

## Capítulo 7 El Plan Maestro

### 7.1 Visión

La visión describe la situación futura del Área Metropolitana que se alcanzará mediante el plan maestro. Se resume en una definición simple que se muestra a continuación.

El Área Metropolitana de Santa Cruz en el año 2035, el centro estratégico del Departamento y de corredores internacionales, será una región ambientalmente sostenible e integrada con un sistema de transporte multimodal de alta movilidad y accesibilidad que proporciona a todos los ciudadanos opciones de transporte seguro, conveniente, cómodo y razonable.

A continuación se presenta el desglose de la visión:

#### **Área Metropolitana**

El Área Metropolitana está integrada con una red de transporte adecuado.

#### **Población**

El Área Metropolitana contará con una población de 3 millones de habitantes en 2035, con una migración continua desde otras áreas del departamento y otros departamentos de Bolivia.

#### **Economía**

El Área Metropolitana será uno de los centros estratégicos del departamento, del país, además de constituir corredores internacionales en términos de agricultura, industria manufacturera, comercio interior, comercio exterior y cultura. La agricultura es la industria más importante dentro del Área Metropolitana, que proporciona una serie de oportunidades de negocio. La industria manufacturera también desempeñará un papel importante en la economía metropolitana, proporcionando oportunidades de empleo para las personas en el Área Metropolitana. La exportación de productos agrícolas y manufacturados promoverá la industria del comercio. El Área Metropolitana será el centro logístico para el comercio nacional e internacional con instalaciones logísticas y corredores para mercancías.

#### **Movilidad y Accesibilidad**

El transporte público será estable, fiable, seguro y razonable para todos los ciudadanos. Los municipios de la región metropolitana establecerán condiciones de accesibilidad dignas para todos los ciudadanos, las cuales serán vinculantes para todos los sistemas y medios de transporte público. El nivel de los servicios del transporte público será satisfactorio con suficiente red y frecuencia. Será muy conveniente este modo de transporte y la gente estará dispuesta a utilizar el sistema de transporte público.

El Área Metropolitana estará vinculada mediante una red vial adecuada y los sistemas de transporte público, los cuales cuentan con todas sus vías pavimentadas y en excelentes condiciones de servicio.

Se les dará una mayor prioridad a las redes peatonales, que deberán ser accesibles con seguridad, comodidad, y bienestar para el desplazamiento de todas las personas. En segundo lugar en prioridad estarán las redes de bicicletas, las cuales deberán desarrollarse estableciendo objetivos de corto de corto, mediano y largo plazo; le sigue en orden de importancia el transporte público y en último lugar el automóvil privado.

## **Oportunidad**

Las personas tienen igualdad de oportunidades en elegir un modo de transporte adecuado para acceder a todas las comunidades del Área Metropolitana, sin distinción de edad, género, ingresos, condición física y mental o estatus social.

Los resultados de los estudios de tráfico muestran que hay una gran brecha de género en cuanto a oportunidad y disponibilidad de viajes.

Las mujeres realizan menos viajes con distancias más cortas que los hombres. La tasa de viaje de las mujeres es menor que la de los hombres como se describe en el Capítulo 5. La distancia promedio de las mujeres desde el hogar al lugar de trabajo es de 4,3 km, la cual es ligeramente más corta que la misma de los hombres que es de 5,0 km.

El porcentaje de las personas con licencia de conducir en los hombres es del 39,4%, mientras que en las mujeres llega a tan solo el 7,6%. Esto quiere decir que las mujeres tienen menos alternativas para sus viajes comparado con los hombres. Cuando el transporte público no está disponible, las mujeres no pueden realizar un viaje de larga distancia mientras que los hombres sí pueden hacerlo conduciendo un automóvil. Se ha calculado algunos porcentajes para las personas que pueden tener licencia de conducir (a partir de los 18 años de edad) de la siguiente manera. El transporte público representa el 68,2% de los modos principales de los viajes de las mujeres, mientras que en los viajes de los hombres este representa el 55,4%. El taxi y el mototaxi son importantes para las mujeres con participación modal del 6%, mientras que en los hombres es del 4%. La participación modal del mototaxi es del 2,3% para las mujeres y 1,4% para los hombres. La seguridad de tráfico del mototaxi es importante para los viajes de las mujeres. Los viajes realizados a pie por hombres y mujeres representan el 15,5% y el 21,3% respectivamente.

## **Desarrollo Sostenible**

El crecimiento urbano está bien controlado con consideraciones ambientales adecuadas. Los recursos hídricos, las tierras agrícolas, los bosques están bien conservados. El Área Metropolitana gozará de alta calidad de aire controlando la contaminación causada por vehículos, con metas concretas en la reducción de CO<sub>2</sub>. El sistema de transporte público contribuye al desarrollo sostenible. El área urbanizada está adecuadamente densificada para lograr servicios de transporte eficientes. El desarrollo urbano y regional debe considerar las componentes social, económica y ambiental dentro de un enfoque de sostenibilidad con la participación activa y la coordinación de personas, empresas privadas e instituciones junto a los diferentes niveles del estado, los municipios, el departamento y del gobierno central.

## **Transporte No Motorizado**

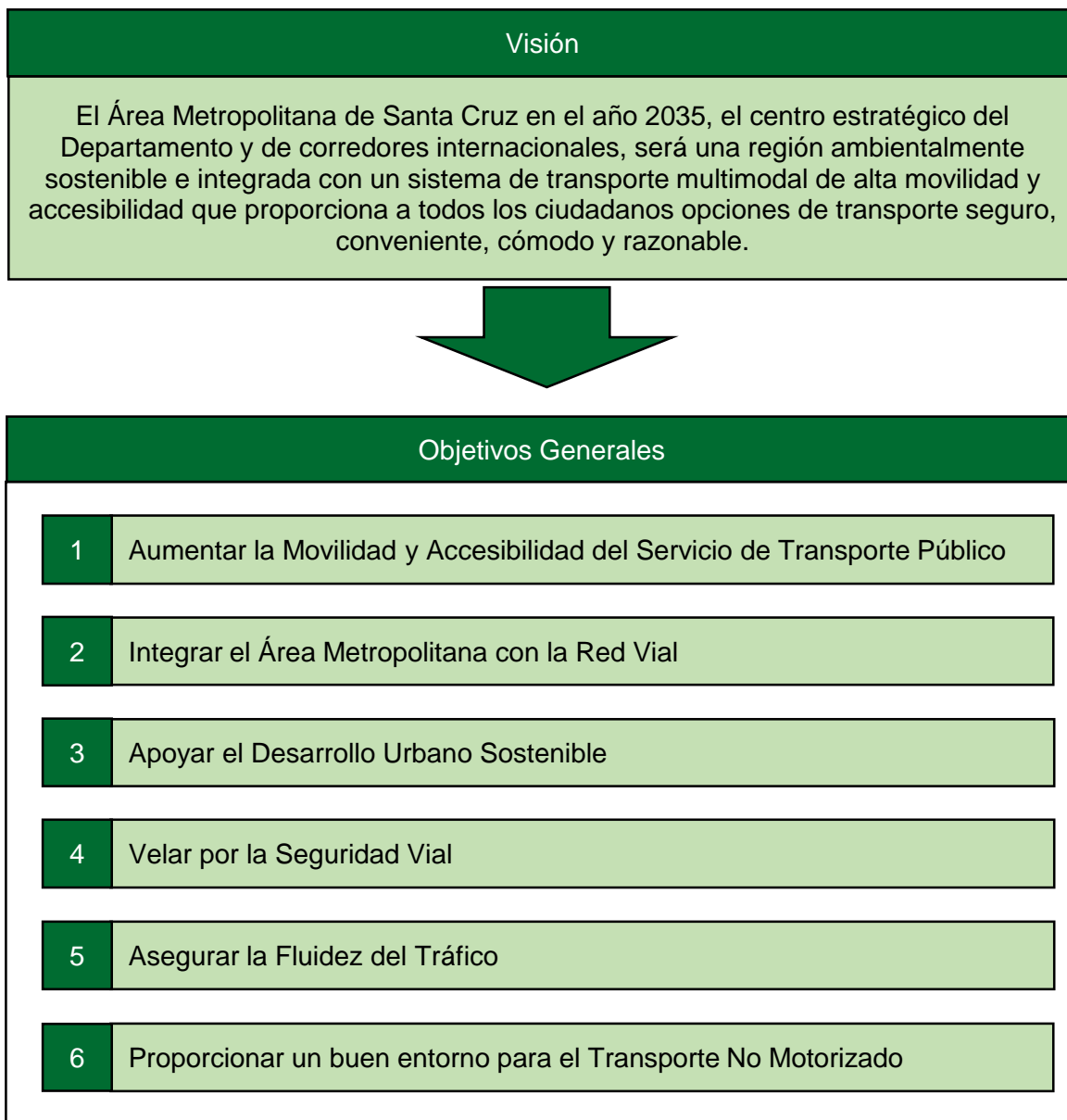
Las personas disfrutarán caminado y andando en bicicleta en un ambiente seguro y confortable, lo que contribuirá a una vida saludable. La infraestructura urbana estará adecuadamente diseñada brindando buenas condiciones a los usuarios con movilidad reducida, personas de tercera edad, mujeres embarazadas, niñas y niños. La bicicleta será uno de los modos de transporte no sólo por recreación, sino también de uso diario.

## **Vías**

Las vías en el Área Metropolitana estarán en buenas condiciones. La gente no sufrirá de la congestión del tráfico con una adecuada gestión de tránsito y un buen sistema de transporte público. Se planeará un sistema vial mediante políticas y condiciones que fomenten la caminata, el uso de la bicicleta y el transporte público considerando la Intermodalidad, y que desincentive el uso del automóvil.

## 7.2 Objetivos Generales

Los objetivos generales son un conjunto de enfoques del sector del transporte que son necesarios para lograr la visión. Hay siete objetivos generales, como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.2-1 Visión y Objetivos Generales**

Estos objetivos generales han sido identificados mediante las siguientes justificaciones.

### 7.2.1 Aumentar la Movilidad y Accesibilidad del Servicio de Transporte Público

El aumento de la población y el crecimiento económico en el Área Metropolitana hacen que se incremente el número de automóviles privados. Si continúa la tendencia actual del incremento en la cantidad de vehículos, el Área Metropolitana seguirá el mismo camino que han experimentado muchas mega ciudades del mundo que sufren de una fuerte congestión.

En la actualidad, la tenencia de automóviles privados en el Área Metropolitana se estima en 151 vehículos por cada 1000 habitantes, que sigue siendo baja en comparación con otros países de mayor nivel económico. Si no se toma ninguna medida, se calcula que la tenencia de automóviles alcanzará los 327 vehículos por 1000 habitantes en el 2035. Esto significa que el número de vehículos aumentará tres veces el nivel actual considerando que se estima que la población será de 1,5 veces. Esto impedirá el logro de la visión debido a las siguientes razones.

- 1) En primer lugar, causará más congestión del tráfico, lo que deteriorará la movilidad de todas las personas, incluidos los usuarios de automóviles privados y los usuarios de transporte público.
- 2) En segundo lugar, aumentarán las emisiones de gases vehiculares que causarán la contaminación del aire. También reducirá el nivel de los servicios de transporte público, que ya es uno de los problemas del Área Metropolitana.
- 3) Si los servicios de transporte público se mantienen en las mismas condiciones que hoy en día se verán tremendamente perjudicados, empeorando las condiciones de transporte y movilidad de gran parte de la población.

Es por estas razones que es necesario mejorar la calidad de los servicios de transporte público para brindar alternativas de transporte adecuadas y atractivas al ciudadano, que compitan con el uso del automóvil.

## **7.2.2 Integrar el Área Metropolitana con la Red Vial**

Para lograr la visión como Centro Regional, todos los municipios deben estimular la industria en función a su potencial de desarrollo, como la agricultura, la manufactura, el turismo, el comercio, etc. La infraestructura de transporte contribuye a ese desarrollo económico conectando lugares de demanda y oferta y aumentando las oportunidades de las personas para visitar cada municipio, aunque el actual sistema de transporte no necesariamente satisface la interconexión entre los municipios del Área Metropolitana. La actual red vial forma una estructura urbana poli céntrica, conectando el municipio central de Santa Cruz de la Sierra con otros municipios, mientras la conexión entre los otros municipios es muy débil.

La rápida expansión del área urbanizada como un estilo de desarrollo de expansión provocó una fuerte concentración del tráfico hacia las avenidas radiales, desde las áreas suburbanas hasta el centro de Santa Cruz de la Sierra, sin avenidas circulares adecuadas. Por lo tanto, el Área Metropolitana debe estar integrada con una red vial adecuada.

## **7.2.3 Apoyar el Desarrollo Urbano Sostenible**

Actualmente, el desarrollo urbano por parte de los desarrolladores inmobiliarios del sector privado es muy activo, y el área de urbanizaciones aprobadas es ya tan grande como para acomodar a toda la población proyectada hasta el año 2035, mediante políticas de densificación urbana. Sin embargo, sin medidas de control al respecto, la tendencia de desarrollo urbano en el área metropolitana continuará como hasta ahora, se espera que haya más y más urbanizaciones en el Área Metropolitana, lo que resultará en extensas áreas urbanizadas de baja densidad. Los problemas de expansión urbana de baja densidad han sido evidentes. Las rutas de transporte público en áreas de baja densidad no pueden recoger bastantes pasajeros como para que el negocio sea económicamente rentable, lo que resulta en el deterioro de los servicios de transporte público en términos de frecuencia, tarifa, confiabilidad y tiempo de viaje. Debido a esto se incrementará el número de vehículos particulares, porque en áreas de baja densidad donde los servicios de transporte público no

son satisfactorios, la gente dependerá de vehículos particulares. Dado que la inversión en infraestructura no es rentable, la expansión urbana de baja densidad causará el deterioro de servicios públicos como ser del agua, drenaje y calles. El desarrollo urbano sostenible anhela formular un área urbanizada con una densidad poblacional apropiada con suficientes servicios públicos, preservando el entorno natural.

#### **7.2.4 Velar por la Seguridad del Tráfico**

La cantidad de muertes relacionadas con el tránsito vehicular por 100.000 habitantes en Santa Cruz era de 31,3 en el 2012, la cual es más alta que el promedio nacional de 15,5 (calculado sobre la base de datos del INE). Los accidentes de tráfico que van en aumento es una seria amenaza al desarrollo urbano sostenible. Las muertes, las heridas, los daños a vehículos y los daños a otros objetos físicos ocasionan pérdidas económicas. El alto nivel de accidentes de tráfico es un factor negativo para la promoción de inversiones en el Área Metropolitana. Incluso si se alcanzara un alto nivel de movilidad reduciendo el tiempo de viaje, no es sostenible si aumentan los accidentes de tráfico por la alta velocidad de los vehículos. La seguridad del tráfico es una de las preocupaciones mayores en la problemática del transporte en el Área Metropolitana. Por lo tanto, asegurar la seguridad vial es una de las condiciones preliminares para alcanzar la visión.

#### **7.2.5 Asegurar la Fluidez del Tráfico**

Además de los accidentes de tráfico, la congestión vehicular, especialmente en el centro del Área Metropolitana, es uno de los graves problemas del sector del transporte. La congestión vehicular es también un factor negativo para atraer inversiones y una amenaza al desarrollo económico del Área Metropolitana como Centro Regional. El nivel de movilidad urbana es muy bajo si hay un alto nivel de congestión vehicular. Esto también provoca problemas ambientales debido a las emisiones vehiculares en las vías congestionadas. La congestión vehicular en el centro histórico desvalorizara su atractivo. Aunque se ha aliviado el nivel de congestión en ciertos puntos con la mejora de intersecciones, el aumento a futuro de la demanda de viajes saturará las mayores intersecciones si no se toman medidas para contrarrestarlas. La congestión vehicular resulta de un mecanismo complejo que involucra varios factores de oferta y demanda, y aliviar la congestión vehicular solo sería posible aplicando diversas contramedidas.

#### **7.2.6 Proporcionar un Buen Entorno para el Transporte No Motorizado**

En la visión, a los peatones se les da una mayor prioridad sobre los otros modos de transporte. Además de ello, también se menciona el uso de bicicleta como modo de transporte. Sin embargo, la situación actual en el área urbana está lejos de la visión. En primer lugar, la red peatonal no está bien formulada. Cruzar vías principales requiere un largo desvío, o la gente tiene que cruzar donde no existe cruce peatonal debiendo tener cuidado del tráfico vehicular. Cruzar calles menores también requiere cuidadosa atención aun habiendo pasos para peatones. Este problema está fuertemente relacionado con el de la seguridad vial, pero este tema se considera como uno de los Objetivos Generales considerando la importancia de un buen entorno para peatones. Las aceras no están bien diseñadas para los usuarios en sillas de ruedas y necesitan ser mejoradas. En segundo lugar, actualmente hay pocas infraestructuras para usuarios de bicicletas. Los ciclistas necesitan usar los carriles para vehículos y las aceras. Teniendo en cuenta el terreno plano y las buenas condiciones climáticas, se puede promover el uso de bicicletas si se proporciona la infraestructura apropiada y se preparan lineamientos y reglas adecuadas.

## 7.3 Objetivos Específicos

### 7.3.1 Aumentar la Movilidad y Accesibilidad del Servicio de Transporte Público

- Proporcionar servicios de transporte público estable y fiable en todas las condiciones meteorológicas.
- Proporcionar suficientes servicios de transporte público en todas las áreas urbanas.
- Proporcionar un sistema de transporte público seguro, cómodo, de alta capacidad y de alta velocidad
- Reducir la contaminación del aire causada por las emisiones de los vehículos

#### (1) **Proporcionar servicios de transporte público estable y fiable en todas las condiciones meteorológicas**

El área metropolitana tiene una estación lluviosa, y a veces la lluvia fuerte provoca inundaciones en las calles donde el sistema de drenaje no funciona correctamente y las calles no están pavimentadas. Por esta razón, el número de autobuses de servicio se reduce y los usuarios de transporte público necesitan tomar un número limitado de autobuses siendo pacientes en la espera y la gran congestión dentro de los autobuses, o simplemente renunciar a su viaje. Esto sucede a veces no sólo por fuertes lluvias, sino también por otras razones. Debido a la fluctuación de la demanda de viajes diarios y por hora, el tiempo de viaje del transporte público no es predecible. El tiempo de espera no es predecible incluso en rutas de alta demanda. Esta es una de las razones por las que los vehículos de pequeño tamaño como minibuses, trufis y moto-taxis, incluidos los servicios ilegales, ofrecen alternativas para los sistemas tradicionales de transporte público. La prestación de servicios de transporte público estables y fiables es una de las cuestiones importantes para mejorar la calidad.

#### (2) **Proporcionar suficientes servicios de transporte público en todas las áreas urbanas**

En la actualidad, las rutas de autobuses cubren la mayoría de las áreas urbanizadas, aunque algunas zonas recién urbanizadas no tienen suficientes rutas para que los residentes puedan acceder a los sistemas de transporte público caminando. Con la expansión del área urbanizada de baja densidad, será cada vez más difícil proporcionar suficientes rutas de autobús para los residentes. La factibilidad financiera de operar los autobuses en el área de baja densidad es una de las razones. La actual red de autobuses conecta orígenes y destinos directamente en función de la demanda, lo que permite suficientes rutas de autobús en el área urbanizada. Sin embargo, este sistema llegará a una limitación en el futuro, ya que concentra una serie de rutas de autobuses en la zona de alta demanda que saturará la capacidad de la carretera. Si no se toman medidas, los servicios de transporte público en el área recién urbanizada serán insuficientes. Además de la densidad de las rutas de autobuses, la frecuencia también es importante para mejorar la calidad de los servicios de transporte público.

#### (3) **Proporcionar un sistema de transporte público seguro, cómodo, de alta capacidad y de alta velocidad**

Debido a la rápida expansión del área urbanizada, se hizo difícil construir carreteras arteriales tanto para direcciones radiales como circulares. La urbanización a gran escala está prevista en Warnes y Cotoca, que acogerá a varios cientos de miles de habitantes. Esto generará una demanda de tráfico a gran escala entre el centro de Santa Cruz de la Sierra y las nuevas áreas en desarrollo. Los autobuses con la capacidad actual no podrán hacer frente a la demanda de tráfico, lo que resultará en baja movilidad, malos servicios de transporte público y un mayor uso de automóviles privados. Para promover el cambio modal de los automóviles privados al sistema de transporte público, es necesario proporcionar un sistema

de transporte público seguro, cómodo, de alta capacidad y de alta velocidad.

#### **(4) Reducir la contaminación del aire por las emisiones de vehículos**

Debido a su terreno plano y al viento, la contaminación del aire en el área metropolitana no es tan grave como en otras ciudades. Sin embargo, algunos autobuses antiguos lanzan emisiones negras y oscuras que no satisfacen el estándar ambiental, incluso en el área central las emisiones de los vehículos afectan directamente a los peatones.

### **7.3.2 Integrar el Área Metropolitana con la Red Vial**

- Integrar ambos lados del río Pirai.
- Mantener las carreteras en buenas condiciones para los vehículos.
- Conectar cada municipio directamente con alta movilidad.
- Formular la jerarquía adecuada de la red vial

#### **(1) Integrar ambos lados del río Pirai**

Sólo hay un puente entre Porongo y Santa Cruz de la Sierra. El acceso a Porongo desde La Guardia y El Torno requiere un largo desvío para utilizar el puente, de lo contrario es necesario cruzar el río Pirai donde la profundidad es lo suficientemente superficial como para permitir que los vehículos vayan aunque estos lugares son limitados. El desarrollo urbano en Porongo es muy activo, y hay mucha gente que vive en Porongo y trabaja en Santa Cruz. La demanda del viajero que cruza el río de Pirai está aumentando, y el tráfico en el puente alcanzará su capacidad en el futuro. Para la integración del Área Metropolitana, el cruce del río Pirai es muy importante.

#### **(2) Mantener las carreteras en buenas condiciones para los vehículos**

Sigue habiendo una serie de caminos sin pavimentar en el área metropolitana. En la actualidad, el mantenimiento de carreteras no pavimentadas no es suficiente, especialmente en las zonas de expansión urbana. La alta accesibilidad dentro de las comunidades locales es muy importante para conectar los orígenes y destinos en el área metropolitana. Las fuertes lluvias a menudo deterioran las condiciones de las vías no pavimentadas, lo que afecta la conectividad entre las comunidades. La movilidad en carreteras pavimentadas también empeora después de fuertes lluvias debido al insuficiente sistema de drenaje.

#### **(3) Conectar cada municipio directamente con alta movilidad**

Santa Cruz de la Sierra está directamente conectada a los municipios adyacentes por caminos radiales, mientras que los viajes entre Cotoca, Warnes, Porongo, La Guardia y El Torno necesitan usar las carreteras a Santa Cruz de la Sierra. En la mayoría de los casos, es necesario utilizar el 4to Anillo entre Cotoca y Warnes, La Guardia y Cotoca, y Porongo y Cotoca. Es necesario proporcionar la conexión entre estos municipios con alta movilidad para integrar el área metropolitana.

#### **(4) Formular la jerarquía adecuada de la red vial**

Los caminos de alta jerarquía proporcionan una alta movilidad sin interrupción de intersecciones y actividades en la carretera, mientras que los de baja jerarquía proporcionan acceso a las áreas de carretera. La jerarquía de las Vías Departamentales no está clara en el área metropolitana. No hay clasificación funcional y las carreteras sólo conectan puntos importantes sin tener en cuenta la jerarquía. Santa Cruz de la Sierra tiene la red vial de una

buena jerarquía dentro del 4to Anillo. Sin embargo, otras carreteras de circunvalación no forman la red apropiada debido a falta de conexiones, a los callejones sin salida y a la falta de suficiente ROW (Derecho de vía). La formulación de la jerarquía adecuada es necesaria para la integración del área metropolitana.

### **7.3.3 Apoyar el Desarrollo Urbano Sostenible**

- Formular la estructura urbana con una red vial apropiada controlando los desarrollos suburbanos.
- Apoyar el desarrollo económico en el Área Metropolitana
- Formular la red vial rentable en términos de construcción y mantenimiento

#### **(1) Formular la estructura urbana con una red vial apropiada controlando los desarrollos suburbanos**

Las urbanizaciones a gran escala por parte del sector privado juegan un papel importante en el desarrollo urbano del área metropolitana. Debido a la dificultad de reducir el Área Urbana que ya ha sido aprobada por el gobierno central y divulgada al público, sigue habiendo posibilidad de que el sector privado proponga nuevas urbanizaciones donde el plan maestro considere como futura área reservada durante el período del plan maestro. Prohibir tales urbanizaciones no es posible bajo el sistema legal actual, es necesario preparar el contra plan para controlar el desarrollo.

#### **(2) Apoyar el desarrollo económico en el Área Metropolitana**

Apoyar el desarrollo económico es uno de los papeles principales del desarrollo de la infraestructura de transporte, porque crear la oportunidad de trabajo es esencial para el desarrollo urbano sostenible. El movimiento de carga eficiente y suficiente es el papel clave de la red vial para el desarrollo económico. Por otra parte, el tráfico de camiones en las carreteras de la zona urbanizada tiende a causar diversos impactos negativos como la congestión, el ruido, las vibraciones, las emisiones de los vehículos y los daños a la infraestructura vial. Por lo tanto, es necesario planificar el corredor de transporte de mercancías adecuado que no cause impactos negativos en el desarrollo urbano sostenible.

#### **(3) Formular la red vial rentable en términos de construcción y mantenimiento**

La necesidad de construir nuevas carreteras y mejorar las existentes no significa necesariamente que la red vial debe ser expandida con alta densidad para cubrir toda el área del área metropolitana. La expansión de la red vial en el área metropolitana requiere una inversión a gran escala y será necesario un mantenimiento continuo de las mismas. Para el desarrollo urbano sostenible, la red vial debería ser rentable.

### **7.3.4 Velar por la Seguridad del Tráfico**

- Eliminar los accidentes de tráfico mortales
- Reducir el número de accidentes de tráfico
- Sensibilizar sobre la seguridad vial y el cumplimiento de las normas de tránsito
- Establecer registros minucioso de los accidentes de tráfico con daños personales



**(1) Eliminar los accidentes de tráfico mortales**

Los accidentes de tráfico a veces matan a personas o causan serias lesiones. La eliminación de los accidentes mortales de tráfico es la máxima prioridad para garantizar la seguridad del tráfico. Las estadísticas recientes muestran que las muertes en el departamento de Santa Cruz están aumentando. Aunque parece poco realista lograr cero fatalidades en el área metropolitana con 3 millones de habitantes en 2035, este es un objetivo muy importante para garantizar la seguridad del tráfico.

**(2) Reducir el número de accidentes de tráfico**

Incluso si no hay muerte ni lesión, un accidente de tráfico causa varios problemas. Además de los daños a los vehículos e instalaciones, causa congestión del tráfico.

**(3) Sensibilizar sobre la seguridad de tráfico y el cumplimiento de las normas de tránsito**

Durante la discusión de los problemas en el sector del transporte, se ha señalado que la falta de conocimiento de la seguridad de tráfico y la violación de las normas de tráfico son problemas importantes relacionados con la seguridad del tráfico. En realidad, las contramedidas como la mejora física del diseño de carreteras y las instalaciones para peatones no son suficientes para garantizar la seguridad del tráfico. Es muy importante sensibilizar sobre la seguridad del tráfico y el cumplimiento de las normas de tránsito.

**(4) Establecer controles minuciosos y registros de los accidentes de tráfico con daños personales**

Es necesario llevar un control y registro de todos los accidentes de tráfico que resulten en daños al ciudadano, que deben servir para analizar los problemas y respaldar la toma de decisiones de políticas y proyectos para conseguir los objetivos arriba mencionados.

**7.3.5 Asegurar la Fluidez del Tráfico**

- Aliviar la congestión del tráfico en el Centro Histórico (Casco Viejo)
- Asegurar la movilidad en los mercados, escuelas y otras instalaciones que tengan una alta generación de viajes
- Eliminar los cuellos de botella en la red vial
- Optimizar el flujo de tráfico utilizando tecnología moderna
- Fomentar el cambio modal de los automóviles privados al transporte público

**(1) Aliviar la congestión del tráfico en el Centro Histórico (Casco Viejo)**

El área central dentro de la carretera del 1er anillo, especialmente en el centro histórico, es la área más congestionada en el área metropolitana. Aunque el Centro Histórico es una de las zonas más atractivas de Santa Cruz, la congestión de tráfico en horas pico disminuye la actividad económica y el área está perdiendo su atractivo comercial. Aliviar la congestión del tráfico en el Centro Histórico es uno de los principales Objetivos Específicos de “Aliviar la Congestión de Tráfico”.

**(2) Asegurar la movilidad en los mercados, escuelas y otras instalaciones que tengan una alta generación de viajes**

Las congestiones de tráfico en las vías arteriales se observan en los principales mercados, especialmente Mercado Abasto y Mercado Mutualista a lo largo de la carretera del 3er Anillo. La congestión del tráfico alrededor de los mercados reduce la movilidad de las arterias. La congestión del tráfico también ocurre alrededor de las escuelas donde los estudiantes usan automóviles o los padres envían y recogen a sus niños. Dado que en la mayoría de los casos los edificios que generan una gran demanda de desplazamiento se localizan a lo largo de caminos importantes, es necesario garantizar la movilidad de dichos lugares.

**(3) Eliminar los cuellos de botella en la red vial**

Recientemente, la congestión de tráfico en las intersecciones principales ha sido resuelta con las mejoras en las intersecciones como la construcción de pasos elevados y la prohibición de giro a la izquierda. Sin embargo, todavía quedan intersecciones que son un cuello de botella del flujo de tráfico. Para mejorar la movilidad, es necesario eliminar los cuellos de botella en la red vial.

**(4) Optimizar el flujo de tráfico utilizando tecnología moderna**

La tecnología de la información puede contribuir a aliviar la congestión del tráfico. Por ejemplo, proporcionar información del flujo de tráfico a los conductores les permite elegir la ruta óptima para evitar la congestión. La optimización de la fase de señalización basada en la situación en tiempo real del flujo de tráfico se introduce en muchas ciudades del mundo. El uso de tarjetas inteligentes en los puntos de peaje puede aliviar la congestión alrededor de los puntos de peaje. Además de las mejoras del lado de la oferta, como la inversión en la red vial, controlar el lado de la demanda también es importante para controlar el flujo de tráfico. La elección del modo de transporte adecuado en el momento adecuado basado en la información de tráfico permite a las personas evitar la congestión.

**(5) Fomentar el cambio modal de los automóviles privados al transporte público**

Reducir el número de vehículos es el método más eficiente para reducir la congestión del tráfico. La recolección de datos de ocupación de pasajeros muestra que sólo 1-2 personas viajan en automóviles privados y taxis, mientras que el transporte público transporta más pasajeros. La capacidad de un micro es de aproximadamente 30 pasajeros, mientras que el uso del espacio vial es de aproximadamente 3 veces los automóviles privados. Para reducir el flujo de tráfico, debería alentarse el cambio modal de los vehículos privados al transporte público.

### **7.3.6 Proporcionar un Buen Entorno para el Transporte No Motorizado**

- Desarrollar una red de bicicletas segura, cómoda, y funcional
- Mejorar la red peatonal
- Alentar la movilidad urbana en distancias cortas (TOD)

**(1) Desarrollar una red de bicicletas segura, cómoda, y funcional**

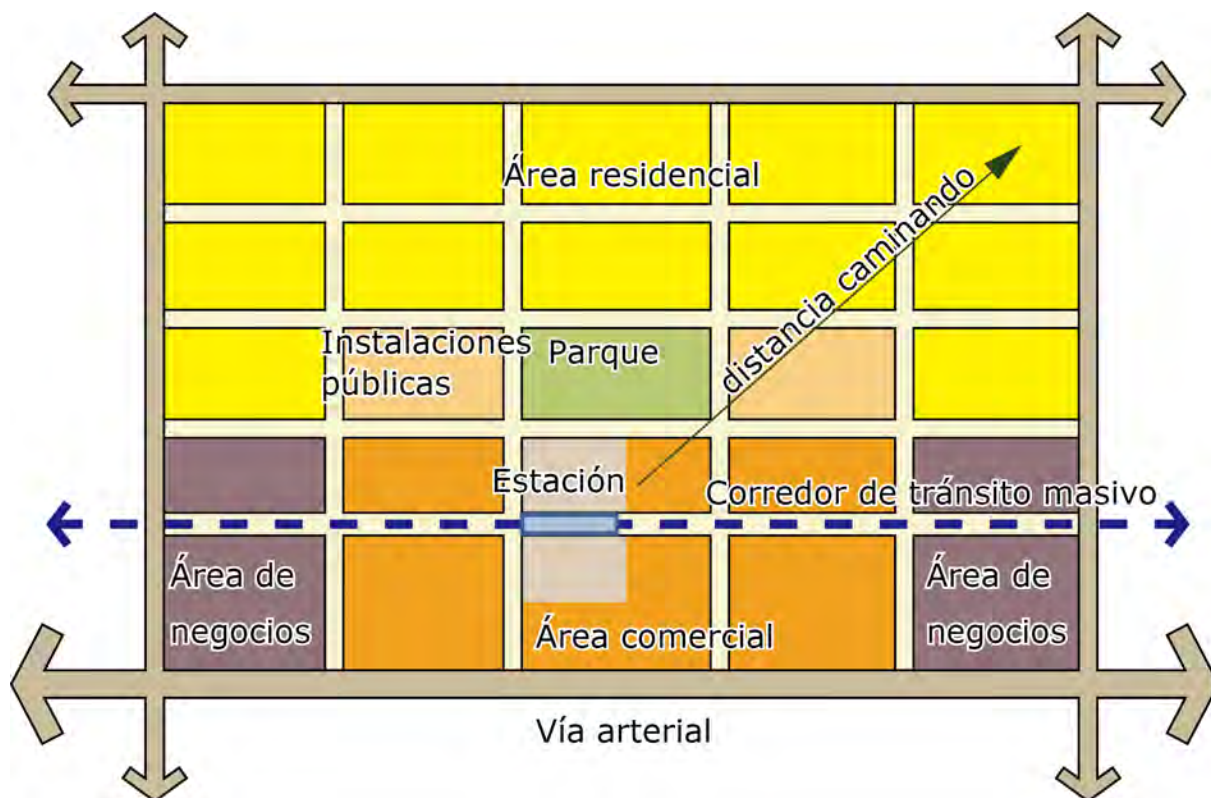
En la actualidad, hay poco carril para bicicletas en el área metropolitana. Es peligroso para los usuarios de bicicletas si usan la calzada de la carretera, y es peligroso para los peatones si utilizan acera (según la ley 3988, las bicicletas deben usar la calzada que está cerca de la acera). Para promover el uso de la bicicleta, es necesario desarrollar una red de bicicletas segura, cómoda, y funcional.

**(2) Mejorar la red peatonal**

Las personas en el área metropolitana prefieren tomar transporte público o automóvil privado en lugar de caminar, incluso si la distancia es corta. Esto es porque es fácil conseguir el transporte público incluso si la parada de autobús no existe. Por otro lado, la falta de instalaciones adecuadas para peatones es también uno de los motivos. El cruce de caminos es inconveniente debido a la falta de cruce a lo largo de las principales carreteras. Es necesario mejorar la red peatonal para proporcionar un mejor entorno.

**(3) Alentar el desarrollo urbano a poca distancia (TOD)**

Un Desarrollo Orientado al Tránsito (TOD) tiene como objetivo desarrollar un área urbana que da la máxima prioridad a los peatones mediante la asignación de actividades urbanas a poca distancia de una estación del sistema de transporte público. Hay muchas urbanizaciones que todavía están en etapa de planificación, y la introducción de TOD a estas urbanizaciones mejorará el ambiente para peatones y usuarios de bicicletas.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.3-1 Concepto de Desarrollo Orientado al Tránsito**

## 7.4 Metas

Las siguientes son las metas de los objetivos que se proponen. Algunas metas pueden evaluarse utilizando información de las autoridades competentes, mientras que otras metas deben medirse por algunas encuestas o análisis adicionales. Las metas se seleccionan considerando la facilidad para obtener los indicadores.

**Tabla 7.4-1 Metas del Objetivo General-1**

<b>Objetivo General</b>	Aumentar la Movilidad y Accesibilidad del Servicio de Transporte Público	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar servicios de transporte público estable y fiable en todas las condiciones meteorológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cantidad de buses que no operan en días de lluvia es cero.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar suficientes servicios de transporte público en todas las áreas urbanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La frecuencia de los servicios de buses fuera de las horas pico es de 4 o más por hora en todas las áreas urbanas.</li> <li>• Existe al menos una parada de bus dentro de una distancia de 500 metros en el área urbana.</li> <li>• Existe al menos una parada de bus dentro de una distancia de 1000 metros en las comunidades rurales.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar un sistema de transporte público seguro, cómodo, de alta capacidad y de alta velocidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay por lo menos 10 rutas de transporte público que son más rápidas que los vehículos particulares en horas pico.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la contaminación del aire por las emisiones de vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los buses deben cumplir con las normas sobre emisiones de gases vehiculares.</li> </ul>	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

La frecuencia representa uno de los niveles del servicio de transporte público. Para la accesibilidad, la distancia a paradas de autobús es un buen indicador que puede evaluarse usando datos SIG.

**Tabla 7.4-2 Metas del Objetivo General-2**

<b>Objetivo General</b>	Integrar el Área Metropolitana con la Red Vial	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar ambos lados del río Piraí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El área urbana de Porongo está conectado con los demás centros del área metropolitana en 60 minutos máximo.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener las carreteras en buenas condiciones para los vehículos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad máxima en condiciones de tráfico de flujo libre debe ser la velocidad máxima permitida en vías.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar cada municipio directamente con alta movilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tiempo de viaje entre los centros de los municipios son: Cotoca - Warnes (40 min), Warnes - Porongo (60 min), Porongo - La Guardia (15 min), La Guardia - El Torno (20 min).</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular la jerarquía adecuada de la red vial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las vías arteriales tienen puntos de cruce con otras vías arteriales para todas las secciones.</li> </ul>	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

El tiempo de viaje por carretera será el mejor indicador para evaluar cómo se integran todas las comunidades en el área metropolitana. Puesto que la estimación del tiempo de viaje promedio en el área metropolitana, según el pronóstico de demanda de viajes, requiere

análisis de tráfico basado en el mismo modelo de demanda del año base, se propone utilizar indicadores más sencillos como el tiempo de viaje entre pares seleccionados

**Tabla 7.4-3 Metas del Objetivo General-3**

<b>Objetivo General</b>	Apoyar el desarrollo urbano sostenible	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular la estructura urbana con una red vial apropiada controlando los desarrollos suburbanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ningún proyecto de desarrollo urbano (urbanización) es aprobado si éste no se ajusta al Plan Maestro.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar el desarrollo económico en el Área Metropolitana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los camiones pueden trasladarse entre Warnes y La Guardia en menos de 1 hora sin pasar por el área dentro del 4to anillo</li> <li>• Los camiones pueden trasladarse entre Porongo and Cotoca en menos de 1 hora sin pasar por el área dentro del 4to anillo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular la red vial rentable en términos de construcción y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La longitud total de la red vial en el área metropolitana es menos de 10.000 km.</li> </ul>	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

El sector del transporte puede contribuir a un desarrollo urbano sostenible, mejorando y controlando los movimientos de carga, por lo que el tiempo del recorrido de los camiones es seleccionado como indicador. Para el desarrollo sostenible, el costo de mantenimiento de la red vial debe estar dentro del presupuesto del sector infraestructura.

**Tabla 7.4-4 Metas del Objetivo General-4**

<b>Objetivo General</b>	Velar por la Seguridad Vial	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar los accidentes de tráfico mortales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las muertes relacionadas con el Tráfico Vehicular es cero.</li> <li>• El índice de víctimas viales en el Área Metropolitana es el más bajo del país.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el número de accidentes de tráfico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El nivel de accidentes de tráfico en el Área Metropolitana es el más bajo del país.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilizar sobre la seguridad vial y el cumplimiento de las normas de tránsito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de violaciones de la regla de tráfico registradas por la policía de tráfico es menor que la de las estadísticas actuales.</li> </ul>	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Existen varios indicadores para evaluar la seguridad de tráfico siempre y cuando las estadísticas de accidentes de tráfico estén disponibles. En la actualidad, los datos disponibles de los accidentes de tráfico en el área metropolitana son limitados, lo que hace difícil establecer el punto de referencia del año base para los indicadores.

**Tabla 7.4-5 Metas del Objetivo General-5**

<b>Objetivo General</b>	Asegurar la Fluidez del Tráfico	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Metas</b>	
• Aliviar la congestión del tráfico en el Centro Histórico (Casco Viejo)	• La velocidad dentro del Centro Histórico es superior a 20 km/h.	
• Asegurar la movilidad en los mercados, escuelas y otras instalaciones que tengan una alta generación de viajes	• La velocidad de viaje en el 3er y 4to Anillo es superior a 25 km/h en todos sus tramos.	
• Eliminar los cuellos de botella en la red vial	• El tiempo promedio de demora por vehículo en las intersecciones principales es inferior al del año base.	
• Optimizar el flujo de tráfico utilizando tecnología moderna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información del flujo vehicular dinámico se recoge a través de los datos de vehículos como sensores itinerantes.</li> <li>• Se proporciona un sistema de navegación de alto nivel para automóviles.</li> </ul>	
• Fomentar el cambio modal de los automóviles privados al transporte público	• Entre los modos de transporte, el transporte público abarca 50% en 2025 y 60% en 2035.	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Entre los indicadores de circulación fluida de tráfico, la velocidad de viaje es uno de los factores de evaluación más simples que se pueden obtener con un estudio simple. Será necesario llevar a cabo una encuesta de viaje de la persona o una encuesta similar para estimar la participación modal futura.

**Tabla 7.4-6 Metas del Objetivo General-6**

<b>Objetivo General</b>	Proporcionar un buen entorno para el Transporte No Motorizado	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Metas</b>	
• Desarrollar una red de bicicletas segura, cómoda, y funcional	• Entre los modos de transporte, la bicicleta como modo principal abarcará el 3 % en 2035.	
• Mejorar la red peatonal	• Los peatones tienen posibilidad de cruzar las vías dentro de los 500m de distancia.	
• Alentar la movilidad urbana en distancias cortas (TOD)	• Al menos 3 áreas urbanas deberían desarrollarse como TOD.	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Número de usuarios de bicicleta o su participación en el modo de transporte serán los mejores indicadores para reflejar la calidad del medio en el que se usa la bicicleta

## 7.5 Desarrollo Urbano y Uso del Suelo

### 7.5.1 Políticas

Se aplicarán las siguientes políticas para apoyar el objetivo de desarrollo urbano sostenible:

#### (1) Control de Expansión Urbana

Se aplicarán las siguientes políticas para evitar una expansión urbana dispersa no planificada.

**Tabla 7.5-1 Políticas de Control de Expansión Urbana**

Tema	Política
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansión urbana dispersa no planificada sin una red vial adecuada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de un plan maestro a nivel metropolitano junto con un mecanismo de coordinación dentro del gobierno local.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja densidad de población</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignación apropiada de área de alta densidad con red de transporte público.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de un mecanismo de control del desarrollo adecuado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de un sistema de control del desarrollo con información compartida.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problema de límites municipales y manejo del uso de suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución para el problema de límites tan pronto como sea posible para obtener la aprobación de un plan revisado de uso de suelo para gestionar el desarrollo urbano.</li> </ul>

#### (2) Reforma Agraria Apropiada

La política de reforma agraria ha estado afectando la proliferación de *urbanizaciones* en el área metropolitana de Santa Cruz. Se requiere una política apropiada entre la reforma agraria y el desarrollo de *urbanizaciones*.

**Tabla 7.5-2 Políticas de Reforma Agraria Apropiada**

Tema	Política
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencia ambigua entre la redistribución territorial y <i>urbanización</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer una definición clara de la política de redistribución de la tierra y la política de desarrollo urbano.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de bases de datos catastrales unificados causando conflictos en la propiedad territorial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar base de datos catastral integrada para monitorear la transacción territorial.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilidad en la aplicación de la ley</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer nuevo instituto real para minimizar el conflicto de suelos sobre suelos.</li> </ul>

#### (3) Demarcación clara y apoyo a la descentralización

Algunas reglas de demarcación causan una rápida expansión de la *urbanización*. El planeamiento a nivel metropolitano y el poder de toma de decisiones son necesarios. Así también, el fortalecer la capacidad de los municipios es clave para promover la política de descentralización.

**Tabla 7.5-3 Políticas de Gestión de Gobiernos Locales**

Tema	Política
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demarcación superpuesta entre agencias gubernamentales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la demarcación clara para las agencias gubernamentales, especialmente el gobierno departamental.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de oportunidades de fortalecimiento de capacidades para el personal del gobierno local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar oportunidades de fortalecimiento de capacidades y entrenamiento de grupo de trabajo técnico universitario e intermunicipal.</li> </ul>

**(4) Fortalecer el Sistema de Ingresos a Nivel Local**

El fortalecimiento del sistema de ingresos a nivel local es clave para un sistema de gobierno descentralizado.

**Tabla 7.5-4 Políticas sobre el Sistema de Ingresos a Nivel Local**

Tema	Política
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignación de ingresos motivados en base a la población, desde gobierno central</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora del sistema de ingresos a nivel local.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad en la actualización de la base de datos catastral para la recaudación de impuestos sobre la propiedad inmobiliaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo financiero para la actualización de la base de datos catastral.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad de las medidas impagas de impuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concienciación para que los ciudadanos conozcan la importancia del pago de impuestos.</li> </ul>

**(5) Control de Desarrollo Apropriado**

Las actividades de *urbanización* deben estar bajo control del municipio. Las siguientes políticas son necesarias para evitar un desarrollo inesperado.

**Tabla 7.5-5 Políticas sobre el Sistema de Ingresos a Nivel Local**

Tema	Política
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de inspección y sistema de penalizaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora del procedimiento de permiso de desarrollo y tiempo para controlar el desarrollo de la <i>urbanización</i>.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de ética de cumplimiento de la ley</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de una oportunidad regular de aprendizaje y coordinación de los códigos de desarrollo para el desarrollador privado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de independencia del gobierno local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de todos los procedimientos de permisos relacionados con el desarrollo desde el nivel central hasta el nivel local.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimiento largo y falta de vinculación de datos entre bases de datos catastrales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de un mecanismo de coordinación de la transacción territorial.</li> </ul>

**7.5.2 Proyectos Propuestos**

Los proyectos potenciales relacionados con el desarrollo urbano basados en las políticas mencionadas anteriormente se proponen de la siguiente manera:



**(1) Establecimiento de un Mecanismo de Coordinación de Planificación y Regulación Metropolitana**

Históricamente, se han producido varios conflictos entre el Departamento y los Municipios.

**1) Comité de Coordinación**

El comité de coordinación a nivel metropolitano debe establecerse sobre la base de las actividades del GTT (Grupo de Trabajo Técnico) de este Estudio del Plan Maestro, el cual se compone de arquitectos e ingenieros de los Municipios relacionados y del Gobierno Departamental. Se debe asegurar una reunión periódica para discutir y resolver asuntos comunes y para construir una relación mutua entre los Municipios. Cada personal del gobierno puede unirse al comité en condiciones iguales para discutir intereses mutuos.

**2) Participación Pública**

Se debe asegurar un mecanismo de participación pública para discutir asuntos específicos a fin de compartir su consideración. Se deben involucrar especialmente los profesionales relacionados al ámbito académico y las empresas privadas para corregir ideas y emitir comentarios relacionados al tema.

La consulta pública también es una oportunidad importante para que la gente se familiarice con el tema y emita su preocupación para reflejarla en un plan o proyecto.

**(2) Programa de Gestión de Control del Desarrollo**

Para apoyar el desarrollo urbano sostenible, es esencial que exista una mejora en la gestión de control del desarrollo.

**1) Integración de bases de datos catastrales**

La base de datos catastral se desarrolla en cada agencia gubernamental sin ninguna coordinación e intercambio de información. La base de datos catastral integrada a nivel metropolitano es importante para gestionar y controlar las transacciones territoriales y la actividad de desarrollo urbano. Además, esta base de datos es necesaria para la recaudación del impuesto a la propiedad municipal.

**2) Mecanismo de monitoreo de transacciones territoriales.**

Sobre la base del sistema de base de datos catastral integrado, las actividades de transacción territorial deben ser monitoreadas para evitar la amplia difusión de urbanizaciones no planificadas y dispersas en el área rural. Es necesario compartir esta información entre INRA, IGM, Derecho Reales y gobiernos locales.

**3) Procedimiento Unificado de Aprobación del EIA**

El procedimiento de aprobación del EIA será descentralizado y manejado totalmente por el gobierno departamental para evitar la aprobación incontrolada de la actividad de desarrollo por parte del gobierno central.

**4) Revisión para el plan detallado del uso del suelo**

Sobre la base de este plan maestro de Transporte, se revisará el plan detallado de uso del suelo en cada municipio. Este trabajo de revisión se coordinará bajo el mecanismo de

coordinación de planificación metropolitana que se estableció sobre la base del GTT en lo relacionado a la Planificación.

**(3) Programa de Mejoramiento del Sistema de Ingresos**

El sistema de recaudación de ingresos en el municipio sigue siendo débil. La mejora del sistema de ingresos es una cuestión urgente para hacer saludable la gobernanza local.

**1) Mejora del Sistema de Asignación de Ingresos**

Es necesario que exista una asignación presupuestaria estable y adecuada al gobierno local para la gestión del desarrollo urbano sostenible. La asignación de ingresos es asunto del gobierno central, sin embargo, el apoyo técnico para la alteración del sistema de asignación de ingresos es necesario para mejorar la gestión del gobierno local.

**2) Revisión Rutinaria de la tasa de impuestos**

La revisión rutinaria de la tasa de impuestos es la clave para recaudar ingresos basados en el crecimiento económico. Los pequeños municipios necesitan apoyo financiero para revisar la tasa de impuesto sobre la propiedad. Este sistema está relacionado con el sistema de bases de datos catastrales mencionado anteriormente.

**3) Programa de Concienciación para el Pago de Impuestos**

La concienciación de las personas sobre la importancia del pago de impuestos es necesaria para recibir el servicio público del gobierno local.

## 7.6 Plan de Infraestructura Vial

### 7.6.1 Políticas

Se estableció la política de infraestructura vial para que contribuya a lograr los objetivos como se muestra en la Tabla 7.6-1. Pavimentar caminos no asfaltados es una de las políticas del plan de infraestructura vial.

**Tabla 7.6-1 Políticas de la Infraestructura Vial con los Objetivos Relacionales**

Objetivos Generales	Objetivos Específicos	Políticas
Aumentar la movilidad y accesibilidad del servicio de transporte público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar servicios de transporte público estable y fiable en todas las condiciones meteorológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las vías para el transporte público deben ser pavimentadas en la etapa inicial.</li> <li>El sistema de drenaje debe ser desarrollado para que el agua pluvial fluya sin causar inundaciones.</li> </ul>
Integrar el Área Metropolitana con la red vial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrar ambos lados del río Piraiá</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Varios puentes deben ser construidos sobre el Río Piraiá.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener las carreteras en buenas condiciones para los vehículos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deben llevarse a cabo obras de rehabilitación y mantenimiento de la red vial.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conectar cada municipio directamente con alta movilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción de una ruta de circunvalación del centro del Área Metropolitana.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formular la jerarquía adecuada de la red vial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“Los eslabones faltantes” de las carreteras arteriales deben ser desarrollados para la conformación de una red adecuada.</li> </ul>
Apoyar el desarrollo urbano sostenible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formular la estructura urbana con una red vial apropiada controlando los desarrollos suburbanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El derecho de vía propuesto deberá ser adecuadamente protegido en el futuro.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoyar el desarrollo económico en el Área Metropolitana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción de una vía de circunvalación del centro del Área Metropolitana.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formular la red vial rentable en términos de construcción y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se da prioridad al uso eficaz de la red vial existente en lugar de nuevas construcciones.</li> <li>El tamaño de la red vial debe estar acorde a la capacidad para realizar obras de mantenimiento dentro de su presupuesto.</li> </ul>
Velar por la seguridad vial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminar los accidentes de tráfico mortales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorear las condiciones viales.</li> <li>Deberán ser instalados rompe-muelles en calles vecinales.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el número de accidentes de tráfico</li> </ul>	
Asegurar la fluidez del tráfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminar los cuellos de botella en la red vial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deberán ser construidos pasos elevados en las intersecciones saturadas donde la gestión del tráfico no puede resolver la saturación.</li> </ul>
Proporcionar un buen entorno para el Transporte No Motorizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alentar la movilidad urbana en distancias cortas (TOD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La red vial debe ser desarrollada para apoyar al TOD.</li> </ul>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

## 7.6.2 Red Vial

### (1) Corredores

El Área Metropolitana de Santa Cruz se encuentra ubicada en corredores importantes como el Camino Fundamental 4 (F4) que va al Brasil en el este y al Perú en el oeste. F4 también juega un papel importante en el área metropolitana como el corredor que conecta Santa Cruz de la Sierra y Warnes. F7, que es la ruta alternativa de F4, conecta el área metropolitana con Cochabamba y La Paz a partir del 4to anillo a través de La Guardia y El Torno en el sur. F9, que se ramifica de F7 en La Guardia, conecta el área metropolitana con Argentina.

Como parte del Corredor Bioceánico, que conecta el Océano Pacífico y el Océano Atlántico a través de Bolivia, se construirá una nueva carretera entre La Guardia y Buena Vista a través de Porongo

Actualmente, estos corredores se conectan a las carreteras de circunvalación/anillos en Santa Cruz de la Sierra, y no hay ninguna ruta alternativa que no sea el camino del 4to anillo para evitar pasar a través del centro de la zona metropolitana. Para reducir la congestión del tráfico, se necesitan vías alternativas para el tráfico de larga distancia que pasa por el centro de la zona metropolitana.

Las rutas alternativas también son necesarias para la conexión entre los municipios. Puesto que la Av. Virgen de Cotoca es una de las vías más congestionadas, es necesaria una ruta alterna que conecte a Cotoca y La Guardia. Warnes será un eje de distribución de carga importante entre el parque industrial y el aeropuerto internacional. Por lo tanto, Cotoca y Warnes deben conectarse directamente sin entrar en la zona urbanizada de Santa Cruz de la Sierra

Los proyectos de desarrollo urbano a gran escala en el este del aeropuerto internación necesitarán nuevos caminos que conecten la zona con el centro del área metropolitana. La nueva carretera en construcción a lo largo de la línea ferroviaria será el corredor/vía para los nuevos desarrollos urbanos

Figura 7.6-1 muestra los corredores importantes en el Área Metropolitana de Santa Cruz en el futuro.

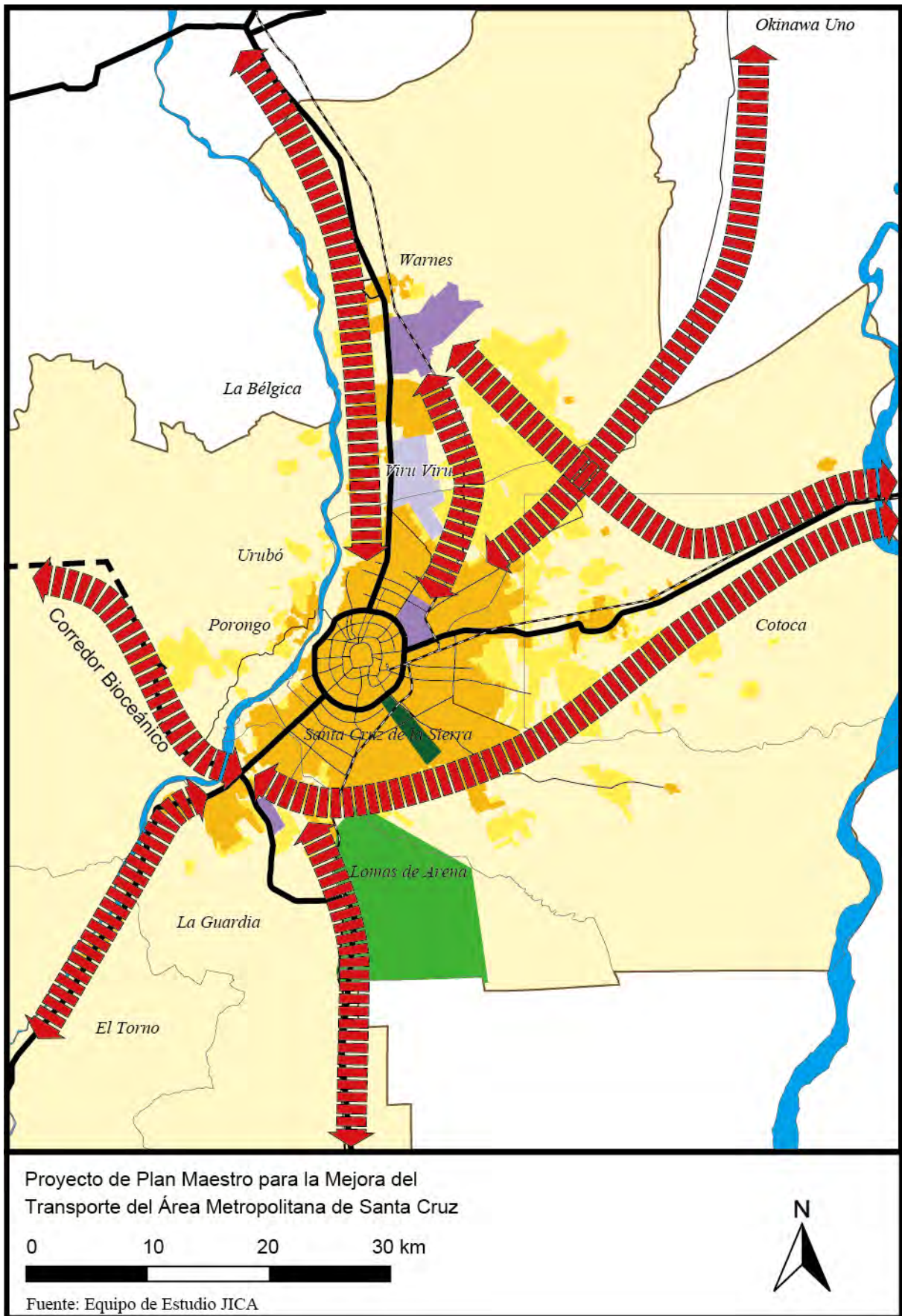


Figura 7.6-1 Corredores Futuros en el Área Metropolitana

## (2) Plan de la Red vial

La Figura 7.6-2 ilustra el plan tentativo de la red vial futura. Actualmente, hay muchas urbanizaciones que han sido aprobadas pero que no se han desarrollado. Se consideran los planes viales en esas urbanizaciones en preparación para la red vial futura. En realidad, los planos viales de las urbanizaciones aprobadas no se cambian en la red vial propuesta.

La vía de la Costanera del río Piraí, que conecta La Guardia y Warnes sin pasar por el centro de Santa Cruz de la Sierra, está incluida en el plan, aunque es necesario comprobar la demanda de tráfico de esta carretera.

En el PLOT 2005, se propuso una Autopista Metropolitana, una vía rápida a lo largo de la frontera de la zona urbanizada como una vía anular, que no ha sido implementada. Debido al rápido crecimiento urbano, una parte del derecho de vía de la Autopista Metropolitana fue ocupada por viviendas y aún sigue el crecimiento urbano a lo largo de la Autopista Metropolitana. Se esperaba que la Autopista Metropolitana jugara un papel importante para proporcionar un desvío de la zona urbanizada de Santa Cruz de la Sierra, conectando con La Guardia, Cotoca y Warnes con alta velocidad. Sin embargo, es difícil la construcción de la carretera porque requiere un reasentamiento a gran escala. Se revisó la ruta y la nueva alineación se propuso como se muestra en la figura. La carretera todavía requiere reasentamiento, y es necesario analizar la factibilidad de la carretera para finalizar el plan de la red vial.

Con la nueva carretera en Porongo se propone conectar La Guardia, Urubó en Porongo y Warnes en el lado oeste del río Piraí. Esta vía utiliza una vía existente pero hay una sección donde la nueva construcción es necesaria. Puesto que se planea una urbanización a gran escala en La Bélgica, que se encuentra al norte de Porongo, es necesario considerar la conexión entre La Bélgica y el Área Metropolitana de Santa Cruz.

Algunos desarrolladores proponen la construcción de puentes sobre el río Piraí. Puesto que hay cuestiones jurídicas relacionadas con la protección del medio ambiente, la red vial propuesta no incluye tales puentes.

La vía a lo largo de la línea férrea desde el Parque Industrial en Santa Cruz de la Sierra a Warnes jugará un papel importante para conectar la nueva zona urbanizada al este del aeropuerto internacional Viru Viru. Es necesario evaluar si la capacidad de la carretera es suficiente para la demanda futura entre la nueva zona urbanizada y el centro de Santa Cruz de la Sierra.

Se deberían desarrollar conexiones faltantes de vías de anillos propuestas en el PLOT 2005 aunque algunas secciones no son posibles de ser construidas debido al desarrollo de la urbanización.

## (3) Iluminación en las Carreteras

Se debe instalar el alumbrado público a lo largo de la Carretera Fundamental para asegurar la seguridad de tráfico y reducir los accidentes de tráfico. Es importante que los conductores puedan reconocer a los peatones sobre las vías para evitar accidentes que involucren a peatones. Últimamente, las lámparas de sodio están siendo reemplazadas por lámparas LED en muchas ciudades del mundo porque ésta puede ahorrar energía y el costo se hace más razonable. Una de las ventajas de las lámparas LED es que mejora la visibilidad en la noche lo que puede reducir los accidentes de tráfico. Se recomienda considerar la introducción de las lámparas LED para el alumbrado público.

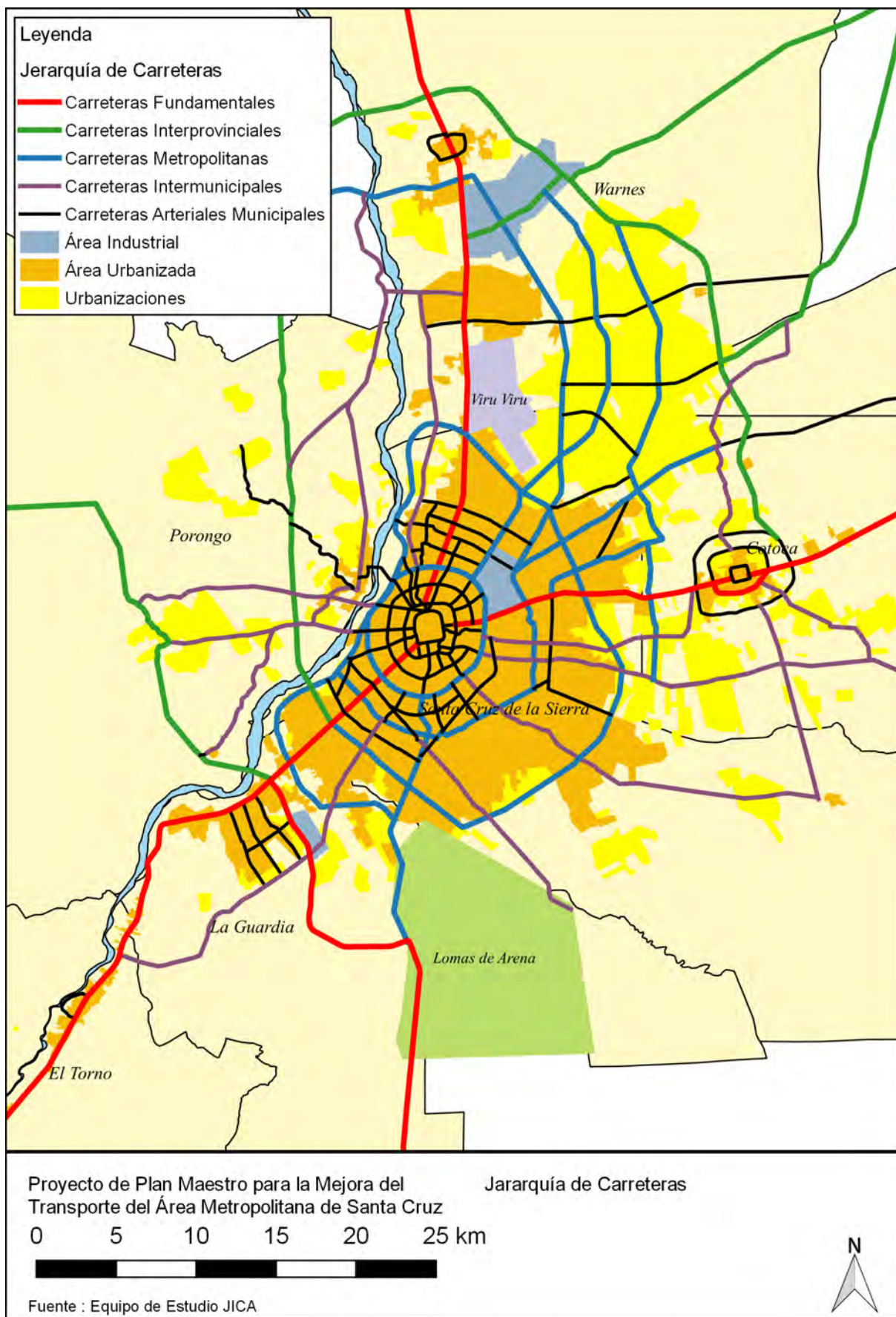


Figura 7.6-2 Red vial Propuesta

La Figura 7.6-2 presenta la futura red vial que consiste en vías arteriales a nivel metropolitano. Las vías se clasifican como:

- **Carreteras de la Red Vial Fundamental** que son iguales a la Carretera de la Red Vial Fundamental definida en la Ley 165.
- **Carreteras interprovinciales** que conectan al Área Metropolitana de Santa Cruz con otras provincias.
- **Vías Metropolitanas** que conforman la estructura vial urbana a nivel metropolitano. Estas vías principalmente pasan por áreas urbanizadas.
- **Carreteras intermunicipales** que conectan dos municipios o el centro de un municipio con comunidades ubicadas en las áreas rurales. Estas vías pasan por áreas urbanizadas y áreas rurales.
- **Vías municipales** arteriales que conforman la red de vías arteriales a nivel municipal.

### 7.6.3 Proyectos

#### (1) Categoría de Proyectos

Los proyectos viales se clasifican en (1) construcción de nuevas carreteras (incluida la construcción de nuevos puentes), (2) ampliación de vías, (3) mejoramiento vial, (4) pavimentación de calles locales y (5) mejoramiento de intersecciones. La mejora vial incluye la pavimentación, la rehabilitación y la realineamiento de las vías arteriales. La lista de proyectos se muestra en el Capítulo 9.

#### (2) Costo de Proyectos

El costo del proyecto en la estimación del costo de los proyectos viales se realiza durante los estudios de preinversión y de ingeniería, además de la etapa de construcción. El costo de construcción se estimó utilizando el precio unitario por kilómetro que se estimó en base a la información de proyectos viales dentro del Área Metropolitana. La Tabla 7.6-2 muestra los precios unitarios de los proyectos viales.

**Tabla 7.6-2 Unit Costs of Road Projects**

Type of work	Unit: US\$/m			
	No. of lanes			
	1	2	3	4
Improvement (pavement)	108	216	324	432
Improvement	160	320	470	630
New construction	270	540	800	1,070

Fuente: Equipo de Estudio JICA

El precio unitario de la construcción de un nuevo puente se asumió en US\$605/m<sup>2</sup>. El costo de preinversión y los estudios de ingeniería se asumieron como 1.5% y 3% del costo de construcción respectivamente. Se asumió que los costos de mantenimiento y rehabilitación después de la construcción surgirían cada año como 1% del costo de la construcción.

Estos proyectos deberían implementarse a corto, mediano y largo plazo. Para este propósito, se calculó un cronograma considerando el monto de inversión para cada caso en base a los costos estimados, que se presentaron en la Tabla 7.6-3 a Tabla 7.6-5. La ubicación de los proyectos viales por fase de desarrollo se muestra en la Figura 7.6-3.

La Figura 7.6-4 presenta la ubicación de los proyectos viales según el administrador de la vía, mientras que la Figura 7.6-5 presenta los proyectos según el número de carriles.



**Tabla 7.6-3 Costos Estimados de los Proyectos de Infraestructura Vial – a Corto Plazo**

Unidad: millones US\$

Tipo	Cantidad	Longitud	Preinversión	Estudios de Ingeniería	Construcción y Supervisión de Obras	Total
Construcción Vías	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mejoramiento de Vías	3	27,8	0,2	0,5	16,2	16,8
Ampliación de Vías	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Intersecciones e Intercambios Viales	2		0,2	0,4	12,7	13,3
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>27,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>28,9</b>	<b>30,1</b>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 7.6-4 Costos Estimados de los Proyectos de Infraestructura Vial – a Mediano Plazo**

Unidad: millones US\$

Tipo	Cantidad	Longitud	Preinversión	Estudios de Ingeniería	Construcción y Supervisión de Obras	Total
Construcción Vías	9	47,6	0,9	1,8	64,4	67,1
Mejoramiento de Vías	11	117,7	1,3	2,5	89,3	93,0
Ampliación de Vías	8	80,0	1,8	3,5	125,2	130,5
Intersecciones e Intercambios Viales	29		1,4	2,8	98,1	102,2
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>245,3</b>	<b>5,3</b>	<b>10,7</b>	<b>376,9</b>	<b>392,9</b>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 7.6-5 Costos Estimados de los Proyectos de Infraestructura Vial – a Largo Plazo**

Unidad: millones US\$

Tipo	Cantidad	Longitud	Preinversión	Estudios de Ingeniería	Construcción y Supervisión de Obras	Total
Construcción Vías	25	351,9	5,5	11,0	389,9	406,4
Mejoramiento de Vías	25	364,7	3,5	6,9	244,5	254,9
Ampliación de Vías	6	50,0	0,6	1,3	45,0	46,9
Intersecciones e Intercambios Viales	96		4,3	8,7	305,9	318,9
<b>Total</b>	<b>152</b>	<b>766,6</b>	<b>13,9</b>	<b>27,9</b>	<b>985,2</b>	<b>1.027,1</b>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

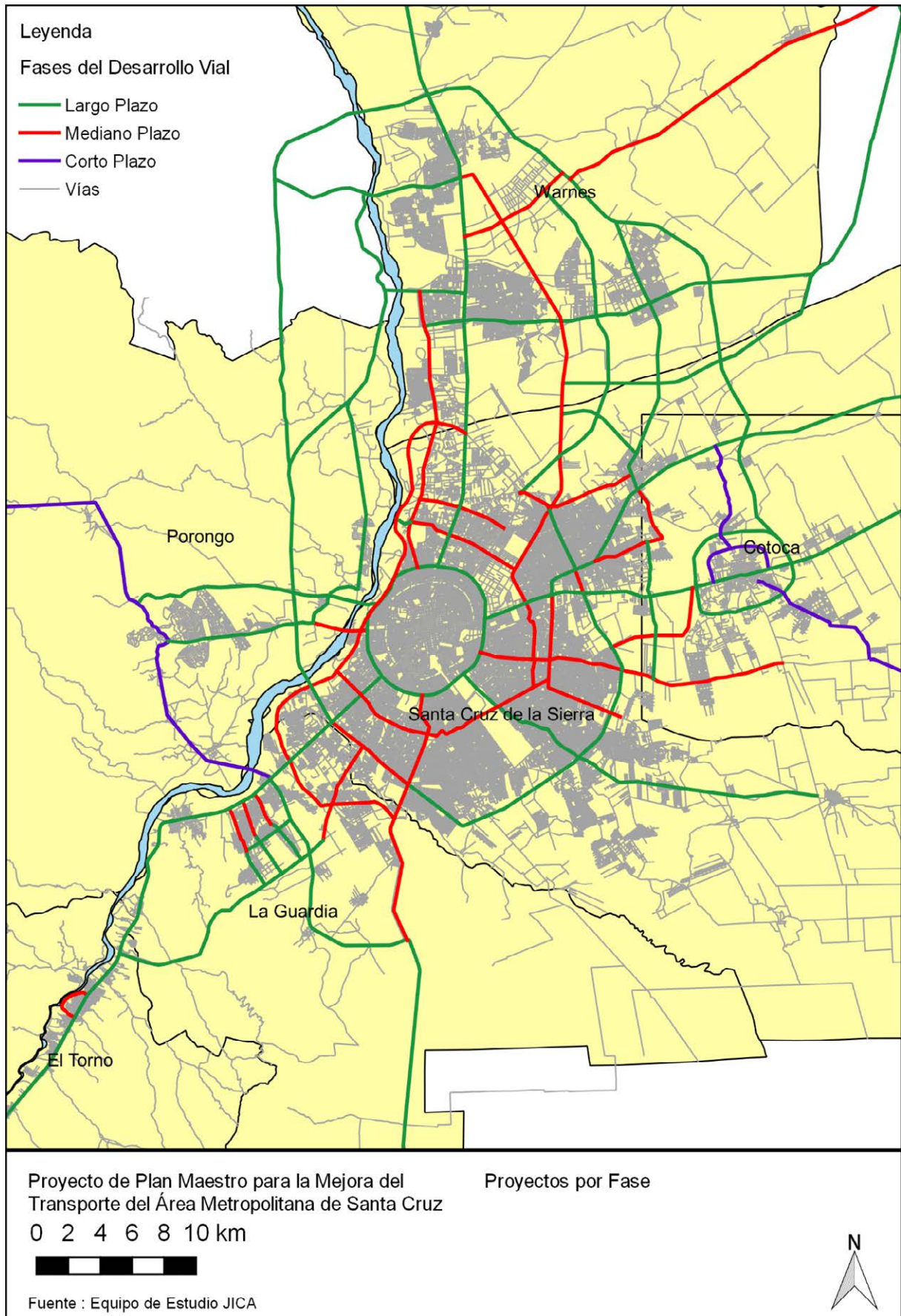


Figura 7.6-3 Proyectos Viales por Fases de Desarrollo

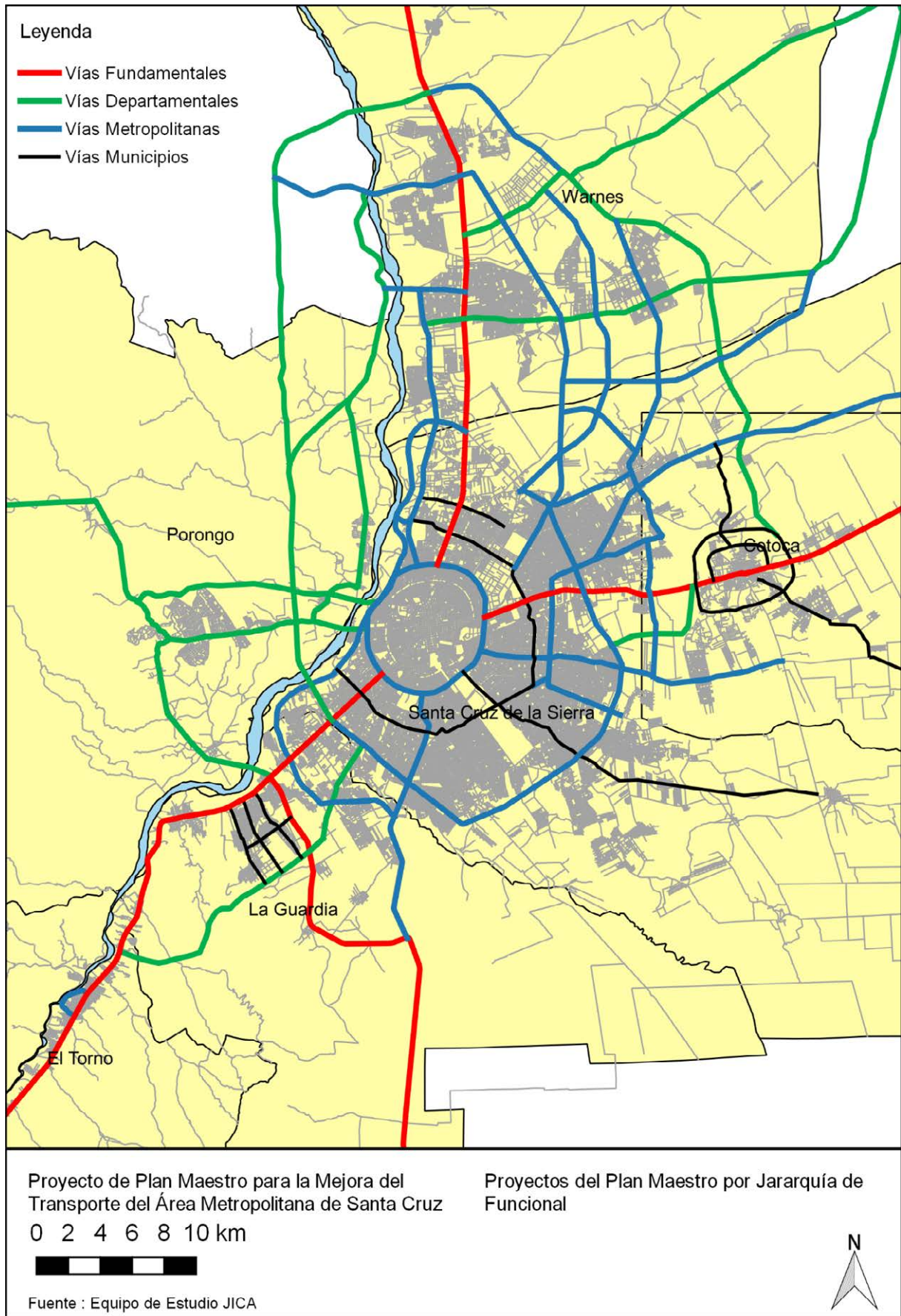
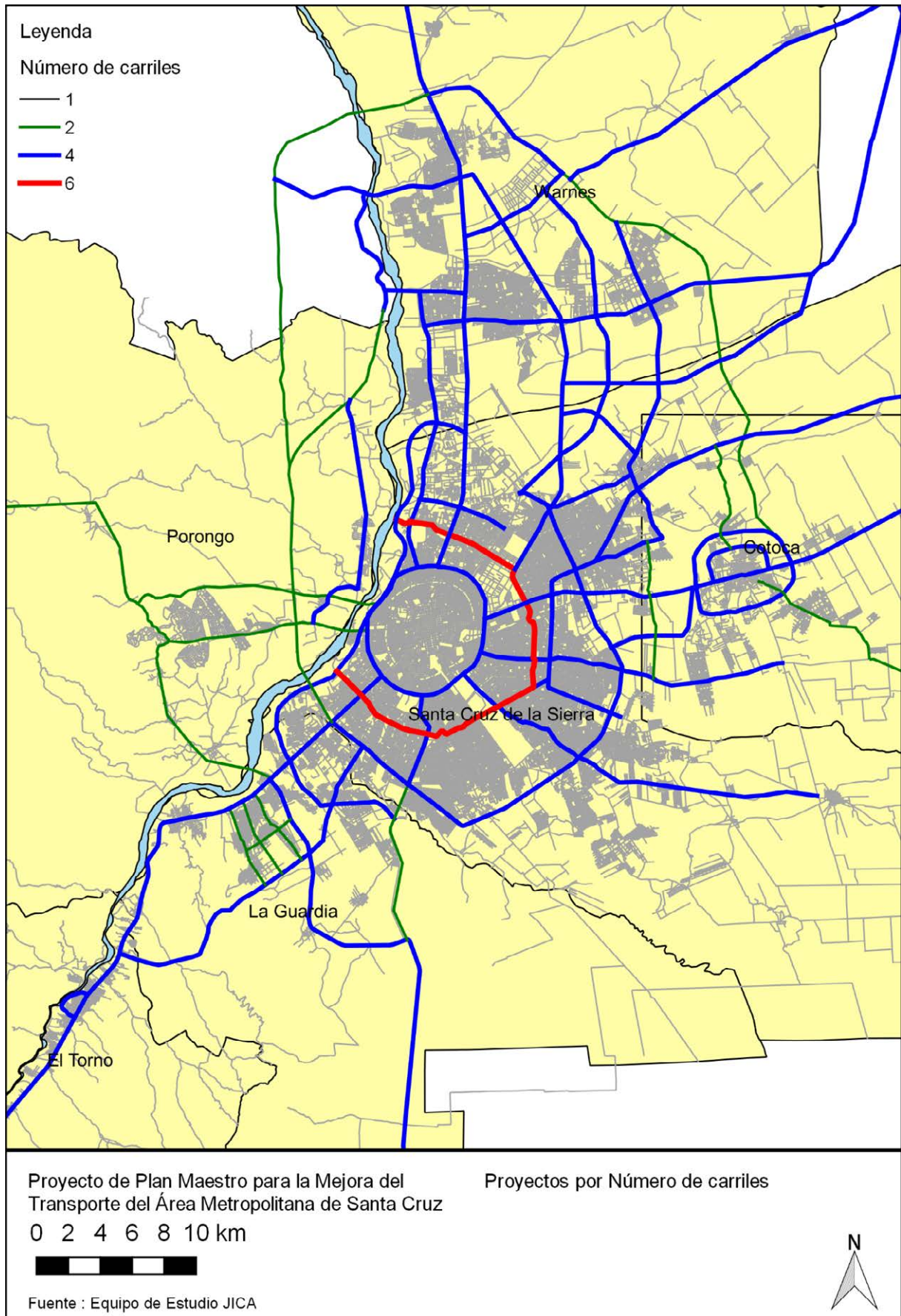


Figura 7.6-4 Proyectos Viales por Jerarquía



## 7.7 Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Público

### 7.7.1 Políticas para el Desarrollo de Sistemas de Transporte Público

Se establecieron las políticas de desarrollo del sistema de transporte público para que contribuyan a la consecución de los objetivos, como se muestra en la Tabla 7.7-1.

Las políticas se enfocan en el sistema de transporte público existente, incluyendo la introducción del sistema troncal y de alimentación y el sistema tarifario integrado. El sector del transporte público contribuirá al Desarrollo Orientado al Transporte Público (TOD), que se aplicará al desarrollo urbano, al este del aeropuerto internacional.

El cambio modal de los automóviles privados a los modos públicos es una de las políticas importantes del sector del transporte público. Debido a la dificultad de construir nuevas vías radiales que conecten las nuevas áreas urbanizadas y el centro de Santa Cruz de la Sierra, será necesario introducir un sistema de transporte público. El sistema debería ser lo suficientemente atractivo como para alentar a los usuarios de automóviles privados a cambiar su modo de transporte.

**Tabla 7.7-1 Políticas de Transporte Público con Objetivos Relacionados**

Objetivos Generales	Objetivos Específicos	Política
Aumentar la movilidad y accesibilidad del servicio de transporte público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar servicios de transporte público estable y fiable en todas las condiciones meteorológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todo el transporte público deber satisfacer las condiciones predefinidas por la autoridad.</li> <li>Instalar paradas de bus con techo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar suficientes servicios de transporte público en todas las áreas urbanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe ofrecer Servicios públicos de bus para cubrir todas las áreas urbanas.</li> <li>Reestructurar la red de buses por el sistema troncal y de alimentación de buses.</li> <li>Se debe desarrollar un corredor de transporte público para fomentar el Desarrollo Orientado al Transporte.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar un sistema de transporte público seguro, cómodo, de alta capacidad y de alta velocidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción de un sistema de transporte masivo en la zona central.</li> <li>El sistema de inspección de vehículos debería inspeccionar las Flotas de buses.</li> <li>Introducir un sistema integrado de tarifas del transporte público.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir la contaminación del aire por las emisiones de vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe mejorar la inspección del vehículo y llevarse a cabo de manera más estricta.</li> <li>La flota de buses antiguos, debería ser reemplazada con buses modernos.</li> </ul>
Asegurar la Fluidez del Tráfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aliviar la congestión del tráfico en el Centro Histórico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducir las centrales de tránsito en el centro histórico donde sea posible</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimizar el flujo de tráfico utilizando tecnología moderna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción del Sistema de Localización de Buses</li> <li>Introducir el sistema BRT</li> <li>Introducir los autobuses de alta capacidad</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fomentar el cambio modal de los automóviles privados al transporte público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover el cambio modal, proporcionando un atractivo sistema de transporte público.</li> </ul>
Proporcionar un buen entorno para el transporte no motorizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar una red de bicicletas segura, cómoda, y funcional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integración de la red vial para bicicletas con la red de BRT</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la red peatonal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar una buena senda peatonal a los refugios/paradas de bus</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alentar la movilidad urbana en distancias cortas (TOD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corredores de transporte masivo deberán ser introducidos para apoyar al TOD.</li> </ul>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

## 7.7.2 Sistema de Transporte Público Propuesto

### (1) Jerarquía de las Rutas de los Buses

Para hacer que el sistema de transporte de buses sea eficiente y conveniente para los pasajeros, se desea una reestructuración completa de las rutas de los buses. La siguiente jerarquía de las rutas de buses se toma en cuenta para la reestructuración de la ruta de los buses.

#### a) Rutas Troncales de Buses

Las rutas troncales de buses permiten el transporte masivo de pasajeros a gran velocidad. Se proponen Autobuses de Tránsito Rápido para operar en las rutas troncales de buses.

#### b) Rutas Sub-troncales de Buses

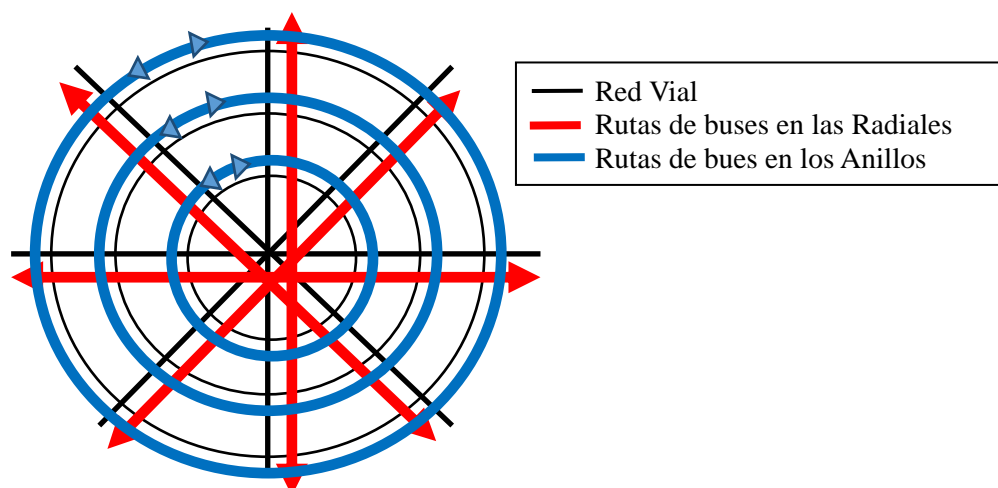
Las líneas sub-troncales de buses complementan las líneas troncales de buses y estos están entre líneas troncales de buses.

#### c) Ruta Alimentadora de Buses

Las rutas alimentadoras de buses recogen pasajeros de las zonas residenciales donde la densidad de población es baja y llevan a las líneas troncales de buses.

### (2) Concepto básico de la Estructura de las Rutas de los Buses

La red vial en el municipio de Santa Cruz consiste en avenidas radiales y anillos. Si la estructura de las rutas de los buses se formula de acuerdo con la estructura de la red vial, la estructura de las rutas de los buses podría ser de una estructura simple con rutas radiales y rutas de anillo como se ilustra en la Figura 7.7-1. El beneficio de tal estructura es que es conveniente para los pasajeros debido a que pueden llegar al destino si hacen transbordo una vez de una ruta de bus a otra.



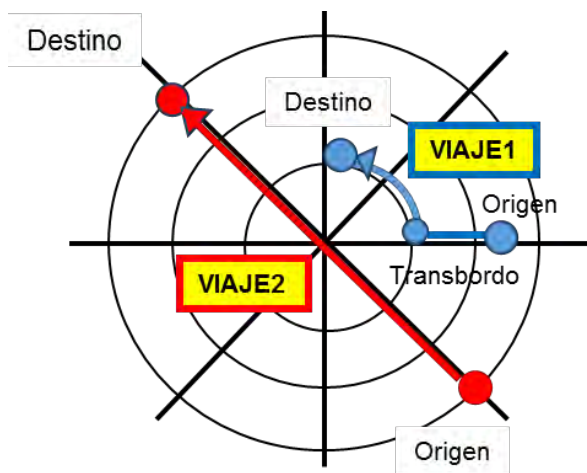
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-1 Estructura deseable de Ruta Troncal de Buses**

Un sistema integrado de tarifas de bus fomenta el transbordo de una ruta a otra. El sistema de tarifas apoya para que sea más fácil desarrollar una estructura sencilla de rutas de buses ya que los pasajeros pueden viajar en múltiples rutas sin tener que duplicar la tarifa debido al

transbordo.

El actual sistema de tarifas de bus en el municipio de Santa Cruz es un sistema de tarifa plana. Un pasajero de bus paga Bs 2 por un viaje. Si se trasladan de una ruta de bus a otra, deben pagar la tarifa dos veces. Figura 7.7-2 Ilustra un problema de desigualdad entre los pasajeros del bus.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-2 Ejemplo de un viaje con transferencia y un viaje Directo**

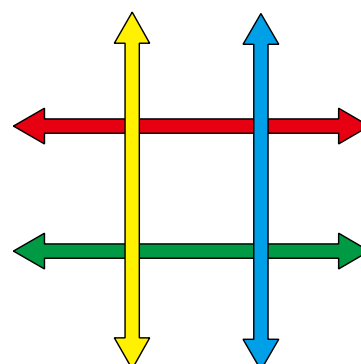
La distancia del VIAJE 1 es más corta que la del VIAJE 2; sin embargo, un viajero del VIAJE 1 debe pagar dos veces en el actual sistema de tarifas. Es más razonable determinar una tarifa por la distancia recorrida. La tarifa de bus proporcional a la distancia es razonable y podría ser aceptada por los pasajeros de buses.

La estructura de la ruta de bus consistente en rutas radiales y anulares proporcionaría una frecuencia más alta y de alta velocidad, como resultado, el tiempo de viaje se acortaría. Sin embargo, causaría el aumento del pasaje total del bus para un viaje ya que la estructura radial y en anillo requiere hacer transbordos. A fin de no desanimar el uso del transporte en bus, debería evitarse o minimizarse el pago adicional por transbordo.

**(3) Rutas de buses dentro del Primer Anillo**

Actualmente, hay dos rutas de buses norte-sur y dos rutas de buses este-oeste dentro del Primer Anillo, como se muestra en la Figura 7.7-3. Dado que cada ruta utiliza una vía por dirección debido a su sistema de calles de un solo sentido en el centro, hay ocho rutas en total. Este concepto es heredado en el Plan Maestro, aunque algunas rutas se proponen utilizando una calle diferente.

Hay algunas duplicaciones en la red actual. Por ejemplo, las líneas de microbuses de oeste a este y aquellas de norte a sur utilizan la misma sección de la calle Aroma entre Caballero y Arenales. La futura red de buses está planeada para evitar el uso de la misma calle por diferentes corredores dentro del Primer Anillo.

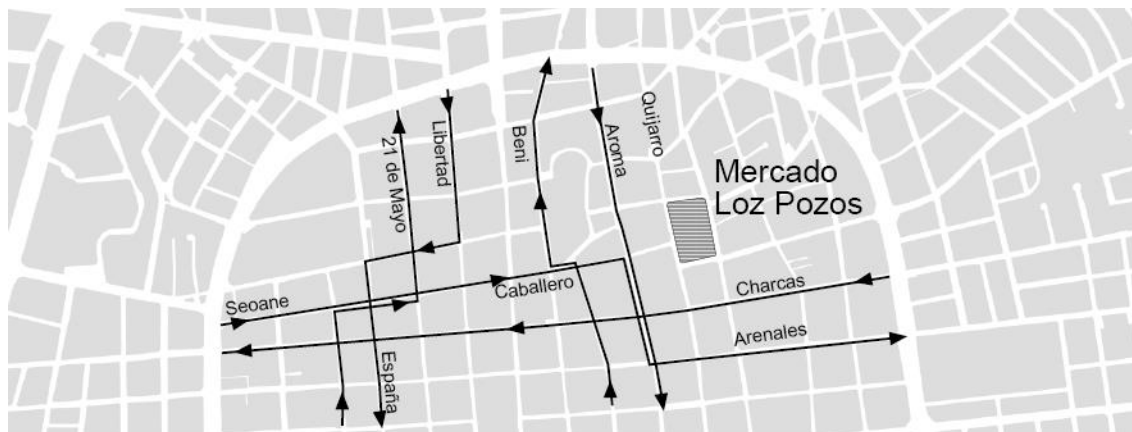


Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-3 Rutas de buses dentro del Primer Anillo**

Debido al estacionamiento ilegal en las calles y los vendedores ambulantes en calles estrechas, era difícil cambiar las rutas de buses actuales. Sin embargo, el Proyecto de

Traslado de los Mercados permitió realizar un plan de reestructuración de las rutas de buses dentro del Primer Anillo. La calle Aroma es una de las actuales rutas de buses en la que la congestión es grave debido a los vendedores ambulantes alrededor del mercado Los Pozos. Como se describió en el Capítulo 3, el municipio de Santa Cruz de la Sierra planea trasladar los vendedores ambulantes de alrededor de Los Pozos en un corto plazo. Luego del traslado del mercado, la calle Quijarro que actualmente es ocupada por vendedores ambulantes, puede ser utilizada como una ruta de transporte público.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-4 Ubicación del Mercado Los Pozos y las Rutas de Buses**

#### (4) Integración de Tarifas con Tarjetas Inteligentes

El sistema de tarifas dentro de Santa Cruz de la Sierra en el futuro debe ser integrado con la tecnología moderna como ser la tarjeta inteligente IC. Esto es esencial para lograr la red de radial y de anillo del sistema de transporte público que implica la transferencia entre líneas radiales y de anillos. La integración tarifaria es necesaria para reducir el costo de transferencia, que se puede implementar mediante el uso de tarjetas inteligentes IC. El sistema de tarifas se analiza en 7.7.4.

#### (5) Sistema de localización de buses

Se recomienda introducir un sistema de localización de buses para mejorar la comodidad de operación y gestión de buses tanto para los usuarios como para los operadores. A través de su introducción, los usuarios pueden obtener la ubicación actual de los buses, convirtiéndose así en un método de transporte fiable. La información de ubicación del bus se usa no sólo para la gestión del intervalo de operación del operador de bus o el juicio de utilización del usuario, sino que también se utiliza para la estimación de las condiciones del tráfico.

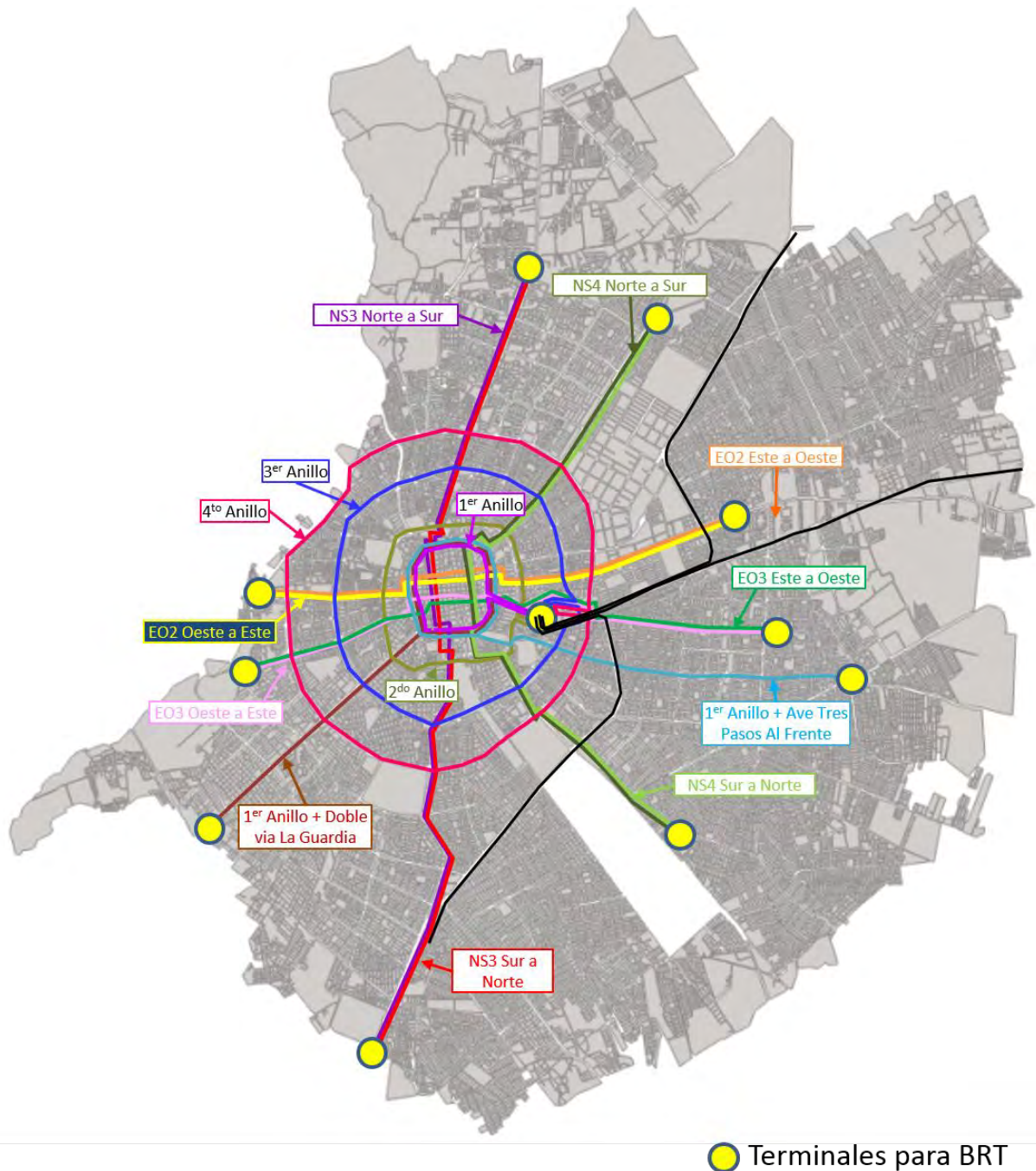
### 7.7.3 Red de BRT propuesta

#### (1) Rutas BRT

En principio, la red BRT propuesta consiste en rutas radiales que pasan por el área central y van al otro extremo del municipio de Santa Cruz como se muestra en la Figura 7.7-5. Dado que el Área Central forma una red vial con diseño cuadrículado, la dirección Este-Oeste y la dirección Norte-Sur están fácilmente conectadas con las rutas radiales, pero las rutas en las direcciones del Norte-Este al Sur-Oeste y del Norte-Oeste al Sur-Este son difíciles de conectar. Por lo tanto, las rutas desde el Sur-Oeste hacen una operación en sentido antihorario en la vía del primer anillo. Del mismo modo, la ruta del 1er Anillo también se realiza en sentido antihorario en el 1er Anillo.



En la Zona Central, se evita el giro a la izquierda del BRT en la vía del 1er Anillo y en la vía del 2do Anillo, ya que en la actualidad el municipio de Santa Cruz ha hecho esfuerzos para restringir el giro a la izquierda en varias intersecciones y dar a la fase verde un tiempo más largo para los vehículos que van en línea recta. Para apoyar los esfuerzos actuales destinados a aliviar la congestión del tráfico por tales controles de tráfico, se evita el giro a la izquierda de las flotas de BRT en las vías del 1er y 2do Anillo como se ilustra en la Figura 7.7-6.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-5 Rutas BRT propuestas en el Municipio de Santa Cruz**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-6 Rutas BRT propuestas en la Zona Central del Municipio de Santa Cruz**

**(2) Rutas BRT en Santa Cruz de la Sierra**

En el Municipio de Santa Cruz, se proponen varias rutas para el BRT y se propone modificar el servicio según las condiciones de la demanda de pasajeros y condiciones en el corredor. Las siguientes dos rutas BRT explican el diferente tratamiento según la situación de la sección.

**1) Ruta BRT Norte Sur (Oeste) (longitud de la ruta: 17.0 km)**

Esta ruta BRT se divide en tres secciones como está graficado en la Figura 7.7-7 y cada sección será tratada de forma diferente en la operación del BRT.

a) Sección Norte

El bus corre en un carril al lado de la acera y los pasajeros suben y bajan desde la acera.

Cuando los servicios alimentadores de buses en las vías de los anillos 5to, 6to, 7mo y 8vo comiencen a operar, se debe tener en cuenta el transbordo en las intersecciones. Algunos buses son operados como buses convencionales y los pasajeros deben subir y bajar desde la acera cerca de las intersecciones. Por otro lado, los buses expresos pueden ser operados en el medio de la vía y pasar los pasos elevados. En este caso, ningún pasajero puede subir y bajar en las intersecciones con estas vías de anillos.

b) Del 4to Anillo al 1er Anillo:

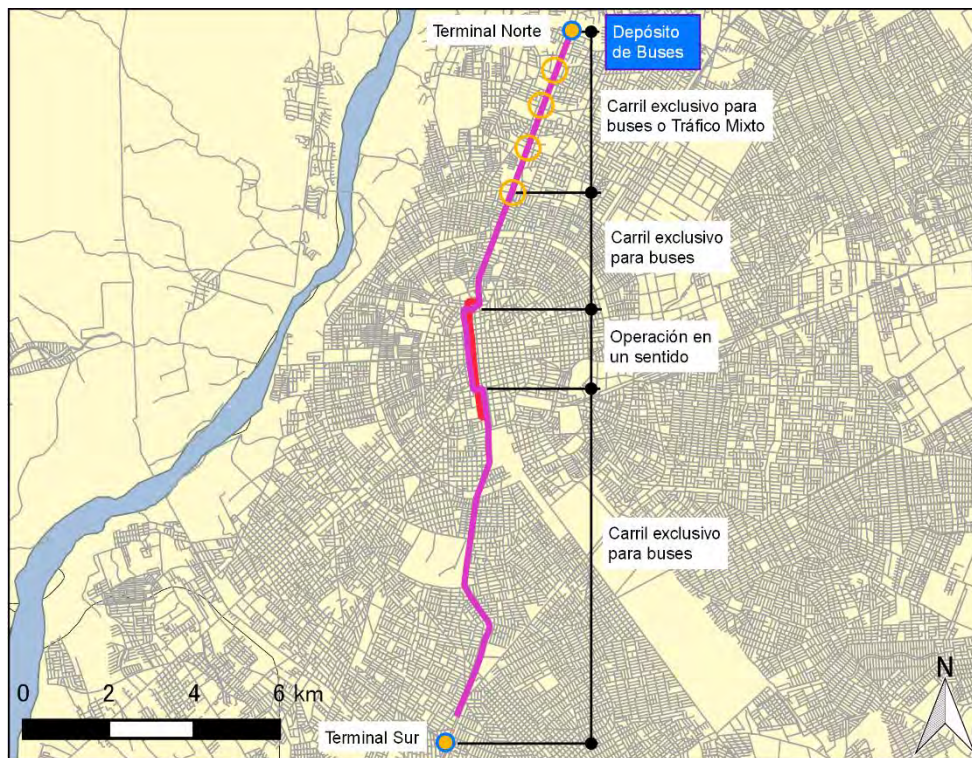
El BRT funcionará en un carril dedicado para el bus, próximo a la mediana

c) Dentro del 1er Anillo

El abordaje de pasajeros del bus desde la acera será en contraflujo al tráfico ordinario para preservar la prioridad para el BRT.

d) Sección del 1er Anillo al sur

Los buses BRT funcionan en un carril dedicado para el bus, próximo a la mediana y los pasajeros suben desde la plataforma de las paradas de bus en la mediana.

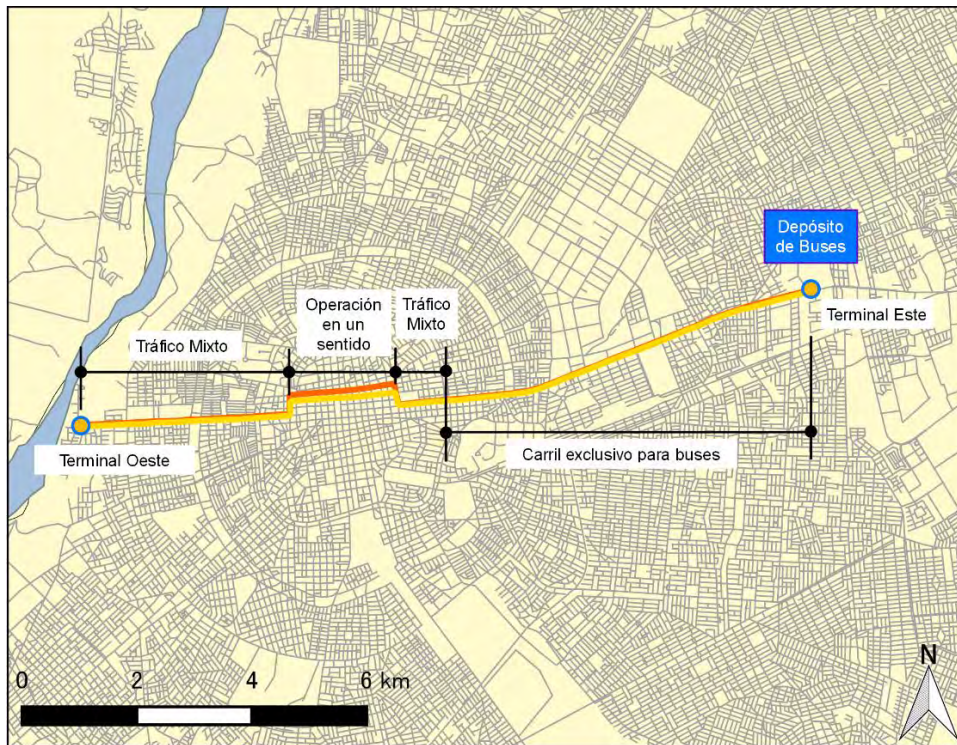


Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-7 Ruta BRT del Norte a Sur (Oeste)**

**2) Ruta del Bus Este Oeste (Longitud de la Ruta: 13.5 km)**

La operación BRT es diferente de acuerdo con la sección como se muestra en la Figura 7.7-8.

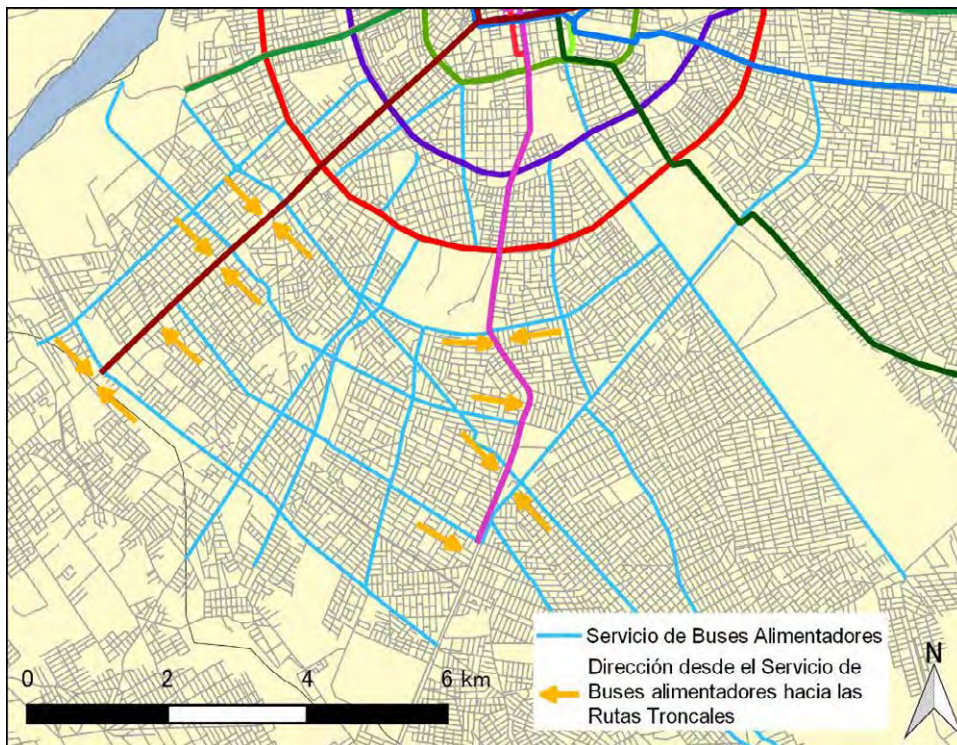


Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-8 Ruta BRT de Este a Oeste**

**(3) Rutas Troncales de Bus y Rutas Alimentadoras de Buses**

Las rutas troncales de bus operadas principalmente como BRT en direcciones radiales son apoyadas por servicios alimentadores de buses en dirección radial como se muestra en la Figura 7.7-9.

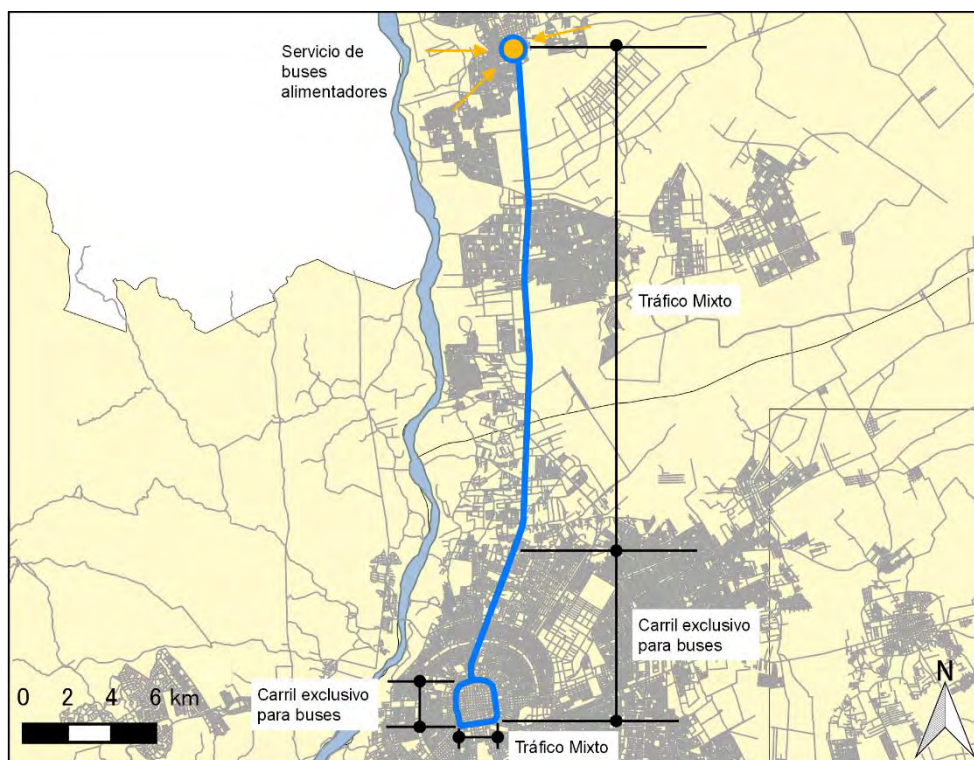


Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-9 Servicio Alimentador para el Sistema BRT**

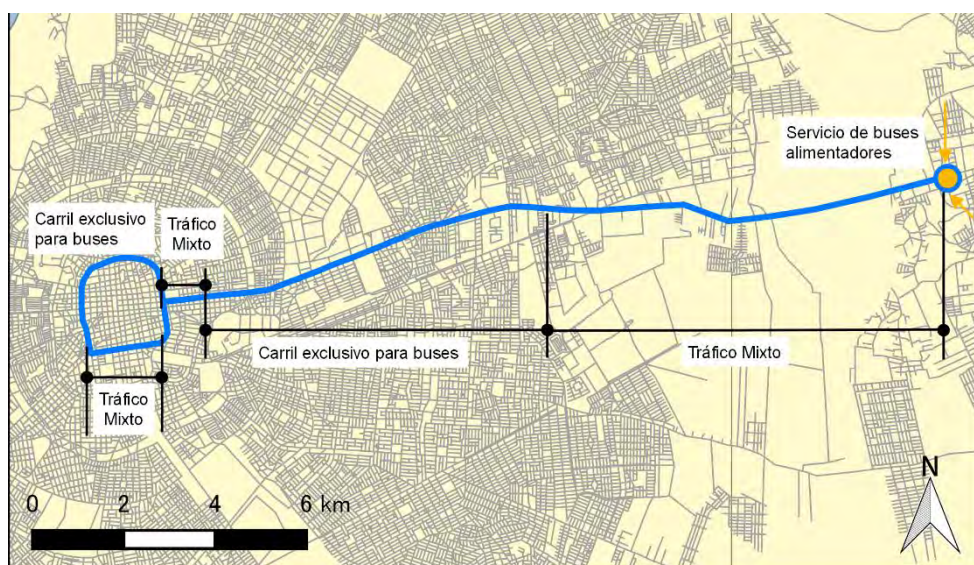
**(4) Sistema BRT Inter-Municipales**

El área urbana se expandirá hacia el exterior del municipio de Santa Cruz y muchas personas viajarán diariamente al área central del Municipio de Santa Cruz. El sistema BRT se aplicará para el transporte entre municipios para mayor comodidad y conveniencia de los pasajeros. En la actualidad trabajan minibuses y trufis entre los municipios circundantes y el municipio de Santa Cruz. Cuando aumenta la demanda de viajes, se desea un servicio de bus con mayor capacidad y rapidez. El BRT será introducido entre estos centros urbanos de los municipios circundantes y el área central. El sistema BRT intermunicipal se muestra en la Figura 7.7-10, Figura 7.7-11, Figura 7.7-12, y Figura 7.7-13.



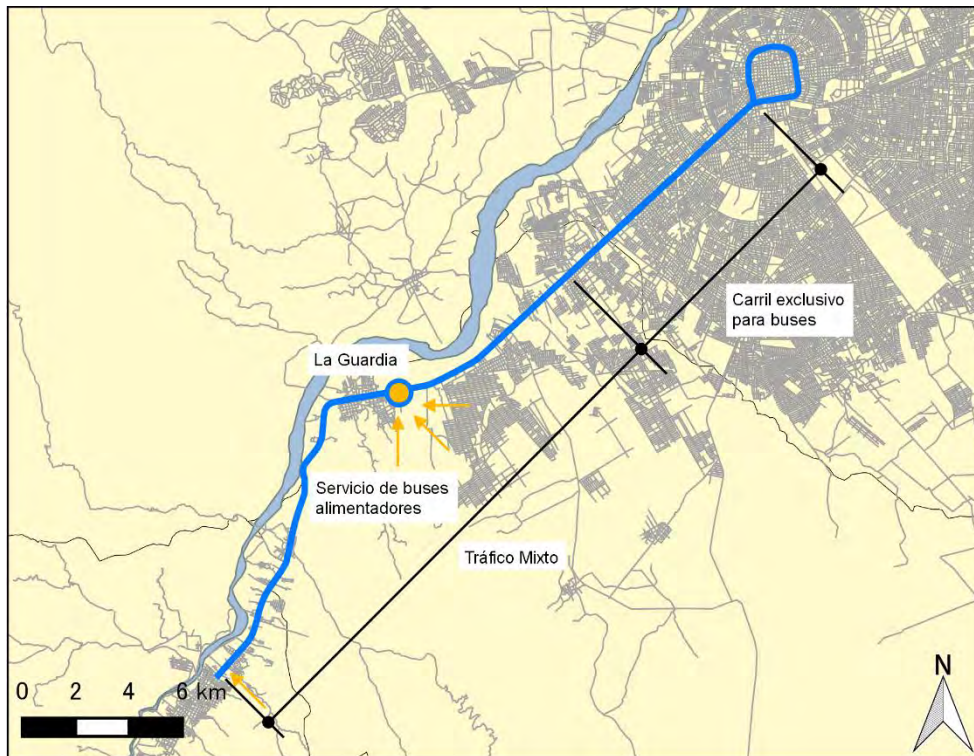
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-10 Sistema BRT entre el Norte Satelital y el Área Central del Municipio de Santa Cruz**



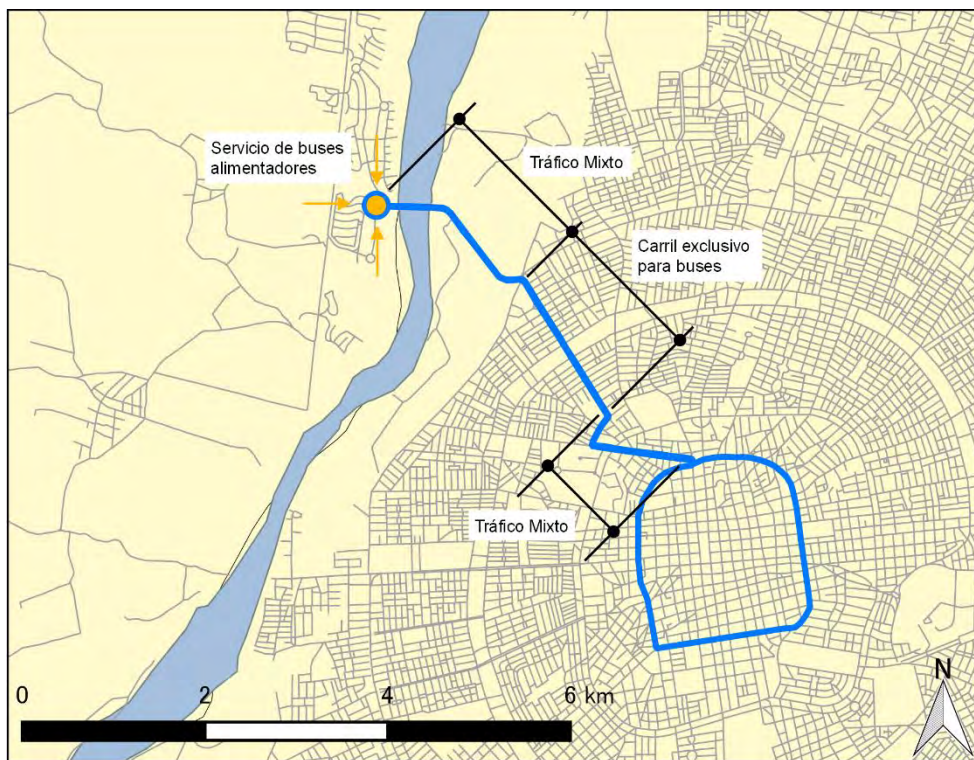
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-11 Sistema BRT entre Cotoca y el Área Central del Municipio de Santa Cruz**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-12 Sistema BRT entre La Guardia/El Torno y el Área Central**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-13 Sistema BRT entre Porongo y el Área Central**

### (5) Acceso a Nuevos Mercados

Las rutas BRT propuestas no están conectadas directamente a los nuevos mercados, ya que las rutas BRT recorren la Carretera Fundamental mientras que los nuevos mercados se ubican sobre diferentes avenidas. Es necesario proporcionar servicios de transporte público para los nuevos mercados.

El nuevo mercado Los Pozos se ubica en un lugar estratégico sobre el Octavo Anillo, que puede funcionar como punto de transferencia de las rutas de transporte público entre los servicios de transporte urbano y los servicios suburbanos (o intermunicipales). El mercado estará conectado al centro con una ruta de buses que pasa por la Av. Alemana, que es una ruta ramal del corredor BRT norte-sur. Aunque la ruta no tiene la sección de carriles exclusivos, puede formar parte de la red BRT.

El nuevo Mercado Abasto funcionará como punto terminal para las rutas de buses en el Distrito 6. Las rutas de buses que conectan con el mercado están planificadas como rutas alimentadoras de la red BRT. La ruta de buses que utiliza el corredor este-oeste de la red de BRT que pasa por la Av. Virgen de Cotoca estará directamente conectada al mercado.

La red alimentadora en el sur de Santa Cruz de la Sierra (Distrito 8, 10, 12) está planeada de tal manera que estas rutas de buses estén conectadas al nuevo mercado La Ramada. Las ubicaciones del nuevo mercado del Plan 3000 y del Mercado Mayorista Abasto también se consideran en la planificación de las rutas de buses.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

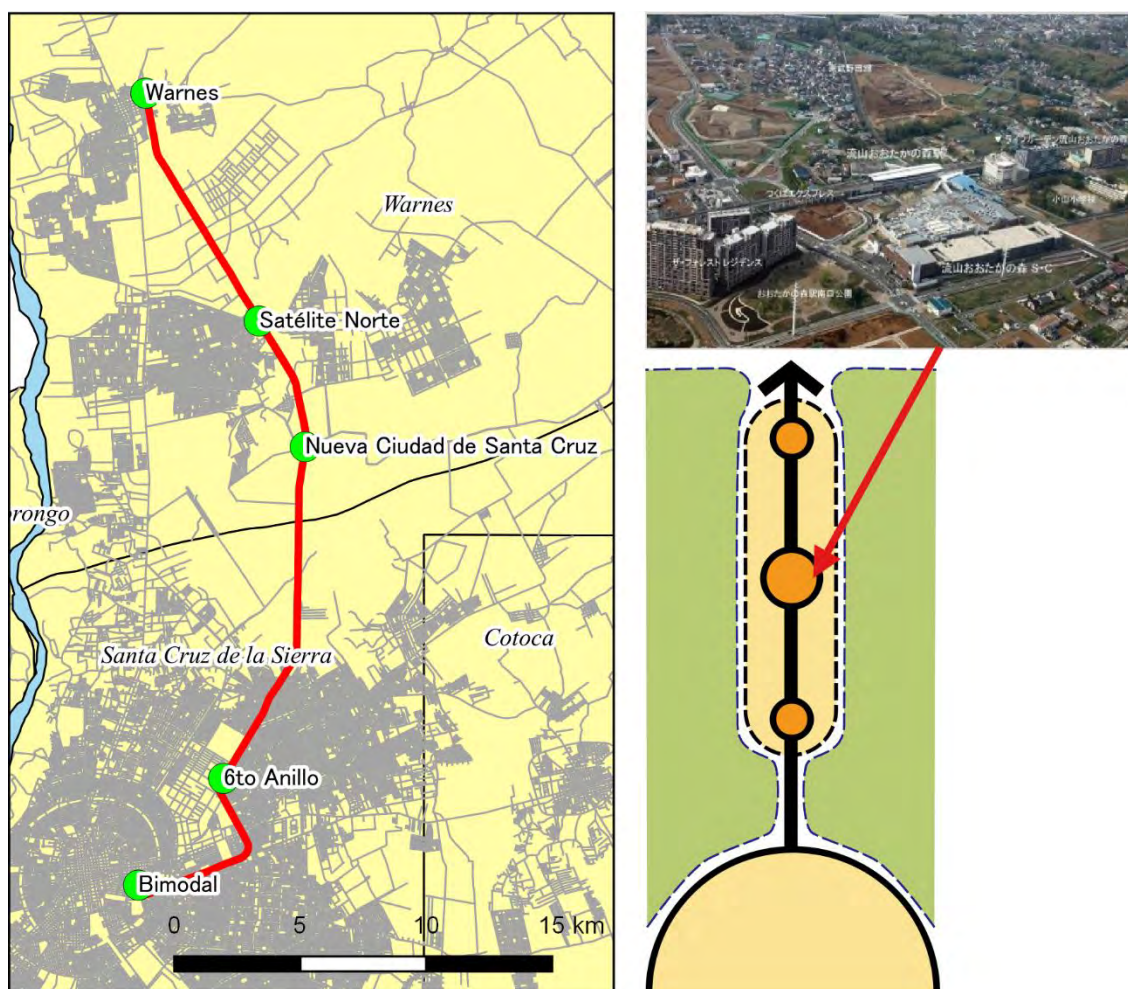
**Figura 7.7-14 Acceso del Transporte Público al Nuevo Mercado Los Pozos**

**(1) Corredor de Tránsito Warnes – Santa Cruz**

Se planean desarrollos urbanos a gran escala al este del Aeropuerto Internacional Viru Viru entre Santa Cruz de la Sierra y Warnes. El municipio de Warnes ya ha aprobado estas urbanizaciones. Aunque la red vial en el Plan Maestro considera la demanda futura de tráfico de estas urbanizaciones, se necesita un sistema de transporte masivo para formular la estructura urbana sostenible. Se espera que la formulación de un corredor de transporte público aplicando el Desarrollo Orientado al Transporte Público evite la expansión de áreas de baja densidad.

El corredor de tránsito masivo debería desarrollarse a lo largo de la línea ferroviaria existente donde se construirá la carretera Warnes-Santa Cruz. La previsión de la demanda muestra que el sistema BRT de tipo moderno puede transportar a los pasajeros a lo largo del corredor. La figura ilustra la ubicación de la línea y sus estaciones.

La demanda actual es muy pequeña porque la nueva área de urbanización no está poblada. Por lo tanto, es necesario desarrollar este corredor conjuntamente con el desarrollo urbano. Se debe de tomar en cuenta el enfoque TOD para el desarrollo.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-15 Corredor de tránsito Warnes-Santa Cruz con TOD**



#### **7.7.4 Instalaciones BRT**

##### **(1) Sistema de Tarifas**

###### **1) Variación del Sistema de Tarifas de Bus**

Los sistemas típicos de tarifas para el transporte público son:

a) Sistema de Tarifa Plana (sistema existente en el Municipio de Santa Cruz)

La tarifa es constante para los viajes utilizando un bus y los pasajeros pagan cada vez que abordan el bus. Este es el sistema común para el transporte de buses urbanos ya que el número de pasajeros es grande y la tarifa plana es útil para reducir el tiempo de emisión de boletos.

b) Sistema de Tarifa Proporcional a la Distancia

La tarifa se determina por la distancia recorrida de un pasajero. El sistema ferroviario a menudo utiliza este sistema debido a que una distancia promedio de viaje es relativamente larga en comparación con la de transporte de buses urbanos.

c) Sistema de Tarifa de Zona

En este sistema, el área de servicio es dividida en varias zonas. La tarifa es determinada para cada par de zonas.

d) Sistema de Tarifa basado en el Tiempo

Los pasajeros pueden utilizar los sistemas de transporte público bajo el sistema de tarifa dentro de un periodo predeterminado.

Dado que el sistema BRT incluye líneas de larga distancia, se propone el sistema proporcional a la distancia.

###### **2) Sistema de Pago**

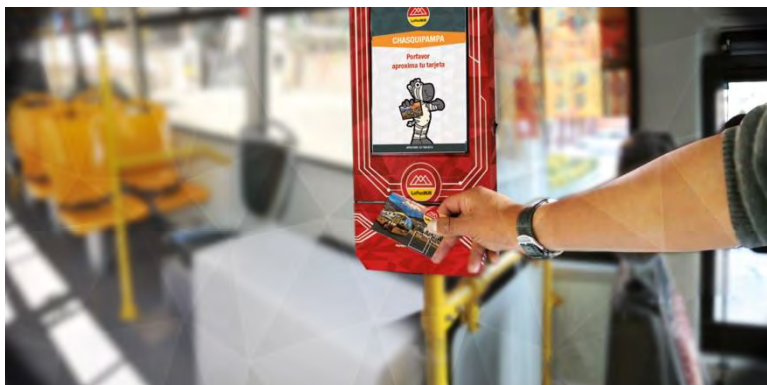
Un sistema de tarjetas inteligentes deberá ser introducido en el sistema BRT como método de pago, aunque es una de las reformas desafiantes del sistema de transporte actual, ya que es necesario considerar el pago en efectivo. La experiencia de La Paz muestra esta situación.

La Paz ha introducido un sistema de tarjetas inteligentes denominado Tarjetas IC Pumakatari para su moderno sistema de buses. La experiencia muestra que los pasajeros prefieren el pago en efectivo a pesar de las ventajas de las tarjetas inteligentes. Al inicio de la operación, solo el 9 % de los pasajeros usaba la tarjeta inteligente, y esto se ha incrementado al 20% luego de que se aplicara el descuento de la tarifa (Bs. 2.0 para tarjetas IC y Bs. 2.3 para pago en efectivo). Un pasajero debe adquirir una tarjeta IC en Bs. 20 (Bs. 10 para la tarjeta IC y Bs. 10 para la carga inicial) al inicio, y es necesario recargar para utilizar la tarjeta IC.

Es necesario un sistema de boletos para la integración de la tarifa si el pago en efectivo es aceptado, ya que la información del embarque puede ser validado por el boleto cuando la integración de la tarifa (descuento de tarifa) es aplicada a la transferencia de líneas.

En caso de que las tarifas se recolecten dentro de los buses, una máquina para boletos debe ser instalado además del dispositivo para tarjetas inteligentes, de lo contrario deberá haber un cobrador en el bus para lidiar con los boletos. Dado que el sistema BRT incluye las rutas en

las que se requiere la recolección de tarifas a bordo, sólo deberán aceptarse las tarjetas inteligentes y los boletos previamente comprados. La imagen de abajo muestra el Registrador de la tarjeta IC Card en los buses del sistema de bus Pumakatari en La Paz.



Fuente: <http://www.lapazbus.bo/>

**Figura 7.7-16 Registrador de la Tarjeta IC a bordo**

Para aplicar el sistema de tarifas proporcional a la distancia, deben registrarse tanto la información de embarque como la de desembarque. La información se registra cuando el pasajero pasa por las puertas de las estaciones de buses (refugios de buses) tocando la tarjeta IC en el registrador de tarjetas IC. Sin embargo, algunas líneas necesitan instalar dos dispositivos dentro de los buses para registrar tanto el embarque como el desembarque.

Registro al momento de embarcar



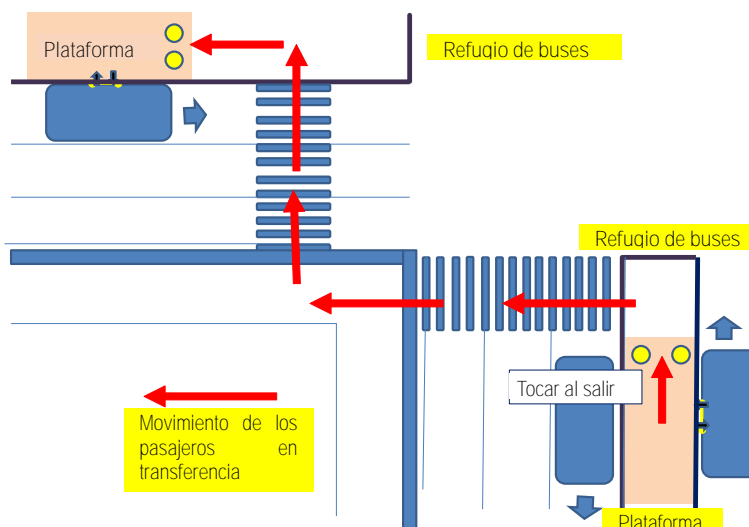
Registro al momento de desembarcar



Source: <http://5931bus.com/routebus/pasmo/>

**Figura 7.7-17 Registro en el embarque y en el desembarque del bus**

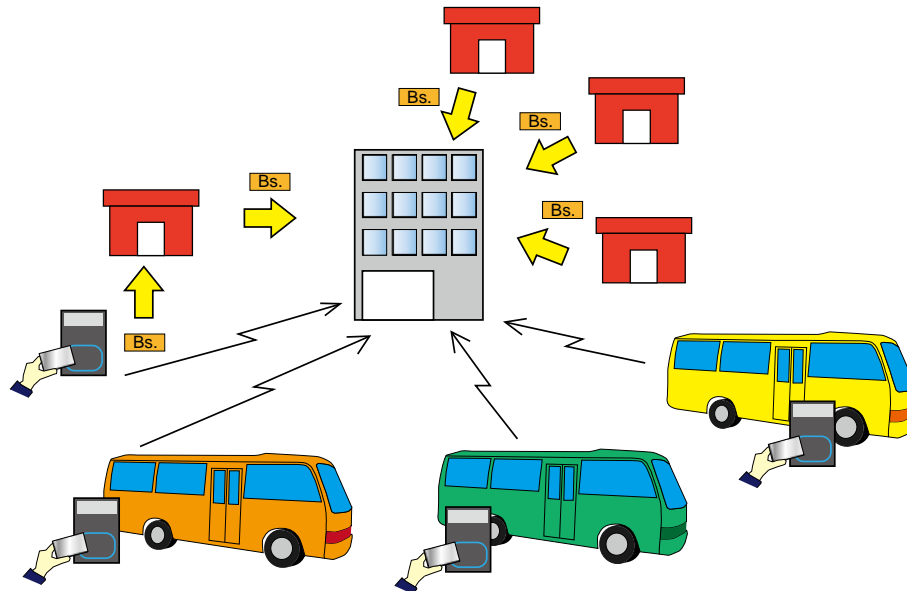
En caso de hacer transbordo a otra línea, el embarque a la primera línea y el desembarque desde la segunda línea pueden ser validados a través de la información del registro de la Tarjeta IC. Por lo tanto, los pasajeros pueden bajar en un refugio de buses y caminar sobre el paso de cebra para trasladarse a otro refugio de buses.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-18 Transferencia entre líneas con Tarjetas IC**

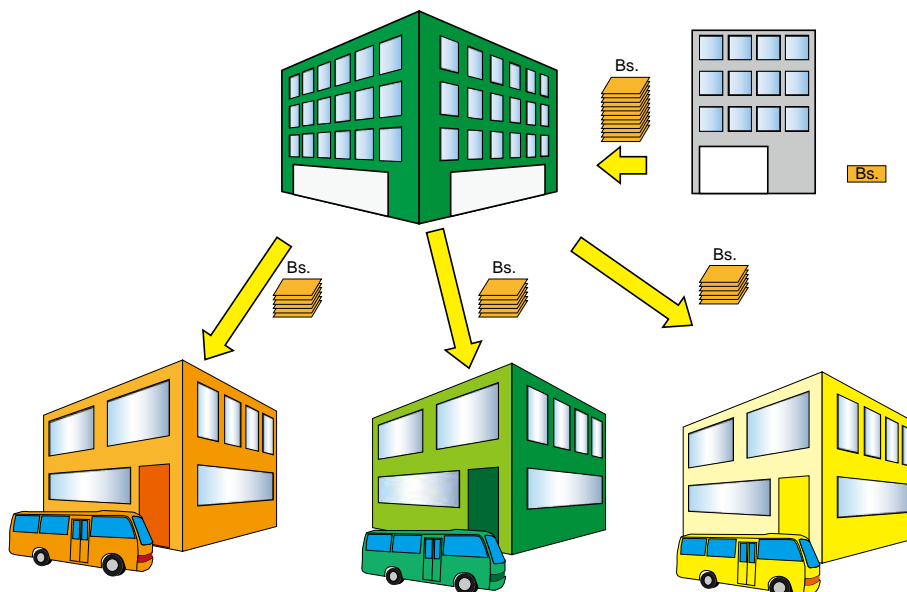
En el sistema de tarjetas inteligentes, los pasajeros cargan la tarifa a la tarjeta IC por adelantado, y el dinero se recolecta en un centro del sistema de integración de tarifas, que generalmente se denomina Clearing House. Los dispositivos para recargas se encuentran en grandes estaciones, oficinas del sistema de integración de tarifas, o tiendas que tienen contrato con la autoridad. La información sobre el embarque de pasajeros a los buses se registra a través de los registradores IC y son enviados al Clearing House.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-19** Recolección de la tarifa de los pasajeros

El dinero recaudado se distribuye a los operadores de buses bajo los contratos necesarios entre la autoridad y los operadores. Existen algunos métodos para calcular la proporción de la distribución, tal como el cálculo basado en kilómetros-vehículo recorridos, el número de embarque de pasajeros, pasajeros-kilómetro o en el precio de contrato predefinido que se acuerde entre la autoridad y los operadores. El método debe ser analizado y decidido antes de la implementación del proyecto.



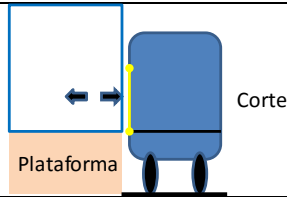
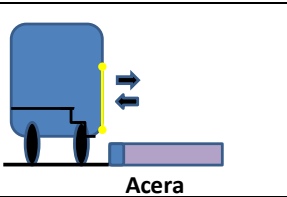
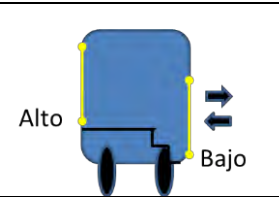
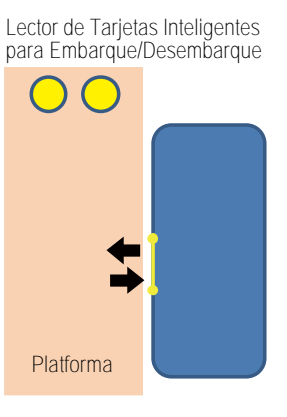
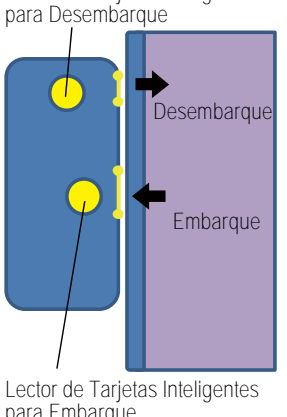
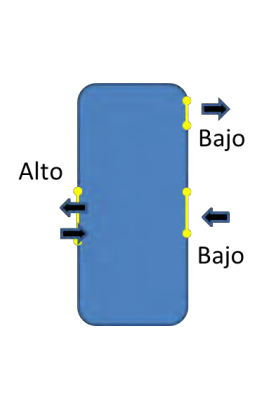
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-20** Distribución de los ingresos por pasajes

**(2) Tipos de Parada de Bus para BRT**

Se utilizarán dos tipos de paradas de bus para el BRT. Una de ellas es la parada de bus convencional sobre la acera y el otro es la parada de bus en las medianas (camellones). Se necesita paradas de bus en las medianas para la sección donde la demanda de pasajeros de buses es alta. La flota de buses para el servicio de bus convencional usa puertas del lado derecho a un nivel bajo en los países donde el tráfico está en la derecha. Por el contrario, una flota de buses con la puerta a la izquierda en alto nivel es de uso general en el sistema BRT ya que la parada de bus se encuentra en la mediana. En áreas suburbanas, el tráfico no es pesado y no es necesario proporcionar carril dedicado para BRT. El bus de la sección puede ser operado como un bus ordinario. Dado que el sistema BRT pasa por el centro de la ciudad, donde las calles son demasiado angostas para construir los refugios de buses con plataforma alta, se propone que los pasajeros embarquen desde las aceras. Para resolver este problema, se recomienda introducir una flota de buses compatibles como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 7.7-2 Comparación de sistemas BRT**

	Sistema BRT (1)	Sistema BRT (2)	Sistema BRT (3)
Demanda de Pasajeros	Corredor de alta demanda	Corredor de demanda media	Corredor de demanda alta/media
Corredor	Vía del 1er Anillo Vía del 2do Anillo y Vía del 3er Anillo Corredores de Radiales Principales	Áreas suburbanas de los principales corredores radiales	Los corredores de comunicación suburbana y la zona central
Parada del bus	Sobre las medianas con plataforma	Sobre la acera	En las medianas en la Zona Central y en las aceras en la suburbana
Flota de buses:	Puertas del lado izquierdo y a la misma altura con plataforma	Puertas del lado derecho y a la misma altura que los buses comunes	Los buses deberán tener una puerta alta en el lado izquierdo y una puerta baja en el lado derecho
Dispositivo de Validación de la Tarjeta IC:	El dispositivo se encuentra en la parada; no hay validación en los buses	Uno para abordar y otro para bajar del vehículo	Uno, para abordar y otro para bajar del vehículo
			
			

Fuente: Equipo de Estudio JICA

La flota de buses BRT con dos puertas laterales es operada en 20 ciudades en los países latinoamericanos que se enumeran en la Tabla 7.7-3.

**Tabla 7.7-3 Sistemas BRT con puertas a la Izquierda y a la Derecha en Latino América**

País	Ciudad
Brasil	Belo Horizonte, Brasilia, Campinas, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro*, São Paulo, Sumaré, Uberlândia
Colombia	Cali, Medellín
Ecuador	Quito
El Salvador	Gran San Salvador
Guatemala	Guatemala
México	Guadalupe, Juárez, Ciudad de México, Monterrey
Venezuela	Caracas

Nota\*: 2015, izquierda sólo en los corredores TransOeste, TransOlímpica y TransCarioca

Fuente: Información Global BRT, POSICION DE LAS PUERTAS DEL BUS

Las imágenes abajo muestran el ejemplo de vehículos con puertas en ambos lados, que operan en Ahmedabad, India.



Embarque desde plataforma



Embarque en la puerta de la mano derecha desde plataforma de piso bajo



Embarque desde puerta del lado derecho

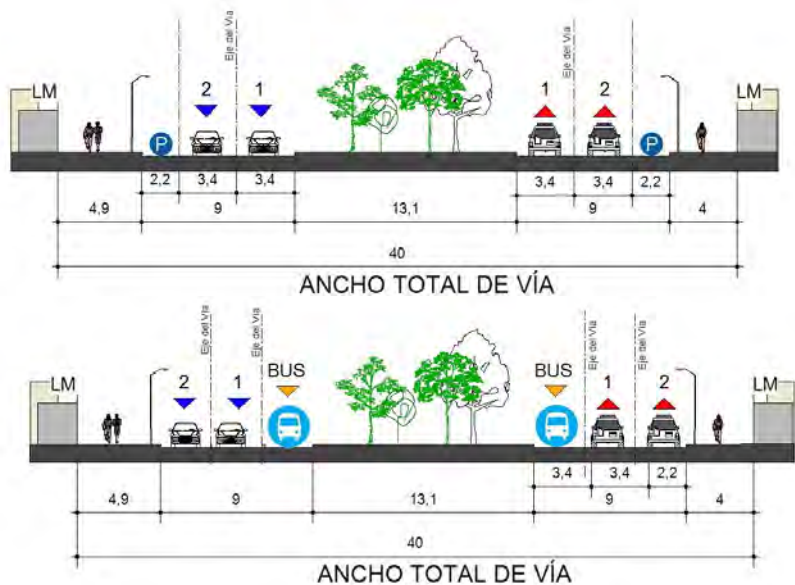


Embarque desde puerta del lado izquierdo

**Figura 7.7-21 Ejemplos de buses compatibles en Ahmedabad, India**

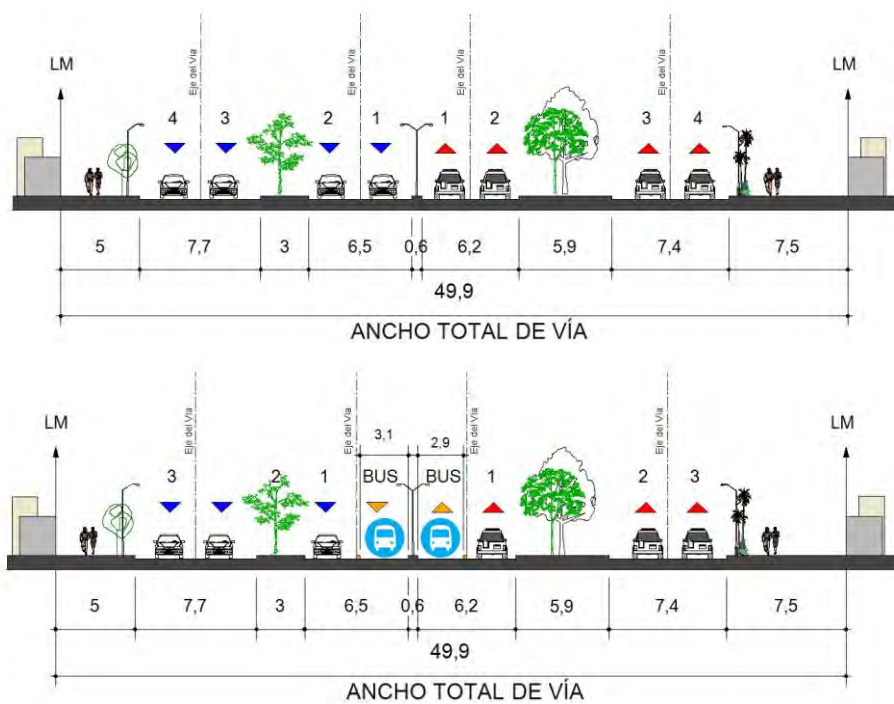
**(3) Sección transversal del Sistema BRT**

Se recomienda introducir un carril dedicado para bus en las medianas de las vías para evitar conflictos con el tráfico de acceso al uso del suelo a lo largo de la vía. La sección transversal existente de la vía del 1er Anillo y la sección transversal para introducir el carril dedicado para bus en la mediana se ilustran en la Figura 7.7-22, que son preparadas por el municipio de Santa Cruz. La Figura 7.7-23 también indica las secciones transversales antes y después de la instalación del sistema BRT.



Fuente: Municipio de Santa Cruz

**Figura 7.7-22 Sección transversal existente y nueva sección transversal para el sistema BRT en el 1er anillo**



Fuente: Municipio de Santa Cruz

**Figura 7.7-23 Sección transversal existente y nueva sección transversal para el sistema BRT en el 2do anillo**

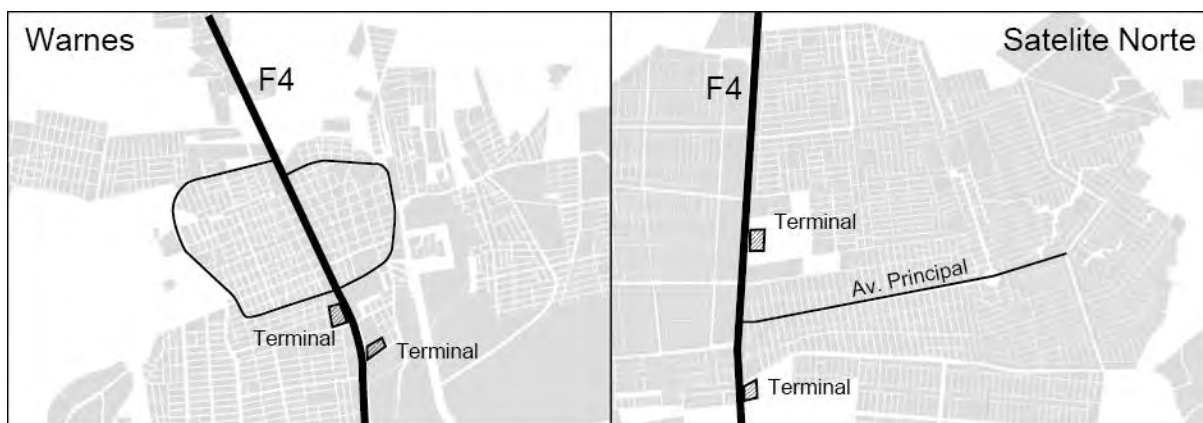
#### (4) Desarrollo y Mejoramiento de Vías para el Desarrollo de Sistemas de BRT

El ensanchamiento de vías y la construcción de nuevas vías si requeridos para tratar con la sección de enlace faltante para el sistema BRT. Por ejemplo, la parte este de la vía del 3er Anillo tiene eslabones faltantes donde la avenida no está conectada o el ancho de la vía es mucho más estrecho que la otra parte. Para hacer el 3er Anillo como vías circulares completas, la vía debe ser ensanchada o nuevamente construida.

#### (5) Desarrollo de Nuevas Terminales de Bus para BRT

La terminal de buses internacionales e interprovinciales es trasladada desde la terminal bimodal a las nuevas terminales en las vías radiales, el espacio de la terminal bimodal podría ser utilizado para una terminal BRT operado en las vías del 1er y 2do Anillo.

Las terminales de buses en Warnes y Satélite Norte serán desarrollados sobre la Carretera Fundamental 4 como se muestra en la figura a continuación. Las ubicaciones en la figura son los lugares potenciales. La terminal deberá ser lo suficientemente extensa para funcionar como punto de transferencia entre líneas troncales y líneas alimentadoras.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.7-24 Ubicación de las Terminales de Buses en Warnes y Satélite Norte**

### 7.7.5 Desarrollo por Fases del Sistema de Transporte Público

#### (1) Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Público a Corto Plazo (-2020)

El municipio de Santa Cruz de la Sierra inició la preparación para el desarrollo del sistema BRT en el municipio.

Adicionalmente a la preparación del sistema BRT, las rutas existentes de los microbuses deben ser simplificadas y reestructuradas ya que son necesarios para cambiar la red de transporte público existente a un sistema radial y circular.

Actualmente, 92 líneas de microbuses pasan por el centro. La cantidad de líneas exceden la demanda del centro porque cada bus lleva pasajeros cuyo origen o destino no es necesariamente el centro. Hay muchas líneas que pasan por el centro y conecta con los mercados o establecimientos de educación sobre las vías de los anillos. Por otro lado, los pasajeros podrán llegar a esos destinos en el futuro mediante la transferencia a las rutas BRT sobre los anillos. Además, la demanda de viajes relacionados a los mercados se reducirán luego del Proyecto de Traslado de los Mercados. La reducción en la cantidad de las líneas de microbuses en el centro y la reestructuración de las rutas pueden ser iniciados en un periodo a corto plazo.

## **(2) Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Público a Plazo Intermedio (-2025)**

Como se menciona en el análisis de los servicios actuales de bus en el área metropolitana de Santa Cruz, en la actualidad no es eficiente, las rutas de buses deben ser completamente examinadas y reestructuradas de cero por la autoridad competente del sector público. El servicio de buses debe cubrir todas las áreas urbanizadas del municipio con rutas troncales y rutas de alimentación. La reestructuración global de las rutas se llevará a cabo en el plazo intermedio. Durante el corto plazo, la información sobre la demanda de pasajeros de bus se recogerá y se analizará y ésta debe ser utilizada para el plan de desarrollo del sistema de transporte público intermedio.

Al mismo tiempo, se mejorará el transporte intermunicipal en bus mediante la introducción del sistema BRT. Cuando se preste el servicio de BRT, la integración de los servicios de buses será administrada por una organización a nivel metropolitano que pueda ocuparse de la planificación, desarrollo y control y administración la operación del transporte urbano.

## **(3) Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Público a Largo Plazo (-2035)**

A medida que aumenta la población urbana y se amplía el área urbanizada, se espera una mayor demanda de transporte. Si las demandas de viaje entre las áreas suburbanas y el área central aumentan significativamente, se podría desarrollar el ferrocarril suburbano. Dado que el derecho de vía del ferrocarril es de 30 metros de ancho, si el terreno para el ferrocarril se mantiene, no es difícil desarrollar un nuevo sistema ferroviario para responder a la demanda de viajes de los pasajeros, a largo plazo.

### **7.7.6 Plan de negocios**

El municipio de Santa Cruz de la Sierra deberá ser la agencia de implementación del proyecto BRT incluyendo la inversión en infraestructura. Por otra parte, el sistema BRT debe ser operado por una empresa privada o empresas privadas bajo contratos de concesión. Los operadores recibirán el monto del precio del contrato mientras que el municipio recibirá el ingreso por los pasajes. Esto significa que el municipio asumirá el riesgo sobre el ingreso.



## 7.8 Plan de Gestión del Tráfico

### 7.8.1 Políticas

Las políticas de la gestión del tráfico fueron establecidas de tal manera que contribuirán a la consecución de los objetivos indicados en la Tabla 7.8-1.

Para mejorar la seguridad del tráfico, es importante considerar las soluciones desde el punto de vista del enfoque 3E: “Ingeniería, Aplicación y Educación”. Además, es necesario desarrollar una base de datos de accidentes de tráfico que constituirá la base para considerar contramedidas.

Para asegurar la fluidez del tráfico, es necesaria una gestión integral del estacionamiento. Los puntos de cuello de botella deben mejorarse después de analizar las causas de los problemas y examinar posibles medidas de mejora, que pueden incluir la mejora de la geometría de la intersección y/o la mejora de los semáforos.

**Tabla 7.8-1 Políticas de Gestión del Tráfico para la Seguridad del Tráfico**

Objetivos Generales	Objetivos Específicos	Política
Velar por la Seguridad Vial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar los accidentes de tráfico mortales</li> <li>• Reducir el número de accidentes de tráfico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los lugares con alto riesgo de accidentes de tráfico (puntos negros) y analizar sus causas con el fin de diseñar contramedidas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilizar sobre la seguridad vial y el cumplimiento de las normas de tránsito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un sistema de educación continua de seguridad vial</li> </ul>
Asegurar la Fluidez del Tráfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aliviar la congestión del tráfico en el Centro Histórico (Casco Viejo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un sistema de control tarifado para el estacionamiento en la calle, asimismo prohibir el estacionamiento en la calle en espacios fuera del área designada.</li> <li>• Instalación de paradas de taxis o parqueos públicos de taxis</li> <li>• Regular la cantidad de taxis a través de un sistema de registro adecuado.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la movilidad en los mercados, escuelas y otras instalaciones que tengan una alta generación de viajes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir un reglamento para carga y descarga de mercancías alrededor de los mercados.</li> <li>• Introducción del Estudio de Impacto del Tráfico para nuevos desarrollos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar los cuellos de botella en la red vial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las intersecciones principales deberán ser señalizadas.</li> <li>• Las rotondas con alto volumen de tráfico deben cambiarse a intersecciones compactadas con semáforos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar el flujo de tráfico utilizando tecnología moderna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción y ampliación del sistema de semáforos coordinados y del sistema central de control de semáforos con detectores de tráfico, teniendo en cuenta los incrementos en el volumen de tráfico.</li> <li>• Introducir y expandir el Sistema Inteligente de Transporte (ITS) en el Área Metropolitana.</li> <li>• Introducción de un sistema guiado de estacionamiento, como placas eléctricas y teléfonos inteligentes, etc. con el fin de reducir los vehículos que buscan espacio para estacionarse.</li> <li>• Coordinar los sectores privados para un uso eficaz de los datos de vehículos como sensores itinerantes y la información vial.</li> <li>• Promover el programa de gestión de la movilidad a través de diversas horas de inicio de la oficina</li> </ul>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

## 7.8.2 Programa de Seguridad de Tráfico

El programa de seguridad de tráfico se compone de los siguientes proyectos:

- Base de datos de accidentes de tráfico
- Puntos Negros de Accidentes
- Auditoría de Seguridad Vial
- Educación en Seguridad de Tráfico
- Semáforos para la Seguridad del Tráfico
- Mejora en la Intersección con Semáforos y Marcas Viales
- Sistema de Detección Electrónica de Infracciones
- Directrices Universales comunes de Diseño y Mejora de las Aceras

### 1) Base de Datos de Accidentes de Tráfico

Se debe establecer un sistema de intercambio de información sobre los accidentes de tráfico, entre el municipio y la Policía Nacional, y desarrollar una base de datos de accidentes de tráfico.

La D. S. S. ha discutido con la Policía Nacional la colaboración con un formulario de accidente. Esto se propone como un sistema donde los formularios son preparados y agregados a una base de datos en el que Santa Cruz de la Sierra y la Policía Nacional rellenan el formulario cuando ocurre el accidente. Si se realiza este esfuerzo, el municipio puede desarrollar una base de datos y analizar datos estadísticos de accidentes con ubicaciones para considerar soluciones.

La Figura 7.8-1 muestra un ejemplo de un formulario del informe de accidente, el cual incluye la información sobre el tipo de incidente, conductor, vehículo, hora, ubicación, vía, clima, cinturón de seguridad, velocidad, control de tráfico y otros elementos con un diagrama del accidente.

### 2) Puntos Negros de Accidentes

Se debe desarrollar un sistema de gestión de accidentes de tráfico que utilice la visualización de las condiciones de ocurrencia del accidente con el fin de identificar los lugares donde suceden los accidentes de tráfico y sus causas. Este sistema puede ayudar a conducir contramedidas efectivas contra los incidentes frecuentes de accidentes recopilando los registros de accidentes con datos de localización GPS como datos estadísticos. Por ejemplo, pueden utilizar el sistema para identificar la prioridad de las intersecciones para desarrollar un plan de mejora de la seguridad vial y evaluar el efecto de las medidas de seguridad en el tráfico comparando la frecuencia de los accidentes antes y después de la implementación de las mejoras viales para reducir los accidentes

En la Figura 7.8-2 se muestra un resultado de muestra del análisis en forma de un mapa de calor de las localizaciones de accidentes. Mediante el uso de un mapa de calor, se pueden identificar los puntos negros. Puede ofrecer una perspectiva que conduzca a la ingeniería de medidas para reducir accidentes de tráfico. Se requieren coordenadas de posición para obtener la identificación de la ubicación del accidente. Para este propósito, también se recomienda utilizar el PC tipo Tablet con GPS para identificar la localización del accidente en el mapa.

**VEHICLE ACCIDENT REPORT**  
To be completed by the state driver within 24 hours

**Driver Information**

**State Vehicle Information**

**Accident Information**

**Other Vehicle Information**

**Conditions and Accident Description**

**Witnesses**

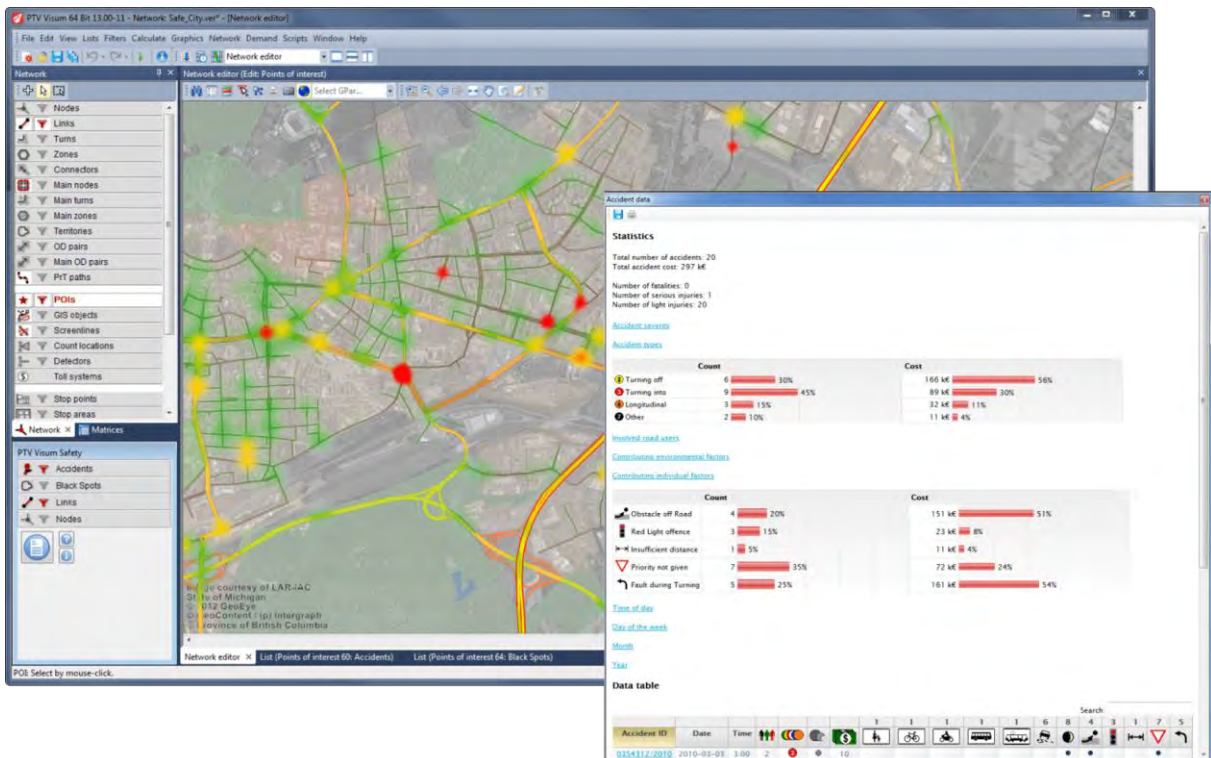
**Police Information**

**Description of the Accident**

**INSTRUCTIONS**

- Show vehicles and direction of travel
- Use solid line to show path of each vehicle before accident
- Use dotted line after accident
- Use circles to represent pedestrians

Fuente: Departamento de Transporte de Colorado URL: <https://www.codot.gov/library/forms/fhwa-other-forms/DRM-01>  
**Figura 7.8-1 Ejemplo de Formulario de Informe de Accidentes de Vehículos**



Fuente: Grupo PTV <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/products/ptv-visum-safety/use-cases/black-spot-management/>  
**Figura 7.8-2 Ejemplo de Sistema de Gestión de Tráfico mediante la Visualización de la Ocurrencia de Accidentes**

### 3) Auditoría de Seguridad Vial

Se debe introducir el proceso de la Auditoría de Seguridad Vial para minimizar los futuros accidentes de tráfico.

Las medidas de seguridad de tráfico necesitan una visión completa y objetiva teniendo en cuenta las necesidades de todos los usuarios incluyendo los conductores de automóvil, peatones y ciclistas. Una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es un examen formal del desempeño de seguridad de una carretera o intersección existente o futura por un equipo de auditoría independiente. Califica cualitativamente e informa sobre posibles problemas de seguridad vial e identifica oportunidades para mejorar la seguridad de todos los usuarios de la carretera.

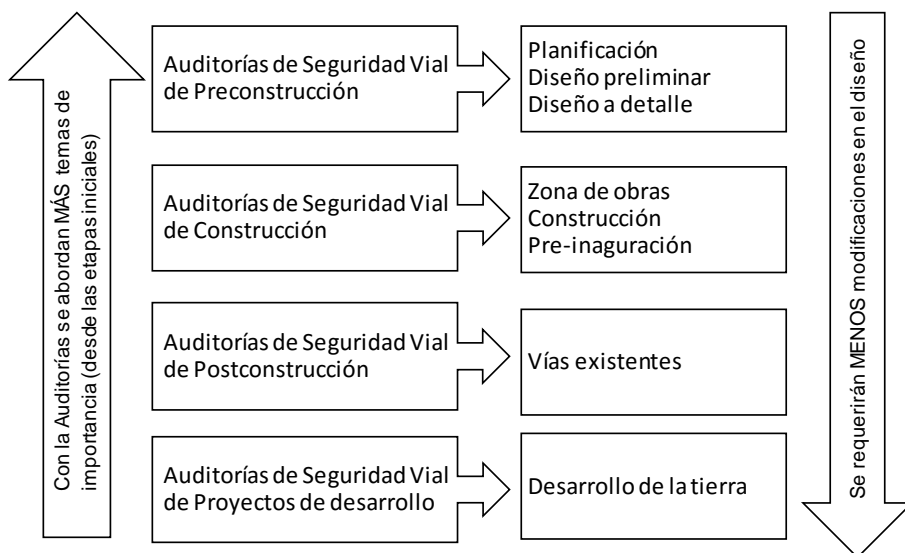
Las características de una auditoría de seguridad vial son:

- Una auditoría de seguridad utiliza un equipo interdisciplinario de 3 a 5 personas.
- Los miembros del equipo de auditoría de seguridad suelen ser independientes del proyecto.
- La revisión de campo es un componente necesario de la auditoría de seguridad.
- Las auditorías de seguridad usan listas de verificación y revisiones de campo para examinar todas las características de diseño.
- Las auditorías de seguridad son exhaustivas e intentan considerar todos los factores que pueden contribuir a un accidente.
- Las auditorías de seguridad consideran las necesidades de los peatones, ciclistas, camiones grandes y conductores de automóviles.
- Las auditorías de seguridad son proactivas. Identifican sitios probables de accidentes para corregir eventualidades antes de que ocurran.

Las ASV pueden ser conducidas prácticamente en cada etapa del ciclo de vida de una instalación de transporte<sup>1</sup>. Cuando se aplica a principios de la planificación y el diseño preliminar (diseño funcional) de las carreteras, el proceso ASV ofrece la mayor oportunidad para la influencia beneficiosa. A medida que un diseño avanza hacia un diseño y construcción detallados, los cambios que pueden mejorar el desempeño de seguridad normalmente se vuelven más difíciles, costosos y requieren mucho tiempo para implementar. La Figura 7.8-3 ilustra un método de agrupación de ASV por fase (preconstrucción, construcción y postconstrucción) y por etapa (planificación, diseño preliminar, etc.).

---

<sup>1</sup> Directrices de Auditoría de Seguridad Vial de la FHWA (Administración Federal de Carreteras de la U. S. A.)



Source: FHWA <https://safety.fhwa.dot.gov/rsa/guidelines/chapter3.htm>

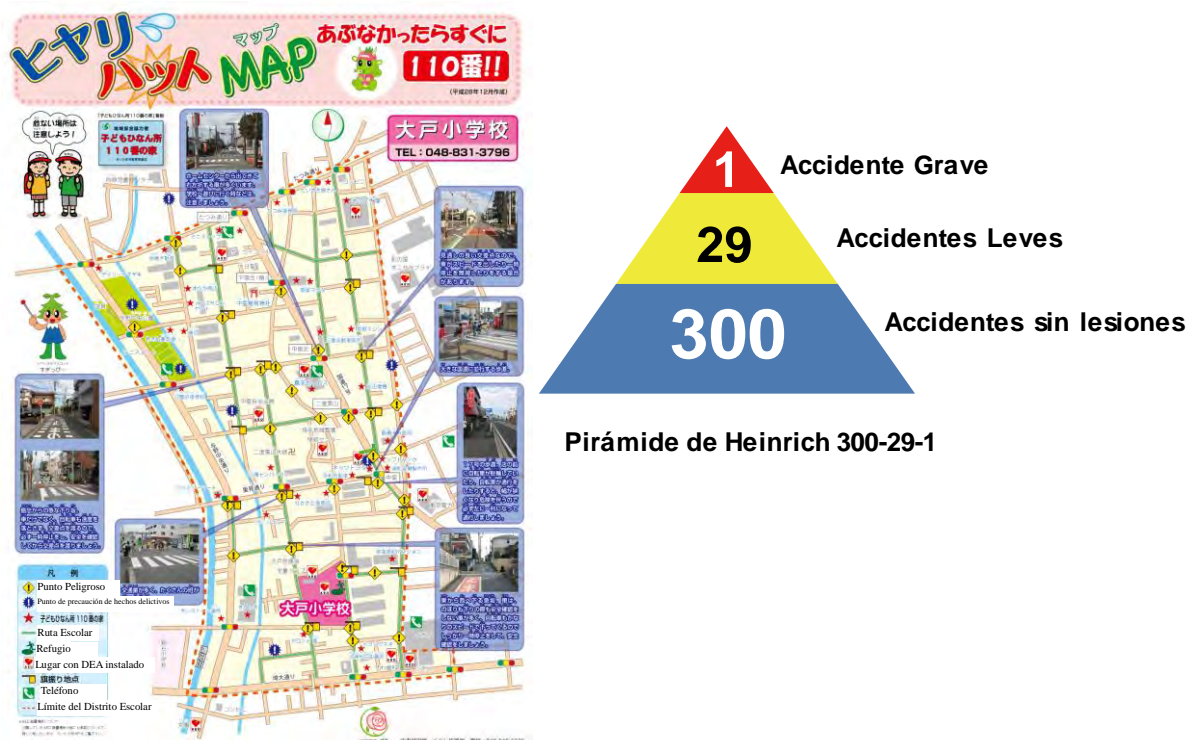
**Figura 7.8-3 Tipos de Auditorías de Seguridad Vial por Fase y Etapa**

Es necesario desarrollar una capacidad manual y humana (auditores de seguridad vial) para que el municipio pueda llevar a cabo esta ASV. En la actualidad se publican en los países en desarrollo, así como en los países desarrollados, muchos manuales o directrices de auditoría de la seguridad vial. Por ejemplo, “Nuevas Vías y Esquemas: Auditoría de Seguridad Vial”, por el Banco de Desarrollo Africano o “Auditoría de Seguridad Vial para Proyectos de Vías - Una Herramienta Operativa”, por el Banco de Desarrollo Asiático, Manila, serán útiles referencias para Santa Cruz de la Sierra en la elaboración de su propio manual. El Gobierno normalmente incurre en el costo de las auditorías de seguridad vial.

#### 4) Educación sobre Seguridad Vial

El municipio hizo una propuesta al Gobierno Central sobre la implementación de un programa de educación sobre el tráfico en la escuela primaria y secundaria a partir de 2018. Este esfuerzo y estas actividades deberían continuar realizándose junto con las mejoras paso a paso y mientras las nuevas ideas son tomadas en consideración. Por ejemplo, un mapa de “casi accidentes” que los estudiantes y sus padres han utilizado en un taller en Japón, para discutir y describir los puntos peligrosos alrededor de la escuela como se muestra en el lado izquierdo de la Figura 7.8-4.

William Heinrich, un ingeniero norteamericano, propuso el modelo de Heinrich 300-29-1: que por cada 300 casi accidentes habrá 29 lesiones menores y 1 lesión mayor (como referencia la Figura 7.8-4 derecha). El “Triángulo de seguridad” de Heinrich implica que las muertes y los accidentes de tráfico finalmente podrán con el tiempo reducirse mediante la eliminación de los casi-accidentes. Por lo tanto, es importante que no solo los conductores sino también otros usuarios de la vía, como peatones y ciclistas, tomen medidas preventivas como la educación de seguridad de tráfico.



Fuente: (izquierda) ciudad Saitama URL <http://www.city.saitama.jp/chuo/001/001/003/p036723.html>  
 (derecha) URL <http://etraintoday.com/blog/near-miss-vs-an-accident/>

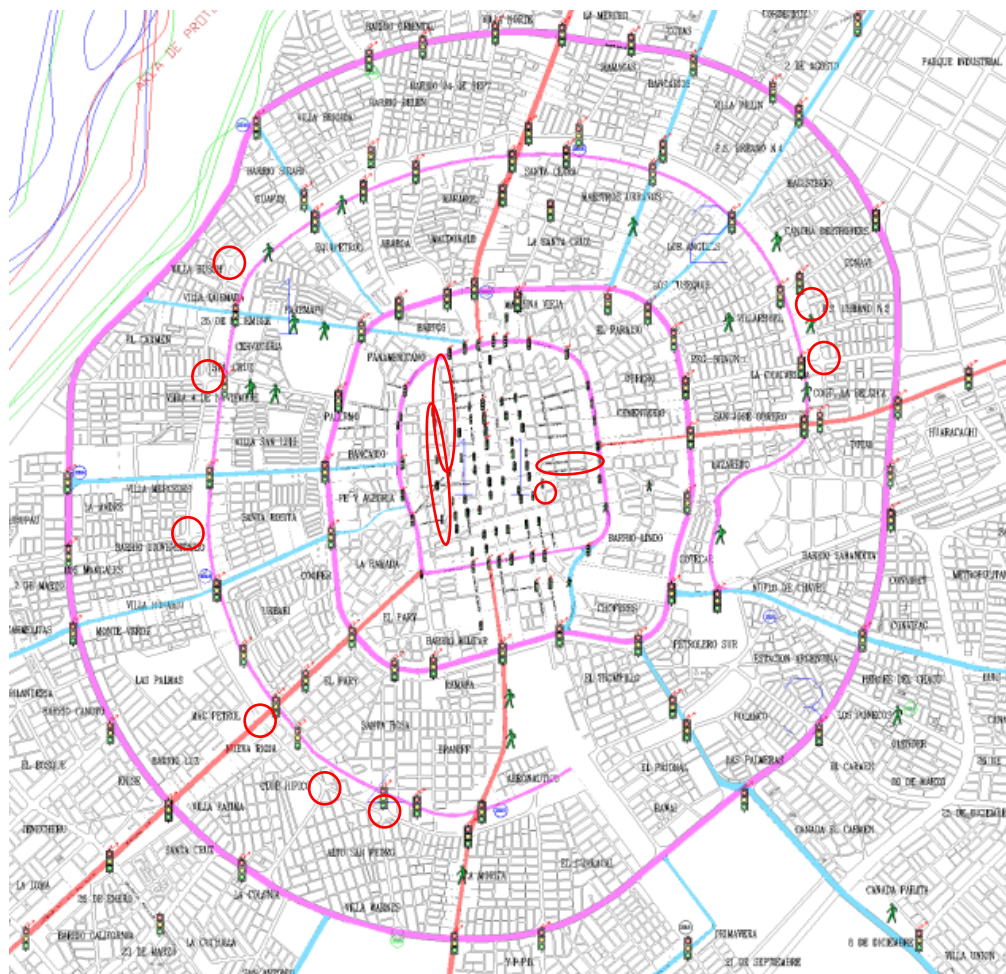
**Figura 7.8-4** Mapa de casi-accidentes según Opinión de Escolares (izquierda) y Modelo de Heinrich 300-29-1 (derecha)

**(1) Sistema de Penalización por Puntos**

Se propone introducir un sistema de penalización por puntos para los delitos de tráfico. Este sistema mantiene los registros individuales de conducción a través de un sistema de puntaje que asigna puntos por cada infracción de tráfico, en movimiento o de otra manera. Cuando el conductor comete una infracción de tráfico, ésta se registra en el registro de conducción de su licencia de conductor. Cuando un conductor es acusado de una infracción de tráfico, en muchos casos el conductor puede evitar recibir puntos, pero una vez que los puntos están en su licencia de conducir, no se pueden quitar. En el caso de una pequeña cantidad de puntos de infracción y culpabilidad, el infractor debe declararse culpable, pagar la multa completa, y asistir a un curso en la escuela de tráfico. En el caso de una gran cantidad de puntos de infracción, la licencia de conducir del infractor es restringida. Aunque el sistema de licencias de conducir es un sistema a nivel nacional y por lo tanto la asignación de puntos de inmediato es más difícil, se espera que este sistema aumente la conciencia sobre la seguridad del tráfico. La policía nacional está considerando la introducción del sistema de puntaje para infracciones en el futuro cercano.

**1) Semáforos para la seguridad vial**

La D.S.S. ha instalado semáforos en las intersecciones principales; Sin embargo, no todas las secciones peligrosas están cubiertas y algunos semáforos siguen siendo inadecuados. Al menos el 3er Anillo (externo) y el carril exclusivo de autobús del 1er Anillo se ampliarán. Las intersecciones cerca de grandes establecimientos de educación o establecimientos públicos, deben ser señalizadas con semáforos. La ASV debe ser llevada a cabo para la selección de las intersecciones a ser señalizadas con semáforos.



Fuente: Edición por el Equipo de Estudio de JICA en base al mapa de localización de semáforos de la D.S.S.

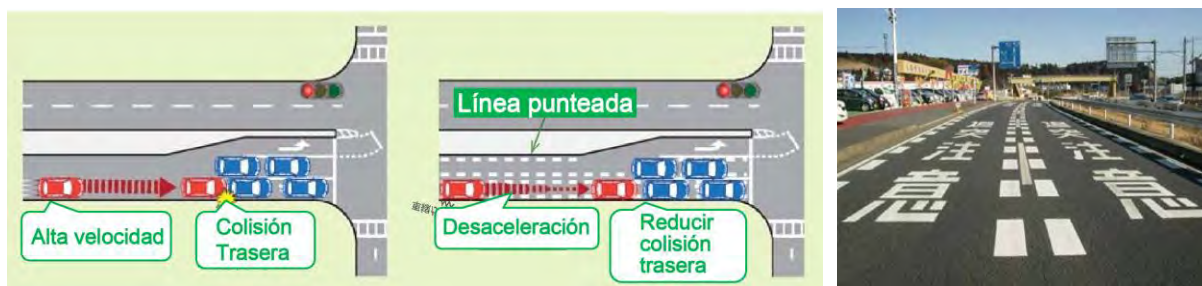
**Figura 7.8-5 Intersecciones propuestas para la introducción de semáforos**

**2) Mejora en la intersección con semáforos y señalización vial**

Deben instalarse adecuadamente señales de tráfico y marcas viales que sean reconocidas de forma intuitiva por los conductores en las intersecciones, de tal manera que los conductores mantengan la conducción segura y en obediencia a las normas de tráfico.

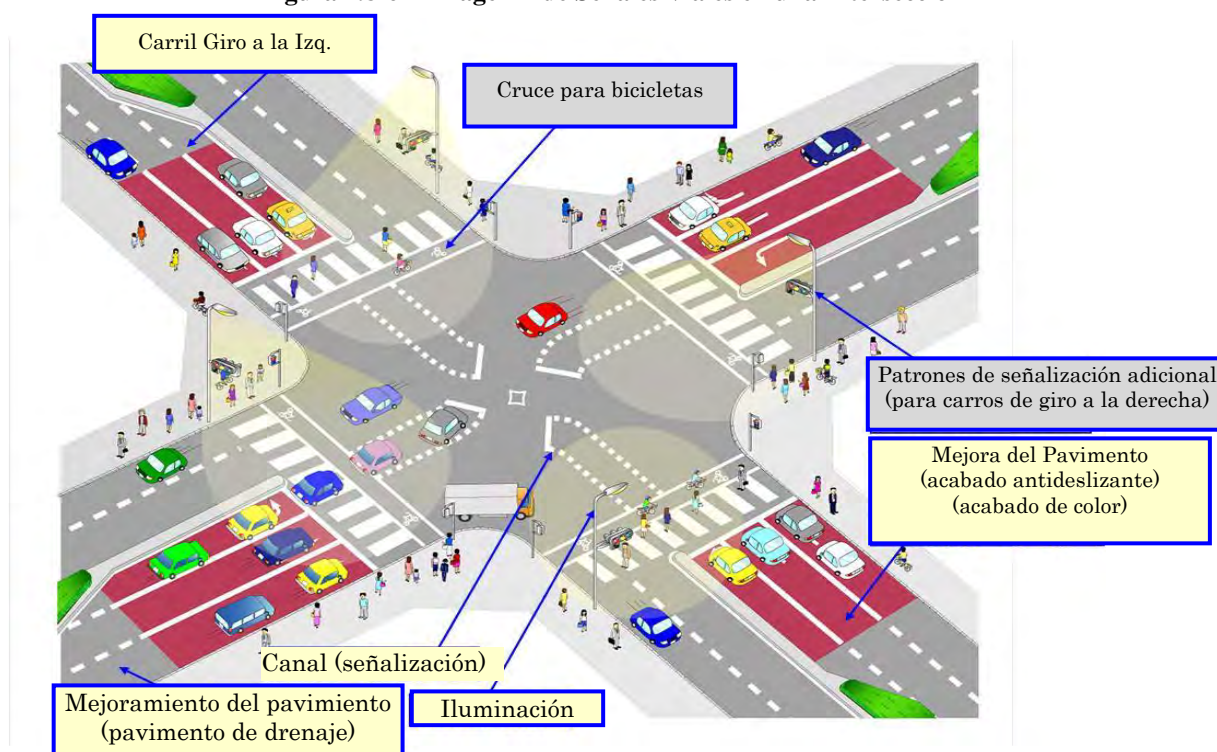
Por ejemplo, se propone la instalación de señales horizontales de “líneas discontinuas” como se muestra en la Figura 7.8-6. Esta marca hace que los conductores sientan que el ancho del carril se va estrechando y les hace reducir la velocidad. El pavimento de color también atrae la atención de los conductores en las intersecciones. La Figura 7.8-7 muestra algunos ejemplos de marcas viales en una intersección.

Esta contramedida es relativamente de bajo costo, tiene un tiempo de construcción corto y no requiere cambios significativos en el diseño.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.8-6 Imagen-1 de Señales Viales en una Intersección**



Fuente: Edición por el Equipo de Estudio de JICA basado en la figura de MLIT en Japón

**Figura 7.8-7 Imagen-2 de Marcas Viales en una Intersección**

Y actualmente hay muchos topes de velocidad (rompemuelles) para reducir la velocidad en las zonas residenciales de Santa Cruz de la Sierra; sin embargo, el ruido de los automóviles que conducen sobre ellos es una molestia para los residentes; se propone la instalación de marcas viales de “indicación tridimensional de desaceleración”. Esta marca no sólo tiene el efecto de ralentizar los vehículos sino también el efecto de alertar al conductor mediante la utilización de ilusiones ópticas.



Fuente: Sekisui Jushi Corporation <http://www.sekisuijushi.co.jp.e.tp.hp.transer.com>  
 (Derecha: Países Bajos, izquierda: Prefectura de Shizuoka, Japón)

**Figura 7.8-8 Imágenes de Ilusión Óptica de Rompemuelles en Áreas Residenciales**



### 3) Sistema de Detección Electrónica de Infracciones

Como se menciona en la Sección 2.6, la D.S.S. está considerando la introducción del Sistema de Detección Electrónica de Infracciones (DEI). Este sistema se llama Foto Multa y se define como un sistema electrónico que captura un vehículo en el momento de cometer una infracción, produciendo fotografías automáticas, video o imágenes digitales de cada vehículo que viola una regla de tráfico. El proceso de introducción se está llevando a cabo en tres fases (regulación, licitación e implementación). Al principio se realizó una consulta pública para determinar el monto para penalizar al conductor que no respeta los semáforos. Se instalarán cámaras para el sistema Foto Multa en 22 intersecciones ubicadas preferentemente en las avenidas principales; Por. Ej. El Cristo Redentor, Virgen de Cotoca, Santos Dumont y la carretera hacia La Guardia. Las intersecciones fueron seleccionadas en base a:

- Volumen diario de vehículos mayor que 5.000
- Observación de altas velocidades y zonas escolares
- Frecuencia de accidentes



Fuente: D.S.S.

**Figura 7.8-9 Imagen de la Configuración del sistema para un Sistema de DEI**

El aviso de infracciones registradas por el Sistema de Detección Electrónica de Infracciones (DEI) será enviado por cualquiera de los siguientes modos: mensaje de texto a un número de móvil, correo electrónico, notificación impresa al propietario del vehículo y/o información a través de un portal de consulta y oficina de información ciudadana. La D.S.S, actualmente está discutiendo la cooperación con la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para utilizar el SISTEMA B-SISA de modo que la notificación de infracción también se digite en el recibo cuando el conductor compre combustible porque es difícil identificar la dirección del conductor del vehículo en Bolivia. El infractor tiene que confirmar la notificación en el sitio de Internet.

#### 7.8.3 Programa de Gestión de Estacionamiento

Debería formularse un programa adecuado de gestión del estacionamiento para aumentar la capacidad de tráfico en estas zonas. Consta de seis componentes, como sigue.

- Política y Planificación de la Implementación de Instalaciones de Estacionamiento
- Gestión del estacionamiento en la calle
- Cumplimiento de las normas sobre el Estacionamiento Ilegal

- Sistema Guiado de Estacionamiento
- Servicio Público de Taxis en el Centro Histórico
- Control del Taxi por Sistema de Registro e Instalaciones Públicas de Taxis en el Centro Histórico

#### **(1) Política de Implementación de Instalaciones de Estacionamiento**

Se deben desarrollar nuevas políticas o directrices sobre la gestión del estacionamiento. Debe determinarse claramente en qué áreas se fomenta o se restringe el desarrollo de las instalaciones de estacionamiento. La política debe cubrir lo siguiente:

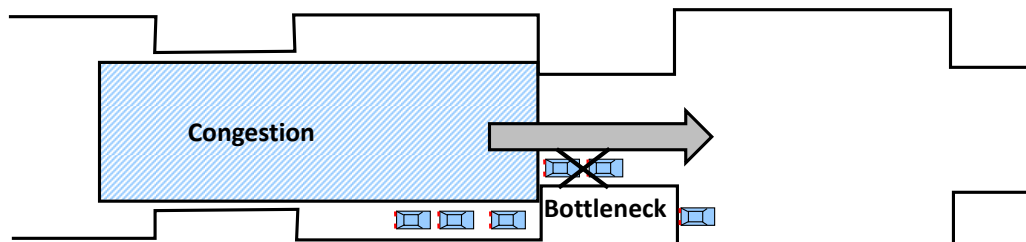
- Definición y clasificación de estacionamiento
- Coordinación y vinculación con el plan de uso del suelo y la nueva red de rutas de autobuses
- Función de la instalación del estacionamiento en la calle y fuera de la calle
- Implementación de la regulación sobre el sistema de control de tarifas y prohibición de estacionamiento en la calle fuera de la zona designada dentro de la primera circunvalación
- Intercambio de roles entre los sectores público y privado
- Control y apoyo a la implementación de parqueos por parte del sector privado

#### **(2) Gestión del Estacionamiento en la Calle**

Los resultados de la recolección de datos del estacionamiento indicaron que el estacionamiento en la calle de 15 minutos o menos es el más común, lo que significa que los vehículos que se estacionan durante un largo período de tiempo perturbaría a un gran número de vehículos que de otro modo podrían estacionarse en ese espacio por cortos períodos de tiempo. En principio, los vehículos deben estar estacionados en establecimientos de estacionamiento fuera de la calle si el tiempo es largo (más de 30 minutos). Se debe prohibir el estacionamiento en la calle durante un largo período de tiempo (por ejemplo, durante más de 30 minutos) o se debe fijar una tarifa más alta que la tarifa del estacionamiento fuera de la calle. Las políticas a continuación deberían ser aplicadas para la gestión del estacionamiento en la calle.

- 1) Los establecimientos del estacionamiento fuera de la calle existentes son adecuadamente utilizadas
- 2) Introducción del sistema de control tarifado del estacionamiento en la calle en el área designada
- 3) Prohibición del estacionamiento en la calle fuera del área designada

El municipio debe diseñar las ubicaciones en las que se permite el estacionamiento en la calle en lugares donde tenga poco impacto en la congestión del tráfico. Los espacios de estacionamiento no deben ubicarse antes de un posible punto de cuello de botella, como se muestra en la Figura 7.8-10. El diseño del estacionamiento en la calle debe ser fácil de entender para todos.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.8-10 Relación entre el Punto de Cuello de Botella y el Espacio de Estacionamiento en la Calle**



Fuente: (Izquierda): Manual for Street Department for Transport London city

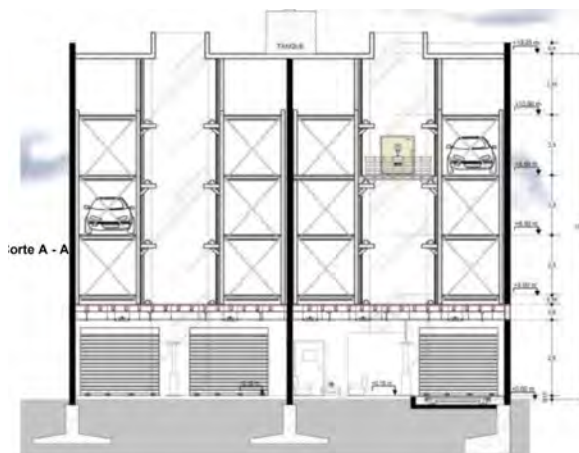
(Derecha): Luton England, Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.8-11 Diseño de Estacionamiento en la Calle y Foto de Instalaciones en la Calle**

**(3) Desarrollo de Nuevas Instalaciones de Parqueo**

Se deben desarrollar establecimientos de estacionamiento de varios pisos para aumentar la capacidad de estacionamiento. Los estacionamientos recientes no requieren tanto espacio como los diseñados previamente mediante la utilización de la operación mecánica y automatizada.

La Figura 7.8-12 muestra un plan de estacionamiento de varios pisos con una capacidad para 130 vehículos y un sistema de estacionamiento automatizado, propuesto en la “Elaboración de una propuesta de estacionamiento vertical inteligente en el área central de Santa Cruz de la Sierra, Lic. Romer Mollo Pedraza”.



Fuente: Proyecto de estacionamiento vertical inteligente-SCZ: Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno

**Figura 7.8-12 Imagen de Propuesta para el Diseño Arquitectónico de la Nueva Instalación de Parqueo**

#### (4) Cumplimiento de la norma de Estacionamiento

Para llevar a cabo la correcta gestión del estacionamiento en la calle como se mencionó anteriormente, es necesario el cumplimiento más estricto de la norma incluyendo las siguientes acciones:

##### (a) Indicación clara y visible de sección de no estacionamiento

La colocación de más señales de tráfico a lo largo de la sección prohibida junto con marcas viales de color en el pavimento permite una indicación clara y visible de la regulación de estacionamiento. Al mismo tiempo, los espacios de estacionamiento en la calle estarán claramente marcados con pintura como cajas rectangulares.

##### (b) Colocación de pegatinas, grampas u otros dispositivos en vehículos estacionados ilegalmente.

Anteriormente, la D.T.T. colocaba grampas en los vehículos estacionados ilegalmente y confiscaba sus matrículas. La Policía Nacional también coloca grampas en los vehículos ilegalmente estacionados y se le impone una multa. Estos dispositivos evitan que el vehículo se mueva o indican vehículos estacionados ilegalmente y funcionan como desincentivos para el estacionamiento ilegal. Al mismo tiempo, las leyes anti-soborno deben ser más estrictamente aplicadas, para evitar que los funcionarios a cargo para hacer cumplir las normas de estacionamiento acepten sobornos.

##### (c) Supervisión mediante grabación de video

Las cámaras de vigilancia instaladas a lo largo de la sección prohibida pueden utilizarse para vigilar el estacionamiento ilegal. Si se encuentra un vehículo estacionado ilegalmente, se puede emitir un mensaje de advertencia a través del sistema de direcciones público o se puede llamar a la policía cercana al sitio para advertencia o aprehensión. Aunque puede ser difícil cambiar la ley, la aplicación de las normas puede ser delegada a una organización privada de calificación adecuada tal como se practica en algunos países. El procedimiento de la aplicación de las normas debe definirse claramente y el personal debe recibir formación para aplicar el régimen.



Fuente: (Izquierda): Cámara de vigilancia para estacionamiento ilegal, gobierno metropolitano de Tokio  
(Derecho): Ashima Co., Ltd. URL: <http://www.e-asima.com/parking.html>

**Figura 7.8-13 Medida de Cumplimiento de Norma sobre el Estacionamiento Ilegal Utilizando Cámaras de Vigilancia y bajo responsabilidad de una Organización Privada**

#### (5) Sistema Guiado de Estacionamiento

Se debe de introducir un sistema guiado de estacionamiento para fomentar un uso más eficiente de las instalaciones de parqueo existentes. La Figura 7.8-14 muestra el sistema guiado de estacionamiento a través de Internet, Tableros de información de estacionamiento y una aplicación para teléfonos móviles desarrollada como un experimento social en Estambul, Turquía. Este sistema proporciona información sobre ubicaciones, disponibilidad

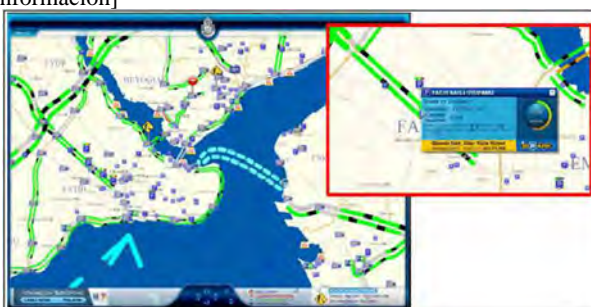
y tarifas de estacionamiento de los parqueos fuera de la zona más congestionada.

Debería ser introducido no sólo para el estacionamiento en la calle sino también para el estacionamiento fuera de la calle en colaboración con las compañías privadas de la operación de parqueos.

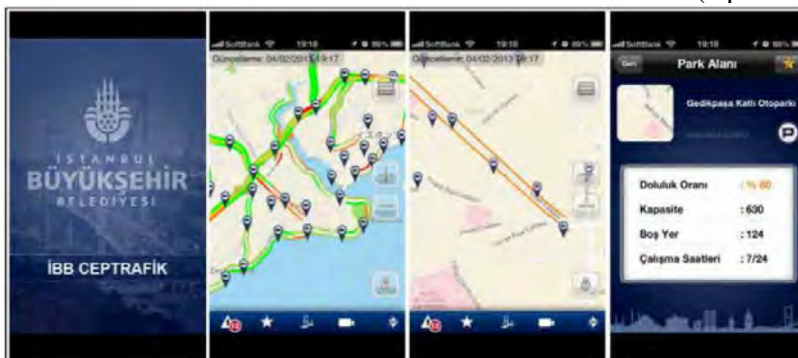
También se recomienda instalar tableros de información sobre parqueos en la entrada del Área Central y proporcionar información sobre los lugares de estacionamiento y espacios libres en tiempo real para los vehículos que buscan dónde estacionarse para que así el volumen de tráfico innecesario se reduzca en el 1er anillo. Este sistema también tiene la ventaja para las empresas privadas de operación de parqueos para que sus espacios libres se muestren en paneles, sitios web, aplicación de smartphone, ayudando a atraer a los clientes.

[Servicio de Información de Estacionamiento por el sitio Web]

[Servicio de Información de Estacionamiento por Paneles de Información]



[Servicio de información de estacionamiento mediante teléfono celular (Aplicación de iPhone)]



Fuente: Gestión de la Demanda de Tráfico de la Zona Histórica en Estambul (iSTDm) Informe final, JICA

**Figura 7.8-14 Servicio de Información de Estacionamiento por diversos medios**

**(6) Control de Taxi por un Sistema Adecuado de Registro e Instalaciones Públicas de Taxis en el Centro Histórico**

Aunque el municipio ha establecido una ordenanza sobre el registro de taxis que requiere la instalación de taxímetro, las asociaciones de taxistas y los conductores no cumplen con la ordenanza. El municipio ha autorizado a cada compañía de taxis a tener puestos de taxis, denominadas “parada”, y pueden tener dos vehículos estacionados en un espacio de 25 metros cuadrados a lo largo de la vía arterial fuera del 1er Anillo.

También se sugiere establecer paradas grandes de taxis para el público en el Centro Histórico. En la Figura 7.8-15, se muestran los grandes estacionamientos de taxis para el público en Japón. Dos o tres taxis están esperando en los puestos de taxis y los taxis restantes están esperando en los estacionamientos cerca de las paradas de taxis. Esto limita el número excedente de taxis esperando en la vía.



Fuente: gobierno metropolitano de Tokio; <http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/kiban/honbun/6-5.pdf>

**Figura 7.8-15 Amplias Paradas de Taxis para los Estacionamientos Públicos**

Los taxis están autorizados para estacionarse en la parada de estacionamiento exclusivo cerca de la Plaza principal, para esperar a los clientes y de esta manera los clientes pueden encontrar siempre un taxi en la entrada. Este sistema puede lograr una reducción de taxis buscando clientes en el Centro Histórico.

## 7.8.4 Mejoramiento en los Puntos de Cuello de Botella

### (1) Mejoramiento del Sistema de Control de Semáforo

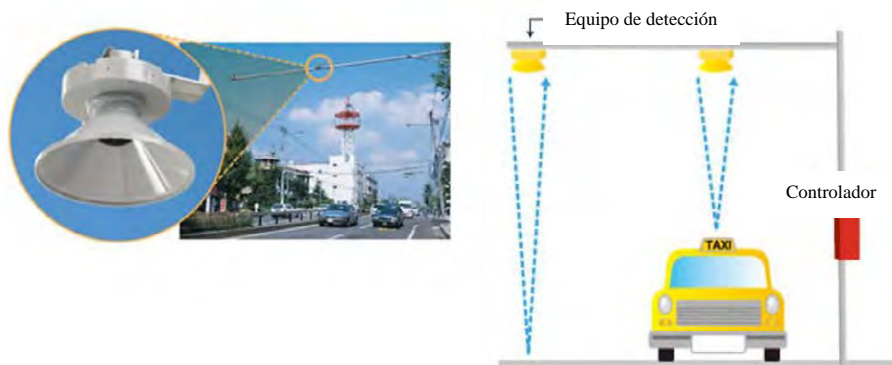
Se debe ampliar los «ajustes de desfase» (coordinando semáforos) para reducir los tiempos de viaje, paradas y retrasos.

Actualmente se han instalado bucles de inducción o cámaras de tráfico en 40 intersecciones de las 214 intersecciones en total, donde las fases de semáforos están ajustadas en tiempo real. Por otro lado, las fases de semáforos de otras intersecciones están ajustadas manualmente basadas en experiencias pasadas o en información de tráfico en Google Maps.

Se deben instalar más detectores de vehículos en las intersecciones principales con semáforos para expandir las secciones viales con el ajuste automático de las fases. Se recomienda utilizar el detector ultrasónico de vehículos (Figura 7.8-16) por sus ventajas como se indican en la Tabla 7.8-2.

El bucle de inducción o el procesador de imagen de video con cámaras de tráfico tienen cierta debilidad en términos de mantenimiento y precisión durante la noche. Las cámaras de tráfico también son caras. Por lo tanto, es difícil expandir el uso de sensores a todas las intersecciones.

Este dispositivo puede detectar vehículos basados en la diferencia de tiempo de llegada de las ondas reflejadas de la superficie de carreteras y vehículos mediante la transmisión de onda ultrasónica hacia la vía. Este sensor cuesta menos que un dispositivo de imagen de video y su instalación y mantenimiento es fácil. Éste no puede medir la velocidad en el punto pero ésta no es necesaria para ajustar los tiempos de los semáforos.



Fuente: Industrias Eléctricas Sumitomo, Ltd. <http://global-sei.com/its/products/uvd.html>

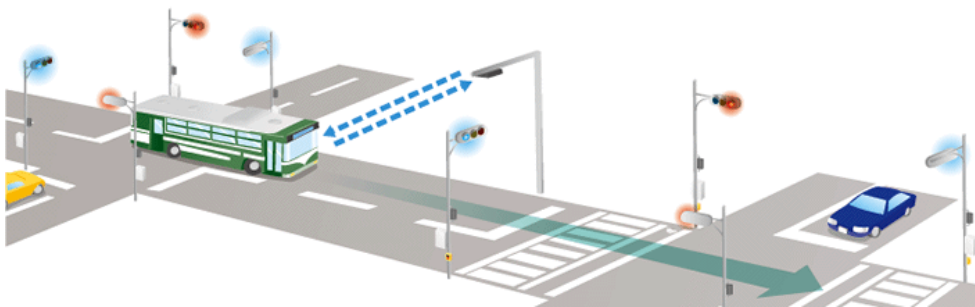
**Figura 7.8-16 Detector Ultrasónico de Vehículos**

**Tabla 7.8-2 Fortalezas y Debilidades de las Tecnologías de Sensores Comercialmente Disponibles**

<b>Tecnología</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Bucle de Inducción (Loop coil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología madura, bien entendida.</li> <li>• Amplia base de experiencia.</li> <li>• Proporciona parámetros básicos de tráfico (por ejemplo: volumen, presencia, ocupación, velocidad, avance, y brecha).</li> <li>• Insensible a las inclemencias del tiempo como lluvia, niebla y nieve.</li> <li>• Proporciona mayor precisión de datos en comparación con otras técnicas de uso general.</li> <li>• Norma común para la obtención de mediciones exactas de la ocupación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La instalación requiere el corte del pavimento.</li> <li>• Disminuye la vida del pavimento.</li> <li>• La instalación y el mantenimiento requieren el cierre del carril.</li> <li>• Los bucles de cable están sujetos a tensiones de tráfico y temperatura.</li> <li>• Se requieren usualmente múltiples detectores para requieren monitorear un sitio.</li> <li>• La precisión de detección puede disminuir cuando el diseño requiere la detección de una gran variedad de clases de vehículo.</li> </ul>
<b>Procesador de Imagen de Video mediante la cámara de tráfico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorea múltiples carriles y múltiples zonas/carriles de detección.</li> <li>• Fácil de añadir y modificar zonas de detección.</li> <li>• Amplia gama de datos disponibles.</li> <li>• Proporciona una detección de área amplia cuando la información reunida en una ubicación de la cámara puede estar vinculada a otra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La instalación y el mantenimiento, incluyendo la limpieza de la lente periódicamente, exigen cierre de carril cuando la cámara se monta sobre la vía</li> <li>• Rendimiento afectado por inclemencias climáticas tales como niebla, lluvia y nieve; sombras del vehículo; proyección de vehículos en carriles adyacentes; oclusión; transición de día-noche; contraste del vehículo/vía; agua, suciedad de la sal, carámbanos y telarañas en el lente de la cámara</li> <li>• Requiere una altura de montaje de cámara de 9 a 15 m para detección óptima de presencia y medición de velocidad.</li> <li>• La activación de señales nocturnas confiable requiere alumbrado en la vía.</li> <li>• El costo de compra del sensor es alto.</li> </ul>
<b>Ultrasónico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación en carriles múltiple disponible.</li> <li>• Capacidad de detección de vehículos con mayor altura.</li> <li>• Amplia base de experiencia japonesa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad en un punto no puede ser medido</li> <li>• Las condiciones ambientales como el cambio de temperatura y la turbulencia extrema del aire pueden afectar el rendimiento.</li> <li>• La compensación de temperatura está integrada en algunos modelos.</li> <li>• Períodos largos de repetición de pulso pueden degradar la medición de ocupación en las autopistas con vehículos viajando a moderadas a altas.</li> </ul>

Fuente: Editado por el Equipo de Estudio JICA en base al “Resumen de las Tecnologías de Detección y Vigilancia de Vehículos usadas en Sistemas Inteligentes de Transporte Financiado por la Oficina del Programa de Sistemas Inteligentes de Transporte de la Administración Federal de Carreteras”, The Vehicle Detector Clearinghouse

Si la operación del autobús se hace junto a otros vehículos, asegurar la operación puntual sería difícil. Como una solución a este tema, la introducción de Sistema de Control de Semáforos para la priorización del transporte público en carril exclusivo es recomendada como se muestra en la Figura 7.8-17. El actual software de semáforo tiene esta función opcional.



Fuente: Sumitomo Electric System Solutions Co., Ltd., <http://global-sei.com/its/products/utms.html>

**Figura 7.8-17 Caso de Sistema de Prioridad al Transporte Público**

## (2) Conversión de las Rotondas a Intersecciones Controladas por Semáforos

Las Rotondas pueden ser una alternativa de diseño adecuadas tanto para las intersecciones controladas por señal de pare como también las controladas por semáforos, ya que tienen menos puntos de conflicto que las intersecciones en cruz. Sin embargo, en casos con muy alto volumen de tráfico, el control con semáforos puede ser más conveniente porque las rotondas no pueden manejar el alto volumen de tráfico. Según “Rotondas: Una Guía Informativa”, FHWA, Estados Unidos, el volumen máximo de servicio diario de una rotonda de un solo carril varía entre 20.000 y 26.000 vehículos por día, dependiendo de los porcentajes de los giros a la izquierda y la distribución del tráfico entre las calles mayores y menores. Una rotonda de doble carril puede dar servicio de 40.000 a 50.000 vehículos por día.

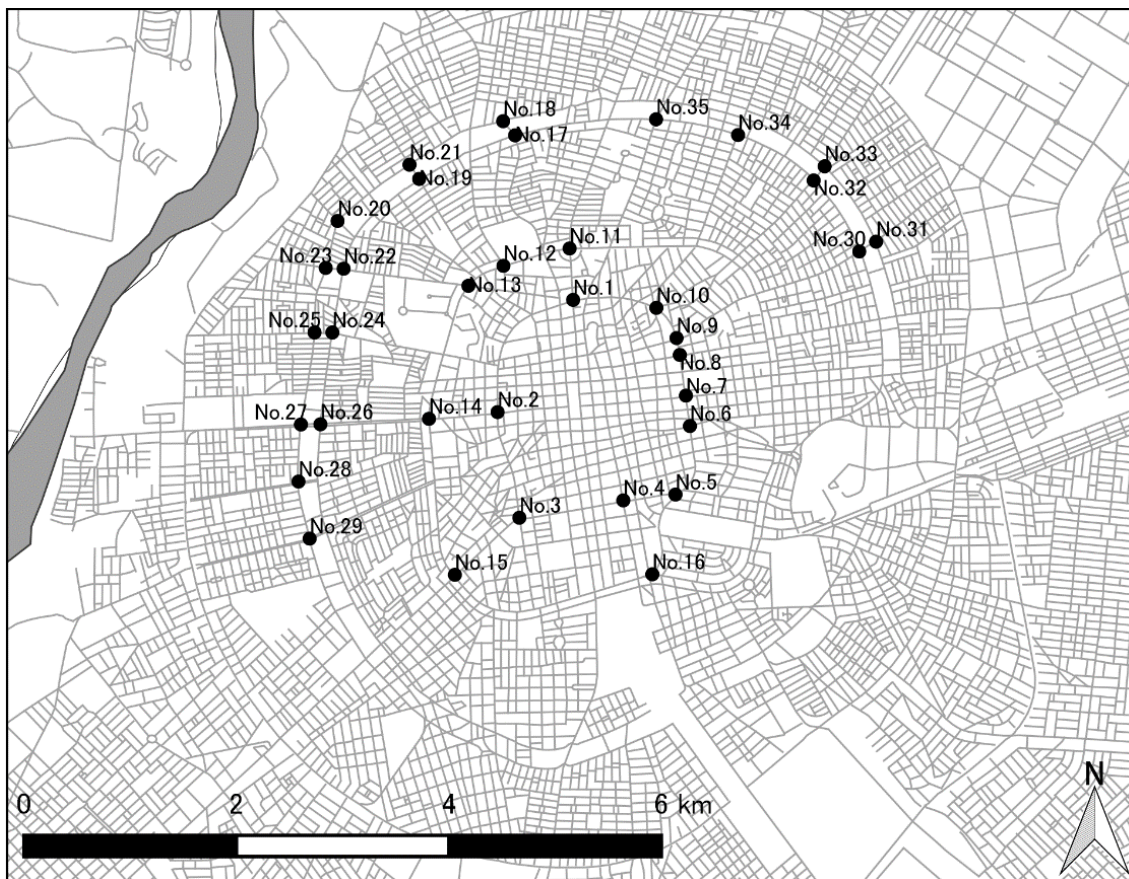
El volumen de tráfico de la mayoría de las rotondas en las principales vías en Santa Cruz de la Sierra supera las cifras anteriores. Estas intersecciones en las vías principales deben cambiarse de rotondas a intersecciones controladas por semáforo.

La Figura 7.8-18 muestra las rotondas que deberían ser transformadas a intersecciones con semáforos.

## (3) Introducir Normas y Construir las Instalaciones para la Carga y Descarga de Mercancías alrededor de los Mercados

Se deben introducir nuevas regulaciones para controlar la carga y descarga de mercancías en los alrededores de los mercados existentes ya que el estacionamiento de los camiones y vehículos de entregas para cargar y descargar mercancías es una de las causas del congestionamiento.





Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.8-18 Propuesta sobre la Ubicación de las Rotondas a ser convertidas en Intersecciones Controladas por Semáforos**

### 7.8.5 Gestión de la Demanda de Transporte

A diferencia de las medidas desde el enfoque de la oferta (tales como la construcción de pasos elevados, la mejora de intersecciones y la ampliación de las vías), la Gestión de la Demanda de Transporte (TDM) es la aplicación de estrategias y políticas para reducir la demanda de viajes o redistribuir esta demanda en el espacio o en el tiempo.

Los típicos enfoques TDM y las medidas se muestran en la Tabla 7.8-3. Todas estas medidas pretenden reducir el número de viajes de vehículos privado o su pico directamente al restringir el uso de vehículos o indirectamente promoviendo lo atrayente de los otros modos de transporte.

**Tabla 7.8-3 Enfoque y Medida TDM**

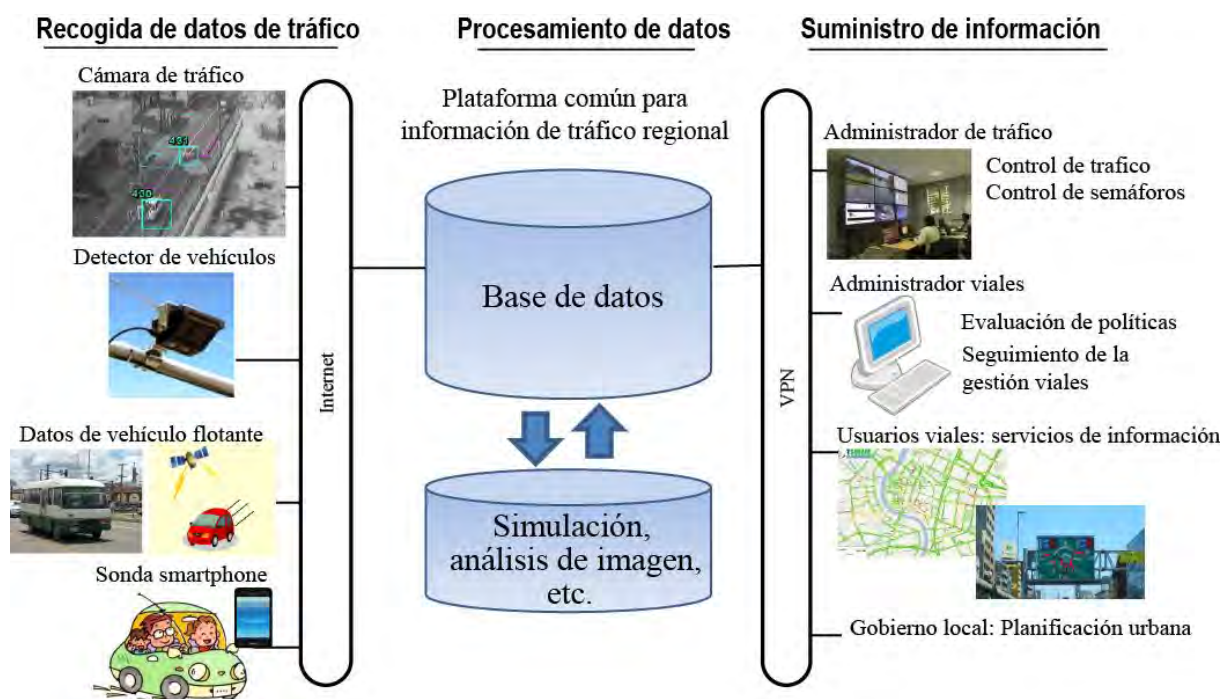
Enfoques	Medidas
Cambio de Ruta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecimiento del sistema de información del tráfico</li> </ul>
Cambio de Hora Pico (Cambio de Hora Salida)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de la movilidad/cambio de las demandas de tráfico en horas pico</li> </ul>
Uso eficiente del vehículo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carriles de flujo reversible (marea), carril HOV</li> <li>Vehículos compartidos</li> <li>Sistema eficiente de carga.</li> </ul>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión Integrada de datos del Tráfico</li> </ul>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**(1) Fortalecimiento del Sistema de Información de Tráfico (Cambio de Ruta)**

Los conductores que tratan de evitar las secciones congestionadas seleccionan la ruta dependiendo de su experiencia anterior. Aunque las condiciones de tráfico cambian en tiempo real, nadie conoce las condiciones actuales, por lo que el tráfico tiende a concentrarse en alguna sección de la carretera. Con el fin de optimizar la demanda de tráfico en la red vial, es necesario dispersar el flujo de tráfico de las áreas congestionadas a otras áreas de la red vial.

La Figura 7.8-19 muestra una imagen conceptual del sistema integral de información de tráfico en Santa Cruz de la Sierra. Se compone de tres fases: recopilación de datos de tráfico, procesamiento de datos y suministro de información.



Fuente : Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.8-19 Imagen Conceptual del Sistema Integral de Información de Tráfico**

**Recopilación de Datos de Tráfico**

Con el fin de proporcionar información del tráfico, el sistema debe fortalecerse en términos de área de cobertura, tipo de datos, frecuencia de recolección, procesamiento de datos y difusión de información a los medios. Se adoptará la misma red vial para la mejora del sistema de semáforos como área de cobertura del sistema de información de tráfico. Las vías arterias de la red se dividirán en enlaces de la misma condición de tráfico. Se instalarán detectores de vehículos en cada enlace para recoger datos del tráfico. El número de detectores de vehículos será mucho mayor que el número en el sistema existente.

Sin embargo, la instalación de detectores de vehículos en cada enlace es costosa y, por lo tanto, puede ser una medida a largo plazo. Como medida a corto plazo, se propone la utilización de los datos GPS de microbuses y buses o de taxis (datos de vehículos flotantes). Actualmente, los microbuses tienen GPS instalado por su propietario o sindicato para su operación. Si proporcionan o venden los datos a los municipios, Santa Cruz de la Sierra puede recopilar y procesar los datos para crear la información de tráfico. Cerca de 120 rutas de microbuses se han establecido en Santa Cruz de la Sierra y cubre casi todas las redes de vías arteriales. Por lo tanto, los datos del microbús son útiles, pero se debe tener especial

cuidado en el procesamiento de los éstos datos, ya que con frecuencia se detienen en lugares distintos de las paradas de bus.

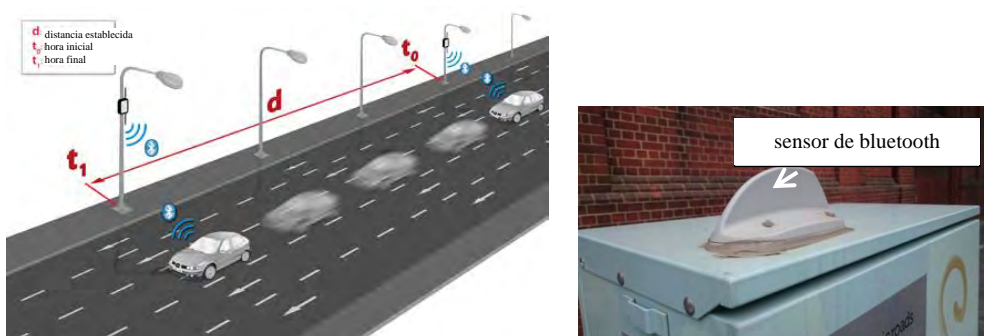
La Figura 7.8-20 muestra un sistema de información de tráfico que utiliza datos de vehículos flotantes de los taxis y camiones. En este sistema, los datos del GPS se recogen de los taxis y de los camiones, y se procesan, luego la información de la congestión de tráfico se distribuye a través de diferentes medios tales como Internet, aplicación para smartphones, y sistemas de navegación de automóviles. Mediante la utilización de los datos de los GPS de los micro-buses, se puede desarrollar el mismo sistema.



Fuente : Toyota Tsusho Electronics (Thailand) Co.,LTD  
[http://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/dnrr/201305/Documents/S2P1\\_Thanomsak\\_Ajjanapanya.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/dnrr/201305/Documents/S2P1_Thanomsak_Ajjanapanya.pdf)

**Figura 7.8-20 Caso del Sistema de Información de Tráfico**

Como alternativa, el monitoreo mediante la utilización de sensores Bluetooth se desarrolló e implementó recientemente en Australia, como se muestra en la Figura 7.8-21. El sistema es capaz de detectar el flujo de dispositivos Bluetooth en una calle, camino o pasaje determinado diferenciando los equipos manos-libres para automóviles de los teléfonos de los peatones. Los datos del sensor se transfieren a través de una comunicación de radio multi-salto, mediante un portal de Internet, a un servidor. Las mediciones de tráfico se pueden analizar para abordar la congestión del tráfico de vehículos o peatones. Utilizando esta tecnología, se puede entender el flujo y la congestión del tráfico vehicular. El sistema de monitoreo también puede utilizarse para calcular la velocidad media de los vehículos que transitan por una vía tomando la marca de tiempo en dos puntos diferentes.



Fuente: (Izquierda) [http://www.libelium.com/vehicle\\_traffic\\_monitoring\\_bluetooth\\_sensors\\_over\\_zigbee/](http://www.libelium.com/vehicle_traffic_monitoring_bluetooth_sensors_over_zigbee/)  
(Derecha) Equipo de estudio JICA

**Figura 7.8-21 Sistema de monitoreo de tráfico mediante la utilización del sensor Bluetooth**

**Procesamiento de datos**

Los datos recogidos se enviarán al servidor de datos en el centro de control en tiempo real a través del sistema de comunicación de datos. La condición de tráfico de cada enlace se determinará cada 5 minutos y se calculará el tiempo de viaje del enlace. Una vez que se obtienen datos acerca de la condición de tráfico de cada enlace, se puede utilizar de muchas maneras, incluyendo la determinación del nivel de servicio, la longitud de la cola y el tiempo de viaje del enlace. Los datos se procesarán en el formato adecuado para que los medios los utilicen para la difusión de la información. Además, si se debe proporcionar información como un mapa de condiciones de tráfico en una aplicación de smartphone o un mensaje en VMS, es necesario realizar la limpieza y visualización de datos a través del software. Asimismo, al almacenar datos pasados también puede predecir condiciones de tráfico en un futuro próximo a través de simulaciones, según sea necesario.

**Provisión de información**

Mediante el procesamiento de datos, el sistema puede proporcionar información de tráfico a través de Internet, aplicaciones de smartphones y VMS en las vías arteriales. La Figura 7.8-22 muestra la provisión de información de tráfico utilizando VMS en Japón. Este tablero de señalización se instala antes de una bifurcación en una vía y proporciona información de congestión del tráfico, información de incidentes de tráfico (como cierre de carreteras y accidentes) y el tiempo de viaje hasta un punto principal a lo largo de la dirección de viaje. Los conductores pueden estimar el tiempo de viaje y conocer la condición del tráfico en ese momento. Entonces, los conductores pueden seleccionar las rutas óptimas y más rápidas y se espera que el tráfico se disperse para que cada conductor elija su destino con cuidado para satisfacer sus necesidades.

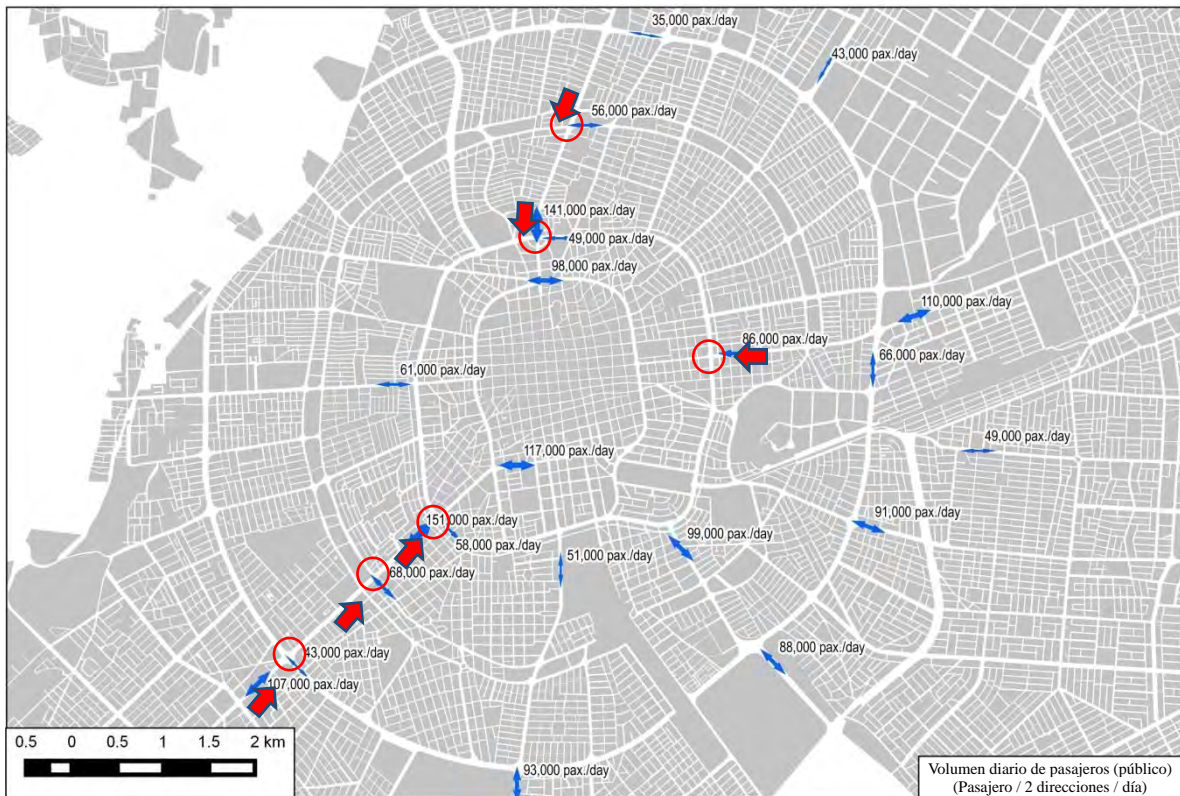


Fuente : (Izquierda) Equipo de Estudio JICA; (Derecha) Gobierno Metropolitano de Tokio

**Figura 7.8-22 Casos de señales gráficas de mensaje variable en Japón**

La Figura 7.8-23 muestra las ubicaciones propuestas para señales gráficas de mensajes

variables.



Fuente : Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.8-23 Propuesta sobre la ubicación de instalación de la Señal Gráfica de Mensaje Variable**

El problema con el equipo de información de tráfico es el costo de mantenimiento. Como una de las soluciones, se recomienda el sistema de información que alquila espacio publicitario, como se muestra en la Figura 7.8-24, que es el caso del sistema de información de tráfico con publicidad en la India. Este sistema puede obtener de la publicidad el ingreso para cubrir una parte del costo de mantenimiento y así el administrador puede reducir el costo de mantenimiento y mantener un buen servicio.



Fuente: Zero-Sum, Ltd. Japan, Zero-Sum ITS Solutions India Pvt. Ltd.

**Figura 7.8-24 Caso de Sistema de Información de Tráfico con Publicidad en la India**

## (2) Gestión de movilidad/Cambiar las demandas de tráfico desde las horas pico (Cambio de hora pico)

De acuerdo con los resultados del conteo de tráfico, los picos de tráfico se producen durante la hora de almuerzo (12:00-14:00), además de la mañana (7:00-8:00) y el pico de la noche (18:00-19:00), en algunos lugares.

Actualmente las oficinas gubernamentales o no gubernamentales se abren alrededor de las 8:00-9:00 y terminan alrededor de las 17:00-18:00. Incluso el horario escolar se superpone en Santa Cruz. Y a la hora del almuerzo la mayoría de la gente regresa a casa o va a los restaurantes en vehículo y regresa a sus oficinas al mismo tiempo. Es necesario cambiar el tráfico de las horas pico de la mañana, tarde o noche para crear un equilibrio en las demandas de tráfico durante todo el día.

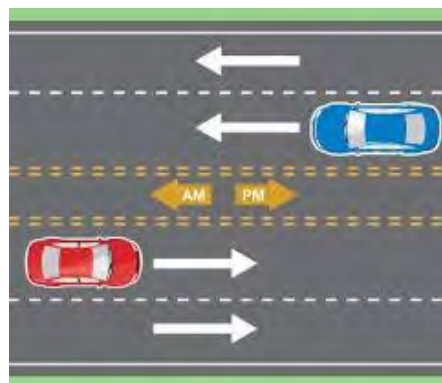
Si se diversifican los horarios laborales y los horarios escolares, la concentración de la demanda de viajes en horas pico disminuirá.

El municipio realiza entrevistas con algunas escuelas y con los padres de sus estudiantes sobre los problemas de tráfico durante las horas de viaje. Como resultado, se vio que la congestión del tráfico era causada por los viajes diarios a la escuela primaria y a la escuela secundaria que estaban situados uno al lado del otro. El municipio pidió a las escuelas que ajusten el horario de desplazamiento diario para evitar la congestión del tráfico. Como resultado, la congestión del tráfico mejoró por esta medida.

Se debe alentar el cambio de la hora de salida de las horas pico a las horas no pico. Es necesario colaborar con empresas privadas y el municipio debe hacer campaña por el horario flexible y alentar a las empresas ubicadas en las áreas de negocio a aceptar esta medida.

## (3) Carriles de tráfico reversibles

La dirección hacia el centro de Santa Cruz de la Sierra está llena durante la hora pico de la mañana y la dirección hacia las áreas suburbanas congestiones y los carriles opuestos tienen comparativamente disponible el espacio durante el periodo de la noche. Se ha propuesto la implementación de carriles reversibles en las principales vías radiales de Santa Cruz de la Sierra y se considera una solución efectiva para la congestión de las horas pico. La Figura 7.8-25 muestra una imagen de carriles reversibles. Añade capacidad en la dirección de pico a una vía de dos sentidos y disminuye la congestión mediante el uso temporal de la capacidad de carril disponible desde la otra dirección (fuera de pico) o del carril del medio.



Fuente: (Izquierda) Ingeniería ISL  
<https://islengineering.com/~islengi1/index.php/transportation/reversible-lane-control-systems>  
(Derecha) <http://www.aarp.org>

**Figura 7.8-25 Caso de carriles reversibles**

## 7.9 Transporte No Motorizado

### 7.9.1 Políticas

En el área metropolitana, los modos de transporte no motorizados son el caminar y las bicicletas para uso privado, y la política se centra en los peatones y ciclistas. No hay transporte animal, ni carros de bicicleta o triciclo de tracción animal.

Las políticas de transporte público fueron establecidas para que contribuyan a lograr los objetivos como se muestra en la Tabla 7.9-1

La construcción de carriles para bicicleta y la mejora de las aceras son las principales políticas de transporte no motorizado. Ya que no hay ninguna guía para el uso del carril de bicicletas que se aplique a todos los municipios, es necesario establecer una guía común para la construcción de carriles para bicicleta. Para la red peatonal, es necesario considerar a los usuarios de silla de ruedas.

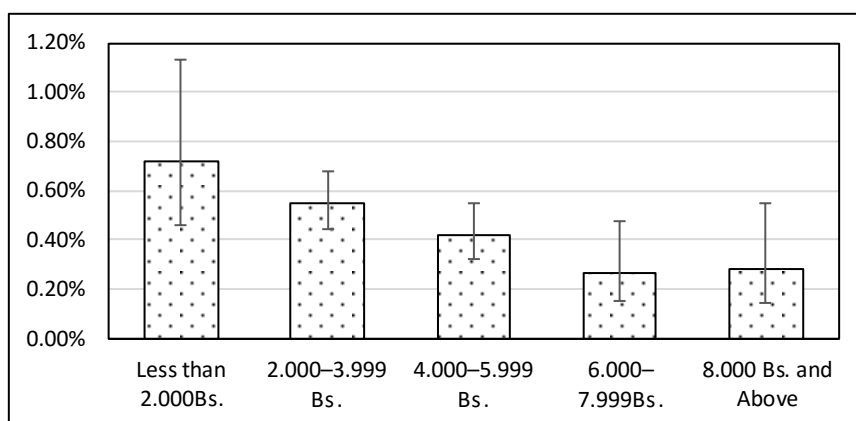
**Tabla 7.9-1 Políticas de Transporte No-Motorizado**

Objetivos Generales	Objetivos Específicos	Políticas
Proporcionar un buen entorno para el Transporte No Motorizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar una red de bicicletas segura, cómoda, y funcional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de carriles para bicicletas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la red peatonal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y mejora de aceras</li> <li>• Establecer un lineamiento común para el uso de sillas de ruedas en el Área Metropolitana.</li> </ul>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### 7.9.2 Red de Bicicletas

Actualmente, el número de viajes diarios (viajes al trabajo o al colegio) en bicicleta es muy pequeño. La Figura 7.9-1 muestra el porcentaje de personas que usan la bicicleta como el modo de transporte para sus viajes diarios según el nivel de ingresos del hogar. El resultado muestra que la bicicleta es más usada por personas de hogares de bajos ingresos aunque el porcentaje sea menor del 1%.



**Figura 7.9-1 Uso de Bicicleta como el Modo de Transporte para viajes diarios**

Pueden identificarse los motivos siguientes: 1) La Infraestructura para el uso de bicicleta es insuficiente. 2) Llueve copiosamente en la temporada de lluvias. 3) El verano en el Área Metropolitana es una temporada de mucho calor. 4) La densidad de las rutas públicas de transporte es alta. El primer problema puede ser solucionado mejorando la infraestructura,

pero las otras razones permanecerán.

El cambio modal a la bicicleta contribuye a solucionar los problemas de transporte urbano en algunas ciudades donde el uso de la bicicleta es muy alto, pero el impacto en los problemas de tráfico en el Área Metropolitana será muy pequeño. Dado que el transporte público puede llevar una mayor cantidad de personas que las bicicletas, el cambio modal de transporte público a la bicicleta no reducirá la congestión de tráfico. Si los conductores de automóvil cambian su modo a bicicletas, esto reduciría el tráfico en las vías. Sin embargo, la bicicleta no es un modo alternativo atractivo para la mayor parte de los usuarios de automóvil porque los automóviles son todavía más rápidos que las bicicletas hasta en las horas pico. De ahí que, la bicicleta no es considerada como el modo principal del transporte diario en el Plan Maestro.

Por otra parte, la bicicleta es un modo alternativo para viajes de distancia corta dentro de las comunidades. La promoción del uso de la bicicleta contribuirá a aliviar el caos alrededor de los mercados locales. El uso de la bicicleta por los estudiantes en vez del micro reducirá el tráfico en calles locales.



Fuente: Foto tomada por Equipo de Estudio de JICA

**Figura 7.9-2 Infraestructura para Bicicleta en Lima, Perú**

En el Plan Maestro, los anillos principales y vías radiales están propuestos para ser usados como los corredores BRT, donde el espacio disponible será convertido a carriles de bus. Por otra parte, hay muchas vías que tienen la mediana donde existen árboles y vía peatonal. La red de bicicletas se planificará para usar dichas vías.

### 7.9.3 Instalaciones para Peatones

La mejora de la acera es uno de los proyectos más importante en el Plan Maestro. Las aceras deben ser continuas, lo más uniforme posible y estar separadas de los carriles para vehículos física y visualmente. Las directrices de diseño de instalaciones para peatones deberá desarrollarse considerando el diseño universal. Se debe desarrollar las directrices comunes propuesta con la participación de los usuarios de sillas de ruedas, y será utilizado no solo en Santa Cruz de la Sierra sino también en los otros municipios.

Se deben desarrollar instalaciones de cruce de peatones a lo largo de las vías arteriales, y éstas están incluidas en los proyectos de mejoramiento de las vías y el programa de gestión del tráfico. Los pasos peatonales deben estar provistos de una fase de semáforos lo suficientemente larga, entre las intersecciones principales donde la distancia es larga. El diseño debe considerar opiniones públicas, principalmente de mujeres y de usuarios de sillas de ruedas.

Se propone planificar la red peatonal en el centro histórico haciendo uso de las manzanas.



Una manzana típica en el centro histórico es una cuadra de 100m x 100m, con un patio interior. Algunos edificios comerciales permiten a la gente pasar por los pasillos al interior de la manzana. Al conectar este tipo de espacios abiertos dentro de las manzanas con alianzas públicas y privadas, se planificará una red peatonal atractiva.

## 7.10 Evaluación del Plan Maestro

### 7.10.1 Beneficios Económicos

#### (1) Contenido de los Beneficios Económicos del Plan Maestro

Los beneficios económicos del Plan Maestro se calculan sólo para los beneficios que son medibles en unidad monetaria. El alivio de la congestión, que es uno de los beneficios más importantes del desarrollo de infraestructuras del sector del transporte, puede evaluarse en términos de reducción del tiempo de viaje. La valoración del tiempo de viaje en unidad monetaria es muy popular en la planificación del transporte. A continuación se calculan dos beneficios para evaluar el Plan Maestro.

- Reducción en tiempo de viaje
- Ahorro en costos de operación de vehículos (COV)

La gestión del tráfico es una parte importante del Plan Maestro, pero no se pueden medir los impactos de la mayoría de los proyectos en el sector de la gestión del tráfico. Por ejemplo, no se puede predecir la reducción de los accidentes de tráfico mediante la aplicación de la mejora de la educación de la seguridad del tráfico. Esta es una de las razones para implementar el proyecto de la base de datos de accidentes de tráfico. El Plan Maestro incluye la mejora estructural del sistema de drenaje, pero el proyecto de drenaje se excluye de la evaluación porque la metodología de evaluación del sistema de drenaje es diferente a la de los proyectos de transporte.

Los beneficios económicos se calculan sobre la base de los resultados de la previsión de demanda, que consiste en los siguientes datos resultantes:

- Kilómetros - vehículo
- Horas - pasajero

Los beneficios económicos se calculan al comparar estos valores resultantes “con el caso del proyecto” y “sin el caso del Proyecto”.

#### (2) Sin el Caso

El “Sin el Caso” es el caso en la que no se implementa ningún proyecto en el plan maestro. Aunque este es un caso poco realista, la proyección del caso es necesaria para el cálculo del beneficio económico.

El caso se analiza en el Capítulo 3 como “Opción 1A”, que supone que la tendencia actual en el desarrollo de las urbanizaciones continúa y el área urbanizada de baja densidad se expandirá. Sin embargo, la “Opción 1A” no supone necesariamente que no habrá nuevas carreteras. Si no se implementa ningún proyecto vial, no se poblarán las nuevas urbanizaciones. La “Opción 1A” supone que se construirán algunas vías para apoyar el desarrollo de nuevas urbanizaciones.

Si no se implementa ningún proyecto de transporte, la futura área de urbanización será menor que la de la “Opción 1A”. El caso más cercano de “Sin el Caso” en el análisis de escenarios sería la “Opción 2A”, donde la futura área urbanizada se limita al área en las urbanizaciones que ya han sido aprobadas. Aunque la “Opción 2A” es el caso del desarrollo vial, la situación socioeconómica que se asume puede considerarse como el de “Sin el Caso”

porque se puede acceder al área urbanizada aprobada con la infraestructura existente. La condición socioeconómica de la “Opción 2A” es la misma que la de la “Opción 2B”, que es igual al marco socioeconómico del plan maestro.

### (3) Estimación de kilómetros – vehículo y horas-pasajero

La previsión de la demanda de tráfico se realiza para la hora pico de la mañana y fuera de la hora pico de la mañana. Para estimar el total de kilómetros-vehículos y horas-pasajero en un día, esos números en la hora pico de la mañana se multiplican por 6 mientras que los que son fuera de la hora pico se multiplican por 9. La Tabla 7.10-1 muestra los números estimados.

**Tabla 7.10-1 Kilómetros-vehículo y Horas-Pasajero por día en el 2035**

Año	Caso	kilómetros-vehículo (000)		Horas-Pasajero (000)	
		Autos	Autobuses	Autos	Autobuses
2020	Sin el Caso (A)	9.518	2.638	340	752
	Con el Caso (B)	9.520	2.394	336	732
	Diferencia (A-B)	-1	244	4	20
2025	Sin el Caso (A)	10.959	2.679	429	887
	Con el Caso (B)	10.272	1.581	321	581
	Diferencia (A-B)	687	1.099	108	306
2035	Sin el Caso (A)	22.916	3.116	991	2.173
	Con el Caso (B)	18.598	2.355	472	1.281
	Diferencia (A-B)	4.317	761	520	892

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### (4) Estimación del costo del tiempo de viaje

Un valor de tiempo representa un valor monetario equivalente por una cierta unidad de tiempo. Es el valor monetario que se puede ahorrar si se reduce el tiempo de viaje, así mismo, es el valor monetario que una persona puede pagar para reducir el tiempo de viaje.

Hay algunos métodos para estimar un valor de tiempo. Una de las estimaciones más apropiadas es la del salario promedio por hora. Según el INE, el ingreso promedio mensual de las familias bolivianas se estima en Bs. 4,234 en 2016. Por su parte, el ingreso promedio mensual en el Área Metropolitana se estimó en Bs. 4,257 a partir de los resultados de la Encuesta de Viajes Diarios y la Encuesta de Viaje de Hogares como se muestra en la Tabla 7.10-2.

**Tabla 7.10-2 Distribución del ingreso de los hogares**

	Mediano	Muestras
Menos de Bs. 2.000	1.000	1.604
Bs. 2.000–3.999	3.000	6.955
Bs. 4.000–5.999	5.000	4.458
Bs. 6.000–7.999	7.000	1.455
Bs. 8.000 –9.999	9.000	505
Bs. 10.000–11.999	11.000	230
Bs. 12.000–13.999	13.000	115
Bs. 14.000 y Más	15.000	160
Peso promedio		4.257

Fuente: Equipo de Estudio JICA (CS & HIS)

El ingreso mensual se convierte en ingreso por hora aplicando 176 horas de trabajo por mes como: Bs. 4.234 / 176 = Bs. 24,06 por hora. Es popular en la planificación del transporte que el ingreso por hora se utilice como el valor del tiempo para los viajes relacionados con el

trabajo. El valor del tiempo de otros propósitos es menor, aunque es difícil estimar los valores. Se asume que el valor promedio del tiempo es del 50% del ingreso por hora. A partir de esto, el valor del tiempo se calcula en Bs. 12 por hora. El valor del tiempo también es estimado a partir de los parámetros del modelo logit desarrollado a partir de la Encuesta de Opinión. En el caso de los usuarios de transporte público, es Bs. 12,5 para los viajes diarios y Bs. 14,6 para viajes privados. Dado que los resultados son muy cercanos al valor calculado del tiempo (Bs. 12), se utilizan estos valores (Bs. 12,5 y Bs 14,6).

La Tabla 7.10-3 muestra el resultado del cálculo del beneficio de la reducción del tiempo de viaje.

**Tabla 7.10-3 Beneficio de la Reducción del Tiempo de Viaje**

Año	Modo	Reducción del tiempo de viaje (000 horas)	Valor del tiempo (Bs./hora)	Beneficio (Millones de bolivianos)	
				Día	Año
2020	Vehículos particulares	4	15	0,06	19
	Transporte público	20	13	0,25	81
	<b>Total</b>	<b>24</b>		<b>0,30</b>	<b>100</b>
2025	Vehículos particulares	108	15	1,58	522
	Transporte público	306	13	3,82	1.262
	<b>Total</b>	<b>414</b>		<b>5,41</b>	<b>1.784</b>
2035	Vehículos particulares	520	15	7,59	2.505
	Transporte público	892	13	11,15	3.679
	<b>Total</b>	<b>1.412</b>		<b>18,74</b>	<b>6.183</b>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

#### (5) Estimación del Costo de Operación del Vehículo (COV)

Se espera que el cambio modal de los automóviles privados a los sistemas de transporte público ahorre los costos de operación del vehículo en el área metropolitana, porque el número de vehículos privados reducidos será mayor que el número de vehículos de transporte público aumentados.

El costo del combustible o la electricidad (en el caso de los trenes eléctricos) es el componente principal de los COV, ya que cualquiera que sea el vehículo utilizado, se consume energía. El costo de la adquisición, que se dispersa durante el período de vida del vehículo como depreciación e interés, es también un componente importante de los COV. Otros componentes de COV son los costos de reemplazo de partes tales como neumáticos, pagos a los conductores y costos de reparación y mantenimiento.

La edad promedio de los vehículos en el área metropolitana llega a los 14,7 años, según los Estudios de Tráfico. Esto se debe a que los vehículos de los modelos de los años noventa siguen siendo comunes en el Área Metropolitana. Se espera que estos automóviles de los años noventa sean reemplazados por automóviles nuevos en los próximos 5 años debido a la vida útil de los mismos. Por lo tanto, para la estimación de COV en el período del plan maestro, se puede utilizar la eficiencia de combustible de automóviles nuevos.

**Tabla 7.10-4 Beneficio de la reducción de COV**

Año	Modo	Reducción del kilómetros-vehículo 1000	COV por 1000 km (Bs./1000km)	Beneficio (Millones de bolivianos)	
				Día	Año
2020	Vehículos particulares	-1	1.654	0,00	-1
	Transporte público	244	4.918	1,20	397
	<b>Total</b>	<b>243</b>		<b>1,20</b>	<b>396</b>
2025	Vehículos particulares	687	1.654	1,14	375
	Transporte público	1.099	4.918	5,40	1.784
	<b>Total</b>	<b>1.785</b>		<b>6,54</b>	<b>2.158</b>
2035	Vehículos particulares	4.317	1.654	7,14	2.357
	Transporte público	761	4.918	3,74	1.235
	<b>Total</b>	<b>5.078</b>		<b>10,89</b>	<b>3.592</b>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

## 7.10.2 Gases de Efecto Invernadero

### (1) Metodología y Unidades

La metodología para estimar el volumen de emisiones del vehículo se describe en el capítulo 4. El equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e) se calcula a partir de kilómetros-vehículo utilizando los siguientes factores de conversión.

- Automóviles privados: 0.2388 CO<sub>2</sub>e-kg por 1000 kilómetros-vehículo
- Buses: 0.5878 CO<sub>2</sub>e-kg por 1000 kilómetros-vehículo

### (2) Reducción en Dióxido de Carbono

La reducción en CO<sub>2</sub>e del Plan Maestro se calculó en 1,5 toneladas por día (488 toneladas por año) como se muestra en la Tabla 7.10-5.

**Tabla 7.10-5 Reducción del equivalente de Dióxido de Carbono**

Año	Modo	Reducción del kilómetros-vehículo 1000	CO <sub>2</sub> e-kg por 1000 km (kg/1000km)	Reducción en CO <sub>2</sub> e (ton)	
				Día	Año
2020	Vehículos particulares	-1	0,2388	0,00	0
	Transporte público	244	0,5878	0,14	47
	<b>Total</b>	<b>243</b>		<b>0,14</b>	<b>47</b>
2025	Vehículos particulares	687	0,2388	0,16	54
	Transporte público	1.099	0,5878	0,65	213
	<b>Total</b>	<b>1.785</b>		<b>0,81</b>	<b>267</b>
2035	Vehículos particulares	4.317	0,2388	1,03	340
	Transporte público	761	0,5878	0,45	148
	<b>Total</b>	<b>5.078</b>		<b>1,48</b>	<b>488</b>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### 7.10.3 Costo del Proyecto

Los costos del proyecto del Plan Maestro se resumen de la siguiente manera:

**Tabla 7.10-6 Costo de Proyecto del Plan Maestro**

(Unidad: Milliones de dólares)

Sector	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Total
Infraestructura vial	85,6	423,2	902,4	1.411,1
Transporte público	60,7	64,1	0,0	124,8
Gestión del tráfico	9,2	25,4	0,0	34,6
Drenaje	5,0	103,3	206,6	309,9
<b>Total</b>	<b>160,5</b>	<b>616,0</b>	<b>1.109,0</b>	<b>1.880,4</b>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Además del costo del proyecto mencionado arriba, es necesario que sean considerados los costos de mantenimiento de la infraestructura vial para la evaluación. Los costos de mantenimiento de las vías se asumen al 1% del costo del proyecto cada año. Para los costos de operación y mantenimiento del sistema BRT propuesto, se asume US\$ 1,6 por vehículo-kilómetro<sup>2</sup>.

Dado que los beneficios del Plan Maestro fueron calculados para proyectos de transporte, el costo de proyecto del sector de drenaje fue excluido de la evaluación.

En una evaluación económica, el costo debe representar el costo económico, lo cual significa que los impuestos y otros costos de transferencia deben estar excluidos. Sin embargo, dado que los costos estimados en el Plan Maestro no consideran si tienen incluidos o no los impuestos, se asume que los costos del proyecto son iguales a los costos económicos.

### 7.10.4 Análisis costo-beneficio

La tasa interna de retorno económico (TIRE) del Plan Maestro se calculó en un 35%, utilizando el flujo de la diferencia entre el beneficio y el costo. El período de evaluación es de 2018 a 2035. El resultado muestra que el Plan Maestro generará un alto beneficio económico de manera efectiva.

<sup>2</sup> Influences of operational issues on the operational cost of BRT buses and BRT systems, Nicolai, Joaquin C.; Weiss, Dieter M. 27th Annual Southern African Transport Conference 2008

**Tabla 7.10-7 Flujo de Costos y Beneficios del Plan Maestro**

(Unidad: Millones de Bolivianos)

Año	Beneficio Reducción de COV	Ahorro de tiempo de	Total	Costo	flujo de fondos
2018				869	-869
2019				882	-882
2020	396	100	496	979	-484
2021	216	178	394	908	-514
2022	460	445	905	1.521	-616
2023	978	1.066	2.044	1.795	249
2024	1.553	1.863	3.416	1.843	1.573
2025	2.158	1.784	3.943	1.232	2.711
2026	2.302	2.224	4.526	1.063	3.463
2027	2.445	2.664	5.109	1.148	3.961
2028	2.588	3.104	5.693	1.236	4.456
2029	2.732	3.544	6.276	1.225	5.051
2030	2.875	3.984	6.859	1.096	5.763
2031	3.019	4.424	7.443	1.026	6.416
2032	3.162	4.864	8.026	1.188	6.837
2033	3.305	5.304	8.609	1.044	7.565
2034	3.449	5.744	9.192	850	8.342
2035	3.592	6.183	9.776	490	9.286

35%

Fuente: Equipo de Estudio JICA

## **7.11 Marco Institucional y Legal**

### **7.11.1 Coordinación a nivel del área metropolitana**

#### **(1) Necesidad de Coordinación**

##### **1) Red Vial**

El plan maestro incluye la construcción de carreteras que pasan por dos o más de dos municipios. En principio, el Departamento de Santa Cruz es responsable de la construcción y mantenimiento de las carreteras intermunicipales, lo que significa que el Departamento debe proporcionar un mecanismo para la coordinación entre municipios. Por otro lado, hay algunas carreteras que deben ser construidas y mantenidas por los municipios, incluso si la carretera se encuentra en dos o más municipios, cuando la función principal de la carretera es proporcionar acceso local, más que la conexión entre los municipios. En tal caso, es muy importante la coordinación entre municipios para formular la red vial adecuada.

La construcción de puentes a lo largo del río Piráí requiere la coordinación a nivel del Área Metropolitana. La coordinación entre los municipios de ambos lados del puente no es suficiente ya que la construcción de un puente afecta el plan de otros puentes.

##### **2) Desarrollo Urbano**

La red vial y el sistema de transporte público del Plan Maestro suponen el futuro uso de suelo en el Área Metropolitana, el cual se discute en el Capítulo 3. Si se aprueban y desarrollan más urbanizaciones que las contempladas en el Plan Maestro, otras vías arteriales serán necesarias. Si la población en las urbanizaciones no aumenta como se espera, entonces se deberá revisar la previsión de la demanda y se deberán cancelar algunos proyectos.

Durante el Proyecto del Plan Maestro se ha discutido el tema del control del desarrollo urbano para evitar la dispersión urbana, pero se encontró que la introducción de un mecanismo integrado de control a los seis municipios es muy difícil, aunque todos los municipios han llegado a la misma opinión de que se debe evitar la dispersión urbana adicional con desarrollos de baja densidad y sin un plan de transporte.

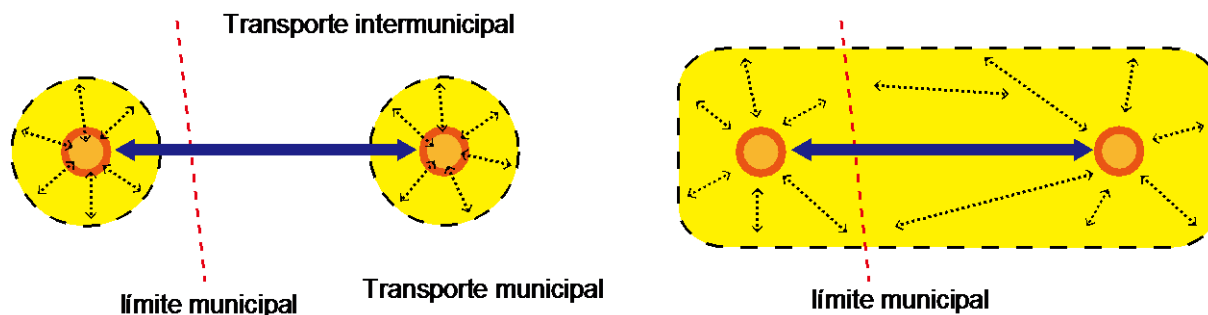
##### **3) Desarrollo del Drenaje**

Dado que la pavimentación de vías no pavimentadas es uno de los proyectos más importantes del Plan Maestro, la capacidad del sistema de drenaje debe ampliarse simultáneamente para evitar la inundación de las vías pavimentadas. Como se describe en el Capítulo 8, la construcción de un canal de Santa Cruz de la Sierra a Río Grande a través de Cotoca es uno de los proyectos de drenaje. La implementación del proyecto requiere una coordinación de alto nivel entre los municipios, el departamento de Santa Cruz y el gobierno central.

##### **4) Transporte Público**

El actual sistema institucional para la demarcación del sistema de transporte público supone que el transporte local, que es gestionado por los municipios, y el transporte interurbano, que es gestionado por el gobierno departamental estén claramente separados como se ilustra en la figura de la izquierda. Se ha ampliado el área urbanizada de los municipios y la demanda de transporte local que cruza la frontera municipal está aumentando.





Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Figura 7.11-1 Jurisdicción del Sistema de Transporte Público**

### 5) Actualización y Mantenimiento de la Base de Datos de Tráfico

El modelo de previsión de la demanda desarrollado en el Proyecto se enfoca en el Área Metropolitana, y será necesario desarrollar un modelo más detallado para el análisis del transporte a nivel municipal. Dado que el análisis de transporte que utiliza el modelo de previsión de la demanda requiere una alta habilidad y conocimiento del transporte urbano y el modelo debe mantenerse como un modelo uniforme integrado, se recomienda que una organización tome el modelo de la previsión de la demanda y lo utilice para el análisis de transporte de todos los municipios del Área Metropolitana.

#### (2) La Región Metropolitana

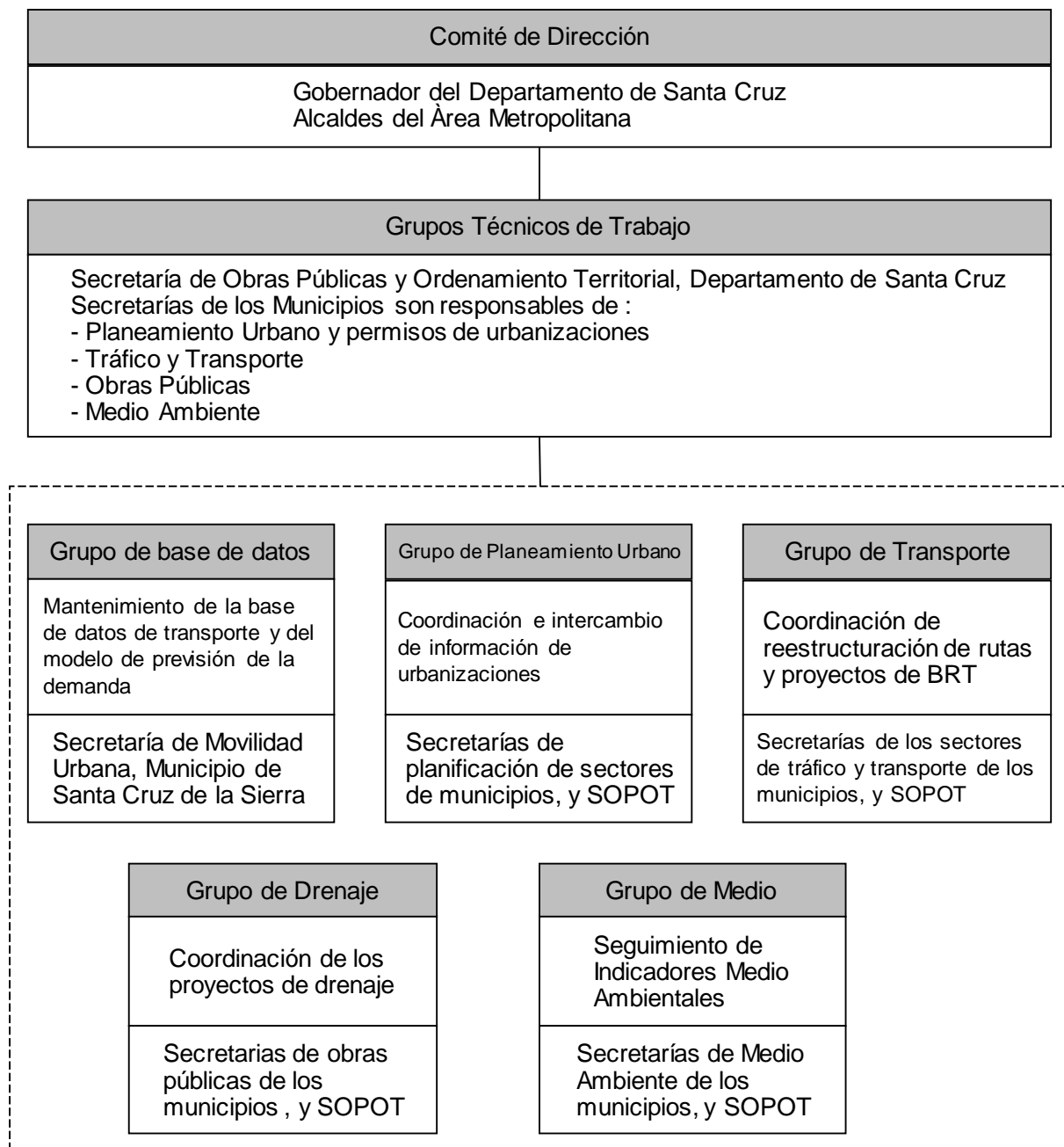
El Departamento de Santa Cruz ha estado trabajando en el establecimiento de la Región Metropolitana de Santa Cruz, y se llevaron a cabo varias reuniones públicas en el 2016 y 2017. La Región Metropolitana es una de las autonomías estipuladas en la Ley 031. Se espera que la Región Metropolitana tendrá la función de planificar el Plan Maestro de Transporte, ya que se dará el presupuesto y los poderes necesarios a la organización. Sin embargo, debido a que tomará tiempo establecer la Región Metropolitana, se propone establecer una organización para Santa Cruz Metropolitano enfocada en la implementación del Plan Maestro.

#### (3) Establecimiento de un Comité de Coordinación Metropolitana para Transporte

Se propone a una organización para la coordinación del Área Metropolitana para monitorear e implementar el Plan Maestro. La organización puede tener éxito con la estructura del Proyecto como se muestra en la Figura 7.11-2. La misma tendrá las siguientes funciones:

- Coordinación e intercambio de información sobre desarrollo urbano
- Coordinación del desarrollo de la red vial
- Coordinación de la reestructuración de rutas del sistema de transporte público
- Coordinación de proyectos de BRT
- Coordinación de los proyectos de drenaje
- Monitoreo de los indicadores ambientales
- Mantenimiento de la base de datos de transporte

Se espera que los miembros que participaron en la capacitación en Japón en 2016 participen y tomen la iniciativa de la organización.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 7.11-2 Estructura del Comité de Coordinación Metropolitana para el Transporte**

### 7.11.2 Mejora de la investigación en el sector del transporte

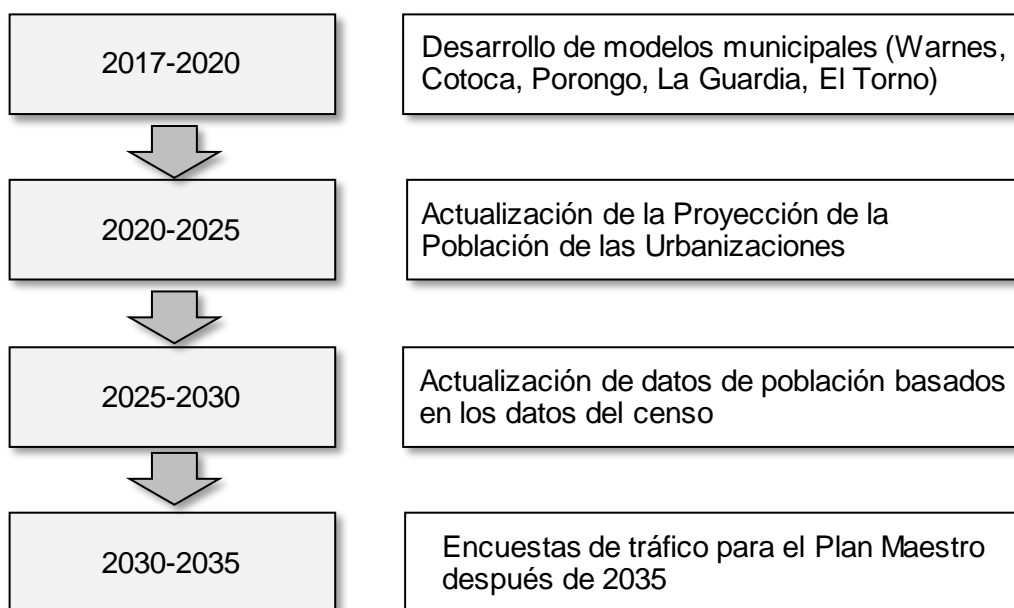
La experiencia del Proyecto demuestra que la capacidad del sector público y privado para realizar estudios de tráfico en el Área Metropolitana es baja. Esto se debe a la falta de demanda del sector público para realizar dichos estudios. Dado que la oportunidad de negocio de los estudios de tráfico y análisis en el Área Metropolitana es pequeña, hay pocas empresas que pueden realizar estos estudios. La necesidad de adquirir datos de tráfico aumenta a medida que aumenta la demanda de tráfico. Es necesario aumentar la capacidad de los estudios en el sector del transporte.

Se propone establecer un centro de investigación en el Comité de Coordinación Metropolitana para el Transporte. En un principio, se espera que la Secretaría de Movilidad Urbana del GAM Santa Cruz funcione como el centro de investigación, utilizando sus

recursos humanos.

### 7.11.3 Actualización de la base de datos de transporte

El modelo de previsión de la demanda en el Proyecto se desarrolla a partir no solo de los estudios de tráfico, sino también de las estadísticas del Censo 2012 y la información de la urbanización en el Área Metropolitana. Se utilizará el modelo de previsión de la demanda para los estudios de factibilidad de nuevos proyectos, análisis de transporte público y tráfico vial para las obras por los municipios y análisis académico, y se realizarán pequeñas modificaciones para las nuevas previsiones de la demanda. Además de estas oportunidades, se recomienda actualizar la base de datos cuando se produzca un cambio en el plan de urbanizaciones. Cuando se realice el siguiente censo, se debe revisar el modelo de previsión de la demanda.



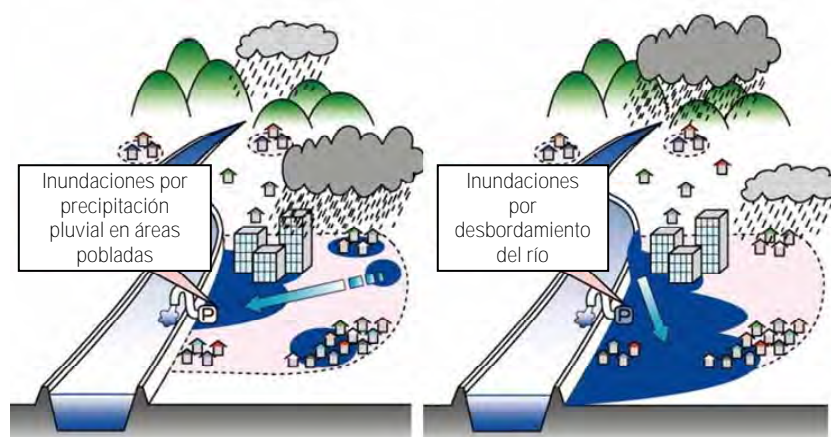
Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Figura 7.11-3 Actualización de la Previsión de la demanda de tráfico**

## Capítulo 8 Drenaje Condiciones Actuales

### 8.1.1 General

Los desastres por inundaciones en el área de estudio se pueden clasificar en dos tipos, es decir, i) inundaciones por precipitación pluvial en áreas pobladas e ii) inundaciones por desbordamiento del río. La inundación por lluvias en áreas pobladas se produce cuando las precipitaciones exceden la capacidad de flujo de los sistemas de drenaje en el nivel del suelo o del agua, y cuando el lado externo del terreno es más elevado que el nivel dentro del área del terreno. La inundación por desbordamiento del río se produce cuando la fuerza de la inundación excede la resistencia de la orilla del río. Cuando la inundación del río supera o erosiona la orilla del río, esto causa daños severos en áreas pobladas.



Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio JICA en base a la información de <http://www.ajiko.co.jp/product/detail/ID4TCIA3FBT>

**Figura 8.1-1 Tipo de Desastres por inundaciones**

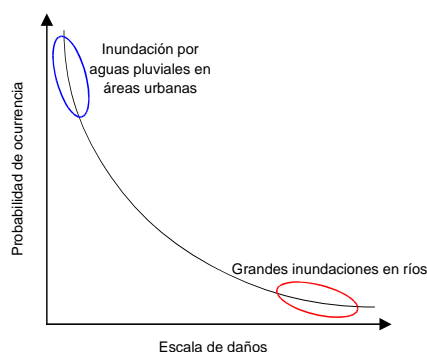
Normalmente, los desastres que causan grandes daños tienden a ser menos frecuentes y los desastres con daños menores tienden a ocurrir con más frecuencia, como se muestra en la Figura 8.1-2. Los “Desastres Infrecuentes con Daños Mayores” y “Desastres Frecuentes con Daños Menores” se tratan claramente en la Política de Gestión de Desastres. En general, las medidas para “Desastres Infrecuentes con Daños Mayores” son consideradas más importantes que las de “Desastres Frecuentes con Daños Menores” desde el punto de vista de la Gestión de Desastres. En el Área Metropolitana, las grandes inundaciones fluviales pueden ser categorizadas como “Desastres Infrecuentes con Daños Mayores” y las inundaciones por precipitación pluvial en áreas pobladas se pueden clasificar como “Desastres Frecuentes con Daños Menores”.

El *Río Piraí* experimenta inundaciones periódicas debido a su ubicación a lo largo del borde de la Cordillera de los Andes. En marzo de 1983, se produjo una inundación en la cuenca del *Río Piraí*, que inundó la parte rica de Santa Cruz de la Sierra, el centro económico más importante del país. Este evento afectó a 9.500 casas en el departamento de Santa Cruz y 5.000 en el área rural y el daño producido se estimó en 37 millones de Dólares Americanos, y 900 personas fueron reportadas como desaparecidas. Gracias a los esfuerzos en las obras de defensivos a lo largo del *Río Piraí* y el *Río Grande*, conjuntamente con la reforestación en la cuencas altas de ambos ríos realizada por el *Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regularización del Río Piraí* (SEARPI), el Área Metropolitana ha sido relativamente más segura contra las inundaciones fluviales desde el incidente de la inundación de 1983. Sin embargo, el nivel máximo de agua fluvial registrado en el Río Piraí el 23 de febrero de 2014 se estimó en una velocidad de 3,75 m/s y aproximadamente 5.000 m<sup>3</sup>/s en el caudal de descarga. SEARPI es cada vez más cauteloso acerca de las recientes fuertes lluvias

anormales.

Para el transporte urbano en el Área Metropolitana de Santa Cruz, las inundaciones por lluvias en áreas pobladas son un tema muy importante a pesar de tener daños relativamente menores. Las instalaciones de drenaje para aguas pluviales son planificadas, diseñadas y construidas por la Dirección de Drenaje del GAM de Santa Cruz. El SEARPI se encarga de la protección de los bienes públicos y privados contra las inundaciones y del monitoreo de la escala de inundaciones. La Defensa Civil es la que provee una respuesta en caso de desastre catastrófico.

Este estudio diagnostica la condición actual del drenaje de aguas pluviales en Santa Cruz de la Sierra y sugiere medidas eficaces para su drenaje para contribuir a que el tráfico urbano supere a las inundaciones por agua pluvial en el municipio.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 8.1-2 Teoría del Riesgo de Desastres por inundaciones**

## 8.1.2 Condiciones Actuales del Drenaje de las Aguas Pluviales

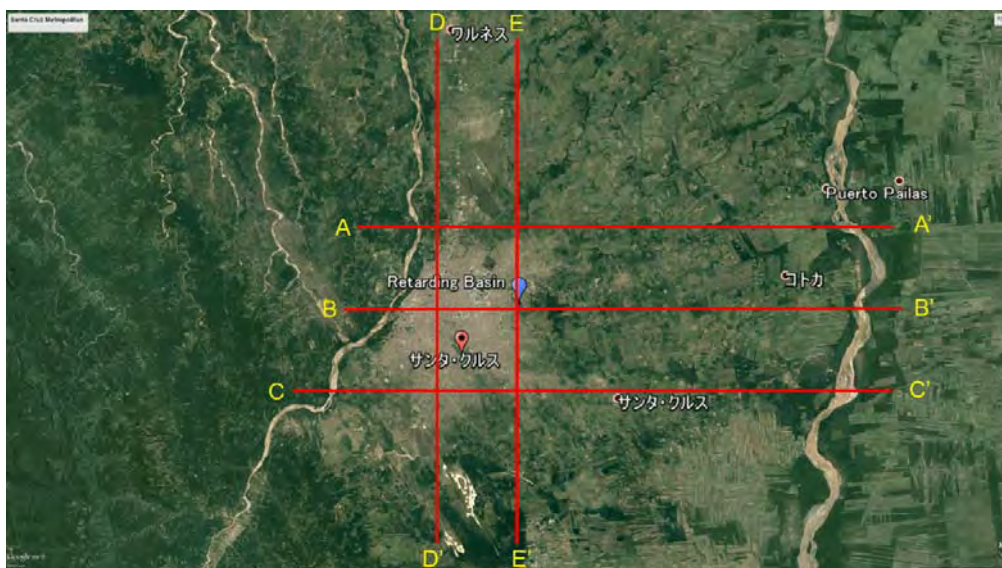
### (1) Características Naturales

Esta sección describe las características naturales relacionadas con el drenaje de las aguas pluviales en la ciudad de Santa Cruz.

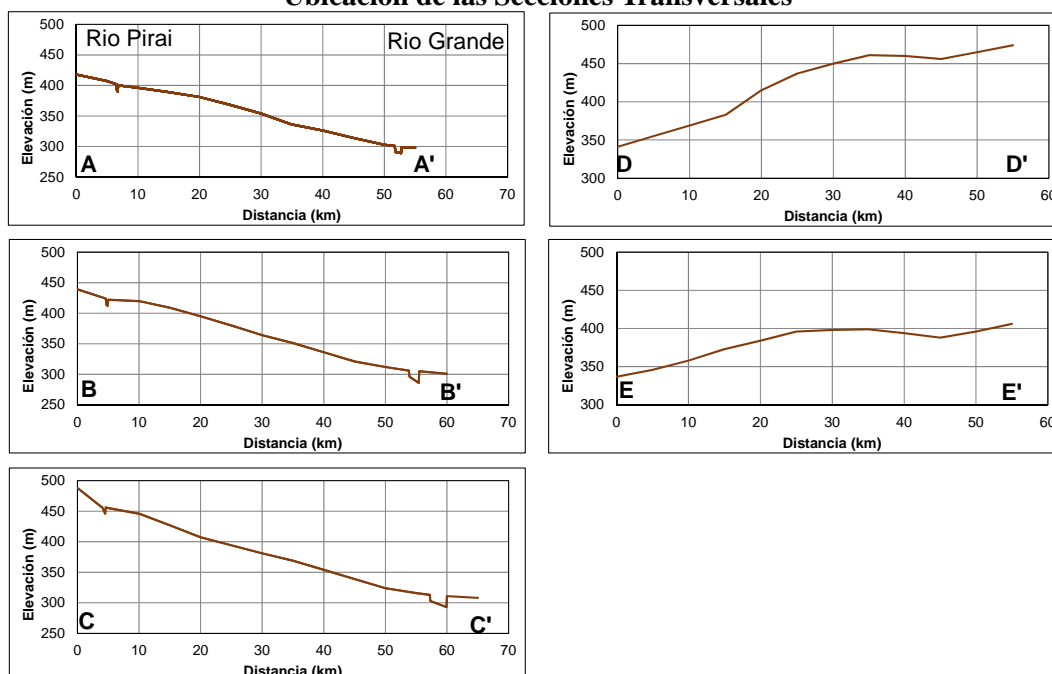
#### 1) Condiciones Topográficas

La Figura 8.1-3 muestra las secciones transversales de la superficie del suelo en los alrededores de Santa Cruz de la Sierra. Las elevaciones de los puntos en las secciones transversales se miden en intervalos de 5 km, usando un sitio web de imágenes satelitales: Google Earth Pro. Este método de medición no tiene una alta precisión, pero puede dar a entender la topografía general. Las secciones transversales de A, B y C son de oeste a este, D y E son de norte a sur.

La diferencia de elevación entre el *Río Pirai* y el *Río Grande* es de aproximadamente 100 m en la sección transversal A y aproximadamente 150 m en la sección transversal C. La Distancia del *Río Pirai* al *Río Grande* es de aproximadamente 50 km en las secciones transversales A, B y C. Por lo tanto, la inclinación de la pendiente de la superficie del suelo de oeste hacia el este oscila entre 1:500 a 1:300. La sección transversal D, la cual va desde *Warnes* a Santa Cruz de la Sierra, muestra una inclinación de la pendiente aproximada de 1:300, mientras que el lado sur de Santa Cruz de la Sierra es ligeramente inferior al municipio. La sección transversal E, la cual va desde *Warnes* a Santa Cruz de la Sierra, cuenta con una inclinación de la pendiente de 1:500. De este modo, la superficie del suelo dentro y alrededor de Santa Cruz de la Sierra baja en dirección hacia el noreste.



Ubicación de las Secciones Transversales

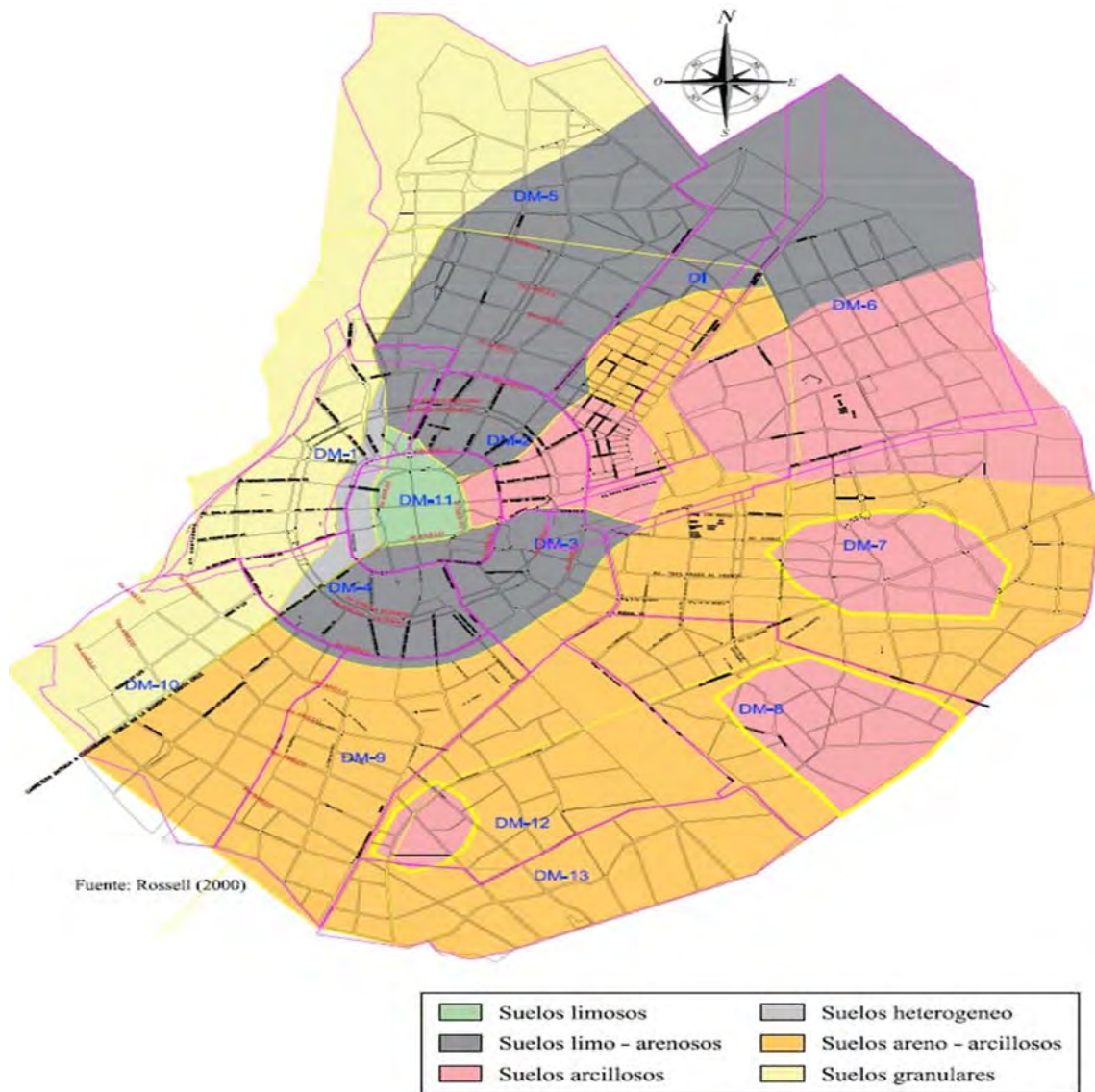


Fuente: Equipo de Estudio JICA, Elaborado en base a la información de Google Earth Pro.

Figura 8.1-3 Las Secciones Transversales de la Superficie del Suelo dentro y alrededor de Santa Cruz

## 2) Condición Geológica

La Figura 8.1-4 muestra la condición geológica de la superficie de Santa Cruz de la Sierra. Se elaboró a partir de los documentos de tesis de una universidad y del Departamento Vial de Santa Cruz de la Sierra, que mostraban las condiciones geológicas a 2 m de profundidad. La parte oeste del municipio, que está a lo largo del río Piraí, tiene una superficie de suelos granulares que son sedimentos acumulados del río. El centro urbano del municipio situado en el centro está sobre una capa de suelos limosos. El suelo limoso es un suelo altamente viscoso, y se refiere a uno que tiene contenido de limo y arcilla de aproximadamente 25% a 40%.

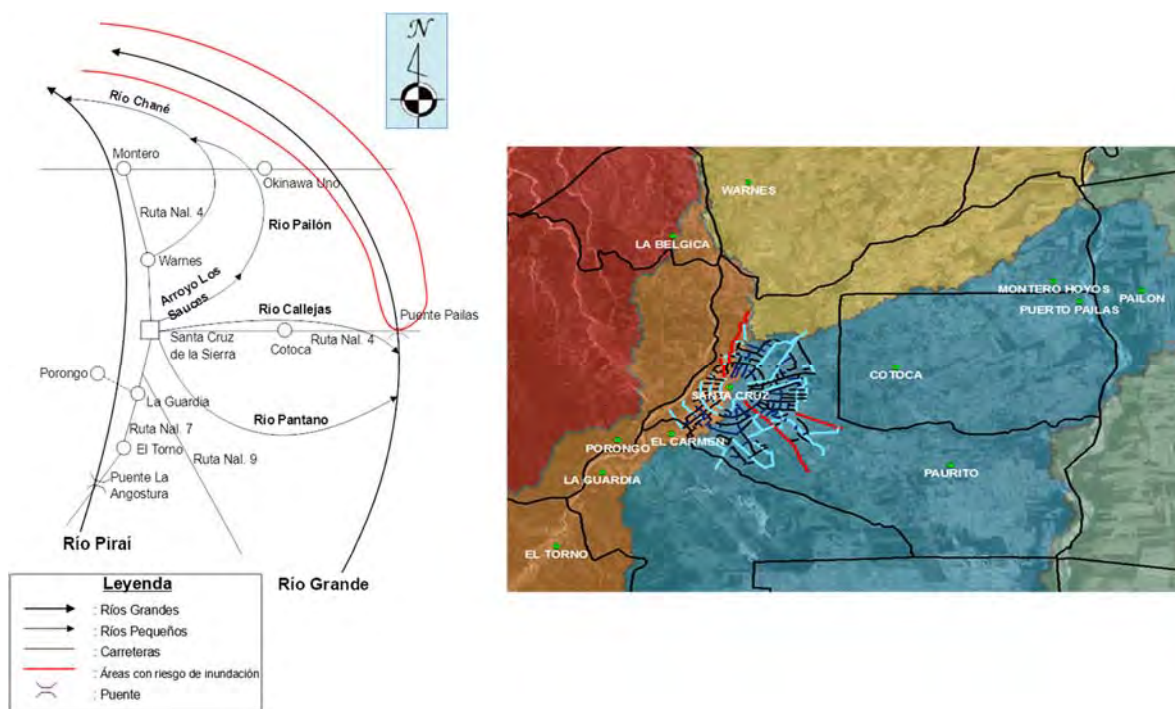


Fuente: “Plan Maestro De Drenaje Pluvial”, Secretaria Municipal de Obras Públicas Dirección De Drenaje, Febrero 2017

**Figura 8.1-4 Condición Geológica de la Superficie de Santa Cruz de la Sierra**

### 3) Sistema Fluvial dentro y alrededor del Área de Estudio

El sistema fluvial dentro y alrededor del Área Metropolitana se muestra esquemáticamente en el lado izquierdo de la Figura 8.1-5. Este mapa esquemático está ligeramente modificado en relación con el mapa en el “Informe Final, Recolección de Datos para el Estudio del Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Santa Cruz (2015)”. Como se muestra en la figura, las aguas pluviales en la parte norte de la ciudad de Santa Cruz drena hasta el *Arroyo Los Sauces* (Arroyo es la denominación de pequeño río en Bolivia), el *Río Pailón*, el *Río Chané* y finalmente fluyen hacia el *Río Piraí*. La parte este y sur de Santa Cruz de la Sierra drena hasta el *Río Grande* a través del *Río Callejas* y el *Río Pantano*, respectivamente. Las aguas pluviales de la parte oeste del municipio se drenan hacia el *Río Piraí*. El lado derecho de la Figura 8.1-5 fue elaborada por la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra basándose en los datos topográficos almacenados en el municipio. La parte oeste del municipio pertenece a la cuenca del *Río Piraí* y la parte este pertenece a la cuenca del *Río Grande*.



Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a diferentes informaciones incluyendo el “Plan Maestro de Drenaje Pluvial, de la Dirección de Drenaje, de la Secretaría de Obras Públicas del Municipio de Santa Cruz, Febrero 2017”.

**Figura 8.1-5 Sistema Fluvial dentro y alrededor del Área del Proyecto**

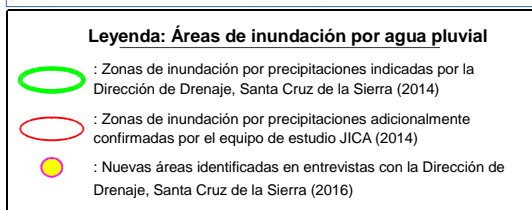
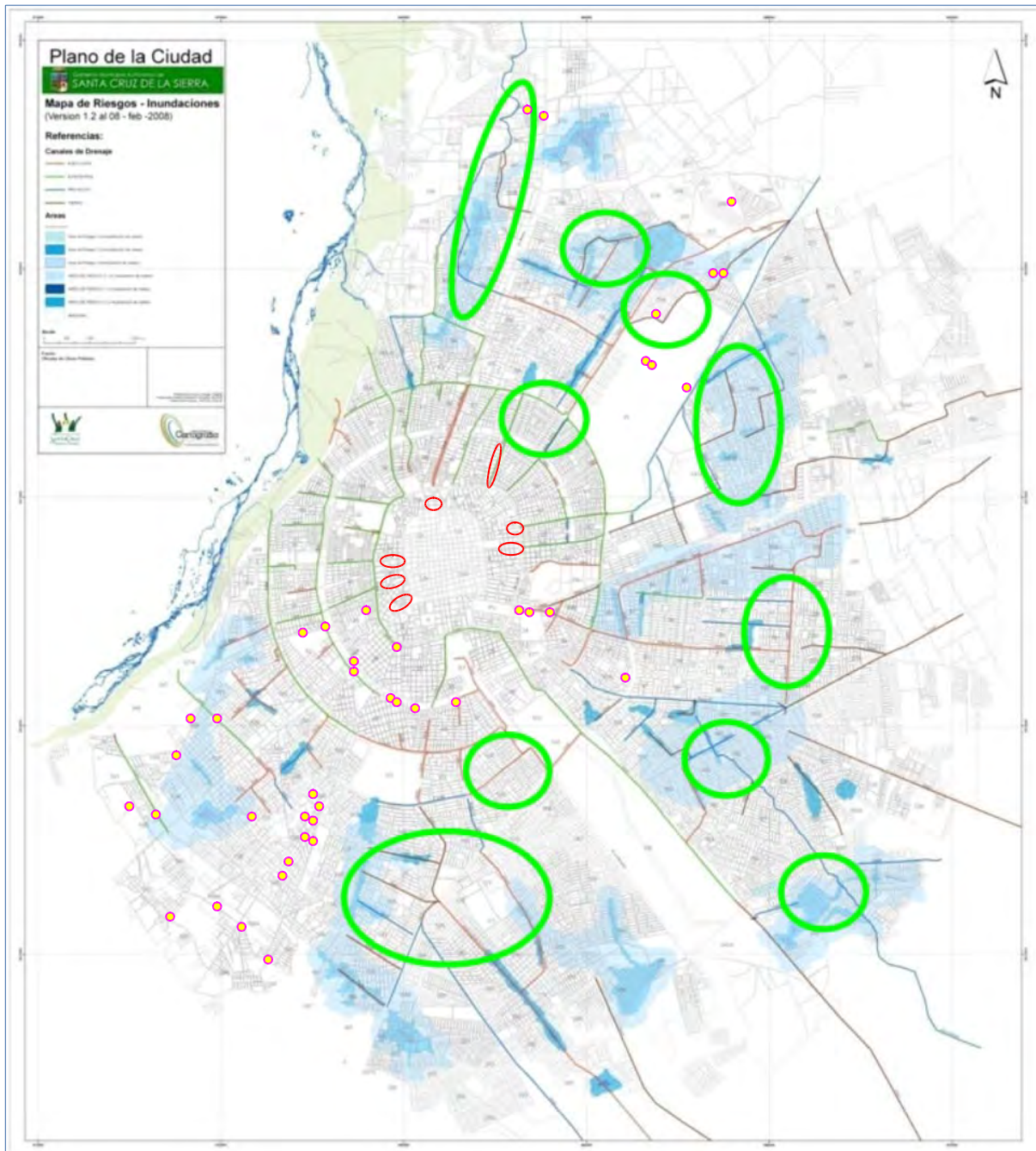
**(2) Condiciones Actuales de las Inundaciones por aguas pluviales en áreas pobladas**

Las condiciones actuales de las inundaciones en Santa Cruz de la Sierra se describen en la subsección 5.1.3 en el “Informe Final, Recolección de Datos para el Estudio del Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Santa Cruz (2015)”. Esta sección describe información adicional sobre las inundaciones por aguas pluviales en áreas pobladas.

**1) Áreas de inundación por aguas pluviales en áreas pobladas en Santa Cruz de la Sierra**

La Figura 8.1-6 muestra las áreas de inundación por aguas pluviales en Santa Cruz de la Sierra. Los círculos de color verde y rojo son las áreas de inundación indicadas por la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra en 2014 y, confirmado posteriormente por el Equipo de Estudio JICA para el “Informe Final, Recolección de Datos para el Estudio del Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Santa Cruz (2015)”. Recientemente, la Dirección de Drenaje ha llevado a cabo una recolección de datos por entrevistas en las áreas de inundación. Los círculos de color amarillo y rosa indican las áreas de inundación recientemente identificadas mediante dichas entrevistas. Como se muestra en la figura, la mayor parte de las áreas de color verde no se detectan como área de inundación en el estudio. Se puede suponer que las condiciones de inundación han cambiado debido a las nuevas construcciones de drenaje. Por ejemplo, el 90% del área del Distrito 7 se convirtió en un área libre de inundaciones debido a las nuevas obras de drenaje, según un funcionario de la Dirección de Drenaje.





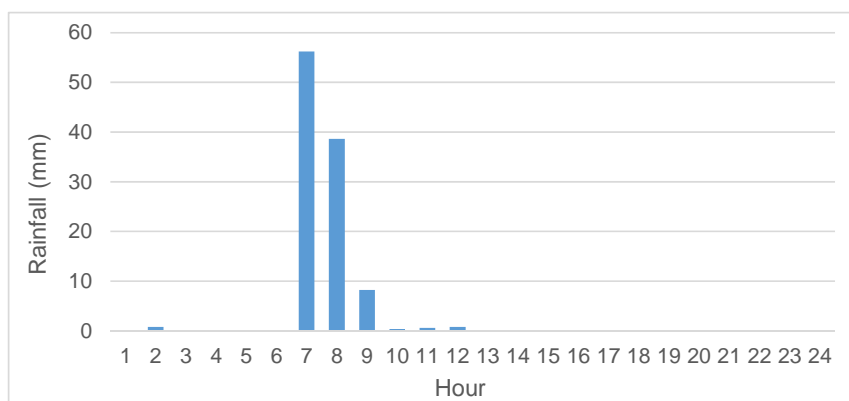
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 8.1-6 Áreas de Inundación por aguas pluviales en áreas pobladas de Santa Cruz de la Sierra**

**2) Situación de las inundaciones el 11 de febrero de 2017**

Una lluvia intensa en Santa Cruz de la Sierra provocó graves inundaciones el 11 de febrero de 2017. La intensa lluvia causó problemas en los diferentes sectores del municipio. El tráfico es uno de los sectores más afectados, las calles y avenidas eran intransitables en

muchos lugares. La Figura 8.1-7 muestra la precipitación por hora del 11 de febrero de 2017 observada en la Oficina de la Dirección de Drenaje en el municipio. En las dos horas de lluvia de 6:00 hasta las 8:00 se registró una precipitación de 94.8 mm. Algunos testigos declararon que la lluvia comenzó el 10 de febrero de 2017 y continuó hasta la mañana del 11 de febrero, pero la estación de lluvias registró que no hubo lluvias el 10 de febrero de 2017. La situación de las lluvias puede ser diferente de acuerdo a la localización. El volumen de lluvia excedió con creces la capacidad de drenaje existente, como se muestra en la fotografía de abajo a la derecha en la Figura 8.1-8. Los datos estadísticos de los daños por la inundación no estaban disponibles en la Dirección de Drenaje.



Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado a partir de la información de la Dirección de Drenaje.

**Figura 8.1-7 Precipitaciones por hora en SMOP- Oficina del Dirección de Drenaje el 11 de febrero de 2017**



Efecto sobre los peatones



Efecto en el Tráfico Vehicular



Efecto en el Tráfico Vehicular



Debido a la limitada capacidad de drenaje

Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado a partir del sitio web de EL DEBER (<http://www.eldeber.com.bo/AI-menos-un-muerto-tras-torrencial-lluvia-en-Santa-Cruz-20170211-0008.html>)

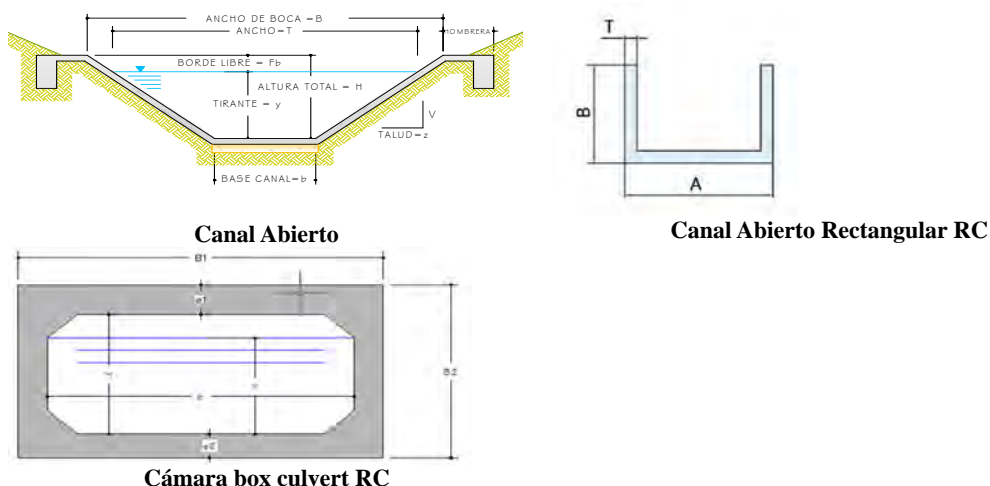
**Figura 8.1-8 Impactos de las lluvias intensas del 11 de febrero de 2017 sobre los ciudadanos**

**(3) Normas de Diseño del Sistema de Drenaje**

El caudal de diseño del sistema de drenaje en Santa Cruz de la Sierra se estimó utilizando el método racional. La escala de diseño es de 10 años de periodo de retorno, pero la Dirección de Drenaje del municipio va a utilizar una escala de 20 años de periodo de retorno para los

canales de prioridad como se lo muestra en la Tabla 8.1-2. El plan de drenaje y diseños estructurales son llevados a cabo por los ingenieros civiles en la Dirección de Drenaje.

La Figura 8.1-9 muestra las secciones transversales típicas de drenaje y hay tres tipos de estructuras. La mayor parte de los drenajes utilizan el canal abierto porque es el más económico. El canal abierto rectangular de hormigón armado (RC) se utiliza cuando el espacio para la instalación de drenaje es estrecho. Este es más caro que el canal abierto debido a su estructura de hormigón armado. Las cámaras box culvert se utilizan en intersecciones o por debajo de algunas instalaciones públicas tales como carreteras. Este último es el más caro entre los tres tipos a causa del volumen de hormigón armado que requiere.



Fuente: Equipo de Estudio JICA Elaborado en base a la información del Departamento de Drenaje de la Ciudad de Santa Cruz

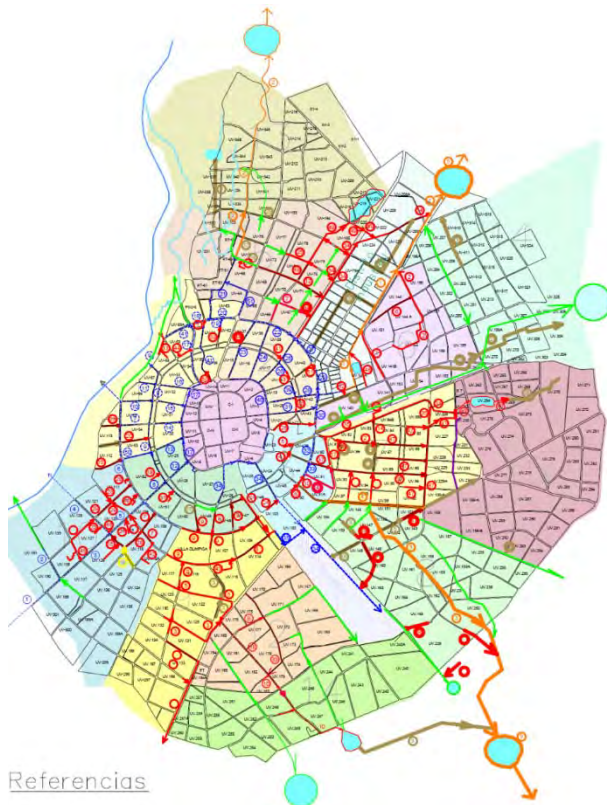
**Figura 8.1-9 Típicas Secciones Transversales de Drenaje**

#### (4) Condiciones Actuales de las Estructuras Existentes

La Figura 8.1-10 muestra el sistema de drenaje en Santa Cruz de la Sierra. Dentro del Segundo anillo está la red de drenaje subterráneo que consiste en tuberías y cámaras box culvert (por Ej.: el tamaño de la sección transversal: 1,8 m x 1,8 m).

SAGUAPAC hacía trabajos de mantenimiento en la red de drenaje subterráneo dentro del Segundo anillo hace dos años, pero actualmente es la Dirección de Drenaje quien se encarga de la supervisión y los trabajos de mantenimiento mediante otros contratistas. Según la Dirección de Drenaje, la red de drenaje en el centro histórico dentro del primer anillo será rehabilitada en un futuro cercano. Por consiguiente, el pavimento también será reemplazado por la Dirección de Infraestructura Vial del municipio.

Al exterior del Segundo anillo, básicamente existe un sistema de drenaje de canal abierto. La red de drenaje subterráneo se conecta a la red de drenaje de canal abierto, como se muestra en la fotografía situada en la parte superior derecha de la Figura 8.1-11. Los drenajes de canales abiertos están diseñados en base al caudal estimado en una condición de flujo uniforme (es decir, sin efectos de remanso en el extremo del desemboque). Sin embargo, las tres salidas al *Río Piraí* que se muestran en la Figura 8.1-12, con frecuencia tienen reflujos desde el río, lo que perturba el flujo de las aguas pluviales durante las inundaciones fluviales. Por lo tanto, la congestión de aguas de lluvia ocurre a menudo durante la temporada de lluvias, aunque el sistema de drenaje de canal abierto tenga el ancho suficiente.



La red de drenaje subterráneo dentro del Segundo Anillo

Referencias

**Sistema de Drenaje de Canal Abierto**

Fuente: Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra y SAGUAPAC

**Figura 8.1-10 Sistema de Drenaje en Santa Cruz de la Sierra**



*Canal Abierto Típico (Canal Isuto)*



*Salida del Drenaje de la Tubería*



*Salida del Canal Isuto*



*Salida del Séptimo Anillo en UV-347*

Fuente: Equipo de Estudio JICA

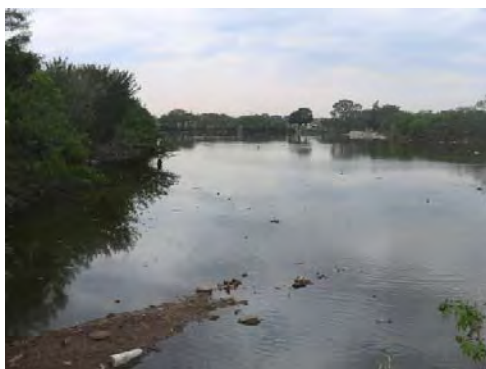
**Figura 8.1-11 Salidas del Sistema de Drenaje en Santa Cruz de la Sierra hacia el Río Piráí**

Otros canales abiertos expulsan el agua de la inundación a las afueras del municipio a través de las cuencas de retención (*Laguna*). Algunos pequeños estanques son expandidos y excavados profundamente para el almacenamiento temporal de aguas pluviales y funcionan como *Lagunas*, esto fue hecho en los proyectos financiados por la CAF (Corporación Andina de Fomento: Banco de Desarrollo de América Latina). Se habían planificado nueve *lagunas* pero sólo se han completado en tres ubicaciones debido a las dificultades en la adquisición de terrenos.

La Figura 8.1-12 muestra dos *lagunas* en la ciudad de Santa Cruz. Algunas *lagunas* han sido expandidas artificialmente y son mantenidas por la Dirección de Drenaje para aumentar la capacidad de almacenamiento de las aguas pluviales.

La *Laguna Claracuta* está situada en el extremo desembocadura del *canal Alemania*. La mayor parte del *Canal Alemania* se ha mejorado en cuanto al caudal de diseño, pero la parte del desembocadura ha permanecido en la condición original debido a la situación de la disponibilidad de la tierra. La *laguna*, que originalmente era un pequeño estanque, se amplió en 2010 con fondos de la CAF. Todo el terreno de la *laguna* fue adquirido y registrado como propiedad municipal. Se encontró una gran cantidad de basura ilegalmente depositada alrededor de la entrada de la *laguna*. Un funcionario municipal sugirió mejorar la *laguna* y proteger el terreno contra el vertido ilegal de basura convirtiéndolo en un parque público. El agua almacenada en la *laguna* desemboca en el *canal Chivato* (caudal = 150 m<sup>3</sup>/s), a la *Laguna Los Sauces*, al *Arroyo Los Sauces* y finalmente al *Río Piraí* como se muestra en la Figura 8.1-5.

La *laguna Guapilo* se encuentra en la parte este del municipio. Una parte de la zona periférica de la *laguna* es mejorada y fue convertido en un parque público como se muestra en las fotografías de abajo en la Figura 8.1-12. El agua reservada en la *laguna* desemboca al *Río Grande* a través del *Río Callejas* en el municipio de Cotoca (ver Figura 8.2-2).



*Laguna Claracuta (1)*



*Laguna Claracuta (2)*



*Laguna Guapilo (1)*



*Laguna Guapilo (2)*

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 8.1-12 Lagunas en Santa Cruz de la Sierra**

**(5) Proyectos en curso y Planeados****1) Plan Presupuestario de la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra para el año 2017**

El Tabla 8.1-1 muestra el plan presupuestario de la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra para el año 2017. El presupuesto se compone del presupuesto local del municipio y el préstamo de la CAF, que es de Bs 175.41 millones en total. Algunas obras de construcción y mejora de canales de drenaje y lagunas de almacenamiento de agua de lluvia están en curso.

**Tabla 8.1-1 Plan Presupuestario de la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra para el año 2017**

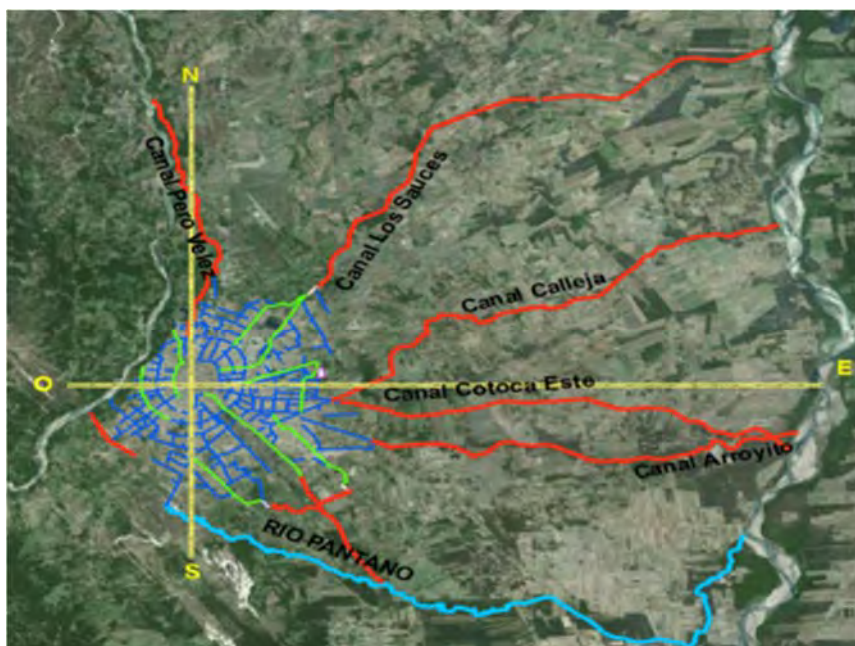
Tipo	Cantidad (Millones, Bs)	Obras principales
Presupuesto Local	80.30	- Construcción de canales de drenaje en el 6° Anillo – Canal Cotoca, 7° Anillo, Villa Tranquila, Icarai - Mejora de canales de drenaje de Av. Pedro Casal - Av. Moscú, 7° Anillo - Av. Moscú
Préstamo de CAF	95.11	- Construcción de Laguna de Los Sauces, Laguna de Esperanza Fase II, canales de desagüe del Barrio el Fuerte – Cañaverl, Pero Vélez fase II, fase II Cotoca
Total	175.41	-

Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base al “Formulario De Consolidación Del Presupuesto “, Gobierno Autónomo Municipal De Santa Cruz De La Sierra. Secretaría Municipal De Administración y Finanzas, Departamento De Presupuesto, de agosto de 2016.

**2) Plan Maestro de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra**

El Plan Maestro de Drenaje del municipio ha sido estudiado desde julio del 2016. El estudio tiene tres fases: i) diagnóstico, ii) diseño conceptual y iii) diseño final. El Plan será completado en Julio o Agosto de 2017. El estudio está financiado con recurso propio del municipio. Para ello se han contratado consultores locales. El Plan Maestro incluye también las áreas fuera de Santa Cruz de la Sierra, ya que las condiciones de drenaje de las áreas río arriba (Santa Cruz de la Sierra) y río abajo se afectan entre sí. Por lo tanto, el estudio se analiza con los municipios circundantes, tales como *Cotoca* y *Warnes*, con respecto al Plan. La disposición presupuestaria de Santa Cruz de la Sierra cubrirá sólo el interior del municipio. Otros municipios deberán contar con apoyos del Departamento de Santa Cruz (es decir SEARPI). No se ha establecido el sistema de coordinación para el estudio del Plan Maestro de Drenaje. Santa Cruz de la Sierra primero pondrá a consideración a los municipios en relación con el contenido del plan maestro y luego a SEARPI.

La Dirección de Drenaje comunicó el concepto del plan maestro de drenaje el pasado mes de febrero de 2017. Dentro del plan maestro, se planificó la mejora de ocho emisarios existentes (ríos) que se muestran en la Figura 8.1-13. Se requiere un gran presupuesto y un período de implementación, pero la integración de algunos emisarios existentes es difícil debido al tamaño del caudal de descarga de diseño y las dificultades en la adquisición de tierras para la gran red de drenaje integrada según la Dirección de Drenaje. El arroyo Los Sauces fluye al río Pirafí vía el Río Chané y el río Pailón, como se muestra en la Figura 8.1-5. El río Chané tiene gran sedimentación. Por lo tanto, el concepto es dirigir el arroyo Los Sauces al Río Grande por el drenaje de nueva construcción.



Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base al “Plan Maestro De Drenaje Pluvial, Secretaría Municipal De Obras Públicas Dirección de Drenaje, febrero de 2017”

**Figura 8.1-13 Concepto del canal de salida de Santa Cruz de la Sierra a los Ríos en el Plan Maestro**

Las fórmulas de intensidad de lluvia se preparan nuevamente en el plan maestro. Los datos de precipitación diaria máxima al año en el *Trompillo* desde 1943 hasta 2015 y el registro de las precipitaciones de corta duración observadas en el terreno de sus oficinas se utilizan para la formulación. La observación de las precipitaciones de corta duración (intervalo de 5 minutos) se ha llevado a cabo desde el pasado mes de diciembre. Las fórmulas se comparan con las dos fórmulas existentes preparadas en 1968 y 1988 en una firma de consultoría alemana y SEARPI, y se confirmó que la fórmula recién preparada tiene semejanzas con ellos. Las fórmulas están bajo modificación tomando en cuenta las precipitaciones de corta duración observadas.

Se establece la escala de diseño para canales de drenaje como se muestra en el Tabla 8.1-2.

**Tabla 8.1-2 Escala de Diseño del Canal de drenaje previsto en el Plan Maestro**

Tipo de Canal	Escala de Diseño (Periodo de Retorno)
Emisarios (Río)	20
Canal de drenaje principal	20
Canal de drenaje secundario	10
Canal de drenaje terciario	5

Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base al “Plan Maestro De Drenaje Pluvial, Secretaría Municipal De Obras Públicas Dirección De Drenaje, febrero de 2017”.

Los organismos de ejecución y las fuentes de financiamiento para la construcción de los emisarios se decidirán a través de consultas entre el Gobierno Central, el Departamento de Santa Cruz y los municipios relacionados. Santa Cruz de la Sierra a menudo consulta con el municipio de Cotoca. Santa Cruz de la Sierra también ha consultado con el personal de la CAF de La Paz. La CAF espera que el plan maestro sea una buena dirección para el sistema de drenaje en Santa Cruz de la Sierra y comentó que evaluarán los resultados del estudio actual. Corea también está interesada en el apoyo a la etapa de construcción.

La Dirección de Drenaje indicó que el derecho de vía de los *emisarios* se ampliará a 100 m de ancho. Por lo tanto, habrá espacio disponible a lo largo de los *emisarios* para carreteras. También mencionaron que la introducción del sistema de bombeo del drenaje, es buena para

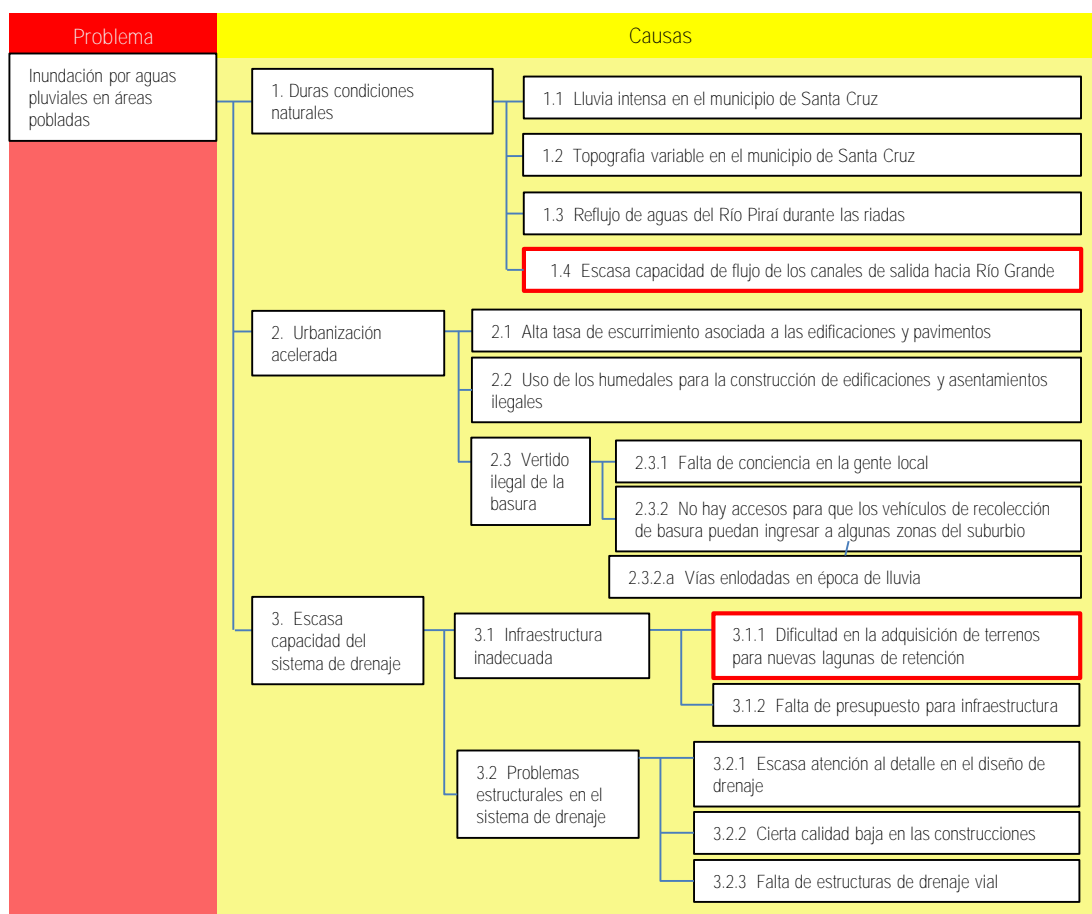
la parte oeste de Santa Cruz de la Sierra. Japón puede apoyar no sólo el plan, diseño y las etapas de construcción, sino también las etapas de operación y mantenimiento ya que tienen mucha experiencia dentro y fuera del país.

## 8.2 Estudio Preliminar en Mejoramiento del Drenaje

### 8.2.1 Diagnóstico sobre cuestiones de inundación por aguas pluviales

#### (1) Problemas y causas de la inundación por aguas pluviales en Santa Cruz de la Sierra

El problema de inundación en el área urbana de la ciudad de Santa Cruz es complicado. Debido a una serie de condiciones como ser i) las duras condiciones naturales, ii) la urbanización acelerada y iii) la escasa capacidad de sistema de drenaje, pueden causar el problema, como se muestra en la Figura 8.2-1. Además, la reducida capacidad de caudal del canal de salida al *Río Grande* y las dificultades de la adquisición de terrenos para nuevas lagunas de retención de aguas pluviales en Santa Cruz de la Sierra se consideran también como cuestiones importantes. Las causas fundamentales de los problemas estructurales en el sistema de drenaje se pueden categorizar en tres categorías: i) falta de atención en los detalles del diseño de drenaje y ii) mala calidad de construcción, y iii) falta de estructuras de drenaje vial. En esta subsección se le sugerirá algunas medidas de mejoramiento de los problemas.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

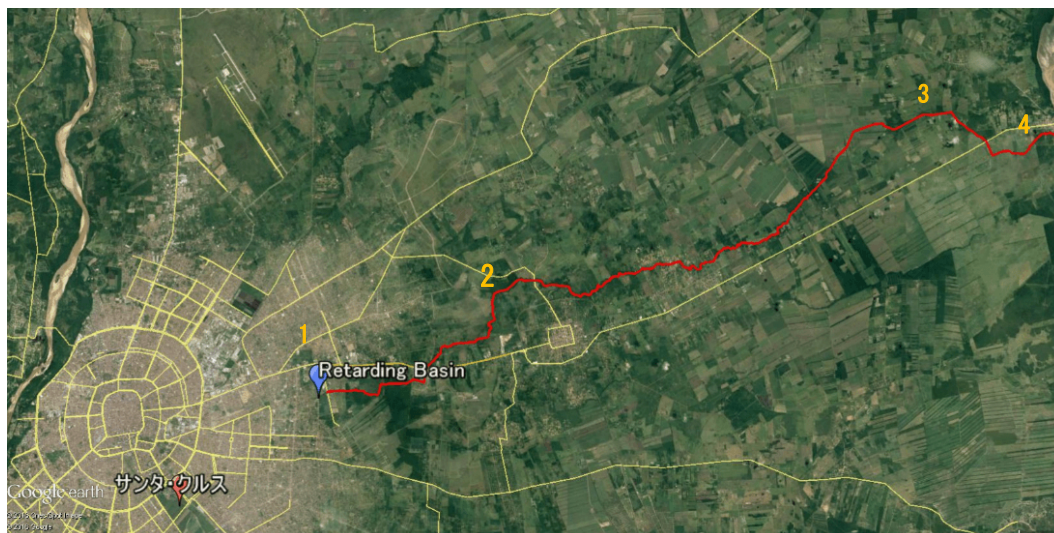
Figura 8.2-1 Problemas y Causas de la Inundaciones por aguas pluviales en áreas pobladas



**(2) Principales Problemas en la Inundación por aguas pluviales en áreas pobladas**

**1) Reducida capacidad de caudal del canal de salida al Río Grande**

La Figura 8.2-2 muestra el *Río Callejas*, un canal de salida principal de la ciudad de Santa Cruz hasta el Río Grande, cuya longitud es de aproximadamente 46 kilómetros. Como se muestra en la figura, el “Río”, es de alrededor de 10m de ancho pero tiene algunos puntos de cuellos de botella que se encuentran en los puntos de intersección con las principales rutas de transporte es decir, una vía férrea y una carretera. El canal de salida no tiene capacidad suficiente para expulsar las aguas pluviales de la parte este de la ciudad de Santa Cruz y con frecuencia inunda las tierras bajas a lo largo de su alineación.



**Alineación del Actual Río Callejas (L = 46 km)**



**1. Salida de la Laguna Guapilo**



**2. Punto de intersección del Río Callejas y la vía férrea**



**3. Punto de Intersección del Río Callejas y la carretera**



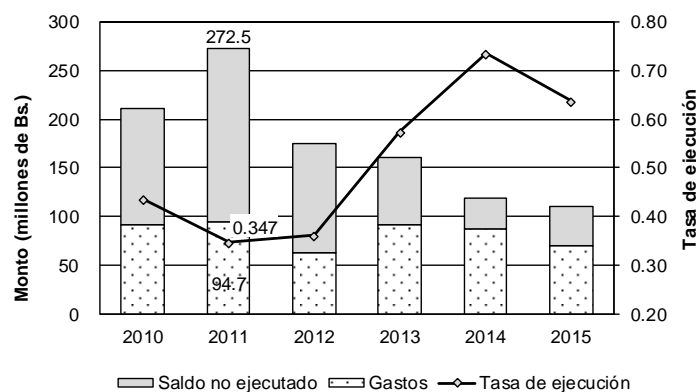
**4. Caudal arriba inmediato de la unión del Río Callejas - Río Grande**

Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a la información de la investigación de campo y Google Earth Pro.

**Figura 8.2-2 Condiciones actuales del Río Callejas**

## 2) Dificultades en la Adquisición de Tierras para las Nuevas Estructuras de Drenaje en Santa Cruz de la Sierra

La Figura 8.2-3 muestra el plan presupuestario y de gastos reales para la construcción de estructuras de drenaje en Santa Cruz de la Sierra. Esta figura implica que las estructuras de drenaje no se construyeron según el plan. Sobre todo, el año 2011 sólo se gastó el 34,7% del presupuesto original. La razón principal es la dificultad en la adquisición de terrenos para las construcciones estructurales incluyendo las lagunas de retención de aguas pluviales. La escasa capacidad del sistema de drenaje no se mejora incluso si el municipio tuviera suficiente presupuesto.



Fuente Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a la información recibida de la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra

Figura 8.2-3 Plan Presupuestario y Gastos Reales para la Construcción de Estructuras de Drenaje

## 8.2.2 Medidas Aplicables para el Drenaje de Aguas Pluviales en áreas pobladas

A continuación se recomiendan seis medidas aplicables para el sistema de drenaje de las aguas pluviales en Santa Cruz de la Sierra. Todas las medidas son bastante costosas y toman tiempo, pero sin tales medidas, el desarrollo futuro del área metropolitana se verá afectada de manera significativa por los problemas de inundación por aguas pluviales.

### (1) Construcción del Canal Principal de Drenaje al Río Grande

#### 1) Concepto de Diseño

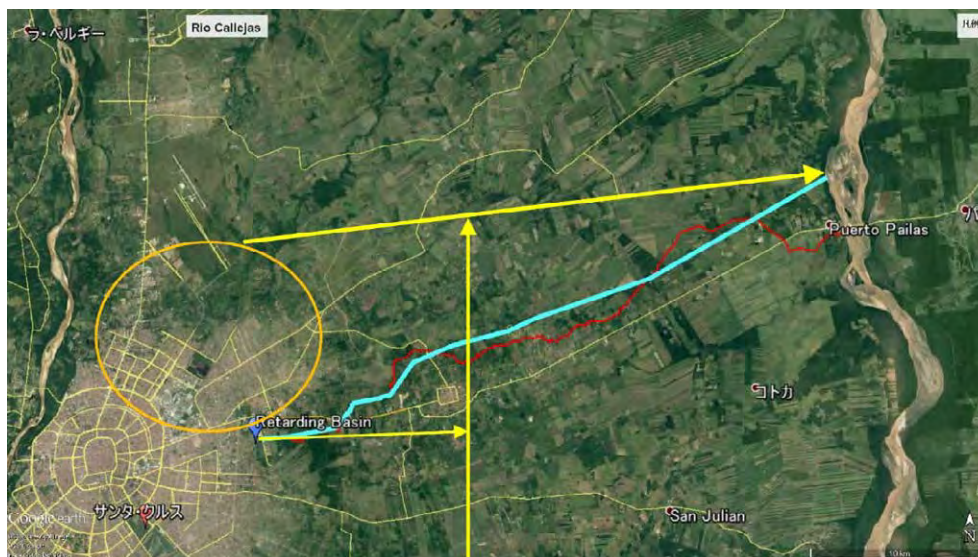
Como se muestra en la Figura 8.1-3, la superficie del suelo dentro y alrededor de Santa Cruz de la Sierra baja hacia la dirección noreste. Por lo tanto, es razonable expulsar las aguas pluviales hacia la dirección noreste, si el municipio continúa con su método de drenaje actual el cual es el método de flujo por gravedad.

La línea de color azul claro en la Figura 8.2-4 es la alineación conceptual de la mejora de *Río Callejas* con una longitud aproximada de 36 km. La velocidad de flujo en el *Río Callejas* se incrementará debido a que la longitud del río se acortaría de 46 km a 36 km después de las obras de mejoramiento. La alineación evita pasar por propiedades de alto valor existentes, tales como casas, mediante una comprobación rápida en las imágenes satelitales de una página web.

Se requerirá la alineación de línea de color amarillo si consideramos el mejoramiento en el drenaje de la parte norte del municipio. Esta opción es más costosa, ya que es mediante canales tributarios pero puede drenar las aguas pluviales en la parte sur de la ciudad

utilizando un canal interceptor que las direcciona de sur a norte.

El canal principal de drenaje puede expulsar las aguas pluviales del área urbana del municipio de Cotoca. Algunos funcionarios de la Dirección de Drenaje señalaron que los trabajos de construcción tienen algunos problemas, como ser, i) medida costosa para breves precipitaciones de intensidad, ii) involucra problemas ambientales, iii) puede ser responsabilidad del gobierno central o del departamento de Santa Cruz. Se requieren más discusiones sobre el asunto para formular el plan maestro.



Fuente: Equipo de Estudio JICA, Elaborado en base a la información de Google Earth Pro.

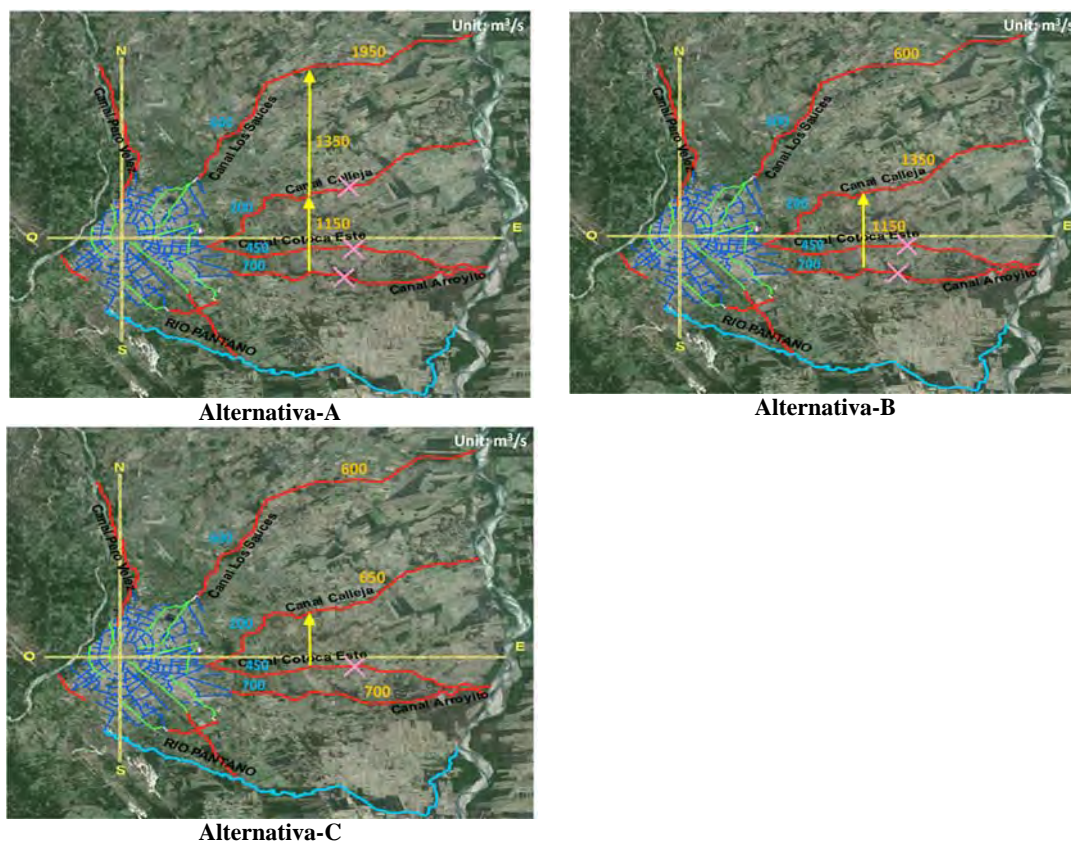
**Figura 8.2-4 Conceptos del Canal Principal de Drenaje al Río Grande**

## 2) Estudio preliminar de alternativas

### (a) Alternativas

Esta sub-sección realiza un estudio alternativo preliminar del canal principal de drenaje del río Grande basado en la Figura 8.1-13. El caudal de diseño de las inundaciones de Emisarios Los Sauces, Emisarios Callejas, Emisarios Cotoca Este y Emisarios Arroyito se estiman en el plan maestro en un periodo de retorno de 20 años. El tiempo pico real de cada caudal de diseño se basa en el tiempo de inundación, que son diferentes entre sí, pero este estudio preliminar simplemente adiciona estos caudales de diseño. Se describen tres alternativas en la siguiente lista y se muestran en la Figura 8.2-5.

- Alternativa-A: El caudal de diseño de los *Emisarios Callejas*, *Emisarios Cotoca Este*, y *Emisarios Arroyito* fluyen a *Emisarios Los Sauces*
- Alternativa-B: El caudal de diseño de *Emisarios Cotoca Este* y *Emisarios Arroyito* fluyen a *Emisarios Callejas*
- Alternativa-C: El caudal de Equipo de Estudio JICA diseño de *Emisarios Cotoca Este* fluye a *Emisarios Callejas*

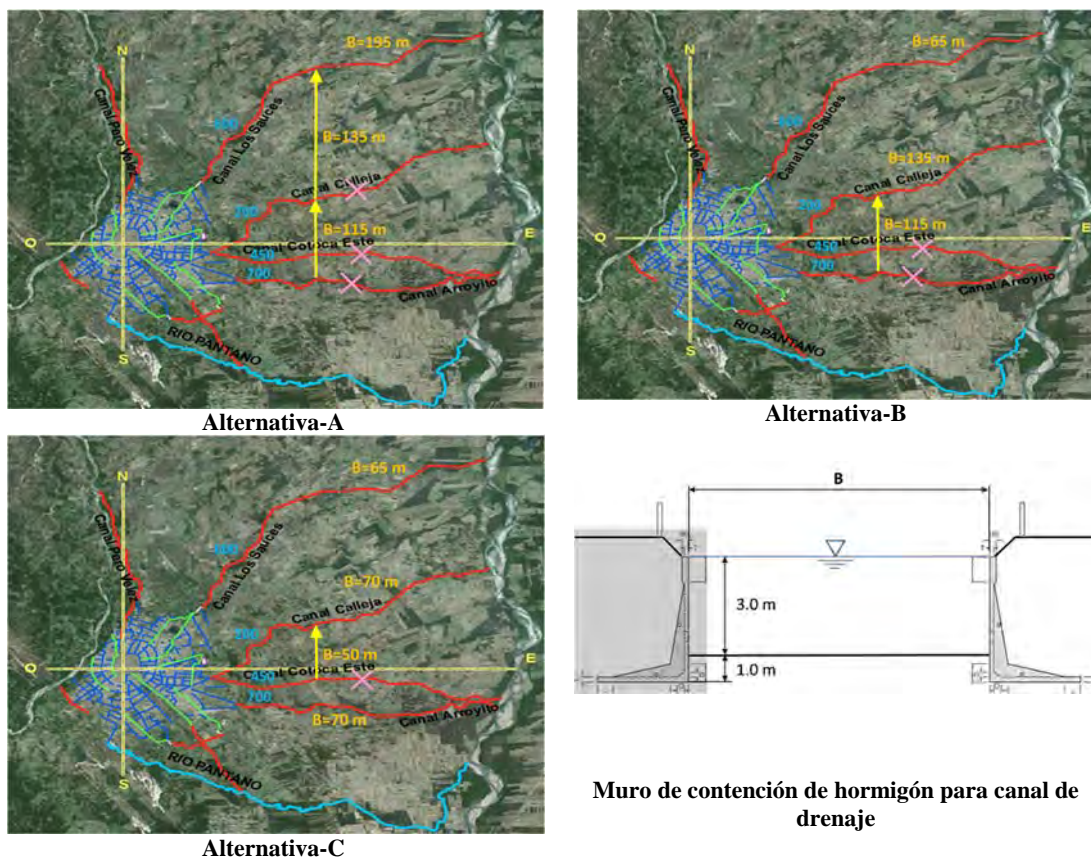


Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base al “Plan Maestro De Drenaje Pluvial, Secretaría Municipal De Obras Publicas Dirección De Drenaje, febrero de 2017 “

**Figura 8.2-5 Estudio Preliminar de Alternativas del Canal de Drenaje Principal a Río Grande**

**(b) Cálculo de la anchura de diseño de los canales de drenaje principal**

Dos paredes de retención de hormigón están diseñadas a ambos lados del banco de los canales principales de drenaje, como se muestra en el lado inferior derecho de la Figura 8.2-6. El diseño del ancho de los canales de drenaje está determinado por la capacidad de caudal de los caudales de diseño estimados bajo la condición de flujo uniforme. El coeficiente de rugosidad ( $n$ ) = 0.030, mientras que la pendiente longitudinal del canal ( $i$ ) = 1/400, se establecen como estimaciones. El efecto de remanso del Río Grande no se considera en este estudio preliminar, pero debe ser considerado en el estudio más detallado. Las anchuras estimadas de diseño en cada una de las tres alternativas se muestran en la Figura 8.2-6. Probablemente, algunas ubicaciones dentro de los canales requerirán la consideración el efecto de socavación por las inundaciones en la parte delantera de las paredes. Por lo tanto, algunas obras de protección, como gaviones colchoneta, se diseñarán en la parte frontal de las paredes durante la fase detallada de diseño.



Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado a partir del “Plan Maestro De Drenaje Pluvial, Secretaría Municipal de Obras Públicas Dirección De Drenaje, febrero de 2017” y de un sitio web de un catálogo de muros de contención de hormigón en forma de L (<http://www.landec.co.jp/product/38/2>)

**Figura 8.2-6 Estudio Alternativo Preliminar del Canal de Drenaje Principal a Río Grande**

**(c) Estimación Preliminar de Costos de las Alternativas**

Los costos unitarios para la construcción del canal de drenaje se establecen usando la información de la Dirección de Drenaje y de los propietarios locales, como se muestra en el Tabla 8.2-1. La Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra mencionó que los costos unitarios supuestos parecen ser una cantidad relativamente razonable. El Tabla 8.2-2 muestra los resultados de la estimación de costos en cada una de las alternativas. La Alternativa-A tiene el costo más bajo, mientras que la Alternativa-B y C tienen costos más altos que son 109.8% y 133.4% en relación a la Alternativa-A, respectivamente. La longitud del canal y el número de puentes nuevos requeridos en el canal son puntos críticos del costo de construcción del canal. Por lo tanto, este estudio propone seleccionar la Alternativa-A.

Sin embargo, la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra mencionó que la Alternativa-C es la opción más práctica porque el gobierno local puede fijar un derecho de vía de 100 m de ancho a lo largo de los ríos existentes. Por otra parte, el precio de la tierra de las tierras privadas aumentará rápidamente si realizan la adquisición de la tierra en la ruta del canal. Ellos tienen experiencias muy amargas en la construcción de lagunas de retención. Es necesario un estudio más detallado que determine las rutas del canal para la siguiente etapa, que es el estudio de factibilidad para el futuro cercano.

**Tabla 8.2-1 Costos unitarios para la construcción del canal de drenaje**

Ítem	Costo Unitario
Muros de contención de hormigón para el Canal de Drenaje	US\$ 1,006/m
Adquisición de tierras en el área agrícola	US\$ 3,500/ha
Puente en el canal de drenaje	US\$ 3,018/m

Fuente: Equipo Estudio JICA. Elaborado a partir de la información de la Dirección de Drenaje y los propietarios locales.

**Tabla 8.2-2 Comparación preliminar de costos de las alternativas**

Ítem	Unidad	Alternativa		
		A	B	C
Longitud del canal	km	46.4	53.4	67.0
Adquisición de tierras	ha	774	603	519
Nos. de Puente	nos	10	11	14
Costo Aprox.	mil. USD	54,0	59,3	72
	Ratio	1,00	1,098	1,334

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### 3) Posible uso a lo largo de los canales de drenaje

Como se mencionó anteriormente, la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra explicó que el gobierno local puede establecer un derecho de vía de 100 m de ancho a lo largo de los ríos existentes y una posible opción para agregar carreteras a ambos lados de los nuevos canales de drenaje de Santa Cruz de La Sierra hasta la periferia del Área Metropolitana de Santa Cruz, como se muestra en la Figura 8.2-7. El Equipo de Estudio no puede confirmar aún si el concepto es ejecutable por el gobierno local, aunque el concepto es físicamente posible y vale la pena que sea estudiado y discutido más adelante.

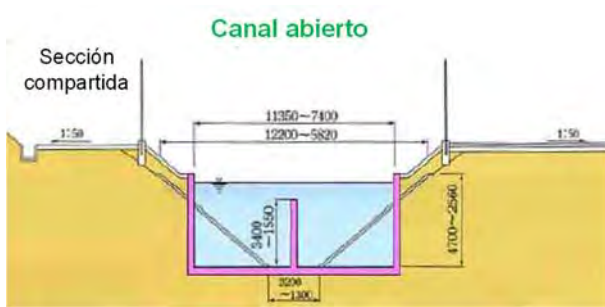


Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado a partir de los sitios web de un catálogo de un muro de contención de hormigón en forma de L (<http://www.landes.co.jp/product/38/2>) y del MLIT de Japón (<https://www.cgr.mlit.go.jp/hiroko/south/summary.html>)

**Figura 8.2-7 Concepto de uso posible a lo largo de los canales de drenaje**

### (2) Mejoramiento de las Instalaciones de Drenaje Existentes y Ríos Pequeños

Es importante monitorear las estructuras construidas durante la etapa operacional. Se requiere un mejoramiento de las instalaciones de drenaje existentes y pequeños ríos si sus capacidades de flujo no son suficientes para expulsar las aguas pluviales. Debido a las dificultades en la adquisición de terrenos, pueden utilizarse también los terrenos públicos actuales. Los canales abiertos de hormigón armado con sección transversal rectangular o cámara box culvert pueden ser construidos por debajo de terrenos públicos, como ser carreteras, como se muestra en la Figura 8.2-8. Tales estructuras ya están introducidas en algunas partes del sistema de drenaje de Santa Cruz de la Sierra.



Renovación del Canal Abierto de Drenaje Existente



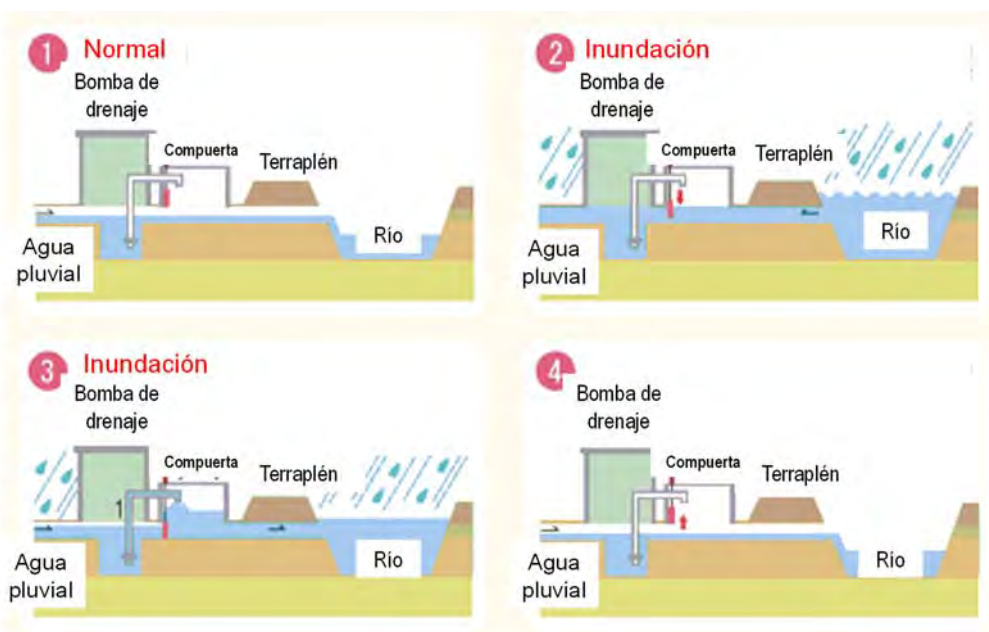
Construcción del canal con cámara box culvert por debajo de Terrenos Públicos

Fuente: “Esquema del Proyecto de Irrigación de Aichi” and <http://www.asahi-concrete.co.jp/product/box-culvert>

**Figura 8.2-8 Métodos de Mejoramiento en Instalaciones de Drenaje Existentes y usos de Terrenos Públicos**

### (3) Introducción del Sistema de Drenaje por Bombeo

Se requiere el sistema de drenaje forzado mecánicamente (es decir, el sistema de drenaje por bombeo) si las aguas pluviales en zonas bajas tiene que drenarse hacia zonas o extensiones de agua más elevadas. Como se muestra en la Figura 8.1-3, la elevación del *Río Piráí* es potencialmente mayor a la de las tierras bajas del municipio. Por esto, es difícil drenar el agua pluvial de áreas pobladas cuando el *Río Piráí* tiene un nivel alto de agua por desborde del río. La Figura 8.2-9 muestra el concepto del Sistema de drenaje por bombeo.



Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a la información de [http://www.thr.mlit.go.jp/yamagata/river/enc/genre/03-kou/kou0203\\_002.html](http://www.thr.mlit.go.jp/yamagata/river/enc/genre/03-kou/kou0203_002.html)

**Figura 8.2-9 Concepto del Sistema de Drenaje por Bombeo**

El procedimiento de operación del Sistema es el siguiente:

- 1) Las aguas pluviales pueden fluir normalmente al río.
- 2) Durante la inundación, cuando el nivel del agua del río es mayor que el nivel de las aguas pluviales en áreas pobladas, la puerta se cierra para evitar el refluo del agua fluvial.
- 3) Las aguas pluviales son bombeadas hacia afuera si el nivel de ésta aumenta y el nivel del agua del río continúa alto.

- 4) El funcionamiento de la bomba se detiene y la puerta se abre cuando el nivel de agua del río disminuye.

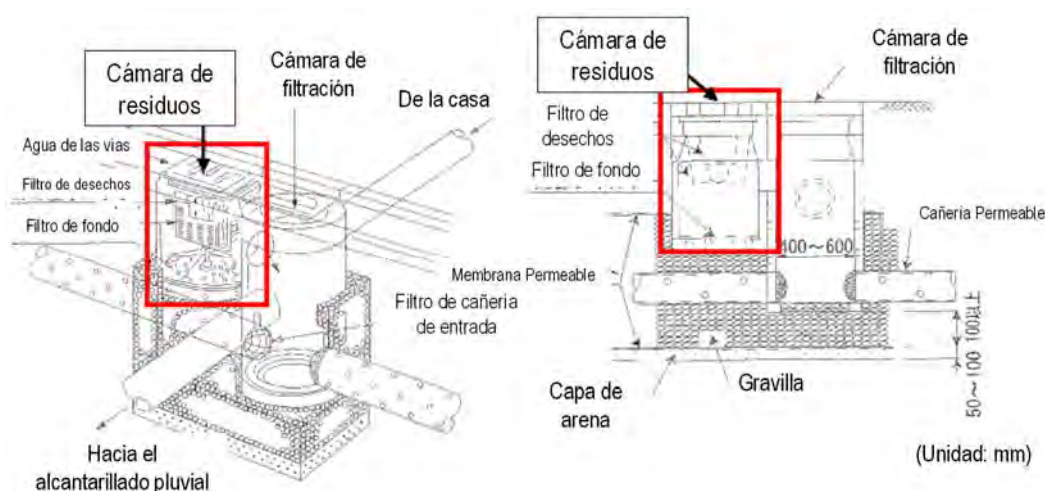
#### (4) Introducción del Retardador de Agua Pluvial y Estructuras de Infiltración

##### 1) Estructuras de Infiltración sobre las Vías

Es importante tener un enfoque para reducir el volumen de escurrimiento del agua pluvial debido a las lluvias intensas en el municipio y la limitación de la capacidad de flujo del sistema de drenaje. Recientemente, se ha estado introduciendo y desarrollando gradualmente el retardador de agua pluvial y las estructuras de infiltración en el área metropolitana de Tokio, Japón. Es una buena oportunidad para introducir este tipo de estructuras en la red de drenaje en la zona histórica dentro del primer anillo que será rehabilitado en un futuro cercano en base al plan maestro de drenaje que se está preparando actualmente.

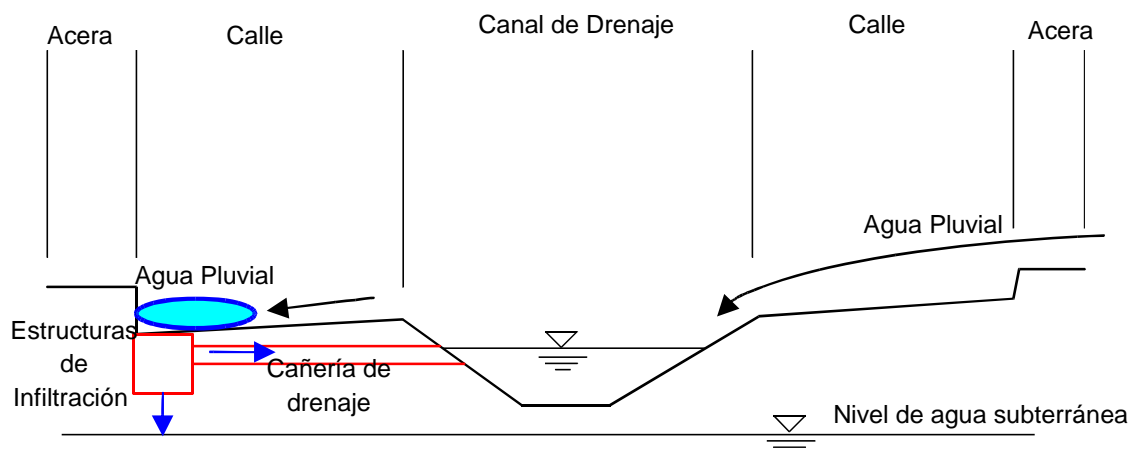
La Figura 8.2-10 muestra un ejemplo de red de tuberías de drenaje con la estructura de infiltración. En primer lugar, el agua pluvial de la cuneta (zanja lateral) fluirá en la cámara de residuos para atrapar las pequeñas partículas de basura en el agua pluvial. En segundo lugar, el agua pluvial y sin basura desembocará en la cámara de infiltración y luego se infiltrará en el subsuelo. El agua pluvial de las edificaciones, tales como las casas, también desembocan en la cámara de infiltración para reducir la inundación en las vías públicas. El exceso de agua en la cámara de infiltración desembocará en la tubería de drenaje. Esta estructura requiere de mucho mantenimiento periódico extrayendo los restos de basura en la cámara de residuos.

La Figura 8.2-11 muestra un ejemplo del mejoramiento realizado con respecto al problema de las aguas pluviales en áreas pobladas existentes utilizando una estructura de infiltración. La mayoría de las principales avenidas de la ciudad de Santa Cruz consta de un canal abierto de drenaje en el centro de la calle y sin contar con zanjas laterales. Si la sección vial se inclina hacia un lado, el agua pluvial tiende a fluir hacia un punto formando así un charco. El lado derecho de la avenida está a menudo libre de charcos de agua, pero el lado opuesto de la misma avenida sí tiene charcos, a pesar de que el canal de drenaje en el centro todavía tiene capacidad para llevar más agua. La introducción de la estructura de infiltración explicada a continuación mejorará tal problema.



Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a la información de los lineamientos MLIT en japonés  
**Figura 8.2-10 Ejemplo de la Red de Tuberías de Drenaje con Estructura de Infiltración**



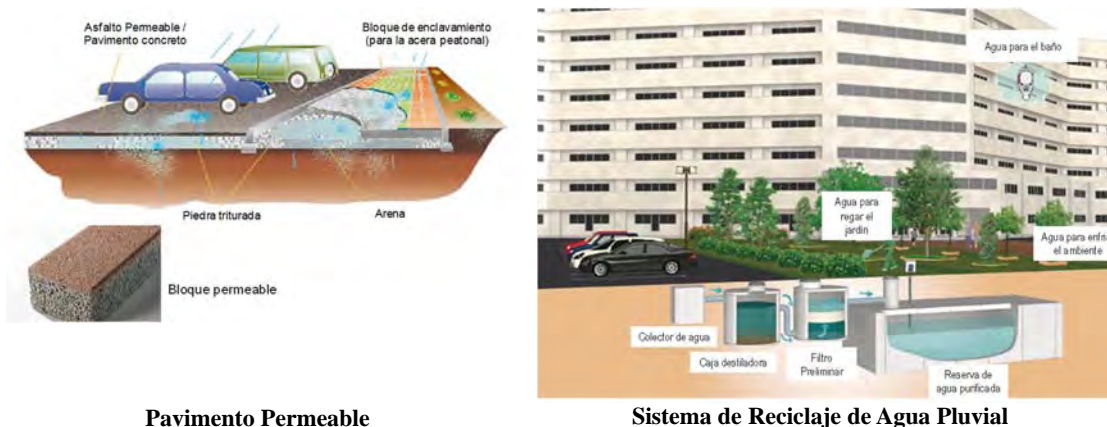


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 8.2-11 Ejemplo de Mejoramiento en el Problema Existente de Aguas Pluviales en áreas pobladas

### 2) Pavimento permeable en Áreas de Parqueo y Vías Peatonales

La Figura 8.2-12 muestra un ejemplo de pavimento permeable aplicado en un estacionamiento y en un paseo peatonal. El bloque permeable es generalmente más débil que el pavimento convencional, tal como el hormigón y el asfalto. Por lo tanto, se lo puede aplicar en lugares donde se tengan cargas más pequeñas y fricciones de vehículo, tales como áreas de parqueo y paseos peatonales. Opcionalmente, el sistema de reciclaje de agua pluvial puede ser introducido en tales pavimentos permeables cuyo sistema contenga una cámara de remoción de lodo y la cámara del filtro preliminar para purificar el agua pluvial (lado derecho de la Figura 8.2-12). El agua pluvial purificada está reservada en el depósito situado por debajo de terrenos públicos. El agua pluvial purificada puede usarse para diferentes fines, incluyendo el riego de jardín y de refrigeración, para el agua de lavado de inodoros y lavado de coches.



Pavimento Permeable

Sistema de Reciclaje de Agua Pluvial

Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a documentos de la Asociación de Tecnologías de Almacenamiento e Infiltración de Agua Pluvial, <http://www.arsit.or.jp/> y <http://www.hokukon.co.jp/business/rain/ra06.html>

Figura 8.2-12 Ejemplo de Estacionamiento Permeable y Paseo Peatonal Impermeable

### 3) Aplicabilidad de las Estructuras de Infiltración

Sólo las áreas que cumplen los criterios mencionados en la Tabla 8.2-3 pueden aplicarse con estructuras de infiltración. La Figura 8.1-4 muestra la situación geológica superficial de Santa Cruz de la Sierra en este informe e implica que la parte oeste del municipio está cubierta de materiales arenosos con buena permeabilidad. Aunque, para su aplicación se

requiere un estudio geológico más detallado. Por lo tanto, se requieren los estudios de pre-diseño como el levantamiento topográfico y geológico y el estudio ambiental para investigar sobre la idoneidad de las estructuras de infiltración.

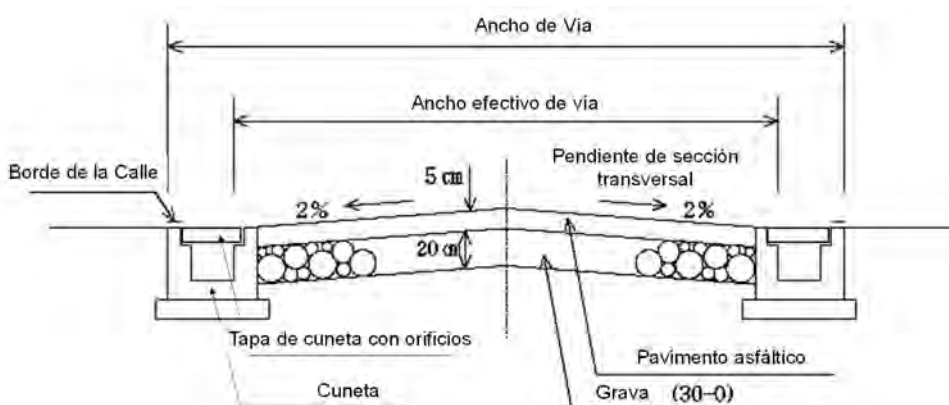
**Tabla 8.2-3 Criterios para la construcción de estructuras de infiltración**

Ítems	Adecuado	Inadecuado
Topografía	meseta, terraplén, abanico aluvial, dique natural, colinas, etc.	tierras bajas aluviales, relleno de tierra, talud de corte , área de protección de deslizamiento de tierra, área en peligro de colapso, área potencial de desastre por sedimentación , etc.
Condiciones del Suelo	suelo permeable	índice de percolación < 10 <sup>-7</sup> m/s porosidad < 10% Arcilla (d= 0,074 mm) > 40%
Aguas subterráneas	Distancia de la estructura hasta el nivel de aguas subterráneas >0,5m m	Nivel alto de aguas subterráneas
Impactos Ambientales	-	Contaminación resultante por infiltración de contaminantes

Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a la información de las directrices de la MLIT en japonés.

**(5) Mejoramiento de Estructuras de Drenaje de las Vías**

Algunas inundaciones relativamente pequeñas en las vías pueden ser mejoradas mediante la introducción de i) pendiente transversal en las vías y ii) zanjas laterales a ambos lados de las vías, aunque es un poco costoso. Es recomendable la introducción de tales estructuras en cualquier área central del municipio como proyecto piloto. Las zanjas laterales se conectan al sistema de drenaje. La educación sobre desastres que se muestra en la página siguiente ayudará al mantenimiento de las zanjas de las vías a través de la reducción del vertido ilegal de basura.



Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado sobre la base de los documentos de un gobierno local en Japón, [http://www.city.shimanto.lg.jp/city-office/reiki\\_int/reiki\\_honbun/r101RG00000429.html](http://www.city.shimanto.lg.jp/city-office/reiki_int/reiki_honbun/r101RG00000429.html)

**Figura 8.2-13 Típica Sección transversal de la estructura de drenaje de la vía.**

**(6) Educación sobre Desastres**

Los vertidos ilegales de basura en los canales abiertos de drenaje reduce significativamente la capacidad de flujo del sistema de drenaje y la capacidad de almacenamiento de las lagunas. La autoridad de Santa Cruz de la Sierra limpia esta basura una vez al mes de manera terciarizada pero los vertidos ilegales de basura son cada vez más frecuentes: ocurren casi a diario. El vertido ilegal de basura ha aumentado el riesgo de inundación por aguas pluviales en el municipio.

La Figura 8.2-14 muestra ejemplos de campañas para mantener la capacidad de flujo del canal de drenaje. Comprender las consecuencias del vertido ilegal de la basura es uno de los contenidos de importancia en la educación sobre desastres. Se muestra en la fotografía de la

derecha de la Figura 8.2-14 la campaña de limpieza de un río con la participación de la comunidad. Ésta puede cambiar la mente de los participantes e indirectamente reducir el vertido ilegal de la basura.

De acuerdo a la Dirección de Drenaje de Santa Cruz de la Sierra, se han llevado a cabo algunas actividades comunitarias de limpieza en terrenos públicos (actividad de la “Minga”) en el municipio.



**Una Campaña de Medidas Preventivas del vertido ilegal de Basura en Canales Abiertos de Drenaje**



**Una Campaña de Limpieza de Ríos Basada en la Participación Comunitaria en Japón**

Fuente: Equipo de Estudio JICA. Elaborado en base a la fotografía tomadas por un ingeniero de Nippon Koei en la ciudad de Phnom Penh, Camboya para el Estudio Preparatorio de JICA en el Proyecto de Protección contra inundaciones y Mejoramiento de Drenaje en el Municipio de Phnom Penh (Fase III) y <http://www.koganei-kankyo.org/news.htm>.

**Figura 8.2-14 Ejemplos de Campañas para Mantener la Capacidad de Flujo del Canal de Drenaje**

### 8.2.3 Trabajos Preparativos Requeridos sobre Medidas Aplicables para el Drenaje de Aguas Pluviales en Áreas Pobladas

Las seis medidas mencionadas anteriormente requieren algunos trabajos de preparación, como se muestra en la Tabla 8.2-4.

Diversas rutas alternativas de 1) un canal principal de drenaje hacia el *Río Grande* tienen que ser estudiados desde múltiples aspectos. La selección de sitios para la estructura para 2) el mejoramiento de las instalaciones de drenaje existentes, 3) la introducción del sistema de drenaje por bombeo y 4) retardadores de aguas pluviales y estructuras de infiltración, y 5) el mejoramiento de la estructura de drenaje vial son también importantes procedimientos. Algunas ONG locales e internacionales experimentadas podrían estar disponibles en Santa Cruz de la Sierra para apoyar la preparación e implementación de 6) educación sobre desastres.

**Tabla 8.2-4 Trabajos Preparativos para las Medidas Aplicables para el Drenaje de Aguas Pluviales en áreas pobladas**

Trabajos Preparativos	Medidas					
	1	2	3	4	5	5
	Canal Principal de Drenaje al Río Grande	Mejoramiento de Instalaciones de Drenaje Existentes	Sistema de Drenaje por Bombeo	Retardador de Aguas Pluviales y Estructuras de Infiltración	Mejoramiento de la Estructura de Drenaje Vial	Educación sobre Desastres
Levantamiento Topográfico y Geológico	○	○	○	○	○	-
Análisis de precipitaciones probables	○	○	○	○	-	-
Estimación del caudal de diseño de las estructuras a través de un análisis hidrológico	○	○	○	-	-	-
Estudio alternativo de las rutas de los canales	○	-	-	-	-	-
La selección de sitios para la estructura	-	○	○	○	○	-
El diseño estructural mediante un análisis hidráulico	○	○	○	○	○	-
Evaluación Económica	○	○	○	○	○	○
Preparación de materiales educativos	-	-	-	-	-	○
Evaluación de Impacto Ambiental	○	○	○	○	○	○

Fuente: Equipo de Estudio JICA

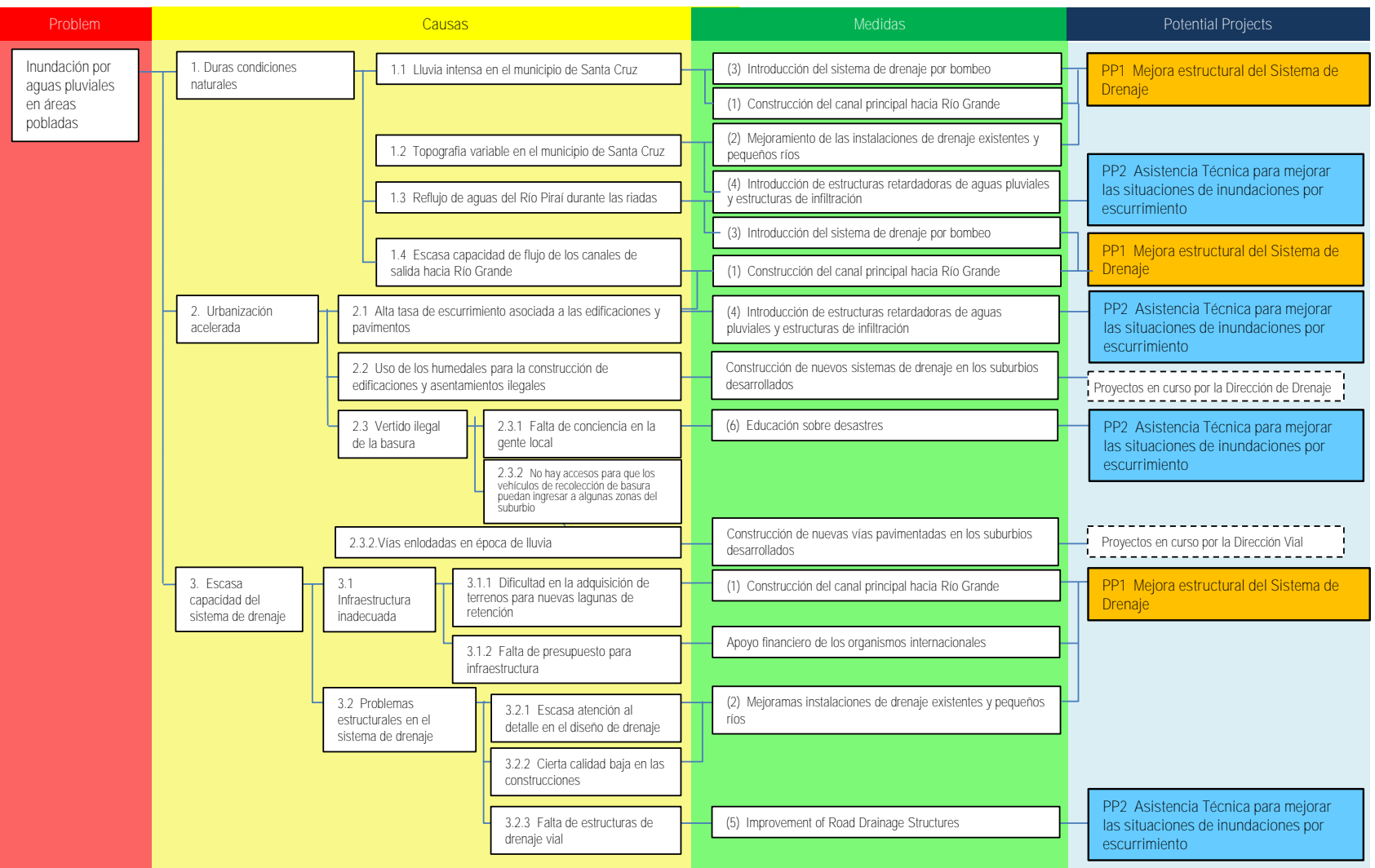
### 8.3 Proyectos Potenciales para el Sistema de Drenaje

#### 8.3.1 Análisis de Árbol de las Fallas en el Sistema de Drenaje

Las causas y medidas del problema de los proyectos potenciales del sistema de drenaje se resumen en la Figura 8.3-1. Las principales causas del problema mostrado en la columna central de la figura se describen en detalle en la Subsección 8.2.1 de este informe. Las medidas que se muestran en la siguiente columna de la figura son actividades efectivas para cada causa del problema. Algunas medidas no se convierten en proyectos potenciales en este sector ya que ya se llevan a cabo por algunos proyectos en curso. La construcción del nuevo sistema de drenaje y la nueva vía pavimentada en el suburbio desarrollado están en curso; son manejados por los direcciones de drenaje y vías de Santa Cruz de la Sierra, pero se requiere un rápido avance en la construcción. Algunas medidas se combinan como “proyecto potencial”. Dos proyectos potenciales para el sistema de drenaje en Santa Cruz de la Sierra se extraen de la siguiente manera.

- PP1: Mejora Estructural del Sistema de Drenaje
- PP2: Asistencia técnica para la mejora de las situaciones de escurrimiento de las inundaciones

La subsección siguiente describe los perfiles de los dos proyectos potenciales.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 8.3-1

Análisis del árbol de fallas en el drenaje

## 8.3.2 Descripción de Proyectos potenciales

### (1) Mejoramiento Estructural del Sistema de Drenaje

#### 1) Perfil General

**Antecedentes:** La poca capacidad de caudal de los canales de salida hacia el *Río Grande* y las dificultades en la adquisición de tierras en Santa Cruz de la Sierra para nuevas estructuras de drenaje, son considerados asuntos de importancia. Es muy necesaria una inversión infraestructural de gran escala para mejorar la situación frente a las inundaciones por precipitación pluvial en áreas pobladas en el municipio de Santa Cruz de la Sierra.

**Propósito:** Mitigación de las inundaciones por precipitación pluvial en áreas pobladas en Santa Cruz de la Sierra.

**Beneficiarios:** Población local que vive y se transporta dentro del municipio de Santa Cruz de la Sierra.

**Ubicación:** Santa Cruz de la Sierra y *Cotoca* para la construcción del sistema de drenaje.

#### 2) Componentes

**Construcción:** Canal de drenaje principal desde Santa Cruz de la Sierra hasta el *Río Grande* (Aprox. 111.4 km en total), puentes (cantidad= 23), estructuras de drenaje dentro del municipio de Santa Cruz de la Sierra (Aprox. 20.0 km en total), estaciones de drenaje por bombeo (cantidad = 2).

**Adquisiciones:** Bombas de drenaje

**Institución y Organización:** Establecimiento de una sección de operación y mantenimiento (O&M) para la estación de bombeo en la Dirección de Drenaje del Municipio de Santa Cruz de la Sierra.

**Estudio:** Un estudio de factibilidad del proyecto identificará las zonas prioritarias y sus componentes y preparará un plan con sus diferentes fases.

#### 3) Plan de Implementación

**Objetivo:** Mediano y Largo plazo

**Periodo:** 18 años (2018 – 2035)

**Costo:** 309,9 millones de Dólares Americanos.

**EIA:** Necesario

**Impacto Ambiental:** Ambiente Social (Adquisición de tierras, reasentamiento, agricultura, otros), Medio Ambiente Natural (inundaciones, biodiversidad, calidad del agua)

**Organismos de Implementación:** Municipio de Santa Cruz de la Sierra, municipio de *Cotoca*

**Operador/ Mantenimiento:** Municipio de Santa Cruz de la Sierra, municipio de *Cotoca*

**Fuentes de Financiamiento:** Préstamos de Organismos de cooperación internacional

## (2) Asistencia Técnica para mejorar las situaciones de las inundaciones por escurrimiento

### 1) Perfil General

**Antecedentes:** La urbanización acelerada ha aumentado el nivel de escurrimiento. La mayor parte del área urbana está cubierta con concreto y asfalto excepto por escasos jardines, parques públicos y determinadas lagunas de retención en el área suburbana del municipio de Santa Cruz de la Sierra. Las aguas pluviales no se infiltran en el suelo y se dirigen inmediatamente hacia las zonas más bajas. Es importante tener un enfoque para reducir el volumen del escurrimiento superficial debido a las intensas precipitaciones en el municipio y las limitaciones en la capacidad de flujo del sistema de drenaje. Por otro lado, las causas fundamentales que originan los problemas estructurales del sistema de drenaje están en i) la falta de atención en el diseño de drenaje y ii) algunas fallas en la calidad de construcción y iii) falta de estructuras de drenaje vial. El vertido ilegal de la basura en los canales abiertos de drenaje reduce significativamente la capacidad de flujo del sistema de drenaje y de las lagunas de retención. Algunas prácticas locales deben ser mejoradas.

**Propósito:** Reducción de inundaciones por precipitación pluvial en áreas pobladas del municipio de Santa Cruz de la Sierra

**Beneficiarios:** Población local que vive y se transporta dentro del municipio de Santa Cruz de la Sierra.

**Ubicación:** Santa Cruz de la Sierra

### 2) Componentes

**Construcción:** Proyectos pilotos de estructuras retardantes y de infiltración de aguas pluviales en áreas públicas y estructuras de drenaje viales

**Institución y Organización:** Asistencia técnica en el estudio, planificación, diseño y construcción del proyecto piloto

**Otras medidas “Blandas”:** Transferencia de tecnología sobre las estructuras retardantes y de infiltración de aguas pluviales, establecimiento de una base de datos sobre el mapa especial de zonas aptas para estas estructuras, educación sobre desastres incluyendo campañas como medidas preventivas del vertido ilegal de basura en canales de drenaje abiertos

**Estudio:** Estudio preparatorio sobre la asistencia técnica para mejorar la situación de inundaciones por escurrimiento

### 3) Plan de Implementación

**Objetivo:** Mediano plazo

**Periodo:** 5 años (2021 – 2025)

**Costo:** 5 millones de Dólares Americanos

**EIA:** Necesario

**Impacto Ambiental:** Medio Ambiente Natural (inundación, calidad del agua)

**Organismo de Implementación:** Municipio de Santa Cruz de la Sierra

**Operador/ Mantenimiento:** Municipio de Santa Cruz de la Sierra

**Fuente de Financiamiento:** Donaciones de los organismos de cooperación internacional