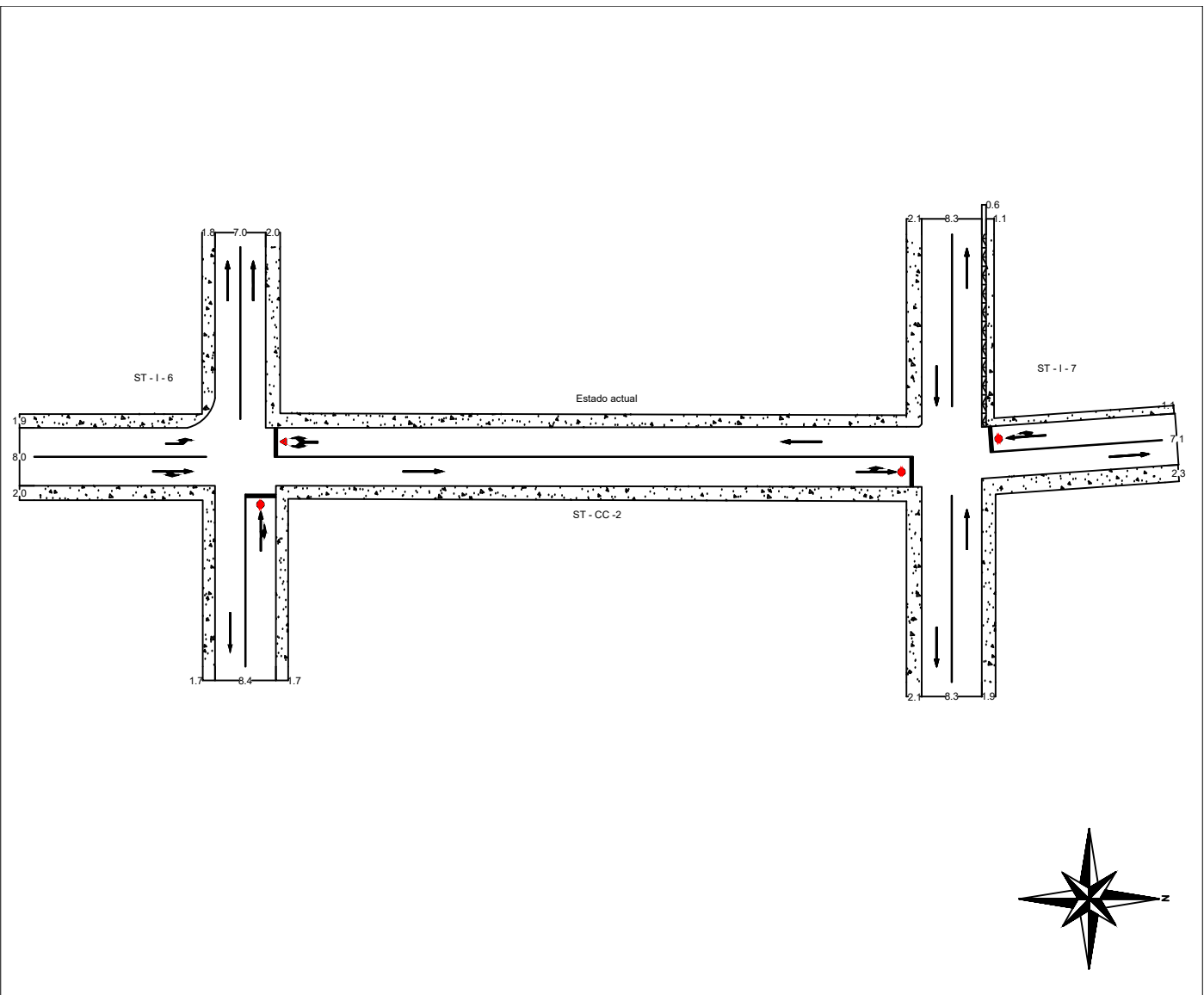


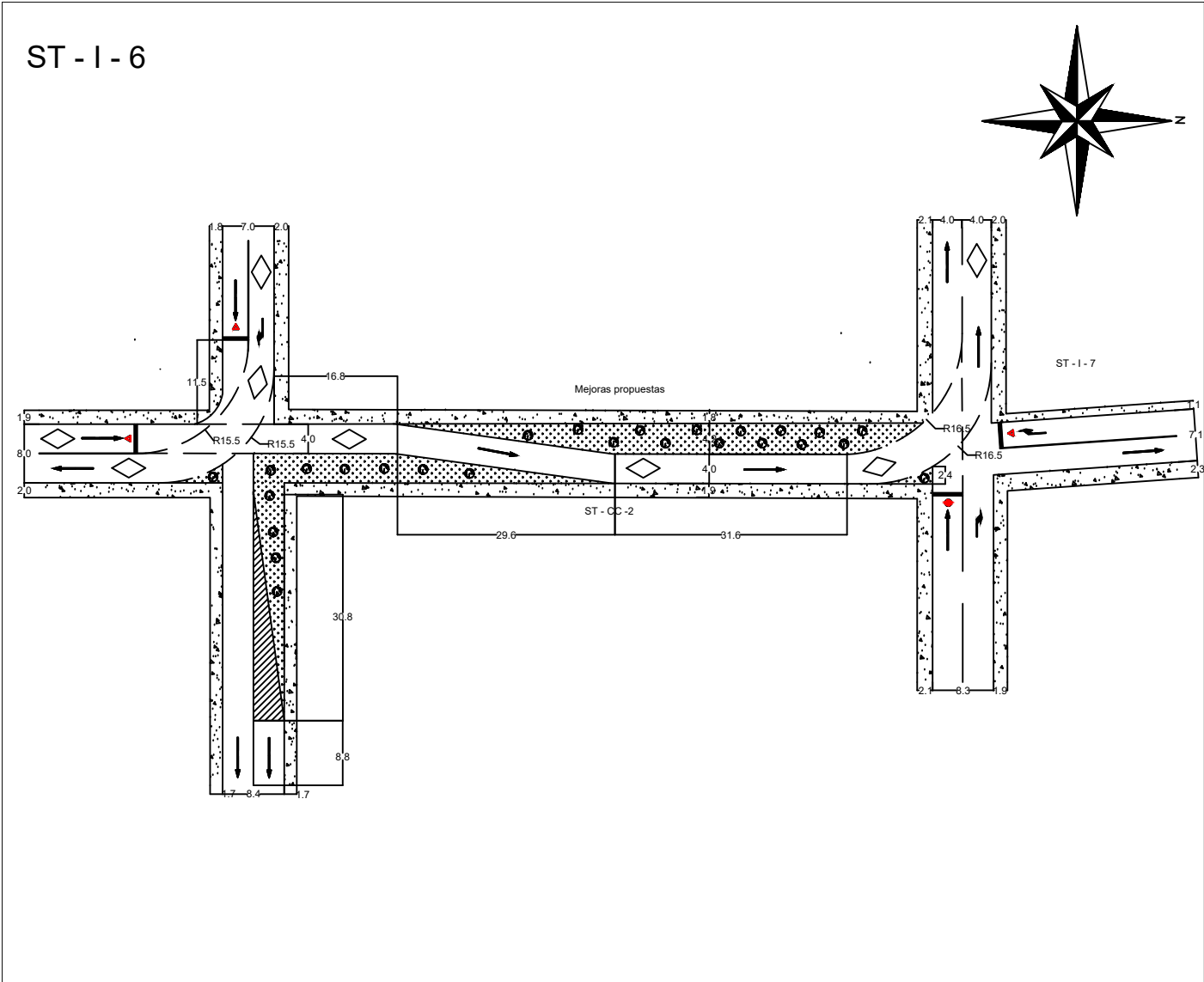
ST - I - 4



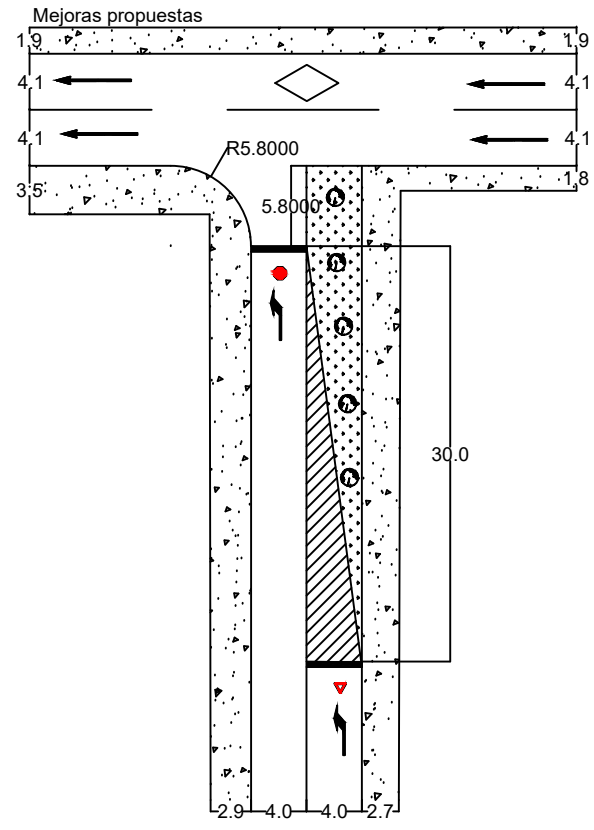
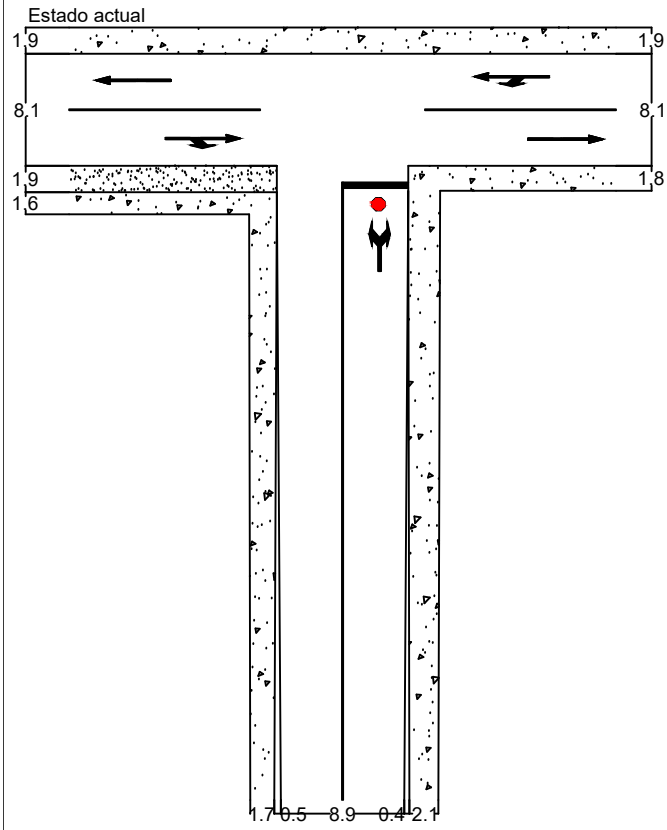
ST - I - 5

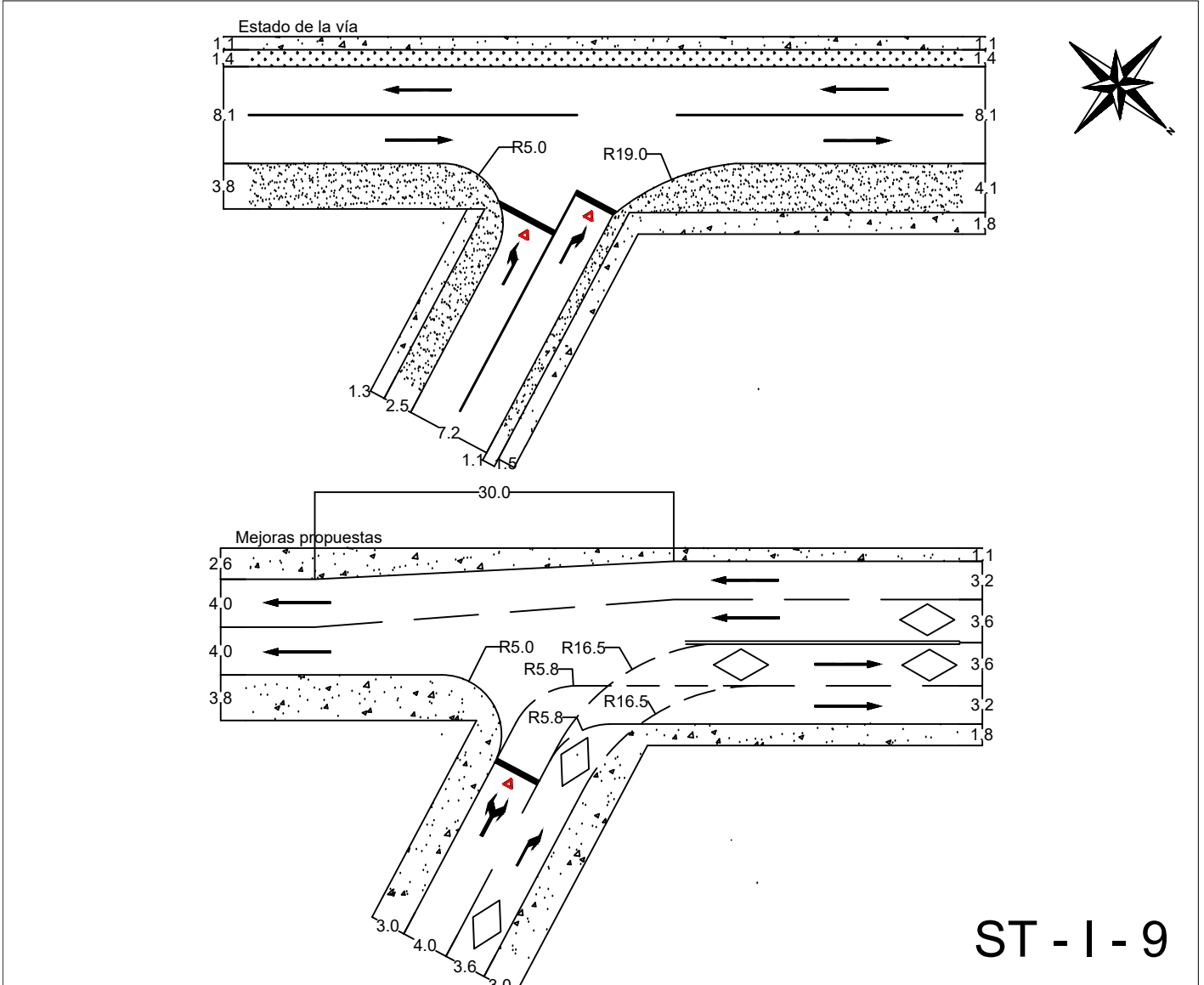




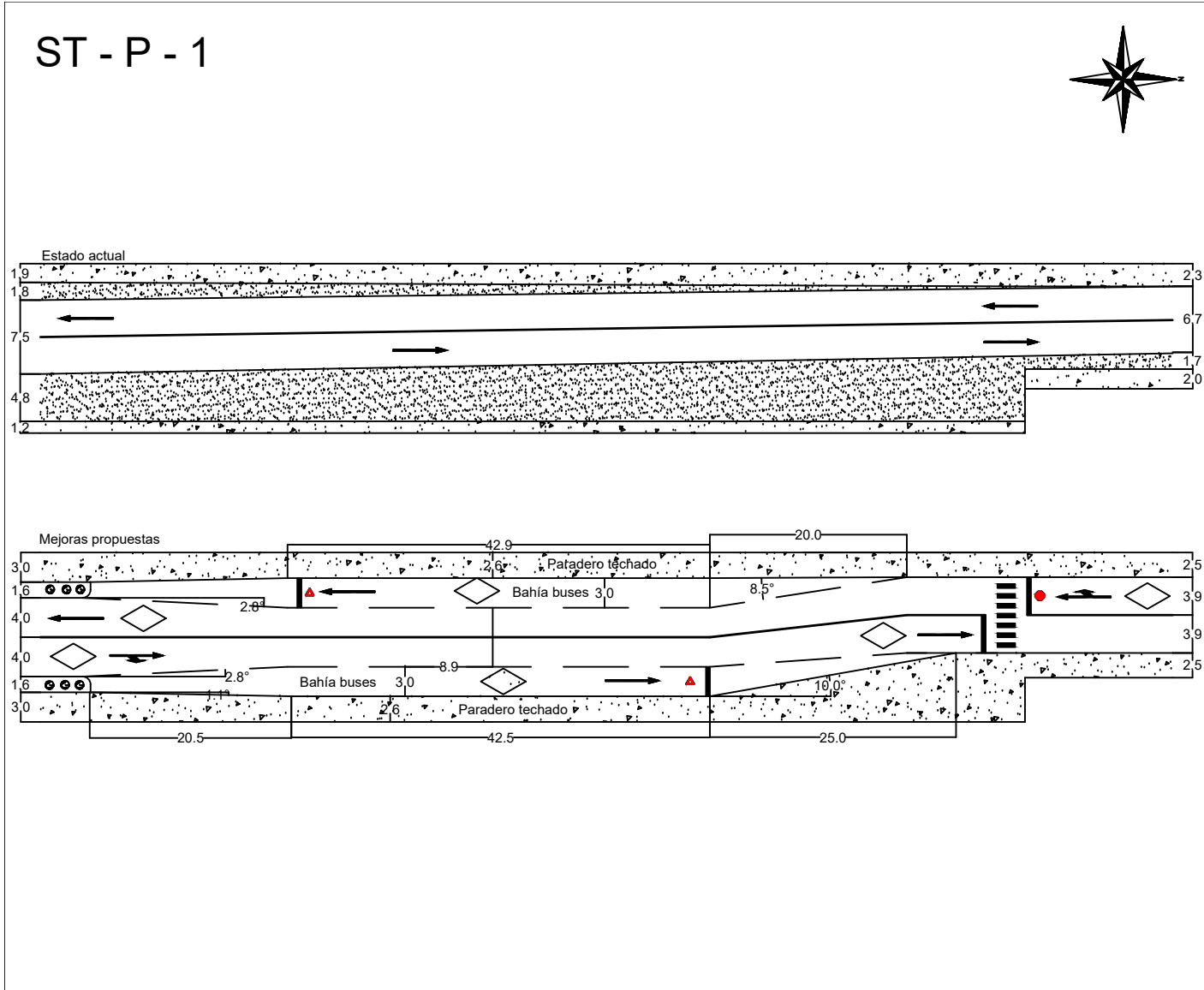


ST - I - 8

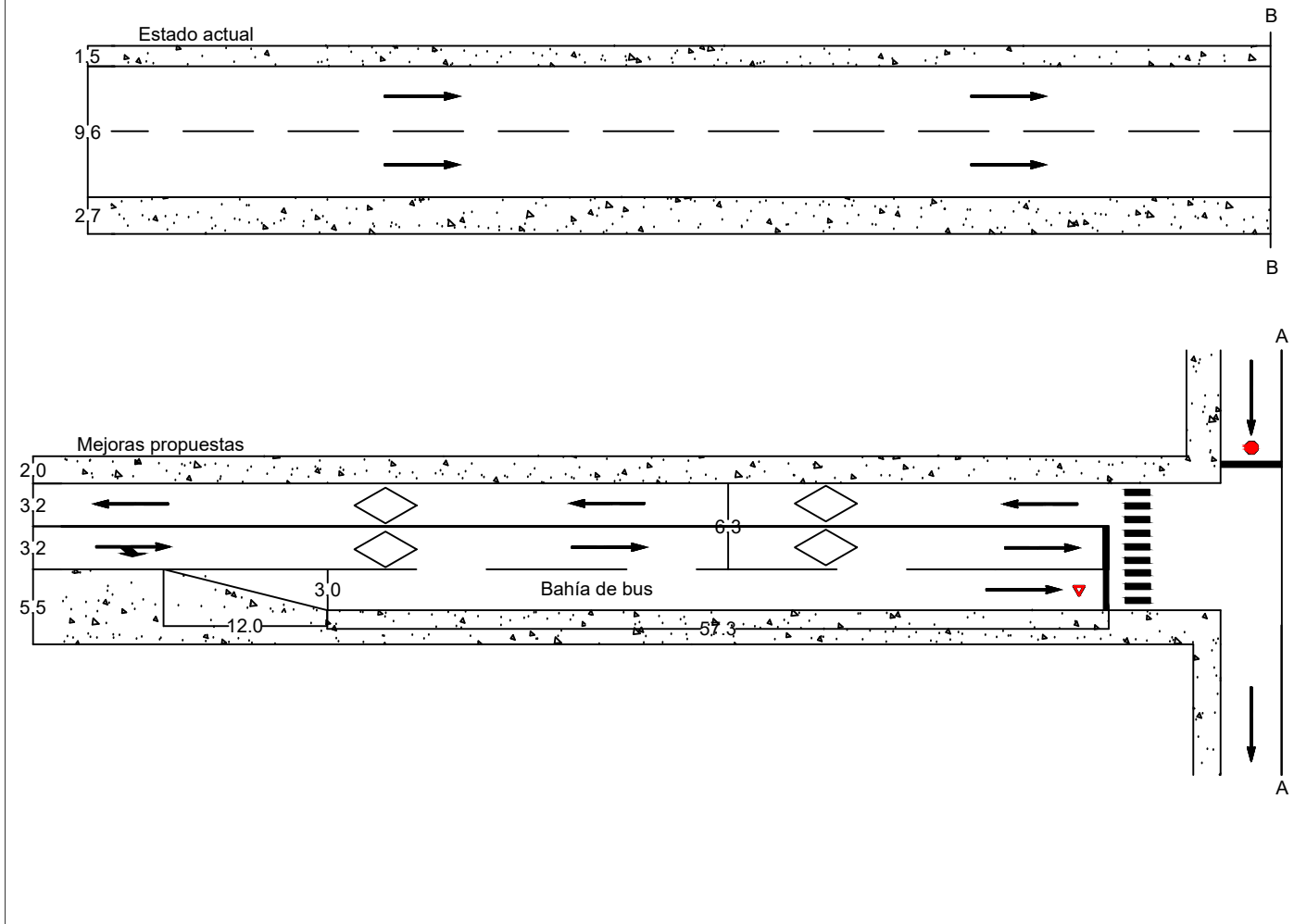


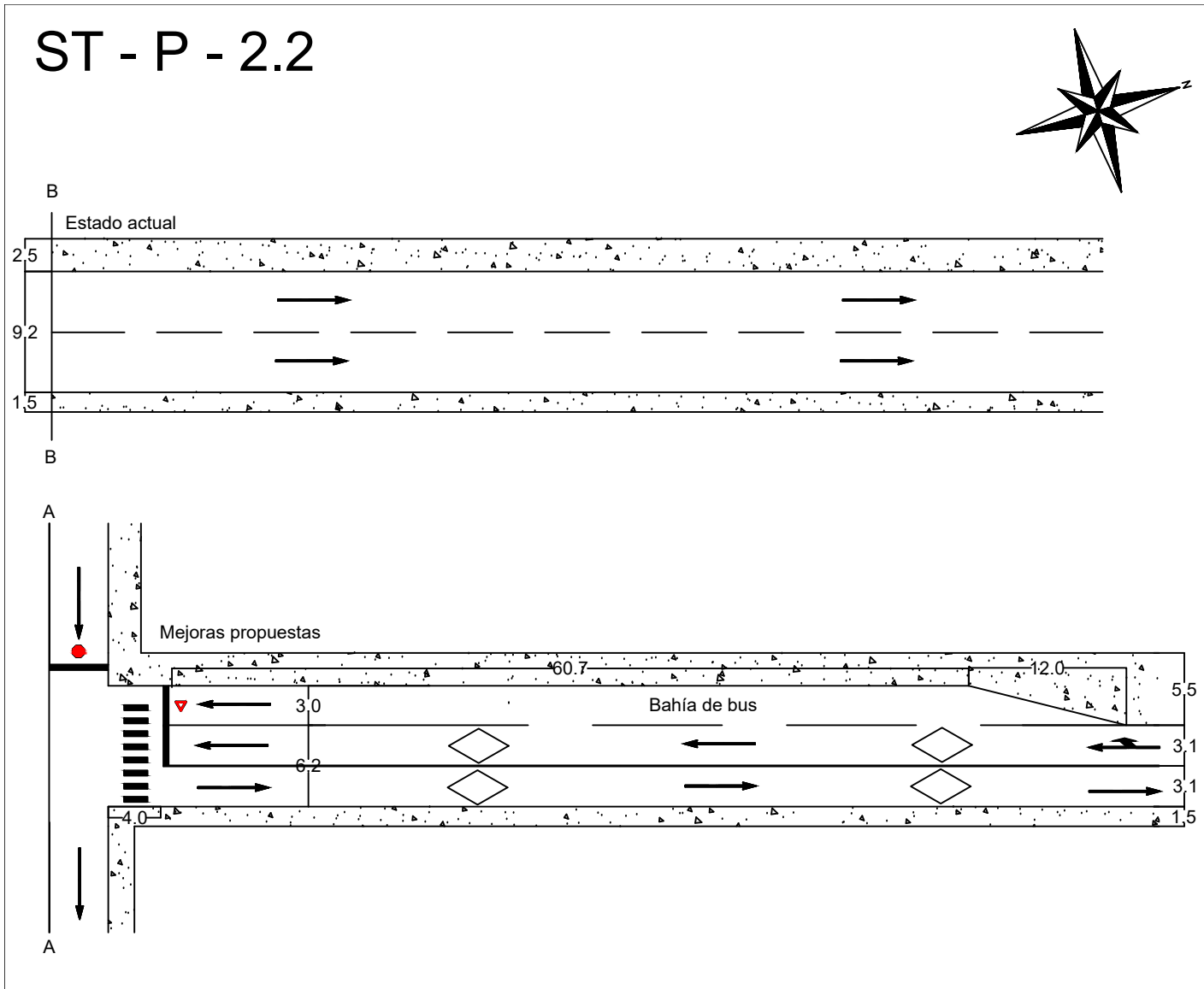


ST - I - 9

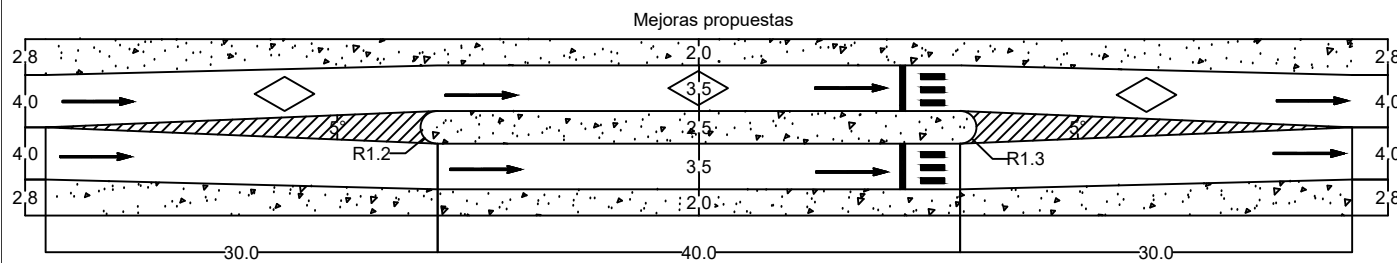
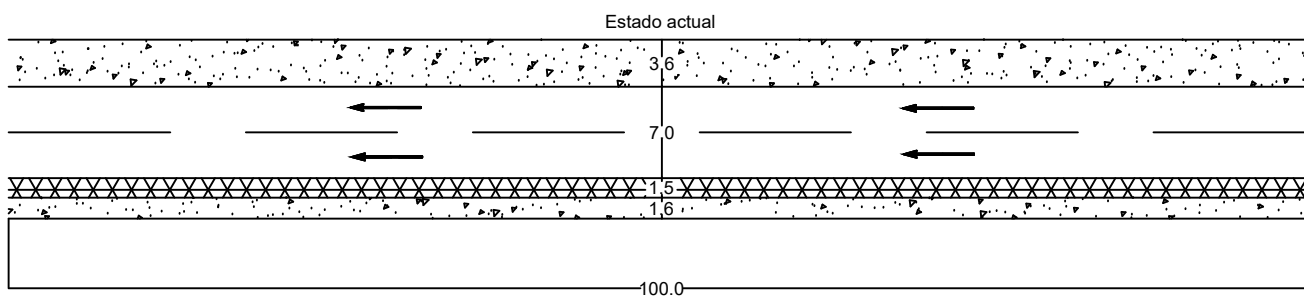


ST - P - 2.1

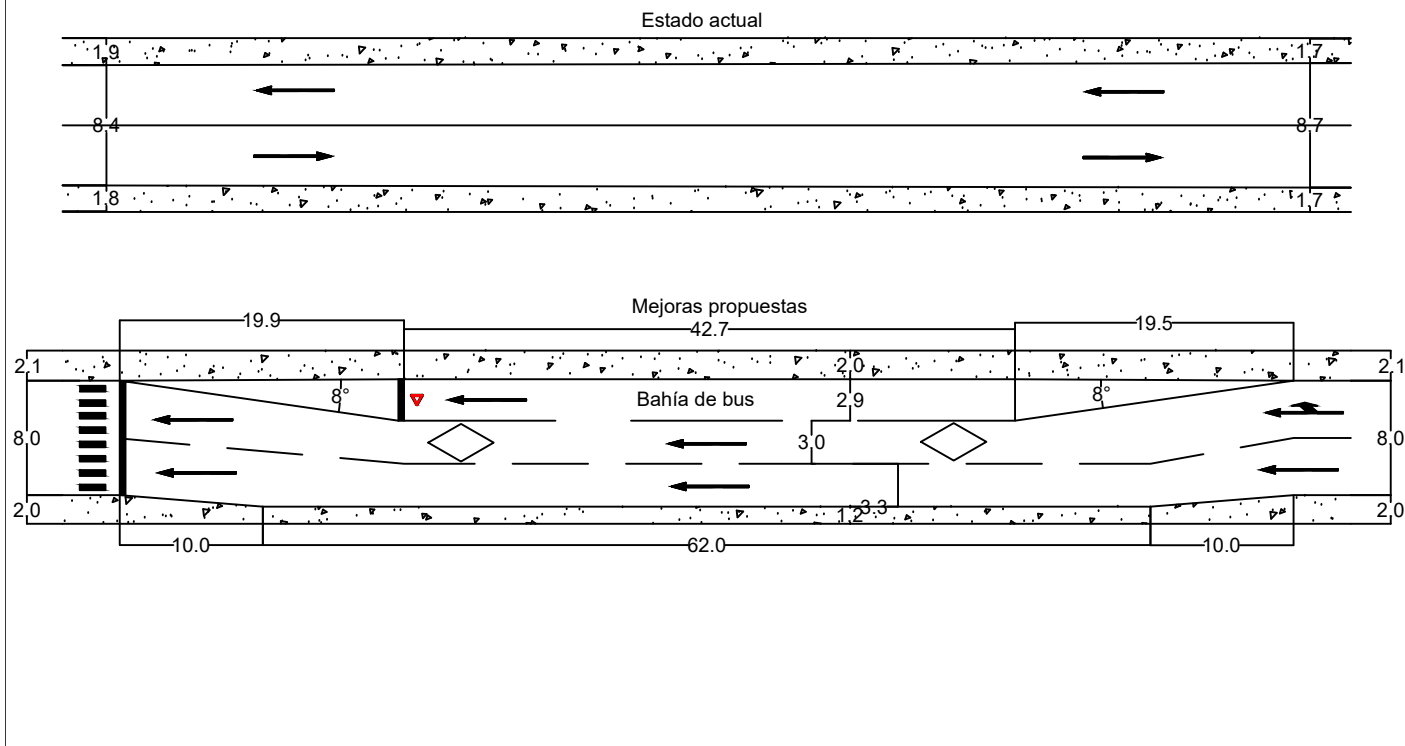
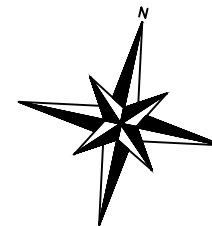




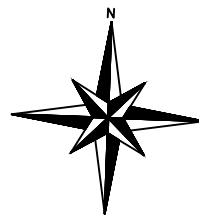
ST - P - 3.1



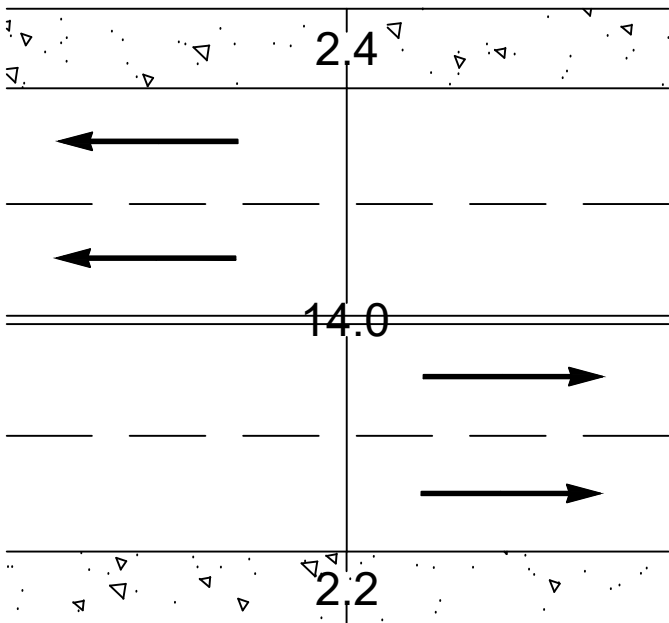
ST - P - 3.2



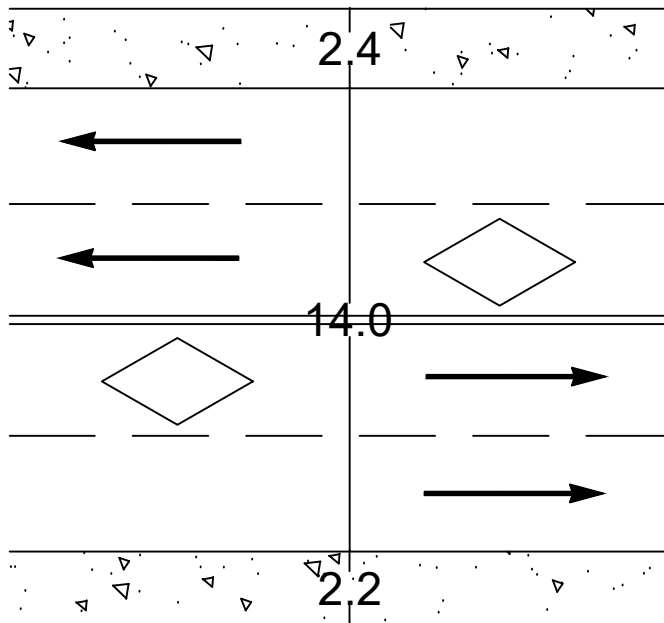
U - C - 1



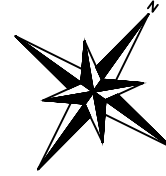
Estado Actual



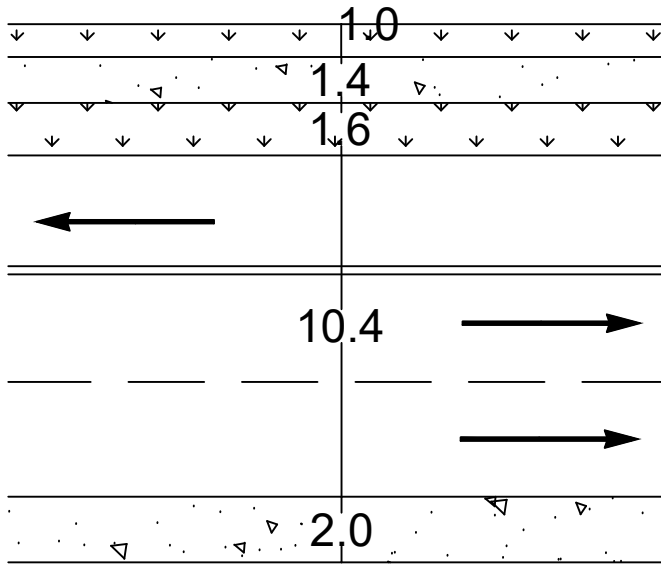
Mejoras propuestas



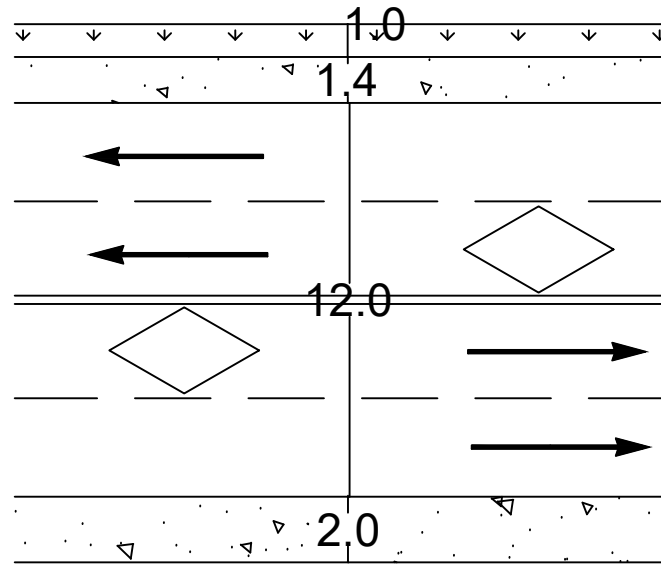
U - C - 2



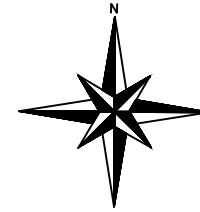
Estado Actual



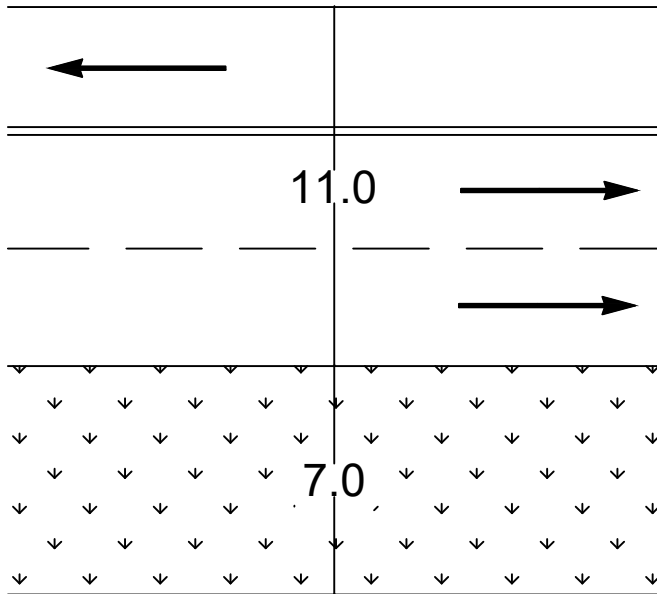
Mejoras propuestas



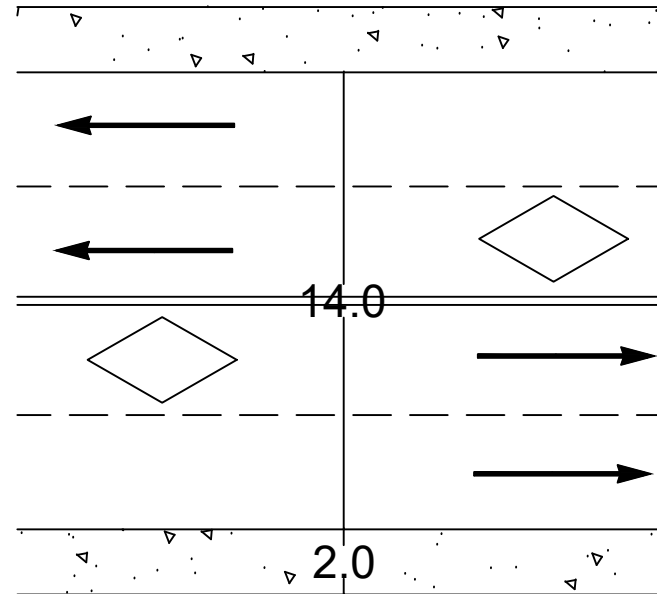
U - C - 3



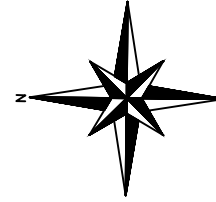
Estado Actual



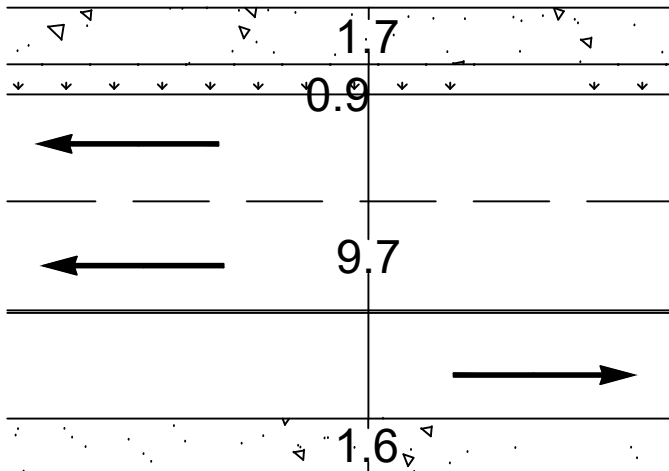
Mejoras propuestas



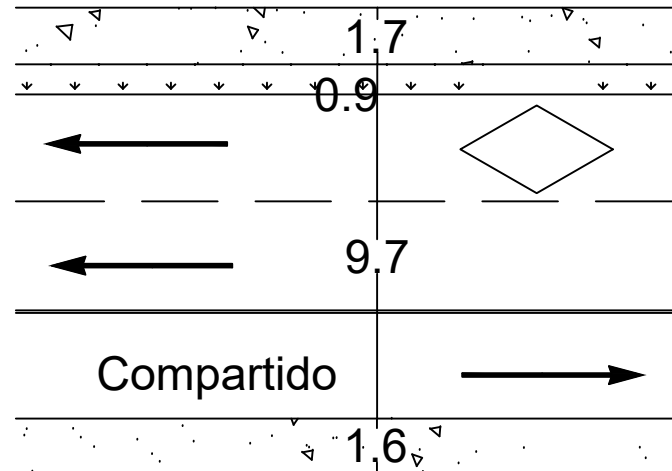
U - C - 4



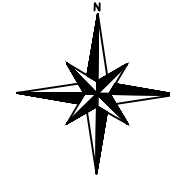
Estado Actual



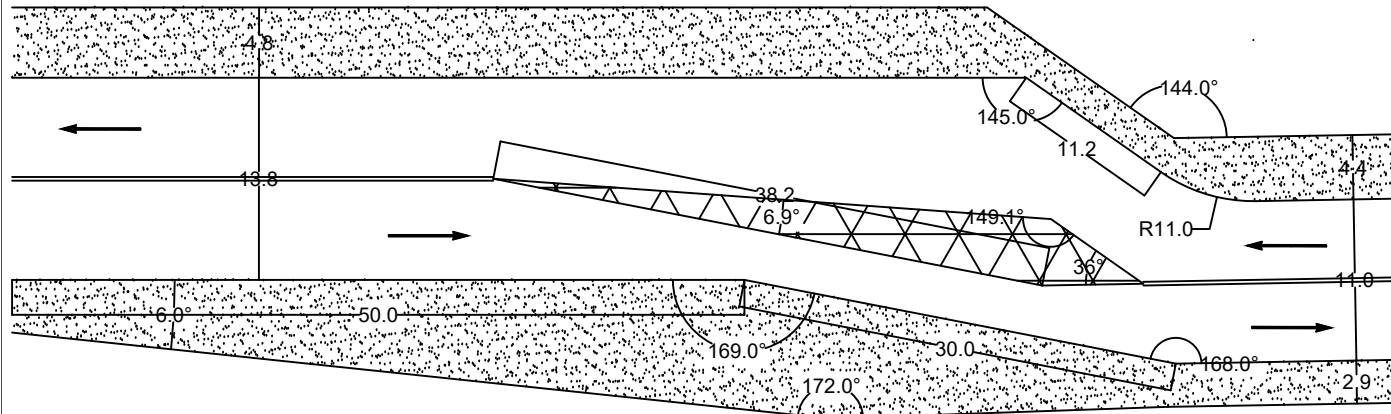
Mejoras propuestas



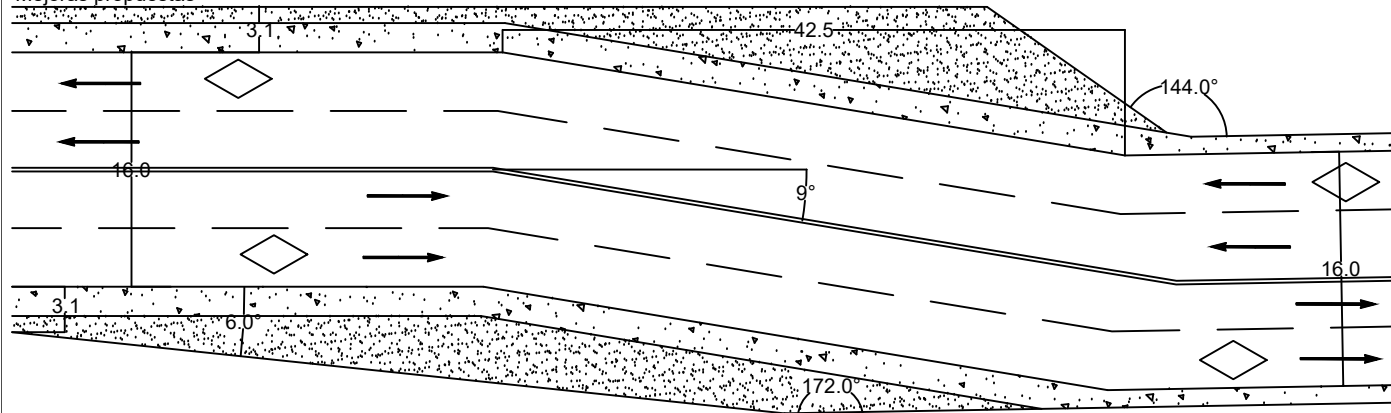
U - C - 5



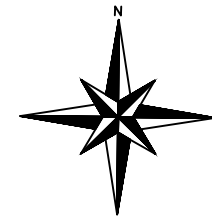
Estado Actual



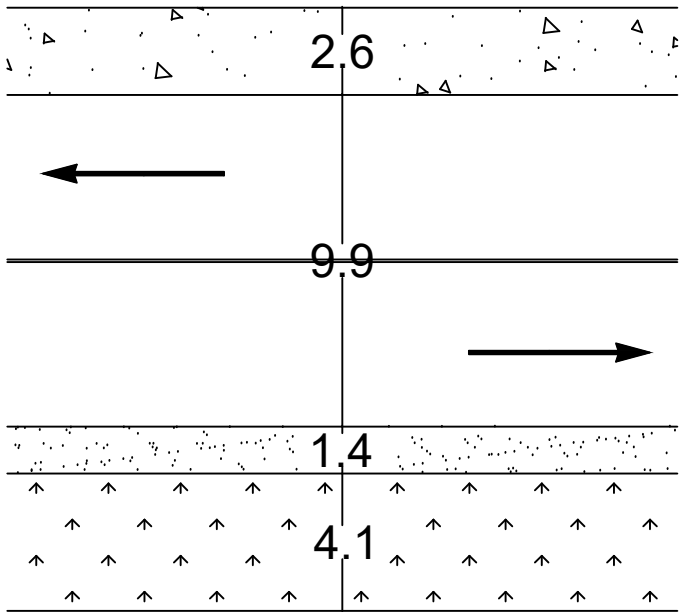
Mejoras propuestas



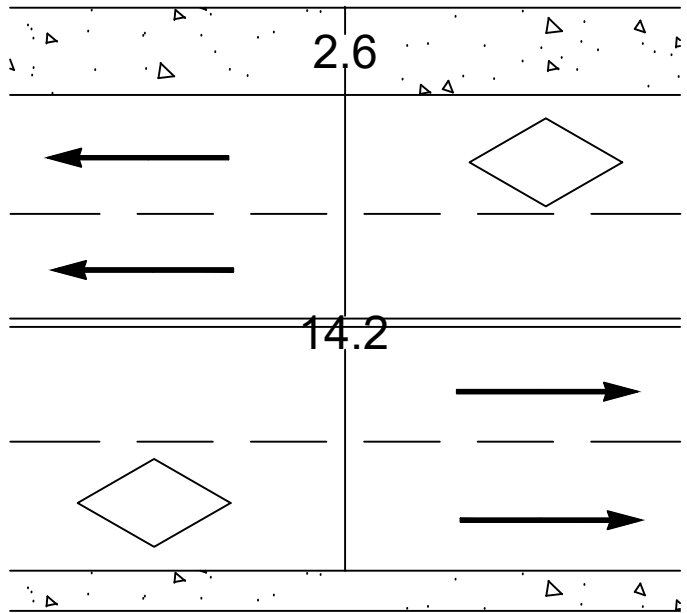
U - C - 6



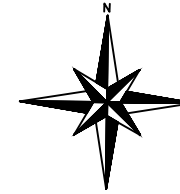
Estado Actual



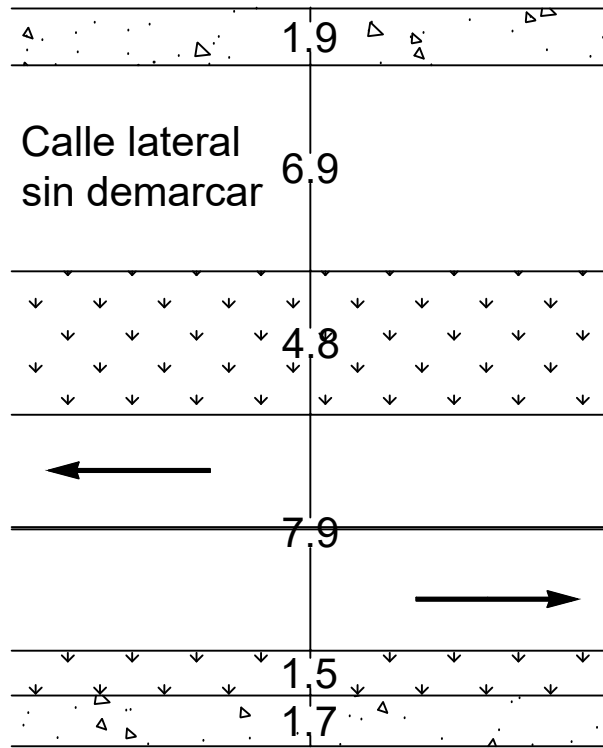
Mejoras propuestas



U - C - 7

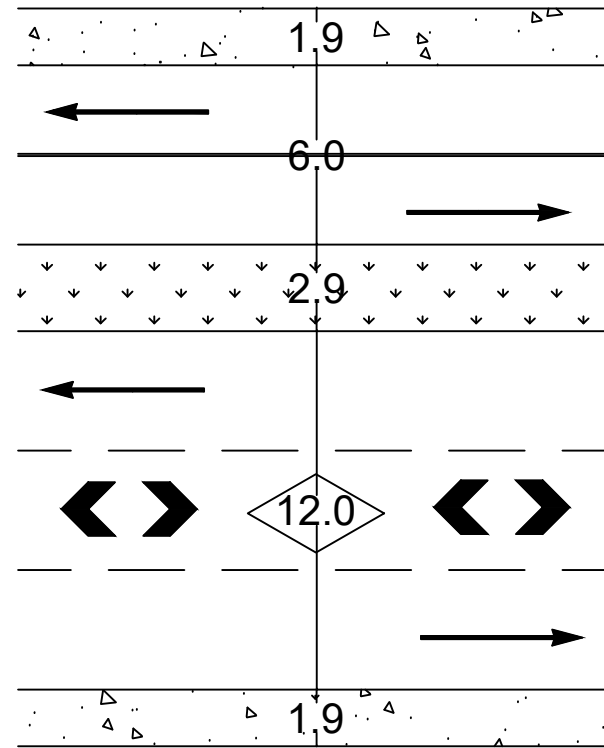


Estado Actual



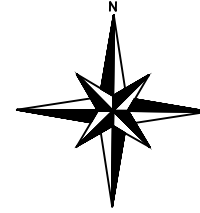
Zona verde muy grande

Mejoras propuestas

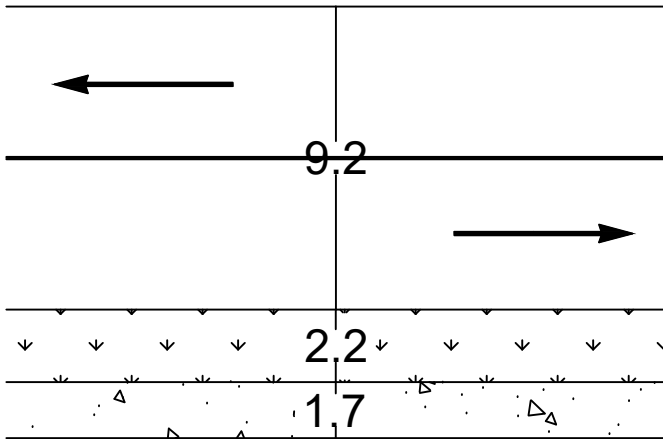


Zona verde muy grande

U - C - 8

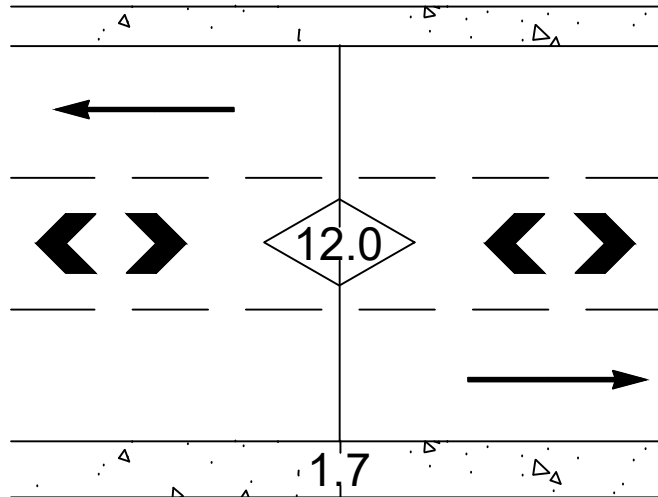


Estado Actual

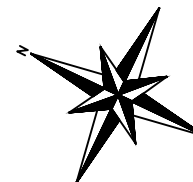


Zona verde muy grande

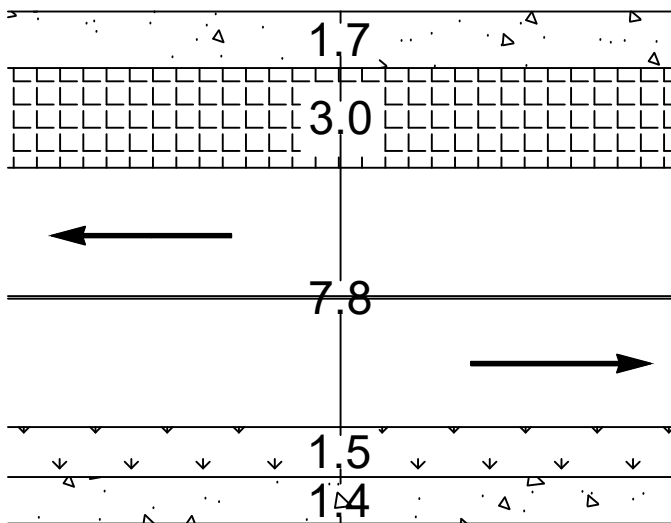
Mejoras propuestas



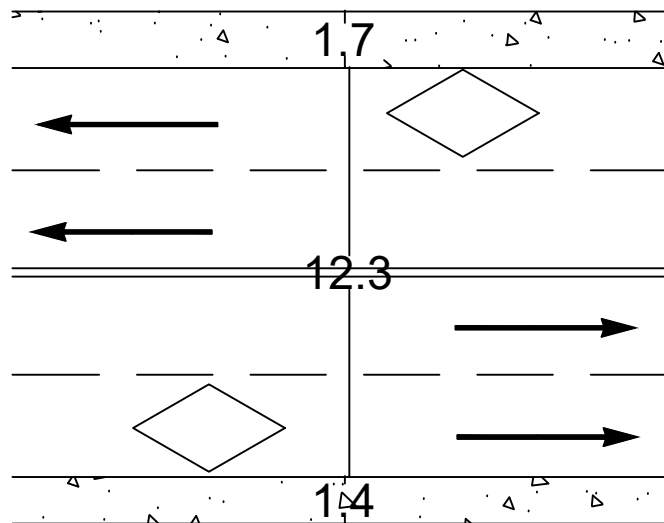
U - C - 10



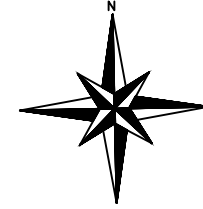
Estado Actual



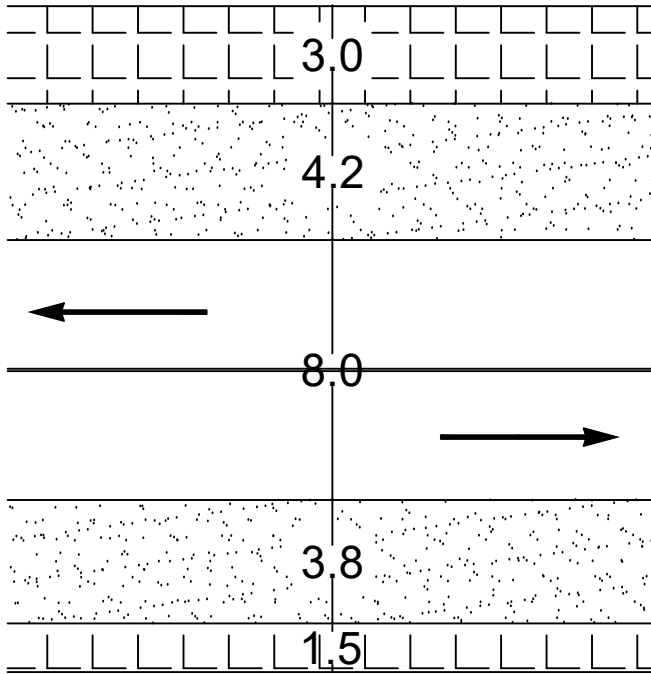
Mejoras propuestas



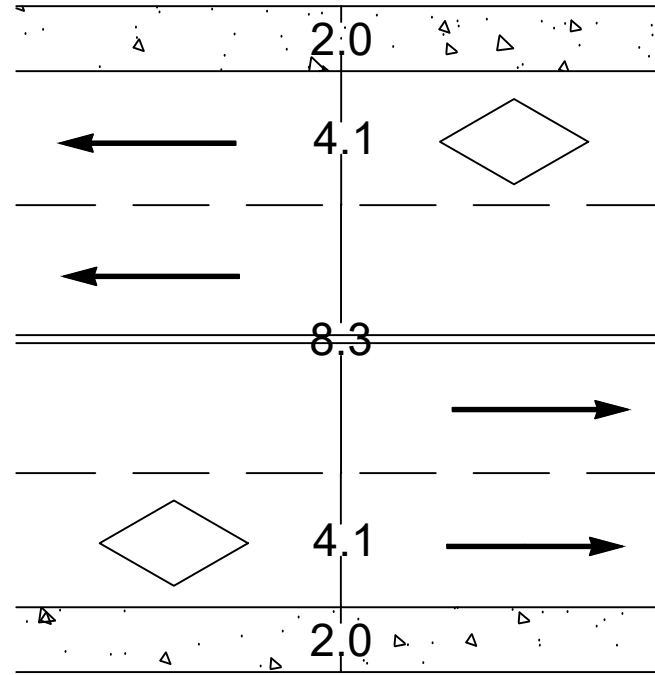
U - C - 11



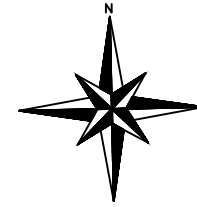
Estado Actual



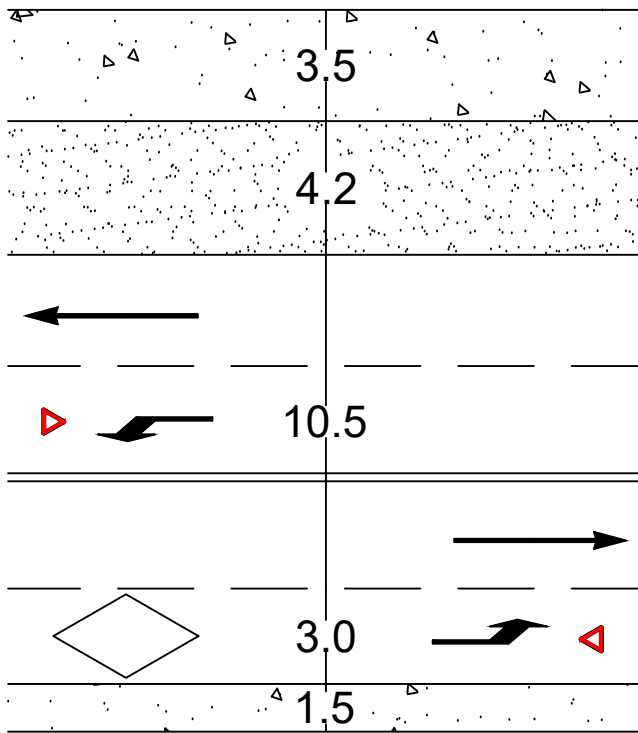
Mejoras propuestas



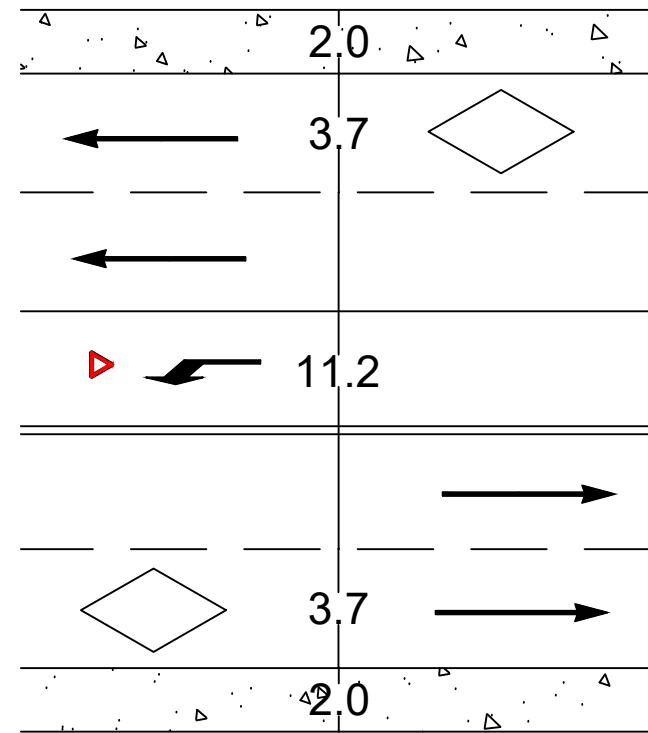
U - C - 12



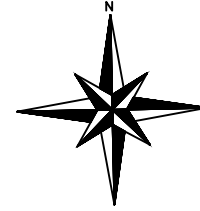
Estado Actual



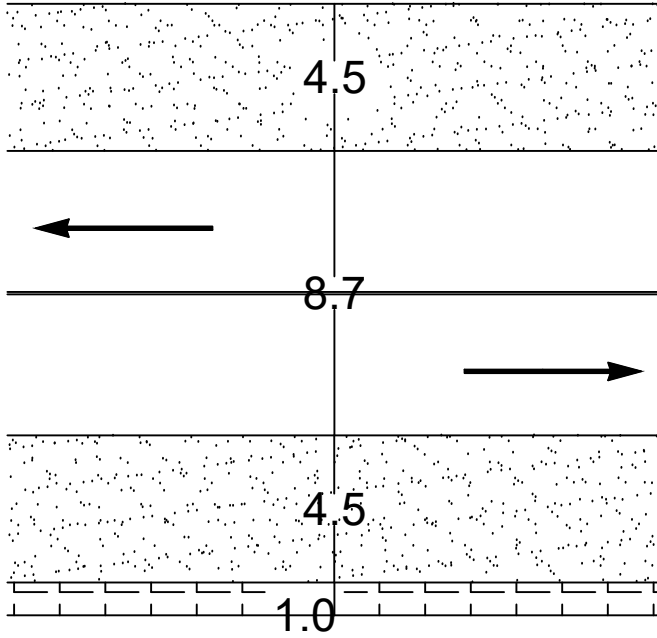
Mejoras propuestas



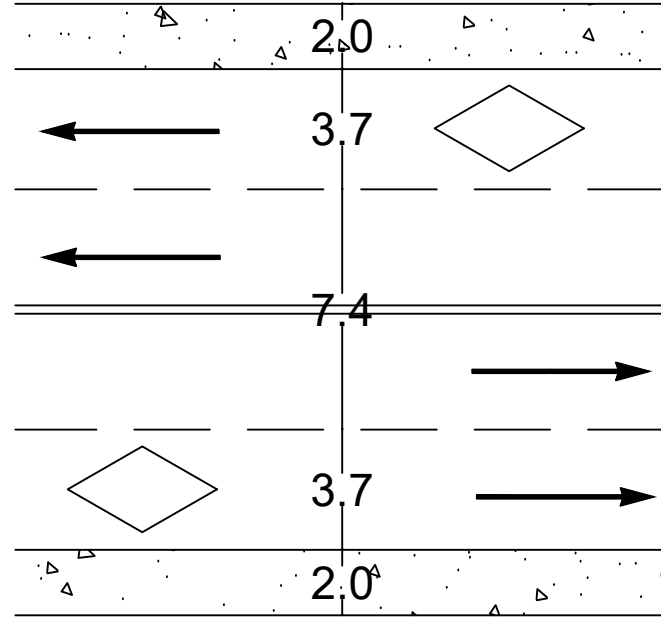
U - C - 13



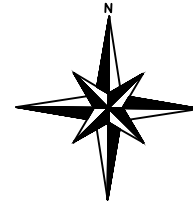
Estado Actual



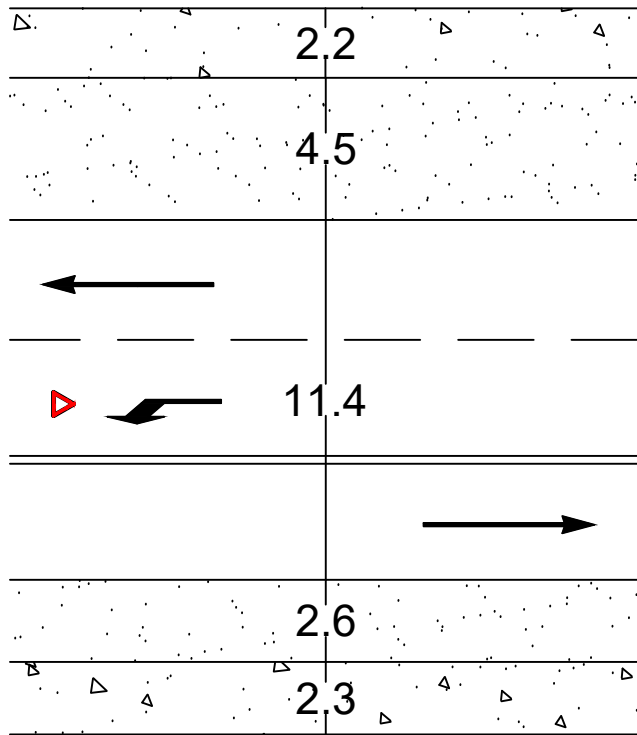
Mejoras propuestas



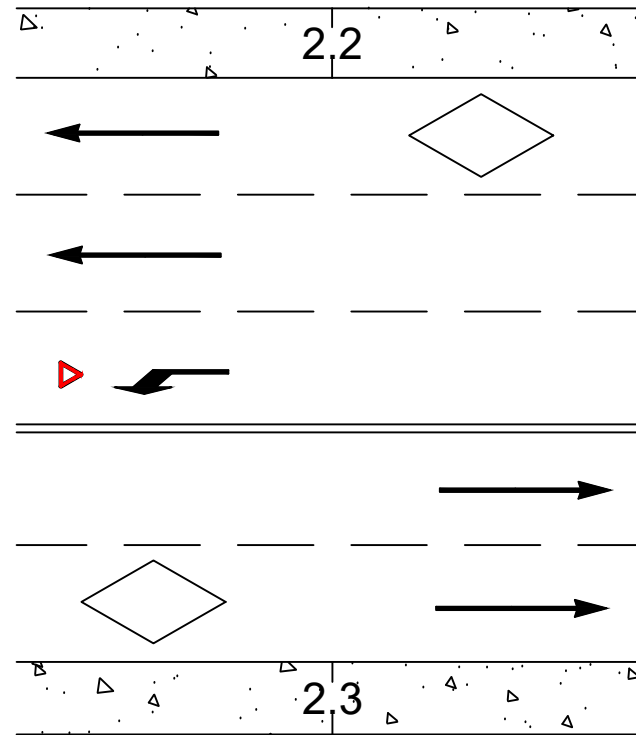
U - C - 14



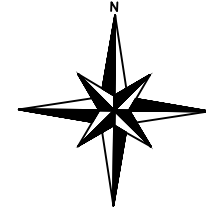
Estado Actual



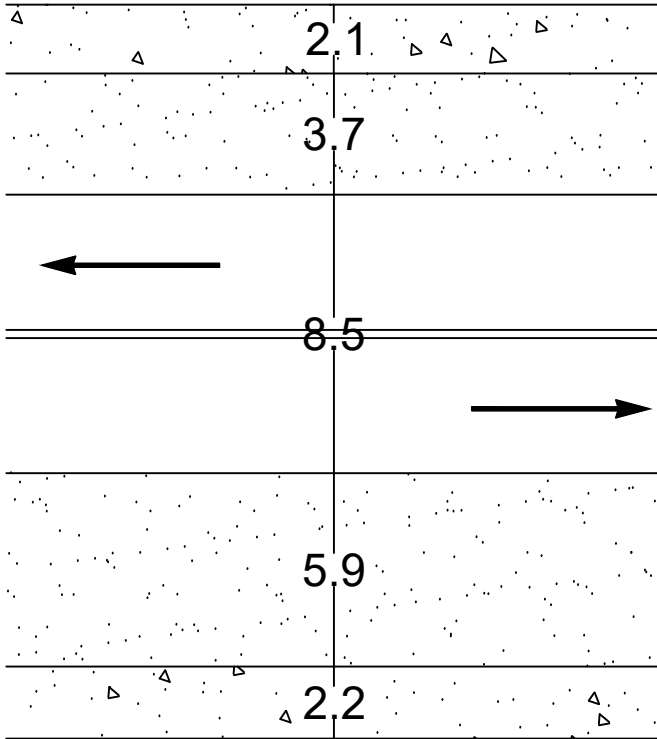
Mejoras propuestas



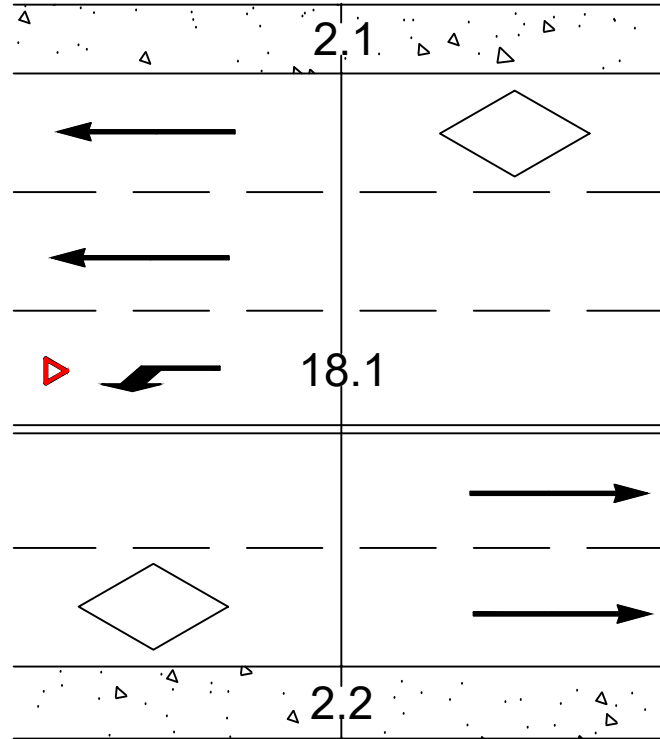
U - C - 15

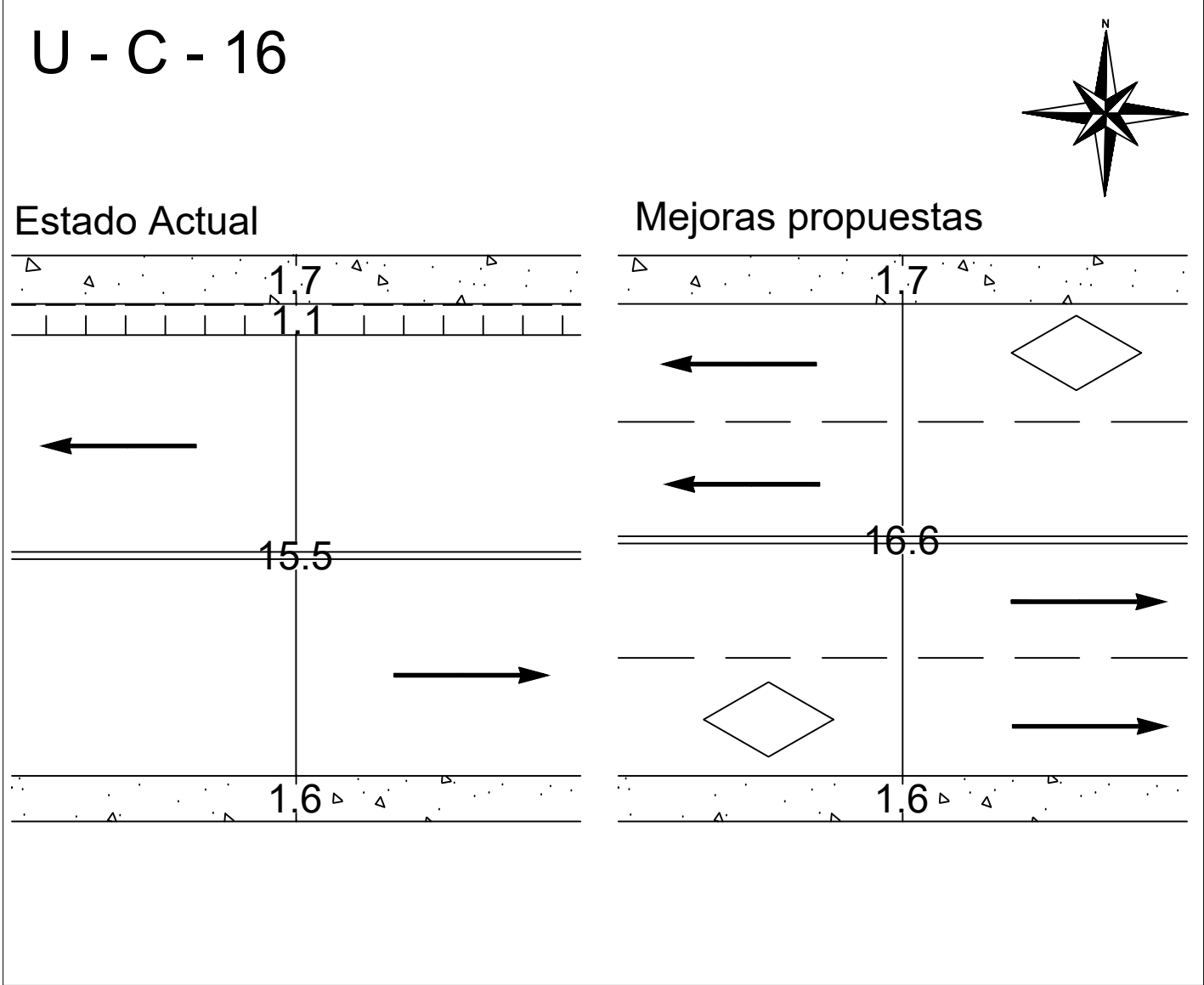


Estado Actual

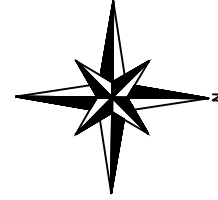


Mejoras propuestas

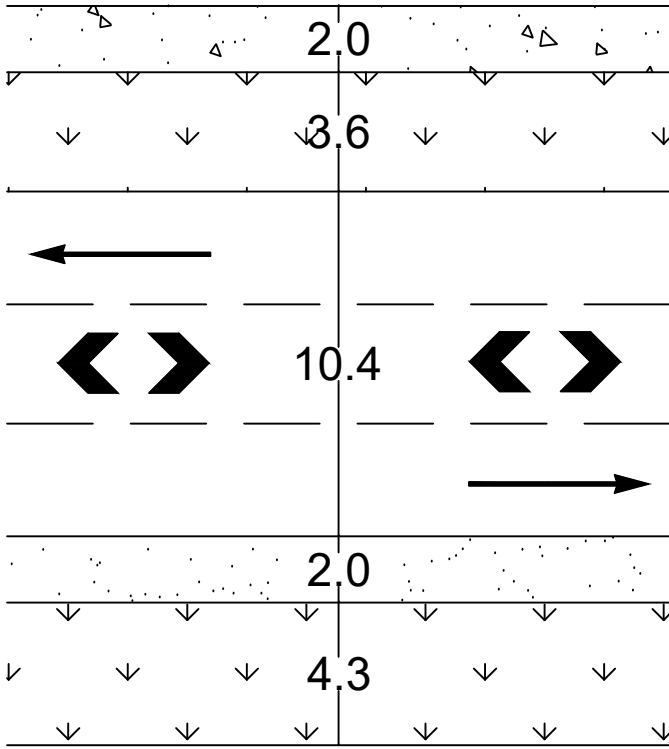




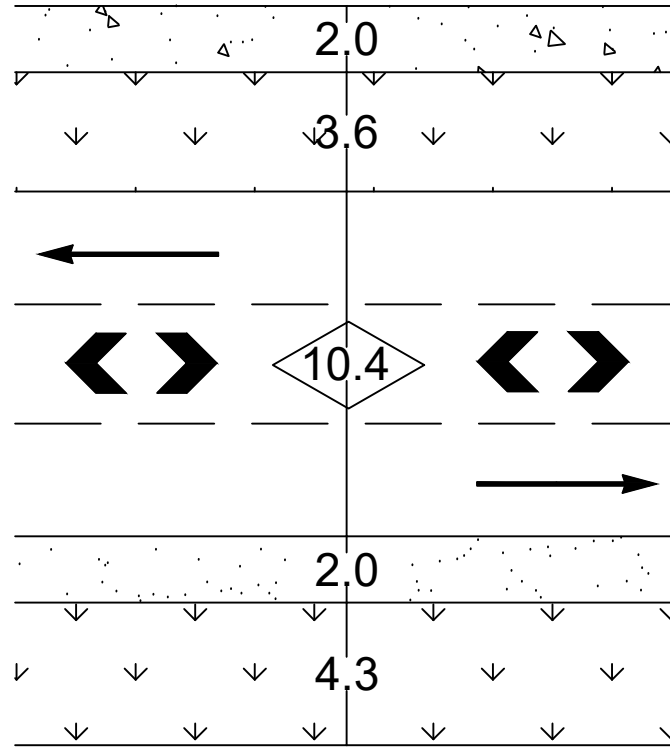
U - C - 17

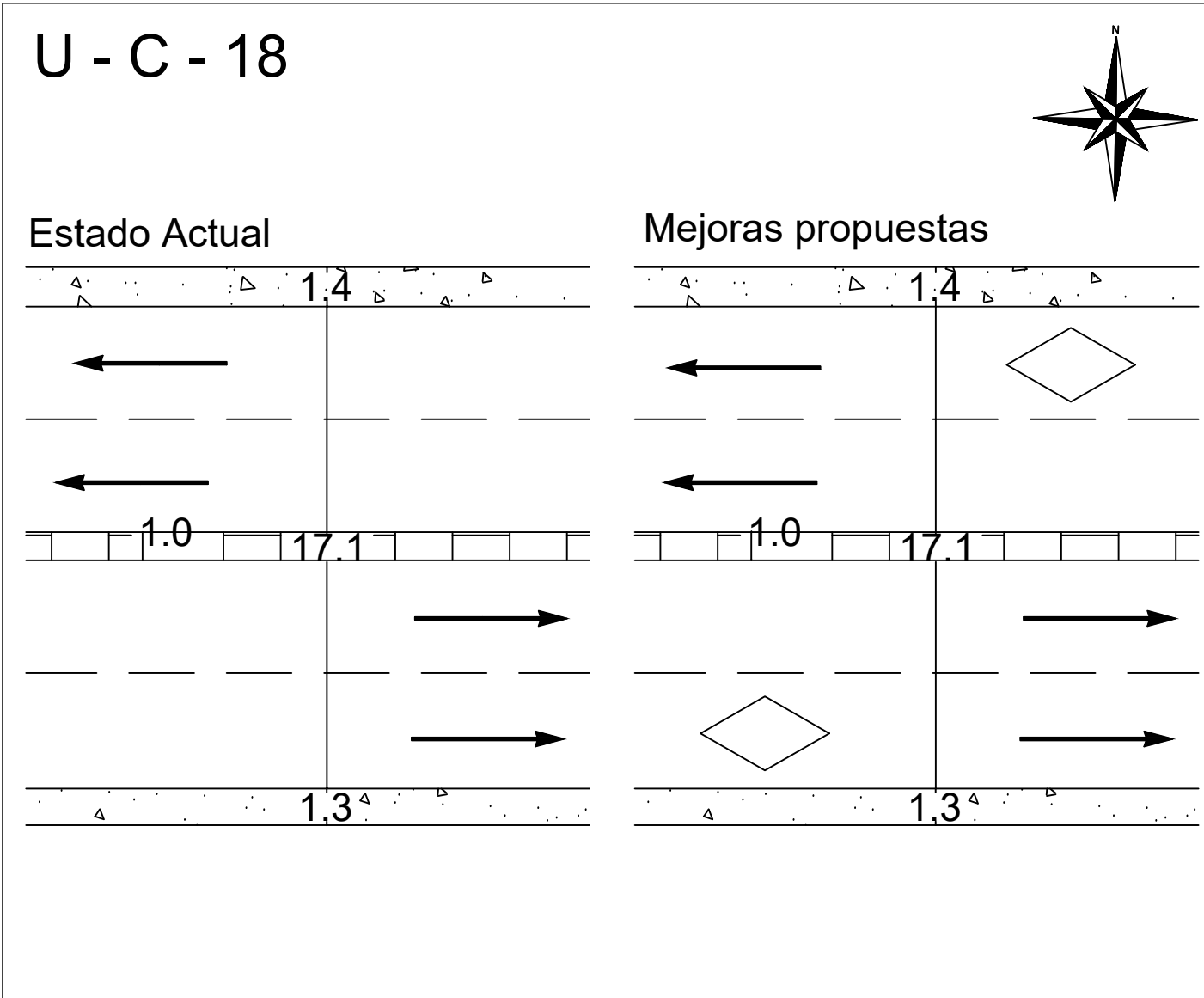


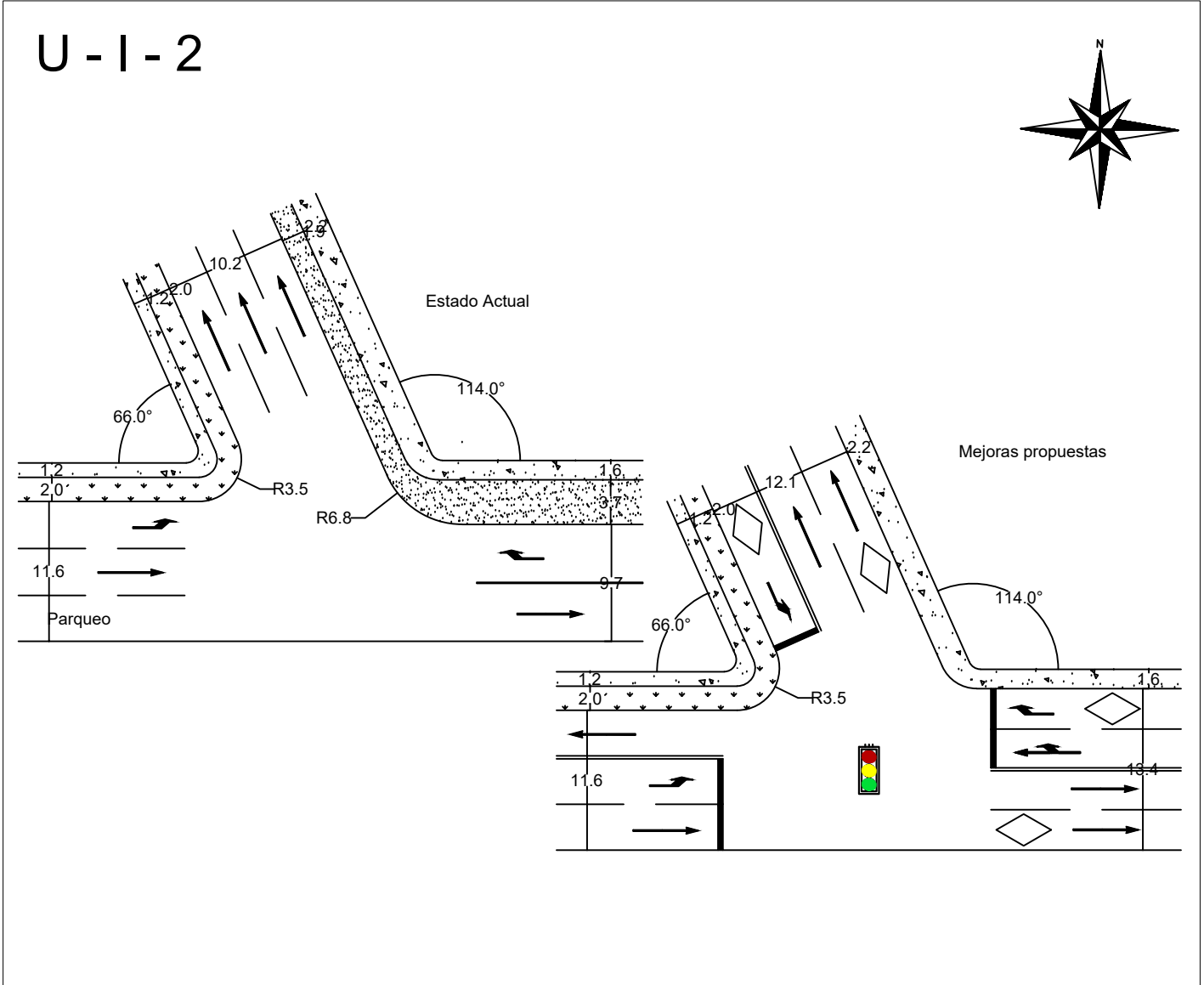
Estado Actual



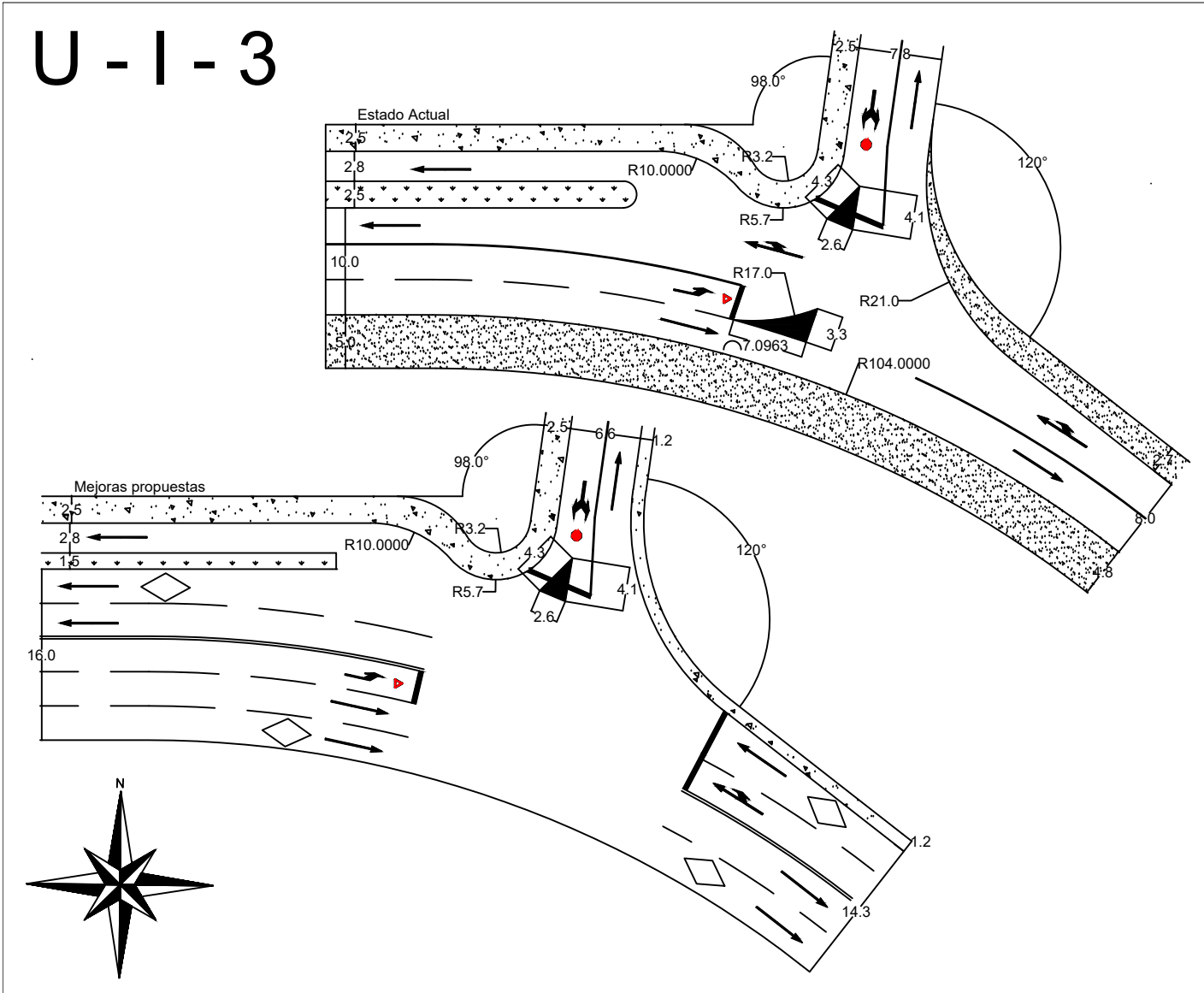
Mejoras propuestas



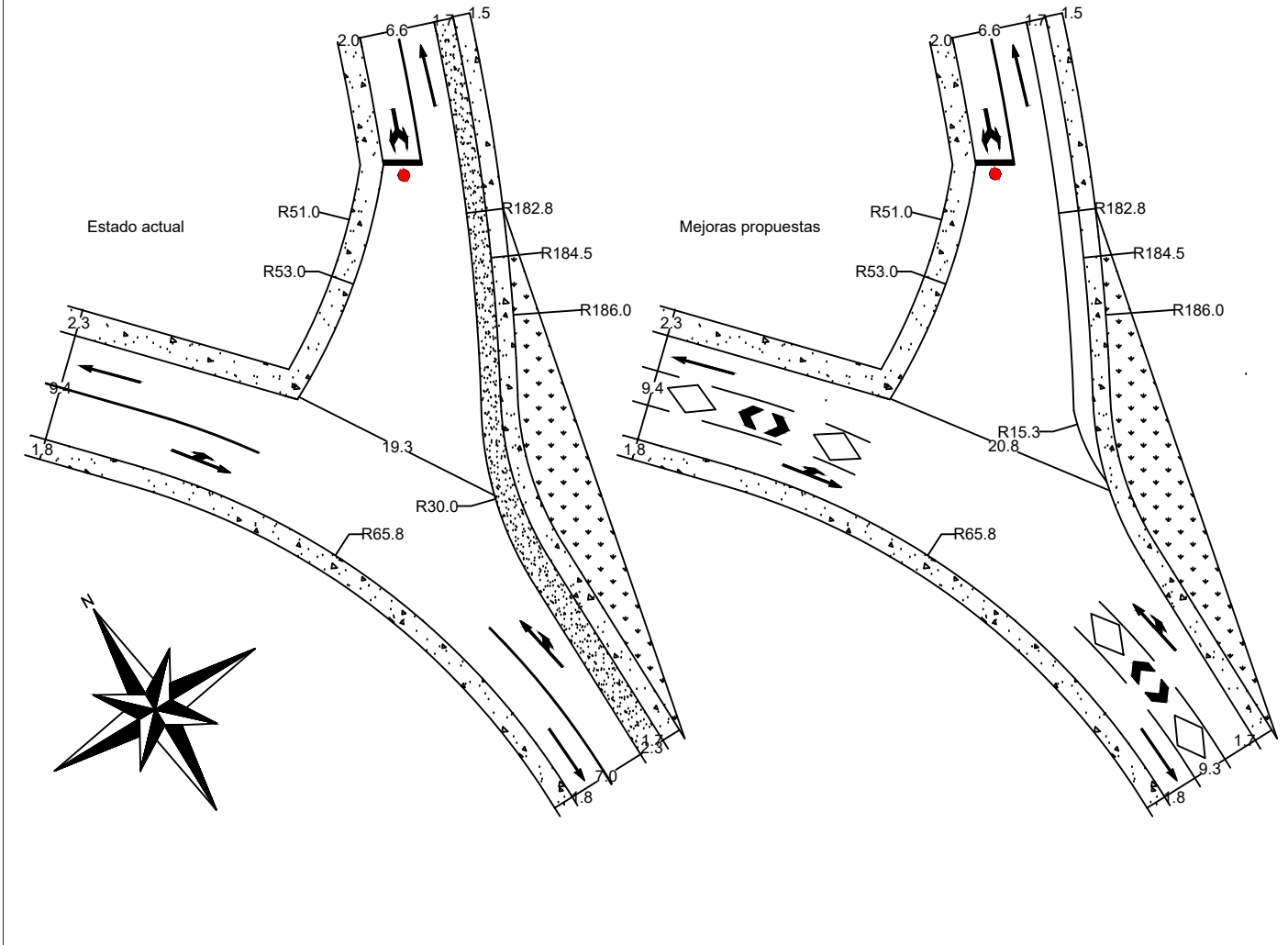




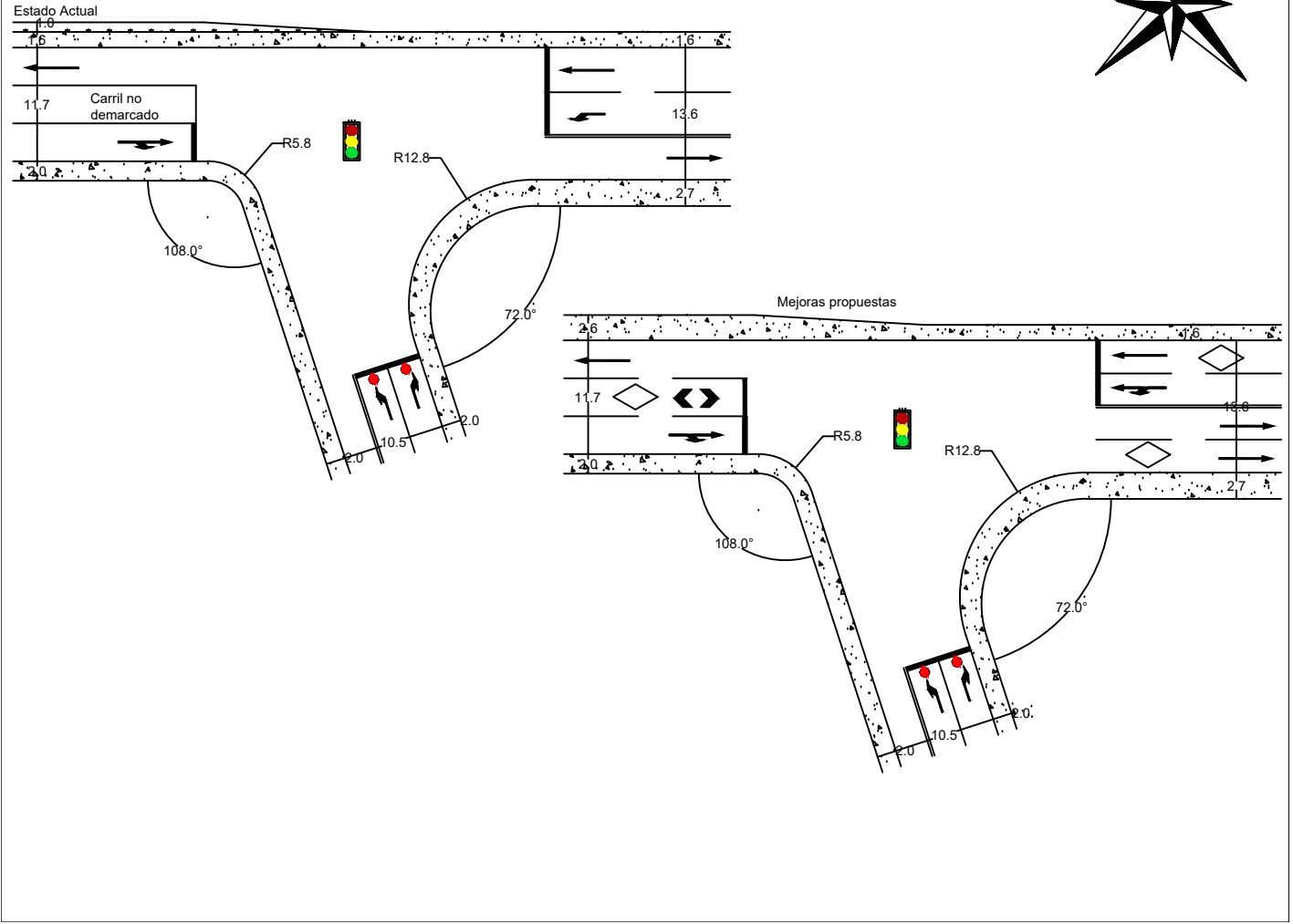
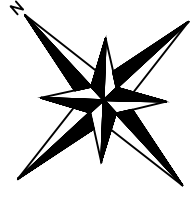
U - I - 3



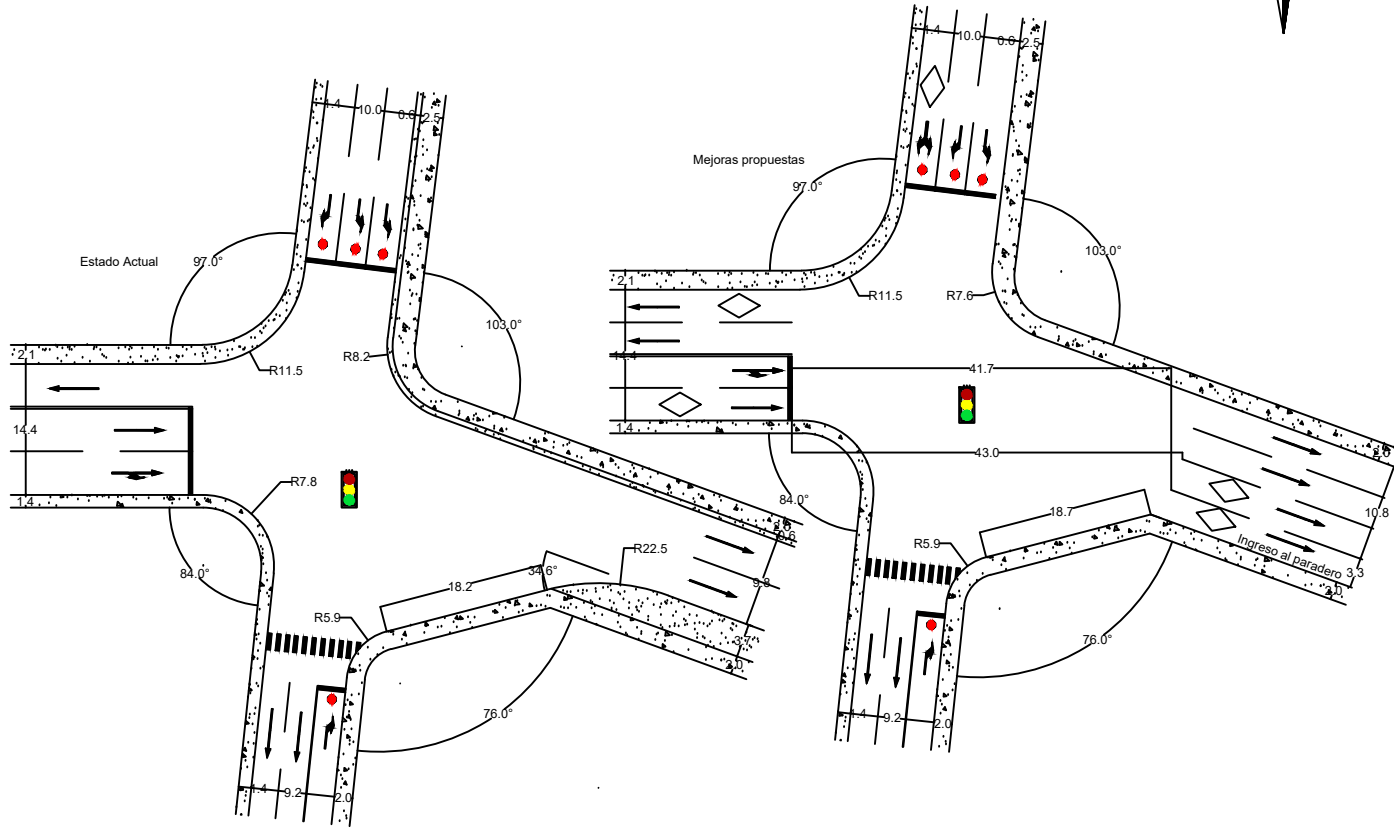
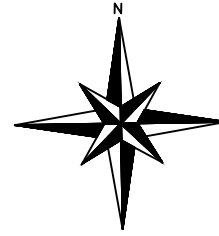
U-I-4



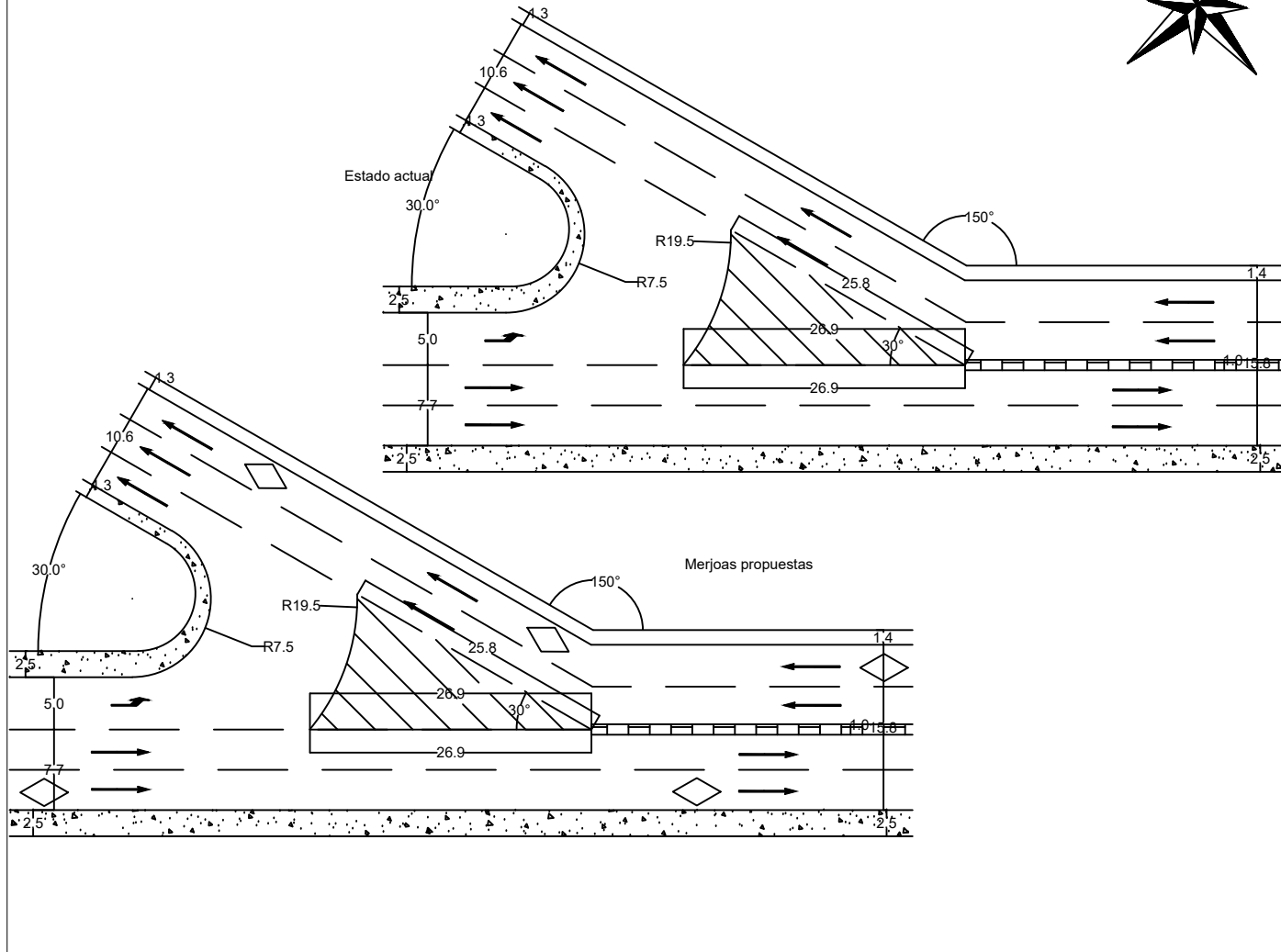
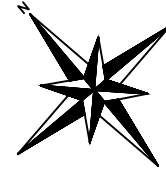
U-1-5



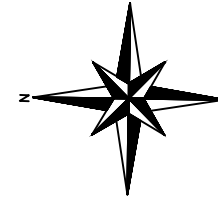
U - I - 6



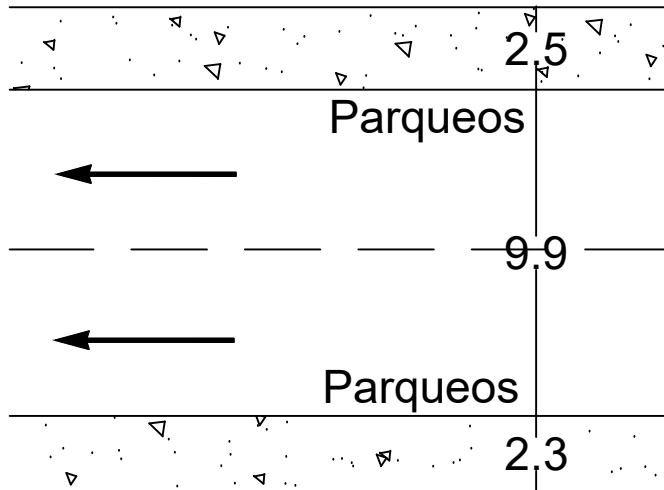
U - I - 8



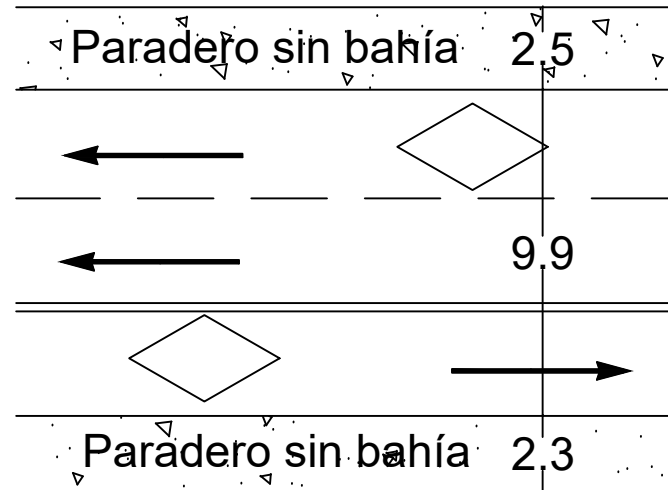
U - P - 2



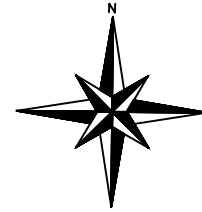
Estado Actual



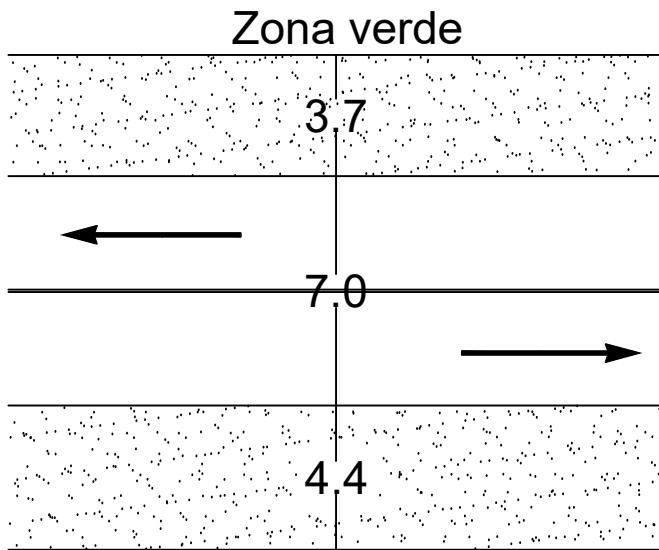
Mejoras propuestas



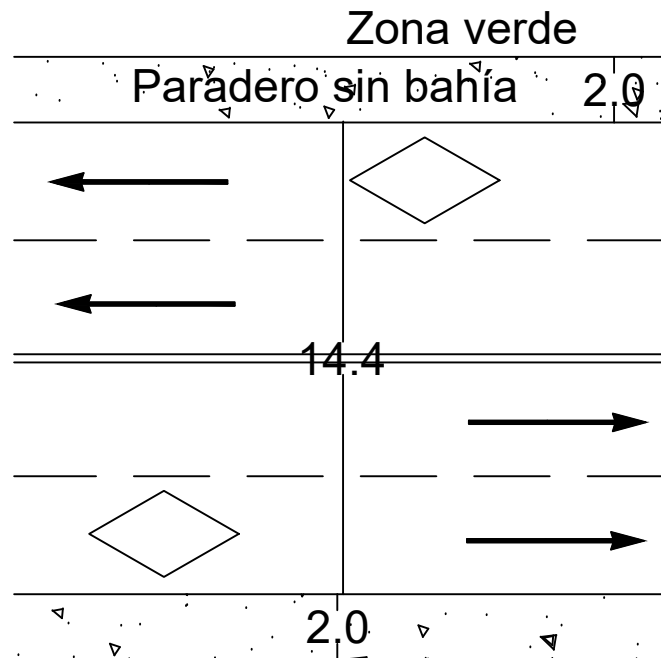
U - P - 3



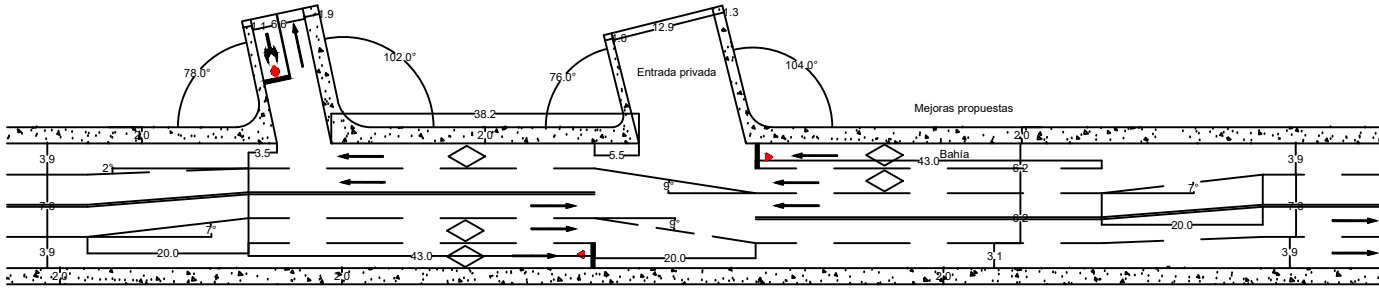
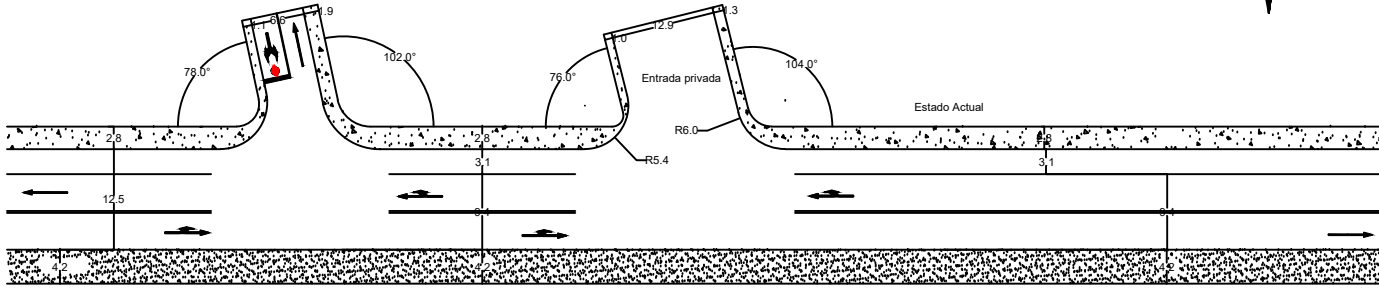
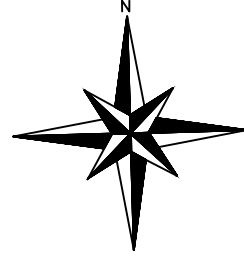
Estado Actual



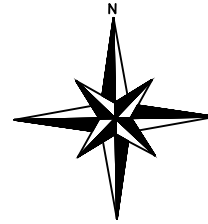
Mejoras propuestas



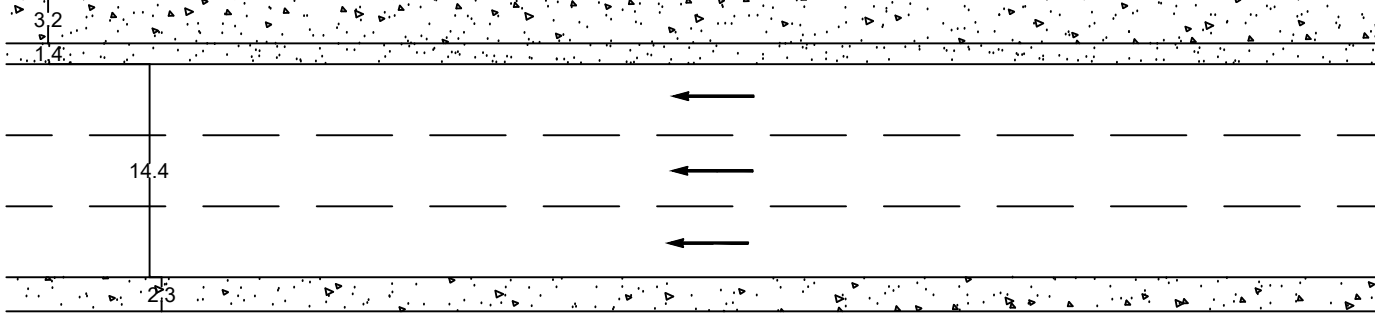
U - P - 5



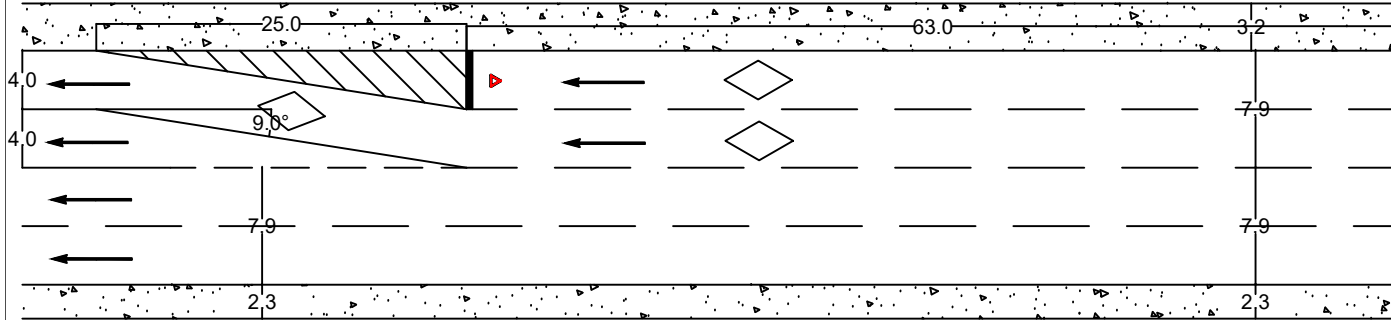
U - P - 7.1



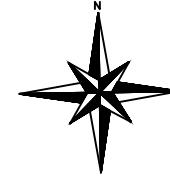
Estado Actual



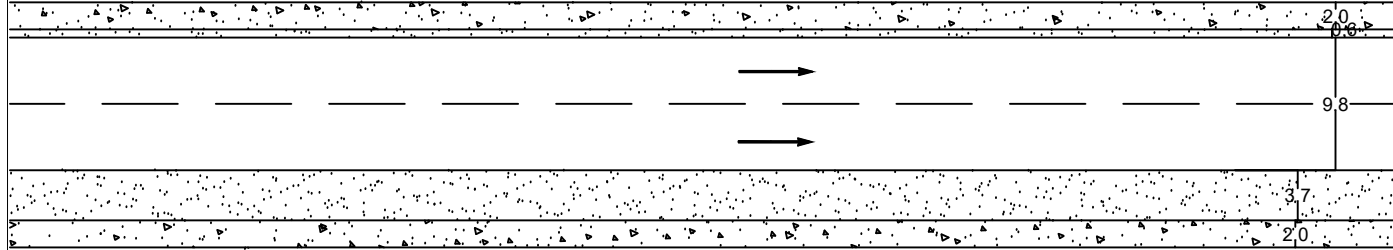
Mejoras propuestas



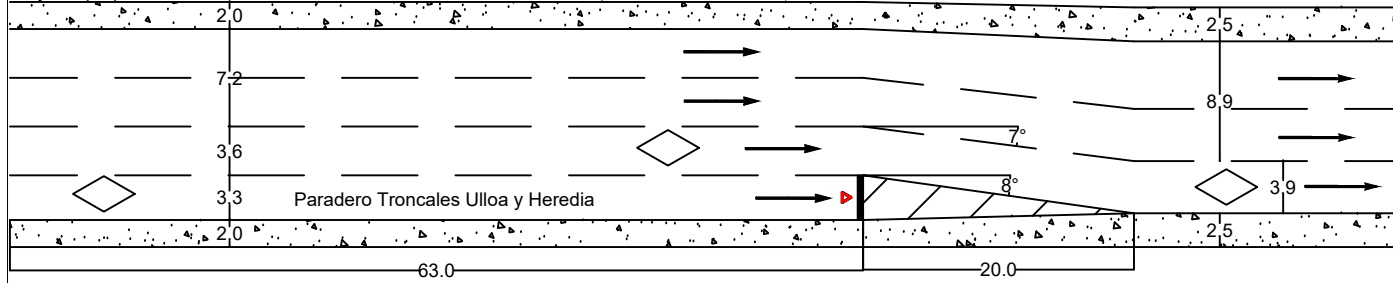
U - P - 7.2



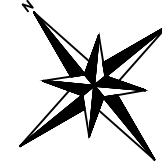
Estado Actual



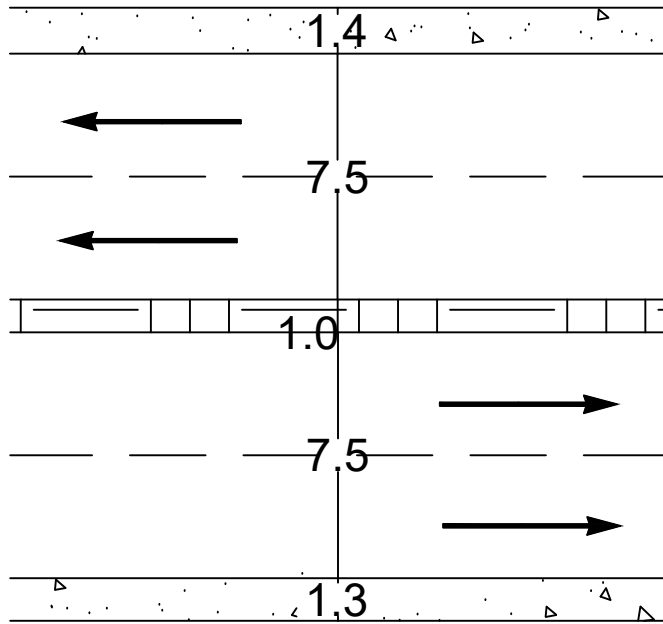
Mejoras propuestas



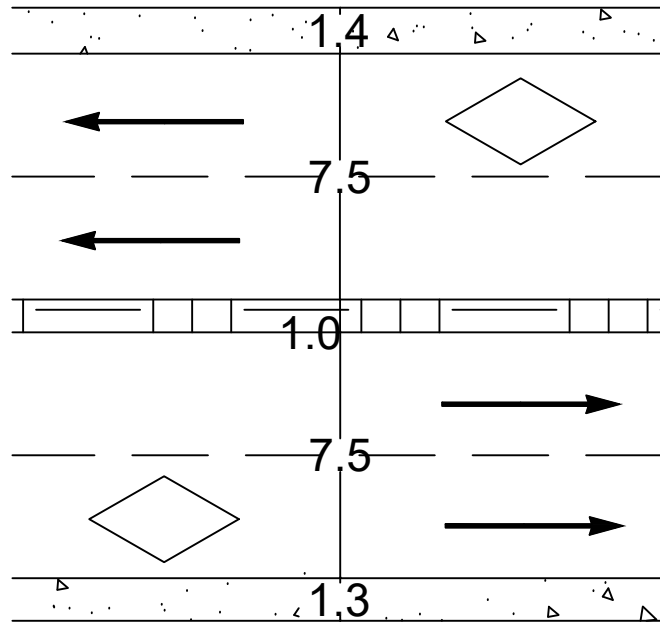
UR - C - 1

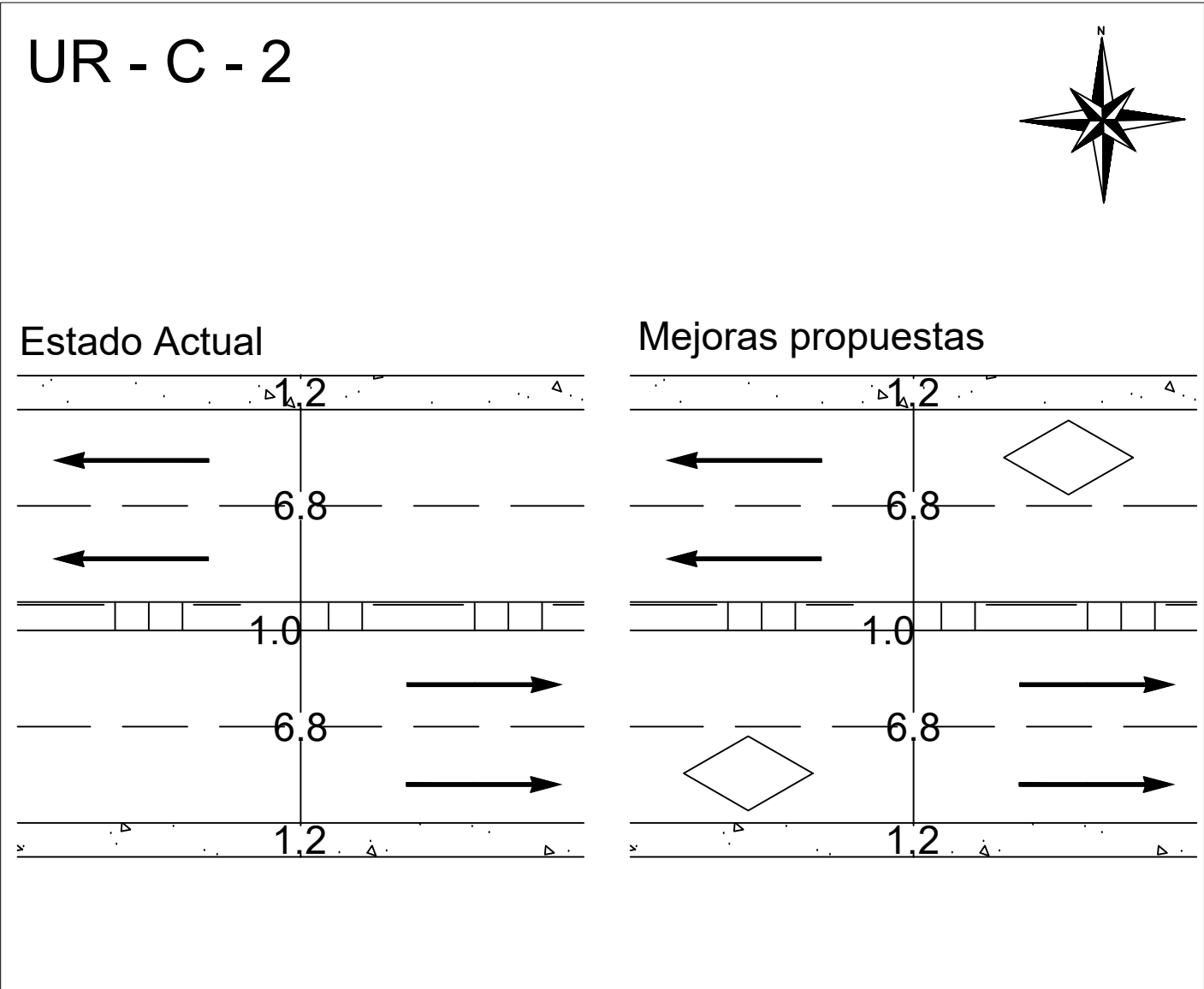


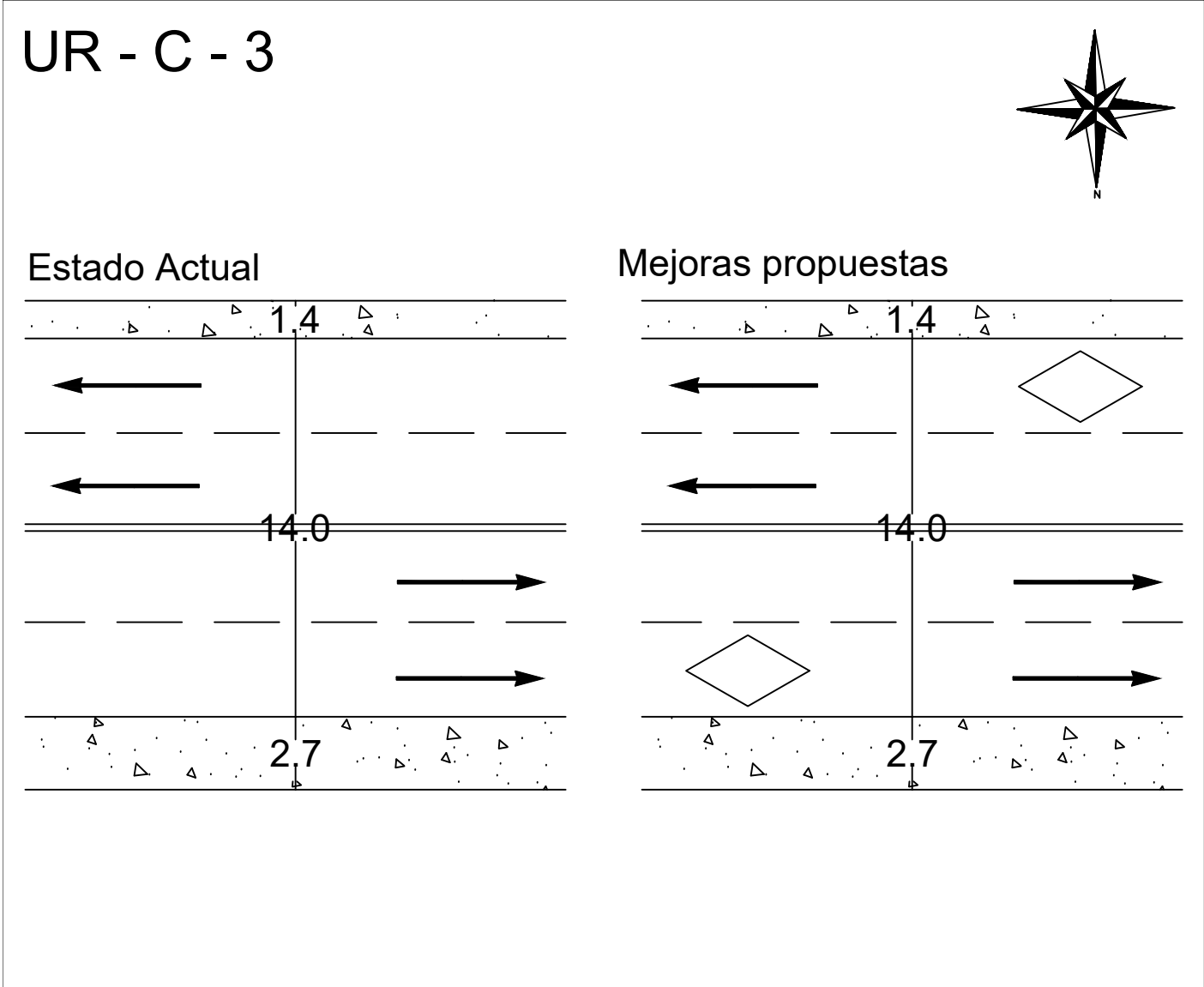
Estado Actual

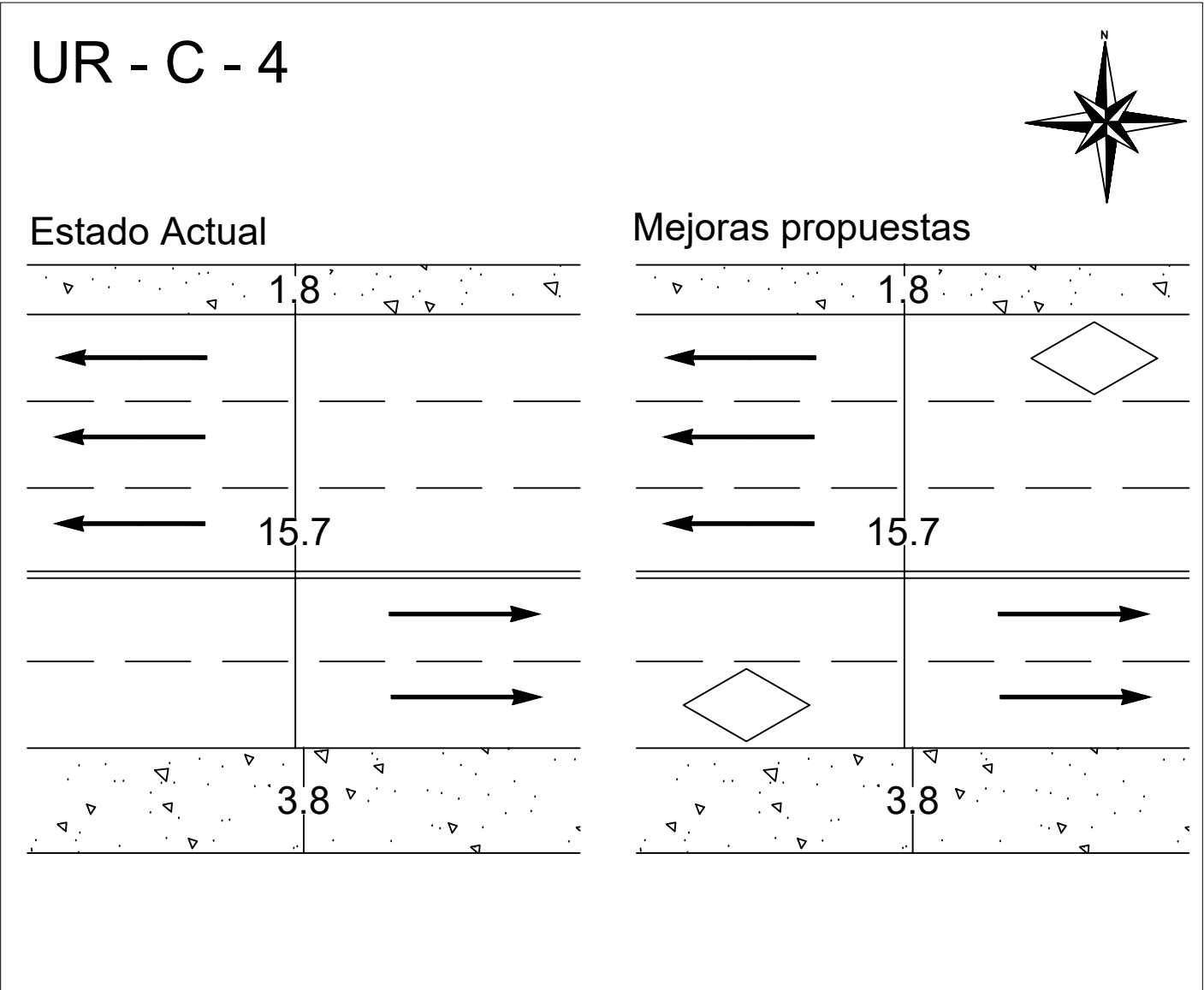


Mejoras propuestas

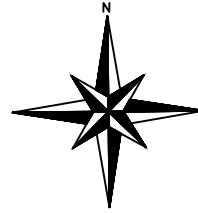




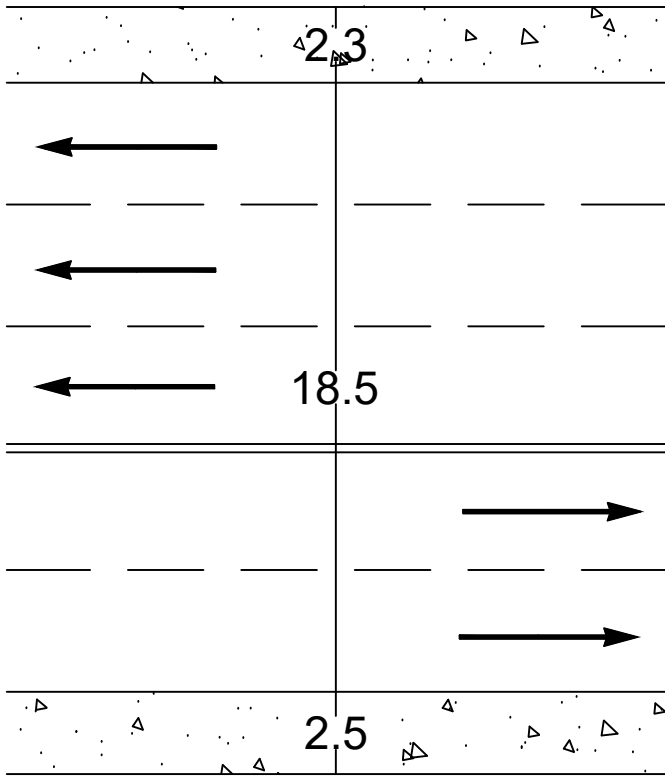




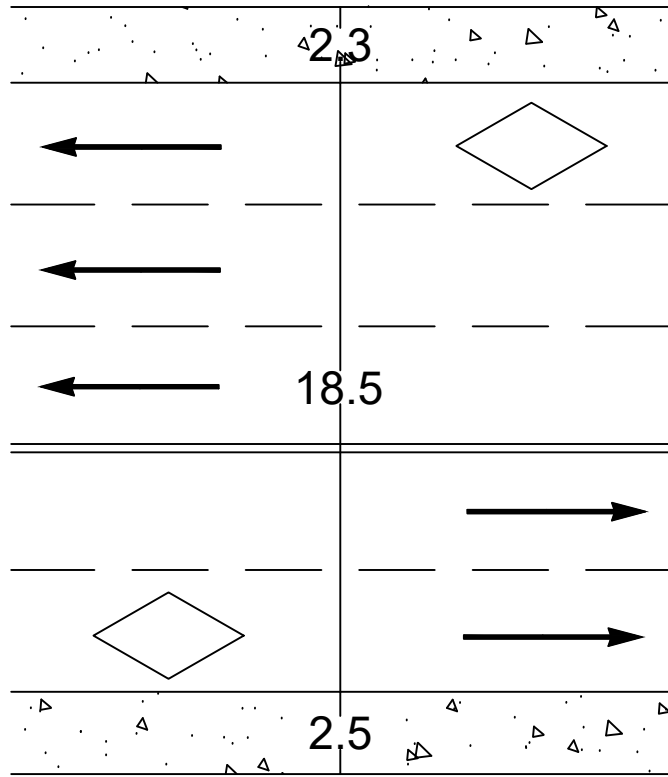
UR - C - 5



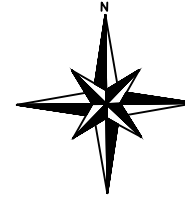
Estado Actual



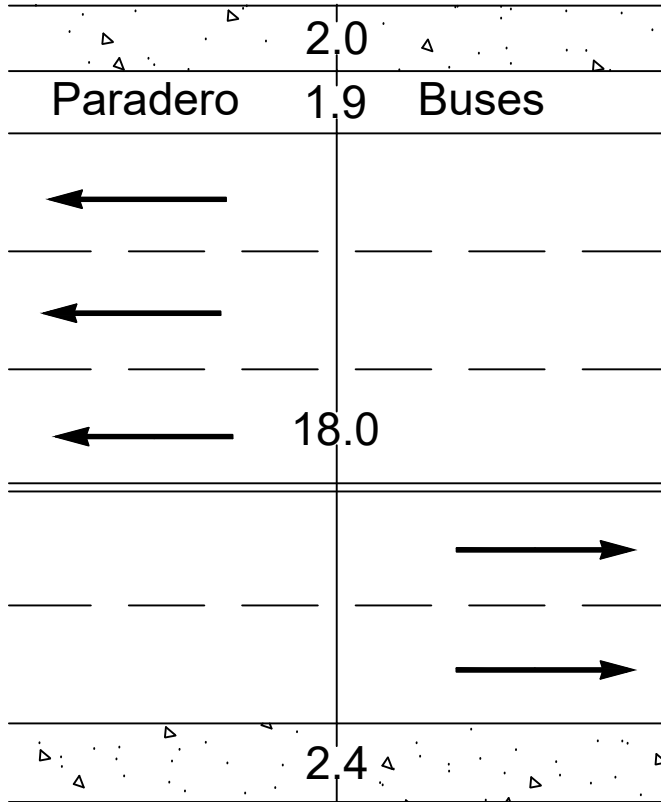
Mejoras propuestas



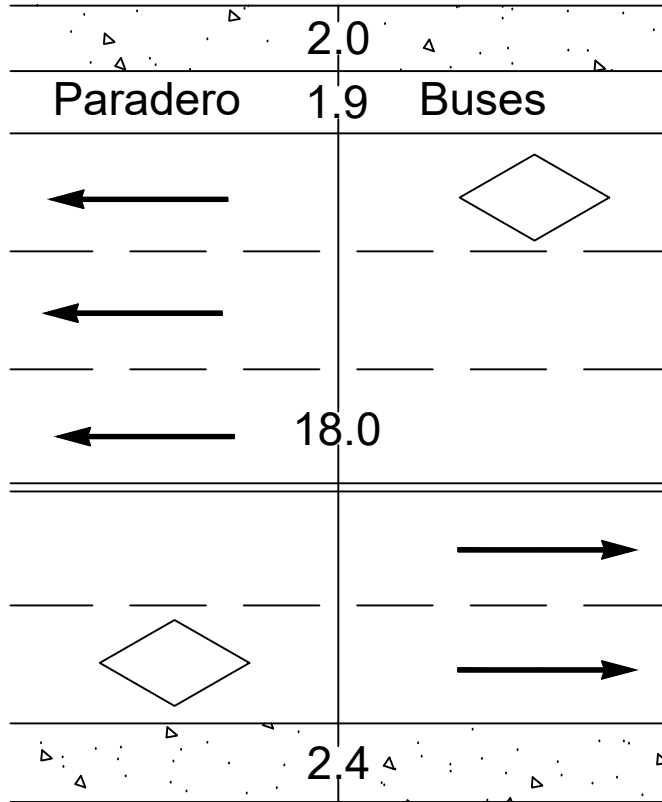
UR - C - 6



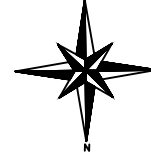
Estado Actual



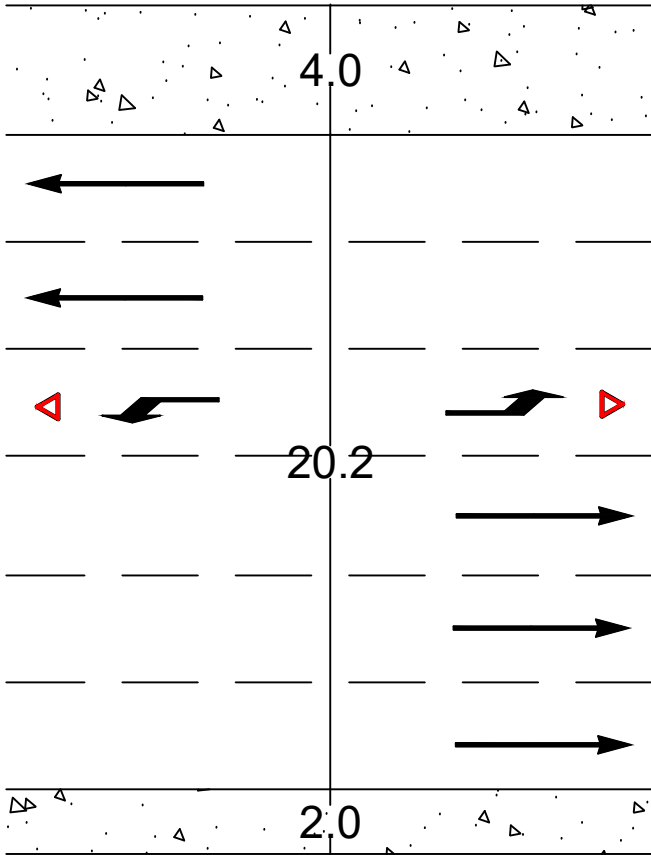
Mejoras propuestas



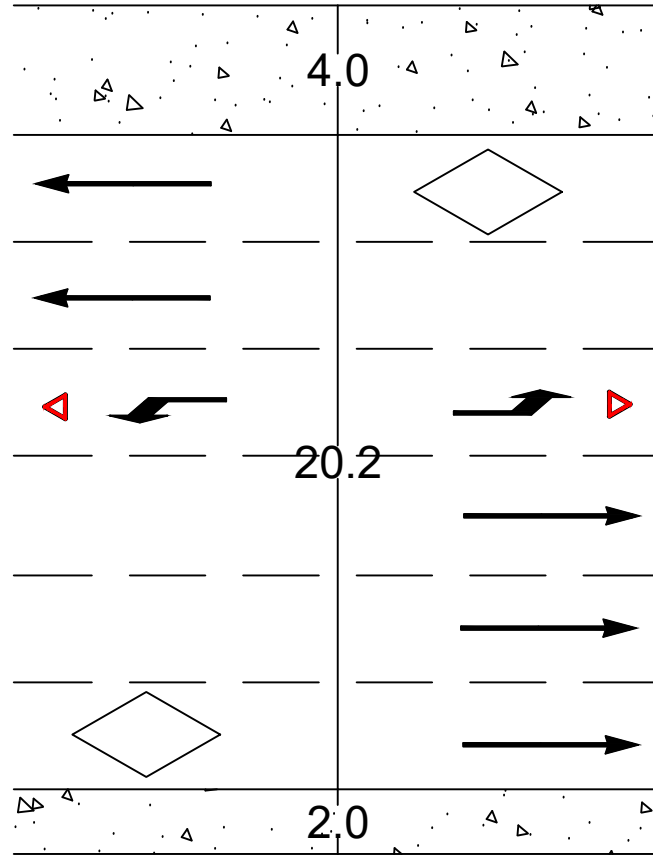
UR - C - 7

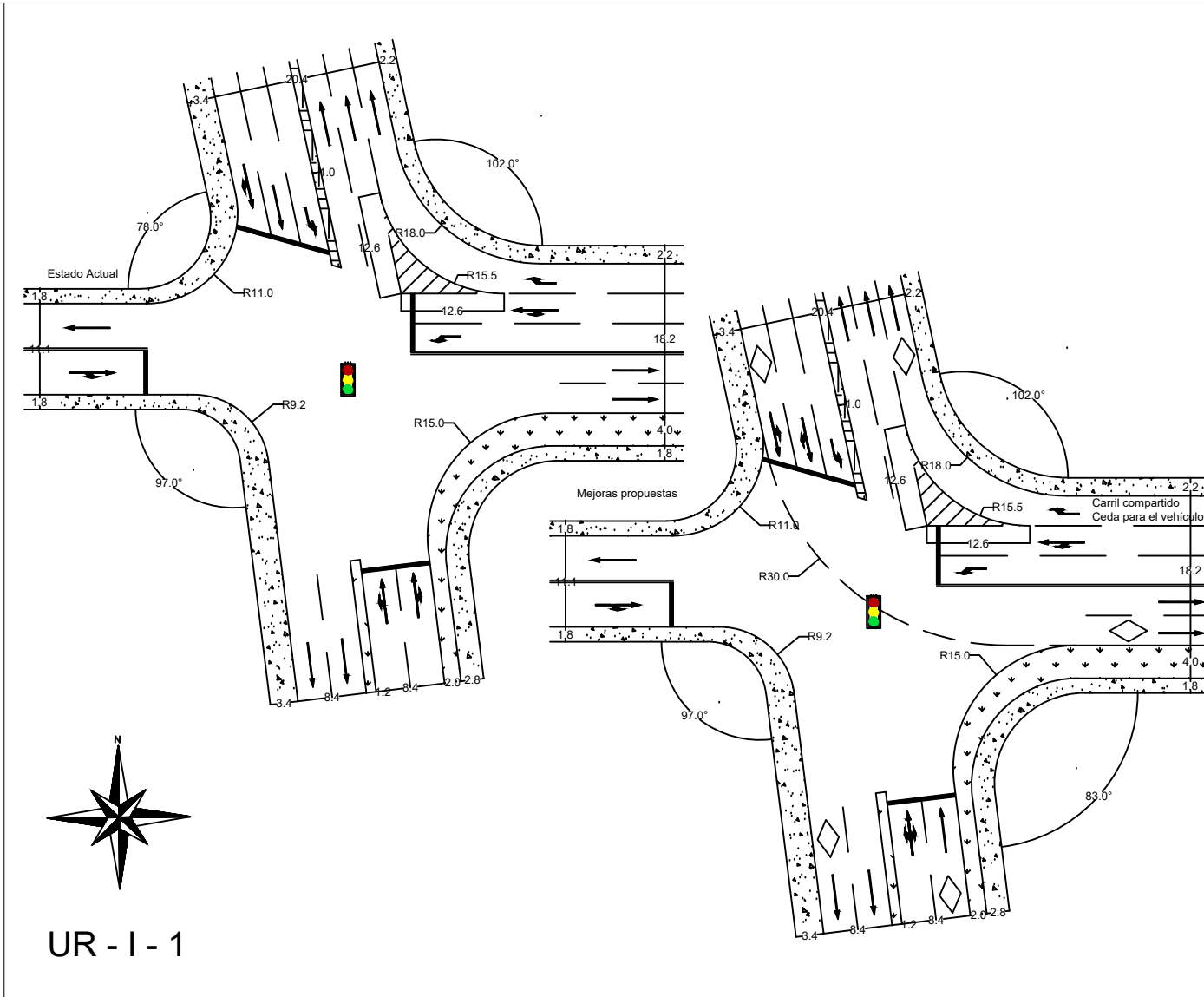


Estado Actual

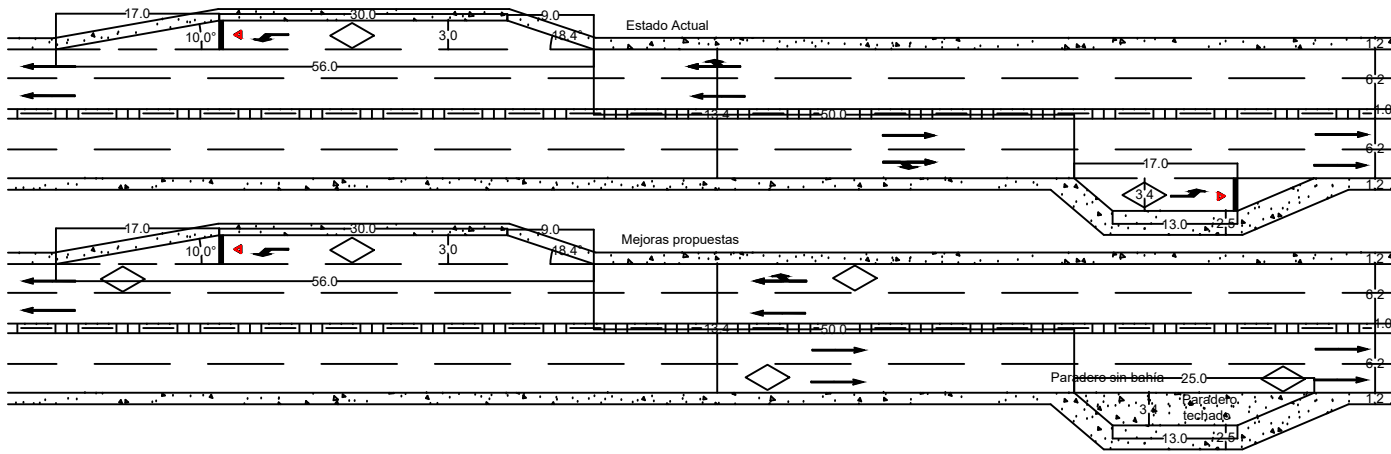
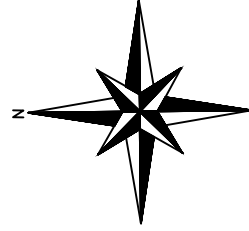


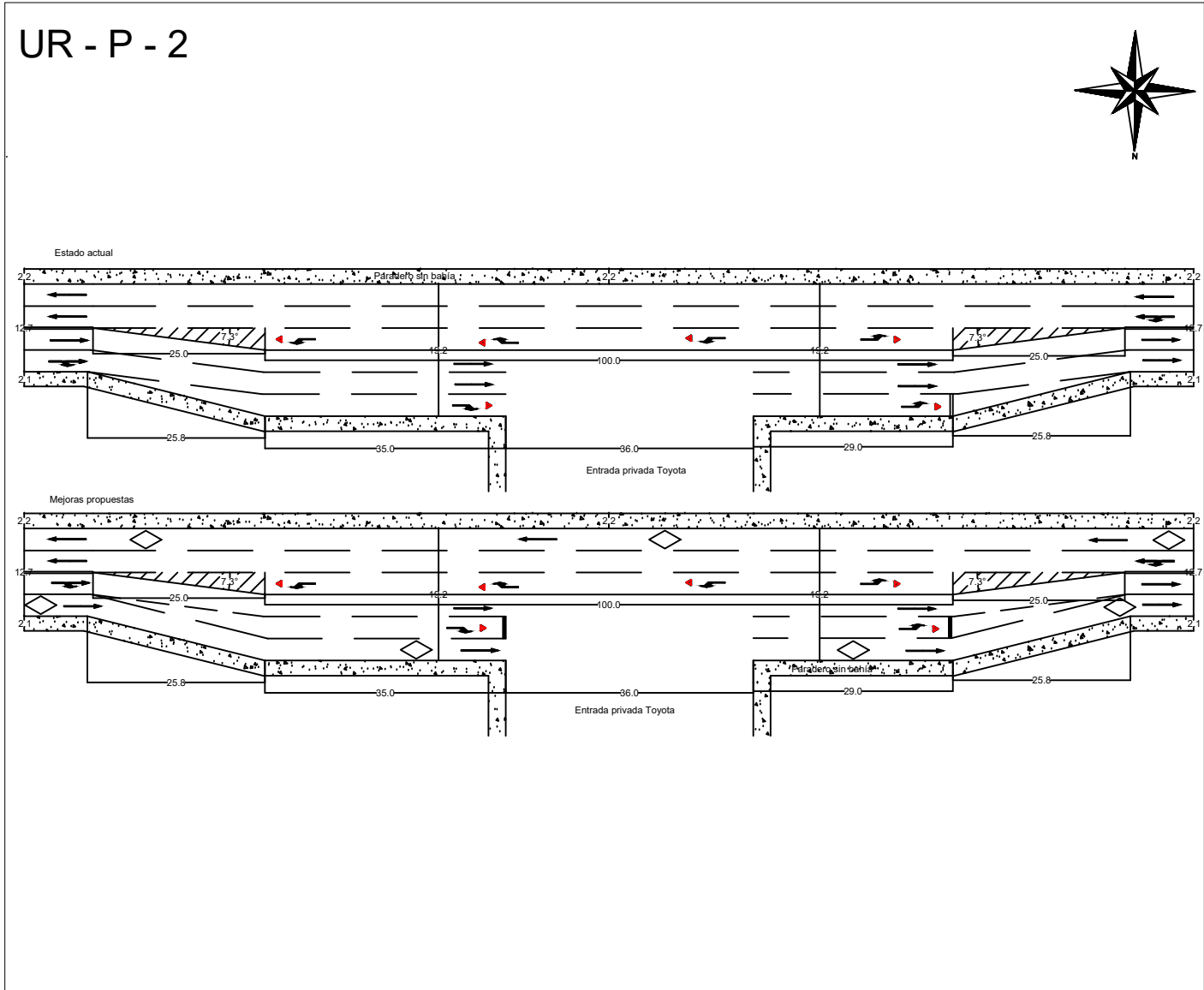
Mejoras propuestas



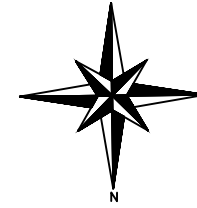


UR - P - 1

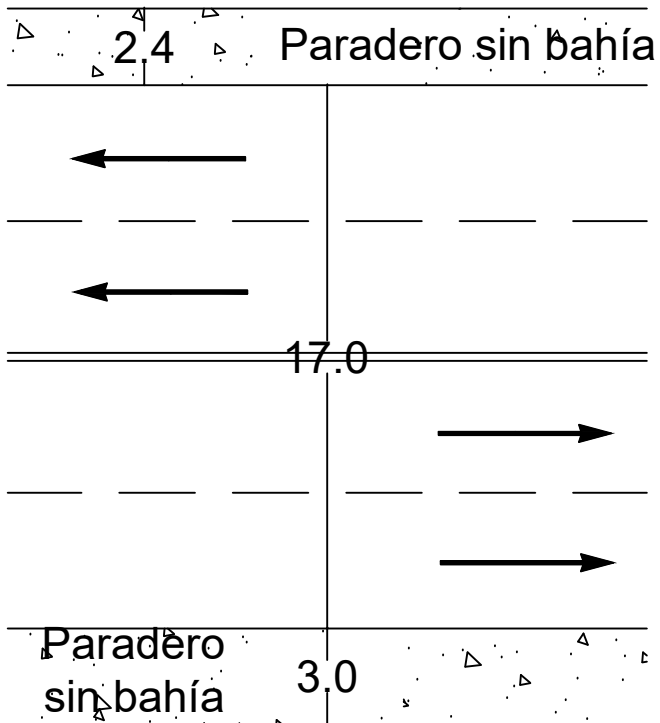




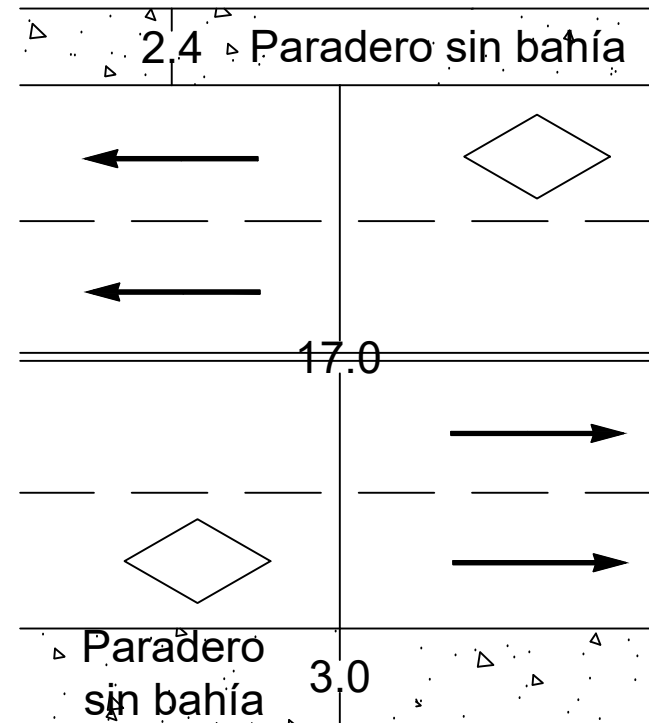
UR - P - 3

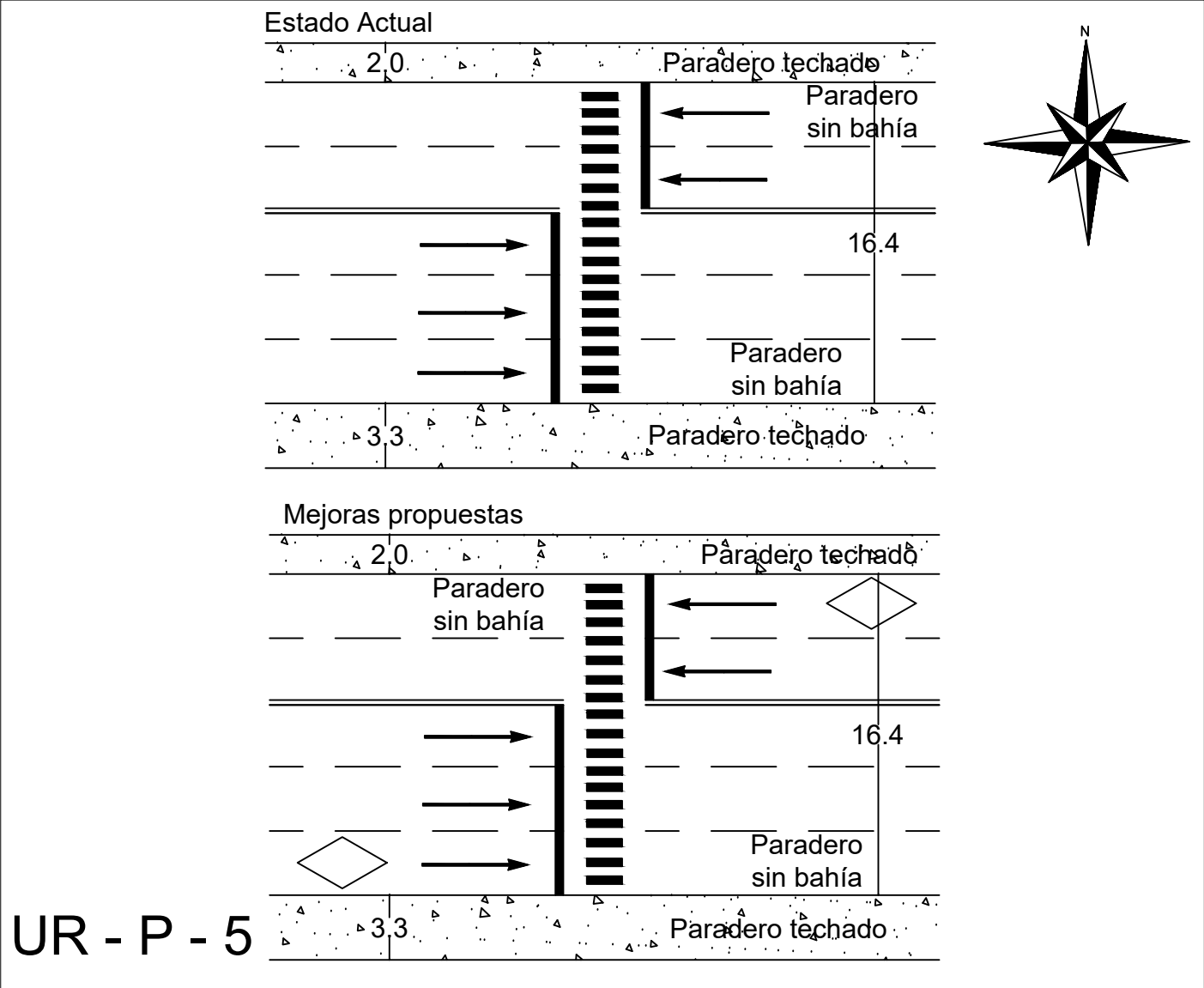


Estado Actual



Mejoras propuestas

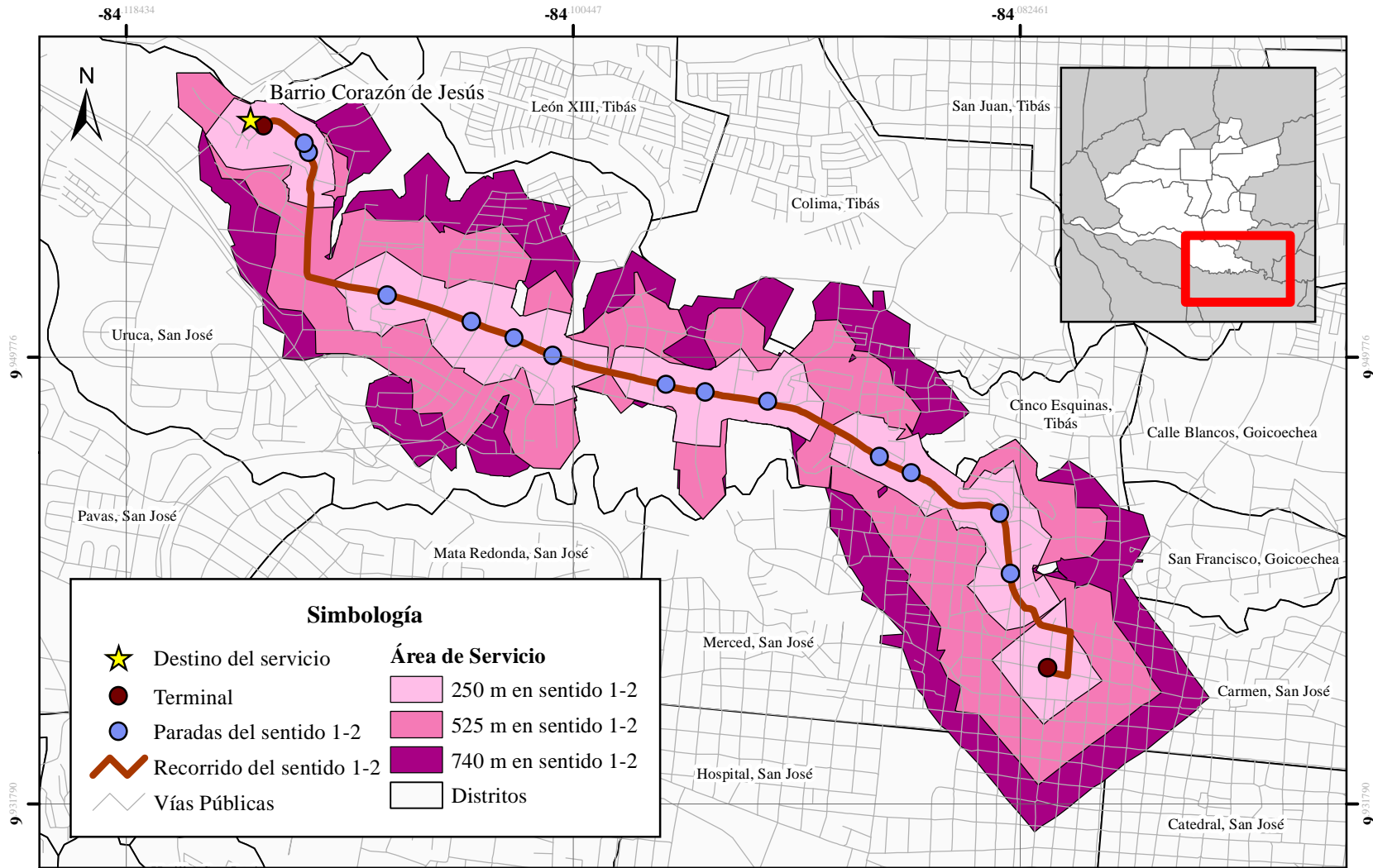




APÉNDICE B

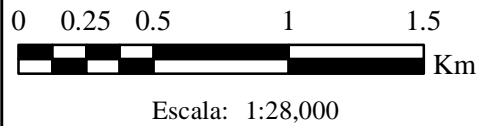
MAPAS DE CADA RAMAL EN ANÁLISIS

A continuación, se presentan los mapas con la geometría y el área de servicio de cada ramal para ambos sentidos de viaje, donde 1-2 significa el sentido San José-Periferia y 2-1 representa el sentido Periferia-San José. Cada mapa contiene el área de servicio, según se explicó en la Sección 3.1.



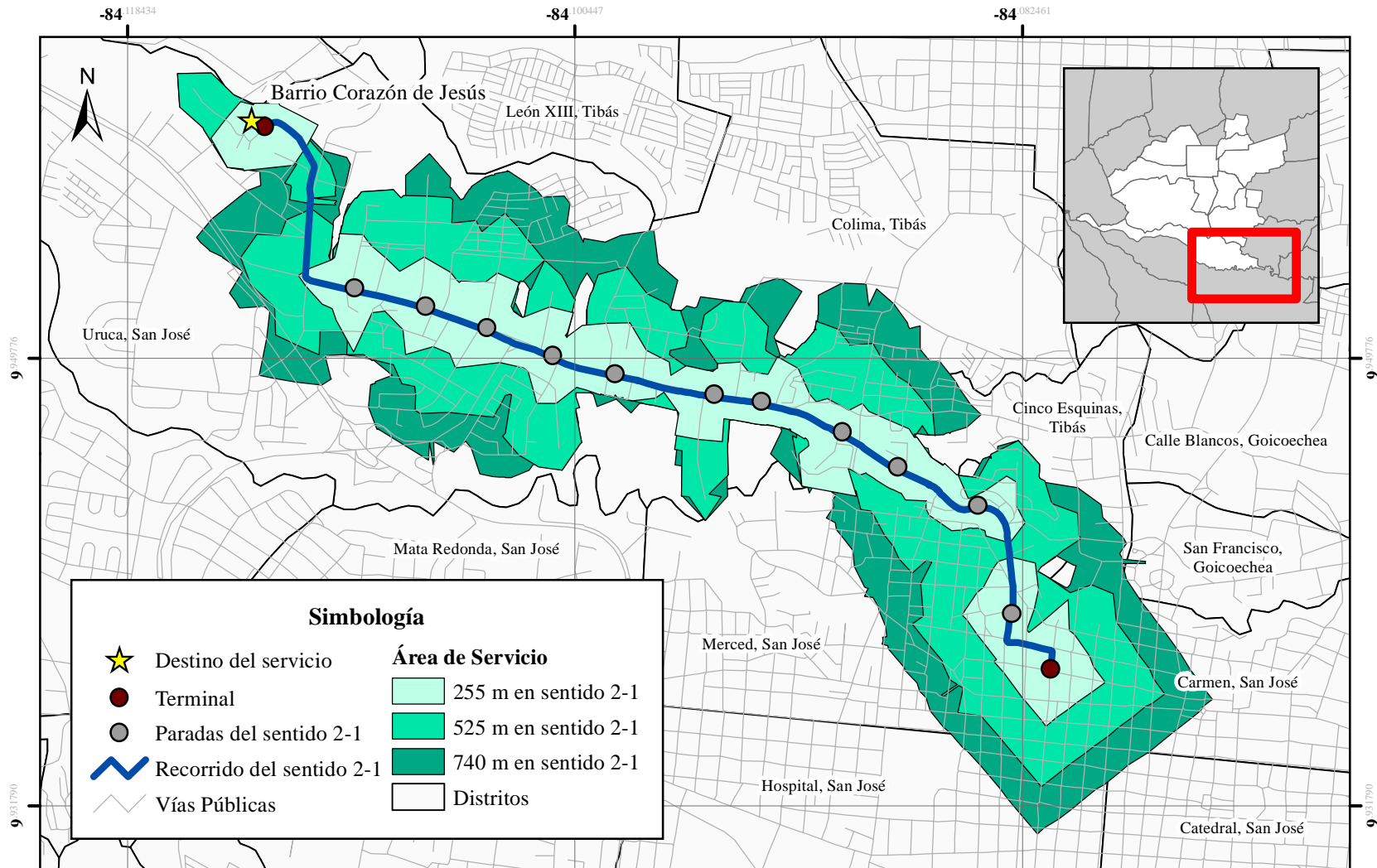
Mapa A-1. Características geométricas del Ramal 10-A (Barrio Corazón de Jesús) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia




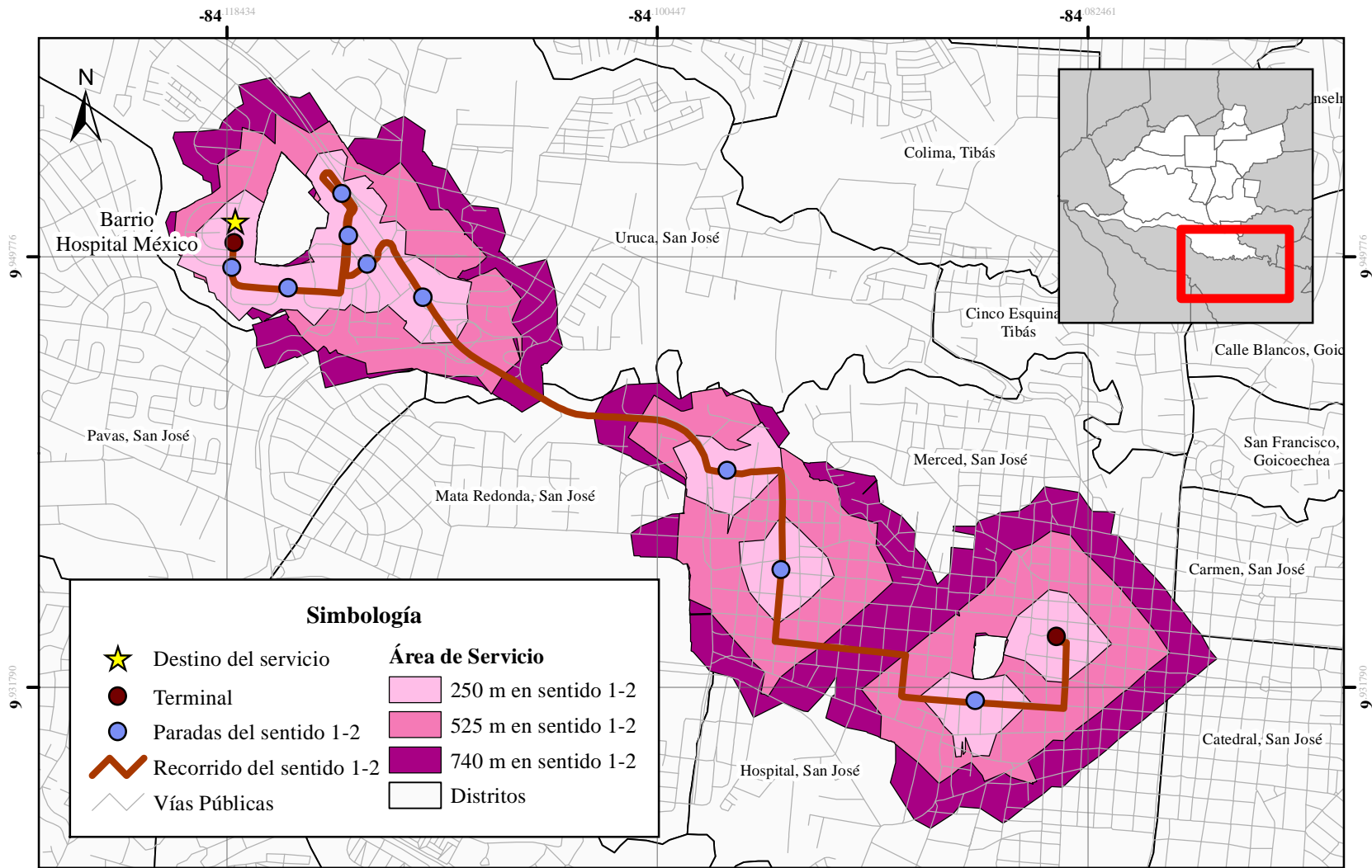
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



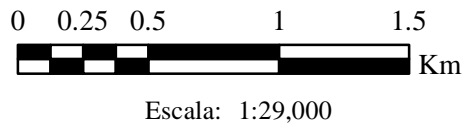
Mapa A-2. Características geométricas del Ramal 10-A (Barrio Corazón de Jesús) en el sentido 2-1

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.25 0.5 1 1.5  Escala: 1:28,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	---	--	---



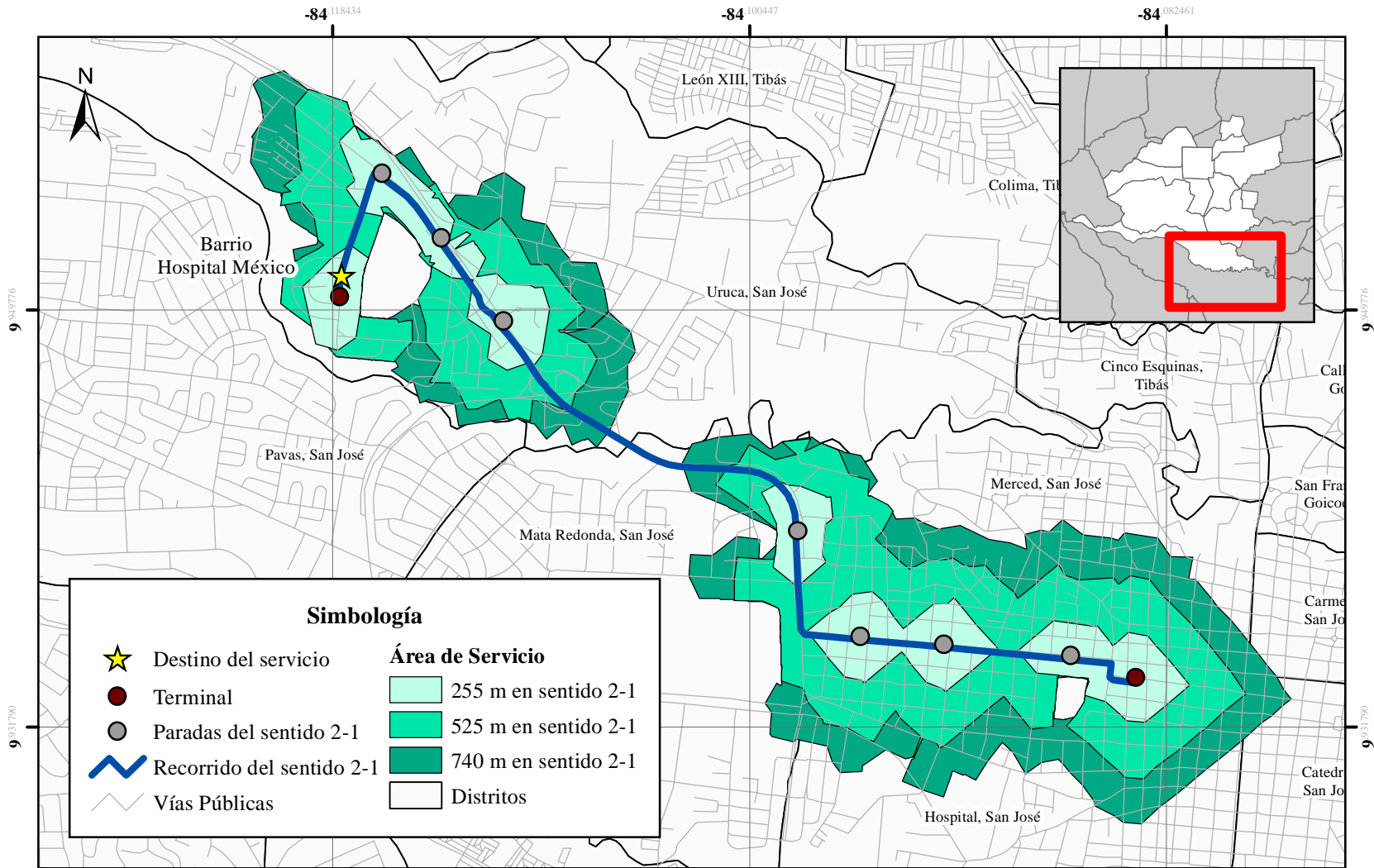
Mapa A-3. Características geométricas del Ramal 10-B (Hospital México por Pista) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



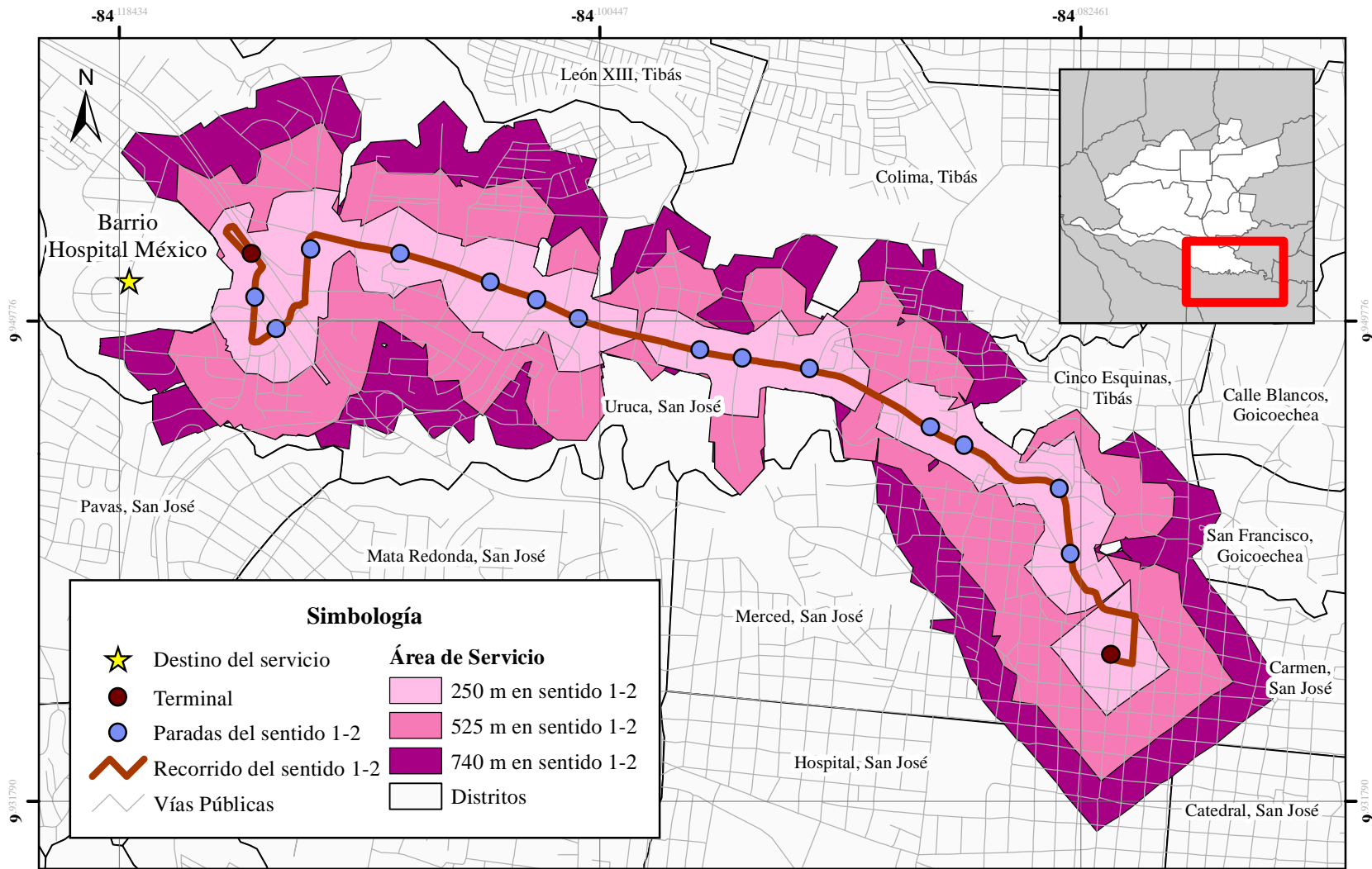
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



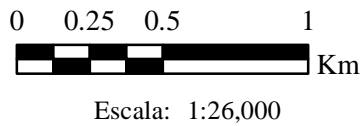
Mapa A-4. Características geométricas del Ramal 10-B (Hospital México por Pista) en el sentido 2-1

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.25 0.5 1 1.5 Km</p> <p>Escala: 1:30,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	--



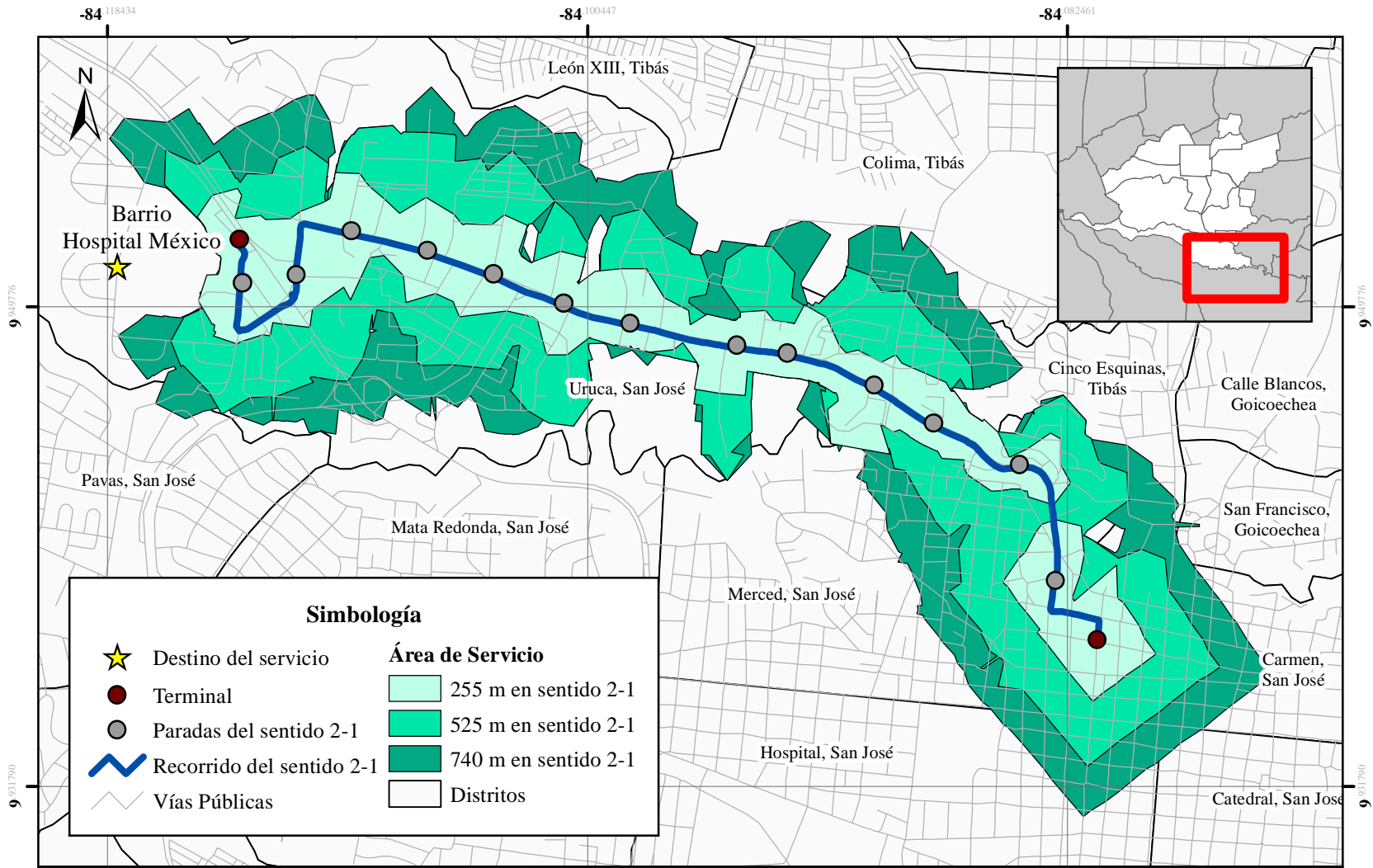
Mapa A-5. Características geométricas del Ramal 10-C (Hospital México por Uruca) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



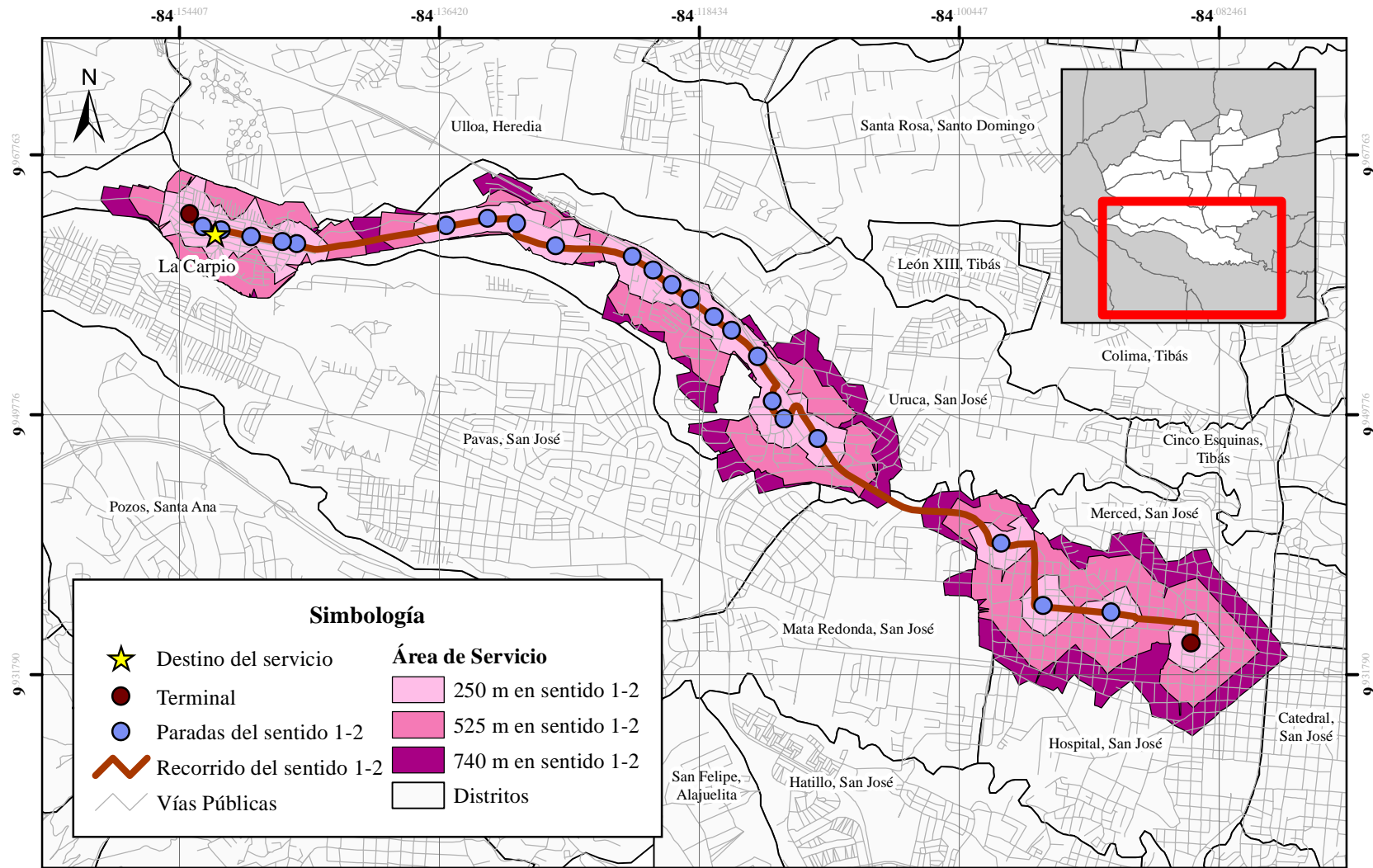
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



Mapa A-6. Características geométricas del Ramal 10-C (Hospital México por Uruca) en el sentido 2-1

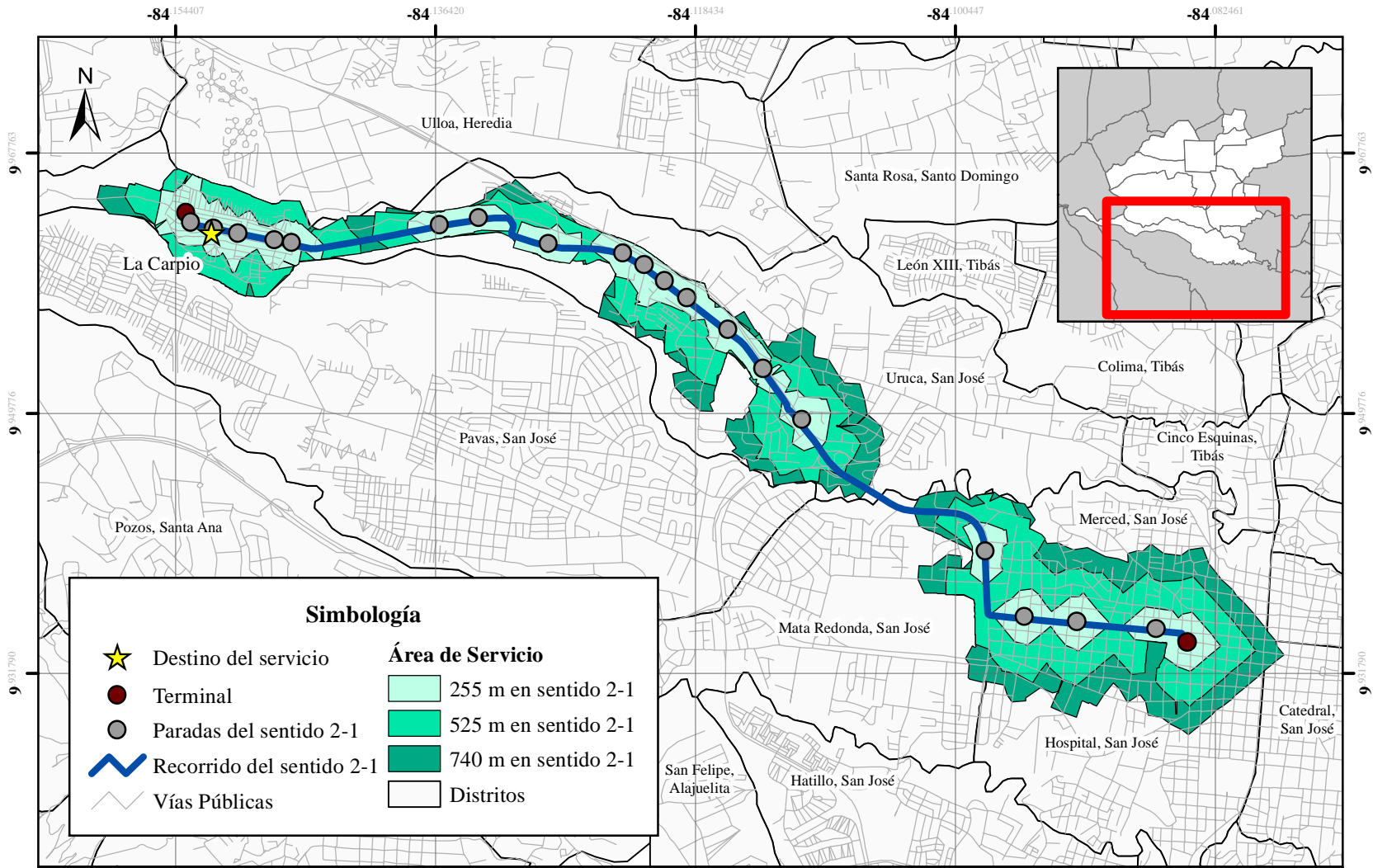
<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.25 0.5 1 Km Escala: 1:26,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	---	--	--------------------------------------




Simbología	
★	Destino del servicio
●	Terminal
●	Paradas del sentido 1-2
—	Recorrido del sentido 1-2
—	Vías Públicas
Área de Servicio	
■	250 m en sentido 1-2
■	525 m en sentido 1-2
■	740 m en sentido 1-2
□	Distritos

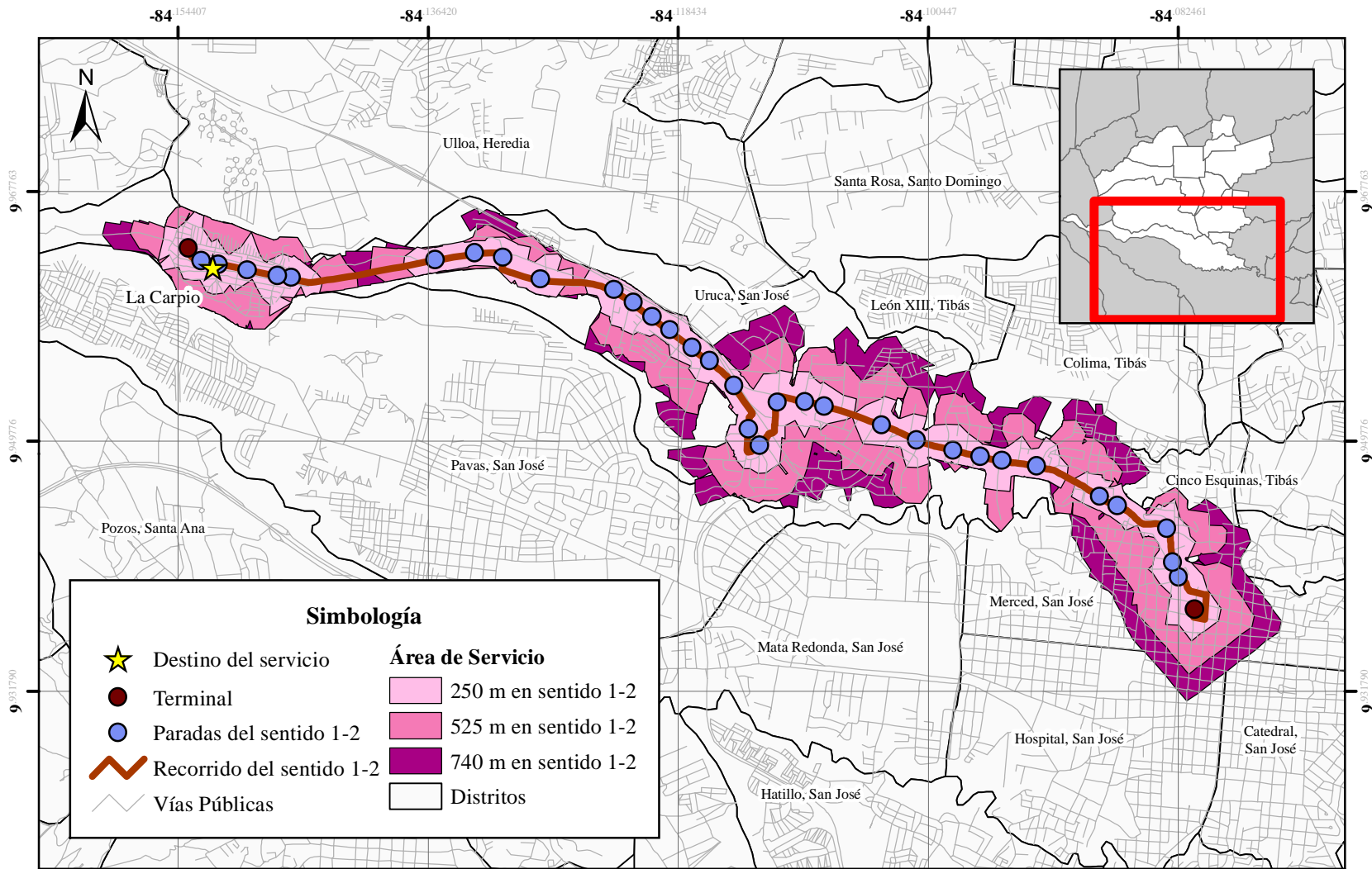
Mapa A-7. Características geométricas del Ramal 10-D (La Carpio por Pista) en el sentido 1-2

<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 0.5 1 2 Km Escala: 1:48,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--



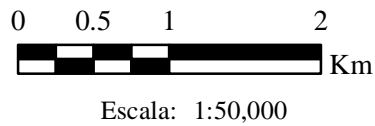
Mapa A-8. Características geométricas del Ramal 10-D (La Carpio por Pista) en el sentido 2-1

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.5 1 2  Escala: 1:48,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---



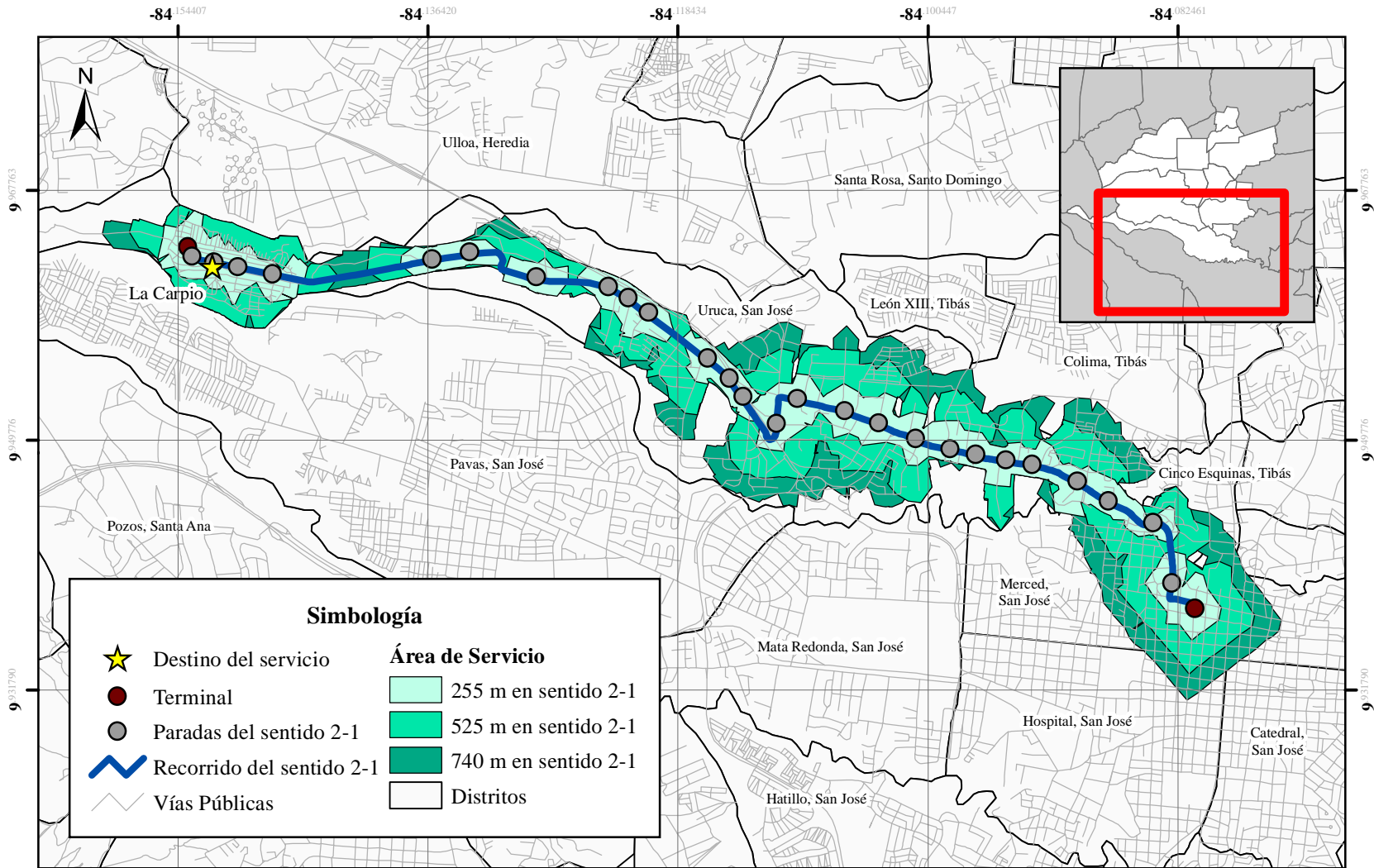
Mapa A-9. Características geométricas del Ramal 10-E (La Carpio por Uruca) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



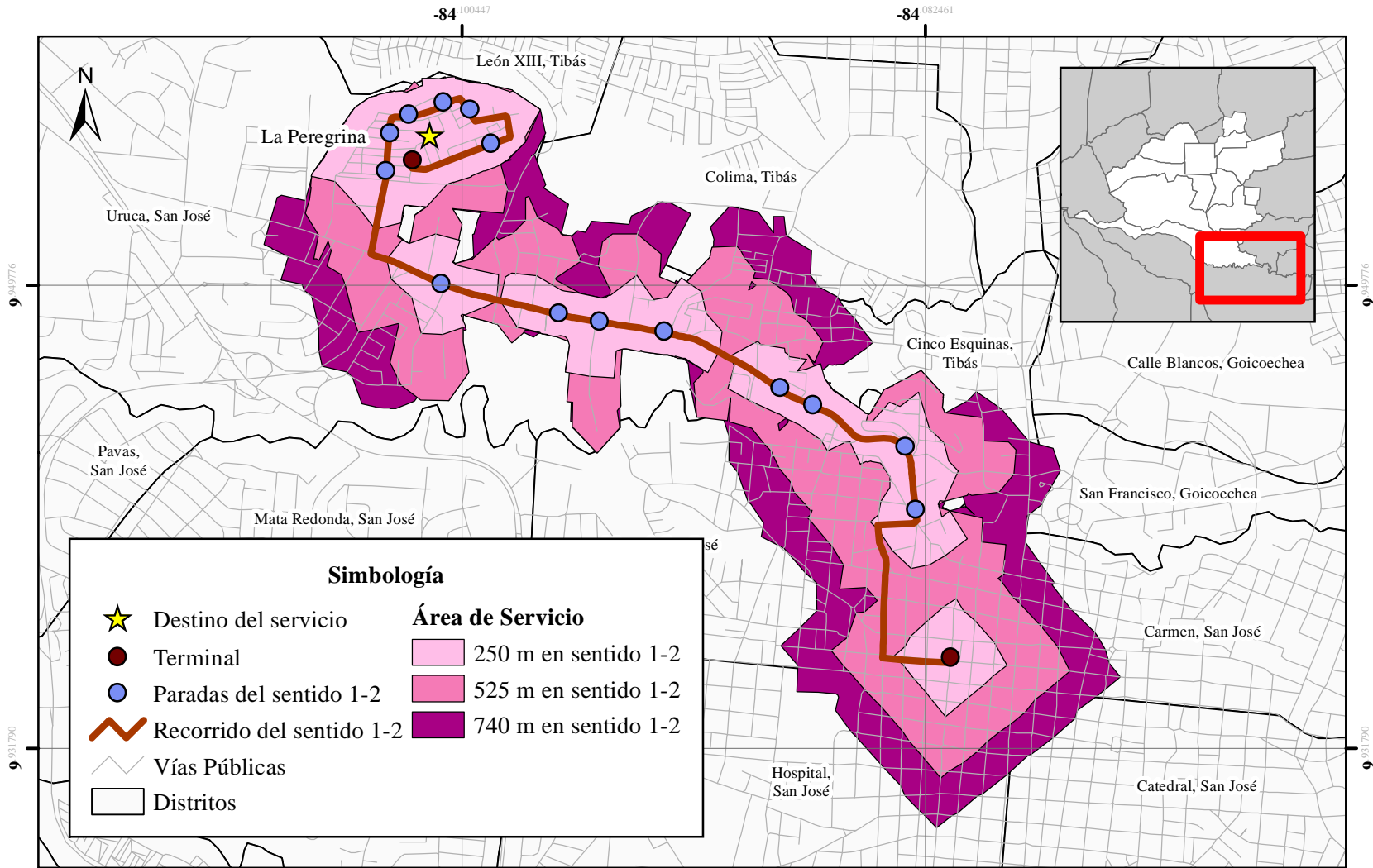
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



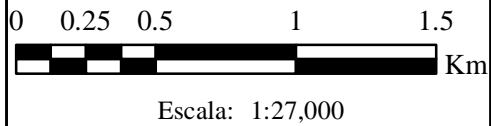
Mapa A-10. Características geométricas del Ramal 10-E (La Carpio por Uruca) en el sentido 2-1

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.5 1 2 Escala: 1:50,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---



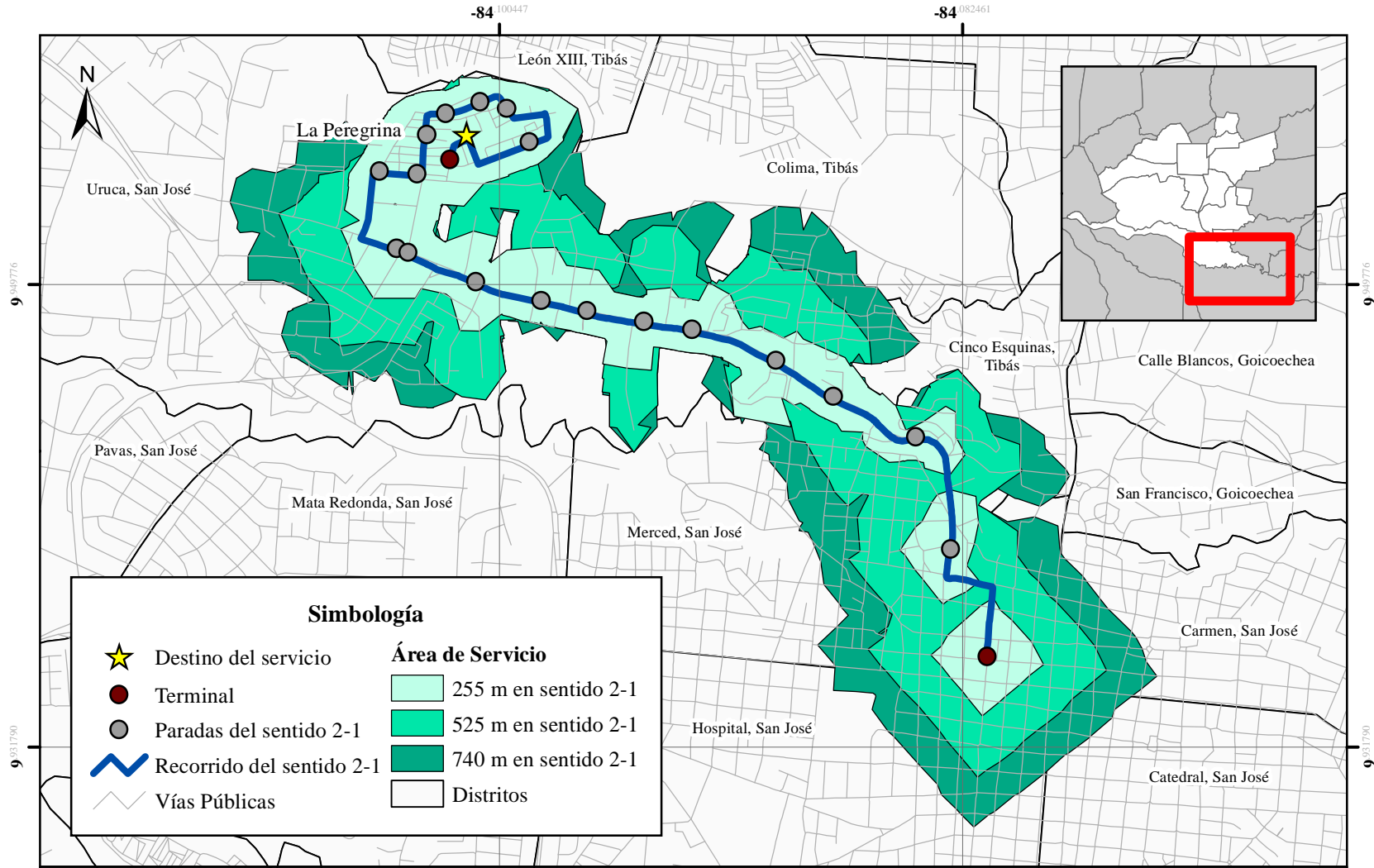
Mapa A-11. Características geométricas del Ramal 10-F (La Peregrina) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



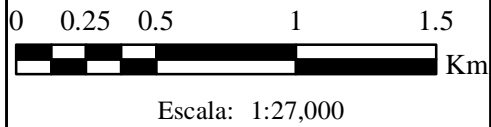
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



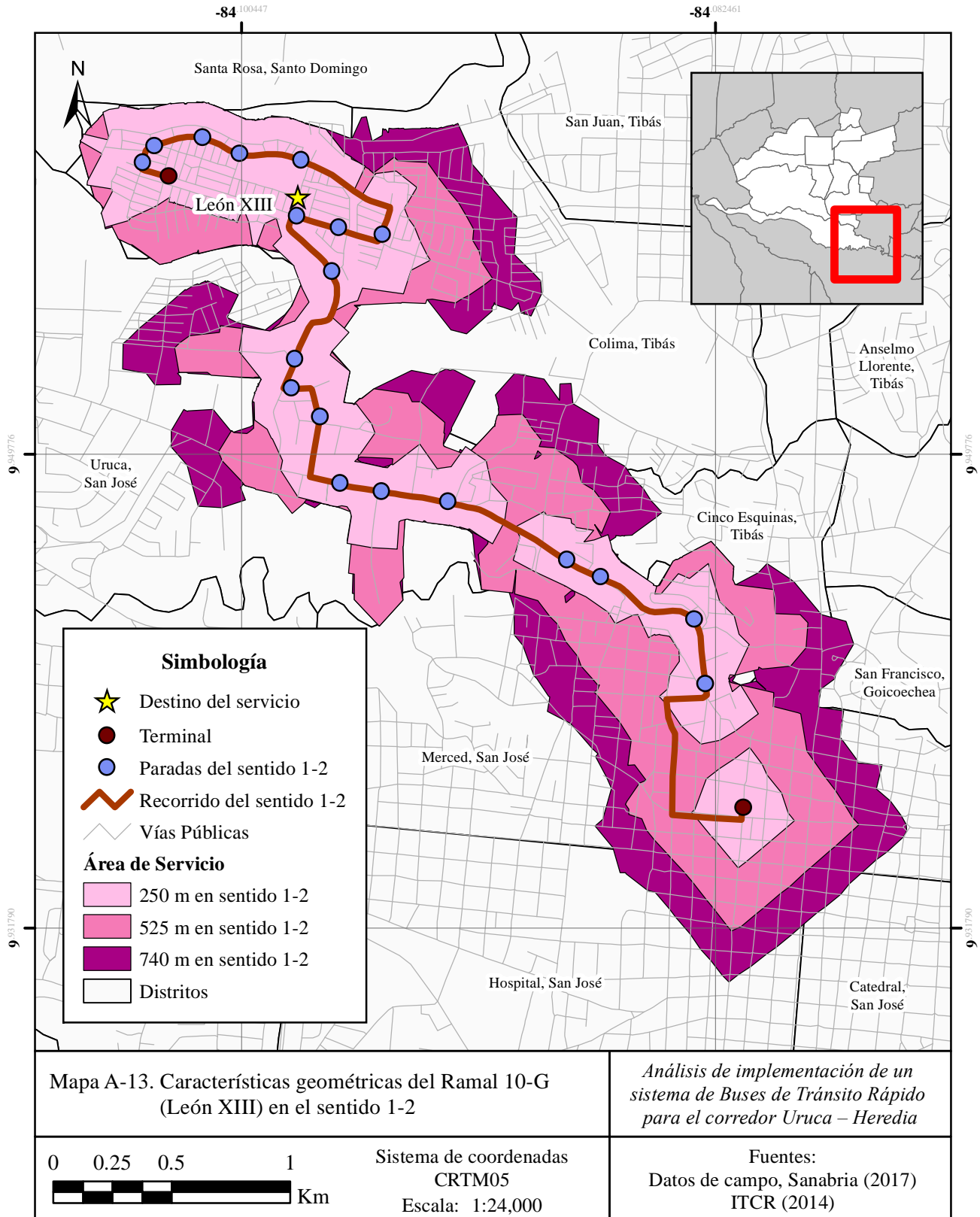
Mapa A-12. Características geométricas del Ramal 10-F (La Peregrina) en el sentido 2-1

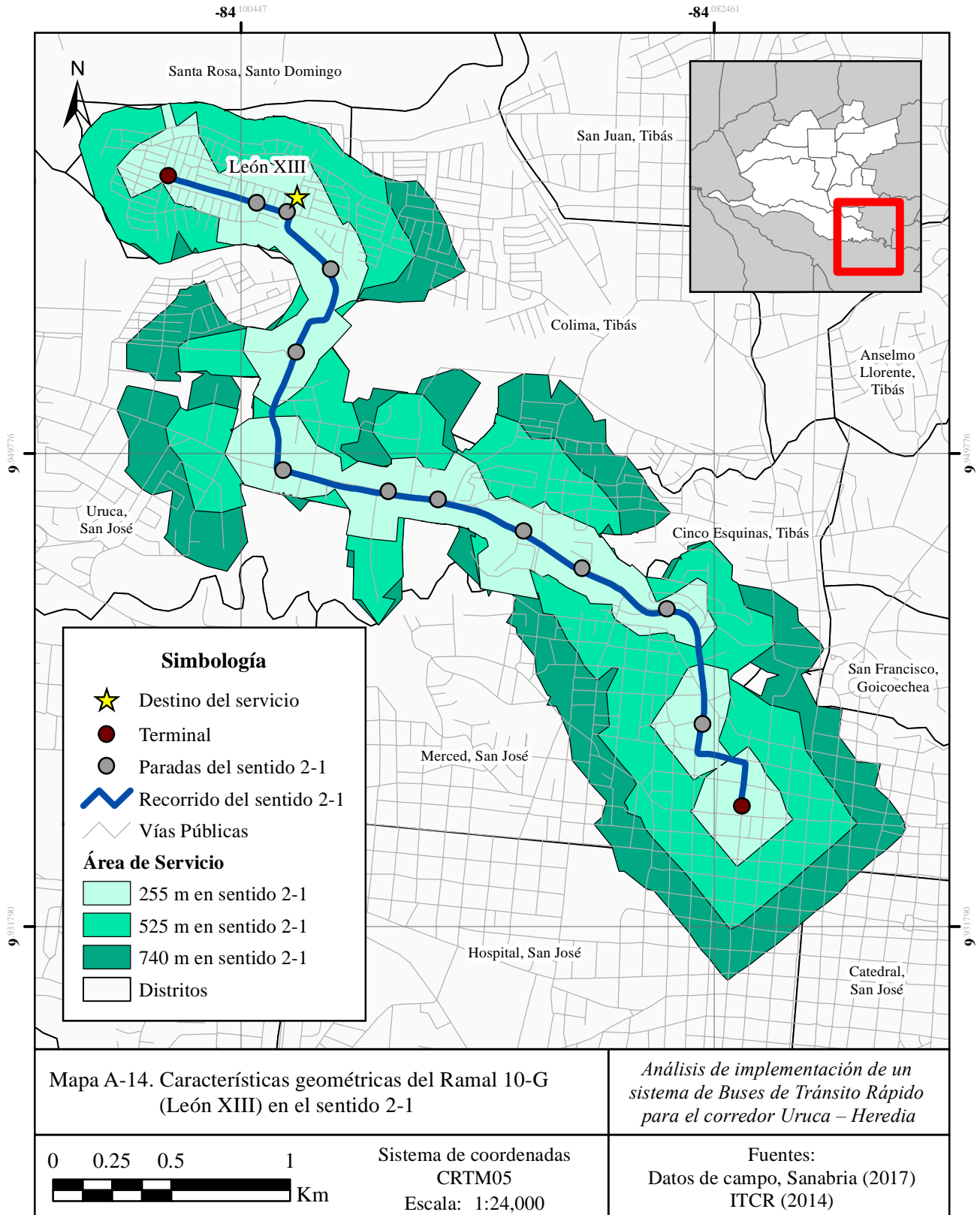
Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia

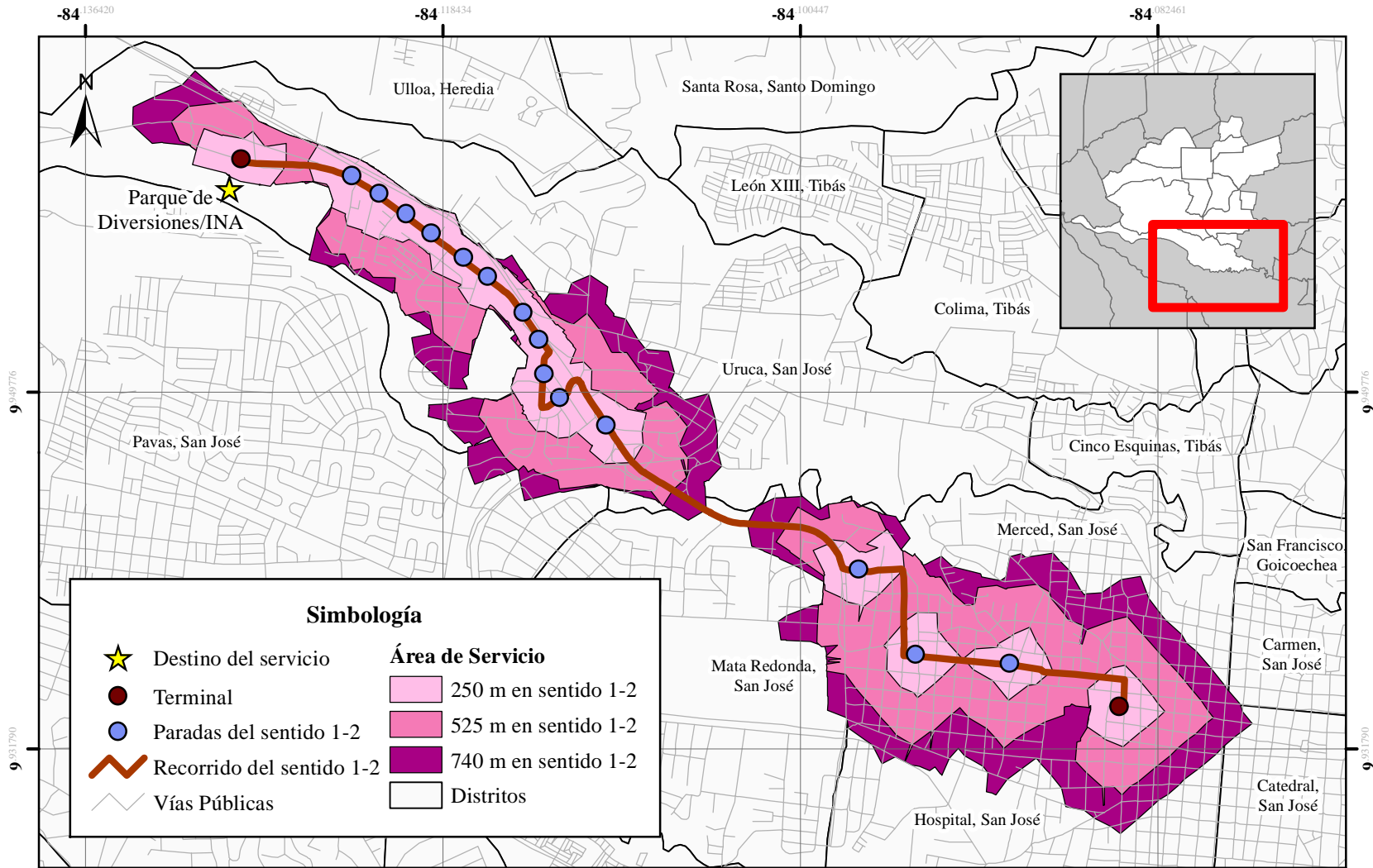


Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05

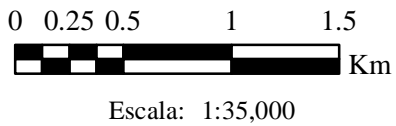






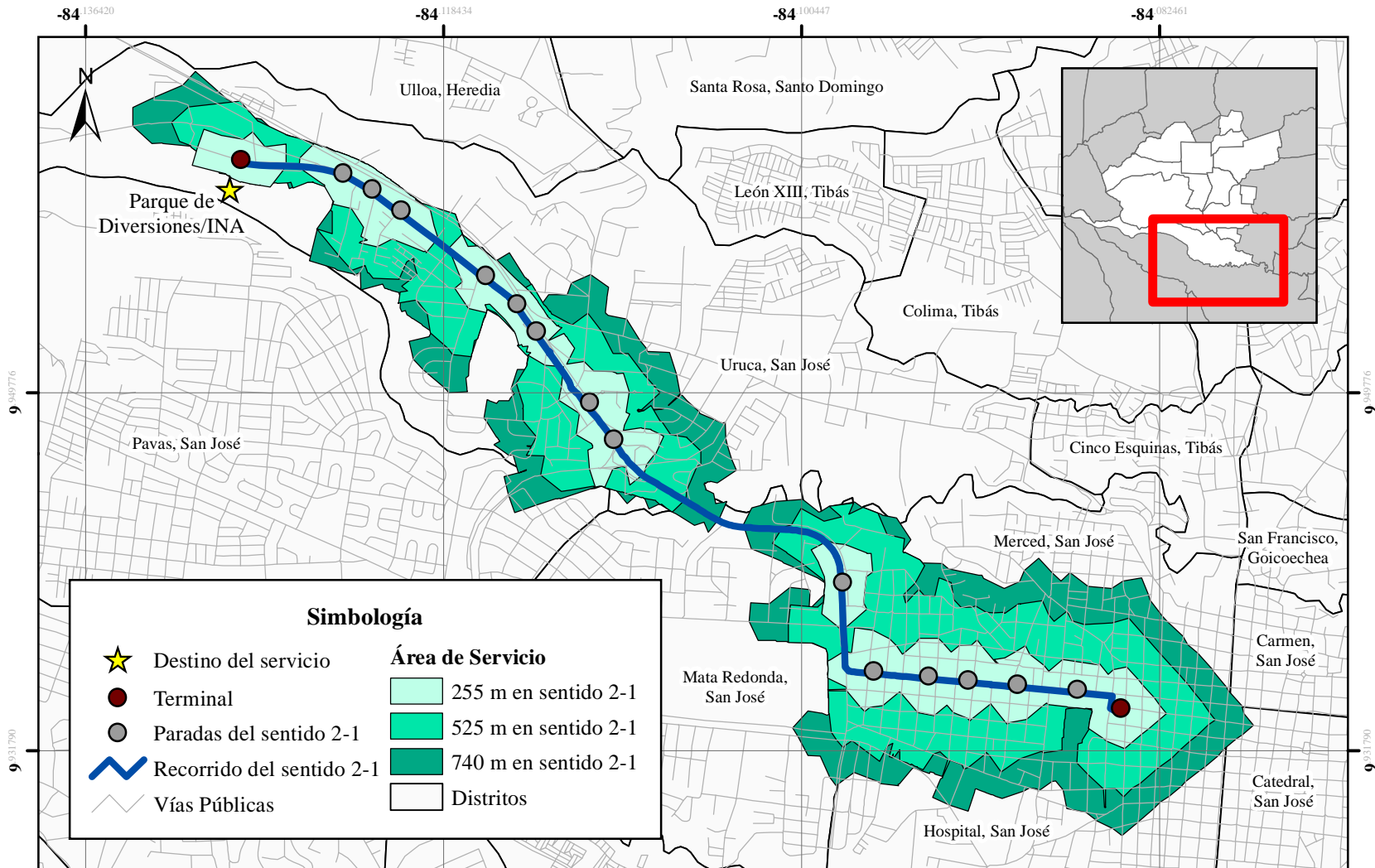
Mapa A-15. Características geométricas del Ramal 10-H (Parque de Diversiones) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



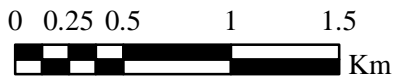
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



Mapa A-16. Características geométricas del Ramal 10-H (Parque de Diversiones) en el sentido 2-1

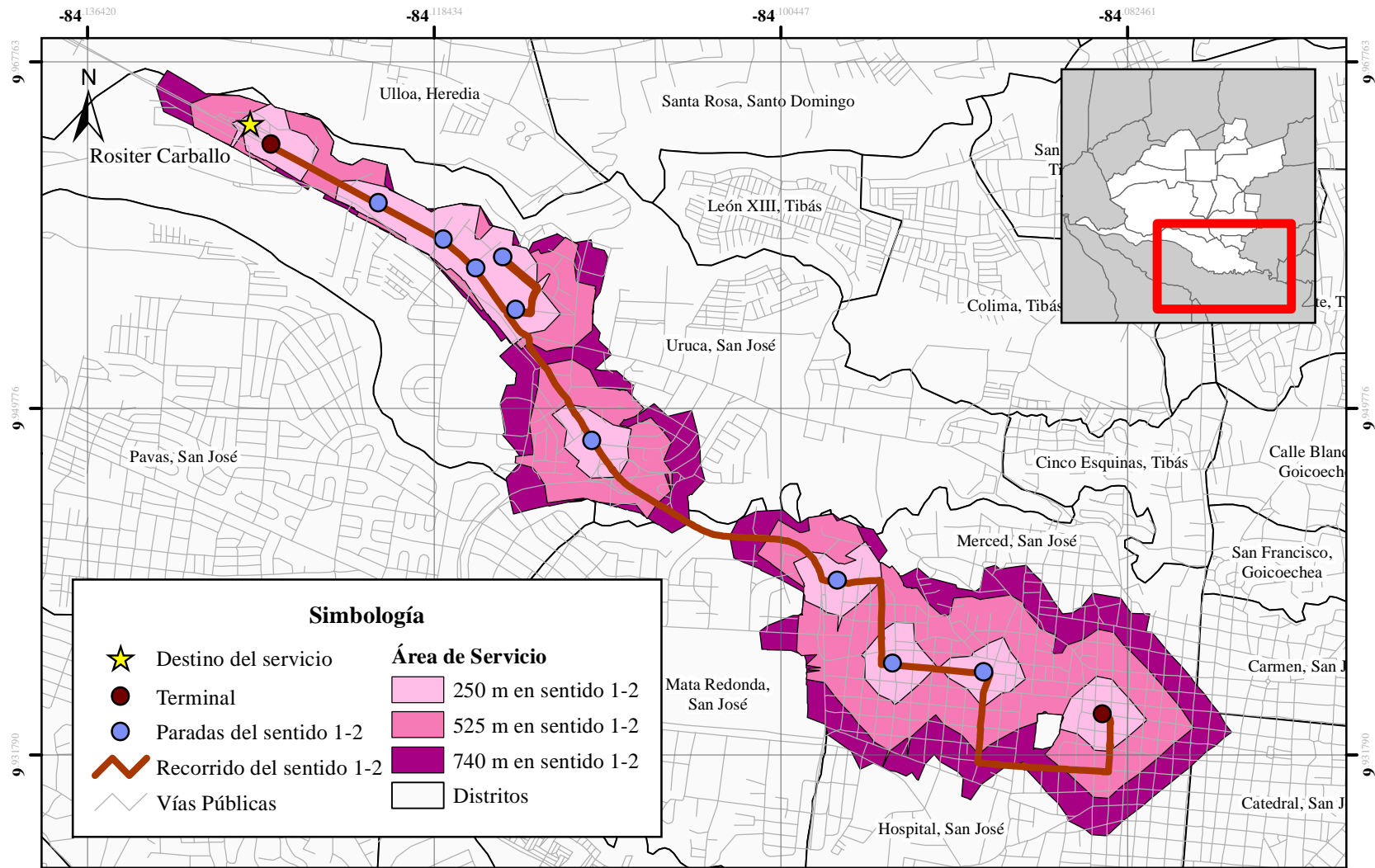
Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Escala: 1:35,000

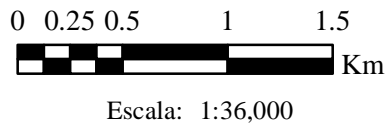
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



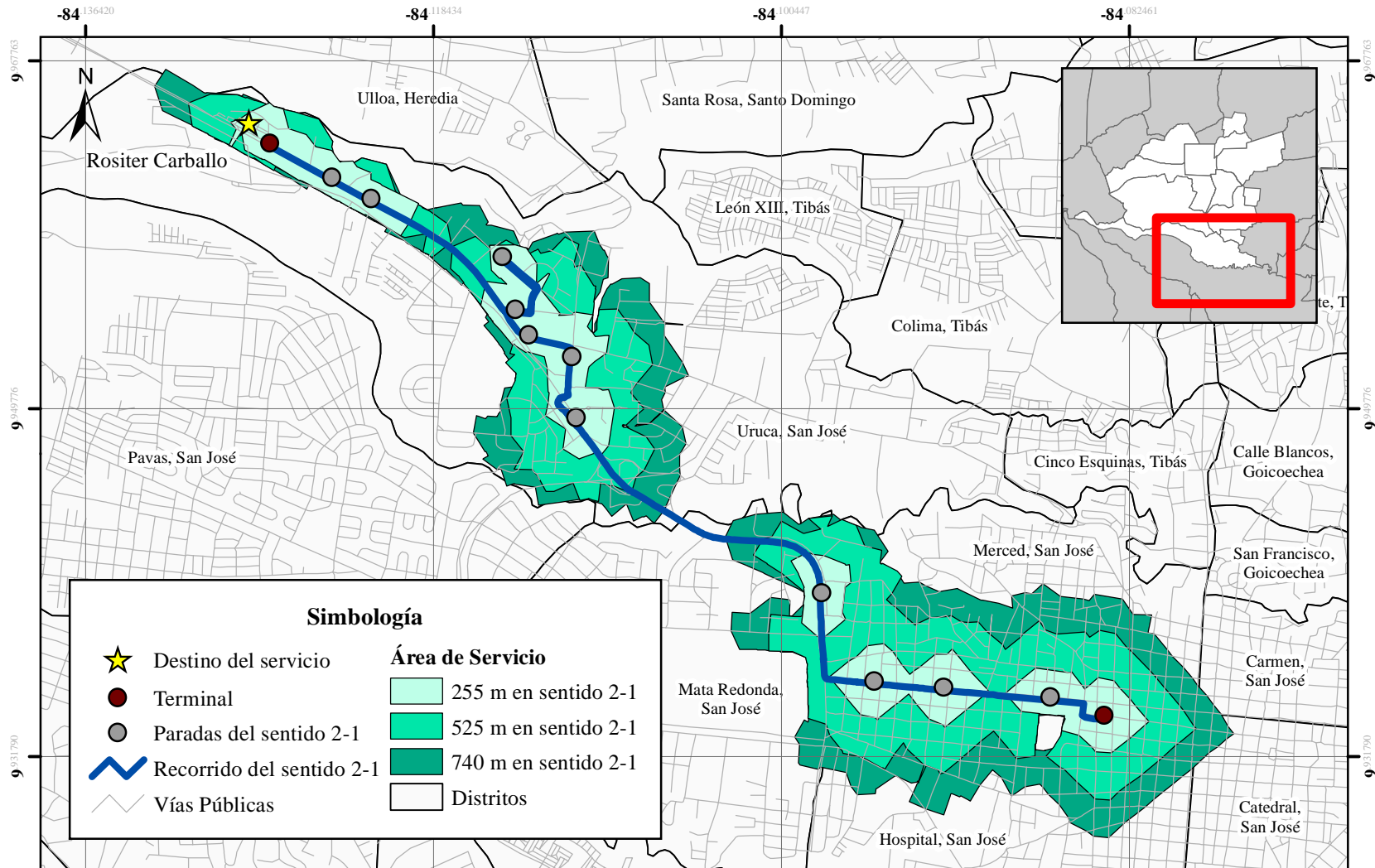
Mapa A-17. Características geométricas del Ramal 10-I (Urbanización Rositer Carballo por Pista) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



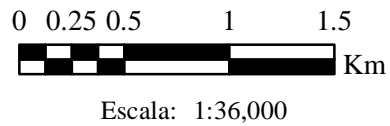
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



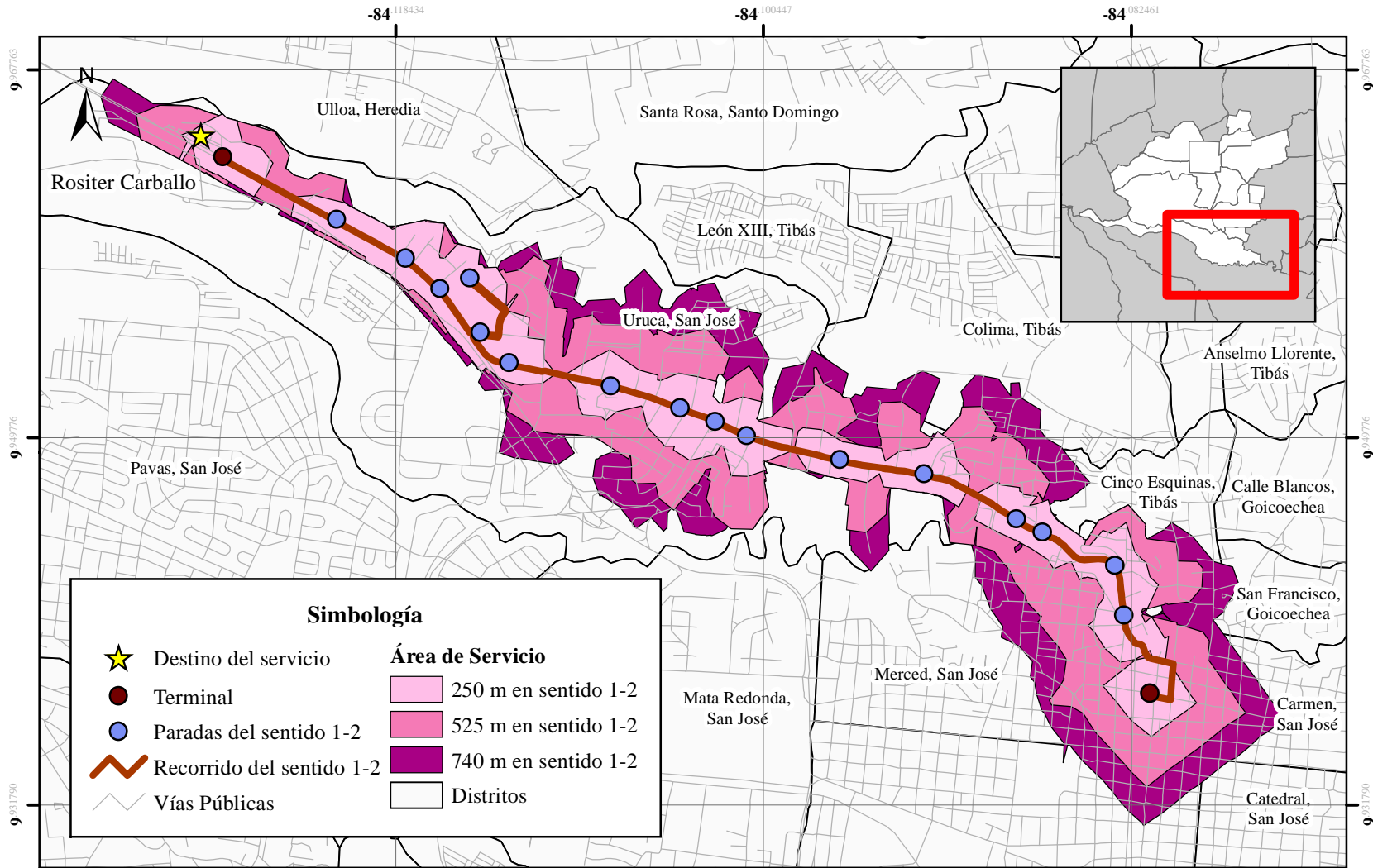
Mapa A-18. Características geométricas del Ramal 10-I (Urbanización Rositer Carballo por Pista) en el sentido 2-1

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



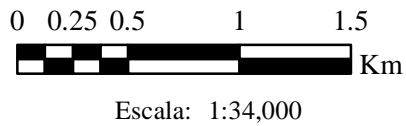
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



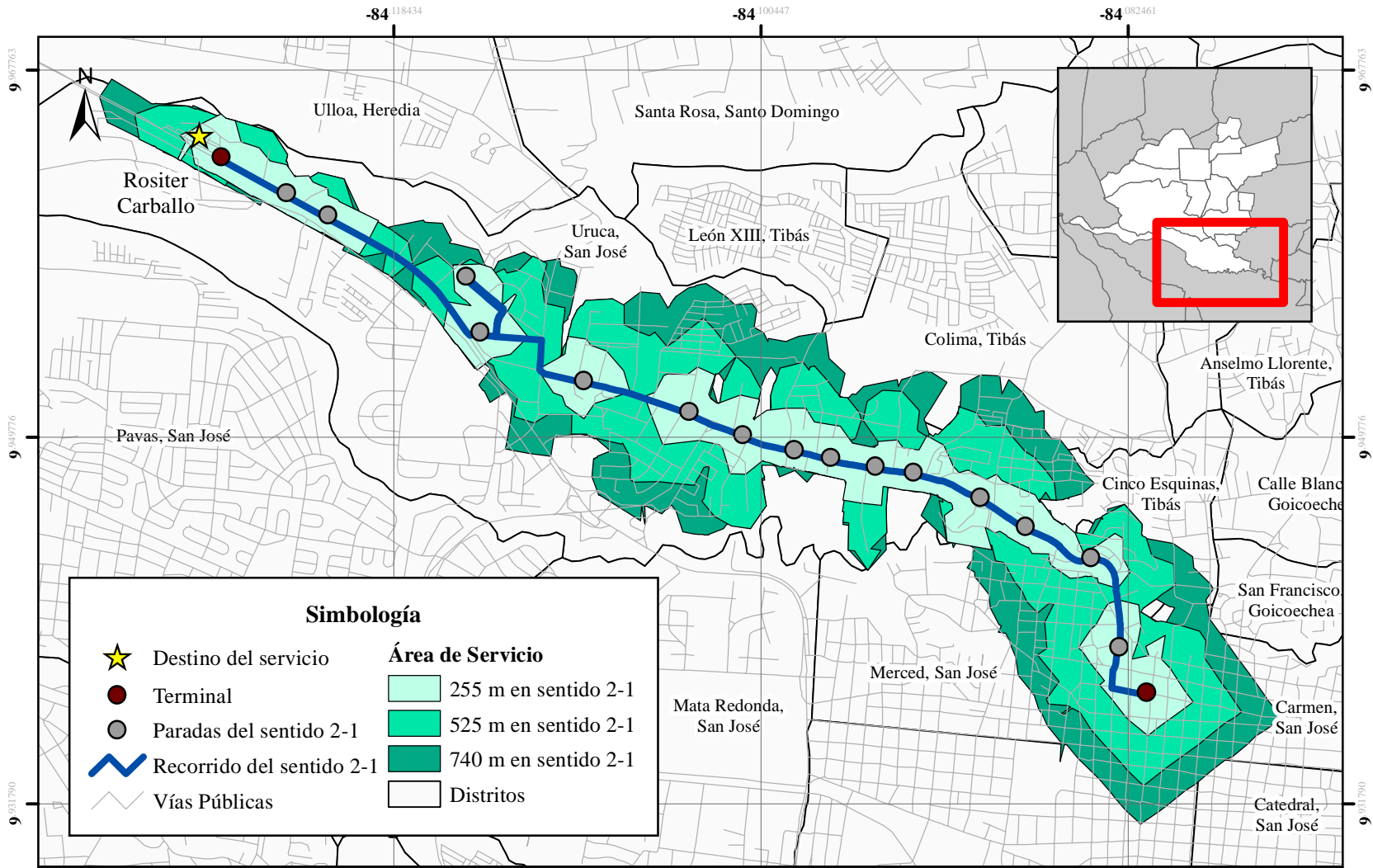
Mapa A-19. Características geométricas del Ramal 10-J (Urbanización Rositer Carballo por Uruca) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



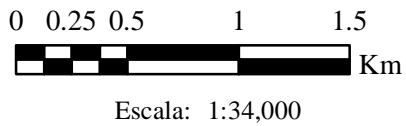
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



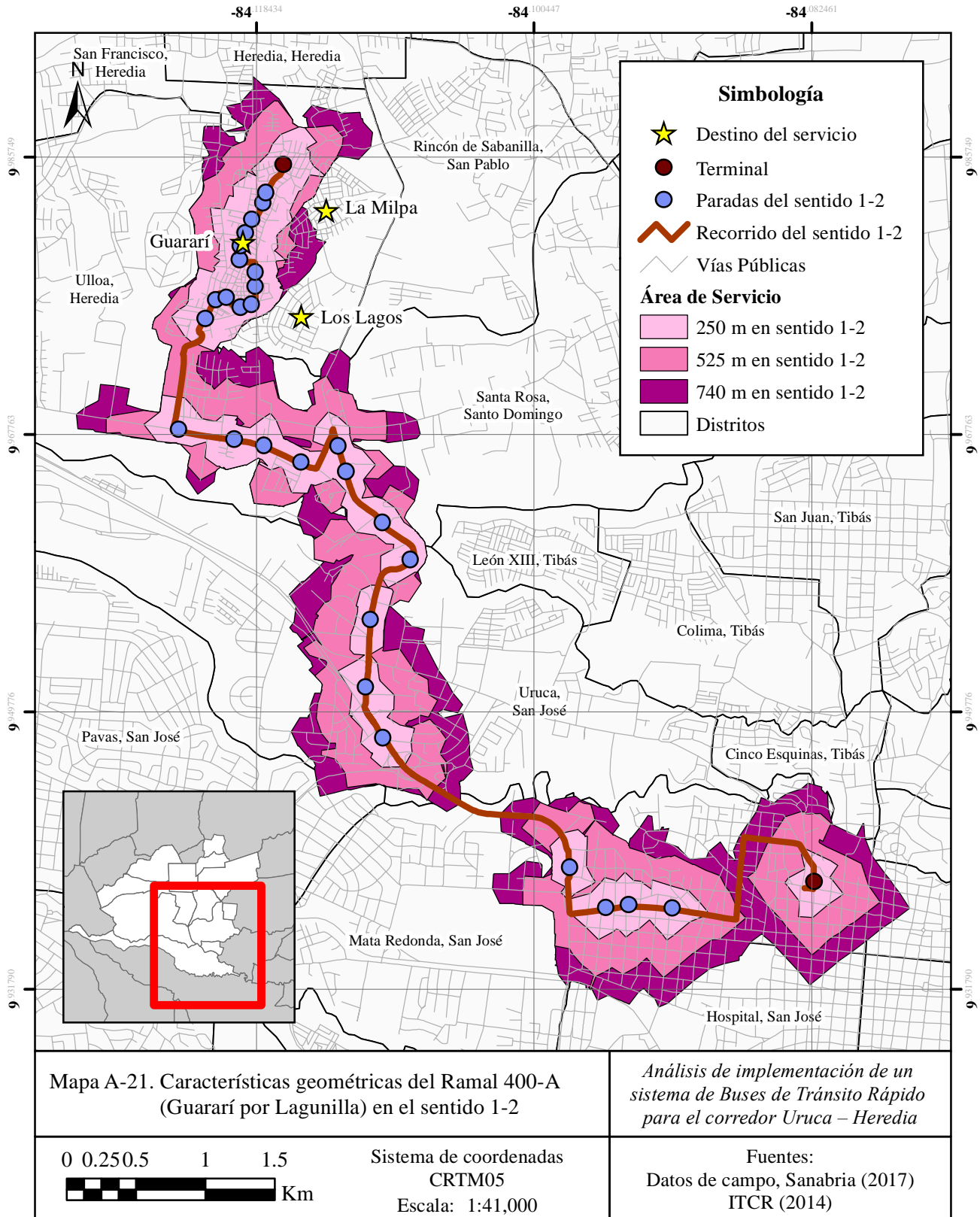
Mapa A-20. Características geométricas del Ramal 10-J (Urbanización Rositer Carballo por Uruca) en el sentido 2-1

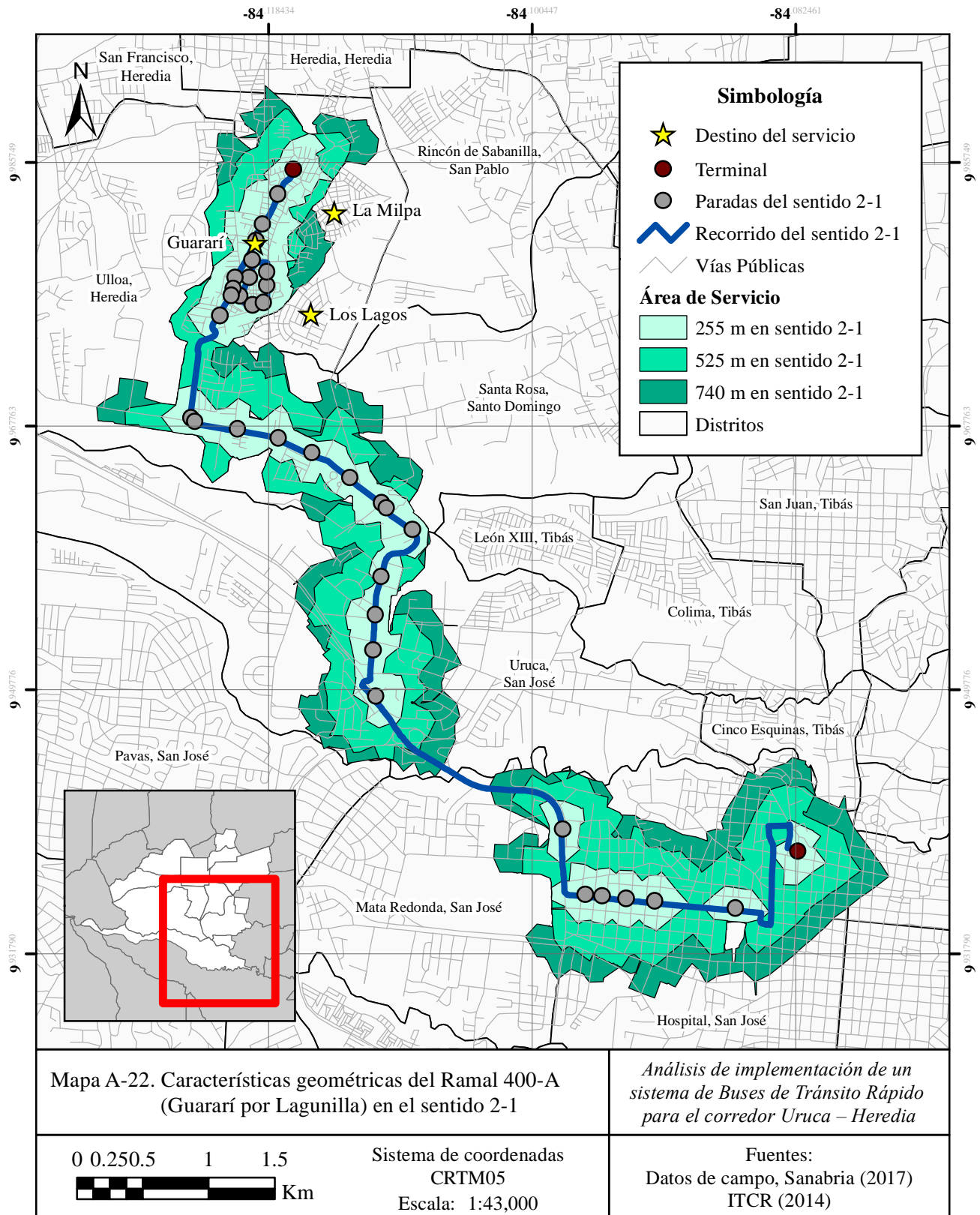
Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia

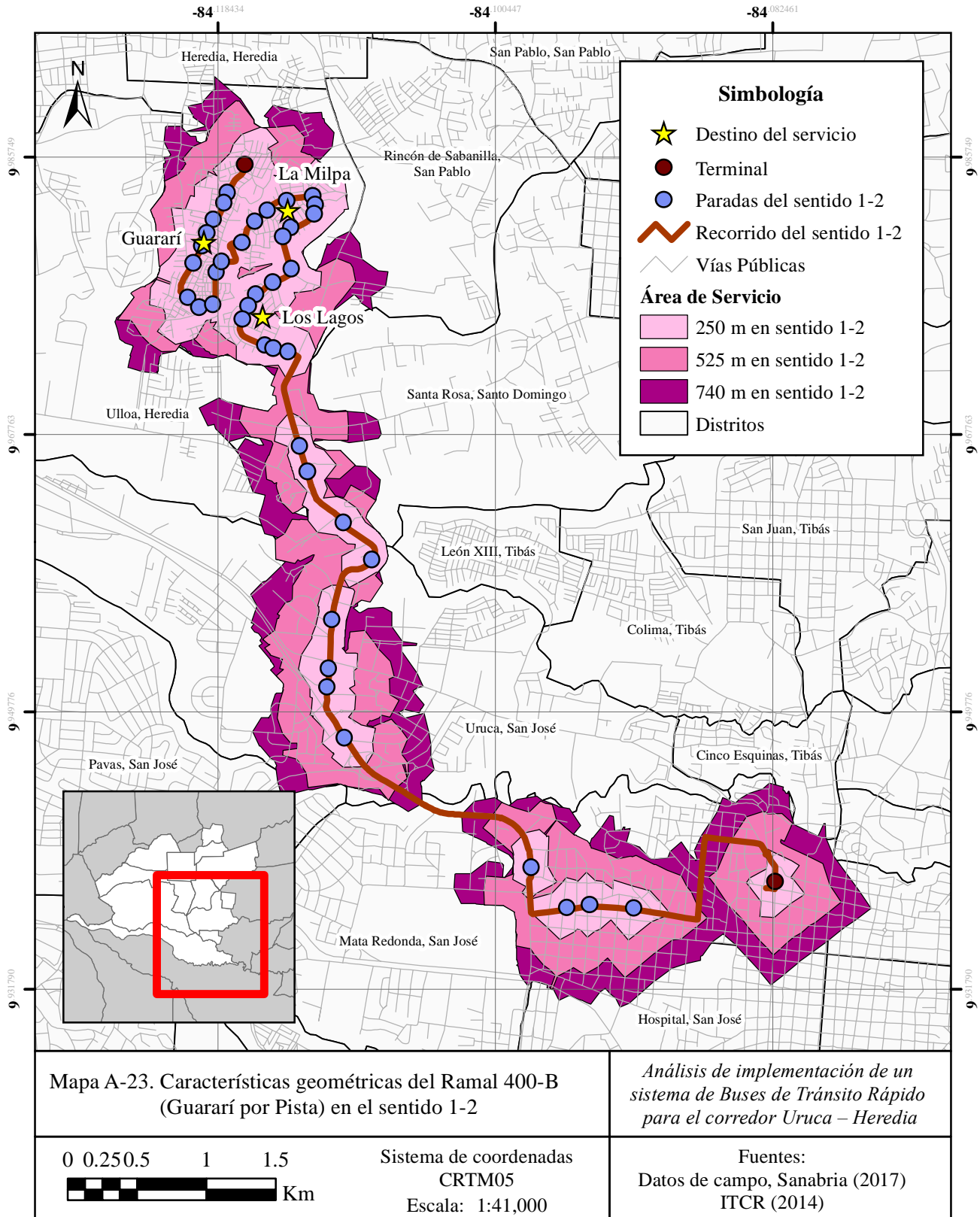


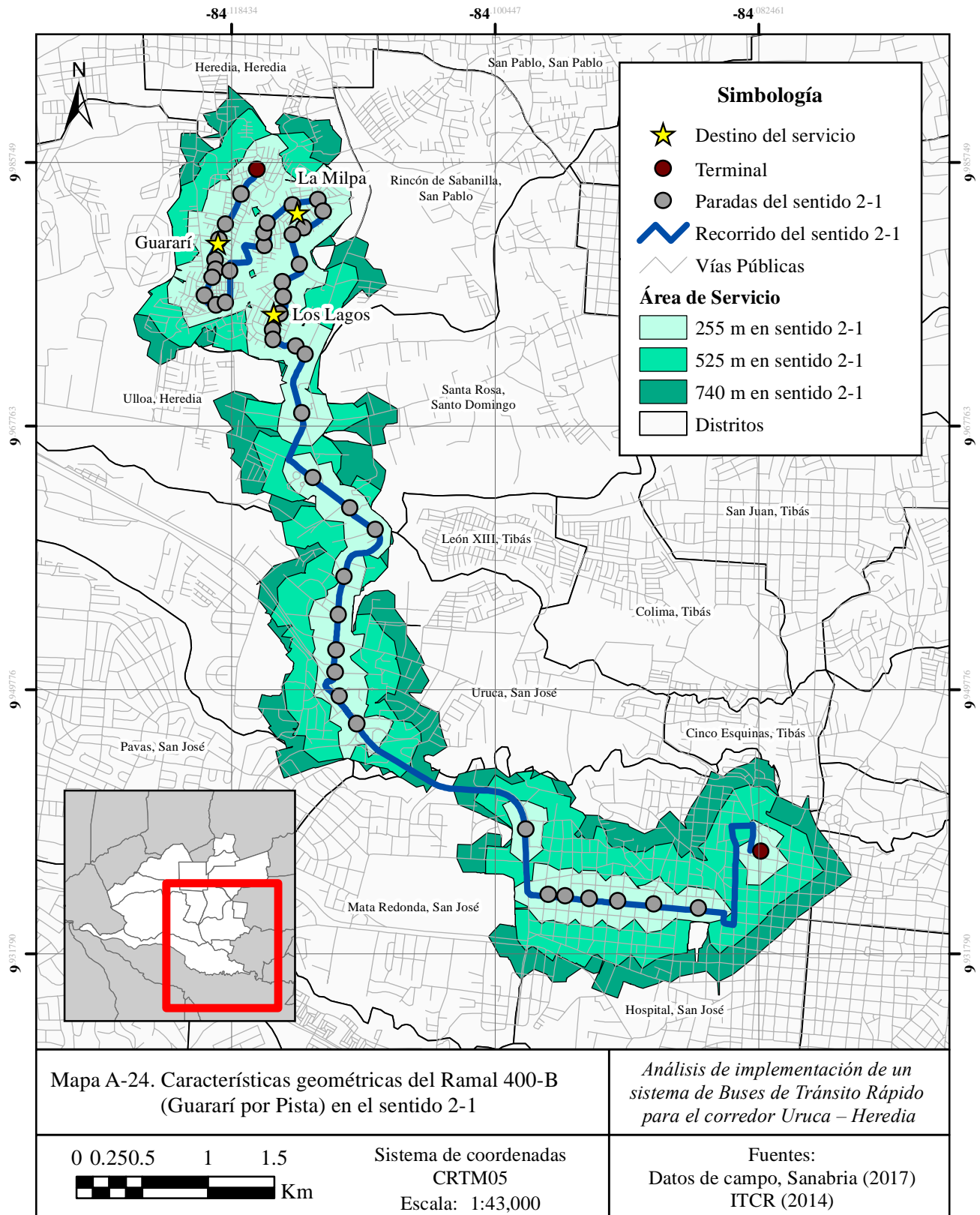
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

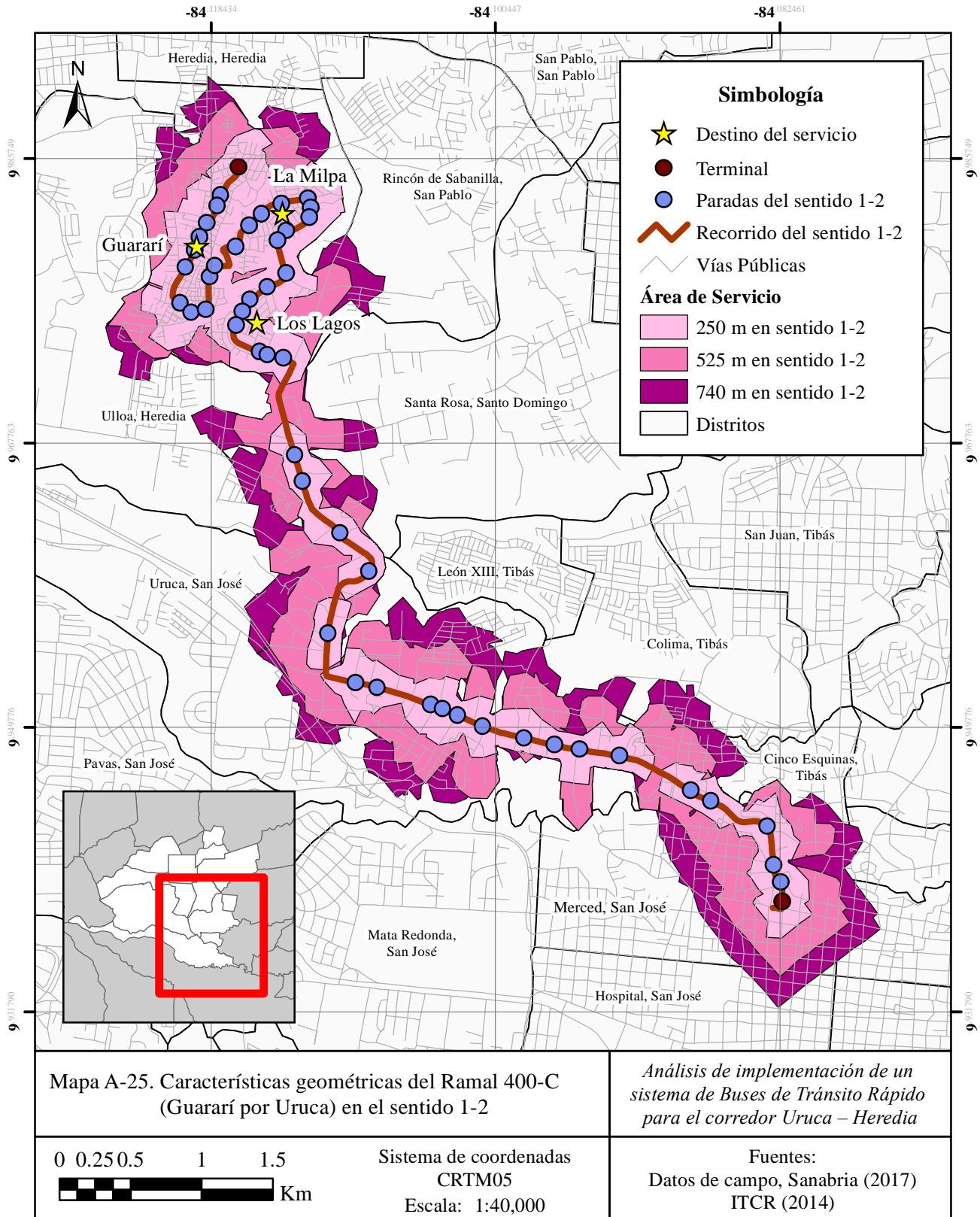
Sistema de coordenadas
CRTM05

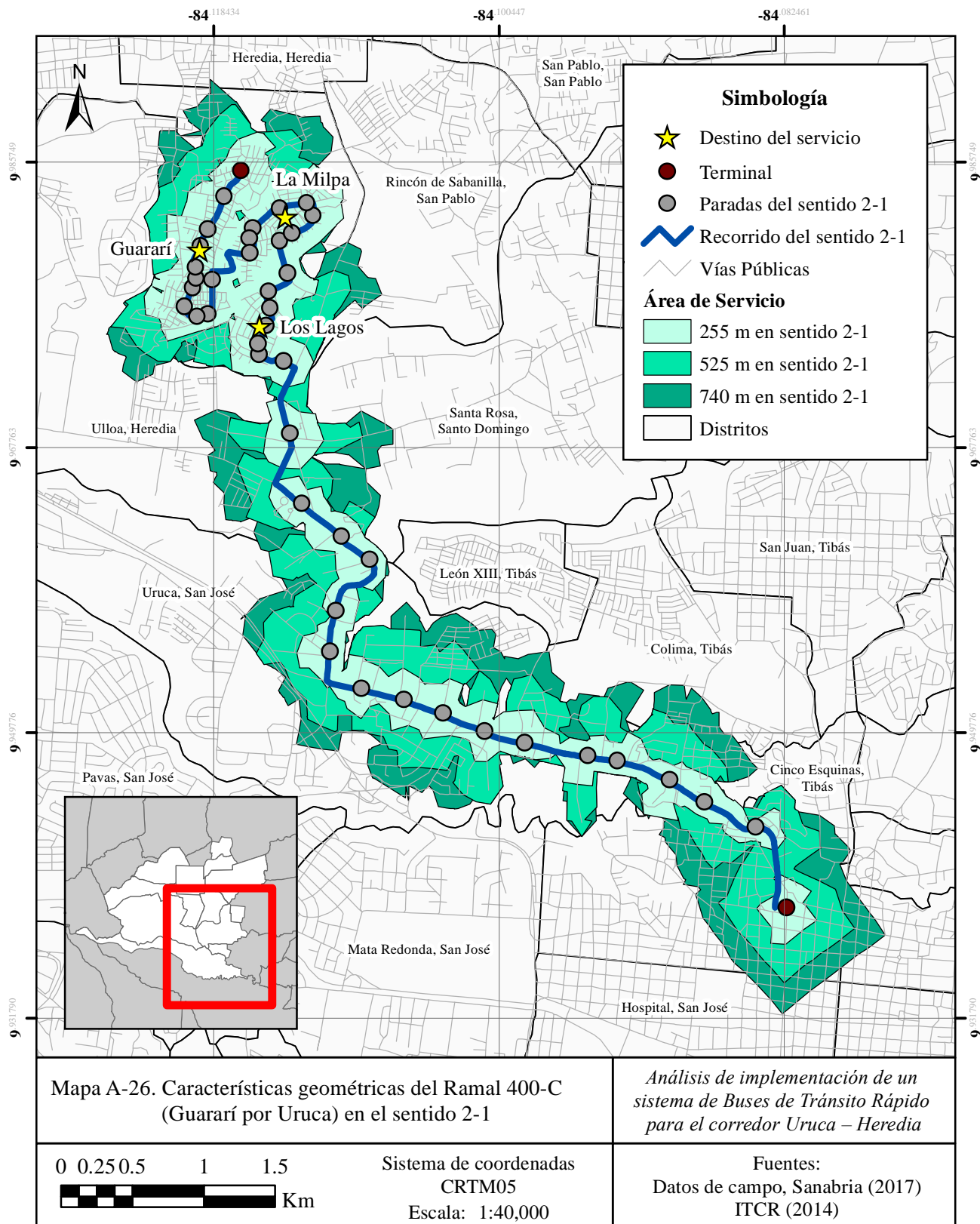


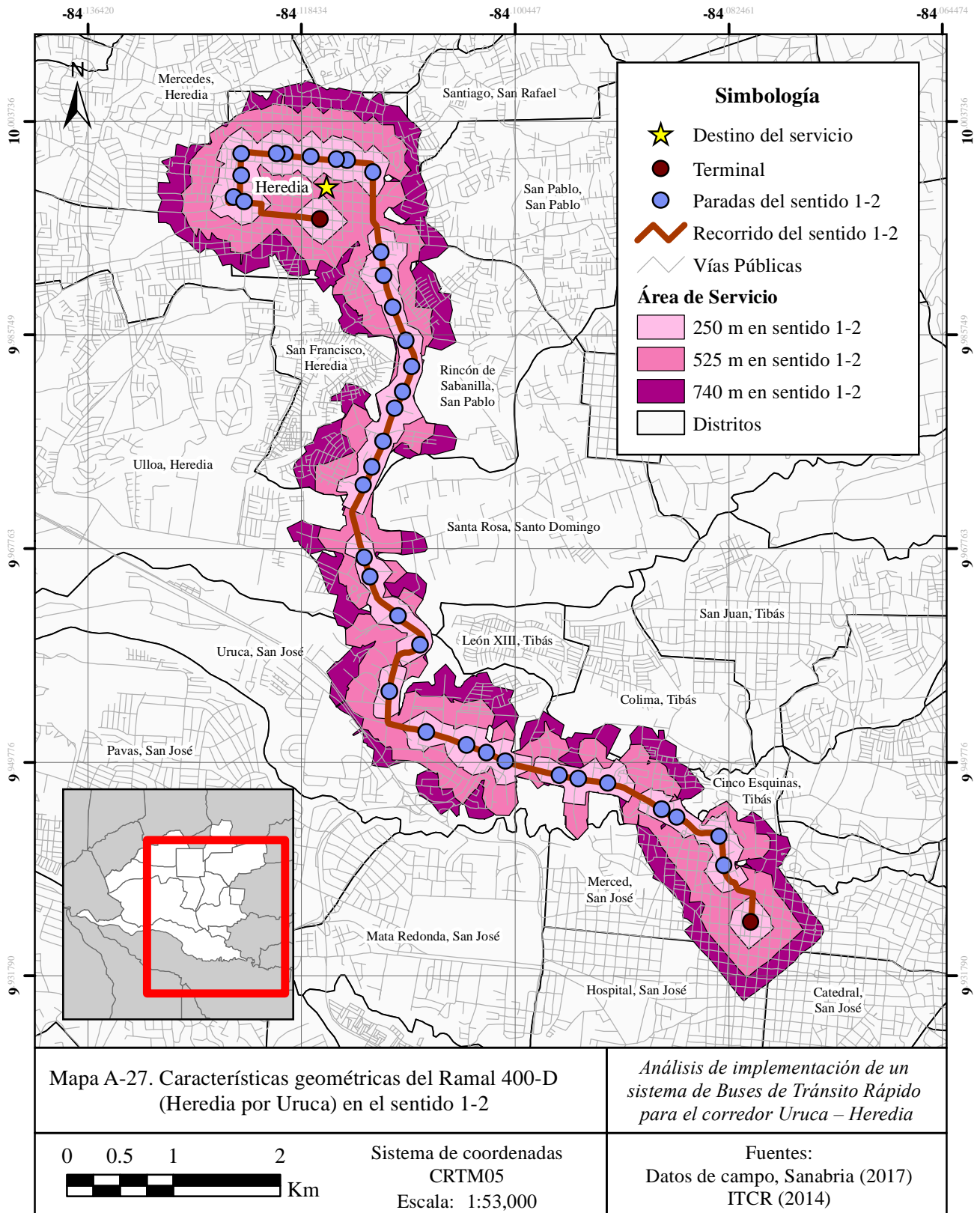


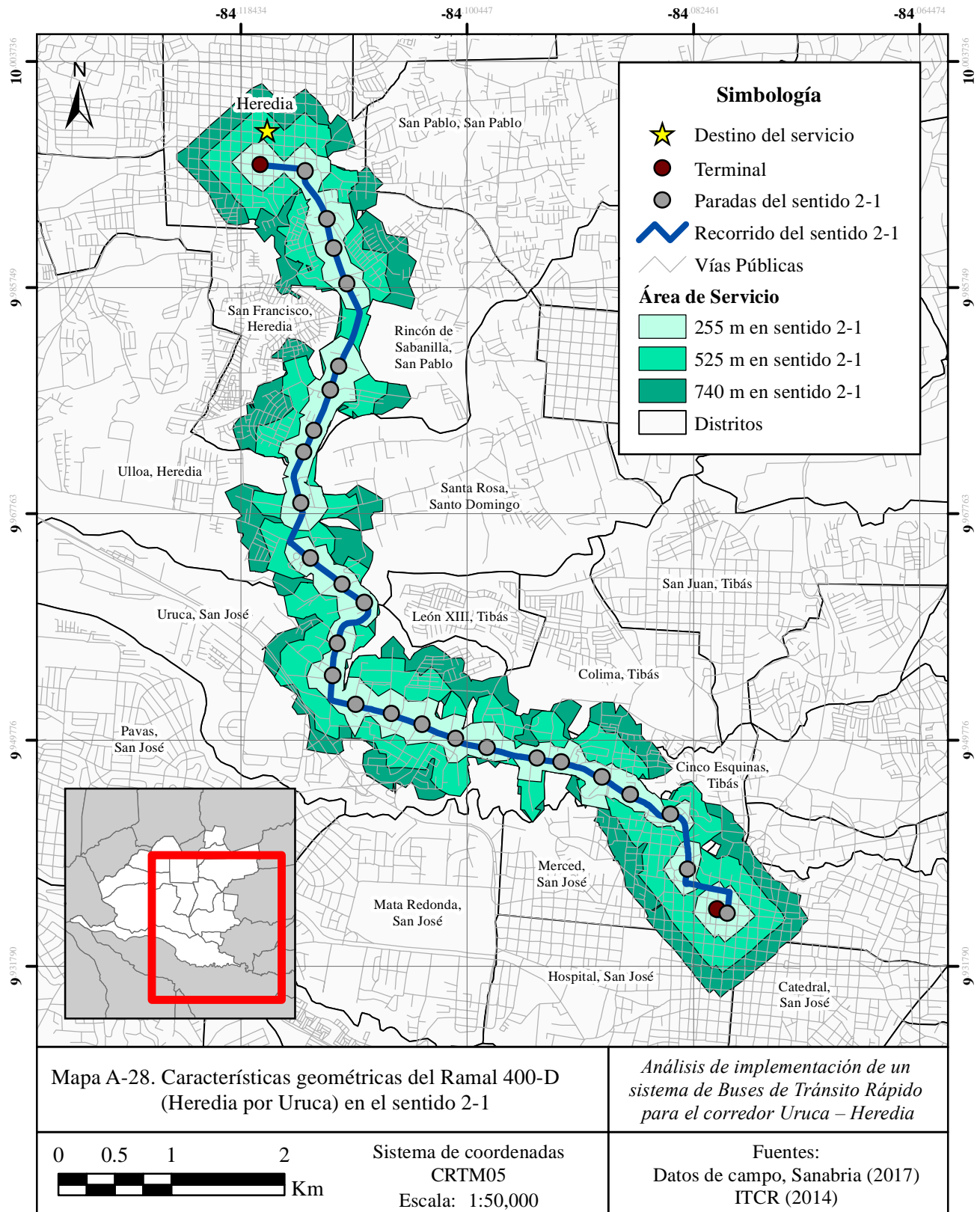


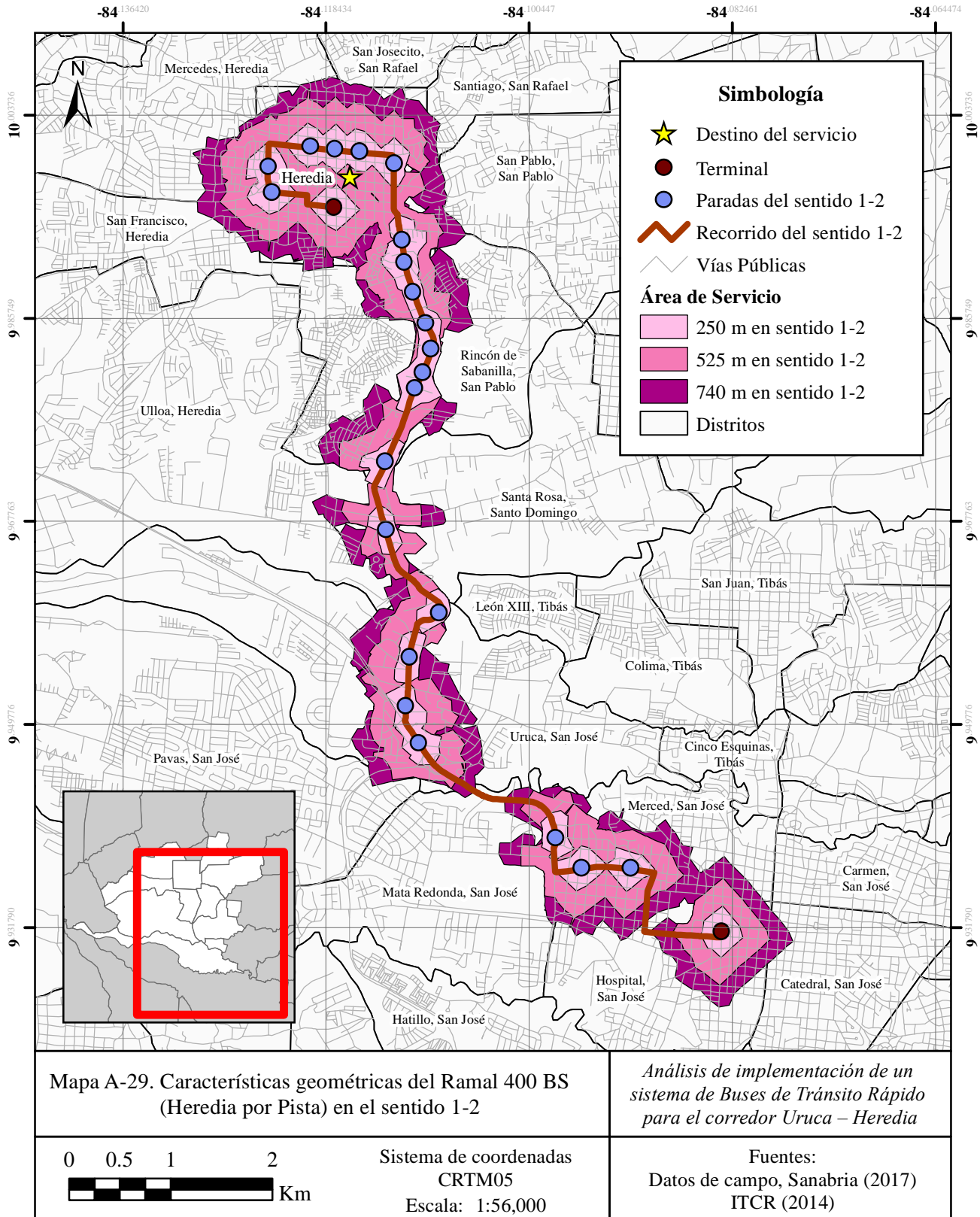


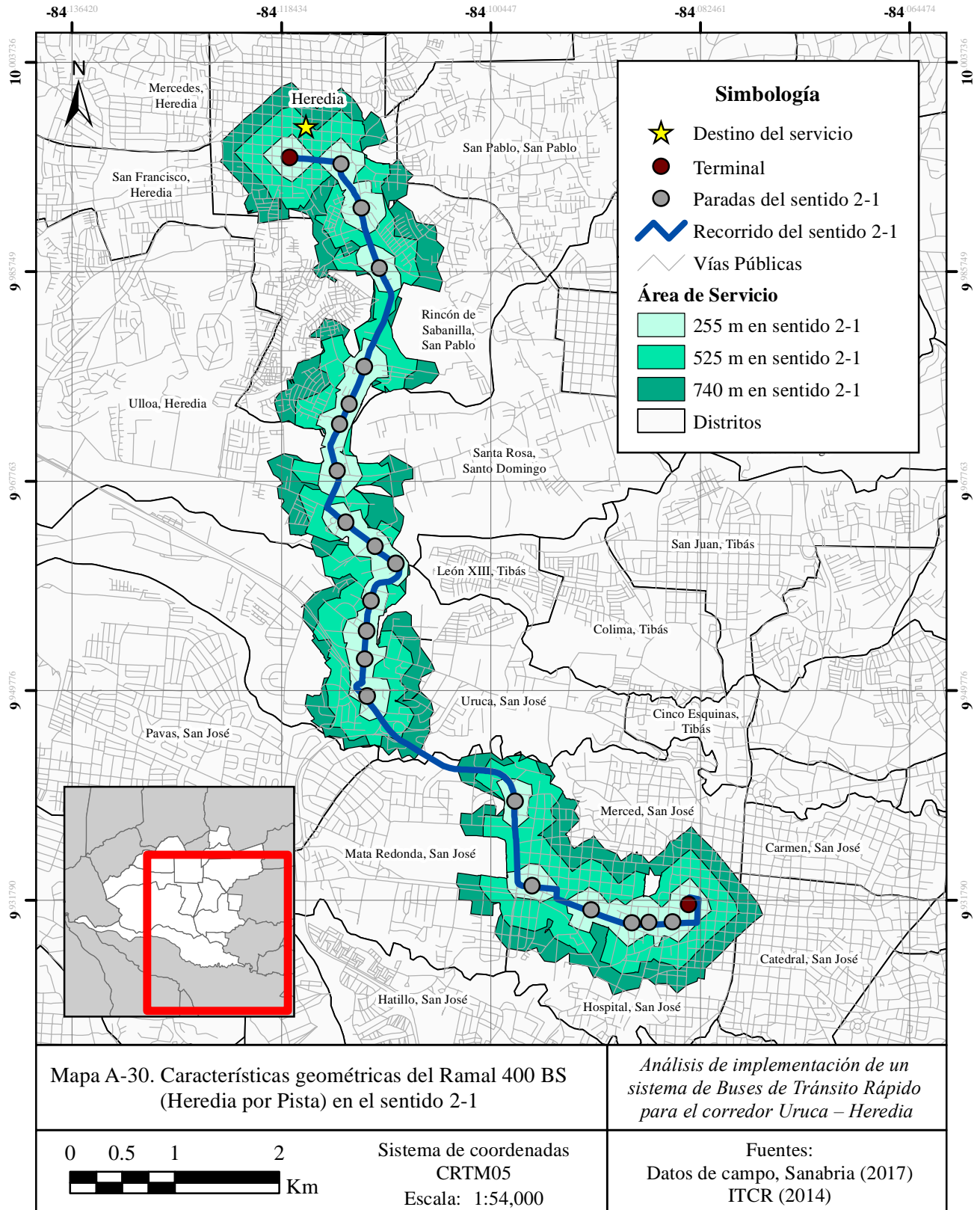


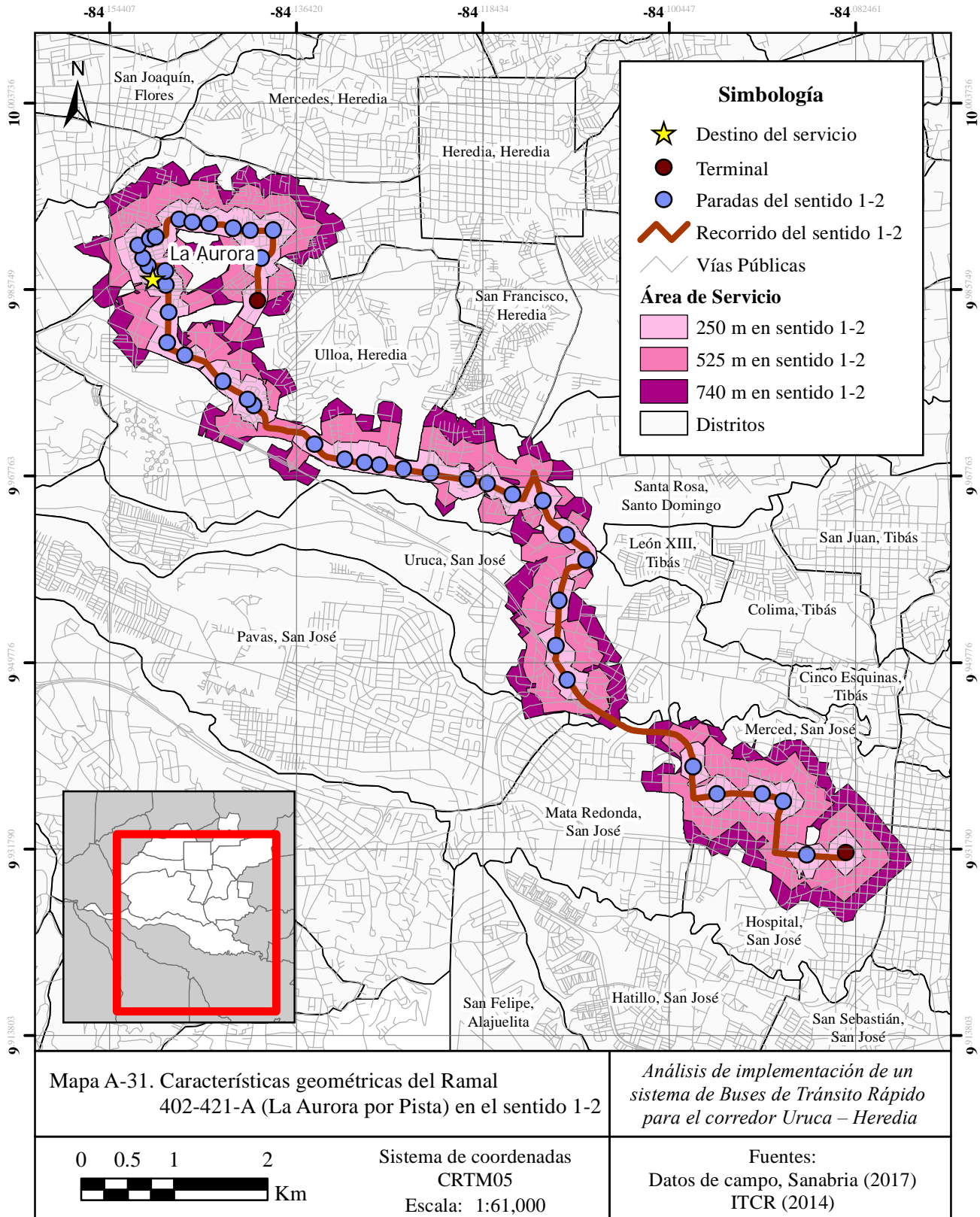


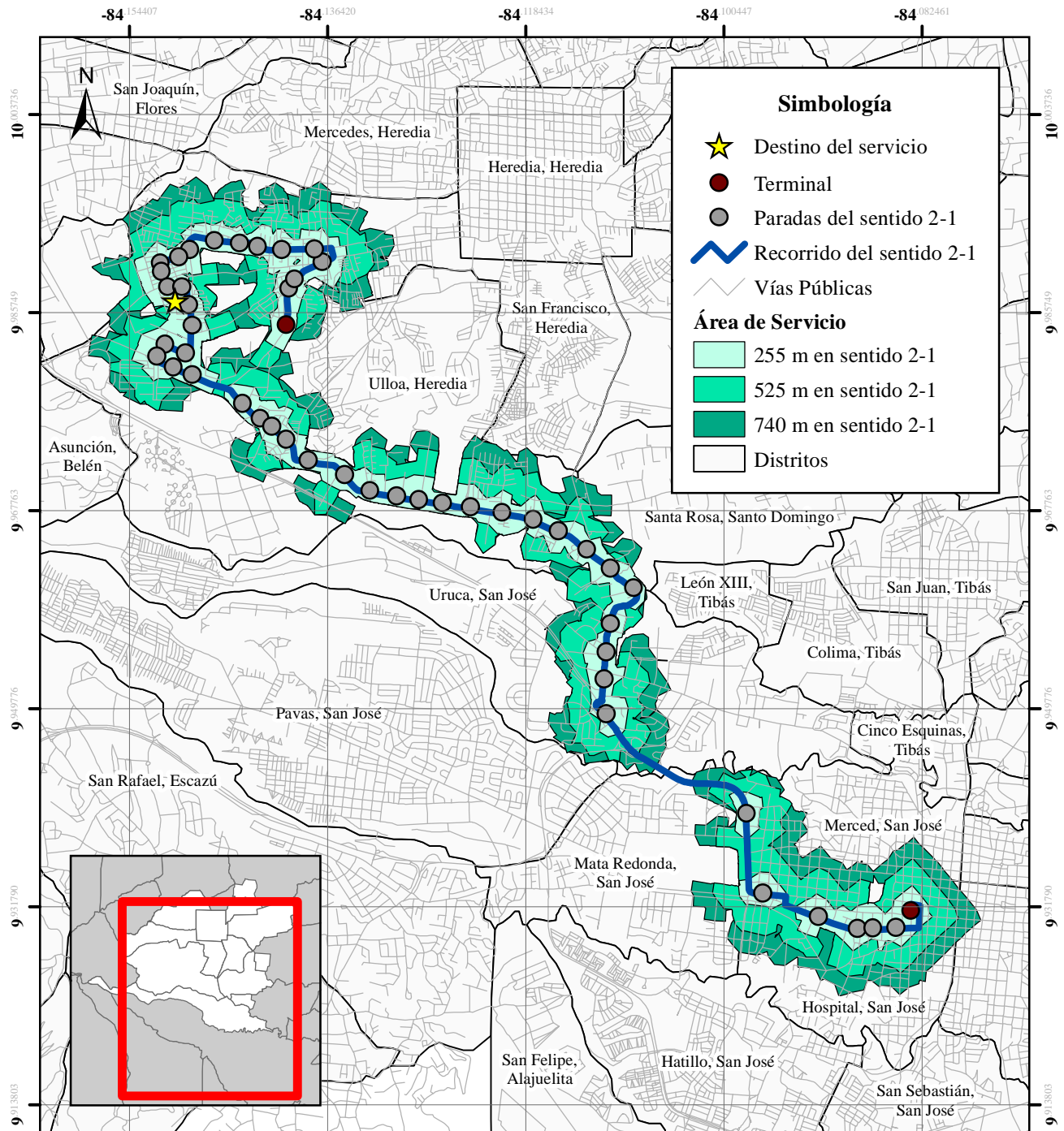












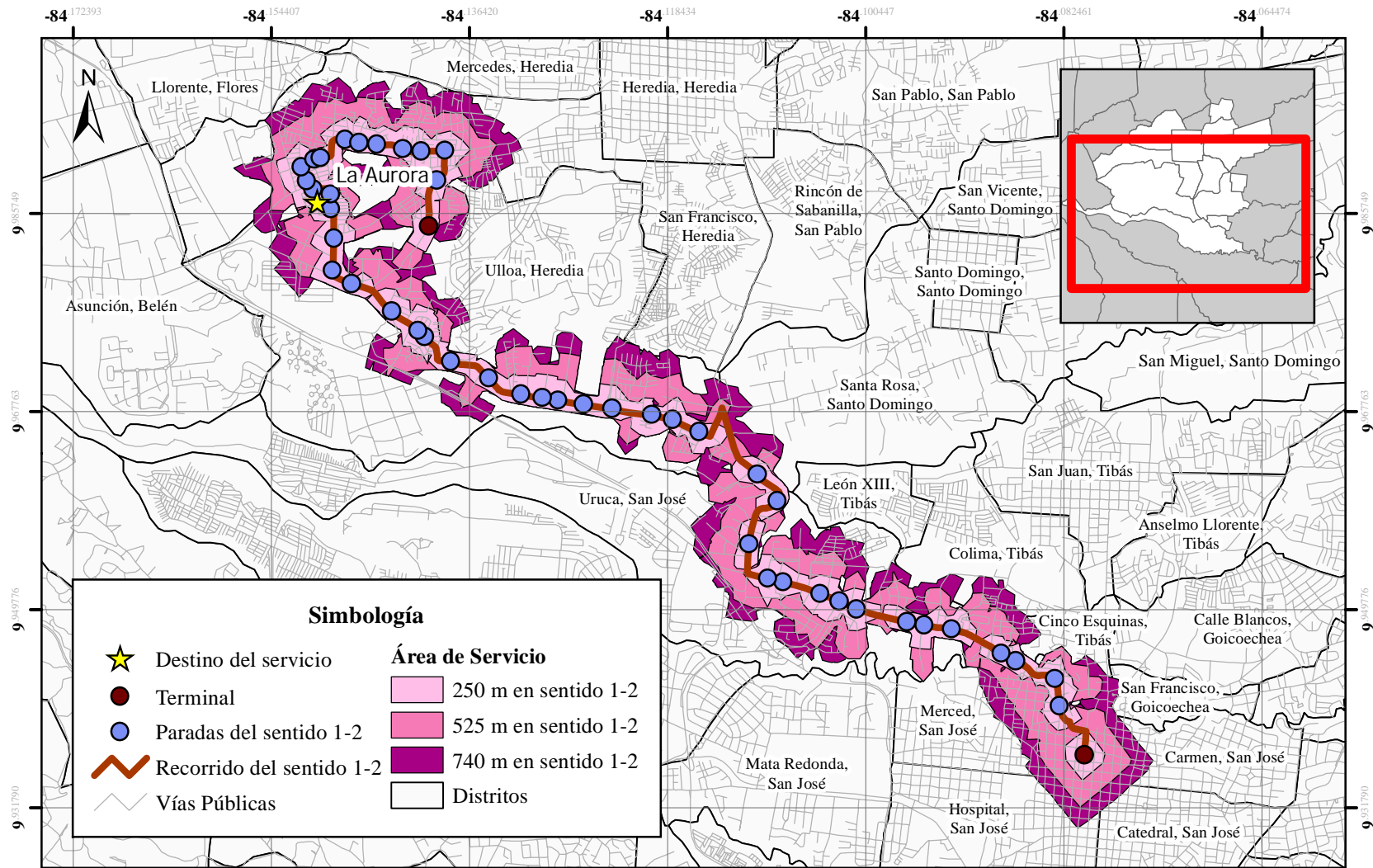
Mapa A-32. Características geométricas del Ramal 402-421-A (La Aurora por Pista) en el sentido 2-1

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruga – Heredia



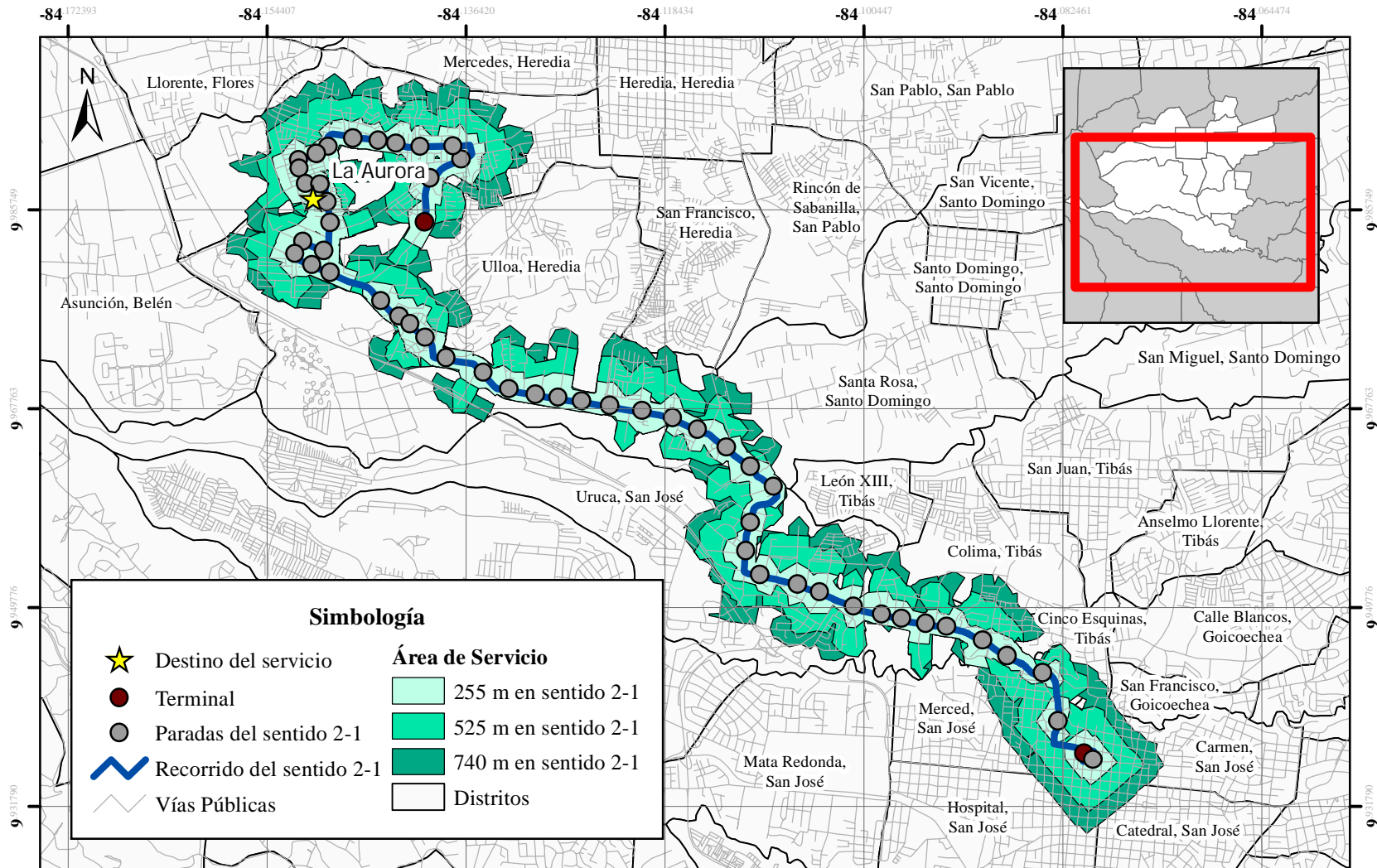
Sistema de coordenadas CRTM05
Escala: 1:62,000

Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017)
ITCR (2014)



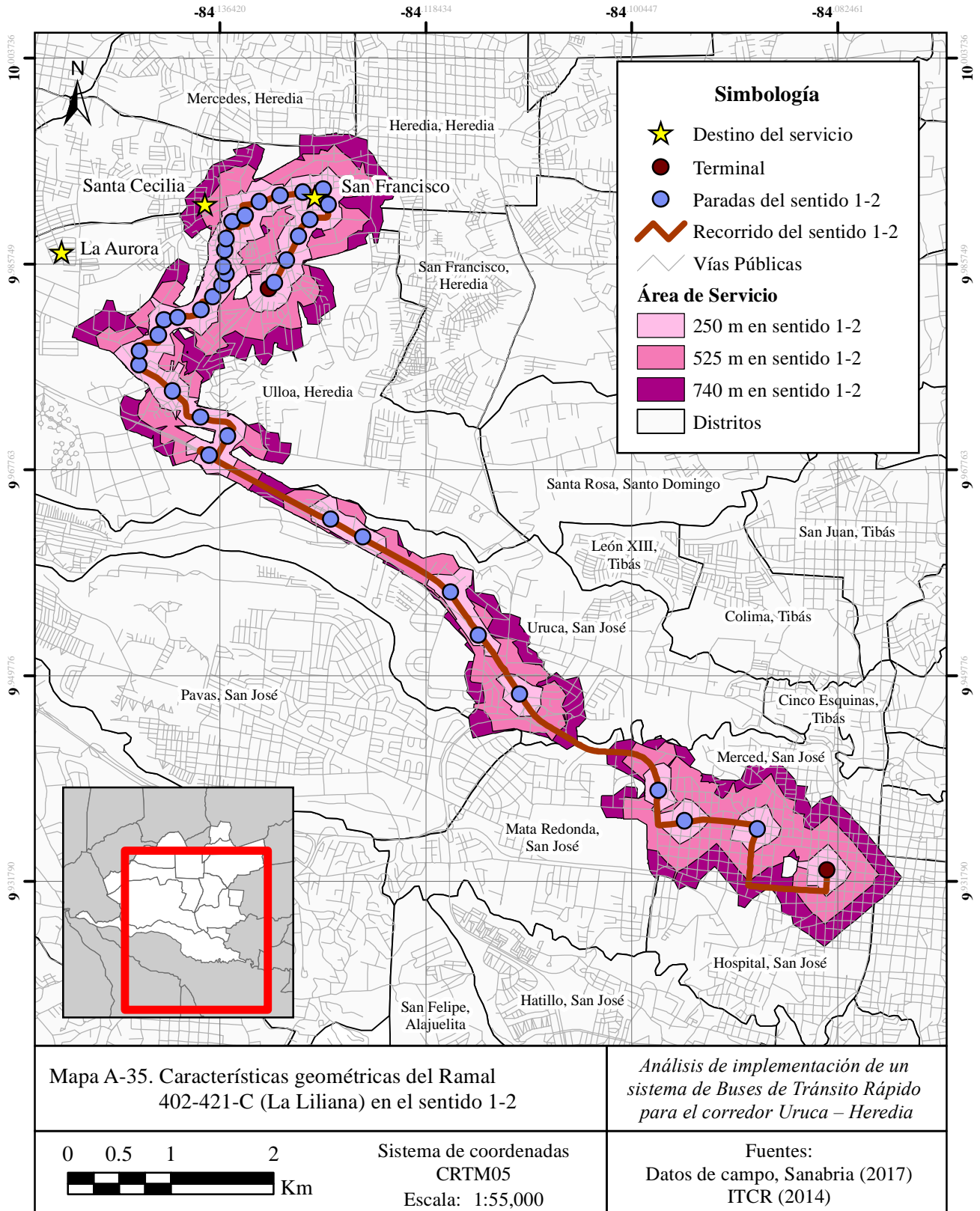
Mapa A-33. Características geométricas del Ramal 402-421-B (La Aurora por Uruca) en el sentido 1-2

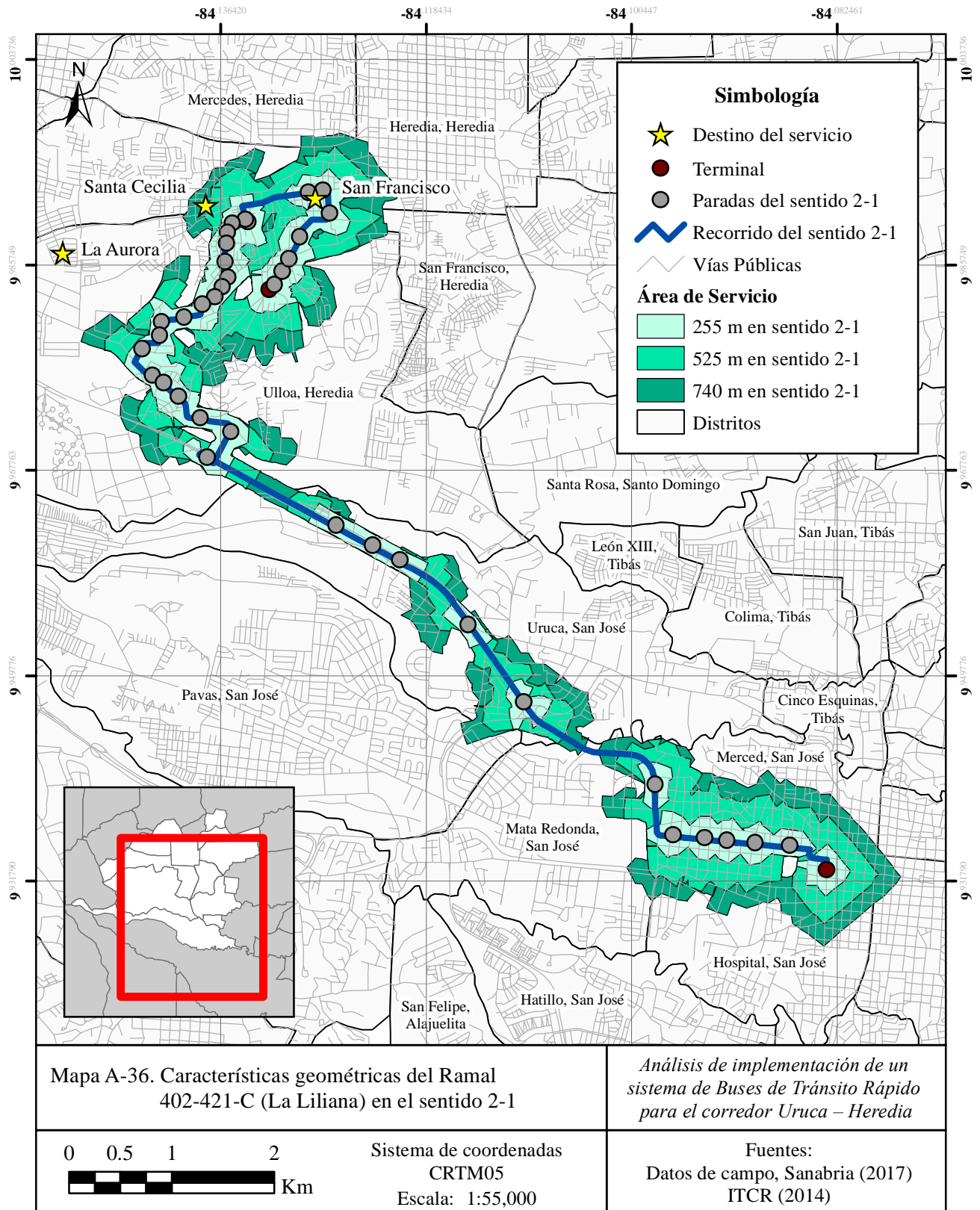
<p>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</p>	<p>0 0.5 1 2 3 Km Escala: 1:63,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
--	--	--	--------------------------------------

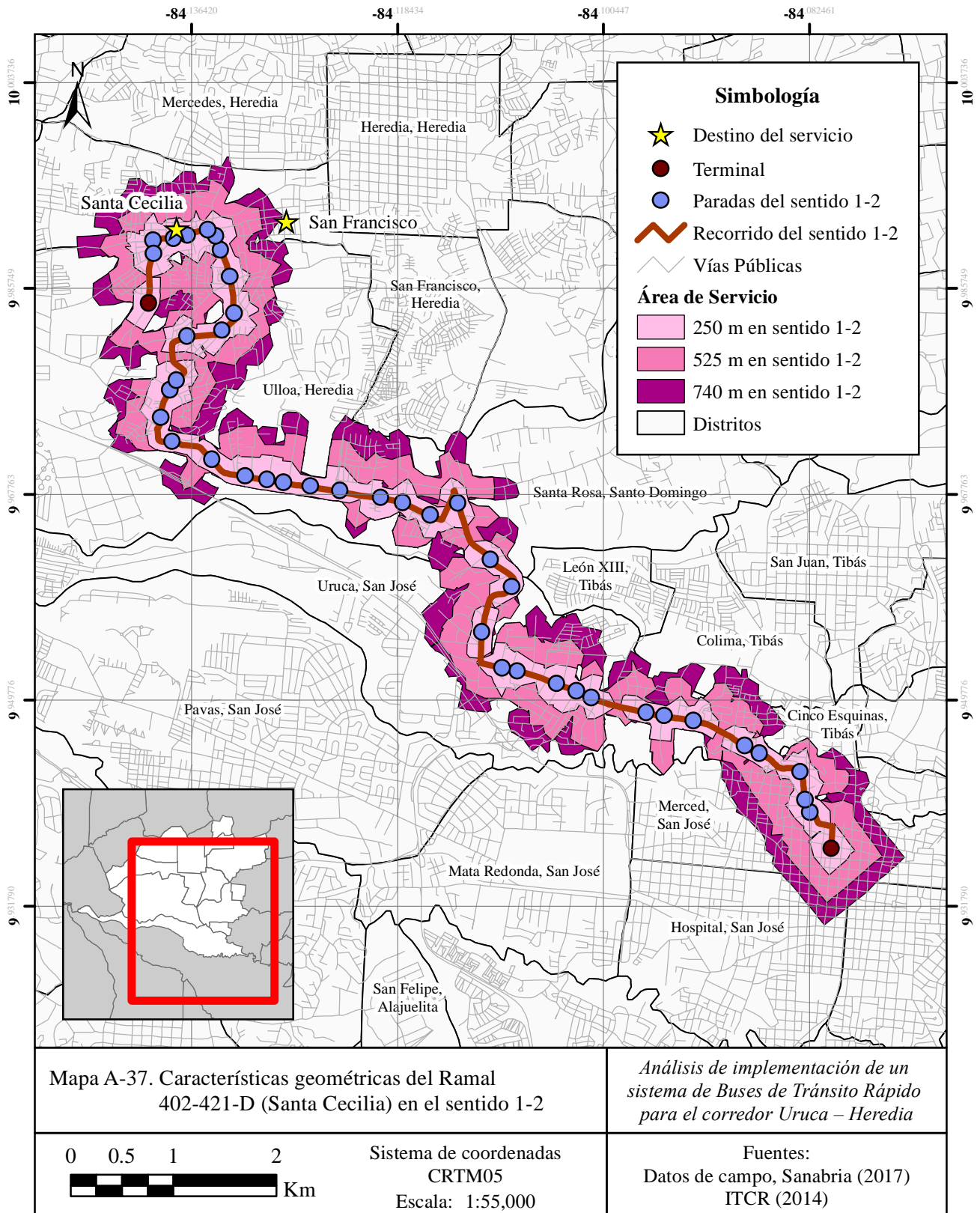


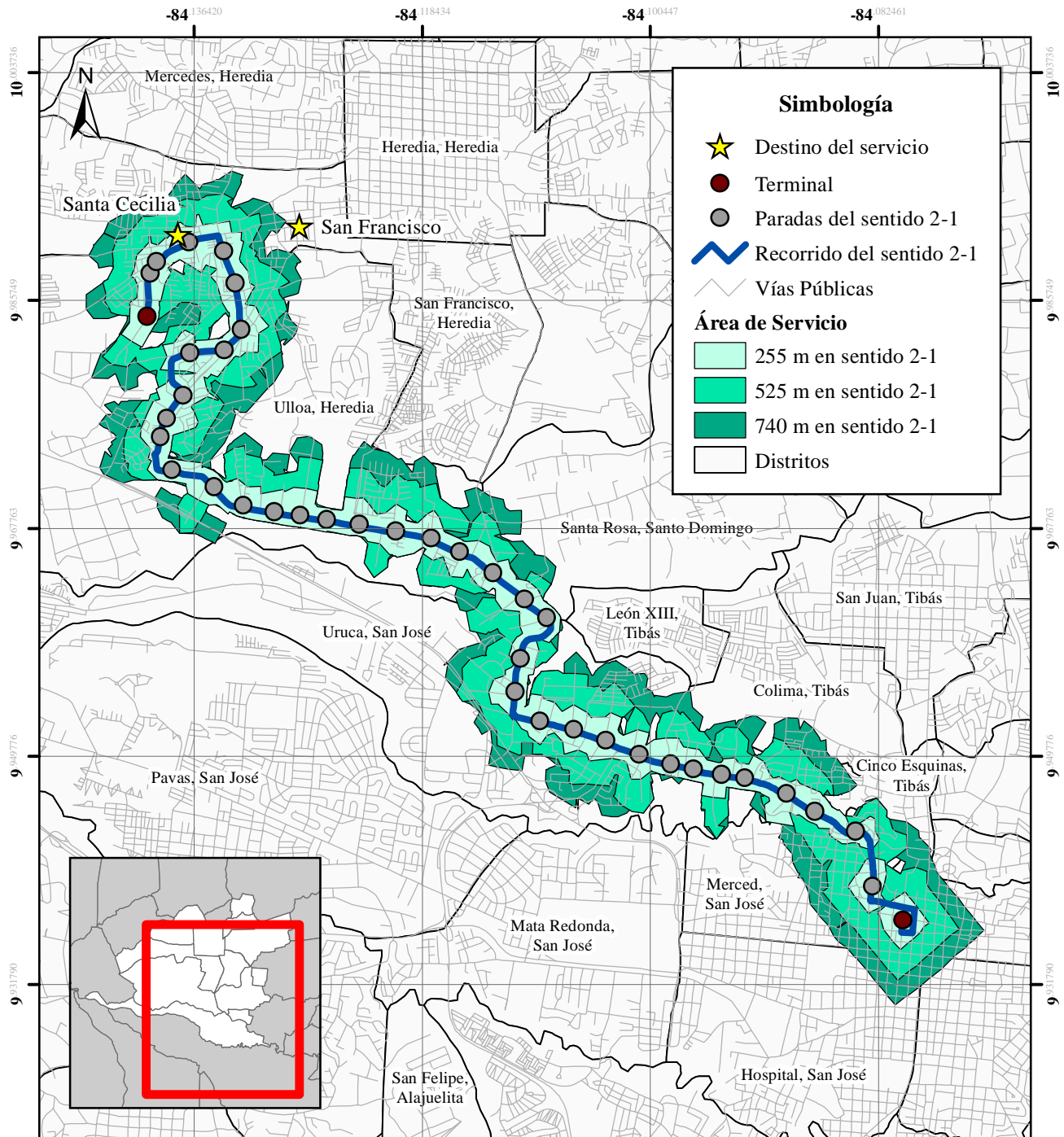
Mapa A-34. Características geométricas del Ramal 402-421-B (La Aurora por Uruca) en el sentido 2-1

<p><i>Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia</i></p>	<p>0 0.5 1 2 3 Escala: 1:63,000</p>	<p>Fuentes: Datos de campo, Sanabria (2017), ITCR (2014)</p>	<p>Sistema de coordenadas CRTM05</p>
---	--	--	---









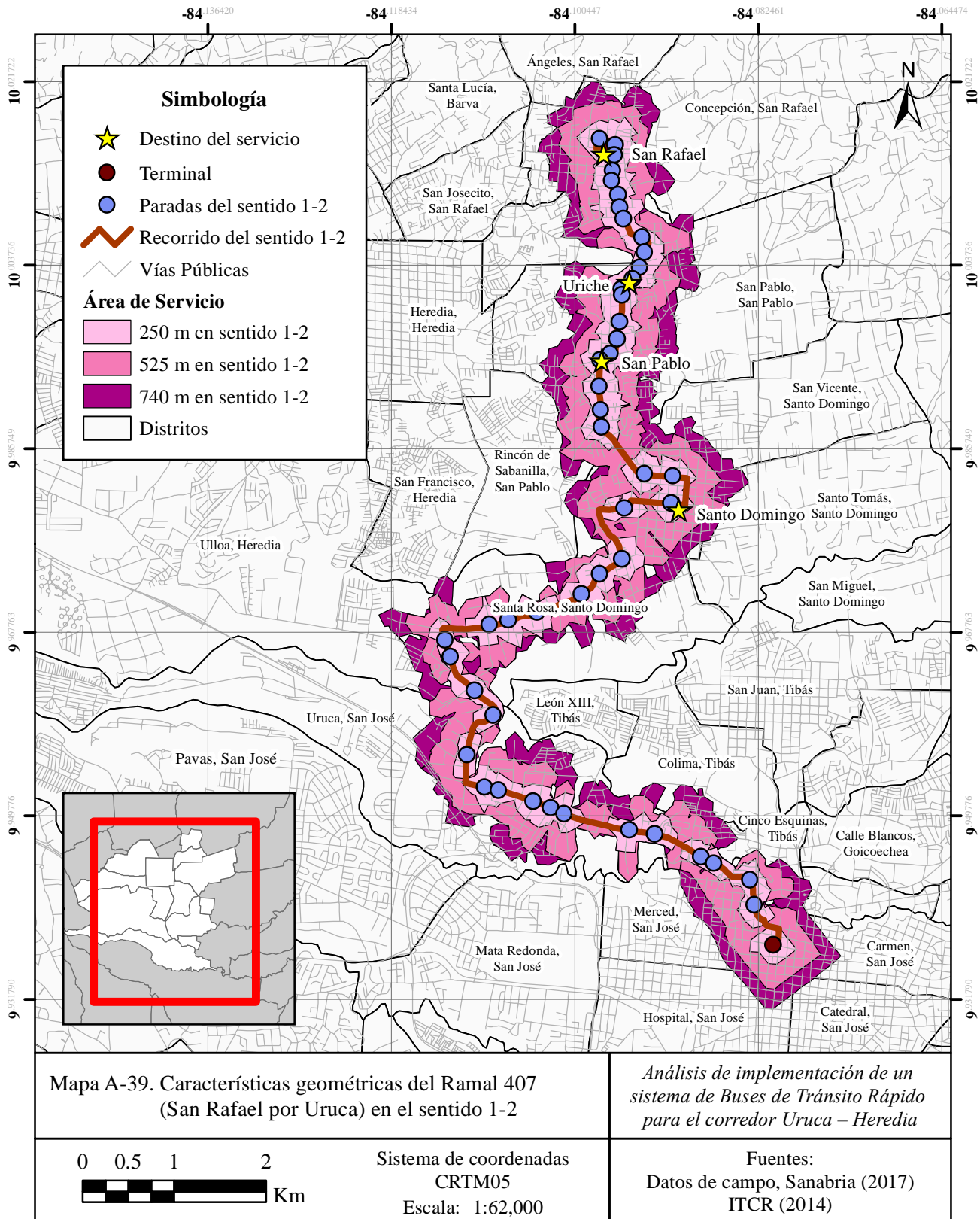
Mapa A-38. Características geométricas del Ramal 402-421-D (Santa Cecilia) en el sentido 2-1

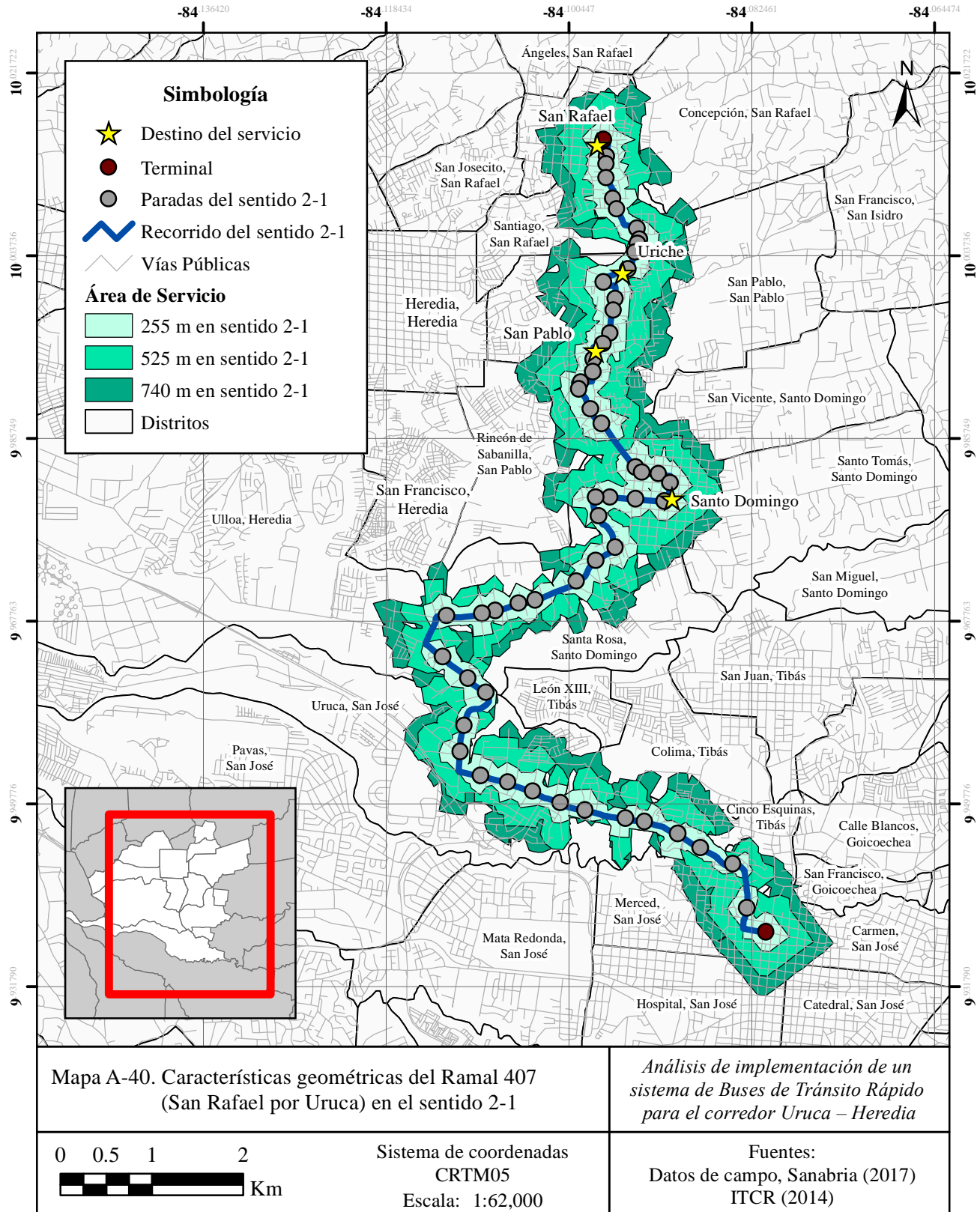
Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia

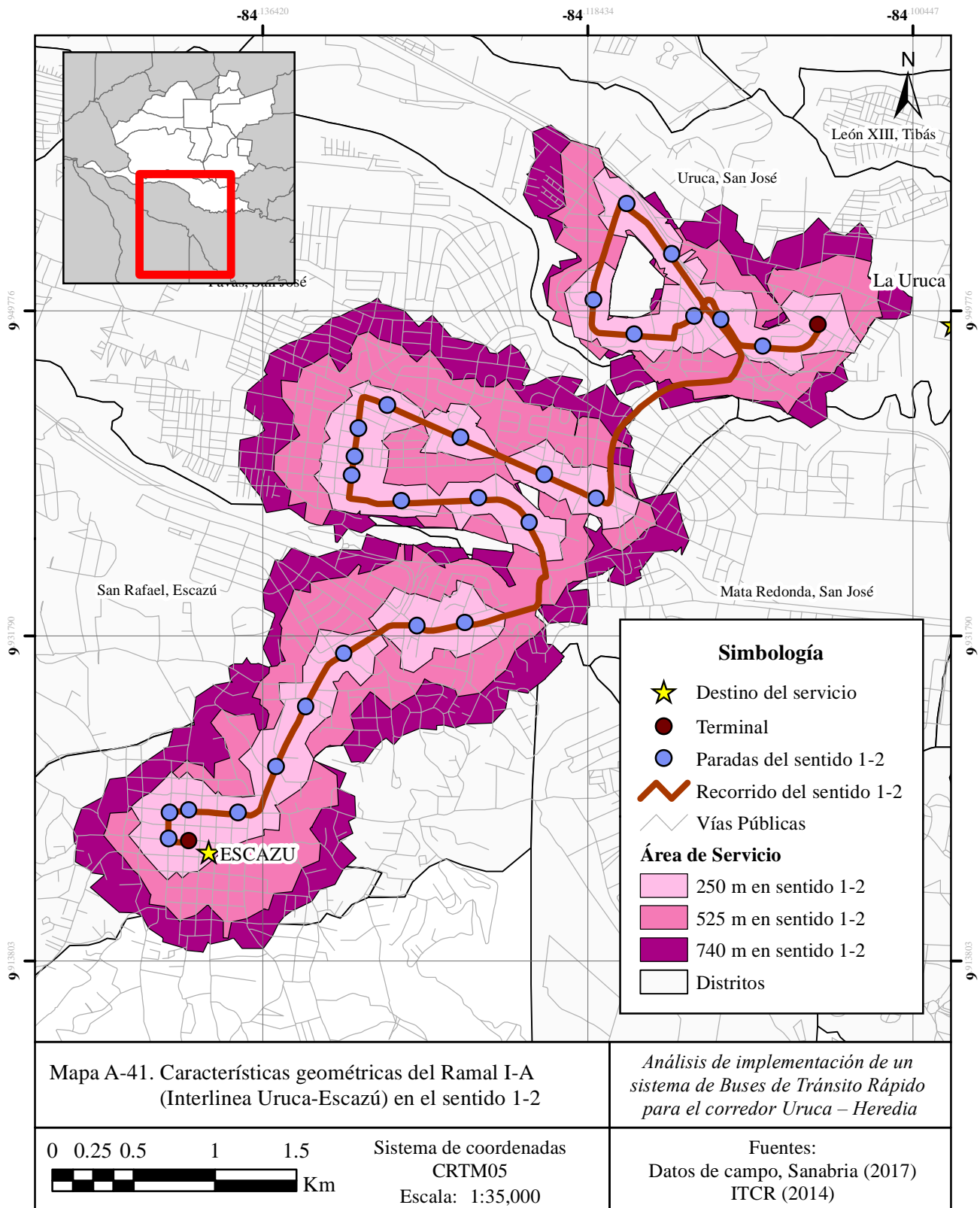


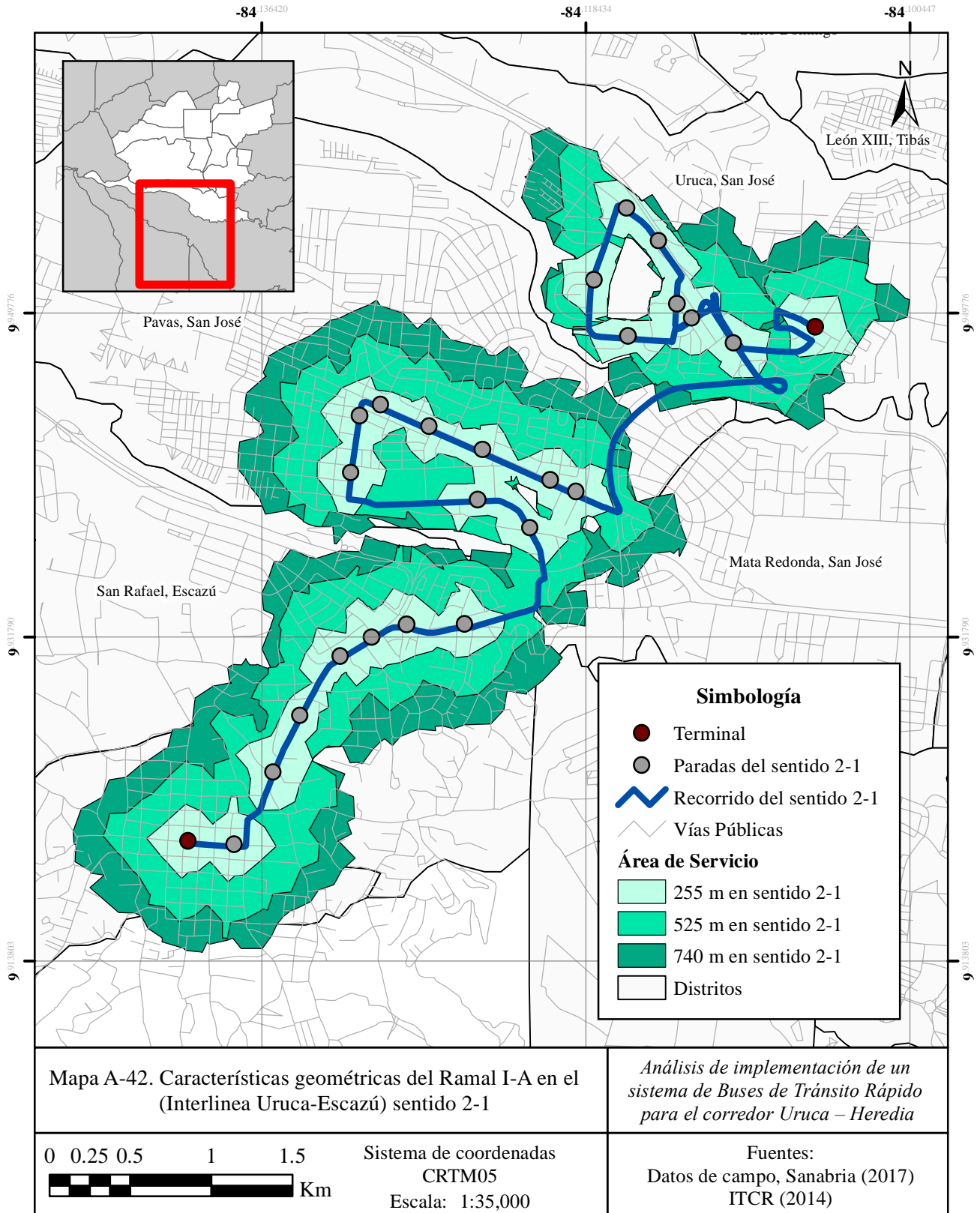
Sistema de coordenadas CRTM05
Escala: 1:54,000

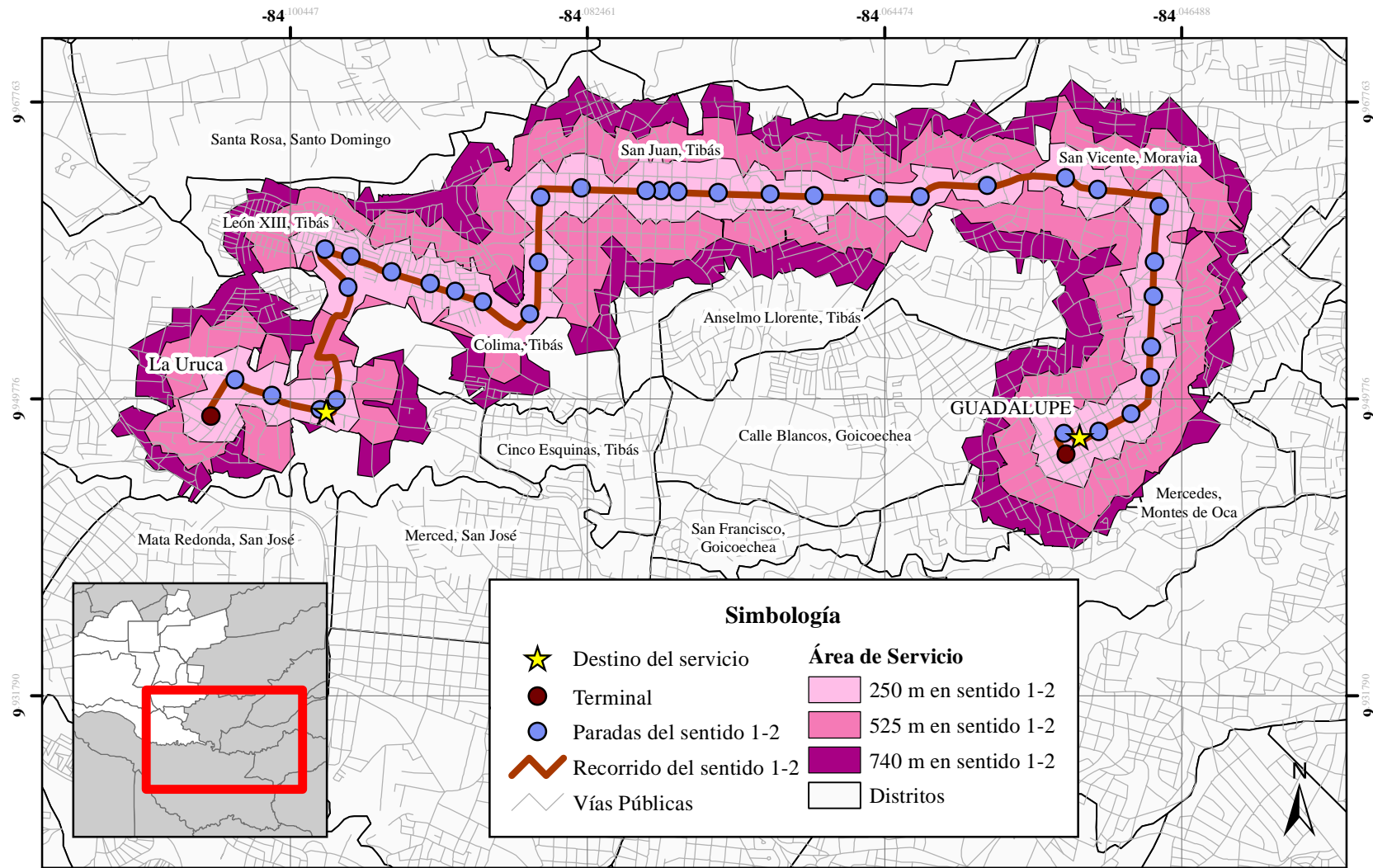
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017)
ITCR (2014)





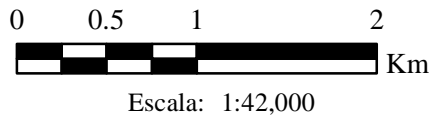






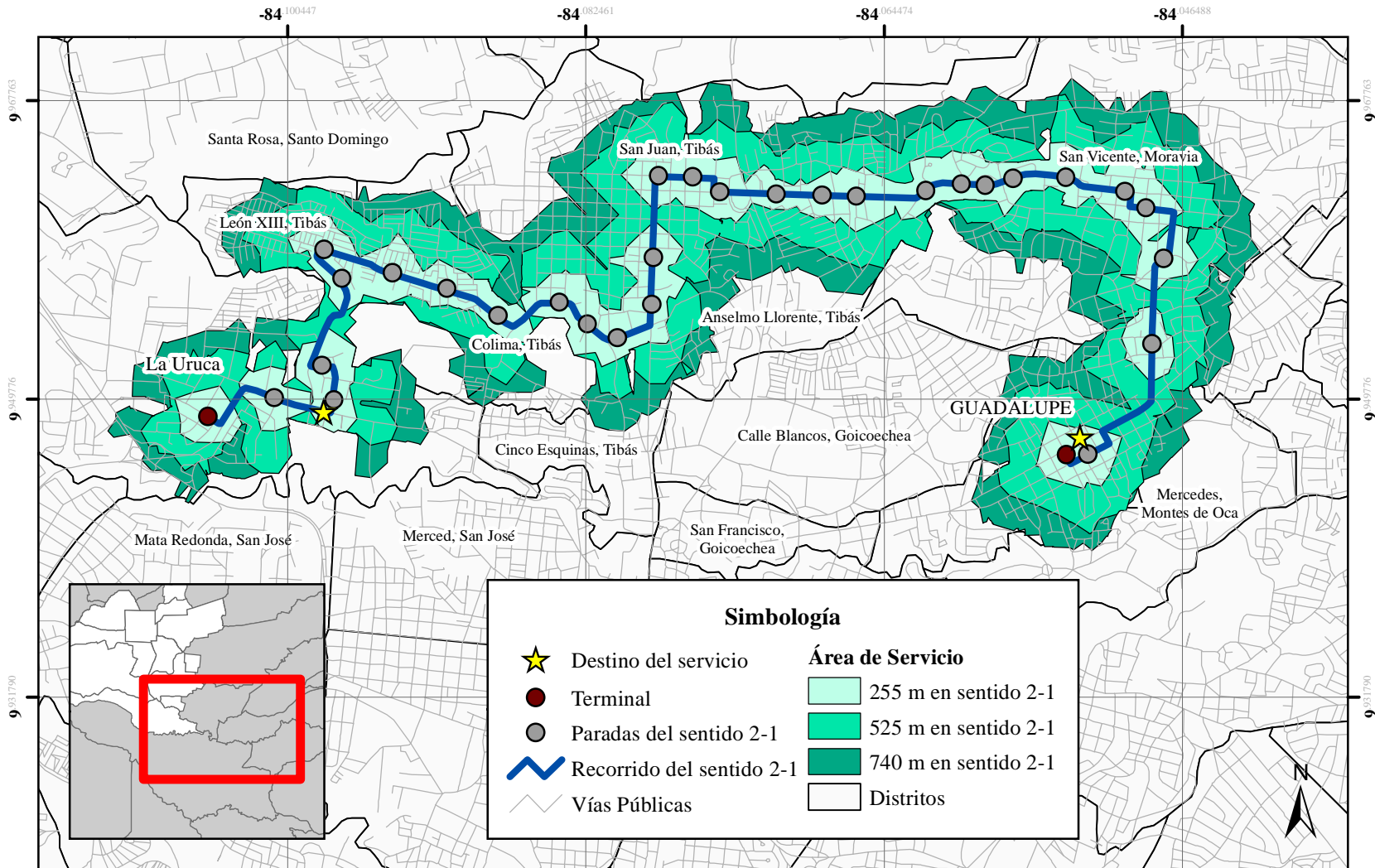
Mapa A-43. Características geométricas del Ramal I-B (Interlinea Uruca-Guadalupe) en el sentido 1-2

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



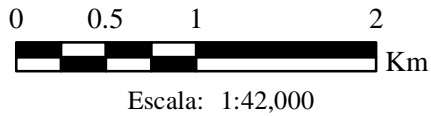
Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05



Mapa A-44. Características geométricas del Ramal I-B (Interlinea Uruca-Guadalupe) en el sentido 2-1

Análisis de implementación de un sistema de Buses de Tránsito Rápido para el corredor Uruca – Heredia



Fuentes:
Datos de campo, Sanabria (2017),
ITCR (2014)

Sistema de coordenadas
CRTM05

APÉNDICE C

DESCRIPCIÓN DE LOS RECORRIDOS ACTUALES

A continuación, se presenta la descripción de los recorridos observados en campo para todos los ramales del Sector Uruca-Heredia.

Cuadro 3.1: Descripción del recorrido observado en campo de los ramales analizados

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
10-A	San José Centro, Calle 4, Avs. 5 y 7 - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - Calle 72 - Barrio Corazón de Jesús, Calle 72	Barrio Corazón de Jesús, Calle 72 - Calle 72 Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 7 - Calle 6 - San José Centro, Calle 4, Avs. 5 y 7

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
10-B	San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 10 - Calle 10 - Av. 8 - Calle 24 - Av. 4 - Calle 36 - Av. 9 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Av. 33 - Calle 76 - Transversal 72 - Av. 41 - Transversal 74 - Calle 76 - Av. 31 - Barrio Hospital México, Calle 86, Avs. 33 y 33A	Barrio Hospital México, Calle 86, Avs. 33 y 33A - Calle 86 - Transversal 72 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Sector Sabana - Paseo Colón - Calle 14 - San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 10
10-C	San José Centro, Calle 6, Avs. 5 y 7 - Av. 5 - Calle 4 - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - Ruta 108 - Rotonda Juan Pablo II - Av. 33 - Calle 76 - Transversal 72 - Av. 41 - Hospital México, Transversal 74	Hospital México, Transversal 74 - Calle 76 - Av. 33 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 7 - Calle 6 - San José Centro, Calle 6, Avs. 5 y 7
10-D	San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 14 - Calle 12 - Av. 1 - Calle 36 - Av. 9 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Av. 33 - Calle 76 - Transversal 72 - Av. 59 - Av. 61 - La Carpio, Calle 16A, Av. 63	La Carpio, Calle 16A, Av. 63 - Av. 61 - Av. 59 - Transversal 72 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Sector Sabana - Paseo Colón - Calle 14 - San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 14

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
10-E	San José Centro, Calle 6, Avs. 5 y 7 - Av. 5 - Calle 4 - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - Rotonda Juan Pablo II - Av. 33 - Calle 76 - Transversal 72 - Av. 59 - Av. 61 - La Carpio, Calle 16A, Av. 63	La Carpio, Calle 16A, Av. 63 - Av. 61 - Av. 59 - Transversal 72 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 7- Calle 6 - San José Centro, Calle 6, Avs. 5 y 7
10-F	San José Centro, Calle 6, Avs. 3 y 5 - Av. 3 - Calle 12 - Av. 11 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 54 - Av. 47 - Calle 46 - Av. 45A - Calle 42 - Av. 43A - La Peregrina, Calle 52, Avs. 45A y 43A	La Peregrina, Calle 52, Avs. 45A y 43A - Calle 48B - Av. 43A - Calle 42 - Av. 45A - Calle 46 - Av. 47 - Calle 54 - Av. 43 - Calle 58 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 7 - Calle 6 - San José Centro, Calle 6, Avs. 3 y 5
10-G	San José Centro, Calle 6, Avs. 3 y 5 - Av. 3 - Calle 12 - Av. 11 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 40A - Av. 41B - Calle 44 - Calle 40 - Calle 42 - Av. 51 - Calle 36 - Av. 55 - Calle 56 - Av. 51 León XIII, Av. 51, Calles 52A y 52	León XIII, Av. 51, Calles 52A y 52 - Av. 51 - Calle 42 - Calle 40 - Calle 44 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 7 - Calle 6 - San José Centro, Calle 6, Avs. 3 y 5

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
10-H	San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 14 - Calle 12 - Av. 1 - Calle 36 - Av. 9 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Av. 33 - Calle 76 - Transversal 72 - Av. 59 - Parque de Diversiones, Calle 106, Avs. 59 y 59A	Parque de Diversiones, Calle 106, Avs. 59 y 59A - Av. 59 - Transversal 72 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Sector Sabana - Paseo Colón - Calle 14 - San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 14
10-I	San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 10 - Calle 10 - Av. 8 - Calle 24 - Av. 4 - Calle 36 - Av. 9 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 3 - Ruta 108 - Av. 43 - Calle 76 - Transversal 70 - Migración y Extranjería - Transversal 70 - Calle 76 - Av. 43 - Transversal 76 - Urbanización Rositer Carballo, Av. 65, Calle 106	Urbanización Rositer Carballo, Av. 65, Calle 106 - Transversal 76 - Av. 43 - Calle 76 - Transversal 70 - Migración y Extranjería - Transversal 70 - Calle 76 - Av. 43 - Ruta 108 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Sector Sabana - Paseo Colón - Calle 14 - San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 10

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
10-J	San José Centro, Av. 5, Calles 6 y 8 - Av. 5 - Calle 4 - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - Av. 43 - Calle 76 - Transversal 70 - Migración y Extranjería - Transversal 70 - Calle 76 - Av. 43 - Transversal 76 - Urbanización Rositer Carballo, Av. 65, Calle 106	Urbanización Rositer Carballo, Av. 65, Calle 106 - Transversal 76 - Av. 43 - Calle 76 - Transversal 70 - Migración y Extranjería - Transversal 70 - Calle 76 - Av. 43 - Ruta 3 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Calle 10 - Av. 5 - San José Centro, Av. 5, Calles 6 y 8
400-A	San José Centro, Terminal 7-10 - Av. 7 - Calle 8 - Calle 10 - Av. 13 - Calle 20 - Av. 3 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 106 - Calle Pules - Av. El Carao - Calle Nisperos - Av. Guararí - Calle Guararí - Guararí de Heredia, Calles Guararí y Nisperos	Guararí de Heredia, Calles Guararí y Nisperos - Calle Guararí - Av. Guararí - Calle Nisperos - Av. El Carao - Calle Pules - Ruta 106 - Ruta 3 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Paseo Colón - Calle 14 - Av. 2 - Calle 12 - Av. 11 - Calle 10 - San José Centro, Terminal 7-10

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
400-B	San José Centro, Terminal 7-10 - Av. 7 - Calle 8 - Calle 10 - Av. 13 - Calle 20 - Av. 3 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Calle Central - Calle 3 - Av. La Milpa - Av. Las Huertas - Calle 1 - Av. Guararí - Calle Nisperos - Av. El Carao - Calle Guararí - Guararí de Heredia, Calles Guararí y Nisperos	Guararí de Heredia, Calles Guararí y Nisperos - Calle Guararí - Av. El Carao - Calle Nisperos - Av. Guararí - Calle 1 - Av. Las Huertas - Av. La Milpa - Calle 3 - Calle Central - Central Los Lagos - Calle Central - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Paseo Colón - Calle 14 - Av. 2 - Calle 12 - Av. 11 - Calle 10 - San José Centro, Terminal 7-10
400-C	San José Centro, Calle 4, Avs. 3 y 5 - Calle 4 - - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Calle Central - Calle 3 - Av. La Milpa - Av. Las Huertas - Calle 1 - Av. Guararí - Calle Nisperos - Av. El Carao - Calle Guararí - Guararí de Heredia, Calles Guararí y Nisperos	Guararí de Heredia, Calles Guararí y Nisperos - Calle Guararí - Av. El Carao - Calle Nisperos - Av. Guararí - Calle 1 - Av. Las Huertas - Av. La Milpa - Calle 3 - Calle Central - Central Los Lagos - Calle Central - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 5 - Calle 2 - Av. 7 San José Centro, Calle 4, Avs. 5 y 3

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
400-D	San José Centro, Calle 4, Avs. 3 y 5 - Calle 4 - - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Calle 9 - Av. 3 - Calle 16 - Av. 4 - Av. 6 - Calle 12 - Av. 8 - Heredia Centro, Av. 8, Calles 0 y 2	Heredia Centro, Av. 8, Calles 0 y 2 - Av. 8 - Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 5 - Calle 2 - Av. 7 - San José Centro, Calle 4, Avs. 5 y 3
400 BS	San José Centro, Calle 10, Avs. 6 y 4 - Av. 8 - Calle 24 - Av. 3 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - - Calle 9 - Av. 3 - Calle 16 - Av. 6 - Calle 12 - Av. 8 - Heredia Centro, Av. 8, Calles 0 y 2	Heredia Centro, Av. 8, Calles 0 y 2 - Av. 8 - Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Sector Sabana - Calle 42 - Av. 6 - Calle 34 - Av. 10 - Calle 8 - Av. 4 - San José Centro, Calle 10, Avs. 6 y 4
402-421-A	San José Centro, Calle 10, Avs. 6 y 4 - Av. 8 - Calle 24 - Av. 3 - Ruta 1 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Ruta 106 - Calle La Aurora - Av. La Aurora - Calle Venus - Av. Mercurio - Ruta 111 - Panadería Musmanni - Calle Las Puntas - La Aurora de Heredia, Calle Las Puntas	La Aurora de Heredia, Calle Las Puntas - Calle Las Puntas - Centro Comercial San Francisco - Ruta 111 - Av. Mercurio - Calle Venus - Av. La Aurora - Calle La Aurora - Ruta 106 - Ruta 3 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Sector Sabana - Calle 42 - Av. 6 - Calle 34 - Av. 10 - Calle 8 - Av. 4 - San José Centro, Calle 10, Avs. 6 y 4

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
402-421-B	San José Centro, Calle 4, Avs. 3 y 5 - Calle 4 - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Ruta 106 - Calle La Aurora - Av. La Aurora - Calle Venus - Av. Mercurio - Ruta 111 - Panadería Musmanni - Calle Las Puntas - La Aurora de Heredia, Calle Las Puntas	La Aurora de Heredia, Calle Las Puntas - Calle Las Puntas - Centro Comercial San Francisco - Ruta 111 - Av. Mercurio - Calle Venus - Av. La Aurora - Calle La Aurora - Ruta 106 - Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 5 - Calle 2 - Av. 7 - San José Centro, Calle 4, Av. 5 y Av. 3
402-421-C	San José Centro, Calle 10, Avs. 6 y 4 - Av. 8 - Calle 24 - Av. 3 - Ruta 1 - Paso a desvivel Juan Pablo II - Ruta 1 - Colegio Técnico Profesional de Ulloa - Ruta 106 - Calle Pepsi - Abastecedor Nuevo Amanecer - Supermercado La Nueva Jerusalem - Av. 23 - Calle La Deportiva - Av. 16 - Calle 24 - Av. 22 - San Francisco de Heredia, Calle 22, Avs. La Deportiva y San Martín	San Francisco de Heredia, Calle 22, Avs. La Deportiva y San Martín - Av. 22 - Calle 24 - Av. 16 - Calle La Deportiva - Av. 23 - Supermercado La Nueva Jerusalem - Abastecer Nuevo Amanecer - Calle Pepsi - Ruta 106 - Colegio Técnico Profesional de Ulloa - Ruta 1 - Sector Sabana - Calle 42 - Av. 6 - Calle 34 - Av. 10 - Calle 8 - Av. 4 - San José Centro, Calle 10, Avs. 6 y 4

Continuación del cuadro 3.1

Ramal	Descripción del Recorrido	
	Sentido 1-2	Sentido 2-1
402-421-D	San José Centro, Calle 4, Avs. 3 y 5 - Calle 4 - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 3 - Ruta 106 - Calle La Cuesta - Planta Pepsi - Calle La Cuesta - Calle La Deportiva - Super El Chirón - Calle La Unión - Calle Las Puntas - La Aurora de Heredia, Calle Las Puntas	La Aurora de Heredia, Calle Las Puntas - Calle Las Puntas - Calle La Unión - El Chirón - Calle La Deportiva - Calle La Cuesta - Planta Pepsi - Calle La Cuesta - Ruta 106 - Ruta 3 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 108 - La Uruca - Ruta 108 - Calle 8 - Av. 5 - Calle 2 - Av. 7 San José Centro, Calle 4, Avs. 5 y 3
407	San José Centro, Av. 5, Calle 6 y 8 - Av. 5 - Calle 4 - Av. 9 - Calle 8 - Ruta 108 - Cruce de la Pozuelo - Ruta 3 - La Valencia - Ruta 103 - Panadería Musmanni - Av. 44 - Santo Domingo de Heredia - Calle 8 - Av. 0 - Ruta 5 - Ruta 115 - San Pablo de Heredia - Ruta 112 - Ruta 503 - Calle 5 - Av. 1 - San Rafael de Heredia, Calle 1, Avs. 0 y 1	San Rafael de Heredia, Calle 1, Avs. 0 y 1 - Av. 0 - Calle 5 - Ruta 503 - Ruta 112 - Ruta 115 - San Pablo de Heredia - - Ruta 5 - Av. 2 - Santo Domingo de Heredia - Av. 44 - Panadería Musmanni - Ruta 103 - La Valencia - Ruta 3 - Rotonda Juan Pablo II - Ruta 1 - Sector Sabana - Paseo Colón - Calle 14 - San José Centro, Av. 2, Calles 12 y 10

ANEXO D

BASE DE DATOS: DEMANDA MENSUAL STP DE ARESEP

En el siguiente cuadro se presenta la base de datos suministrada por ARESEP (2018) sobre la demanda mensual reportada para los meses de agosto 2017 a julio 2018 de las Rutas 10, 200, 217, 400, 400 BS, 402-421, 407 e Interlineas Uruca-Guadalupe y Uruca-Escazú.

Cuadro 4.1: Demanda Mensual del STP de Julio 2017 a Agosto 2018

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Barrio Corazón de Jesús	Ago	2017	11,432	12,425	993
10	Barrio Corazón de Jesús	Set	2017	14,053	15,307	1,254
10	Barrio Corazón de Jesús	Oct	2017	27,426	29,514	2,088

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Barrio Corazón de Jesús	Nov	2017	25,695	27,839	2,144
10	Barrio Corazón de Jesús	Dic	2017	23,517	25,483	1,966
10	Barrio Corazón de Jesús	Ene	2018	11,479	12,514	1,035
10	Barrio Corazón de Jesús	Feb	2018	11,421	12,416	995
10	Barrio Corazón de Jesús	Mar	2018	11,860	12,942	1,082
10	Barrio Corazón de Jesús	Abr	2018	10,420	11,366	946
10	Barrio Corazón de Jesús	May	2018	12,851	13,978	1,127
10	Barrio Corazón de Jesús	Jun	2018	11,690	12,769	1,079

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Hospital México por Pista	Ago	2017	123,597	133,031	9,434
10	Hospital México por Pista	Set	2017	107,176	115,273	8,097
10	Hospital México por Pista	Oct	2017	263,297	281,490	18,193
10	Hospital México por Pista	Nov	2017	261,786	280,564	18,778
10	Hospital México por Pista	Dic	2017	227,056	242,807	15,751
10	Hospital México por Pista	Ene	2018	119,601	128,384	8,783
10	Hospital México por Pista	Feb	2018	112,819	121,526	8,707
10	Hospital México por Pista	Mar	2018	110,311	118,506	8,195

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Hospital México por Pista	Abr	2018	114,229	123,050	8,821
10	Hospital México por Pista	May	2018	120,285	129,507	9,222
10	Hospital México por Pista	Jun	2018	118,762	127,508	8,746
10	Hospital México por Uruca	Ago	2017	69,415	75,068	5,653
10	Hospital México por Uruca	Set	2017	62,729	68,067	5,338
10	Hospital México por Uruca	Oct	2017	147,201	159,172	11,971
10	Hospital México por Uruca	Nov	2017	152,608	164,530	11,922
10	Hospital México por Uruca	Dic	2017	130,821	140,956	10,135

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Hospital México por Uruca	Ene	2018	72,738	78,028	5,290
10	Hospital México por Uruca	Feb	2018	64,033	69,100	5,067
10	Hospital México por Uruca	Mar	2018	60,728	65,262	4,534
10	Hospital México por Uruca	Abr	2018	65,499	71,069	5,570
10	Hospital México por Uruca	May	2018	65,015	70,697	5,682
10	Hospital México por Uruca	Jun	2018	65,986	71,459	5,473
10	La Carpio por Pista	Ago	2017	507,075	518,033	10,958
10	La Carpio por Pista	Set	2017	545,605	558,002	12,397

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	La Carpio por Pista	Oct	2017	1,103,801	1,126,103	22,302
10	La Carpio por Pista	Nov	2017	1,098,752	1,121,773	23,021
10	La Carpio por Pista	Dic	2017	1,111,411	1,134,433	23,022
10	La Carpio por Pista	Ene	2018	531,070	542,620	11,550
10	La Carpio por Pista	Feb	2018	527,736	539,379	11,643
10	La Carpio por Pista	Mar	2018	524,859	537,316	12,457
10	La Carpio por Pista	Abr	2018	515,181	527,025	11,844
10	La Carpio por Pista	May	2018	538,502	550,570	12,068

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	La Carpio por Pista	Jun	2018	533,901	545,447	11,546
10	La Carpio por Uruca	Ago	2017	225,298	231,910	6,612
10	La Carpio por Uruca	Set	2017	214,315	220,382	6,067
10	La Carpio por Uruca	Oct	2017	421,260	432,524	11,264
10	La Carpio por Uruca	Nov	2017	431,447	443,739	12,292
10	La Carpio por Uruca	Dic	2017	410,975	422,630	11,655
10	La Carpio por Uruca	Ene	2018	205,913	211,840	5,927
10	La Carpio por Uruca	Feb	2018	196,608	202,490	5,882

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	La Carpio por Uruca	Mar	2018	200,770	206,785	6,015
10	La Carpio por Uruca	Abr	2018	202,032	208,433	6,401
10	La Carpio por Uruca	May	2018	203,544	209,434	5,890
10	La Carpio por Uruca	Jun	2018	206,037	211,991	5,954
10	La Peregrina	Ago	2017	65,591	71,433	5,842
10	La Peregrina	Set	2017	59,144	64,377	5,233
10	La Peregrina	Oct	2017	136,935	148,431	11,496
10	La Peregrina	Nov	2017	136,975	148,847	11,872
10	La Peregrina	Dic	2017	127,188	139,487	12,299
10	La Peregrina	Ene	2018	61,541	66,893	5,352

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	La Peregrina	Feb	2018	57,880	63,024	5,144
10	La Peregrina	Mar	2018	55,237	60,614	5,377
10	La Peregrina	Abr	2018	55,707	60,827	5,120
10	La Peregrina	May	2018	58,414	63,892	5,478
10	La Peregrina	Jun	2018	58,706	64,102	5,396
10	León XIII	Ago	2017	235,511	252,205	16,694
10	León XIII	Set	2017	228,197	244,096	15,899
10	León XIII	Oct	2017	485,137	517,177	32,040
10	León XIII	Nov	2017	490,401	522,842	32,441
10	León XIII	Dic	2017	472,503	505,910	33,407
10	León XIII	Ene	2018	209,938	225,272	15,334
10	León XIII	Feb	2018	202,066	216,889	14,823

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	León XIII	Mar	2018	209,228	224,925	15,697
10	León XIII	Abr	2018	210,772	226,343	15,571
10	León XIII	May	2018	227,550	244,152	16,602
10	León XIII	Jun	2018	215,084	230,596	15,512
10	Parque de Diversiones	Ago	2017	14,089	14,358	269
10	Parque de Diversiones	Set	2017	525	531	6
10	Parque de Diversiones	Oct	2017	10,501	10,713	212
10	Parque de Diversiones	Nov	2017	7,302	7,451	149
10	Parque de Diversiones	Dic	2017	6,983	7,149	166

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Parque de Diversiones	Ene	2018	2,827	2,880	53
10	Parque de Diversiones	Feb	2018	703	740	37
10	Parque de Diversiones	Mar	2018	13,501	13,754	253
10	Parque de Diversiones	Abr	2018	9,764	9,969	205
10	Parque de Diversiones	May	2018	12,136	12,344	208
10	Parque de Diversiones	Jun	2018	13,217	13,457	240
10	Urbanización Rositer Carballo por Pista	Ago	2017	47,073	48,218	1,145
10	Urbanización Rositer Carballo por Pista	Set	2017	19,864	20,448	584

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Urbanización Rositer Carballo por Pista	Oct	2017	49,829	51,276	1,447
10	Urbanización Rositer Carballo por Pista	Nov	2017	51,284	52,717	1,433
10	Urbanización Rositer Carballo por Pista	Dic	2017	41,019	42,192	1,173
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Set	2017	19,057	19,520	463
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Oct	2017	45,495	46,763	1,268
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Nov	2017	46,208	47,435	1,227
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Dic	2017	36,301	37,329	1,028
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Ene	2018	42,634	43,777	1,143

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Feb	2018	43,524	44,731	1,207
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Mar	2018	40,044	41,188	1,144
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Abr	2018	43,763	44,997	1,234
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	May	2018	44,903	46,189	1,286
10	Urbanización Rositer Carballo por Uruca	Jun	2018	50,520	51,871	1,351
400	Guararí por Pista	Set	2017	88,814	90,720	1,906
400	Guararí por Pista	Oct	2017	92,278	94,497	2,219
400	Guararí por Pista	Nov	2017	92,129	94,061	1,932
400	Guararí por Pista	Dic	2017	84,343	85,435	1,092

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
400	Guararí por Pista	Ene	2018	88,753	90,275	1,522
400	Guararí por Pista	Feb	2018	83,128	84,486	1,358
400	Guararí por Pista	Mar	2018	86,035	87,411	1,376
400	Guararí por Pista	Abr	2018	87,774	89,184	1,410
400	Guararí por Pista	May	2018	95,498	97,075	1,577
400	Guararí por Pista	Jun	2018	93,778	95,329	1,551
400	Guararí por Pista	Jul	2018	99,886	101,967	2,081
400	Guararí por Uruca	Set	2017	72,065	76,038	3,973
400	Guararí por Uruca	Oct	2017	75,125	78,622	3,497
400	Guararí por Uruca	Nov	2017	73,510	77,790	4,280
400	Guararí por Uruca	Dic	2017	82,296	87,433	5,137
400	Guararí por Uruca	Ene	2018	70,969	75,343	4,374

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
400	Guararí por Uruca	Feb	2018	67,401	71,647	4,246
400	Guararí por Uruca	Mar	2018	69,625	74,138	4,513
400	Guararí por Uruca	Abr	2018	70,120	74,746	4,626
400	Guararí por Uruca	May	2018	67,994	72,810	4,816
400	Guararí por Uruca	Jun	2018	65,998	70,349	4,351
400	Guararí por Uruca	Jul	2018	72,697	76,591	3,894
400	Heredia por Uruca	Set	2017	205,555	218,042	12,487
400	Heredia por Uruca	Oct	2017	215,087	228,081	12,994
400	Heredia por Uruca	Nov	2017	217,565	230,552	12,987
400	Heredia por Uruca	Dic	2017	221,584	235,235	13,651
400	Heredia por Uruca	Ene	2018	223,212	236,862	13,650
400	Heredia por Uruca	Feb	2018	202,957	215,172	12,215

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
400	Heredia por Uruca	Mar	2018	207,738	220,012	12,274
400	Heredia por Uruca	Abr	2018	206,998	219,421	12,423
400	Heredia por Uruca	May	2018	216,337	228,560	12,223
400	Heredia por Uruca	Jun	2018	213,801	224,973	11,172
400	Heredia por Uruca	Jul	2018	220,678	232,223	11,545
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Ago	2017	79,463	102,616	7,267
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Set	2017	78,183	100,498	6,685
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Oct	2017	82,119	105,846	7,306
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Nov	2017	86,462	112,057	8,002

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Dic	2017	69,046	89,715	6,857
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Ene	2018	71,236	92,635	7,152
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Feb	2018	73,315	95,372	7,409
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Mar	2018	73,325	95,516	7,530
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Abr	2018	75,331	98,122	7,712
407	San Rafael de Heredia por Uruca	May	2018	78,864	102,848	8,256
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Jun	2018	77,596	101,378	8,314
407	San Rafael de Heredia por Uruca	Jul	2018	77,510	101,372	8,413

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
400 BS	Heredia por Pista	Ago	2017	246,362	254,471	12,721
400 BS	Heredia por Pista	Set	2017	233,626	244,688	11,062
400 BS	Heredia por Pista	Oct	2017	235,899	247,597	11,698
400 BS	Heredia por Pista	Nov	2017	238,850	250,579	11,729
400 BS	Heredia por Pista	Dic	2017	223,127	235,182	12,055
400 BS	Heredia por Pista	Ene	2018	213,266	223,986	10,720
400 BS	Heredia por Pista	Feb	2018	215,366	226,323	10,957
400 BS	Heredia por Pista	Mar	2018	234,634	245,768	11,134
400 BS	Heredia por Pista	Abr	2018	234,747	245,488	10,741
400 BS	Heredia por Pista	May	2018	230,847	243,229	12,382
400 BS	Heredia por Pista	Jun	2018	201,486	213,548	12,062
400 BS	Heredia por Pista	Jul	2018	204,165	216,263	12,098

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
402-421	Cenada	9	2017	197,457	204,252	6,795
402-421	Cenada	10	2017	199,546	206,730	7,184
402-421	Cenada	11	2017	202,843	210,573	7,730
402-421	Cenada	12	2017	176,455	183,896	7,441
402-421	Cenada	1	2018	173,787	180,541	6,754
402-421	Cenada	2	2018	184,454	191,278	6,824
402-421	Cenada	3	2018	185,995	193,024	7,029
402-421	Cenada	4	2018	188,584	195,383	6,799
402-421	Cenada	5	2018	201,604	208,847	7,243
402-421	Cenada	6	2018	191,780	199,038	7,258
402-421	Cenada	7	2018	183,406	190,383	6,977
402-421	La Aurora por Pista	Set	2017	191,064	199,898	8,834
402-421	La Aurora por Pista	Oct	2017	193,519	201,703	8,184
402-421	La Aurora por Pista	Nov	2017	197,522	206,586	9,064
402-421	La Aurora por Pista	Dic	2017	178,286	187,845	9,559
402-421	La Aurora por Pista	Ene	2018	190,457	200,345	9,888
402-421	La Aurora por Pista	Feb	2018	180,423	189,362	8,939

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
402-421	La Aurora por Pista	Mar	2018	182,970	192,323	9,353
402-421	La Aurora por Pista	Abr	2018	183,583	192,962	9,379
402-421	La Aurora por Pista	May	2018	193,350	202,973	9,623
402-421	La Aurora por Pista	Jun	2018	193,870	202,324	8,454
402-421	La Aurora por Pista	Jul	2018	200,709	209,429	8,720
402-421	La Aurora por Uruca	Set	2017	50,481	51,099	618
402-421	La Aurora por Uruca	Oct	2017	55,554	56,692	1,138
402-421	La Aurora por Uruca	Nov	2017	53,604	54,505	901
402-421	La Aurora por Uruca	Dic	2017	46,000	46,675	675
402-421	La Aurora por Uruca	Ene	2018	49,681	50,295	614
402-421	La Aurora por Uruca	Feb	2018	50,045	50,583	538
402-421	La Aurora por Uruca	Mar	2018	49,922	50,754	832

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
402-421	La Aurora por Uruca	Abr	2018	52,569	53,268	699
402-421	La Aurora por Uruca	May	2018	54,285	54,918	633
402-421	La Aurora por Uruca	Jun	2018	52,051	52,793	742
402-421	La Aurora por Uruca	Jul	2018	53,896	54,631	735
402-421	La Liliana	Set	2017	49,440	50,109	669
402-421	La Liliana	Oct	2017	50,877	51,616	739
402-421	La Liliana	Nov	2017	54,556	55,119	563
402-421	La Liliana	Dic	2017	43,479	43,895	416
402-421	La Liliana	Ene	2018	46,150	46,545	395
402-421	La Liliana	Feb	2018	48,529	48,937	408
402-421	La Liliana	Mar	2018	44,085	44,680	595
402-421	La Liliana	Abr	2018	44,606	45,248	642

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
402-421	La Liliana	May	2018	45,424	46,009	585
402-421	La Liliana	Jun	2018	45,410	45,896	486
402-421	La Liliana	Jul	2018	46,238	46,764	526
402-421	Santa Cecilia	Set	2017	41,431	41,648	217
402-421	Santa Cecilia	Oct	2017	43,824	44,195	371
402-421	Santa Cecilia	Nov	2017	44,030	44,440	410
402-421	Santa Cecilia	Dic	2017	37,332	37,534	202
402-421	Santa Cecilia	Ene	2018	38,818	39,086	268
402-421	Santa Cecilia	Feb	2018	38,406	38,687	281
402-421	Santa Cecilia	Mar	2018	38,452	38,642	190
402-421	Santa Cecilia	Abr	2018	39,402	39,682	280
402-421	Santa Cecilia	May	2018	42,107	42,301	194

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
402-421	Santa Cecilia	Jun	2018	39,518	39,751	233
402-421	Santa Cecilia	Jul	2018	42,084	42,433	349
I	Interlinea Uruca-Escazú	Ago	2017	18,769	20,132	1,363
I	Interlinea Uruca-Escazú	Set	2017	19,113	20,570	1,457
I	Interlinea Uruca-Escazú	Oct	2017	17,294	18,704	1,410
I	Interlinea Uruca-Escazú	Nov	2017	16,739	18,033	1,294
I	Interlinea Uruca-Escazú	Dic	2017	16,438	17,656	1,218
I	Interlinea Uruca-Escazú	Ene	2018	15,257	16,391	1,134
I	Interlinea Uruca-Escazú	Feb	2018	15,333	16,570	1,237
I	Interlinea Uruca-Escazú	Mar	2018	16,101	17,295	1,194
I	Interlinea Uruca-Escazú	Abr	2018	16,215	17,514	1,299
I	Interlinea Uruca-Escazú	Ago	2017	16,742	17,176	434

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
I	Interlinea Uruca-Escazú	Set	2017	15,771	16,242	471
I	Interlinea Uruca-Escazú	Oct	2017	16,604	17,070	466
I	Interlinea Uruca-Escazú	Nov	2017	16,132	16,589	457
I	Interlinea Uruca-Escazú	Dic	2017	12,317	12,771	454
I	Interlinea Uruca-Escazú	Ene	2018	13,385	13,921	536
I	Interlinea Uruca-Escazú	Feb	2018	13,819	14,288	469
I	Interlinea Uruca-Escazú	Mar	2018	13,932	14,431	499
I	Interlinea Uruca-Escazú	Abr	2018	13,102	13,647	545
I	Interlinea Uruca-Escazú	May	2018	15,870	16,511	641
I	Interlinea Uruca-Escazú	Jun	2018	14,917	15,569	652
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Ago	2017	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Set	2017	-	-	-

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Oct	2017	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Nov	2017	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Dic	2017	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Ene	2018	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Feb	2018	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Mar	2018	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Abr	2018	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	May	2018	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Jun	2018	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Jul	2018	-	-	-
I	Interlinea Uruca-Escazú	Ago	2017	25,456	27,920	2,464
I	Interlinea Uruca-Escazú	Set	2017	26,678	28,952	2,274

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
I	Interlinea Uruca-Escazú	Oct	2017	25,257	27,714	2,457
I	Interlinea Uruca-Escazú	Nov	2017	27,934	30,505	2,571
I	Interlinea Uruca-Escazú	Dic	2017	21,042	23,206	2,164
I	Interlinea Uruca-Escazú	Ene	2018	25,092	27,437	2,345
I	Interlinea Uruca-Escazú	Feb	2018	25,172	27,483	2,311
I	Interlinea Uruca-Escazú	Mar	2018	25,731	28,267	2,536
I	Interlinea Uruca-Escazú	Abr	2018	25,183	27,572	2,389
I	Interlinea Uruca-Escazú	May	2018	26,301	28,792	2,491
I	Interlinea Uruca-Escazú	Jun	2018	25,369	27,934	2,565
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Ago	2017	30,690	33,494	2,804
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Set	2017	28,968	31,624	2,656
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Oct	2017	31,009	33,708	2,699

Continuación del cuadro 4.1

Ruta	Descripción de Ramal	Mes	Año	Pasajero Equivalente	Pasajeros Totales	Pasajeros Adulto Mayor
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Nov	2017	32,629	35,539	2,910
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Dic	2017	25,307	28,057	2,750
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Ene	2018	24,840	27,275	2,435
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Feb	2018	30,391	33,234	2,843
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Mar	2018	27,564	30,138	2,574
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Abr	2018	29,429	32,226	2,797
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	May	2018	33,196	36,213	3,017
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Jun	2018	29,704	32,443	2,739
I	Interlinea Uruca-Guadalupe	Jul	2018	29,134	31,904	2,770

ANEXO E

MATRIZ ORIGEN/DESTINO

En el siguiente cuadro se presenta la matriz Origen Destino reportada por Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015) para el AMSJ.

Cuadro 5.1: Matriz Origen destino parte 1

O/D	Alajuelita	Aserrí	Curridabat	Desamparados	Escazú	Exterior
Alajuelita	4.061	443	382	1.090	943	1.396
Aserrí	443	1.361	532	4.085	512	1.134
Curridabat	382	532	10.097	1.996	1.632	3.589
Desamparados	1.090	4.085	1.996	20.091	1.748	8.376
Escazú	943	512	1.632	1.748	2.960	1.904
Exterior	1.396	1.134	3.589	8.376	1.904	20.111
Flores	0	0	235	0	0	282
Goicoechea	1.225	194	2.067	2.718	1.669	5.162
Heredia	329	486	2.137	3.174	245	5.420
La Unión	1.049	540	1.121	4.579	929	7.439
Montes de Oca	389	815	4.159	1.544	1.277	3.028
Mora	0	0	143	0	0	121
Moravia	546	194	1.071	1.804	765	2.529
San Isidro	0	0	0	143	0	0
San José	11.102	5.195	17.093	30.221	10.894	20.118
San Pablo	0	0	325	155	0	0
San Rafael	0	0	0	0	0	0
Santa Ana	218	0	309	233	1.426	1.729
Santo Domingo	0	143	0	661	0	1.056
Tibás	452	350	1.208	1.732	351	2.170
Vazquez de Coronado	199	0	1.022	992	433	1.875
Total	23.826	15.985	49.117	85.343	27.689	87.439

Cuadro 5.2: Matriz Origen destino parte 2

O/D	Flores	Goicoechea	Heredia	La Unión	Montes de Oca	Mora
Alajuelita	0	1.225	329	1.049	389	0
Aserri	0	194	486	540	815	0
Curridabat	235	2.067	2.137	1.121	4.159	143
Desamparados	0	2.718	3.174	4.579	1.544	0
Escazú	0	1.669	245	929	1.277	0
Exterior	282	5.162	5.420	7.439	3.028	121
Flores	0	0	180	0	0	0
Goicoechea	0	8.758	2.181	2.115	1.709	388
Heredia	180	2.181	1.445	2.851	1.066	221
La Unión	0	2.115	2.851	18.248	774	221
Montes de Oca	0	1.709	1.066	774	5.124	441
Mora	0	388	221	221	441	883
Moravia	0	2.378	1.002	885	1.393	0
San Isidro	0	0	520	0	0	0
San José	823	15.796	13.386	14.594	5.829	1.905
San Pablo	0	0	147	0	260	0
San Rafael	0	0	260	0	130	0
Santa Ana	0	616	0	443	647	0
Santo Domingo	0	347	1.435	570	214	0
Tibás	0	1.537	721	1.398	886	291
Vazquez de Coronado	0	2.996	508	443	1.096	90
Total	1.520	51.858	37.715	58.198	30.780	4.705

Cuadro 5.3: Matriz Origen destino parte 3

O/D	Moravia	San Isidro	San José	San Pablo	San Rafael
Alajuelita	546	0	11.102	0	0
Aserri	194	0	5.195	0	0
Curridabat	1.071	0	17.093	325	0
Desamparados	1.804	143	30.221	155	0
Escazú	765	0	10.894	0	0
Exterior	2.529	0	20.118	0	0
Flores	0	0	823	0	0
Goicoechea	2.378	0	15.796	0	0
Heredia	1.002	520	13.386	147	260
La Unión	885	0	14.594	0	0
Montes de Oca	1.393	0	5.829	260	130
Mora	0	0	1.905	0	0
Moravia	1.821	0	9.056	78	0
San Isidro	0	660	1.275	260	0
San José	9.056	1.275	92.849	1.323	0
San Pablo	78	260	1.323	0	0
San Rafael	0	0	0	0	520
Santa Ana	423	0	6.412	0	0
Santo Domingo	345	520	3.534	0	0
Tibás	302	0	10.838	520	0
Vazquez de Coronado	645	0	6.129	260	0
Total	25.239	3.378	278.374	3.328	910

Cuadro 5.4: Matriz Origen destino parte 4

O/D	Santa Ana	Santo Domingo	Tibás	Vazquez de Coronado	Total
Alajuelita	218	0	452	199	23.826
Aserrí	0	143	350	0	15.985
Curridabat	309	0	1.208	1.022	49.117
Desamparados	233	661	1.732	992	85.343
Escazú	1.426	0	351	433	27.689
Exterior	1.729	1.056	2.170	1.875	87.439
Flores	0	0	0	0	1.520
Goicoechea	616	347	1.537	2.996	51.858
Heredia	0	1.435	721	508	37.715
La Unión	443	570	1.398	443	58.198
Montes de Oca	647	214	886	1.096	30.780
Mora	0	0	291	90	4.705
Moravia	423	345	302	645	25.239
San Isidro	0	520	0	0	3.378
San José	6.412	3.534	10.838	6.129	278.374
San Pablo	0	0	520	260	3.328
San Rafael	0	0	0	0	910
Santa Ana	7.136	0	535	515	20.640
Santo Domingo	0	3.423	353	323	12.924
Tibás	535	353	2.324	682	26.650
Vazquez de Coronado	515	323	682	5.597	23.806
Total	20.640	12.924	26.650	23.806	869.426

Referencias

- AASHTO (2004). *Guide for high-occupancy vehicle facilities [Guía para la infraestructura de vehículos de alta capacidad]* (1 ed.). Washington D.C., Estados Unidos: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Alvarez, R. (2017). *Análisis de prefactibilidad técnica de un sistema de transporte masivo de San José*. San José, Costa Rica: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.
- Alvarez, S. (2018). *Análisis de implementación de un sistema de buses de tránsito rápido para el corredor Moravia-Guadalupe-Coronado*. Trabajo final de graduación para obtener el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- ARESEP (2018). Datos de demanda del año 2017 y 2018 de las Rutas 10, 200, 217, 400, 400 BS, 402-421, 407 e interlineas. Obtenidos por solicitud a la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.
- ARESEP (2019). Tarifas. Recuperado de <https://aresep.go.cr/autobus/tarifas>.
- Boklis, R. (2016). *Determinação da importância das características que influenciam a distância de caminhada de acesso ao transporte público [Determinación de la importancia de las características que influyen en la distancia de caminata para acceder al transporte público]* (1 ed.), volume 1. Porto Alegre: Universidade Federal de Rio Grande do Sul.
- CAF (2009). Indicadores latinoamericanos de transporte público. Recuperado el 30 de Octubre del 2019 de <https://www.caf.com>.

- CAF (2011). Desarrollo urbano y movilidad en América Latina. Informe final, Corporación Andina de Fomento.
- Cal, R., Mayor, R., & Jámes, G. (2000). *Ingeniería de Tránsito* (1 ed.), volume 1. Alfa Omega, Santa Fé, Bogotá, Colombia.
- Castillo, K. & Quirós, F. (2018). Propuesta sistema de transporte público del Área Metropolitana de Cartago, Costa Rica. Proyecto final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Cháves, G. & Hernández, H. (2015). Desempeño y calidad de servicio de autobuses externos de la Universidad de Costa Rica. *Infraestructura Vial*, 17(30), 13–2.
- Consorcio EPYPSA - SIGMA GP (2015). Apoyo al modelo general de sectorización al transporte público de San José, Costa Rica. Informe Final 2, Banco Interamericano de Desarrollo.
- CTP (2019). Expedientes de las rutas de bus 10, 400, 400 BS, 402-421 y 407. Consejo de Transporte Público.
- Google Earth (2019). Fotografía aérea.
- Hernández, H. (2018a). Fotografía de sistema transcaribe, cartagena, colombia.
- Hernández, J. (2018b). Estructuración de proyectos de transporte de personas. Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Civil.
- INEC (2011a). Censo 2011. Microdatos.
- INEC (2011b). Microdatos del censo 2011. Shapefile. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Inteco (2003a). INTE W13:2003 Requisitos técnicos de los vehículos de transporte colectivo urbano, público y privado accesibles. Normativa Nacional.
- Inteco (2003b). INTE W14:2003 Requisitos técnicos de los vehículos de transporte colectivo urbano, público y privado accesibles. Normativa Nacional.

- Inteco (2007). INTE W15:2007 Requisitos técnicos para la construcción de las paradas de los vehículos de transporte público colectivo. Normativa Nacional.
- Inteco (2018a). INTE W1-1:2018 Accesibilidad al medio físico. Edificaciones. Requisitos persona-sistema. Normativa Nacional.
- Inteco (2018b). INTE/ISO 9241-151:2018 Ergonomía de la interacción persona-sistema. Normativa Nacional.
- Inteco (2018c). INTE/ISO 9241-20:2018 Ergonomía de la interacción persona-sistema. Parte 20: Pautas de accesibilidad para equipos y servicios de tecnologías de información/comunicación (TIC). Normativa Nacional.
- ITCR (2014). Atlas de Costa Rica 2014. Shapefile. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal.
- ITDP (2010). Guía de planificación de sistemas BRT [resumen]. Resumen, Institute for Transportation and Development Policy.
- ITDP (2013). Jerarquía de la movilidad urbana (pirámide). <http://mexico.itdp.org/multimedia/infografias/jerarquia-de-la-movilidad-urbana-piramide/>.
- ITDP (2017). *The Bus Rapid Transit Planning Guide [La guía de planificación de Buses de Tránsito Rápido]* (4 ed.), volume 1. ITDP, New York, Estados Unidos.
- Kirby, R. & Miller, G. (1983). *RA Case Book of Short-Range Actions to improve public transportation [Un libro de casos de acciones de corto plazo para improvisar el transporte público]* (1 ed.), volume 1. Urban Mass Transportation Administration, Washington D.C., Estados Unidos.
- Lanamme (2016). Estado de la red vial nacional. Shapefile.
- Lanamme (2019). Red vial nacional 2012. Shapefile.

- L.C.R. Logística S.A. (1999). Reorganización del Transporte Público Colectivo en el Área Metropolitana de San José. Informe Final 1, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Ley N°3503 (1965). Ley reguladora del transporte remunerado de personas en vehículos automotores. Diario Oficial La Gaceta.
- Ley N°7969 (1999). Ley reguladora del servicio público de transporte remunerado de personas en vehículos en la modalidad de taxi. Diario Oficial La Gaceta.
- Loría, L., Barrante, R., Jiménez, D., Lezama, V., Morales, M., Rodríguez, J., Sequeira, W., & Vega, P. (2014). Vigésimo primer informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano. Informe Final 21, Estado de la Nación.
- Martínez, T. (2011). Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica: avances y desafíos [versión electrónica]. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 5(9), 70–87.
- Molinero, A. & Sánchez, L. (2002). *Transporte Público: Planeación, diseño, operación y Administración* (1 ed.), volume 1. Universidad Autónoma de México (UNAM), México D.F., México.
- MOPT (1987). Decreto Ejecutivo N° 17415-MOPT. Diario Oficial La Gaceta.
- MOPT (2011a). Plan Nacional de Transportes de Costa Rica. Resumen, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- MOPT (2011b). Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035. Informe final, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- MOPT (2019). Reporte del tránsito promedio diario. Recopilado el 18 de setiembre de <https://sig.mopt.go.cr:8084/transito/tpd.php>.
- Municipalidad de San José (2005). Plan Director Urbano del Cantón de San José. Plan regulador, Municipalidad de San José.

- Municipalidad de San José (2019). Zonificación del Distrito Uruca. Recuperado el 20 de junio del 2019 de <https://www.msj.go.cr/MSJ/DatosAbiertos/SitePages/zonificacion.aspx>.
- Municipalidad de San Pablo (2019). Zonificación del Cantón de San Pablo. Entregado por la Municipalidad.
- Municipalidad de Santo Domingo (2019). Zonificación del Cantón de Santo Domingo. Entregado por la Municipalidad.
- Navarro, P. (2014). Nueva terminal Trans-Pública Cartago. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Arquitectura, Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica.
- Obando, S. (2014). Estación intermodal universitaria San Pedro. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Arquitectura, Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica.
- PlanGAM (2013). Movilidad. Informe, Plan de Desarrollo Urbano para el Gran Área Metropolitana.
- Posada, John & González, C. (2010). Metodología para estudio de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales. *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquía*, 1(53), 106–118.
- PRODUS-UCR (2015). Contratación de servicios profesionales para la elaboración de auditorías de demanda, en las rutas del servicio de transporte remunerado de personas modalidad, autobús que brindan el servicio en los corredores San José – Heredia y San José – Moravia. Informe 2, Proyecto de Investigación en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica.
- PRUGAM (2008). Tomo VI-Resumen ejecutivo. Informe técnico, Programa Regional Urbano del Gran Área Metropolitana de Costa Rica.
- Pticina, I. (2011). The methodology of data collection about public transport service quality [Metodología para la recolección de datos sobre la calidad del servicio del transporte público]. In *11th International Conference Reliability and Statistics in Transportation and Communication*, (pp. 155–164).

- Quesada, L., Campos, X., Inga, B., Jimenez, M., & Reyes, G. (2017). Plan de desarrollo municipal 2017-2018. Plan regional de desarrollo, Municipalidad de San José.
- Quirós, C. (2014). Diseño de un Sistema de Bus de Tránsito Rápido para el corredor San José - Curridabat. Tesis para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.
- Registro Nacional de Costa Rica (2019). Consultas gratuitas. Recuperado en julio del 2019 de <https://www.rnpdigital.com/shopping/consultaDocumentos/indiceDocumentos.jsp>.
- Rodriguez-Gonzalez, M. & Agüero-Valverde, J. (2017). Walking distances from home to bus stops in San José, Costa Rica: real, perceived, and stated-preference distances [Distancias de caminata desde la casa hasta la parada del bus en San José, Costa Rica: real, percibida y preferencias de caminata]. *Advances in Transportation Studies: an international Journal*, Section B 43.
- Rodríguez, M. (2015). Análisis del nivel de servicio del transporte público en buses de acuerdo a su accesibilidad en el Área Metropolitana de San José. Tesis para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.
- Sanabria, D. (2017). Desarrollo de una metodología para la identificación de territorios con potencial para la ubicación de vivienda de interés social en la Gran Área Metropolitana. Tesis para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.
- SIECA (2000). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010* (1 ed.). Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
- SIECA (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras* (3 ed.). San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes y Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales.
- SIECA (2014). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito* (1 ed.). San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes y Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales.
- SNIT (2018). Servicio OGC. Shapefile. Sistema Nacional de Información Territorial.

- Solano, R. (2013). Análisis del corredor de Pavas para la mejora del servicio de transporte público. Tesis para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.
- TCRP (2002). *Report 88. A guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System [Reporte 88. Una guía para el desarrollo de sistemas masivos de tránsito rápido]* (88 ed.). Washington, Estados Unidos: Transportation Research Board.
- TCRP (2003a). *Report 90: Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit [Reporte 90: Volumen 1: Casos de estudio en Buses de Tránsito Rápido]* (90 ed.). Washington, Estados Unidos: Transportation Research Board.
- TCRP (2003b). *Report 90: Volume 2: Implementation guidelines [Reporte 90: Volumen 2: Guía de implementación]* (90 ed.). Washington, Estados Unidos: Transportation Research Board.
- TCRP (2013). *Report 165: Transit Capacity and Quality of Service Manual [Reporte 165: Manual de capacidad y calidad del servicio]* (165 ed.). Washington, Estados Unidos: Transportation Research Board.
- Transportation Research Board (2000). *Highway Capacity Manual [Manual de Capacidad para Carreteras]* (1 ed.), volume 1. Library of Congress: Washington D.C., Estados Unidos.
- Transportes Ruta 407-409 (2019). Horarios. Recuperado de <http://www.ruta407-409.com/horarios/>.
- Urazán, C., V. E. . G. E. . (2012). Ascenso y descenso de pasajeros de transporte público colectivo. *Revista Épsilon*, 1(18), 31–44.
- Vuchic, V. (2007). *Urban Transit Systems and Technology [Sistemas de Transporte Urbano y su tecnología]* (1 ed.), volume 1. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, Estados Unidos.