

Municipalidad de Encarnación

CONSULTORÍA TÉCNICA

PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO - SITE

LINEAMIENTOS Y TARIFA TÉCNICA PARA LA CIUDAD DE
ENCARNACIÓN Y SU ÁREA METROPOLITANA



NOVIEMBRE 2023

MSC. ING. W. ALEJANDRO NUÑEZ

PARA ACCEDER A TODA LA INFORMACIÓN DE MANERA
DIGITAL, PUEDE UTILIZAR EL SIGUIENTE CÓDIGO QR:





CAP III

DE LA IGUALDAD

ARTÍCULO 46 – DE LA IGUALDAD DE LAS PERSONAS

“Todos los habitantes de la República son iguales en dignidad y derechos...”

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	DELIMITACIÓN Y ALCANCE	10
2.1	Ámbito geográfico	10
3.	DIAGNÓSTICO	12
3.1	Análisis de la situación actual del transporte público en la ciudad de Encarnación	12
3.2	Infraestructura y funcionamiento	12
3.3	Uso y percepción del usuario	12
3.4	Economía y eficiencia	13
3.5	Consideraciones futuras	13
3.6	Itinerarios actuales	14
3.6.1	Corredor 1	14
3.6.2	Corredor 2	22
3.6.3	Demanda del sistema de transporte público y patrones de movilidad	29
4.	VARIABLES CONTEMPLADAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	31
4.1	Itinerarios utilizados	31
4.1.1	Grupo 1 - Noroeste	34
4.1.2	Grupo 2 - Sureste	42
4.2	Definición de vehículos	52
4.2.1	Para vehículos usados con hasta 6 años de antigüedad, con motor diésel	52
4.2.2	Para vehículos nuevos cero kilómetros, con motores eléctricos	53
4.3	Tecnología	54
4.4	Complementos	57
4.5	Paradas	57
4.5.1	Paradas tipo A	57
4.5.2	Paradas tipo B	58
4.5.3	Paradas tipo C	58
	Observaciones	59
5.	PROPUESTA DE TARIFA TÉCNICA	61
5.1	Descripción de los cálculos para llegar a la tarifa propuesta	63
5.2	Costos fijos	63
5.3	Costos variables	63
5.4	Implementación de tarifa	64
5.5	Análisis de sensibilidad	64
5.6	Financiamiento	64
5.6.1	Cronograma de vencimientos	65
5.6.2	Inversiones en unidades	65
5.6.3	Inversiones en infraestructura	65

5.6.4 Inversiones en activos fijos.....	66
5.6.5 Inversiones en capacitaciones.....	66
5.6.6 Otros gastos.....	66
5.6.7 Cronograma de inversiones.....	66
5.6.8 Cálculo de depreciaciones.....	67
5.6.9 Ingresos proyectados	67
5.6.10 Detalle de egresos.....	68
5.6.11 Flujo de caja económico - financiero	68
5.6.12 Evaluación financiera	69
6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE BILLETEAJE.....	71
6.1 Objetivos.....	71
6.2 Funcionalidades del sistema propuesto.....	71
7. ASPECTOS AMBIENTALES Y SOSTENIBILIDAD	73
8. PLANIFICACIÓN Y PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	75
8.1 Planificación de la gestión operativa y mantenimiento del sistema.....	75
8.1.1 Operaciones	75
8.1.2 Mantenimiento	75
8.2 Capacitación del personal.....	76
8.2.1. Capacitación de Conductores.....	76
8.2.2. Mantenimiento y Técnico:.....	76
8.2.3. Atención al Cliente y Servicio al Pasajero.....	76
8.2.4. Seguridad	76
8.2.5. Actualización	77
8.2.6. Normativas y Regulaciones	77
8.2.7. Comunicación Interna	77
8.3 Estrategia de comunicación y participación ciudadana.....	77
8.4 Esquema de cronograma sobre la construcción y puesta en marcha del sistema.....	77
9. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	80
9.1 Indicadores de rendimiento para medir el éxito del sistema	80
9.2 Mecanismos de revisión y ajuste a lo largo del tiempo.....	81
9.3 Participación ciudadana.....	82
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
11. COLABORACIÓN Y AGRADECIMIENTOS	86
12. BIBLIOGRAFÍA	89

ILUSTRACIONES

Ilustración 1– Área metropolitana de la ciudad de Encarnación, comprendida por el Distrito de San Juan del Paraná, Capitán Miranda y Cambyreta, coordinada por la AMUAME (Asociación de Municipios del Área Metropolitana de Encarnación).	10
Ilustración 2- Itinerario Corredor 1: B° Curupayty – Circuito - B° La Amistad	14
Ilustración 3– Itinerario Corredor 1: B° Santo Domingo - San Juan del Paraná - Itá Paso - B° Jardín.....	15
Ilustración 4 – Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° 4 Potrero.....	16
Ilustración 5- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° San Pedro Etapas I, II, III, IV y V	17
Ilustración 6- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° Curupayty	18
Ilustración 7- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° La Esperanza.....	19
Ilustración 8- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° San Antonio Ypekuru	20
Ilustración 9 - Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - San Juan Del Paraná.....	21
Ilustración 10- Itinerario Corredor 2: B° Arroyo Porã - B° San Isidro.....	22
Ilustración 11- Itinerario Corredor 2: Arroyo Pora - B° Pacu Cua	23
Ilustración 12- Itinerario Corredor 2: Circuito Comercial - Capitán Miranda	24
Ilustración 13- Itinerario Corredor 2: Pradera Alta - B° La Paz	25
Ilustración 14- Itinerario Corredor 2: B° Santa María - B° Pacu Cua	26
Ilustración 15- Itinerario Corredor 2: B° San Isidro - B° Santa María - Viviendas Yacyreta	27
Ilustración 16- Itinerario Corredor 2: Viviendas Yacyreta - B° San Isidro	28
Ilustración 17- Itinerario completo del SITE ajustado. Pág. 35 Entregable 2 - Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación – SITE (Ishibashi, Benitez, & UCI, 2022).....	32
Ilustración 18- Grupo 1 - Noroeste. Pág. 57 Entregable 2 - Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación – SITE (Ishibashi, Benitez, & Estudiantes Arquitectura UCI, 2022)	34
Ilustración 19- Troncal ruta 1, circular península y conexiones	35
Ilustración 20- Ramal Santa María / María Auxiliadora	35
Ilustración 21- Ramal Curupayty	36
Ilustración 22- Circular Itá Paso.....	37
Ilustración 23- circular Santo Domingo	38
Ilustración 24- Circular Santo Domingo ampliado.....	39
Ilustración 25- Circular San Juan del Paraná	40
Ilustración 26- Tronco Ramal San Pedro etapas	41
Ilustración 27- Grupo Noroeste.....	42
Ilustración 28- Troncal Ruta 6 y conexiones con Circular Santa María – Chaípe y Circular Arroyo Porã.....	43
Ilustración 29- Troncal Ruta 6 ampliado y circuito	44
Ilustración 30- Ramal San Isidro	45
Ilustración 31- Ramal Capitán Miranda.....	46
Ilustración 32- Ramal Capitán Miranda - Itangua (ampliado)	47
Ilustración 33- Circular Santa María y Chaípe	48
Ilustración 34- Circular Santa María 1, 2 y 3 y Chaípe.....	48
Ilustración 35- Circular Arroyo Porã	49
Ilustración 36- Circular Arroyo Porã - Santa María Santillán Ampliado.....	49
Ilustración 37- Tronco Ramal Pacú Cuá	50
Ilustración 38- Tronco Ramal San Isidro	51
Ilustración 39- Circular Ramal Cambyreta	52
Ilustración 40- vehículo de referencia, usado con motor diésel.	53
Ilustración 41- vehículo de referencia, nuevo motor eléctrico	54
Ilustración 42- Mapa conceptual del modelo propuesto del sistema GTFS.....	55
Ilustración 43- Imagen referencial de parada tipo A.....	57
Ilustración 44- imagen referencial parada tipo B	58
Ilustración 45- Imagen referencial de parada tipo C.....	59
Ilustración 46- distribución gráfica de incidencias sobre la tarifa técnica.....	62
Ilustración 47- incidencia de costos en porcentajes sobre el sistema	62
Ilustración 48- Proyección del flujo de caja libre	69

TABLAS

Tabla 1- Ramales, circulares y tronco ramales por sector, viviendas servidas y kilometrajes.....	33
Tabla 2- Archivos del sistema GTFS y descripción de la información	56
Tabla 3 - Tarifa técnica	61
Tabla 4- cronograma de vencimientos	65
Tabla 5- inversiones en unidades de transporte	65
Tabla 6- Inversiones en infraestructura	65
Tabla 7- Inversiones en activos fijos	66
Tabla 8- Inversiones en Capacitación para personal	66
Tabla 9- Otros gastos de la inversión inicial del sistema	66
Tabla 10- Cronograma de inversión inicial	66
Tabla 11- Cálculo de depreciaciones	67
Tabla 12- Ingresos proyectados años 1 al 5.....	67
Tabla 13- Ingresos proyectados años 6 al 10.....	67
Tabla 14- Detalle de Egresos años 1 al 5	68
Tabla 15- Detalle de Egresos años 6 al 10	68
Tabla 16- Flujo de caja económico - financiero años 0 al 4 del sistema.....	68
Tabla 17- Flujo de caja económico - financiero años 5 al 10 del sistema.....	68
Tabla 18- Evaluación financiera, años 0 al 5 del sistema.....	69
Tabla 19- Evaluación financiera, años 6 al 10 del sistema.....	69
Tabla 20 - Tasa de Descuento, VAN y TIR del sistema	69
Tabla 21- Gantt esquemático del cronograma del sistema de transporte	78

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Encarnación, situada a orillas del río Paraná, representa uno de los principales centros urbanos y económicos de la República del Paraguay. Junto con los municipios de San Juan del Paraná, Capitán Miranda y Cambyreta, componen el Área Metropolitana de Encarnación, coordinada por la AMUAME (Asociación de Municipios del Área Metropolitana de Encarnación). Esta asociación busca unificar esfuerzos y abordar conjuntamente los desafíos que enfrenta la región para un desarrollo integral y sustentable, enmarcado en los ejes ambiental, social y económico para todos los habitantes de los distritos miembros.

El trabajo conjunto de los distritos a través de AMUAME subraya la interconexión y dependencia mutua entre estas áreas, tanto en términos de movilidad como de desarrollo económico y social. Sin embargo, a medida que esta región metropolitana crece y se moderniza, surgen desafíos relacionados con la movilidad, la infraestructura y el transporte que requieren soluciones integradas y sostenibles.

Uno de los aspectos más palpables de este desafío es la congestión vehicular. La creciente posesión y uso de vehículos particulares que influyen en el aumento de los índices de accidentes de tránsito, junto con rutas de transporte público que no satisfacen plenamente las necesidades actuales, han llevado a un aumento en los tiempos de viaje, embotellamientos y contaminación. Las vías que antes fluían con facilidad ahora experimentan congestionamientos, especialmente durante las horas pico. No obstante, las oportunidades para innovar y mejorar están presentes. La dinámica y energía que impulsan el crecimiento de la región metropolitana de Encarnación pueden dirigirse hacia soluciones de transporte innovadoras y sostenibles. Es fundamental abordar estos desafíos desde una perspectiva integrada, reconociendo las particularidades y necesidades de cada distrito, pero siempre buscando el beneficio colectivo.

La visión detrás de esta propuesta no es simplemente mejorar el tránsito o modernizar la infraestructura. Va más allá: se trata de re imaginar y construir un futuro donde el Área Metropolitana de Encarnación se posicione como un referente en términos de movilidad sostenible, calidad de vida y desarrollo integrado en Latinoamérica. Es una visión que honra la historia y el legado de estos distritos, al tiempo que traza un camino prometedor hacia el futuro.

La Constitución Nacional, en su Capítulo III, establece con firmeza que todos los habitantes de la República son iguales en dignidad y derechos, rechazando cualquier forma de discriminación. Esta declaración fundamental tiene amplias implicaciones en diversos aspectos de la sociedad, y uno de ellos es el transporte público.

El transporte público no es simplemente un medio de desplazamiento; es una manifestación tangible de la democracia. Al ofrecer a todos los ciudadanos, independientemente de su estatus socioeconómico, la oportunidad de acceder y beneficiarse de un servicio esencial simboliza la igualdad de derechos que nuestra Constitución defiende. Sin embargo, no basta con que este servicio exista; debe ser de alta calidad. Un transporte público de calidad no solo garantiza la movilidad eficiente, sino que también dignifica a sus usuarios, reforzando la noción de igualdad en dignidad.

Es crucial comprender que un sistema de transporte ineficiente o de mala calidad puede, directa o indirectamente, marginar o discriminar a ciertos sectores de la población. Ya sea por rutas inadecuadas, vehículos en mal estado o tarifas inasequibles, la falta de un buen transporte público puede aislar a comunidades, dificultar el acceso a oportunidades y, en última instancia, ir en contra del espíritu de nuestra ley suprema.

Algunos podrían argumentar sobre la viabilidad económica o los desafíos logísticos de mantener un transporte público de calidad. Si bien estos desafíos son reales y deben abordarse, es imperativo recordar que la inversión en un transporte público eficiente es, en esencia, una inversión en la igualdad y dignidad para toda la ciudadanía. Argumentar en contra de un transporte público de calidad es, en muchos sentidos, argumentar en contra de los valores fundamentales que nuestra Constitución defiende.

El transporte público, más allá de su función práctica, es una representación de los ideales democráticos y de igualdad en nuestra sociedad. La necesidad de un transporte público eficiente y de calidad no es solo una cuestión de logística o economía, sino una cuestión de derechos humanos y dignidad, tal como lo establece la Constitución Nacional.

En el marco del presente documento, se plantea como objetivo fundamental el establecer una tarifa técnica que sea económicamente viable, con un límite máximo de 6,000 Gs, al tiempo que se permita la implementación de la propuesta revisada del Sistema Integrado de Transporte Urbano (SITE). Este trabajo de transporte no solo contempla la introducción de autobuses eléctricos de última generación, sino también la incorporación de un avanzado sistema de billeteo electrónico.

2. DELIMITACIÓN

2. DELIMITACIÓN Y ALCANCE

2.1 Ámbito geográfico

El objeto de estudio se centra en la ciudad de Encarnación, y las conexiones con el Área Metropolitana de la misma (San Juan del Paraná, Cambyreta y Capitán Miranda).



Ilustración 1– Área metropolitana de la ciudad de Encarnación, comprendida por el Distrito de San Juan del Paraná, Capitán Miranda y Cambyreta, coordinada por la AMUAME (Asociación de Municipios del Área Metropolitana de Encarnación).

3.

DIAGNÓSTICO

3. DIAGNÓSTICO

3.1 Análisis de la situación actual del transporte público en la ciudad de Encarnación

Se analizaron diversos factores que van desde la infraestructura hasta la percepción de los usuarios para brindar una visión integral del sistema. La información recolectada a través del equipo técnico conformado para acompañar el proceso licitatorio de la Concesión del Sistema de Transporte Público de Pasajeros de la Ciudad de Encarnación SITE, perteneciente a la Municipalidad de Encarnación, indica, en resumen, los siguientes datos:

- 14,000 boletos únicos diarios en promedio, de los cuales se estima un 30% de usuarios abonando medio pasaje;
- 28 unidades de transporte en funcionamiento continuo, las mismas cuentan con diversas antigüedades;
- 147 redondos realizados de lunes a viernes;
- 107 redondos realizados los días sábado;
- 0 redondos realizados los días domingo;
- Estimación de 9,226.22 kilómetros diarios recorridos de lunes a viernes distribuidos en dos grupos: corredor 1 y 2, los cuales cuentan con 16 itinerarios;
- Estimación de 6,715.69 kilómetros diarios recorridos los días sábado distribuidos en 16 itinerarios;
- En promedio, el sistema actual de transporte recorre 63,767.63 km mensuales;
- Precio del pasaje urbano: 4,000 Gs, precio del pasaje hasta capitán Miranda: 5,000 Gs.

3.2 Infraestructura y funcionamiento

- **Unidades en circulación:** Existen 28 unidades de transporte con una antigüedad no menor a 8 años, lo que plantea preocupaciones sobre su eficiencia y estado de mantenimiento.
- **Accesibilidad:** No hay unidades con accesibilidad para personas con movilidad reducida o aire acondicionado.
- **Itinerarios:** Aunque se dispone de 16 itinerarios, no hay un sistema de control que permita conocer el grado de cumplimiento de estos.
- **Tecnología:** La falta de sistemas GPS impide el rastreo en tiempo real de las unidades.
- **Operación:** No hay servicio los domingos, y hay variabilidad en el número de redondos entre días laborables y sábados.

El transporte público en la ciudad se encuentra en una situación preocupante desde el punto de vista de la infraestructura. Con solo 28 unidades en funcionamiento continuo, todas con una antigüedad de no menos de 8 años, surgen interrogantes sobre la eficiencia y el mantenimiento de estos vehículos. Además, ninguna de estas unidades está equipada con aire acondicionado o accesos inclusivos para personas con movilidad reducida, lo que dificulta el uso del servicio para ciertos grupos demográficos.

En cuanto a la operatividad, existe una falta de control sobre los itinerarios, lo que hace imposible evaluar si se están cumpliendo de manera efectiva. Este problema se agrava por la falta de sistemas GPS en los buses, lo cual impide a los usuarios saber la ubicación en tiempo real de las unidades. Adicionalmente, el hecho de que no se ofrezca servicio los domingos limita aún más las opciones de movilidad para los habitantes.

3.3 Uso y percepción del usuario

- **Demanda:** Antes de la pandemia, 21,000 personas utilizaban el transporte público, número que se ha reducido a un promedio de 14,000 pasajes diarios vendidos actualmente entre tarifa completa y medio pasaje.
- **Tiempo de espera:** Un gran porcentaje de usuarios espera más de 40 minutos para abordar el transporte.
- **Calidad percibida:** La frecuencia del servicio es el aspecto más criticado, seguido de la comodidad y limpieza.

- **Motivo de movilidad:** La mayoría de los usuarios son empleados en servicios y trabajos domésticos, seguido por estudiantes.

La demanda de transporte público ha experimentado un descenso durante la pandemia, pasando de 21,000 usuarios diarios prepandemia a aproximadamente 14,000 actualmente. Este declive podría estar relacionado con múltiples factores, incluidos los extensos tiempos de espera, que en muchos casos superan los 40 minutos. En términos de percepción de calidad, la frecuencia del servicio es el aspecto que más críticas recibe, seguido por las condiciones de limpieza y comodidad en las unidades.

En cuanto a los motivos de movilidad, los empleados en el sector de servicios y trabajos domésticos conforman el grupo más grande de usuarios, lo que indica que la demanda podría estar fuertemente influenciada por la necesidad más que por la elección.

3.4 Economía y eficiencia

- **Costo para el usuario:** El transporte público es significativamente más económico comparado con el uso de vehículos particulares.
- **Cambio de modalidad:** Un 65% de las personas estaría dispuesto a usar el transporte público si esta mejora en eficiencia y comodidad.

El uso del transporte público representa un ahorro significativo para las familias en comparación con el uso de vehículos particulares. Esto se refuerza con datos de la encuesta OD (Ishibashi, Benitez, & Estudiantes Arquitectura UCI, 2022), que muestran que un 65% de los encuestados estaría dispuesto a cambiar su movilidad en vehículos particulares a transporte público si se mejoran ciertos aspectos como eficiencia, comodidad y precio.

3.5 Consideraciones futuras

La congestión vehicular es un problema emergente que tendrá un impacto negativo tanto en la eficiencia del transporte público como en la economía local. A medida que más personas optan por vehículos personales, se genera una mayor demanda en servicios municipales como el mantenimiento de carreteras, lo cual podría resultar en un aumento de impuestos y costos indirectos para los ciudadanos.

El sistema de transporte público enfrenta serios desafíos relacionados con la infraestructura obsoleta, la falta de accesibilidad y tecnología, y la percepción negativa de los usuarios. Sin embargo, también presenta una oportunidad significativa para la mejora y una predisposición por parte de los usuarios a adoptar el transporte público como su principal medio de movilidad si se realizan las mejoras necesarias.

3.6 Itinerarios actuales

Los itinerarios corresponden a lo recabado según las ordenanzas municipales vigentes para el sistema actual. Sin embargo, actualmente se desconoce la cobertura real. Las líneas azules corresponden a los itinerarios de salida y las líneas rojas a los itinerarios de retorno.

3.6.1 Corredor 1

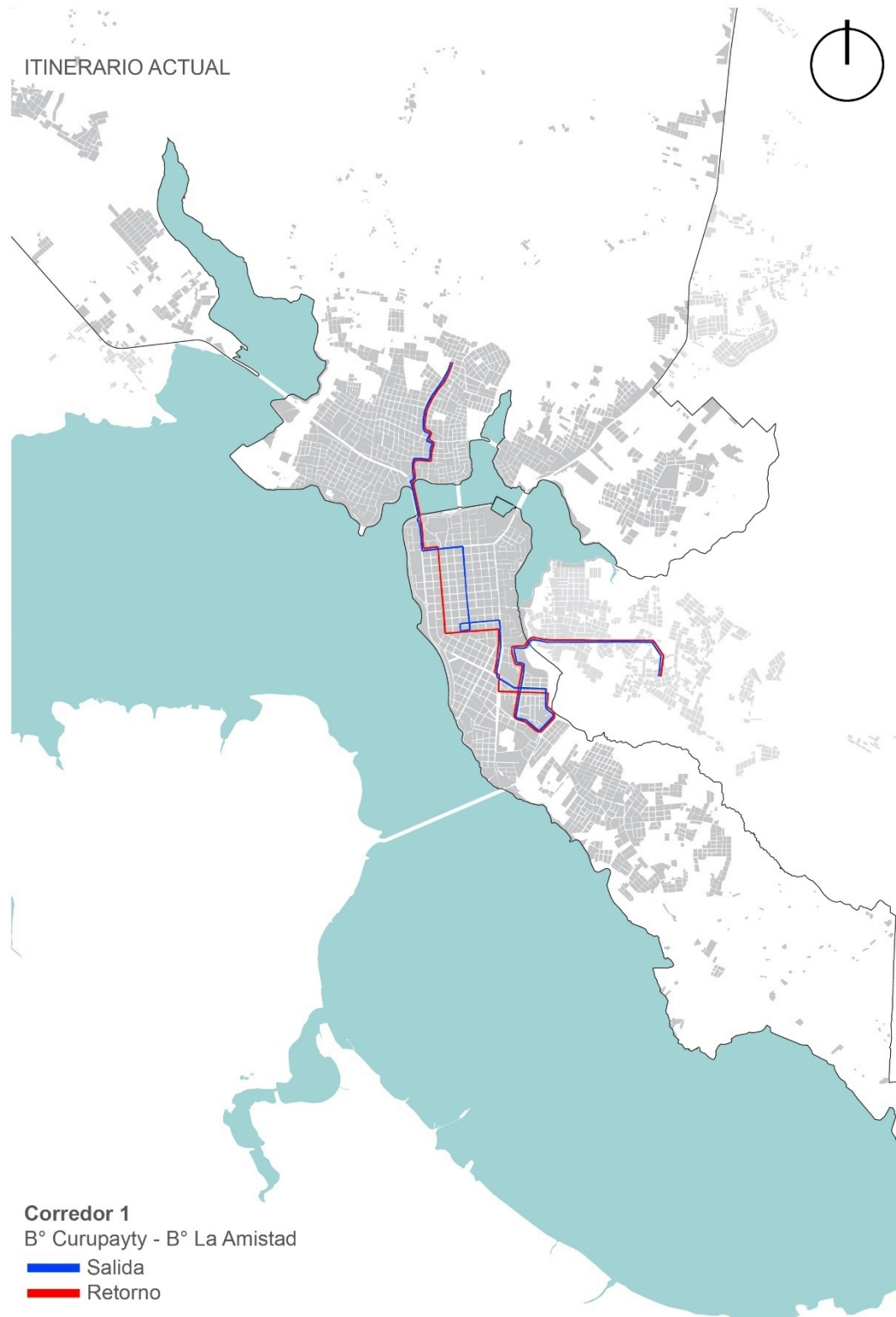


Ilustración 2- Itinerario Corredor 1: B° Curupayty – Circuito - B° La Amistad

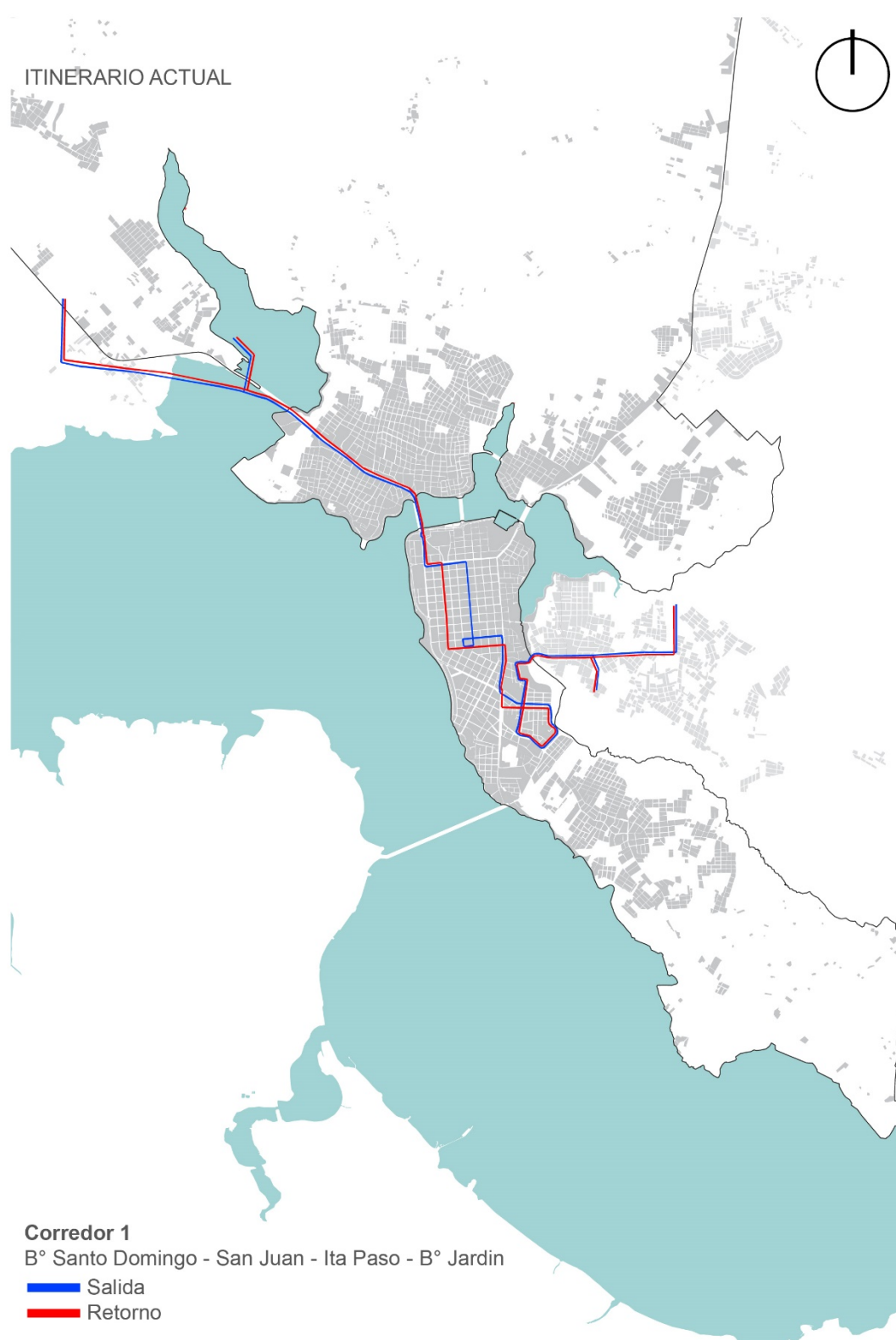


Ilustración 3– Itinerario Corredor 1: B° Santo Domingo - San Juan del Paraná - Ita Paso - B° Jardín

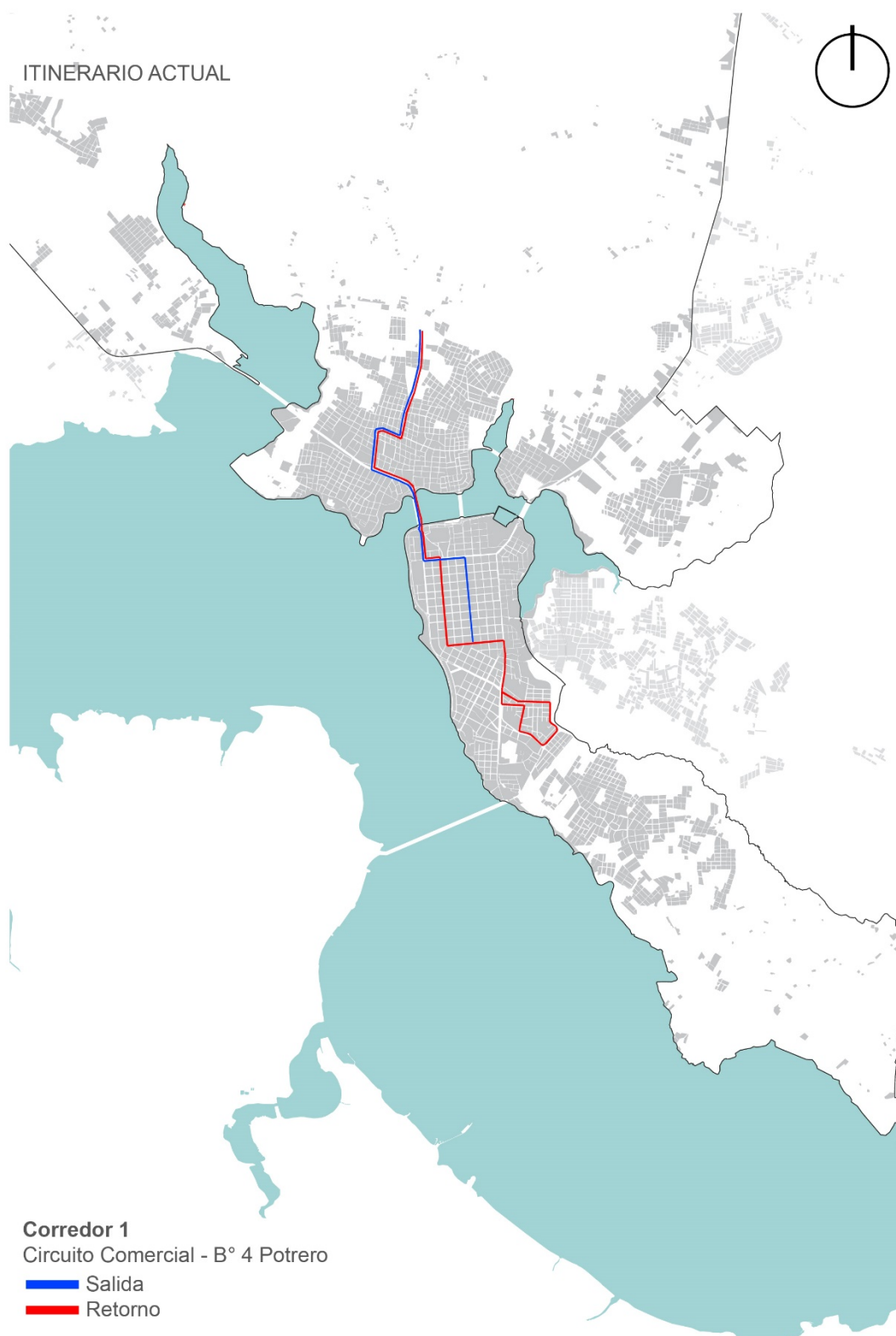


Ilustración 4 – Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° 4 Potrero

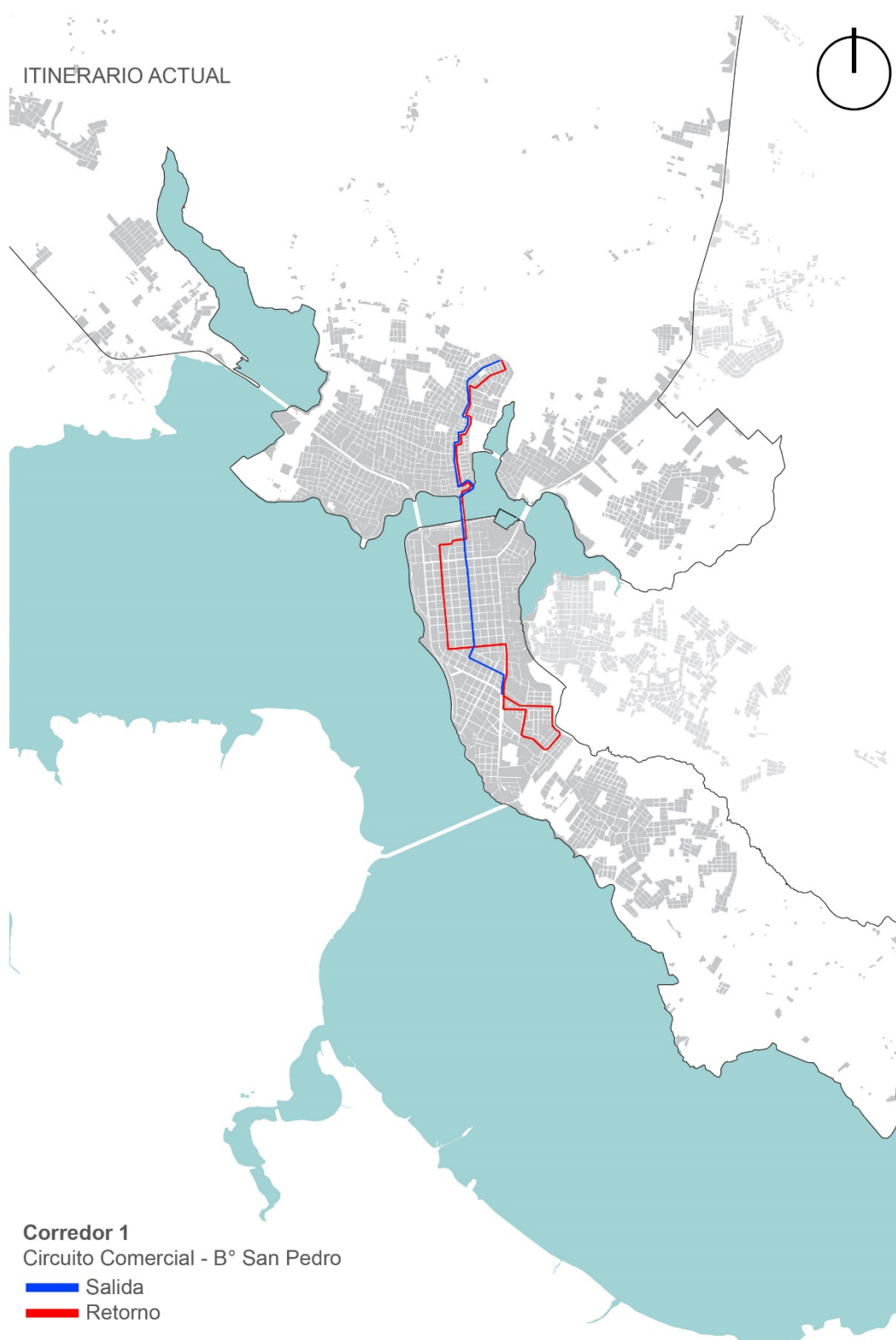


Ilustración 5- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° San Pedro Etapas I, II, III, IV y V

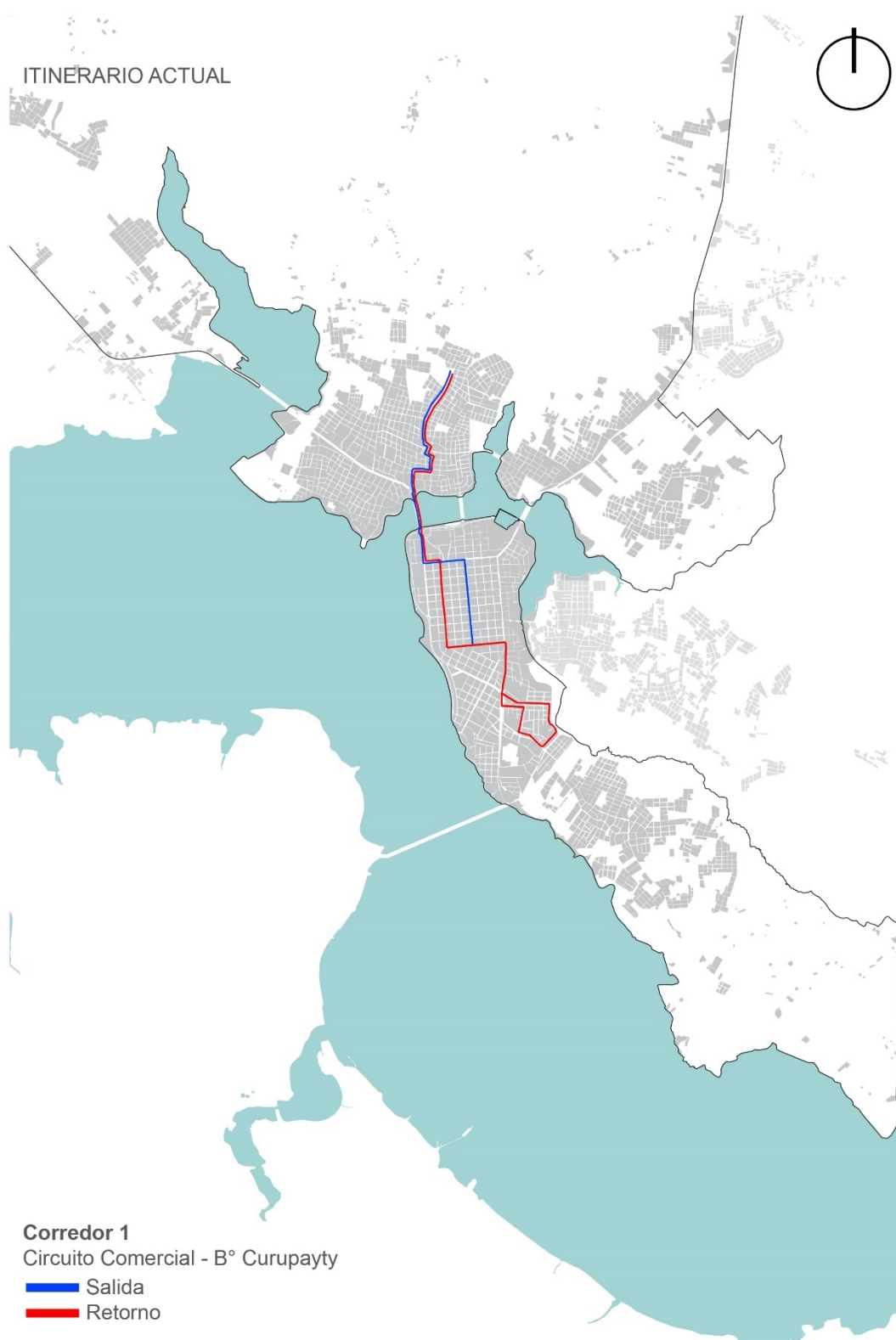


Ilustración 6- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° Curupayty

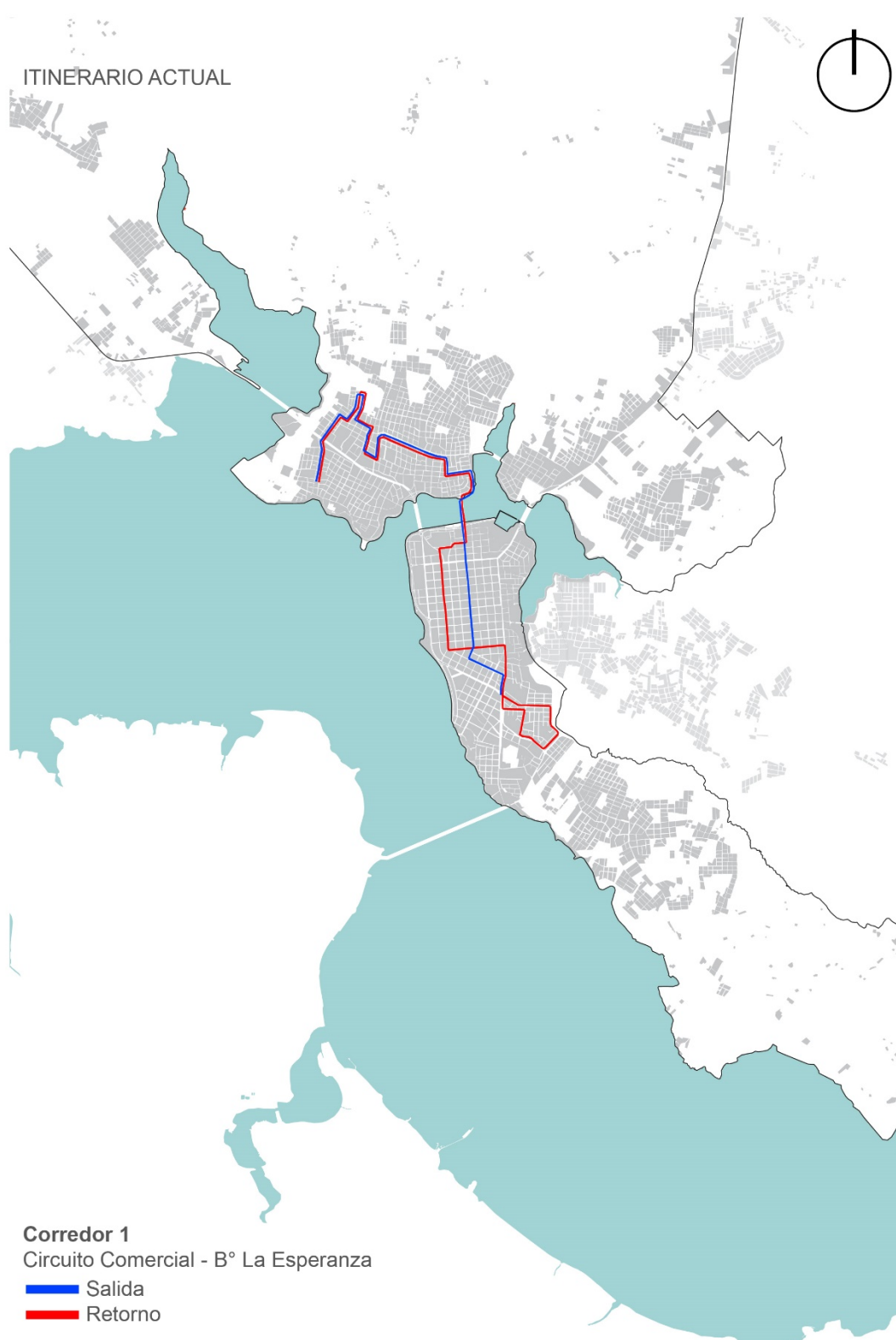


Ilustración 7- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° La Esperanza

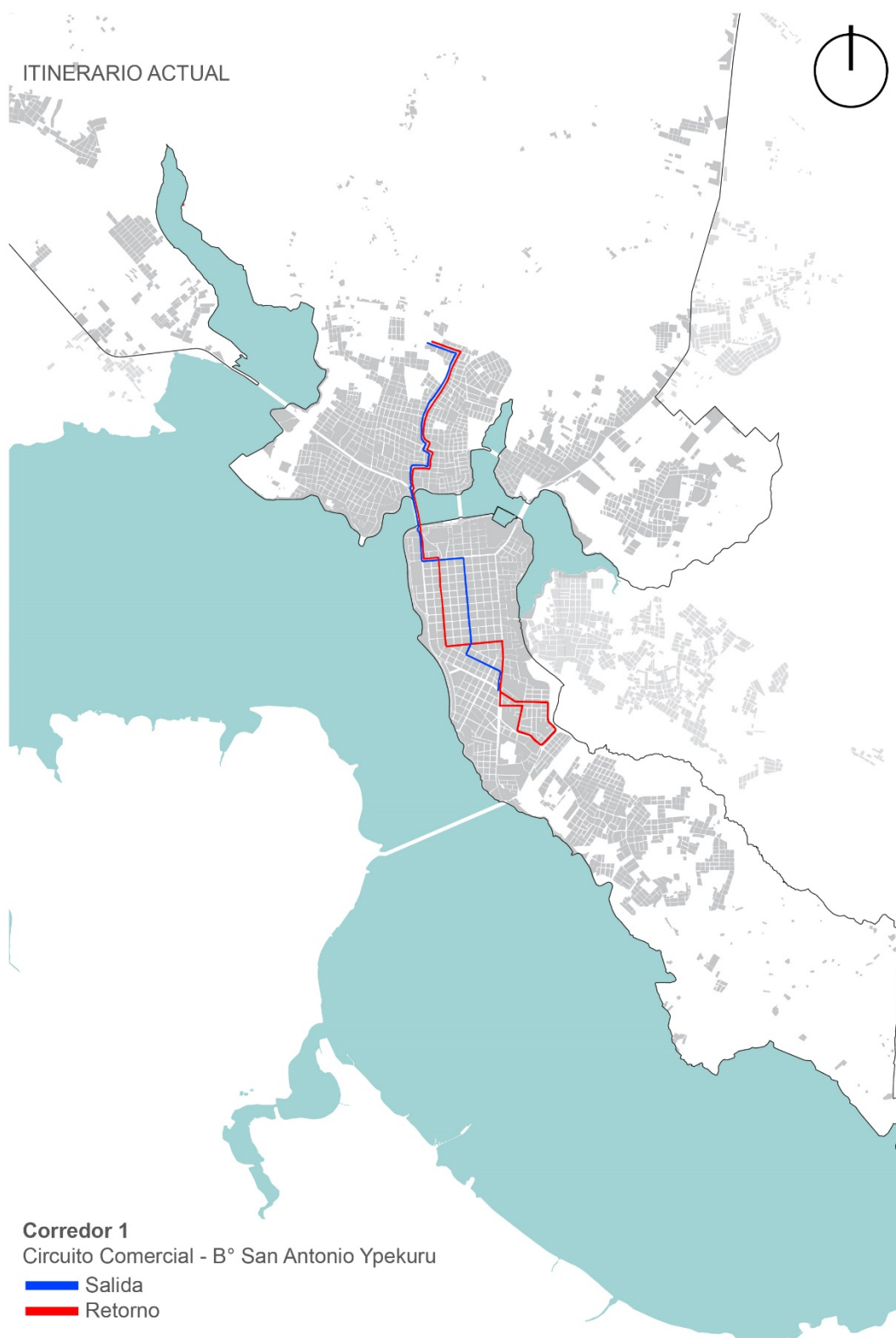


Ilustración 8- Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - B° San Antonio Ypekuru

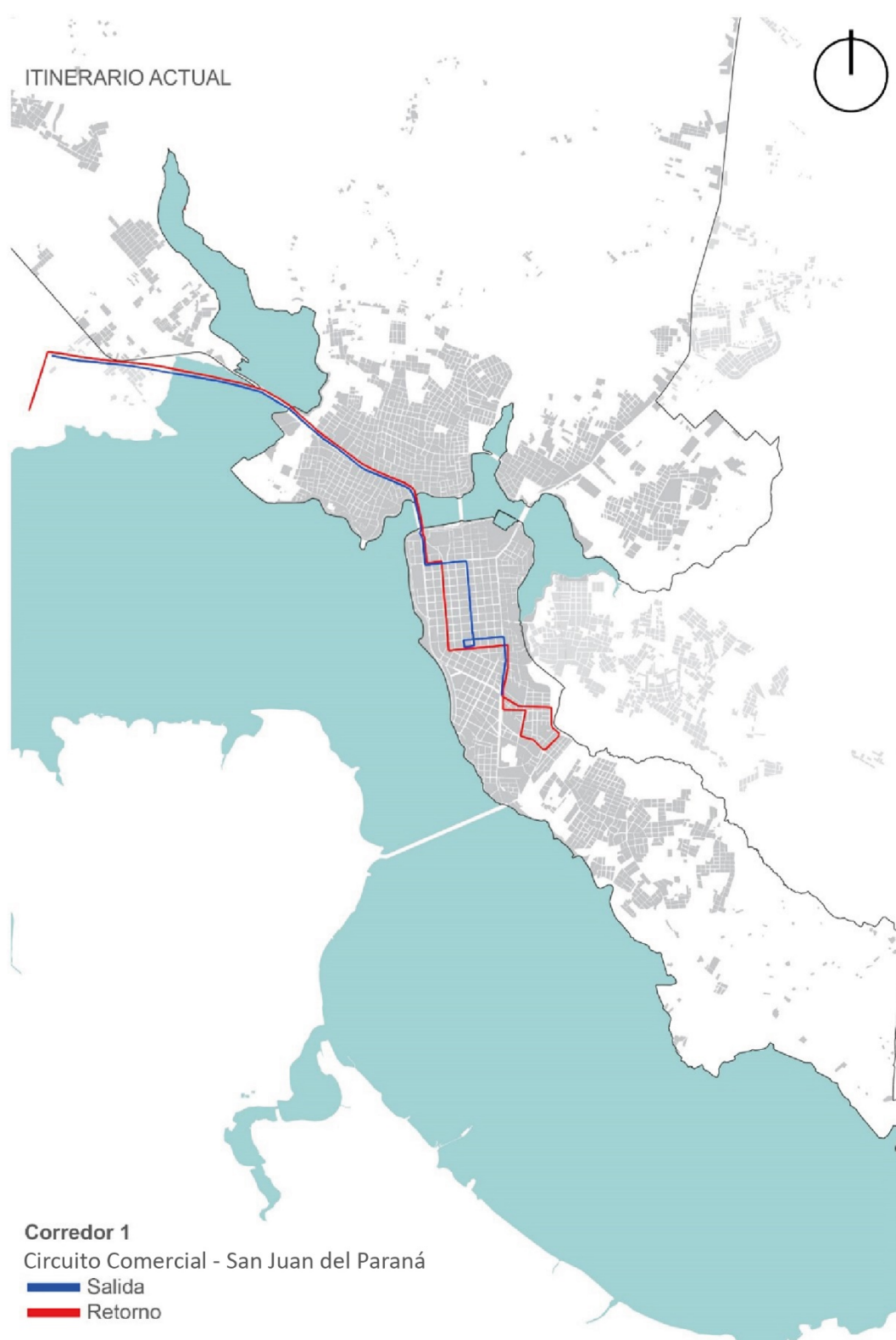


Ilustración 9 - Itinerario Corredor 1: Circuito Comercial - San Juan Del Paraná

3.6.2 Corredor 2

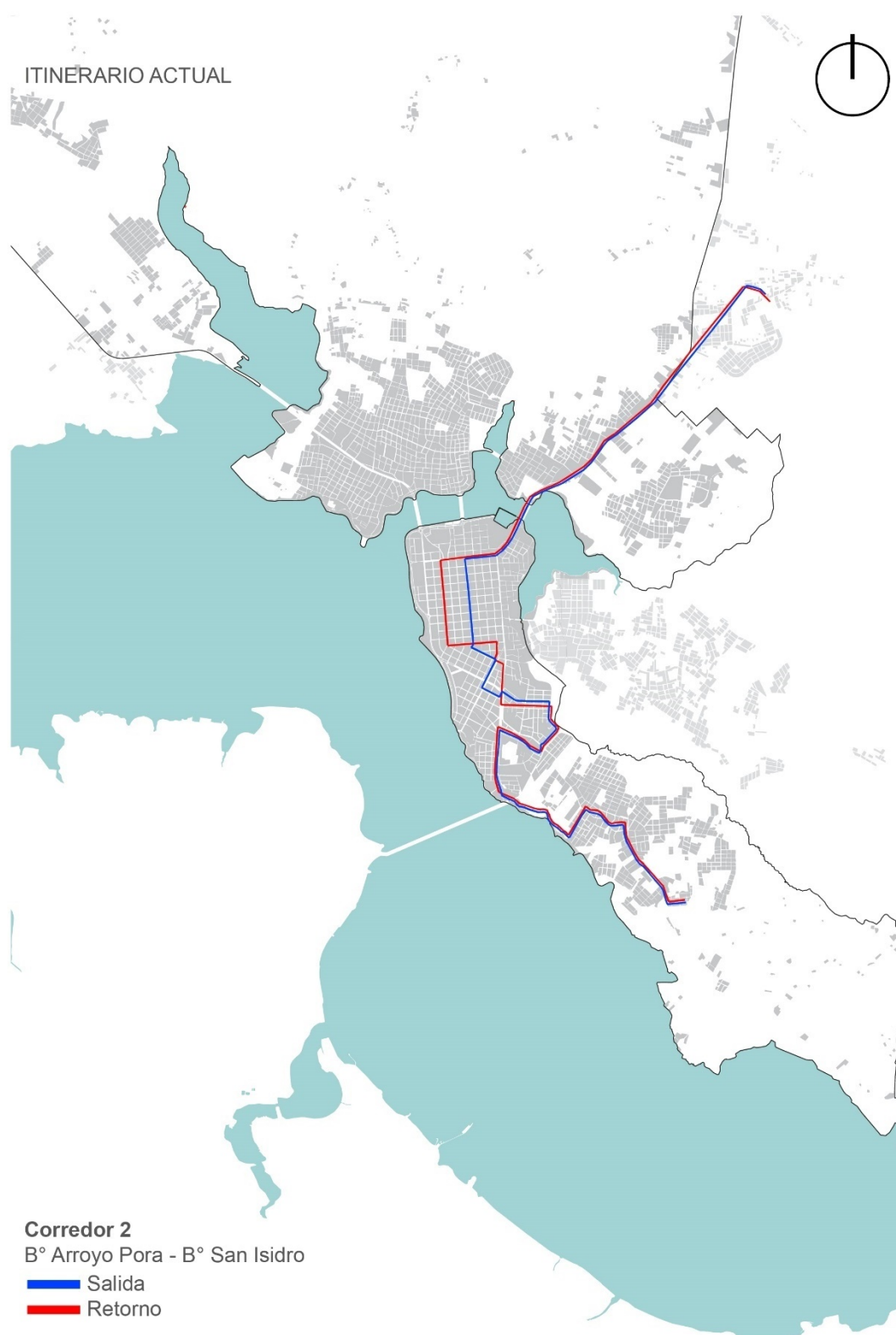


Ilustración 10- Itinerario Corredor 2: B° Arroyo Porã - B° San Isidro

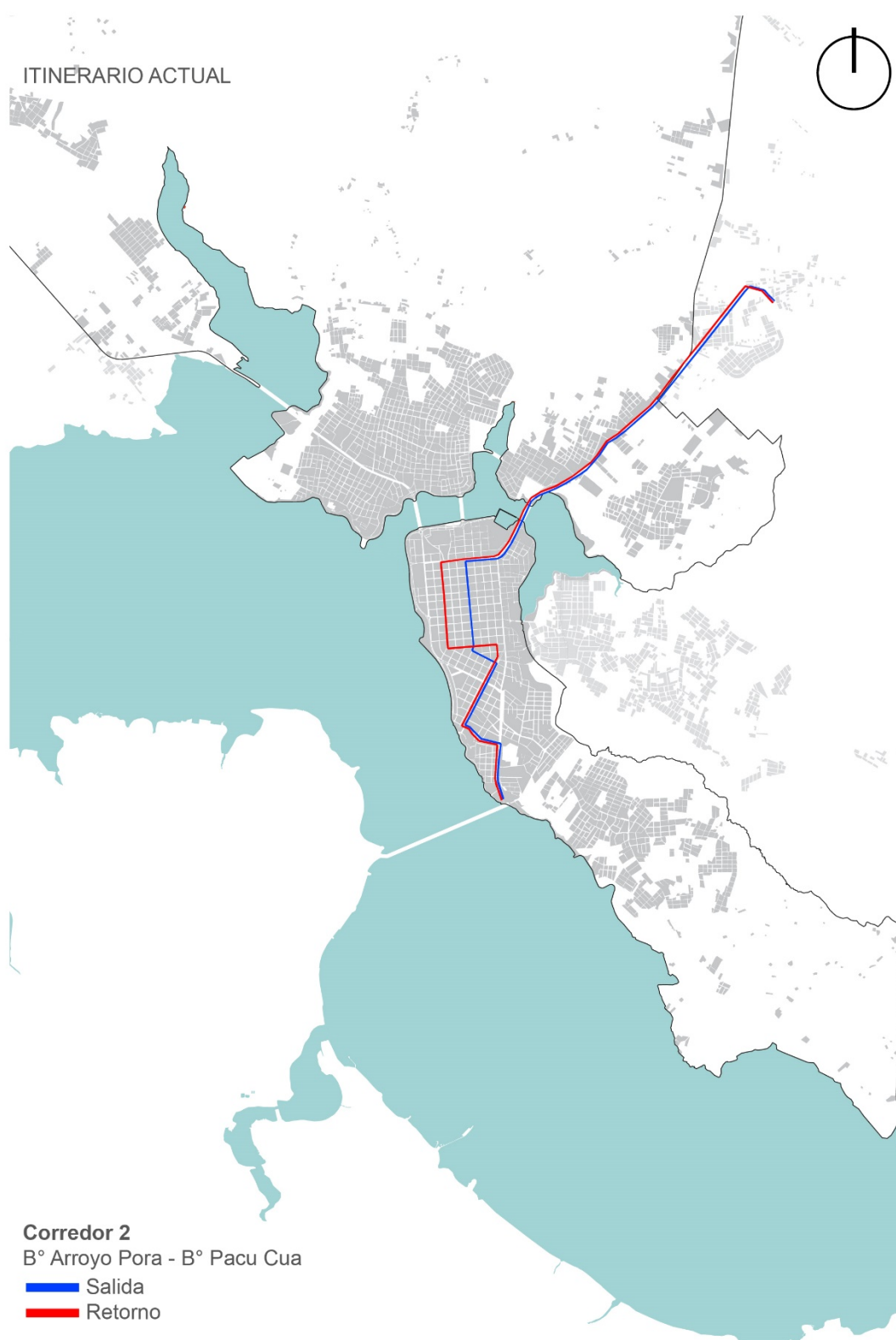


Ilustración 11- Itinerario Corredor 2: Arroyo Porã - B° Pacú Cuá

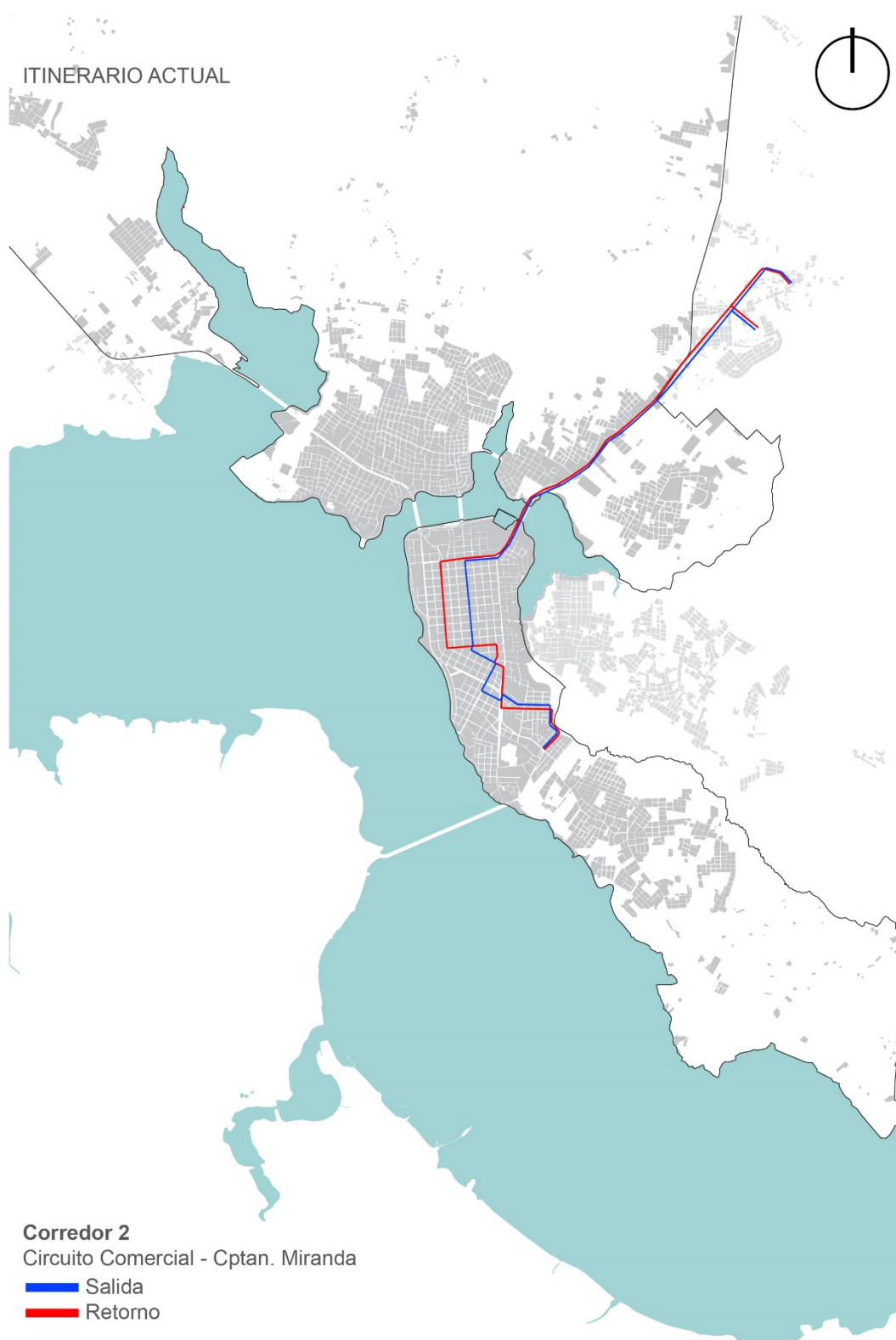


Ilustración 12- Itinerario Corredor 2: Circuito Comercial - Capitán Miranda

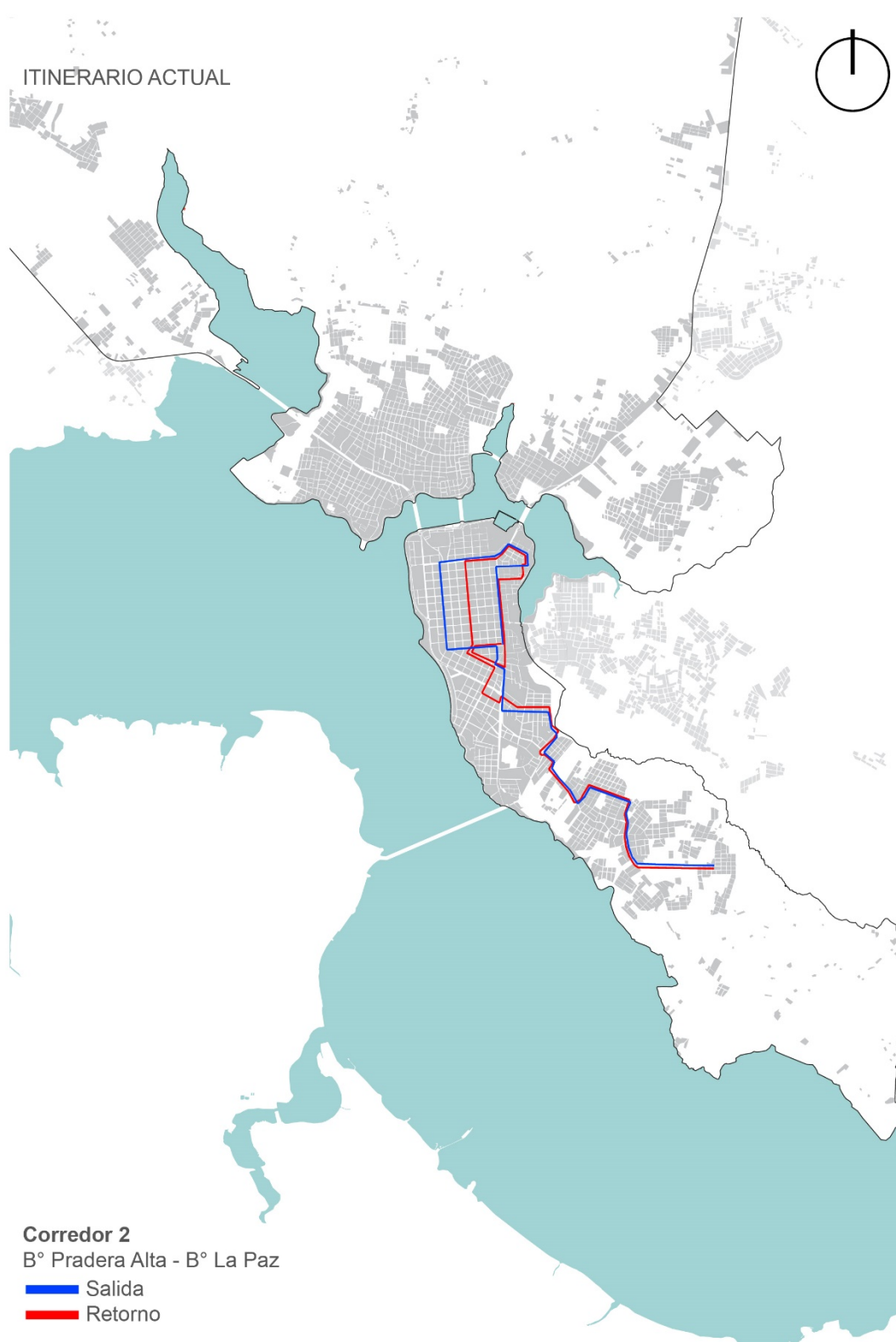


Ilustración 13- Itinerario Corredor 2: Pradera Alta - B° La Paz

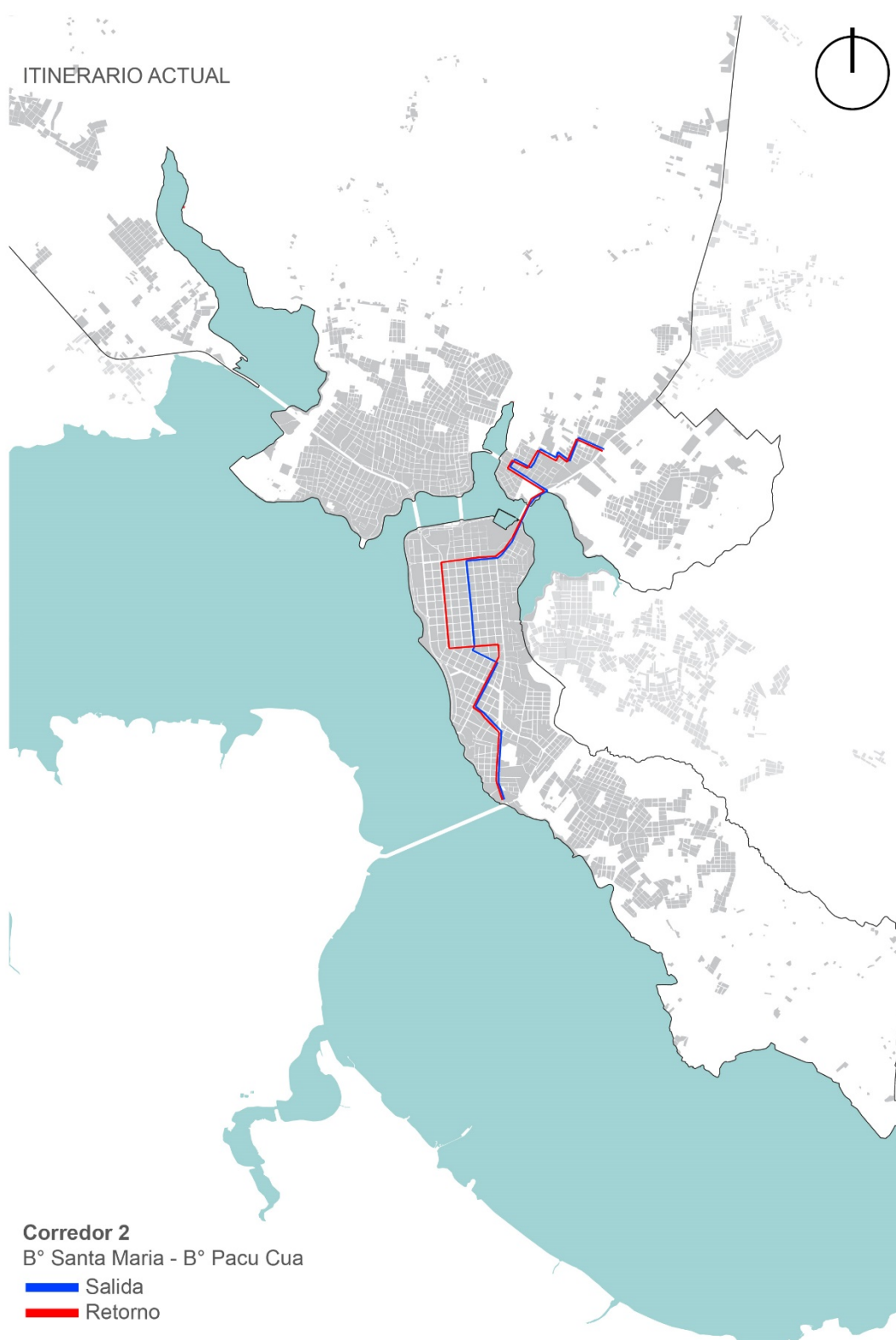


Ilustración 14- Itinerario Corredor 2: B° Santa María - B° Pacú Cuá

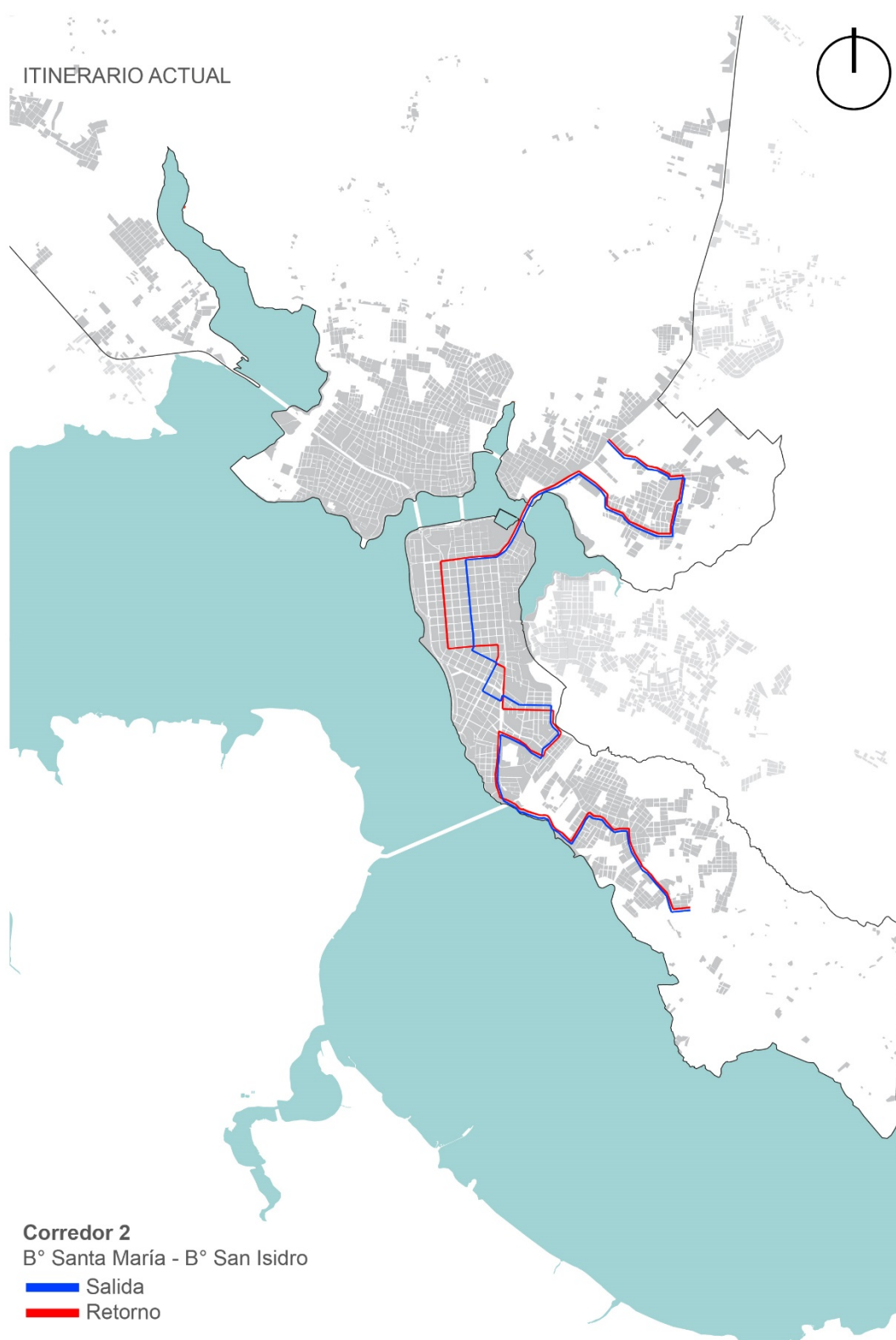


Ilustración 15- Itinerario Corredor 2: B° San Isidro - B° Santa María - Viviendas Yacyreta

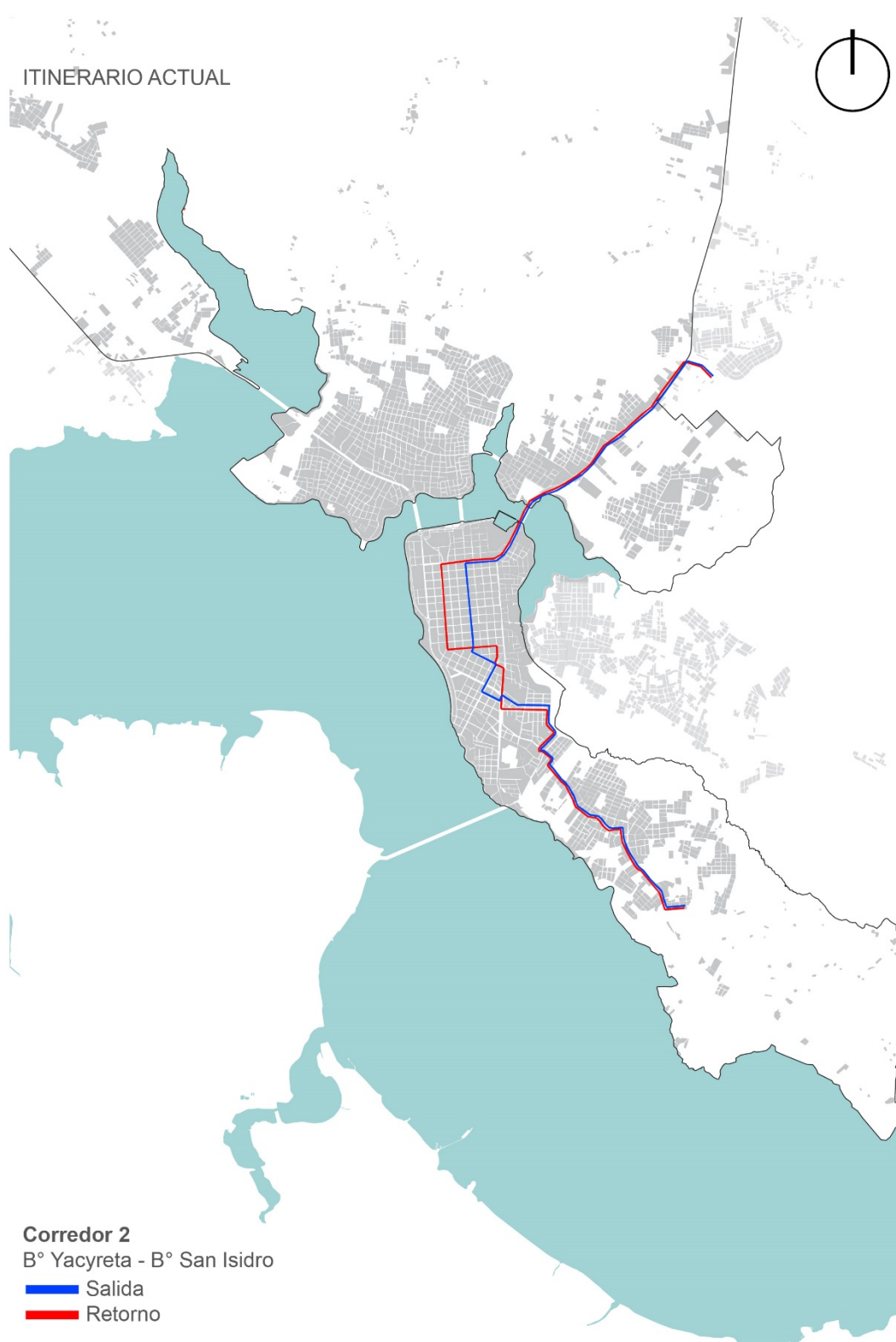


Ilustración 16- Itinerario Corredor 2: Viviendas Yacyreta - B° San Isidro

3.6.3 Demanda del sistema de transporte público y patrones de movilidad

En el documento Entregable 1 del proyecto de extensión denominado “Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación – SITE” realizados por la carrera de Arquitectura de la Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” – Campus Itapúa en el año 2022, ya establecen los parámetros de demanda y los patrones de comportamiento de la población, tanto en el uso del transporte público como vehículos particulares y alternativas de movilidad, por tanto, se usaron sus datos y no se ahondó en el desarrollo del mismo.

4.

VARIABLES DEL SISTEMA

4. VARIABLES CONTEMPLADAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

4.1 Itinerarios utilizados

Todos los itinerarios mostrados a continuación y utilizados para la definición de los resultados de este estudio técnico son los presentados por la Universidad Católica Campus Itapúa en el documento Entregable 2 – “Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación – SITE”. Este sistema permite que la mayoría de la población urbana se encuentren a 300 metros o menos de una ruta de transporte.

Esta propuesta estructura los itinerarios del transporte público en dos grandes grupos, noroeste y sureste, y tres categorías distintas pero complementarias: rutas troncales, ramales y circulares. La segmentación en estas tres categorías permite una distribución más eficiente y efectiva de los recursos existentes, así como de aquellos que se planean adquirir en el futuro. Este enfoque estratégico no sólo optimiza el uso de la flota vehicular y la asignación del personal, sino que también mejora significativamente la calidad y alcance del servicio ofrecido al público. Con esto, aspiramos a lograr un sistema de transporte público más accesible, fiable y sostenible, que responda de manera más precisa a las diversas necesidades de movilidad de la comunidad de Encarnación.



Ilustración 17- Itinerario completo del SITE ajustado. Pág. 35 Entregable 2 - Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación – SITE (Ishibashi, Benítez, & UCI, 2022)

Cada itinerario comprende una cobertura estimada de viviendas servidas, y en algunos casos a detallar, esta cobertura es ampliada en horarios pico según la demanda estimada por los resultados de la encuesta. Esto también significa un aumento en el kilometraje recorrido por los buses en cada redondo.

El grupo 1 o Noroeste estaría compuesto del itinerario troncal Ruta 1, sirviendo la misma a 9,083 viviendas y recorriendo 19.51 km en cada redondo, y conectando a:

Mientras que el grupo 2 o Sureste cuenta con el troncal Ruta 6, sirviendo a 4,574 viviendas y recorriendo 16.42 km en cada redondo, el cual en itinerario ampliado en hora pico, sirve a 5,821 viviendas y recorre 23.26 km; y conectando a:

	RECORRIDO	SECTOR	VIVIENDAS SERVIDAS	KM
1	Ramal	San Isidro	1,981	10.03 km
2	Ramal	Capitán Miranda	736	19.68 km
3	Circular	Santa María, Santa María 3 y Chaipe	1,408	11.51 km
		* En itinerario ampliado en hora pico, podría servir a	1,994	16.31 km
4	Circular	Arroyo Porã	2,197	8.24 km
		* En itinerario ampliado cruza al barrio Santa María Santillán en hora pico, podría servir a	2,859	11.39 km
5	Tronco Ramal	Pacú Cuá	3,5	15.61 km
6	Tronco Ramal	San Isidro	2,574	20.21 km
7	Circulares y ramales	Cambyreta	3,881	27.09 km

Tabla 1- Ramales, circulares y tronco ramales por sector, viviendas servidas y kilometrajes.

Todas las imágenes mostradas en los apartados Grupo Noroeste y Sureste corresponden al documento Entregable 2 – “Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación – SITE”.

4.1.1 Grupo 1- Noroeste

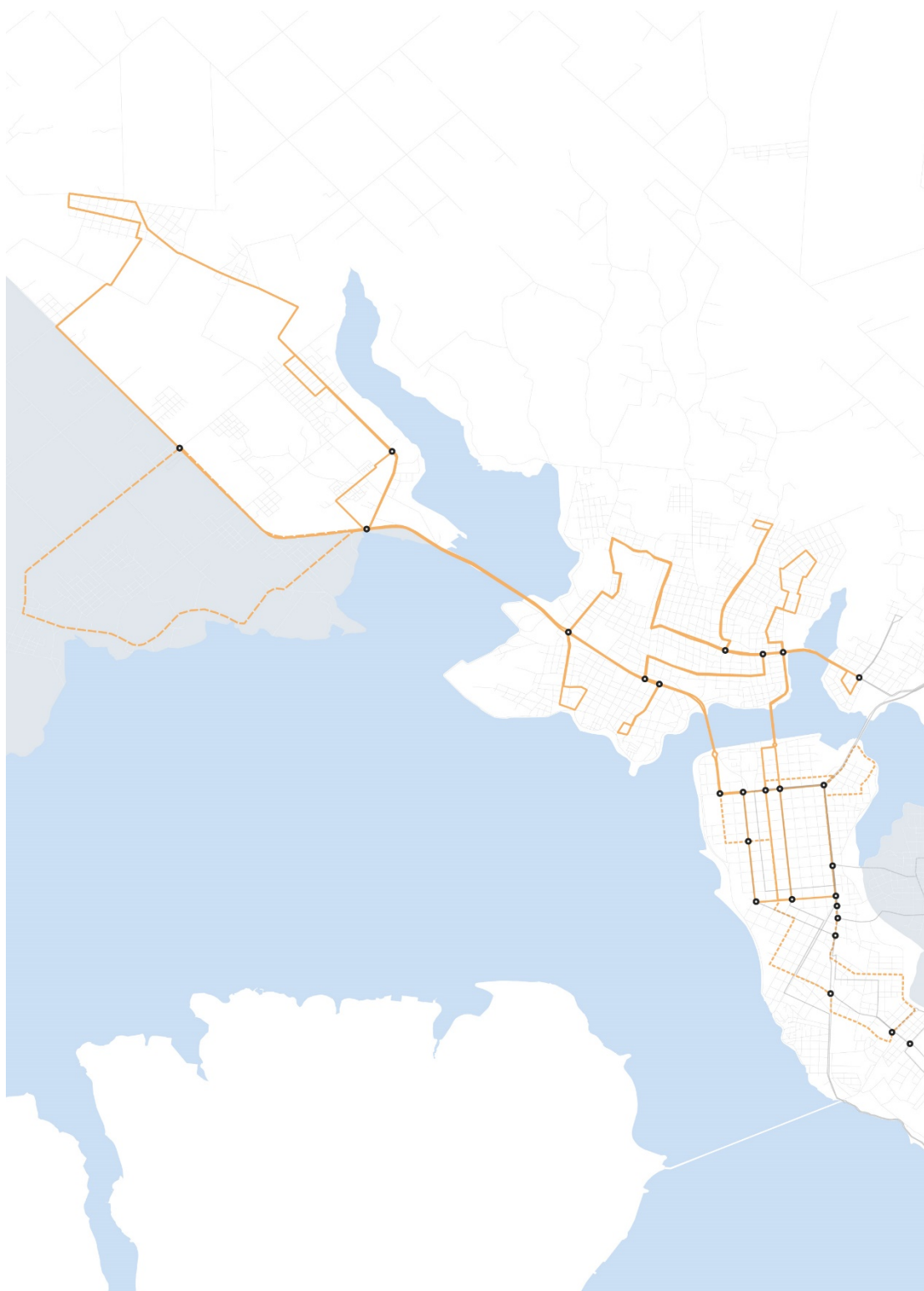


Ilustración 18- Grupo 1 - Noroeste. Pág. 57 Entregable 2 - Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación – SITE (Ishibashi, Benítez, & Estudiantes Arquitectura UCI, 2022)

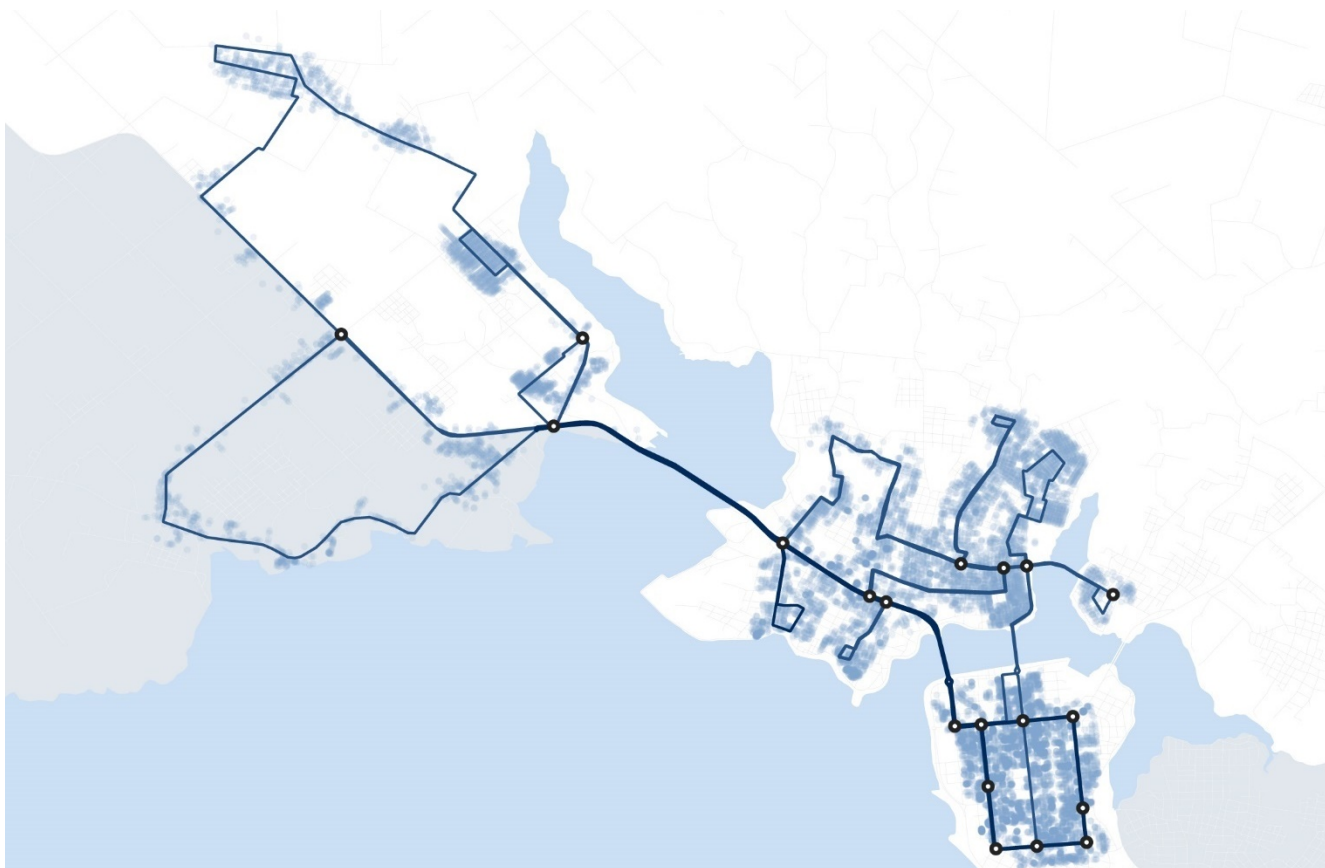


Ilustración 19- Troncal ruta 1, circular península y conexiones

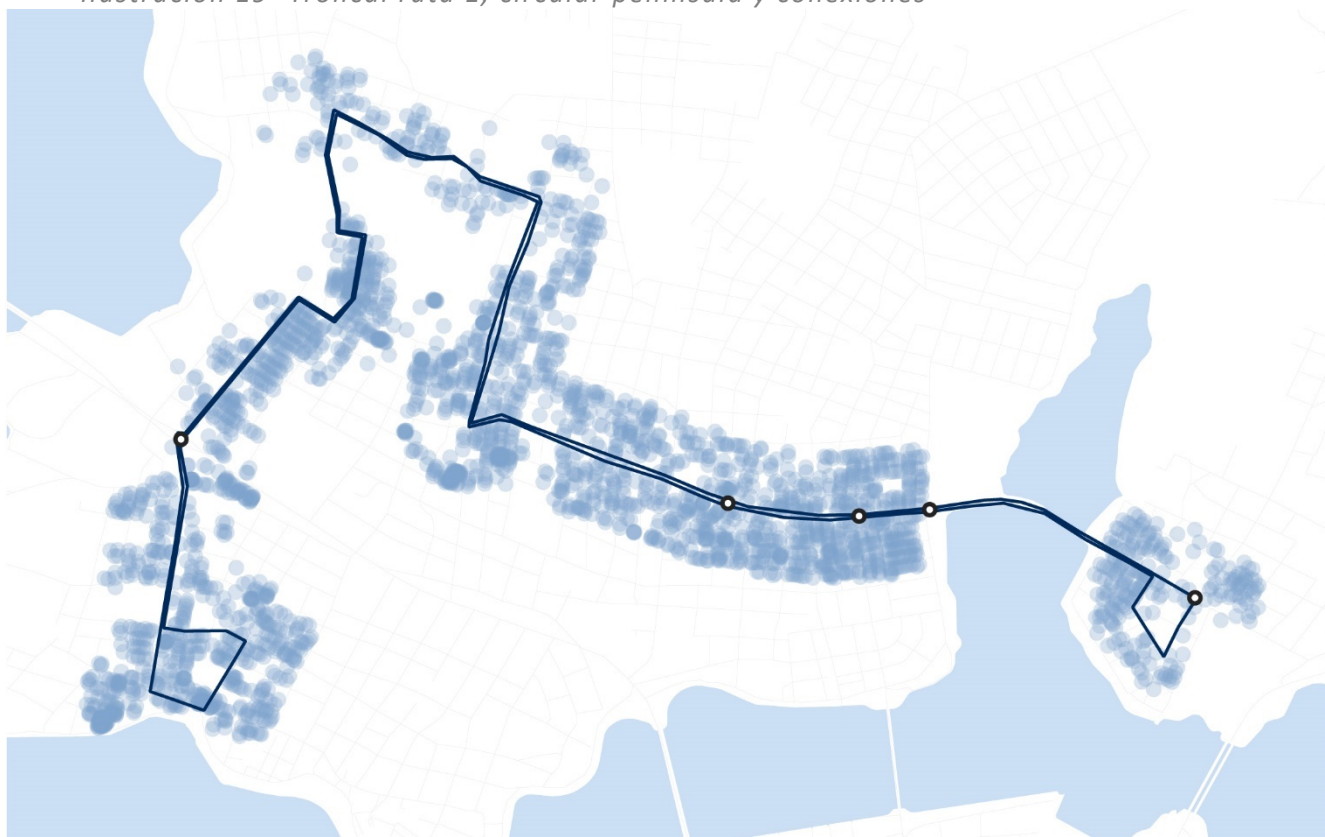


Ilustración 20- Ramal Santa María / María Auxiliadora

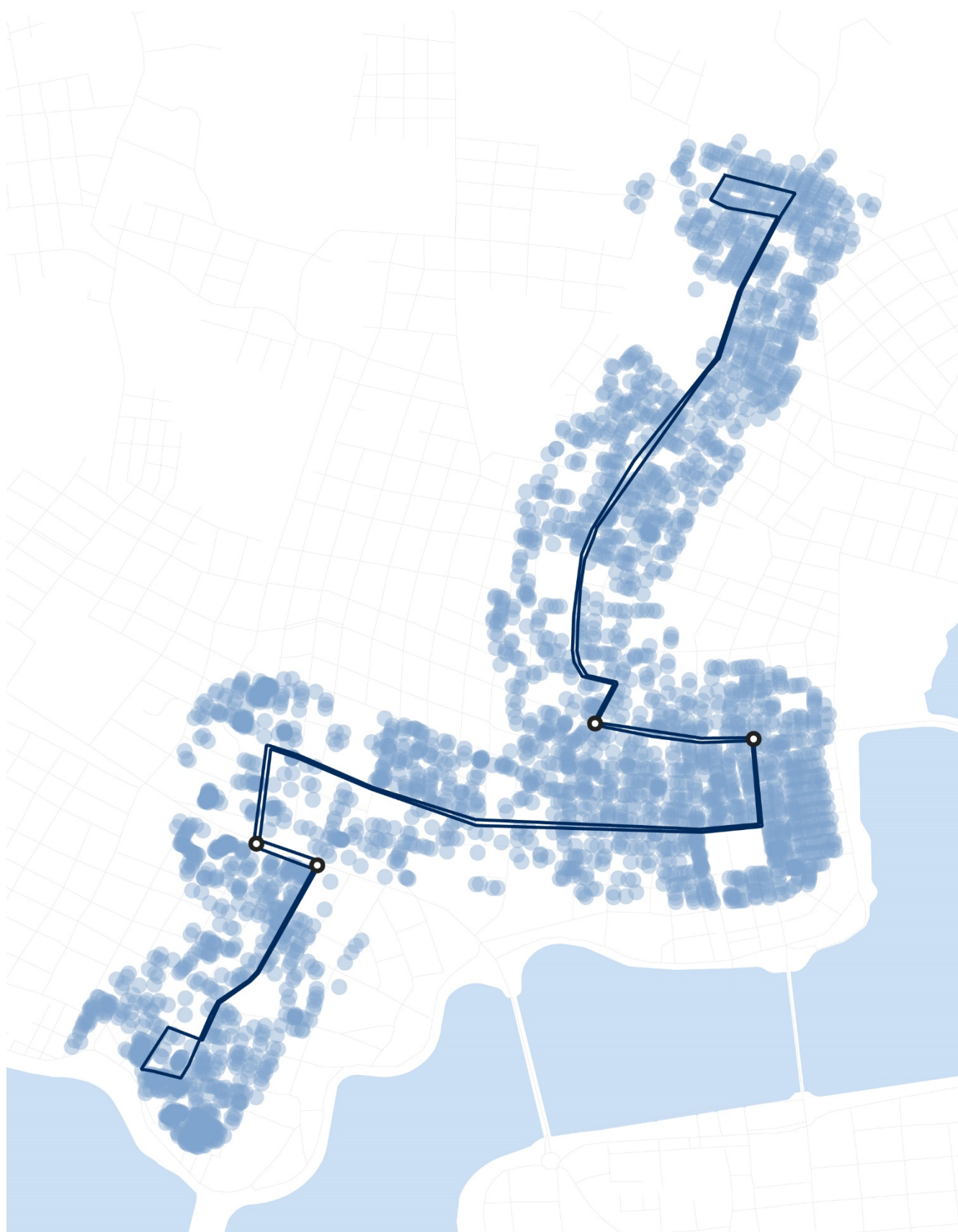


Ilustración 21- Ramal Curupayty

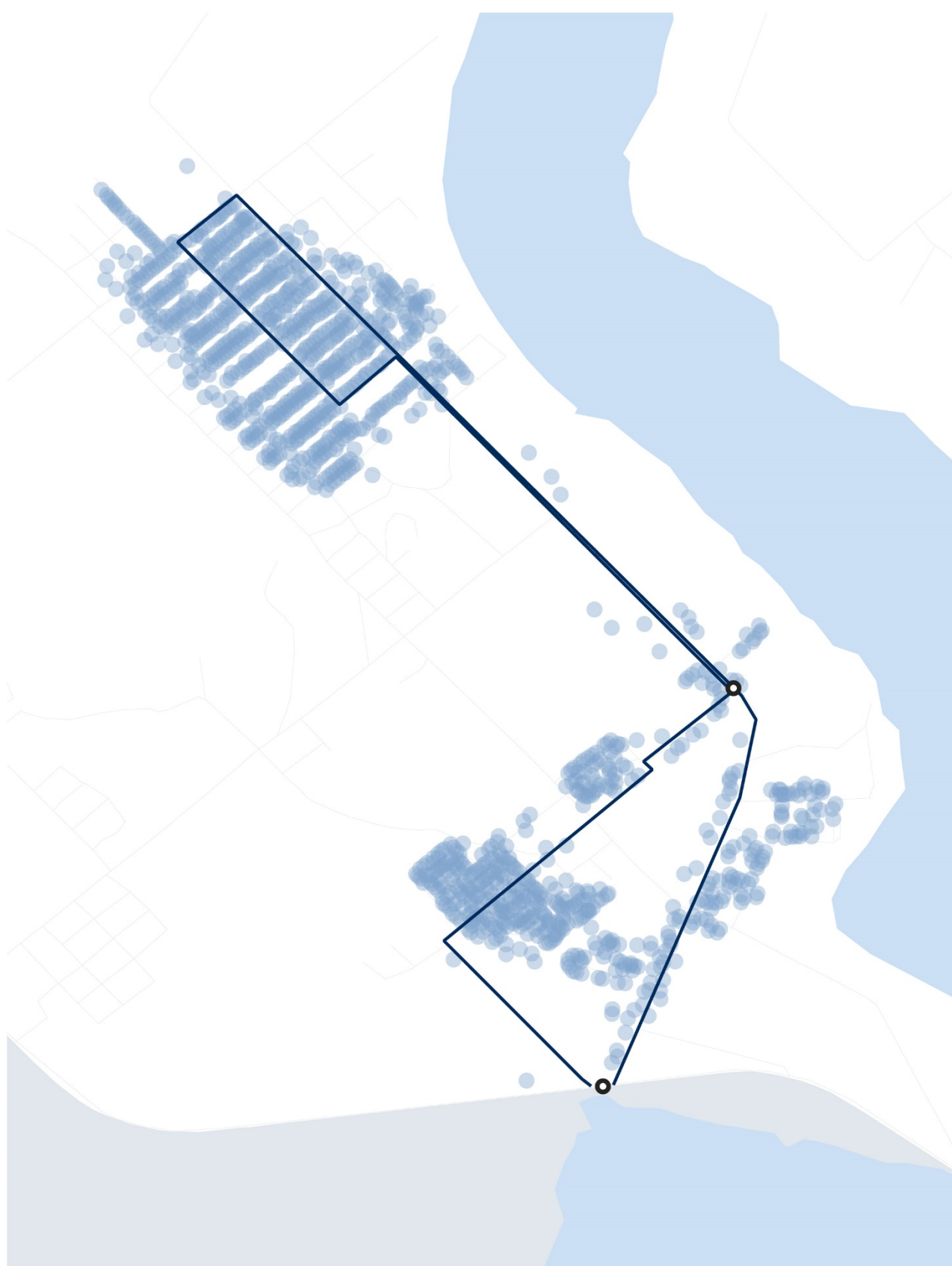


Ilustración 22- Circular Itá Paso



Ilustración 23- circular Santo Domingo

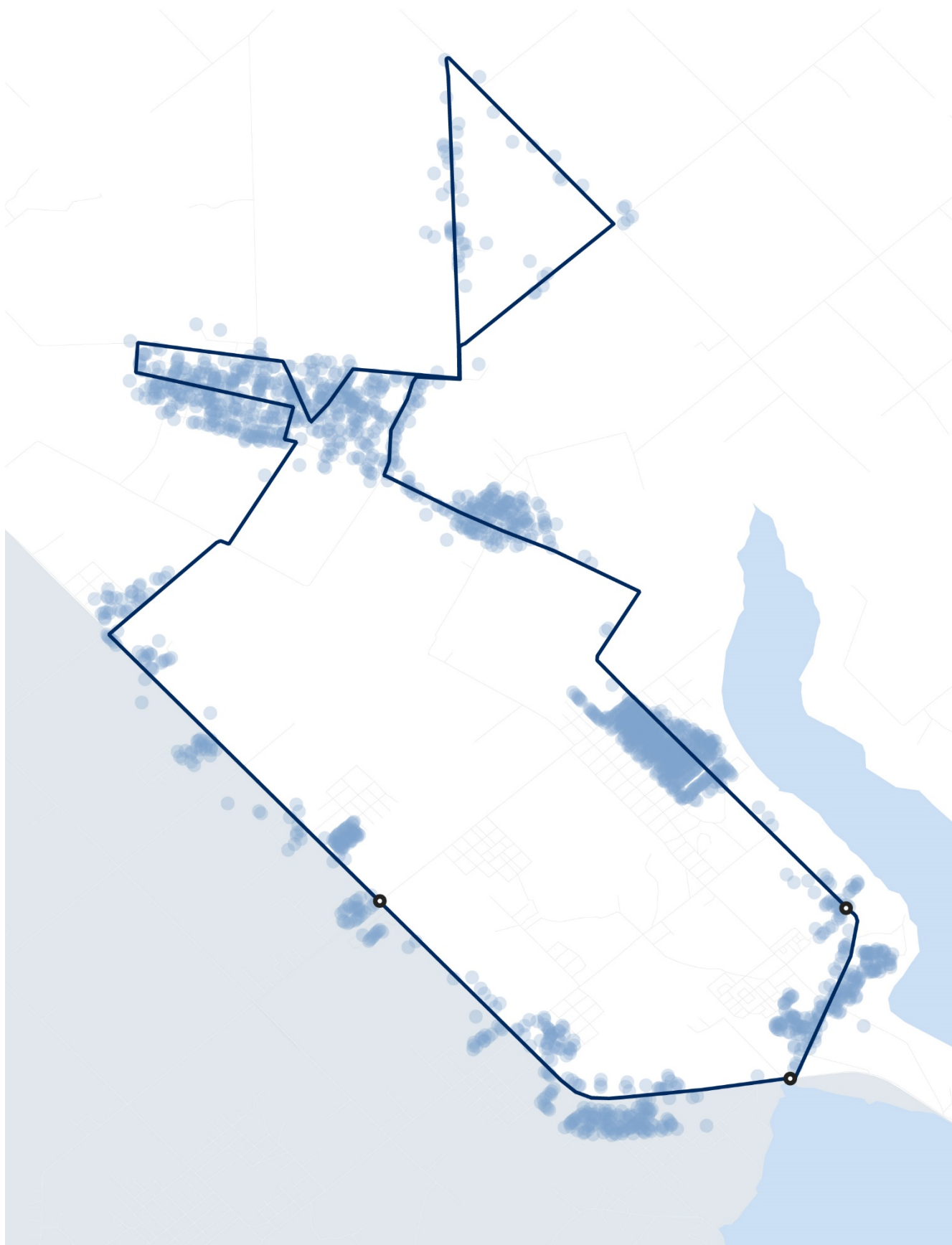


Ilustración 24- Circular Santo Domingo ampliado

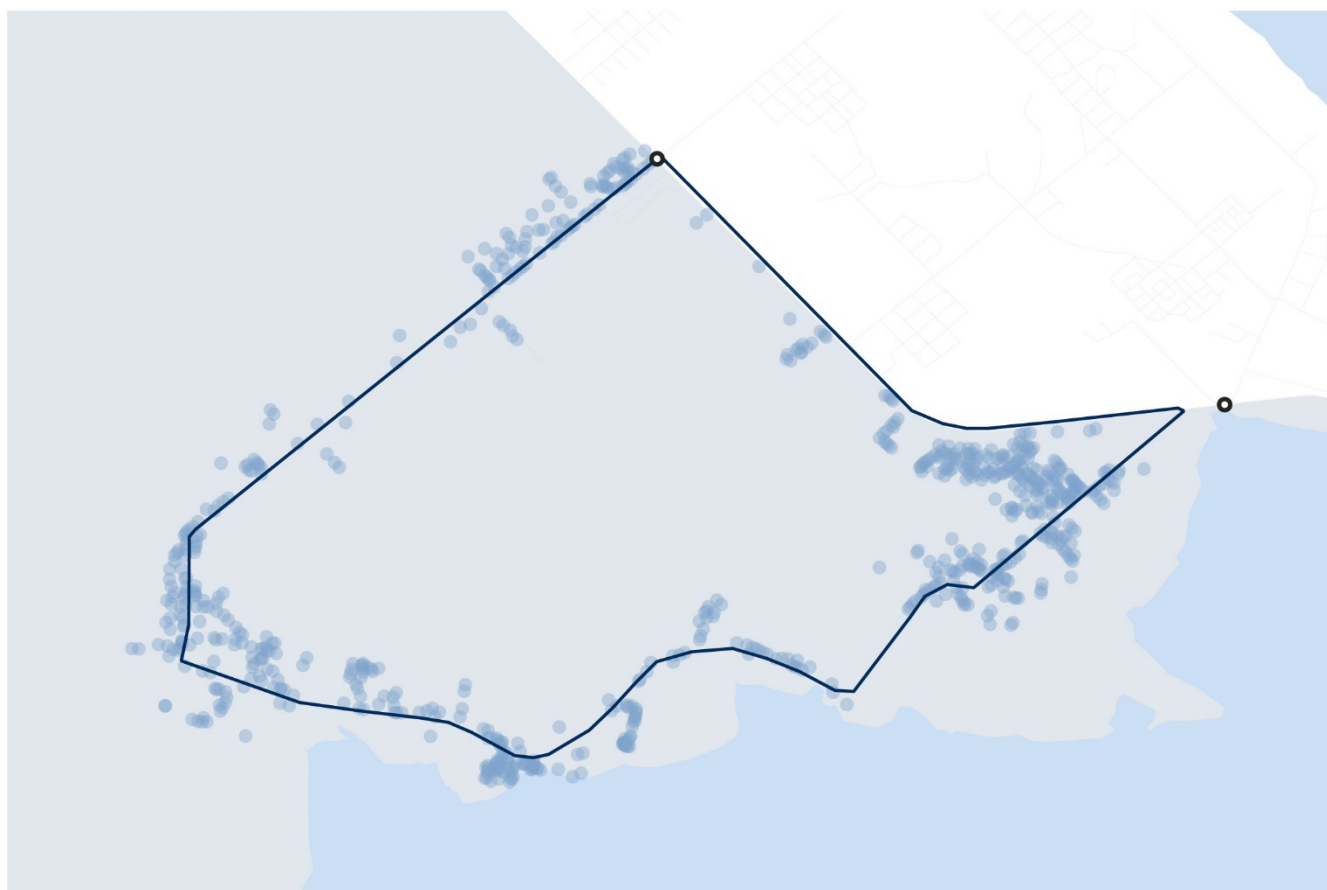


Ilustración 25- Circular San Juan del Paraná

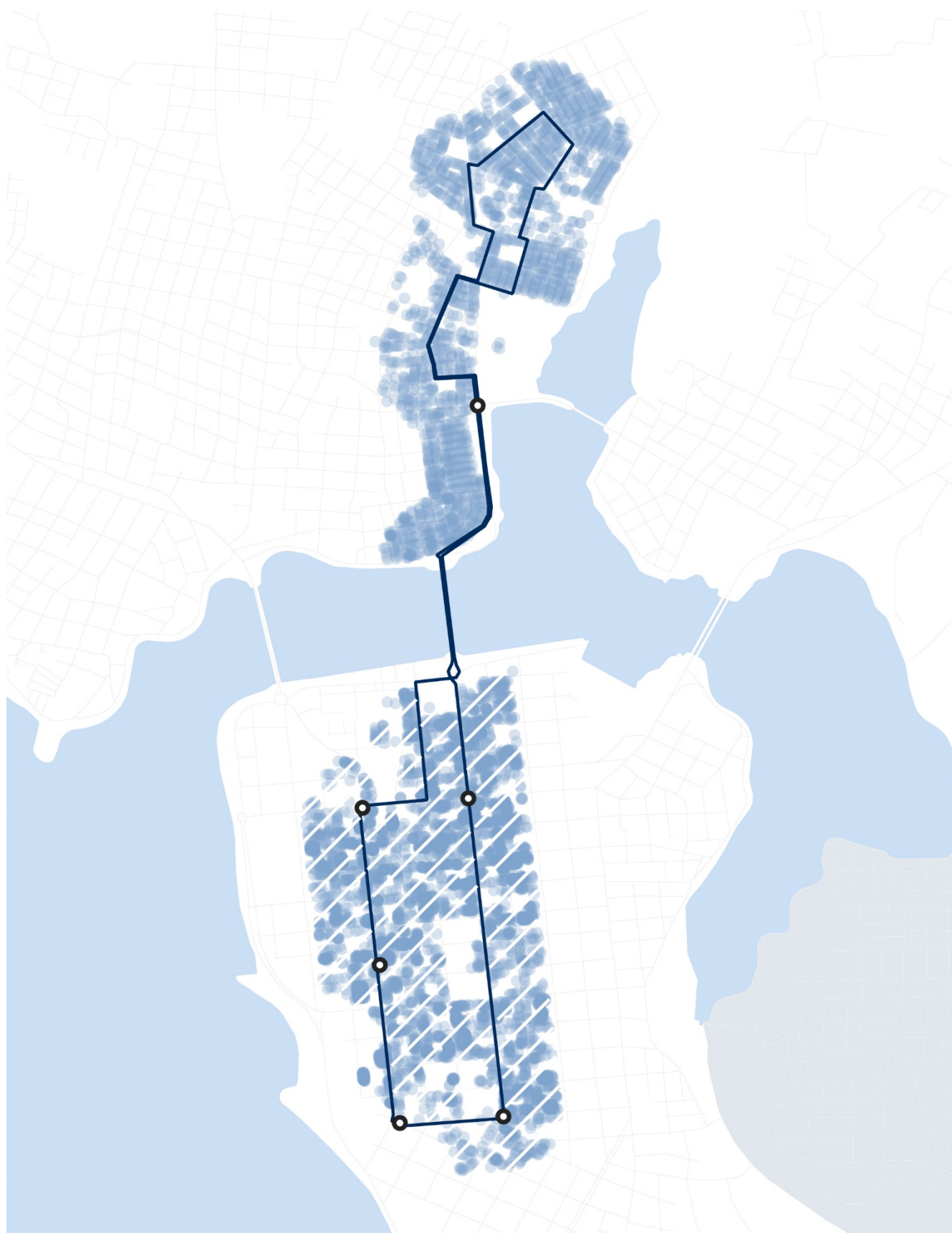


Ilustración 26- Tronco Ramal San Pedro etapas

4.1.2 Grupo 2- Sureste

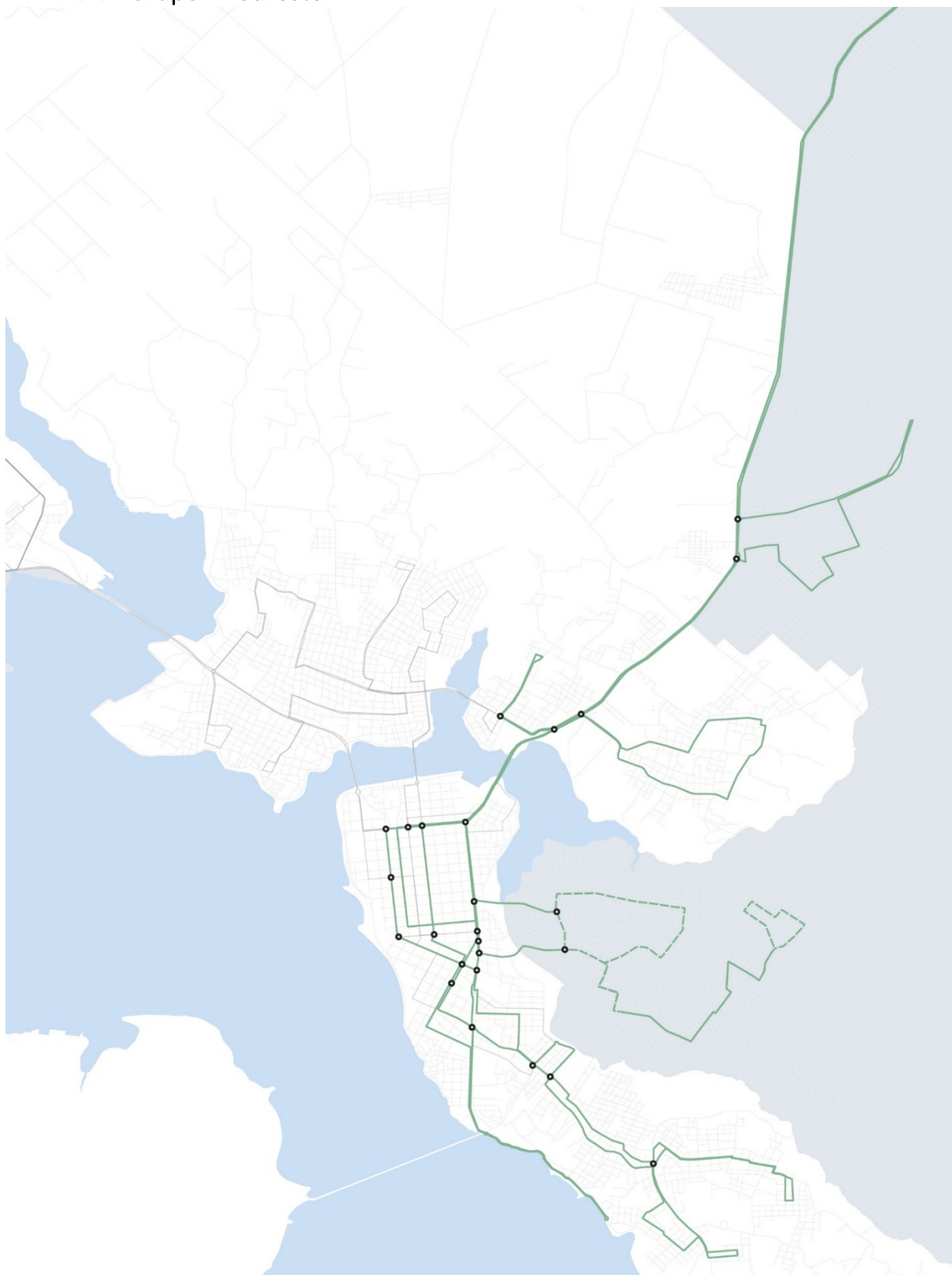


Ilustración 27- Grupo Noroeste



Ilustración 28- Troncal Ruta 6 y conexiones con Circular Santa María – Chaípe y Circular Arroyo Porã



Ilustración 29- Troncal Ruta 6 ampliado y circuito



Ilustración 30- Ramal San Isidro

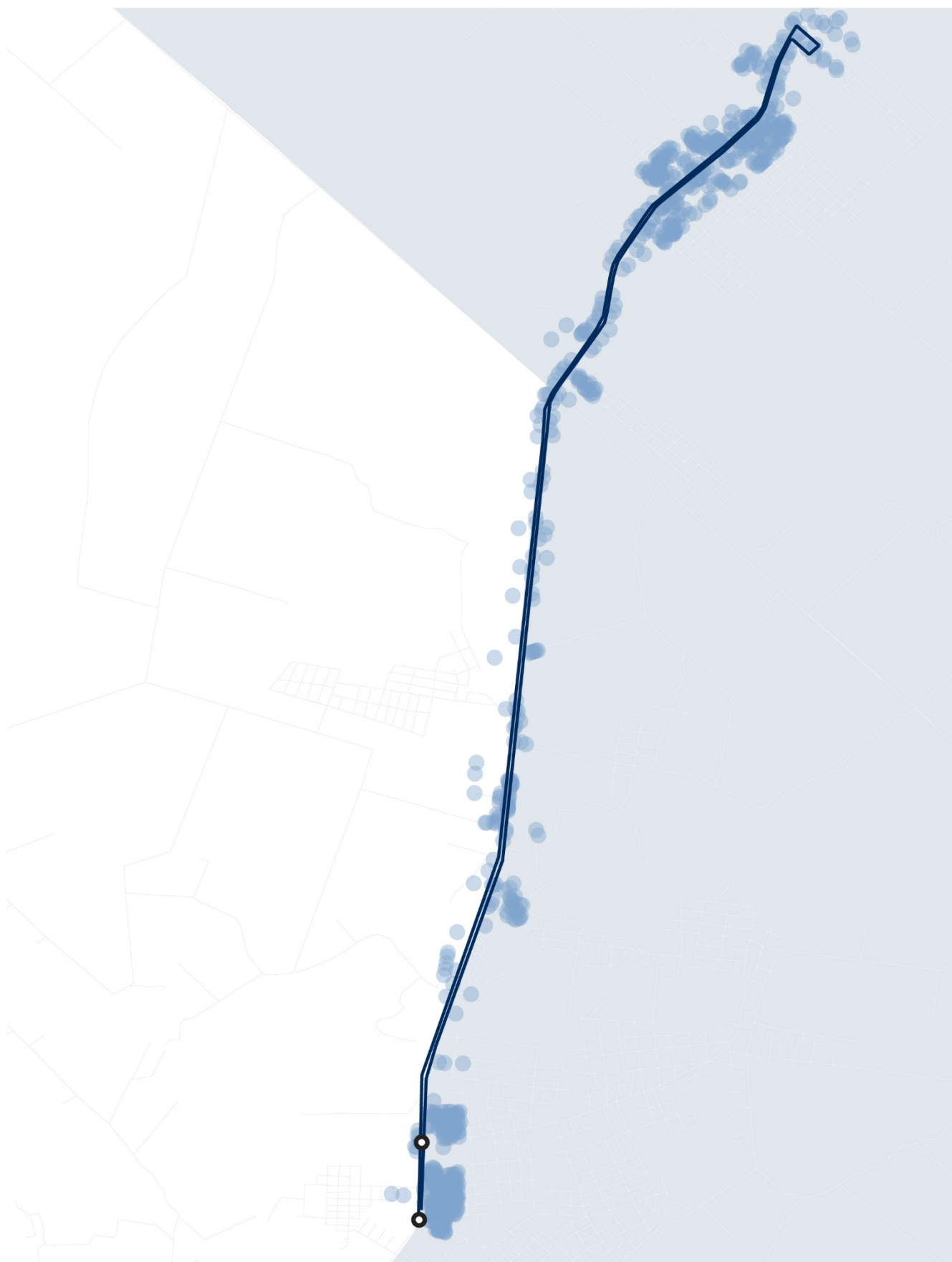


Ilustración 31- Ramal Capitán Miranda

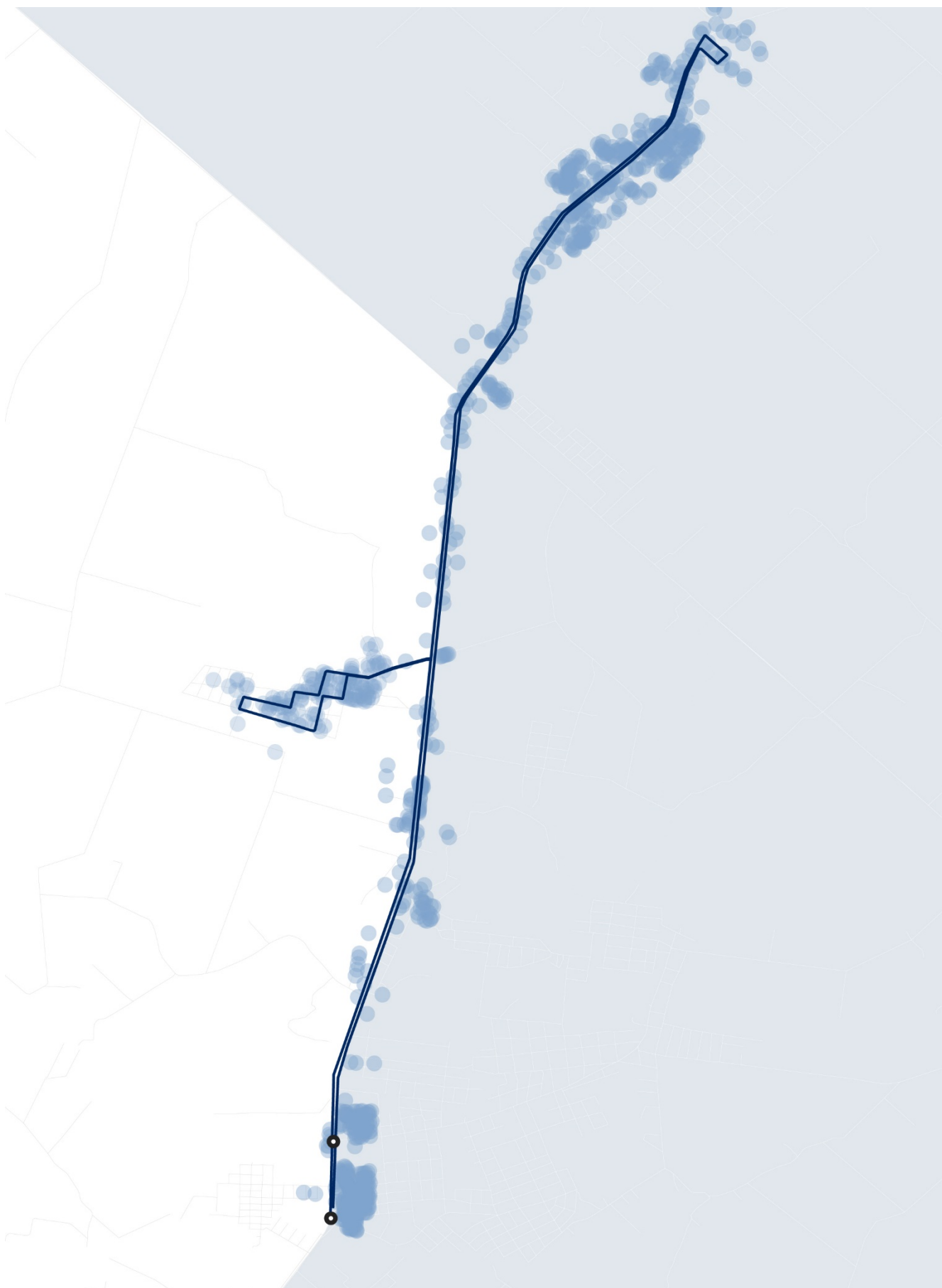


Ilustración 32- Ramal Capitán Miranda - Itangua (ampliado)

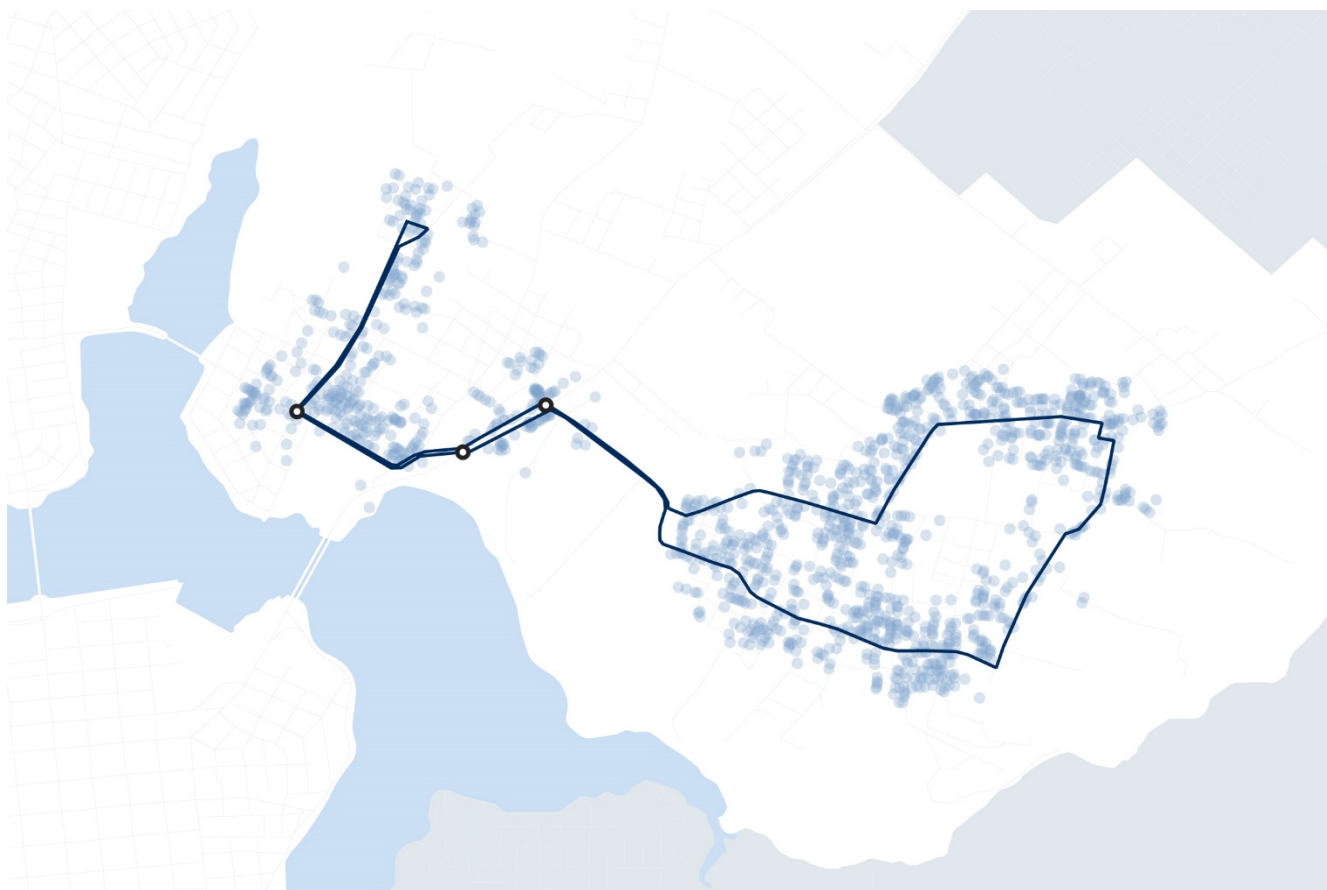


Ilustración 33- Circular Santa María y Chaipe

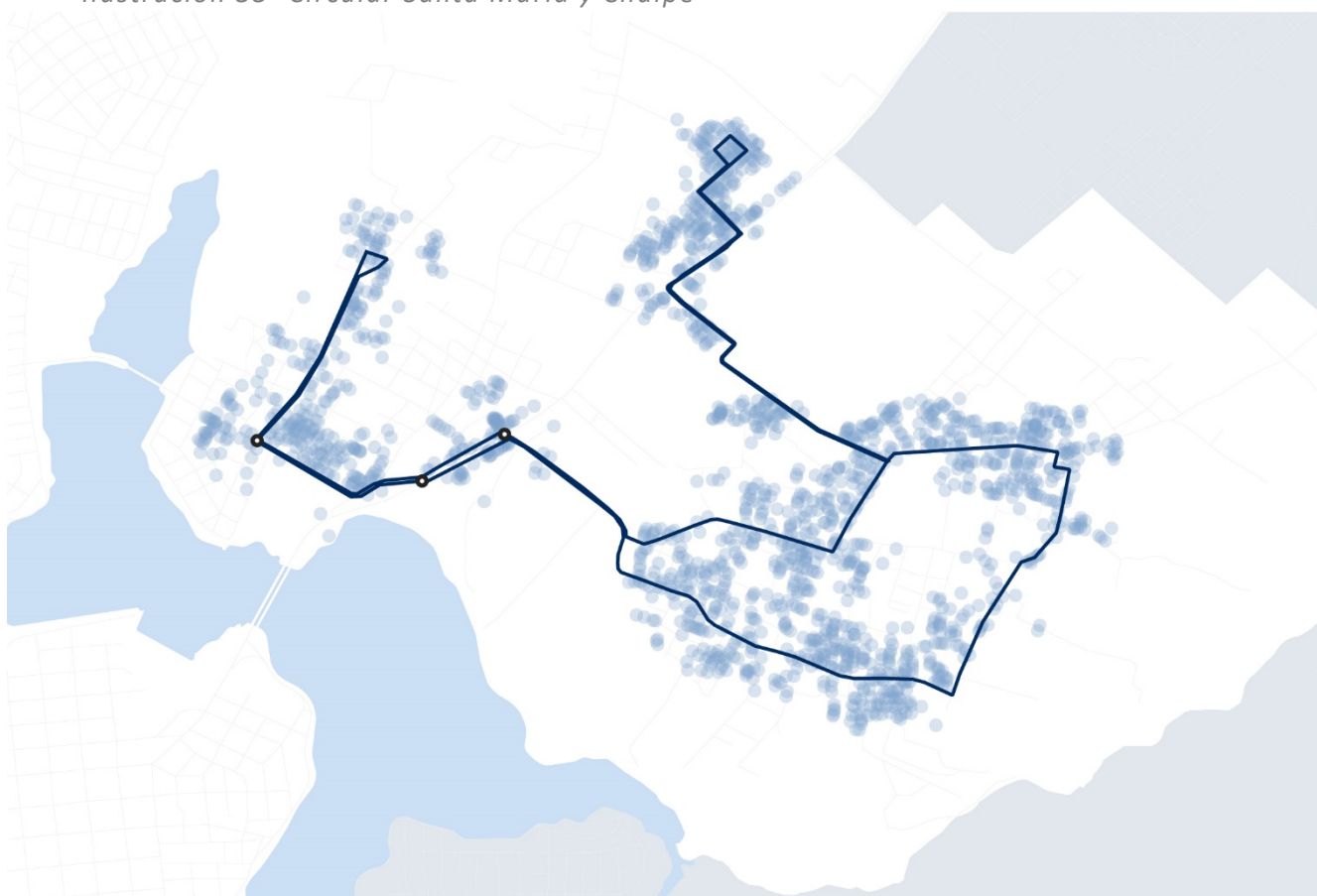


Ilustración 34 Circular Santa María 1, 2 y 3 y Chaipe

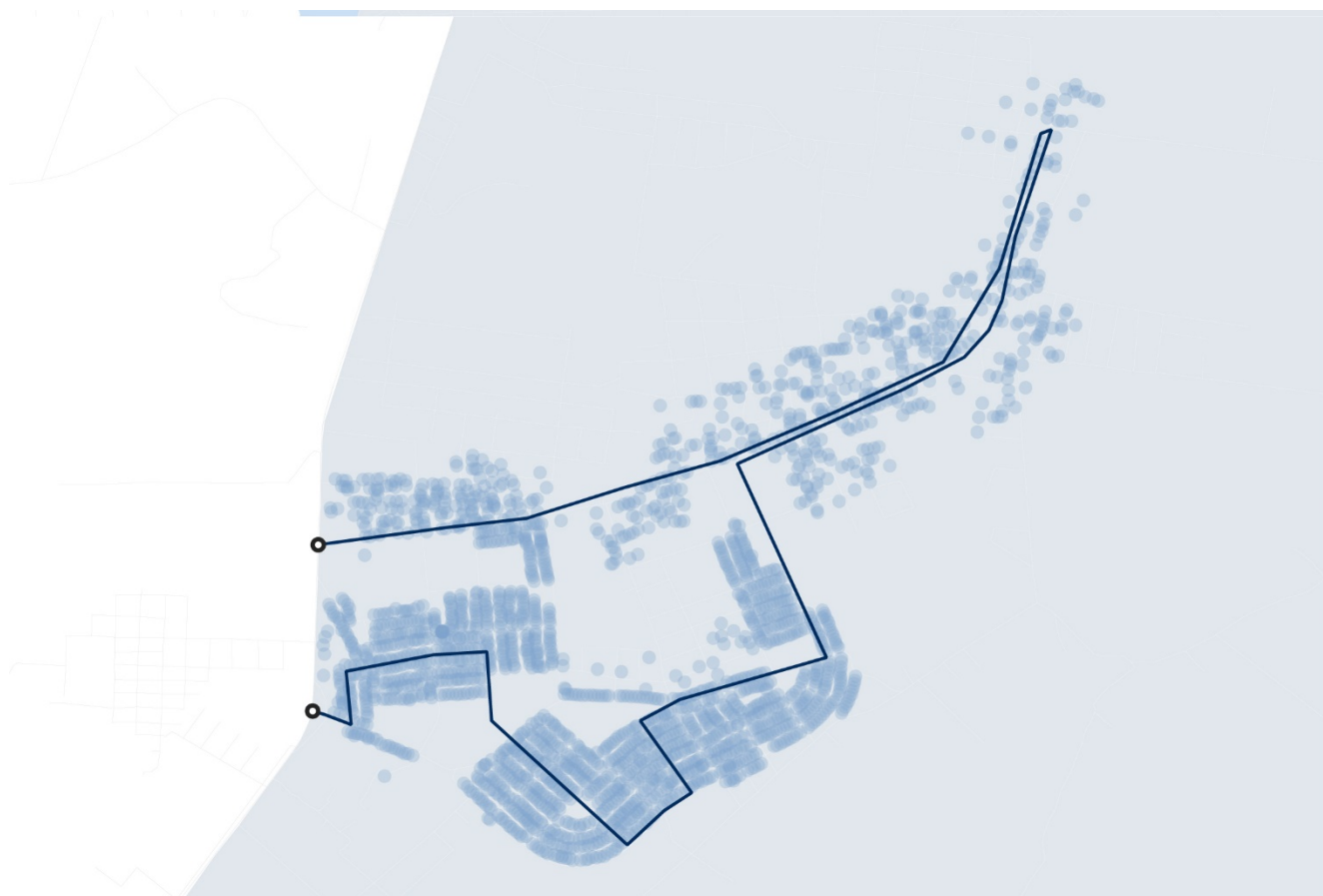


Ilustración 35- Circular Arroyo Porã

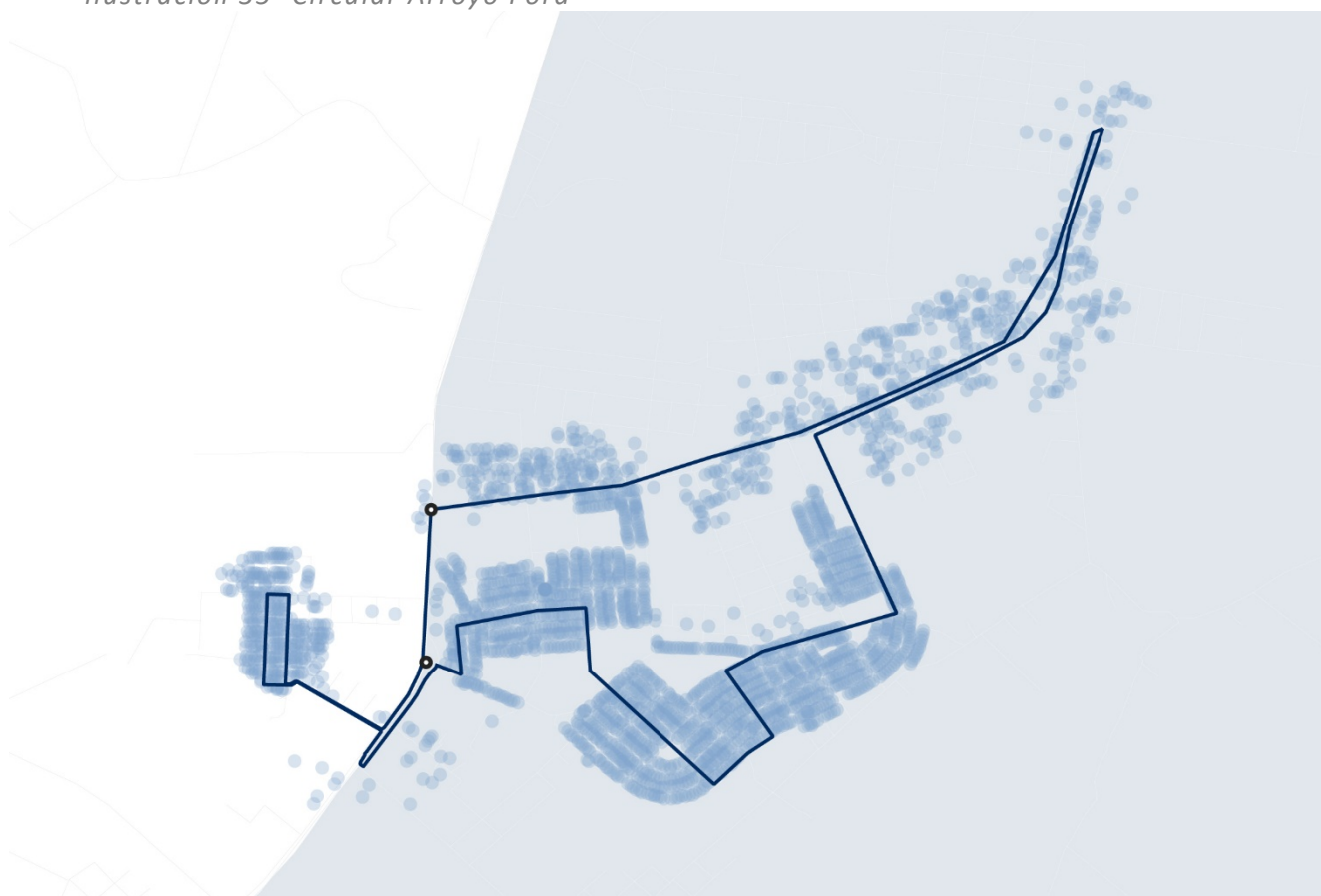


Ilustración 36- Circular Arroyo Porã - Santa María Santillán Ampliado

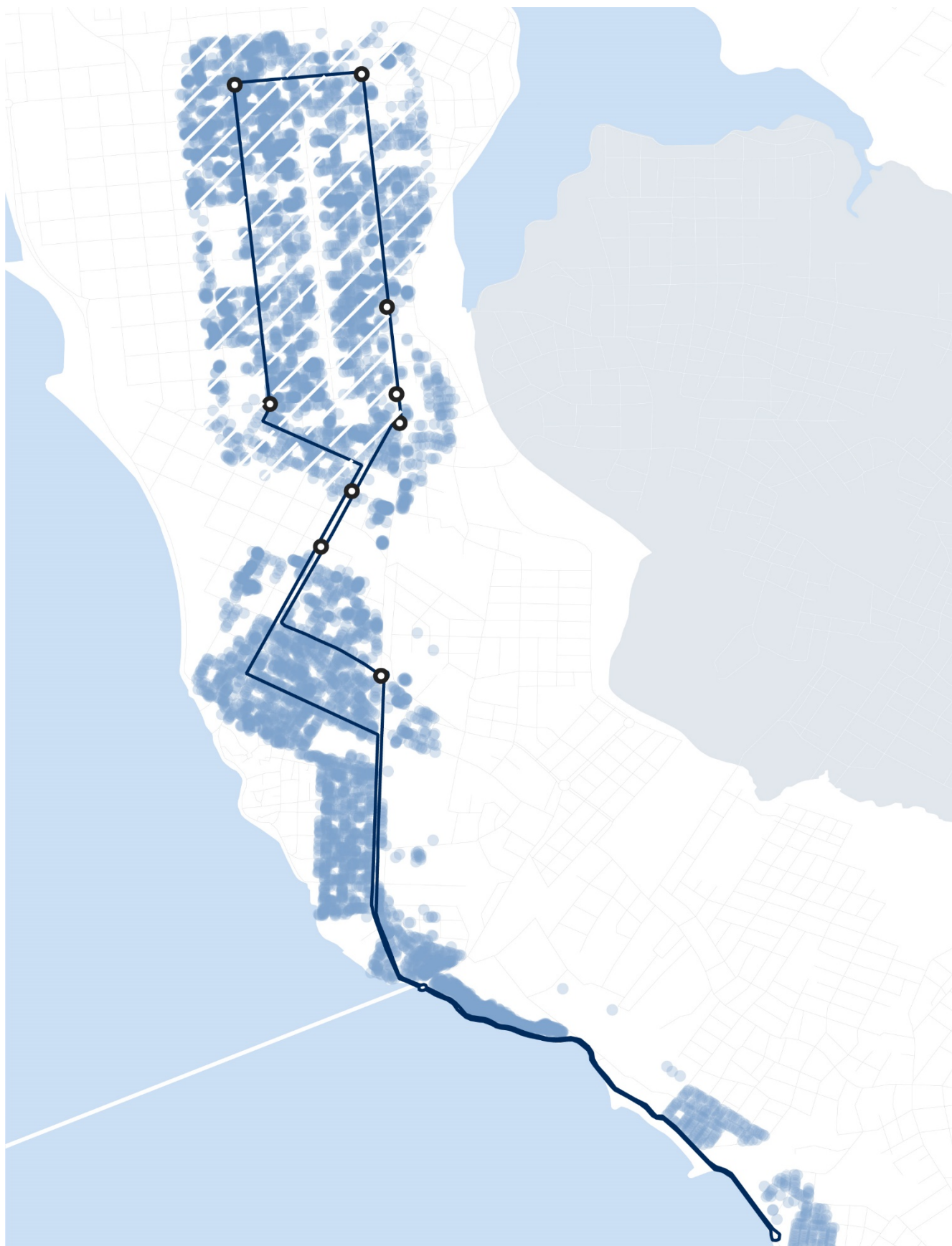


Ilustración 37- Tronco Ramal Pacú Cuá



Ilustración 38- Tronco Ramal San Isidro

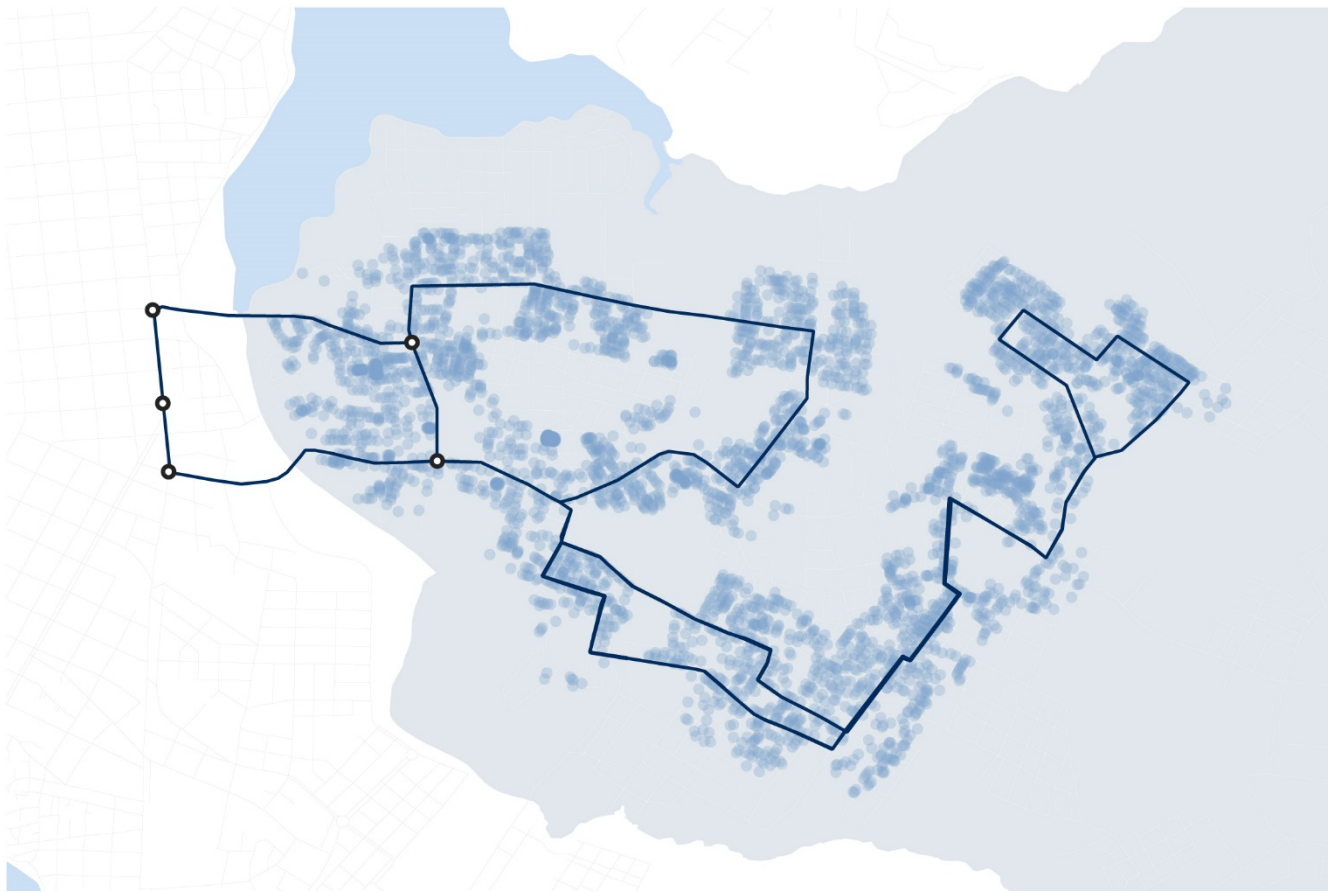


Ilustración 39- Circular Ramal Cambyreta

4.2 Definición de vehículos

El modo de transporte estudiado es el sistema de autobuses, tanto eléctrico como a combustión. Se toma en consideración precios de adquisición bajo las siguientes condiciones de proveedores:

4.2.1 Para vehículos usados con hasta 6 años de antigüedad, con motor diésel

- Tecnología de operación de la normativa EURO III;
- Flete marítimo y terrestre;
- Verificación de las unidades en lugar de origen;
- Garantía de 1 año sobre motor y caja de unidades;
- Servicio inicial de las unidades: cambio de aceite de motor, caja, filtros correspondientes, filtro de aceite, filtro de aire, filtro de combustible, cambio de termostato y líquidos refrigerantes;
- Cambio de piezas de desgaste de las unidades: pastillas de frenos, rectificación de disco, bujes delanteros y traseros;
- Promedio de 40 asientos;
- Mantenimiento de partes del aire acondicionado y carga de gas;
- Verificación y cambios de partes eléctricas de las unidades que así lo requieran;
- Limpieza integral de las unidades;
- Garantía post venta sobre motor y caja por un año;
- Chapería, pintura y ploteado de la identidad visual;
- Servicio inmediato de asistencia por desperfectos mecánicos dentro de la ciudad de Encarnación.



Ilustración 40- vehículo de referencia, usado con motor diésel.

4.2.2 Para vehículos nuevos cero kilómetros, con motores eléctricos

- Verificación de las unidades en origen;
- Motor eléctrico con garantía de baterías de 8 años y equipos de carga individual;
- Aire acondicionado;
- 38 asientos;
- Acceso inclusivo para personas con discapacidad motriz;
- Servicio post venta;
- Transferencia;
- Taller 24hs durante el periodo de garantía de las unidades, hasta 12 meses;
- Chapería, pintura y ploteado de la identidad visual.



Ilustración 41- vehículo de referencia, nuevo motor eléctrico

Para rutas troncales, se sugiere que los buses tengan un rack para bicicletas en la parte delantera o trasera del vehículo, a fin de ampliar la interconectividad con otros medios de transporte.

4.3 Tecnología

Las tecnologías por implementar en el sistema en virtud de la mejora en términos de movilidad, seguridad y comodidad de los usuarios, así como para optimizar la gestión y operatividad del transporte son:

- **Billeteaje Electrónico y Pagos Digitales:** Sistema de tarjetas electrónicas (tarjetas recargables o tarjetas NFC), validadores, código QR y aplicaciones móviles para el pago de tarifas facilitará la experiencia del usuario, y permitirá tener un control en tiempo real del movimiento financiero y de pasajeros.
- **GPS y Seguimiento de Vehículos:** La tecnología de posicionamiento global (GPS) es indispensable para rastrear la ubicación en tiempo real de los autobuses, lo que mejora la gestión de flotas y permite a los usuarios conocer la ubicación exacta de los mismos.
- **Sistemas de Información en Tiempo Real:** Se sugiere el uso del sistema *General Transit Feed Specifications* (GTFS), ya que permitirá tener paneles informativos en paradas y estaciones, así como brindar datos para las aplicaciones móviles, proporcionando a los pasajeros información en tiempo real sobre horarios, rutas y retrasos.

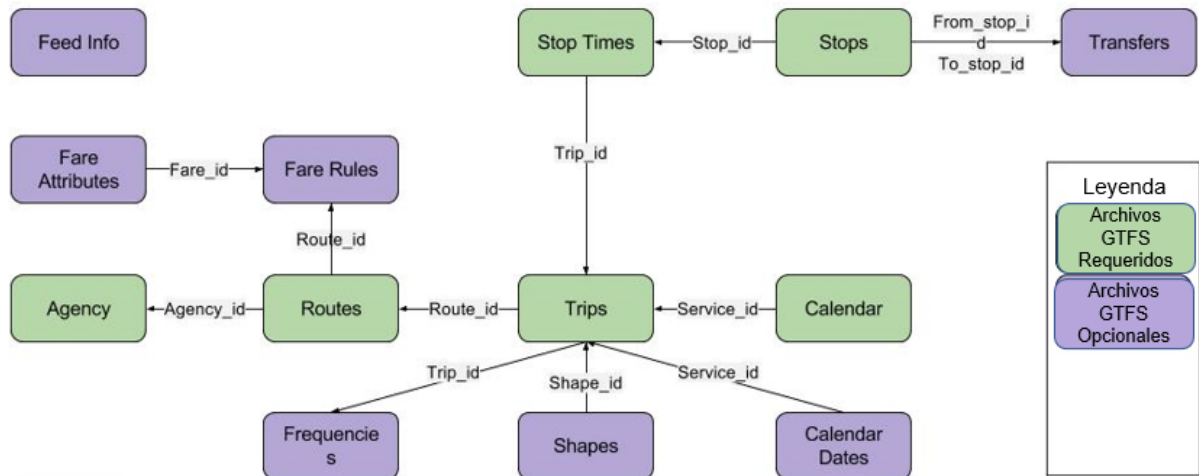


Ilustración 42- Mapa conceptual del modelo propuesto del sistema GTFS

Nombre	Descripción
agency	Define una o más empresas de transporte público que tienen servicios representados en el conjunto de datos.
stops	Define las paradas en las que los vehículos buscan o dejan pasajeros. También define las estaciones y las entradas de las estaciones.
routes	Define las rutas de transporte público. Una ruta es un grupo de viajes que se muestra a los pasajeros como un solo servicio.
TRIPS	Define los viajes de cada ruta. Un viaje es una secuencia de dos o más paradas que ocurren durante un período de tiempo específico.
stop_times	Proporciona las horas a las que un vehículo llega a una parada específica y sale de ella en cada viaje.
calentar	Define las fechas de un servicio cuando este está disponible para determinadas rutas. Utiliza un horario semanal. Este archivo especifica las fechas de inicio y finalización de un servicio, así como los días de la semana en los que el servicio está disponible. Es obligatorio, a menos que todas las fechas del servicio se definan en calendar_dates.txt
fare_attributes	Define la información sobre las tarifas correspondientes a las rutas de una empresa de transporte público.
fare_rules	Define las reglas para aplicar la información sobre tarifas de los itinerarios.
shapes	Define las reglas para asignar las rutas de viaje de los vehículos, también conocido como alineamientos de rutas.

frequencies	Describe el intervalo, es decir, el tiempo entre viajes para las rutas que tienen una frecuencia de servicio variable. También puede incluir una representación comprimida de los servicios que tienen un horario fijo.
transfers	Define las reglas para establecer conexiones en los puntos de trasbordo entre rutas.
pathways	Define las reglas para describir las conexiones a pie entre dos paradas dentro de una estación, por ejemplo, entre la entrada y una plataforma. Estos recorridos se representan como los bordes de un gráfico de recorridos a pie.
levels	Define los niveles dentro de las estaciones.
feed_info	Proporciona información adicional sobre el feed en sí, como la información sobre el publicador, la versión y el vencimiento.

Tabla 2- Archivos del sistema GTFS y descripción de la información

Eventualmente se podría implementar el sistema GTFS-FLEX, el cual es una variación del sistema GTFS, que permite modelar varios servicios de transporte de Respuesta bajo Demanda (DTR) a diferencia de GTFS que solo modela el transporte público de ruta fija. La idea del GTFS-FLEX es que la administradora del sistema de transporte público pueda variar sus rutas de acuerdo con las zonas y las demandas en diferentes tiempos o fechas específicas lo cual tiene mucho sentido ya que las demandas de usuarios de transportes durante todo el día son muy dinámicas y se encuentran con horarios con muy poca demanda.

- **WI-FI y conectividad a bordo:** la conectividad a internet de forma gratuita a bordo de los vehículos y en paradas designadas mejorará sustancialmente la percepción de la calidad del servicio por parte de los pasajeros.
- **Cámaras de seguridad:** La instalación de cámaras de seguridad en vehículos mejorará la seguridad de los pasajeros, permitiendo la vigilancia en tiempo real.
- **Sistemas de accesibilidad universal:** Tecnologías incluidas en los autobuses como rampas para sillas de ruedas y anuncios auditivos en vehículos aseguran que el transporte público sea accesible para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades.
- **Aplicaciones de planificación de viajes:** una Aplicación propia y la visibilidad de los itinerarios en el sitio web del operador del sistema permite a los pasajeros planificar sus rutas, conocer horarios y recibir alertas en tiempo real sobre interrupciones en el servicio.
- **Sensores y Big Data:** La recopilación y análisis de datos a través de sensores y tecnologías de Big Data ayudará en la gestión de flotas, la toma de decisiones basada en datos y la optimización de rutas.
- **Sistemas de gestión de pasajeros:** esta herramienta permitirá tomar decisiones con respecto a la ocupación de los vehículos, facilitando la planificación y la gestión de la demanda.

4.4 Complementos

- **Sistemas de Pago por Uso:** eventualmente, se podría ampliar el sistema hacia una implementación de sistemas de pago por uso, como alquileres de bicicletas, monopatines eléctricos y servicios de vehículos compartidos (UBER, MUV, Bolt, etc.), complementando así el transporte público y ofreciendo alternativas de movilidad adicionales.
- **Sistemas de Control de Emisiones:** la calidad del aire en la ciudad es una cuestión de salud pública, y los sistemas de monitoreo y control de emisiones en vehículos y paradas puede ayudar a reducir las emisiones contaminantes de los autobuses. Esto se ahonda en el apartado *Aspectos Ambientales y Sostenibilidad*.

La integración efectiva de estas tecnologías puede mejorar significativamente la eficiencia, la calidad del servicio y la sostenibilidad de un sistema de transporte público, al tiempo que mejora la experiencia del usuario y fomenta la adopción del transporte público como una opción viable y atractiva para la movilidad urbana.

4.5 Paradas

Se sugiere llamar a un concurso público de diseños para determinar los mismos, mediante una participación ciudadana y en consideración de parámetros técnicos descritos a continuación. Pueden clasificarse dichas paradas según mobiliario urbano en tipo A, B o C.

4.5.1 Paradas tipo A

- Cartel indicativo de parada, itinerarios y número de líneas;
 - Techo con resguardo lateral;
 - Banco;
 - Elementos que resguarden la seguridad del público: Botón de pánico, Cámara de seguridad, etc.
 - Elementos que permitan la interconectividad de los usuarios: WIFI, conexión USB, etc.;
 - Elementos que faciliten la inclusividad a personas con discapacidades: dispositivos braille, rampas, parlantes con anuncios de buses llegando, etc.
 - Señalética para turistas, lugares de interés turístico.
- Cantidad de usuarios: más de 1,000 usuarios por día.



Ilustración 43- Imagen referencial de parada tipo A

4.5.2 Paradas tipo B

- Cartel indicativo de parada, itinerarios y número de líneas;
- Techo sin resguardo lateral;
- Banco.

Cantidad de usuarios: entre 500 y 1,000 usuarios por día.



Ilustración 44- imagen referencial parada tipo B

4.5.3 Paradas tipo C

- Cartel indicativo de parada, itinerarios y número de líneas.
- Cantidad de usuarios: menos de 500 usuarios por día.



Observaciones

- **Accesibilidad y seguridad:** Todas las instalaciones deben ser accesibles para personas con discapacidades, lo que implica rampas, ascensores y señalización adecuada. Con respecto a la iluminación y seguridad, se deberá articular con los organismos pertinentes a fin de mantener las paradas iluminadas y seguras, aparte de los elementos de seguridad mencionados en otros apartados.
- **Intermodalidad:** Dentro del sistema propuesto, se prevé conectividad con paradas futuras de transporte alternativo como parte del plan Encarnación + Bici, y oportunamente cuando la demanda y los costos lo permitan, rutas de ferris y/o catamaranes que naveguen por las aguas circundantes al área metropolitana de la ciudad de Encarnación.
- **Distancias:** Con respecto a la distancia entre paradas, es racional entender que, con una mayor distancia entre las mismas, los pasajeros deben caminar más, sin embargo, los costos operacionales disminuirán: a menos paradas, menor tiempo de trayectos y ahorros en los costos operativos. Se sugiere que, durante el tiempo de implementación de los nuevos itinerarios, se utilice el método propuesto en el documento Espaciado Óptimo de Paradas para Sistemas de Transporte Público con Viajeros y Compradores (Wirasinghe & Ghoneim, 1981), el cual utiliza modelos matemáticos para determinar la distancia óptima entre paradas, equilibrando factores como el tiempo de viaje de los pasajeros, el tiempo de espera en las paradas y los costos operativos para las empresas de transporte.

5.

TARIFA TÉCNICA

5. PROPUESTA DE TARIFA TÉCNICA

Para el cálculo de la tarifa propuesta se realizaron dos aproximaciones: por un lado, una adaptación a nuestra realidad paraguaya de la metodología técnica – financiera propuesta por el Núcleo Estratégico de Ciudades (NEC) de Brasil (Hirosue et al., 2022), el cual considera factores detallados a continuación; mientras que, por el otro, se realizó un estudio de retorno de la inversión para el mismo sistema (ver apartado de *financiamiento*). En ambos casos, los números cerraron de forma positiva, manteniéndose el sistema con un precio todavía accesible para el usuario de transporte, mejorando el sistema de manera sustancial y pagando las deudas contraídas por la operadora del sistema en un tiempo no mayor a 7 (siete) años, siempre y cuando todo lo recaudado se reintegre al sistema y al abono de deudas.

Un factor fundamental para sostener el valor de la tarifa por debajo de los 6,000 Gs es el hecho de desarrollar un sistema propio de billeteaje, el cual permitirá administrar todas las necesidades propias del sistema a través de un operador, considerando la pequeña flota. Las descripciones en torno al sistema se encuentran en el apartado “Propuesta del Sistema de Billeteaje”.

Considerando todos los factores descritos, la tarifa técnica se fija en 5,600 Gs, donde la incidencia en porcentajes va del 58% en costo variable (combustible, lubricantes, uso operativo y repuestos y accesorios) y 42% para gastos fijos (retorno de capital, personal, administración e impuestos).

TARIFA		
<i>Costo Mensual Total</i>	1,587,041,226.97	Gs/mes
<i>Subsidio</i>	-	Gs/mes
<i>Costo Mensual para los Pasajeros</i>	1,587,041,226.97	Gs/mes
<i>Costo por Kilómetro</i>	6,297.78	Gs/km
<i>Número Mensual Equivalente de Pasajeros</i>	285,600	Pasajeros
<i>Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK)</i>	1.33	Pasajeros/km
<i>Índice Equivalente de Pasajeros por Kilómetro</i>	1.13	Pasajeros/km
<i>Precio del Pasaje</i>	5,556.87	Gs/pasaje
<i>Tarifa Técnica</i>	5,556.87	Gs/pasaje
<i>Subsidio Unitario</i>	-	Gs/pasaje

Tabla 3 – Resultados finales, Tarifa técnica e Índice de pasajeros por kilómetro (IPK). El IPK se determina por el número total de pasajeros del sistema, mientras que el Índice equivalente es el número de pasajes enteros vendidos por kilómetro.

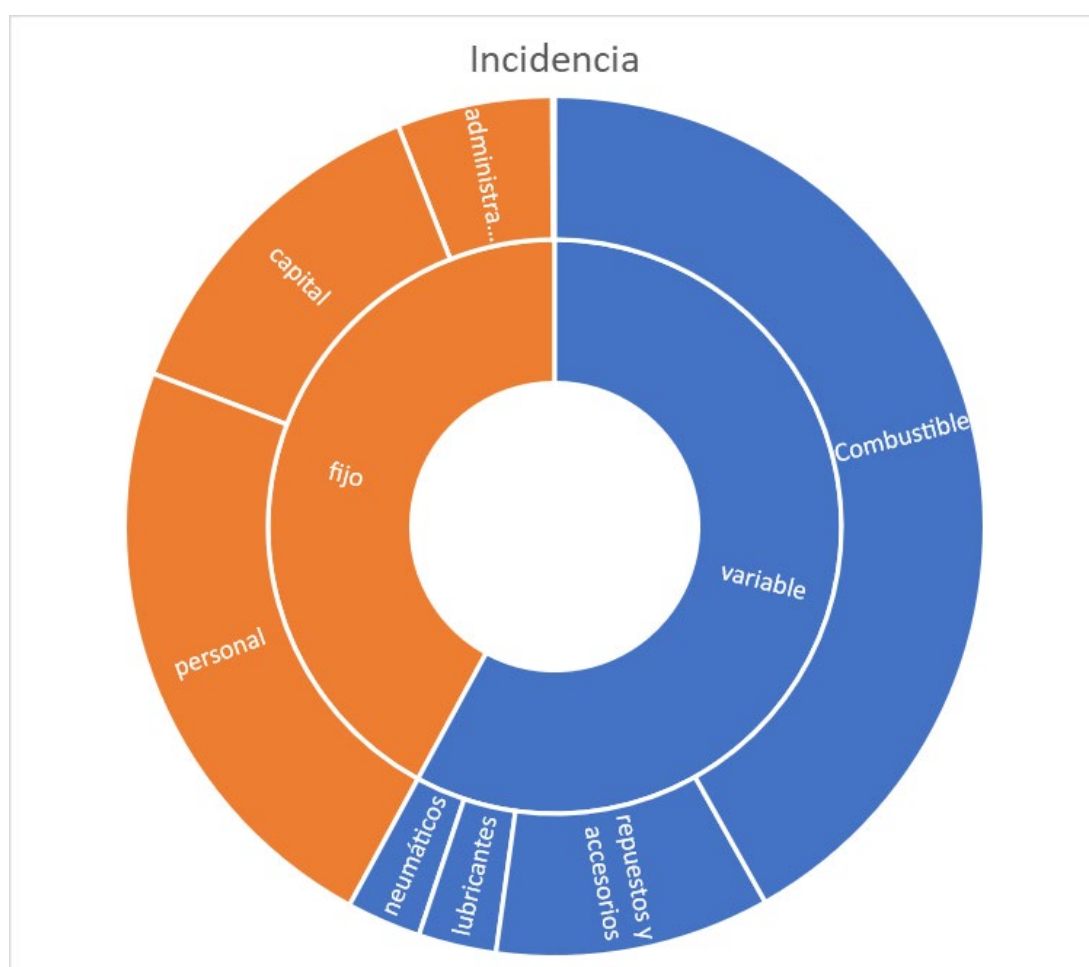


Ilustración 46- distribución gráfica de incidencias sobre la tarifa técnica

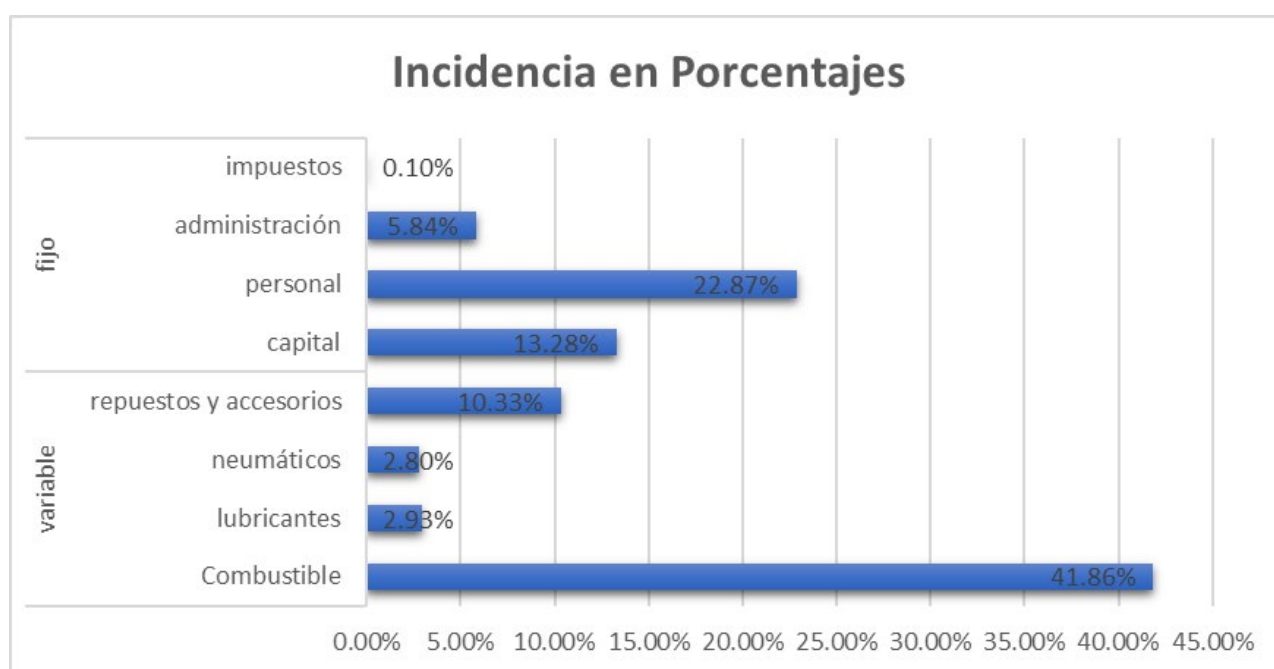


Ilustración 47- incidencia de costos en porcentajes sobre el sistema

5.1 Descripción de los cálculos para llegar a la tarifa propuesta

La metodología del NEC utilizada fue desarrollada en el año 2022, considerando un mayor espectro y ajustando en lo posible, las variables que impactan en menor o mayor grado en el precio final de la tarifa técnica, en comparación con metodologías anteriores, como variaciones en el precio del combustible, repuestos, antigüedad de la flota, gastos de gerenciamiento, etc.

Establece como parámetros 8 niveles de entrada de datos divididos en dos tipos de costos: fijos y variables. Entre los costos variables se encuentran los combustibles, lubricantes, rodamiento o uso operativo y repuestos y accesorios. En los costos fijos se encuentran la depreciación general de la inversión, remuneración del personal, gastos administrativos e impuestos. Cada uno de estos niveles tiene a su vez varios subniveles que permiten abordar holísticamente los costos del sistema de transporte.

La metodología inicia por el registro de datos estándar como base del sistema. Para este cálculo, se consideraron las siguientes informaciones:

Tasa de cambio de dólares a guaraníes: 7,350 guaraníes por dólar.

Días de servicio: se establecen 24 días de servicio por cada mes, considerando un servicio constante, de lunes a viernes de las 5 hasta las 21 horas y sábados de 5 a 14 horas, y frecuencia reducida los sábados de 14 a 21 horas, domingos y feriados.

Kilómetros mensuales recorridos por el sistema: se tomó en consideración una variante del sistema en función a la cantidad de buses por circular (35 unidades), dando por resultado un aproximado de 10,500 km diarios.

En torno a la cantidad de pasajes vendidos, se tomó el peor escenario posible considerando los datos suministrados por las empresas que actualmente explotan el servicio, considerando un promedio de 11,900 pasajes diarios vendidos. Este número surge de un aproximado de 14,000 usuarios diarios del transporte actual, y teniendo un 30% de los mismos abonando el equivalente al 50% de la tarifa designada.

Así también se estableció el sueldo mínimo en función al Decreto N.º 9584/23 que rige desde el 1 de julio del 2023, fijando el mismo en 2,680,373 Gs mensuales. Finalmente, y como parámetro base, se designa un porcentaje de rentabilidad del 10% para la operadora del sistema.

5.2 Costos fijos

- **Capital:** la depreciación general de la inversión establece una tasa de depreciación de los buses de promedio 8% anual, con un valor de venta a los 10 años equivalente al 20% del valor inicial. Dentro de este costo se encuentran los valores del sistema de billeteo electrónico y las tecnologías a ser utilizadas, así como el valor de las instalaciones físicas. Su incidencia es del 13% en este tarifario.
- **Personal:** corresponde a la nómina de pago mensual de los funcionarios. Incluye personal de operaciones, mantenimiento y administración. también se incluyen los posibles beneficios adicionales otorgados a los empleados como seguro médico, uniformes, capacitaciones, etc. Incide en casi el 23%.
- **Administración:** engloba todos los gastos administrativos necesarios para el funcionamiento del sistema de transporte colectivo. Incluye el mantenimiento de las instalaciones, alquileres, material de oficina, licencias y seguros para los móviles, impuestos y tarifas, servicios de telecomunicaciones como teléfono e internet, tasas de electricidad, agua y saneamiento, así como costos para la contratación y despido de empleados y contabilidad. Este ítem también abarca gastos asociados con el sistema de billeteo electrónico y las tecnologías de transporte inteligente, como GPS e internet en los autobuses. También se incluyen gastos relacionados con la preservación del medio ambiente, como el pago de las tasas de manejo y la disposición de residuos. Su incidencia no pasa el 6%.
- **Impuestos:** se considera una tasa impositiva sobre los costos operativos directos del 10%, suponiendo una exención fiscal por parte del municipio. Permea en menos del 1% sobre el costo total.

5.3 Costos variables

- **Combustibles:** se considera el combustible diésel y la energía eléctrica. Es el ítem de mayor incidencia, alcanzando casi el 42% sobre los costos totales.

- **Lubricantes:** aceites de motor, fluido de frenos, refrigerantes y todo lo concerniente al buen mantenimiento de las piezas de los vehículos. En el método NEC se aplica un % para el agente reductor de líquidos automovilísticos (ARLA), el cual es un componente que reduce la contaminación en la emisión de gases. Esto se mantiene, ya que dependerá de los vehículos a ser adquiridos si tienen o no esta variable. Su incidencia asciende a menos del 3%.
- **Uso operativo:** desgaste de neumáticos en general. Se consideran cantidad de neumáticos por vehículo, pinchaduras, reparaciones, vida útil y kilometraje mensual recorrido. Tampoco supera el 3% su injerencia en el presupuesto.
- **Piezas y accesorios:** también llamado repuestos, engloba todos los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de sustitución para los mantenimientos preventivos y de reparación. Incide en más del 10%.

5.4 Implementación de tarifa

Considerando la demanda de pasajeros estudiada, la implementación del sistema de billeteaje electrónico y la tecnología GTFS, se sugiere la implementación inicial de una tarifa plana, definido como un precio único del pasaje, donde los pasajeros pagan una tarifa fija por cada viaje independientemente de la distancia recorrida. Esto se aplicará para los itinerarios y horarios regulares, de lunes a domingo.

Una vez probadas la implementación del sistema y ante diferentes situaciones, se podría migrar a una tarifa variable, la cual consiste en que, cuando la demanda de pasajeros se vea reducida, o en condiciones especiales, como en momentos que no son horarios pico (horas valle), fechas especiales y feriados, se sugiere una disminución en la tarifa inicial, a fin de incentivar la demanda y seguir proveyendo el servicio.

En caso de que el servicio de transporte se vea ampliado a zonas más alejadas y no contempladas por el sistema propuesto, se sugiere un estudio para determinar la tarifa más adecuada según la distancia a recorrer, utilizando un sistema de tarifa zonal.

Sobre los descuentos y subsidios, se deberá seguir lo dispuesto por las leyes y ordenanzas establecidas, tales como diferenciación en el precio final del pasaje para estudiantes, personas mayores, personas con discapacidad, etc.

En lo que respecta a estrategias para la implementación y el incentivo del uso del sistema de transporte público, se sugiere ofrecer ventajas en la cantidad de pasajes a ser otorgados para personas que adquieran por primera vez su tarjeta, por ejemplo, un pasaje gratis con la adquisición de la tarjeta. Otra alternativa podría ser que los locales de emisión y recarga de tarjetas puedan ser a su vez bocas de cobranza para el municipio, ayudando en la formalización de negocios locales a través de una política de descuentos para los negocios que se sumen a la iniciativa. Estas sugerencias y otras que puedan surgir deberán ser evaluadas por un equipo financiero contable designado por el administrador del sistema.

5.5 Análisis de sensibilidad

Como se observa en la ilustración 45, la mayor incidencia ocurre con el precio del combustible, el cual puede aumentar en sobremedida el precio de la tarifa técnica, sin embargo, una buena gestión del sistema podría aumentar la demanda de pasajes, con lo cual el precio del pasaje podría mantenerse e incluso disminuir eventualmente.

Otra variable para considerar son los posibles subsidios al sistema. Si consideramos la posibilidad de brindar un subsidio de al menos 175 millones de guaraníes mensuales, el cual podría salir del cobro del estacionamiento tarifado, suponiendo un ingreso destinado al subsidio del pasaje, de al menos 2,500 Gs diarios por cada plaza de estacionamiento en el centro (2,861 plazas) y en el circuito comercial (639 plazas), el precio sugerido actualmente del pasaje podría caer por debajo de los 5,000 Gs.

5.6 Financiamiento

Para la consecución del sistema, se contempla una única inversión inicial de 31,900,000,000 guaraníes. El experto en programas de inversión Ing. Com. Alejandro Casafúz, ha sido el encargado de llegar a un punto de equilibrio en términos económicos y financieros.

Se realizó una estimación sobre la emisión de 3 series de bonos para financiar esta inversión con vencimientos a 3, 5 y 7 años, y tasas anuales del 13%, 13,50% y 14% respectivamente, siendo situaciones desfavorables para el municipio de la ciudad de Encarnación considerando que sería su primera emisión al mercado, y, aun así, los resultados arrojaron números favorables para el pago total de la deuda en un plazo no mayor a 7 años desde la emisión final de bonos, siempre y cuando se cumplan con los compromisos financieros y se respete el reintegro total de los ingresos de la venta de pasajes al sistema de transporte.

5.6.1 Cronograma de vencimientos

Series	2,024	2,025	2,026
Serie 1	1,166,794,521	1,555,726,027	1,555,726,027
Serie 2	676,849,315	1,346,301,370	1,346,301,370
Serie 3	352,876,712	1,396,164,384	1,396,164,384
Totales	2,196,520,548	4,298,191,781	4,298,191,781

2,027	2,028	2,029	2,030	2,031
12,388,931,507	0	0	0	0
1,346,301,370	1,346,301,370	10,684,246,575	0	0
1,396,164,384	1,396,164,384	1,403,835,616	1,388,493,151	11,047,123,288
15,131,397,260	2,742,465,753	12,088,082,192	1,388,493,151	11,047,123,288

Tabla 4- cronograma de vencimientos

En términos de inversión inicial, se prevé inyecciones financieras en 5 unidades nuevas con motores eléctricos, a un costo de 300,000 USD la unidad, y 30 vehículos con motor diésel, usados con antigüedad menor a los 7 años, a un precio estimado de 90,000 USD cada uno. Del mismo modo, las reformas en infraestructura requerirán 680,000,000 Gs, distribuidos en reformas y nuevas instalaciones.

La inversión en activos fijos, como muebles, equipos de informática y oficina, y herramientas para los talleres, contempla un costo de 154,000,000 Gs, mientras que las capacitaciones, uniformes, y otros gastos por unidad de transporte ascendería a 231,000,000 Gs.

5.6.2 Inversiones en unidades

Cantidad de unidades	35
Valor por unidad	876,000,000
Adecuaciones por unidad	5,000,000
Inversiones en unidades	30,835,000,000

Tabla 5- inversiones en unidades de transporte

5.6.3 Inversiones en infraestructura

Concepto	M2	Costo por m2	Inversión
Instalaciones	400	500,000	200,000,000
Obras civiles	800	600,000	480,000,000
Inversiones en infraestructura	680,000,000		

Tabla 6- Inversiones en infraestructura

5.6.4 Inversiones en activos fijos

Concepto	Cantidad	Valor Unitario	Inversión
Muebles y enseres	5	2,000,000	10,000,000
Equipos de informática	6	4,000,000	24,000,000
Artículos de oficina	10	1,000,000	10,000,000
Otros	5	2,000,000	10,000,000
Herramientas	1	100,000,000	100,000,000
Inversiones en Activos Fijos	154,000,000		

Tabla 7- Inversiones en activos fijos

5.6.5 Inversiones en capacitaciones

Cantidad de unidades	35
Turnos	2
Cantidad de choferes	70
Costo de capacitación por chofer	500,000
Inversiones en capacitación	35,000,000

Tabla 8- Inversiones en Capacitación para personal

5.6.6 Otros gastos

Cantidad de Choferes	70
Costo de uniformes por chofer	300,000
Costo en uniformes	21,000,000
Otros costos por unidad	5,000,000
Otros gastos	196,000,000

Tabla 9- Otros gastos de la inversión inicial del sistema

5.6.7 Cronograma de inversiones

Concepto	2,023	2,024	2,025	2,026
Unidades	30,835,000,000	0	0	0
Infraestructura	680,000,000	0	0	0
Activos Fijos	154,000,000	0	0	0
Capacitaciones	35,000,000	0	0	0
Otras Inversiones	196,000,000	0	0	0
Total de Inversiones	31,900,000,000	0	0	0

Tabla 10- Cronograma de inversión inicial

En lo que respecta a depreciaciones y amortizaciones, se estima un valor residual del 20% a los 10 años para los vehículos adquiridos, 50% a los 40 años para las obras de infraestructura, y 20% de retorno para los activos fijos a los 5 años.

5.6.8 Cálculo de depreciaciones

Activo	Valor Inicial	Años de vida útil	% Valor Residual	Valor Residual	Cuota de Depreciación
Unidades	30,835,000,000	10	20%	6,167,000,000	2,466,800,000
Infraestructura	680,000,000	40	50%	340,000,000	8,500,000
Activos Fijos	154,000,000	5	20%	30,800,000	24,640,000
Totales	31,669,000,000			6,537,800,000	2,499,940,000

Tabla 11- Cálculo de depreciaciones

Para la amortización total del sistema, se consideró la situación actual, del orden de 11,900 pasajes enteros diarios vendidos, y una tasa de crecimiento en la demanda del 10% y un incremento de la tarifa interanual del 2,50%. Esta proyección da como resultados un ingreso bruto de casi 350,000,000,000 Gs en 10 años de operación.

5.6.9 Ingresos proyectados

Supuestos	2,024	2,025	2,026	2,027	2,028
Aumento interanual del precio	0.00%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Aumento en demanda (pasajeros)	0.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Días de funcionamiento	288	288	288	288	288
Precio proyectado	5,600	5,740	5,884	6,031	6,181
Demanda (por día)	11,900	13,090	14,399	15,839	17,423
Demanda por año	3,427,200	3,769,920	4,146,912	4,561,603	5,017,764
Cantidad de viajes	1	1	1	1	1
Demanda final (por año)	3,427,200	3,769,920	4,146,912	4,561,603	5,017,764

Proyección de ingresos

Concepto	2,024	2,025	2,026	2,027	2,028
Pasajeros	3,427,200	3,769,920	4,146,912	4,561,603	5,017,764
Precio	5,600	5,740	5,884	6,031	6,181
Ingresos esperados	19,192,320,000	21,639,340,800	24,398,356,752	27,509,147,238	31,016,563,511

Tabla 12- Ingresos proyectados años 1 al 5

Supuestos	2,029	2,030	2,031	2,032	2,033
Aumento interanual del precio	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Aumento en demanda (pasajeros)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Días de funcionamiento	288	288	288	288	288
Precio proyectado	6,336	6,494	6,657	6,823	6,994
Demanda (por día)	19,165	21,082	23,190	25,509	28,060
Demanda por año	5,519,540	6,071,494	6,678,643	7,346,508	8,081,158
Cantidad de viajes	1	1	1	1	1
Demanda final (por año)	5,519,540	6,071,494	6,678,643	7,346,508	8,081,158

Proyección de ingresos

Concepto	2,029	2,030	2,031	2,032	2,033
Pasajeros	5,519,540	6,071,494	6,678,643	7,346,508	8,081,158
Precio	6,336	6,494	6,657	6,823	6,994
Ingresos esperados	34,971,175,358	39,430,000,217	44,457,325,244	50,125,634,213	56,516,652,575

Tabla 13- Ingresos proyectados años 6 al 10

En lo que respecta a los egresos, se consideraron supuestos generales, como un aumento del 4% anual en gastos operativos, y 3% en costos de insumos, así como un aumento del 5% en el kilometraje recorrido por las unidades año a año. Para los gastos de rendimiento, se tomaron todos los costos mencionados en la tarifa técnica, así como una proyección de aumento salarial del 4% interanual de los empleados.

5.6.10 Detalle de egresos

Conceptos	2,024	2,025	2,026	2,027	2,028
Costos operativos	12,899,099,857	13,753,602,208	14,741,587,029	15,727,981,762	16,963,105,582
Otros costos operativos	331,037,500	344,279,000	358,050,160	372,372,166	387,267,053
Gastos operativos	957,117,500	995,402,200	1,035,218,288	1,076,627,020	1,119,692,100
Total de egresos proyectados	14,187,254,857	15,093,283,408	16,134,855,477	17,176,980,948	18,470,064,736

Tabla 14- Detalle de Egresos años 1 al 5

Conceptos	2,029	2,030	2,031	2,032	2,033
Costos operativos	18,207,700,926	19,432,967,579	20,750,599,526	22,167,824,780	23,692,448,448
Otros costos operativos	402,757,735	418,868,045	435,622,766	453,047,677	471,169,584
Gastos operativos	1,164,479,784	1,211,058,976	1,259,501,335	1,309,881,388	1,362,276,644
Total de egresos proyectados	19,774,938,445	21,062,894,600	22,445,723,627	23,930,753,846	25,525,894,676

Tabla 15- Detalle de Egresos años 6 al 10

Considerando los datos presentados, los ingresos, pago de responsabilidades financieras asumidas y gastos operativos del sistema, el flujo de caja económico – financiero presenta números positivos en el flujo de caja final ya desde el año 1, sin embargo, es imperativo reintegrar todo lo ingresado en el sistema a fin de cumplir con el flujo de caja financiera en su totalidad para el año 8 del sistema.

5.6.11 Flujo de caja económico- financiero

Concepto	2,023	2,024	2,025	2,026	2,027
Ingresos efectivos	0	19,192,320,000	21,639,340,800	24,398,356,752	27,509,147,238
Costos de operación	0	13,230,137,357	14,097,881,208	15,099,637,189	16,100,353,929
Gastos operativos	0	957,117,500	995,402,200	1,035,218,288	1,076,627,020
Flujo de Caja Operativo	0	5,005,065,143	6,546,057,392	8,263,501,275	10,332,166,290
Inversiones	31,900,000,000	0	0	0	0
Flujo de Caja por inversiones	31,900,000,000	0	0	0	0
Emisión de Bonos	32,000,000,000	0	0	0	0
Pagos de Capital	0	0	0	0	12,000,000,000
Pagos de Intereses	0	2,196,520,548	4,298,191,781	4,298,191,781	3,131,397,260
Flujo de Caja Financiero	32,000,000,000	-2,196,520,548	-4,298,191,781	-4,298,191,781	-15,131,397,260
Flujo de Caja	100,000,000	2,808,544,595	2,247,865,611	3,965,309,494	-4,799,230,971
Saldo Inicial	0	100,000,000	2,908,544,595	5,156,410,206	9,121,719,700
Flujo de Caja Final	100,000,000	2,908,544,595	5,156,410,206	9,121,719,700	4,322,488,730

Tabla 16- Flujo de caja económico - financiero años 0 al 4 del sistema

Concepto	2,028	2,029	2,030	2,031	2,032	2,033
Ingresos efectivos	31,016,563,511	34,971,175,358	39,430,000,217	44,457,325,244	50,125,634,213	56,516,652,575
Costos de operación	17,350,372,635	18,610,458,661	19,851,835,624	21,186,222,293	22,620,872,457	24,163,618,033
Gastos operativos	1,119,692,100	1,164,479,784	1,211,058,976	1,259,501,335	1,309,881,388	1,362,276,644
Flujo de Caja Operativo	12,546,498,775	15,196,236,913	18,367,105,617	22,011,601,617	26,194,880,367	30,990,757,899
Inversiones	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja por inversiones	0	0	0	0	0	0
Emisión de Bonos	0	0	0	0	0	0
Pagos de Capital	0	10,000,000,000	0	10,000,000,000	0	0
Pagos de Intereses	2,742,465,753	2,088,082,192	1,388,493,151	1,047,123,288	0	0
Flujo de Caja Financiero	-2,742,465,753	-12,088,082,192	-1,388,493,151	-11,047,123,288	0	0
Flujo de Caja	9,804,033,022	3,108,154,721	16,978,612,466	10,964,478,329	26,194,880,367	30,990,757,899
Saldo Inicial	4,322,488,730	14,126,521,751	17,234,676,472	34,213,288,939	45,177,767,268	71,372,647,635
Flujo de Caja Final	14,126,521,751	17,234,676,472	34,213,288,939	45,177,767,268	71,372,647,635	102,363,405,534

Tabla 17- Flujo de caja económico - financiero años 5 al 10 del sistema

Teniendo en cuenta todo lo demostrado, la evaluación positiva presenta resultados positivos, dando incluso un superávit que podría permitir la ampliación, recambio y mejora general del sistema con ingresos propios, antes del cumplimiento de la proyección de 10 años.

5.6.12 Evaluación financiera

Concepto	2,023	2,024	2,025	2,026	2,027	2,028
Utilidad antes de intereses e impuestos	0	2,680,125,143	4,228,117,392	5,952,841,275	8,029,077,490	10,251,284,023
(-) Impuestos (10%)	0	268,012,514	422,811,739	595,284,128	802,907,749	1,025,128,402
(-) Inversiones	31,900,000,000	0	0	0	0	0
(+) Depreciaciones	0	2,499,940,000	2,499,940,000	2,499,940,000	2,499,940,000	2,499,940,000
Flujo de Caja Libre	-31,900,000,000	4,912,052,629	6,305,245,653	7,857,497,148	9,726,109,741	11,726,095,621

Tabla 18- Evaluación financiera, años 0 al 5 del sistema

Concepto	2,029	2,030	2,031	2,032	2,033
Utilidad antes de intereses e impuestos	12,909,211,171	16,088,596,445	19,741,949,678	23,934,439,951	28,739,897,466
(-) Impuestos (10%)	1,290,921,117	1,608,859,645	1,974,194,968	2,393,443,995	2,873,989,747
(-) Inversiones	0	0	0	0	0
(+) Depreciaciones	2,499,940,000	2,499,940,000	2,499,940,000	2,499,940,000	2,499,940,000
Flujo de Caja Libre	14,118,230,054	16,979,676,801	20,267,694,710	24,040,935,956	28,365,847,719

Tabla 19- Evaluación financiera, años 6 al 10 del sistema

Los indicadores financieros de tasa de descuento, valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), en función a todos los datos del sistema, dan como resultado que el sistema de transporte parece ser una inversión muy atractiva desde el punto de vista financiero.

Tasa de Descuento	13.50%
Valor Actual Neto	31,430,073,884
TIR	28.49%

Tabla 20 - Tasa de Descuento, VAN y TIR del sistema

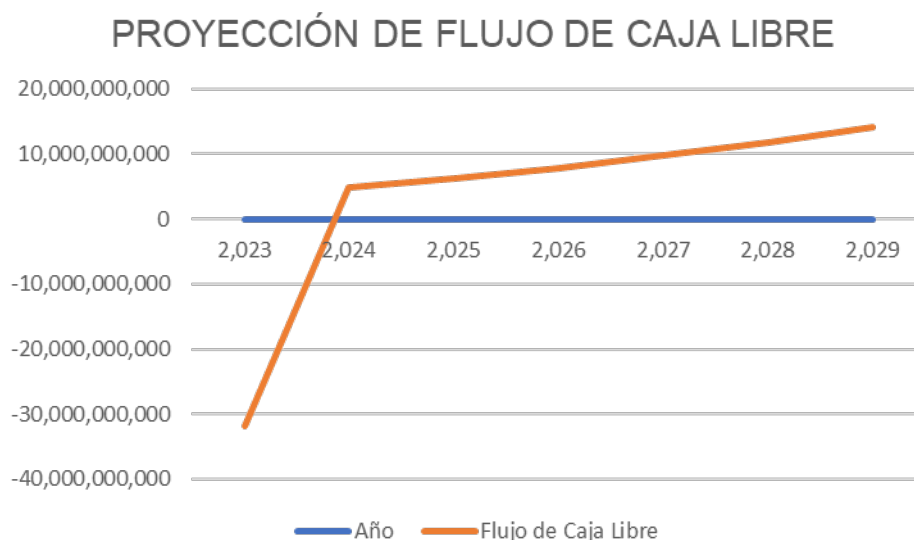


Ilustración 48- Proyección del flujo de caja libre

6.

SISTEMA DE BILLETAJE

6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE BILLETAJE

El sistema de billeteaje electrónico mejorará la eficiencia, seguridad y comodidad de los usuarios del transporte, a la par que permitirá un control preciso sobre los datos de viajes e ingresos económicos del sistema de transporte público.

6.1 Objetivos

- Implementar un sistema de billeteaje moderno y eficiente;
- Mejorar la puntualidad y la calidad del servicio de transporte;
- Facilitar el seguimiento en tiempo real de las unidades de transporte;
- Optimizar la gestión de rutas y horarios; y por, sobre todo,
- Aumentar la satisfacción de los usuarios.

6.2 Funcionalidades del sistema propuesto

- Venta y recarga de tarjetas de transporte;
- Validación de las tarjetas en las unidades de transporte;
- Seguimiento en tiempo real de la ubicación de los autobuses (estándar GTFS – RT);
- Posibilidad de planificar rutas y horarios en función de datos en tiempo real;
- Alertas y notificaciones a usuarios;
- Generación de informes y estadísticas para la autoridad de transporte.

El sistema debe ser accesible a través de aplicaciones móviles (iOS y Android), así como en una plataforma web para la administración del operador del sistema de transporte. También debe ser considerado la compatibilidad con los dispositivos de validación en las unidades de transporte.

El sistema de billeteaje deberá estar compuesto por 3 componentes principales: la aplicación móvil para los usuarios, la plataforma web de administración y los dispositivos de validación en autobuses.

La interfaz (UI) deberá ser intuitiva y fácil de usar. Los usuarios del sistema deberán poder comprar, recargar y gestionar sus tarjetas de transporte, así también poder acceder a información (rutas, horarios, eventualidades) sobre el sistema de transporte en tiempo real. Del mismo modo, en los validadores se deberá poder abonar vía QR en casos aislados, como usuarios temporales del sistema (ejemplo turistas, visitantes, entre otros).

La base de datos y el almacenamiento debe ser robusto, garantizando la seguridad y disponibilidad de los datos, ya que contendrá información de usuarios, transacciones, ubicación de los vehículos y otros datos relevantes para el sistema.

Sobre la infraestructura a desarrollar, para software, se sugiere el sistema operativo Rocky Linux, diseñado para entornos empresariales con rendimiento y seguridad robustos. Para hardware, los servidores de base de datos se sugiere un motor de base de datos PostgreSQL v15 con una cantidad mínima de 3 nodos, memoria RAM DDR4 de 8 Gb o superior, SDD de 256 Gb o superior y al menos 4 vCPUs (virtual CPU). Para los servidores de web App se estiman 3 nodos, 2 vCPUs, RAM DDR4 de 4Gb y SDD de 128 Gb.

Sobre los tiempos de desarrollo, se deberá contemplar en paralelo con la adquisición de los vehículos, mientras que la implementación piloto del sistema se deberá realizar una vez puesta en funcionamiento el sistema de transporte. Esto se desglosa en el cronograma desarrollado más adelante, en el apartado *Propuesta de Cronograma*.

7.

**AMBIENTE Y
SOSTENIBILIDAD**

7. ASPECTOS AMBIENTALES Y SOSTENIBILIDAD

En un estudio realizado por investigadoras de la Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (Noguera & Adam, 2014) se estimaron que las emisiones de fuentes móviles, en categoría de autobuses, con el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) como herramienta de cálculo, tenían los siguientes porcentajes de emisión estimado de gases contaminantes de un autobús que circula en Asunción:

97% CO₂ (Dióxido de Carbono): El CO₂ es un gas de efecto invernadero que se libera principalmente como resultado de la quema de combustibles fósiles, como petróleo, gas natural y carbón. Aunque no es tóxico en concentraciones bajas, el CO₂ contribuye al calentamiento global y al cambio climático cuando se acumula en la atmósfera.

2.17% NO_x (Óxidos de Nitrógeno): Los NO_x son un grupo de gases que incluyen el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Son contaminantes atmosféricos que se originan principalmente a partir de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales. Los NO_x pueden contribuir a la formación de ozono troposférico y partículas finas, y están asociados con problemas respiratorios y problemas de calidad del aire.

0.63% PM (Material Particulado): El PM, o material particulado, se refiere a pequeñas partículas sólidas o líquidas en el aire. El valor del 0.63% representa la fracción de partículas finas (PM_{2.5} o partículas con un diámetro de 2.5 micrómetros o menos) en la mezcla total de material particulado. El PM_{2.5} es un contaminante que puede ingresar profundamente en los pulmones y causar problemas respiratorios y de salud.

0.27% CO (Monóxido de Carbono): El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se produce principalmente durante la combustión incompleta de combustibles fósiles. Puede ser peligroso en concentraciones elevadas, ya que reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y puede causar intoxicación por monóxido de carbono.

0.1% SO_x (Óxidos de Azufre): Los SO_x son óxidos de azufre que se originan en gran parte de la quema de carbón y petróleo. Pueden contribuir a la formación de lluvia ácida y están asociados con problemas respiratorios y de calidad del aire.

0.06% VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles): Los VOC son una variedad de compuestos químicos orgánicos que pueden evaporarse fácilmente al aire. Proceden de diversas fuentes, incluyendo la industria y la combustión de combustibles fósiles. Los VOC pueden contribuir a la formación de ozono troposférico y son precursores de la contaminación del aire.

Considerando los buses que actualmente forman parte del sistema de transporte de la ciudad de Encarnación son similares en características a los descritos por el mencionado estudio -vehículos con motores diésel con antigüedad mayor a 10 años-, se puede tomar como parámetro la mejora en la calidad de emisiones estimada por el mismo.

Dicha mejora se refiere a una reducción en hasta 96% en emisión de PM, 60% para NO_x, 19% para CO y VOC, 13% para CO₂ y 91% para SO_x.

8.

IMPLEMENTACIÓN

8. PLANIFICACIÓN Y PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

8.1 Planificación de la gestión operativa y mantenimiento del sistema

Los lineamientos básicos considerados para la planificación de la gestión operativa y mantenimiento se dividen y ahondan en los siguientes puntos:

8.1.1 Operaciones

- **Operador del sistema:** Identificar y seleccionar un operador competente y experimentado que se encargue de la ejecución diaria del sistema de transporte público. En el caso concreto para este sistema de transporte y considerando el planteamiento económico – financiero de mantener una tarifa técnica por debajo de los 6,000 Gs, se sugiere mantener a la Municipalidad de Encarnación como el operador del sistema, a través de sus funcionarios designados.
- **Programación de rutas y horarios:** Definido por la propuesta ajustada del SITE.
- **Frecuencia de servicio:** La frecuencia del servicio se adaptará en base a la flota inicial de 35 buses, asegurando que la información proporcionada a los usuarios sea transparente y precisa. Si se identifica la necesidad de incrementar la flota, una solución viable podría ser la incorporación de buses del sistema actual que cumplan con estándares de circulación definidos. Estos se integrarían con las tecnologías más recientes y operarían en rutas circulares, garantizando así la calidad y frecuencia del servicio.
- **Tecnología y sistemas de Información:** Se implementará un sistema de datos abiertos para dar seguimiento en tiempo real, denominado Especificaciones Generales para la Alimentación de Datos de Transporte Público (GTFS por sus siglas en inglés) utilizando tecnología GPS y datos del sistema de billeteo electrónico como captadores de información, proveyendo así información veraz al usuario sobre la ubicación, velocidad y tiempos de llegada, salida y retrasos en los itinerarios de los autobuses.
- **Personal y capacitación:** se consideran contratos y capacitación acorde para conductores y personal de atención al cliente, teniendo en cuenta que se persigue un sistema de transporte modelo para el país y la región. Entre las habilidades a desarrollar se contempla capacitaciones en amabilidad y trato hacia las personas, resolución de conflictos, manejo de situaciones con personas con discapacidad, conocimiento del vehículo a su cargo y familiaridad con el sistema de transporte, incluyendo una noción acerca del sistema de billeteo electrónico.
- **Tarifas y cobro de Pasajes:** Los estudios para el ajuste en torno a la tarifa técnica deberán realizarse al menos una vez al año, considerando que la mayor parte de la flota poseerá motores a combustión, siendo que el precio del combustible para los mismos está sujeto a variaciones volátiles. Se sugiere establecer una estructura tarifaria justa y accesible para los usuarios. El uso del sistema de billeteo electrónico transparentará el precio de la tarifa.

8.1.2 Mantenimiento

- **Mantenimiento preventivo:** Se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo para todos los vehículos y la infraestructura del sistema. Esto incluye revisiones regulares, cambios de aceite, inspecciones técnicas, y mantenimiento de vías de circulación y las paradas de autobuses. Esto asegurará la extensión de la vida útil de todo el sistema. Este programa deberá ser desarrollado y coordinado por el equipo técnico designado por el operador del sistema.
- **Talleres y equipos:** Dentro del presupuesto estimado para la definición de la tarifa técnica, se consideró una inversión inicial de Gs. 680,000,000. – (seiscientos ochenta millones) a fin de construir y adecuar 1,200 m² de instalaciones destinadas a talleres de mantenimiento y resguardo. A su vez, se consideró un gasto de más de Gs. 150,000,000. – (ciento cincuenta millones) mensuales destinados a repuestos y accesorios a fin de asegurar un inventario adecuado para el debido mantenimiento de las unidades.
- **Monitoreo de flota:** el sistema de seguimiento y monitoreo de la flota permitirá identificar y abordar problemas mecánicos de manera oportuna. La comunicación en tiempo real y la tecnología a implementar brindará mejoras sustanciales en el mantenimiento de la calidad del servicio.
- **Infraestructura:** Mantener en buen estado las paradas, terminales, estaciones y cualquier infraestructura relacionada con el sistema. Reparar y renovar según sea necesario. En el plan financiero

considerado para la definición de la viabilidad del sistema y la tarifa técnica, no se consideraron inversiones en infraestructura durante el periodo de pago del empréstito inicial -7 años-, sin embargo, el sistema permitiría, al finalizar el periodo de pago, un ingreso estimado de más de Gs. 70,000,000,000 (setenta mil millones), con lo cual se podría renovar y/o aumentar la flota, o mantener y mejorar la infraestructura del servicio.

- **Seguridad:** la seguridad de los usuarios y el personal deberá ser garantizada mediante inspecciones regulares de seguridad, capacitación en seguridad vial y medidas de seguridad en las paradas y estaciones. Se pretende también que todos los vehículos estén equipados con cámaras de seguridad, tanto internas como externas y las grabaciones queden almacenadas por al menos 6 meses.
- **Sostenibilidad:** Se sugiere integrar prácticas de mantenimiento sostenible, como la gestión adecuada de residuos y el uso eficiente de recursos energéticos.
- **Auditorías y evaluaciones:** la realización de auditorías periódicas de al menos una vez al año para evaluar la calidad del mantenimiento y la eficiencia operativa debe ser una constante, realizando mejoras continuas a partir de los resultados. Se sugiere buscar certificaciones del tipo ISO 9001 a la gestión de la calidad de procesos o similares a fin de garantizar la mejora continua.

8.2 Capacitación del personal

Este es un aspecto crítico en lo que respecta a la operación y mantenimiento eficiente del sistema de transporte público. Un personal bien entrenado y actualizado en sus conocimientos y habilidades es esencial para garantizar la seguridad, la calidad del servicio y la eficiencia operativa. Algunos aspectos clave a considerar para la capacitación del personal son:

8.2.1. Capacitación de Conductores

- **Conducción segura:** las capacitaciones permanentes en técnicas de conducción segura deben incluir el respeto de las normas de tránsito, el manejo de situaciones de emergencia y la conducción eficiente para reducir el consumo de combustible y las emisiones.
- **Interacción con Pasajeros:** Se debe proporcionar formación sobre la atención al cliente y la interacción positiva con los pasajeros para garantizar un servicio amigable y respetuoso. Se deberá poner especial énfasis en el trato a personas con discapacidad, considerando que las unidades a ser adquiridas tendrán un importante componente de accesibilidad.
- **Uso de Equipos:** considerando el sistema de tecnología a bordo, como sistemas de cobro electrónico y la comunicación con el centro de control, los conductores deben ser instruidos en su uso adecuado.

8.2.2. Mantenimiento y Técnico:

- **Mantenimiento preventivo:** El personal encargado del mantenimiento debe recibir formación en las mejores prácticas de mantenimiento preventivo para garantizar que los vehículos estén en óptimas condiciones operativas.
- **Reparaciones y solución de problemas:** Los técnicos de mantenimiento deben estar capacitados para realizar diagnósticos precisos y reparaciones eficientes en caso de averías.

8.2.3. Atención al Cliente y Servicio al Pasajero

- **Formación en Atención al Cliente:** El personal de atención al cliente en paradas, terminales y ventanillas de venta debe estar capacitado en habilidades de servicio al cliente y en el conocimiento de las tarifas y horarios.
- **Manejo de Situaciones Especiales:** Se debe proporcionar capacitación para lidiar con situaciones especiales, como pasajeros con necesidades especiales o incidentes de seguridad.

8.2.4. Seguridad

- **Seguridad en el Transporte Público:** El personal debe recibir capacitación en medidas de seguridad, incluyendo la prevención de accidentes y la respuesta a emergencias, como incendios o situaciones de crisis.

8.2.5. Actualización

- **Formación Continua:** La capacitación debe ser un proceso continuo. El personal debe recibir actualizaciones periódicas para mantenerse al tanto de las últimas prácticas y regulaciones.

8.2.6. Normativas y Regulaciones

- **Cumplimiento Normativo:** Todos los miembros del personal deben estar familiarizados con las leyes y regulaciones relacionadas con el transporte público y deben cumplirlas rigurosamente.

8.2.7. Comunicación Interna

- **Comunicación Efectiva:** Fomentar una comunicación efectiva dentro del personal para compartir conocimientos y experiencias que puedan beneficiar a toda la operación. Se sugiere establecer políticas claras en torno a la comunicación desde un primer momento y entrenar al personal sobre el mismo, a fin de evitar inconvenientes futuros.

La capacitación del personal es un proceso continuo que no solo garantiza la seguridad y la calidad del servicio, sino que también contribuye a la satisfacción del personal y al éxito general del sistema de transporte público. Además, la inversión en capacitación puede llevar a una operación más eficiente y a una reducción de costos a largo plazo al prevenir accidentes y averías costosas. Por lo tanto, es esencial que las agencias de transporte público asignen recursos y tiempo adecuados para la capacitación continua de su personal.

8.3 Estrategia de comunicación y participación ciudadana

Una estrategia de comunicación y participación ciudadana enfocada en el transporte público podría incluir varios componentes para asegurar que la comunidad esté informada y tenga la oportunidad de contribuir en las decisiones relacionadas con el sistema de transporte.

- **Información clara y accesible:** Utilizar diversos canales de comunicación como redes sociales, sitios web oficiales, y medios de comunicación locales para informar al público acerca de las mejoras planeadas, tarifas, y otros cambios relevantes en el transporte público.
- **Consultas públicas:** Realizar encuestas y foros en línea, así como asambleas ciudadanas y talleres participativos para recoger la opinión de la comunidad acerca de temas como la ubicación de nuevas estaciones, la frecuencia de los servicios y las tarifas.
- **Transparencia:** Mantener un flujo constante de información que permita a los ciudadanos conocer cómo se están utilizando los recursos, los progresos de los proyectos en curso y cómo se toman las decisiones.
- **Retroalimentación continua:** Establecer mecanismos de retroalimentación continua, como aplicaciones móviles y líneas directas, donde los ciudadanos puedan reportar problemas o hacer sugerencias acerca del servicio de transporte público. Esto puede darse a través de la aplicación a ser desarrollada para el billete electrónico.
- **Educación y concienciación:** Implementar programas educativos que fomenten el uso del transporte público y conciencien sobre su impacto en la movilidad urbana y el medio ambiente.

Al integrar estos elementos en una estrategia cohesiva, la autoridad regente del sistema de transporte puede asegurar que los proyectos de transporte público sean más eficaces y mejor recibidos por la comunidad.

8.4 Esquema de cronograma sobre la construcción y puesta en marcha del sistema.

Se prevé un periodo total de implementación de 12 meses, iniciando con el llamado a compra vía licitación de los buses eléctricos y a combustión con puesta en funcionamiento a 120 días. A la vez, se debe iniciar el desarrollo del sistema de billete electrónico, el cual durará 3 meses en fase de desarrollo inicial y 8 meses en fase de implementación y prueba continua.

Durante los 60 días previos a la implementación del sistema de billete, se sugiere una campaña comunicacional agresiva a fin de concienciar a la ciudadanía sobre el uso de las tarjetas, itinerarios definidos y lugares de pago y adquisición.



Tabla 21- Gantt esquemático del cronograma del sistema de transporte

9.

EVALUACIÓN

9. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

9.1 Indicadores de rendimiento para medir el éxito del sistema

Considerando que la examinación constante es clave para valorar y cuantificar el éxito del sistema de transporte público, se proporcionan las siguientes métricas cuantitativas y cualitativas que permitirán detectar áreas de posible mejora y tomar decisiones respaldadas por datos. Casi todos los datos pueden ser recabados por el sistema de billeteo electrónico, el sistema GTFS y por encuestas, censos e información interna, exceptuando los datos necesarios para la evaluación ambiental, el cual requerirá la compra de equipos propios.

1- **Uso y demanda**

- a. Tasa de Ocupación: mide el nivel de ocupación de los vehículos en diferentes momentos del día.
- b. Índice de Carga: evalúa la cantidad de pasajeros transportados en relación con la capacidad máxima de los vehículos. Una alta tasa de ocupación indica eficiencia.

2- **Puntualidad y fiabilidad**

- a. Índice de Puntualidad: Mide la proporción de vehículos o servicios que llegan a tiempo según lo programado. Un alto índice de puntualidad indica un sistema confiable.
- b. Índice de Regularidad: Evalúa la consistencia en los intervalos de tiempo entre vehículos o servicios. Menos variabilidad en los tiempos de espera es un indicador positivo.

3- **Accesibilidad y cobertura**

- a. Índice de Accesibilidad: Mide la facilidad con la que las personas pueden acceder a las paradas y estaciones de transporte público desde sus ubicaciones. Una mayor accesibilidad mejora la utilidad del sistema.
- b. Cobertura de Servicio: Evalúa la extensión geográfica del servicio de transporte público y su capacidad para llegar a áreas pobladas.

4- **Calidad del servicio**

- a. Índice de Satisfacción del Usuario: Encuestas regulares para medir la satisfacción de los usuarios con la calidad del servicio, la atención al cliente y otros aspectos relevantes.
- b. Número de Quejas: El seguimiento de las quejas y reclamaciones de los usuarios puede indicar áreas problemáticas que necesitan atención.

5- **Innovación tecnológica**

- a. Adopción de Tecnología: Evalúa la implementación de mejoras tecnológicas en diversos aspectos como pagos, seguimiento de unidades y demanda en tiempo real y aplicaciones móviles para el usuario. Se Sugiere dar continuidad durante un lapso prudente de al menos 6 meses a fin de evaluar consistentemente la implementación de nuevas tecnologías. A su vez, hay que considerar que, en ocasiones, la adopción o rechazo de una tecnología viene acompañado con la apertura y madurez de una población hacia la integración tecnológica.

6- **Eficiencia Operativa y Financiera**

- a. Índice de Costo por Kilómetro o por Pasajero: Mide la eficiencia en el uso de recursos financieros y humanos para brindar el servicio.
- b. Ingresos y Gastos: Evalúa la sostenibilidad financiera del sistema, comparando los ingresos generados por tarifas con los costos operativos.

7- **Seguridad**

- a. Índice de Seguridad: Registra accidentes y eventos de seguridad en el sistema y mide la efectividad de las medidas de seguridad implementadas.

8- Sostenibilidad Ambiental

a. Emisiones de Contaminantes: Evalúa las emisiones de gases contaminantes de la flota de transporte público y su contribución a la calidad del aire. Se sugiere la instalación de equipos medidores de partículas para monitorear la concentración de PPM en el aire en diversos puntos de los itinerarios con el fin de captar información. Así también, la compra de al menos un analizador de gases de escape para evaluar los autobuses diésel.

9- Integración Multimodal

a. Índice de Transferencias: Mide la facilidad y eficiencia de las transferencias entre diferentes modos de transporte público.

10- Impacto en la Movilidad Urbana

a. Reducción del Tráfico Vehicular: Mide el impacto del sistema en la reducción de la congestión vehicular y el tiempo de viaje en la ciudad.

Estos indicadores permiten una evaluación holística del sistema de transporte público y ayudan al operador del sistema en la toma de decisiones al momento de identificar áreas de mejora y a medir el progreso hacia objetivos específicos, como la mejora de la calidad del servicio, la sostenibilidad y la accesibilidad. La recopilación y el análisis de datos de rendimiento son fundamentales para la toma de decisiones informadas y la optimización continua del sistema.

9.2 Mecanismos de revisión y ajuste a lo largo del tiempo

Los indicadores descritos en el apartado anterior deben ser implementados en mecanismos que permitan mantener el sistema eficiente, efectivo y alineado a las necesidades de la comunidad.

- **Evaluación de desempeño y rendimiento:** Regularmente se deben realizar evaluaciones exhaustivas del desempeño del sistema de transporte público. Esto implica la recopilación y análisis de datos sobre puntualidad, ocupación, satisfacción del usuario, emisiones, ingresos y gastos, entre otros indicadores clave.
- **Encuestas a usuarios:** Realizar encuestas periódicas a los usuarios para obtener retroalimentación sobre sus necesidades y preferencias. Esto puede incluir preguntas sobre la calidad del servicio, la accesibilidad y la satisfacción general.
- **Revisión de tarifas:** Evaluar periódicamente la estructura tarifaria y las tarifas en función de la inflación, los costos operativos y la capacidad de pago de la población. Realizar ajustes tarifarios según sea necesario.
- **Auditorías externas:** La contratación de auditorías externas para revisar la gestión financiera y operativa del sistema y asegurarse de que se estén cumpliendo los estándares y regulaciones será de gran utilidad para asegurar la calidad del sistema.
- **Participación ciudadana:** Involucrar a la comunidad en el proceso de revisión y ajuste. Realizar consultas públicas y talleres participativos para obtener aportes valiosos de los ciudadanos.
- **Análisis de demanda futura:** Considerar proyecciones demográficas y de crecimiento urbano para anticipar cambios en la demanda de transporte público y planificar en consecuencia.
- **Tecnología e innovación:** Estar al tanto de las últimas tecnologías y tendencias en transporte público, como la implementación de vehículos más limpios y eficientes favorecerá a la calidad del sistema.
- **Sostenibilidad ambiental:** Evaluar constantemente la sostenibilidad ambiental del sistema y buscar oportunidades para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética.
- **Evaluación de impacto de proyectos:** Si se planean extensiones de rutas o mejoras en la infraestructura, llevar a cabo evaluaciones de impacto para comprender cómo afectarán al sistema en su conjunto.
- **Planificación a largo plazo:** analizar periódicamente el plan de transporte público para abordar las necesidades futuras y establecer una visión a largo plazo para el sistema es clave.
- **Coordinación interinstitucional:** Mantener una comunicación efectiva entre las diferentes entidades responsables del sistema de transporte público, como el Viceministerio de Transporte, otros operadores y organismos reguladores.

- **Flexibilidad en el diseño:** Diseñar el sistema con flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda, tecnología o regulación sin requerir modificaciones costosas o significativas.
- **Evaluación permanente del costo-beneficio:** Realizar evaluaciones de costo-beneficio para determinar la rentabilidad de las inversiones en infraestructura y servicios adicionales.

Revisar y ajustar continuamente esta propuesta y otras, es fundamental para garantizar que el sistema de transporte público sea eficiente, sostenible y capaz de satisfacer las necesidades cambiantes de la comunidad a lo largo del tiempo. Estos mecanismos ayudan a optimizar el rendimiento del sistema y a mantener su relevancia en un entorno en constante evolución.

9.3 Participación ciudadana

Al ser un servicio público, la participación ciudadana constituye una piedra fundamental en la revisión y mejora del sistema, promoviendo la transparencia y aceptación de las medidas propuestas. Se podrá impulsar la transparencia a través de la apertura en la provisión de datos del sistema GTFS, y el mantener un canal comunicacional bidireccional mediante la aplicación móvil y la página web del operador del servicio supondrá una retroalimentación continua para la calidad del servicio.

10.

CONCLUSIONES

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto de transporte público propuesto es ambicioso e integral, con un enfoque en la modernización y la eficiencia. La tarifa técnica de 5,600 guaraníes podría ser reducida a 5,000 guaraníes si se establece un subsidio adecuado alineado con los ingresos del municipio. Estas tarifas podrían ser aceptadas por los usuarios siempre y cuando se comunique de forma transparente y el sistema cumpla con las expectativas de los usuarios. El plan de amortización de la emisión de bonos a los 7 años muestra una estrategia de financiamiento a largo plazo que, si se ejecuta correctamente, podría ser sostenible, e incluso, podría ampliar la flota y el sistema en un corto periodo de tiempo.

La inversión inicial de 31.900.000.000 guaraníes es considerable, pero se justifica mediante la evaluación cuidadosa del retorno de la inversión, que incluye tanto ingresos directos como beneficios sociales y ambientales para la comunidad. La implementación de tecnologías como GTFS Real Time y el billete electrónico están en línea con las mejores prácticas internacionales y aumentarán significativamente la eficiencia y la experiencia del usuario.

La reestructuración de los itinerarios, al cambiar de corredores que recorren aproximadamente 63,800 km mensuales a troncales, ramales y circulares que cubren 252,000 km mensuales, es una modificación significativa que deberá ser comunicada claramente a la ciudadanía para asegurar su aceptación y éxito.

En lo que respecta al análisis de factibilidad financiera, se observa claramente que el sistema de transporte parece ser una inversión muy atractiva, ya que la TIR y el VAN positivo sugieren que se espera que el proyecto genere rendimientos sustanciales en comparación con el costo de capital.

En resumen, esta consultoría presenta una visión completa y actualizada del transporte público, que integra tecnología, eficiencia operativa y una estrategia de financiamiento sólida. Sin embargo, el éxito del proyecto dependerá en gran medida de la ejecución detallada, la transparencia en la gestión y la participación de los ciudadanos en cada etapa.

11.

AGRADECIMIENTOS

11. COLABORACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Gracias al compromiso y meticulosidad del Mg. En Finanzas Alejandro Casafúz, este trabajo cuenta con un análisis detallado y preciso de los datos económicos – financieros del sistema.

La Arq. Ingrid Juilfs ha sido esencial en la elaboración de las imágenes y en la estructuración del informe. Del mismo modo, se aprecia profundamente la guía del Arq. Keiji Ishibashi y el Dr. Virgilio Benítez, quienes facilitaron conexiones valiosas con otros profesionales. Además, es fundamental reconocer al equipo técnico de transporte de la Municipalidad de Encarnación, cuya aportación de datos fue crucial para el desarrollo del proyecto. En lo que respecta a información sobre billeteo electrónico, el especialista Gustavo Riart ha sido clave en proveer información veraz y certera.

Finalmente, y no menos importante, al Dr. Ricardo Cabrera por la idea de apalancar el sistema a través de una administración pública, y al Intendente Municipal de la Ciudad de Encarnación, Don Luis Yd, por la confianza y voluntad política para encaminar el presente proyecto.

12.

BIBLIOGRAFIA

12. BIBLIOGRAFÍA

- Hirosue, F., Romão, M., & Zanella, C. (2022). *MÉTODO NEC PARA CÁLCULO DOS CUSTOS E DA TARIFA DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ÔNIBUS*. 1–15.
- Ishibashi, K., Benitez, V., & Estudiantes Arquitectura UCI. (2022). *Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación - SITE - Informe preliminar sobre la situación actual de la movilidad y la demanda potencial*.
- Ishibashi, K., Benitez, V., & UCI, E. A. (2022). *Estudios de Movilidad Urbana para la Revisión del Plan del Sistema de Transporte Integrado de Encarnación - SITE - Síntesis y Diagnóstico + Formulación de las Recomendaciones de ajuste para el Plan del Sistema de Transporte Integrado*.
- Noguera, M., & Adam, F. (2014). *Estimación de Inventario de Emisiones de autobuses de la ciudad de Asunción empleando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares – IVE*.
- Wirasinghe, S. C., & Ghoneim, N. S. (1981). Spacing of Bus-Stops for Many To Many Travel Demand. *Transportation Science*, 15(3), 210–221. <https://doi.org/10.1287/trsc.15.3.210>