CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Giannina Ortiz Quesada, Arq. Carlos Ugalde Hernández, Ing. Alejandro Medina Angulo, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO ADOLFO ROJAS MOYA (FIRMA)
Firmado digitalmente por GUSTAVO ADOLFO ROJAS MOYA (FIRMA)
Fecha: 2021.02.03 17:17:46 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director

GIANNINA ORTIZ QUESADA (FIRMA)
Firmado digitalmente por GIANNINA ORTIZ QUESADA (FIRMA)
Fecha: 2021.02.02 10:10:33 -06'00'

Ing. Giannina Ortiz Quesada.
Profesor Guía

CARLOS MANUEL UGALDE HERNANDEZ (FIRMA)
Firmado digitalmente por CARLOS MANUEL UGALDE HERNANDEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.02.02 17:49:30 -06'00'

Arq. Carlos Ugalde Hernández.
Profesor Lector

EZEQUIEL ALEJANDRO MEDINA ANGULO (FIRMA)
Digitally signed by EZEQUIEL ALEJANDRO MEDINA ANGULO (FIRMA)
Date: 2021.02.04 09:00:18 -06'00'

Ing. Alejandro Medina Angulo.
Profesor Observador

Análisis y propuesta de mejora de la vialidad del centro urbano de San Isidro de Pérez Zeledón

Abstract

This project was developed on Traffic Engineering and Urban Planning area, and is supported by the Road Management Office of the Municipality of Perez Zeledon. Its aim pursuit is the analysis of the actual road infrastructure to create a proposed solution that optimizes the movement of vehicles and pedestrians, which focuses on the transport hierarchy. Within its concepts, is the identity of the study area, the vehicle and pedestrian counts, calculate the necessary factors for the modulations and level services, modulate the current situation and proposed solutions in order to make comparisons between them and place integral solutions. Developed were two proposed solutions, the first solution had a short-term focus, giving priority in the optimization use of the existing road infrastructure and the second solution concentrated on a long term, applying improvements aimed for the transport hierarchy, which prioritizes the pedestrian and collective transport. A significant problem was identified in the actual vehicular flow and the current conditions of the urban center. In addition, according to the projections, this actual scenario will worsen considerably after 5 years, which is necessary for the immediate intervention by the proposed solutions and recommendations established.

Key words: Traffic Engineering, Urban planning, Vehicle and pedestrian counting, service levels, transport hierarchy.

Resumen

El presente proyecto se desarrolla en el área de Ingeniería de Tránsito y Urbanismo, con la colaboración de la oficina de Gestión Vial de la Municipalidad de Pérez Zeledón, y tiene como objetivo el análisis de la infraestructura vial existente; y una propuesta de solución que optimice el flujo vehicular y peatonal, enfocada en la jerarquización del transporte. Entre sus contenidos están: la identificación de la zona de estudio, realización de conteos vehiculares y peatonales, cálculo de factores para modelaciones y niveles de servicio, realización de modelaciones de situación actual y propuestas de solución con el fin de realizar comparaciones entre sí e identificar soluciones óptimas. Se desarrollan 2 propuestas de solución, la primera enfocada a un corto plazo dando prioridad al aprovechamiento de la infraestructura vial existente y la segunda para realizarse a largo plazo, aplicando mejoras encaminadas a una jerarquización del transporte otorgándole prioridad al peatón y transporte colectivo. Se identificó un problema importante en el flujo vehicular y en las condiciones actuales del centro urbano, además, según las proyecciones este escenario empeorará considerablemente durante el transcurso de 5 años, lo cual es necesario la intervención inmediata por medio de las propuestas de solución y recomendaciones establecidas.

Palabras claves: Ingeniería de Tránsito, Urbanismo, conteos vehiculares y peatonales, niveles de servicio, jerarquización del transporte.

Análisis y propuesta de mejora de la vialidad del centro urbano de San Isidro de Pérez Zeledón

LUIS ARMANDO AGÜERO ELIZONDO
MARVIN DAVID BARRANTES TIFFER

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre del 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Índice

Índice de figuras 2

Índice de cuadros 5

Resumen Ejecutivo 11

Introducción 14

Alcances y limitaciones 16

Marco Teórico 18

Metodología 36

Resultados 51

Análisis de los resultados 139

Conclusiones 154

Recomendaciones 155

Apéndices 159

Anexos 206

Índice de figuras

1. Mapa de Costa Rica con la ubicación del cantón de Pérez Zeledón. 7
2. Mapa de límites distritales de Pérez Zeledón y ubicación del distrito de San Isidro de El General. 8
3. Mancha urbana para la ciudad de San Isidro del General. 8
4. Mapa de Inundaciones de San Isidro del General 9
5. Ciclo de tránsito inducido. 19
6. Jerarquización del Transporte. 22
7. Ejemplo de intermodalidad. 23
8. Ejemplo de estación intermodal Leaf Park, Bogotá, Colombia. 24
9. Zonificación uso de suelos de San Isidro de Pérez Zeledón, 1997. 26
10. Intersección ejemplo, Avenida 0 - Ruta Nacional 243. 31
11. Flujo-grama de metodología. 36
12. Conteos peatonales 45
13. Modelación en 3D del centro de San Isidro de Pérez Zeledón. 46
14. Ingreso de conteos vehiculares para la intersección C. 46
15. Ejemplo de salida para la función simulación de tráfico, intersección C. 47
16. Clasificación de niveles de servicio 48
17. Diagrama de Resultados 51
18. Zonificación actual de San Isidro de Pérez Zeledón. 52
19. Delimitación aproximada de la zona de estudio. 53
20. Principales centros de atracción del casco central San Isidro de Pérez Zeledón. 54
21. Sentido de vías del casco central San Isidro de Pérez Zeledón. 55
22. Ingresos y salidas del casco central San Isidro de Pérez Zeledón. 56
23. Ubicación de paradas de taxis e ingresos y salidas de terminales de buses. . . . 57
24. Ubicación de estacionamientos con boleta. 58
25. Visita al sitio de estudio, centro de San Isidro de Pérez Zeledón 59
26. Parqueo indebido (línea amarilla), obstaculización del flujo del carril izquierdo, sobre la Ruta Nacional 243 (Calle 0). 59
27. Estacionamiento a ambos lados de la Calle 1. 60
28. Identificación de intersecciones con problemas de congestionamiento vial. Avenida 2-Ruta Nacional 2. 60
29. Acera en mal estado e inexistencia de rampas peatonales para cruzar la calle. Avenida 2-Ruta Nacional 243. 61
30. Representación gráfica de la intersección A. 63
31. Representación gráfica de la intersección B. 64
32. Representación gráfica de la intersección C. 66
33. Representación gráfica de la intersección D. 67
34. Representación gráfica de la intersección E. 69
35. Representación gráfica de la intersección F. 70

36. Detalle de escenarios, fases y tiempos de los semáforos de la intersección A. . . 75
37. Detalle de escenarios, fases y tiempos de los semáforos de la intersección B. . . 76
38. Detalle de escenarios, fases y tiempos de los semáforos de la intersección C. . . 77
39. Retardo promedio y cola para acceso norte. 81
40. Retardo promedio y cola para acceso norte. 82
41. Retardo promedio y cola para acceso sur. 84
42. Retardo promedio y cola para acceso oeste. 86
43. Mapa de intensidad vehicular. 98
44. Movimientos peatonales en las intersecciones. 99
45. Interacción peatonal al mediodía en intersección A. 101
46. Interacción peatonal al mediodía en intersección B. 103
47. Interacción peatonal al mediodía en intersección C. 105
48. Volúmenes máximos peatonales horario matutino. 106
49. Volúmenes máximos peatonales horario meridiano. 107
50. Volúmenes máximos peatonales horario vespertino. 108
51. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección A. 111
52. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección B. 111
53. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección C. 112
54. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección D. 112
55. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección E. 113
56. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección F. 113
57. Niveles de servicio en color celeste (Demoras menores a 28 s) para la propuesta de solución 1 para el tiempo actual. 114
58. Tiempos del semáforo en la Intersección A para la propuesta de solución 1. . . 115
59. Tiempos del semáforo en la Intersección B para la propuesta de solución 1. . . 115
60. Tiempos del semáforo en la Intersección C para la propuesta de solución 1. . . 116
61. Comparación entre situación actual y propuesta de solución 1 con semáforos optimizados para el horario nocturno. 117
62. Eliminación de parqueos sobre la Avenida 2. 118
63. Detalle de la intersección A para la propuesta de solución 1. 119
64. Detalle de la intersección B para la propuesta de solución 1. 120
65. Habilitación de 2 carriles, zona de parqueos y zona de carga y descarga. 121
66. Detalle de la intersección C para la propuesta de solución 1. 122
67. Detalles de la intersección D. 123
68. Detalles de la intersección E. 124
69. Detalles de la intersección F. 125
70. Tiempos del semáforo sobre la intersección F. 126

71. Niveles de servicio aceptables para demandas vehiculares proyectadas a 5 años sobre la intersección F. 127
72. Propuesta del sistema "Park and Ride" 128
73. Calles destinadas como Bulevar peatonal. 130
74. Propuesta de solución 2. 131
75. Actualización y propuesta de sentidos de vías para el casco central de Pérez Zeledón. 132
76. Ubicación de intersecciones para propuesta de solución 2. 133
77. Niveles de servicio de la modelación en 3D para la propuesta 2 con volúmenes vehiculares actuales. 135
78. Niveles de servicio de la modelación en 3D para la propuesta 2 con volúmenes vehiculares proyectados a 15 años. 136
79. Zonificación actual del centro de Pérez Zeledón 136
80. Propuesta de nueva zonificación de suelos. 137
81. Propuesta de Bulevar sobre la calle 0 138
82. Propuesta de bulevar para la intersección B. 138
83. Congestionamiento provocado por la intersección de Brasilia 140
84. Niveles de servicio actuales y optimizados para intersecciones semaforizadas. . 144
85. Niveles de servicio en San Isidro para el horario nocturno dentro de 15 años. . 146

Índice de cuadros

1. Volumen vehicular del acceso Norte en la intersección A (Avenida 0 - Ruta Nacional 243). . . . 41
2. Hora pico de la intersección A (Avenida 0 - Ruta Nacional 243). . . . 42
3. Factor hora pico y porcentaje de pesados para acceso Norte de la intersección A. 43
4. Factor hora pico y porcentaje de pesados para acceso Este de la intersección A. 43
5. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección A de la Ruta Nacional 243-Avenida Central. . . . 62
6. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección B de la Ruta Nacional 243-Avenida 2. . . . 63
7. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección C, Avenida 4-Ruta Nacional 243. . . . 65
8. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección D, Avenida 2-Calle1. . . . 67
9. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección E, Avenida 2-Calle 3. . . . 68
10. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección F, Avenida 2- Calle 5 - Ruta Nacional 2. . . . 70
11. Conteos vehiculares y hora pico de acceso norte en el acceso norte. . . . 71
12. Conteos vehiculares, hora pico de acceso este y hora pico de la intersección A. 71
13. Factor de hora pico y porcentaje de pesados del acceso norte. . . . 72
14. Factor de hora pico y porcentaje de pesados del acceso este. . . . 72
15. Resumen de horas pico e intensidades máximas para cada intersección 73
16. Resumen de conteos vehiculares más críticos. . . . 74
17. Demoras, colas y niveles de servicio de la intersección A. . . . 76
18. Demoras, colas y niveles de servicio de la intersección B. . . . 77
19. Demoras, colas y niveles de servicio de la intersección C. . . . 78
20. Optimización de los volúmenes vehiculares críticos para modelación de intersecciones. . . . 79
21. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección A. . . . 81
22. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección B. . . . 82
23. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección C. . . . 83
24. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección D. . . . 84
25. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección E. . . . 85
26. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección F. . . . 86
27. Tasa de crecimiento y factor de crecimiento. . . . 88
28. Proyecciones volúmenes vehiculares a 5 años. . . . 89
29. Niveles de servicio para intersección A y B. . . . 90
30. Niveles de servicio para intersección C y D. . . . 90
31. Niveles de servicio para intersección E y F. . . . 91
32. Proyecciones volúmenes vehiculares a 10 años. . . . 92
33. Niveles de servicio para intersección A y B. . . . 93

34. Niveles de servicio para intersección C y D. 93
35. Niveles de servicio para intersección E y F. 94
36. Proyecciones volúmenes vehiculares a 15 años. 95
37. Niveles de servicio para intersección A y B. 96
38. Niveles de servicio para intersección C y D. 96
39. Niveles de servicio para intersección E y F. 97
40. Resultados de flujo peatonal en la intersección A. 100
41. Resultados de flujo peatonal en la intersección B. 102
42. Resultados de flujo peatonal en la intersección C. 104
43. Volúmenes máximos peatonales para cada intersección. 106
44. Niveles de servicio para intersecciones A, B y C. 109
45. Niveles de servicio para intersecciones D, E y F. 110
46. Niveles de servicio actuales y optimizados para intersecciones semaforizadas. . 116
47. Justificación colocación de semáforo sobre la intersección F. 126
48. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, situación actual. 134
49. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, proyección 5 años. 134
50. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, proyección 10 años. 134
51. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, proyección 15 años. 135

Prefacio

Uno de los mayores problemas que ha traído consigo el crecimiento de las ciudades en Costa Rica ha sido la ineficiencia en el desarrollo, mantenimiento y organización de las vías públicas. San Isidro del General no se escapa a dicha problemática, su aumento acelerado de volúmenes vehiculares, así como su crecimiento sin una lógica de ordenamiento territorial se ha visto reflejado en atascos de tráfico, un aumento en los accidentes de tránsito y un alto porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero en el ambiente.
Ante tal situación, es necesario realizar un estudio del estado actual de las condiciones de los sistemas de movilidad del centro urbano de Pérez Zeledón, identificar aquellas causas de las problemáticas en su vialidad y proponer soluciones de movilidad que beneficien a la ciudades y los individuos.

Figura 1. Mapa de Costa Rica con la ubicación del cantón de Pérez Zeledón.
Fuente: Elaboración propia, utilizando el visor de SNIT.

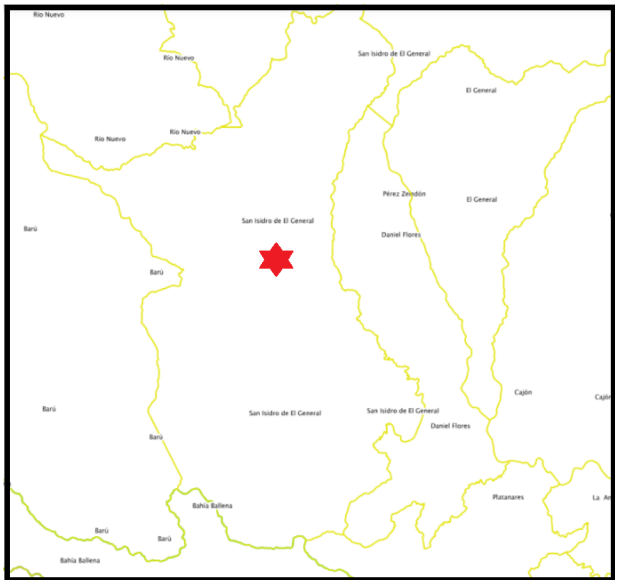


Figura 2. Mapa de límites distritales de Pérez Zeledón y ubicación del distrito de San Isidro de El General.

Fuente: Elaboración propia, utilizando el visor de SNIT.

Actualmente Pérez Zeledón cuenta con una población aproximada de 143 117 habitantes según datos del INEC. Durante el periodo del 2000 al 2011 su crecimiento poblacional anual fue del 0,9 %. Su dinámica poblacional se ha visto afectada por procesos migratorios, especialmente hacia los Estados Unidos, limitantes físicas en su topografía y un sistema radial de carreteras que limitan su desarrollo a un comercio interno de la zona.

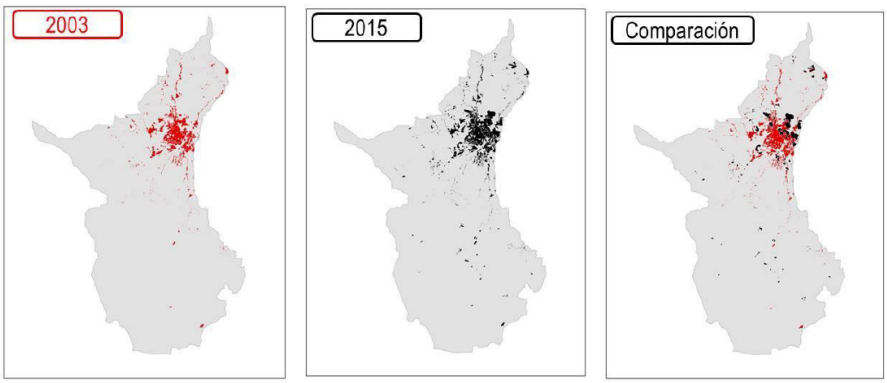


Figura 3. Mancha urbana para la ciudad de San Isidro del General.
Fuente: **Informe Estado de La Nación, 2017**.

Dentro de su topografía, Pérez Zeledón presenta una superficie muy quebrada, los distritos que tienen la superficies más planas consisten en Daniel Flores, General Viejo y por último San Isidro del General. La mayor cantidad de población se ubica en los distritos de San Isidro del General y Daniel Flores con una densidad de 48 243 y 35 453 habitantes respectivamente.

Sin embargo, de los distritos antes mencionados, San Isidro es el que menor superficies planas posee. Su centro urbano se caracteriza por tener terrenos con pendientes fuertes en el sector oeste.

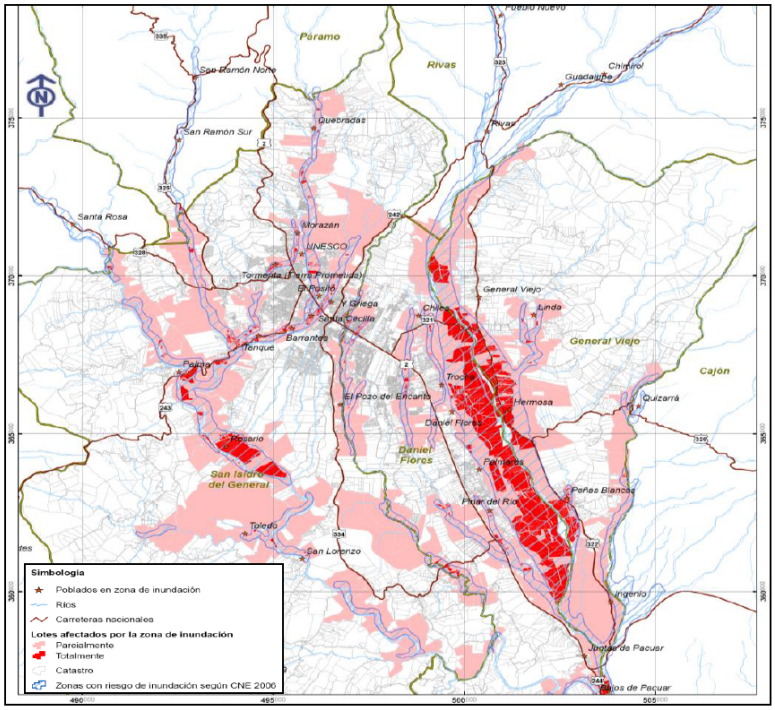


Figura 4. Mapa de Inundaciones de San Isidro del General
Fuente: **Informe Estado de La Nación, 2017**

Cabe destacar que alrededor del centro urbano se ubican una gran cantidad de zonas susceptibles a las inundaciones y desastres por fenómenos naturales, esto provoca que la expansión de la zona urbana se vea limitada.
La Ruta Nacional 2 es una de las principales vías del país, tiene la función de ser la conexión directa entre los poblados de la zona sur del país y el Valle Central. En este caso, para el cantón de Pérez Zeledón la ruta es un eje importante ya que atraviesa su casco urbano y permite la conectividad entre distintos barrios y centros poblados cercanos a San Isidro del General. Por lo tanto es importante la revisión constante de las condiciones viales de esta ruta; así como su efectiva funcionalidad en donde su flujo vehicular se mantenga continuo.
Existe un exceso de estacionamientos en las calles de San Isidro, sus macro cuadrículas no son uniformes y no se promueve una movilidad sostenible. Su transporte público tiene una estructura radial que finaliza en el centro urbano y limita que la población pueda trasladarse entre barrios vecinos. Dentro de San Isidro existen pocos espacios verdes y espacios públicos que promuevan la práctica del deporte, el arte y actividades recreacionales. Para el año 2010 el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la UCR elaboró una propuesta de actualización del Plan Regulador parcial de Pérez Zeledón, pero la Municipalidad no lo contempló por la existencia de diferencias en las dimensiones mínimas de lote. No existe una propuesta reciente para la actualización del Plan Regulador.

Primeramente, como compañeros de trabajo en este proyecto, agradecemos a Dios por darnos la fuerza y guía durante estos años de carrera y desarrollo del presente trabajo de graduación. A nuestros padres y familia por el apoyo y motivación brindado durante este período universitario, nuestros amigos y demás personas que de una u otra manera han aportado en la lucha por alcanzar a nuestros sueños y metas.
De igual manera, a nuestra profesora guía, Ing. Giannina Ortiz Quesada y nuestro profesor lector Arq. Carlos Ugalde Hernández, por habernos ayudado con el proyecto; por ser grandes personas y profesionales en disposición a servir y ayudar a los estudiantes.
También brindar las gracias a la Municipalidad de Pérez Zeledón, en especial a la oficina de Gestión Vial, por darnos la oportunidad de desarrollar el proyecto y buscar la mejora de nuestro cantón. A los Ings. Rony Rojas y José Murillo por el seguimiento y apoyo. Además, al funcionario del MOPT, Edwin Womg Ma por el apoyo en temas de semáforos y por las recomendaciones brindadas.

Resumen Ejecutivo

El proyecto desarrollado está ligado con el tema del mejoramiento de la vialidad correspondiente al área de Ingeniería de Tránsito y Urbanismo, aplicado al casco central de la ciudad de Pérez Zeledón en la provincia de San José. Surge como necesidad de la oficina de Gestión Vial de la Municipalidad de Pérez Zeledón ya que en los últimos años ha existido un aumento considerable de vehículos por lo tanto las calles y avenidas presentan un congestionamiento importante, además, la infraestructura vial existente presenta un deterioro elevado; más que todo las aceras y algunas calles. Por dicha razón se planteó como objetivo analizar la infraestructura vial existente del centro urbano de Pérez Zeledón con el fin de determinar las posibles causas del congestionamiento vial y proponer soluciones de mejora en procura del aprovechamiento de la infraestructura existente. Como desglose para el desarrollo del proyecto se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar la infraestructura vial existente.
- Realizar análisis de los usos del suelo relacionados con las zonas de conflicto o de congestionamiento vial.
- Evaluar alternativas de solución las cuales promuevan un desarrollo sostenible del cantón.
- Desarrollar alternativas de solución considerando la infraestructura vial existente y aspectos económicos, sociales y ambientales.

Como parte del desarrollo se realizó el siguiente proceso de desarrollo:

1. Identificación y visita al sitio de estudio.
2. Numeración de intersecciones y nomenclatura de accesos.
3. Conteos vehiculares y peatonales.
4. Cálculo de volúmenes vehiculares, horas pico, porcentaje de pesados y factores de hora pico.
5. Modelación de la situación actual en Infraworks.
6. Optimización de sistema de semáforos en Synchro.
7. Análisis de niveles de servicio.
8. Formulación y modelado de propuesta de solución 1.
9. Análisis de niveles de servicio de situación actual y solución 1.

10. Modelado de propuesta de solución 2.
11. Actualización de usos de suelo del plan regulador y análisis de niveles de servicio.
12. Confección de planos.
13. Conclusiones y recomendaciones.

Por medio del desarrollo del presente proyecto, se logró evidenciar una serie de problemas relacionados directamente con el flujo vehicular y peatonal; además, la desactualización del plan regulador parcial genera que el desarrollo del cantón en temas de movilidad sostenible se vea comprometido y por ende no existen zonas para tal fin. Por medio de esta metodología se detectaron problemas como los siguientes:

- El uso de carriles como zonas de estacionamiento genera una reducción de espacio para el flujo vehicular, lo cual se convierte en colas extensas y retardos promedio excesivos.
- Las aceras del centro urbano presentan un deterioro considerable, además, no cuentan con losa podotáctil por lo que se incumple con la Ley 7600 y a su vez genera un peligro para los peatones.
- Irrespeto al horario de carga y descarga para vehículos pesados, además, los conductores estacionan en áreas prohibidas esto provoca la disminución de carriles.
- Inexistencia de zonas mixtas.
- Desactualización del semáforo en Brasilia, provoca colas de más de 800 metros las cuales inciden directamente en el congestionamiento vial dentro del casco central de Pérez Zeledón.

Luego de la identificación de los problemas de la zona, y el análisis de los datos de situación actual, se realizó el planteamiento y desarrollo de dos propuestas de solución, las cuales poseen un enfoque diferente, tal como se explica a continuación:

- **Solución 1:** Surge como resultado del análisis de los datos obtenidos por medio de la modelación de la situación actual y los problemas que afectan el centro urbano. Se enfoca en la optimización del sistema de semáforos y el aprovechamiento de la infraestructura vial existente. Se proyecta para un período de 15 años, pero se determina que su vida útil se aproxima a los 5 años, por ende es una propuesta de solución a corto plazo.
- **Solución 2:** A diferencia de la anterior, esta propuesta se acopla a las recomendaciones para una jerarquización del transporte donde se prioriza al peatón y el transporte colectivo. Para esto se realizó el diseño de bulevares peatonales y el cierre de algunas calles con el fin de dar prioridad al flujo peatonal, además, se actualizó el uso de suelos para la

zona donde se aplicaron los cambios y se realizó una recomendación de zonas mixtas en conjunto con zonas intermodales. Se realizó una modelación de las nuevas intersecciones con proyecciones a 15 años y se determinó que la vida útil de la misma se acerca a la proyección realizada, por lo que se determina como una propuesta de solución a largo plazo.

Con la información utilizada y los datos obtenidos durante la ejecución del proyecto se evidenció la importancia de la planificación y gestión vial para los centros urbanos, además, la Municipalidad de Pérez Zeledón necesita una actualización del plan regulador parcial o en el mejor de los casos, una confección de un plan regulador con herramientas suficientes para el desarrollo sostenible del catón. Por otro lado, por medio del análisis de niveles de servicio se observó y se estableció la necesidad de una actualización de conteos vehiculares ya que existe la posibilidad de una tasa de decrecimiento como consecuencia de la pandemia (COVID 19), además es de suma importancia la intervención del sistema de semáforos, para una solución preventiva y el mejoramiento del flujo vehicular.

Introducción

En los últimos años, el centro urbano de Pérez Zeledón ha presentado el problema de que sus calles no dan abasto para albergar la gran cantidad de automóviles que circulan en la zona. Ante tal situación, por parte de la oficina de Gestión Vial de la Municipalidad de Pérez Zeledón se ha querido realizar un análisis sobre los posibles factores causantes de tal congestionamiento vial. Uno de los puntos a los cuales se le quiere dar un mayor estudio es a la eficiencia de los parqueos sobre la superficie de rodamiento, debido a que dichos parqueos disminuyen el flujo vehicular a un solo carril para calles de dos o más carriles. Además, se podría sumar a ello las condiciones topográficas de la zona, que inciden en la configuración de los cuadrantes que en ciertos puntos provocan el paso de una calle ancha a una calle más angosta o bien, la falta de infraestructura vial en la Ruta Nacional 2 que atraviesa el centro urbano y trae consigo presas en ciertas intersecciones ya sea para acceder o salir de la ruta.

Tal como se menciona, el presente informe detalla las generalidades, información utilizada, cálculos, resultados y demás aspectos obtenidos en el desarrollo del Proyecto de Graduación. Dicho proceso se desarrolló en conjunto con el departamento de Planificación Vial de la Municipalidad de Pérez Zeledón, tiene como objetivo principal analizar la infraestructura vial existente del centro urbano de Pérez Zeledón con el fin de determinar posibles causantes del congestionamiento vial y proponer soluciones de mejora en procura del aprovechamiento de la infraestructura existente. Para el cumplimiento y desarrollo del mismo se plantearon los siguientes objetivos específicos, con el fin de atacar la problemática y desarrollar soluciones.

- Caracterizar la infraestructura vial existente.
- Realizar análisis de los usos del suelo relacionados con las zonas de conflicto o de congestionamiento vial.
- Evaluar alternativas de solución, las cuales promuevan un desarrollo sostenible al cantón.
- Desarrollar alternativas de solución considerando la infraestructura vial existente, aspectos económicos, sociales y ambientales.

Por otro lado, respecto a la problemática que vive el cantón, se incumple con el objetivo once de la ONU en el desarrollo sostenible y movilidad sana dentro de las ciudades, por esta razón el centro urbano de Pérez Zeledón tiene la necesidad de solucionar tal situación. Para ello, por medio de la investigación realizada sobre documentos legales que maneja la Municipalidad de Pérez Zeledón, se hallaron varios documentos como: el Reglamento de Zonificación Plan Regulador Parcial de San Isidro El General, el presente documento tiene como objetivo "Identificar la extensión futura del área urbana y poder así coordinar mejor la dotación de servicios básicos, de equipamiento comunal, de vivienda y de vías públicas por parte de la Municipalidad, de las entidades gubernamentales y de las inversiones privadas." **(Municipalidad de Pérez**

Zeledón, 1997).

Sumado a este Plan Regulador, a partir del 22 de mayo del 2018 entró en vigencia el «**Reglamento para la Administración y Operación de los Sistemas de Estacionamientos Autorizados (parquímetros) en el Cantón de Pérez Zeledón**», dicho reglamento establece que la Municipalidad dispondrá una dependencia institucional cuyo objetivo será velar por la correcta demarcación de las vías de estacionamiento prohibido, las zonas que serán destinadas a estacionamiento autorizado y demás aspectos legales y técnicos que aseguren una buena aplicación y uso de estas zonas. A pesar de esto se ha evidenciado que la generación de estas zonas influyen directamente en el flujo vehicular, por lo que se debe realizar una mejora de la distribución y la demarcación.

Como primer paso en la recolección de datos, se realizó una serie de visitas de campo donde se tomaron datos relevantes para la caracterización del entorno, luego, se realizaron conteos vehiculares y peatonales en intersecciones ubicadas dentro del casco central. Con los datos obtenidos se calcularon flujos vehiculares críticos, horas pico, factor de hora pico y porcentaje de pesados, además, por medio del programa Infraworks se realizaron modelaciones para obtener datos de niveles de servicio. Al terminar el proceso explicado, se observó que los niveles de servicio actuales se encuentran dentro de un rango aceptable ya que las colas no superan los 100 metros de longitud y los retardos promedio dan como resultado niveles de servicio con rangos entre A y D, por lo que el flujo vehicular es aceptable. A pesar de esto, en el momento de realizar proyecciones para 5, 10 y 15 años se observó que los niveles de servicio alcanzaban clasificaciones de F, por lo que demuestra un colapso del sistema vial. Como forma de solución se realizaron 2 propuestas de solución, la primera enfocada en el aprovechamiento de la infraestructura vial existente, para esto se eliminaron una serie de zonas de estacionamiento sobre la calzada, enfocándose en Avenida 2; luego de las mejoras y de las modelaciones de la solución se observa una mejora en los retardos promedio y niveles de servicio, además se suma una optimización del sistema de semáforos lo cual apoya el aprovechamiento total o parcial de los carriles, a pesar de esto después de los 5 años los niveles de servicio empeoran y se alcanzan niveles tipo F por lo que demuestra que se tiene una vida útil para la propuesta de solución de 5 años aproximadamente, y así atacar el problema en un corto plazo.

Se plantea una segunda propuesta de solución enfocada a largo plazo por medio de construcción de bulevares peatonales y zonas intermodales, además de recomendar el uso de suelos para zonas mixtas, esto con el fin de brindar un servicio a la población de áreas recreacionales en combinación con los comercios. Luego de realizar las modelaciones necesarias se observa que los niveles de servicio en las nuevas intersecciones presentan retardos promedio menores que la propuesta 1, no obstante las colas, en algunos casos, superan los 100 metros de longitud por lo que la longitud de las calles se congestiona y como resultado se ven afectadas las intersecciones aledañas. A pesar de esto se recomienda una actualización de los datos vehiculares ya que se realizaron en tiempos de pandemia por lo que puede existir una tasa de decrecimiento a causa de la restricción vehicular existente, sumado a esto, las falencias del plan regulador parcial en temas de movilidad sostenible hacen que el centro urbano sufra tal congestionamiento.

Alcances y limitaciones

El principal objetivo para el desarrollo del presente estudio fue analizar la infraestructura vial del centro urbano de Pérez Zeledón con el fin de determinar posibles causantes del congestionamiento vial y proponer soluciones en procura del aprovechamiento de la infraestructura existente. Para iniciar con el desarrollo del mismo, se delimitó la zona y se identificaron las intersecciones con mayor flujo vehicular y peatonal del centro urbano de Pérez Zeledón, luego se inició con los conteos vehiculares y peatonales. El alcance plasmado para estos conteos era de un plazo mínimo de 2 días por intersección y en algunos casos en específico, en un plazo mínimo de 1 día. La principal limitante que se tuvo para este caso fue la faltante de recurso humano ya que la Municipalidad no cuenta con suficientes funcionarios para brindar soporte a estos estudios. Por otro lado, al inicio de los conteos se colocaron 2 contadores neumáticos con el fin de cubrir un área mayor y realizar conteos sincronizados para algunas intersecciones pero los datos obtenidos de los contadores no eran confiables ya que las velocidades de los vehículos en hora pico era baja y por ende el contador no interpretaba el paso de algunos vehículos, por lo que se descartó el sistema que se utilizaba y se realizaron los conteos de forma manual. Respecto al tema vial y peatonal, la restricción actual como consecuencia de la pandemia generó que los datos obtenidos no puedan ser los reales ya que se sabe que el flujo vehicular se vio afectado por dicha razón, además, no se contaban con datos históricos cerca de la zona de trabajo para realizar proyecciones y determinar el porcentaje de disminución, a pesar de esto se realizaron proyecciones con tasas de crecimiento, con el fin de observar el comportamiento vial del área. Se logró determinar que una de las principales razones del congestionamiento vial dentro de la ciudad es el mal funcionamiento del semáforo ubicado en Brasilia, esto ocasiona colas que se extienden hasta la intersección F, por lo que el flujo de la salida de la ciudad colapsa y por ende las demás calles, sumado a esto, en el momento de realizar las modelaciones en Infraworks no se pudo modelar la situación actual, con colas que se extendieran hasta la salida de avenida 2, debido a la interpretación del programa y la ausencia de conteos vehiculares en dicha zona.

Respecto a los programas empleados, se utilizó Infraworks para las modelaciones vehiculares y las representaciones gráficas de las calles y sus elementos, a pesar de ser un programa que actualmente utiliza la metodología BIM como principal herramienta, su extensión Traffic Analyst se vuelve difícil de manejar ya que el programa interpreta acciones que no son las reales, además, no se encontró una manera de agregar tasas de crecimiento para realizar proyecciones anuales, por dicha razón y por falta de tiempo se realizaron proyecciones para 5, 10 y 15 años. Por lo tanto, mientras más se suman áreas de análisis de tráfico el tiempo del programa para analizar los datos es mayor por lo que el margen de tiempo para obtener los resultados y por ende el análisis de los mismos se reduce, además, algunas interpretaciones del programa reflejaron que se invirtiera tiempo en correcciones que no se tenían previstas. Respecto al programa Synchro, se utilizó para realizar la optimización de semáforos pero con la limitación de que la escuela no presentaba licencias por lo que se realizó la optimización en conjunto con Edwin Wong Ma (funcionario del MOPT).

Por otro lado, la Municipalidad cuenta con un plan regulador parcial donde se identifican una serie de zonificaciones, pero se encuentran desactualizadas por lo tanto se tomó como tarea realizar una actualización del área urbana de Pérez Zeledón, además se sugieren algunas modificaciones en conjunto con la propuesta de solución 2. Una de las limitaciones presentes es la desactualización del plan, además, a pesar de esto los encargados de tal tarea están realizando propuestas iniciales para la confección de un plan regulador completo.

Marco Teórico

ODS 2030, Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles

La organización de las Naciones Unidas se ha planteado 17 objetivos de desarrollo sostenible que se interrelacionan entre sí para combatir los desafíos globales a los que se enfrenta cada día como lo son: la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la paz y la justicia. Como parte de uno de sus objetivos se encuentra el objetivo número 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles, que busca darle una solución a la problemática generada por el crecimiento acelerado de la población mundial en las ciudades, buscando que sean más inclusiva, segura, resiliente y sostenible. Se espera que para el 2030 la población mundial viviendo en ciudades aumente hasta un 60 % **(ONU, 2015)**. De igual manera, el objetivo cita lo siguiente:

> La rápida urbanización está dando como resultado un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado. (ONU, 2015)

Hoy en día el centro urbano de San Isidro de Pérez Zeledón está dando indicios de lo mencionado anteriormente, por lo cual, es necesario enfrentar dicha problemática desde sus inicios con el objetivo de que no se agrave aún más.

Paradigma actual

Con la rápida urbanización y crecimiento económico se ha acelerado la motorización en las ciudades de los países en desarrollo. Hay una tendencia a expandir la infraestructura para vehículos privados, los cuales ya dominan la infraestructura pública. **(Moya Mora, 2017)**. A esta tendencia a expandir la infraestructura para vehículo privados se le conoce como ciclo de tránsito inducido (ver figura 5)

Figura 5. Ciclo de tránsito inducido.
Fuente: **ITDP, 2011a** .

Como se ve en la figura 5 existe una tendencia en las ciudades por resolver la problemática de congestión vehicular aumentando el flujo, ya sea incrementando la capacidad vial por medio de construcción de más carreteras o ampliando el número de carriles a través de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS por sus siglas en inglés). Los ITS son soluciones que recaen en el uso de tecnología para proyectos de agilización vial, buscan hacer crecer la eficiencia de la infraestructura de transporte instalada. La finalidad de estas estrategias resulta en aumentar el nivel de servicio de las vías y generar oferta **(ITDP, 2011a)**. Si bien, los ITS son soluciones a corto plazo que benefician únicamente a aquellos usuarios que cuentan con un automóvil propio. Además, según el Instituto Mexicano para la Competitividad nunca es posible satisfacer por completo la demanda para los vehículos adicionales de una población creciente y con necesidades más complejas **(IMC, 2010)**. Es necesario por tanto proponer soluciones alternativas que resuelvan los problemas urbanos relacionados con la movilidad.

Movilidad sostenible

Se entiende movilidad como "una práctica social de desplazamiento en el territorio que conjuga deseos y necesidades de desplazamiento (que en conjunto pueden definirse como requerimientos de movilidad) y capacidad de satisfacerlos." **(Guitérrez, 2013)**. Aportando al concepto, la movilidad posee dos dimensiones básicas: segura y sostenible. "Segura para que personas y objetos no estén expuestos a riesgos previsibles evitables. Sostenible para un desplazamiento con propósito, eficiente, al mínimo costo, intergeneracionalmente disponible ahora o mañana y aceptable para individuos y sociedades el concepto de movilidad" **(Cabrera Arana, Velásquez-Osorio y Orozco-Arbelaez, 2015)**.
Según el Portafolio de Acciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Cantonal de Costa Rica **(Moya Mora y col., s.f.)** se tiene que las ciudades son las responsables del 75 % de las emisiones de CO2 globales, que Centroamérica presenta la segunda mayor taza de urbanización del mundo después de África y que el crecimiento de las ciudades en Costa Rica ha traído consigo presiones sobre el sistema de movilidad. Además, el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 **(MINAE, 2015)** resalta que el sector transporte es el responsable del 66 % del consumo de hidrocarburos y del 54 % de las emisiones del CO2 del país. Para ello, el Portafolio de Acciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Cantonal de Costa Rica propuso una serie de medidas de mitigación del sector movilidad sostenible descritas a continuación:

- **Construcción de ciclovías:** Construcción de carriles para bicicletas con el fin de promover la movilidad en bicicleta y la democratización del espacio en carretera.
- **Bicicletas públicas:** Un sistema de préstamo o alquiler de bicicletas públicas para la movilización dentro del cantón que cuenta con estaciones en puntos claves para conectar las zonas habitacionales, de trabajo y comerciales.
- **Instalación de parqueos de bicicletas:** Deben proveer seguridad y protección ante condiciones climáticas.
- **Ciudad caminable (aceras accesibles):** Construcción de aceras en sitios donde no hay o bien el mejoramiento de las condiciones de las aceras existentes (por ejemplo: sin grietas, a nivel de la calle, sin obstáculos, con nivel constante, amplias), así como proveer de sombra y refugio ante condiciones climáticas.
- **Circuitos, rutas o cadenas accesibles:** Ruta(s) de alto flujo peatonal que conecten con sitios clave en las cuales se asegure que toda persona pueda movilizarse sin problemas. Cuentan con rampas seguras y con pendientes adecuadas, de conformidad a la norma indicada en la Ley 7600, con cruces peatonales a nivel y con anchura adecuada, así como con estacionamientos y estaciones de transporte público accesibles.
- **Paradas que promuevan el uso del transporte público:** Bancas y sitios de espera aptos para todas las personas que proveen sombra y refugio ante condiciones climáticas e iluminación suficiente en horas de la noche.

- **Rutas, calles o bulevares peatonales:** Espacio público exclusivo para peatones que conecta puntos clave dentro del territorio.
- **Gestión de parqueos:** Regular el estacionamiento en la vía pública para mejorar el sistema de cobro, generar espacios en los que sea prohibido estacionarse.
- **Desaceleración de los centros urbanos:** Se recomienda 30 km/h en zonas con alto flujo de personas, se puede considerar implementar un horario. Se puede instalar mobiliario urbano que promueva la desaceleración de los vehículos.
- **Plan de Movilidad Cantonal:** Plan estratégico diseñado para satisfacer las necesidades de movilidad de las personas en la ciudad en y sus alrededores y contribuir a mejorar su calidad de vida.
- **Planificación territorial de acuerdo con el transporte:** Desarrollar políticas de uso de suelo que promuevan la densificación y la mixtura en sus usos.
- **Nodos intermodales:** Son estaciones que facilitan el transbordo de unos modos de transporte a otros, de manera tal que las personas puedan movilizarse utilizando diferentes modos de transporte.
- **Promoción de la Eco-Conducción:** Desarrollo de campañas y capacitaciones para que los conductores de vehículos que pasan por la ciudad utilicen prácticas de eco-conducción.
- **Regulación del transporte de carga y distribución de bienes:** Prohibición de circulación de vehículos de carga por centros urbanos y altamente poblados.
- **Carriles exclusivos de transporte público:** Implementar un carril exclusivo para el uso del transporte público en zonas de alto tránsito.
- **Acceso a información de sistema de transporte:** Sistema para brindar la información del transporte público a los usuarios. La información presentada puede variar: mapas con la ruta, horarios, frecuencias, tarifas y ubicación del vehículo.
- **Implementación de sistemas "Park and Ride":** Espacios de parqueo seguros fuera de los centros de la ciudad conectados con transporte público eficiente.
- **Mejorar el flujo vehicular:** Promover un desplazamiento eficiente y fluido en las carreteras mediante el análisis de zonas congestionadas y determinar los problemas estructurales de las vías con el fin de eliminar cuellos de botella, mejorar vías alternas y secundarias para distribuir el flujo vehicular, rediseñar sentido de las vías y de los giros
- **Área de cero emisiones:** Establecer áreas dentro de la ciudad donde no se permite el paso de vehículos de combustión interna y dar prioridad a peatones o alternativas cero emisiones, incluyendo vehículos eléctricos.

Jerarquización en el transporte

Ante dicha situación mencionada anteriormente ha sugerido un cambio en el estructura de la planificación urbana, las soluciones se centran en las personas y no en los vehículos. El Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas establece que:

> una jerarquía que otorgue prioridades a los usuarios de las vialidades resulta indispensable en la toma de decisiones de los funcionarios públicos y de los diseñadores de la infraestructura. Esta jerarquía determina la forma en que se conciben las ciudades, se confieren los derechos y las obligaciones, y se asignan los recursos para la política de movilidad urbana. **(ITDP, 2011a)**

Ante ello surge la jerarquización en el transporte. Esta consiste en una pirámide invertida (ver figura 6), donde el nivel de mayor altura es el modo más deseable de movilización, mientras que al nivel más bajo, debe dársele menor relevancia .

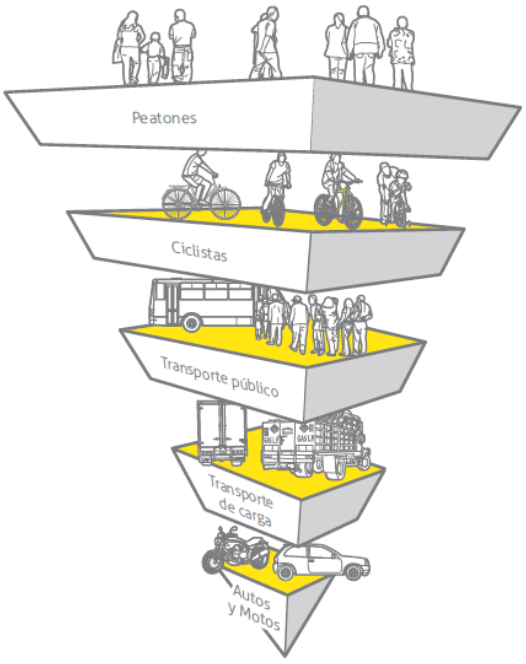


Figura 6. Jerarquización del Transporte.
Fuente: ITDP, 2011a .

Según el Manual antes citado la jerarquía de transporte debe dar prioridad a los usuarios de la vía en el siguiente orden:

1. Petones; especialmente personas con alguna discapacidad, adultos mayores, mujeres embarazadas o personas con alguna limitación temporal.

2. Ciclistas.
3. Usuarios y prestadores del transporte público.
4. Usuarios y prestadores del transporte de carga.
5. Usuarios de transporte individual.

Intermodalidad

Es importante entender la movilidad como un sistema integral y no como un conjunto de modalidades de transporte seperadas entre sí. A este sistema integral se le conoce como intermodalidad. La Comisión Legislativa del Transporte de la unión Europea **(CETM, 1997)** define intermodalidad como la característica de un sistema de transportes en virtud de la cual se utilizan de forma integrada al menos dos modos de transporte diferentes para completar una cadena de transporte puerta a puerta.

Figura 7. Ejemplo de intermodalidad.
Fuente: ITDP, 2011b.

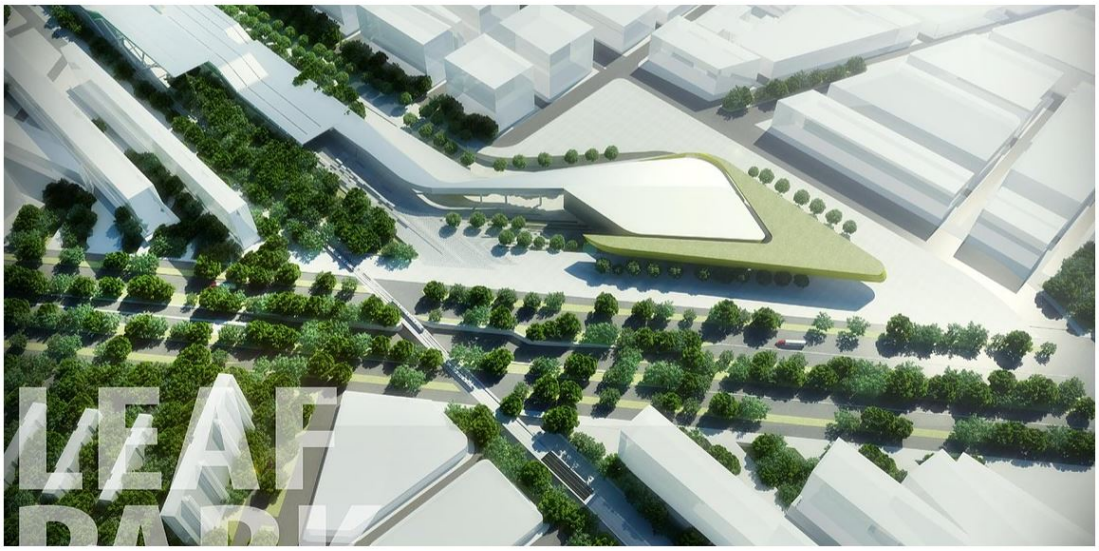


Figura 8. Ejemplo de estación intermodal Leaf Park, Bogotá, Colombia.
Fuente: **TECARQUITECTOS, 2020.**

De igual manera, según el tomo V Intermodalidad del Manual Integral de Movilidad Ciclista para Ciudades Mexicanas (ITDP, 2011b), dentro de las características a tomarse en cuenta para que un sistema intermodal funcione adecuadamente se encuentran:

- Un adecuado acceso: proveer buenas rutas e infraestructura para llegar a la estación o parada.
- Estacionamiento: Instalaciones de estacionamiento con vigilancia y espacio óptimo para maniobrar.
- Caminata y espera: zonas adecuadas e infraestructura idónea para caminar a la plataforma del transporte público, comprar el boleto o bien esperar por el bus o tren.
- Transporte público: proveer diferentes opciones de transporte como lo pueden ser el bus, metro, tren, en los cuales se tenga espacio para transportar otro como puede ser la bicicleta.
- Egreso: Condiciones idóneas de salida.

Entidades Municipales

Como parte del desarrollo de diferentes propuestas para una movilidad sostenible se encuentran los planes de movilidades cantonales y la planificación territorial. Para ello, es importante involucrar dentro de dichas acciones a las municipalidades por medio de los planes reguladores. Se entiende un plan regulador como

> el instrumento de planificación local del territorio que define en un conjunto de planos, mapas, reglamentos y cualquier otro documento, gráfico o suplemento, la política de desarrollo sostenible y los planes para distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas, riesgos y amenazas naturales **(Municipalidad de Cartago, 2012)**

Además, según el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos **(ONU-HABITAT, 2013)** los retos de los sistemas de movilidad urbana sólo pueden abordarse si se consideran como desafíos políticos.

Sin embargo, según la ONU muchas ciudades en todo el mundo se enfrentan a considerables problemas institucionales, normativos y de gobernanza cuando tratan de abordar los retos de la movilidad urbana. A estos tiempos según el periódico nacional El País.Cr **(Elpaís.Cr, 2020)** de los 82 cantones del país, sólo 42 cuentan con planes reguladores, de los cuales más de la mitad se están actualizando, 20 están en elaboración y 21 cantones no han iniciado la elaboración de sus planes. Según la ONU, esto se debe a que las instituciones nacionales, regionales y locales pueden fallar en sus funciones o desentenderse en sus responsabilidades. De igual manera, esta organización recalca que se promueva el uso de suelos mixtos en términos de funciones (uso residencial, comercial, industrial, recreativo) así como en relación con la composición social (barrios que integren a personas de distintos grupos sociales y de diferentes niveles económicos).

Reglamento de Zonificación Plan Regulador Parcial de San Isidro El General

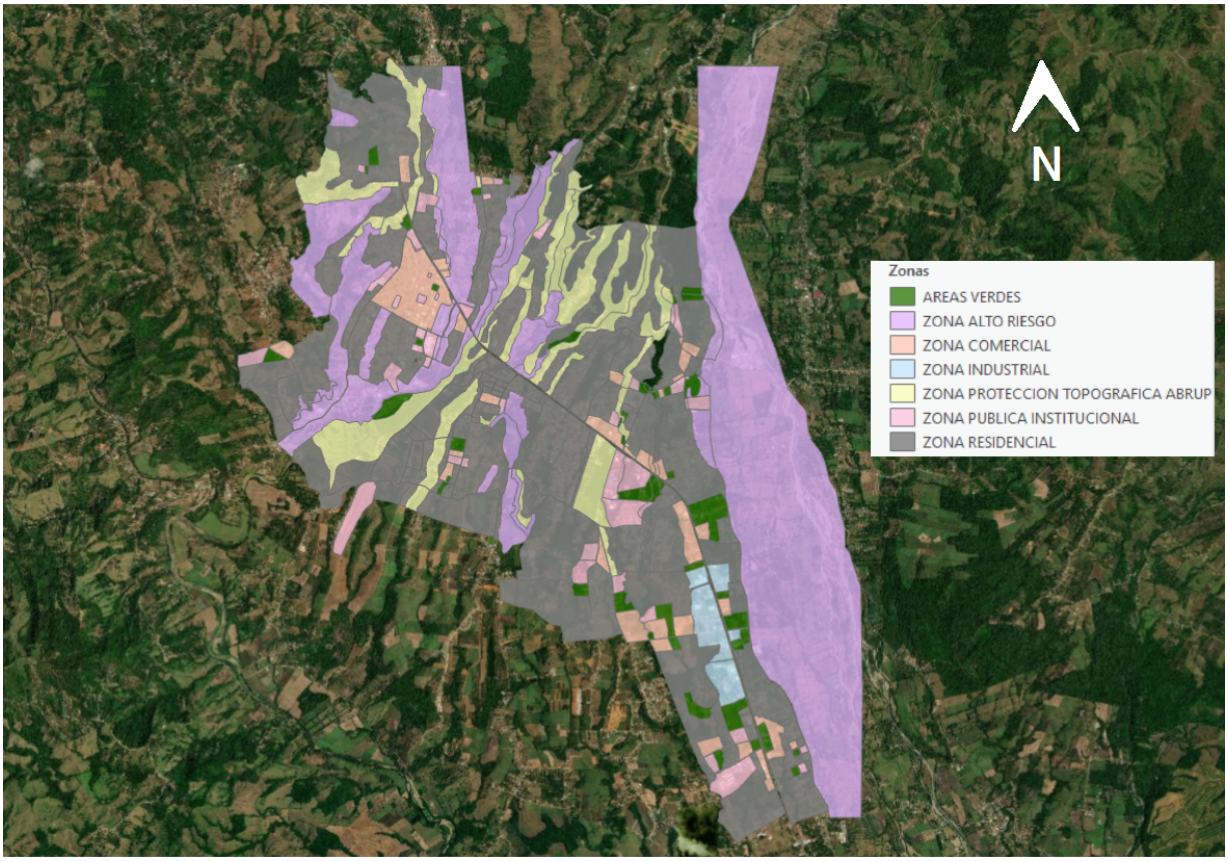


Figura 9. Zonificación uso de suelos de San Isidro de Pérez Zeledón, 1997.
Fuente: Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997.

La Municipalidad de Pérez Zeledón cuenta con un reglamento de zonificación que regula los usos de suelo en la ciudad de San Isidro del General. El «REGLAMENTO DE ZONIFICACIÓN PLAN REGULADOR PARCIAL DE SAN ISIDRO DE EL GENERAL» define las siguientes zonas para el cantón de Pérez Zeledón.

- Zona Residencial (Z.R.)
- Zona Comercial (Z.C.)
- Zona Industrial (Z.I.)
- Zona público institucional (Z.R.)
- Áreas Verdes (A.P.)

- Zona Rural (Z.R.)
- Centro poblados menores (C.P.M.)
- Zonas de alto riesgo (Z.A.R.)
- Zonas de deslizamiento (Z.D.)
- Zonas de mediano riesgo (Z.M.R.)

Por otro lado, para cada zona en específico se detallan algunos lineamientos que se ajustan según el tipo de zona.

- **Zona Residencial:** "Los propósitos de esta zona son, prever la ordenada expansión futura de la ciudad y permitir el uso y consolidación de las áreas servidas con la infraestructura necesaria en un carácter residencial, comercial (minoritario) y de servicios públicos para atender a toda el área de influencia de la ciudad." **(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997)**. Por otro lado, se definen retiros mínimos, tales como 2,50 metros frontales y 3,00 metros posterior, para el caso de lateral no se exige, además, respecto a la altura no se puede exceder de 2 pisos o 7 metros.
- **Zona Comercial:** "La zona de comercio es el área de mayor intensidad de uso en la ciudad, donde los elevados valores inmobiliarios, que resultan de su situación central privilegiada, hacen necesario aceptar un aprovechamiento intensivo de la propiedad."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). Esta zona debe cumplir con un retiro posterior de 3,00 metros, no se exige retiro lateral y para el frontal recae según el alineamiento prevaleciente o por disposición municipal. Las edificaciones en esta zona no deben exceder 12 metros de altura o 4 pisos como máximo.
- **Zona Industrial:** "El propósito primordial de esta zona es permitir el desarrollo de industrias y protegerlas de usos vecinos incompatibles que puedan poner en peligro la seguridad de la inversión."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). Para esta zona, se deberá cumplir como mínimo un área de 500 m2, 15 metros de frente del lote y un retiro frontal de 6 metros. Para el caso de los retiros laterales, si se cuenta con una altura de 5 metros se deben cumplir 3 metros de retiro lateral y posterior, por cada metro adicional en altura se debe cumplir con otro metro adicional al retiro. Para las zonas de carga y descarga, cada lote debe proveer de espacio para tal fin.
- **Zona Público Institucional:** "Las zonas de uso público tienen por objeto el establecimiento de facilidades culturales, educativas, recreativas y administrativas Convenientes para un apropiado desarrollo de la ciudad."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). Los requisitos para las edificaciones serán establecidas por la Municipalidad y la Dirección de Urbanismo del INVU.
- **Áreas Verdes:** "Las áreas verdes tienen por objeto proveer zonas convenientemente localizadas para la instalación de facilidades recreativas y culturales públicas de acuerdo

a las necesidades de la población."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). Los requisitos de edificaciones serán establecidos por la Municipalidad en consultoría a la Dirección de Urbanismo.

- **Área Rural:** "Esta zona es la necesaria para retener el desarrollo urbano periférico y continuar e intensificar en ella el uso agrícola, pecuario y forestal."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). En relación con los requisitos se establecen 2, el primero es una superficie mínima de lote o finca de 1 hectárea y el otro corresponde a un frente mínimo de lote o finca de 40 metros.

- **Centros Poblados Menores:** "El propósito de incluir y regular estas zonas es el de atender las necesidades del crecimiento normal de las poblaciones existentes que se encuentran ubicadas en el área rural separadas del área urbana, cuyo desarrollo sería de características urbanas ya que su función principal es ofrecer la prestación de servicios, tales como escuela, centro de salud, bancos, cementerios, etc., a la población rural circundante."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). Por la naturaleza y el propósito de este tipo de zonas, los requisitos para usos residenciales e industriales se harán de forma análoga a dichas zonas, para los usos restantes, se establecen de forma análoga al uso más similar.

- **Zona de alto riesgo por inundación:** "Proteger el área que bordea el cauce principal del río, promoviendo el uso forestal de esas partes planas y de poca altura, que en ocasiones presentan causes menores o abandonados, propensos a reactivarse en crecidas ligeramente mayores a las máximas normales durante la estación lluviosa."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). (Ver «REGLAMENTO DE ZONIFICACIÓN PLAN REGULADOR PARCIAL DE SAN ISIDRO DE EL GENERAL» para identificar las zonas de este tipo).

- **Zona de mediano riesgo de inundación:** "El propósito de esta zona es establecer un área de amortiguamiento entre las zonas de Alto Riesgo y las de Bajo Riesgo, donde la topografía es plana."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). Para usos agrícolas o forestales, el área mínima de terreno debe ser de 1 hectárea, con una servidumbre agrícola de 7 metros de ancho, que forme parte de la parcela.

- **Zona de deslizamiento:** "ubicar las áreas con Alto Riesgo por deslizamiento, para evitar; el desarrollo urbano en sus alrededores..."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997). (Ver «REGLAMENTO DE ZONIFICACIÓN PLAN REGULADOR PARCIAL DE SAN ISIDRO DE EL GENERAL» para identificar las zonas de este tipo).

- **Zonas de protección por Topografía:** Reforestar aquellas áreas con pendiente superior al 30 %, que no las hace aptas para el desarrollo urbano."(Municipalidad de Pérez Zeledón, 1997).

Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial

Se tienen los siguientes conceptos:

- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA): "volumen total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, divido por el número de días comprendido en ese período de tiempo." **(SIECA, 2011)**.
- Tránsito de hora pico: "intensidad máxima del tránsito a lo largo de un día...para seleccionar la hora de máxima demanda."(SIECA, 2011).
- Capacidad de carretera: "máximo número de vehículos que pueden circular en un punto dado durante un período específico de tiempo, bajo condiciones prevalecientes de la carretera y el tránsito. Asumiendo que no hay influencia del tránsito más adelante, dentro del punto en análisis."(SIECA, 2011).
- Nivel de Servicio (LOS): "es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar"(SIECA, 2011).
- Congestionamiento de una carretera: "se inicia con la creciente interferencia o fricción entre los vehículos en la corriente del tránsito, que empieza a perder su calidad de flujo libre."(SIECA, 2011).
- Factor de Hora Pico (FHP): Se entiende como la relación que siempre será igual o menor que la unidad, entre la sumatoria de vehículos de los 4 cuartos de la hora pico entre el volumen mayor registrado durante el lapso de 15 minutos dentro de dicha hora pico.

Definiciones de las Áreas Urbana y Rural

Como bien se sabe, las zonas rurales y urbanas tienen diferencias en aspectos como uso de suelos, densidad de redes de calles y carreteras, etc. Por esta razón, SIECA, 2011 define estos dos sistemas funcionales tal como se muestra a continuación.

- Áreas Urbanas: Según el «Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (3era. ed.).» son aquellas áreas con una población de 5000 o más habitantes. Se subdividen en 2, áreas urbanizadas (más de 50 000 habitantes) y pequeñas áreas urbanas (población entre 50 000 y 5000).
- Áreas Rurales: "son las áreas ubicadas fuera de los límites de las áreas urbanas (de menos de 5,000 habitantes)."(SIECA, 2011).

Sistemas Viales Funcionales en Áreas Urbanas

Tal como se detalla en el presente documento, es de suma importancia conocer los diferentes sistemas viales que define el «Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (3era. ed.).» para las áreas urbanas. A continuación, se definen tales sistemas viales.

- Sistema arterial urbano principal: "sirve para la mayoría de los viajes que entran y salen del área urbana, como también la mayoría de los movimientos para evitar el centro de la ciudad."(SIECA, 2011).
- Sistema arterial urbano menor: "este sistema distribuye los viajes a zonas geográficas más pequeñas que las identificadas con el sistema mayor."(SIECA, 2011). Se debe mencionar que este sistema posee su enfoque en el acceso a la tierra, provee menor movilidad de tránsito.
- Sistema urbano de calles colectoras: "el sistema de calles colectoras provee servicio de acceso a la propiedad así como circulación del tránsito dentro de las vecindades residenciales y zonas comerciales e industriales."(SIECA, 2011).
- Sistema urbano de calles locales: "primariamente permite el acceso directo a las propiedades adyacentes y conexiones con los sistemas de orden mayor. Ofrece la movilidad de más bajo nivel y usualmente no contiene itinerarios de buses."(SIECA, 2011).

Intersecciones

Como bien se ha mencionado a lo largo del presente documento, es de suma importancia conocer acerca de la interacción vehicular en zonas de intersecciones, para esto se deben definir algunos aspectos generales. Tal como lo menciona el «Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (3era. ed.).» una intersección es aquella área donde dos o más calles se intersecan, hasta unirse o simplemente cruzándose. Ahora bien, a las calles que salen o entran de una intersección se les denomina como ramales o accesos y antes de ellas se encuentran los enlaces: son aquellos elementos que unen las distintas ramas, ya sea al mismo nivel o con diferencias de elevación.

Figura 10. Intersección ejemplo, Avenida 0 - Ruta Nacional 243.
Fuente: Elaboración propia.

Como bien se sabe, dentro de estas zonas existen maniobras que permiten la circulación de los vehículos, las cuales se definen a continuación.

- **Divergencia o separación:** "es la maniobra más sencilla y, por lo tanto, la menos conflictiva de las que se realizan en una intersección."(SIECA, 2011).
- **Convergencia o integración:** "no puede realizarse a voluntad del conductor, sino que debe ser diferida hasta que exista un espacio adecuado entre dos vehículos que circulen por el carril al cual se va a incorporar"(SIECA, 2011).

Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito

"El objetivo general del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito es establecer normas, criterios y recomendaciones que permitan facilitar y asegurar

el movimiento ordenado, seguro y predecible de todos los usuarios de la vía, automotor, peatonal y de otra índole, a través de toda la red vial del área centroamericana."(SIECA, 2000). Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, a continuación se detallan algunos conceptos de información relevante para el desarrollo y entendimiento de los datos obtenidos en el presente documento.

Dispositivos de Control de Tránsito

Tal como lo define el «Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.» el propósito de los dispositivos de control de tránsito y señalamiento vial es facilitar y garantizar el movimiento ordenado, seguro y predecible de todos los usuarios de la vía a través de toda la red vial. Por esta razón es de suma importancia conocer la clasificación de dichos dispositivos.

- **Dispositivos de reglamentación:** "Tienen como función informar a los usuarios sobre las disposiciones de la reglamentación del tránsito vigente y la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones que regulan el uso de la vía."(SIECA, 2000).
- **Dispositivos de prevención (Advertencia de peligro):** Çumplen la misión de prevenir a los usuarios de la vía de peligros existentes y su naturaleza."(SIECA, 2000).
- **Dispositivos de información:** "Tienen como objeto guiar al usuario de la vía hacia el lugar de destino, proporcionándole toda aquella información que pueda serle útil para las tareas de navegación, orientación y guía."(SIECA, 2000).

Señalamiento Vertical

Uno de los señalamientos más comunes para carreteras son los de tipo verticales, el «Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.» lo define como aquellos dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos. Sumado a esto, este tipo de señalización tiene como objetivo advertir sobre la existencia de peligros en las vías, guiar e informar a los usuarios sobre rutas, etc.

Las señales verticales solamente deben ser utilizadas o colocadas en lugares donde se justifique su uso, para esto se deben realizar estudios de campo, además, se debe recalcar que en ocasiones la elección o no de señales de este tipo puede recaer sobre la experiencia de ingenieros de tránsito responsables. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es que las señales verticales no son necesarias para confirmar las reglas de conducción, pero a nivel centroamericano son de gran utilidad debido a la gran afluencia de turistas que visitan el istmo. Por otro lado, el «Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.» especifica una serie de uniformidades para la señalización vertical, tal como se muestra a continuación:

- Buena visibilidad.
- Tamaño adecuado de letras y símbolos.
- Leyendas cortas.
- Deben ser retroflectivas.

Normalmente, este tipo de señales se colocan erigidas en postes o en montajes separados, pero existen ocasiones donde se deben colocar elevadas, para este caso en particular, se permite la colocación de señales colgadas al lado de semáforos con el fin de brindar visibilidad a todos los carriles o cuando la señal se relacione con la operación del semáforo.

Señalamiento Horizontal o Demarcación en el Pavimento

Este tipo de señalamiento está constituido por las líneas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento. Por otro lado, el «Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.» explica que esta serie de herramientas desempeña funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de control de tránsito. Este tipo de señalamiento es muy utilizado como complemento de órdenes o advertencias de otro tipo de dispositivos como las señales verticales y los semáforos, ya sea por aspectos de visibilidad o porque las otras no puedan ser colocadas. A pesar de esto, presenta una serie de limitaciones ya que en pavimentos húmedos la visibilidad es muy baja y el desgaste es rápido, pero, aunque presente algunas limitaciones, en algunos escenarios genera una mayor seguridad a los usuarios ya que permite mostrar regulaciones y advertencias sin que ellos aparten la vista de la calle.

Semáforos

Según SIECA (2000) los semáforos son dispositivos para el control del tránsito mediante los cuales se regula y ordena el movimiento de vehículos y peatones en calles y carreteras. Por otro lado, tomando en cuenta la clasificación denotada por el manual, en relación con el caso en estudio se tienen semáforos pre-fijados o pre-sincronizados o de tiempos predeterminados en conjunto con semáforos peatonales de alto volumen peatonal. Para conocer el significado de las luces y demás indicadores de los semáforos, a continuación se explican dichos términos:

- **Verde Fijo:** Los conductores que observen esta luz podrán seguir de frente, girar a la izquierda o a la derecha, a menos que alguna otra señal prohíba algún giro. Para el caso de los peatonales, indica que pueden cruzar la calle dentro de los pasos demarcados en la calzada.
- **Amarillo Fijo:** Indica a los usuarios que deben detenerse antes de entrar al cruce, pues advierte que la luz roja aparecerá a continuación, en caso de no tener opción de detenerse podrá seguir con precaución, además, funciona para despejar el tránsito de la intersección y evitar choques. Para los peatones indica advertencia de que ya no tienen tiempo suficiente para cruzar

- **Rojo Fijo:** Indica a los conductores que deben detenerse antes de la línea de paso peatonal y en caso de no existir, antes de la intersección. Para peatones, indica que no deben cruzar la vía.
- **Rojo intermitente:** Indica a los vehículos que se deben detener y realizar un alto obligatorio y cumplir con las indicaciones que regula un "ALTO".
- **Amarillo Intermitente:** Comunica a los conductores que deben realizar el cruce con precaución.
- **Verde Intermitente:** Advierte a los conductores el final del tiempo de la fase verde.

Programación o Sincronización de Semáforos

"La finalidad de un sistema de semáforos sólo se cumple si es operado de una manera consistente y se apega a las necesidades y requerimientos del tránsito."(SIECA, 2000). Es de suma importancia realizar una programación optimizada de los ciclos, ya que los ciclos excesivamente largos y la división inapropiada ocasionan irrespeto y desobediencia a las indicaciones de los semáforos.

Según el «Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.» algunos de los factores que se deben tomar en cuenta para programar tiempos de semáforos, son los siguientes:

1. Número de carriles de circulación y demás condiciones físicas y geométricas.
2. Variaciones del flujo de tránsito para cada movimiento direccional.
3. Necesidades de los vehículos comerciales y de transporte público.
4. Lapso de segundos entre el paso de los dos vehículos consecutivos que salen de la intersección.
5. Necesidades de los peatones.
6. Necesidad de desalojar la intersección a los vehículos y los peatones al cambiar las indicaciones.
7. Movimiento de cruce.

Optimización del Sistema de Semáforos

Para conocer sobre la optimización de los sistemas de semáforos, a continuación se definen algunos conceptos que se utilizarán para el desarrollo de la propuesta de optimización:

- **Demora:** "corresponde a una medida del rendimiento crítico de las condiciones existentes en vías con circulación discontinua y en accesos a grandes ciudades." **(MOPT, 2020)**. También se define como el tiempo en que un vehículo permanece inmóvil en una cola, mientras espera su turno para pasar por la intersección, se expresa en segundos.

- **Volúmenes de tránsito:** Según (MOPT, 2020), se obtiene por medio de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras, ya sea de forma mecánica o manual.

- **Capacidad:** "corresponde al máximo volumen horario de tránsito que puede, de manera razonable, circular por un punto o una sección de la carretera, bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y el mismo tránsito vehicular."(MOPT, 2020).

- **Fase del semáforo:** "Conjunto de movimientos ya sean vehiculares o peatonales, presentes en uno de los accesos de la Intersección. Tiempos de verde o etapas protegidas que tienen los vehículos para realizar una maniobra segura en una intersección."(MOPT, 2020).

- **Escenario:** "Conjunto de Fases o movimientos ya sean vehiculares o peatonales al que se le asigna una parte del Ciclo donde pueden realizar una maniobra segura en la intersección."(MOPT, 2020).

- **Ciclo:** "Es el tiempo transcurrido desde el cambio del primer escenario hasta la donde debe de realizarse una secuencia de maniobra completa entre las fases existentes. Total de tiempo asignado al semáforo"(MOPT, 2020).

- **Cola:** "Distancia ocupada por vehículos en espera. Cuando la demanda excede la capacidad en un periodo o cuando el periodo de arribos es menor que el tiempo de servicio en un lugar específico, se produce una cola."(MOPT, 2020).

- **Split:** "Tiempo total asignado a cada escenario (Tiempo verde + intervalo de cambio)."(MOPT, 2020).

- **Desfase:** "Es la diferencia de tiempo que separa la activación de fases semafóricas, el cual denota cual semáforo enciende primero que otro y establecer patrones de encendido de que faciliten el tránsito en una calle."(MOPT, 2020).

Metodología

Primeramente de una forma sintetizada, se muestra en forma de flujo-grama la metodología utilizada.

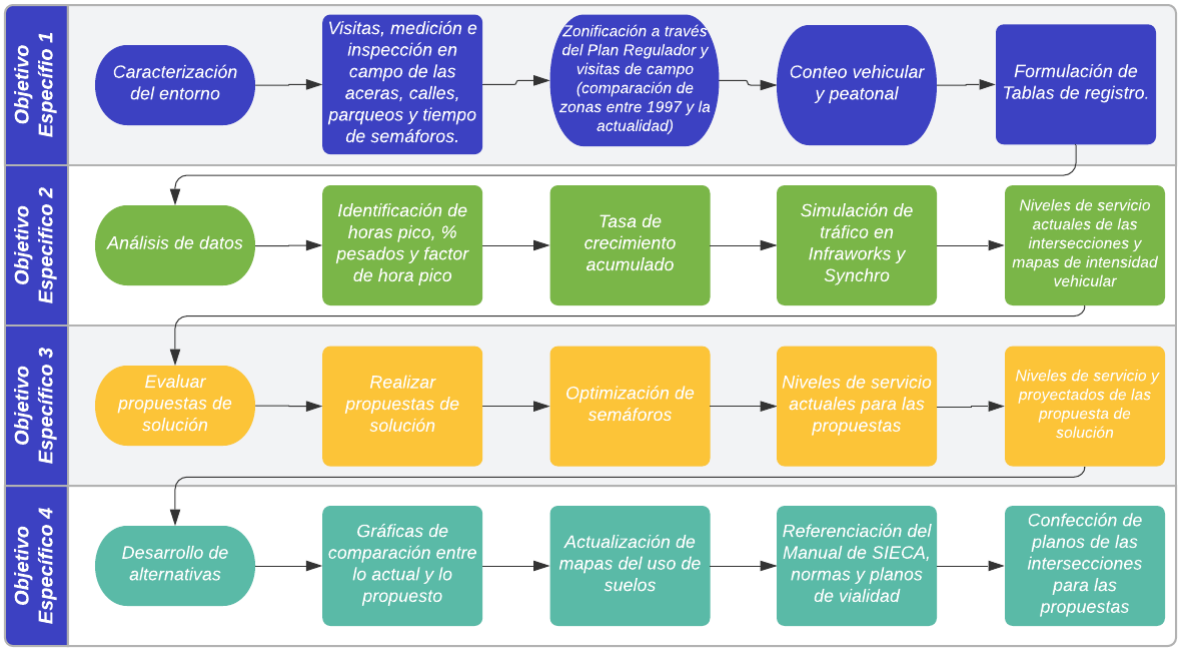


Figura 11. Flujo-grama de metodología.
Fuente: Autoría propia.

Seguidamente, se detalla la metodología utilizada:

Caracterización del entorno

Primeramente, se debe realizar una vista a campo con el fin de: realizar levantamiento de los usos del suelo actuales (comerciales, residenciales, zonas verdes, públicas, institucionales, industriales etc.), identificar aquellas intersecciones que presentan mayores problemas de flujo vehicular. Luego de identificar las intersecciones más problemáticas, se debe realizar el levantamiento de las características de las vías que las integran, como lo son el ancho y estado de las calles, aceras, parqueos sobre la superficie de rodamiento, sentidos de circulación, la ubicación de zonas de carga y descarga, cruces peatonales, pasos de deseo, demarcación horizontal y vertical y tiempos de semáforos.
Se debe crear un mapa que contenga las características mencionadas anteriormente, dicho mapa permitirá delimitar la zona de estudio y se debe tomar en cuenta como interactúa el uso de suelos con el flujo vehicular existente, así como definir los puntos de nodos y cofluencia.
Antes de realizar los conteos vehiculares se debe buscar información al respecto en donde ya se

hayan realizado otros conteos dentro de la misma zona en estudio. Esto permitirá evitar realizar el conteo manual y agilizar el análisis de los datos, o bien, en caso de no existir información exacta del punto que se quiere analizar, con dichos estudios se podrán identificar horas para realizar los conteos en forma estratégica en donde puedan ocurrir con gran probabilidad las horas pico dentro del flujo vehicular.
Tal como se muestra en las figuras 1a y 1b del anexo 1, se adjunta un machote utilizado para la recolección de datos.

Ordenamiento de territorio

En relación con el aspecto urbanísitico, se debe llevar a cabo una investigación bibliográfica de aquellos proyectos realizados por entes Municipales en donde se haya promovido la planificación y ordenamiento de la ciudad.

Zonificación del Plan Regulador Parcial de San Isidro El General

Dicho documento permitirá realizar un análisis del manejo de las congestiones en relación con los usos de suelos actuales. Además, conocer los usos de suelos permite tomar decisiones que no afecten el entorno, integrar las diferentes funciones de los diferentes tipos de usos de suelos y composición social.

Se utilizan los mapas en formato Gis proporcionados por la oficina de Gestión Vial de la Municipalidad para identificar la interacción de las zonas comerciales con el estacionamiento público, las zonas de carga y descarga, retiros de esquinas y el flujo vehicular.

Reglamento de espacios públicos, vialidad y transporte de San José

Analizar el Reglamento de Espacios Públicos, Vialidad y Transporte de la Municipalidad de San José proporcionará los requerimientos que se deben tomar en cuenta para las dimensiones de aquellos elementos que integran la Red Vial Cantonal. Por otro lado, la Guía para el Diseño y Construcción del Espacio Público en Costa Rica (CFIA y ICCYC, 2008) suministra recomendaciones para el diseñador o constructor a la hora de diseñar espacios públicos que promuevan o incentiven la convivencia entre los ciudadanos y mejoren las condiciones paisajísticas y ambientales de sus áreas urbanas. Dentro de los requerimientos que deben considerarse para impulsar una correcta vialidad se encuentran:

- Carriles: ancho mínimo de 3,3 (Gómez, 2018).
- Aceras: Ancho mínimo de 2,5 m.
    - Franja de circulación.
    - Losa podtáctil 0,40 m.
    - Pendiente menor al 3 %.

    - Altura normal de 0,25 m.
    - Antideslizante.
    - Franja amoblamiento (opcional).
    - Ciclovía (opcional)78.
- Ciclo vías:
    - 2 m de ancho para un sólo carril, cuando el volumen de hora pico es de más de 500 bicicletas.
    - 3,6 a 4 m de ancho para 2 carriles, uno por sentido de circulación.
    - Losa podtáctil 0,40 m.
    - Pendiente menor al 3 %.
    - Altura normal de 0,25 m.
    - Antideslizante.
    - Franja amoblamiento (opcional).
    - Ciclovía (opcional).
- Estacionamiento en vías públicas: Ancho mínimo de 2,5 m y un largo mínimo de 6m. (Gómez, 2018).
- Retiros de esquinas: 10 m mínimo (Gómez, 2018).
- Alamedas.
    - Derecho de vía menor a 6 m, con acera de 2 m al centro y el resto para zonas verdes.
    - En los cruces entre alamedas y calles debe privilegiar la circulación peatonal.
- Bahías (Parada de buses).
    - Evitar que la parada obstruya las franjas de circulación.
    - Ubicación paralela a la vía, en una acera que permita la circulación peatonal detrás de la parada con por lo menos 1,40 m.
    - En caso de ubicarse en una acera existente y en buen estado darle continuidad a la textura del piso.
    - En relación con el diseño de bahías para un bus, se recomienda una entrada de 10 m, una parada de 15 m y una salida de 15 m.

Implementación de la ley 7600

Se debe integrar a las propuestas los requerimientos establecidos por la ley 7600 para construir rampas en aceras, parques, calles, pasos peatonales y plazas. Para la realización de una correcta articulación, la «Ley No. 7600: LEY IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD» establece una serie de requerimientos y dimensiones mínimas, las cuales se mencionan a continuación.

- Pendientes: Del 10 al 12 % en tramos menores a 3 metros. Del 8 al 10 % en tramos de 3 a 10 metros. Del 6 al 8 % en tramos mayores a 10 metros.
- Aceras: Ancho mínimo de 1,20 m, acabado antiderrapante y sin escalones. Deben contar con una altura (gradiente) entre 15 y 25 cm. Gradiente en sentido transversal de 3 % como máximo.
- Señales y salientes: Se deben colocar a una altura mínima de 2,20 m.
- Postes, parquímetros e hidratantes: De forma que sean visibles y perceptibles para todas las personas, se utilizarán cambios de textura en la acera.
- Semáforos peatonales: Deben instalar semáforos que tengan señales auditivas, además estarán a una altura máxima de 1,20 m.
- Aleros: Aquellos edificios con aleros para la protección de peatones, deberán tener una altura mínima de 2,20 m.
- Barandas de seguridad: Deben estar compuestas por varias barras, la superior no podrá estar a más de 0,90 m desde el nivel del piso. La intermedia a 0,60 m y la inferior a 0,10 m, todo respecto al nivel del piso.
- Pasillos: Pasillos generales y de uso común tendrán un ancho mínimo de 1,20 m, mientras que los interiores de 0,90 m.
- Entradas a edificios: Del total de entradas, al menos una de ellas estará a nivel o el cambio será salvado por ascensor o rampa.
- Cantidad de espacios mínimos de estacionamiento: En caso de ser necesario, ver figura 3a en el anexo 3.
- Características de los estacionamientos reservados: Ancho de 3,30 m y largo de 5,00 m como mínimo. Se debe dotar de una rampa o bordillo que permita acceso a la acera.

Conteo vehicular

Se toma como referencia para el inventario de flujo vehicular el Manual de Especificaciones Técnicas para el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal (MOPT, 2014) .En ella, se clasifica el vehículo según su peso y número de ejes de llanta. Se considera un vehículo liviano

aquel de dos ejes, uno de carga liviana, el camión pequeño de dos ejes con eje trasero sencillo y aquel de tres ejes en adelante se considera como vehículo pesado, a excepción de los buses que en su gran mayoría son de 2 ejes, pero se consideran como vehículos pesados.
Para este proyecto, no se considera determinante el peso del vehículo para su clasificación, sino sus dimensiones, ya que estas influyen directamente en el largo de una presa en las calles entrantes a una intersección. Siendo esto así, se considera un vehículo liviano aquel de dos ejes y un vehículo pesado aquel de 3 o más ejes, al igual que el bus. Para el caso de vehículos de carga liviana como podrían ser los camiones de suministro de supermercados o panaderías se consideran como pesados debido a las grandes dimensiones de espacio que abarcan como lo pueden ser sus radios de giro mayores a los 10 metros. De igual manera, no se contemplan las motocicletas para los conteos; ya que no se considera que aumenten las demoras para los giros en las intersecciones.
Una vez identificadas las intersecciones que se analizarán se procede a realizar el conteo vehicular de acuerdo con los giros que permitan efectuar los accesos. Dichos conteos se realizan en cortes de cada 15 minutos para tener datos en cuartos de horas. Además, se deben llevar a cabo los conteos mínimo 4 horas al día en diferentes períodos, para este caso se realizarán 6 horas en total en rangos de horas matutinas, meridianas y nocturnas para obtener una muestra representativa del flujo vehicular diario.
Se utiliza como herramienta de apoyo los contadores mecánicos vehiculares, los cuales deben ser colocados sobre las calles que dan acceso a las intersecciones. Es importante conocer que dichos contadores no deben colocarse cerca de los accesos a las intersecciones debido a que en estas zonas los vehículos suelen detenerse y generar problemas con el conteo o pueden no detectarlos.
Una vez finalizados los conteos, se procede a tabular los datos recolectados manualmente y por medio de los contadores.
Tal como se menciona anteriormente, por medio del formato mostrado en la figura 2a se realizan los conteos manuales en las horas establecidas, posteriormente, se toman los datos recolectados manualmente; y por medio del contador, luego se ordenan según las direcciones y giros de la intersección, tal como se muestra en la figura 2b del anexo 2.

Hora pico de la intersección

Tomando en cuenta la definición realizada de hora pico en la sección del Marco Teórico, a continuación se muestra un ejemplo del cálculo para la obtención de la hora pico por acceso y de la hora pico por intersección.

Hora pico para accesos

Para iniciar con este procedimiento, se realiza un formato como el que se muestra en el cuadro 11.

En la primer columna se muestran los intervalos de tiempo para los conteos, para este caso,

Cuadro 1. Volumen vehicular del acceso Norte en la intersección A (Avenida 0 - Ruta Nacional 243).

			Acceso Norte								
			N-S			N-O			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	27	1	28	3	1	4	32	194	
6:45	A	7:00 A.M.	32	5	37	5	0	5	42	221	
7:00	A	7:15 A.M.	37	6	43	6	2	8	51	240	
7:15	A	7:30 A.M.	55	7	62	6	1	7	69	255	
7:30	A	7:45 A.M.	45	10	55	4	0	4	59	255	7:30 - 8:30
7:45	A	8:00 A.M.	46	5	51	9	1	10	61	196	
8:00	A	8:15 A.M.	45	4	49	16	1	17	66	135	
8:15	A	8:30 A.M.	51	10	61	8	0	8	69	69	
Total					386			63	449		

Fuente: Elaboración propia.

el acceso norte cuenta con 2 giros, Norte-Sur y Norte-Oeste, tal como se observa. Para cada acceso se anota el volumen vehicular de livianos (L) y de pesados (P), al obtener la suma de cada giro se realiza una suma "Total Acceso"la cual está compuesta por el total de los giros N-S y N-O. Para la columna de "Suma por hora"se realiza la suma de los 4 intervalos de tiempo consecutivos, a modo de ejemplo se realiza el cálculo de los 2 primeros datos.

$$32 + 42 + 51 + 69 = 194 \tag{1}$$

$$42 + 51 + 69 + 59 = 221 \tag{2}$$

Al completar la columna "Suma por hora"se debe identificar el dato mayor, este mismo, evidencia la hora pico del acceso.

Hora pico de la intersección

Para el caso de la hora pico de la intersección, se debe tomar en cuenta todos los accesos y giros que existan y realizar el mismo paso de la sección . Con los datos de cada acceso se procede a realizar el cálculo de la hora pico para la intersección, tal como se muestra en el cuadro 12.

Del cuadro 12 se observa la columna "Intersección Av0-RN243", en esta se da una Suma por hora la cual se obtiene por medio de los datos de cada acceso, se suma el valor de Suma por hora del acceso norte y del acceso oeste en cada intervalo de 15 minutos, tal como se muestra a continuación.

$$194 + 402 = 596 \tag{3}$$

Cuadro 2. Hora pico de la intersección A (Avenida 0 - Ruta Nacional 243).

			Acceso Este										
			E-S			E-O			Acceso			Intersección AV0-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	45	13	58	18	0	18	76	402		596	
6:45	A	7:00 A.M.	64	26	90	31	1	32	122	430		651	
7:00	A	7:15 A.M.	63	17	80	34	2	36	116	458	7:00 - 8:00	698	
7:15	A	7:30 A.M.	46	6	52	36	0	36	88	453		708	7:15 - 8:15
7:30	A	7:45 A.M.	65	5	70	33	1	34	104	430		685	
7:45	A	8:00 A.M.	53	16	69	79	2	81	150	326		522	
8:00	A	8:15 A.M.	51	6	57	53	1	54	111	176		311	
8:15	A	8:30 A.M.	39	5	44	21	0	21	65	65		134	
Total					520			312	832				

Fuente: Elaboración Propia.

$$221 + 430 = 651 \tag{4}$$

Con la obtención de estos datos se puede determinar la hora pico global de la intersección, para esto se toma el dato mayor y de allí se proyectan los 4 intervalos de 15 minutos consecutivos.

Se debe mencionar, que la hora pico de los accesos y de la intersección pueden variar por lo que es de suma importancia la obtención de todos los datos con el fin de observar el comportamiento individual de los accesos y de la intersección global.

Factor de hora pico y porcentaje de pesados

Tomando en cuenta el proceso realizado en las secciones anteriores, se procede al cálculo del factor de hora pico y de porcentaje de pesados. Para el inicio de esto se toman los datos de volumen vehicular para cada hora pico, para cada acceso, con la siguiente fórmula se realiza el cálculo del factor de hora pico.

$$\text{Factor de hora pico} = \frac{\text{Sumatoria total}}{4 * \text{Dato mayor del Total (L+P)}} \tag{5}$$

Después de realizar el cálculo anterior, se procede a determinar el porcentaje de pesados, tal como se muestra a continuación.

$$\text{Porcentaje de pesados} = \frac{\text{Sumatoria de pesados}}{\text{Sumatoria total}} \tag{6}$$

A continuación se muestran los resultados de factor de hora y porcentaje de pesados para el

acceso Norte y Oeste de la intersección B, además de un ejemplo de cálculo de los parámetros mencionados.

Cuadro 3. Factor hora pico y porcentaje de pesados para acceso Norte de la intersección A.

			Acceso Norte					
			N-S			N-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	55	7	62	6	1	7
7:30	A	7:45 A.M.	45	10	55	4	0	4
7:45	A	8:00 A.M.	46	5	51	9	1	10
8:00	A	8:15 A.M.	45	4	49	16	1	17
Total			191	26	217	35	3	38
FHP				0,88			0,56	
% Pes				12%			8%	

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 4. Factor hora pico y porcentaje de pesados para acceso Este de la intersección A.

			Acceso Este					
			E-S			E-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	46	6	52	36	0	36
7:30	A	7:45 A.M.	65	5	70	33	1	34
7:45	A	8:00 A.M.	53	16	69	79	2	81
8:00	A	8:15 A.M.	51	6	57	53	1	54
Total			215	33	248	201	4	205
FHP				0,89			0,63	
% Pes				13%			2%	

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Factor de hora pico acceso Norte-Sur} = \frac{217}{4 * 62} = 0,88 \tag{7}$$

$$\text{Porcentaje de pesados acceso Norte-Sur} = \frac{26}{217} = 12\,\% \tag{8}$$

$$\text{Factor de hora pico acceso Este-Sur} = \frac{248}{4 * 70} = 0,89 \tag{9}$$

$$\text{Porcentaje de pesados acceso Este-Sur} = \frac{33}{248} = 13\,\% \tag{10}$$

Tasa de Crecimiento Acumulado

Para realizar la proyección de las soluciones a futuro, se realiza el cálculo de la tasa de crecimiento acumulado, por medio de los datos que muestran en el anexo 4 y en la figura 4a. Para el cálculo de este dato se utiliza la siguiente ecuación que se muestra:

$$\text{Tasa de Crecimiento Acumulado} = [(\frac{Vfinal}{Vinicial})^{(\frac{1}{Añofinal - Añoinicial})}] - 1 \tag{11}$$

Factor de Crecimiento

Para dar continuidad a la proyección, se determina el factor de crecimiento para la cantidad de años en los cuales se quiere realizar el estudio. Para esto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de Crecimiento} = (1 + \%TPD)^{años} \tag{12}$$

Conteo peatonal

De igual manera, se procede a realizar el conteo peatonal sobre aquellas intersecciones donde a simple vista por medio de la caracterización del entorno se logra identificar una mayor cantidad de personas cruzando la calle. Además, es importante realizar conteos peatonales para la justificación de propuestas de solución que den prioridad al modo más deseable de movilización como es el sistema peatonal en donde se busque la protección de la integridad de la persona.

Los conteos se registran en intervalos de 15 minutos y la colección de datos se realiza en períodos de tiempos matutinos, meridianos y nocturnos de aproximadamente hora y media. Se pretende que las horas de los conteos peatonales coincidan con la hora pico de las diferentes intersecciones, ya que el conteo peatonal y el vehicular se realizarán en diferentes días.

La forma de realizar los conteos es por tipo de movimiento según se muestra en la figura 12.

Una vez obtenidos los datos se hará una sumatoria total de los conteos para verificar la intersección con mayor volumen peatonal. De igual manera, la intensidad peatonal en contra posición a los conteos vehiculares justifica o no la creación de un paso peatonal tipo cebra, de líneas paralelas continuas, un paso peatonal a desnivel o el cierre o desvío de la vía de una calle.

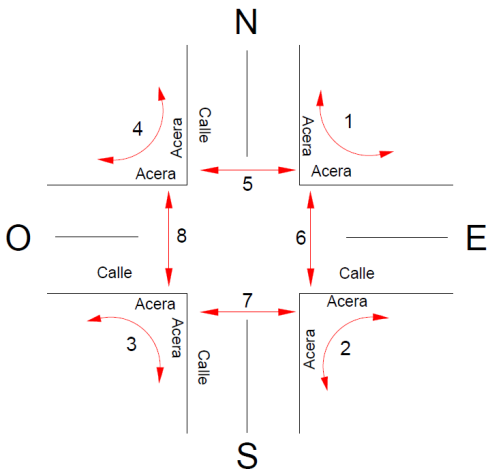


Figura 12. Conteos peatonales
Fuente: Elaboración propia.

Modelado en 3D Infraworks

Modelación de la condición actual

Una vez tabulados los datos de los conteos vehiculares y obtenido las horas pico por intersección y el porcentaje de livianos, se procede a modelar en el software Infraworks la condición actual de las calles de San Isidro. Para ello, se toma como referencia los datos del dimensionamiento de las calles, su respectiva señalización y geometría explicada en la sección Caracterización del entorno. De igual manera, el programa permite ingresar el ancho de calles, aceras, número y sentido de carriles, semáforos, mobiliario urbano entre otros.

Figura 13. Modelación en 3D del centro de San Isidro de Pérez Zeledón.
Fuente: Elaboración Propia, utilizando el software Infraworks.

Simulación de tráfico

Una vez creado el modelo con sus respectivas características, se seleccionan aquellas intersecciones de las cuales el software realiza una simulación del flujo de tráfico que permite visualizar el comportamiento vehicular en la vista 3D. La herramienta permite ajustar varios parámetros entre los cuales destaca la solicitud vehicular ingresada (lo que el programa conoce como peticiones, ver figura 14) .

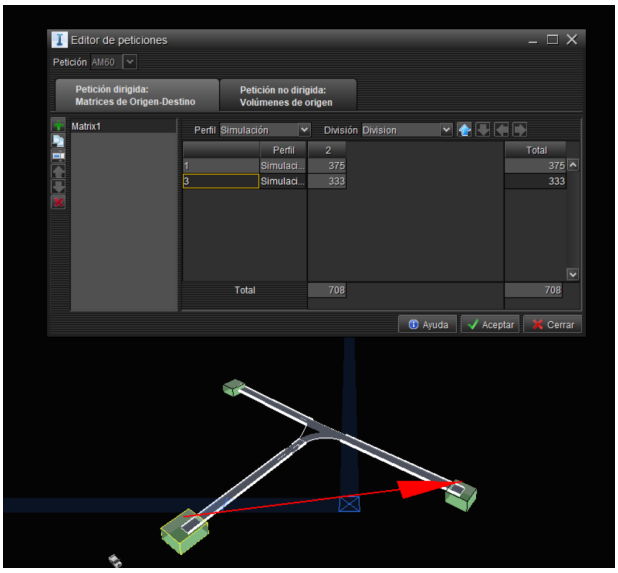


Figura 14. Ingreso de conteos vehiculares para la intersección C.
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software Infraworks.

Por otro lado, el software realiza un análisis de las intersecciones en estudio, por medio de esto se pueden obtener parámetros tales como longitud máxima de cola para cada acceso (carril) y retardo medio de giro para los vehículos, tal como se muestra en la figura 15.

Figura 15. Ejemplo de salida para la función simulación de tráfico, intersección C. Fuente: Elaboración propia, utilizando el software Infraworks.

Ahora, con los parámetros obtenidos por medio de la modelación, se puede determinar el nivel de servicio de cada carril, para ello se utiliza el retardo medio de giro, con este dato y la utilización de la tabla 16 se determina el nivel de servicio para cada acceso. Este dato es de suma importancia ya que permite obtener un parámetro de la calidad de la vía y del flujo vehicular que se le brinda al usuario.

Nivel de servicio	Demora promedio por vehículo (s)	Descripción
A	<10	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y velocidades de circulación relativamente altas.
B	>10 y <20	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por la condiciones del flujo vehicular.
C	>20 y <35	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	>35 y <55	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	>55 y <80	Flujo inestable suceden pequeños embotellamientos.
F	>80	Flujo forzado, condiciones de congestión.

Figura 16. Clasificación de niveles de servicio
Fuente: MOPT, 2020

Para la determinación del nivel de servicio general para cada intersección se debe realizar el cálculo del promedio ponderado de retardo de cada acceso. Para la obtención del retardo promedio de la intersección se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Retardo promedio de la intersección} = \frac{\text{Retardo promedio 1*Porcentaje de aporte+...}}{1} \quad (13)$$

El porcentaje de aporte se obtiene por medio de los volúmenes vehiculares que aporta cada acceso a la intersección. Por último, con el valor del retardo promedio de la intersección y la figura 16 se obtiene el nivel de servicio de la intersección.

Modelación de sistema de semáforos

Como paso inicial se realizarán conteos del flujo vehicular para cada uno de los accesos de las intersecciones. Estos conteos serán tomados del proceso realizado según la sección , además, debe recalcarse que los datos vehiculares que se utilizarán son los volúmenes máximos por hora pico, para el horario vespertino, meridiano y nocturno.

Con la obtención de los datos vehiculares se procede a la modelación en el programa Synchro 6, para iniciar se toma un screenshot de la zona de trabajo por medio de Google Maps, luego

se inserta al programa y por medio del uso de la escala se generan las medidas exactas al área de trabajo. Para cada intersección se agregan datos como cantidad de carriles en función de los giros, volúmenes máximos vehiculares por giro, factor de hora pico y porcentaje de pesados, de igual forma se debe tomar en cuenta que los valores mínimos de factor de hora pico son iguales a 0,8 esto debido a que los rangos inferiores pueden aumentar las cantidades de los flujos vehiculares. Luego, se agregan los datos de la situación actual programada, tales como tiempo de todo rojo (2 s), tiempo de amarillo (3 s), ciclos de los semáforos y desfases.

Por último, al ingresar los datos mencionados y por medio del módulo de simulación Sim Traffic, se realiza la modelación del comportamiento del sistema de semáforos, el cual arroja datos relevantes como niveles de servicio, demoras y colas, tanto para los accesos como para la intersección.

Justificación del uso de semáforos

Tal como lo menciona el «Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.» para realizar la investigación y recolección de datos se debe ejecutar un estudio de ingeniería de tránsito, con el fin de comparar los resultados con los parámetros establecidos en el manual. Las condiciones que se establecen en el capítulo 4 son las siguientes:

- Condición A: Volumen mínimo de vehículos.
- Condición B: Interrupción de la continuidad del tránsito.
- Condición C: Volumen mínimo de peatones.
- Condición D: Pasos peatonales en escuelas.
- Condición E: Movimiento progresivo
- Condición F: Experiencia en accidentes.
- Condición G: Condiciones del sistema.
- Condición H: Combinación de condiciones.
- Condición I: Volúmenes en cuatro horas.
- Condición J: Demora en hora pico
- Condición K: Volumen en hora pico.

Tomando en cuenta las condiciones del manual, el SIECA establece el cumplimiento de una o 2 condiciones como mínimo para la justificación del uso de semáforos.

Evaluación de las propuestas de solución

Ya con los modelos tanto de la situación actual como de las propuestas de solución, se analizan los resultados obtenidos con el apoyo de mapas de intensidades, uso de suelos y gráficas lineales. Se finaliza con una comparación entre los escenarios y se evalúa si las soluciones son eficaces.
Luego de que se tienen las propuestas definidas se prosigue a realizar sus planos evidenciando los cambios realizados. Dentro del diseño se toma en cuenta el «Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (3era. ed.).» y la «Guía para el Diseño y Construcción del Espacio Público en Costa Rica». Las propuestas deben mostar si se realizan cambios en los usos de suelo y cada intersección debe presentar las modificaciones realizadas en:

- Inhabilitación de parqueos.
- Ampliación de aceras y carriles.
- Cotas.
- Cambios en sentidos de vías.
- Ubicación de semáforos.

Resultados

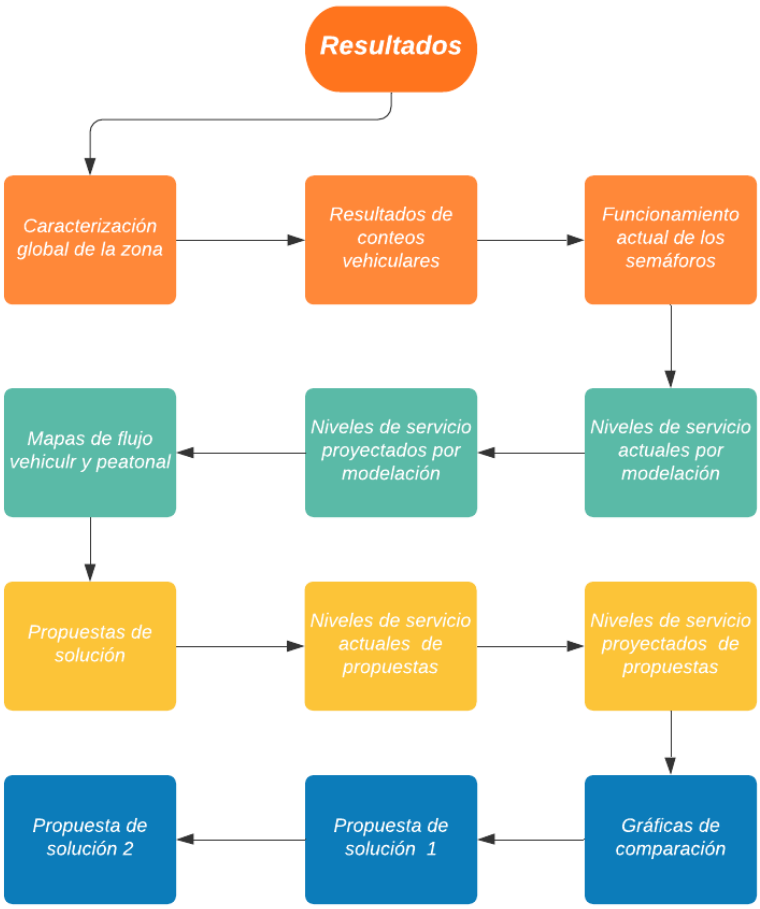


Figura 17. Diagrama de Resultados
Fuente: Autoría propia.

Caracterización global de la zona

Usos de suelo y zonificación

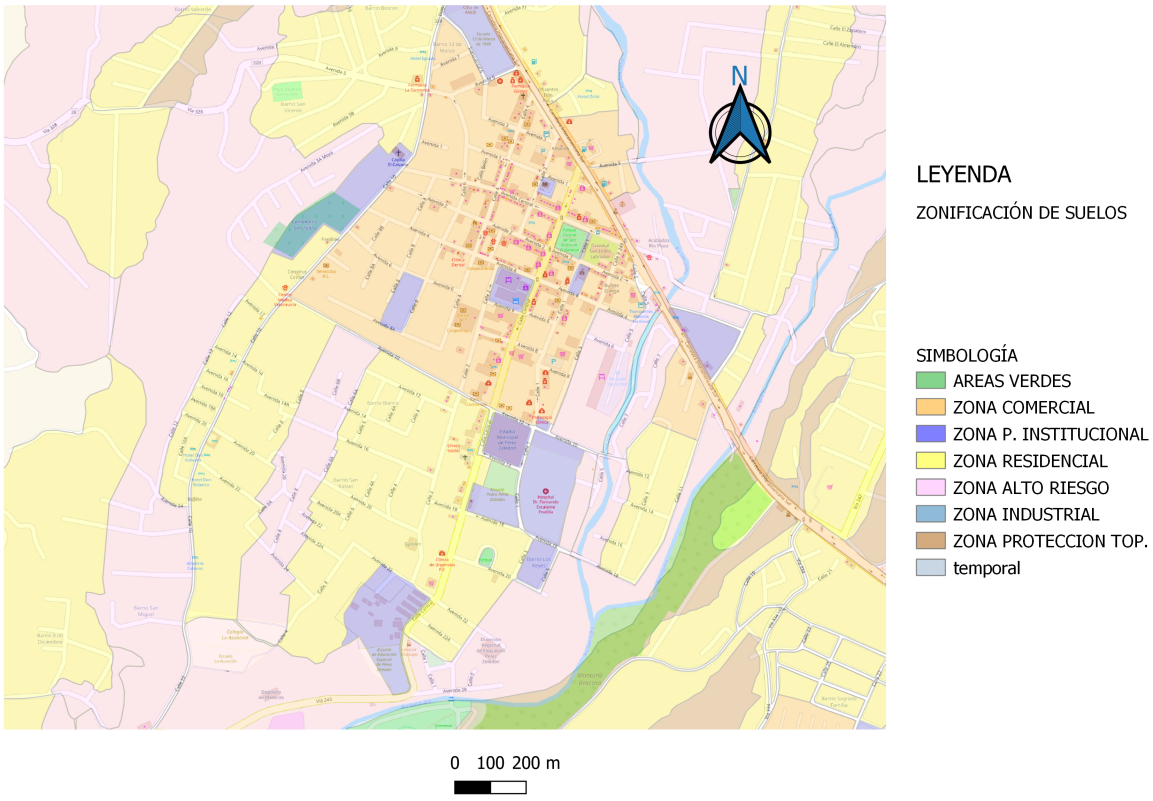


Figura 18. Zonificación actual de San Isidro de Pérez Zeledón.
Fuente: Elaboración propia.

Delimitación de la zona e intersecciones en estudio

La zona de estudio en el cantón de Pérez Zeledón corresponde a la ciudad de San Isidro del General, por medio de la línea de puntos en color negro, tal como se muestra en la figura 19. Por otro lado, se identifican las intersecciones donde se realizan los conteos para determinar los niveles de servicio para cada intersección.

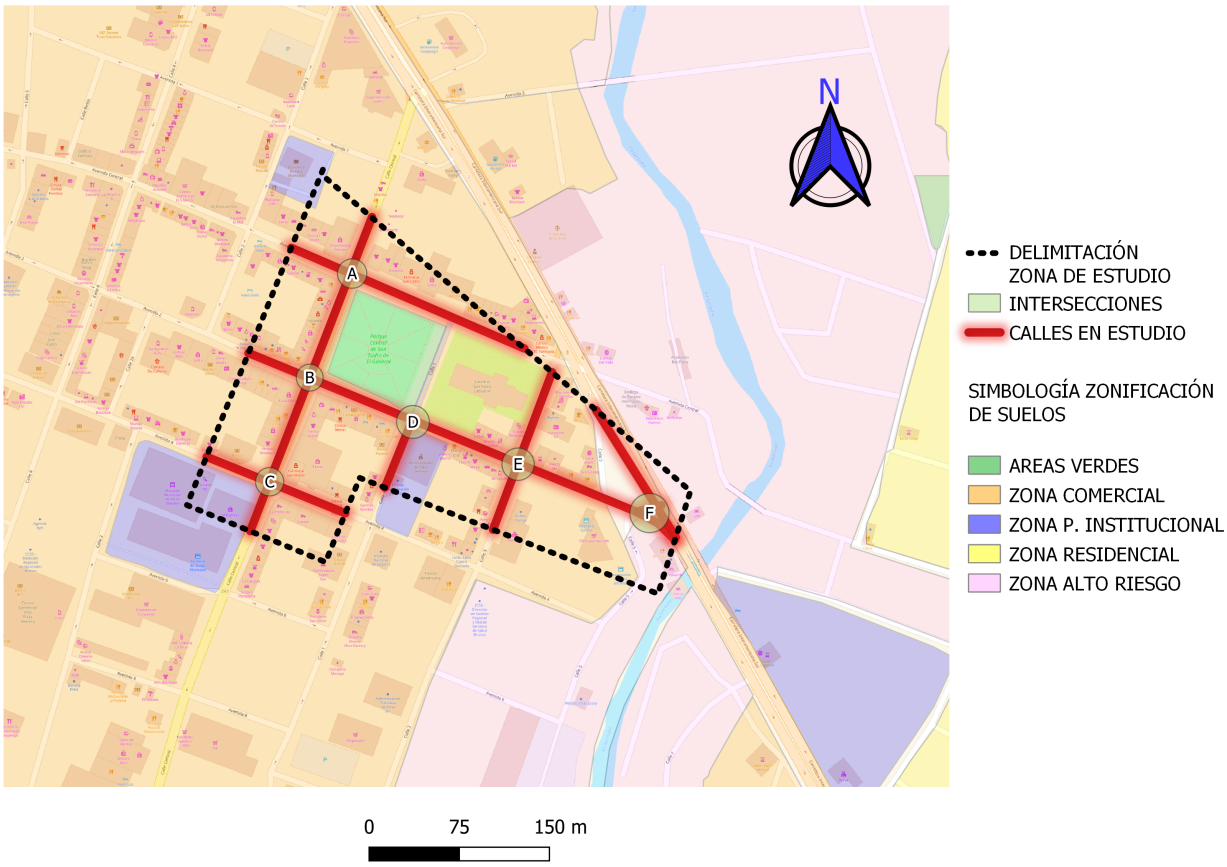


Figura 19. Delimitación aproximada de la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Información general de la zona

Figura 20. Principales centros de atracción del casco central San Isidro de Pérez Zeledón. Fuente: Elaboración propia.

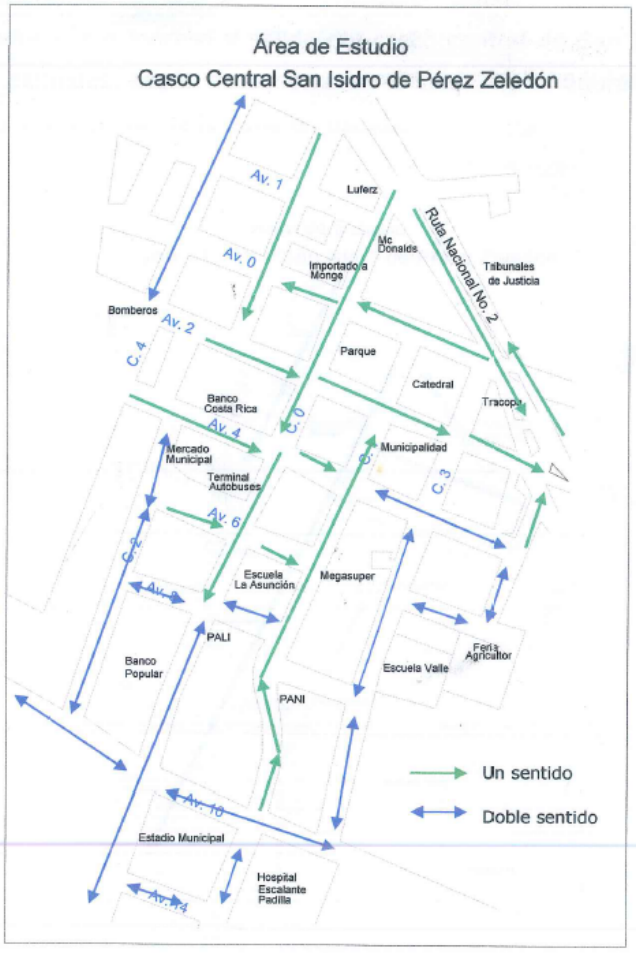


Figura 21. Sentido de vías del casco central San Isidro de Pérez Zeledón.
Fuente: Jiménez, 2007.

De la figura 21 la avenida 4 presenta hoy en día doble sentido, la calle 2 del Mercado Municipal al Banco Popular, la avenida 10 del Estadio Municipal a la esquina noroeste del Hospital Escalante Padilla presentan un único sentido.

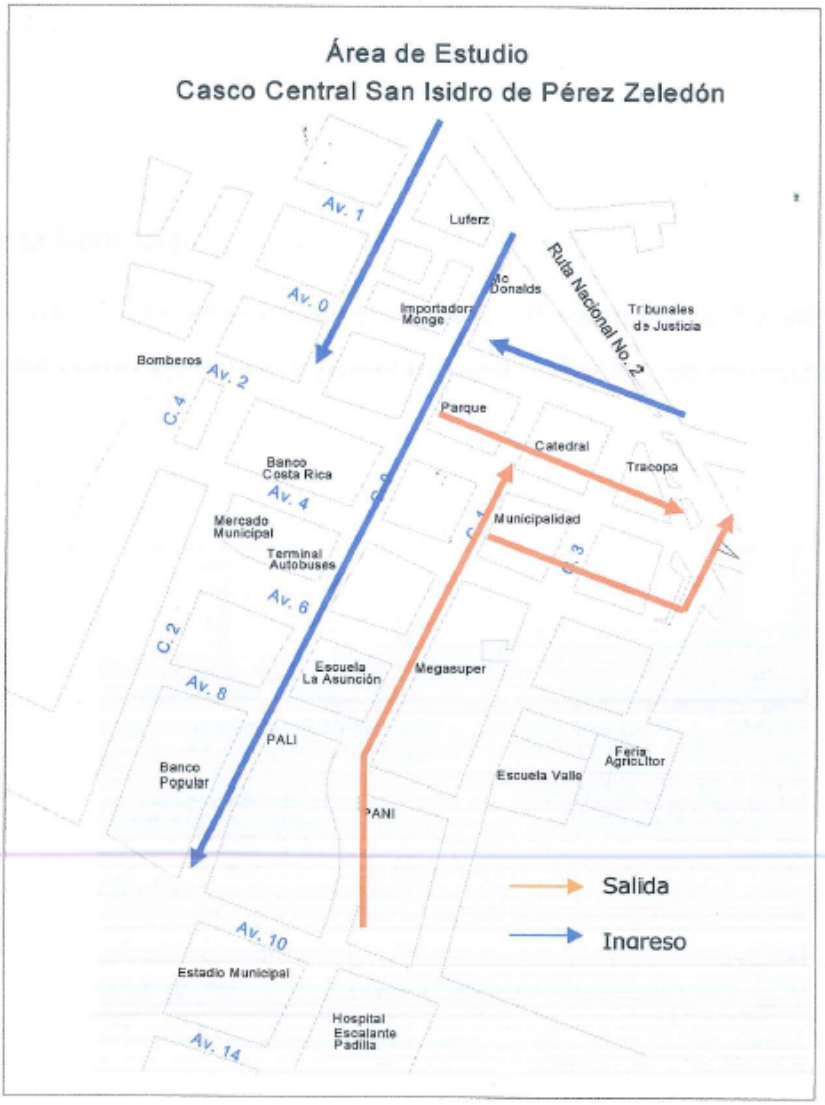


Figura 22. Ingresos y salidas del casco central San Isidro de Pérez Zeledón. Fuente: Jiménez, 2007.

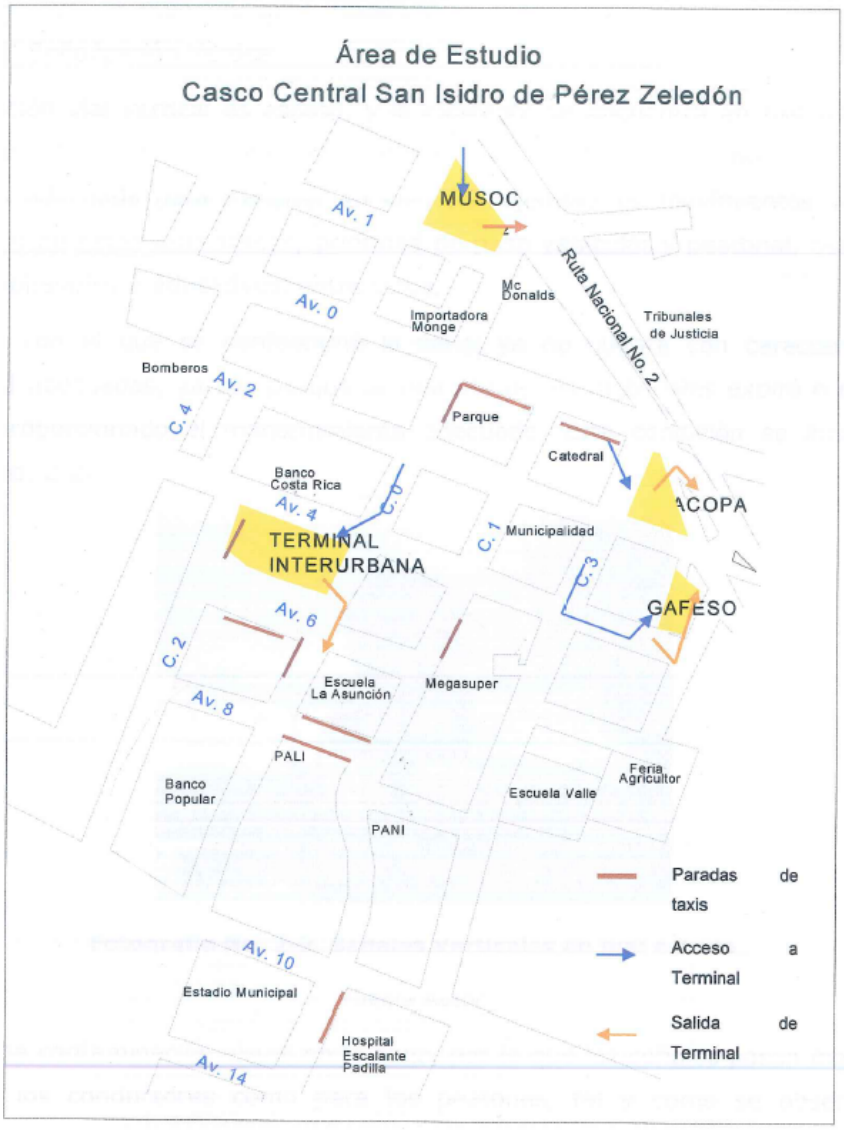


Figura 23. Ubicación de paradas de taxis e ingresos y salidas de terminales de buses. Fuente: Jiménez, 2007.

Figura 24. Ubicación de estacionamientos con boleta.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 24 se actualizaron los estacionamientos con boletas de acuerdo a los mapas encontrados en la tesis Plan de reordenamiento vial para el casco central en San Isidro de El General. (Jiménez, 2007).

Problemática encontrada en la zona

Este apartado respaldado con la visita al campo y la toma de mediciones, permite identificar problemas relacionados con la vialidad; en la zona de estudio.

Figura 25. Visita al sitio de estudio, centro de San Isidro de Pérez Zeledón
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Parqueo indebido (línea amarilla), obstaculización del flujo del carril izquierdo, sobre la Ruta Nacional 243 (Calle 0).
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Estacionamiento a ambos lados de la Calle 1.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Identificación de intersecciones con problemas de congestionamiento vial. Avenida 2-Ruta Nacional 2.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Acera en mal estado e inexistencia de rampas peatonales para cruzar la calle. Avenida 2-Ruta Nacional 243.

Fuente: Elaboración propia.

Caracterización detallada de las intersecciones en estudio

Dimensionamiento de calles

Los siguientes cuadros muestran un resumen del dimensionamiento de cada intersección considerada como problemática con su respectiva representación gráfica. Dentro de los cuadros se muestran aquellas mediciones cuantitativas y algunas características cualitativas de las calles. Dentro de las características cualitativas destacan que:

- La mayoría de las aceras se encuentran en mal estado.
- Únicamente sobre la Calle 1 existe una losa podtáctil.
- El estado del pavimento es regular.
- La demarcación horizontal no es visible en la mayoría de calles.
- Algunos pasos peatonales se encuentran en mal estado.
- Algunos semáforos presentan problemas con el brillo de las luces.

Intersección A. Avenida Central-Ruta Nacional 243

Está ubicada en la esquina noroeste del parque central. Se caracteriza por poseer una ruta nacional, de entrada a la ciudad y mayormente utilizada por buses. Posee un semáforo en 2 de sus accesos. En la figura 30 se observa la geometría de la intersección.

Cuadro 5. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección A de la Ruta Nacional 243-Avenida Central.

Acceso	# Carriles	Ancho de carril (m)	Ancho de aceras (m)	Ancho estacionamiento taxi (m), lado izquierdo	Ancho estacionamiento público (m), lado derecho
Este	2	4,25	2 (Salvadoreña) 4 (Parque)	1,90	3
Norte	2	3,9	2,5 (Monge) 2,3 (Salvadoreña)	NP	NP

Fuente: Elaboración propia

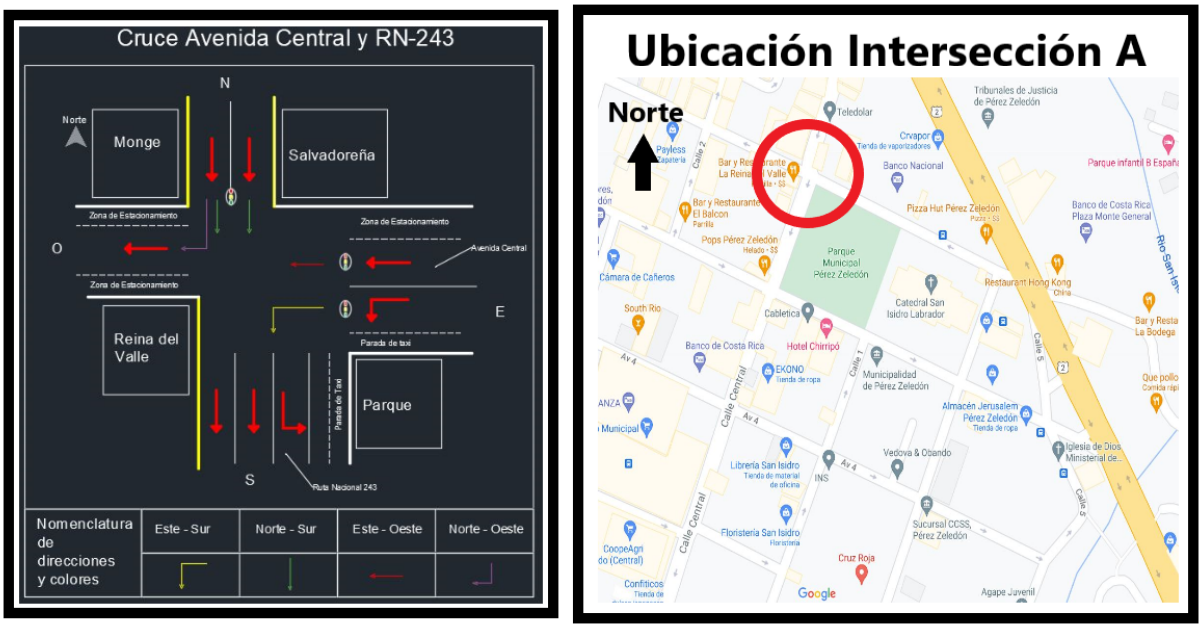


Figura 30. Representación gráfica de la intersección A.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección B. Avenida 2-Ruta Nacional 243

Se ubica en la esquina suroeste del parque central. Presenta grandes problemas de flujo vehicular, 2 semáforos en 2 de sus accesos. La salida hacia el sur es mayormente utilizada por buses que van hacia el mercado municipal. Sus aceras se encuentran en muy mal estado. En la figura 31 se observa la geometría de la intersección.

Cuadro 6. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección B de la Ruta Nacional 243-Avenida 2.

Acceso	# Carriles	Ancho de carril (m)	Ancho de aceras (m)	Estacionamiento	Ancho estacionamiento (m)
Norte	3	4	4,2 (Parque) 2,40 (POPS)	Parque (taxi)	1,85
Oeste	1	5,3	2,5	POPS y Casa Blanca (Público)	2,4

Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Representación gráfica de la intersección B.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección C. Avenida 4-Ruta Nacional 243

Se ubica al costado Noreste del Marcado Municipal, cuenta con 3 semáforos, uno en el acceso norte y los restantes para los accesos Este y Oeste. En el acceso norte se ubica un paso peatonal demarcado, además, los accesos este y oeste son de doble circulación mientras el norte y el sur son de un solo sentido. Las aceras muestran un deterioro considerable generando riesgo para los peatones. En la figura 32 se observa la geometría de la intersección C.

Cuadro 7. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección C, Avenida 4-Ruta Nacional 243.

Acceso	# Carriles	Ancho de carril (m)	Ancho de aceras (m)	Ancho estacionamiento Público
Este	2	4	2,35 (Celulares Alex) 2,35 (Tienda americana)	2,5
Norte	2	4	2,7 (BCR) 2,35 (Celulares Alex)	NP
Oeste	2	4	2, (BCR) 2,35 (Mercado Municipal)	NP

Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Representación gráfica de la intersección C.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección D. Avenida 2-Calle 1

Se ubica al costado oeste de la Municipalidad. Presenta parqueos sobre la superficie de rodamiento en ambos lados de la calle. Es una intersección sin semáforo. Presenta la peculiaridad de tener en una de sus aceras losa podtáctil. 100 metros antes de la intersección la calle presenta un adoquinado como superficie de rodamiento en muy mal estado. En la figura 35 se observa la geometría de la intersección.

Cuadro 8. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección D, Avenida 2-Calle1.

Acceso	# Carriles	Ancho de carril (m)	Ancho de aceras (m)	Estacionamiento (calle)	Ancho estacionamiento (m)
Sur	1	3,2	2,4	Hotel Chirripó (público)	2,4
Oeste	2	4	2,4	Hotel Chirripó (público)	2,5

Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Representación gráfica de la intersección D.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección E. Avenida 2-Calle 3

La presente intersección está ubicada en el costado sureste de la iglesia católica de San Isidro del General, cuenta con un acceso oeste conformado por 1 carril de tránsito el cual se distribuye en 3 giros, además, los accesos norte y sur son de doble sentido y por último, la salida este se compone de 1 carril que permite el acceso a la intersección F. Una de las características de este cruce es la serie de giros que se realizan, además, existe un área de estacionamiento en la zona de salida este la cual es regularmente utilizada para descargar mercancía, por lo que los vehículos de carga pesada afectan el libre flujo de los demás automóviles, al igual que las demás intersecciones, se presentan daños severos en las aceras.

Cuadro 9. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección E, Avenida 2-Calle 3.

Acceso	# Carriles	Ancho de carril (m)	Ancho de aceras (m)	Ancho estacionamiento Público
Este	1	5,2	2,5 (Tienda Mary) 2,5 (ABC celular)	2,5
Norte	2	3,25	2,5 (Tienda Mary) 2,5(Verduleria)	2,5
Sur	2	3,25	2,5 (Tienda Mary) 2,5 (La Corona)	2,5

Fuente: Elaboración propia

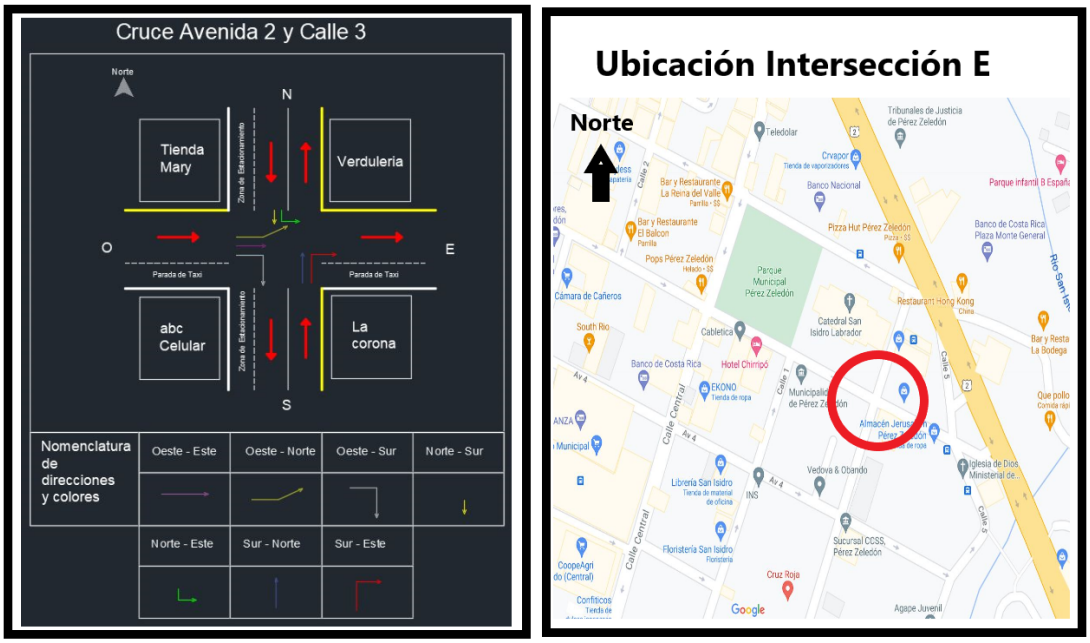


Figura 34. Representación gráfica de la intersección E.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección F. Avenida 2-Calle 5-Ruta Nacional 2

Se caracteriza por ser una intersección de salida de la ciudad y entrada a la Ruta Nacional 2. Presenta grandes problemas de flujo vehicular producto de embotellamientos sobre la ruta nacional 2. No presenta semáforos. En la figura 35 se observa la geometría de la intersección.

Cuadro 10. Dimensionamiento de los accesos de la Intersección F, Avenida 2- Calle 5 - Ruta Nacional 2.

Acceso	# Carriles	Ancho de carril (m)	Ancho de aceras (m)	Estacionamiento (calle)	Ancho estacionamiento (m)
Sur	1	3	2,1	Público	2,4
Oeste	1	3	2,5	Público y de taxis	2,5

Fuente: Elaboración propia

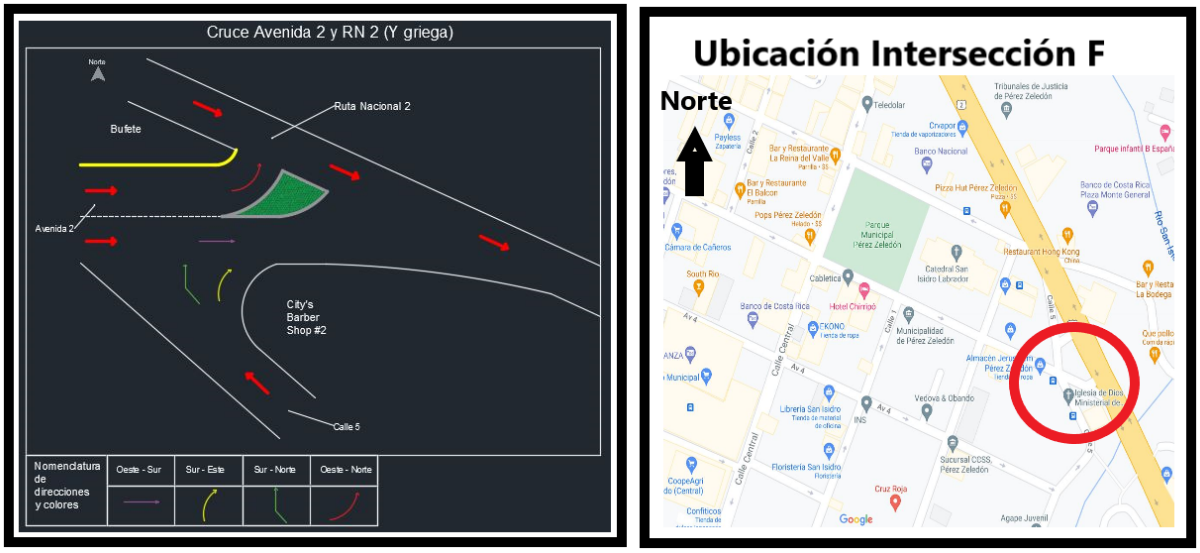


Figura 35. Representación gráfica de la intersección F.
Fuente: Elaboración propia.

Conteos vehiculares de intersecciones

Intersección A. Avenida Central-Ruta Nacional 243

Tal como se menciona en la metodología, las figuras que se muestran a continuación son una representación de los conteos realizados en la intersección A. El cuadro 11 muestra los conteos realizados para el horario matutino del día 27 de octubre de 2020, además, cuenta con el resultado de la hora pico del acceso norte. Por otro lado, el cuadro 12 muestra el mismo contenido y sumado a ello se muestra la hora pico para el acceso este y la hora pico de la intersección en el horario matutino. Cabe resaltar, que el resto de resultados para cada intersección se adjunta en la sección de apéndices.

Cuadro 11. Conteos vehiculares y hora pico de acceso norte en el acceso norte.

			Acceso Norte								
			N-S			N-O			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	27	1	28	3	1	4	32	194	
6:45	A	7:00 A.M.	32	5	37	5	0	5	42	221	
7:00	A	7:15 A.M.	37	6	43	6	2	8	51	240	
7:15	A	7:30 A.M.	55	7	62	6	1	7	69	255	
7:30	A	7:45 A.M.	45	10	55	4	0	4	59	255	7:30 - 8:30
7:45	A	8:00 A.M.	46	5	51	9	1	10	61	196	
8:00	A	8:15 A.M.	45	4	49	16	1	17	66	135	
8:15	A	8:30 A.M.	51	10	61	8	0	8	69	69	
Total					386			63	449		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12. Conteos vehiculares, hora pico de acceso este y hora pico de la intersección A.

			Acceso Este										
			E-S			E-O			Acceso			Intersección AV0-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	45	13	58	18	0	18	76	402		596	
6:45	A	7:00 A.M.	64	26	90	31	1	32	122	430		651	
7:00	A	7:15 A.M.	63	17	80	34	2	36	116	458	7:00 - 8:00	698	
7:15	A	7:30 A.M.	46	6	52	36	0	36	88	453		708	7:15 - 8:15
7:30	A	7:45 A.M.	65	5	70	33	1	34	104	430		685	
7:45	A	8:00 A.M.	53	16	69	79	2	81	150	326		522	
8:00	A	8:15 A.M.	51	6	57	53	1	54	111	176		311	
8:15	A	8:30 A.M.	39	5	44	21	0	21	65	65		134	
Total					520			312	832				

Fuente: Elaboración propia.

Factor hora pico y porcentaje de pesados

Una vez obtenido la hora pico por intersección se hace coincidir dicha hora con los conteos de cada acceso para así obtener las intensidades máximas de cada acceso acorde a la hora pico, el porcentaje de automóviles considerados como pesados y el factor de hora pico.

Cuadro 13. Factor de hora pico y porcentaje de pesados del acceso norte.

			Acceso Norte					
			N-S			N-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	55	7	62	6	1	7
7:30	A	7:45 A.M.	45	10	55	4	0	4
7:45	A	8:00 A.M.	46	5	51	9	1	10
8:00	A	8:15 A.M.	45	4	49	16	1	17
Total			191	26	217	35	3	38
FHP				0,88			0,56	
% Pes				12%			8%	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14. Factor de hora pico y porcentaje de pesados del acceso este.

			Acceso Este					
			E-S			E-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	46	6	52	36	0	36
7:30	A	7:45 A.M.	65	5	70	33	1	34
7:45	A	8:00 A.M.	53	16	69	79	2	81
8:00	A	8:15 A.M.	51	6	57	53	1	54
Total			215	33	248	201	4	205
FHP				0,89			0,63	
% Pes				13%			2%	

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 15 se muestra un resumen de la hora pico o intensidad máxima de cada intersección con su debido periodo y hora pico de acuerdo con las fechas en que se tomaron los datos. Estos datos permiten tener una noción en relación con el comportamiento vehicular de las intersecciones.

Cuadro 15. Resumen de horas pico e intensidades máximas para cada intersección

Intersección	Fecha	Periodo	Hora Pico	Intensidad Máxima
A	27 octubre	Matutino	7:00-8:00	708
		Meridiano	11:00-12:00	945
		Nocturno	16:45-17:45	962
B	17 set	Matutino	-	-
		Meridiano	10:45-11:45	955
		Nocturno	16:00-17:00	798
	18 set	Matutino	7:00-8:00	774
		Meridiano	11:45-12:45	950
		Nocturno	16:00-17:00	895
C	28 octubre	Matutino	6:45-7:45	680
		Meridiano	11:00-12:00	937
		Nocturno	16:15-17:15	974
D	10 set	Matutino	8:00-9:00	528
		Meridiano	10:45-11:45	636
		Nocturno	16:00-17:00	618
	11 set	Matutino	7:00-8:00	380
		Meridiano	11:45-12:45	708
		Nocturno	-	-
E	15 set	Matutino	7:15-8:15	492
		Meridiano	11:45-12:45	973
		Nocturno	16:00-17:00	901
	16 set	Matutino	7:15-8:15	513
		Meridiano	11:45-12:45	810
		Nocturno	16:30-17:30	871

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, en el cuadro 16 se muestra un resumen de los conteos vehiculares máximos, esto quiere decir que se tomaron los datos más críticos de cada giro para cada fecha. Este proceso permitirá modelar las 6 intersecciones con los valores máximos de intensidad vehicular, con el fin de crear un escenario crítico y erradicar los problemas de vialidad que presenta el cantón mediante alguna de las posibles soluciones propuestas.

Cuadro 16. Resumen de conteos vehiculares más críticos.

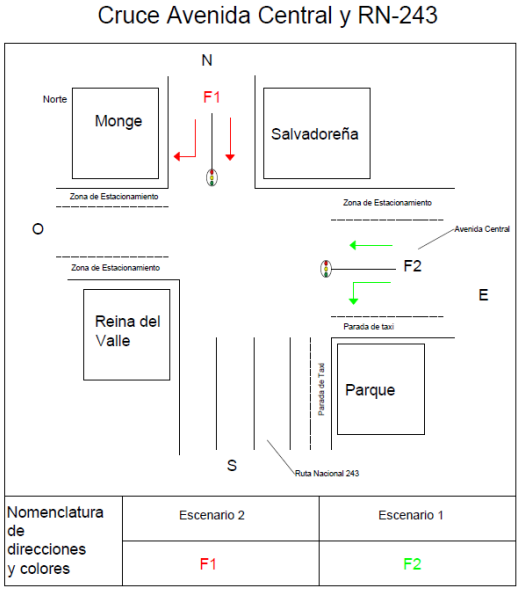
		Horario AM											
		Acceso Oeste			Acceso Este			Acceso Sur			Acceso Norte		
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				248	205	0					217	38
	FHP				0,89	0,63	-					0,88	0,56
	%P				13%	2%	-					12%	8%
B	Volumen	0	293	45							100	336	0
	FHP	-	0,77	0,75							0,64	0,89	-
	%P	-	10%	9%							7%	15%	-
C	Volumen	0	88	116	0	31	0				26	392	33
	FHP	-	0,79	0,71	-	0,65	-				0,59	0,91	0,49
	%P	-	5%	0%	-	3%	-				0%	13%	3%
D	Volumen	0	299	0				0	0	266			
	FHP	-	0,98	-				-	-	0,76			
	%P	-	8%	-				-	-	9%			
E	Volumen	45	298	20				-	2	18	14	85	-
	FHP	0,80	0,84	0,80				-	0,80	0,80	0,80	0,82	-
	%P	2%	4%	20%				-	50%	0%	0,00	3,50	-
F	Volumen	96	-	351				-	22	90			
	FHP	0,92	-	0,88				-	0,80	0,80			
	%P	16%	-	9%				-	14%	18%			
G	Volumen							-	1094	-	-	494	-
	FHP							-	0,80	-	-	0,9	-
	%P							-	6%	-	-	4%	-
		Horario MD											
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				361	249	0				0	278	57
	FHP				0,88	0,86	-				-	0,95	0,84
	%P				7%	2%	-				-	10%	4%
B	Volumen	0	211	119							182	548	0
	FHP	-	0,93	0,93							0,88	0,95	-
	%P	-	6%	6%							5%	8%	-
C	Volumen	0	117	150	0	67	0				63	484	56
	FHP	-	0,89	0,74	-	0,73	-				0,88	0,83	0,88
	%P	-	3%	3%	-	1%	-				3%	10%	18%
D	Volumen	0	364	0				0	0	369			
	FHP	-	0,93	-				-	-	0,95			
	%P	-	5%	-				-	-	5%			
E	Volumen	122	421	44				-	46	87	29	81	-
	FHP	0,87	0,96	0,85				-	0,82	0,84	0,81	0,80	-
	%P	3%	1%	5%				-	4%	0%	0,00	3%	-
F	Volumen	289	-	529				-	31	200			
	FHP	0,95	-	0,92				-	0,86	0,91			
	%P	5%	-	6%				-	16%	13%			
G	Volumen							-	1004	-	-	501	-
	FHP							-	0,87	-	-	0,95	-
	%P							-	5%	-	-	4%	-
		Horario PM											
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				366	283	0				0	257	56
	FHP				0,91	0,92	-				-	0,92	0,74
	%P				5%	1%	-				-	5%	5%
B	Volumen	0	181	101							156	485	0
	FHP	-	0,70	0,81							0,93	0,94	-
	%P	-	3%	2%							4%	8%	-
C	Volumen	0	122	174	0	96	0				64	474	44
	FHP	-	0,90	0,93	-	0,80	-				0,76	0,90	0,79
	%P	-	0%	0%	-	0%	-				5%	7%	0%
D	Volumen	0	311	0				0	0	307			
	FHP	-	0,88	-				-	-	0,81			
	%P	-	2,6%	-				-	-	2,6%			
E	Volumen	119	474	44				-	32	92	18	71	-
	FHP	0,80	0,95	0,80				-	0,80	0,80	0,80	0,89	-
	%P	0%	0%	2%				-	9%	2%	0,00	4%	-
E	Volumen	138	-	582				36	-	213			
	FHP	0,88	-	0,85				0,80	-	0,93			
	%P	4%	-	6%				11%	-	7%			
F	Volumen							-	1177	-	-	587	-
	FHP							-	0,87	-	-	0,84	-
	%P							-	3%	-	-	3%	-

Fuente: Elaboración propia.

Funcionamiento actual de los sistemas de semáforos

En el siguiente apartado se presentan los resultados del funcionamiento actual de tres sistemas semafóricos los cuales se ubican sobre la intersección A, B y C. El funcionamiento de estos sistemas, está programado bajo 3 ciclos de 75 segundos que funcionan a lo largo de todo el día, con un desfase de 25 segundos para los semáforos de las intersecciones B y C, en relación con A. Además, por medio de la modelación realizada con Synchro, se obtuvo la cola, la demora y el nivel de servicio para cada acceso, tal como se muestra a continuación:

Intersección A



Avenida Central - Ruta Nacional 243				
Esc.	Movimientos	Fases	Semáforo	Ciclo 1
1	F2	E-O F2	Verde	45
		E-S	Amarillo	3
			T. Rojo	2
			Split	50
2	F1	N-S F1	Verde	20
		N-O	Amarillo	3
			T. Rojo	2
			Split	25
			Ciclo total (s)	75
			Desfase (s)	0

Eventos		
Día	Horario	Ciclo
L-D	24:00 hrs	1

Figura 36. Detalle de escenarios, fases y tiempos de los semáforos de la intersección A. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 17. Demoras, colas y niveles de servicio de la intersección A.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio
Matutino	Norte	20,3	16,2	C
	Este	4,2	15,2	A
Meridiano	Norte	20,7	20,1	C
	Este	4,9	17,6	A
Vespertino	Norte	29,8	43,5	C
	Este	4,8	18,8	A

Fuente: Elaboración propia.

Intersección B

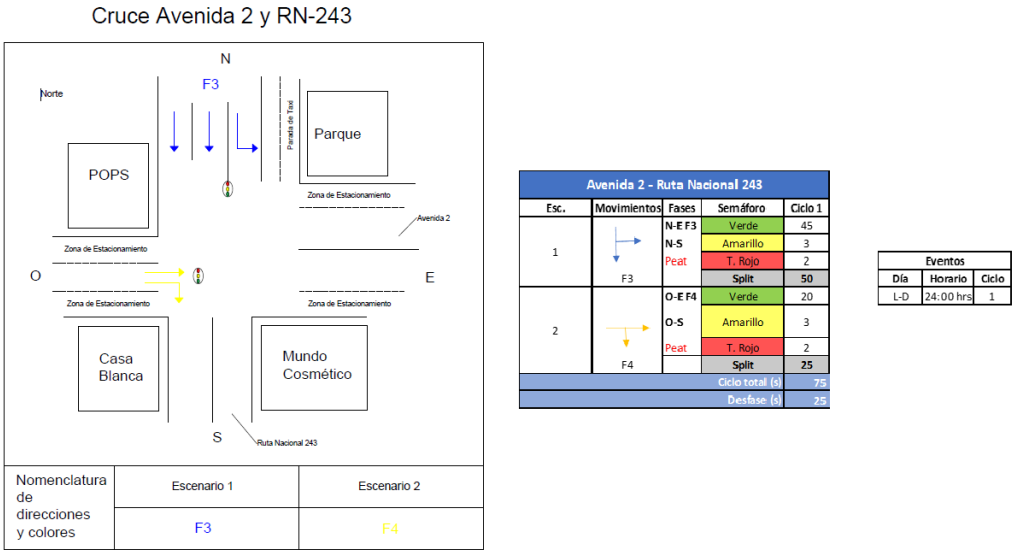


Figura 37. Detalle de escenarios, fases y tiempos de los semáforos de la intersección B.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18. Demoras, colas y niveles de servicio de la intersección B.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio
Matutino	Norte	4,1	7,6	A
	Oeste	46,6	58,3	D
Meridiano	Norte	5,1	15,6	A
	Oeste	30,4	42,1	C
Vespertino	Norte	7,9	27,2	A
	Oeste	28,9	41,2	C

Fuente: Elaboración propia.

Intersección C

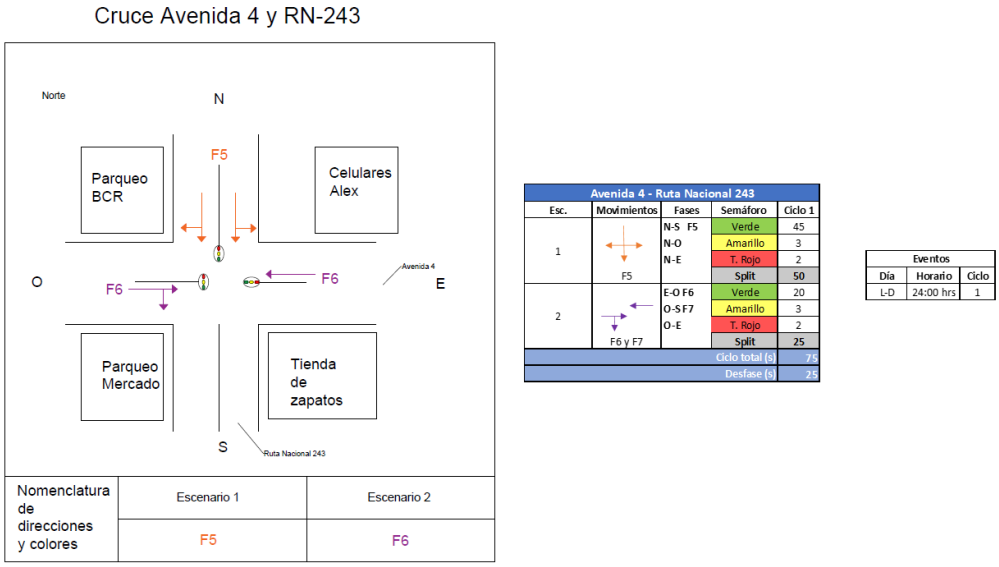


Figura 38. Detalle de escenarios, fases y tiempos de los semáforos de la intersección C.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19. Demoras, colas y niveles de servicio de la intersección C.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio
Matutino	Norte	4	8,2	A
	Este	20,5	4,3	C
	Oeste	17,7	19,7	B
Meridiano	Norte	4,8	13,4	A
	Este	21,4	9,4	C
	Oeste	21,1	27,7	C
Vespertino	Norte	10,4	37,4	B
	Este	26,2	13,7	C
	Oeste	21,2	28	C

Fuente: Elaboración propia.

Niveles de servicio actuales por medio de modelación

Para la obtención de los niveles de servicio de las intersecciones en estudio, se realizaron 3 modelaciones, ya que para los horarios contemplados los escenarios no son los mismos. En el caso del horario matutino, se respetó la cantidad de carriles de cada acceso mientras que para los horarios meridiano y vespertino en algunos accesos se eliminó 1 carril, esto con el fin de tener las condiciones observadas en campo. La principal razón de esta decisión sucede porque los usuarios suelen estacionar en línea amarilla por lo que obstruyen el libre paso de los demás vehículos.

Por otro lado, se obtuvo una serie de niveles de servicio por medio de los parámetros que calcula Infraworks, con la obtención del retardo promedio y la clasificación de la figura 16 se determinó el nivel de servicio de cada acceso. En el caso de Synchro se debe mencionar que se utilizó solamente para la modelación del sistema de semáforos, luego se realizó la optimización de los tiempos y ciclos. Dicha información se muestra a continuación.

Modelacion situación actual en Infraworks

Para iniciar con la modelación de Infraworks, se optimizaron los datos del cuadro 16 de forma que los datos de entrada y salida de cada acceso no superen una diferencia de 100 vehículos. En la siguiente figura se muestran los resultados de la optimización de los datos vehiculares.

Luego de la optimización, según el proceso explicado en la sección de metodología, se realiza la simulación de tráfico por medio de la función Traffic Analyst, la cual brinda los valores de retardo promedio y colas para cada acceso. Por otro lado, se debe mencionar que los tiempos

Cuadro 20. Optimización de los volúmenes vehiculares críticos para modelación de intersecciones.

		Horario AM											
		Acceso Oeste			Acceso Este			Acceso Sur			Acceso Norte		
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				248	205	0					217	38
B	Volumen	0	293	45							100	336	0
C	Volumen	0	88	116	0	31	0				26	392	33
D	Volumen	0	393	0				0	0	266			
E	Volumen	45	403	20				-	2	26	18	85	-
F	Volumen	141	-	515				-	22	90			
G	Volumen							-	1094	-	-	494	-
Horario MD													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				361	249	0				0	278	57
B	Volumen	0	211	119							182	548	0
C	Volumen	0	117	150	0	67	0				63	484	56
D	Volumen	0	364	0				0	0	369			
E	Volumen	156	537	56				-	46	87	29	81	-
F	Volumen	289	-	529				-	31	200			
G	Volumen							-	1004	-	-	501	-
Horario PM													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				366	283	0				0	257	56
B	Volumen	0	181	101							156	485	0
C	Volumen	0	122	174	0	96	0				64	474	44
D	Volumen	0	311	0				0	0	307			
E	Volumen	119	474	44				-	32	122	24	71	-
F	Volumen	138	-	582				-	36	213			
G	Volumen							-	1177	-	-	587	-

Fuente: Elaboración propia.

de semáforos para las intersecciones A, B y C son los establecidos por la programación actual del sistema, esto permite que la simulación sea lo más cercana al comportamiento actual de la zona en estudio.

A continuación se muestran los resultados de los niveles de servicio para cada intersección y sus respectivos accesos, estos datos contienen los resultados para los horarios matutinos, meridianos y vespertinos con alguna imagen referente al formato de visualización en Infraworks.

Intersección A

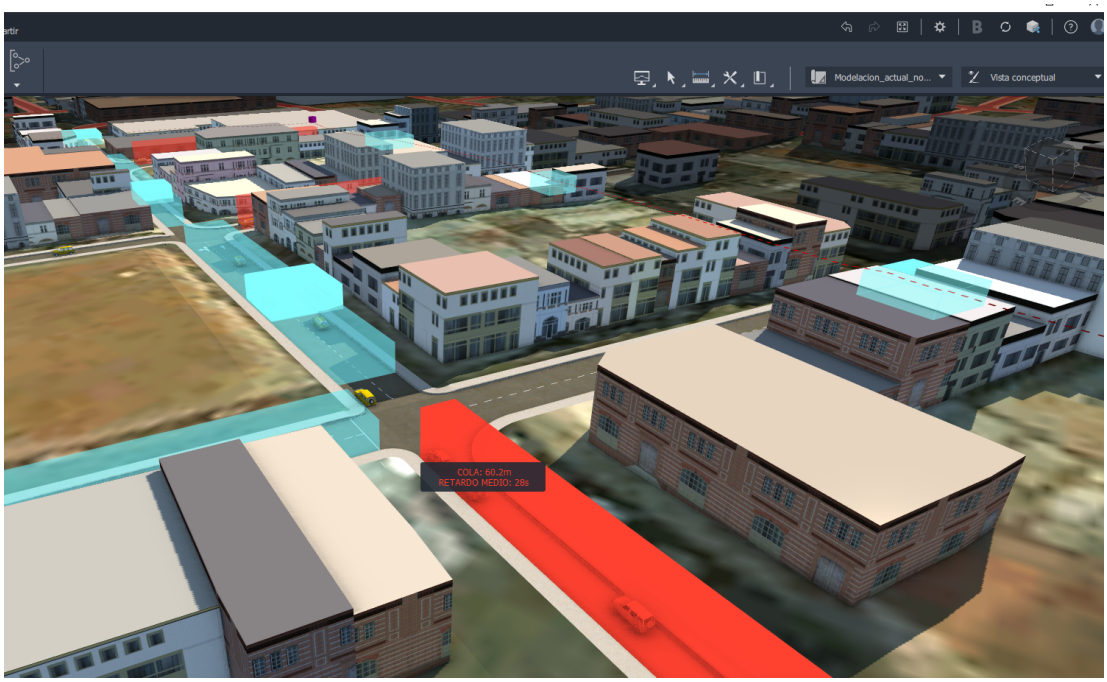


Figura 39. Retardo promedio y cola para acceso norte.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección A.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio Accesos	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
Matutino	Norte	26	30,3	C	20	B
	Este	16	41,7	B		
Meridiano	Norte	29	66,9	C	21	C
	Este	17	46,6	B		
Vespertino	Norte	28	60,2	C	21	C
	Este	17	49,8	B		

Fuente: Elaboración propia.

Intersección B

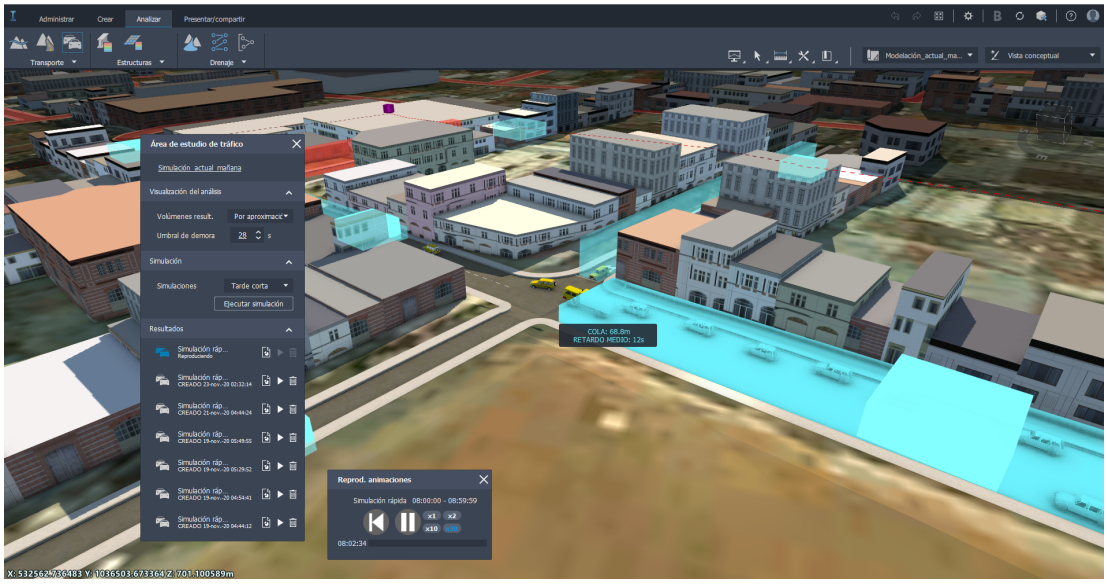


Figura 40. Retardo promedio y cola para acceso norte.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección B.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio Accesos	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
Matutino	Norte	12	68,8	B	19	B
	Oeste	28	85,9	C		
Meridiano	Norte	20	92,5	B	24	C
	Oeste	33	80,1	C		
Vespertino	Norte	19	76,3	B	22	C
	Oeste	29	52,8	C		

Fuente: Elaboración propia.

Intersección C

Cuadro 23. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección C.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio Accesos	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
Matutino	Norte	10	44,4	A	16	B
	Este	22	16,5	C		
	Oeste	29	60,5	C		
Meridiano	Norte	27	81,9	C	27	C
	Este	22	22,7	C		
	Oeste	30	86,4	C		
Vespertino	Norte	26	76,8	C	27	C
	Este	24	26,5	C		
	Oeste	28	59,9	C		

Fuente: Elaboración propia.

Intersección D

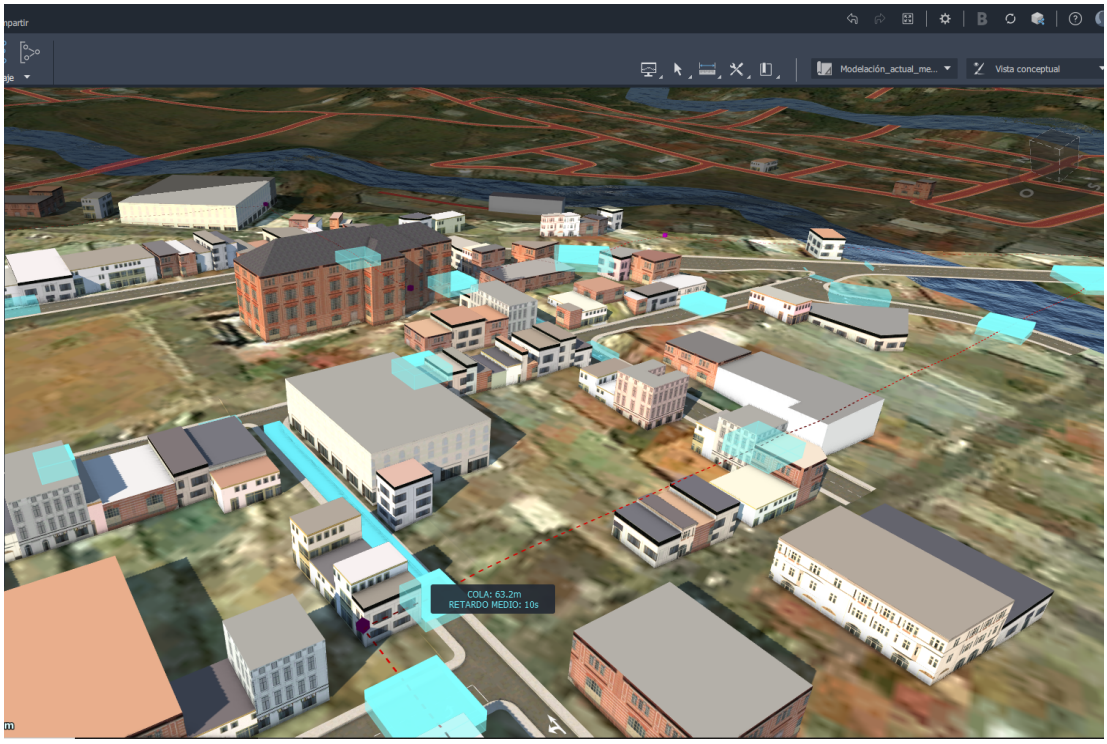


Figura 41. Retardo promedio y cola para acceso sur.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección D.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio Accesos	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
Matutino	Oeste	4	9	A	6	A
	Sur	8	38,1	A		
Meridiano	Oeste	4	9	A	7	A
	Sur	10	63,2	A		
Vespertino	Oeste	4	9	A	6	A
	Sur	8	24,8	A		

Fuente: Elaboración propia.

Intersección E

Cuadro 25. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección E.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio Accesos	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
Matutino	Norte	11	15,4	B	10	A
	Sur	10	9	A		
	Oeste	10	13,6	A		
Meridiano	Norte	15	21,5	B	11	B
	Sur	11	10,8	B		
	Oeste	10	13	A		
Vespertino	Norte	15	21,9	B	10	A
	Sur	11	12,1	B		
	Oeste	9	14,7	A		

Fuente: Elaboración propia.

Intersección F

Figura 42. Retardo promedio y cola para acceso oeste.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26. Retardos promedio, colas y niveles de servicio en intersección F.

Horario	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio Accesos	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
Matutino	Oeste	2	16,1	A	4	A
	Sur	13	15,2	B		
Meridiano	Oeste	3	16,1	A	7	A
	Sur	21	17,4	C		
Vespertino	Oeste	2	13	A	5	A
	Sur	15	17,3	B		

Fuente: Elaboración propia.

Modelación actual proyectada

Luego de realizar la modelación de la situación actual, se realiza la proyección a 5, 10 y 15 años con el propósito de observar el comportamiento vehicular para estos periodos. Con estas modelaciones se obtuvieron las colas, retardos promedio y niveles de servicio para cada intersección. Como primer paso se determinó la tasa de crecimiento en función de los datos administrados por la oficina de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte del MOPT, estos datos son tomados de conteos de TPDA realizados en Palmares de Pérez Zeledón, desde el año 1987 hasta el 2016. Se debe mencionar que se utilizaron dichos datos ya que no se cuenta con una base de datos cercana a la zona del casco central, por lo que se obtuvo la tasa de crecimiento en función de los valores mencionados y

se utilizó para las proyecciones vehiculares realizadas. Después de obtener la tasa de crecimiento TPDA se realizó el cálculo de los factores de crecimiento, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Tasa de Crecimiento Acumulado} = [(\frac{Vfinal}{Vinicial})^{(\frac{1}{Añofinal - Añoinicial})}] - 1 \tag{14}$$

$$\text{Tasa de Crecimiento Acumulado} = [(\frac{14325}{2570})^{(\frac{1}{2016-1987})}] - 1 = 6,10\,\% \tag{15}$$

Esta tasa de crecimiento acumulado se asemeja al presentado en el Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (**Informe Estado de La Nación, 2017**), el cual establece una tasa de crecimiento anual intercensal de vehículos de 6,3 % para San Isidro de El General, en los periodos del 2000 al 2011.

$$\text{Factor de Crecimiento} = (1 + \,\%TPD)^{años} \tag{16}$$

$$\text{Factor de Crecimiento} = (1 + 6,10)^{1} = 1,061 \tag{17}$$

Cuadro 27. Tasa de crecimiento y factor de crecimiento.

Tasa de crecimiento TPDA	6,10%

Años	**Factor de Crecimento**
1	1,061
2	1,126
3	1,195
4	1,267
5	1,345
6	1,427
7	1,514
8	1,606
9	1,704
10	1,808
11	1,919
12	2,036
13	2,160
14	2,292
15	2,432

Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener los factores de crecimiento se multiplicaron a los volúmenes vehiculares mostrados en el cuadro 20, para los años 5, 10 y 15. Después se agregaron estos datos a las matrices de peticiones en Infraworks, se realizó la modelación y se obtuvo el retardo promedio y colas para cada acceso, con esta serie de datos se determinó el nivel de servicio para cada acceso y para la intersección en general, tal como se muestra a continuación:

Proyección 5 años

Cuadro 28. Proyecciones volúmenes vehiculares a 5 años.

		Horario AM											
		Acceso Oeste			Acceso Este			Acceso Sur			Acceso Norte		
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				334	276						292	51
B	Volumen		394	61		0					135	452	
C	Volumen		118	156		42					35	527	44
D	Volumen		529							358			
E	Volumen	61	542	27					3	35	24	114	
F	Volumen	190		693					30	121			
G	Volumen								1471			664	
Horario MD													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				486	335						374	77
B	Volumen		284	160							245	737	
C	Volumen		157	202		90					85	651	75
D	Volumen		490							496			
E	Volumen	210	722	75					62	117	39	109	
F	Volumen	389		712					42	269			
G	Volumen								1350			674	
Horario PM													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				492	381						346	75
B	Volumen		243	136							210	652	0
C	Volumen		164	234		129					86	638	59
D	Volumen		418							413			
E	Volumen	160	638	59					43	164	32	95	
F	Volumen	186		783					48	286			
G	Volumen								1583			790	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 29. Niveles de servicio para intersección A y B.

Intersección A						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	29	58,7	C	21	C
	Este	17	50,8	B		
Meridiano	Norte	50	103,9	D	39	D
	Este	34	149,2	C		
Vespertino	Norte	33	96,3	C	26	C
	Este	22	83,8	C		
Intersección B						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	14	62	B	23	C
	Oeste	34	89,2	C		
Meridiano	Norte	33	114,5	C	38	D
	Oeste	50	104,3	D		
Vespertino	Norte	28	105,4	C	31	C
	Oeste	37	96,1	D		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 30. Niveles de servicio para intersección C y D.

Intersección C						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	12	48,9	A	18	B
	Este	22	14,8	C		
	Oeste	29	85,8	C		
Meridiano	Norte	24	79,6	C	26	C
	Este	24	38,3	C		
	Oeste	30	91,3	C		
Vespertino	Norte	27	79,3	C	28	C
	Este	23	23	C		
	Oeste	31	90,7	C		
Intersección D						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Oeste	5	9	A	9	A
	Sur	15	70,5	B		
Meridiano	Oeste	6	13	A	30	C
	Sur	53	82	D		
Vespertino	Oeste	5	14,8	A	12	B
	Sur	18	80,2	B		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 31. Niveles de servicio para intersección E y F.

Intersección E						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	14	55	B	12	B
	Sur	11	9	B		
	Oeste	12	14,6	B		
Meridiano	Norte	13	45,7	B	14	B
	Sur	13	17,9	B		
	Oeste	14	20,8	B		
Vespertino	Norte	16	42	B	13	B
	Sur	13	15,8	B		
	Oeste	12	19	B		
Intersección F						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Oeste	36	60,6	D	31	C
	Sur	NA	NA	A (manual)		
Meridiano	Oeste	38	51,9	D	33	C
	Sur	15	40,5	B		
Vespertino	Oeste	46	63,1	D	43	D
	Sur	33	51,7	C		

Fuente: Elaboración propia.

Proyección 10 años

Cuadro 32. Proyecciones volúmenes vehiculares a 10 años.

		Horario AM											
		Acceso Oeste			Acceso Este			Acceso Sur			Acceso Norte		
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen	0	0	0	448	371	0	0	0	0	0	392	69
B	Volumen	0	530	81	0	0	0	0	0	0	181	607	0
C	Volumen	0	159	210	0	56	0	0	0	0	47	709	60
D	Volumen	0	711	0	0	0	0	0	0	481	0	0	0
E	Volumen	81	729	36	0	0	0		4	47	33	154	
F	Volumen	255		931	0	0	0		40	163	0	0	0
G	Volumen	0	0	0	0	0	0		1978			893	
Horario MD													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen	0	0	0	653	450	0	0	0	0	0	503	103
B	Volumen	0	381	215	0	0	0	0	0	0	329	991	0
C	Volumen	0	212	271	0	121	0	0	0	0	114	875	101
D	Volumen	0	658	0	0	0	0	0	0	667	0	0	0
E	Volumen	282	971	101	0	0	0		83	157	52	146	
F	Volumen	523		956	0	0	0		56	362	0	0	0
G	Volumen	0	0	0	0	0	0		1815			906	
Horario PM													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen	0	0	0	662	512	0	0	0	0	0	465	101
B	Volumen	0	327	183	0	0	0	0	0	0	282	877	0
C	Volumen	0	221	315	0	174	0	0	0	0	116	857	80
D	Volumen	0	562	0	0	0	0	0	0	555	0	0	0
E	Volumen	215	857	80	0	0	0		58	221	43	128	
F	Volumen	250		1052	0	0	0		65	385	0	0	0
G	Volumen	0	0	0	0	0	0		2128			1061	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 33. Niveles de servicio para intersección A y B.

Intersección A						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	29	49,1	C	22	C
	Este	18	52,7	B		
Meridiano	Norte	126	119,7	F	113	F
	Este	107	184,2	F		
Vespertino	Norte	103	119,5	F	84	F
	Este	74	185,6	E		
Intersección B						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	16	79,6	B	38	D
	Oeste	67	91,3	D		
Meridiano	Norte	51	113,6	D	69	E
	Oeste	108	101	F		
Vespertino	Norte	44	116,9	D	53	D
	Oeste	73	103	E		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 34. Niveles de servicio para intersección C y D.

Intersección C						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	13	74,5	B	18	B
	Este	22	20,5	C		
	Oeste	29	96,7	C		
Meridiano	Norte	27	83,2	C	28	C
	Este	20	38,2	C		
	Oeste	33	94,2	C		
Vespertino	Norte	25	77,3	C	29	C
	Este	21	72,7	C		
	Oeste	39	94,3	D		
Intersección D						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Oeste	9	36,3	A	38	D
	Sur	81	80,3	F		
Meridiano	Oeste	18	90,9	B	75	E
	Sur	131	80,2	F		
Vespertino	Oeste	6	93,8	A	40	D
	Sur	73	81,9	E		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35. Niveles de servicio para intersección E y F.

Intersección E						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	15	48,1	D	24	C
	Sur	49	69,5	D		
	Oeste	25	102,8	C		
Meridiano	Norte	51	56,7	B	18	B
	Sur	13	17,9	B		
	Oeste	14	20,8	B		
Vespertino	Norte	16	59,8	B	16	B
	Sur	15	65,6	B		
	Oeste	16	102,9	B		
Intersección F						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Oeste	151	35,7	F	151	F
	Sur	151	59,7	F		
Meridiano	Oeste	60	36,9	E	83	E
	Sur	163	61,1	F		
Vespertino	Oeste	NA	NA	F	37	D
	Sur	141	60,5	F		

Fuente: Elaboración propia.

Proyección 15 años

Cuadro 36. Proyecciones volúmenes vehiculares a 15 años.

		Horario AM											
		Acceso Oeste			Acceso Este			Acceso Sur			Acceso Norte		
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				603	499						528	92
B	Volumen		713	109							243	817	0
C	Volumen		214	282		75					63	953	80
D	Volumen		956							647			
E	Volumen	109	980	49					5	63	44	207	
F	Volumen	343		1252					54	219			
G	Volumen								2661			1201	
Horario MD													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				878	606						676	139
B	Volumen		513	289							443	1333	0
C	Volumen		285	365		163					153	1177	136
D	Volumen		885							897			
E	Volumen	379	1306	136					112	212	71	197	
F	Volumen	703		1287					75	486			
G	Volumen								2442			1218	
Horario PM													
Intersección		O-N	O-E	OS	E-S	E-O	E-N	S-O	S-N	S-E	N-E	N-S	N-O
A	Volumen				890	688						625	136
B	Volumen		440	246							379	1180	
C	Volumen		297	423		233					156	1153	107
D	Volumen		756							747			
E	Volumen	289	1153	107					78	297	58	173	
F	Volumen	336		1415					88	518			
G	Volumen								2862			1428	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 37. Niveles de servicio para intersección A y B.

Intersección A						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	40	94,3	D	28	C
	Este	21	89	C		
Meridiano	Norte	116	111,3	F	96	F
	Este	87	187,2	F		
Vespertino	Norte	111	111	F	83	E
	Este	69	190,7	E		
Intersección B						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	21	117,5	C	45	D
	Oeste	75	91,5	E		
Meridiano	Norte	50	120,3	D	61	E
	Oeste	85	99,4	F		
Vespertino	Norte	50	120,3	D	61	E
	Oeste	84	103,2	E		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 38. Niveles de servicio para intersección C y D.

Intersección C						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	17	107,8	B	38	B
	Este	25	26,4	C		
	Oeste	35	93	C		
Meridiano	Norte	27	82,1	C	37	D
	Este	23	48,4	C		
	Oeste	64	94,1	E		
Vespertino	Norte	27	76,8	C	39	D
	Este	25	72,9	C		
	Oeste	66	95,7	E		
Intersección D						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Oeste	13	28,6	B	59	D
	Sur	128	80	F		
Meridiano	Oeste	9	30,3	A	74	E
	Sur	139	81,3	F		
Vespertino	Oeste	8	89,8	A	60	D
	Sur	111	82,5	F		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 39. Niveles de servicio para intersección E y F.

Intersección E						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Norte	13	59	B	16	C
	Sur	12	13,3	B		
	Oeste	17	30,3	B		
Meridiano	Norte	16	55,8	B	17	B
	Sur	16	68,2	B		
	Oeste	17	95,2	B		
Vespertino	Norte	14	54,8	B	18	B
	Sur	24	65,5	C		
	Oeste	17	98,2	B		
Intersección F						
Horario	**Acceso**	**Retardo Promedio (s)**	**Colas (m)**	**Nivel de servicio**	**Retardo Promedio intersección**	**Nivel Servicio Intersección**
Matutino	Oeste	NA	NA	F	NA	-
	Sur	NA	NA	F		
Meridiano	Oeste	NA	NA	F	54	D
	Sur	247	60	F		
Vespertino	Oeste	NA	NA	F	42	D
	Sur	160	60,5	F		

Fuente: Elaboración propia.

Mapas de flujo vehicular y peatonal

Para los datos vehiculares y peatonales recolectados en las diferentes intersecciones se generó un mapa de intensidad para ambos casos. En el tema vehicular se tomaron los datos críticos mostrados en el cuadro 20 en el horario vespertino. Para el caso de los datos peatonales, se tomaron los conteos realizados que se muestran a continuación, de allí se crearon los siguientes mapas:

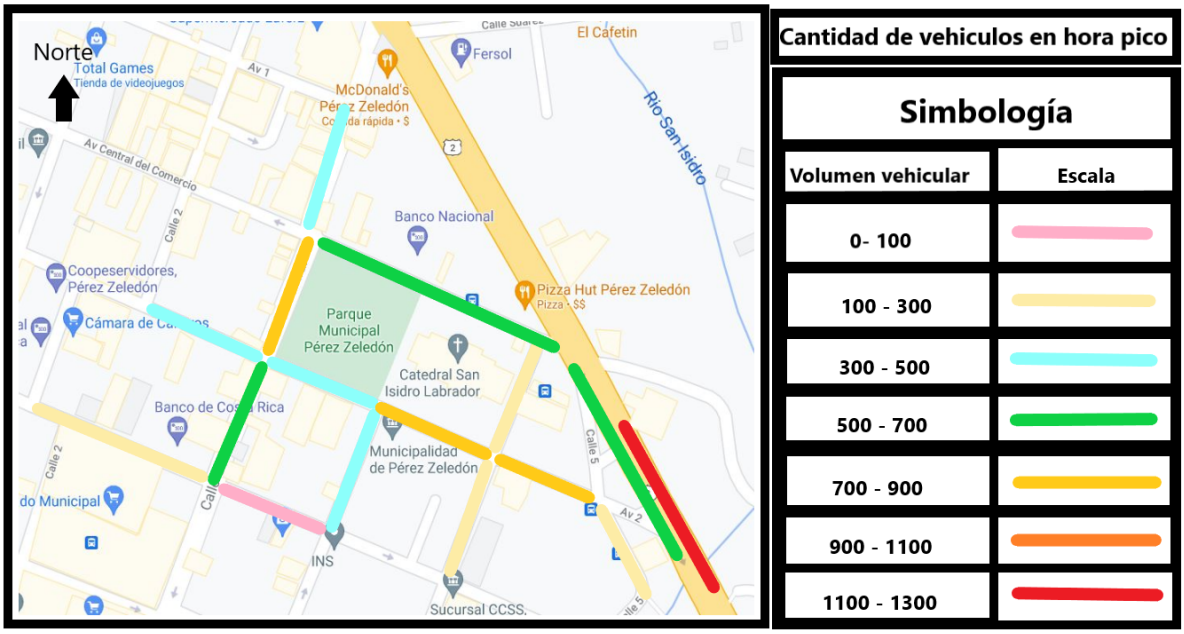


Figura 43. Mapa de intensidad vehicular.
Fuente: Elaboración propia.

Para los mapas de intensidad peatonal se deben tomar en cuenta los conteos realizados, respectivamente en las intersecciones A, B y C en los horarios matutino, meridiano y vespertino. Por otro lado, según la figura 44 se muestran los movimientos contabilizados, mientras que las siguientes figuras corresponden a los conteos para cada intersección y un mapa de intensidad peatonal respectivamente.

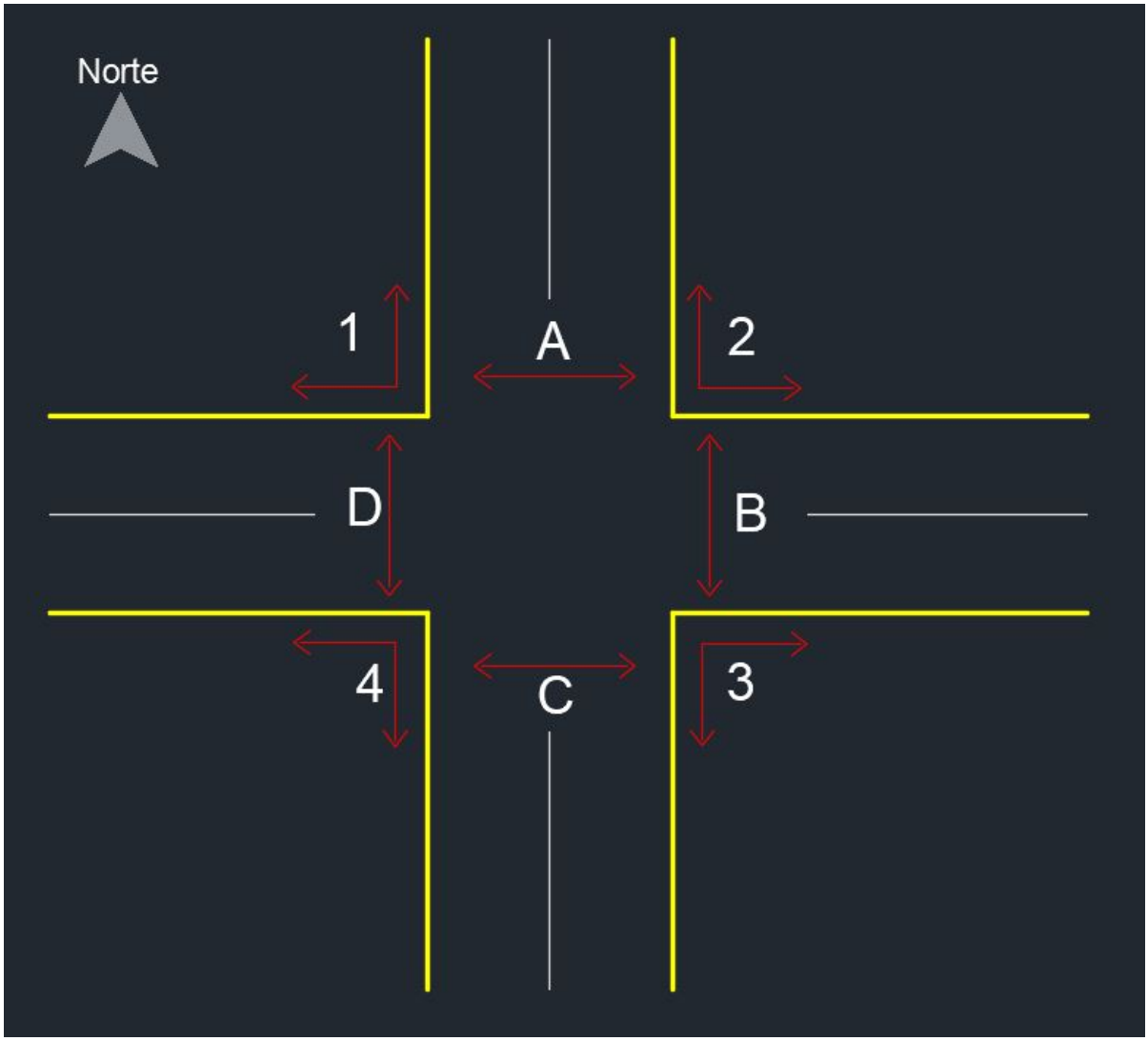


Figura 44. Movimientos peatonales en las intersecciones.
Fuente: Elaboración propia.

Conteos peatonales Intersección A

Cuadro 40. Resultados de flujo peatonal en la intersección A.

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	Total
7:00	7:15	-	-	-	-	-	-	-	-	0
7:15	7:30	2	2	13	5	11	1	0	15	49
7:30	7:45	4	2	8	1	42	11	1	22	91
7:45	8:00	27	0	10	5	118	9	0	60	229
8:00	8:15	17	3	10	12	72	18	7	48	187
8:15	8:30	7	8	14	3	56	18	4	50	160
8:30	8:45	22	5	15	6	88	18	4	87	245
8:45	9:00	12	7	15	4	84	20	2	79	223
Total		91	27	85	36	471	95	18	361	

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	Total
11:30	11:45	25	9	33	7	104	14	4	96	292
11:45	12:00	15	15	28	7	115	24	4	102	310
12:00	12:15	28	10	39	7	114	14	1	110	323
12:15	12:30	28	8	37	5	91	23	22	133	347
12:30	12:45	18	7	39	5	115	12	4	128	328
12:45	13:00	38	5	53	10	93	5	3	124	331
Total		152	54	229	41	632	92	38	693	

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	Total
4:00	4:15	14	4	66	3	68	44	2	76	277
4:15	4:30	9	4	56	6	77	23	3	99	277
4:30	4:45	9	6	42	1	67	38	2	78	243
4:45	5:00	9	0	24	5	81	17	2	78	216
5:00	5:15	9	4	28	3	51	17	0	63	175
Total		50	18	216	18	344	139	9	394	

Fuente: Elaboración propia.

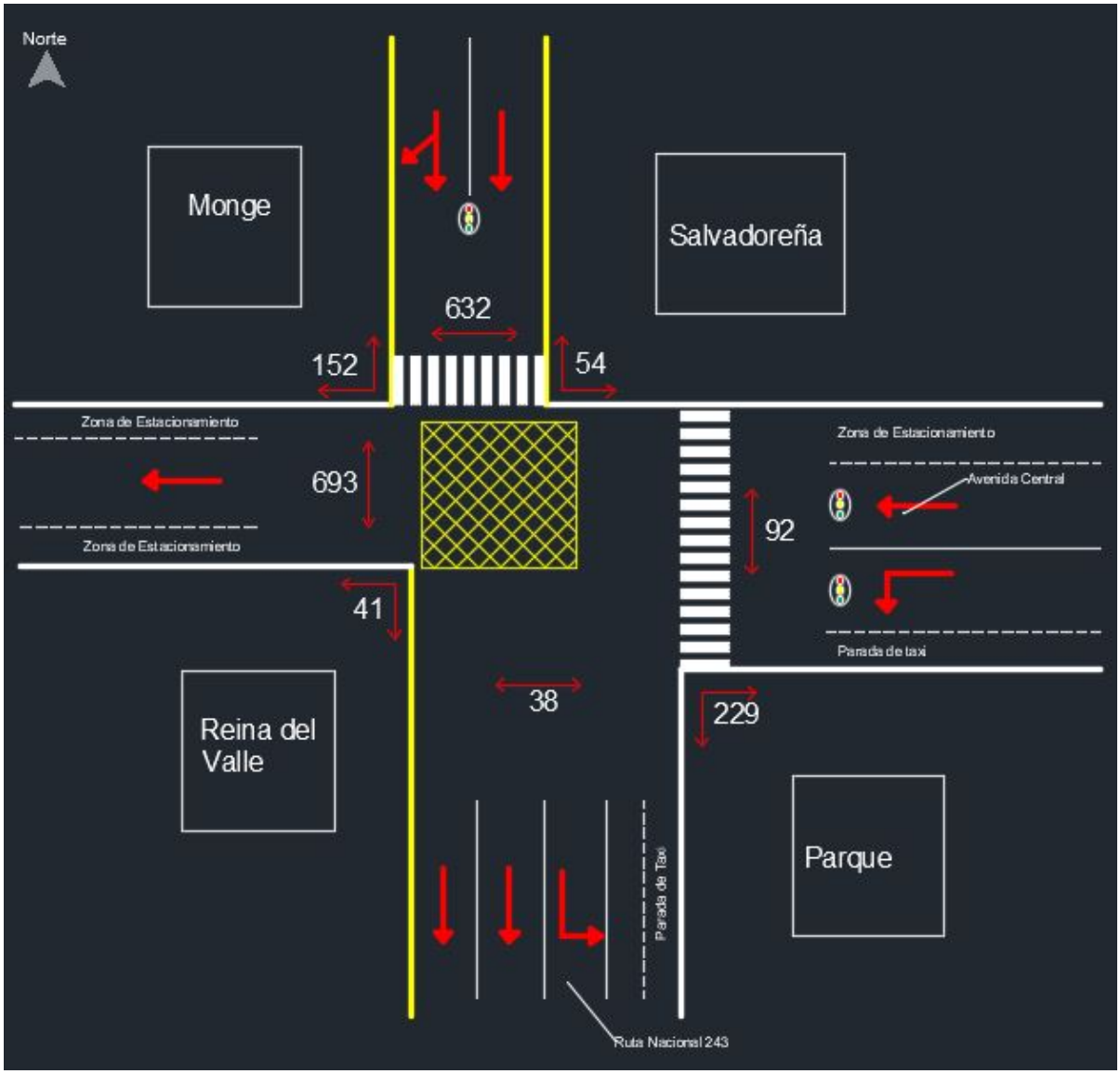


Figura 45. Interacción peatonal al mediodía en intersección A.
Fuente: Elaboración propia.

Conteos peatonales Intersección B

Cuadro 41. Resultados de flujo peatonal en la intersección B.

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	TOTAL
7:00	7:15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7:15	7:30	7	0	0	10	36	0	1	11	65
7:30	7:45	9	2	0	14	43	6	5	29	108
7:45	8:00	7	8	0	25	43	1	16	21	121
8:00	8:15	14	5	2	11	46	1	6	19	104
8:15	8:30	3	0	3	19	50	14	11	15	115
8:30	8:45	14	5	4	8	62	6	8	23	130
8:45	9:00	9	3	5	25	53	3	13	14	125
Total		63	23	14	112	333	31	60	132	

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	TOTAL
11:30	11:45	16	20	7	27	94	15	10	37	226
11:45	12:00	18	16	5	25	77	20	17	45	223
12:00	12:15	13	18	1	22	90	25	4	30	203
12:15	12:30	8	6	6	20	55	11	6	49	161
12:30	12:45	24	10	4	25	81	19	13	32	208
12:45	13:00	0	0	2	1	26	10	4	7	50
Total		79	70	25	120	423	100	54	200	

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	TOTAL
4:00	4:15	17	3	6	12	61	13	7	21	140
4:15	4:30	26	8	6	10	100	16	13	51	230
4:30	4:45	19	1	10	7	80	21	45	24	207
4:45	5:00	12	0	0	6	80	30	12	15	155
5:00	5:15	19	4	3	7	90	28	6	23	180
Total		93	16	25	42	411	108	83	134	

Fuente: Elaboración propia.

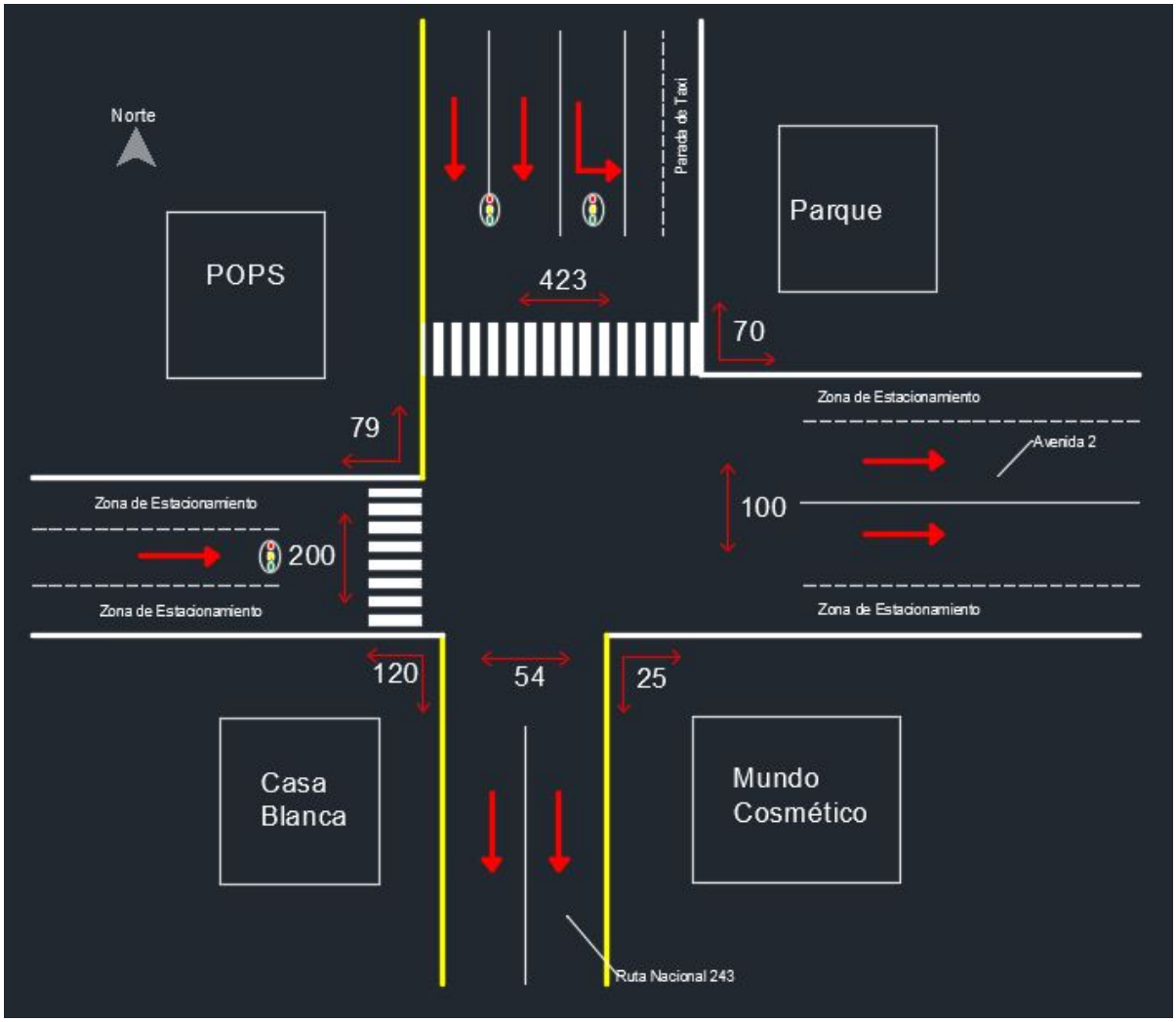


Figura 46. Interacción peatonal al mediodía en intersección B.
Fuente: Elaboración propia.

Conteos peatonales Intersección C

Cuadro 42. Resultados de flujo peatonal en la intersección C.

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	TOTAL
7:00	7:15	7	4	4	4	11	9	6	29	74
7:15	7:30	5	3	6	2	14	15	12	38	95
7:30	7:45	3	2	13	7	16	24	4	18	87
7:45	8:00	7	3	12	8	17	12	8	37	104
8:00	8:15	1	6	26	6	8	24	7	38	116
8:15	8:30	10	4	15	8	13	20	4	46	120
Total		33	22	76	35	79	104	41	206	

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	TOTAL
11:30	11:45	15	9	23	14	21	59	15	100	256
11:45	12:00	13	7	33	15	25	57	8	107	265
12:00	12:15	9	8	30	14	29	58	17	94	259
12:15	12:30	5	6	20	6	25	39	2	109	212
12:30	12:45	5	4	15	15	15	58	13	109	234
12:45	13:00	9	2	10	20	42	34	7	107	231
Total		56	36	131	84	157	305	62	626	

		Movimientos								
Hora		1	2	3	4	A	B	C	D	TOTAL
4:00	4:15	6	8	21	11	17	14	7	80	164
4:15	4:30	11	5	18	8	29	41	18	114	244
4:30	4:45	1	4	16	14	20	31	16	90	192
4:45	5:00	13	2	14	14	14	27	13	101	198
5:00	5:15	8	8	19	7	18	26	5	86	177
5:10	5:30	9	5	25	6	23	47	8	74	197
Total		48	32	113	60	121	186	67	545	

Fuente: Elaboración propia.

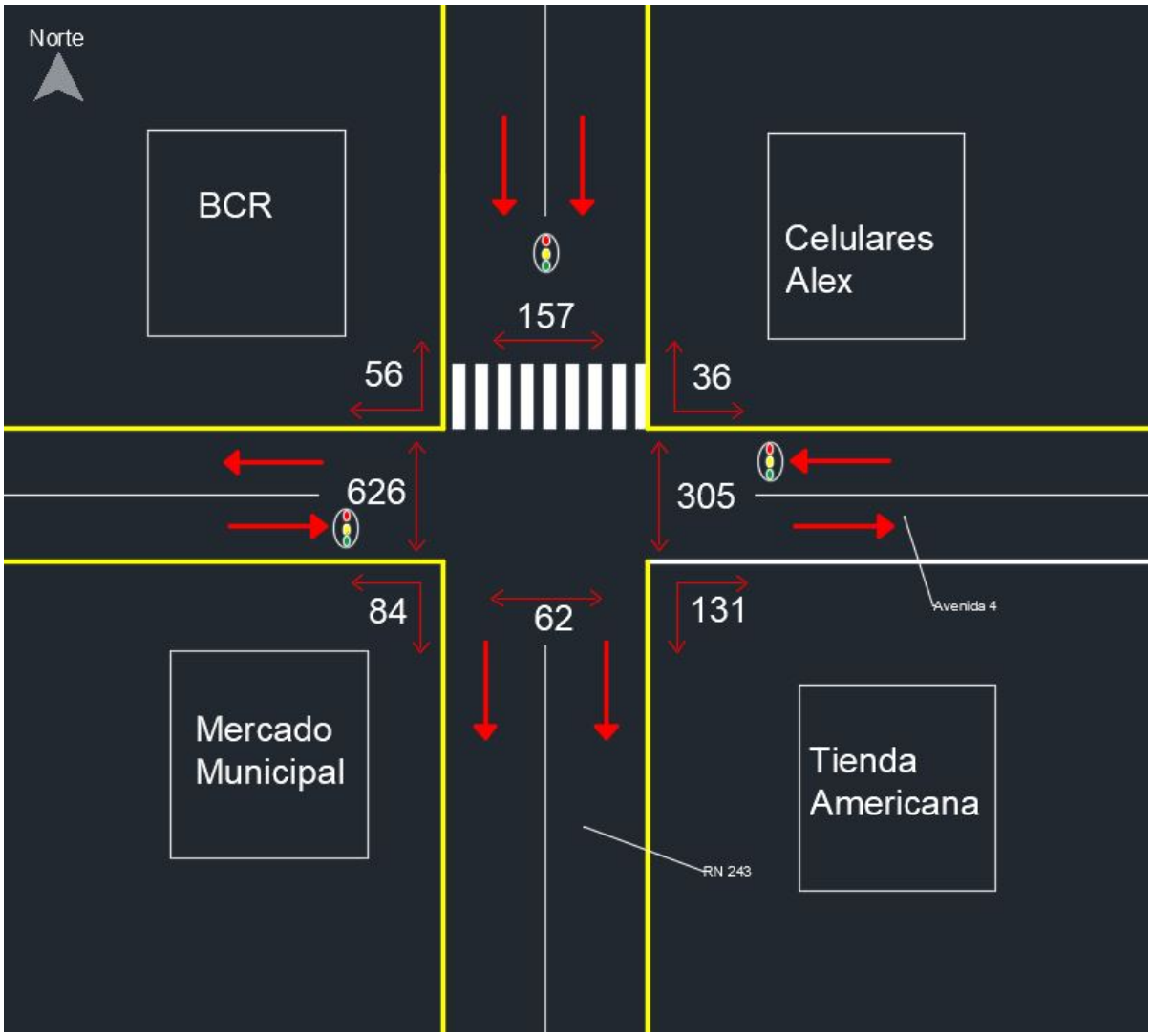


Figura 47. Interacción peatonal al mediodía en intersección C.
Fuente: Elaboración propia.

Ahora, con los datos peatonales para cada intersección se realizan 3 mapas donde se denotan los volúmenes máximos de cada horario, con el fin de observar el comportamiento global de las intersecciones, tal como se muestra a continuación:

Cuadro 43. Volúmenes máximos peatonales para cada intersección.

	Horario		
Intersección	Matutino	Meridiano	Vespertino
A	1184	1931	1188
B	768	1071	912
C	596	1457	1172

Fuente: Elaboración propia.

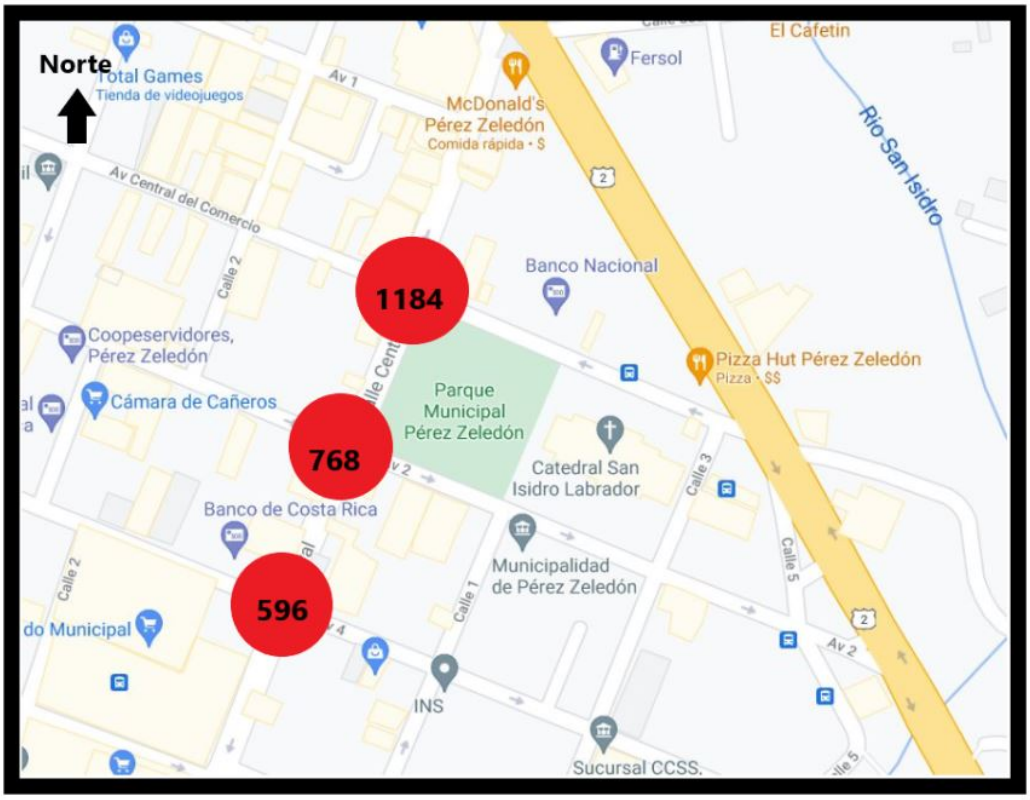


Figura 48. Volúmenes máximos peatonales horario matutino.
Fuente: Elaboración propia.

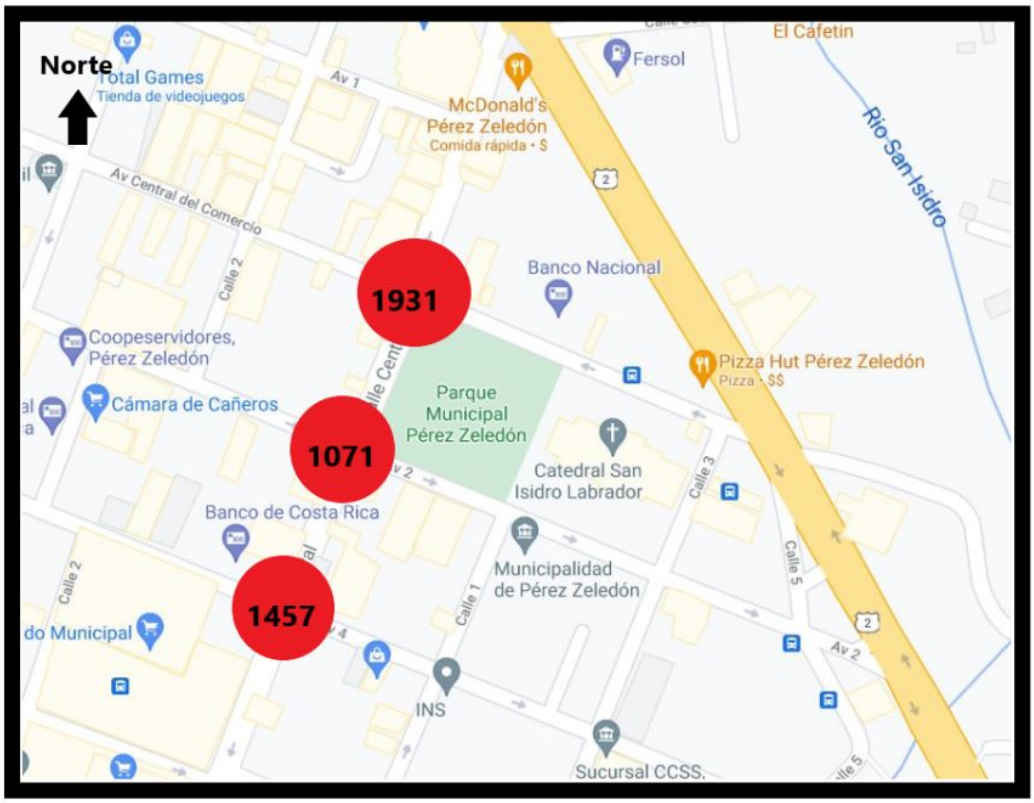


Figura 49. Volúmenes máximos peatonales horario meridiano.
Fuente: Elaboración propia.

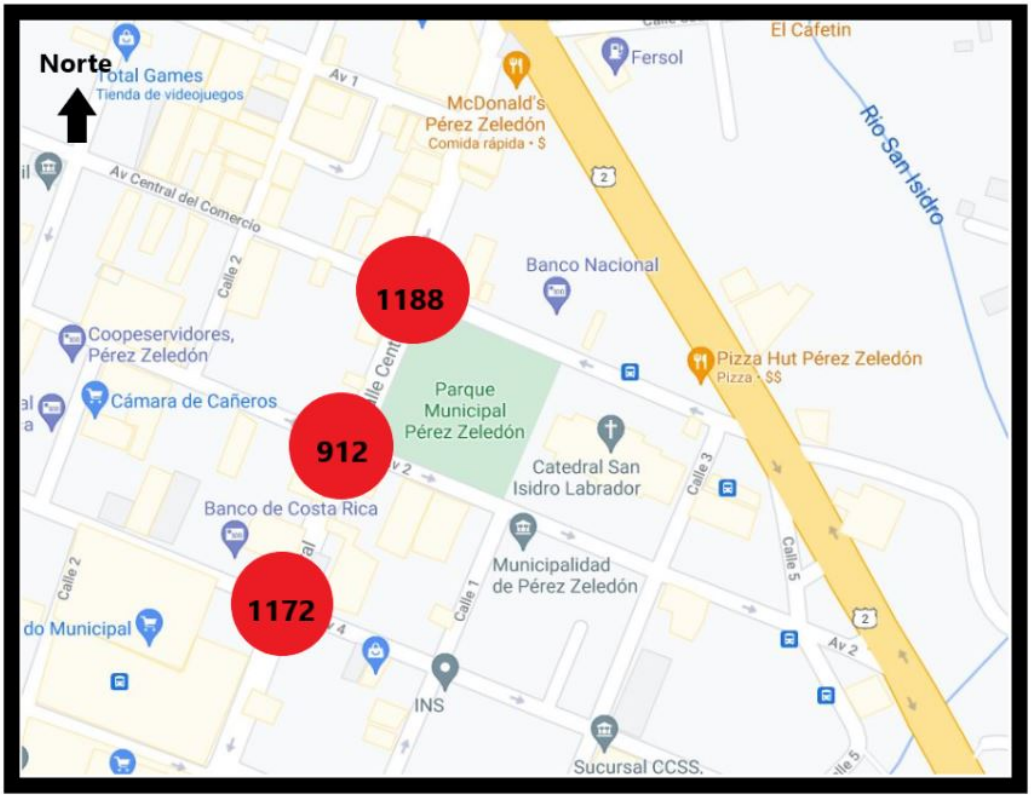


Figura 50. Volúmenes máximos peatonales horario vespertino.
Fuente: Elaboración propia.

Propuestas de solución

Las propuestas que se plantean tienen como objetivo generar en los usuarios mejoras en la movilidad vehicular y peatonal. Para ello, se proponen dos soluciones en función de los resultados obtenidos en el software Infraworks, para disminuir los tiempos en las demoras de las intersecciones en estudio, así como también brindar seguridad y confort a los peatones. Tales resultados se muestran en la siguiente figura; y gráficos, cabe resaltar que los datos son tomados del horario con las demoras mayores para cada intersección. En este caso todas las intersecciones presentan las mayores demoras a mediodía, exceptuando la intersección C que presenta sus mayores demoras en horario nocturno.

Cuadro 44. Niveles de servicio para intersecciones A, B y C.

Intersección A		
Años	Situación Actual	Propuesta de Solución
0	21	21
5	39	32
10	113	80
15	96	88
Intersección B		
Años	Situación Actual	Propuesta de Solución
0	24	20
5	38	39
10	69	50
15	61	54
Intersección C		
Años	Situación Actual	Propuesta de Solución
0	27	17
5	28	18
10	29	28
15	39	36

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 45. Niveles de servicio para intersecciones D, E y F.

Intersección D		
Años	Situación Actual	Propuesta de Solución
0	7	7
5	30	14
10	75	39
15	74	47
Intersección E		
Años	Situación Actual	Propuesta de Solución
0	11	6
5	14	11
10	18	192
15	17	404
Intersección F		
Años	Situación Actual	Propuesta de Solución
0	7	5
5	11	6
10	83	6
15	54	28

Fuente: Elaboración propia.

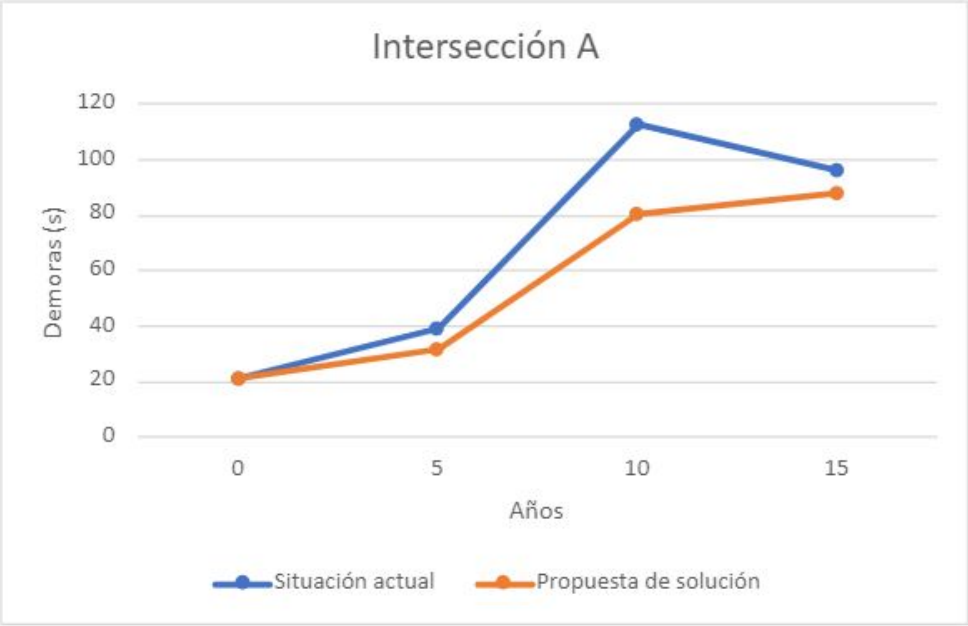


Figura 51. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección A.

Fuente: Elaboración propia.

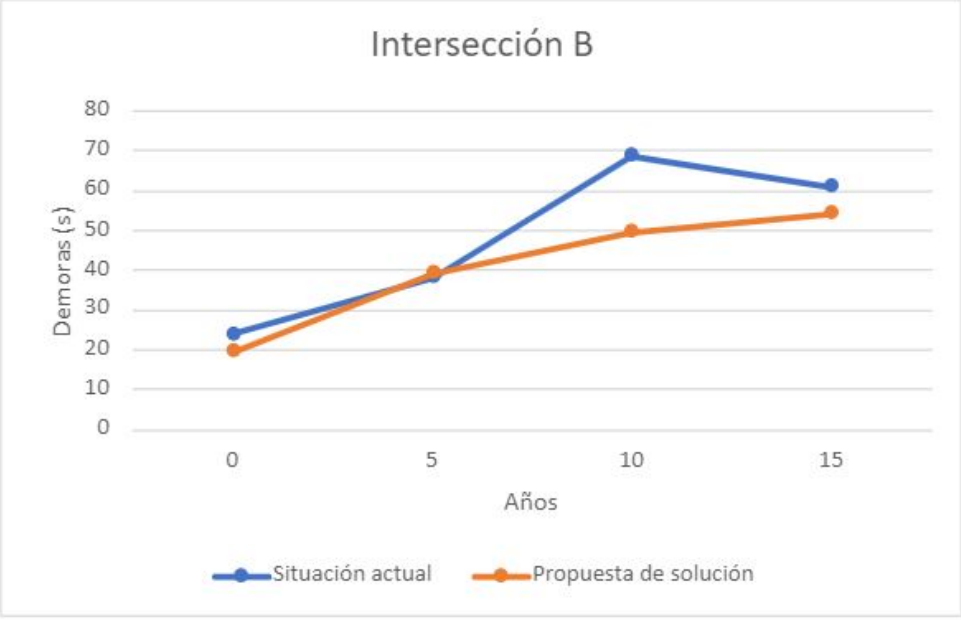


Figura 52. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección B.

Fuente: Elaboración propia.

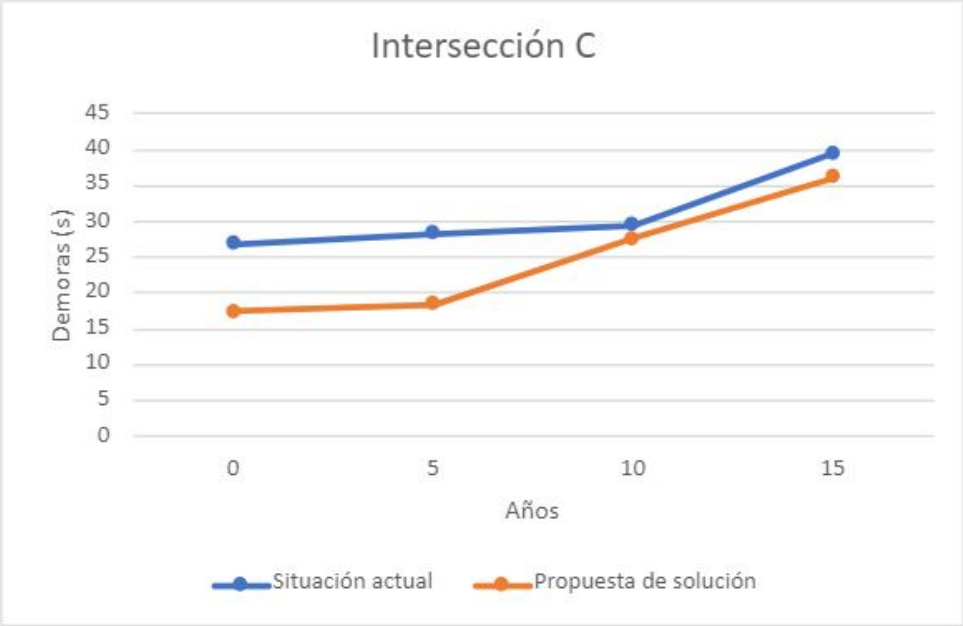


Figura 53. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección C.

Fuente: Elaboración propia.

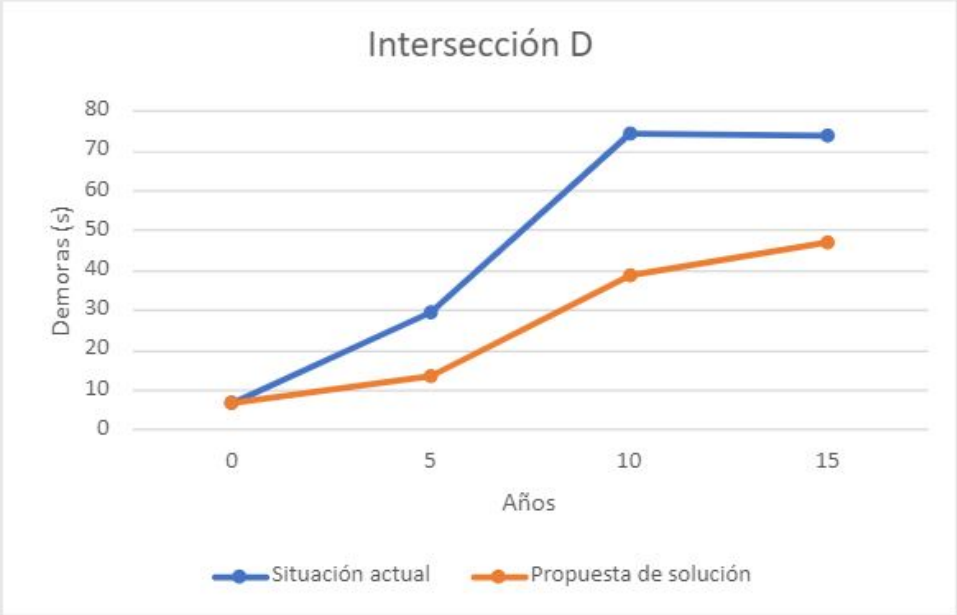


Figura 54. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección D.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 55. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección E.

Fuente: Elaboración propia.

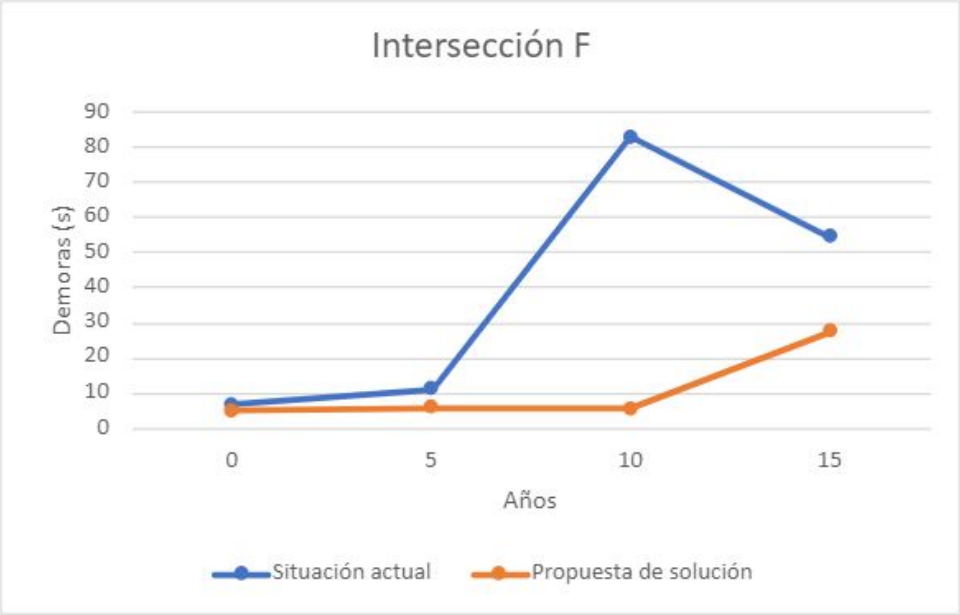


Figura 56. Gráfica niveles de servicio según situación actual y propuesta de solución para intersección F.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de solución 1

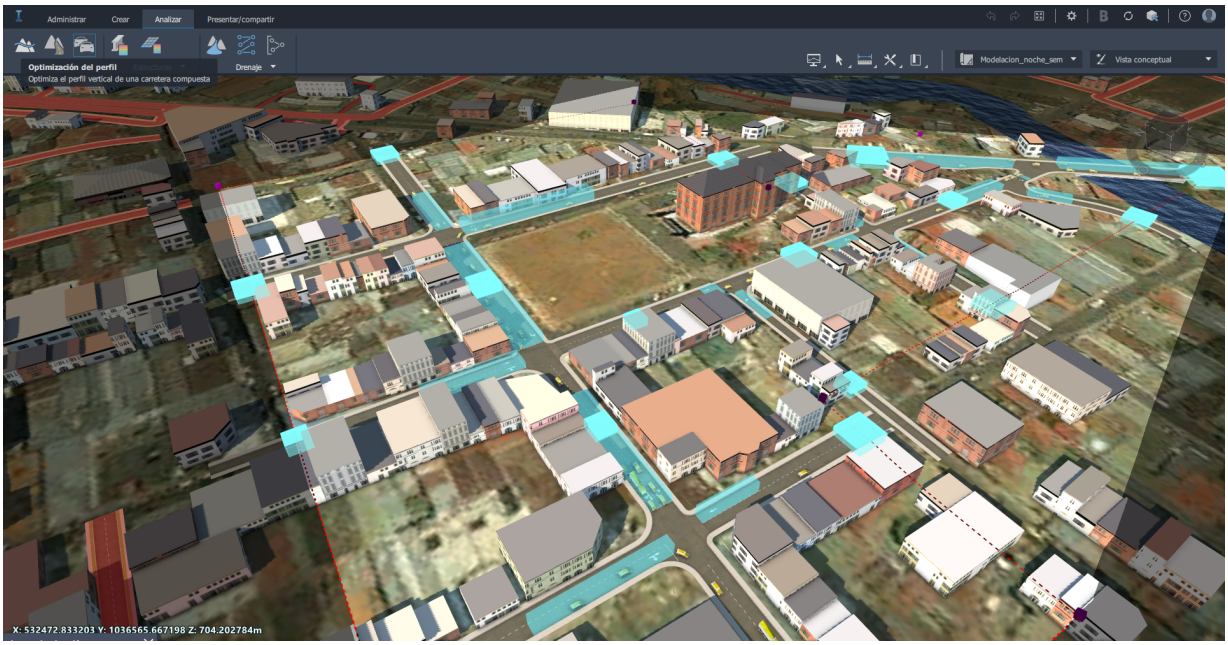


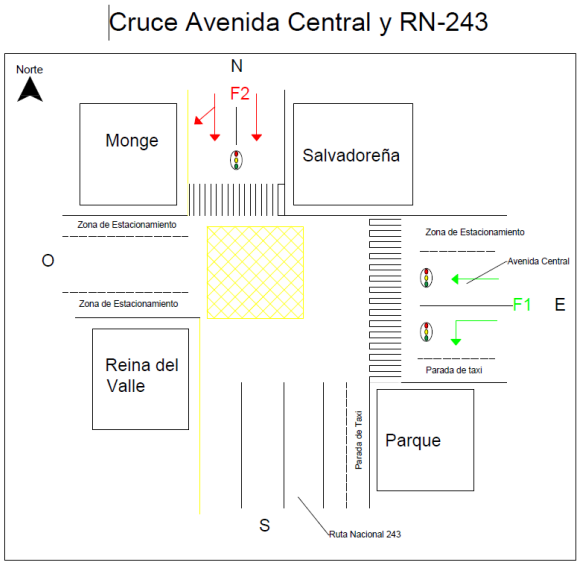
Figura 57. Niveles de servicio en color celeste (Demoras menores a 28 s) para la propuesta de solución 1 para el tiempo actual.

Fuente: Autoría propia.

La primer solución se plantea de acuerdo a los problemas observados en campo de la situación actual y los resultados obtenidos de acuerdo con la modelación en 3D.

Optimización de semáforos

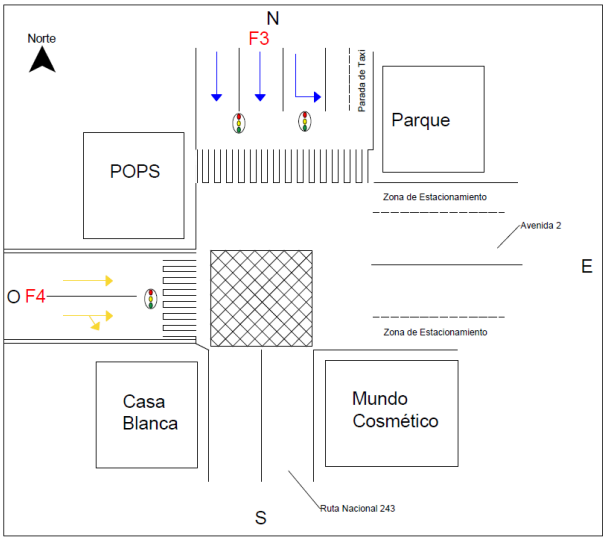
Se realiza una optimización del sistema de semáforos ubicados en las intersecciones A, B y C. Se identifica que los tiempos de semáforos no son los óptimos según el volumen vehicular de las intersecciones lo cual ocasiona grandes colas y niveles bajos de servicio, por esta razón se realiza una optimización del sistema por medio de la herramienta Synchro y con la ayuda del profesional Edwin Wong Ma, del departamento de Ingeniería de Tránsito del MOPT.



Avenida Central - Ruta Nacional 243						
Esc.	Movimientos	Fases	Semáforo	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
1	F1	E-O F1	Verde	20	32	29
		E-S	Amarillo	3	3	3
			T. Rojo	2	2	2
			Split	25	37	34
2	F2	N-S F2	Verde	20	28	31
		N-O	Amarillo	3	3	3
			T. Rojo	2	2	2
			Split	25	33	36
Ciclo total (s)				50	70	70
Desfase (s)				0	20	20

Eventos		
Día	Horario	Ciclo
L-D	06:00 hrs	1
L-D	09:00 hrs	2
L-D	15:00 hrs	3
L-D	21:00 hrs	2

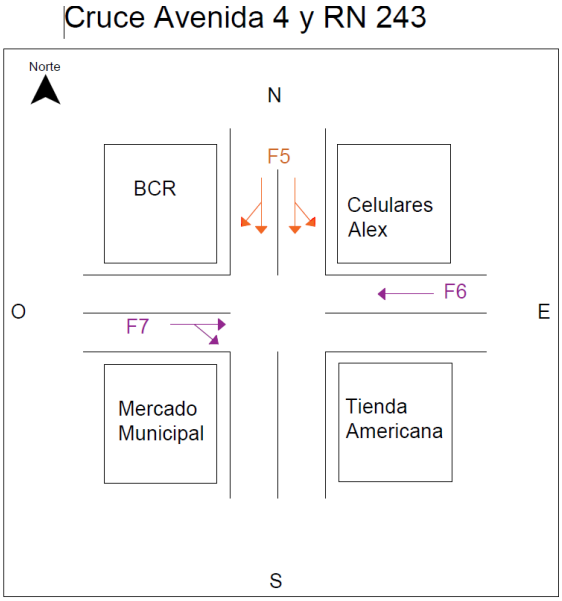
Figura 58. Tiempos del semáforo en la Intersección A para la propuesta de solución 1. Fuente: Elaboración propia.



Avenida 2 - Ruta Nacional 243						
Esc.	Movimientos	Fases	Semáforo	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
1	F3	N-E F3	Verde	20	30	34
		N-S	Amarillo	3	3	3
			T. Rojo	2	2	2
			Split	25	32	39
2	F4	O-E F4	Verde	20	30	26
		O-S	Amarillo	3	3	3
			T. Rojo	2	2	2
			Split	25	38	31
Ciclo total (s)				50	70	70
Desfase (s)				25	20	20

Eventos		
Día	Horario	Ciclo
L-D	06:00 hrs	1
L-D	09:00 hrs	2
L-D	15:00 hrs	3
L-D	21:00 hrs	2

Figura 59. Tiempos del semáforo en la Intersección B para la propuesta de solución 1. Fuente: Elaboración propia.



Avenida 4 - Ruta Nacional 243						
Esc.	Movimientos	Fases	Semáforo	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
1	F5	N-S F5	Verde	20	30	39
		N-O	Amarillo	3	3	3
		N-E	T. Rojo	2	2	2
			Split	25	35	44
2	F6 y F7	E-O F6	Verde	20	30	21
		O-S F7	Amarillo	3	3	3
		O-E	T. Rojo	2	2	2
			Split	25	35	26
			Ciclo total (s)	50	70	70
			Desfase (s)	20	20	20

Eventos		
Día	Horario	Ciclo
L-D	06:00 hrs	1
L-D	09:00 hrs	2
L-D	15:00 hrs	3
L-D	21:00 hrs	2

Figura 60. Tiempos del semáforo en la Intersección C para la propuesta de solución 1. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 46. Niveles de servicio actuales y optimizados para intersecciones semaforizadas.

Intersección		Actual			Optimizado			Mejora		
A. Av.0 - Ca.0 Importadora Monge PZ	Nivel de servicio	B	C	C	B	C	C	10%	-5%	38%
	Demoras (s)	20	21	21	18	22	13			
B. Av.02 - Ca.0 Casa Blanca PZ	Nivel de servicio	B	C	C	B	C	C	16%	-8%	36%
	Demoras (s)	19	24	22	16	26	14			
C. Av.04 - Ca.0 Banco de Costa Rica PZ	Nivel de servicio	B	C	C	B	C	C	13%	22%	41%
	Demoras (s)	16	27	27	14	21	16			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 61. Comparación entre situación actual y propuesta de solución 1 con semáforos optimizados para el horario nocturno.

Fuente: Elaboración propia.

Habilitación de dos carriles

Uno de los mayores problemas que se observa en campo es la gestión y ubicación de parqueos vechiculares a ambos lados de la calle, lo cual genera una disminución considerable del flujo vehicular. Para ello, se decide generar espacios donde sea prohibido estacionarse, principalmente sobre la avenida 2 y la calle 1 como se muestra en la figura 62. Esto permite aumentar el número de carriles, mejorar el flujo vehicular y disminuir las demoras en los niveles de servicios.

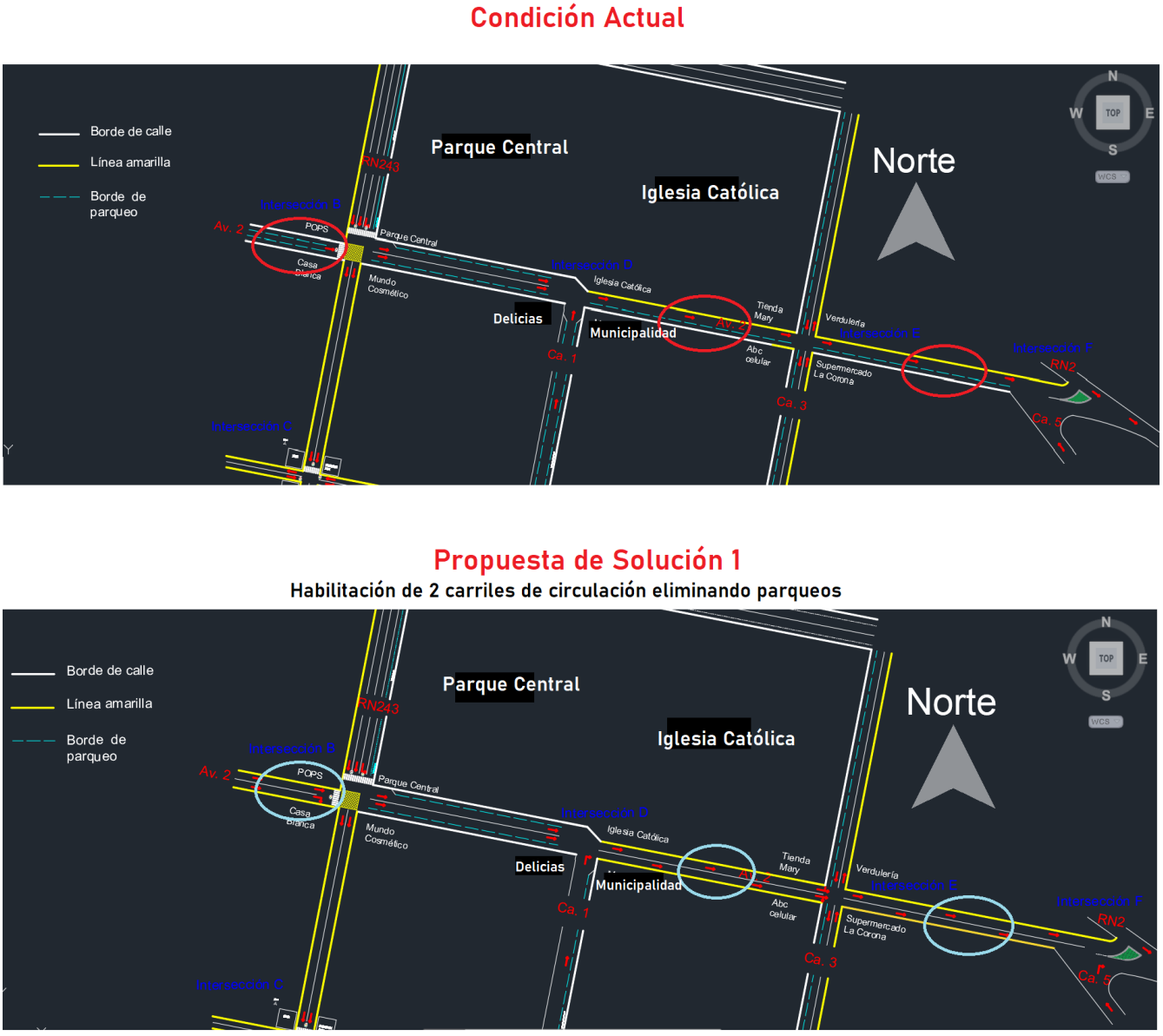


Figura 62. Eliminación de parqueos sobre la Avenida 2.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejoramiento urbano

Se detallan a continuación; para cada intersección las medidas a tomar para la promoción de una movilidad sostenible, mediante la mejora del flujo vehicular, gestión de parqueos y aceras accesibles. Se utiliza los manuales «Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (3era. ed.).» y «Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes

para el Control del Tránsito.» como parámetros de diseño.

Intersección A

Tal como lo muestra la **figura 63**, la intersección A no presenta alguna modificación significativa en dimensiones de carriles, giros, cierre de vías o habilitación de carriles. Se toma la decisión de mantener las condiciones actuales ya que el acceso Este presenta anchos de carril superiores a 4 metros lo que permite que los conductores se movilicen rápidamente, además, con la optimización de semáforos existe una mejora en niveles de servicio; y demoras por lo tanto se cumple con el mejoramiento del servicio.
En cuanto a sus aceras, se colocan losas podotáciles y una rampa de acceso para la esquina del restaurante La Reina del Valle.

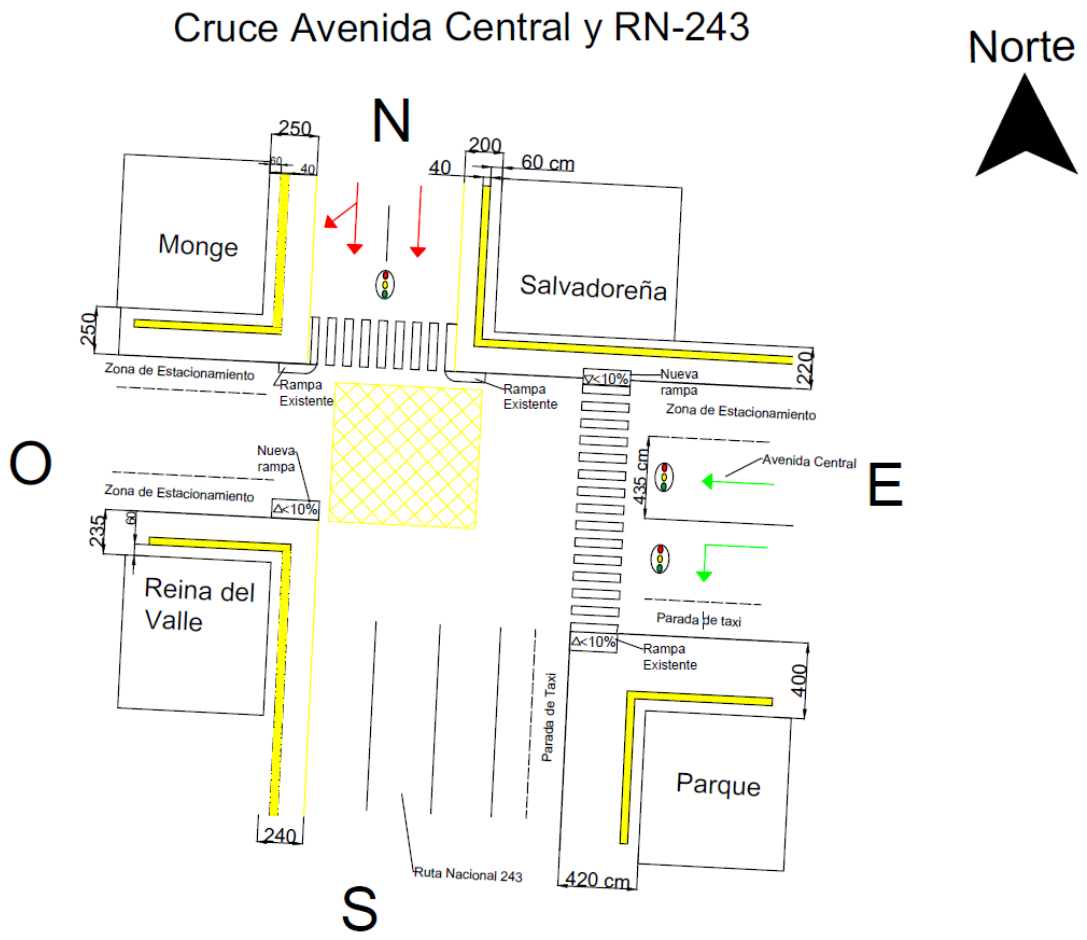


Figura 63. Detalle de la intersección A para la propuesta de solución 1.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección B

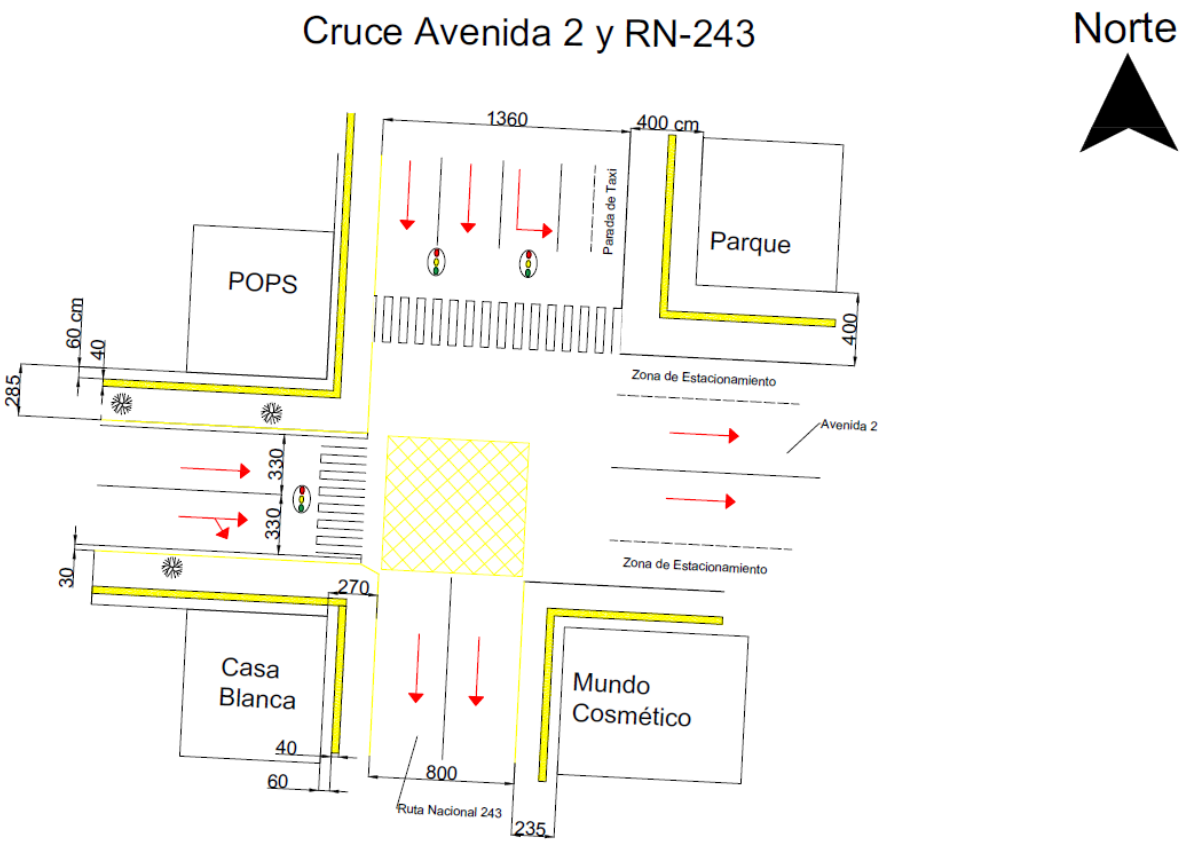


Figura 64. Detalle de la intersección B para la propuesta de solución 1.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 65. Habilitación de 2 carriles, zona de parqueos y zona de carga y descarga.
Fuente: Elaboración propia.

Características presentes:

- Anchos de aceras mayores a los 2 m.
- Rampas de acceso menores o iguales al 10 % de inclinación, según el Reglamento de la ley 7600.
- Aceras antideslizantes.
- Bancas de espera en el acceso oeste.
- Losa Podotáctil de 40 cm en todas sus aceras.
- Pasos peatonales tipo zebra de 2 m de ancho (Actual).
- Semáforos peatonales (Actual).
- Acceso oeste: Habilitación de 2 carriles (3.3 m) antes de la intersección. Ver figura **65**
- Acceso oeste: 50 m de espacio para parqueo vehicular con 2 espacios para zona de carga y descarga.

Intersección C

Para la intersección C, únicamente se plantea colocar losas podtáctil en sus aceras, así como también el mejoramiento del estado de las aceras.

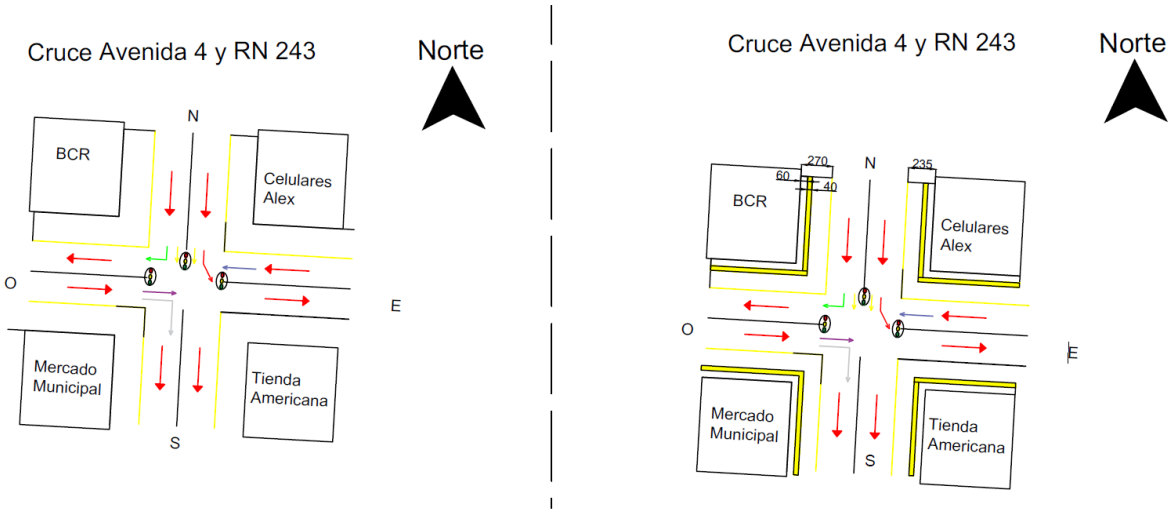


Figura 66. Detalle de la intersección C para la propuesta de solución 1.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección D

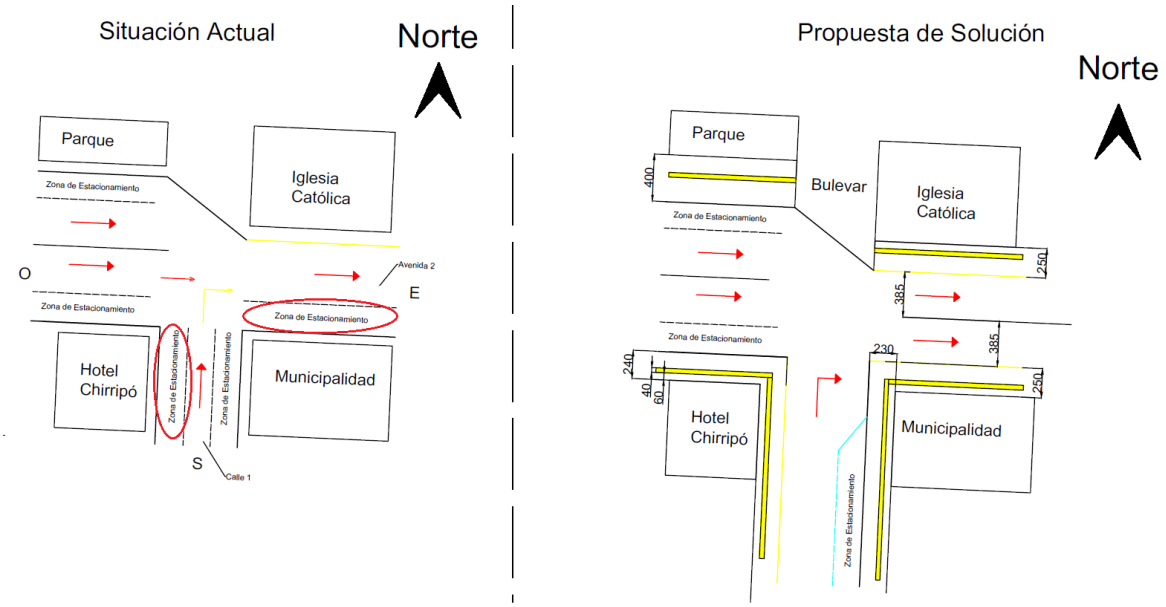


Figura 67. Detalles de la intersección D.
Fuente: Elaboración propia.

Características presentes:

- Mejoramiento de aceras, anchos mayores a los 2 m.
- Losa Podotáctil de 40 cm en todas sus aceras.
- Habilitación de 2 carriles en la salida este de la intersección.
- Eliminación de parqueos al lado izquierdo de la calle 1 y al lado derecho de la Avenida 2.
- Mobiliario Urbano sobre el Bulevar.

Intersección E

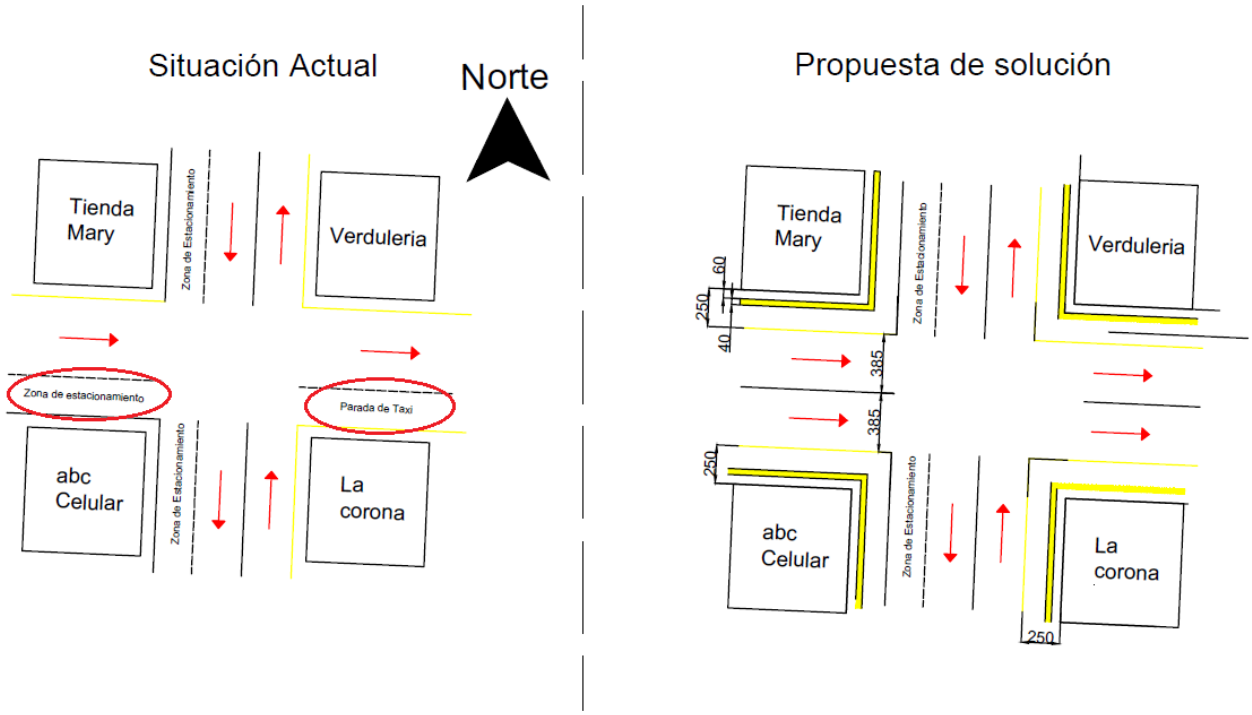


Figura 68. Detalles de la intersección E.
Fuente: Elaboración propia.

Características presentes:

- Mejoramiento de aceras, anchos 2.5 m.
- Losa Podotáctil de 40 cm en todas sus aceras.
- Habilitación de 2 carriles en la salida este de la intersección.
- Eliminación de zonas de parqueo público y parqueo para taxis sobre la avenida 2.

Intersección F

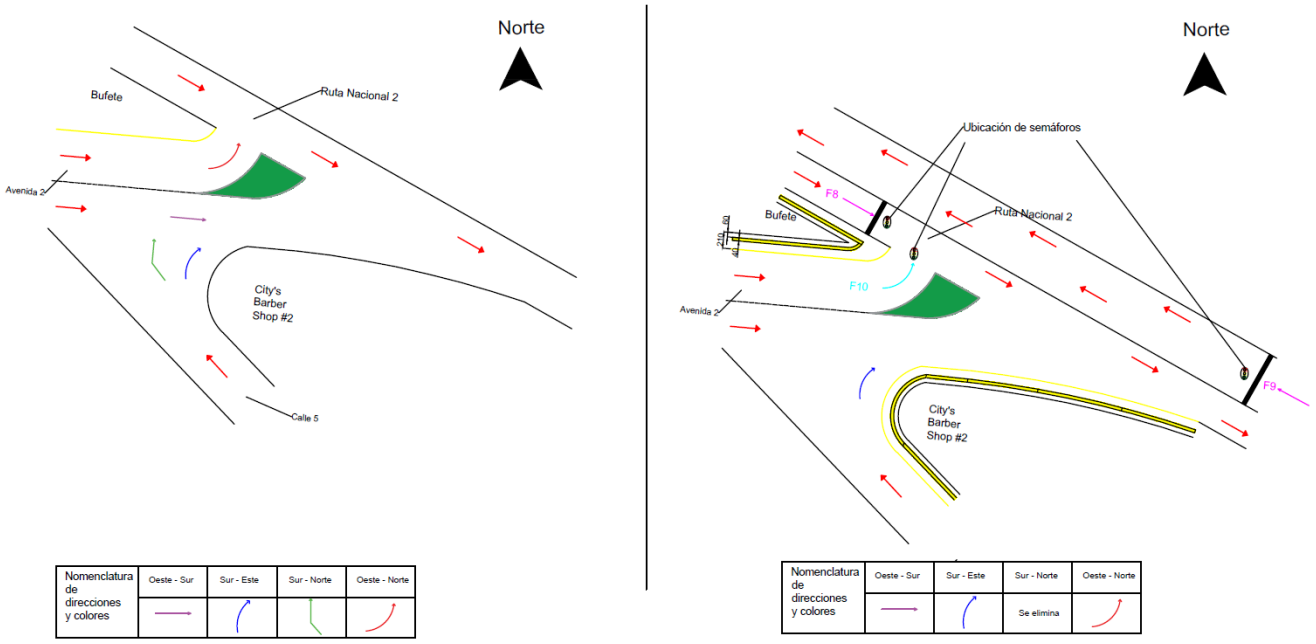


Figura 69. Detalles de la intersección F.
Fuente: Elaboración propia.

Se decide instalar un semáforo para el giro oeste-norte sobre la avenida 2 y para la Ruta Nacional 2 para sus dos sentidos de circulación. Esto conforme al cumplimiento de la sección Condiciones para justificar el Uso de Semáforos del «**Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.**» (**SIECA, 2000**). El Manual establece que de cumplirse alguna de las condiciones ya es justificable colocar un semáforo. En este caso, conforme al alcance del proyecto, se muestra en el **cuadro 47** que se cumplen 2 de sus condiciones.

Cuadro 47. Justificación colocación de semáforo sobre la intersección F.

CONDICIÓN 1. Volumen mínimo de vehículos

Número de carriles		VPH en la principal (total en ambos accesos)	VPH (mayor volumen) Vía secundaria (un sólo sentido)	Se justifica
Vía principal	Vía secundaria			
2	1	1505	289	Sí

CONDICIÓN 2. Interrupción de la continuidad del transito

Número de carriles		VPH en la principal (total en ambos accesos)	VPH (mayor volumen) Vía secundaria (un sólo sentido)	Se justifica
Vía principal	Vía secundaria			
2	1	1501	289	Sí

Fuente: Elaboración propia.

Avenida 2 - Ruta Nacional 2					
Esc.	Movimientos	Fases	Semáforo	Ciclo 1	Ciclo 2
1	F8 y F9	N-S F9	Verde	100	80
		S-N F10	Amarillo	3	3
			T. Rojo	2	2
			Split	105	85
2	F10	O-N F10	Verde	20	40
			Amarillo	3	3
			T. Rojo	2	2
			Split	25	45
			Ciclo total (s)	130	130
			Desfase (s)	0	0

Eventos Actualidad, proyección 10 y 15 años		
Día	Horario	Ciclo
L-D	06:00 hrs	1
L-D	09:00 hrs	2
L-D	21:00 hrs	1

Eventos Actualidad, proyección 5 años		
Día	Horario	Ciclo
L-D	06:00 hrs	1
L-D	09:00 hrs	2
L-D	21:00 hrs	1

Figura 70. Tiempos del semáforo sobre la intersección F.
Fuente: Elaboración propia.

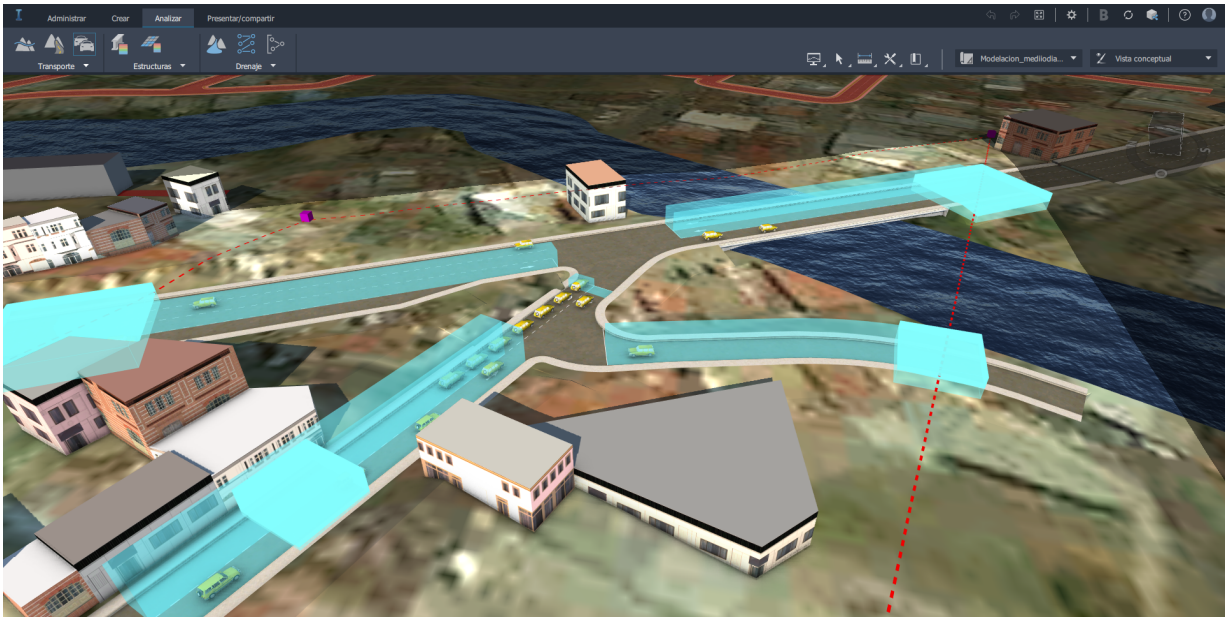


Figura 71. Niveles de servicio aceptables para demandas vehiculares proyectadas a 5 años sobre la intersección F.

Fuente: Elaboración propia.

Características presentes:

- Mejoramiento de aceras, anchos 2 m.
- Losa Podotáctil de 40 cm en todas sus aceras.
- Eliminación del giro sur-norte.
- Colocación de semáforos vehiculares sobre el giro oeste-norte y sobre la Ruta Nacional 2.

Sistemas “Park and Ride

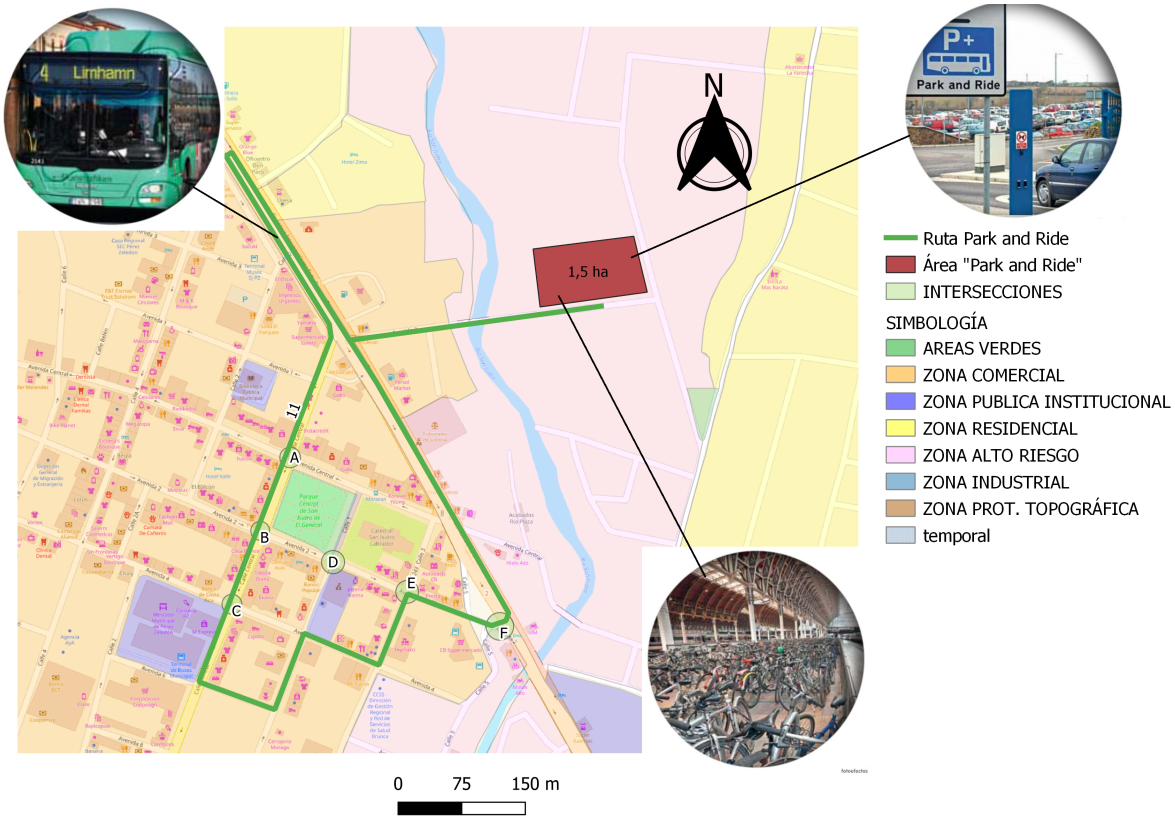


Figura 72. Propuesta del sistema “Park and Ride”
Fuente: Elaboración propia.

Ante la anulación de ciertos estacionamientos ubicados sobre la Avenida 2, es necesario solventar dicha situación, para ello se propone el sistema “Park and Ride”. Este sistema consiste en estacionamientos de vehículos ubicados en las periferias de las ciudades en el cual el usuario aparca su vehículo e ingresa a la ciudad por medio del transporte público. Debido al poco espacio disponible tanto para el centro como la periferia de la ciudad, se propone el área en color rojo escuro como se observa en la **figura 72**, así como también una posible ruta del transporte público en color verde. La movilidad del estacionamiento al centro urbano se puede realizar a través de buses eléctricos, alquiler de bicicletas o inclusive carros eléctricos de golf con capacidad de 11 o más pasajeros. Con esta propuesta se prioriza la movilidad pública sobre la individual de acuerdo con la jerarquización del transporte.

Propuesta de solución 2

La propuesta de solución 2 se plantea con la intención de buscar lo establecido por la jerarquización del transporte actual, donde se le brinden mayores recursos a los peatones para que se puedan movilizar caminando, en bicicleta, buses o en transporte público; y como último recurso en su propio automóvil o motocicleta. Además, otra de las razones de este cambio se enfoca en que los autos y motocicletas no entren al casco central de Pérez Zeledón, con el fin de que las personas dejen sus vehículos y transiten caminando por las principales vías. Esto permitirá la reactivación del comercio y brindará beneficios al medio ambiente.

Luego de realizar el análisis para identificar las calles y avenidas que serían deshabilitadas para autos y motos se decidió realizar el diseño de un bulevar peatonal en dichas vías, y reordenar los sentidos de algunas calles con el fin de que el flujo vehicular no sea impactado de forma negativa. Las calles que fueron destinadas como Bulevar son las siguientes:

- **Ruta Nacional 243 o Calle Central:** Desde el costado norte del Parque hasta el Mercado Municipal.
- **Avenida 2:** Desde el Bar y Restaurante El Balcón hasta la esquina donde se ubica ABC Celulares.
- **Calle 1:** Al costado oeste de la Municipalidad.
- **Avenida 4:** Desde el costa norte del Mercado Municipal hasta la esquina del INS.

Dichos cambios se observan en las figuras 73 y 74.

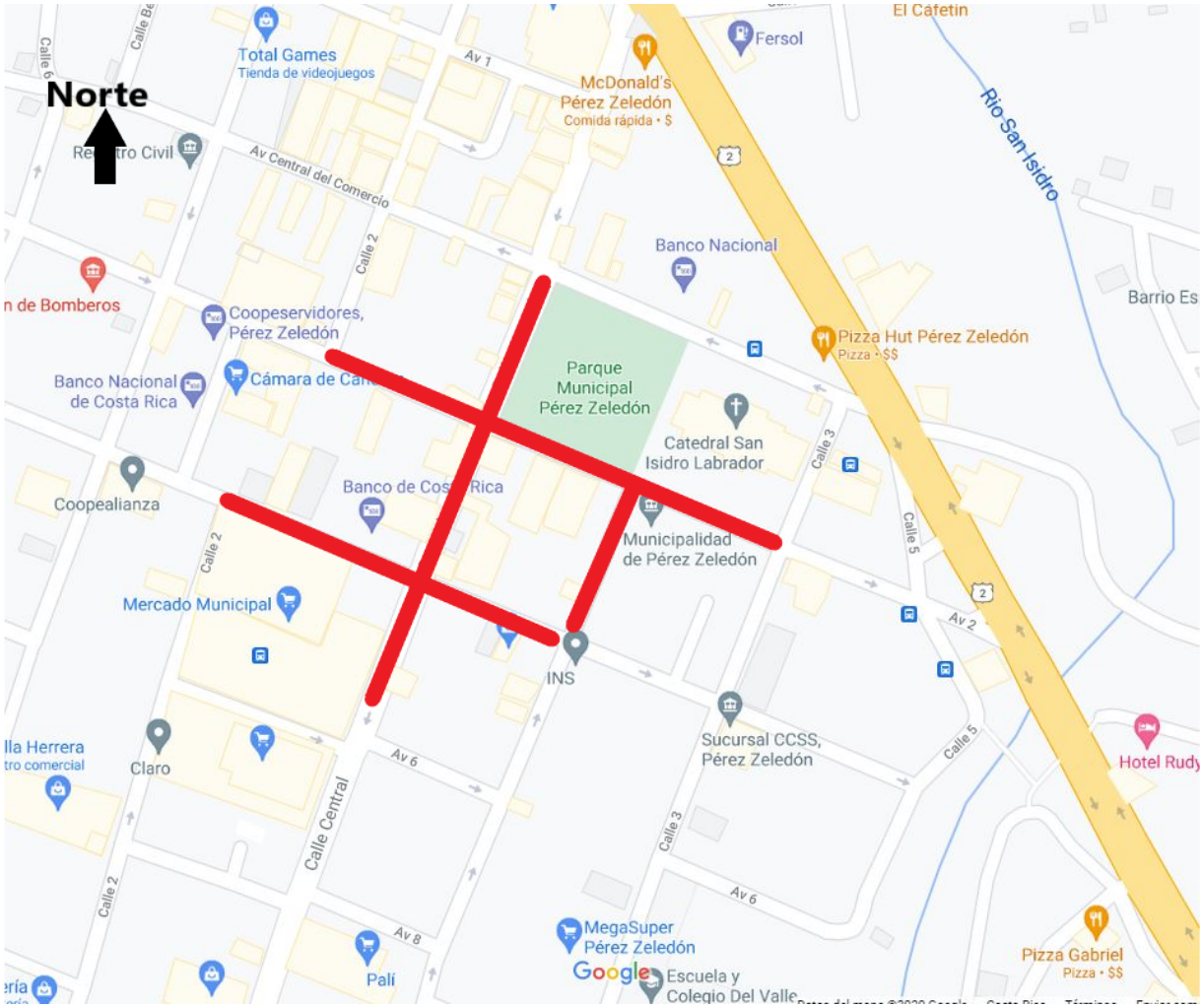


Figura 73. Calles destinadas como Bulevar peatonal.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 74. Propuesta de solución 2.
Fuente: Elaboración propia.

Actualización de sentidos de vías y niveles de servicio

Luego de realizar la propuesta de las calles como bulevares peatonales se realizó un reordenamiento de las vías, esto con el fin de realizar una modelación aproximada del comportamiento vehicular. A continuación, en la figura 75 se muestra la actualización de sentidos de vías en el casco central de Pérez Zeledón.

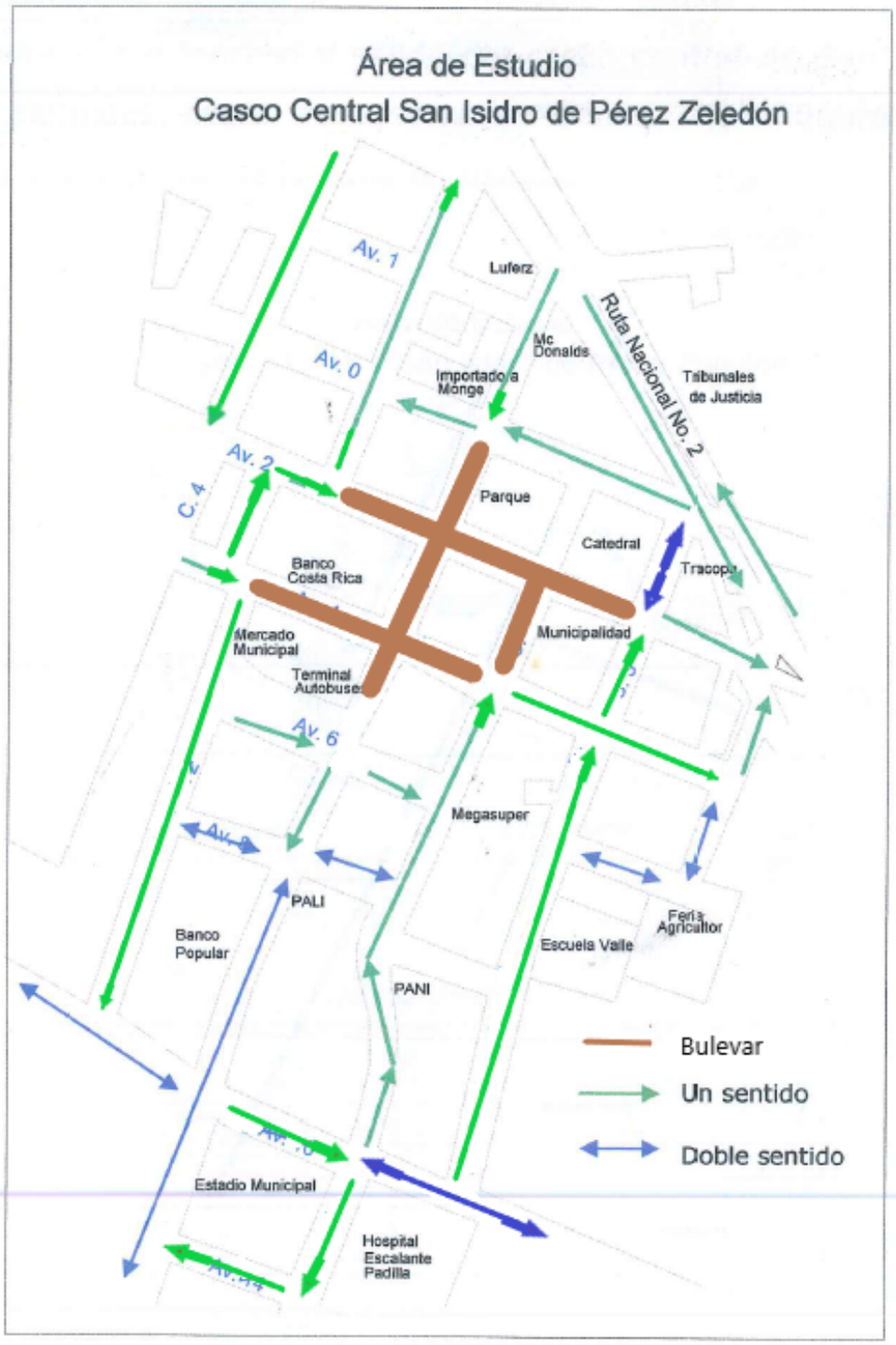


Figura 75. Actualización y propuesta de sentidos de vías para el casco central de Pérez Zeledón. Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar la actualización de vías, se procede a la ubicación y denotación de las nuevas intersecciones en estudio, se debe resaltar que esta nomenclatura es única y exclusiva

para el análisis vehicular de la propuesta de solución 2. En la figura 76 se observan las intersecciones para la propuesta de solución 2.

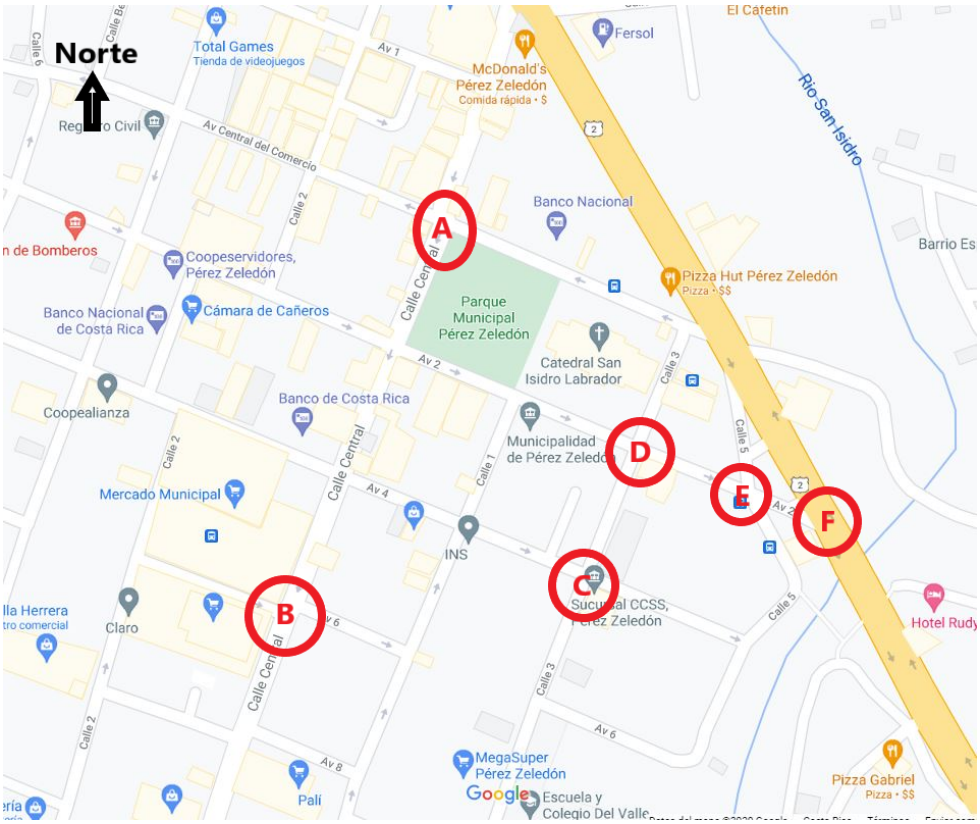


Figura 76. Ubicación de intersecciones para propuesta de solución 2.
Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la modelación en Infrawokrs se realizó el análisis vehicular de las intersecciones, obteniendo retardos promedio y colas tanto para los accesos como para la intersección de manera global, de igual forma se realizaron proyecciones para los 5, 10 y 15 años con el fin de observar el comportamiento de los niveles de servicio.

Cuadro 48. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, situación actual.

Niveles de servicio y retardos situación actual						
Intersección	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
A	Norte	21	36,7	C	18	B
	Este	17	33,2	B		
B	Oeste	4	113,1	A	4	A
C	Sur	0	17,5	A	5	A
	Oeste	8	75,9	A		
D	Norte	27	44,5	C	14	B
	Sur	12	129,7	B		
E	Sur	11	37,9	B	16	B
	Oeste	18	4	B		
F	Sur	0	0	A	5	A
	Norte	14	94,4	B		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 49. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, proyección 5 años.

Niveles de servicio y retardos 5 años						
Intersección	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
A	Norte	22	37,3	C	19	B
	Este	18	33,4	B		
B	Oeste	4	111,1	A	4	A
C	Sur	0	15,8	A	7	A
	Oeste	12	72,1	B		
D	Norte	26	28	C	13	B
	Sur	11	132,3	B		
E	Sur	14	42	B	19	B
	Oeste	20	48,4	B		
F	Sur	0	0	A	10	A
	Norte	15	106,4	B		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 50. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, proyección 10 años.

Niveles de servicio y retardos 10 años						
Intersección	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
A	Norte	23	38	C	20	C
	Este	19	47,5	B		
B	Oeste	5	112,6	A	5	A
C	Sur	0	20	A	10	A
	Oeste	16	74	B		
D	Norte	26	69,8	C	14	B
	Sur	12	33	B		
E	Sur	23	38,7	C	23	C
	Oeste	23	47,8	C		
F	Sur	0	0	A	6	A
	Norte	18	151,6	B		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 51. Niveles de servicio para propuesta de solución 2, proyección 15 años.

Niveles de servicio y retardos 15 años						
Intersección	Acceso	Retardo Promedio (s)	Colas (m)	Nivel de servicio	Retardo Promedio intersección	Nivel Servicio Intersección
A	Norte	24	37,2	C	21	C
	Este	20	55,5	B		
B	Oeste	5	105	A	5	A
C	Sur	0	19,2	A	10	A
	Oeste	16	77,5	B		
D	Norte	30	73,6	C	15	B
	Sur	12	124,6	B		
E	Sur	63	38,1	E	38	D
	Oeste	29	47,4	C		
F	Sur	0	0	A	15	B
	Norte	45	174,5	D		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 77. Niveles de servicio de la modelación en 3D para la propuesta 2 con volúmenes vehiculares actuales.

Fuente: Elaboración propia.

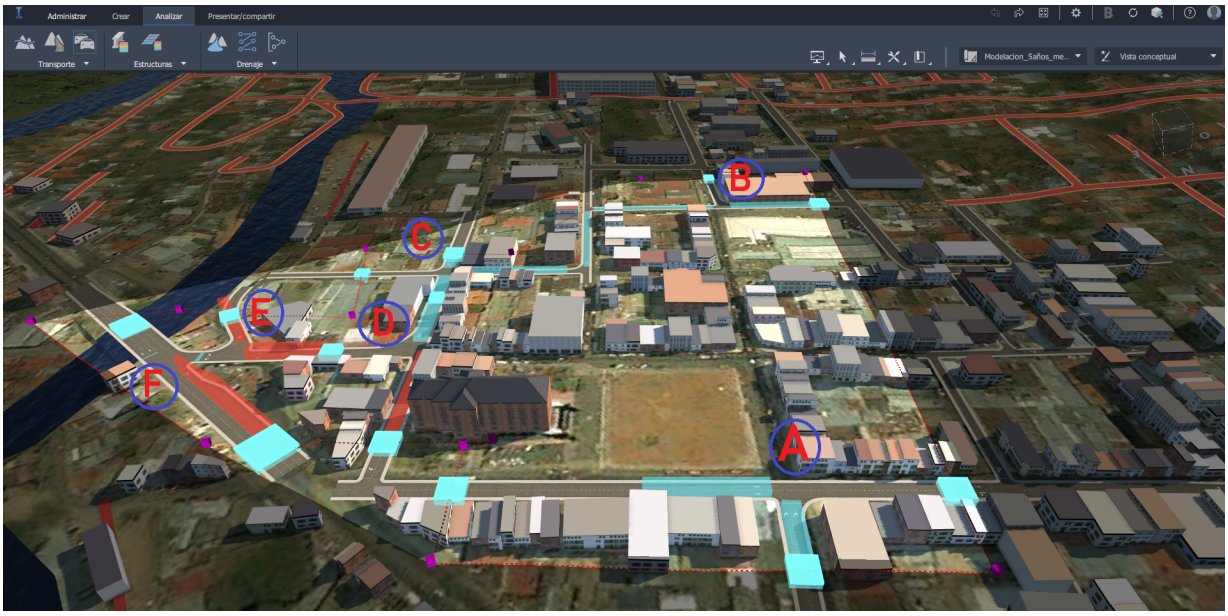


Figura 78. Niveles de servicio de la modelación en 3D para la propuesta 2 con volúmenes vehiculares proyectados a 15 años.
Fuente: Elaboración propia.

Zonificación de suelos actual

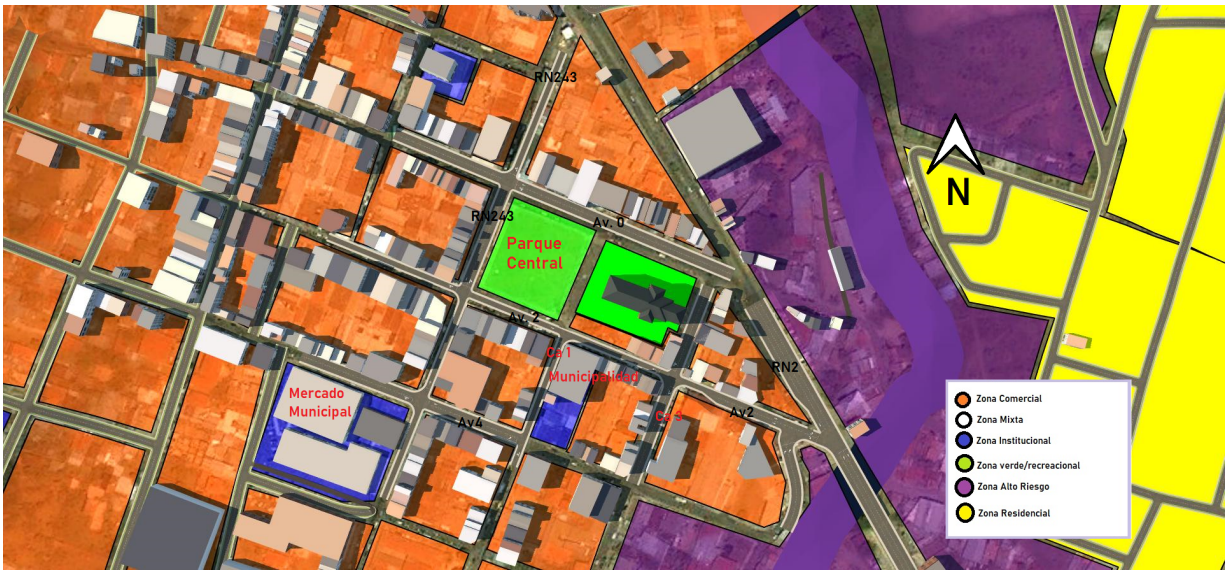


Figura 79. Zonificación actual del centro de Pérez Zeledón
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta para la nueva zonificación de suelos

Se propone una nueva zonificación para el centro de San Isidro donde se promueva el uso de suelos mixtos (uso comercial, residencial, industrial, recreativo). Para ello se decide cambiar el uso de suelos de 8 cuadrantes, los cuales estarán relacionados entre sí por medio del bulevar peatonal.
De igual manera, es importante impulsar estaciones que faciliten el transbordo de un modo de transporte a otro. Es por ello, que se propone la zona del mercado municipal como un nodo intermodal. Dicho espacio posee la ventaja de que actualmente cuenta con gran espacio físico disponible, gran cantidad de buses públicos de zona aledañas al centro, llegan a esta zona para realizar la carga inicial y final de pasajeros. De igual manera, hoy en día, en el costado sur del mercado se encuentra una zona de paradas de taxis públicos; y la propuesta de la nueva zona intermodal tiene conexión directa con el bulevar peatonal.

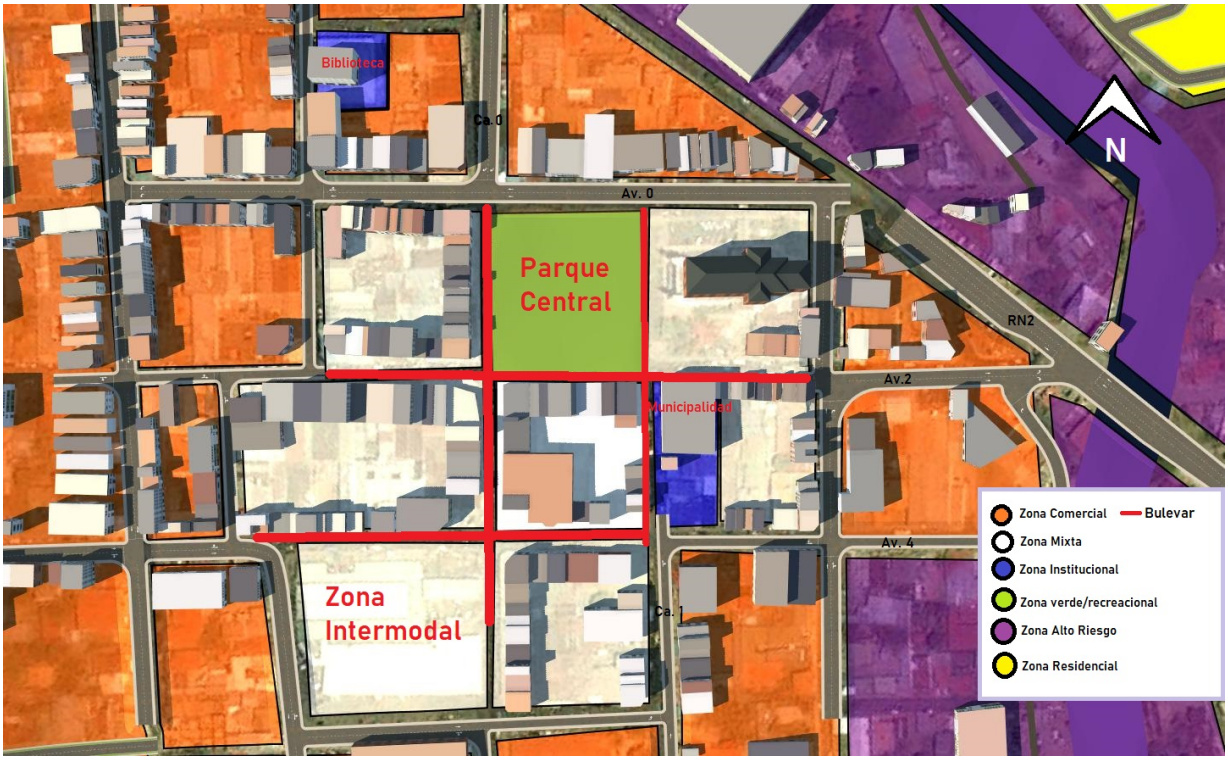


Figura 80. Propuesta de nueva zonificación de suelos.
Fuente: Elaboración propia.

Bulevares peatonales

Figura 81. Propuesta de Bulevar sobre la calle 0
Fuente: Elaboración propia.

Figura 82. Propuesta de bulevar para la intersección B.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

A continuación, se estudian los resultados obtenidos del levantamiento de datos en campo, los datos arrojados por los softwares de análisis tanto en Synchro como en Infraworks, la situación actual de los semáforos y su optimización, así como las propuestas de solución en contra posición a la situación actual.

Situación Actual San Isidro del General

Según el Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, San Isidro del General es considerada como una cuidad intermedia fuera del GAM. Su funcionalidad reside en actividades económicas y sociales, en un pequeño territorio dentro del cual se encuentran servicios como hospitales, universidades, oficinas regionales del Estado y actividades económicas que sirven a la región.

La dinámica población de San Isidro del General se ha visto afectada por procesos migratorios, especialmente hacia los Estados Unidos; y por restricciones físicas en su topografía al ser separada del Valle Central por la Cordillera de Talamanca. Esto produjo que la tasa de crecimiento anual de la población del año 2000 al 2011 fuera únicamente de 0,9 %, un valor por debajo de otras ciudades intermedias como Ciudad Quesada o Guápiles, las cuales tuvieron crecimientos poblacionales de 1,3 % y 2,6 % respectivamente. Sin embargo, el crecimiento de la flota vehicular anual del año 2000 al 2011 fue del 6,3 %. Además, la cantidad de vehículos por cada 1000 habitantes aumentó en aproximadamente un 40 % del año 2000 al 2011 siendo de 74,1 vehículos para el año 2000 a 123,8 vehículos para el 2011.

Lo anteriormente mencionado ha traído consigo problemas de congestionamiento vial, aumenta la demanda vehicular pero las condiciones para suplir dicha demanda no han sido las más adecuadas. Condiciones que se pueden traducir en el estado de las calles, en donde disminuye la ampliación de las mismas producto de: limitaciones topográficas, el poco espacio físico para construir, o bien, zonas de alto riesgo topográfico (ver **figura 18**) alrededor de todo el casco central y producto de ser atravesado por el río Jilguero y el río San Isidro. De igual manera, la desactualización de los sistemas semafóricos o la poca promoción de sistemas de transporte sostenible ocasionan que no se puedan mitigar los problemas que trae consigo el aumento de la demanda vehicular.

Hoy en día, la principal conexión entre el Valle Central y el cantón de Pérez Zeledón es la Ruta Nacional 2. Por dicha ruta transita diariamente una gran cantidad de vehículos, 6730 desde la entrada de San Isidro según datos de la Secretaría de Planificación Sectorial, y se caracteriza por pasar de una calle de 2 carriles a una autopista de 4 carriles la cual traspasa el sector este del casco central. Este factor genera una gran problemática sobre la intersección F para los usuarios que desean salir del casco central; ocasiona embotellamiento y demora excesiva porque obliga al usuario a tener que atravesar la Ruta Nacional 2 para salir del centro. (ver **figura 19, 21 y 28**).

Otro aspecto importante a resaltar sobre la Ruta Nacional 2 es que a una distancia de apro-

ximadamente 800 metros de la intersección F en dirección a la zona de Palmares, se ubica la intersección de Brasilia (ver **figura 83**). Esta intersección posee en sus semáforos tiempos que no están optimizados de acuerdo al flujo vehicular, lo que produce colas de aproximadamente 1 kilómetro, especialmente en horas de la tarde y noche, trayendo consigo efectos negativos en cadena, el flujo vehicular saturado en una intersección, produce asimismo congestión de vehículos en otras intersecciones. Los usuarios que desean salir del casco central por medio de la intersección F se enfrentan con el problema de que no pueden salir, ya que no tienen espacio ni tiempo para hacerlo. En este caso, logran salir de la intersección F por el acto de cortesía de algunos usuarios que realizan el ceda aún encontrándose en una presa en dirección norte-sur sobre la Ruta Nacional 2. Sin embargo, el estudio de la intersección de Brasilia no se realiza de una forma detallada, ya que sobrepasa los límites y alcances de este proyecto.

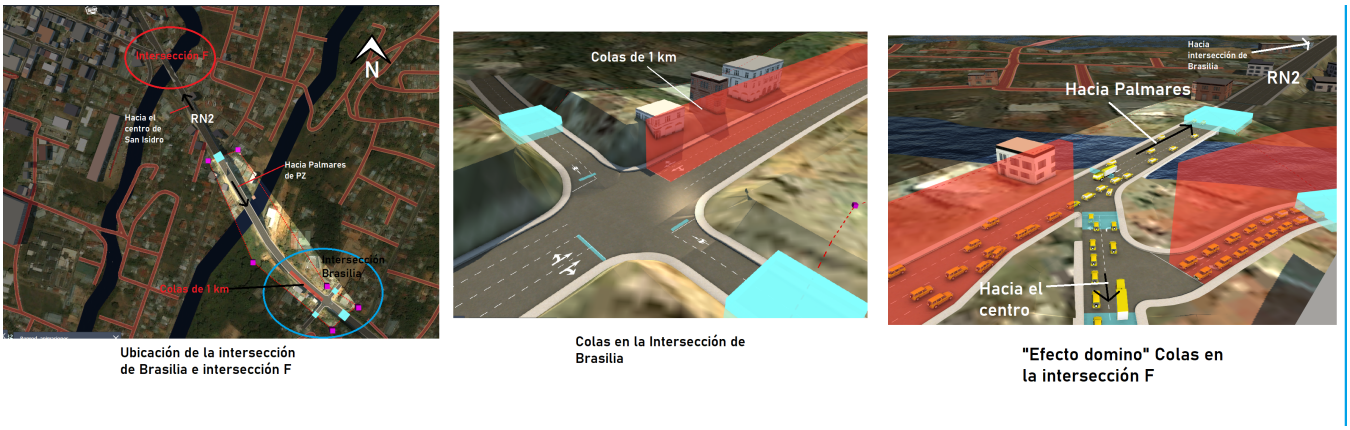


Figura 83. Congestionamiento provocado por la intersección de Brasilia
Fuente: Autoría propia.

Como parte de las situaciones observadas en campo sale a relucir la gestión otorgada a las zonas de estacionamiento público. Se logra observar en la **figura 27** que la ubicación de parqueos a ambos lados de la calle sobre la superficie de rodamiento perjudica en gran manera el flujo vehicular, así como también el espacio necesario para realizar los radios de giro sobre las intersecciones, especialmente sobre la intersección D (Avenida 2-Calle1).
Otro aspecto importante que disminuye la circulación vial es el estacionamiento de carros en zonas prohibidas o conocidas como líneas amarillas. Para horas del mediodía y el resto del día este acto suele observarse con mayor frecuencia, la **figura 26** muestra como un camión y un automóvil estacionados en línea amarilla obstaculizan el flujo del carril izquierdo sobre la Avenida 243, situación que produce que para una calle de 2 carriles de un único sentido se utilice únicamente 1 carril de circulación, esto afecta considerablemente el largo de colas, así como también las demoras.
Es preciso mencionar que en el actual Plan Regulador parcial de Pérez Zeledón no se contempla el tema de gestión de estacionamientos para zonas comerciales, esta situación provoca que los locales no brinden al cliente espacios dentro de sus terrenos para estacionamiento privado, como sí lo hace el **Reglamento para la Regulación de Espacios de Estacionamiento en Propiedades de Uso Público (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2020)** establece que

a partir de 200 metros cuadrados de construcción para los edificios de uso comercial, es obligatorio disponer de un espacio de parqueo privado a sus clientes por cada 50 metros cuadrados de construcción. Este reglamento aplica únicamente para la zona del Gran Área Metropolitana. Finalmente, en este apartado, se muestra en la **figura 26** el mal estado de las aceras, en este caso en específico sobre la intersección B, aunque dicho estado se logra observar en la mayoría de las aceras del casco urbano, en donde no se presentan adecuadas rampas de acceso, irregularidades en sus superficies e inexistencia en la mayoría de losas podtáctiles, para la circulación de la población no vidente, incumpliéndose con la Ley 7600.

Situación Actual y optimización de los semáforos

Tal como se ha mencionado a lo largo del presente documento, el centro urbano de Pérez Zeledón cuenta con una cantidad importante de semáforos vehiculares y peatonales. Para la zona de estudio que se eligió existe un sistema de semáforos compuesto por 3 dispositivos, el primero en la intersección A, el segundo en la B y el tercero en la intersección C (ver **figura 19** de ubicación de intersecciones), este sistema trabaja de forma sincronizada con el fin de brindar a los usuarios un flujo constante e ininterrumpido, a pesar de esto, actualmente no se esta cumpliendo este cometido ya que el congestionamiento vehicular y las demoras que se generan en estas 3 intersecciones son altos. Para el caso de la intersección A y según se muestra en la figura (ver **cuadro 21**), se tiene un retardo promedio de 20, 21 y 21 segundos para los horarios matutino, meridiano y vespertino respectivamente, lo que evidencia niveles de servicio entre B y C por lo que el flujo es de tipo libre razonable, pero con una velocidad restringida, para el caso B, por otro lado, para el nivel de servicio C se mantiene en zona estable pero con algunas restricciones de flujo para los conductores. En relación con el embotellamiento que se produce, se observa que en el acceso norte se alcanzan colas que superan los 60 metros de distancia y que rondan los 70 metros lo que provoca una congestión de vehículos que abarca casi la totalidad de la calle por lo que actualmente se generan presas. Uno de los principales problemas evidenciados según los tiempos del ciclo actual (ver **cuadro 36**) es que el 26 % del tiempo total del ciclo (75 s) está destinado para el acceso norte lo cual provoca que la espera de los conductores por este carril sea extensa, para el acceso este ocurre lo contrario, a pesar de tener un flujo vehicular más denso, presenta un tiempo de 45 segundos en verde lo cual genera un flujo vehicular mayor y por ende colas de 49 metros como máximo. Una de las ventajas que se le agrega al acceso este es que contiene un total de 3 carriles para el flujo de los vehículos, esto genera menos embotellamiento y la tardanza promedio también.

Para el caso de la intersección B se cuenta con un comportamiento similar al explicado anteriormente, con niveles de servicio generales de B y C, retrasos promedio con un rango de 19 a 24 segundos y colas que van desde los 52,8 metros hasta los 92,5 metros (ver **cuadro 22**). La presente intersección recibe un total de 436 vehículos en su acceso norte (el 65,6 % de los vehículos de la intersección A) y 338 en el acceso oeste, por esta razón el tiempo en verde para la primer fase es de 45 segundos mientras que la segunda fase cuenta con 20 segundos en verde. Tomando en cuenta estos tiempos se observa la influencia de los tiempos en cada ciclo

ya que las colas en el acceso oeste rondan los 90 metros, esto genera una alerta importante ya que se está acercando al largo total de la cuadra y por ende la intersección que se sitúa antes de este acceso sería afectada en los próximos años, en caso de seguir con los mismos tiempos de ciclo. En el acceso norte, a pesar de contar con 3 carriles de circulación, se generan colas de hasta 92,5 metros y se evidencia un comportamiento más crítico, algunas de las razones de esta excesiva congestión vehicular son las citadas en el apartado anterior de Situación Actual San Isidro del General. Uno de los aspectos que diferencia al semáforo de dicha intersección de la anterior es que cuenta con un desfase de 20 segundos respecto al de la intersección A, este desfase genera que el flujo vehicular en el acceso norte sea continuo, pero como los tiempos de verde del A y del B no coinciden genera que los vehículos del acceso este de la intersección A deban esperar 20 segundos para seguir su ruta, ya sea hacia el sur o hacia el este, este desfase provoca una pequeña aglomeración que se suma a la generada por el tiempo de rojo.

Por otro lado, en la intersección C se presenta un comportamiento similar al de la intersección B, con un tiempo de 45 segundos verde para el acceso norte y otro de 20 segundos en verde para los accesos oeste y este. Una de las cualidades únicas que presenta esta intersección es que la avenida 4 es de ambos sentidos por lo que tiene una mayor cantidad de giros que los demás, también presenta atrasos promedio en un rango entre 16 y 27 segundos por lo que sus niveles de servicio oscilan entre B y C, se obtiene como resultado un flujo razonable y estable, pero con colas de 82 metros (acceso norte) y 86,4 metros (acceso oeste), por lo que se evidencian colas extensas que están cerca de cubrir el largo total del carril (100 m aproximadamente).

Luego de realizar las proyecciones vehiculares y generar las modelaciones en Infraworks para las proyecciones a 5, 10 y 15 años se evidenció un incremento en los retardos promedio y las colas, esto debido al aumento vehicular. En el caso de la intersección A se obtuvo niveles de servicio de C y D para los 5 años, luego al sumar 5 años más se pasó a niveles tipo F donde se define un flujo vehicular forzado en condiciones de congestión. Para los 15 años de proyección se mantiene el mismo patrón con demoras por encima de los 100 segundos, colas que superan los 100 metros de distancia en las calles por lo que demuestra que los tiempos de semáforos con ciclos de 75 segundos y con fases de 45 verde y 20 no son eficientes para el flujo vehicular que existirá. Al observar los datos de la intersección B la situación no varía, los niveles de servicio dentro de 5 años alcanzarían valoraciones como tipo D, a los 10 años se empeora aún más alcanzando una calificación tipo E con retardos que llegan hasta los 108 segundos y colas de hasta 116 metros por lo que se evidencia un colapso total de los accesos para la mencionada intersección, a pesar de eso a los 15 años el comportamiento continua con el mismo patrón manteniendo niveles de servicio E pero trayendo consigo las mismas implicaciones de los 10 años, demoras excesivas, colas que abarcan el largo total de las calles del casco central de Pérez Zeledón. 100 metros más al sur se ubica la intersección C, donde el escenario tampoco es ajeno a las dos anteriores, a pesar de esto desde el año cero hasta la proyección de 10 años los niveles de servicio se mantienen, es hasta el año 15 que se elevan a valores de D con retardos por encima de los 65 segundos y colas cercanas a los 110 metros.

Tal como se ha mencionado y como se observa en los datos obtenidos, no mejorar el sistema

de semáforos, aumentaría la tasa de estrés, en relación con los conductores, el flujo vehicular presentará congestionamiento en cada intersección, el pavimento sufrirá daños ya que los vehículos tardarán más tiempo estacionados para realizar el giro por lo tanto que el ahuellamiento será cada vez mayor, además de que la contaminación en el centro urbano aumentaría, ya sea por el aumento de la densidad vehicular o por la emisión de gases.

Después de analizar la situación actual de los semáforos se realizó una optimización de los ciclos y tiempos, se obtiene un ciclo para cada horario. Por medio de la ayuda brindada por el funcionario del Departamento de Semáforos del MOPT, Edwin Wong Ma, y el uso del programa Synchro, se obtuvieron tres ciclos distintos, uno para el horario matutino, otro para el meridiano y el último para el vespertino. Una de las principales características de esta optimización fue el enfoque que se realizó, ya que se disminuyeron los tiempos de verdes para disminuir el tiempo total del ciclo, además, se regularon los tiempos para cada acceso con el fin de mejorar los niveles de servicio de los accesos más críticos y buscar uniformidad y constancia en el flujo vehicular de las intersecciones. Para el caso de la intersección A, el ciclo matutino se compone de 50 segundos, 20 segundos para el acceso norte y los restantes 20 para el acceso este, el segundo ciclo se extiende a un total de 70 segundos dando una leve prioridad al acceso este, con un tiempo en verde de 32 segundos y los restantes 28 para el acceso norte, por último, para el horario vespertino se mantiene el ciclo de 70 segundos, pero se invierten los tiempos, se adjudican 29 segundos al acceso este y 31 para el norte. Con la optimización de estos ciclos, tal como lo demuestra la **figura 51** y el **cuadro 44** para la situación actual se mantiene un retardo promedio de 21 segundos, pero al cabo de los 5 años se logra disminuir en 7 segundos, pasando de un nivel de servicio tipo D a un C, para los 10 años en ambos casos (situación actual y optimización) se mantiene en F pero para la optimización se logra disminuir los retardos, de igual forma para los 15 años. Respecto a las colas se mantiene el mismo patrón, superan los 100 metros e incluso se aproximan a los 200 metros. Para el caso de la intersección B se mantiene el mismo patrón de ciclos, en el horario matutino se asignan 20 segundos para el acceso norte y 20 para el oeste, al medio día se aumenta el ciclo con intervalos de 30 segundos verde para un total de 70 segundos del ciclo, para horas de la noche se sigue con el mismo ciclo, pero con tiempos de 34 segundos para el acceso norte y 26 para el acceso oeste, la principal razón de asignar más tiempo al acceso norte es porque el giro Norte-Sur presenta una cantidad de vehículos alta, sumado a esto los carriles se reducen de 3 a 2 por el estacionamiento de algunos conductores en línea amarilla lo que provoca colas extensas y retardos excesivos, ya que en dicha intersección las mejoras son pequeñas, tal como se muestra en la **figura 52** se mantienen los mismos niveles de servicio y los retardos no mejoran sustancialmente. Por último, respecto a la intersección C, se conservan los mismos ciclos que se tienen en la intersección B, exceptuando el horario nocturno ya que se asignan 39 segundos a la fase norte y 21 para las fases este y oeste. Es de suma importancia ver el comportamiento de la **figura 53** ya que los niveles de servicio se mejoran para la situación actual y la proyección de los 5 años, al transcurrir los años hasta los intervalos de 10 y 15 los niveles de servicio vuelven a empeorar acercándose a los de la situación actual proyectada por lo tanto se evidencia que a partir de los 5 años se debe realizar un nuevo estudio de los semáforos y una optimización de los mismos, además, se evidencia que la optimización de semáforos es una solución a corto plazo y que requiere

una actualización constante y por ende un gasto cotidiano para las entidades encargadas de tal monitoreo. También se debe recalcar el hecho de que las mejoras obtenidas por medio de la optimización perduran a corto plazo y no superan valores del 40 %, incluso para los horarios de medio día en las intersecciones A y B se obtienen datos negativos que no brindan soporte a la optimización realizada, tal como se muestra en la siguiente figura.

Intersección		Actual			Optimizado			Mejora		
A. Av.0 - Ca.0 Importadora Monge PZ	Nivel de servicio	B	C	C	B	C	C	10%	-5%	38%
	Demoras (s)	20	21	21	18	22	13			
B. Av.02 - Ca.0 Casa Blanca PZ	Nivel de servicio	B	C	C	B	C	C	16%	-8%	36%
	Demoras (s)	19	24	22	16	26	14			
C. Av.04 - Ca.0 Banco de Costa Rica PZ	Nivel de servicio	B	C	C	B	C	C	13%	22%	41%
	Demoras (s)	16	27	27	14	21	16			

Figura 84. Niveles de servicio actuales y optimizados para intersecciones semaforizadas. Fuente: Elaboración propia.

Se debe concluir con el hecho de que la optimización de semáforos es una solución que mejora los retardos promedios y algunos niveles de servicio, pero las colas extensas se mantienen, ya que la densidad vehicular aumenta y los tiempos de ciclos no permiten un flujo vehicular constante por lo que se debe buscar una solución ligada a la jerarquización del transporte donde los usuarios utilicen transporte público y no entren al casco central en sus vehículos, lo que a su vez disminuirá la densidad vehicular, la contaminación y aportaría a la reactivación económica de algunos locales comerciales.

Niveles de servicio de las intersecciones

Una vez analizadas las problemáticas observadas en campo así como las situaciones de los semáforos, y por medio de la tabulación de datos y los resultados de las modelaciones (**cuadro 21 al cuadro 26**) se identifica que para la situación de demanda vehicular actual son las intersecciones A, B y C las más críticas. Esto se debe a la condición de semáforos mencionada anteriormente, además, del irrespeto por parte de los usuarios al estacionar sus autos en zonas de linea amarilla provocando que después del mediodía únicamente se utilice un carril para calles de 2 carriles o 2 carriles para calles de 3 carriles. Al estar ubicadas estas tres intersecciones (A, B y C) sobre vías principales con una alta concentración de comercios según la **figura 20**, ocurre el fenómeno de que muchas personas que transitan en automóvil estacionan en zonas indebidas con el pretexto de realizar sus actividades personales (compras, solicitudes, obligaciones) en el menor tiempo posible, sin importar que incumplen con una ley que afecta a los demás usuarios.

Como parte de la solución a esta problemática que se detalla más adelante es poder fortalecer la vigilancia por parte de la policía de tránsito para que se disminuya el incumplimiento a la norma de: no estacionar en línea amarilla. Además, es importante que los negocios tengan sus propios parqueos.
Otro detalle importante a mencionar que los resultados no presentan pero se logra observar en campo es que la intersección F (RN2-Av2) también presenta condiciones de flujo inestable, los conductores tienen poca libertad de maniobrar, razón que fue explicada en la **figura 83**. El motivo por el cual los resultados no arrojan dichos comportamientos para la intersección F, es que no se puede contemplar el efecto de la intersección de Brasilia sobre la modelación, por encontrarse en una zona muy lejana a los límites del estudio de este proyecto. Se tiene que estudiar otra gran cantidad de intersecciones entre la zona de Brasilia y analizada en este proyecto, que intervienen en los comportamientos reales de flujos vehiculares pero se extralimitan a los alcances de esta investigación.
Para una proyección de 5 años y con una tasa de crecimiento explicada en la sección de resultados **Modelación actual proyectada**, se le suma a la intersección A y B la intersección F (Ruta Nacional 2-Avenida 2) con niveles de servicio D, considerados como inestables y con poca libertad para maniobrar. Ya las condiciones de la intersección F empiezan a empeorar por si solas sin que la modelación en 3D contemple el efecto generado en la intersección de Brasilia.
Para los 10 años, la intersección A y F (**cuadro 33 y cuadro 35 respectivamente**) ya presentan en alguno de sus tres horarios de estudio (matutino-meridiano-vespertino) condiciones de servicio F considerados como flujos forzados y con demoras de más de 80 segundos. Ya para este punto, sobre la Ruta Nacional 2 circula una excesiva cantidad de autos según las proyecciones, 3189 en total para sus dos direcciones en la hora pico nocturna, lo que imposibilita la salida de autos de la intersección F.
Para las restantes intersecciones los resultados empiezan a mostrar en su mayoría niveles de servicio D, considerados como flujos inestables. Se empiezan a ver condiciones caóticas en el centro, demoras cercanas al minuto de espera en una cola. Quiere decir que con estos resultados para una proyección de 10 años las condiciones actuales de infraestructura comienzan a mostrarse incapaces de soportar la carga vehicular demandada.
Ya para los 15 años, 4 de las 5 intersecciones estudiadas presentan niveles de servicio D o E por lo menos en alguno de sus horarios, niveles de demora que alcanzan casi los 2 minutos y tamaños de colas mayores a 100 metros que superan la longitudes disponibles de las cuadras. Ya para esto, el centro de San Isidro se volvería intransitable, lo cual sugiere soluciones a mediano plazo.

Figura 85. Niveles de servicio en San Isidro para el horario nocturno dentro de 15 años.
Fuente: Elaboración propia.

Interacción peatonal

Como ya se ha mencionado a lo largo del presente informe, el peatón cumple un papel fundamental en el desarrollo de los centro urbanos. Por esta razón, luego de realizar las primeras visitas al sitio de estudio se identificó que las intersecciones A, B y C presentan un flujo peatonal alto, por lo que se realizaron conteos peatonales en dichas zonas. Luego de realizar los conteos se logró identificar que en la intersección A existe un alto flujo peatonal ya que el acceso Este funciona para que el transporte público descargue a las personas, por lo que deben caminar y cruzar por la intersección con el fin de llegar a sus lugares de destino, sumado a esto, diagonal a la intersección se ubica el parque municipal por lo que el flujo peatonal se ve aumentado por dicha razón, por la situación actual que sufre el mundo y el país, los días que se realizaron los conteos el parque se mantenía cerrado por lo que demuestra, según los datos de la **figura 45** que existe un total de 229 peatones que circularon por las inmediaciones del lugar, pero se puede afirmar que en tiempos donde no existía pandemia este dato es mayor ya que las personas utilizan más la zona. Por otro lado, según lo demuestran las **figuras 48, 49 y 50** la intersección A cuenta con la mayor cantidad de flujo peatonal de la zona en estudio debido a las razones ya mencionadas, además se puede agregar el hecho de que las calles aledañas a la intersección forman parte de las zonas estratégicas de comercio por lo que las personas se movilizan mayoritariamente por la zona, sumado a esto se observa que un total de 693 personas realizan el movimiento de cruzar de Monge a la Reina del valle, a pesar de eso no existen rampas para que los peatones realicen su transición de la acera al pavimento de forma segura, por lo que se debe realizar la construcción de las mismas con el fin de brindar protección a los peatones, caso contrario para las personas que cruzan de la tienda La Salvadoreña a Monge ya que existe un semáforo peatonal, zona demarcada y los accesos cuentan con rampas y barandas.

En el caso de la intersección B, existe un flujo vehicular menor pero no menos importante, es de suma importancia observar la **figura 20** donde se observa que gran parte de los locales comerciales del centro urbano están situados alrededor de la intersección por lo que gran parte del flujo peatonal se mueve con el fin de realizar compras y sus actividades personales y

laborales, además, la cercanía con el parque municipal genera un flujo importante. Respecto a las cantidades mostradas en la figura **figura 46** se observa que el flujo mayor corresponde a quienes realizan el movimiento del parque a la POPS, y viceversa, en este punto se identificó la existencia de rampas y paso peatonal por lo que los peatones cuentan con herramientas suficientes para su protección. Por otro lado, en el acceso sur de la intersección se observó la ausencia de rampas por lo que los peatones deben esperar en la acera lo que ocasiona la obstrucción del flujo peatonal y corren el peligro de sufrir alguna caída al momento de cruzar el caño por lo tanto se recomienda la construcción de una rampa en ambos lados de la calle.

La intersección C presenta un comportamiento similar, pero con la particularidad de que los accesos este y oeste son de doble sentido por lo que la existencia de más giros en la intersección provoca que los peatones estén más desprotegidos, sumado a esto se encuentra el Mercado Municipal y las estaciones de buses que se dirigen hacia la zona de Palmares por lo que atrae una cantidad importante de personas al día, esto se muestra en la **figura 47**, ya que un total de 626 personas cruzan desde el Banco de Costa Rica hacia el Mercado Municipal, a pesar de esto no existen rampas ni demarcación por lo que los peatones deben realizar la peligrosa acción de cruzar de acera, por lo tanto se recomienda realizar una construcción de rampas y un análisis con el fin de eliminar algún giro para colocar un paso peatonal acompañado de un semáforo peatonal.

Respecto a las condiciones que presentan las aceras, de forma general, se logró observar que la totalidad de ellas cuenta con un deterioro importante, grietas considerables, e incluso en algunas zonas el ancho se ve comprometido por desprendimiento de los bordes por lo que genera un riesgo para las personas con discapacidad, sumado a esto, algunas tapas de registro de los sistemas de agua potable no existen por lo tanto el riesgo es aún mayor. Respecto a la Ley 7600 ninguna presenta losa poctactil por lo que se incumple con dicha norma, además, la ausencia de rampas en algunas secciones genera la dificultad de movilidad para las personas con discapacidad.

Propuesta de Solución 1

Se realiza la primer propuesta de solución optimizando y aprovechando las condiciones de infraestructura y servicios que brindan actualmente los sistemas de movilidad en Pérez Zeledón. Para este caso en específico, se analiza los niveles de servicio que muestra las modelaciones de la propuesta 1 en comparación con los niveles de servicio de la situación actual.
Es preciso señalar que esta primer propuesta de solución ya contiene la optimización de semáforos estudiada previamente, por lo tanto, no se indagará nuevamente en su análisis. Si es importante destacar que dicha optimización de semáforos se combina con las demás características de la propuesta de solución 1 en procura de una mejora de los niveles de servicio de una forma integral.
A modo general, se contempla para cada una de las modelaciones la cantidad de carriles disponibles de cada calle, esto quiere decir que la solución considera que no habrá inhabilitación

del flujo vehicular por carros incorrectamente estacionados a un lado o ambos lados de la calle. Actualmente, la Municipalidad ejerce la supervisión del adecuado uso de las zonas de parqueo, su horario de supervisión es desde las 8:00 a.m a 12 mediodía. Se sugiere que dicha supervisión aumenté hasta las 4:00 p.m, así como también que exista un mayor número de policías de tránsito por parte del MOPT que vigilen que los usuarios no se estacionen sobre las líneas amarillas de vigilancia y así procurar el flujo de tránsito continuo.

Intersección A

Actualmente, en temas vehiculares, la intersección A presenta condiciones físicas idóneas, sus anchos de calle y número de carriles son aceptables siempre y cuando sus carriles de circulación se mantengan habilitados. Se contempla únicamente para la propuesta 1 la optimización del semáforo, así como la colocación de losas podotáctiles en sus aceras y una rampa de acceso en la salida oeste continuo al restaurante La Reina del Valle. En un inicio según los tiempos de demora mostrados en el **cuadro 44** se mantienen igual, pero conforme pasan los años se observa en la gráfica de la **figura 51** como las demoras son menores a la situación actual, especialmente para la proyección de los 5 y 10 años. Otro detalle a subrayar es que los cambios realizados en esta intersección suponen mejorías en las demás intersecciones al permitir un tráfico más fluido, mayor distancia recorrida en menor tiempo.

Intersección B

Esta intersección conlleva grandes cambios por ser la intersección inicial de un gran trayecto en dirección oeste-este de la Avenida 2.
La optimización del semáforo permite un cambio de nivel de servicio positivo, cambia del nivel C al nivel B. Según Edwing Wong Ma del Departamento de Semáforos del MOPT, un cambio de nivel de servicio ya es justificable para realizar una optimización del tiempo del semáforo. Ahora bien, esta mejoría es influenciada también por la ampliación de 1 a 2 carriles de circulación sobre el acceso oeste antes de la intersección B (Ver **figura 65**).
El inhabilitar los parqueos 50 metros antes de la intersección permite ampliar el número de carriles, pero no únicamente existe este cambio, sino que también el espacio disponible posibilita ampliar las aceras en dimensiones por encima de los 2,5 metros, con características conforme al reglamento de la Ley 7600, en donde se establece que el mínimo de ancho debe ser de 1,20 metros. Los 2,5 metros a cada lado de la acera propuestos permite que haya espacio para la inclusión de mobiliario urbano, losas podtáctiles, o bien estaciones de bicicletas, sin que haya obstáculos que interrumpan la circulación peatonal, que sean antideslizantes, en donde las aceras no contengan grietas, que estén al nivel de la calle y que faciliten la construcción de rampas con niveles de inclinación menores al 10 %.
Con estas propuestas se impulsa que el centro de Pérez Zeledón se convierta en una ciudad caminable. Además se trabaja poco a poco la jerarquización del transporte y la pérdida económica que sufre la Municipalidad por eliminar 50 metros de parqueo, se ve compensada en la gratitud y bienestar de un peatón caminando por una acera cómoda, o bien, se puede recuperar el in-

sumo monetario aumentando el horario de cobro de los demás zonas de estacionamiento hasta las 4 de la tarde (actualmente hasta las 12 mediodía).

Intersección C

Según la **figura 53** la intersección C es una de las que mayormente se ve beneficiadas con la optimización de los semáforos para los primeros años. Tanto para el año 0 y año 5 los niveles de circulación pasan de C a B (flujo libre razonable). Según la modelación, esto también se debe al sólo hecho de habilitar los 2 carriles de circulación que contiene el acceso norte hoy en día, impidiendo el estacionamiento indebido que se logra observar con frecuencia después del mediodía (menor vigilancia). Ya para los 10 y 15 años los niveles de servicio se mantienen similares a la situación actual proyectada.
Es importante destacar que la propuesta contempla aceras amplias, mayores a los 2 metros y en buen estado según la **figura 66** para responder a la demanda de la circulación de 1457 transeúntes sobre a intersección al mediodía (**ver figura 49**).

Intersección D

Al igual que ocurre con la intersección B para esta intersección C se inhabilitaron los parqueos situados al lado izquierdo de la calle 1 como también los parqueos al lado derecho de la salida este sobre la Avenida 2 ver figura **67**. Sobre la calle 1 aún se mantiene un único carril de circulación, pero se aumenta el radio de giro sur-este lo que facilita la maniobrabilidad del conductor. Sobre el acceso oeste una buena demarcación permite la circulación de los autos en 2 carriles junto con la habilitación de 2 carriles en la salida este.
Lo anteriormente mencionado es la razón por la cual dicha intersección presenta disminuciones considerables en las demoras de su tiempo (**cuadro 45 y figura 54**). El nivel de servicio para el año 0 pasa de B a A y para el año 5 el nivel de servicio se mantiene en B. Esto quiere decir que el único hecho de realizar estos cambios traería actualmente beneficios considerables en el flujo vehicular. Para el año 10 y 15 ya la intersección presenta condiciones muy desfavorables, niveles de servicio F por la gran cantidad de autos, especialmente la calle 1, que únicamente tiene 1 carril.
Para la Calle 1 se podría pensar en inhabilitar los parqueos en el lado derecho para permitir 2 carriles de circulación, sin embargo, al llegar a la intersección con la Avenida 2 el radio de giro mínimo sur-este no se cumpliría lo cual podría generar muchos accidentes, por lo tanto, su cambio no se justifica.

Intersección E

Los cambios generados en la intersección E responden a los cambios generados en las intersecciones anteriores, esto quiere decir que si sobre la intersección B y D que tienen en común la Avenida 2 con 2 carriles habilitados para el sentido oeste-este la intersección E debe mantener dichos carriles habilitados (**ver figura 68**). Los cambios generados producen variación de niveles de servicio de B a A para el año 0 y se mantiene en B para el año 5.

Es necesario enfatizar que esta intersección presenta una consideración alta de carros para su acceso oeste únicamente, pero para sus accesos norte y sur la cantidad de carros es baja, de 100 a 300 vehículos, según la escala en la **figura 43**. Por lo tanto, al día de hoy y para los años proyectados, sus niveles de servicio se mantienen en flujos libres razonables (Nivel de servicio B), sin contemplar los cambios, pero si estos consideran los niveles de servicio se disparan a F para el año 10 y 15.
Se podría pensar que si no se realiza ninguna alteración a esta intersección no ocurriría efecto alguno, pero trae consigo cambios en las demás intersecciones, como por ejemplo, la ampliación de los carriles de Avenida 2 que al llegar a la intersección E, en donde se mantendría un único carril en el acceso oeste, generaría lo que se conoce como "cuello de botella" y afectanr a el nivel de servicio del acceso oeste.

Intersección F

Según lo estudiado y mencionado en la sección Situación Actual y optimización de los semáforos de este análisis la intersección F para la situación actual ya presenta condiciones críticas. Es necesario por tanto colocar sobre esta intersección un semáforo para el giro oeste-norte, y para las dos direcciones sobre la Ruta Nacional 2. Dos motivos como lo son la condición de volúmenes mínimos y la interrupción de la continuidad de los vehículos del «**Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.**» (**SIECA, 2000**) justifican la colocación de los semáforos.
Ahora bien, para los niveles de servicio de la intersección F de la situación actual mostrados en la **figura 45** se considera ya resulta la problemática de la intersección de Brasilia que permite un flujo de tránsito constante. Por ello, sus niveles de servicio para los años 0 y 5 para la situación actual corresponden a A y B respectivamente, pero si se agregan los semáforos con los tiempos mostrados en la **figura 70** sumado a la eliminación del giro sur-norte de la calle 5 **(ver figura 69)**, tanto para el año 0, 5 y 10, sus niveles de servicio permanecen en A permitiendo el flujo libre de vehículos.

Sistemas Park and Ride

Con respecto al sistema "Park and Ride" propuesto en la **figura 72** es importante recalcar que el espacio asignado para los estacionamientos de vehículos se ubican en una zona de alto riesgo, ya que se encuentra cercano al río San Isidro. Esto quiere decir que son áreas propensas a sufrir inundaciones por las crecidas de los causes. Es necesario, por lo tanto, los debidos análisis y evaluaciones para verificar si la ubicación de una obra es viable o no en este tipo de zonas.

Hoy en día, el espacio asignado para el estacionamiento de vehículos consiste en un terreno privado, y debido a que la Municipalidad no cuenta con terrenos institucionales en la periferia de la ciudad se ve en la necesidad de realizar la compra del terreno o buscar la forma de realizar alianzas público-privadas se fomenta así una nueva visión de la movilidad urbana.

Propuesta de Solución 2

Para el caso de la propuesta de solución 2 se tiene un enfoque diferente a la propuesta 1, este tipo de propuesta se enfoca en una solución a largo plazo, donde se cumpla en lo indicado por la jerarquización del transporte, dando prioridad a los peatones, bicicletas, transporte público y transportes colectivos.

Bulevares peatonales

Una parte de las propuesta es convertir algunas calles en bulevares peatonales, tal como lo muestra la **figura 73**, la finalidad del cierre de estas calles a los vehículos y dar prioridad a los peatones y bicicletas es una jerarquización del transporte y una reactivación del mercado, además, estos bulevares conectarán el parque y el Mercado Municipal por lo que permite un flujo peatonal constante, fuera de peligros como atropellos y demás circunstancias que trae consigo la interacción de vehículos y personas. Una de las justificaciones para realizar el cierre de estos segmentos de calle son los altos volúmenes peatonales, además, la gran cantidad de comercios se verán beneficiados. Por otro lado, ante la ausencia de zonas destinadas en el centro urbano de Pérez Zeledón, como zonas para caminar, ciclo vías y zonas de recreación, con este tipo de propuestas se aporta al desarrollo sostenible de la zona, y se complementa el parque para que las personas posean espacios para realizar actividad física y movilizarse con seguridad. Sumado a esto, habilitar estos bulevares aportará belleza escénica a la ciudad ya que en la actualidad mucha infraestructura de la zona posee fachadas en mal estado y con gran deterioro, un proyecto de este tipo generará embellecimiento y la creación de espacios públicos más sanos, tal como se muestra en las **figuras 81 y 82**.

Estudio de nuevas intersecciones

Como consecuencia del cierre de algunas calles, se planteó el análisis de nuevas intersecciones ya que se tuvo que cambiar el sentido del flujo vehicular que antes transitaba por dichas vías, tal como se observa en la **figura 76**, además, con el cierre de vías se propuso una serie de cambios a los sentidos de las calles y avenidas, estos están enfocados en que las calles tengan un solo sentido al igual que las avenidas, se busca implementar el mismo cambio que han realizado otras ciudades como Cartago y San José. A pesar de esto algunos segmentos de calles y avenidas se mantienen en doble vía con el propósito de no generar un caos vial por el cierre y modificación de giros, dichas actualizaciones se muestran en la **figura 75** las cuales están destinadas a la zona central de Pérez Zeledón. Luego de realizar los cambios de vías e identificar las nuevas intersecciones se utilizaron los datos vehiculares utilizados para la propuesta de solución 1, con proyecciones a 5, 10 y 15 años. Para el caso de la intersección A, se mantuvo el mismo patrón de comportamiento, en la situación actual se obtuvo un nivel de servicio B con un retardo promedio de 18 segundos, también se obtuvieron colas que van desde los 30 a los 40 metros por lo que la totalidad de la calle no se ve comprometida. Al transcurrir 5 años no existe un cambio significativo ya que solamente se suma un segundo a los 18 ya mencionados, además las longitudes de las colas se mantienen en el mismo rango, para

los 10 y 15 años restantes se mantiene el mismo patrón evidenciando que se genera una mejora sustancial si se compara con la propuesta de solución 1, esto se debe a que los vehículos solo pueden realizar un giro por acceso, por lo que mejora el flujo vehicular en dicha intersección. Uno de los aspectos que caracteriza la intersección B es que se tienen colas muy extensas, superiores a los 100 metros, pero con retardos promedio de 5 segundos, estos datos son de suma importancia ya que si se clasifica la intersección por su retardo promedio posee un flujo vehicular excelente, ya que se considera como de tipo A, por otro lado no se puede asegurar esto ya que las colas son muy extensas lo que provoca un congestionamiento en el acceso oeste, sumado a esto, en el costado norte de la intersección se ubica el Mercado Municipal y si se logra construir una zona intermodal en dicho lugar, las colas podrían empeorar por lo que se debe realizar un análisis exhaustivo de las vías aledañas al mercado. Para la intersección C se tiene un comportamiento similar, con retardos muy pequeños, dando como resultado niveles de servicio para todas las proyecciones, pero con colas que alcanzan los 77 metros como dato crítico, esto porque para el acceso sur no se tiene el flujo vehicular real, por lo tanto se agregó un dato aleatorio con el fin de observar el comportamiento del acceso oeste por lo tanto los datos obtenidos para esta intersección no poseen una alta confiabilidad. Respecto a las 3 intersecciones restantes, se obtuvo datos con niveles de servicio con rangos entre A y D, para el caso de la intersección E en la proyección de 15 años se alcanza un nivel de servicio D y se evidencia un retardo de 63 segundos para el acceso sur de manera que los vehículos que realicen el giro Sur-Este tendrán un flujo inestable tiempos de retraso debido al alto volumen vehicular del acceso oeste, sumado a esto, si no se mejora la situación del semáforo ubicado en la intersección de Brasilia los tiempos pueden empeorar, y alcanzar niveles de servicio F tal como se observó en las proyecciones realizadas de la situación actual. Uno de los aspectos más relevantes de esta modelación vehicular es que la cantidad de autos que transitaban por las calles que se deshabilitaron fueron asignados a algunas intersecciones nuevas, esta distribución se realizó a mano alzada ya que no se cuenta con estudios de las nuevas intersecciones ni mucho menos con porcentajes de distribuciones vehiculares por lo que los datos obtenidos poseen un margen de error considerable, se recomienda realizar un estudio exhaustivo de todo el casco central con el fin de obtener los indicadores necesarios que brinden confiabilidad a los datos.

Modificaciones al plan regulador y nuevas zonas de uso de suelos

En la actualidad, el plan regulador mantiene gran parte del centro urbano de Pérez Zeledón como uso destinado para zonas comerciales, esta zonificación puede desencadenar una serie de problemas tales como: flujos vehiculares excesivos y altos, contaminación, desechos solidos en las calles y alta densidad peatonal. Tal como se ha mencionado, uno de los grandes problemas por los que atraviesa el cantón son las colas extensas y retardos promedios excesivos, que provocan disconformidad y estrés; una de las principales razones son las zonas de uso comercial ya que ocasionan que los conductores transiten a baja velocidad, se estacionen en zonas indebidas y provoquen zonas de embudo y como consecuencia colapsan la red vial del centro urbano.
Por otro lado, las personas no cuentan con zonas aptas para desplazarse cómodamente, las aceras presentan un gran deterioro y no existe losa poctatil. Por estas razones, dentro de

las recomendaciones para el plan regulador se agrega la zona comercial, la cual es aplicada y actualizada para 8 cuadras aledañas a los bulevares peatonales, tal como se muestra en la **figura 80**, también se propone la construcción de una zona intermodal que sustituya el Mercado Municipal, esto sin dejar de lado los locales ya existentes, pero con un nuevo enfoque donde existan zonas para buses, paradas de taxis, bicicletas, zonas comerciales y recreativas. La principal razón de esta nueva zonificación y de la construcción de zonas mixtas y bulevares es un desarrollo sostenible para el cantón, brindando infraestructura adecuada a los usuarios, buscando una jerarquización del transporte donde los vehículos no tengan que acceder al centro urbano y disminuyendo los índices de emisión de gases. Una limitante con la que cuenta la Municipalidad es que no poseen terrenos cercanos al centro urbano por lo que la construcción de zonas de parqueo implicaría la expropiación de terrenos y por ende el costo total de la construcción de una torre de parqueos sería elevado, por lo que se recomienda un análisis de la situación con el fin de continuar con la propuesta a largo plazo.

Conclusiones

- Se identificó un deterioro importante en la infraestructura vial del centro urbano, con aceras que presentan grietas, ausencia de losa podotáctil, demarcación nula y superficies de ruedo con roderas pronunciadas lo que provoca un peligro tanto para peatones como para conductores.
- Existe un déficit importante de uso de suelos mixtos y zonas de áreas verdes en el centro urbano de San Isidro de Pérez Zeledón, esto conlleva que no se priorice en la jerarquización del transporte incidiendo de forma negativa en la calidad de vida de las ciudades y los habitantes con menores espacios de esparcimiento, recreación, deporte, cultura, generación de capital social y plusvalía de los terrenos.
- La no promoción de zonas de estacionamiento privados dentro de uso de suelos en zonas comerciales genera que los locales no inviertan en parqueos propios, provocando que los clientes estacionen en espacios prohibidos o que la Municipalidad tenga que crear zonas de estacionamiento sobre la superficie de rodamiento obstaculizando el flujo vehicular y trayendo consigo un aumento en las colas y retardos promedios.
- La eliminación de zonas de estacionamiento sobre la avenida 2 mejoró los niveles de servicio de las intersecciones por medio de la reducción de retardos promedio y colas. Además, generó un flujo vehicular óptimo por medio del aprovechamiento de la infraestructura vial existente.
- Con respecto a lo observado en campo dentro de la zona estudio existe un déficit en la promoción de una movilidad sostenible de acuerdo al Objetivo 11 de la ONU: Ciudades y comunidades sostenibles.
- La propuesta de solución 1 y la optimización de semáforos se establecen para un período de corto plazo ya que los niveles de servicio para las proyecciones de 10 y 15 años alcanzan retardos y colas excesivas.
- La propuesta de solución 2 surge como necesidad de una jerarquización del transporte donde los niveles de servicio demuestran que se trata de una solución a largo plazo.
- La propuesta de solución 2 promueve el uso de suelos para zonas mixtas en donde se benefician sectores sociales, ambientales y comerciales.
- El cantón de Pérez Zeledón presenta un crecimiento anual alto (6 %) en su flota vehicular en comparación con el crecimiento poblacional (0,9 %), lo cual se ve reflejado en un aumento del poder adquisitivo de un automóvil propio por cada 1000 habitantes.

Recomendaciones

- Realizar un estudio vehicular en las intersecciones propuestas para la solución 2 con el propósito de crear modelaciones ante un escenario que se acerca más a la realidad.
- Se recomienda la actualización del plan regulador parcial donde se agreguen usos de suelo para zonas mixtas con el fin de buscar un desarrollo sostenible y jerarquización del transporte para el cantón de Pérez Zeledón.
- Es importante realizar un estudio exhaustivo de la intersección de Brasilia, que conlleve un análisis de los tiempos de semáforos, conteos vehiculares y niveles de servicio, ya que dicho cruce es causante de uno de los mayores problemas de congestionamiento vial en San Isidro.
- Es de suma importancia la intervención de las aceras: realizar mejoras y construcciones completas en algunos tramos debido al deterioro detectado y la ausencia de losa podotáctil para personas discapacitadas.
- Ante la propuesta de colocación de un semáforo, intersección F, se recomienda realizar estudios de ingeniería y posteriormente comparar los resultados con los criterios de justificación del uso del semáforo, según los lineamientos del Manual Geométrico de Diseño del SIECA.
- Realizar estudios de TPDA en zonas cercanas al centro urbano de Pérez Zeledón con el objetivo de que funcionen como una base de datos para realizar proyecciones vehiculares, diseños de pavimentos y demás procesos que conlleven este tipo de estudios.
- Es conveniente adicionar la posibilidad de que otro grupo de estudiantes integren las propuestas a un contexto inmediato (periferia de la ciudad) a fin de articular esas propuestas con otras nuevas que integren la mejor vialidad en el centro.
- Se sugiere que todo esfuerzo por mejorar la vialidad del cantón debe ser integrado a la actualización del Plan Regulador local.
- Para la propuesta número 1 se recomienda a partir del año 5 la colocación de un semáforo sobre la intersección E, debido a la proyección de la existencia de gran cantidad de vehículos.
- Se recomienda realizar un estudio de la cantidad de personas que utilizan bicicletas y la topografía del terreno, como medio de justificación para la propuesta de una ciclo ruta.
- Se recomienda actualizar los conteos vehiculares en las intersecciones estudiadas para el periodo posterior a la pandemia (COVID 19), con el fin de verificar si existieron tasas de decrecimiento.

- Se recomienda que las entidades gubernamentales se actualicen en temas de movilidad sostenible, que se acoplen a los objetivos globales propuestos para los próximos años.

Referencias

Asamble Legislativa de la República de Costa Rica (2019). *Ley No. 7600: LEY IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD*. San José, Costa Rica.

Asamblea Legislativa de Costa Rica (2020). *Reglamento para la Regulación de Espacios de Estacionamiento en Propiedades de Uso Público y Privado*. San José, Costa Rica.

Cabrera Arana, Gustavo, Natalia Velásquez-Osorio y Ariel Orozco-Arbelaez (sep. de 2015). «Movilidad: Aporte para su discusión». En: *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 33.3, págs. 429-434. URL: https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/20299.

CETM (1997). *Transporte intermodal: intermodalidad del transporte de mercancías*. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM:124179.

CFIA y ICCYC (2008). *Guía para el Diseño y Construcción del Espacio Público en Costa Rica*. 1. Ed. San José, Costa Rica.

Elpaís.Cr (mar. de 2020). *Gobierno impulsa planes reguladores para asegurar protección al ambiente*. URL: https://www.elpais.cr/2020/03/11/gobierno-impulsa-planes-reguladores-para-asegurar-proteccion-al-ambiente/.

Gómez, Rosbyn Vargas (2018). «Ordenamiento vial en el área central de San Vito de Coto Brus». Tesis doct. URL: https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10491.

Guitérrez, Andrea (2013). «¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte». En: *Bitácora Urbano Territorial* 21.2, págs. 61-74.

IMC (2010). *Índice de competividad urbana 2010 acciones urgentes para las ciudades del futuro*. URL: https://imco.org.mx/ciudades2010/.

Informe Estado de La Nación (2017). *Tendencias de crecimiento en ciudades intermedias. El caso de San Isidro de El General, Ciudad Quesada y Guápiles*. Costa Rica.

ITDP (2011a). *I. La Movilidad en Bicicleta como Política Pública*. URL: http://ciclociudades.mx/wp-content/uploads/2015/10/Manual-Tomo-I.pdf.

— (2011b). *V. Intermodalidad*. URL: http://ciclociudades.mx/wp-content/uploads/2015/10/Manual-Tomo-V.pdf.

Jiménez, Sandra Muñoz (2007). *Plan de reordenamiento vial para el casco central en San Isidro de el General. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil)*. Universidad de Costa Rica, San José.

MINAE (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*. URL: https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2014). *Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal*. URL: https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/566ce036-6917-42b6-b1b5-8e5803ceee6e/D-38578.pdf?MOD=AJPERES.

MOPT (2020). *Optimización Semáforos Av. 5 - Ca. 40-42 y Av. 3- Ca. 40-43, San José, Distrito Merced, R.N 1 y R.T. 10111*. San José, Costa Rica.

MOPT (s.f.). *Información del tránsito promedio diario anual*. URL: https://sig.mopt.go.cr:8084/transito/tpd.php.

Moya Mora, Ana Lucía (2017). «Análisis de la movilidad de estudiantes y funcionarios hacia y en el campus central del Instituto Tecnológico de Costa Rica». Tesis doct. URL: https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9360.

Moya Mora, Ana Lucía y col. (s.f.). *Portafolio de Acciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Cantonal de Costa Rica Tema: Movilidad Sostenible*. URL: https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/01/Portafolio-acciones-mitigacion-emisiones-GEI-escala-cantonal-Costa-Rica-movilidad_sostenible.pdf.

Municipalidad de Cartago (2012). *Plan Regulador Territorial del Cantón de Cartago*. URL: https://www.muni-carta.go.cr/wp-content/uploads/2017/11/Reglamento-Plan-Regulador-Territorial-de-Cartago.pdf.

Municipalidad de Pérez Zeledón (1997). *REGLAMENTO DE ZONIFICACIÓN PLAN REGULADOR PARCIAL DE SAN ISIDRO DE EL GENERAL*.

— (2018). *Reglamento para la Administración y Operación de los Sistemas de Estacionamientos Autorizados (parquímetros) en el Cantón de Pérez Zeledón*.

ONU (2015). *Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/.

ONU-HABITAT (2013). *Planificación y diseño de una movilidad urbana sostenible: Orientaciones para políticas*. Estados Unidos. URL: https://escobedo-pb.unhabitat.org/system/documents/attachments/000/000/011/original/f7cfe918790e79c6935e584c512d3a55667pdf.

SIECA (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.* Ciudad de Guatemala, Guatemala.

— (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (3era. ed.).* Ciudad de Guatemala, Guatemala.

TECARQUITECTOS (2020). *Estacion Intermodal Leaf Park*. URL: https://www.tecarquitectos.com/estacion-intermodal-leaf-park.

Vargas, Rosbyn (2018). *Ordenamiento vial en el área central de San Vito de Coto Brus*.

Se hará un solo listado de referencias al final del documento. En dicha lista se incluirán tanto las aclaraciones que normalmente aparecen en el pie de la página, como las referencias bibliográficas.

Apéndices

1. Conteos vehiculares, factor de hora pico y volumen de pesados. 160

Apéndice 1. Conteos vehiculares, factor de hora pico y volumen de pesados.

Las imágenes que se muestran a continuación corresponden a los resultados de los conteos vehiculares y peatonales realizados en algunas intersecciones del centro urbano de Pérez Zeledón, para el caso de los resultados vehiculares, también se agregan los datos de factores de hora pico y porcentaje de pesados para los horarios matutino, meridiano y vespertino.

Intersección A - Horario Matutino

			Acceso Norte								
			N-S			N-O			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	27	1	28	3	1	4	32	194	
6:45	A	7:00 A.M.	32	5	37	5	0	5	42	221	
7:00	A	7:15 A.M.	37	6	43	6	2	8	51	240	
7:15	A	7:30 A.M.	55	7	62	6	1	7	69	255	
7:30	A	7:45 A.M.	45	10	55	4	0	4	59	255	7:30 - 8:30
7:45	A	8:00 A.M.	46	5	51	9	1	10	61	196	
8:00	A	8:15 A.M.	45	4	49	16	1	17	66	135	
8:15	A	8:30 A.M.	51	10	61	8	0	8	69	69	
Total					386			63	449		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.

Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Este										
			E-S			E-O			Acceso			Intersección AV0-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	45	13	58	18	0	18	76	402		596	
6:45	A	7:00 A.M.	64	26	90	31	1	32	122	430		651	
7:00	A	7:15 A.M.	63	17	80	34	2	36	116	458	7:00 - 8:00	698	
7:15	A	7:30 A.M.	46	6	52	36	0	36	88	453		708	7:15 - 8:15
7:30	A	7:45 A.M.	65	5	70	33	1	34	104	430		685	
7:45	A	8:00 A.M.	53	16	69	79	2	81	150	326		522	
8:00	A	8:15 A.M.	51	6	57	53	1	54	111	176		311	
8:15	A	8:30 A.M.	39	5	44	21	0	21	65	65		134	
Total					520			312	832				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso este.

Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Norte					
			N-S			N-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	55	7	62	6	1	7
7:30	A	7:45 A.M.	45	10	55	4	0	4
7:45	A	8:00 A.M.	46	5	51	9	1	10
8:00	A	8:15 A.M.	45	4	49	16	1	17
Total			191	26	217	35	3	38
FHP				0,88			0,56	
% Pes				12%			8%	

			Acceso Este					
			E-S			E-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	46	6	52	36	0	36
7:30	A	7:45 A.M.	65	5	70	33	1	34
7:45	A	8:00 A.M.	53	16	69	79	2	81
8:00	A	8:15 A.M.	51	6	57	53	1	54
Total			215	33	248	201	4	205
FHP				0,89			0,63	
% Pes				13%			2%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección A - Horario Meridiano

			Acceso Norte								
			N-S			N-O			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:00	A	11:15 A.M.	48	1	49	12	0	12	61	314	
11:15	A	11:30 A.M.	64	8	72	12	1	13	85	335	11:15-12:15
11:30	A	11:45 A.M.	68	5	73	11	0	11	84	331	
11:45	A	12:00 A.M.	59	9	68	16	0	16	84	319	
12:00	A	12:15 A.M.	59	6	65	16	1	17	82	326	
12:15	A	12:30 A.M.	58	5	63	18	0	18	81	244	
12:30	A	12:45 A.M.	56	3	59	13	0	13	72	163	
12:45	A	13:00 A.M.	61	10	71	18	2	20	91	91	
Total					520			120	640		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Este										
			E-S			E-O			Acceso			Intersección AV0-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
11:00	A	11:15 A.M.	87	7	94	52	1	53	147	626	11:00 - 12:00	940	
11:15	A	11:30 A.M.	95	7	102	70	2	72	174	610		945	11:15 - 12:15
11:30	A	11:45 A.M.	92	8	100	58	1	59	159	553		884	
11:45	A	12:00 A.M.	80	6	86	60	0	60	146	541		860	
12:00	A	12:15 A.M.	69	4	73	57	1	58	131	548		874	
12:15	A	12:30 A.M.	73	5	78	39	0	39	117	417		661	
12:30	A	12:45 A.M.	90	7	97	49	1	50	147	300		463	
12:45	A	13:00 A.M.	90	8	98	54	1	55	153	153		244	
Total					728			446	1174				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso este.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Norte					
			N-S			N-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
11:15	A	11:30 A.M.	64	8	72	12	1	13
11:30	A	11:45 A.M.	68	5	73	11	0	11
11:45	A	12:00 A.M.	59	9	68	16	0	16
12:00	A	12:15 A.M.	59	6	65	16	1	17
Total			250	28	278	55	2	57
FHP				0,95			0,84	
% Pes				10%			4%	

			Acceso Este					
			E-S			E-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
11:15	A	11:30 A.M.	95	7	102	70	2	72
11:30	A	11:45 A.M.	92	8	100	58	1	59
11:45	A	12:00 A.M.	80	6	86	60	0	60
12:00	A	12:15 A.M.	69	4	73	57	1	58
Total			336	25	361	245	4	249
FHP				0,88			0,86	
% Pes				7%			2%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección A - Horario Vespertino

			Acceso Norte								
			N-S			N-O			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	58	6	64	14	0	14	78	307	
4:15	A	4:30 P.M.	57	4	61	12	0	12	73	313	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	56	3	59	18	1	19	78	304	
4:45	A	5:00 P.M.	66	4	70	8	0	8	78	304	
5:00	A	5:15 P.M.	65	2	67	15	2	17	84	226	
5:15	A	5:30 P.M.	52	3	55	9	0	9	64	142	
5:30	A	5:45 P.M.	67	1	68	10	0	10	78	78	
Total					444			89	533		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Este										
			E-S			E-O			Acceso			Intersección AV0-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	86	6	92	79	3	82	174	645		952	
4:15	A	4:30 P.M.	94	4	98	68	0	68	166	649		962	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	83	4	87	71	0	71	158	641		945	
4:45	A	5:00 P.M.	71	9	80	67	0	67	147	650	4:45 - 5:45	954	
5:00	A	5:15 P.M.	99	2	101	75	2	77	178	503		729	
5:15	A	5:30 P.M.	82	4	86	72	0	72	158	325		467	
5:30	A	5:45 P.M.	95	5	100	66	1	67	167	167		245	
Total					644			504	1148				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso este.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Norte					
			N-S			N-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:15	A	4:30 P.M.	57	4	61	12	0	12
4:30	A	4:45 P.M.	56	3	59	18	1	19
4:45	A	5:00 P.M.	66	4	70	8	0	8
5:00	A	5:15 P.M.	65	2	67	15	2	17
Total			244	13	257	53	3	56
FHP				0,92			0,74	
% Pes				5%			5%	

			Acceso Este					
			E-S			E-O		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:15	A	4:30 P.M.	94	4	98	68	0	68
4:30	A	4:45 P.M.	83	4	87	71	0	71
4:45	A	5:00 P.M.	71	9	80	67	0	67
5:00	A	5:15 P.M.	99	2	101	75	2	77
Total			347	19	366	281	2	283
FHP				0,91			0,92	
% Pes				5%			1%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección B - Horario Meridiano - Conteo 1

	Acceso Norte								
	N-E			N-S			Acceso		
Hora	L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:15 A 11:30 A.M.	33	1	34	115	14	129	163	672	
11:30 A 11:45 A.M.	33	3	36	106	10	116	152	674	
11:45 A 12:00 A.M.	38	0	38	126	15	141	179	684	11:45-12:45
12:00 A 12:15 A.M.	44	1	45	120	13	133	178	663	
12:15 A 12:30 A.M.	33	2	35	122	8	130	165	647	
12:30 A 12:45 A.M.	43	1	44	105	13	118	162	482	
12:45 A 13:00 A.M.	25	0	25	122	11	133	158	320	
13:00 A 13:15 A.M.	36	4	40	115	7	122	162	162	
Total			297			1022	1319		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

	Acceso Oeste										
	O-E			O-S			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora	L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
11:15 A 11:30 A.M.	49	1	50	24	2	26	76	283		955	11:15-12:15
11:30 A 11:45 A.M.	47	4	51	29	1	30	81	275		949	
11:45 A 12:00 A.M.	38	3	41	24	0	24	65	271		955	11:45-12:45
12:00 A 12:15 A.M.	33	2	35	24	2	26	61	287		950	
12:15 A 12:30 A.M.	45	3	48	19	1	20	68	295	12:15-1:15	942	
12:30 A 12:45 A.M.	52	0	52	25	0	25	77	227		709	
12:45 A 13:00 A.M.	53	3	56	25	0	25	81	150		470	
13:00 A 13:15 A.M.	44	1	45	24	0	24	69	69		231	
Total			378			200	578				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

	Acceso Norte					
	N-E			N-S		
Hora	L	P	Total	L	P	Total
11:15 A 11:30 A.M.	33	1	34	115	14	129
11:30 A 11:45 A.M.	33	3	36	106	10	116
11:45 A 12:00 A.M.	38	0	38	126	15	141
12:00 A 12:15 A.M.	44	1	45	120	13	133
Total	148	5	153	467	52	519
FHP		1,0			0,92	
% Pes		3%			10%	
	Acceso Oeste					
	O-E			O-S		
Hora	L	P	Total	L	P	Total
11:15 A 11:30 A.M.	49	1	50	24	2	26
11:30 A 11:45 A.M.	47	4	51	29	1	30
11:45 A 12:00 A.M.	38	3	41	24	0	24
12:00 A 12:15 A.M.	33	2	35	24	2	26
Total	167	10	177	101	5	106
FHP		0,87			0,88	
% Pes		6%			5%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección B - Horario Vespertino - Conteo 1

	Acceso Norte								
	N-E			N-S			Acceso		
Hora	L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00 A 4:15 P.M.	35	1	36	97	13	110	146	564	4:00-5:00
4:15 A 4:30 P.M.	44	1	45	109	9	118	163	556	
4:30 A 4:45 P.M.	40	1	41	87	14	101	142	534	
4:45 A 5:00 P.M.	36	2	38	70	5	75	113	495	
5:00 A 5:15 P.M.	35	2	37	91	10	101	138	515	
5:15 A 5:30 P.M.	35	1	36	100	5	105	141	377	
5:30 A 5:45 P.M.	18	1	19	79	5	84	103	236	
5:45 A 6:00 P.M.	39	0	39	87	7	94	133	133	
Total			291			788	1079		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

	Acceso Oeste										
	O-E			O-S			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora	L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
4:00 A 4:15 P.M.	40	1	41	17	1	18	59	234	4:00-5:00	798	4:00-5:00
4:15 A 4:30 P.M.	24	0	24	23	0	23	47	219		775	
4:30 A 4:45 P.M.	35	1	36	27	1	28	64	231		765	
4:45 A 5:00 P.M.	49	1	50	13	1	14	64	196		691	
5:00 A 5:15 P.M.	16	2	18	26	0	26	44	172		687	
5:15 A 5:30 P.M.	27	1	28	31	0	31	59	128		505	
5:30 A 5:45 P.M.	10	2	12	17	0	17	29	69		305	
5:45 A 6:00 P.M.	30	0	30	10	0	10	40	40		173	
Total			239			167	406				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

	Acceso Norte					
	N-E			N-S		
Hora	L	P	Total	L	P	Total
4:00 A 4:15 P.M.	35	1	36	97	13	110
4:15 A 4:30 P.M.	44	1	45	109	9	118
4:30 A 4:45 P.M.	40	1	41	87	14	101
4:45 A 5:00 P.M.	36	2	38	70	5	75
Total	155	5	160	363	41	404
FHP		0,89			0,86	
% Pes		3%			10%	

	Acceso Oeste					
	O-E			O-S		
Hora	L	P	Total	L	P	Total
4:00 A 4:15 P.M.	40	1	41	17	1	18
4:15 A 4:30 P.M.	24	0	24	23	0	23
4:30 A 4:45 P.M.	35	1	36	27	1	28
4:45 A 5:00 P.M.	49	1	50	13	1	14
Total	148	3	151	80	3	83
FHP		0,76			0,74	
% Pes		2%			4%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección B - Horario Matutino- Conteo 2

			Acceso Norte								
			N-E			N-S			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	1	1	2	23	5	28	30	314	
6:15	A	6:30 A.M.	9	3	12	38	17	55	67	393	
6:30	A	6:45 A.M.	6	3	9	78	10	88	97	427	
6:45	A	7:00 A.M.	18	2	20	92	8	100	120	423	
7:00	A	7:15 A.M.	15	1	16	82	11	93	109	436	7:00 - 8:00
7:15	A	7:30 A.M.	18	4	22	65	14	79	101	327	
7:30	A	7:45 A.M.	22	1	23	63	7	70	93	226	
7:45	A	8:00 A.M.	38	1	39	75	19	94	133	133	
Total					143			607	750		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste										
			O-E			O-S			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	22	3	25	4	1	5	30	219		533	
6:15	A	6:30 A.M.	31	7	38	2	0	2	40	280		673	
6:30	A	6:45 A.M.	43	9	52	3	0	3	55	307		734	
6:45	A	7:00 A.M.	76	10	86	5	3	8	94	326		749	
7:00	A	7:15 A.M.	67	9	76	15	0	15	91	338	7:00 - 8:00	774	7:00 - 8:00
7:15	A	7:30 A.M.	52	4	56	9	2	11	67	247		574	
7:30	A	7:45 A.M.	60	6	66	7	1	8	74	180		406	
7:45	A	8:00 A.M.	85	10	95	10	1	11	106	106		239	
Total					494			63	557				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Norte					
			N-E			N-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:00	A	7:15 A.M.	15	1	16	82	11	93
7:15	A	7:30 A.M.	18	4	22	65	14	79
7:30	A	7:45 A.M.	22	1	23	63	7	70
7:45	A	8:00 A.M.	38	1	39	75	19	94
Total			93	7	100	285	51	336
FHP				0,64			0,89	
% Pes				7%			15%	

			Acceso Oeste					
			O-E			O-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:00	A	7:15 A.M.	67	9	76	15	0	15
7:15	A	7:30 A.M.	52	4	56	9	2	11
7:30	A	7:45 A.M.	60	6	66	7	1	8
7:45	A	8:00 A.M.	85	10	95	10	1	11
Total			264	29	293	41	4	45
FHP				0,77			0,75	
% Pes				10%			9%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección B - Horario Meridiano - Conteo 2

			Acceso Norte								
			N-E			N-S			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:15	A	11:30 A.M.	35	1	36	80	14	94	130	649	
11:30	A	11:45 A.M.	49	1	50	134	10	144	194	652	11:30-12:30
11:45	A	12:00 A.M.	46	1	47	102	15	117	164	629	
12:00	A	12:15 A.M.	40	3	43	105	13	118	161	591	
12:15	A	12:30 A.M.	34	1	35	90	8	98	133	576	
12:30	A	12:45 A.M.	47	1	48	110	13	123	171	443	
12:45	A	13:00 A.M.	27	1	28	87	11	98	126	272	
13:00	A	13:15 A.M.	35	1	36	103	7	110	146	146	
Total					323			902	1225		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste										
			O-E			O-S			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
11:15	A	11:30 A.M.	49	1	50	12	0	12	62	270		919	
11:30	A	11:45 A.M.	25	1	26	27	3	30	56	295		947	
11:45	A	12:00 A.M.	44	1	45	28	1	29	74	321		950	11:45-12:45
12:00	A	12:15 A.M.	53	3	56	21	1	22	78	333		924	
12:15	A	12:30 A.M.	54	2	56	31	0	31	87	336	12:15-1:15	912	
12:30	A	12:45 A.M.	50	0	50	30	2	32	82	249		692	
12:45	A	13:00 A.M.	44	3	47	38	1	39	86	167		439	
13:00	A	13:15 A.M.	49	1	50	30	1	31	81	81		227	
Total					380			226	606				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Norte					
			N-E			N-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	46	1	47	102	15	117
12:00	A	12:15 A.M.	40	3	43	105	13	118
12:15	A	12:30 A.M.	34	1	35	90	8	98
12:30	A	12:45 A.M.	47	1	48	110	13	123
Total			167	6	173	407	49	456
FHP				0,9			0,93	
% Pes				3%			11%	
			Acceso Oeste					
			O-E			O-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	44	1	45	28	1	29
12:00	A	12:15 A.M.	53	3	56	21	1	22
12:15	A	12:30 A.M.	54	2	56	31	0	31
12:30	A	12:45 A.M.	50	0	50	30	2	32
Total			201	6	207	110	4	114
FHP				0,92			0,89	
% Pes				3%			4%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección B - Horario Vespertino - Conteo 2

			Acceso Norte								
			N-E			N-S			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	20	1	21	80	7	87	108	591	
4:15	A	4:30 P.M.	40	0	40	113	5	118	158	612	
4:30	A	4:45 P.M.	37	2	39	115	12	127	166	616	4:30 - 5:30
4:45	A	5:00 P.M.	31	0	31	119	9	128	159	601	
5:00	A	5:15 P.M.	38	1	39	82	8	90	129	552	
5:15	A	5:30 P.M.	34	1	35	119	8	127	162	572	
5:30	A	5:45 P.M.	33	0	33	115	3	118	151	410	
5:45	A	6:00 P.M.	35	1	36	65	9	74	110	259	
6:00	A	6:15 P.M.	40	0	40	98	11	109	149	149	
Total					314			978	1292		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste										
			O-E			O-S			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	22	0	22	22	1	23	45	239		830	
4:15	A	4:30 P.M.	19	5	24	21	2	23	47	283	4:15 - 5:15	895	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	37	0	37	29	0	29	66	275		891	
4:45	A	5:00 P.M.	45	1	46	34	1	35	81	269		870	
5:00	A	5:15 P.M.	63	0	63	26	0	26	89	233		785	
5:15	A	5:30 P.M.	13	1	14	25	0	25	39	209		781	
5:30	A	5:45 P.M.	30	2	32	27	1	28	60	170		580	
5:45	A	6:00 P.M.	32	1	33	12	0	12	45	110		369	
6:00	A	6:15 P.M.	41	5	46	19	0	19	65	65			
Total					317			220	537				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Norte					
			N-E			N-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:15	A	4:30 P.M.	40	0	40	113	5	118
4:30	A	4:45 P.M.	37	2	39	115	12	127
4:45	A	5:00 P.M.	31	0	31	119	9	128
5:00	A	5:15 P.M.	38	1	39	82	8	90
Total			146	3	149	429	34	463
FHP				0,93			0,90	
% Pes				2%			7%	

			Acceso Oeste					
			O-E			O-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:15	A	4:30 P.M.	19	5	24	21	2	23
4:30	A	4:45 P.M.	37	0	37	29	0	29
4:45	A	5:00 P.M.	45	1	46	34	1	35
5:00	A	5:15 P.M.	63	0	63	26	0	26
Total			164	6	170	110	3	113
FHP				0,67			0,81	
% Pes				4%			3%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección C - Horario Matutino

			Acceso Norte											
			N-E			N-S			N-O			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	6	2	8	72	25	97	9	0	9	114	450	
6:15	A	6:30 A.M.	8	0	8	86	14	100	8	0	8	116	448	
6:30	A	6:45 A.M.	4	0	4	79	19	98	10	0	10	112	461	6:30 - 7:30
6:45	A	7:00 A.M.	8	0	8	78	11	89	11	0	11	108	451	
7:00	A	7:15 A.M.	6	0	6	80	11	91	15	0	15	112	451	
7:15	A	7:30 A.M.	4	0	4	86	22	108	17	0	17	129	339	
7:30	A	7:45 A.M.	11	0	11	79	12	91	0	0	0	102	210	
7:45	A	8:00 A.M.	5	0	5	95	7	102	0	1	1	108	108	
Total					54			776			71	901		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Oeste								
			O-E			O-S			Acceso		
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	5	1	6	4	1	5	11	121	
6:15	A	6:30 A.M.	11	4	15	23	0	23	38	154	
6:30	A	6:45 A.M.	12	1	13	24	0	24	37	165	
6:45	A	7:00 A.M.	17	1	18	17	0	17	35	197	
7:00	A	7:15 A.M.	22	1	23	21	0	21	44	204	7:00 - 8:00
7:15	A	7:30 A.M.	22	1	23	26	0	26	49	160	
7:30	A	7:45 A.M.	26	2	28	41	0	41	69	111	
7:45	A	8:00 A.M.	14	0	14	28	0	28	42	42	
Total					140			185	325		

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Este							
			E-O			Acceso			Intersección AV4-RN243	
			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	3	0	3	3	23		594	
6:15	A	6:30 A.M.	7	0	7	7	25		627	
6:30	A	6:45 A.M.	7	0	7	7	27		653	
6:45	A	7:00 A.M.	6	0	6	6	32	6:45 -7:45	680	6:45 - 7:45
7:00	A	7:15 A.M.	5	0	5	5	31		686	
7:15	A	7:30 A.M.	9	0	9	9	26		525	
7:30	A	7:45 A.M.	11	1	12	12	17		338	
7:45	A	8:00 A.M.	5	0	5	5	5		155	
Total					54	54				

(c) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso este.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Norte N-E L	N-E P	N-E Total	N-S L	N-S P	N-S Total	N-O L	N-O P	N-O Total
6:45	A	7:00 A.M.	8	0	8	78	11	89	11	0	11
7:00	A	7:15 A.M.	6	0	6	80	11	91	15	0	15
7:15	A	7:30 A.M.	4	0	4	86	22	108	17	0	17
7:30	A	7:45 A.M.	11	0	11	79	12	91	0	0	0
Total			29	0	29	323	56	379	43	0	43
FHP			0,66			0,88			0,63		
% Pes			0%			15%			0%		

Hora			Acceso Oeste O-E L	O-E P	O-E Total	O-S L	O-S P	O-S Total
6:45	A	7:00 A.M.	17	1	18	17	0	17
7:00	A	7:15 A.M.	22	1	23	21	0	21
7:15	A	7:30 A.M.	22	1	23	26	0	26
7:30	A	7:45 A.M.	26	2	28	41	0	41
Total			87	5	92	105	0	105
FHP			0,82			0,64		
% Pes			5%			0%		

Hora			Acceso Este E-O L	E-O P	E-O Total
6:45	A	7:00 A.M.	6	0	6
7:00	A	7:15 A.M.	5	0	5
7:15	A	7:30 A.M.	9	0	9
7:30	A	7:45 A.M.	11	1	12
Total			31	1	32
FHP			0,67		
% Pes			3%		

(d) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección C - Horario Meridiano

Hora			Acceso Norte N-E L	N-E P	N-E Total	N-S L	N-S P	N-S Total	N-O L	N-O P	N-O Total	Acceso Total Acceso	Acceso Suma por hora	Hora Pico
11:00	A	11:15 A.M.	16	2	18	104	9	113	9	4	13	144	603	
11:15	A	11:30 A.M.	13	0	13	99	9	108	9	2	11	132	607	
11:30	A	11:45 A.M.	18	0	18	105	13	118	13	3	16	152	613	11:30 - 12:30
11:45	A	12:00 A.M.	14	0	14	130	15	145	15	1	16	175	611	
12:00	A	12:15 A.M.	11	0	11	117	5	122	15	0	15	148	576	
12:15	A	12:30 A.M.	14	0	14	106	9	115	9	0	9	138	428	
12:30	A	12:45 A.M.	16	0	16	98	18	116	18	0	18	150	290	
12:45	A	13:00 A.M.	14	0	14	102	12	114	12	0	12	140	140	
Total					118			951			110	1069		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste								
			O-E			O-S			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:00	A	11:15 A.M.	28	0	28	50	1	51	79	267	11:00 - 12:00
11:15	A	11:30 A.M.	32	1	33	35	1	36	69	251	
11:30	A	11:45 A.M.	29	2	31	32	1	33	64	234	
11:45	A	12:00 A.M.	24	1	25	29	1	30	55	223	
12:00	A	12:15 A.M.	30	2	32	30	1	31	63	221	
12:15	A	12:30 A.M.	26	0	26	25	1	26	52	158	
12:30	A	12:45 A.M.	25	0	25	28	0	28	53	106	
12:45	A	13:00 A.M.	26	0	26	27	0	27	53	53	
Total					226			262	488		

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Este						
			E-O			Acceso			Intersección AV4-RN243	
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
11:00	A	11:15 A.M.	22	1	23	23	67	11:00 - 12:00	937	11:00 - 12:00
11:15	A	11:30 A.M.	13	0	13	13	57		915	
11:30	A	11:45 A.M.	14	0	14	14	53		900	
11:45	A	12:00 A.M.	17	0	17	17	51		885	
12:00	A	12:15 A.M.	13	0	13	13	47		844	
12:15	A	12:30 A.M.	9	0	9	9	34		620	
12:30	A	12:45 A.M.	12	0	12	12	25		421	
12:45	A	13:00 A.M.	13	0	13	13	13		206	
Total					114	114				

(c) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso este.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Norte N-E L	N-E P	N-E Total	N-S L	N-S P	N-S Total	N-O L	N-O P	N-O Total
11:00	A	11:15 A.M.	16	2	18	104	9	113	9	4	13
11:15	A	11:30 A.M.	13	0	13	99	9	108	9	2	11
11:30	A	11:45 A.M.	18	0	18	105	13	118	13	3	16
11:45	A	12:00 A.M.	14	0	14	130	15	145	15	1	16
Total			61	2	63	438	46	484	46	10	56
FHP				0,88			0,83			0,88	
% Pes				3%			10%			18%	

Hora			Acceso Oeste O-E L	O-E P	O-E Total	O-S L	O-S P	O-S Total
11:00	A	11:15 A.M.	28	0	28	50	1	51
11:15	A	11:30 A.M.	32	1	33	35	1	36
11:30	A	11:45 A.M.	29	2	31	32	1	33
11:45	A	12:00 A.M.	24	1	25	29	1	30
Total			113	4	117	146	4	150
FHP				0,89			0,74	
% Pes				3%			3%	

Hora			Acceso Este E-O L	E-O P	E-O Total
11:00	A	11:15 A.M.	22	1	23
11:15	A	11:30 A.M.	13	0	13
11:30	A	11:45 A.M.	14	0	14
11:45	A	12:00 A.M.	17	0	17
Total			66	1	67
FHP				0,73	
% Pes				1%	

(d) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección C - Horario Vespertino

Hora			Acceso Norte N-E L	N-E P	N-E Total	N-S L	N-S P	N-S Total	N-O L	N-O P	N-O Total	Acceso Total Acceso	Acceso Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	13	0	13	101	3	104	5	0	5	122	565	
4:15	A	4:30 P.M.	17	0	17	107	5	112	12	0	12	141	582	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	18	3	21	122	10	132	14	0	14	167	581	
4:45	A	5:00 P.M.	14	0	14	104	9	113	8	0	8	135	546	
5:00	A	5:15 P.M.	12	0	12	109	8	117	10	0	10	139	411	
5:15	A	5:30 P.M.	10	0	10	113	6	119	11	0	11	140	410	
5:30	A	5:45 P.M.	11	0	11	112	7	119	8	0	8	138	270	
5:45	A	6:00 P.M.	12	0	12	105	8	113	7	0	7	132	132	
Total					110			929			75	1039		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Oeste								
			O-E			O-S			Acceso		
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	29	0	29	45	0	45	74	305	4:00 - 5:00
4:15	A	4:30 P.M.	34	0	34	41	0	41	75	296	
4:30	A	4:45 P.M.	32	0	32	45	0	45	77	283	
4:45	A	5:00 P.M.	32	0	32	47	0	47	79	272	
5:00	A	5:15 P.M.	24	0	24	41	0	41	65	193	
5:15	A	5:30 P.M.	28	0	28	34	0	34	62	195	
5:30	A	5:45 P.M.	28	0	28	39	0	39	67	133	
5:45	A	6:00 P.M.	28	0	28	38	0	38	66	66	
Total					235			330	565		

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Este							
			E-O			Acceso			Intersección AV4-RN243	
			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	26	0	26	26	96	4:00 - 5:00	966	
4:15	A	4:30 P.M.	30	0	30	30	96		974	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	23	0	23	23	82		946	
4:45	A	5:00 P.M.	17	0	17	17	78		896	
5:00	A	5:15 P.M.	26	0	26	26	61		665	
5:15	A	5:30 P.M.	16	0	16	16	53		658	
5:30	A	5:45 P.M.	18	0	18	18	37		440	
5:45	A	6:00 P.M.	19	0	19	19	19		217	
Total					175	175				

(c) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso este.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Norte N-E L	N-E P	N-E Total	N-S L	N-S P	N-S Total	N-O L	N-O P	N-O Total
4:15	A	4:30 P.M.	17	0	17	107	5	112	12	0	12
4:30	A	4:45 P.M.	18	3	21	122	10	132	14	0	14
4:45	A	5:00 P.M.	14	0	14	104	9	113	8	0	8
5:00	A	5:15 P.M.	12	0	12	109	8	117	10	0	10
Total			61	3	64	442	32	474	44	0	44
FHP				0,76			0,90			0,79	
% Pes				5%			7%			0%	

Hora			Acceso Oeste O-E L	O-E P	O-E Total	O-S L	O-S P	O-S Total
4:15	A	4:30 P.M.	34	0	34	41	0	41
4:30	A	4:45 P.M.	32	0	32	45	0	45
4:45	A	5:00 P.M.	32	0	32	47	0	47
5:00	A	5:15 P.M.	24	0	24	41	0	41
Total			122	0	122	174	0	174
FHP				0,90			0,93	
% Pes				0%			0%	

Hora			Acceso Este E-O L	E-O P	E-O Total
4:15	A	4:30 P.M.	30	0	30
4:30	A	4:45 P.M.	23	0	23
4:45	A	5:00 P.M.	17	0	17
5:00	A	5:15 P.M.	26	0	26
Total			96	0	96
FHP				0,80	
% Pes				0%	

(d) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección D - Horario Matutino- Conteo 1

Hora			Acceso Sur S-E L	S-E P	S-E Total	Acceso Total Acceso	Acceso Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	35	5	40	40	181	
6:15	A	6:30 A.M.	33	3	36	36	198	
6:30	A	6:45 A.M.	44	4	48	48	209	
6:45	A	7:00 A.M.	53	4	57	57	222	
7:00	A	7:15 A.M.	53	4	57	57	227	
7:15	A	7:30 A.M.	44	3	47	47	224	
7:30	A	7:45 A.M.	56	5	61	61	236	7:30 - 8:30
7:45	A	8:00 A.M.	56	6	62	62	224	
8:00	A	8:15 A.M.	50	4	54	54	229	
8:15	A	8:30 A.M.	55	4	59	59	175	
8:30	A	8:45 A.M.	44	5	49	49	116	
8:45	A	9:00 A.M.	62	5	67	67	67	
Total					637	637		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste							
			O-E			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	0	0	0	0	31		212	
6:15	A	6:30 A.M.	0	0	0	0	69		267	
6:30	A	6:45 A.M.	0	0	0	0	108		317	
6:45	A	7:00 A.M.	29	2	31	31	146		368	
7:00	A	7:15 A.M.	36	2	38	38	187		414	
7:15	A	7:30 A.M.	35	4	39	39	224		448	
7:30	A	7:45 A.M.	35	3	38	38	260		496	
7:45	A	8:00 A.M.	69	3	72	72	298		522	
8:00	A	8:15 A.M.	69	6	75	75	299	8:00 - 9:00	528	8:00 - 9:00
8:15	A	8:30 A.M.	70	5	75	75	224		399	
8:30	A	8:45 A.M.	70	6	76	76	149		265	
8:45	A	9:00 A.M.	67	6	73	73	73		140	
Total					218	218				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur		
			S-E		
Hora			L	P	Total
8:00	A	8:15 A.M.	50	4	54
8:15	A	8:30 A.M.	55	4	59
8:30	A	8:45 A.M.	44	5	49
8:45	A	9:00 A.M.	62	5	67
Total			211	18	229
FHP				0,85	
% Pes				8%	

			Acceso Oeste		
			O-E		
Hora			L	P	Total
8:00	A	8:15 A.M.	69	6	75
8:15	A	8:30 A.M.	70	5	75
8:30	A	8:45 A.M.	70	6	76
8:45	A	9:00 A.M.	67	6	73
Total			276	23	299
FHP				0,98	
% Pes				8%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección D - Horario Meridiano - Conteo 1

			Acceso Sur					
			S-E			Acceso		
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
10:45	A	11:00 A.M.	76	3	79	79	289	10:45 - 11:45
11:00	A	11:15 A.M.	63	3	66	66	284	
11:15	A	11:30 A.M.	70	4	74	74	277	
11:30	A	11:45 A.M.	61	9	70	70	274	
11:45	A	12:00 A.M.	70	4	74	74	283	
12:00	A	12:15 A.M.	53	6	59	59	267	
12:15	A	12:30 A.M.	69	2	71	71	283	
12:30	A	12:45 A.M.	77	2	79	79	212	
12:45	A	13:00 A.M.	53	5	58	58	133	
13:00	A	13:15 A.M.	71	4	75	75	75	
Total					572	572		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste							
			O-E			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
10:45	A	11:00 A.M.	77	1	78	78	347		636	10:45 - 11:45
11:00	A	11:15 A.M.	92	6	98	98	348	11:00 - 12:00	632	
11:15	A	11:30 A.M.	82	2	84	84	330		607	
11:30	A	11:45 A.M.	80	7	87	87	329		603	
11:45	A	12:00 A.M.	76	3	79	79	338		621	
12:00	A	12:15 A.M.	77	3	80	80	340		607	
12:15	A	12:30 A.M.	78	5	83	83	345		628	
12:30	A	12:45 A.M.	95	1	96	96	262		474	
12:45	A	13:00 A.M.	78	3	81	81	166		299	
13:00	A	13:15 A.M.	80	5	85	85	85		160	
Total					685	685				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur		
			S-E		
Hora			L	P	Total
10:45	A	11:00 A.M.	76	3	79
11:00	A	11:15 A.M.	63	3	66
11:15	A	11:30 A.M.	70	4	74
11:30	A	11:45 A.M.	61	9	70
Total			270	19	289
FHP				0,9	
% Pes				7%	

			Acceso Oeste		
			O-E		
Hora			L	P	Total
10:45	A	11:00 A.M.	77	1	78
11:00	A	11:15 A.M.	92	6	98
11:15	A	11:30 A.M.	82	2	84
11:30	A	11:45 A.M.	80	7	87
Total			331	16	347
FHP				0,89	
% Pes				5%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección D - Horario Vespertino - Conteo 1

			Acceso Sur					
			S-E			Acceso		
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
2:00	A	2:15 P.M.	87	8	95	95	324	
2:15	A	2:30 P.M.	64	11	75	75	254	
2:30	A	2:45 P.M.	70	6	76	76	241	
2:45	A	3:00 P.M.	73	5	78	78	254	
3:00	A	3:15 P.M.	24	1	25	25	247	
3:15	A	3:30 P.M.	56	6	62	62	292	
3:30	A	3:45 P.M.	83	6	89	89	325	3:30 - 4:30
3:45	A	4:00 P.M.	66	5	71	71	317	
4:00	A	4:15 P.M.	69	1	70	70	307	
4:15	A	4:30 P.M.	90	5	95	95	325	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	80	1	81	81	303	
4:45	A	5:00 P.M.	60	1	61	61	291	
5:00	A	5:15 P.M.	87	1	88	88	310	
5:15	A	5:30 P.M.	72	1	73	73	222	
5:30	A	5:45 P.M.	66	3	69	69	149	
5:45	A	6:00 P.M.	78	2	80	80	80	
Total					641	641		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste							
			O-E			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
2:00	A	2:15 P.M.	76	4	80	80	241		565	
2:15	A	2:30 P.M.	55	2	57	57	219		473	
2:30	A	2:45 P.M.	54	1	55	55	238		479	
2:45	A	3:00 P.M.	44	5	49	49	255		509	
3:00	A	3:15 P.M.	55	3	58	58	270		517	
3:15	A	3:30 P.M.	72	4	76	76	289		581	
3:30	A	3:45 P.M.	69	3	72	72	282		607	
3:45	A	4:00 P.M.	63	1	64	64	287		604	
4:00	A	4:15 P.M.	75	2	77	77	311	4:00 - 5:00	618	4:00 - 5:00
4:15	A	4:30 P.M.	68	1	69	69	289		614	
4:30	A	4:45 P.M.	75	2	77	77	284		587	
4:45	A	5:00 P.M.	85	3	88	88	238		529	
5:00	A	5:15 P.M.	51	4	55	55	219		529	
5:15	A	5:30 P.M.	62	2	64	64	164		386	
5:30	A	5:45 P.M.	28	3	31	31	100		249	
5:45	A	6:00 P.M.	69	0	69	69	69		149	
Total					588	588				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur		
			S-E		
Hora			L	P	Total
4:00	A	4:15 P.M.	69	1	70
4:15	A	4:30 P.M.	90	5	95
4:30	A	4:45 P.M.	80	1	81
4:45	A	5:00 P.M.	60	1	61
Total			299	8	307
FHP				0,81	
% Pes				3%	

			Acceso Oeste		
			O-E		
Hora			L	P	Total
4:00	A	4:15 P.M.	75	2	77
4:15	A	4:30 P.M.	68	1	69
4:30	A	4:45 P.M.	75	2	77
4:45	A	5:00 P.M.	85	3	88
Total			303	8	311
FHP				0,88	
% Pes				3%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección D - Horario Matutino- Conteo 2

Hora			Acceso Sur					
			S-E			Acceso		
			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	32	7	39	39	161	
6:15	A	6:30 A.M.	35	3	38	38	168	
6:30	A	6:45 A.M.	30	4	34	34	187	
6:45	A	7:00 A.M.	47	3	50	50	193	
7:00	A	7:15 A.M.	44	2	46	46	195	
7:15	A	7:30 A.M.	54	3	57	57	210	
7:30	A	7:45 A.M.	33	7	40	40	206	
7:45	A	8:00 A.M.	47	5	52	52	222	
8:00	A	8:15 A.M.	56	5	61	61	257	8:00 - 9:00
8:15	A	8:30 A.M.	49	4	53	53	196	
8:30	A	8:45 A.M.	54	2	56	56	143	
8:45	A	9:00 A.M.	78	9	87	87	87	
Total					613	613		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Oeste							
			O-E			Acceso			Intersección AV2-RN243	
			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	5	2	7	7	94		255	
6:15	A	6:30 A.M.	14	2	16	16	121		289	
6:30	A	6:45 A.M.	21	4	25	25	149		336	
6:45	A	7:00 A.M.	42	4	46	46	167		360	
7:00	A	7:15 A.M.	33	1	34	34	185	7:00 - 8:00	380	7:00 - 8:00
7:15	A	7:30 A.M.	42	2	44	44	172		382	
7:30	A	7:45 A.M.	41	2	43	43	128		334	
7:45	A	8:00 A.M.	60	4	64	64	85		307	
8:00	A	8:15 A.M.	20	1	21	21	84		341	
8:15	A	8:30 A.M.	0	0	0	0	63		259	
8:30	A	8:45 A.M.	0	0	0	0	63		206	
8:45	A	9:00 A.M.	58	5	63	63	63		150	
Total					279	279				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur		
			S-E		
Hora			L	P	Total
7:00	A	7:15 A.M.	44	2	46
7:15	A	7:30 A.M.	54	3	57
7:30	A	7:45 A.M.	33	7	40
7:45	A	8:00 A.M.	47	5	52
Total			178	17	195
FHP				0,86	
% Pes				9%	

			Acceso Oeste		
			O-E		
Hora			L	P	Total
7:00	A	7:15 A.M.	33	1	34
7:15	A	7:30 A.M.	42	2	44
7:30	A	7:45 A.M.	41	2	43
7:45	A	8:00 A.M.	60	4	64
Total			176	9	185
FHP				0,72	
% Pes				5%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección D - Horario Meridiano - Conteo 2

			Acceso Sur					
			S-E			Acceso		
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
10:45	A	11:00 A.M.	83	4	87	87	357	
11:00	A	11:15 A.M.	87	3	90	90	364	11:00 - 12:00
11:15	A	11:30 A.M.	88	4	92	92	345	
11:30	A	11:45 A.M.	81	7	88	88	332	
11:45	A	12:00 A.M.	93	1	94	94	333	
12:00	A	12:15 A.M.	68	3	71	71	311	
12:15	A	12:30 A.M.	77	2	79	79	313	
12:30	A	12:45 A.M.	86	3	89	89	234	
12:45	A	13:00 A.M.	70	2	72	72	145	
13:00	A	13:15 A.M.	72	1	73	73	73	
Total					690	690		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste							
			O-E			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
10:45	A	11:00 A.M.	65	3	68	68	306		663	
11:00	A	11:15 A.M.	75	3	78	78	330		694	
11:15	A	11:30 A.M.	84	2	86	86	346		691	
11:30	A	11:45 A.M.	74	0	74	74	351		683	
11:45	A	12:00 A.M.	90	2	92	92	375	11:45 - 12:45	708	11:45 - 12:45
12:00	A	12:15 A.M.	93	1	94	94	358		669	
12:15	A	12:30 A.M.	88	3	91	91	348		661	
12:30	A	12:45 A.M.	97	1	98	98	257		491	
12:45	A	13:00 A.M.	71	4	75	75	159		304	
13:00	A	13:15 A.M.	84	0	84	84	84		157	
Total					681	681				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur		
			S-E		
Hora			L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	93	1	94
12:00	A	12:15 A.M.	68	3	71
12:15	A	12:30 A.M.	77	2	79
12:30	A	12:45 A.M.	86	3	89
Total			324	9	333
FHP				0,9	
% Pes				3%	

			Acceso Oeste		
			O-E		
Hora			L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	90	2	92
12:00	A	12:15 A.M.	93	1	94
12:15	A	12:30 A.M.	88	3	91
12:30	A	12:45 A.M.	97	1	98
Total			368	7	375
FHP				0,96	
% Pes				2%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección D - Horario Vespertino - Conteo 2

			Acceso Sur					
			S-E			Acceso		
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
2:00	A	2:15 P.M.	87	8	95	95	324	
2:15	A	2:30 P.M.	64	11	75	75	254	
2:30	A	2:45 P.M.	70	6	76	76	241	
2:45	A	3:00 P.M.	73	5	78	78	254	
3:00	A	3:15 P.M.	24	1	25	25	247	
3:15	A	3:30 P.M.	56	6	62	62	292	
3:30	A	3:45 P.M.	83	6	89	89	325	
3:45	A	4:00 P.M.	66	5	71	71	317	
4:00	A	4:15 P.M.	69	1	70	70	307	
4:15	A	4:30 P.M.	90	5	95	95	325	
4:30	A	4:45 P.M.	80	1	81	81	303	
4:45	A	5:00 P.M.	60	1	61	61	291	
5:00	A	5:15 P.M.	87	1	88	88	310	
5:15	A	5:30 P.M.	72	1	73	73	222	
5:30	A	5:45 P.M.	66	3	69	69	149	
5:45	A	6:00 P.M.	78	2	80	80	80	
Total					641	641		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste							
			O-E			Acceso			Intersección AV2-RN243	
Hora			L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
2:00	A	2:15 P.M.	75	8	83	83	333		657	
2:15	A	2:30 P.M.	73	4	77	77	339	2:15 - 3:15	593	
2:30	A	2:45 P.M.	87	0	87	87	338		579	
2:45	A	3:00 P.M.	84	2	86	86	339	2:45 - 3:45	593	
3:00	A	3:15 P.M.	87	2	89	89	303		550	
3:15	A	3:30 P.M.	75	1	76	76	257		549	
3:30	A	3:45 P.M.	85	3	88	88	245		570	
3:45	A	4:00 P.M.	49	1	50	50	233		550	
4:00	A	4:15 P.M.	42	1	43	43	260		567	
4:15	A	4:30 P.M.	59	5	64	64	319		644	
4:30	A	4:45 P.M.	74	2	76	76	304		607	
4:45	A	5:00 P.M.	76	1	77	77	250		541	
5:00	A	5:15 P.M.	101	1	102	102	210		520	
5:15	A	5:30 P.M.	47	2	49	49	108		330	
5:30	A	5:45 P.M.	20	2	22	22	59		208	
5:45	A	6:00 P.M.	35	2	37	37	37		117	
Total					679	679				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Sur S-E L	P	Total
4:00	A	4:15 P.M.	69	1	70
4:15	A	4:30 P.M.	90	5	95
4:30	A	4:45 P.M.	80	1	81
4:45	A	5:00 P.M.	60	1	61
Total			299	8	307
FHP				0,81	
% Pes				3%	

Hora			Acceso Oeste O-E L	P	Total
4:00	A	4:15 P.M.	75	2	77
4:15	A	4:30 P.M.	68	1	69
4:30	A	4:45 P.M.	75	2	77
4:45	A	5:00 P.M.	85	3	88
Total			303	8	311
FHP				0,88	
% Pes				3%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección E - Horario Matutino

Hora			Acceso Oeste O-N L	P	Total	O-E L	P	Total	O-S L	P	Total	Acceso Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	9	0	9	49	3	52	0	1	1	62	334	
6:45	A	7:00 A.M.	18	0	18	85	4	89	6	3	9	116	363	6:45 - 7:45
7:00	A	7:15 A.M.	5	0	5	60	4	64	3	0	3	72	329	
7:15	A	7:30 A.M.	9	1	10	71	1	72	2	0	2	84	257	
7:30	A	7:45 A.M.	12	0	12	70	3	73	5	1	6	91	173	
7:45	A	8:00 A.M.	17	0	17	59	2	61	4	0	4	82	82	
Total			71			411			25			507		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Norte								
			N-E			N-S			Acceso		
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	0	0	0	15	1	16	16	96	
6:45	A	7:00 A.M.	5	0	5	25	1	26	31	99	6:45 - 7:45
7:00	A	7:15 A.M.	6	0	6	18	1	19	25	79	
7:15	A	7:30 A.M.	3	0	3	20	1	21	24	54	
7:30	A	7:45 A.M.	0	0	0	19	0	19	19	30	
7:45	A	8:00 A.M.	1	0	1	10	0	10	11	11	
Total					15			111	126		

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Sur										
			S-N			S-E			Acceso			Intersección AV4-RN243	
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:30	A	6:45 A.M.	0	0	0	1	1	2	2	15		445	
6:45	A	7:00 A.M.	0	1	1	3	0	3	4	20		482	6:45 - 7:45
7:00	A	7:15 A.M.	0	0	0	1	0	1	1	30	7:00 - 8:00	438	
7:15	A	7:30 A.M.	1	0	1	7	0	7	8	29		340	
7:30	A	7:45 A.M.	0	0	0	7	0	7	7	21		224	
7:45	A	8:00 A.M.	1	1	2	11	1	12	14	14		107	
Total					4				36				

(c) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste								
			O-N			O-E			O-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	L	P	Total
6:45	A	7:00 A.M.	18	0	18	85	4	89	6	3	9
7:00	A	7:15 A.M.	5	0	5	60	4	64	3	0	3
7:15	A	7:30 A.M.	9	1	10	71	1	72	2	0	2
7:30	A	7:45 A.M.	12	0	12	70	3	73	5	1	6
Total			44	1	45	286	12	298	16	4	20
FHP				0,63			0,84			0,56	
% Pes				2%			4%			20%	

			Acceso Norte					
			N-E			N-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
6:45	A	7:00 A.M.	5	0	5	25	1	26
7:00	A	7:15 A.M.	6	0	6	18	1	19
7:15	A	7:30 A.M.	3	0	3	20	1	21
7:30	A	7:45 A.M.	0	0	0	19	0	19
Total			14	0	14	82	3	85
FHP				0,58			0,82	
% Pes				0%			4%	

			Acceso Sur					
			S-N			S-E		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
6:45	A	7:00 A.M.	0	1	1	3	0	3
7:00	A	7:15 A.M.	0	0	0	1	0	1
7:15	A	7:30 A.M.	1	0	1	7	0	7
7:30	A	7:45 A.M.	0	0	0	7	0	7
Total			1	1	2	18	0	18
FHP				0,50			0,64	
% Pes				50%			0%	

(d) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección E - Horario Meridiano

			Acceso Oeste											
			O-N			O-E			O-S			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:30	A	11:45 A.M.	32	0	32	79	2	81	14	0	14	127	582	
11:45	A	12:00 A.M.	33	0	33	111	1	112	9	0	9	154	604	11:45 - 12:45
12:00	A	12:15 A.M.	33	2	35	105	2	107	11	0	11	153	587	
12:15	A	12:30 A.M.	29	1	30	109	1	110	7	1	8	148	434	
12:30	A	12:45 A.M.	33	1	34	102	0	102	13	0	13	149	286	
12:45	A	13:00 A.M.	23	0	23	102	0	102	11	1	12	137	137	
Total					187			614			67	868		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Norte								
			N-E			N-S			Acceso		
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:30	A	11:45 A.M.	5	0	5	18	1	19	24	100	
11:45	A	12:00 A.M.	5	0	5	16	1	17	22	96	
12:00	A	12:15 A.M.	5	0	5	28	0	28	33	110	12:00 - 1:00
12:15	A	12:30 A.M.	9	0	9	12	0	12	21	77	
12:30	A	12:45 A.M.	6	0	6	13	1	14	20	56	
12:45	A	13:00 A.M.	9	0	9	26	1	27	36	36	
Total					39			117	156		

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Sur										
			S-N			S-E			Acceso			Intersección AV4-RN243	
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
11:30	A	11:45 A.M.	5	1	6	15	1	16	22	99		781	
11:45	A	12:00 A.M.	7	1	8	0	1	1	9	105		805	
12:00	A	12:15 A.M.	10	0	10	20	0	20	30	133	12:00 - 1:00	830	12:00 - 1:00
12:15	A	12:30 A.M.	12	0	12	26	0	26	38	103		614	
12:30	A	12:45 A.M.	10	0	10	18	0	18	28	65		407	
12:45	A	13:00 A.M.	12	2	14	23	0	23	37	37		210	
Total					60				164				

(c) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso Sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste								
			O-N			O-E			O-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	L	P	Total
12:00	A	12:15 A.M.	33	2	35	105	2	107	11	0	11
12:15	A	12:30 A.M.	29	1	30	109	1	110	7	1	8
12:30	A	12:45 A.M.	33	1	34	102	0	102	13	0	13
12:45	A	13:00 A.M.	23	0	23	102	0	102	11	1	12
Total			118	4	122	418	3	421	42	2	44
FHP				0,87			0,98			0,85	
% Pes				3%			1%			5%	

			Acceso Norte					
			N-E			N-S		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
12:00	A	12:15 A.M.	5	0	5	28	0	28
12:15	A	12:30 A.M.	9	0	9	12	0	12
12:30	A	12:45 A.M.	6	0	6	13	1	14
12:45	A	13:00 A.M.	9	0	9	26	1	27
Total			29	0	29	79	2	81
FHP				0,81			0,72	
% Pes				0%			2%	

			Acceso Sur					
			S-N			S-E		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
12:00	A	12:15 A.M.	10	0	10	20	0	20
12:15	A	12:30 A.M.	12	0	12	26	0	26
12:30	A	12:45 A.M.	10	0	10	18	0	18
12:45	A	13:00 A.M.	12	2	14	23	0	23
Total			44	2	46	87	0	87
FHP				0,96			0,84	
% Pes				4%			0%	

(d) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección E - Horario Vespertino

			Acceso Oeste											
			O-N			O-E			O-S			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	37	0	37	70	0	70	12	1	13	120	601	
4:15	A	4:30 P.M.	37	0	37	124	0	124	10	0	10	171	637	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	31	0	31	109	0	109	13	1	14	154	636	
4:45	A	5:00 P.M.	22	0	22	125	0	125	9	0	9	156	607	
5:00	A	5:15 P.M.	29	0	29	116	0	116	11	0	11	156	451	
5:15	A	5:30 P.M.	31	0	31	134	1	135	4	0	4	170	435	
5:30	A	5:45 P.M.	38	0	38	96	0	96	6	0	6	140	265	
5:45	A	6:00 P.M.	28	0	28	89	1	90	7	0	7	125	125	
Total					253			865			74	1118		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Norte								
			N-E			N-S			Acceso		
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	5	0	5	20	1	21	26	98	4:00 - 5:00
4:15	A	4:30 P.M.	5	0	5	20	0	20	25	89	
4:30	A	4:45 P.M.	7	0	7	19	0	19	26	84	
4:45	A	5:00 P.M.	1	0	1	17	3	20	21	71	
5:00	A	5:15 P.M.	5	0	5	12	0	12	17	50	
5:15	A	5:30 P.M.	4	0	4	16	0	16	20	46	
5:30	A	5:45 P.M.	3	0	3	10	0	10	13	26	
5:45	A	6:00 P.M.	4	0	4	9	0	9	13	13	
Total					34			127	161		

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso norte.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Sur										
			S-N			S-E			Acceso			Intersección AV4-RN243	
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	4	0	4	23	1	24	28	120		819	
4:15	A	4:30 P.M.	10	0	10	20	0	20	30	124	4:15 - 5:15	850	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	3	1	4	29	2	31	35	123		843	
4:45	A	5:00 P.M.	9	2	11	16	0	16	27	116		794	
5:00	A	5:15 P.M.	7	0	7	25	0	25	32	89		590	
5:15	A	5:30 P.M.	9	1	10	19	0	19	29	87		568	
5:30	A	5:45 P.M.	9	1	10	20	0	20	30	58		349	
5:45	A	6:00 P.M.	4	2	6	22	0	22	28	28		166	
Total					62				62				

(c) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Oeste								
			O-N			O-E			O-S		
			L	P	Total	L	P	Total	L	P	Total
4:15	A	4:30 P.M.	37	0	37	124	0	124	10	0	10
4:30	A	4:45 P.M.	31	0	31	109	0	109	13	1	14
4:45	A	5:00 P.M.	22	0	22	125	0	125	9	0	9
5:00	A	5:15 P.M.	29	0	29	116	0	116	11	0	11
Total			119	0	119	474	0	474	43	1	44
FHP			0,80			0,96			0,79		
% Pes			0%			0%			2%		

Hora			Acceso Norte					
			N-E			N-S		
			L	P	Total	L	P	Total
4:15	A	4:30 P.M.	5	0	5	20	0	20
4:30	A	4:45 P.M.	7	0	7	19	0	19
4:45	A	5:00 P.M.	1	0	1	17	3	20
5:00	A	5:15 P.M.	5	0	5	12	0	12
Total			18	0	18	68	3	71
FHP			0,64			0,89		
% Pes			0%			4%		

Hora			Acceso Sur					
			S-N			S-E		
			L	P	Total	L	P	Total
4:15	A	4:30 P.M.	10	0	10	20	0	20
4:30	A	4:45 P.M.	3	1	4	29	2	31
4:45	A	5:00 P.M.	9	2	11	16	0	16
5:00	A	5:15 P.M.	7	0	7	25	0	25
Total			29	3	32	90	2	92
FHP			0,73			0,74		
% Pes			9%			2%		

(d) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección F - Horario Matutino- Conteo 1

Hora			Acceso Sur								
			S-E			S-N			Acceso		
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	7	2	9	3	0	3	12	56	
6:15	A	6:30 A.M.	8	2	10	2	0	2	12	57	
6:30	A	6:45 A.M.	6	1	7	1	0	1	8	69	
6:45	A	7:00 A.M.	14	5	19	4	1	5	24	79	
7:00	A	7:15 A.M.	10	0	10	3	0	3	13	79	
7:15	A	7:30 A.M.	18	2	20	3	0	4	24	91	7:15 - 8:15
7:30	A	7:45 A.M.	14	0	14	3	1	4	18	68	
7:45	A	8:00 A.M.	17	3	20	4	1	5	25	50	
8:00	A	8:15 A.M.	17	3	20	5	1	5	25	25	
Total					129			31	160		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Oeste										
			O-S			O-N			Acceso			Intersección	
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	20	6	26	12	1	13	39	270		326	
6:15	A	6:30 A.M.	30	4	34	7	1	8	42	316		373	
6:30	A	6:45 A.M.	58	8	66	5	0	5	71	354		423	
6:45	A	7:00 A.M.	85	9	94	22	2	24	118	384		463	
7:00	A	7:15 A.M.	61	9	70	15	0	15	85	390		469	
7:15	A	7:30 A.M.	55	8	63	17	1	17	80	401	7:15 - 8:15	492	7:15 - 8:15
7:30	A	7:45 A.M.	82	3	85	14	2	16	101	320		388	
7:45	A	8:00 A.M.	89	11	100	21	2	23	123	219		269	
8:00	A	8:15 A.M.	67	5	72	22	1	24	96	96		121	
Total					610			146	756				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Sur					
			S-E			S-N		
			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	18	2	20	3	0	4
7:30	A	7:45 A.M.	14	0	14	3	1	4
7:45	A	8:00 A.M.	17	3	20	4	1	5
8:00	A	8:15 A.M.	17	3	20	5	1	5
Total			66	8	74	15	2	17
FHP				0,93			0,87	
% Pes				11%			13%	

Hora			Acceso Oeste					
			O-S			O-N		
			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	55	8	63	17	1	17
7:30	A	7:45 A.M.	82	3	85	14	2	16
7:45	A	8:00 A.M.	89	11	100	21	2	23
8:00	A	8:15 A.M.	67	5	72	22	1	24
Total			293	27	320	74	7	81
FHP				0,80			0,84	
% Pes				8%			8%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección F - Horario Meridiano - Conteo 1

			Acceso Sur								
			S-E			S-N			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:30	A	11:45 A.M.	39	3	42	5	1	6	48	204	11:30 - 12:30
11:45	A	12:00 A.M.	43	0	43	23	0	23	66	193	
12:00	A	12:15 A.M.	39	2	41	2	0	2	43	166	
12:15	A	12:30 A.M.	38	2	40	4	3	7	47	160	
12:30	A	12:45 A.M.	29	3	32	4	1	5	37	113	
12:45	A	13:00 A.M.	29	1	30	9	0	9	39	76	
13:00	A	13:15 A.M.	26	1	27	10	0	10	37	37	
Total					255			62	317		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste										
			O-S			O-N			Acceso			Intersección AV2-RN2	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
11:30	A	11:45 A.M.	127	2	129	52	2	54	183	748		952	
11:45	A	12:00 A.M.	113	2	115	53	1	54	169	780		973	11:45-12:45
12:00	A	12:15 A.M.	118	14	132	70	3	73	205	799	12:00 - 13:00	965	
12:15	A	12:30 A.M.	113	5	118	72	1	73	191	763		923	
12:30	A	12:45 A.M.	138	6	144	71	0	71	215	572		685	
12:45	A	13:00 A.M.	121	2	123	63	2	65	188	357		433	
13:00	A	13:15 A.M.	125	2	127	41	1	42	169	169		206	
Total					888			432	1320				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur					
			S-E			S-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	43	0	43	23	0	23
12:00	A	12:15 A.M.	39	2	41	2	0	2
12:15	A	12:30 A.M.	38	2	40	4	3	7
12:30	A	12:45 A.M.	29	3	32	4	1	5
Total			149	7	156	33	4	37
FHP				0,9			0,40	
% Pes				4%			11%	
			Acceso Oeste					
			O-S			O-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	113	2	115	53	1	54
12:00	A	12:15 A.M.	118	14	132	70	3	73
12:15	A	12:30 A.M.	113	5	118	72	1	73
12:30	A	12:45 A.M.	138	6	144	71	0	71
Total			482	27	509	266	5	271
FHP				0,88			0,93	
% Pes				5%			2%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección F - Horario Vespertino - Conteo 1

			Acceso Sur								
			S-E			S-N			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	35	5	40	13	2	15	55	213	
4:15	A	4:30 P.M.	50	3	53	4	0	4	57	216	4:15 - 5:15
4:30	A	4:45 P.M.	37	3	40	8	0	8	48	211	
4:45	A	5:00 P.M.	42	4	46	6	1	7	53	192	
5:00	A	5:15 P.M.	50	1	51	7	0	7	58	189	
5:15	A	5:30 P.M.	40	1	41	11	0	11	52	131	
5:30	A	5:45 P.M.	22	1	23	6	0	6	29	79	
5:45	A	6:00 P.M.	37	3	40	10	0	10	50	50	
Total					334			68	402		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste										
			O-S			O-N			Acceso			Intersección AV2-RN2	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	131	9	140	37	2	39	179	688	4:00-5:00	901	4:00-5:00
4:15	A	4:30 P.M.	165	7	172	35	0	35	207	680		896	
4:30	A	4:45 P.M.	118	3	121	27	1	28	149	666		877	
4:45	A	5:00 P.M.	115	3	118	33	2	35	153	657		849	
5:00	A	5:15 P.M.	144	3	147	24	0	24	171	661		850	
5:15	A	5:30 P.M.	155	5	160	33	0	33	193	490		621	
5:30	A	5:45 P.M.	111	3	114	25	1	26	140	297		376	
5:45	A	6:00 P.M.	137	0	137	20	0	20	157	157		207	
Total					1109			240	1349				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur					
			S-E			S-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:00	A	4:15 P.M.	35	5	40	13	2	15
4:15	A	4:30 P.M.	50	3	53	4	0	4
4:30	A	4:45 P.M.	37	3	40	8	0	8
4:45	A	5:00 P.M.	42	4	46	6	1	7
Total			164	15	179	31	3	34
FHP				0,84			0,57	
% Pes				8%			9%	

			Acceso Oeste					
			O-S			O-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:00	A	4:15 P.M.	131	9	140	37	2	39
4:15	A	4:30 P.M.	165	7	172	35	0	35
4:30	A	4:45 P.M.	118	3	121	27	1	28
4:45	A	5:00 P.M.	115	3	118	33	2	35
Total			529	22	551	132	5	137
FHP				0,80			0,88	
% Pes				4%			4%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección F - Horario Matutino- Conteo 2

			Acceso Sur								
			S-E			S-N			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	4	1	5	0	1	1	6	47	
6:15	A	6:30 A.M.	12	1	13	0	1	1	14	55	
6:30	A	6:45 A.M.	6	3	9	0	1	1	10	60	
6:45	A	7:00 A.M.	9	4	13	3	1	4	17	72	
7:00	A	7:15 A.M.	10	2	12	1	1	2	14	83	
7:15	A	7:30 A.M.	15	1	16	3	0	3	19	106	7:15 - 8:15
7:30	A	7:45 A.M.	15	4	19	2	1	3	22	87	
7:45	A	8:00 A.M.	16	5	21	6	1	7	28	65	
8:00	A	8:15 A.M.	25	5	30	7	0	7	37	37	
Total					138			29	167		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste										
			O-S			O-N			Acceso			Intersección	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
6:00	A	6:15 A.M.	22	3	25	12	1	13	38	261		308	
6:15	A	6:30 A.M.	31	7	38	12	0	12	50	325		380	
6:30	A	6:45 A.M.	43	9	52	21	3	24	76	348		408	
6:45	A	7:00 A.M.	76	10	86	8	3	11	97	363		435	
7:00	A	7:15 A.M.	67	9	76	22	4	26	102	386		469	
7:15	A	7:30 A.M.	52	4	56	14	3	17	73	407	7:15 - 8:15	513	7:15 - 8:15
7:30	A	7:45 A.M.	60	6	66	19	6	25	91	334		421	
7:45	A	8:00 A.M.	85	10	95	23	2	25	120	243		308	
8:00	A	8:15 A.M.	93	7	100	19	4	23	123	123		160	
Total					594			176	770				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur					
			S-E			S-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	15	1	16	3	0	3
7:30	A	7:45 A.M.	15	4	19	2	1	3
7:45	A	8:00 A.M.	16	5	21	6	1	7
8:00	A	8:15 A.M.	25	5	30	7	0	7
Total			71	15	86	18	2	20
FHP				0,72			0,71	
% Pes				17%			10%	

			Acceso Oeste					
			O-S			O-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
7:15	A	7:30 A.M.	52	4	56	14	3	17
7:30	A	7:45 A.M.	60	6	66	19	6	25
7:45	A	8:00 A.M.	85	10	95	23	2	25
8:00	A	8:15 A.M.	93	7	100	19	4	23
Total			290	27	317	75	15	90
FHP				0,79			0,90	
% Pes				9%			17%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección F - Horario Meridiano - Conteo 2

			Acceso Sur								
			S-E			S-N			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
11:30	A	11:45 A.M.	32	4	36	9	0	9	45	213	
11:45	A	12:00 A.M.	51	4	55	6	0	6	61	223	
12:00	A	12:15 A.M.	36	9	45	8	1	9	54	225	
12:15	A	12:30 A.M.	40	6	46	5	2	7	53	228	12:15 - 13:15
12:30	A	12:45 A.M.	45	6	51	4	0	4	55	175	
12:45	A	13:00 A.M.	50	5	55	8	0	8	63	120	
13:00	A	13:15 A.M.	43	7	50	6	1	7	57	57	
Total					338			50	388		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Oeste										
			O-S			O-N			Acceso			Intersección AV2-RN2	
			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
11:30	A	11:45 A.M.	86	4	90	28	2	30	120	584		797	
11:45	A	12:00 A.M.	115	4	119	34	3	37	156	587	11:45 - 12:45	810	11:45-12:45
12:00	A	12:15 A.M.	102	9	111	38	1	39	150	584		809	
12:15	A	12:30 A.M.	121	6	127	29	2	31	158	581		809	
12:30	A	12:45 A.M.	94	6	100	18	5	23	123	423		598	
12:45	A	13:00 A.M.	113	5	118	32	3	35	153	300		420	
13:00	A	13:15 A.M.	108	7	115	32	0	32	147	147		204	
Total					780			227	1007				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

Hora			Acceso Sur					
			S-E			S-N		
			L	P	Total	L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	51	4	55	6	0	6
12:00	A	12:15 A.M.	36	9	45	8	1	9
12:15	A	12:30 A.M.	40	6	46	5	2	7
12:30	A	12:45 A.M.	45	6	51	4	0	4
Total			172	25	197	23	3	26
FHP				0,9			0,72	
% Pes				13%			12%	

Hora			Acceso Oeste					
			O-S			O-N		
			L	P	Total	L	P	Total
11:45	A	12:00 A.M.	115	4	119	34	3	37
12:00	A	12:15 A.M.	102	9	111	38	1	39
12:15	A	12:30 A.M.	121	6	127	29	2	31
12:30	A	12:45 A.M.	94	6	100	18	5	23
Total			432	25	457	119	11	130
FHP				0,90			0,83	
% Pes				5%			8%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Intersección F - Horario Vespertino - Conteo 2

			Acceso Sur								
			S-E			S-N			Acceso		
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	51	3	54	12	1	13	67	220	
4:15	A	4:30 P.M.	37	2	39	5	0	5	44	219	
4:30	A	4:45 P.M.	54	3	57	4	1	5	62	240	4:30 - 5:30
4:45	A	5:00 P.M.	43	0	43	4	0	4	47	214	
5:00	A	5:15 P.M.	50	3	53	12	1	13	66	203	
5:15	A	5:30 P.M.	59	0	59	5	1	6	65	137	
5:30	A	5:45 P.M.	30	3	33	3	0	3	36	72	
5:45	A	6:00 P.M.	34	2	36	0	0	0	36	36	
Total					374			49	423		

(a) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso sur.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Oeste										
			O-S			O-N			Acceso			Intersección AV2-RN2	
Hora			L	P	Total	L	P	Total	Total Acceso	Suma por hora	Hora Pico	Suma por hora	Hora Pico
4:00	A	4:15 P.M.	115	4	119	19	2	21	140	611		831	
4:15	A	4:30 P.M.	109	7	116	21	0	21	137	608		827	
4:30	A	4:45 P.M.	121	12	133	36	2	38	171	631		871	4:30 - 5:30
4:45	A	5:00 P.M.	129	8	137	25	1	26	163	648	4:45 - 5:45	862	
5:00	A	5:15 P.M.	107	6	113	21	3	24	137	619		822	
5:15	A	5:30 P.M.	128	6	134	26	0	26	160	482		619	
5:30	A	5:45 P.M.	150	6	156	30	2	32	188	322		394	
5:45	A	6:00 P.M.	113	2	115	17	2	19	134	134		170	
Total					1023			207	1230				

(b) Volúmenes vehiculares y hora pico de acceso oeste.
Fuente: Elaboración Propia.

			Acceso Sur					
			S-E			S-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:30	A	4:45 P.M.	54	3	57	4	1	5
4:45	A	5:00 P.M.	43	0	43	4	0	4
5:00	A	5:15 P.M.	50	3	53	12	1	13
5:15	A	5:30 P.M.	59	0	59	5	1	6
Total			206	6	212	25	3	28
FHP				0,90			0,54	
% Pes				3%			11%	
			Acceso Oeste					
			O-S			O-N		
Hora			L	P	Total	L	P	Total
4:30	A	4:45 P.M.	121	12	133	36	2	38
4:45	A	5:00 P.M.	129	8	137	25	1	26
5:00	A	5:15 P.M.	107	6	113	21	3	24
5:15	A	5:30 P.M.	128	6	134	26	0	26
Total			485	32	517	108	6	114
FHP				0,94			0,75	
% Pes				6%			5%	

(c) Factor de hora pico y porcentaje de pesados.
Fuente: Elaboración Propia.

Anexos

1. Imágenes del formato utilizado para el levantamiento de datos y dimensionamientos. 207
2. Imágenes del formato utilizado para conteos manuales y TPD. 209
3. Ley 7600. 212
4. Información del tránsito Promedio Diario Anual. 213

Anexo 1. Imágenes del formato utilizado para el levantamiento de datos y dimensionamientos.

Las imágenes de los cuadros que se muestran a continuación permiten realizar una inspección de las intersecciones y zonas de estudio. Además, funcionan como herramienta fundamental para graficar las intersecciones y la modelación en Infraworks ya que se anotan datos reales como anchos, cantidad de carriles, zonas parqueo y demás aspectos que son piezas clave para el desarrollo de diferentes etapas del trabajo.

Imágenes del machote utilizado

CALLE:						
Punto:						
Ubicación:						
	CONTEMPLA		ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	TIEMPO (s)	OBSERVACIONES
	SI	NO				
Carril 1						
Carril 2						
Otro						
Espaldón						
Zona de estacionamiento 1						
Zona de estacionamiento 2						
Zona de carga y descarga 1						
Zona de carga y descarga 2						
Parada de Taxi 1						
Parada de Taxi 2						
Parada de bus						
Paso peatonal						
Mixto						
Alameda						
Residencial						
Rampa						

(a) Primera parte del formato para dimensionamiento de zonas de trabajo.

Fuente: Elaboración Propia.

Baranda						
Acera 1						
Losa Podtáctil 1						
Acera 2						
Losa Podtáctil 2						
Paso de deseo (Zona no demarcada cruce de peatones)						
Ciclovía						
Señalamiento Vertical y Horizontal						
Alto						
Ceda						
Línea amarilla						
Línea blanca						
Otro						
Semáforo						
OTRO						

(b) Segunda parte del formato para dimensionamiento de zonas de trabajo. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2. Imágenes del formato utilizado para conteos manuales y TPD.

A continuación se muestran imágenes con los formatos utilizados para el conteo de vehículos de forma manual y los conteos del TPD según los giros de cada intersección. Respecto a los conteos manuales, se colocaban lineas por cada vehículo y al final se realizaba un suma por cada intervalo de tiempo, estos datos y los recolectados por el contador se agregan al formato establecido para el TPD con su respectivo giro y clasificación en Livianos y Pesados. Estos datos son utilizados para la determinación de datos relevantes para la modelación de Infraworks y el análisis de la circulación vehicular por intersección.

Imágenes del formato utilizado

Hora				L		P	
				NS	ES	NS	ES
04:00	A	04:15	P.M.				
04:15	A	04:30	P.M.				
04:30	A	04:45	P.M.				
04:45	A	05:00	P.M.				
05:00	A	05:15	P.M.				
05:15	A	05:30	P.M.				
05:30	A	05:45	P.M.				
05:45	A	06:00	P.M.				
06:00	A	06:15	P.M.				
06:15	A	06:30	P.M.				

(a) Formato para conteos manuales vehiculares.

Fuente: Elaboración Propia.

Punto de Estudio:_____ **Intersección Avenida 2-RN243**

Técnico Responsable:____ **Marvin Barrantes Tiffer/Luis Agüero**

Tipo de Conteo: Clasificado L y P [X] Clasificado Especial [ ]

Fecha(s): **18/9/2020** **HORARIO 6:00 AM- 8:15AM, 11:15AM- 1:15PM, 4:00 PM 6:15 PM.**

Hora			L	L	L	L	Total de L	P	P
			N-E	N-S	O-E	O-S		N-E	N-S
06:00	A	06:15 A.M.	1	23	22	4	50	1	5
06:15	A	06:30 A.M.	9	38	31	2	80	3	17
06:30	A	06:45 A.M.	6	78	43	3	130	3	10
06:45	A	07:00 A.M.	18	92	76	5	191	2	8
07:00	A	07:15 A.M.	15	82	67	15	179	1	11
07:15	A	07:30 A.M.	18	65	52	9	144	4	14
07:30	A	07:45 A.M.	22	63	60	7	152	1	7
07:45	A	08:00 A.M.	38	75	85	10	208	1	19
11:15	A	11:30 A.M.	35	80	49	12	176	1	14
11:30	A	11:45 A.M.	49	134	25	27	235	1	10
11:45	A	12:00 A.M.	46	102	44	28	220	1	15
12:00	A	12:15 A.M.	40	105	53	21	219	3	13
12:15	A	12:30 A.M.	34	90	54	31	209	1	8
12:30	A	12:45 A.M.	47	110	50	30	237	1	13
12:45	A	13:00 A.M.	27	87	44	38	196	1	11
13:00	A	13:15 A.M.	35	103	49	30	217	1	7
04:00	A	04:15 P.M.	20	80	22	22	144	1	7
04:15	A	04:30 P.M.	40	113	19	21	193	0	5
04:30	A	04:45 P.M.	37	115	37	29	218	2	12
04:45	A	05:00 P.M.	31	119	45	34	229	0	9
05:00	A	05:15 P.M.	38	82	63	26	209	1	8
05:15	A	05:30 P.M.	34	119	13	25	191	1	8
05:30	A	05:45 P.M.	33	115	30	27	205	0	3
05:45	A	06:00 P.M.	35	65	32	12	144	1	9
06:00	A	06:15 P.M.	40	98	41	19	198	0	11

Observaciones:_____

(b) Formato de TPD por intersección
Fuente: Elaboración Propia.

(c) Clasificación de vehículos pesados y livianos.
Fuente: Vargas, 2018.

Anexo 3. Ley 7600.

A continuación se muestran figuras obtenidas de Asamble Legislativa de la República de Costa Rica, 2019 con el fin de realizar revisiones e inspección en la infraestructura vial del centro urbano de Pérez Zeledón, además se adjuntan como respaldo para realizar el análisis de la información recolectada.

Cantidad total de espacios de estacionamientos	**Cantidad mínimas de estacionamientos reservados accesibles**
De 1 a 40 espacios	2
De 41 a 60 espacios	3
De 61 a 80 espacios	4
De 81 a 100 espacios	5
De 101 a 120 espacios	6
De 121 a 140 espacios	7
De 141 a 160 espacios	8
De 161 a 180 espacios	9
De 181 a 200 espacios	10
Más de 200 espacios	Aplicar el 5%

(a) Cantidad de espacios mínimos de estacionamiento.

Fuente: Asamble Legislativa de la República de Costa Rica, 2019.

Anexo 4. Información del tránsito Promedio Diario Anual.

A continuación se muestra una figura de «Información del tránsito promedio diario anual.» donde se muestran datos obtenidos de TPDA en la zona de Palmares, Pérez Zeledón. Estos datos son de suma importancia ya que permite el cálculo de la tasa de crecimiento vehicular para la zona de Pérez Zeledón, además, funciona como base para el análisis del crecimiento que ha tenido el cantón de Pérez Zeledón

Año	TPDA	Liviano	Carga Liv.	Bus	C. 2 ejes	C. 3 ejes	C. 4 ejes	C. 5/6 ejes
1987	2570	32.8	38.3	8.18	14.64	1.78	0.05	4.25
1988	2825	33.1	38.8	8.57	13.91	1.57	0	4.05
1989	3020	30	43.03	8.3	12.85	0.93	0	4.89
1990	3465	31.55	40.92	8.43	13.38	1.25	0	4.47
1991	3480	33.22	39.05	8.77	13.53	1.47	0	3.96
1992	3620	33.35	39.3	8.97	13.15	1.37	0	3.86
1993	3760	33.76	38.79	9.12	12.85	1.45	0	4.03
1994	4250	34.29	37.69	8.82	13.4	1.6	0	4.2
1995	4705	34.31	38.53	9.47	12.16	1.41	0.02	4.1
1998	4510	40	39.38	4.42	10.66	0.97	0	4.57
2005	6535	34.32	38.52	9.47	12.16	1.43	0	4.1
2007	7538	49.64	30.92	2.49	9.16	3.37	0	4.42
2013	9805	59.14	26.15	2.64	8.27	1.36	0	2.44
2016	14325	52.77	30.9	2.51	7.54	3.27	0.5	2.51

(a) Tránsito Promedio Diario Anual de una Estación de Conteo.

Fuente: MOPT, s.f.