

Capítulo 4 Evaluación Ambiental Estratégica

4.1 Marco legal e institucional sobre Consideraciones Ambientales

El marco legal e institucional en lo que se refiere a consideraciones ambientales, se encuentra establecido de la siguiente manera. Bajo la Ley del Medio Ambiente, el régimen de evaluación de impacto ambiental y los esfuerzos para la aplicación de la evaluación ambiental estratégica están en proceso de implementación.

4.1.1 Ley del Medio Ambiente (Ley No. 1333 de 1992)

La Ley del Medio Ambiente trata las cuestiones ambientales de Bolivia y está compuesta por la gestión del medio ambiente, prevención y control de la contaminación del medio ambiente, regulación de actividades de manejo de sustancias peligrosas y la gestión de residuos sólidos.

El objetivo de esta Ley es la protección y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales y la promoción del desarrollo sostenible para mejorar la calidad de vida de la población. En consecuencia, la Ley creó la ex Secretaría Nacional del Medio Ambiente (SENMA), que posteriormente se convirtió en el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) que se acoplaría a su implementación. De manera complementaria, fueron creados debajo del MMAyA, las Secretarías de Medio Ambiente, que tienen el deber de aplicar la política ambiental, planes y programas, y la aplicación de las reglamentaciones dentro de sus respectivas jurisdicciones.

La Ley establece como herramientas de planificación ambiental los siguientes instrumentos legales:

- La inclusión de los temas ambientales en la formulación de planes, programas y proyectos nacionales, departamentales y locales;
- Formulación de planes espaciales basados en la capacidad de acarreo de los ecosistemas, la ubicación de los asentamientos humanos, y las necesidades de conservación del medio ambiente y los recursos naturales;
- La gestión integrada y la explotación sostenible de los recursos a nivel de cuencas y otras características geográficas importantes;
- Implementación de evaluaciones de impacto ambiental;
- Establecimiento de mecanismos para la coordinación y el consenso intersectorial, interinstitucional e inter-regional;
- Establecimiento de un sistema de gestión de la información, inventarios y diagnóstico; y
- Establecimiento de medios para la evaluación, control y seguimiento de la calidad del medio ambiente.

En el marco de esta Ley se promulgó el Decreto Supremo N° 24176 en Diciembre de 1995 (DS 24176), la cual comprende los siguientes reglamentos con el fin de hacer cumplir sus estipulaciones:

- Reglamento General de Gestión Ambiental
- Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica
- Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica
- Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas

- Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos; y
- Reglamento de Prevención y Control Ambiental

El Capítulo IV de la Ley estipula sobre la evaluación de impacto ambiental, la cual está regulada por el DS 24176 en su Reglamento General de Gestión Ambiental (Conocido como RGGGA).

4.1.2 Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es el instrumento para identificar y evaluar los posibles impactos positivos y negativos que pueden ser causados por la implementación, operación, mantenimiento y abandono futuro de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer las medidas adecuadas para prevenir, mitigar o controlar los que son negativos y mejorar los positivos. La EIA puede aplicarse a todas las obras, actividades y proyectos, y tanto a la inversión pública como a la privada o mixta. La EIA se aplicará previa a la fase de implementación.

El Reglamento General de Gestión Ambiental establece las normas y reglamentos en materia de política ambiental; específicamente, sobre el aspecto administrativo y jurídico; las competencias de la autoridad ambiental y la participación de las autoridades del sector; la participación del público; la gestión de los recursos económicos y financieros; y la promoción de la investigación científica y tecnológica.

El Reglamento de Prevención y Control Ambiental establece los temas en cuestión de la EIA y el marco regulador de control de la calidad del medio ambiente. Este Reglamento establece la metodología para la EIA: la licencia ambiental, las competencias de las autoridades ambientales y de preselección o “screening”. El control de la calidad del medio ambiente está referido al control de todas las inversiones en el proceso de implementación, operación, mantenimiento o fase de abandono.

La autoridad nacional competente es el Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCYDGDF). El Viceministerio depende del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

La aprobación de la licencia ambiental está autorizada por las autoridades ambientales competentes: como son, el VMABCCYDGDF, y la autoridad local de uno de los nueve departamentos.

Los reglamentos mencionados establecen las obligaciones y funciones ejercidas por las autoridades ambientales en diferentes niveles. En resumen, los gobiernos locales tienen derecho a decidir acerca de la preselección o “screening” de los aspectos ambientales, el EIA y certificados de exoneración dentro de su jurisdicción territorial. Las autoridades municipales tienen un papel como asesor y supervisor durante el proceso de elaboración del informe técnico y los documentos de apoyo.

En el caso específico del Departamento de Santa Cruz, la Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (SDSMA) revisa todos los proyectos antes de la presentación de su informe ambiental al Gobierno Departamental. SDSMA informa a toda la sociedad civil y las organizaciones interesadas sobre el contenido de los proyectos, especialmente sobre temas ambientales incluyendo las medidas de mitigación de disturbios ambientales y medidas de contingencia contra accidentes inevitables o accidentes ocasionados por fuerzas externas. También tienen el deber de informar sobre todas las limitaciones y los reclamos por parte de las personas afectadas, dando respuestas a cada una de éstas.

La Ley de Participación Popular (1994) otorga los municipios urbanos y rurales una relativa autonomía en cuanto a la gestión pública. En esta Ley se crearon las “Organizaciones Territoriales de Base” (OTBs). Las OTBs pueden ser organizaciones de barrios, pequeñas federaciones de campesinos, comunidades rurales o aldeas. Las OTBs tienen derecho a proponer, controlar y supervisar la ejecución de los proyectos y supervisar el desempeño de los servidores públicos. Las OTBs participan en la revisión de la ficha ambiental, la elaboración del EIA y el seguimiento y control.

4.1.3 Implementación de Evaluación Ambiental Estratégica en Bolivia

El sistema legislativo del EIA establece la posibilidad de la aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). El Reglamento de Prevención y Control Ambiental establece que los planes y programas formulados por el Estado están sujetos al procedimiento de evaluación ambiental. En 2007, el Viceministerio de Biodiversidad, Bosques y Medio Ambiente (en ese período, la Autoridad Nacional del Ambiente) desarrolló el Manual de Capacitación de la Evaluación Ambiental Estratégica. El proceso de implementación de la EAE dio como resultado en la preparación del borrador del Reglamento de la EAE.

El VMABCCYDGDF continúa con sus esfuerzos para la elaboración de los reglamentos de la EAE. El proyecto estuvo en desarrollo durante varios años. Tampoco se ha llegado a algún acuerdo con respecto a la forma jurídica de la normativa: es decir, si debe ser un decreto ministerial o un decreto supremo.

En el año 2008 se llevó a cabo una actividad de capacitación a nivel nacional sobre la aplicación de la EAE en el proceso de formulación de políticas, programas y planes de todos los sectores, utilizando el manual de instrucción sobre la EAE que fue elaborado con la asistencia técnica AOD de los Países Bajos; sin embargo, en la práctica su aplicación es casi nula. Ésta fue publicada por el MMAyA y recién se iniciaron algunos trabajos preliminares a nivel nacional, una de estas acciones fue dentro del área de la cuenca del río Madeira, la cual se centró en el desarrollo de fuentes energéticas, tomando en cuenta los derechos al agua existentes.

En estas circunstancias, la Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz tuvo la idea de considerar el enfoque de EAE como uno de los temas de transferencia técnica en vista de establecer una condición *status quo* de esta herramienta de evaluación durante la formulación de políticas, programas y los planes en Santa Cruz, independientemente del sector en cuestión.

4.2 Condiciones Ambientales

4.2.1 Estudio de Línea Base

El estudio de línea base se debe llevar a cabo en forma conjunta con todos los miembros de los Grupos Técnicos de Trabajo y otros funcionarios de los seis municipios que constituyen el Área Metropolitana. También se solicitó la colaboración de otros funcionarios de las partes interesadas.

A continuación, se enumeran los datos e información solicitados a todos los grupos:

- Información general: Mapas de isoyetas, geología, hidrología, hidrogeología; ubicaciones de las estaciones meteorológicas y los registros históricos de datos meteorológicos; mapas de ecorregiones, paisajes, sistemas ecológicos, sistema de la vegetación; clasificación y zonificación de los bosques, incluyendo los bosques de producción con/sin certificación;

- Zonas de protección/conservación: Distribución de las zonas de protección/conservación y zonas de amortiguamiento que incluyen humedales Ramsar; especies vulnerables y en peligro según la UICN o la clasificación de Bolivia; existencia de comunidades indígenas que dependen de los recursos naturales (leña, alimentos, medicina) en las zonas de protección/conservación y de amortiguamiento; normas relativas a las actividades permitidas en las zonas de protección/conservación y de amortiguamiento;
- Calidad del aire: Parámetros medidos y registros históricos (lista de los laboratorios analíticos con certificación ISO17025); estaciones de monitoreo y sistema móvil de medición; catastro de emisores fijas por tipo de emisión (industriales, hospitalarias, generadores térmicos, refinerías de metales, gas y petróleo, minas); inventario de emisiones de gases de efecto invernadero;
- Recursos hídricos: Parámetros medidos y registros históricos (lista de los laboratorios analíticos con certificación ISO17025); estaciones de monitoreo y registros históricos del nivel del agua fluvial; estaciones de monitoreo y registros históricos de las aguas superficiales y catastro de pozos para uso industrial y doméstico (con los datos de profundidad y el volumen de admisión); ubicación de los puntos de toma de agua para el consumo humano y tasa de admisión; sistema de la red de suministro de agua; régimen y catastro del derecho de uso del agua (agrícola, industrial, comercial); ubicación de los puntos de drenaje de aguas residuales (sistema industrial, alcantarillado, refinerías de metales, gas y petróleo, minas);
- Calidad del suelo: Tipos de suelos (clasificación de acuerdo con las normas bolivianas para la taxonomía pedológica basadas en la aptitud de uso); sitios contaminados y erosionados;
- Residuos sólidos: Generación per cápita de residuos sólidos y su composición; rutas de recolección primaria y secundaria, ubicación de estaciones de transferencia; ubicación de los grandes generadores de residuos sólidos; lista de empresas autorizadas para la recolección de residuos especiales (infeccioso, tóxico, radioactivo, etc.); tratamiento (incluyendo incineración) y eliminación; ubicación de las plantas de tratamiento de residuos sólidos (incluyendo incineradores y clasificación de materiales recuperables) y sitios de disposición final;
- Sistema de alcantarillado: Red colectora de alcantarillado y ubicación de las fosas sépticas; ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales y caudal de drenaje;
- Legislación: Leyes, reglamentos, normas y estándares actuales sobre el medio ambiente, calidad del aire, calidad del agua, ruido y vibración; normas relativas a las autorizaciones ambientales sobre proyectos: evaluación del impacto ambiental, categorización, proceso de evaluación, consulta pública y plan de monitoreo; Registro de Consultores y Empresas Consultoras (RENCA); ordenanzas municipales respecto de la EAE y EIA.

4.2.2 Datos de Línea Base

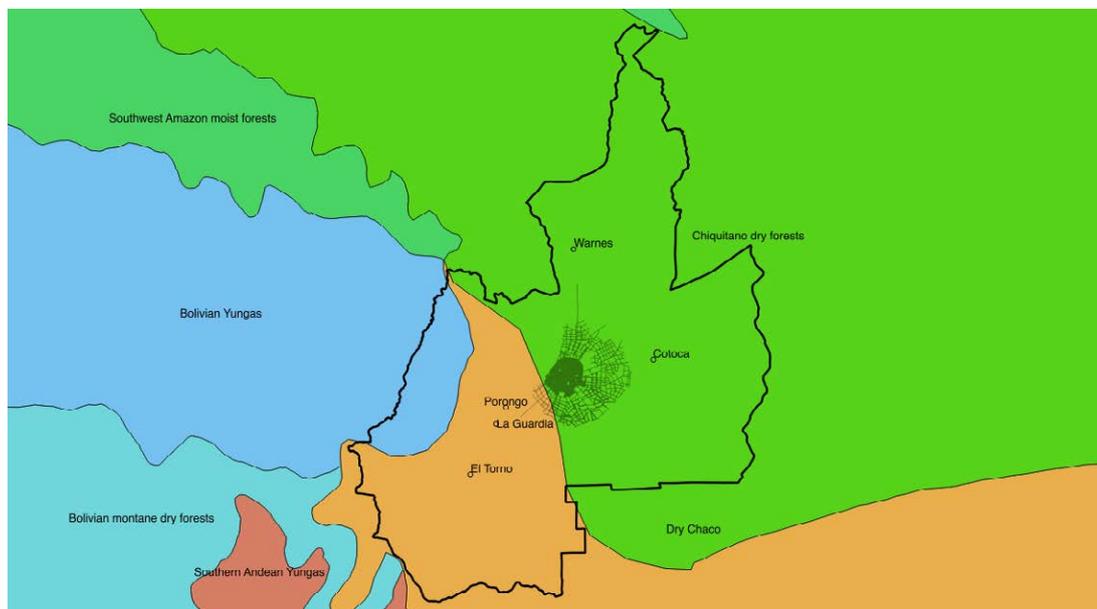
(1) Ecorregiones del Área Metropolitana de Santa Cruz

Las ecorregiones son unidades relativamente grandes de tierra, que contienen diferentes conjuntos de comunidades y especies naturales, con límites que aproximan el grado original de comunidades naturales antes del principal cambio de uso del suelo. De acuerdo con Olson, D.M. *et al.* 2001. Ecorregiones Territoriales del Mundo: Un nuevo mapa de la Vida en la Tierra (Bioscience Noviembre 2001 / Vol. 51 No. 11), el Área Metropolitana de Santa Cruz está distribuida en tres ecorregiones denominadas: Bosques Secos Chiquitanos, Yungas

Bolivianos y Chaco Seco.

Como se muestra en la Figura de abajo, el Bosque Seco Chiquitano cubre en su totalidad a Warnes, Cotoca y una parte importante de Santa Cruz de la Sierra; mientras que el Chaco Seco (en café claro) cubre: Porongo, La Guardia y El Torno, incluyendo una pequeña sección en el área sudoeste de Santa Cruz de la Sierra;

La ecorregión Yungas Bolivianos abarca las áreas rurales del oeste de Porongo y El Torno.



Fuente: Equipo de Estudio JICA basado en datos de WWF – Olson D.M. et al. 2001.

Figura 4.2-1 Ecorregiones del Área Metropolitana de Santa Cruz de la Sierra

Una descripción de cada ecorregión es detallada en la Tabla siguiente.

Tabla 4.2-1 Características de las Ecorregiones del Área Metropolitana de Santa Cruz

Eco Región	Características Físicas	Flora	Fauna	Amenazas
Yungas Bolivianos (Áreas rurales del Oeste de Porongo y El Torno)	La Ecorregión se encuentra en rangos de altitud que van desde 400 a 3.500m en las laderas orientales de Los Andes de Bolivia. Forma una zona de transición entre los bosques húmedos del Sudoeste amazónico al Noreste y la Puna Andina Central y la Puna Húmeda al Sudoeste.	Abundan las Epífitas e incluyen bromeliáceas, orquídeas y helechos arborescentes (<i>cyathea</i>). El Bamboo Chuquea es una especie indicadora de la eco región.	Entre los mamíferos encontrados en esta eco región se encuentran el Oso de Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>), el Gato de Geoffroy (<i>Leopardus geoffroyi</i>), Tapir de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>), el jaguar (<i>Panthera onca</i>), pacarana (<i>Dinomysbranickii</i>) y el venado cabrito/Urina (<i>Mazamachunyi</i>).	El chaqueo extensivo, la conversión agrícola, la tala – todo intensificado por la construcción de carreteras y la colonización- amenaza seriamente la región. Ciertas especies de caza de los Yungas Bolivianos están amenazadas por la excesiva captura para proteína y/o comercio de aves silvestres.
Bosque Seco Chiquitano (Warnes, Cotoca y la mayor parte de Santa Cruz de la Sierra)	La mayor parte del Bosque Chiquitano está en las tierras bajas del este de Santa Cruz, Bolivia, con manchas más pequeñas extendiéndose al	Estos bosques están dominados por los árboles del soto, curupau, cuchí, cuta, ajo-ajo, tajibo, y tuseque. Las inundaciones y los incendios son	Este bosque único resguarda a un reptil críticamente amenazado, el caimán de boca ancha (<i>Caiman latirostris</i>); un pájaro en peligro, el semillerito, negro	La contaminación, explotación de la vida silvestre/fauna silvestre, expansión agrícola, quemas, y pastoreo, en conjunto se constituyen en las principales amenazas. La degradación del hábitat es

Eco Región	Características Físicas	Flora	Fauna	Amenazas
	interior del Mato Grosso occidental, Brasil. Aunque sin precipitación y hojas en ciertas épocas del año, estos bosques secos todavía contienen abundante vida incluyendo muchas especies endémicas.	comunes en esta región, así que muchos de estos árboles pueden soportar inundaciones temporales o tener corteza resistente al fuego.	leonado (<i>sporophila nigrorufa</i>); y por lo menos tres mamíferos - el armadillo gigante (<i>Priodontes maximus</i>), el lobo de crin (<i>Chrysocyon brachyurus</i>) y la nutria gigante (<i>Pteronura brasiliensis</i>). Las especies seleccionadas incluyen el mutún (<i>Crax Fasciolata</i>), el puma (<i>Felis concolor</i>), el jaguar (<i>Panthera onca</i>), y las lianas (<i>Bignoniacea spp.</i>)	también significativa, en parte debido al proyecto de la Represa e Hidrovía Paraguay-Paraná y a la tala incontrolada. La tercera amenaza principal es la fragmentación del hábitat con las maneras mejoradas y nuevas del acceso promovidas por las compañías multinacionales de energía (tuberías, líneas de energía y producción eléctrica) y el sector del transporte (caminos, puertos).
Chaco Seco o Gran Chaco	Esta ecorregión está ocupada principalmente con pastizales y bosques espinosos.	Bosques latifoliados secos, tropicales y subtropicales	Hábitats dispersos del Chaco soportan una diversidad de fauna silvestre, incluyendo el venado de las pampas, pecaríes (<i>Chacoan poeccaries</i>), jaguares, pumas y otros mamíferos grandes, así como pequeños pájaro espino, ñanduses, boas, sapos cornudos y muchas otras especies.	La extensión agrícola, determinada en gran parte por la soja, es la amenaza principal a los ecosistemas naturales del Gran Chaco. La demanda cada vez mayor del mercado, unida con las innovaciones tales como cultivos genéticamente modificados, cero-labranza y otros cambios tecnológicos, han hecho que el cultivo en áreas secas y en las áreas menos productivas, sea más viable.

Fuente: Equipo de Estudio JICA basado en datos de WWF. Ecorregiones Terrestres. GAD Santa Cruz 2008. *Evaluación de la fauna silvestre y comunidades ecológicas del departamento de Santa Cruz.*

(2) Geología y Fisiología de Suelos del Área Metropolitana de Santa Cruz.

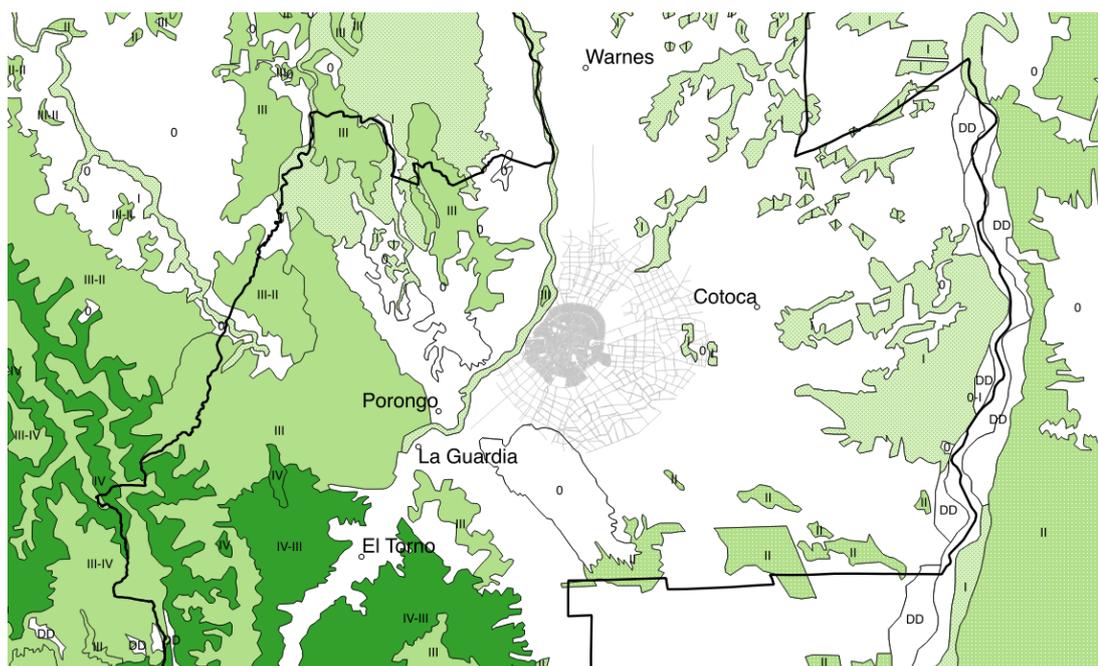
La geología del Área Metropolitana de Santa Cruz corresponde principalmente a rocas sedimentarias cuaternarias (Q4: área marrón claro de la figura abajo) conocida como la llanura Chaco Beniana y rocas sedimentarias terciarias (Pg-Ng2: área púrpura de la figura abajo), el Escudo Chiquitano Cristalino.

Desde el norte, Warnes, Cotoca, y Santa Cruz de la Sierra pertenecen a la antigua llanura Chaco-Beniana; mientras que, Porongo, La Guardia, y El Torno al último Escudo Chiquitano Cristalino.

La llanura Chaco-Beniana está formada por los sedimentos fluvio-lacustres del Cuaternario. Son depósitos de detritus y sedimentos que llenan un hoyo de 5.000 m de profundidad. Los llanos arenosos dispersados por la acción atmosférica posterior. La litología de la zona muestra sedimentos consolidados de arenas cuaternarias, lutolitas arcillosas, limonita y la piedra caliza conglomerada con sedimentos del Devónico, Carbonífero, Siluriano, Pérmico y Cretáceo.

Mientras, el Escudo Chiquitano Cristalino consiste en una formación de rocas Precámbricas, Cambrianas, Devonianas, y Silurianas, predominantemente al lado de los minerales primarios tales como granito, basalto, rocas metamórficas -gneis, para-gneis, granodiorita, pizarra micácea, y cierta presencia de piedra arenisca, lutolita, minerales lateríticos con las rocas calcáreas.

Área Metropolitana de Santa Cruz.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-3 Aptitud de desarrollo forestal del Área Metropolitana de Santa Cruz

Como se muestra, el área urbanizada del área metropolitana se clasifica en la zona 0. Debe ser mencionado que a lo largo de la ribera del río Pirai, la clasificación corresponde a la zona II “baja potencialidad para los recursos del bosque”.

(4) Hidrografía del Área Metropolitana de Santa Cruz

El departamento de Santa Cruz se distribuye en un 80% en la cuenca hidrográfica del Amazonas, y el resto, el 20%, en la cuenca del Plata. Los acuíferos pertenecen al sistema Sub andino, Chaco-Beniana, y Guaporé. La provincia Andrés Ibáñez pertenece al sistema Chaco-Beniana. El último, está abarcando rangos de extensión variables entre 50 a 1.500 m de profundidad, con tasa de permeabilidad media.

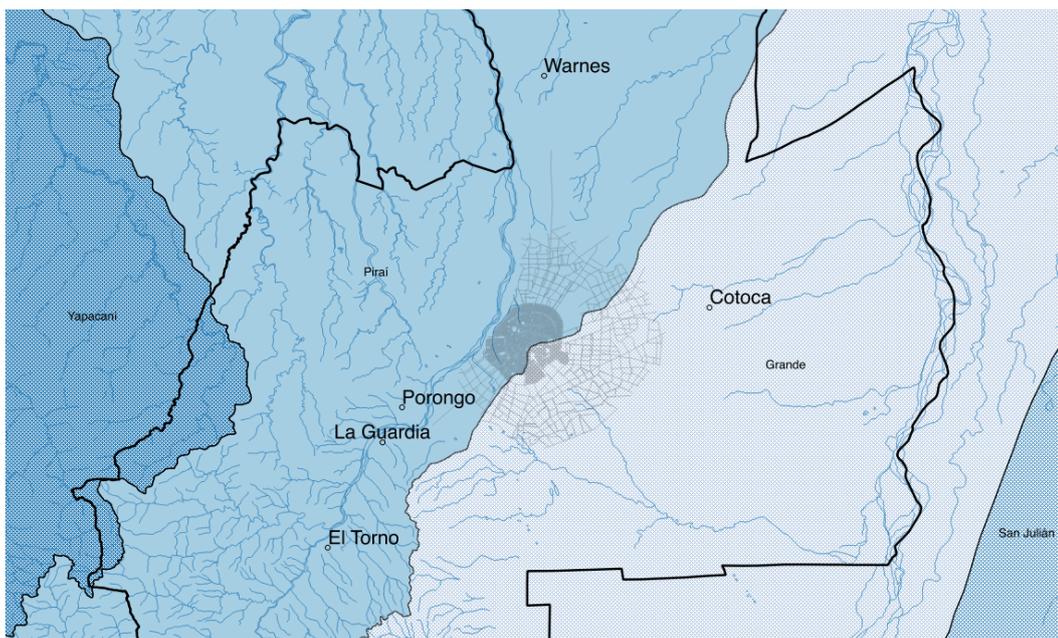
El Área Metropolitana de Santa Cruz se distribuye entre las cuencas del río Pirai y del río Grande. Como se muestra en la Figura 4.2-4, el área occidental está extendida en la cuenca del río de Pirai y el oriente en la cuenca del río Grande. Ambos ríos son tributarios del Mamoré, que es también uno de los tributarios del río Amazonas.

El río Pirai tiene una extensión de 457 kilómetros y es uno de los tributarios del río Yapacaní. El río Pirai fluye cruzando la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y también están limitando la frontera con Porongo. La corriente también fluye en El Torno, La Guardia, y de Warnes.

El río Grande fluye 1.438 kilómetros hasta su confluencia con el río Mamoré. La mayor parte de su extensión se distribuye en el departamento de Santa Cruz; sin embargo, la corriente superior es también la frontera entre los departamentos de Chuquisaca y de Cochabamba.

Una enorme cantidad de arena de la rivera se explota en ambas márgenes del río Pirai, a lo largo de los municipios del El Torno, La Guardia, y Porongo, causando la erosión costera y la alta turbiedad. También, todos los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas

residuales del área metropolitana, se drenan en su caudal afectando su calidad.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-4 Hidrografía del Área Metropolitana de Santa Cruz

El acuífero debajo de Santa Cruz de la Sierra, consiste en un depósito aluvial con forma lenticular de una profundidad aproximada de 1.500 m en promedio y con una extensión de 1.000 km². La trayectoria del flujo de agua subterránea es principalmente de sudoeste a noreste y se recarga principalmente con las precipitaciones, y de las transmisiones del margen derecho del río Pirai, del margen izquierdo del río Grande y de otros tributarios de la zona de cordillera. Las capas numerosas de arcilla de la zona, restringen su flujo vertical. Sin embargo, el flujo vertical es considerable en las zonas sin distribución notoria de las formaciones de la arcilla.

La transmisibilidad del acuífero medida en algunos pozos de producción de SAGUAPAC oscila entre 1.100-1.200 m³/día, casi uniformemente en toda su extensión. La recarga de la precipitación es estacionalmente alta durante enero a marzo y de las aguas superficiales continúa hasta septiembre. Sin embargo, una valoración cuantitativa del balance hídrico es todavía incierta.

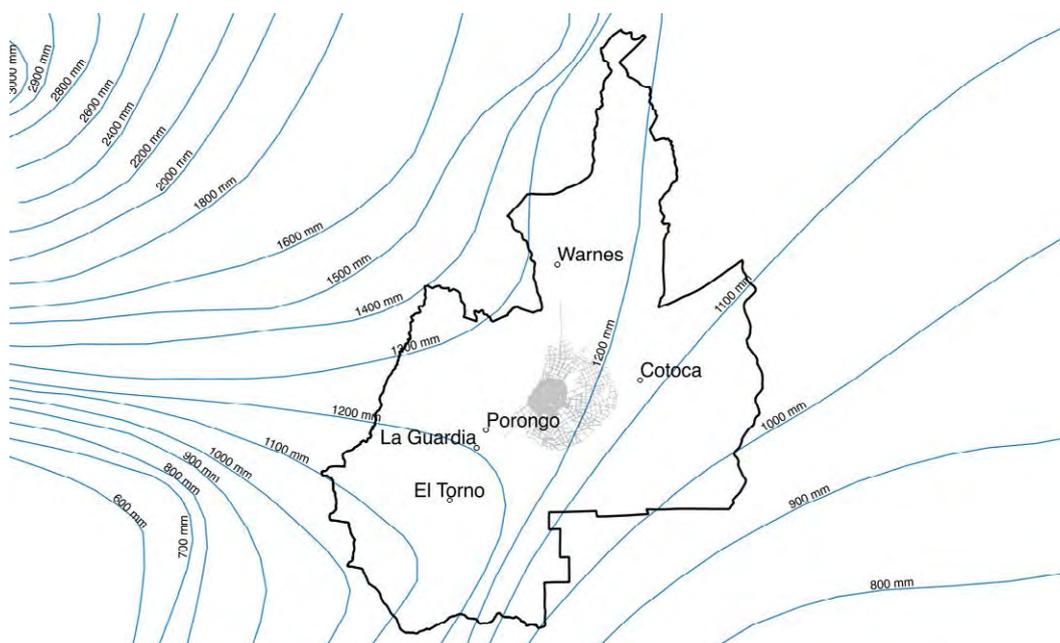
En 1979 el Gobierno Nacional aprobó la petición del consejo autónomo del agua para convertirse en una cooperativa. Desde entonces, SAGUAPAC se ha convertido en la cooperativa urbana más grande del agua de Bolivia, con más de 180.000 conexiones de agua, sirviendo el equivalente 1,2 millones de personas, de una población total de 1,6 millones. Todo el agua de SAGUAPAC viene del agua subterránea a través de 60 pozos profundos (profundidad media de 360 m), con una producción anual de 64 millones de metros cúbicos. El agua es llevada a cuatro tanques de almacenaje y se bombea a la ciudad a través de 3.370 kilómetros de redes primarias y secundarias. Las aguas residuales recogidas se conducen a las plantas de tratamiento, en donde se tratan antes de ser vertidas en los ríos locales.

(5) Comportamiento Meteorológico del Área Metropolitana de Santa Cruz

La región boliviana ofrece varias características que influyen los comportamientos temporales y espaciales de la precipitación. Geomorfológicamente, el área es dominada por las montañas de los Andes, en las que la elevación más alta está alrededor de los 6.000

metros sobre el nivel del mar. Los Andes están divididos en dos cordilleras montañosas meridionales por una cuenca a gran altitud, por encima de los 4.000 msnm, conocida como el Altiplano. Durante el verano (diciembre-enero), la humedad del Amazonas es transportada a la región del noroeste del continente por una corriente de bajo nivel, que es bloqueada por los Andes y canalizada al borde oriental de los Andes, cerca de Santa Cruz de La Sierra. Desde allí, la humedad se desplaza hacia el norte de Argentina o el sudeste de Brasil. Además, los 200-hPa del Altiplano Boliviano, que es un anticiclón troposférico superior formado por la convección intensa del verano y el calentamiento latente sobre el norte del Amazonas durante el verano, está presente.

La precipitación en el Área Metropolitana de Santa Cruz, oscila entre 900 a 1.400 mm en promedio (véase la Figura abajo). La mayor parte de Santa Cruz de la Sierra, Warnes, Porongo, y La Guardia, abarca la zona de la isoyeta de los 1.200 mm. Mientras que, Cotoca y El Torno se encuentran entre 1.100 a 1.200 mm por año.



Fuente Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

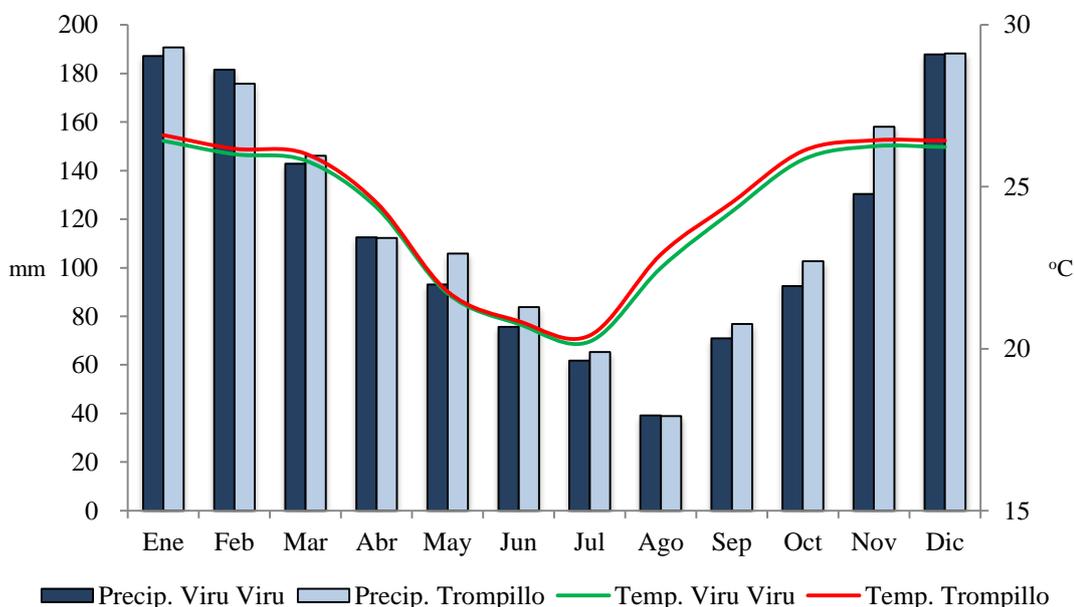
Figura 4.2-5 Isoyetas del Área Metropolitana de Santa Cruz

Los datos sobre las estaciones meteorológicas se recolectaron del Sistema de Procesamiento de Datos Meteorológicos (SISMET) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI). Las ubicaciones de las estaciones meteorológicas de influencia dentro del Área Metropolitana son Santa Cruz (SAT), El Trompillo Aeropuerto, Viru Viru Aeropuerto, Puerto Palias, y Okinawa Uno.

A continuación, se describen brevemente las principales características de la meteorología en el Área Metropolitana.

- **Temperatura:** La temperatura media anual, de los últimos 30 años en el Departamento de Santa Cruz, osciló entre un mínimo de 16,6°C en Vallegrande y un máximo de 26,6°C en San Matías; en torno a una media de 24,7°C. En el mismo período, el máximo absoluto y mínimo se registraron en Okinawa 1 y fueron 40,0°C (6 de diciembre de 2011) y 0,8°C (6 de julio de 2007) respectivamente. A continuación se muestra la Estacionalidad para la estación de ViruViru y El Trompillo en los lugares con información más representativa y con relativa buena disponibilidad de datos para el Área Metropolitana.

- Precipitación: La precipitación media anual de los últimos 30 años en el Departamento de Santa Cruz fluctuó entre un mínimo de 645mm en Vallegrande y un máximo de 1.591mm en Concepción en torno a una media de 1.175.
- La velocidad y dirección del viento: Velocidad media anual del viento es de 16km/h principalmente hacia la dirección NO. La media máxima registrada en El Trompillo fue de 21,7 km/h y el mínimo en Santa Cruz SAT fue de 9,7 km/h.



Fuente: Equipo de Estudio JICA en base a datos del SENAMHI-SISMET.

Figura 4.2-6 Temperatura media mensual (°C) y precipitación mensual (mm)

(6) Valoración Ecológica del Área Metropolitana de Santa Cruz.

En base a los estudios ya mencionados de la fisiología del suelo y la distribución de la ecorregión, fue obtenido un mapa de la distribución de valores ecológicos.

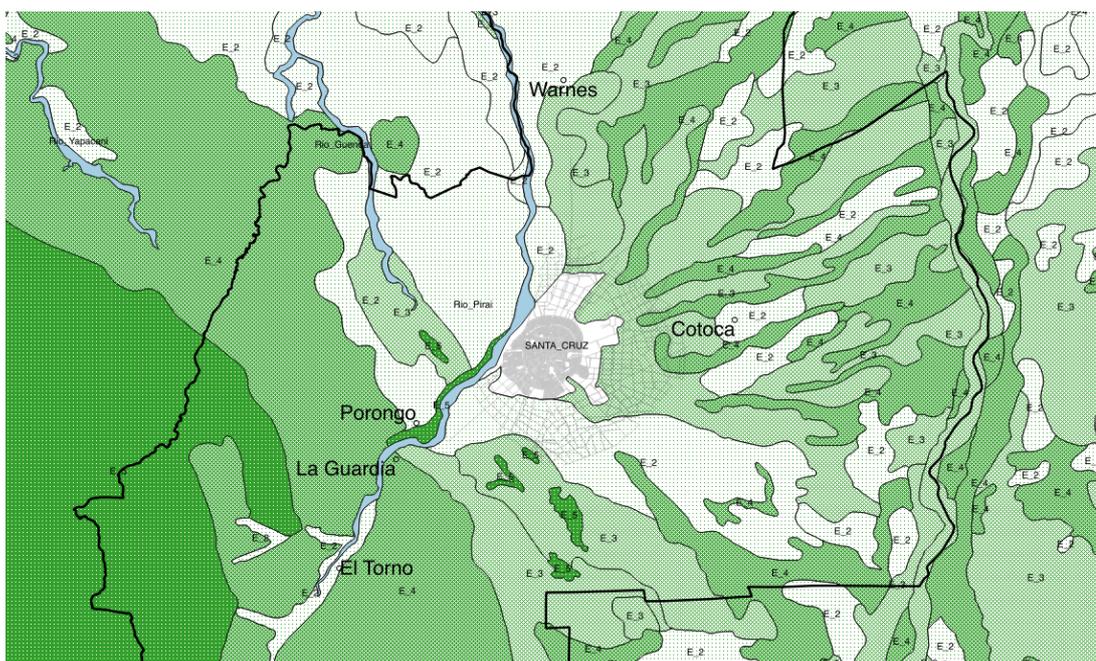
Además de la fisiología del suelo, factores tales como flora y fauna de las unidades ecológicas, y los recursos naturales para el turismo, fueron considerados para este proceso de la valuación. También, fueron utilizados los siguientes criterios, que son consistentes con el PLUS- Santa Cruz (Plan de Uso espacial de Santa Cruz formulado en 2009):

- Semejanza al estado natural sin disturbio antropológico directo o indirecto: las formaciones naturales o cuasi-como formas prístinas con alto valor ecológico.
- Rareza o singularidad de la geomorfología, vegetación o fauna poco común: el cual se debe conservar o proteger debido al alto valor ecológico.
- Diversidad biológica: zonas con variedad extensa de especies animales o vegetales, que constituyen nichos ecológicos del alto valor ecológico
- Las áreas que funcionan como zonas de protección para otros suelos, contra las inundaciones o las erosiones.

Usando estos criterios, un mapa de zonificación de la valoración ecológica, fue bosquejado clasificando los valores ecológicos en los siguientes cinco niveles:

- E1: Valor ecológico muy bajo; en el que no se justifican medidas de protección, recuperación, ni rehabilitación.

- E2: Valor ecológico bajo; en el que casos particulares justificarán las recomendaciones de manejo, o normas particulares de la explotación sin restricciones importantes en el uso, la restauración, o la rehabilitación que apunta a su conservación.
- E3: Valor ecológico notable; en el que casos particulares justificarán las recomendaciones de manejo, o normas particulares de explotación sin restricciones importantes en el uso, la restauración, o la rehabilitación, que apuntan su conservación.
- E4: Valor ecológico alto; en el cuál las normas de manejo y las restricciones del uso son muy importantes; la protección de la unidad deberá ser eficaz y se deberá practicar una limitación cuasi absoluta.
- E5: Valor ecológico muy alto; en el que la conservación y la protección debe ser absoluta, restringiendo toda clase de uso.



Fuente Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-7 Valoración Ecológicas del Área Metropolitana de Santa Cruz

La Figura de arriba muestra el mapa de la valoración ecológica del Área Metropolitana de Santa Cruz, como resultado del análisis fisiológico y ecológico. Como puede verse, la zona central de Santa Cruz de la Sierra, no tiene ninguna clasificación bajo estos criterios de valoración; mientras que las áreas urbanas del Warnes, Cotoca, Porongo, y El Torno pertenecen a las zonas del “valor ecológico bajo (E2)”. La situación excepcional para La Guardia demuestra que incluso su área urbana está dentro de la zona de “alto valor ecológico (E4)”.

La zona del este que conecta Warnes con Santa Cruz de la Sierra, se cataloga como “valor ecológico notable (E3)”, mientras que el área occidental es E2.

La mayor parte de Cotoca y de Santa Cruz de la Sierra es E3, con zonas parciales clasificadas como “valor ecológico alto (E4)”.

La margen izquierda del río Piraí, entre Porongo y Santa Cruz de la Sierra, es clasificada con el “valor ecológico muy alto (E5)”.

(7) Áreas Protegidas del Área Metropolitana de Santa Cruz

El régimen de áreas protegidas en el Departamento de Santa Cruz está normado por la Ley Departamental No.98 (*Ley de Conservación del Patrimonio Natural del Departamento de Santa Cruz de*) promulgada el 21 de mayo de 2015.

El régimen abarca cuestiones de conservación de los ecosistemas naturales, hábitats, biodiversidad, recursos genéticos, recursos de agua, bienes/productos naturales, y funciones del ecosistema en la jurisdicción del Departamento de Santa Cruz.

La Ley apunta a la conservación de la fauna y de la flora, con especial interés en especies vulnerables, endémicas, amenazadas, y puestas en peligro. Además, se considera la conservación de formaciones geológicas, espeleológicas, arqueológicas, y paleontológicas. Como aquellas, la conservación de paisajes naturales y la belleza escénica del departamento, está comprometida.

En el Área Metropolitana de Santa Cruz existen dos áreas protegidas:

- Unidad de Conservación del Patrimonio Natural (UCPN) y Unidad Natural de Manejo Integral (UNMI), Lomas de Arena.
- Monumento Natural Departamental Espejillos, UCPN.

Mediante la Ordenanza Municipal 044/2007, el municipio de Santa Cruz de la Sierra estableció el Parque Urbano de Preservación Ecológica Curichi la Madre para conservar los recursos naturales, la fauna salvaje, y las especies nativas, y también establecer el equilibrio ecológico y prevenir la contaminación.

Del mismo modo, con la Ordenanza Municipal 150/2009 se delimitó el área jurisdiccional del Parque Ecológico Metropolitano Piraí, la cual corresponde al Municipio de Santa Cruz de la Sierra. El esfuerzo de conservación del Parque Ecológico Metropolitano de Piraí es una iniciativa propuesta por la Ley 2913 del 18 de noviembre de 2004, la cual involucra a los municipios que abarcan el cordón ecológico de las áreas verdes ribereñas a lo largo del Río Piraí. Sin embargo, a la fecha únicamente el tramo correspondiente al Municipio de Santa Cruz de la Sierra fue delimitado y normado por Ordenanza Municipal.

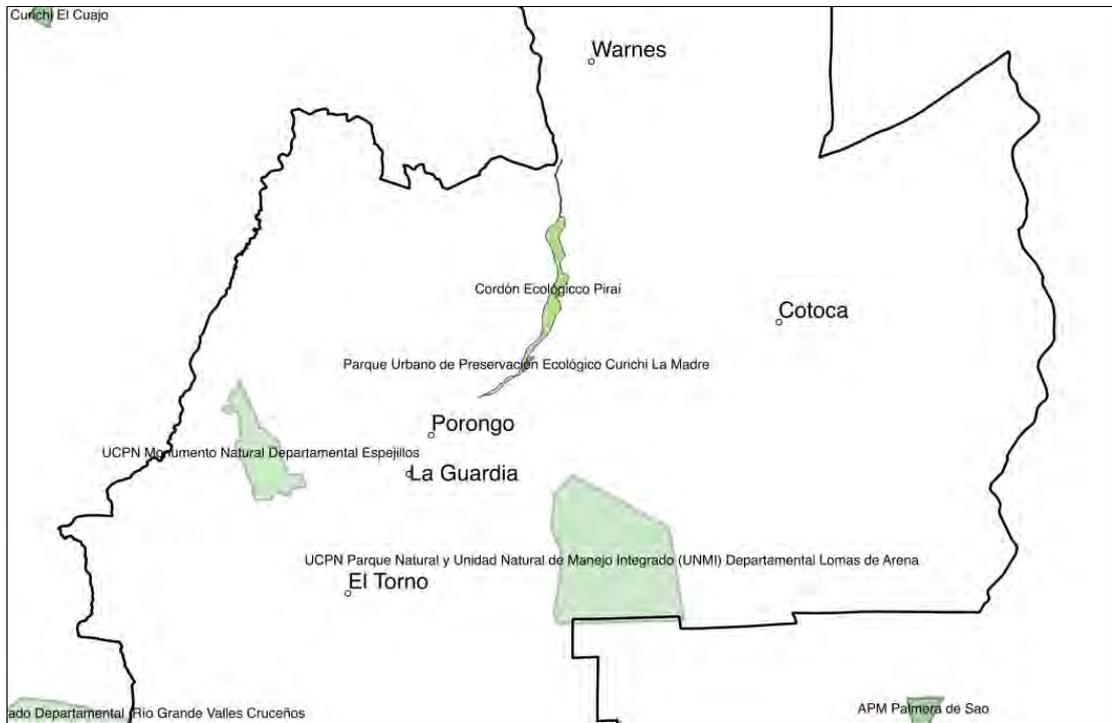
La ubicación de estas áreas protegidas se muestra en la Figura 4.2-8.

La Unidad de Conservación del Patrimonio Natural (UCPN) y la Unidad Natural de Manejo Integral (UNMI) Lomas de Arena, está en la jurisdicción municipal de La Guardia. Fue inicialmente establecida por DS No. 22911 de 25 de Septiembre de 1991, con una extensión de 13.326,6 hectáreas bajo un anterior nivel nacional. Después de varias revisiones, la última en 6 de Mayo de 2013, por Resolución ADM 0011/2013, fue establecido sobre las 14.075,97 hectáreas actuales.

Según la definición de la Ley. No.98, UCPN es un espacio territorial para la conservación con características naturales, funciones del ecosistema, interés geológico, histórico, y cultural, con o sin asentamientos humano. Por otra parte, UNMI tiene como objetivo hacer compatible la conservación del patrimonio natural con el desarrollo sostenible de la población local. Su espacio contiene ecosistemas prístinos predominantemente naturales. Su gestión deberá asegurar la protección a largo plazo (y concomitante con) la conservación de la diversidad biológica.

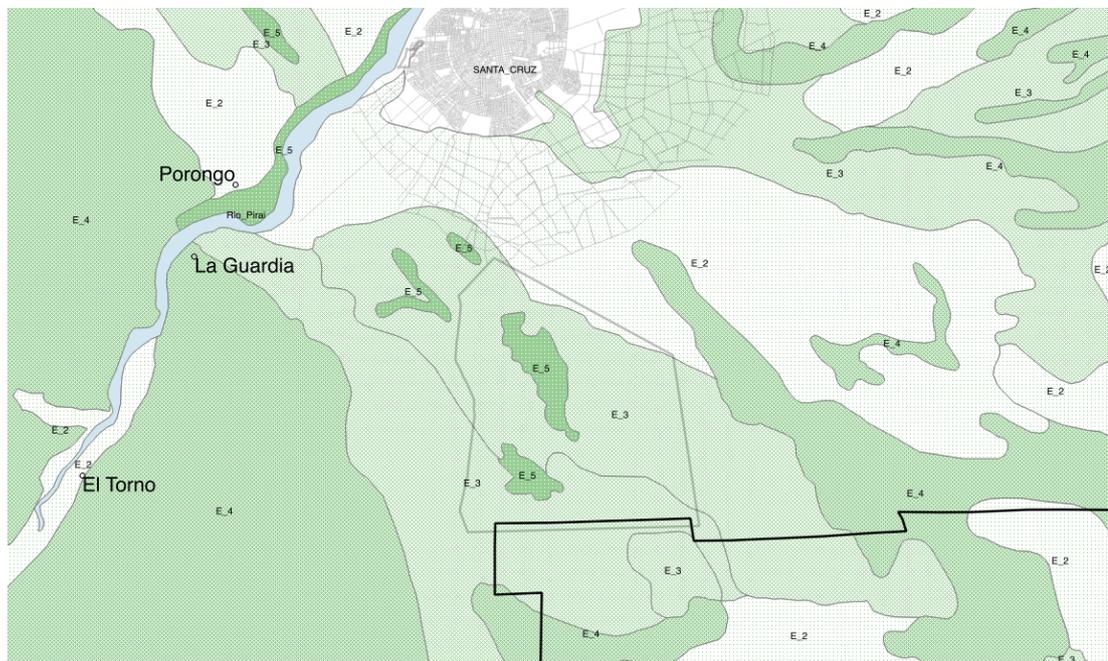
El DS No. 22911 estableció las Lomas de Arena como un parque regional e instruyó prohibir los derechos de uso del suelo, la extracción de arena, el chaqueo/quema de la vegetación y la

tala del bosque, la caza y pesca comercial, los deportes y toda la clase de actividades que atenten la conservación del parque.



Fuente Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-8 Áreas Protegidas del Área Metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente del Municipio de Santa Cruz de la Sierra, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-9 UCPN y UNMI Lomas de Arena

El estado de la conservación de la zona de bosque de Lomas de Arena está considerado

vulnerable, siendo las amenazas la tala de árboles y los incendios forestales. Algo de agricultura y ganadería tradicional es practicado en el área por terratenientes privados, que afectan con la tala progresiva de árboles. El área del bosque preserva especies del bosque húmedo y la sabana natural hospeda animales, a saber, oso hormiguero, zarigüeya, perezoso, zorro, monos, tejón, murciélagos y aves migratorias, entre unas 286 especies de aves. Por otra parte, también se registran alrededor de 50 especies de reptiles y de anfibios.

La fauna del área abarca 208 especies de plantas vasculares (a saber, especies nativas como *toboroichi*, *tajibo*, *curupaú*, *motacú*, *total*) y cactus.

La Figura 4.2-10 muestra la situación del Parque Urbano para la Preservación Ecológica Curichi la Madre, que está considerado en la zona central de Santa Cruz de la Sierra, donde no está clasificada en la valoración ecológica.

La jurisdicción del Parque Ecológico Metropolitano de Piraí, corresponde al Municipio de Santa Cruz de la Sierra, comúnmente conocida como el Cordón Ecológico del Piraí, la cual se encuentra en la margen derecha del río Piraí dentro de la circunscripción del Municipio de Santa Cruz de La Sierra. Como se muestra en la siguiente figura, ésta se distribuye en zonas E2 (valor ecológico bajo) y zonas no clasificadas. No obstante, se destaca que la margen izquierda del río en la jurisdicción de Porongo se clasifica como zona E5 (valor ecológico muy alto).

La Ordenanza Municipal 150/2009 definió el Parque Ecológico del Piraí como Bosque de Protección estableciendo normas técnicas para la adecuación de los hogares preexistentes y el uso de la tierra, que comprenden la reforestación con fines de protección, las actividades de protección de la fauna silvestre y otras actividades de manera limitada, tales como actividades recreativas, sociales y culturales, alojamiento y algunos servicios institucionales públicos.

Por otra parte, la Ordenanza Municipal prohíbe diversas actividades como el movimiento de tierras con maquinaria pesada, la tala de árboles en zonas no autorizadas, la tenencia de la tierra, la concesión forestal, las actividades agrícolas y ganaderas, actividades industriales, de residencia y actividades comerciales. Mientras que las obras arquitectónicas y civiles en el área de influencia se permiten siguiendo normas técnicas definidas.

En la zona están registradas 51 familias y 97 especies de flora con alta densidad (403 individuos por hectárea). Se han identificado 11 especies de importancia económica: el Cacha (*Cyclolobium blanchetianum*), el Tajibo Amarillo (*Tabebuia impetiginosa*), el Ochoó (*Hura crepitans*), el Caqui (*Lonchocarpus guillemine-anus*) y Curupaú (*Anadenanthera colubrina*). Afortunadamente, no existen especies en peligro bajo los criterios de la UICN.

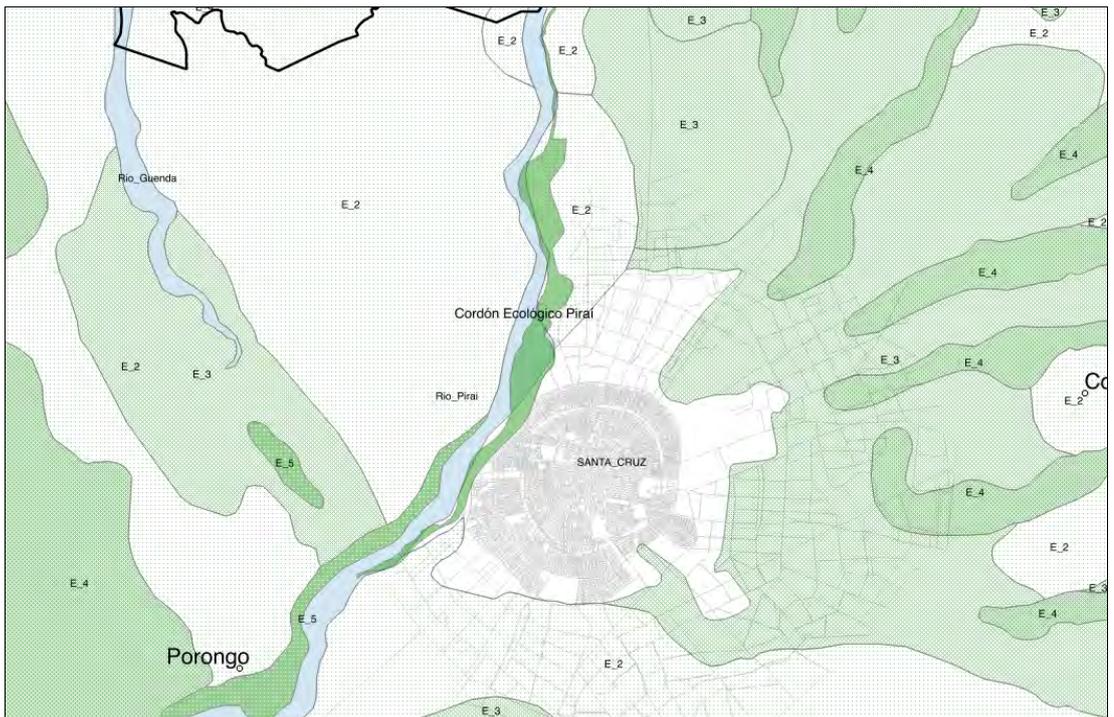
Los recursos faunísticos también son abundantes teniendo en cuenta que son cientos en la zona con alrededor de 46 especies, entre ellos 12 mamíferos, 30 aves, 3 reptiles y 1 anfibio, registrados bajo la CITES.

La principal amenaza en el área depende de los cambios en el uso de la tierra, presión por la deforestación, erosión del suelo, fragmentación del sistema hidrológico, crecimiento de urbanizaciones y construcción de infraestructuras civiles.



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente del Municipio de Santa Cruz de la Sierra, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-10 Parque Urbano para la Preservación Ecológica Curichi la Madre



Fuente: Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra, Secretaría de Medio Ambiente, procesado por el Equipo de Estudio

Figura 4.2-11 Delimitación del Cordón Ecológico del Pirai

(8) Calidad del aire del Área Metropolitana de Santa Cruz

La gestión de la calidad del aire se rige por el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica. El Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), las instituciones sectoriales competentes, los gobernadores y alcaldes deben llevar a cabo las acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica. De acuerdo con el Reglamento, los parámetros de los indicadores de la calidad del aire se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 4.2-2 Límites admisibles para la calidad del aire

Parámetro	Valor de concentración	Período de caracterización estadística
Monóxido de Carbono	10 mg/m ³	Promedio de ocho horas
	40 mg/m ³	Promedio de una hora
Dióxido de Azufre	80 µg/m ³	Media aritmética Anual
	365 µg/m ³	Promedio de 24-horas
Dióxido de Nitrógeno	150 µg/m ³	Promedio de 24-horas
	400 µg/m ³	Promedio de una hora
Total de Partículas suspendidas	260 µg/m ³	Promedio de 24-horas
	75 µg/m ³	Media aritmética Anual
PM10	150 µg/m ³	Promedio de 24-horas
	50 µg/m ³	Media aritmética Anual
Ozono	236 µg/m ³	Una hora máximo
Plomo	1,5 µg/m ³	Media aritmética Trimestral
Arsénico	50 ng/m ³	Media aritmética Anual
Cadmo	40 ng/m ³	Media aritmética Anual
Magnesio	2 µg/m ³	Media aritmética Anual
Mercurio	1 µg/m ³	Media aritmética Anual
Vanadio	0,2 µg/m ³	Media aritmética Anual
Zinc	50 µg/m ³	Media aritmética Anual
Ácido sulfhídrico	150 µg/m ³	Promedio de 24-horas
Fluor	50 mg/m ³	Media aritmética Anual
Cloro, ácido clorhídrico	100 µg/m ³	Media aritmética Anual
Diclorometano	1 mg/m ³	Promedio de 24-horas
Tricloroetileno	1 mg/m ³	Promedio de 24-horas
Tetracloroetileno	5 mg/m ³	Promedio de 24-horas
Estireno	800 µg/m ³	Promedio de 24-horas
Tolueno	7,5 mg/m ³	Promedio de 24-horas
Formaldehído	100 µg/m ³	Promedio de media hora
Disulfuro de carbono	100 µg/m ³	Promedio de media hora

Nota: Los valores de concentración se refieren a las condiciones normales (1 atm y 25 ° C)

Fuente: Anexo 1 y 2 del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (DS 24176)

El Capítulo III del Reglamento establece las normas ambientales para la prevención de la contaminación atmosférica por fuentes no fijas denominadas Normas Técnicas para las Emisiones Vehiculares; mientras que el Capítulo V del Reglamento estipula sobre la evaluación y control de ruidos y olores molestos. El Decreto Supremo N° 28139 promulgada el mayo de 2005, también establece para los nuevos vehículos los límites de emisión de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, y la materia particulada discriminada para vehículos a gasolina y a diésel en base a las directivas europeas y normas norteamericanas.

Las siguientes tablas muestran los límites permitidos de los niveles de calidad de las emisiones y niveles de ruido para fuentes no fijas.

Tabla 4.2-3 Límites permitidos para la emisión de los vehículos

Tipo de vehículo	Año del modelo	Monóxido de Carbono (volumen-%)	Hidrocarburos (ppm)	
			hasta 1.800 msnm	desde 1.800 msnm
Automóviles a gasolina	hasta 1997	6,0	600	650
	1998 - 2004	2,5	400	450

	desde 2005	0,5	125	125
Automóviles a gas natural	hasta 1997	2,5	600	650
	1998 - 2004	2,5	400	450
	desde 2005	0,5	125	125

Fuente: Anexo 5, Tablas 1 y 2 del Reglamento en Materia de la Contaminación Atmosférica (DS 24176) modificado por DS 28139

Tabla 4.2-4 Límites permitidos para la emisión de motocicletas

Capacidad nominal del motor (cc)	Monóxido de Carbono (volumen-%)	Hidrocarburos (ppm)
50 - 249	3,5	450
250 - 749	4,0	500
Desde 750	4,6	550

Fuente: Anexo 5, tabla 5 del Reglamento en Materia de Contaminación del Aire (DS 24176) modificado por DS 28139

Tabla 4.2-5 Límites de Emisiones permitidas para vehículos nuevos

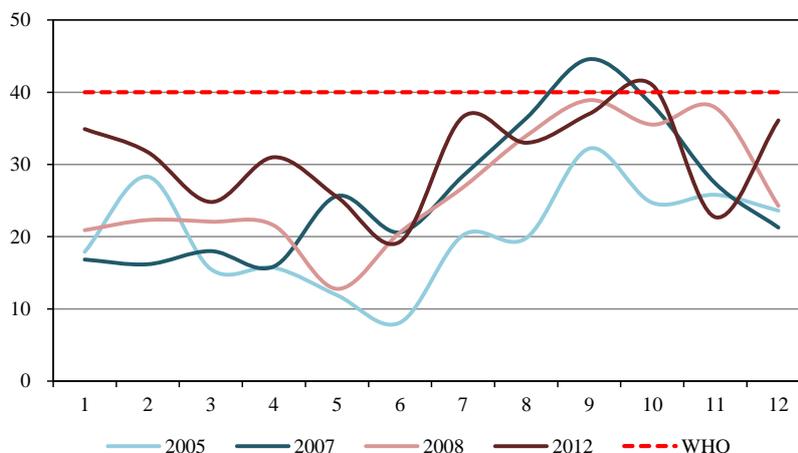
Vehículos livianos y medianos								
Alternativa 1								
Tipo	Peso referencial (Kg)	CO (g/km)		Hidrocarburos+NOx(g/km)		Material particulado(g/km)		
		Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	
≤6 pasajeros	≤2.500	2,72	3,16	2,72	1,13	0,14	0,18	
>6 pasajeros	≤1.250	2,70	3,16	0,97	1,13	0,14	0,18	
	<1.250 a	5,17	6,60	1,40	1,60	0,19	0,22	
	≤1.700							
	>1.700	6,90	8,00	1,70	2,00	0,25	0,22	
Alternativa 2								
Tipo	Peso Referencial	CO (g/km)		Hidrocarburo(g/km)		NOx (g/km)		Material particulado(g/km)
		Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Diesel
≤12 pasajeros	No especificado	2,13	2,13	0,26	0,26	0,63	0,63	0,13
GVWR≤6.000 lb	LVW≤3.750 lb	6,25	6,25	0,50	0,50	0,75	0,75	0,16
	LVW>3.750 lb	6,25	6,25	0,50	0,50	1,60	1,60	0,08
GVWR>6.000 lb	LVW≤3.750 lb	6,25	6,25	0,50	0,50	0,75	0,75	0,16
	LVW>3.750 lb	6,25	6,25	0,50	0,50	1,60	1,60	0,08
Vehículos pesados								
Alternativa 1								
Tipo	Peso referencial(kg)	CO (g/kWh)	Hidrocarburo(g/kWh)	NOx (g/kWh)	Material particulado(g/km)			
>12 pasajeros	>3.500 (13-pasos)	4,00	1,10	8,00	0,36			
Alternativa 2								
Tipo	Ciclo	CO (g/bHP-h)	Hidrocarburo (g/bHP-h)	NOx (g/bHP-h)	Material particulado (g/bHP-h)			
GVWR>3.860 kg	13-pasos	15,50	1,30	5,00	0,07			

Fuente: Regulación sobre Contaminación Atmosférica (DS 24176) modificado por DS 28139

Los vendedores de vehículos deberán cumplir las normas de emisión, según lo indicado por la regulación sobre contaminación atmosférica (DS 24176) modificada por DS 28139 (promulgado el 17 de mayo de 2005); sin embargo, las estipulaciones de la legislación no son actualmente aplicables.

El municipio de Santa Cruz de la Sierra comenzó el monitoreo de la calidad del aire en 2004, instalando 11 estaciones de monitoreo en la ciudad, para la medición del dióxido de

nitrógeno (NO₂), del ozono (O₃), y de materia particulada de tamaño menor a los 10 micrones (PM10). Los PM10 solo se miden en cuatro estaciones. En la Figura 4.2-12 se muestran los registros históricos.

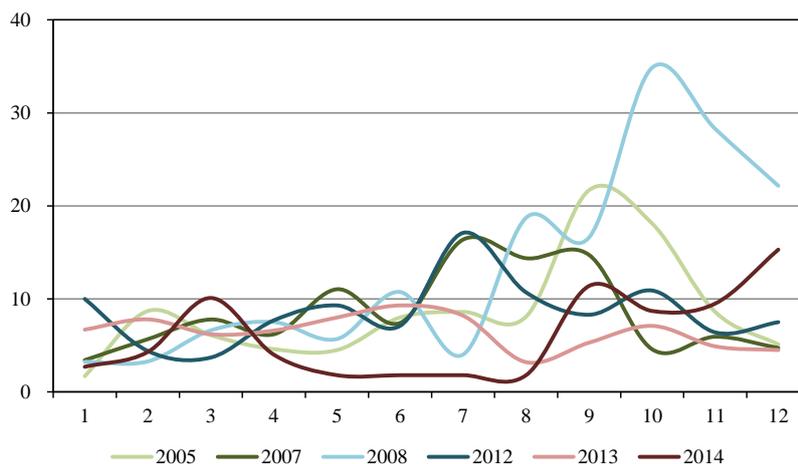


Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra, procesado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 4.2-12 Concentraciones de NO₂(µg /m³) en el aire en la zona central de Santa Cruz de la Sierra

Tal como se muestra en la Figura, una tendencia creciente de julio a octubre es evidente para NO₂. Durante estos meses la quema del pasto y de los arbustos (llamada localmente “*chaqueo*”) se practica extensamente en los alrededores de Santa. A su vez, durante los meses sin *chaqueo* se puede ver una tendencia de aumento anual. De acuerdo con el último comportamiento puede inferirse que la calidad del aire tiene correlación con el aumento del tráfico de automóviles.

Comparados con los estándares bolivianos de calidad del aire (150 µg/m³ en 24 horas promedio) los valores reportados cumplen con él; sin embargo, según las pautas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), está sobrepasando parcialmente el lineamiento recomendado (40 µg/m³ como media anual).

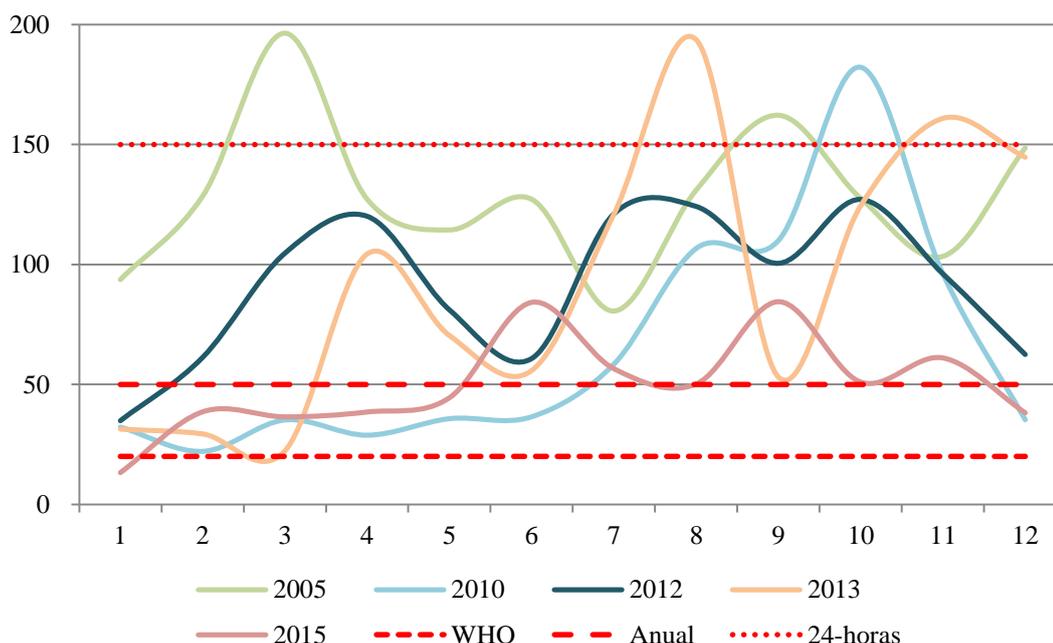


Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra, procesado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 4.2-13 Concentración de Ozono (µg/m³) en el aire en la zona central

De manera similar al comportamiento de NO₂, el ozono mostró una concentración menor en periodos sin *chaqueo*; sin embargo, los valores son menores también en comparación con las

directrices de la Organización Mundial de la Salud (100 µg/m³ como media de ocho horas).



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra, procesado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 4.2-14 Concentración PM10 (µg/m³) en el aire en la zona central

La materia particulada menor a 10 micrones (PM10) es menor con relación a las directrices de la Organización Mundial de la Salud (20µg /m³ como media anual) casi durante todo el año; también en comparación con los estándares bolivianos está excediendo parcialmente la base geométrica anual de 50 µg /m³ y el promedio para 24 horas de 150 µg /m³.

Aparte de las 11 estaciones de monitoreo, una instalada en la margen suroeste del tercer anillo es capaz de registrar en forma continua los tres parámetros. El resto de los 10 equipos está equipado con muestreadores y es necesario mandar la muestra al laboratorio para su análisis cuantitativo. Usualmente ellos han usado los servicios de análisis de la UPSA (Universidad Privada de Santa Cruz)

Basados en información de la Secretaría de Medio Ambiente del Municipio de Santa Cruz de la Sierra, para cumplir con las recomendaciones de las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el monitoreo de materia particulada menor a 2,5 micrones (PM2,5) está bajo análisis para su implementación.

Falta monitorear datos de los compuestos del óxido del carbono (COx), los compuestos del óxido del sulfuro (SOx), el benceno-tolueno-ethylbenzeno-xileno (BTEX) u otros componentes de los compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Se intentó una aproximación con SO2 en el pasado, sin embargo, por sus valores de detección tan bajos para ese tiempo, su continuidad fue descartada.

Una Tesis de Grado en la UPSA (Vaca J.E.O. 2010. *Determinación de la cantidad de emisiones producidas por vehículos con motor de combustión interna en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra*) inventarió varios contaminantes del aire, concretamente, monóxido de carbono (CO), los compuestos del óxido de nitrógeno (NOx), VOCs, SOx, PM10, PM2,5, dióxido de carbono (CO2), y metano generados por vehículos en Santa Cruz de la Sierra.

Simultáneamente, otra tesis en UPSA (Gómez B.C.M. 2010. *Análisis de las emisiones*

generadas por fuentes estacionarias y de sistemas de control aplicados en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra) estudió las emisiones de fuentes fijas y difusas en Santa Cruz de la Sierra, compilando datos monitoreados por el mismo y una encuesta sobre la investigación del sector industrial.

Los datos reportados de Vaca y Gómez para el año 2008 están detallados en la Tabla 4.2-6.

Tabla 4.2-6 Emisiones anuales de contaminantes atmosféricos en toneladas métricas en 2008

Parámetro	Vehículos (tm,%)		Fuentes fijas	Otras fuentes	Totales
PM10	na		649	21	na
PM2.5	na		79	0	na
PM	518		na	na	na
CO ₂	1.543.231	53%	1.310.097	48.656	2.901.984
CO	138.534	99%	1.009	150	139.693
Metano	12.501	99%	37	34	12.572
SO _x	88	31%	199	1	288
NO _x	12.019	91%	1.171	85	13.275
N ₂ O	121	81%	26	3	150
NH ₃	288	33%	33	559	880
VOCs	3.420	30%	989	7.170	11.579
TOC	na	na	100	9.347	na

Fuente: UPSA Tesis: Vaca (2010), Gómez (2010), reordenada i recalculada por el Equipo de Estudio JICA.

La contribución de las emisiones de vehículos en la contaminación atmosférica es considerable, fluctuando entre 30-99%, dependiendo del agente contaminador.

El ruido y la vibración se citan a menudo como irritantes para la gente que vive en áreas urbanas, pero es frecuente que el pico o los ruidos inesperados, sean los más problemáticos. La vibración es causada por todos los vehículos, pero son los carros pesados los que causan la mayor intrusión y ésta afecta el sueño, aumentando los niveles de estrés y ansiedad. Los ruidos de las bocinas son comunes en muchas ciudades y las alarmas de los coches también causan molestia a los residentes.

El Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica estipula medir los niveles de ruidos causados por los vehículos. Los límites permitidos de ruido están normados en función del peso bruto de los vehículos tal como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 4.2-7 Límites permitidos de nivel de ruido causado por fuente no fijas

Peso bruto del vehículo	hasta 3.000 kg	3.000-10.000 kg	Más de 10.000
Máximo permitido en dB	79	81	84

Fuente: Anexo 6 de la Regulación en Materia de Contaminación del Aire (DS 24176)

(9) Calidad del Agua en el Área Metropolitana de Santa Cruz

La Regulación en Materia de Contaminación del Agua, rige el manejo y el control de la calidad del agua en Bolivia. El capítulo III de la Regulación estipula la clasificación de los cuerpos del agua, según lo enumerado en la Tabla de abajo.

Tabla 4.2-8 Clasificación de los cuerpos de agua

Clase	Características
A	Aguas naturales de la más alta calidad, cualificadas para el consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con una desinfección bacteriológica simple.
B	Aguas de uso general que para el consumo humano es necesario el tratamiento físico y la desinfección bacteriológica.
C	Aguas de uso general, que para el consumo humano son necesarios tratamientos físicos y químicos completos y una desinfección bacteriológica.
D	Agua de la calidad más baja, que para el consumo humano, debido a la demanda pública extrema, requiere de pre-sedimentación inicial debido a alta turbiedad y al alto contenido de sólidos suspendidos, y luego un sistema completo del tratamiento fisicoquímico y desinfección bacteriológica.

Fuente: Artículo 4 de la Regulación en material de Contaminación de Agua (DS 24176)

La sección del río Piraí correspondiente al municipio de Santa Cruz de la Sierra, se clasifica, provisionalmente, como C y el arroyo Los Sauces como D, basada en el establecimiento de la Resolución Administrativa SDSyMA/DITCAM/005/2012 (publicada el 18 de abril de 2012).

La tabla A-1 del anexo A de la regulación establece los límites permitidos de los parámetros para la calidad del agua para cada categoría para la clasificación de los cuerpos del agua enumerada en la Tabla de abajo, como sigue:

Tabla 4.2-9 Límites permitidos para calidad del agua de los cuerpos de agua

Parámetro	Unidad	Clase A	Clase B	Clase C
pH	-	6,0 hasta 8,5	6,0 hasta 9,0	6,0 hasta 9,0
Temperatura	°C	±3°C de cuerpo receptor	±3°C de cuerpo receptor	±3°C de cuerpo receptor
Sólidos disueltos totales	mg/L	1.000	1.000	1.500
Aceites y grasas	mg/L	ausente	ausente	0,3
BOD5	mg/L	< 2	< 5	< 20
COD	mg/L	< 5	< 10	< 40
E-coli	MPN/100 mL	< 50 y < 5 en 80% de las muestras	< 1.000 y < 200 en 80% de las muestras	< 5.000 y < 1.000 en 80% de las muestras
Parásitos	MPN/L	< 1	< 1	< 1
Color	mg/L	< 10	< 50	< 100
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 80% saturación	> 70% saturación	> 60% saturación
Turbiedad	NTU	< 10	< 50	< 100
Sólidos suspendidos	mg/L o mL/L	< 10 mg/L	< 30mg/L o < 0,1mL/L	< 50 mg/L o 1 mL/L
Aluminio	mg/L	0,2	0,5	1,0
Amonio	mg/L	0,05 como NH	1,0 como NH	2 como NH
Antimonio	mg/L	0,01	0,01	0,01
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05
Benceno	µg/L	2,0	6,0	10,0
Bario	mg/L	0,05	1,0	2,0
Berilio	mg/L	0,001	0,001	0,001
Boro	mg/L	1,0	1,0	1,0
Calcio	mg/L	200	300	300
Cadmio	mg/L	0,005	0,005	0,005
Cianuro	mg/L	0,002	0,1	0,2
Cloruro	mg/L	250 como Cl	300 como Cl	400 como Cl
Cobre	mg/L	0,05	1,0	1,0
Cobalto	mg/L	0,1	0,2	0,2
Cromo hexavalente	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cromo trivalente	mg/L		0,6	0,6
1-2 Dicloroetano	µg/L	10,0	10,0	10,0
1-1 Dicloroetileno	µg/L	0,3	0,3	0,3
Estaño	mg/L	2,0	2,0	2,0
Fenol	µg/L	1	1	5
Hierro soluble	mg/L	0,3	0,3	0,1

Parámetro	Unidad	Clase A	Clase B	Clase C
Fluoruro	mg/L	1,7	1,7	1,7
Fosfatos totales	mg/L	0,4 como ortofosfato	0,5 como ortofosfato	1,0 como ortofosfato
Magnesio	mg/L	100	100	150
Manganeso	mg/L	0,5	1,0	1,0
Mercurio	mg/L	0,001	0,001	0,001
Litio	mg/L	2,5	2,5	2,5
Níquel	mg/L	0,05	0,05	0,5
Nitrato	mg/L	20,0	50,0	50,0
Nitrito	mg/L	< 1,0 como N	< 1,0 como N	< 1,0 como N
Nitrógeno total	mg/L	5	12	12
Plomo	mg/L	0,05	0,05	0,05
Plata	mg/L	0,05	0,05	0,05
Pentaclorofenol	µg/L	5,0	10,0	10,0
Selenio	mg/L	0,01	0,01	0,01
Sodio	mg/L	200	200	200
Sólidos Flotantes		Ausente	Ausente	Ausente
Sulfato	mg/L	300	400	400
Sulfuro	mg/L	0,1	0,1	0,5
Detergentes	mg/L	0,5	0,5	0,5
Tetracloroetano	µg/L	10	10	10
Tricloroetano	µg/L	30	30	30
Tetracloruro de carbono	µg/L	3	3	3
2,4,6 Triclorofenol	µg/L	10	10	10
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	0,2	0,2	5,0
Aldrín / dieldrín	µg/L	0,03	0,03	0,03
Clordano	µg/L	0,3	0,3	0,3
D.D.T.	µg/L	1,0	1,0	1,0
Endrina	µg/L			
Endosulfán	µg/L	70	70	70
Heptacloro y epóxido de heptacloro	µg/L	0,1	0,1	0,1
Lindano	µg/L	3,0	3,0	3,0
Metoxicloro	µg/L	30	30	30
PCB	µg/L	2,0	0,001	0,001
Toxafeno	µg/L	0,01	0,01	0,01
Demeton	µg/L	0,1	0,1	0,1
Gution	µg/L	0,01	0,01	0,01
Malatión	µg/L	0,04	0,04	0,04
Paratión	µg/L			
Carbaril	µg/L		0,02	0,02
2,4-D; herbicida: clorofenoxi	µg/L	100	100	100
2,4,5-TP; herbicidas clorofenoxi	µg/L	10,0	10,0	10,0
2,4,5-T	µg/L	2,0	2,0	2,0
Radiación alfa	Bq/L	0,1	0,1	0,1
Radiación Beta	Bq/L	1,0	1,0	1,0

Fuente: Tabla A-1 del Anexo A de la Regulación en materia de Contaminación de Agua (DS 24176)

La tabla siguiente enumera los límites permitidos para la descarga líquida según lo indicado en el anexo A-2 de la regulación.

Tabla 4.2-10 Límites permitidos para descargas líquidas

Parámetro	Unidad	Diariamente	Mensualmente
Cobre	mg/L	1,0	0,5
Zinc	mg/L	3,0	1,5
Plomo	mg/L	0,6	0,3
Cadmio	mg/L	0,3	0,15
Arsénico	mg/L	1,0	0,5
Cromotriivalente	mg/L	1,0	0,5
Cromohexavalente	mg/L	0,1	0,05
Mercurio	mg/L	0,002	0,001
Hierro	mg/L	1,0	0,5
Antimonio	mg/L	1,0	
Estaño	mg/L	2,0	1,0
Cianuro libre (sector minero)	mg/L	0,2	0,10
Cianuro libre (sector hidrocarbúrfico)	mg/L	0,5	0,3
pH		6 a 9	6 a 9
Temperatura	°C	±5	±5
Compuestos fenólicos	mg/L	1,0	0,5
Sólidos suspendidos totales	mg/L	60,0	
Coliformes fecales	MPN/100 mL	1.000	
Aceites y grasas (sector minero)	mg/L	10,0	
Aceites y grasas (sector hidrocarbúrfico)	mg/L	20,0	
BOD5	mg/L	80,0	
COD (sector minero)	mg/L	250,0	
COD (sector hidrocarbúrfico)	mg/L	300,0	
Amonio	mg/L	4,0	2,0
Azufre	mg/L	2,0	1,0

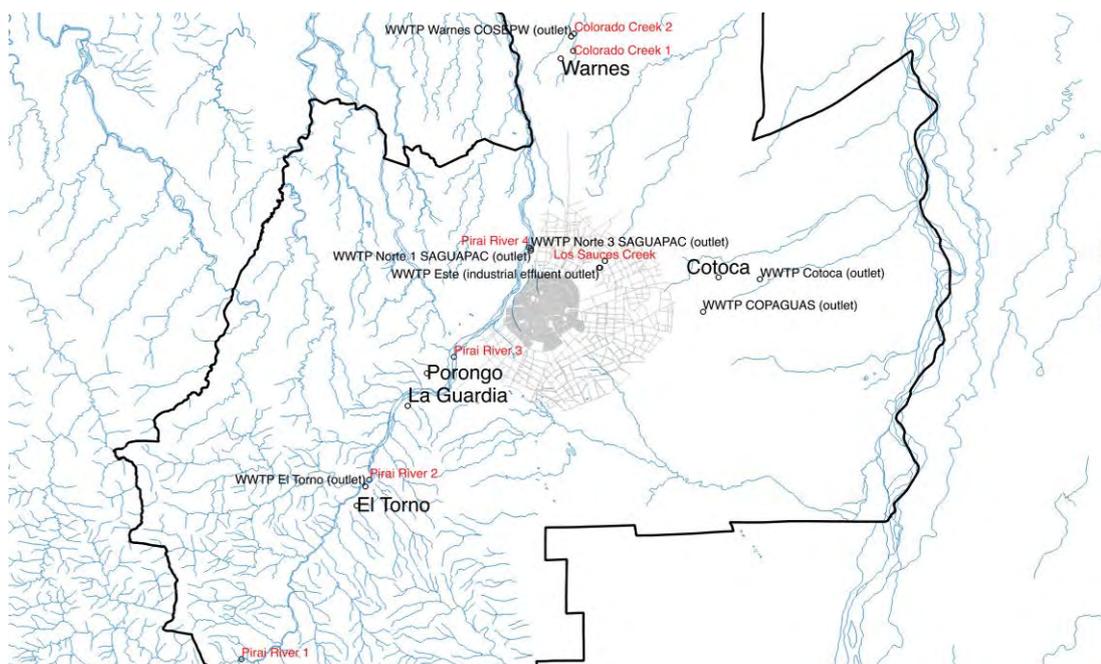
Fuente: Tabla A-2 del Anexo A de la Regulación en materia de Contaminación de Agua (DS 24176)

Según la información de SAGUAPAC, se encontró contaminación difusa por el nitrógeno, aumento de la salinidad y altas concentraciones de carbón orgánico. Además, derivados del petróleo, solventes industriales usados, compuestos orgánicos, microorganismos, fueron detectados en pozos poco profundos. Algunos pozos poco profundos de particulares, mostraron concentraciones de nitratos y del manganeso más arriba de los valores recomendados por el OMS.

SAGUAPAC también informó que todos los pozos recientemente excavados y los pozos poco profundos existentes mostraron contaminación por E-coli. Algunos de los pozos contaminados alcanzan una profundidad de 50 m. Los valores medios de carbón orgánico total (TOC) y de demanda de oxígeno (COD) dieron como resultado 2,3 y 5,5 mg/L, respectivamente.

De acuerdo con los datos, el riesgo principal de contaminación es causado por drenajes no tratados del alcantarillado; especialmente por los numerosos tanques sépticos que existen en la zona. Y se deduce que la contaminación con compuestos orgánicos, es causada por las escorrentías y filtraciones de los caminos y de las zonas urbanas.

Entre el 3 de enero y el 8 de febrero de 2013, el Gobierno del Departamento de Santa Cruz, realizó un muestreo in situ de la calidad del agua de aguas superficiales, en las localidades mostradas en la Figura de abajo.



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra, procesado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 4.2-15 Puntos de muestreo para aguas superficiales y puntos de descarga de plantas de tratamiento de agua residual

Como se muestra, los puntos de muestreo Río Pirai 2, Río Pirai 4 y Arroyo Colorado 2, están situados río abajo de puntos de drenaje de las plantas de tratamiento de aguas residuales; y el Arroyo Los Sauces dentro del área de influencia de la planta de tratamiento de agua residuales industriales. Es evidente que las plantas de tratamiento de aguas residuales de Cotocha y de COPAGUAS, están situadas en la cuenca del río Grande. La calidad del agua medida se enumera en el Tabla de abajo.

Tabla 4.2-11 Calidad de agua de aguas superficiales (muestrs Enero-Febrero 2013)

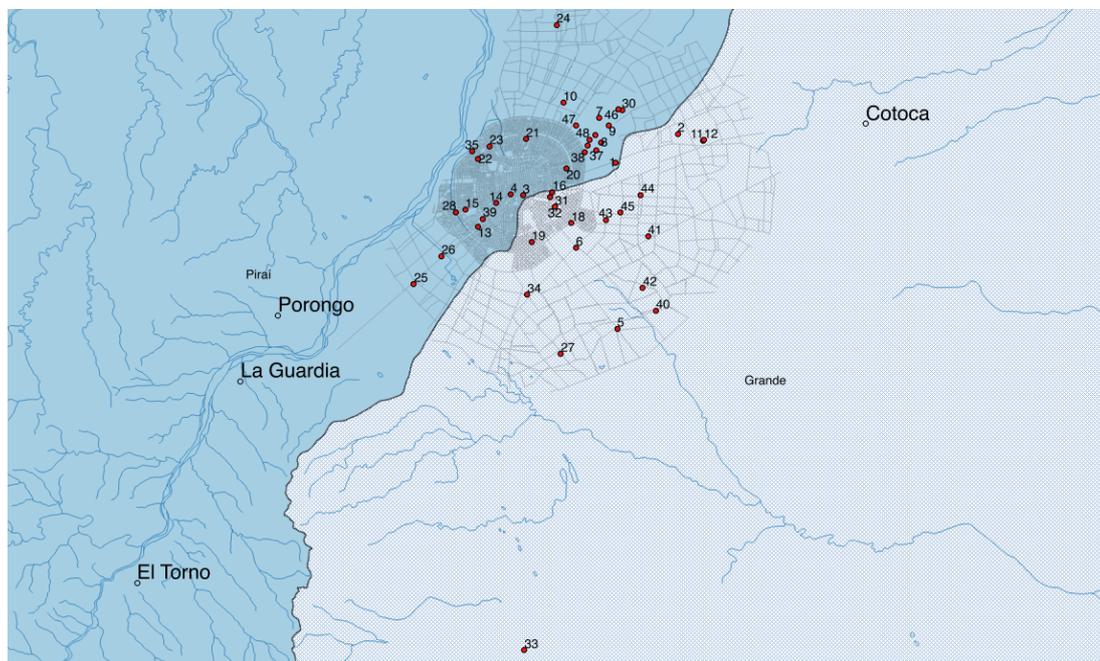
Parámetro	Río Pirai 1	Río Pirai 2	Río Pirai 3	Arroyo Los Sauces	Río Pirai 4	Arroyo Colorado 1	Arroyo Colorado 2
pH	7,4	7,7	7,9	7,8	8,1	7,9	7,7
Temperatura (°C)	24,6	27,3	24,9	30,0	32,0	26,5	28,0
Conductividad (µmhos/cm)	214	262	359	1.490	349	1.215	1.088
TDS (mg/L)	196	202	240	790	215	704	636
TSS (mg/L)	382	472	820	195	810	48	48
DO (mg/L)	8,4	8,1	8,3	4,1	4,2	4,1	4,9
BOD ₅ (mg/L)	nd	nd	nd	66	nd	28	173
COD (mg/L)	57	41	53	407	44	145	255
NO ₃ (mg/L)	4,0	6,1	6,4	7,8	2,0	4,4	nd
NO ₂ (mg/L)	nd	nd	nd	9,4	nd	nd	0,7
N (mg/L)	nd	nd	nd	118,3	nd	21,0	25,6
Total P (mg/L)	0,2	0,3	nd	7,4	0,3	4,4	4,5

Fuente: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente del Departamento de Santa Cruz, reordenado por el Equipo de Estudio JICA

De los valores enumerados en la Tabla, es obvia la tendencia de la degradación de la calidad del agua río abajo y también el impacto del drenaje de aguas residuales tratadas. Los valores resaltados en color marrón, son menores con respecto a los límites permitidos para la calidad del agua de los cuerpos del agua para la clase C (véase la Tabla 4.2-9), y los valores

coloreados con marrón claro, con la clase A.

Además, el municipio de Santa Cruz de la Sierra hizo una encuesta de reconocimiento durante el año 2016 en 48 pozos de observación. La localización de los pozos de la observación, se muestra en la Figura de abajo.



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 4.2-16 Localización de Pozos de Observación en el Área Metropolitana de Santa Cruz

La calidad del agua medida de estos pozos de observación, se detalla en la Tabla de abajo.

Según lo enumerado, algunos de los pozos de la observación demostraron situaciones disminuidas con respecto a la calidad de la clase A; por ejemplo, el pozo tres localizado en el centro de Santa Cruz de la Sierra resultó con un NO3 más alto en profundidad de 65 M. Pozos 12, 13 con hierro en las profundidades 137 m y 56 m, respectivamente. Los pozos 22 (profundidad de 50 m) y 23 (profundidad de 100 m) están disminuidos en amoníaco. El pozo 32 de 150 m de profundidad resultó deteriorado en lo que respecta a la turbiedad, hierro y amoníaco; y la observación del pozo 41 con turbiedad y amoníaco.

Tabla 4.2-12 Calidad de aguas subterráneas (muestreo 1° de Enero, 2013)

Pozo	Profundidad (m)	Turbiedad (NTU)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	Fe (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
1	96	nd	101	16	8,4	0,05	13	7	3,6	nd
2	140	nd	77	9,7	1,4	0	2,1	12	0,8	nd
3	120	nd	54	8,9	1,4	0	2,2	29	0,5	nd
4	65	nd	110	6,8	41	0	61,9	21	26	nd
5	24	2,3	51	6,5	2,4	0	3,7	5	0,8	0,03
6	24	2,7	72	7,9	0,9	0	1,5	44	1,2	0,02
7	148	nd	73	12	1,6	0	2,4	15	1,4	nd
8	114	nd	90	12	11	0	17,3	7	2,6	nd
9	134	nd	59	11	0	0	0	6	0,6	nd
10	55	2,8	139	26	24	0,1	36,3	44	9,9	nd
11	130	nd	97	14	7,9	0,11	12,1	22	0,4	nd
12	137	nd	73	11	1,1	1,81	1,7	8	0,5	nd
13	56	nd	104	17	4,9	0,38	7,4	31	0,5	nd
14	93	nd	92	17	13	0,14	20,2	38	0,9	nd
15	124	nd	59	9,3	1,6	0	2,5	29	0,5	nd
16	120	nd	75	12	10,3	0,23	15,9	13	4,1	nd
17	55	nd	130	16	18	Nd	27,2	51	6,7	nd
18	46	nd	110	17	12	Nd	18,4	15	2,4	nd
19	22	nd	141	16	24	0,13	36,8	68	3,8	nd
20	161	nd	147	35	29	Nd	44,4	57	2,5	nd
21	68	nd	123	18	12	Nd	17,9	56	6	nd
22	50	nd	110	25	25	Nd	38,1	53	1,4	0,31
23	100	nd	60	11	1,4	Nd	2,2	21	0,5	0,13
24	80	nd	37	9,4	2,2	0,1	3,7	5	4,5	nd
25	80	nd	96	15	3,4	Nd	5,9	28	2,8	nd
26	102	nd	104	26	5,3	Nd	8,1	20	0,7	nd
27	37	nd	10	1,6	nd	Nd	nd	nd	0,7	nd
28	26	nd	102	26	3,1	Nd	4,7	35	1	nd
29	60	3,3	136	38	30	0,06	46,1	14	6,8	0,03
30	33	nd	37	7,4	3,8	0,05	5,8	7	1,7	0,02
31	80	1,6	71	12	5,8	0,09	8,9	8	2,2	nd
32	150	23	85	18	10	0,33	15,8	12	4,9	0,13
33	60	4,6	167	34	45	0,1	68,7	53	8,2	0,03
34	24	3	28	5,7	2,2	0,11	3,3	12	9,1	0,02
35	60	nd	51	11	12	0,13	19	12	0,7	0,02
36	138	nd	60	9,2	1,9	Nd	3	5	1,3	nd
37	130	nd	89	15	5,7	Nd	8,7	6	3,3	nd
38	186	nd	56	8	1,5	0,08	23	10	1,1	nd
39	75	nd	96	14	14	0,07	22	52	0,7	nd
40	126	nd	47	5,8	nd	Nd	0	nd	0,9	nd
41	39	21	111	21	8,4	0,26	13	nd	1,4	0,4
42	280	nd	44	5,9	nd	Nd	nd	10	0,6	nd
43	107	1,1	75	9,8	2,8	0,05	4,3	nd	1,8	nd
44	80	nd	72	18	10	Nd	15,6	11	5	nd
45	45	1	96	24	4,7	0,06	7,2	nd	2,9	nd
46	3	nd	64	8,1	22	Nd	34,5	105	10	nd
47	67	nd	136	43	29	Nd	44,3	40	5,3	nd
48	90	nd	134	24	22	Nd	33,5	200	3,1	nd

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente, Santa Cruz de la Sierra, reordenada por el Equipo de Estudio JICA.

(10) Gestión de desechos sólidos en el Área Metropolitana de Santa Cruz

Según la Junta General de Manejo Integral de la Basura Sólida, bajo el Vice ministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (2011. *Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en el Departamento de Santa Cruz*), la basura generada el 2010 en las áreas urbanas del

departamento de Santa Cruz, era la mayor de toda la nación, con una cantidad de 1.344 toneladas/día, excediendo las 1.160 toneladas/día de la ciudad capital de La Paz.

Los servicios de barrido de calles, la recolección y el transporte, la recolección selectiva de basura clasificada, el tratamiento de la basura y la disposición final de la basura sólida urbana del municipio de Santa Cruz de la Sierra, son proporcionados por EMACRUZ, una empresa propiedad del municipio.

Los servicios de recolección de basura de EMACRUZ, cubren los residuos domiciliarios, comerciales y hospitalarios, con transporte directos al relleno sanitario para su confinamiento. Los residuos hospitalarios son tratados por neutralización química, antes de su confinamiento en celdas separadas.

La generación per cápita de basura en Santa Cruz de la Sierra evolucionó de 0,68 kilogramos a 0,82 kilogramos en pocos años y se estima que alcanzará 0,94 kilogramos antes de 2018 (vida útil del relleno sanitario actual en la zona de Normandía). Debido a que más del 50% de la basura generada está compuesto por material orgánico, un espacio de cinco hectáreas cercano al relleno sanitario actual, está bajo análisis para elaborar abono, que es procesado en un período de 40-60 días; sin embargo la demanda para el abono es incierta.

El relleno existente, está instalado con el sistema de lixiviación conectado con un sistema de estanque de evaporación con el sistema de la recirculación al relleno; también un sistema concéntrico con tuberías para la recolección del lixiviado, con quemadores en el extremo de la tubería.

Se está planificando la construcción de un relleno sanitario nuevo, esperando la aprobación de la Secretaría de Desarrollo y Sostenible y Medio Ambiente. Se espera que el relleno nuevo sea utilizado por los Municipios del Área Metropolitana, bajo la gerencia de EMACRUZ. De acuerdo con su estimación, más del 90% de la generación pertenece al municipio de Santa Cruz de la Sierra y menos del 10% al resto de los municipios. El uso del sistema de incineración fue desestimado debido a la promulgación de una ley que prohíbe su uso.

La generación per cápita diaria de otros Municipios fue estimada: Cotoca 0,63 kg., El Torno 0,5° kg., La Guardia 0,43 kg., Porongo 0,52 kg. Y Warnes 0,48 kg. (2011. *Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en el Departamento de Santa Cruz, Tabla No. 3*).

La provisión de los servicios de manejo de desechos es realizada por micro empresas locales en los municipios de Cotoca (Micro empresa Tilichi) y de Warnes (Microempresa Macororó y Serere); mientras que en El Torno, La Guardia, y Porongo tienen su propia división municipal, a cargo de estas obligaciones.

La disposición final de los residuos sólidos en el municipio de Cotoca, es realizada en un vertedero abierto ubicado en una propiedad privada, localizada a 700 m del centro de la ciudad, depositando 81 toneladas por semana. Un sitio nuevo para la disposición de la basura está bajo análisis, en un lugar llamado La Rinconada, ubicado a 8 kilómetros al sudoeste de la ciudad.

El municipio de El Torno estableció su vertedero abierto cruzando el Río Piraí, a dos kilómetros del centro de la ciudad, en donde se depositan 7,5 toneladas por semana de basura sólida. El sitio es una tierra antigua usada para la extracción de la arena.

En el Municipio de La Guardia, existe un vertedero controlado para la disposición de residuos sólidos, localizado en el Barrio 23 de Octubre, El Carmen, a 12 km. Del centro de la

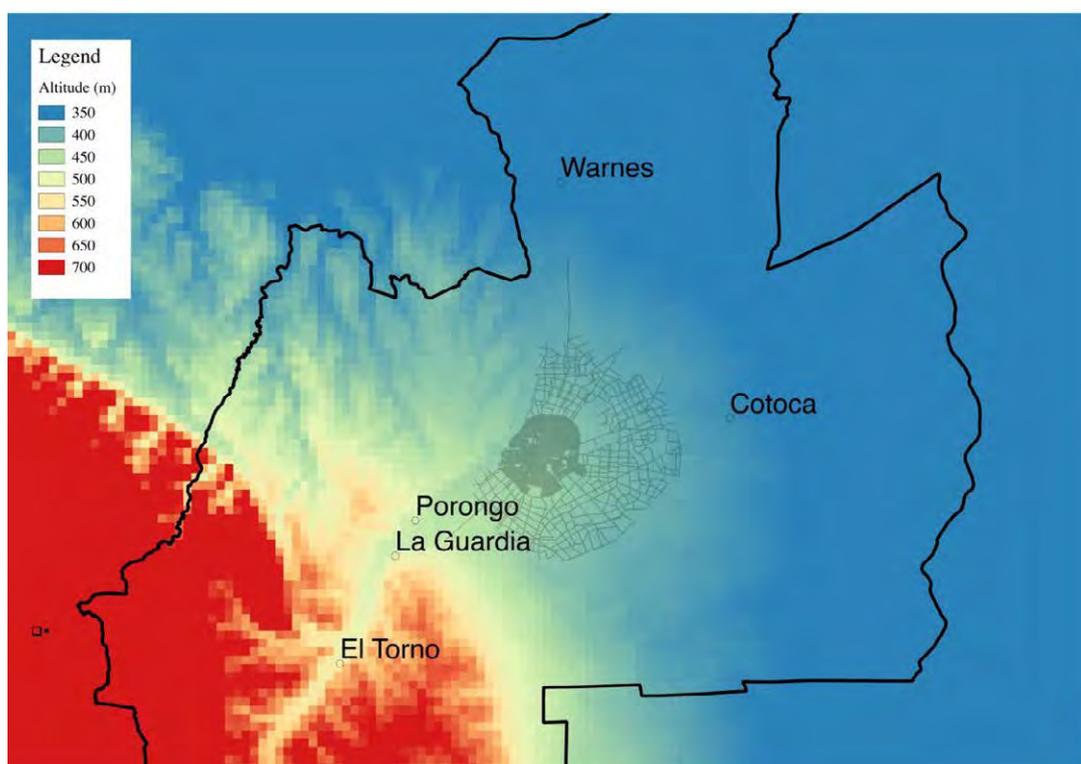
ciudad. 24 toneladas por semana son depositadas de forma semi-mecanizada.

Un vertedero abierto ubicado a 2,7 km del centro de la ciudad (a 700 m del margen izquierdo del Río Piraí cerca del borde del área de conservación) es usado en el Municipio de Porongo para sus desechos. Semanalmente son depositadas 8,4 toneladas.

El caso del Municipio de Warnes es también de un vertedero abierto, localizado a 2,5 km del centro de la ciudad, en el que se depositan 42 toneladas semanalmente.

(11) Entorno geográfico y riesgo de vulnerabilidad en el Área Metropolitana de Santa Cruz

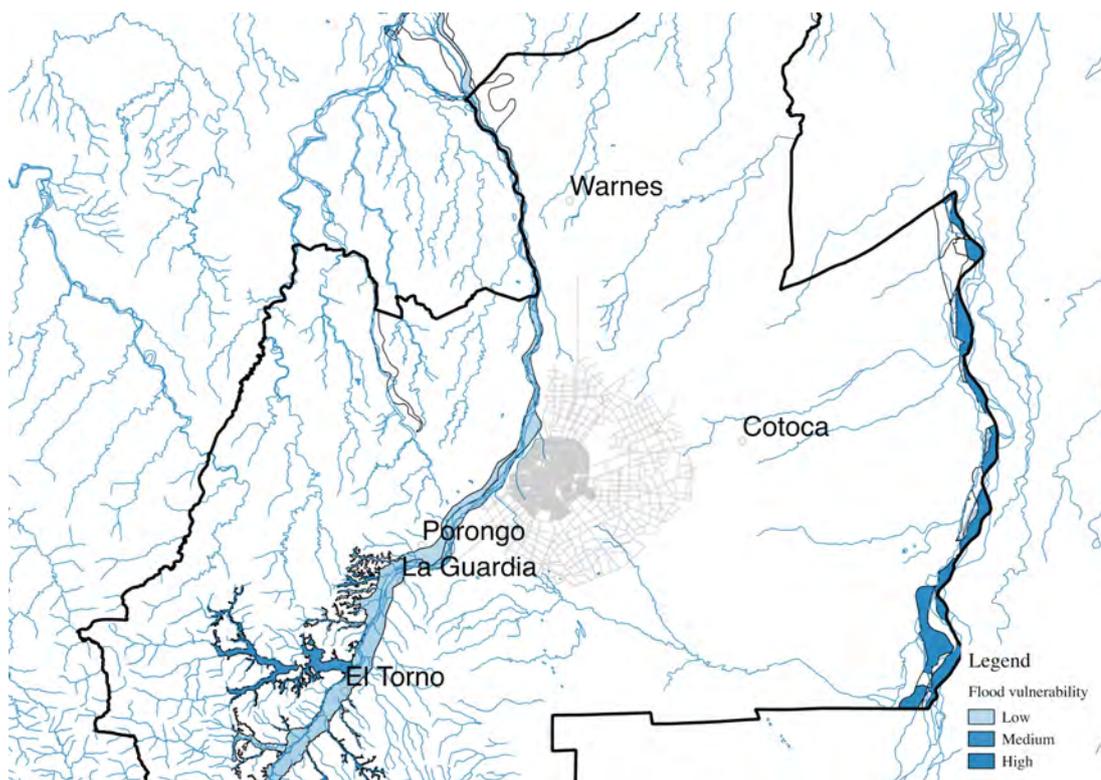
La topografía desciende suavemente de suroeste a noreste. La altitud de las ciudades capital varía de los 528 msnm de El Torno a los 340 msnm de Warnes. (La Guardia: 506 msnm, Porongo: 450 msnm, Santa Cruz de la Sierra: 416 msnm y Cotoca 350 msnm) La Figura de abajo muestra aproximadamente la distribución topográfica del Área Metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Clima Mundial Versión 1 alt 33, procesado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 4.2-17 Topografía del Área Metropolitana de Santa Cruz

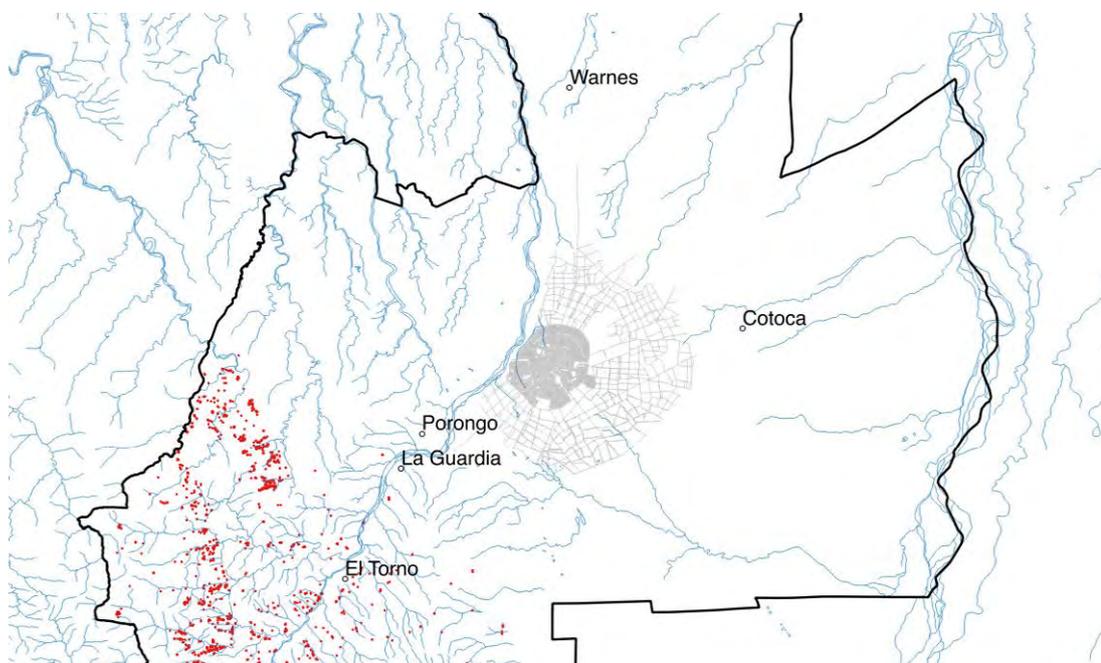
La Administración Departamental evalúa la vulnerabilidad del Área Metropolitana de Santa Cruz contra inundaciones, deslizamientos y sequías. La Figura siguiente muestra la vulnerabilidad a las inundaciones en el que es notoria la alta propensión a lo largo del Río Grande. Se identificó un nivel medio de riesgo en el tributario de la margen izquierda del Río Piraí cerca de El Torno;



Fuente: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente del Departamento de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-18 Mapa de vulnerabilidad a inundaciones del Área Metropolitana de Santa Cruz

Los puntos rojos en la Figura de abajo, muestran los lugares vulnerables a deslizamientos. Los lugares están dispersos en las tierras altas (sobre 600 msnm) de El Torno.

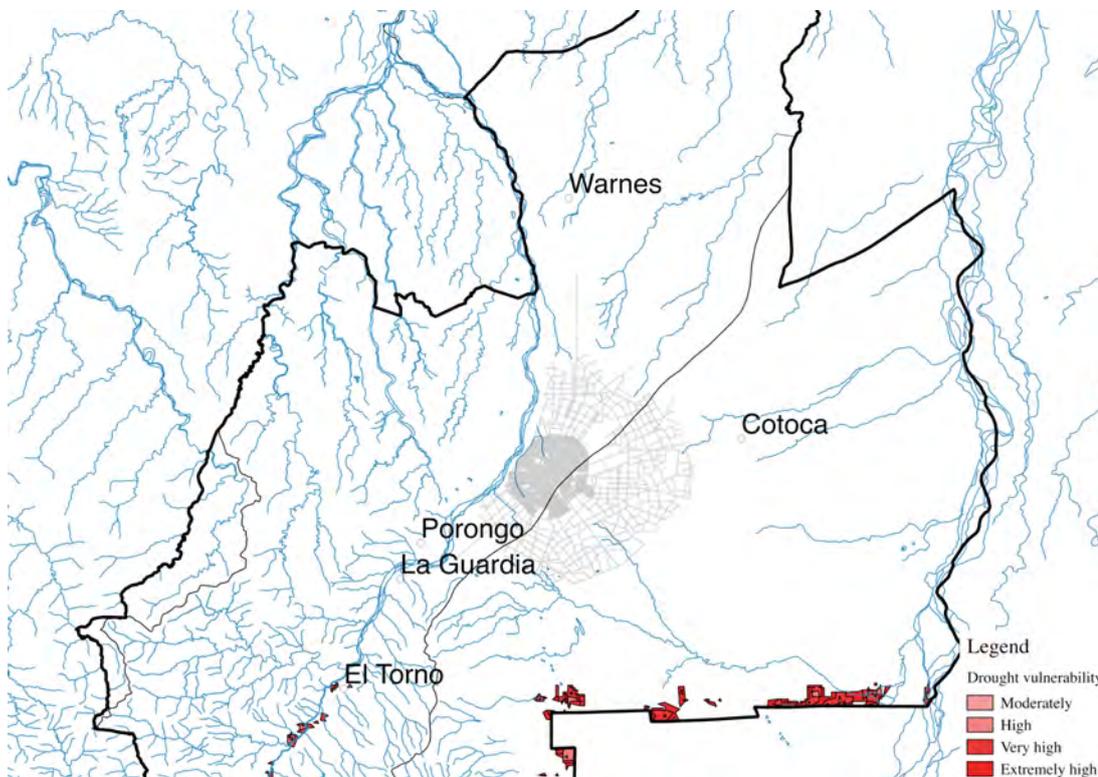


Fuente: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente del Departamento de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-19 Mapa de vulnerabilidad de Deslizamientos del Área Metropolitana de Santa Cruz

La siguiente Figura muestra las zonas vulnerables del Área Metropolitana de Santa Cruz a la

sequía. Se identifican algunas zonas al sur de la ciudad de El Torno a lo largo del Río Pirai y del límite de Santa Cruz de la Sierra con la Municipalidad de Cabezas de la Provincia Cordillera.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente del Departamento de Santa Cruz, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.2-20 Mapa de vulnerabilidad a la sequía en el Área Metropolitana de Santa Cruz

4.3 Alcance

La definición más común de alcance en el EAE se refiere a una serie de tareas que especifican las actividades y objetivos del proceso EAE. Como mínimo, esta etapa debe definir el contenido amplio de los factores del destino de EAE y los probables efectos ambientales importantes a considerar. De hecho, el proceso EAE consistirá en las siguientes actividades y enfoques.

- Colección de base de datos e información
- Identificación de las partes interesadas
- Consultas dentro y entre las autoridades públicas
- Descripción de iniciativas principales inherentes de desarrollo
- Efectos ambientales significativos a considerar
- Problema de reasentamiento involuntario y
- Establecimiento de criterios de evaluación para el análisis de alternativas.

4.3.1 Identificación de las partes interesadas

Las partes interesadas por defecto del enfoque actual están constituidas por las Administraciones Municipales del Área Metropolitana. Especialmente, la Secretaría, el

Departamento y las Direcciones encargadas de asuntos ambientales.

Las siguientes entidades también fueron identificadas como partes interesadas:

- El personal encargado del medio ambiente de la Dirección de Drenaje de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra tiene la obligación de monitorear la calidad del agua al final de la canalización de su sistema de drenaje en los puntos de descarga de las masas de agua. Al realizar este trabajo encontraron algunas conexiones no emparejadas, especialmente de industrias incumplidas que unen efluentes al sistema de canalización pluvial. Se están analizando para implementar dispositivos de medición para cuantificar los flujos de drenaje de agua.
- SEARPI (*Servicio de Encausamiento de Aguas y Regularización del Río Piraí*), institución dependiente del Gobierno del Departamento de Santa Cruz, a cargo del control de inundaciones y conservación de cuencas del Departamento.
- EMACRUZ una empresa de propiedad del Municipio de Santa Cruz de la Sierra para la prestación de servicios de barrido de calles, recolección y transporte de residuos, recogida selectiva de residuos clasificados, tratamiento de residuos y disposición final de los residuos sólidos urbanos. Los servicios de recogida de residuos abarcan los residuos domiciliarios, los residuos comerciales y los residuos hospitalarios (los residuos hospitalarios se tratan mediante neutralización química previa al confinamiento en celdas separadas) con transporte directo al vertedero sanitario para su confinamiento.
- Empresas privadas dedicadas al servicio de abastecimiento de agua y alcantarillado como SAGUAPAC.
- Representantes de organizaciones de proveedores de servicios de transporte público.

Complementa a las entidades antes mencionadas, la Facultad de Ingeniería de la UPSA (Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra) que participa en la Red MONICA que es una red nacional de monitoreo de la calidad del aire, la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UNE (Universidad Nacional Ecológica), un grupo de profesionales para la conservación del medioambiente y los medios de vida que es la Plataforma por el Medioambiente y la Vida, y la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), una ONG que trabaja con la Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente dependiente del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz para la conservación del medio ambiente.

4.3.2 Consultas dentro y entre las autoridades públicas

La primera etapa de las actividades de consulta consistió en reunir los datos e información relevantes inherentes a los planes de desarrollo a nivel de Administración Municipal como los del Área Metropolitana de Santa Cruz. El propósito de la consulta consistió en identificar los objetivos de desarrollo y las potenciales alteraciones ambientales asociadas en las respectivas jurisdicciones.

Se sostuvo tres reuniones de partes interesadas (denominadas Foro Ambiental en español). La primera reunión realizada el 26 de julio de 2016, en el Centro de Estudios Ambientales (CEA), donde se discutieron criterios de evaluación para las alternativas de escenarios de desarrollo, y la metodología para monitorear el escenario escogido. El 23 de noviembre de 2016 se llevó a cabo la segunda reunión de las partes interesadas en el CEA, donde fueron analizadas las diferentes alternativas de escenario de desarrollo utilizando los criterios seleccionados e identificando los indicadores de monitoreo para una gestión adecuada entre las partes interesadas.

La tercera y última reunión de las partes interesadas se celebró el 5 de mayo de 2017 en el

CEA, en la cual se compartió los indicadores disponibles de los criterios seleccionados, en la medida de lo posible, utilizando el método cuantitativo. Se discutió la necesidad de un mecanismo de colaboración para compartir los datos pertinentes y las responsabilidades de las partes interesadas sobre los deberes de monitoreo y se les alentó a continuar sus esfuerzos durante la implementación de las actividades del Plan Maestro.

El 12 de mayo de 2017 se realizó un taller técnico adicional para mejorar las capacidades locales sobre la utilización de técnicas de teledetección de un grupo de indicadores para los criterios seleccionados, como son, el efecto isla de calor, la calidad del aire y los índices de vegetación.

4.3.3 Descripción de iniciativas de desarrollo inherente principal

(1) Planes de desarrollo

El Programa de Desarrollo Sostenible de 2030, bajo el enfoque de las Naciones Unidas, estableció (septiembre de 2015) los Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible teniendo en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo nacional y respetando las políticas y prioridades nacionales.

Cada gobierno decidirá la forma en que estos objetivos deberían incorporarse en los procesos, políticas y estrategias nacionales de planificación. Además, es imprescindible establecer un vínculo entre el desarrollo sostenible y otros procesos pertinentes en curso en los ámbitos económico, social y medioambiental.

El Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible tiene como objetivo “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”, estableciendo los siguientes indicadores:

- 11.1: Para el 2030, asegurar el acceso de todos a viviendas adecuadas, seguras y asequibles y servicios básicos y mejorar los barrios marginales;
- 11.2: Para el año 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos, mejorando la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas vulnerables, las mujeres, los niños, personas con discapacidades y personas de la tercera edad;
- 11.3: Para 2030, mejorar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y gestión participativa, integrada y sostenible de los asentamientos humanos en todos los países;
- 11.4: Fortalecer los esfuerzos para proteger y salvaguardar la herencia cultural y natural del mundo;
- 11.5: Para el año 2030, reducir significativamente el número de muertes y el número de personas afectadas y disminuir sustancialmente las pérdidas económicas directas en relación con el producto interno bruto global causado por desastres, incluidos los desastres relacionados con el agua, centrados en la protección de los pobres y las personas en situaciones vulnerables;
- 11.6: Para el año 2030, reducir el impacto ambiental per cápita adverso de las ciudades, incluyendo especial atención a la calidad del aire y a la gestión municipal y de otros residuos;
- 11.7: Para el año 2030, proporcionar acceso universal a espacios verdes y públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas

de edad y las personas con discapacidad;

- 11.a: Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales mediante el fortalecimiento de la planificación del desarrollo nacional y regional;
- 11.b: Para el año 2020, aumentar sustancialmente el número de ciudades y asentamientos humanos que adopten y apliquen políticas y planes integrados para la inclusión, la eficiencia de los recursos, la mitigación y la adaptación al cambio climático, la resiliencia ante los desastres y el desarrollo y la implementación, alineados al Marco para la Reducción del Riesgo de Desastre 2015-2030, gestión holística del riesgo de desastres en todos los niveles; y
- 11.c: Apoyar a los países menos adelantados, incluso mediante asistencia financiera y técnica, en la construcción de edificios sostenibles y resistentes que utilicen materiales locales.

En estas circunstancias, el Plan Departamental de Santa Cruz 2025 establece cinco componentes principales para el desarrollo como sigue:

- Aumento de la capacidad y fomento de la sostenibilidad como principal productor de alimentos para el país;
- Mejora de la infraestructura vial que apunta a la conectividad continental;
- Corrección del consumo descontrolado de agua subterránea;
- Solución al asentamiento irregular y al déficit de propiedades privadas; y
- Mejora de la cobertura del sistema de alcantarillado.

A nivel de Municipalidad, el Plan de Desarrollo Municipal (PDM) actual y los planes espaciales denominados PLOTs establecen como metas prioritarias de desarrollo los ítems enumerados en la siguiente Tabla.

Tabla 4.3-1 PDM/PLOT prioridades a nivel municipal

Municipalidad	Prioridades
Cotoca	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento del sector agrícola y ganadero consecuente con las aptitudes del suelo - Fortalecimiento de sectores de ladrillo y alfarería en zonas ricas en arcilla - Fomento del turismo pesquero en el Río Grande - Fomento de la ganadería en Cotoca y Quitachiyú Creek
El Torno	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento de los sectores agrícola y ganadero - Fomento de las empresas artesanales y pequeñas y medianas (PYME) - Mejora de la infraestructura de producción - Mejora del sistema de transporte - Fomento del sector turístico - Desarrollo de mercados locales
La Guardia	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuación del uso espacial - Mejora del sistema de abastecimiento de agua - Mejora del sistema de suministro de energía - Mejora de los servicios de salud - Mejora del sistema educativo - Mejora de la seguridad civil - Fomento de la inversión privada mediante la mejora de la infraestructura, el sistema financiero y las instalaciones del mercado
Porongo	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora del sistema de caminos en temporada de lluvias - Construcción de carreteras vecinales - Mejora de las técnicas agrícolas - Prestación de mecanismos financieros para el sector agrícola - Apoyo al sector turístico
Santa Cruz de la Sierra	<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentación de carreteras - Construcción de carreteras

Municipalidad	Prioridades
	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de mercados y sistema de distribución - Mejora del servicio de transporte - Mejora del sistema de drenaje - Descentralización de la ciudad - Mejora de los servicios de salud
Warnes	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora del sistema de transporte en temporada de lluvias - Establecimiento de un sistema de catastro para los procedimientos de propiedad de bienes raíces - Mejora de la gestión de residuos sólidos - Fortalecimiento de la capacidad de control para la supervisión de efluentes de los sectores industrial y ganadero - Establecimiento de un mecanismo para las actividades de conservación de los bosques

Fuente: PDMs/PLOTs de Municipios

(2) Planes Espaciales

El Departamento de Santa Cruz cuenta con un Plan Departamental de Uso de Suelos denominado PLUS-Santa Cruz. La primera versión de PLUS-Santa Cruz fue aprobada mediante el Decreto Supremo N° 24124 el 21 de septiembre de 1995. Posteriormente se lograron actualizaciones en el actual PLUS-Santa Cruz 2009.

El uso principal del suelo bajo la categorización PLUS-Santa Cruz se estableció como sigue:

- Suelos para agricultura intensiva y ganadería;
- Suelos para agricultura extensiva y ganadería;
- Suelos para uso agrícola y silvopastoril;
- Suelos para uso forestal;
- Suelos de uso limitado; y
- Áreas naturales protegidas.

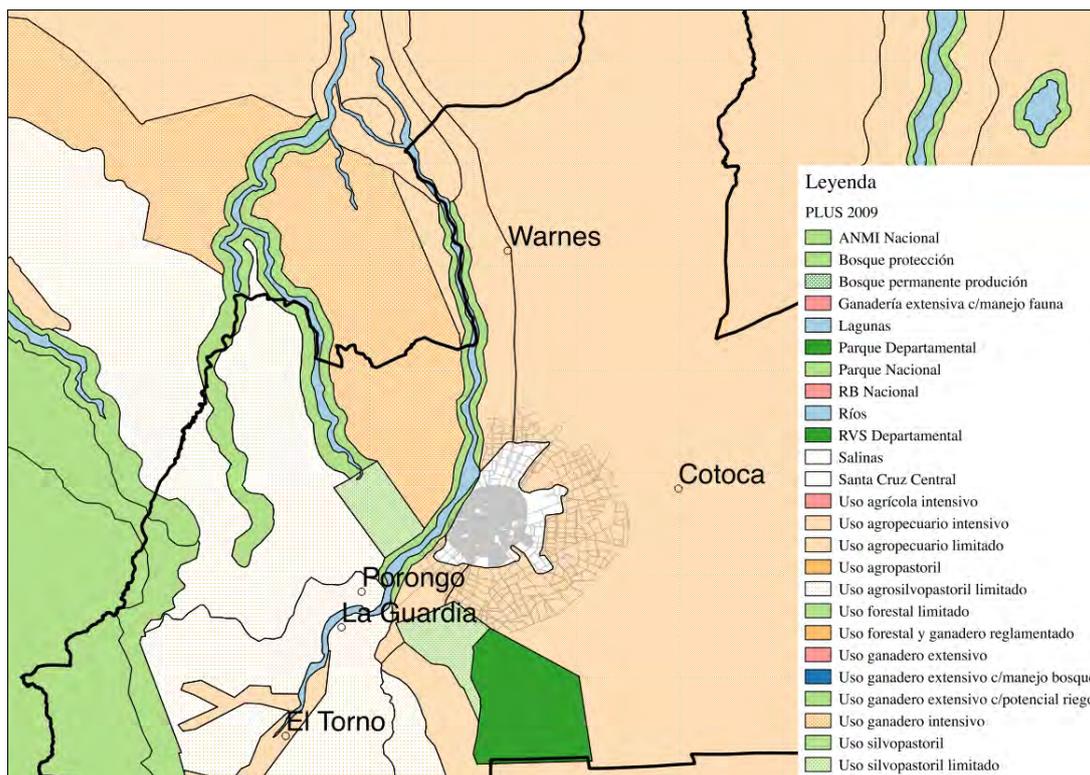
La Figura 4.3-1 muestra el área metropolitana de Santa Cruz con subcategorización de uso del suelo.

Como se puede ver en la Figura, el Centro de Santa Cruz (zona blanca) no había sido categorizado bajo criterios PLUS. La mayor parte de la zona circundante de Santa Cruz de la Sierra, Warnes, Cotoca y La Guardia se sitúa en una zona clasificada para la agricultura intensiva y la ganadería.

Es notable que a lo largo del río Piraí ambos márgenes de río se clasifican como bosque protegido y más allá de la zona protegida la zona de agricultura limitada y ganadería hasta la zona occidental de Warnes.

Una parte de Porongo y La Guardia se extiende por zona de silvopastura limitada.

La zona de color verde oscuro en el Sureste de La Guardia categorizada como Parque Departamental coincide con la UCPN y la UNMI Lomas de Arena (Ver detalles en la Sección 4.2.2(7) Áreas Protegidas del Área Metropolitana de Santa Cruz).



Fuente: GAD Santa Cruz. PLUS-2009.

Figura 4.3-1 Plan de uso del suelo para el Área Metropolitana de Santa Cruz

Además, el Área Metropolitana de Santa Cruz cuenta con su Plan Espacial denominado PDOT (Plan Departamental de Ordenamiento Territorial). Las principales acciones sobre PDOT se establecieron de la siguiente manera:

- Definición de las principales aptitudes de los centros urbanos, con el fin de planificar la densificación de viviendas y los servicios complementarios necesarios;
- Definición de infraestructuras urbanas, priorizando proyectos de integración, tales como carreteras para conectar Cotoca-Warnes, Cotoca-La Guardia y Porongo-Buena Vista, con el fin de mejorar los corredores de mercancías y el tráfico, impidiendo el tránsito de los camiones de gran tamaño en la zona urbanizada de Santa Cruz de la Sierra;
- Definición y establecimiento de centros intermodales para el transporte de mercancías en Warnes y La Guardia;
- Definición de las directrices y ubicaciones de los vertederos, con gestión integrada de los residuos, con el fin de mitigar la contaminación del agua y del suelo, a lo largo de los servicios instalados de pre-tratamiento de residuos sólidos y tratamiento de lixiviados;
- Definición y promoción de parques industriales y centros de procesamiento en base a las aptitudes de cada municipio;
- Definición de áreas de conservación en la cuenca del río Pirá que establecen el Parque Río Pirá a lo largo de su curso fluvial en el Área Metropolitana, para uso recreativo y deportivo con aplicación de normas sobre extracción de arena; y
- Definición e identificación de riesgos sobre suelo, geología e hidrología del Área Metropolitana con el objetivo de asignar normas técnicas y criterios para todo tipo de edificios y obras civiles, actualizando códigos de urbanismo y construcción.

(3) Gestión de la calidad del aire

A nivel nacional se estableció el Programa Nacional de Gestión de Calidad del Aire, con el fin de gestionar y difundir la Red MONICA a nivel nacional.

El Programa tiene como objetivo, para el año 2025, establecer una gestión integrada del monitoreo de la calidad del aire en colaboración con los gobiernos locales y las instituciones pertinentes.

El objetivo del Programa consiste en reconocer la calidad del aire de los centros urbanos más poblados del país, con el fin de utilizar la información de la situación para la toma de decisiones sobre los enfoques ambientales consecuentes con la mejora de la calidad de vida de la población.

Los objetivos específicos del Programa consisten en:

- Fortalecimiento de la Red MONICA;
- Mejora de la calidad de vida de la población mediante la implementación de una gestión integrada de la calidad del aire en Bolivia; y
- Suministro de datos fiables e información sobre la calidad del aire a la población.

El Programa inició su implementación en junio de 2012, con asistencia técnica de la cooperación suiza, y se compone de los siguientes enfoques principales:

- Gestión de la calidad del aire: fortalecimiento de la administración local para implementar un plan o estrategia de gestión de la calidad del aire que incluya aspectos relevantes y las principales actividades contaminantes en la jurisdicción, a partir de un diagnóstico inicial como el inventario de emisiones;
- Monitoreo de la calidad del aire: Fortalecimiento de la administración local con el fin de poder monitorear continuamente durante todas las estaciones del año, especialmente durante eventos especiales como San Juan y periodos de “chaqueo”, comparando con los estándares de calidad;
- Inspección Técnica de Vehículos: fortalecimiento de la administración local para poder agregar inspecciones de emisión vehicular en el procedimiento de inspección técnica vehicular (*Ley 195 de Transporte promulgada el 16 de agosto de 2011*) y norma de emisión (*Norma Emisiones Atmosféricas Euro II a Euro IV Sistema Nacional de Revisión Técnica Vehicular*), y
- Movilidad urbana: fortalecimiento de la administración local para la implementación de los programas municipales de transporte (PROMUT), teniendo en cuenta la demanda de la población en materia de movilidad, eficiencia en el uso de los espacios públicos y sostenibilidad del sector de transporte.

De hecho, la prohibición de los fuegos artificiales durante los días feriados de San Juan (22-24 de junio) fue instruida por la Resolución Ministerial No. 178 (promulgada el 8 de junio de 2016).

Como parte de la Red MONICA, la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra estableció desde 2004, estaciones de monitoreo en once lugares que rodean la ciudad (para ubicaciones ver en la figura inferior).



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra. Procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.3-2 Ubicaciones de las estaciones de MONICA bajo el Municipio de Santa Cruz de la Sierra

Los parámetros de calidad del aire manejados son materias particuladas inferiores a 10 micras, dióxido de nitrógeno y ozono.

(4) Gestión de la calidad del agua

Como un enfoque de la política departamental para la gestión integral de los recursos hídricos, se logró un acuerdo entre los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Cotoca, El Torno, La Guardia, Montero, Porongo y Warnes para establecer una red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas (*Red de Monitoreo de Calidad de Aguas Subterráneas*).

El objetivo del acuerdo consiste en generar y proporcionar información permanentemente actualizada sobre la calidad del agua subterránea a diferentes profundidades, la instalación de pozos de observación, con el fin de utilizar la información para el sistema de alerta, la protección de la salud y el uso de recursos del agua de manera sostenible.

Los principales objetivos específicos del Acuerdo consisten en:

- Monitoreo de los recursos de aguas subterráneas reconociendo sus tendencias estacionales, geográficas y cualitativas;
- Identificación de posibles fuentes de contaminación recopilando periódicamente datos sobre parámetros físicos, químicos y microbiológicos; y
- Suministro de información fiable al público sobre la calidad de las aguas subterráneas, a través del Sistema de Información para el Monitoreo y Control de la Calidad de las Aguas (SIMCA).

Con la colaboración de empresas privadas de abastecimiento de agua y el Laboratorio Ambiental de la Universidad Autónoma de Gabriel René Moreno, se realizó un primer estudio de reconocimiento entre el 3 y 6 de mayo de 2011.

(5) Gestión de áreas protegidas

El Departamento de Santa Cruz implementó un enfoque para el fortalecimiento de las capacidades de gestión para el control y monitoreo de sus áreas protegidas. El objetivo consistía en contribuir a la conservación y protección de recursos naturales, basándose en la planificación, administración, supervisión e implementación efectivas de una gestión integrada de áreas protegidas. El enfoque se centra en la participación de las partes interesadas locales, con el objetivo de mejorar la calidad de los habitantes.

Los principales objetivos específicos del enfoque consisten en:

- Implementación de la Estrategia Departamental de Conservación de Áreas Protegidas y Unidades de Conservación de Santa Cruz, desarrollando el marco jurídico del Sistema Departamental de Áreas Protegidas (SDAP: Sistema Departamental de Áreas Protegidas), enfatizando la importancia de las cuestiones conservacionistas y el uso sustentable de los recursos, adoptando mecanismos para el cumplimiento de las normas estipuladas;
- Reducción de al menos el 30% de las actividades ilegales que causan degradación de la cobertura vegetal, pérdida de biodiversidad debido a la fragmentación del hábitat, como recuperación del conocimiento local tradicional de las comunidades asociadas con el manejo sostenible de los recursos naturales; y
- Fortalecimiento de la conciencia de la sociedad respecto de las áreas protegidas del Departamento, promoviendo la participación activa de las partes interesadas en las acciones inherentes a la gestión, protección y conservación de los bienes.

El Programa de Sostenimiento del Corredor Santa Cruz-Puerto Suárez es un Plan de Acción Integral para el Desarrollo de Áreas Protegidas, con el fin de establecer una estrategia para la solución de los problemas que se plantean. Están propuestos el Plan Financiero y el Sistema de Monitoreo.

(6) Gestión de residuos

La política departamental de manejo de residuos sólidos incluye los siguientes aspectos técnicos y ambientales:

- Caracterización de los residuos generados en cada municipio en términos de su composición físico-química, teniendo en cuenta el consumo de bienes importados, con el fin de identificar los tratamientos necesarios antes de su eliminación;
- Minimización y reutilización de los desechos, basados en enfoques educativos sistemáticos y sostenibles; introducción de prácticas de clasificación de residuos en el origen y en los lugares de disposición final (inclusión de las entidades privadas de reciclaje);
- Identificación de ubicaciones apropiadas, desde el punto de vista de los factores ambientales y biofísicos, para la eliminación de residuos en el Área Metropolitana, donde se espera la instalación de rellenos sanitarios. En este proceso de identificación, se considerará el establecimiento de un Centro de Valoración de Residuos Sólidos Municipales;
- Utilización de técnicas de transformación de residuos orgánicos para producir acondicionadores de suelo o fertilizantes; y
- Formulación de un Plan Departamental para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y Municipales, adoptando los requerimientos de cada municipio.

(7) Adaptación contra el cambio climático

La política del Departamento de Santa Cruz sobre mitigación y adaptación al cambio climático abarca las siguientes acciones:

- Formulación de un plan de acción contra los efectos adversos del cambio climático, incluido el fomento del uso sostenible y la conservación de los recursos forestales, efecto neutral sobre la emisión de gases de efecto invernadero en el sector industrial, reducción de la tasa de deforestación y prevención de incendios forestales, y las prácticas de corte y quema;
- Difusión del conocimiento sobre los impactos y las consecuencias del cambio climático a nivel departamental y municipal;
- Fomento a la formación de alianzas estratégicas entre organismos públicos y entidades privadas locales y extranjeras, promoviendo iniciativas y proyectos para la obtención de recursos financieros y técnicos para la reducción efectiva del GEI;
- Fomento al desarrollo de tecnologías basadas en fuentes de energía renovable, tales como energía eólica, hidráulica, biocombustibles y energía solar;
- Desarrollo de programas de manejo integrado de cuencas hidrográficas, establecimiento de líneas base para la deforestación, degradación, biodiversidad y emisiones; reconociendo la situación de fondo a fin de supervisar la evolución de esos parámetros en el Departamento; e
- Inventariar los GEI a nivel departamental y municipal por tipo de GEI y clasificar por tipo de actividad.

El Gobierno del Departamento de Santa Cruz acordó con la FAN llevar a cabo un programa piloto de adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta la Cuarta Evaluación del IPCC, que estimó el 10-30% de disminución de los recursos hídricos y el 20-30% de pérdida de biodiversidad en la región.

El Acuerdo con FAN, un programa piloto de adaptación al cambio climático, tiene como objetivo desarrollar y promover estrategias de adaptación al cambio climático, asegurando la inocuidad de los alimentos, la conservación de la biodiversidad y la estabilidad del ciclo hidrológico.

A la fecha los principales logros de los programas piloto son:

- FAN ha implementado un modelo regional PRECIS (Proporcionando Clima Regional para Estudios de Impacto) que cubre 2,6 millones de kilómetros cuadrados con una resolución de 25 km/píxel en relación con las tendencias climáticas hasta el año 2100. Actualmente está realizando un nuevo modelo BRAMS con resolución más fina (5 km/píxel);
- Análisis de riesgos con impactos en recursos hídricos, producción agrícola y agropecuaria, y en el equilibrio de ecosistemas, haciendo simulaciones de procesos hidrológicos en las cuencas de Pirafé, Quirusillas y Comarapa con el modelo hidrológico SWAT (Soil & Water Assessment Tool/Herramienta para la evaluación del Suelo y del Agua); y
- Aumento de actividades en la Concienciación a la adaptación al cambio climático en zonas críticas del Departamento de Santa Cruz (comunidades del Municipio de Postrevalle). Además, FAN ha capacitado a los funcionarios del Departamento de Planificación Territorial en relación con la clasificación del suelo para su categorización utilizada en la reformulación de PLUS.

4.3.4 Efectos ambientales significativos a considerar

La Tabla que figura a continuación enumera las limitaciones y perturbaciones ambientales reconocidas a nivel municipal.

Tabla 4.3-2 Limitaciones y perturbaciones ambientales a nivel municipal

Municipio	Prioridades
Cotoca	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación de aguas subterráneas por infiltración de fosas sépticas - Contaminación de los suelos y el agua por los efluentes industriales textiles y cárnicos - Erosión del suelo debido a la extracción de arcilla - Deforestación debida al desarrollo de tierras para la ganadería
El Torno	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente capacidad para la gestión de los recursos naturales - Falta de ordenanzas locales para la conservación y protección del medio ambiente - La degradación ambiental debida a una gestión inadecuada de los residuos sólidos - Deforestación en franjas ribereñas
La Guardia	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo nivel de interés por las cuestiones medioambientales de la agricultura y las PYME - Falta de capacidad para monitorear el comportamiento ambiental y la supervisión del control de la contaminación
Porongo	<ul style="list-style-type: none"> - La erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad debido a la deforestación - La degradación ambiental debida a una gestión inadecuada de los residuos sólidos - Insuficiente capacidad de gestión para la conservación del Parque Nacional Amboró - Deforestación por el uso de la madera para el fuego para cocinar
Santa Cruz de la Sierra	<ul style="list-style-type: none"> - Degradación ambiental debida a una gestión deficiente de los residuos sólidos - Contaminación del agua por actividades antrópicas - Contaminación del aire por los gases de escape de los vehículos, la quema de desechos y la quema de arbustos - Ruido y degradación del paisaje debido al sector comercial - La degradación del ecosistema por crecimiento de la urbanización
Warnes	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación del agua de ríos por efluentes industriales y ganaderos - La degradación ambiental debida a una gestión inadecuada de los residuos sólidos - Insuficiente capacidad de gestión para la conservación de los bosques

Fuente: PDMs/PLOTs de los Municipios

La Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz, especialmente para el desarrollo de nuevas carreteras y mejoramiento de caminos existentes, es consciente de la cantidad de deforestación y afectación en régimen hidrogeológico debida al pavimento de caminos no pavimentados; a su vez, esperan un impacto positivo como la disminución de la contaminación atmosférica como efecto de una menor emisión de gases debido a la eficiencia del tráfico.

4.3.5 Problema de reasentamiento involuntario

La legislación boliviana no estipula explícitamente las cuestiones de asentamiento involuntario. Por su parte, la Ley de Municipalidades (Ley N° 2028 de 1999) regula los procedimientos de expropiación de tierras, basados en una antigua ley, sobre la expropiación de utilidad pública, promulgada en 1884. Como consecuencia de este marco legal, el Municipio de Santa Cruz de la Sierra promulgó una ordenanza local (GAMSCS No. 84/2015) sobre las expropiaciones municipales, las limitaciones administrativas y la compra obligatoria de propiedades.

La Ordenanza Municipal permite la expropiación de tierras en los siguientes casos, entre otros:

- Implementación de planes, programas y proyectos municipales;
- Construcción y mejora de infraestructuras públicas urbanas y rurales;
- Construcción de carreteras, autopistas, pasos elevados, puentes, túneles y otras instalaciones para el transporte;

- Construcción de parques y otras infraestructuras para fines recreativos;
- Construcción de canales de drenaje, estanques reguladores, represas, terraplenes, etc.;
- Construcción de hospitales, escuelas, campos deportivos y otras instalaciones para beneficios comunales;
- Conservación de sitios culturales, edificios, monumentos arqueológicos o históricos;
- Preservación de áreas naturales que difunden vegetación nativa y áreas de interés ecológico;

El procedimiento se inicia con la deliberación sobre la necesidad de expropiación de tierras por parte del Concejo Municipal, con base en los informes técnicos y jurídicos del plan, programa o proyecto relacionado, que requieren la aprobación de por lo menos dos tercios de los miembros del Consejo. La decisión del Concejo Municipal se promulgará como Ordenanza Municipal, la cual se publica una vez a través de medios de comunicación nacionales.

Se aplica un concepto de “justiprecio” o precio justo, para la valoración de la propiedad de expropiación, en la cual un arquitecto o ingeniero civil registrado provee el valor pecuniario del terreno basado en la topografía, edificios e instalaciones, uso actual de la tierra, régimen tributario de bienes raíces, entre otros factores de valoración. Este precio justo debe servir de referencia para el proceso de elaboración del presupuesto municipal en relación con el plan, programa o proyecto pertinente.

En la práctica, alrededor de 40 casos de expropiación de tierras se realizaron durante la última década, estimándose que alrededor del 90% se realizó satisfactoriamente con los antiguos terratenientes. Casos recientes fueron una expropiación para la construcción de los mercados municipales y la construcción de un sistema de drenaje para el control de inundaciones.

4.3.6 Establecimiento de criterios de evaluación para el análisis de alternativas

Las extensas extensiones de caminos, aceras, calzadas, estacionamientos, techos y paredes impermeables alteran el presupuesto de energía superficial y el ciclo hidrológico. La característica más prominente del clima urbano es la isla de calor urbano, por la cual la temperatura del aire en las ciudades puede ser de varios grados más cálida que la de los paisajes rurales. La isla de calor surge debido a la reducción de la emisión de radiación de onda larga por la superficie de la ciudad, gran parte de la cual está atrapada por edificios altos, se redujo el flujo de calor latente y aumentó el área sensible, y del almacenamiento de calor en materiales urbanos durante el día que se libera por la noche. Las ciudades también generan más escorrentía en comparación con los paisajes rurales debido a la mayor superficie impermeable.

Si bien, las principales perturbaciones ambientales del sector del transporte son la contaminación atmosférica causada por los gases de escape; y la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas por gotas de aceite de los vehículos al suelo; y la precipitación de los compuestos orgánicos volátiles (contenida también en el gas de escape) conducido por la precipitación.

Bajo el escenario, la primera etapa de consideraciones ambientales se centró en averiguar la situación actual del clima, la calidad del aire y la calidad del agua del Área Metropolitana. La segunda etapa se centró en establecer indicadores de monitoreo capaces de medir cuantitativamente las tendencias de los parámetros relevantes. Además, se analizaron también las tendencias cualitativas de los parámetros no mensurables.

El análisis de las alternativas de los escenarios de desarrollo descritos en el Capítulo 3 se llevó a cabo en la Segunda Reunión de Partes Interesadas sobre la base de los siguientes criterios de evaluación:

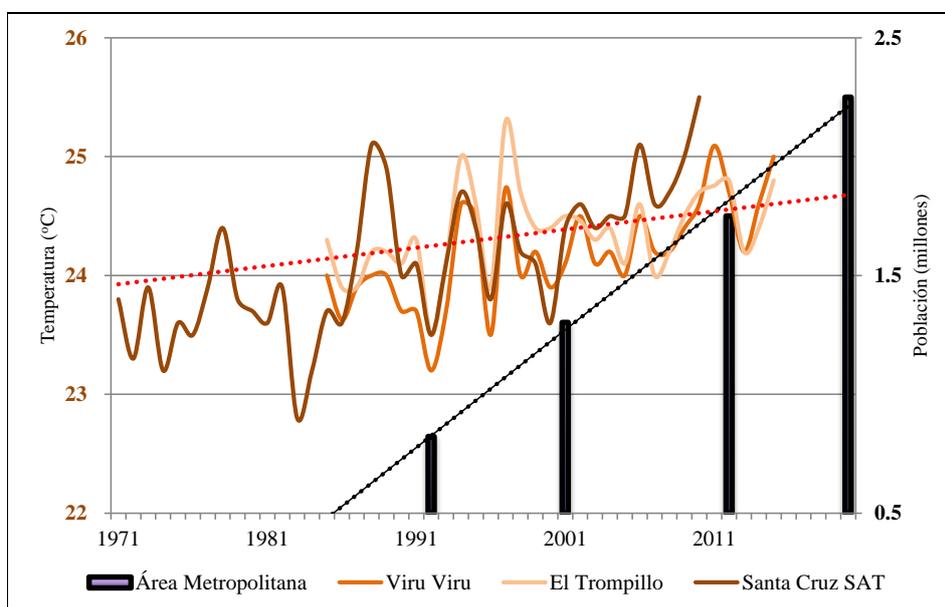
(1) Aumento de la temperatura

La expansión de las ciudades y las construcciones de carreteras causan un fenómeno llamado efecto isla de calor. Los cambios en los flujos de calor debido al asfalto y la construcción de edificios sobre el suelo natural es la razón. Como resultado, la temperatura aumentará, especialmente en los tiempos nocturnos cuando el calor absorbido por el asfalto y los edificios disipará a la atmósfera.

La FAN había realizado un estudio de campo para elucidar el efecto de la isla de calor en Santa Cruz de la Sierra eligiendo la zona que rodea el Parque Urbano para la Conservación Ecológica Curichi La Madre, cubriendo la zona de bosque natural y la zona urbanizada. La FAN aplicó la metodología de detección remota utilizando imágenes de satélite para la estimación de la temperatura superficial y el índice de vegetación. La medición en campo de la temperatura ambiente se llevó a cabo el 23 de agosto de 2014 en dos transectos de la zona elegida.

El resultado del estudio de la FAN concluyó un comportamiento sesgado entre la zona natural y la zona urbanizada; fluctuando de 25° a 28°C en el primero, mientras que la zona con edificaciones llegaba hasta 6°C más alto.

La siguiente Figura muestra la evolución de la temperatura media registrada por las estaciones meteorológicas de Viru Viru, El Trompillo y Santa Cruz SAT; además, la evolución y estimación de la población del Área Metropolitana de Santa Cruz.



Fuente: SISMET 1971-2015; INE. Censo 1992, 2001, 2012 (incluida la proyección para 2020), procesado por Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.3-3 Evolución de las temperaturas medias (°C) y población

A partir de lo anterior, el crecimiento de la población, derivado de la expansión de la zona urbanizada, está afectando con el aumento de la temperatura en el Área Metropolitana de Santa Cruz, al igual que en otras ciudades del mundo.

(2) Disminución de la capacidad de recarga del acuífero

Las aguas subterráneas son de gran importancia para el abastecimiento de agua municipal y para el uso doméstico e industrial privado en muchos centros urbanos. Debido a su costo relativamente bajo y generalmente de alta calidad, el agua subterránea ha sido a menudo la fuente preferida para el abastecimiento de la red pública de agua y también es ampliamente explotada para usos domésticos e industriales. El caso específico del Área Metropolitana de Santa Cruz encaja en estas premisas.

En el proceso de urbanización, a menudo los suelos son compactados y cubiertos por superficies impermeables tales como techos, carreteras y aceras, lo que da lugar a un mayor escurrimiento de la zona desarrollada en vías de drenaje y canales efímeros.

Mientras tanto, el mismo asfalto y edificios causan una disminución de la capacidad de recarga del acuífero porque, por lo general, son mucho más impermeables que el suelo natural bajo ellos. El aumento de la extensión del asfalto y de los edificios se traduce en la reducción de la capacidad de infiltración de las aguas meteóricas hacia los acuíferos y aumenta la escorrentía hacia las aguas superficiales. Este último también afecta al aumento de las inundaciones si excede la capacidad del sistema de drenaje.

En contraste con el escurrimiento superficial, el efecto de la urbanización en los sistemas de aguas subterráneas depende del entorno geológico e hidrogeológico y de la práctica adoptada para el manejo de aguas pluviales.

Donde la extracción de aguas subterráneas es tan pesada y concentrada, que supera las tasas promedio de recarga local, los niveles de agua del acuífero pueden continuar declinando durante décadas, provocando un ciclo ineficiente y costoso de profundización o incluso la pérdida de la inversión por el abandono de pozos.

Una comprensión de cómo la urbanización puede afectar el tiempo de recarga de aguas subterráneas y su calidad es un requisito previo para mitigar la escasez de agua y la identificación de vulnerabilidad a la contaminación. Donde las interacciones del agua superficial-agua subterránea son importantes procesos de control de atención particular de la hidrología de captación debe ser para entender esta interacción antes de determinar estrategias de gestión urbana del agua para nuevos desarrollos urbanos.

Hay una creciente preocupación por la continua reducción en los suministros de agua en los Andes tropicales debido a los efectos del cambio climático como ser el derretimiento de los glaciares/nieve resultante del aumento de las temperaturas del aire. Además, eventos extremos y el crecimiento de la población están ya afectando directamente a la renovación de la vida y el agua en el país.

(3) Degradación de la calidad del aire

Grandes cantidades de compuestos químicos se emiten a la atmósfera por procesos antropogénicos y biogénicos. En la atmósfera, estos gases están sujetos a diversos mecanismos de transporte y transformaciones fisicoquímicas complejas, siendo ésta última responsable de la formación de contaminantes secundarios.

En el sector del transporte, los gases de escape de los vehículos de uso de combustible generan gases tóxicos y partículas, como las emisiones de gases de efecto de invernadero, que afecta a calidad del aire y calentamiento global. La combustión de combustibles produce gases tóxicos como óxidos de nitrógeno y proporciona las impurezas de los gases tóxicos de combustibles adicionales tales como óxidos del sulfuro y compuestos orgánicos

volátiles. Además, en caso de bajo rendimiento de los motores de los vehículos, una combustión incompleta produce monóxido de carbono y hollín.

El crecimiento de la población en las grandes ciudades lleva a la degradación a escala local y regional de la calidad del aire, entre otros problemas. Las trazas de gases tóxicos emitidos a la tropósfera y sus productos de oxidación representan un riesgo directo para la salud humana. En los países en desarrollo este problema se agrava generalmente por la edad de la flota de vehículos, como también el uso intensivo de combustibles fósiles en lugar de fuentes de energía de bajas emisiones tanto en la industria y el sector del transporte.

La producción de niveles elevados de ozono cercana a la superficie es particularmente preocupante. Los estudios clínicos han relacionado las altas concentraciones de ozono con la función pulmonar reducida, y su fitotoxicidad puede comprometer la productividad agrícola y afectar las áreas forestales.

El ruido y el aumento de las vibraciones en proporción al crecimiento del sistema de transporte también son limitaciones a ser monitoreadas.

(4) Degradación de la calidad del agua

La degradación de la calidad del agua se basa en la expansión de las ciudades sin la adecuada gestión del sistema de alcantarillado y la precipitación de contaminantes generados por los vehículos. En el caso de la zona metropolitana, una gran cantidad de tanques sépticos y alcantarillado sin tratar altera las aguas superficiales y los acuíferos. Al mismo tiempo, compuestos tóxicos, como gotas de aceite y precipitación de los contaminantes con los gases de escape puede infiltrarse en el suelo y, en consecuencia, ser transportado a las aguas subterráneas; en ese sentido, procedente de agua pluvial, las recargas de agua pueden transportar contaminantes antropogénicos a sistemas subterráneos de agua.

Es muy común que las altas concentraciones de metales como zinc, cobre, plomo y níquel se originen de descomposición material urbana asociada con el tráfico vehicular, envejecimiento del pavimento y polvo soplado por el viento. El escurrimiento desde áreas industriales y residenciales han mostrado que contienen plomo, cobre, zinc y níquel; sin embargo, las concentraciones de soluto en la escorrentía superficial son muy variables en los diferentes tipos de uso de tierra. El aumento de variabilidad en la cantidad y tipo de los metales presentes en la escorrentía urbana reducen la capacidad para realizar un seguimiento de la contaminación del agua subterránea. La migración de los metales a través de la zona vadosa se complica aún más por las propiedades de superficie de suelo variable, contenido de materia orgánica, potencial de redox y pH.

También, el indicador fecal de bacterias como el *Escherichiacoli*, procedentes de residuos humanos y animales, a menudo se utiliza para evaluar los niveles de contaminación del agua subterránea y los riesgos asociados a la salud pública.

Además, incrementos rápidos en la capa freática resultantes de sucesos episódicos de recarga también pueden atrapar exceso de aire (aire por sobre la solubilidad de equilibrio), que puede contener sustancias contaminantes y provocar un aumento en las concentraciones de las aguas subterráneas.

Sistemas sépticos localizados también pueden ser fuentes significativas de contaminación del agua subterránea. Además, también se ha visto que la infraestructura con pérdida de agua y filtración desde el alcantarillado proporcionan recarga substancial en los centros urbanos y pueden contribuir a la contaminación elevada del agua subterránea.

Mientras que los rellenos sanitarios y las plantas de fábricas se han identificado como fuentes puntuales/fijas antropogénicas de contaminantes tales como compuestos orgánicos volátiles (COV) asociados con la eliminación de aerosoles, removedores de pintura, agentes de limpieza en seco, agentes de espuma de detergentes y refrigerantes. Por ejemplo, la liberación de COV asociada a los vertederos y zonas industriales ha dado lugar a la contaminación del agua subterránea en muchas ciudades del mundo.

En tanto que las prácticas de riego agrícola y la aplicación de pesticidas han demostrado ser fuentes de contaminación del agua.

(5) Degradación del Paisaje

Es evidente que la expansión de las ciudades afecta la visibilidad de la naturaleza cercana al ciudadano; y en el caso específico del Departamento de Santa Cruz, la fragmentación de las áreas con prioridad de conservación es principalmente causada por la construcción de infraestructura de transporte; es una de las alertas señaladas.

Las definiciones de deforestación y degradación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, son ampliamente utilizadas. La Deforestación se define como “la conversión del bosque a otro uso de la tierra” o la reducción a largo plazo de la cobertura del dosel del árbol por debajo del umbral mínimo del 10%. La degradación se define como “cambios dentro del bosque que afectan negativamente la estructura o funcionamiento del stand o sitio y así reduce la capacidad para suministrar productos y/o servicios.”

La obtención de información espacial y temporal exacta acerca del cambio de cubierta del suelo es fundamental puesto que el cambio de cubierta forestal es probable que afecte los aspectos de la Biosfera como el ciclo del carbono y de la biodiversidad. Los sensores remotos, especialmente en los últimos años, con gran cantidad de datos libremente disponibles ofrece grandes oportunidades para monitorear bosques en resolución espacial relativamente alta y de manera sistemática y objetiva. Sin embargo, existe un reto que consiste en extraer la información deseada de grandes cantidades de datos espacio-temporales que contienen variabilidad natural (estacionalidad y acontecimientos excepcionales tales como las sequías) y el ruido.

Además de ser ampliamente disponible sin costo, los datos de Landsat, gracias a su característica espacial (30 m de resolución) y temporal (16 días periodo de revisita) son adecuadas para controlar procesos como la deforestación y la degradación forestal.

(6) Mitigación de las limitaciones del transporte público.

La creciente movilidad experimentada en ciudades de todo el mundo trae enormes beneficios a la sociedad y también proporciona los medios esenciales para que una ciudad pueda funcionar de manera efectiva. La creciente movilidad urbana se manifiesta en tres formas principales: un aumento en el número de viajes, un aumento en la duración de cada viaje y una motorización creciente del movimiento urbano de personas y mercancías. Sin embargo, la congestión del tráfico creada por sistemas de transporte no sustentables es responsable de considerables costos económicos y de productividad para viajeros diarios y transportistas de mercancías.

El sector del transporte también es responsable de una cantidad de desafíos que no llega a resolverse necesariamente con la construcción de nueva infraestructura. Por ejemplo, es responsable de una gran proporción de las emisiones de gases de efecto invernadero que conducen al cambio climático. Además, los accidentes de tráfico se encuentran entre las

principales causas de muertes prematuras en la mayoría de países y ciudades. Del mismo modo, los efectos nocivos del ruido y la contaminación atmosférica causada por vehículos motorizados son importantes motivos de preocupación. En algunas ciudades, la separación física de las zonas residenciales de los lugares de trabajo, mercados, escuelas y servicios de salud, hacen que muchos residentes urbanos pierdan más tiempo cada vez y gasten hasta un tercio de sus ingresos, y a veces incluso más, en el transporte público.

Mientras que aquellos entre la población urbana que tienen acceso a un vehículo privado, o pueden solventar el uso regular de transporte público, ven el tráfico y la congestión como un motivo de preocupación, éste es un tema marginal para personas que viven en “pobreza de transporte”. Su única opción asequible para el transporte urbano son sus propios pies. Las personas con bajos ingresos forman el grueso de los caracterizados como viviendo en la pobreza de transporte.

Por otra parte, la separación de la comunidad divide y fragmenta las comunidades y es a menudo resultado de una gran infraestructura de transporte que forma barreras para que las personas no puedan cruzar la calle o las vías del tren. Afecta negativamente la calidad de vida, el nivel de actividades en la calle y la cantidad de interacción social dentro de las comunidades.

También hay evidencia de que la congestión de tráfico puede deteriorar la “salud, el equilibrio psicológico, el rendimiento laboral y la satisfacción general con la vida”. La satisfacción en el trabajo y el compromiso disminuyen con el aumento de la distancia al trabajo, y ese estrés percibido por el tráfico se asocia tanto con el bajo estado de salud general y con la depresión.

(7) Efectos socio-económicos positivos y negativos

Durante más de medio siglo, la mayoría de los países ha experimentado un crecimiento urbano rápido y el creciente uso de vehículos motorizados. Esto ha llevado a la dispersión urbana y a una aún mayor demanda de transporte motorizado con una gama de consecuencias ambientales, sociales y económicas. En ese sentido, el impacto en el crecimiento económico esperado por el escenario de desarrollo y la mejora del bienestar social debido a la eficiencia y eficacia del transporte debe considerarse también como indicador para la toma de decisiones. Además, el reasentamiento involuntario, con la construcción de nuevas carreteras o la gran expansión de los caminos existentes, se deberá considerar como un factor de evaluación.

Una de las justificaciones más determinantes para la financiación desproporcionada de transporte motorizado privado es que ahorra tiempo. Esto a su vez conduce a la evolución de las políticas de transporte urbano que promueven la dependencia cada vez mayor, a la movilidad para resolver los problemas de congestión y acceso urbanos. De hecho, gran parte del tratamiento del transporte urbano como un bien económico se centra en su valor de movilidad, generalmente medido como ahorro de tiempo de viaje.

Porque el tiempo pasado en movimiento es un concepto relativamente sencillo de entender y medir, proporciona una base potente para la valoración de mejoras en el transporte.

Considerando que la contribución directa e indirecta a la productividad en su totalidad del gasto en transporte y a la creación de empleo también es valioso, es importante crear sistemas de transporte tan eficientes y efectivos como sea posible en términos de sus costos monetarios y sociales.

Además de ser un factor de producción y consumo urbano importante, el transporte urbano

es una fuente importante de empleo. El empleo directo por operadores de transporte público es la fuente bruta; y otros están relacionados con la provisión de bienes y servicios a operadores de transporte público y a autoridades. Sin embargo, el transporte en el Área Metropolitana de Santa Cruz se caracteriza por el empleo en el sector informal. A su vez, los costos asociados a accidentes de tráfico son a menudo pasados por alto en el contexto de la economía de transporte pero siempre deben ser tratados en la formulación de políticas.

4.4 Análisis de Alternativas

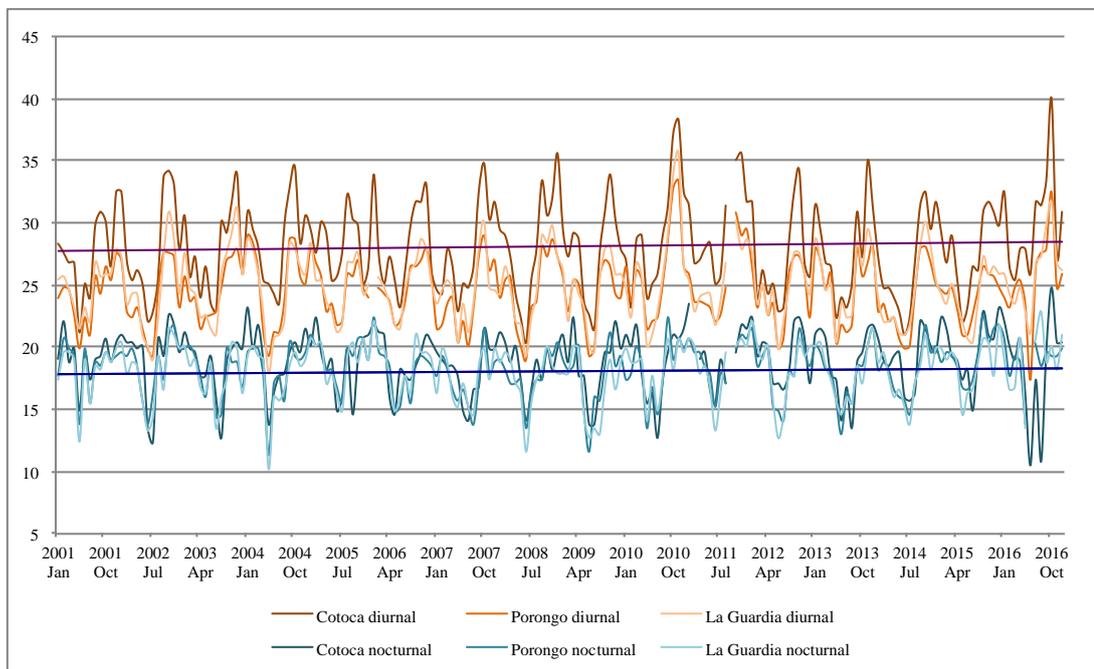
El objetivo de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es “proporcionar un alto nivel de protección del medio ambiente y contribuir a la integración de consideraciones ambientales en la preparación y adopción de planes y programas para promover el desarrollo sostenible”.

Se realizó un intento para establecer indicadores representativos en relación con los criterios de evaluación para el análisis de alternativas. El desarrollo de estos intentos se describe a continuación.

(1) Aumento de temperatura

Se utilizó la temperatura de la superficie terrestre (LST) disponible a partir del instrumento Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS) a bordo de los satélites Terra y Aqua de la NASA que cubren el Área Metropolitana de Santa Cruz para reconocer el comportamiento de la temperatura.

Las mediciones que se muestran a continuación representan la temperatura de la “superficie” (o un milímetro superior) del suelo, incluyendo tierra desnuda y tierras de cultivo o bosque, para las ciudades de Cotoca, Porongo y La Guardia.



Fuente: Satélites Terra/Aqua: Temperatura de la Superficie de la Tierra (Enero 2001-Diciembre 2016), Procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.4-1 Evolución de la LST (°C) de Cotoca, Porongo, y La Guardia

La línea roja representa la regresión lineal de la LST diurna y la azul la nocturna. Se puede apreciar gradientes positivas independientemente del corto período de tiempo de 15 años.

Este comportamiento infiere, el evidente fenómeno de la isla de calor urbano en el Área Metropolitana.

Se realizó una correlación entre el crecimiento de la población y este conjunto de datos de la LST con el fin de estimar los efectos de los escenarios de futuro desarrollo. La tabla a continuación muestra los mejores ajustes del modelo de población de la LST no lineal y la estimación de la LST para cada opción de desarrollo.

Tabla 4.4-1 Cálculo de la LST (oC) en función a la población (P) por escenarios de desarrollo

Municipio	Modelo de Correlación	Escenario	2020	2025	2030	2035
Cotoca	$27.090 \times P^{3.881 \times 10^{-2}} - 12.928$	1	29.63	30.21	30.66	31.03
		2	29.28	29.77	30.17	30.51
		3	28.69	28.86	29.03	29.18
		4	29.24	29.72	30.10	30.44
El Torno	$24.083 \times P^{3.2843 \times 10^{-2}} - 9.335$	1	25.25	25.30	25.36	25.42
		2	25.25	25.29	25.33	25.37
		3	25.29	25.36	25.43	25.50
		4	25.26	25.31	25.36	25.41
La Guardia	$49.111 \times P^{9.6844 \times 10^{-3}} - 30.16$	1	24.87	24.92	24.98	25.03
		2	24.90	24.98	25.05	25.12
		3	24.94	25.04	25.12	25.20
		4	24.90	24.98	25.05	25.11
Porongo	$37.286 \times P^{2.0711 \times 10^{-2}} - 20.887$	1	25.84	26.21	26.49	26.72
		2	25.63	26.02	26.32	26.55
		3	25.03	25.18	25.31	25.44
		4	25.52	25.89	26.16	26.39
Santa Cruz de la Sierra	$14.869 \times P^{6.4947 \times 10^{-2}} - 9.8896$	1	27.83	28.00	28.16	28.32
		2	27.89	28.08	28.27	28.45
		3	27.98	28.23	28.47	28.70
		4	27.88	28.06	28.24	28.41
Warnes	$54.374 \times P^{1.0364 \times 10^{-2}} - 33.475$	1	28.26	28.42	28.55	28.66
		2	28.21	28.34	28.46	28.56
		3	28.13	28.21	28.29	28.37
		4	28.26	28.42	28.56	28.67

Fuente: LST: Satélites Terra/Agua: Estimaciones de población: Equipo de Estudio JICA.

En la tabla, para los valores más altos de LST, la celda se coloreó en rojo; mientras que el más bajo en verde. Una puntuación simple “más uno” para el favorable, y “menos uno” para el desfavorable hace del escenario 2 el mejor anotador con el puntaje “más uno”.

(2) Disminución de la capacidad de recarga del acuífero

No se encontraron datos confiables o información para esclarecer el estado de la capacidad de recarga de los acuíferos. Por lo tanto, hasta tener los datos de interés se recomienda utilizar un indicador basado en la presión (factor negativo que afecta la capacidad de recarga del acuífero) para correlacionar la variable.

Se utilizó la densidad de población por municipio ya que está directamente relacionada con el crecimiento de superficies impermeables y la captación de agua.

Tabla 4.4-2 muestra el comportamiento de la densidad de población estimada por el Equipo de Estudio JICA.

En la tabla, para los valores más altos de densidad de población, la celda se coloreó en rojo; mientras que el más bajo en verde. Una puntuación simple “más uno” para el favorable, y “menos uno” para el desfavorable hace del escenario 2 el mejor anotador con el puntaje “más uno”.

Tabla 4.4-2 Estimación de la densidad de población según el escenario de desarrollo

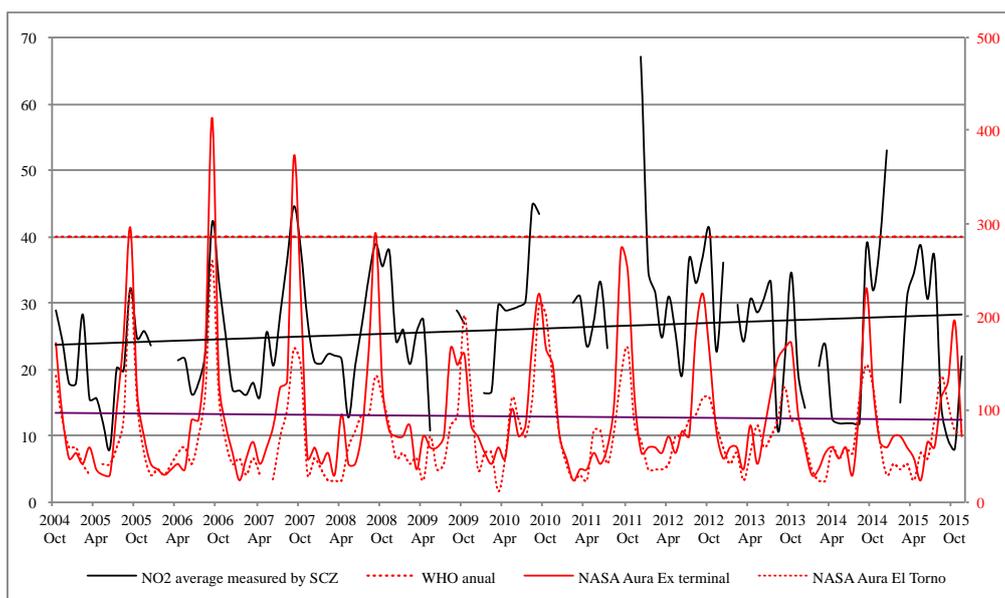
(habitantes por hectárea)

Municipio	Escenario	2020	2025	2030	2035
Cotoca	1	1.84	2.60	3.39	4.23
	2	1.49	2.01	2.55	3.12
	3	1.03	1.15	1.27	1.40
	4	1.45	1.94	2.44	2.98
El Torno	1	0.64	0.67	0.70	0.74
	2	0.64	0.66	0.68	0.71
	3	0.66	0.70	0.74	0.79
	4	0.64	0.67	0.70	0.73
La Guardia	1	1.31	1.46	1.61	1.77
	2	1.41	1.62	1.85	2.09
	3	1.50	1.81	2.12	2.46
	4	1.40	1.62	1.84	2.08
Porongo	1	0.57	0.84	1.12	1.41
	2	0.46	0.69	0.93	1.19
	3	0.25	0.29	0.33	0.38
	4	0.41	0.60	0.80	1.01
Santa Cruz de la Sierra	1	13.36	14.28	15.24	16.25
	2	13.69	14.80	15.96	17.18
	3	14.17	15.70	17.30	18.99
	4	13.61	14.65	15.73	16.88
Warnes	1	1.61	2.05	2.51	2.99
	2	1.48	1.83	2.19	2.57
	3	1.30	1.49	1.69	1.89
	4	1.60	2.06	2.54	3.05

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

(3) Degradación de la calidad del aire

El satélite Aura mide la densidad de la columna troposférica de dióxido de nitrógeno (NO₂). La figura a continuación muestra la evolución de la media de NO₂ medida por la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra como parte de la Red MONICA; y los valores de densidad de columna NO₂ registrados por Aura en la zona de la Ex-terminal en el centro de Santa Cruz de la Sierra y la ciudad de El Torno.



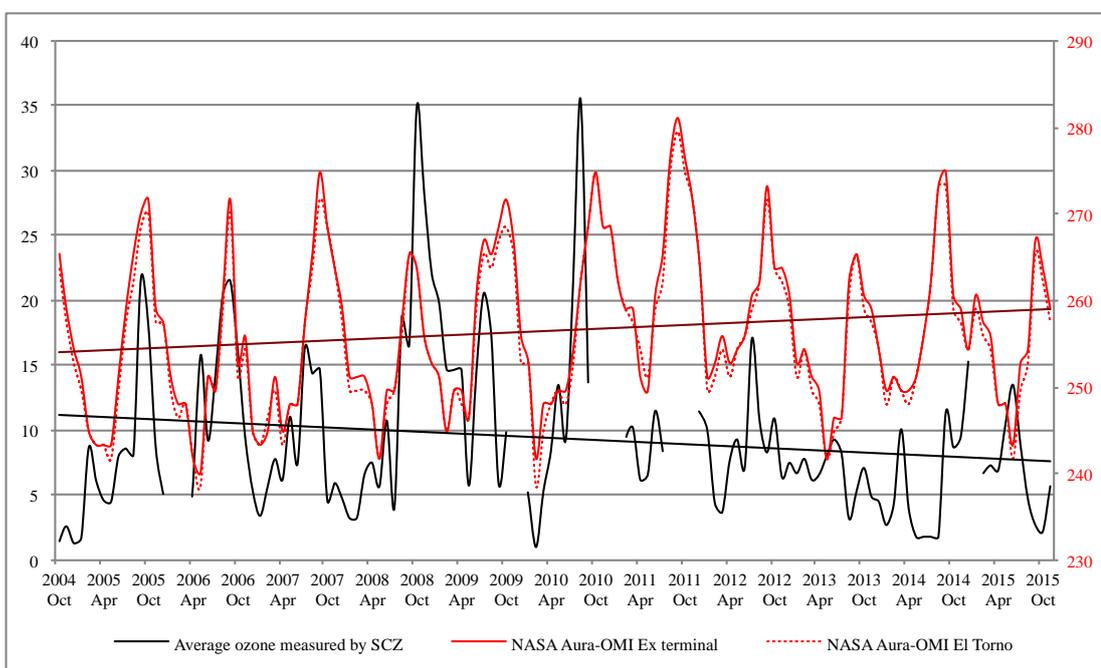
Fuente: Red MONICA-Santa Cruz de la Sierra, Satélite Aura: Dióxido de Nitrógeno (Octubre 2004-Noviembre 2015), Procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.4-2 Evolución de la concentración de NO₂ (µg/m³) y densidad de la columna (10⁹ moléculas/mm²)

Figura 4.4-2 muestra también el valor de la concentración media anual de NO₂ recomendada por la OMS (línea roja punteada de 40 µg/m³). La línea roja representa la regresión lineal de la concentración media de NO₂ medida por la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad y la negra la densidad de la columna NO₂ registrada por Aura mostrando sus tendencias.

El Instrumento de Monitoreo de Ozono (OMI) a bordo del satélite Aura de la NASA proporciona mediciones diarias del ozono. El OMI mide el ozono total de la columna, que es la cantidad de ozono presente en una columna de la atmósfera que se extiende desde la superficie hasta la parte superior de la atmósfera, incluyendo el nivel del suelo y el ozono estratosférico.

La densidad de la columna de ozono se mide en Unidades Dobson (DUs). Una Unidad Dobson es la cantidad de ozono que se requeriría para crear una capa de ozono puro de 0.01 milímetros de espesor en la superficie de la Tierra, a una temperatura de cero grados Celsius y a una presión de una atmósfera.



Fuente: Red MONICA-Santa Cruz de la Sierra, satélite Aura / OMI: Ozono (Octubre 2004-Noviembre 2015), procesado por el Equipo de Estudio de la JICA.

Figura 4.4-3 Evolución de la concentración de ozono (g/m³) y la densidad de la columna (unidades Dobson)

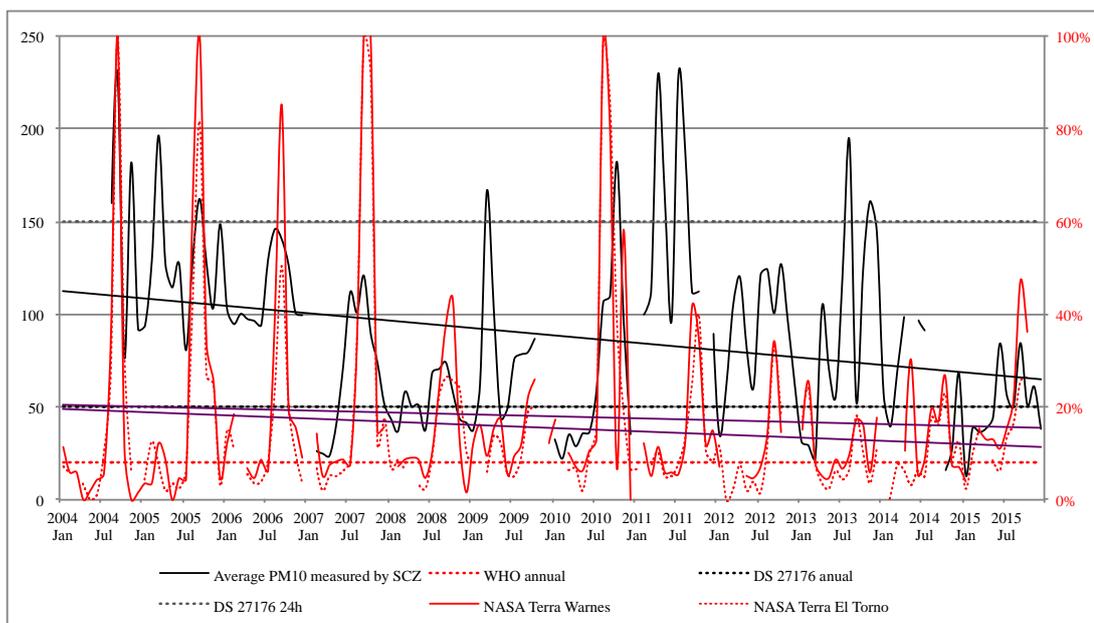
La Figura 4.4-3 muestra tanto la evolución de la concentración media de ozono como los valores de densidad de columna de ozono en el centro de Santa Cruz de la Sierra y El Torno.

La figura muestra también las regresiones lineales de ambos parámetros. La línea roja representa la regresión lineal de la concentración media de ozono medida por la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad y la línea negra la densidad de la columna de ozono registrada por Aura/OMI mostrando sus tendencias.

MODIS a bordo de los satélites Terra y Agua de la NASA se utiliza para monitorear el espesor óptico del aerosol, proporcional a la carga total del aerosol, y la distribución del tamaño, integrado en la columna vertical del aerosol ambiente. El aerosol cuenta con partículas sólidas, líquidas y plasmáticas que la atmósfera lleva, que incluye el PM10 medido por la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Cruz de la Sierra.

La Figura 4.4-4 muestra ambos, la evolución del PM10 promedio medida y los valores de densidad de columna de aerosol el centro de Santa Cruz de la Sierra y la ciudad de El Torno.

La Figura 4.4-4 muestra también el valor de la concentración media anual de PM10 recomendada por la OMS (línea roja punteada de 20 µg/m³) y los valores de la norma boliviana (Decreto Supremo N° 24176) para las concentraciones de PM10 permitidas (línea negra punteada de 50 µg/m³ para el promedio de 24 horas y 150 µg/m³ correspondiente a la media anual). La línea roja representa la regresión lineal de la concentración media de PM10 medida por la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad y la negra la densidad de columna de aerosol registrada por Aura mostrando sus tendencias.



Fuente: Red MONICA-Santa Cruz de la Sierra (octubre 2004-noviembre 2015), satélite Terra/MODIS: Aerosol (enero 2004-diciembre 2015), procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.4-4 Evolución de la concentración de PM10 (µg/m³) y la densidad de la columna de aerosol (%)

Los datos del monóxido de carbono (CO) son recolectados por el sensor MOPITT (Mediciones de la contaminación en la Tropósfera) en el satélite Terra de la NASA. Las concentraciones de CO se expresan en partes por billón en volumen (ppbv). Los datos de Incendios Activos son recolectados por MODIS a bordo de los satélites Terra y Aqua. Los Incendios Activos proporcionan información sobre la ubicación de un incendio, su energía emitida, la proporción de fuego y brasa y una estimación del área quemada.

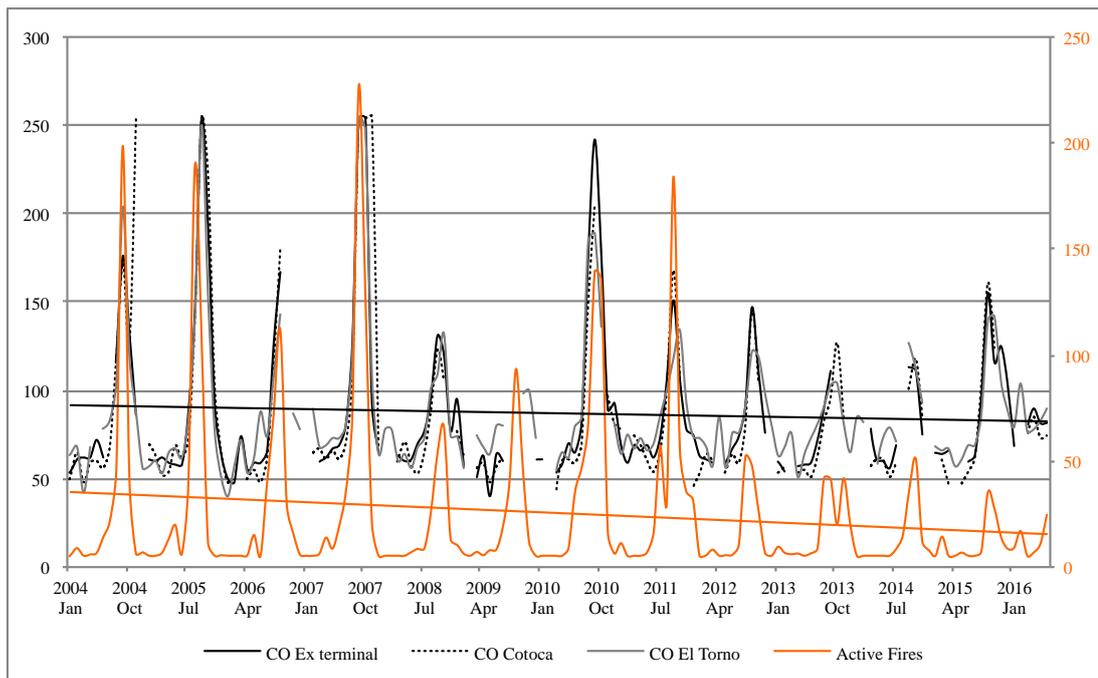
El monóxido de carbono incoloro, inodoro y venenoso, es uno de los principales contaminantes del aire. Cuando los combustibles a base de carbono, como el carbón, la madera y el petróleo, se queman de manera incompleta o ineficiente, producen monóxido de carbono. El gas se propaga por los vientos y los patrones de circulación en toda la atmósfera inferior (la tropósfera). El CO desempeña un papel importante en la química atmosférica, y afecta la capacidad de la atmósfera para purificarse de muchos otros gases contaminantes. También participa en la formación de ozono tóxico en la tropósfera y smog urbano.

La liberación de gases químicamente reactivos durante la quema de biomasa influye fuertemente en los procesos químicos dentro de la tropósfera. En las regiones tropicales, se ha demostrado que la quema de biomasa ha influenciado fuertemente en las distribuciones regionales y globales de ozono troposférico y se ha relacionado con la deposición ácida. Además, la quema intensiva de biomasa asociada con incendios forestales naturales, las prácticas de deforestación y el manejo de tierras de sabana es una fuente importante de

vestigios gaseosos como el óxido nítrico, dióxido de carbono, CO, ozono, metano y varios gases que contienen nitrógeno, azufre y otros hidrocarburos que no son metano. El fuego es también una fuente abundante de aerosoles.

Concluyendo del comportamiento antes mencionado los parámetros de calidad del aire, se puede simplificar para monitorear únicamente CO, como un parámetro representativo, con el fin de monitorear la calidad del aire asociada con el sector de transporte.

La figura siguiente muestra la evolución del CO en el área de la Ex-terminal en el centro de Santa Cruz de la Sierra y las ciudades de Cotoca y El Torno, y los valores de Incendios Activos registrados por Terra/MODIS en el Área Metropolitana.



Fuente: Satélite Terra/MODIS: CO, Incendios Activos (enero 2004-junio 2016), procesado por el Equipo de Estudio JICA.

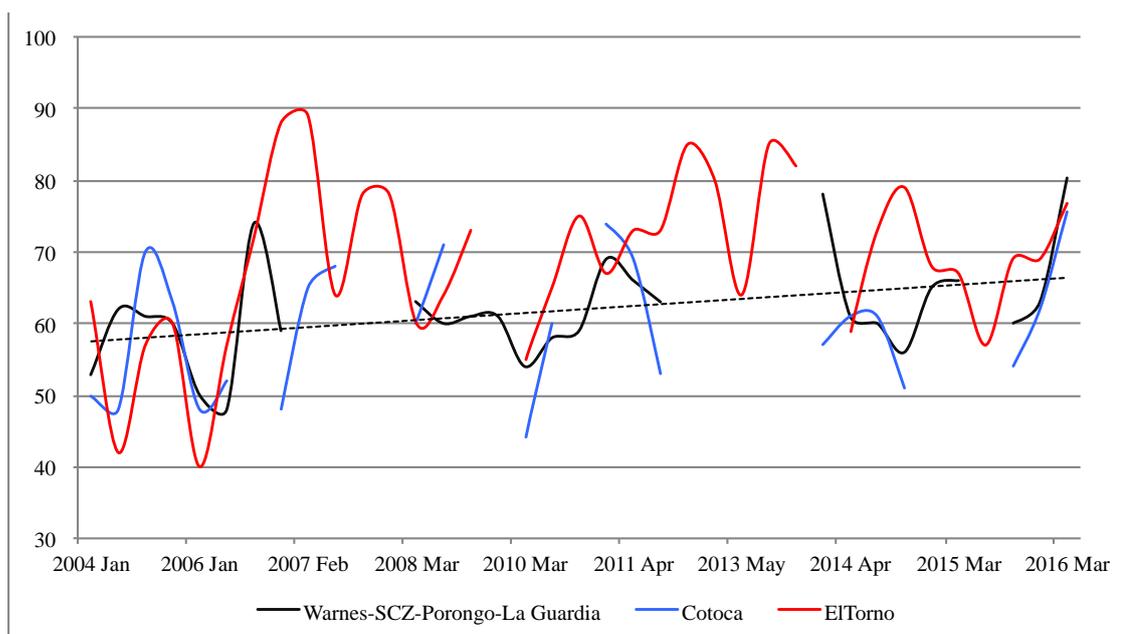
Figura 4.4-5 Evolución de CO (ppbv) y los incendios activos (píxeles/1000 km2)

La línea amarilla-rojiza representa la regresión lineal de la concentración media de los incendios activos y la línea negra la concentración de CO, para mostrar sus tendencias. Esta muestra que ambos tienen gradientes negativos, e inferir que la práctica de corte y quema dentro del área metropolitana está disminuyendo.

La Figura 4.4-6 muestra la evolución del CO en las áreas urbanizadas en meses con ausencia de actividades de tala y quema en el área metropolitana.

La línea punteada negra representa la regresión lineal de la concentración de CO en las áreas urbanizadas de Warnes, Santa Cruz de la Sierra, Porongo y La Guardia, de lo que se infiere la degradación de la calidad del aire impulsada por el sector de transporte.

Se realizó una correlación entre el crecimiento de la población y este conjunto de datos de CO para estimar los efectos de futuros escenarios de desarrollo. La siguiente tabla muestra los mejores ajustes del modelo de población no lineal de CO y la estimación de las concentraciones de CO (ppbv) para cada opción de desarrollo.



Fuente: Satélite Terra/MODIS, procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.4-6 Evolución del CO (ppbv) en ausencia de prácticas de corte y quema

Tabla 4.4-3 Estimación del CO en función de la población (P) por escenario de desarrollo

Municipio	Modelo de Correlación	Escenario	2020	2025	2030	2035
Cotoca	$23.779 \times P^{0.11937} - 27.064$	1	68.4	72.4	75.6	78.3
		2	66.0	69.3	72.1	74.6
		3	62.0	63.2	64.2	65.3
		4	65.7	68.9	71.6	74.0
El Torno	$0.93627 \times P^{0.41255} - 11.97$	1	76.2	78.0	79.9	81.8
		2	76.2	77.5	78.9	80.2
		3	77.4	79.8	82.1	84.5
		4	76.6	78.1	79.7	81.4
La Guardia	$0.86612 \times P^{0.27992} + 42.378$	1	65.6	66.3	66.9	67.6
		2	66.0	67.0	67.9	68.8
		3	66.5	67.7	68.9	70.0
		4	66.0	67.0	67.9	68.7
Porongo	$0.68802 \times P^{0.38245} + 35.549$	1	79.9	87.0	92.9	98.2
		2	76.4	83.3	89.1	94.3
		3	67.7	69.7	71.6	73.4
		4	74.7	80.8	86.0	90.7
Santa Cruz de la Sierra	$0.14451 \times P^{0.40521} + 18.022$	1	66.2	67.5	68.8	70.1
		2	66.6	68.2	69.7	71.3
		3	67.3	69.4	71.5	73.5
		4	66.5	68.0	69.5	70.9
Warnes	$0.86709 \times P^{0.26321} + 45.406$	1	67.2	68.7	69.9	71.1
		2	66.7	68.0	69.1	70.1
		3	66.0	66.8	67.5	68.2
		4	67.2	68.7	70.0	71.2

Fuente: CO: Terra/MODIS; Estimaciones de población: Equipo de Estudio JICA.

En la tabla, para los valores más altos de CO, la celda se coloreó en rojo; mientras que los más bajos en verde. Una puntuación simple “más uno” para el favorable, y “menos uno” para el desfavorable hace que el escenario 2 aparezca como el mejor anotador con el puntaje “más uno”.

(4) Degradación de la calidad del agua

No se encontraron datos fiables ni información para aclarar el estado de degradación de la

calidad del agua. Por este motivo, hasta tener los datos respectivos se recomienda usar una de presión para correlacionar la variable.

En este caso se propone utilizar tendencias de densidad de población, basarse en que la densidad de población está directamente relacionada con el aumento de las aguas residuales y también para la precipitación de los gases de escape, y las filtraciones de aceite y grasa del sector de transporte.

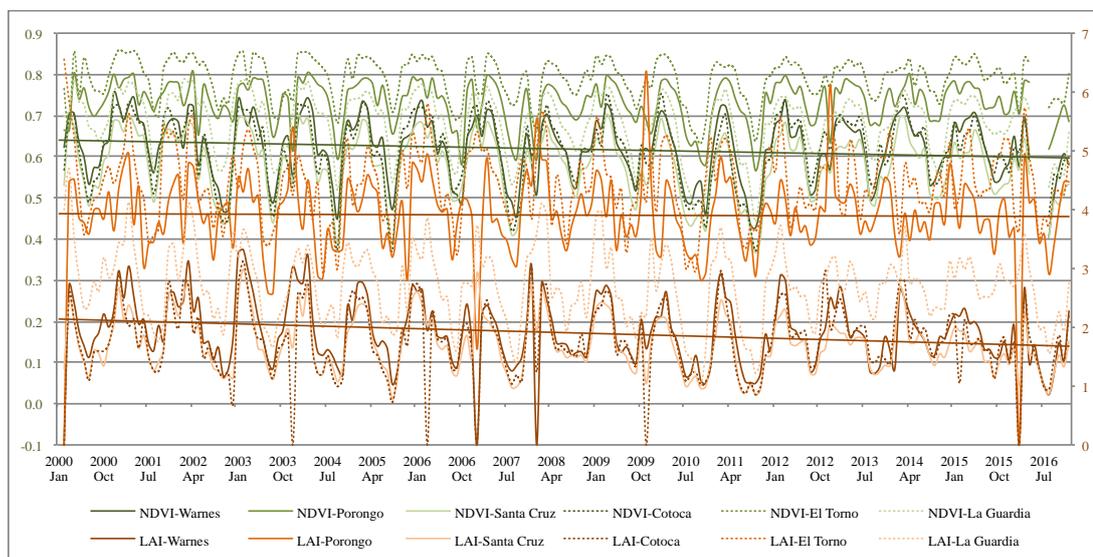
Del mismo modo, una puntuación simple “más uno” para el favorable, y “menos uno” para el desfavorable hace al escenario 2 el mejor anotador “más uno”.

(5) Degradación del paisaje

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se produce utilizando los datos recolectados por el MODIS a bordo del satélite Terra; mientras que el Índice de Área de Hoja (LAI) está utilizando los datos recolectados por el MODIS a bordo de los satélites Terra y Aqua.

Los valores del NDVI son medidas empíricas de la actividad de la vegetación (actividad fotosintética de la vegetación) en la superficie del suelo, o la medida del “verdor” de la vegetación en los paisajes. Mientras que el LAI define una propiedad estructural importante de un dosel vegetal, el número de capas equivalentes de vegetación de hojas con relación a una unidad de área del suelo.

La siguiente figura muestra la evolución del NDVI y del LAI en el área de los municipios que componen el Área Metropolitana.



Fuente: Satélite Terra/MODIS: NDVI, Índice de Área de Hoja (Febrero 2000-Diciembre 2016), procesado por el Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.4-7 Evolución de NDVI y LAI en el Área Metropolitana

Todas las regresiones lineales de NDVI y LAI mostraron gradientes negativos, lo que denota la disminución de vegetación en todos los municipios que componen el Área Metropolitana.

Se realizó una correlación entre el crecimiento de la población y este conjunto de datos de NDVI y LAI para estimar los efectos en futuros escenarios de desarrollo. La Tabla a continuación muestra los mejores ajustes del modelo de población NDVI no lineal y la estimación del NDVI para cada opción de desarrollo.

Tabla 4.4-4 Estimación del NDVI en función de la población (P) por escenario de desarrollo

Municipio	Modelo de Correlación	Escenario de Desarrollo	2020	2025	2030	2035
Cotoca	$6.6936 \times P^{-0.37651} + 0.49485$	1	0.578	0.568	0.561	0.556
		2	0.585	0.576	0.569	0.563
		3	0.599	0.595	0.591	0.588
		4	0.586	0.577	0.570	0.565
El Torno	$1.0831 \times P^{-0.12665} + 0.51278$	1	0.781	0.779	0.778	0.776
		2	0.781	0.780	0.779	0.777
		3	0.780	0.778	0.776	0.774
		4	0.781	0.779	0.778	0.776
La Guardia	$141.28 \times P^{-0.68294} + 0.61052$	1	0.657	0.654	0.651	0.648
		2	0.655	0.651	0.647	0.644
		3	0.653	0.648	0.644	0.641
		4	0.655	0.651	0.647	0.644
Porongo	$5.634 \times P^{-0.4432} + 0.64968$	1	0.695	0.688	0.683	0.680
		2	0.699	0.691	0.686	0.682
		3	0.715	0.711	0.707	0.704
		4	0.702	0.694	0.689	0.685
Santa Cruz de la Sierra	$44.418 \times P^{-0.3307} + 0.16196$	1	0.550	0.542	0.533	0.526
		2	0.547	0.537	0.528	0.519
		3	0.543	0.530	0.518	0.507
		4	0.548	0.538	0.530	0.521
Warnes	$106.43 \times P^{-0.68985} + 0.57117$	1	0.594	0.590	0.588	0.586
		2	0.595	0.592	0.590	0.588
		3	0.597	0.595	0.593	0.591
		4	0.594	0.590	0.588	0.586

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

En la tabla, para los valores más altos de NDVI, la celda se coloreó en verde; Mientras que el más bajo en rojo. Una puntuación simple “más uno” para el favorable, y “menos uno” para el desfavorable hace al escenario 2 el mejor anotador con el puntaje “más uno”.

(6) Mitigación de restricciones públicas en el transporte

El tiempo invertido por pasajero para viajar una determinada distancia será el mejor indicador para medir el grado de satisfacción del público con el sistema de transporte.

Debido a que estos datos no están listos, se utilizó transitoriamente una medida indirecta, como la distancia recorrida por pasajero.

Tabla 4.4-5 Distancia viajada por pasajero en el horario pico en 2025

Unidad: km/pasajero

Escenario	Opción	Automóvil	Bus	Automóvil+Bus
1	A	9.8	9.8	9.8
	B	9.7	10.2	10.0
2	A	9.3	9.6	9.5
	B	7.6	9.7	9.0
3	A	9.4	8.8	9.0
	B	7.0	9.3	8.6
4	A	9.2	9.5	9.4
	B	7.5	9.5	8.9

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

La opción 3B muestra el mejor rendimiento. Para los pasajeros que viajan en automóviles el mejor rendimiento se puede lograr con la opción de desarrollo 3B. A su vez en bus con la opción 3A.

(7) Efectos socioeconómicos positivos y negativos

Del mismo modo, según los criterios, el costo de oportunidad con respecto al tiempo invertido podría ser un indicador opcional; por lo tanto, la tendencia será la misma, el mejor rendimiento del transporte en automóvil podría lograrse por la opción de desarrollo 3B. A su vez en bus la opción 3A.

(8) Gases de efecto invernadero (GHG)

Como factor complementario, la estimación de los gases de efecto invernadero (GHG) se llevó a cabo utilizando los datos de “distancia total recorrida por el vehículo” de la Tabla anterior, para estimar la emisión total de gases de efecto invernadero.

Para las estimaciones se utilizó una metodología indicada en el Volumen 2: Energía, Capítulo 3: Combustión móvil de las Directrices 2006 del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

En la tabla de abajo se indica la estimación de los GHG para las opciones de escenario de desarrollo para el año 2035 durante el tráfico de una hora pico.

Tabla 4.4-6 Estimación de la emisión de GHG en una hora punta del año 2035

Escenario		1		2		3		4	
Opción		A	B	A	B	A	B	A	B
Distancia recorrida (miles km)	Automóvil	2,761	2,605	2,446	2,434	2,278	2,266	2,463	2,454
	bus	390	391	404	398	390	379	390	388
Valor calórico (TJ/miles de toneladas)	Gasolina	44.8							
	Diesel oil	43.33							
Eficiencia (km/L)	Gasolina	10							
	Diesel oil	5							
Densidad (kg/L)	Gasolina	0.75							
	Diesel oil	0.9							
Factor de emisión CO ₂ (kg/TJ)	automóvil	69,300							
	bus	74,100							
Emisión de CO ₂ (automóvil)		643	607	570	567	530	528	574	571
Emisión de CO ₂ (bus)		225	226	233	230	226	219	226	224
Emisión de CO ₂ (kg)		868	832	803	797	756	747	799	796
Emisión de CO ₂ (kg)		868	832	803	797	756	747	799	796
Factor de emisión CH ₄ (kg/TJ)	automóvil	33							
	bus	3.9							
Emisión de CH ₄ (automóvil)		0.306	0.289	0.271	0.270	0.253	0.251	0.273	0.272
Emisión de CH ₄ (bus)		0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
Emisión de CH ₄		0.318	0.301	0.284	0.282	0.264	0.263	0.285	0.284
Factor de Conversión CH ₄ a CO ₂ -eq.		25							
Emisión CH ₄ -CO ₂ -eq. (kg)		8	8	7	7	7	7	7	7
Factor de emisión N ₂ O (kg/TJ)	automóvil	3.2							
	bus	3.9							
Emisión de N ₂ O (automóvil)		0.030	0.028	0.026	0.026	0.024	0.024	0.026	0.026
Emisión de N ₂ O (bus)		0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
Emisión de N ₂ O		0.042	0.040	0.039	0.038	0.036	0.036	0.038	0.038
Factor de Conversión N ₂ O to CO ₂ -eq.		298							
Emisión N ₂ O-CO ₂ -eq. (kg)		12	12	11	11	11	11	11	11
Total CO ₂ -eq. (kg)		889	852	822	815	773	764	818	814

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

Como se indica en la tabla anterior, la opción de menor emisión es 3B, a su vez la opción de mayor emisión es 1A.

4.5 Reunión de las Partes Interesadas

4.5.1 Primera Reunión de las Partes Interesadas

El procedimiento de SEA requiere que el público y también las autoridades probablemente preocupadas por los efectos ambientales durante la implementación del plan de desarrollo, incluyendo el Plan Maestro, debido a sus responsabilidades ambientales, sean consultadas como parte de su proceso. La finalidad de esto es contribuir a la toma de decisiones más transparente y garantizar que la información suministrada por la evaluación sea integral y confiable. Con este fin, se adoptan las reuniones de las Partes Interesadas.

Se realizó una reunión de las Partes Interesadas el 26 de julio de 2016 en uno de los auditorios del Centro de Estudios Ambientales (CEA), con la participación de representantes del Gobierno Departamental de Santa Cruz, las Administraciones Municipales del Área Metropolitana, la Facultad de Ingeniería de la UPSA (Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra) que participa en la Red MONICA y FAN un grupo de la sociedad civil consciente del medio ambiente.

Una presentación del equipo de estudio JICA consistió en explicar conceptos sobre posibles escenarios para el desarrollo de la zona metropolitana, seguido de una propuesta de composición de indicadores de evaluación basados en el método vinculado DPSIR modificado y algunos indicadores iniciales para el efecto isla de calor, disminución de la capacidad de recarga de acuíferos y caracterización de la calidad del aire.

La tabla siguiente enumera los conceptos de cada tipo de indicador comparando el DPSIR modificado con su versión anterior.

Tabla 4.5-1 Contexto del DPSIR y del DPSIR modificado

DPSIR	DPSIR Modificado
D: Fuerzas motrices del cambio ambiental	Presiones: los indicadores de monitoreo de la magnitud e intensidad de las amenazas para el medio ambiente que las respuestas apuntan a resolver.
P: Presiones sobre el medio ambiente	
S: Estado del medio ambiente	Estado: indicadores hacen seguimiento de la condición del medio ambiente.
I: Impactos sobre la población, economía, ecosistemas	Beneficios: indicadores que miden las tendencias en los servicios y beneficios que las personas obtienen del medio ambiente.
R: Respuesta de la sociedad	Respuestas: indicadores que miden la ejecución de las políticas o acciones para prevenir o reducir la pérdida de los beneficios ambientales.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

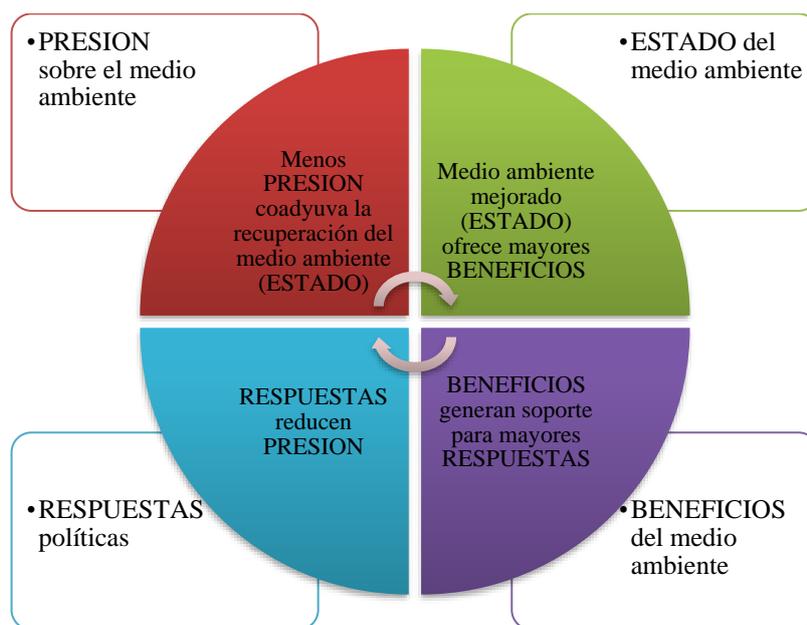
Una función importante de los indicadores es facilitar la evaluación informada del progreso hacia los objetivos. Los conjuntos de indicadores “vinculados” ofrecen un marco más lógico y eficaz para esto es que hacen indicadores individuales por cuenta propia o como un conjunto no estructurado. Los conjuntos de indicadores vinculados de biodiversidad ayudan a desarrollar una comprensión más clara de las relaciones entre acciones políticas/normativas, amenazas antropogénicas, el estado del medio ambiente y los beneficios y servicios que las personas derivan de él. Al vincular los indicadores en estas cuatro categorías se aclara cómo las respuestas en las políticas están afectando el cambio:

- Presión sobre el medio ambiente (Categoría de Presión): indicadores de monitoreo de la magnitud e intensidad de las amenazas para el medio ambiente que las respuestas apuntan a resolver.
- Estado del medio ambiente (Categoría de Estado): indicadores de seguimiento de la condición del medio ambiente;

- Beneficio del medio ambiente (Categoría de Beneficios): indicadores que miden las tendencias en los beneficios y servicios que los seres humanos derivan del entorno; y
- Respuestas en las políticas (Categoría de Respuestas): indicadores que miden la ejecución de las políticas o acciones para prevenir o reducir la pérdida de los beneficios ambientales.

Las mencionadas categorías de indicadores han vinculado las relaciones como sigue.

- Entre indicadores de la categoría de presión y estado: menos presión ayuda al medio ambiente a recuperarse. Así, la recuperación puede ser expresada cuantitativamente en términos de estado del medio ambiente.
- Entre los indicadores de la categoría de estado y beneficios: mejora el statu quo del medio ambiente, expresado en términos de “estado”, proporciona más beneficios, expresados con servicios de los ecosistemas relacionados.
- Entre indicadores de Beneficios y Respuestas: beneficios como se explicó anteriormente, en términos de servicios de los ecosistemas, generan apoyo para respuestas en las políticas eficaces.
- Entre los indicadores de las Respuestas y las Presiones: aplicación efectiva de las respuestas en las políticas pertinentes deriva en la reducción de las presiones sobre el medio ambiente.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 4.5-1 Relación vinculada de indicadores de evaluación y monitoreo

4.5.2 Segunda Reunión de las Partes Interesadas

La Segunda Reunión de las Partes Interesadas se efectuó el 24 de noviembre, 2016 en el Auditorio Central de CEA, con la participación de los representantes del Gobierno Departamental de Santa Cruz, las Administraciones Municipales del Área Metropolitana y la Facultad de Ingeniería de la UPSA (*Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra*), UNE (*Universidad Nacional Ecológica*), FAN, y los representantes del sector de transporte público.

Luego de las presentaciones del Equipo de Estudio JICA que consistieron en la descripción de las alternativas de escenarios de desarrollo y el análisis de los escenarios por los criterios de evaluación, se realizó un debate con los participantes.

Los resultados del análisis mencionado se enumeran en la tabla siguiente:

Tabla 4.5-2 Análisis de alternativas de escenarios de desarrollo

Opción	Criterios de Evaluación	Escenario Estimado
Opción 1A Opción Cero	Aumento de la temperatura debido al efecto isla de calor urbano	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana; producto del asfalto alto y construcciones de edificios
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana; producto de áreas impermeables recientemente ampliadas
	Degradación de la calidad del aire	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana; producto de un crecimiento urbano disperso causando un sistema de transporte inactivo (con el motor al ralentí).
	Degradación de la calidad del agua	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana producto de un crecimiento urbano disperso causando un sistema de transporte inactivo (con el motor al ralentí).
	Degradación del paisaje	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana; se produce por la alteración de una gran extensión de recursos naturales
	Limitaciones Públicas en Transporte	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana, producto de un crecimiento urbano disperso causando un sistema de transporte altamente inactivo (con el motor al ralentí).
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Alta pérdida de costo de oportunidad en toda el área metropolitana; producto de un crecimiento desordenado causando un sistema de transporte inactivo (con el motor al ralentí).
Opción 1B Desarrollo de la tendencia con vías arteriales	Aumento de la temperatura debido al efecto "isla" de calor urbano	Altamente propenso en general; producto del asfalto alto y construcción de edificios
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana; producto de áreas impermeables recientemente ampliadas
	Degradación de la calidad del aire	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana producto de un crecimiento desordenado causando un gran vacío en el sistema de transporte
	Degradación de la calidad del agua	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana producto de un crecimiento desordenado causando un gran vacío en el sistema de transporte
	Degradación del Paisaje	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana; producto de la modificación de una alta extensión de recursos naturales
	Limitaciones Públicas en el Transporte	Moderadamente propenso en toda el Área Metropolitana y beneficios parciales para poblaciones que viven en zonas conectadas por carreteras recientemente construidas.
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Pérdida moderada de costo de oportunidad en toda el área metropolitana; es el resultado de un crecimiento desordenado causando un gran vacío en el sistema de transporte, y también propensos a reasentamiento involuntario a lo largo de carreteras recientemente construidas
Opción 2A Desarrollo Urbano Controlado	Aumento de la temperatura debido al efecto "isla" de calor urbano	Moderadamente proclive en toda el Área Metropolitana, dependen del asfalto moderado y construcción de edificios
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Moderadamente propenso en toda el Área Metropolitana, producto de áreas impermeables recientemente ampliadas
	Degradación de la calidad del aire	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana, producto del mayor crecimiento de los vehículos de transporte público de tamaño pequeño
	Degradación de la calidad del agua	Altamente propenso en toda el Área Metropolitana con crecimiento de vehículos de transporte público de tamaño

Opción	Criterios de Evaluación	Escenario Estimado
		pequeño
	Degradación del Paisaje	Moderadamente propenso en toda el Área Metropolitana producto de la alteración moderada de los recursos naturales
	Limitaciones Públicas en el Transporte	Moderadamente propenso en toda el Área Metropolitana y beneficios parciales para población que vive en zonas conectadas por nueva construcción de carreteras
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Pérdida moderada del costo de oportunidad en toda el área metropolitana; producto de un crecimiento desordenado causando un gran vacío en el sistema de transporte; y también es propenso al involuntario reasentamiento a lo largo de carreteras recientemente construidas
Opción 2B Desarrollo urbano controlado con desarrollo orientado al Transporte Público	Aumento de la temperatura debido al efecto "isla" de calor urbano	Moderadamente propenso en toda el área metropolitana, depende del asfalto moderado y de la construcción de edificios
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Moderadamente propenso en toda el Área Metropolitana depende de áreas impermeables recientemente ampliadas
	Degradación de la calidad del aire	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, depende de la reducción de aspectos ineficientes del sistema de transporte público
	Degradación de la calidad del agua	Moderadamente propenso en toda el Área Metropolitana, depende de la reducción de aspectos ineficientes del sistema de transporte público
	Degradación del paisaje	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana depende de cambios de extensión moderada de los recursos naturales
	Limitaciones Públicas en el Transporte	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, depende de la reducción de aspectos ineficientes del sistema de transporte público
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Pérdida moderada de costo de oportunidad en toda el área metropolitana producto de la reducción de aspectos ineficientes del sistema de transporte público
Opción 3A Densificación del área urbanizada existente	Aumento de la temperatura debido al efecto "isla" de calor urbano	Propensión baja en toda el área metropolitana depende del asfalto bajo y la construcción de edificios basada en el crecimiento vertical
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Propensión baja en toda el área Metropolitana depende de la baja expansión de áreas impermeables
	Degradación de la calidad del aire	Moderadamente propenso en toda el área metropolitana pero propenso a ser altamente sesgado en áreas destinadas a crecimiento vertical
	Degradación de la calidad del agua	Moderadamente propenso en toda el Área Metropolitana pero altamente propenso al sesgo en área destinadas a crecimiento vertical.
	Degradación del Paisaje	Propensión baja en toda el área Metropolitana depende de la alteración de baja extensión de activos naturales
	Limitaciones del Transporte Público	Baja propensión en toda el Área Metropolitana depende de un desarrollo restringido y de un sistema de transporte altamente inactivo en el área de crecimiento vertical.
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Perdida baja en el costo de oportunidad en toda el Área Metropolitana producto de un sistema de desarrollo restringido altamente inactivo en el área de crecimiento vertical.
Opción 3B Densificación del área urbanizada existente – desarrollo orientado al transporte público	Aumento de la temperatura debido al efecto "isla" de calor urbano	Propensión baja en toda el Área Metropolitana depende del asfalto bajo y del crecimiento vertical de construcciones de edificios
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Propensión baja en toda el Área Metropolitana depende de la baja expansión de áreas impermeables
	Degradación de la calidad del aire	Propensión moderada en toda el Área Metropolitana, pero altamente sesgada en áreas destinadas a crecimiento vertical.
	Degradación de la calidad del agua	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana pero altamente propenso al sesgo en las áreas objetivo de crecimiento vertical.
	Degradación del Paisaje	Propensión baja en toda el área Metropolitana, producto

Opción	Criterios de Evaluación	Escenario Estimado
		de alteraciones de baja intensidad de los bienes naturales
	Limitaciones del Transporte Público	Propensión baja en toda el área Metropolitana; producto del desarrollo restringido y moderadamente inactivo del sistema de transporte en zonas de crecimiento vertical.
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Pérdida baja en costo de oportunidad en toda el área Metropolitana producto del desarrollo restringido del sistema de transporte moderadamente inactivo en zonas de crecimiento vertical.
Opción 4A Desarrollo de Sub-Centro – desarrollo orientado a las vías	Aumento de la temperatura debido al efecto “isla” de calor urbano	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, pero altamente propenso en áreas recientemente desarrolladas
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Moderadamente propensos en toda el área Metropolitana, pero altamente propensos en áreas recientemente desarrolladas.
	Degradación de la calidad del aire	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, pero altamente propenso en áreas recientemente desarrolladas.
	Degradación de la calidad del agua	Moderadamente propensos en toda el área Metropolitana, pero altamente propensos en áreas recientemente desarrolladas.
	Degradación del paisaje	Moderadamente propensos en toda el área Metropolitana, pero altamente propensos en áreas recientemente desarrolladas.
	Limitaciones del Transporte Público	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana producto un desarrollo parcial
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Pérdida moderada en el costo de oportunidad en toda el área Metropolitana depende de un desarrollo parcial; y también es propenso a un reasentamiento involuntario junto a caminos principales recientemente construidos
Opción 4B Desarrollo de Sub-Centro – desarrollo orientado al transporte público	Aumento de la temperatura debido al efecto “isla” de calor urbano	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, pero altamente propenso en áreas recientemente desarrolladas.
	Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, pero altamente propenso en áreas recientemente desarrolladas.
	Degradación de la calidad del aire	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, pero altamente propenso en áreas recientemente desarrolladas.
	Degradación de la calidad del agua	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, pero altamente propenso en áreas recientemente desarrolladas.
	Degradación del Paisaje	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, pero altamente propenso en áreas recientemente desarrolladas.
	Limitaciones del Transporte Público	Moderadamente propenso en toda el área Metropolitana, se basa en un desarrollo parcial
	Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Pérdida moderada en el costo de oportunidad en toda el área Metropolitana se basa en un desarrollo parcial

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

Independientemente de la evaluación cualitativa de los escenarios alternativos, es evidente que se desean opciones ambiental y socialmente manejables para el escenario futuro de la zona metropolitana. En ese sentido, excepto la opción 2B “Desarrollo urbano controlado con el desarrollo del tránsito”, las alternativas son total o parcialmente propensas a las limitaciones advertidas alcanzando las resiliencias ecológicas y sociales.

Una vez seleccionadas las estrategias de desarrollo, se identificará un conjunto de indicadores de monitoreo ambiental con el fin de mejorar las actuales respuestas políticas para reducir las presiones concomitantes sobre la conducción de las actividades para el plan futuro.

Los efectos ambientales significativos de la aplicación del plan de desarrollo deben ser monitoreados para identificar efectos adversos imprevistos y medidas correctivas a tomar. El Monitoreo permite que los efectos reales del plan se prueben contra aquellos predichos por EAE y ayuda a garantizar la identificación de problemas que se plantean durante la ejecución, previstos o no originalmente, y se puedan hacer previsiones futuras con mayor precisión. También puede utilizarse para proporcionar información de línea base para futuras políticas, planes o programas.

Como conclusión de la segunda reunión de las partes interesadas, se logró un consenso con la Opción 2B “Desarrollo urbano controlado con el desarrollo del tránsito”, como la estrategia más deseable para el futuro desarrollo del área metropolitana de Santa Cruz.

Además, se compartieron los indicadores vinculantes más relevantes para monitorear las limitaciones como en los siguientes términos. Las tablas detallan el contexto de cada indicador vinculante, y responsabilidad de las partes interesadas (pero no limitado a este compromiso), en sentido de las tareas de monitoreo:

Tabla 4.5-3 Indicadores vinculados del DPSIR modificado para el monitoreo

Indicador	Presión	Estado	Beneficio	Respuesta
Incremento de la temperatura debido al efecto “isla” de calor urbano				
Contexto	Crecimiento de la zona urbanizada y pavimento de caminos	Temperatura (aumento) en la zona urbana en comparación con la zona rural	Zona urbana habitable (degradación) con temperatura ambiente agradable	Crecimiento controlado de la urbanización a través de un plan espacial sostenible
Responsabilidad de las Partes Interesadas	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de Santa Cruz. Conducción de un plan espacial sostenible; monitoreo de temperaturas • Municipios: conducción de un plan espacial sostenible en coordinación con el Departamento de Santa Cruz; medición de temperaturas 			
Disminución de la capacidad de recarga de agua subterránea				
Contexto	Extensión de áreas impermeables debido a la construcción civil y pavimento de caminos	Nivel freático (deterioro)	Accesibilidad (degradación) a la fuente de agua potable con un costo de operación óptimo en su abstracción	Crecimiento controlado de la urbanización a través de un plan espacial sostenible.
Responsabilidad de las Partes Interesadas	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de Santa Cruz: conducción de un plan espacial sostenible; supervisión de los procedimientos de derecho al agua; monitoreo de niveles freáticos de agua; intercambio de información sobre niveles freáticos de agua con municipios • Municipios: conducción de un plan espacial sostenible en coordinación con el Departamento de Santa Cruz; aplicación de los procedimientos de derecho al agua; medición de niveles freáticos; intercambio de información sobre agua con empresas de suministro de agua 			
Degradación de la calidad del aire				
Contexto	Aumento de emisiones de gases de vehículos	Calidad del aire (degradación)	Zona urbana habitable (degradación) con la calidad del aire cómodo y ambiente más saludable	Adaptación de medidas para un control eficiente del transporte vehicular y de la emisión vehicular.
Responsabilidad de las Partes Interesadas	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de Santa Cruz: adaptación de medidas para un desplazamiento vehicular eficiente; supervisión del control de emisiones de los vehículos (aplicación de la ley de transporte N° 195); estimación de cargas de contaminantes del aire incluyendo GHG; Monitoreo de la calidad del aire conforme al Reglamento en materia de contaminación atmosférica (DS 24176); fortalecimiento del Programa de Cambio Climático • Municipios: implementación de control de emisiones de los vehículos (aplicación de la ley de transporte N° 195); medición de parámetros de calidad de aire según norma en materia de Contaminación Atmosférica (DS 24176) • MONICA Red de Trabajo: suministro de datos e informes técnicos 			

Indicador	Presión	Estado	Beneficio	Respuesta
Degradación de la calidad de agua				
Contexto	Aumento de las aguas residuales y precipitación de contaminantes vehiculares	Calidad del Agua (degradación)	Zona urbana habitable con calidad del agua agradable libre de enfermedades relacionadas.	Crecimiento controlado de la urbanización y mejora del desplazamiento vehicular
Responsabilidad de las Partes Interesadas	<ul style="list-style-type: none"> Departamento de Santa Cruz: monitoreo de la calidad del agua según el Reglamento en materia de contaminación del agua (DS 24176); intercambio de información sobre calidad del agua con los municipios Municipios: medición de la calidad del agua según el Reglamento en materia de contaminación del agua (DS 24176); intercambio de información sobre calidad del agua con las empresas de suministro de agua Red del Área Metropolitana de Santa Cruz para el monitoreo de aguas subterráneas (Red de Monitoreo de Calidad de Aguas Subterráneas): provisión de datos e informes técnicos 			
Degradación del Paisaje				
Contexto	Crecimiento de la zona urbana que afecta a áreas de conservación y protección	Conservación de unidades de ecosistemas (fragmentación) y uso sostenible de suelo y recursos naturales	Conservación de recursos naturales (degradación) acogedor para la vida	Cumplimiento de las normas relacionadas con la realización de la actividad en áreas de conservación y protección
Responsabilidad de las Partes Interesadas	<ul style="list-style-type: none"> Departamento de Santa Cruz: implementación de una Estrategia Departamental de Conservación de Áreas protegidas y Unidades de Conservación de Santa Cruz para exigir el cumplimiento de las normas relacionadas con el permiso para realizar la actividad en áreas de conservación y protección 			
Limitaciones del Transporte Público				
Contexto	Sistema Ineficiente de Transporte	Accesibilidad al sistema de transporte eficiente (ineficiente)	Facilidad para el transporte	Crecimiento controlado de la urbanización y mejora del desplazamiento vehicular
Responsabilidad de las Partes Interesadas	<ul style="list-style-type: none"> Departamento de Santa Cruz: conducción de un plan espacial sostenible; adaptación de medidas para la movilidad vehicular eficiente 			
Efectos socio-económicos positivos y negativos				
Contexto	Crecimiento de la población y el aumento de tiempo necesario para el transporte	Densidad de población y el costo de la pérdida de oportunidad debido al tiempo invertido para el transporte	Zona urbana habitable y facilidad para el transporte	Crecimiento controlado de la urbanización y mejora del desplazamiento vehicular
Responsabilidad de las Partes Interesadas	<ul style="list-style-type: none"> Departamento de Santa Cruz: conducción de un plan espacial sostenible; adaptación de medidas para el desplazamiento vehicular eficiente Municipios: conducción de un plan espacial sostenible en coordinación con el Departamento de Santa Cruz; adaptación de medidas para el desplazamiento vehicular eficiente 			

Fuente: Equipo de Estudio JICA

4.5.3 Tercera Reunión de las Partes Interesadas

La tercera reunión de las partes interesadas se realizó el 5 de mayo de 2017 en el Auditorio Principal del CEA, con los siguientes objetivos:

- Definición de las condiciones de línea base como referencia para los criterios de evaluación;
- Establecimiento de un mecanismo de colaboración, entre las partes interesadas, para el

intercambio de datos e información, requerido para componer indicadores relevantes consecuentes con los criterios de evaluación; y

- Definición de las responsabilidades de las partes interesadas con el fin de realizar correctamente el seguimiento de los indicadores seleccionados como parte del proceso de evaluación.

Como resultado de la reunión se alcanzó un consenso que se enumera en la Tabla siguiente:

Tabla 4.5-4 Consenso sobre condiciones de la línea base

Crterios de evaluación	Indicador	Fuente de los datos
Aumento de temperatura	Temperatura de la superficie del suelo	NASA/NEO, satélites Terra/Aqua datos descargables gratuitos
Disminución de la capacidad de recarga del acuífero	Indicador de presión como la densidad de población, en lugar del indicador de estado de los registros de la tabla freática	INE, ICE
Degradación de la calidad del aire	NO ₂ , ozono, PM10, CO, incendios activos	Red MONICA-Santa Cruz de la Sierra, NASA/NEO, satélites Terra/Aqua datos descargables gratuitos
Degradación de la calidad del agua	Indicador de presión como la densidad de población, en lugar del indicador del estado de las calidades superficiales y subterráneas	INE, ICE
Degradación del paisaje	Índices de vegetación (NDVI, LAI)	NASA/NEO, satélites Terra/Aqua datos descargables gratuitos
Mitigación de restricciones públicas en el transporte	Tiempo invertido en el transporte	Encuesta de Investigación de Estudio de JICA
Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Pérdida en el costo de oportunidad debido a un sistema de transporte ineficiente	Encuesta de Investigación de Estudio de JICA

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Con respecto al establecimiento del mecanismo de colaboración, entre las partes interesadas para compartir datos e información; y sobre la definición de las responsabilidades de los interesados, con el fin de llevar a cabo adecuadamente las actividades de monitoreo, el Equipo de Estudio JICA propuso a las partes interesadas las cuestiones que se enumeran en la tabla siguiente.

Tabla 4.5-5 Las partes interesadas y responsabilidades sobre mecanismo de vigilancia

Crterios de evaluación	Entidad responsable	Obligación requerida
Aumento de temperatura	Entidad encargada de los temas ambientales de las Administraciones Departamentales y Municipales	Monitoreo de temperatura, áreas verdes
Disminución de la capacidad de recarga del acuífero	Entidad encargada de los temas ambientales de las Administraciones Departamentales y Municipales en colaboración con empresas de obras hidráulicas (SAGUAPAC, etc.)	Monitoreo de la capa freática, expansión urbana, zonas verdes
Degradación de la calidad del aire	Entidad encargada de los temas ambientales de las Administraciones Departamentales y Municipales	Monitoreo de la calidad del aire, estado de la práctica de corte y quema
Degradación de la calidad del agua	Entidad encargada de los temas ambientales de las Administraciones Departamentales y Municipales en colaboración con empresas de obras hidráulicas (SAGUAPAC, etc.)	Monitoreo de la calidad del agua
Degradación del paisaje	Entidad encargada de los temas ambientales de las Administraciones Departamentales y Municipales	Monitoreo de áreas de conservación, áreas verdes
Mitigación de restricciones	Entidad encargada de los temas de	Monitoreo del grado de

Criterios de evaluación	Entidad responsable	Obligación requerida
públicas en el transporte	transporte y tráfico de las Administraciones Departamentales y Municipales	satisfacción por parte de los usuarios del sistema de transporte
Efectos socioeconómicos positivos y negativos	Entidad encargada de los temas de planificación de las administraciones Departamentales y Municipales en colaboración con los institutos de administración estadística (INE, ICE)	Monitoreo del costo de oportunidad asociado con el sistema de transporte
Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)	Entidad encargada de los temas ambientales de las Administraciones Departamentales y Municipales	Monitoreo de los GEI.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Con el fin de instruir a las partes interesadas para la recolección y procesamiento de las imágenes de los satélites NASA-NEO, se llevó a cabo un Taller Técnico el 12 de mayo de 2017 en el CEA. En este Taller Técnico se invitó al personal de las Administraciones de Gobierno Departamental y Municipales a realizar tareas ambientales y de planificación. Además, teniendo en cuenta la sugerencia de la Contraparte, se invitó a profesores y estudiantes de postgrado de las principales universidades de Santa Cruz, así como a las ONG pertinentes.

El contenido del Taller Técnico consistió en:

- Disponibilidad de datos de los satélites de la NASA-NEO y de las opciones de formatos de datos que se pueden descargar libremente para la composición de los indicadores (temperatura de la superficie terrestre, dióxido de nitrógeno, ozono, aerosol, incendios activos, etc.);
- Metodología para el procesamiento de datos de imágenes de satélite que persiguen la conversión de imágenes de trama recogidos del satélite de la NASA-NEO en valores numéricos utilizando un *shareware* de gestión GIS (QGIS); y
- Metodología para la ordenación numérica a través del análisis de regresión usando un *shareware* de herramienta de análisis estadístico multivariante (PAST).

4.6 Selección de Componentes del Plan Maestro

4.6.1 Procedimiento de categorización

El procedimiento de EIA en Bolivia se inicia con la Selección/*Screening*. Este paso implica la asignación de un proyecto a una de las categorías que requieren una evaluación ambiental integral diferente. Luego, prosiguen la evaluación de impacto, el proceso de revisión y el proceso de toma de decisiones en relación con la emisión de una licencia ambiental. Por último, se requiere un sistema de control de cumplimiento.

El VMABCCYDGDF y el gobierno local son las autoridades responsables de la decisión de selección a nivel nacional y local respectivamente. El proceso de selección implica la categorización de los proyectos para determinar el nivel de evaluación que se requiere. De hecho, se distinguen cuatro categorías:

- Categoría 1: Análisis Integral basado en estudio de evaluación de impacto ambiental;
- Categoría 2: Análisis específico basado en estudio de evaluación de impacto ambiental;
- Categoría 3: Proyectos y actividades que requieren un plan de monitoreo y un plan ambiental con medidas de prevención y mitigación; y

- Categoría 4: Exención de EIA.

Los criterios para establecer la categoría EIA son los siguientes:

- La magnitud de la actividad según la superficie afectada y el volumen de producción;
- El impacto significativo del medio ambiente;
- Localización cercana o en áreas protegidas;
- Uso de los recursos naturales;
- Calidad y cantidad de efluentes, emisiones generadas y residuos;
- Riesgos para la salud de la población;
- Reubicación permanente o temporal, u otras alteraciones de los asentamientos humanos;
- Cambios en las condiciones sociales, culturales y económicas; e
- Impacto sobre valores históricos y/o culturales.

Se requieren requisitos adicionales para la EIA para proyectos que influye sobre áreas de valor natural, cultural y espiritual tales como sitios sagrados. Las competencias para la aprobación ambiental para la inversión en áreas protegidas y áreas de patrimonio nacional están asignadas al MMAyA. El Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP) participa en el proceso de elaboración, revisión y seguimiento de la EIA de proyectos en áreas protegidas.

El proceso de selección de un proyecto establecido, con el fin de categorizar el nivel de evaluación requerido, se lleva a cabo con la revisión de la respectiva Hoja de Información Ambiental y de Proyecto (*Ficha Ambiental: FA*).

El formulario de FA está compuesto por las siguientes secciones:

(1) Información General

Esta parte debe ser llenada con los datos relacionados con la presentación del documento, tales como fecha de presentación, el nombre de la persona que entrega la propuesta de proyecto, y el profesional o institución que formuló el documento FA.

(2) Datos sobre la unidad de actividad

En esta sección se debe certificar el régimen de registro legal y comercial con respecto a la actividad objeto de evaluación.

(3) Identificación y localización del proyecto

En esta parte se deber certificar el nombre, la ubicación física verificable con los registros catastrales (con cita en la clasificación del uso de la tierra) del proyecto.

(4) Descripción de la ubicación del proyecto

Se debe describir el tamaño de la infraestructura y las instalaciones del proyecto, la topografía, la profundidad del nivel freático, la calidad del agua, la vegetación predominante, las vías naturales de drenaje y el entorno humano de los alrededores.

(5) Descripción del proyecto

El contenido de la descripción del proyecto deberá comprender los siguientes elementos:

- Tipo de actividad: El sector y sub-sector especificando el Código CIIU (*Clasificación Industrial Internacional Uniforme*), el cual está basado en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (ISIC);
- Naturaleza del proyecto: en caso de una nueva actividad o ampliación de una existente, especificando qué etapa (exploración, explotación, operación, construcción, mantenimiento, abandono, etc.);
- Alcance del proyecto: si el proyecto se realiza en zona urbana o rural;
- Objetivo general del proyecto;
- Objetivo específico del proyecto; y
- La relación que tiene el proyecto con otros: si constituye parte de un plan, programa o es un proyecto aislado; descripción del plan o programa si es el caso; y duración del proyecto.

(6) Alternativas y tecnología

Se especificará la descripción y la justificación de la selección del sitio y la tecnología (incluyendo la maquinaria, el equipo y los materiales a ser utilizados) y sus procesos.

(7) Inversión

Se especificará si el proyecto se encuentra en etapa de pre-factibilidad, estudio de factibilidad o diseño final; el costo total de la inversión y las fuentes de financiamiento.

(8) Actividades

Cada actividad del proyecto se enumerará en orden al nombrar la actividad, su breve descripción, la cantidad de actividad y la duración.

(9) Recursos humanos

Se deberán incluir los datos sobre el número de personal calificado y no calificado, contratados permanente y temporalmente.

(10) Recursos naturales del área de influencia que se utilizarán

Se deberán incluir los datos de volúmenes o cantidades de recursos naturales.

(11) Materias primas, insumos y producción del proyecto

Se deberán incluir los datos sobre las cantidades de materias primas y consumibles, energía y producción anual, especificando sus fuentes.

(12) Generación de residuos

Se deberán detallar los datos sobre las fuentes, montos y la forma de disposición final o receptor de los residuos generados (sólido, líquido y gas) por el proyecto, especificando por clasificación (no peligrosos, peligrosos, etc.).

(13) Generación de ruido

Se deben incluir los datos sobre el rango de ruido (valores mínimo y máximo en decibeles) que se generen especificando el tipo de fuente.

(14) Descripción del método de almacenamiento para los materiales consumibles/fungibles

Deberá describirse el método y la ubicación del lugar para el almacenamiento de los materiales consumibles.

(15) Descripción de transporte para los materiales consumibles

Deberá describirse el proceso y manejo de consumibles.

(16) Descripción de contingencias

Deberá describirse las contingencias y las alteraciones imprevistas.

(17) Consideraciones ambientales

Una lista sintética de consideraciones ambientales se enumerará a continuación:

- Un resumen de impactos ambientales importantes para cada etapa (construcción, operación y mantenimiento, abandono) especificando si son impactos negativos o positivos, si son acumulativos, y su naturaleza de temporalidad a corto o largo plazo o permanente (irreversibilidad), y también si afecta directa o indirectamente al medio ambiente; y
- Propuesta de medidas de mitigación de impactos negativos especificando para cada etapa del proyecto (construcción, operación y mantenimiento, abandono).

(18) Declaración

Será objeto de compromiso, una declaración sobre el contenido de FA firmada por el proponente del proyecto y el consultor ambiental autorizado.

Además, debe presentarse el documento de la FA con un documento adjunto llamado Matriz de Evaluación de Impacto (M1) como se muestra en las tablas siguientes.

Tabla 4.6-1 Matriz de evaluación de impacto: Factores Ambientales Aire y Agua

Factor:	Aire							Agua												
	Factor de dispersión	Partículas en suspensión	Óxidos de azufre	Óxidos de nitrógeno	Monóxido de carbono	Oxidantes fotoquímicos	Peligros y tóxicos	Olor	Recarga del acuífero	Cambio en la tasa de flujo	Aceites y grasas	Sólidos en suspensión	temperatura	Acidez y alcalinidad	BOD ₅	Oxígeno disuelto	Sólidos disueltos	nutrientes	Compuestos tóxicos	Coliformes fecales
Actividad del proyecto																				

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 4.6-2 Matriz de evaluación de impacto: Factores Ambientales Suelo, la Ecología y el Agua

Factor:	Suelo					Ecología							Ruido						
Actividad del proyecto	Salinidad y alcalinidad	compactación	nutrientes	erosión	riesgos	Uso del suelo	Fauna terrestre	Aves	Fauna acuática	Vegetación terrestre & flora	Áreas verdes urbanas	Vegetación acuática flora	Cosecha de la agricultura	vectores	Paisaje	Efectos fisiológicos	Comunicación	desempeño laboral	Comportamiento social

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 4.6-3 Matriz de Evaluación de Impacto: Factor Socioeconómico Ambiental

Factor:	Socioeconómicos							
Actividades del Proyecto	Estilo de vida	Sistema fisiológico	Necesidades de la comunidad	Empleo	Ingresos del sector público	El consumo per-cápita	Propiedad pública	Propiedad privada

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Esta Matriz (M1) se formulará para la fase de construcción y la situación futura inducida del proyecto propuesto. La escala discreta de puntuación oscila entre “más uno” para un impacto positivo bajo, “más dos” para un impacto positivo moderado y “más tres” para un impacto positivo alto. Similarmente “menos uno”, “menos dos” y “menos tres” para impactos negativos que son bajos, moderados y altos, respectivamente.

Se llevará a cabo una evaluación cuantitativa con la puntuación total utilizando la siguiente fórmula, discriminando por impactos negativos y positivos:

$$1 + \frac{\sum_{n=1}^{n=m \times 47} EAP_{nm}}{m \times 47}$$

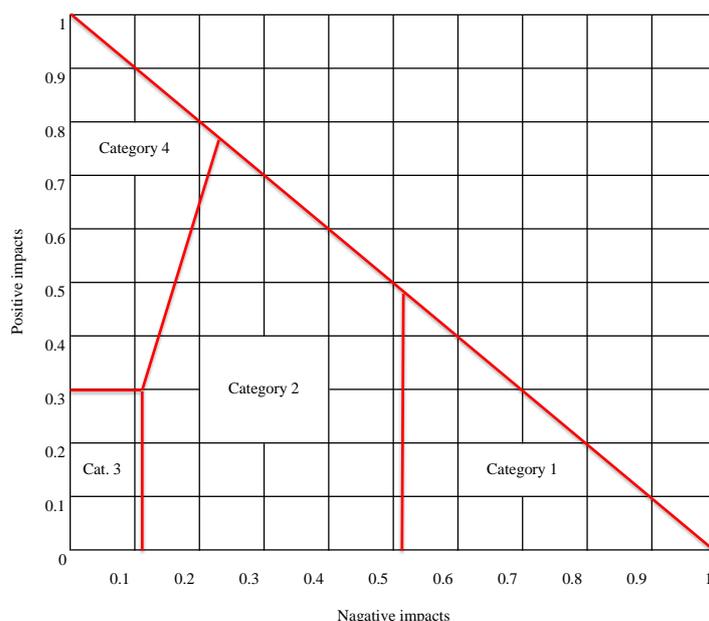
Donde:

EAP: Puntuación de atributos ambientales (discretamente de -3 a 3), clasificados por factores ambientales aire, agua, suelo, ecología, ruido y socioeconómico, totalizando 47 atributos .

m: Número de actividad del proyecto

n: Número de atributo ambiental (1 a 47)

Para la determinación de la categoría, está definida por la posición de las puntuaciones positivas y negativas, calculada utilizando la fórmula anterior, puesta en el diagrama que se muestra en la figura siguiente.



Fuente: MMAyM. DS 28592.

Figura 4.6-1 Gráfico para determinar la categoría del nivel de evaluación

4.6.2 Precedentes de las Categorizaciones de proyectos de transporte

La siguiente tabla presenta el proceso precedente de categorización de proyectos de transporte en la jurisdicción del Área Metropolitana de Santa Cruz, aplicando el procedimiento de evaluación.

Tabla 4.6-4 Precedentes de categorización de EIA en el sector del transporte

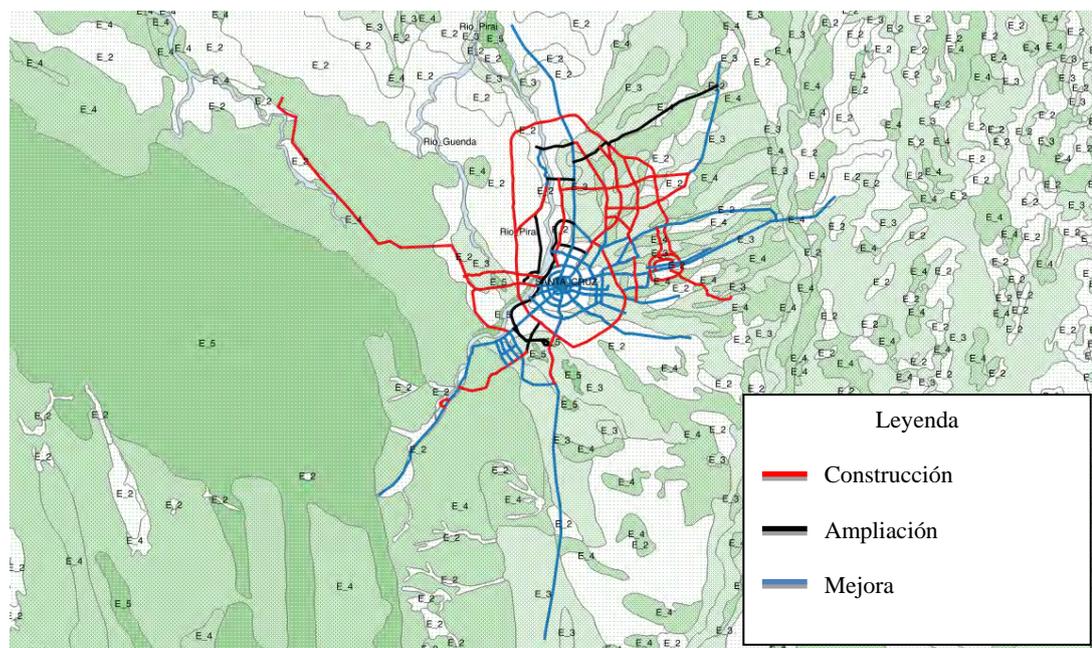
Proyecto	Jurisdicción	Presentación FA/MA	Deliberación	Categoría
Construcción de la carretera Santa Cruz-Las Cruces-Buena Vista	Provincias de Andrés Ibáñez e Ichilo	Dic. 11, 2009	Dic. 1, 2016	2
Construcción de la carretera de dos carriles Warnes-Montero y pavimento de circunvalación Warnes Oeste	Municipio de Warnes	Ene. 3, 2008	Junio 24, 2008	2
Construcción de carretera de dos carriles Santa Cruz-Cotoca	Provincia de Andrés Ibáñez	Junio 29, 2007	Nov. 23, 2007	2
Construcción de puentes, aceras (Programa de Mejoramiento Vial)	Departamentos de Beni, Pando y Santa Cruz	Abril 30, 2002	Ago. 2, 2002	3
Rehabilitación y mejoramiento de la carretera La Guardia-Comarapa	Provincias de Andrés Ibáñez, Florida, y Manuel María Caballero	Julio 19, 2007	Feb. 29, 2008	3
Mejora de la carretera Río Pirá (acceso Tacuarembó)	Municipio de Porongo	Ene. 3, 2008	Mar. 3, 2011	3
Mantenimiento de puentes Limoncito-Santa Marta, y La Guardia; Mantenimiento de Carretera Nacional (El Torno, La Guardia)	Provincia de Andrés Ibáñez	Dic. 10, 2010	Ene. 26, 2012	3
Mantenimiento de puentes Coca-Tarumá y San José; Mantenimiento de la Ruta Nacional (Departamento de Santa Cruz)	Provincias de Andrés Ibáñez y Florida	Dic. 10, 2010	Ene. 26, 2012	3
Construcción de la estación de control de vehículos pesados La Guardia	Municipio de La Guardia	Dic. 16, 2016	Dic. 28, 2016	4
Construcción de la estación de control de vehículos pesados La Reforma	Municipio de Warnes	Dic. 16, 2016	Dic. 27, 2016	4

Proyecto	Jurisdicción	Presentación FA/MA	Deliberación	Categoría
Reconstrucción del puente Carmen de Azuzaqui	Municipio de Warnes	Mar. 12, 2009	Mar. 26, 2009	4
Rehabilitación del puente La Jungla-Los Ciervos	Municipio de Warnes	Mar. 12, 2009	Mar. 26, 2009	4
Rehabilitación del puente San Juan de las Parcelas	Municipio de Warnes	Mar. 12, 2009	Mar. 26, 2009	4
Rehabilitación del puente San Francisco (Río Pedro Vélez)	Municipio de Warnes	Mar. 12, 2009	Mar. 26, 2009	4
Rehabilitación de la carretera Terebinto-El Hondo	Municipio de Porongo	Ene. 3, 2008	Mar. 26, 2009	4

Fuente: Equipo de Estudio JICA

4.6.3 Tentativa inicial para clasificar los Proyectos del Plan Maestro

La Figura siguiente muestra componentes en la infraestructura y las instalaciones del Plan Maestro clasificadas por construcción (línea roja), ampliación (línea de color negro), y mejora (línea azul) que se superponen en el mapa de valoración ecológica (véase para más detalles en la Sección 4.2.2 los datos de la línea de base (6) Valoración ecológica del área metropolitana de Santa Cruz).



Fuente: Evaluación ecológica: Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente del Departamento de Santa Cruz; Proyectos del Plan Maestro: Equipo de Estudio JICA.

Figura 4.6-2 Componentes del Plan Maestro (construcción, ampliación y mejora)

Sobre la base del régimen actual del EIA y su clasificación precedente para el interés del sector de transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz, se esperan las siguientes categorías para los componentes del Plan Maestro, teniendo en cuenta aproximadamente las características de la valoración ecológica del sitio correspondiente, la geografía, los aspectos socioeconómicos, y los resultados ambientales esperados.

Para su simplicidad, se evalúa una perspectiva de cada proyecto sin una reflexión detallada sobre las actividades específicas que comprende. Los resultados se enumeran en las siguientes tablas.

Tabla 4.6-5 M1 (Ambientales Aire, Agua, y Suelo) de los componentes del Plan Maestro

Factor	Aire								Agua										Suelo								
	Factor de dispersión	Partículas en suspensión	óxidos de azufre	óxido de nitrógeno	monóxido de carbono	oxidantes fotoquímicos	Tóxicos y peligrosos	olor	Recarga del acuífero	Cambio de caudal	Grasas y aceite	Sólidos en suspensión	temperatura	Acidez y alcalinidad	BOD5	oxígeno disuelto	sólidos disueltos	nutrientes	Compuestos tóxicos	coliformes fecales	Salinidad y alcalinidad	compactación	nutrientes	erosión	riesgos	Uso del suelo	
Proyectos de construcción de vías																											
Corto Plazo																											
R100	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2
R102	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R103	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
Mediano Plazo																											
R002	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R009	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R014	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R015	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-3	
R023	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R501	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R509	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R510	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R700	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	
Largo Plazo																											
R006	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R013	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R101	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R105	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R300	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R400	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R401	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-2	
R403	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R404	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R500	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R502	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R503	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R504	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R501	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R506	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R507	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R508	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	
R701	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R800	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
R805	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-2	
Proyectos de ampliación de vías (puentes)																											
Mediano Plazo																											
R003	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	
R021	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R022	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
R208	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
R209	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
R301	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
R303	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
Largo Plazo																											
R020	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
R304	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
R402	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	

Factor	Aire								Agua										Suelo							
	Factor de dispersión	Partículas en suspensión	óxidos de azufre	óxido de nitrógeno	monóxido de carbono	oxidantes fotoquímicos	Tóxicos y peligrosos	olor	Recarga del acuífero	Cambio de caudal	Grasas y aceite	Sólidos en suspensión	temperatura	Acidez y alcalinidad	BOD5	oxígeno disuelto	sólidos disueltos	nutrientes	Compuestos tóxicos	coliformes fecales	Salinidad y alcalinidad	compactación	nutrientes	erosión	riesgos	Uso del suelo
Proyectos de mejora vial																										
Corto Plazo																										
BRT	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediano Plazo																										
R001	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R007	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R008	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R011	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R012	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R017	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R018	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R106	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R203	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R205	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R206	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRT	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Largo Plazo																										
R004	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R005	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R010	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R016	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R019	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R024	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R200	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R201	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R202	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R204	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R302	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R305	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R405	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R801	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R802	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R803	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R804	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R806	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R807	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Proyectos de construcción y mejora de intersecciones																										
Corto Plazo																										
Pasos elevados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediano Plazo																										
Intersecciones (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intersecciones (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasos elevados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Largo Plazo																										
Intersecciones(a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intersecciones (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasos elevados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 4.6-6 M1 (Ambientales Ecología, Ruido, y Socioeconómico) de los componentes del Plan Maestro y el resultado de la categorización de la evaluación

Factor	Ecología										Ruido				Socioeconómico						Resultados			
	Fauna terrestre	Aves	Fauna acuática	Vegetación y flora terrestre	Áreas verdes urbanas	Vegetación y flora acuática	Cosecha agrícola	vectores	Paisaje	Efectos fisiológicos	Comunicación	Rendimiento laboral	Conducta social	Estilo de vida	Sistema fisiológico	Necesidades de la comunidad	Empleo	Ingresos sector público	Consumo per-cápita	Propiedad pública	Propiedad privada	Puntaje total de impactos negativos	Puntaje total de impactos positivos	Categoría de evaluación
Proyectos de construcción de vías																								
Corto Plazo																								
R100	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.469	0.175	2
R102	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.469	0.175	2
R103	0	0	0	-1	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.516	0.175	1
Mediano Plazo																								
R002	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R015	-1	-1	0	-2	0	0	0	0	-3	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.808	0.175	1
R023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.424	0.175	2
R509	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R700	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0.469	0.175	2
Largo Plazo																								
R006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R101	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R105	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R401	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.808	0.175	1
R403	0	0	0	-1	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.516	0.175	1
R404	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R500	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R502	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R503	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R504	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.343	0.175	2
R506	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.424	0.175	2
R507	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.516	0.175	1
R508	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.424	0.175	2
R701	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
R800	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0.516	0.175	1
R805	0	0	0	-2	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	-1	0.567	0.175	1
Proyectos de ampliación de vías (puentes)																								
Mediano Plazo																								
R003	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	0	0.567	0.175	1
R021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R022	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.237	0.096	2
R208	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.237	0.096	2
R209	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.237	0.096	2
R301	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.27	0.096	2
R303	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.237	0.096	2
Largo Plazo																								
R020	1	0	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.567	0.113	1
R304	0	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.306	0.096	2
R402	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.237	0.096	2

Factor	Ecología									Ruido				Socioeconómico						Resultados				
	Fauna terrestre	Aves	Fauna acuática	Vegetación y flora terrestre	Áreas verdes urbanas	Vegetación y flora acuática	Cosecha agrícola	vectores	Paisaje	Efectos fisiológicos	Comunicación	Rendimiento laboral	Conducta social	Estilo de vida	Sistema fisiológico	Necesidades de la comunidad	Empleo	Ingresos sector público	Consumo per-cápita	Propiedad pública	Propiedad privada	Puntaje total de impactos negativos	Puntaje total de impactos positivos	Categoría de evaluación
Proyectos de mejora vial																								
Corto Plazo																								
BRT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
Mediano Plazo																								
R001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
BRT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
Largo Plazo																								
R004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R305	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R806	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
R807	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	-1	0.175	0.096	2
Proyectos de construcción y mejora de intersecciones																								
Corto Plazo																								
Pasos elevados	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2	0	-1	0.068	0.145	3
Mediano Plazo																								
Intersecciones (a)	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	2	0	-1	0.044	0.13	3
Intersecciones (b)	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	2	0	-1	0.044	0.13	3
Pasos elevados	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2	0	-1	0.068	0.145	3
Largo Plazo																								
Intersecciones (a)	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	2	0	-1	0.044	0.13	3
Intersecciones (b)	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	2	0	-1	0.044	0.13	3
Pasos elevados	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2	0	-1	0.068	0.145	3

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Capítulo 5 Estudios de Tráfico

5.1 Componentes de los Estudios

5.1.1 Lista de Estudios de Tráfico

Se han realizado los estudios de tráfico para obtener diversos datos, tales como los patrones de movimientos en viajes de personas y vehículos. Se utilizaron los resultados de los estudios para entender la situación actual del tráfico, desarrollar modelos y recolectar datos detallados necesarios para la planificación futura del transporte. Por lo tanto, este capítulo se enfoca en los objetivos y la metodología de dichos estudios. La Tabla 5-1 muestra el resumen de los estudios de transporte realizados en el presente proyecto.

Tabla 5-1 Resumen de los Estudios de Transporte

No	Ítem	Volumen	Método
1A	Encuesta de Viajes de Hogares	7.500 hogares	Entrevista a hogares (2 visitas a cada hogar)
1B	Encuesta de Viajes Diarios	8.500 hogares	Entrevista a hogares con cuestionarios simplificados
2	Encuesta de Línea de Cordón	24 horas * 8 (6:00-18:00)	Entrevista OD y conteo de tráfico en los peajes
3	Conteo de Tráfico Clasificado por Tipo de Vehículo	24 horas * 8 lugares 16 horas* 15 lugares	Conteo de tráfico por tipo de vehículo
4	Encuesta de Actividad Diaria	900 hogares * 2 personas/ hogar	Se recolectaron datos detallados de la actividad diaria de los hogares que se seleccionaron a partir de la Encuesta de Viajes de Hogares.
5	Encuesta sobre Transporte de Carga (Mercancía)	Contactar a 200 empresas de transporte de carga (mercancía) y obtener información de al menos 50 empresas	Encuesta a las empresas de transporte de Carga (mercancía).
6	Recolección de datos sobre Movimientos de Camiones	50 vehículos * 1 semana	Recolección de datos de los movimientos con seguimiento en GPS para camiones
7	Encuesta de Opinión (Encuesta de Preferencia Declarada)	2.000 muestras	Entrevista adicional de preferencia declarada para nuevos modos de transporte.
8	Recolección de datos de la Tasa de Ocupación de Vehículos	16 horas (6:00-22:00) * 5 lugares	Observación del número de pasajeros en automóvil, bus y taxi desde el costado de la carretera
9	Recolección de datos de la frecuencia de buses	16 horas (6:00-22:00) * 10 lugares	Observación de la frecuencia de buses por ruta.
10	Recolección de datos de Velocidad de Viaje	15 rutas * 8-12 viajes ida y vuelta * 2 automóviles	Vehículos equipados con registradores GPS de viaje lo largo de las rutas de la encuesta, y recolectar el lugar, tiempo y velocidad.
11A	Registro de placas de vehículos estacionados	100m * 10 lugares 12 horas cada 15 minutos	Los encargados registran el número de placa de vehículos estacionados a lo largo de las calles seleccionadas.
11B	Recolección de datos de estacionamiento en la calle	Calles seleccionadas en el área central en las horas pico	Número de vehículos mediante grabación de video.
11C	Recolección de datos de estacionamiento fuera de la calle	Dentro del 1er anillo	Los encargados visitan los sitios de parqueos y registran el número de automóviles.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

5.1.2 Esquema de las encuestas

(1) Encuesta de Viajes de Hogares y Encuesta de Viajes Diarios

El objetivo de la Encuesta de Viajes de Hogares (HIS por siglas en inglés) y Encuesta de Viajes Diarios (CS por siglas en inglés) es obtener la información detallada sobre el comportamiento de viaje y socioeconomía de las personas que viven en el área del proyecto mediante la realización de las encuestas de hogares de muestra. Los resultados de la encuesta se utilizan principalmente para desarrollar las tablas de Origen-Destino (OD) actuales. Esta encuesta es la base de la construcción del modelo de demanda de transporte.

(2) Encuesta de Línea de Cordón

La HIS y la CS recolectan la información de los viajes de los residentes en el área del proyecto. Por otro lado, hay muchos viajes de no residentes dentro del área del proyecto. La Encuesta de Línea Cordón se llevó a cabo para recolectar información sobre el viaje del no residente respecto a la entrada y salida del área del proyecto.

Para recolectar la información del viaje del no residente, se realizó el conteo de vehículos y la encuesta en los peajes cerca de los límites del área del proyecto. Los sujetos objetivo de la encuesta son los pasajeros o conductores que entran y que salen del área del proyecto mediante vehículos particulares, autobuses y vehículos de transporte de mercancías.

(3) Conteo de Tráfico Clasificado por Tipo de Vehículo

El objetivo de este estudio es recolectar la información del flujo del tráfico como ser el volumen del tráfico según tipo de vehículo, horario pico y fuera de pico, fluctuación del tráfico por hora, etc. Fue también utilizado para verificar las presentes tablas OD que se estiman basándose en los resultados de la HIS, la CS y la Encuesta de Línea de Cordón.

(4) Encuesta de Actividad Diaria

El objetivo principal de esta encuesta es obtener información detallada sobre las actividades personales incluyendo no solo los viajes sino también de las actividades en el hogar y fuera del hogar. Las tasas de viaje fueron utilizadas para calibrar las tasas de generación de viajes estimadas en la HIS.

(5) Encuesta sobre Transporte de Carga (Mercancía)

El objetivo principal de esta encuesta es recolectar la información de la generación y la atracción de viajes de los camiones. La encuesta se realizó a empresas de transporte de carga para pedir el número de camiones que tienen, el origen/destino y la frecuencia de los viajes. Los resultados de la encuesta fueron usados para estimar la tasa de generación de viaje de los camiones.

(6) Recolección de datos sobre Movimientos de Camiones

El objetivo de este estudio es recolectar los datos de origen y destino de los camiones utilizando los registradores GPS. Los resultados de esta recolección fueron utilizados para desarrollar el modelo de la selección modal.

(7) Encuesta de Opinión (Encuesta de Preferencia Declarada)

El objetivo de este estudio es estimar la proporción de los modos de los nuevos modos de transporte, que no existen en la actualidad. La preferencia declarada para el nuevo modo y

los atributos personales de los encuestados se obtienen a través de la encuesta. Los resultados de la encuesta se utilizan para desarrollar el modelo de selección de modo de transporte.

(8) Recolección de datos de la Tasa de Ocupación de Vehículos

Este estudio es para recolectar los datos de ocupación promedio por tipo de vehículo. Se observan desde el costado de la carretera el número de pasajeros en vehículos de pasajeros y el nivel de carga de micros, minibuses y trufis. Los resultados se utilizan para convertir el número de viajes al número de los vehículos en la previsión de la demanda de transporte.

(9) Recolección de datos de la Frecuencia de Buses

El objetivo de este estudio es captar la frecuencia del servicio de micros y minibuses. La cantidad de micros y minibuses se cuentan por número de ruta o nombre de ruta en secciones de vías seleccionadas.

(10) Recolección de datos de Velocidad de Viaje

Este estudio es para recolectar el tiempo de viaje real de las principales vías radiales y anillos en el área urbana. El tiempo de viaje incluye el retraso causado por la congestión del tráfico. Los resultados del estudio se utilizan para entender el nivel de congestión de cada sección de las vías arteriales y para validar los resultados del modelo de previsión de la demanda de tráfico. Los datos se recolectan con vehículos flotantes que están equipados con registradores GPS. Los vehículos flotantes viajan a lo largo de las rutas de la encuesta recolectando el lugar y el tiempo, que se utiliza para calcular la velocidad promedio en la mañana, tarde y noche.

(11) Recolección de datos de estacionamiento

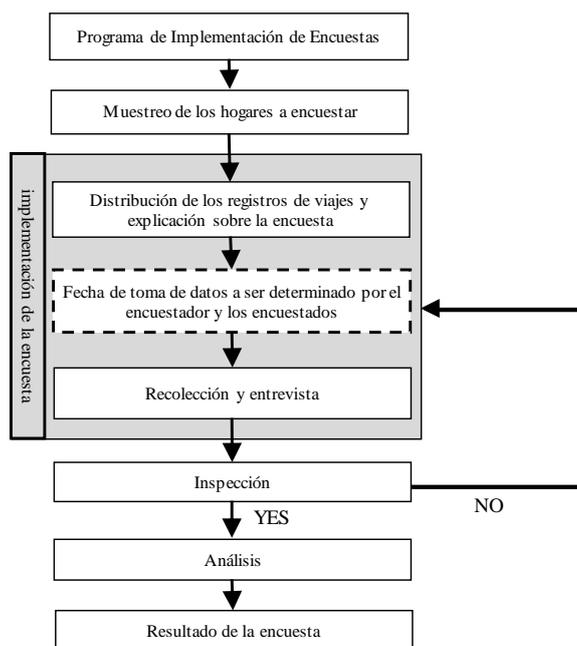
El objetivo de este estudio consiste en recolectar información sobre la demanda y la capacidad de espacios de estacionamiento dentro del 1er anillo. Este estudio consta de:

- 1) Recolección de datos de estacionamiento en la calle para obtener el número de vehículos estacionados en las calles.
- 2) Registro de placas de vehículos estacionados en las calles seleccionadas para obtener el promedio de duración de estacionamiento.
- 3) Recolección de datos de estacionamiento fuera de la calle en el área central para conseguir la capacidad y la demanda de estacionamiento fuera de las calles.

5.2 Encuesta de Viajes de Hogares (HIS) /Encuesta de Viajes Diarios (CS)

5.2.1 Flujograma de la Encuesta

El flujograma de la encuesta se muestra en la Figura 5-1.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-1 Flujograma de la HIS y CS

5.2.2 Cobertura de la encuesta y Tamaño de la Muestra

Estas encuestas se llevan a cabo en toda el área administrativa del área metropolitana de Santa Cruz que se compone de los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Cotoca, Porongo, La Guardia, El Torno y Warnes. La proporción de la muestra de la HIS se fija en aproximadamente 1,8% de la población de la zona urbana del área metropolitana de Santa Cruz. La proporción de la muestra de la CS se fija en aproximadamente el 2% de la población de toda el área metropolitana de Santa Cruz.

Tabla 5-2 Tamaño de la muestra de la HIS y CS

Municipalidad	Número de muestras HIS (hogares)	Número de muestras CS (hogares)		
	Total	Urbana	Rural	Total
Santa Cruz de la Sierra	6.500	7.056	59	7.115
Cotoca	110	107	94	201
Porongo	30	19	52	71
La Guardia	360	370	48	418
El Torno	140	154	86	240
Warnes	360	382	74	455
Total	7.500	8.087	413	8.500

Fuente: Equipo de Estudio JICA

5.2.3 Ítems de Entrevista/ Diseño de Formulario de la Encuesta + Viaje

Los ítems de entrevista constan de los tres siguientes formularios.

- Formulario-1: Información del hogar (Un formulario para cada hogar)
- Formulario-2: Información sobre miembros del hogar
- Formulario-3: Toda la información de los viajes de los miembros en un día.

La información de viajes del Formulario-3 se recolecta sólo en la HIS y no en la CS. El Formulario-2 y Formulario-3 está dirigido a todos los miembros mayores a 5 años de edad de los hogares seleccionados.

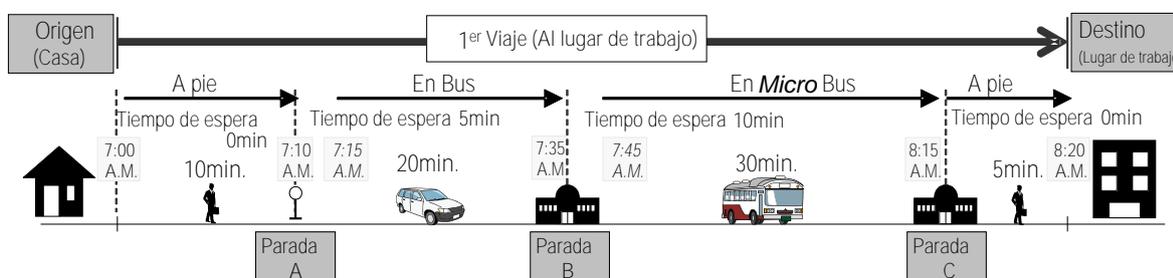
Tabla 5-3 Ítems de la Entrevista

Ítem	Detalle
Formulario-1 Información del Hogar	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección • Tenencia de Vehículos • Número de miembros del hogar • Lista de miembros del hogar (nombre, género, edad) • Nivel de ingresos del hogar • Opinión sobre la red vial • Opinión sobre el servicio de transporte público
Formulario-2: Información sobre miembros de los hogares	<ul style="list-style-type: none"> • Relación con el jefe del hogar • Género, edad, Estrato social • Tenencia de la licencia de conducir • Nivel de instrucción • Información sobre el viaje diario <p>En el caso de los empleados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sector industrial, ocupación • El nivel de ingresos personales • Dirección y el tipo de lugar de trabajo <p>En el caso de los estudiantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ubicación del colegio • Tipo de centro (público / privado) • Grado en el colegio
Formulario-3 Toda la Información de los viajes de los miembros en un día.	<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de Origen y Destino • Tipo de lugar de Origen y Destino (Vivienda / lugar de trabajo / lugar del colegio / otros) • Punto de transferencia • Finalidad de viaje • Modo de transporte • Tarifas de viaje • Tiempo de Salida y llegada • Motivos de la elección del modo de transporte

Fuente: Equipo de Estudio JICA

5.2.4 Concepto de un Viaje

Estas encuestas investigan el movimiento de una persona, es decir, el viaje de una persona. Un viaje se define como “el movimiento de una persona desde un origen a un destino con un propósito”. La Figura 5-2 ilustra el concepto de un viaje.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

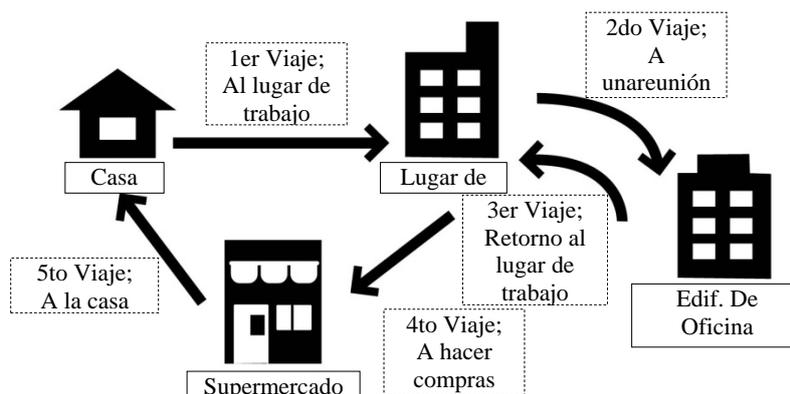
Figura 5-2 Concepto de un Viaje

A continuación se muestra un ejemplo de cómo contar el número de viajes realizados dentro

de un día por un individuo en particular.

<Ejemplo del movimiento en un día del Sr. A >

- 1er viaje; Por la mañana, el Sr. A fue a su oficina (su lugar de trabajo) de su Vivienda.
- 2do viaje; Por la tarde, visitó una empresa para una reunión de negocios en el otro edificio de oficinas.
- 3er viaje; Después de la reunión, regresó a su oficina (su lugar de trabajo).
- 4to viaje; En la tarde, salió de su lugar de trabajo para hacer compras en un supermercado.
- 5º viaje; Después realizarlas compras regresó a su casa.



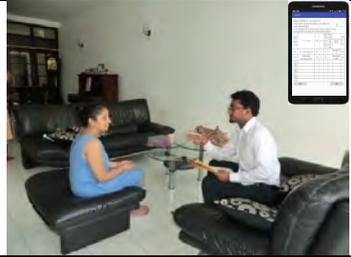
Fuente: Equipo de Estudio JICA

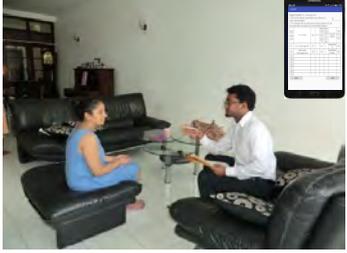
Figura 5-3 Ejemplo de Conteo de viaje

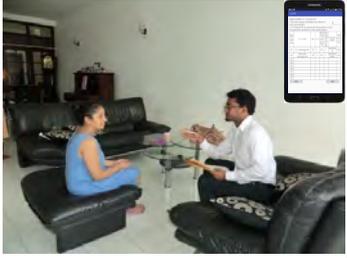
5.2.5 Metodología de las Encuestas

La Tabla 5-4 muestra el flujo de la realización de las encuestas. En estas encuestas, se desarrollaron y utilizaron dos aplicaciones de tablets para mejorar su eficiencia.

Tabla 5-4 Flujo de la realización de las encuestas

N°	Ítem	Tarea	Fecha / lugar	
1. Preparación				
1	Capacitación para encuestadores	<ul style="list-style-type: none"> El encuestador es instruido sobre los contenidos, método y requerimientos de la encuesta. Se requiere un entendimiento pleno del llenado de formularios por parte del encuestador. 		
2	Recepción de los materiales de la encuesta y lista de muestra	<ul style="list-style-type: none"> Recibir los materiales requeridos. El Encuestador recibirá la lista de muestras a ser encuestada. Preparar el horario de visitas a los hogares objetivo. 	Después de la capacitación	
2. Visita de distribución				
3	Visitar y confirmar direcciones.	<ul style="list-style-type: none"> Visitar los hogares objetivo de acuerdo con las direcciones, coordenadas y persona de contacto. Confirmar direcciones y coordenadas del predio 		
4	Preparación antes del contacto	<ul style="list-style-type: none"> Insertar identificador (ID) de muestra y el nombre de la persona de contacto Tomar una fotografía de la vivienda. 	Antes de contactar a la persona en la vivienda	
5	Saludo, solicitud de cooperación y explicación	<ul style="list-style-type: none"> Saludo y solicitud de cooperación para la encuesta. Explicar el significado de viaje Explicar el procedimiento de la encuesta 	De acuerdo con el cronograma del encuestador	
6	Entrevista inicial	<ul style="list-style-type: none"> Entrevista sobre la información del hogar (Formulario-1) Entrevista sobre atributos personales en la medida que el encuestado pueda responder (Formulario-2) 	De acuerdo con el cronograma del encuestador	

7	Distribución del registro de viajes	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar cómo llenar el registro de viajes • Distribuir hojas suficientes del registro de viajes • Confirmar la fecha específica de la toma de datos de viajes y fijar una fecha para la recolección de los registros de viajes • Dejar la tarjeta de la nueva visita • Expresar agradecimiento por la cooperación. 	De acuerdo con el cronograma del encuestador	
3. Fecha de la toma de Datos de los Viajes (Martes, Miércoles o Jueves)				
8	Llenado de registro de viajes por parte de los encuestados	<ul style="list-style-type: none"> • Responder a las preguntas del encuestado, si las hubieran. 	De acuerdo con el cronograma del encuestador	
4. Visita de Recolección de los Registros de Viajes				
9	Preparación antes de realizar la visita y contactar al encuestado	<ul style="list-style-type: none"> • Volver a visitar los hogares objetivo • Tomar fotografía de la vivienda 	Después de la fecha de encuesta De acuerdo con el cronograma del encuestador	
10	Entrevista sobre preguntas pendientes información de viaje	<ul style="list-style-type: none"> • Saludo • Completar las preguntas que quedaron pendientes sobre la información del hogar (Formulario-1) mediante una entrevista al encuestado. • Completar las preguntas que quedaron pendientes sobre información de atributos personales (Formulario-2) mediante una entrevista al encuestado. • Completar la información de viaje de acuerdo con la memoria de viaje (Formulario-3) mediante una entrevista al encuestado. • Agradecer a los encuestados por su cooperación. 	Después de la fecha de encuesta De acuerdo con el cronograma del encuestador	
4. Verificación				
11	Examinación en casa	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar los resultados de las entrevistas al volver a la casa 	De acuerdo con el cronograma del encuestador	
12	Solicitud de inspección	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar inspección al supervisor 	De acuerdo con el cronograma del encuestador	
13	Recibir Informe de Inspección	<ul style="list-style-type: none"> • Recibir los resultados de la inspección por correo electrónico • Comprender los resultados de la inspección • Consultar con el supervisor si es necesario 	Después de la inspección por parte del supervisor y el editor	

14	Revisión de Errores	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los resultados de la entrevista por llamada telefónica o nueva visita de acuerdo a la instrucción del supervisor. [En caso de nueva visita] • Fijar cita por teléfono • Volver a visitar el hogar objetivo • Tomar una fotografía de la casa • Revisar los resultados mediante entrevista • Tomar fotografía del miembro del hogar 	De acuerdo con el cronograma del encuestador	
----	---------------------	---	--	---

Fuente: Equipo de Estudio JICA

5.2.6 Número de Muestras Encuestadas

El trabajo de campo de las encuestas comenzó el 10 de junio de 2016 y finalizó el 31 de marzo de 2017. Hubo dos interrupciones debido a las temporadas de vacaciones de invierno y verano. El número total de las muestras recogidas es casi igual al objetivo del tamaño original de la muestra como se indica en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5 Progreso de la Encuesta de Viajes de Hogares

Unidad: hogar

Municipio	No. de muestras originales			No. de muestras reales		
	HIS	CS	Total	HIS	CS	Total
Santa Cruz de la Sierra	6.507	7.114	13.621	6.501	7.120	13.621
Warnes	365	456	821	358	457	815
Cotoca	110	201	311	110	198	308
La Guardia	357	418	775	360	418	778
El Torno	143	240	383	141	236	377
Porongo	18	71	89	30	71	101
	7.500	8.500	16.000	7.500	8.500	16.000

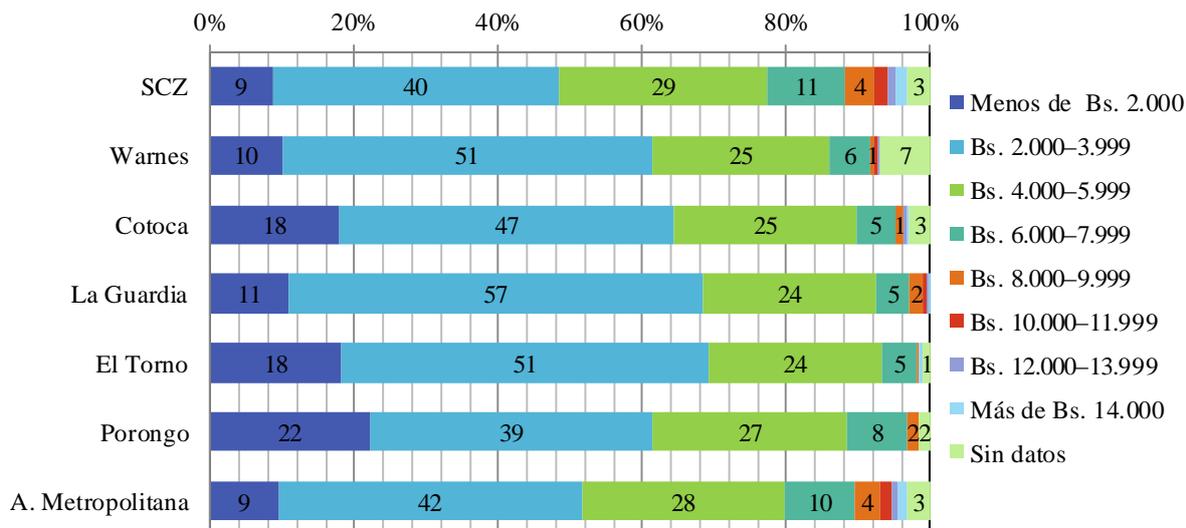
Fuente: Equipo de Estudio JICA

5.2.7 Resultados de las Encuestas

(1) **Características del hogar**

1) **Distribución de los ingresos de los hogares**

En el Área Metropolitana, la proporción de hogares con ingresos familiares mensuales de Bs. 2.000 a 5.999 alcanzó el 70%, mientras que se observa fluctuaciones en los municipios. Santa Cruz de la Sierra tiene la mayor proporción de hogares de altos ingresos, con más de Bs. 6.000 por mes por hogar.

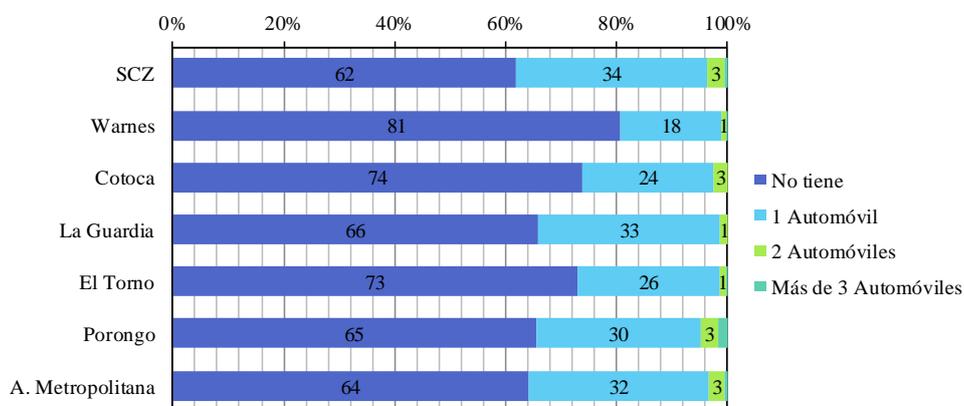


Nota: "SCZ" representa "Santa Cruz de la Sierra".
 Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-4 Ingresos mensuales de los hogares por municipio

2) Tenencia de automóviles por cada hogar

Generalmente en el área metropolitana, aproximadamente la mitad de los hogares posee un automóvil. Mientras que la mayoría de ellos posee sólo un automóvil, hay aproximadamente 10% de hogares en Porongo que tienen 2 o más coches. La tenencia de automóviles es mayor en Santa Cruz de la Sierra y Porongo.

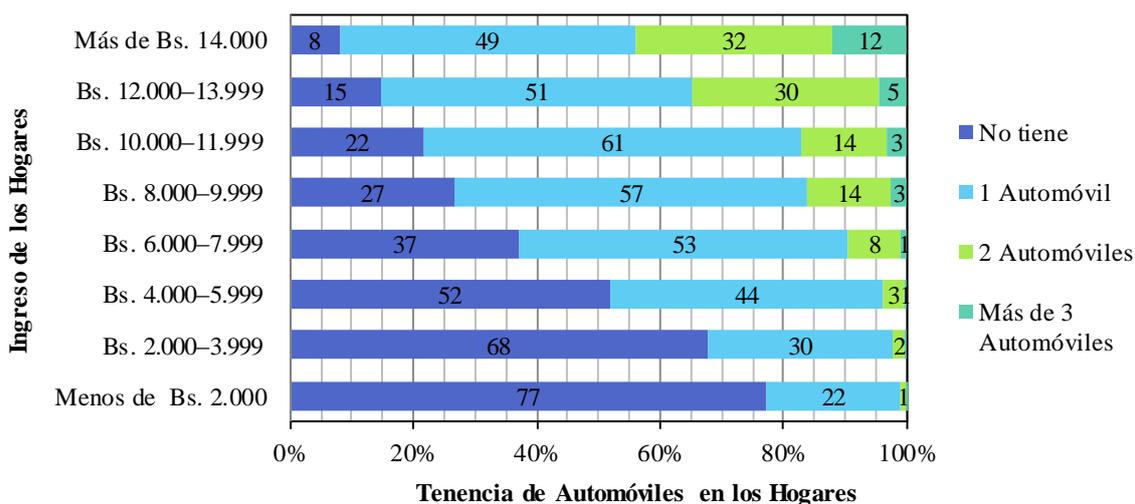


Nota: El 'automóvil' incluye el coche de pasajeros, el jeep, el vehículo utilitario del deporte (SUV), la furgoneta, la camioneta, el camión, sin embargo, no incluye la motocicleta y Toritos.
 Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-5 Tenencia de automóviles por hogar en los municipios

3) Tenencia de Automóvil y Distribución de Ingresos de los Hogares

El gráfico sobre el ingreso mensual de los hogares y la tenencia de los automóviles presentó una relación explícita entre ellos. A mayor ingreso en un hogar, más poseen un coche. Especialmente para hogares con ingresos mensuales superiores a 12.000 Bs., más de un tercio de ellos posee 2 o más automóviles.



Nota: El 'automóvil' se refiere a automóviles de pasajeros, el jeep, el vehículo utilitario del deporte (SUV), la furgoneta, la camioneta, el camión, sin embargo no incluye la motocicleta y Toritos.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-6 Ingreso mensual del hogar y tenencia de automóvil por hogar

(2) Tasa de Viaje y Propósito del Viaje

1) Tasa de Viaje

La tasa total de viaje o el número de viajes por día por persona del área metropolitana es de 1,74. Se estima que se realizan 3,5 millones de viajes en un día en el área metropolitana. Considerando el propósito del viaje, “ir a casa” (aparte del almuerzo) seguido por los viajes “ir al trabajo” e “ir al centro educativo” son propósitos predominantes de viaje.

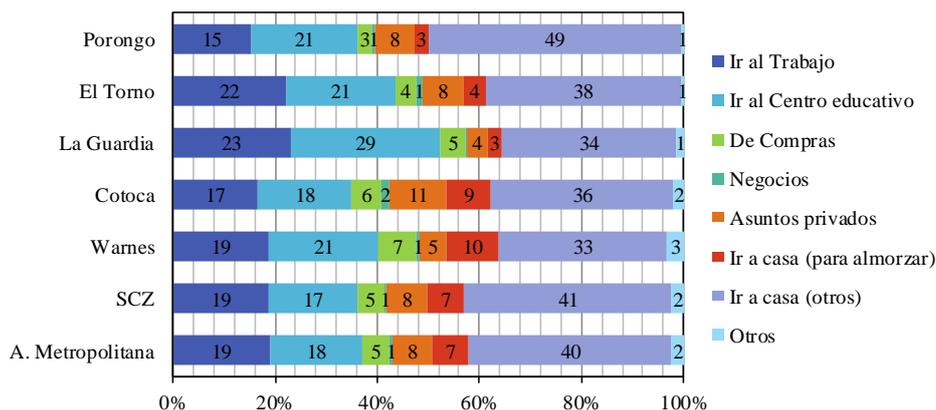
Tabla 5-6 Tasa de Viaje por Propósito de Viaje del Área Metropolitana

Propósito del Viaje	Viaje ('000)	Población ('000)	Tasa de Viaje
Ir a Trabajar	666		0,33
Ir al Centro Educativo	625		0,31
De Compras	193		0,09
Negocios	49	2.039	0,02
Asuntos privados	303		0,15
Ir a casa (Para almorzar)	265		0,13
Ir a casa (Para otros asuntos que no sean el de almorzar)	1.370		0,67
Otros	71		0,03
Total	3.541	2.039	1,74

Fuente: Equipo de Estudio JICA

2) Composición del propósito del viaje

La composición del propósito del viaje es similar entre los seis municipios en el área metropolitana aunque se observa una fluctuación menor.

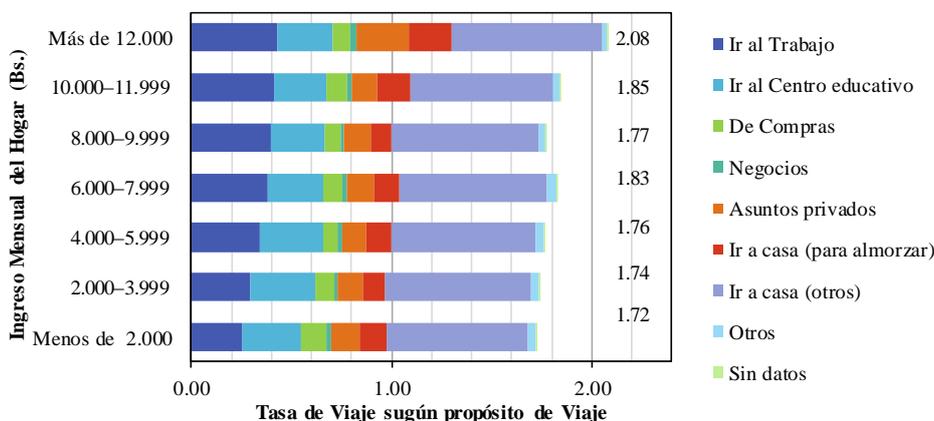


Nota: Los municipios están identificados según la ubicación de los lugares de inicio de viaje
 Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-7 Composición del propósito del viaje por Municipio

3) Propósito del viaje y tasa de viaje por ingresos

Existe una tendencia lineal positiva entre el ingreso del hogar y la tasa de viaje. Esto implica que la movilidad del grupo de menores ingresos podría estar restringida por la tarifa del transporte público y la menor tenencia de automóviles. Se infiere que otros factores como las personas desempleadas en el grupo de menores ingresos también lo afectan. La excepción de la tendencia lineal se presenta en el grupo con los ingresos más altos (Más de 14.000 Bolivianos), el cual podría estar afectado por el reducido tamaño de la muestra.

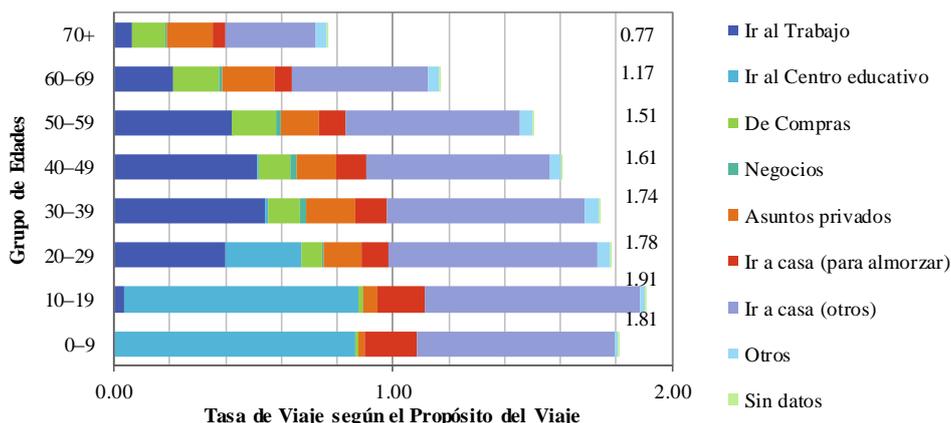


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-8 Tasa de viaje por ingreso mensual del hogar

4) Propósito del Viaje y Tasa de Viaje por Grupo de Edad

El propósito predominante del viaje excepto para el propósito de “ir a casa” es el propósito “ir al centro educativo” para los encuestados menores de 20 años. La tasa de participación y propósito de viaje de “ir a trabajar” aumenta después de los 20 años de edad. La tasa de viaje, para el propósito de viaje “ir a trabajar” disminuye gradualmente después de los 40 años de edad.

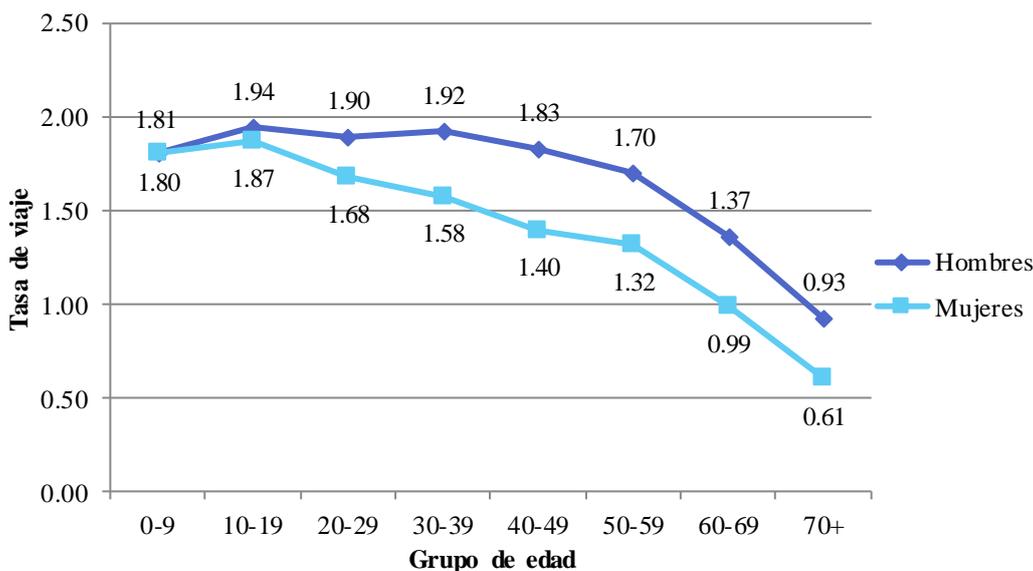


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-9 Tasa de viaje según el propósito por grupo de edad

5) Tasa de Viaje por Grupo de Edad y Sexo

Mientras que las tasas de viaje de hombres y mujeres del grupo de edad joven entre 0 y 19 años son casi similares, la diferencia entre hombres y mujeres se hace evidente especialmente después de los 30 años de edad. La tasa de viaje de los hombres es aproximadamente 0,5 viajes más que la de las mujeres para el grupo de edad de 30 años o de más edad.

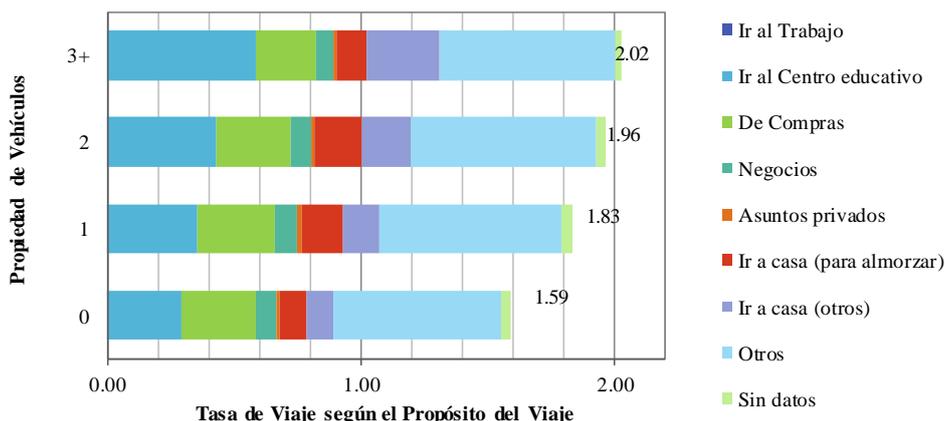


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-10 Tasa de viaje por grupo de edad y por sexo

6) Tasa de Viaje según Tenencia de Vehículos

La tenencia de vehículos es una de las variables clave que afecta el número de viajes. La figura a continuación muestra el aumento de la tasa de viaje tanto como aumenta el número de automóviles en un hogar. Mientras que las tasas de viaje para los propósitos de “ ir al centro educativo”, “compras” y “negocios” son casi del mismo rango para todos los grupos, los propósitos de viaje de “ir al trabajo”, “asuntos privados” e “ir a casa” aumentan a medida que aumenta el número de automóviles en un hogar.



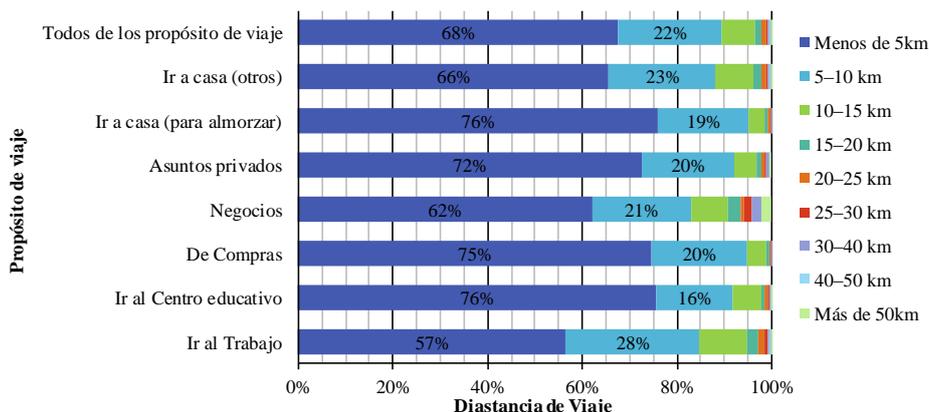
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-11 Tasa de viaje y tenencia de automóviles

(3) Distancia y tiempo de viaje

1) Propósito del viaje y distancia

La distancia de viaje varía dependiendo del propósito de viaje. En los viajes con fines de negocio, aproximadamente la mitad son mayores a 5 km. La distancia de los viajes diarios al trabajo es también más larga que otros viajes con propósitos diferentes después del viaje de negocios.

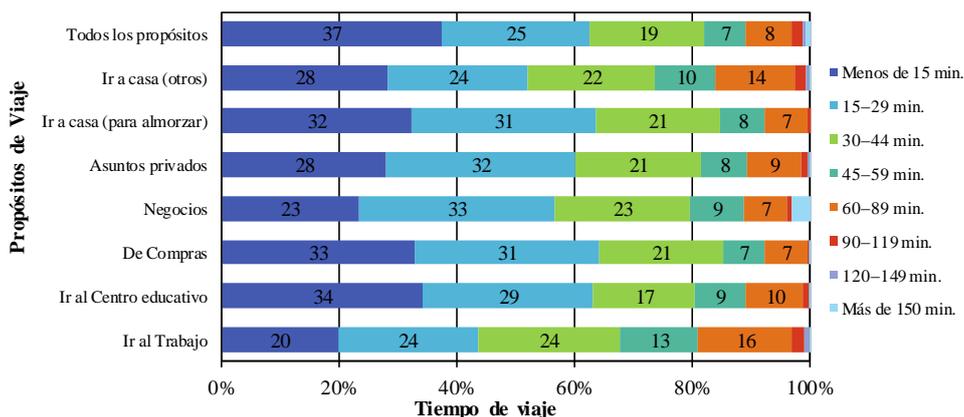


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-12 Distancia de viaje y propósito del viaje

2) Tiempo de viaje según Propósito

Aparte de la distancia de viaje, el tiempo de viaje del propósito “ir al trabajo” es el más alto entre todos los propósitos, seguidos por “negocios”. La mayoría de los viajes con el propósito “ir al trabajo” se realiza durante el período pico de la mañana, mientras que los viajes de “negocios” se pueden hacer a lo largo del día.



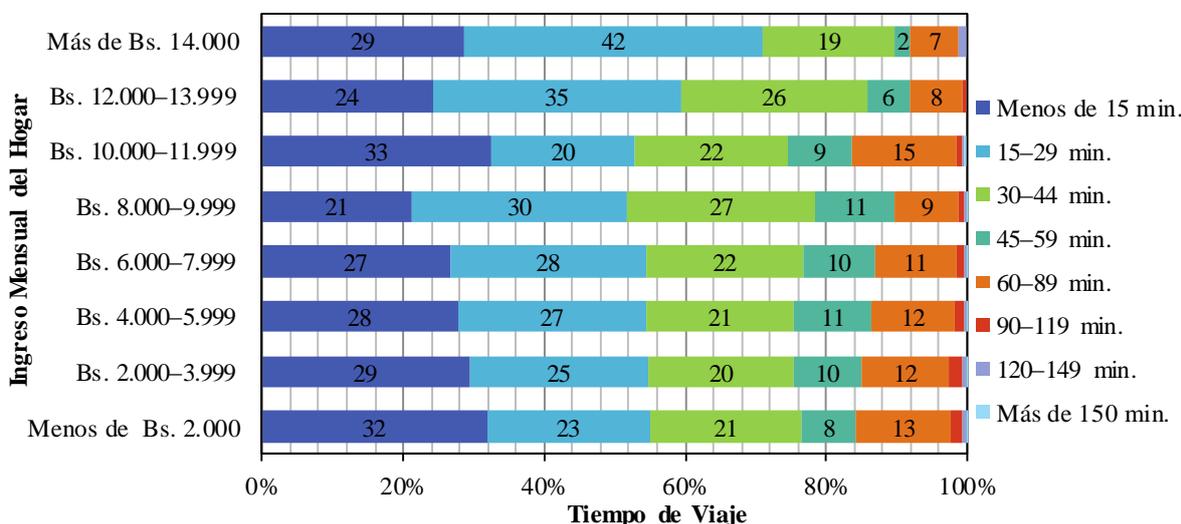
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-13 Tiempo de viaje y propósito del viaje

3) Tiempo de viaje por Grupo de Ingresos del Hogar

Cabe destacar que la proporción de viaje de larga duración (60 minutos o más), disminuye a medida que aumenta el ingreso del hogar. Por otro lado, la proporción de los viajes de corta duración (inferior a 30 minutos), es la más baja para el grupo de ingresos medios de 8.000 a 9.999 bolivianos por mes por hogar.

El aumento del viaje de larga duración puede deberse a la dependencia del transporte público, que suele tardar más tiempo en comparación con los modos privados de transporte. El aumento de viaje de corta duración del grupo de ingresos altos puede explicarse por la ubicación de sus residencias, ya que pueden permitirse el lujo de residir en el área más cercana al centro de la ciudad. El aumento del viaje de corta duración del grupo de bajos ingresos puede explicarse por su dependencia del transporte no motorizado.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

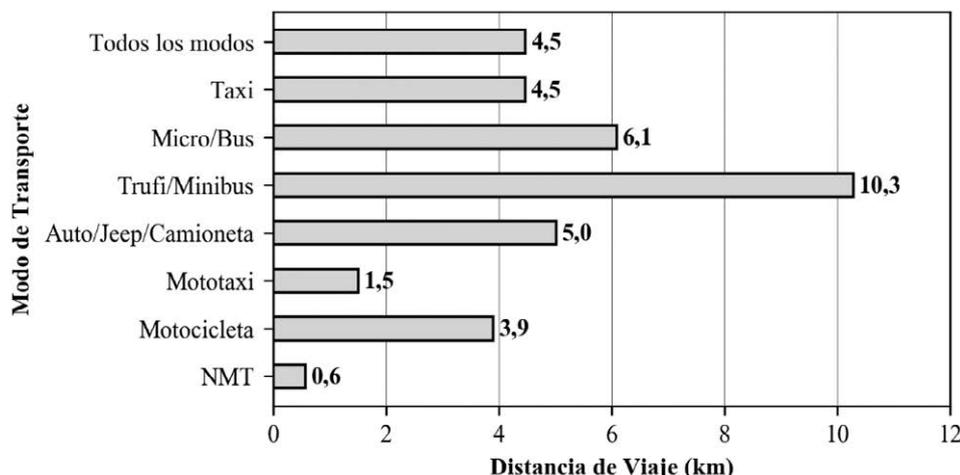
Figura 5-14 Ingreso mensual del hogar y tiempo de viaje

4) Distancia de viaje y Tiempo por modo

La distancia y el tiempo de viaje por modo de transporte se muestran respectivamente en las siguientes figuras. La distancia media de viaje por trufi y minibús es la más alta entre todos los modos de transporte. Esto podría deberse a la gran cantidad de rutas de mediana distancia provenientes de los 5 municipios aledaños a Santa Cruz de la Sierra.

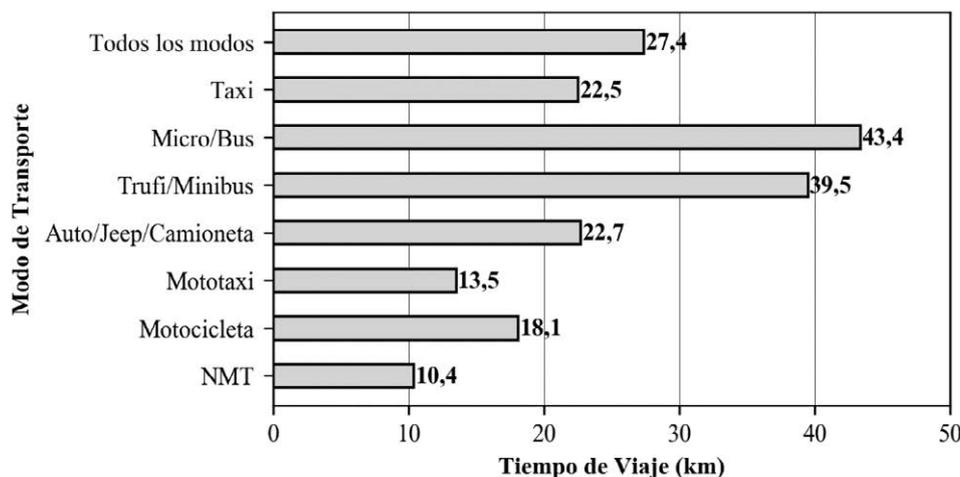
Por otro lado, los tiempos de viaje de los microbuses y autobuses grandes son los más altos entre todos los modos de transporte.

Los vehículos motorizados de dos ruedas, como la motocicleta y el mototaxi, sirven para viajes de corta distancia con poca duración en comparación con vehículos motorizados de cuatro o más ruedas.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-15 Distancia media de viaje según el modo de viaje

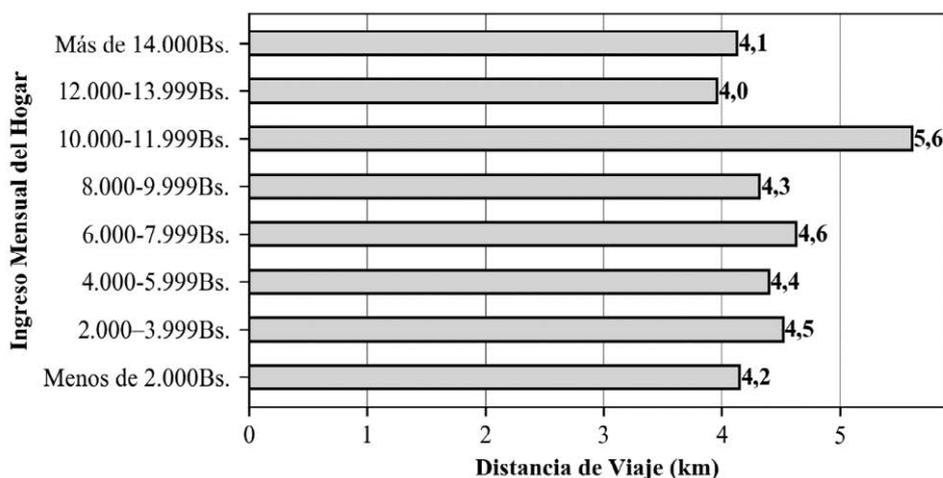


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-16 Tiempo medio de viaje por modo de transporte

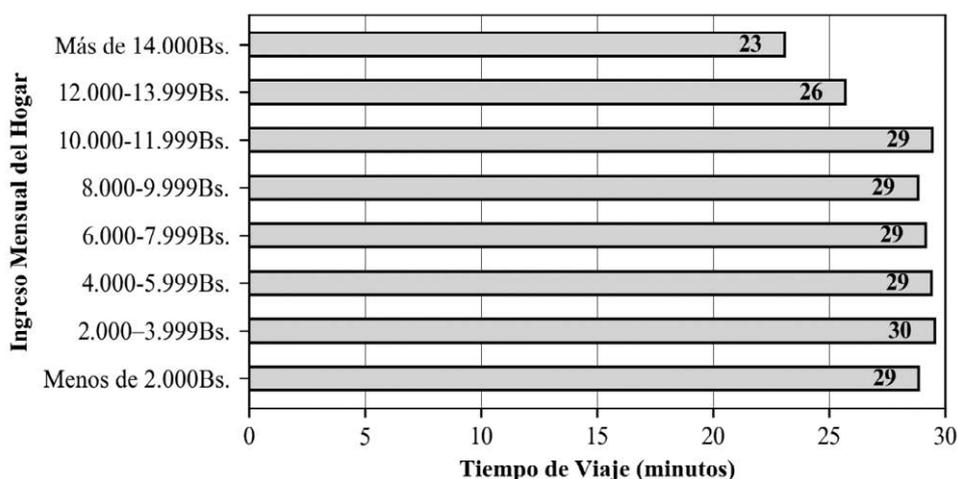
5) Distancia y Tiempo de Viaje por Grupo de Ingresos del Hogar

Según los dos gráficos siguientes sobre la distancia de viaje y el tiempo de viaje por ingresos del hogar, tanto el tiempo como el costo aumentan a medida que disminuye el ingreso de los hogares. Se estima que esto podría ser causado por la ubicación de su residencia. Sin embargo, el tiempo de viaje y el costo del ingreso del hogar por debajo de 8.000 bolivianos se encuentran en el mismo rango.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-17 Distancia media de viaje por ingreso mensual del hogar

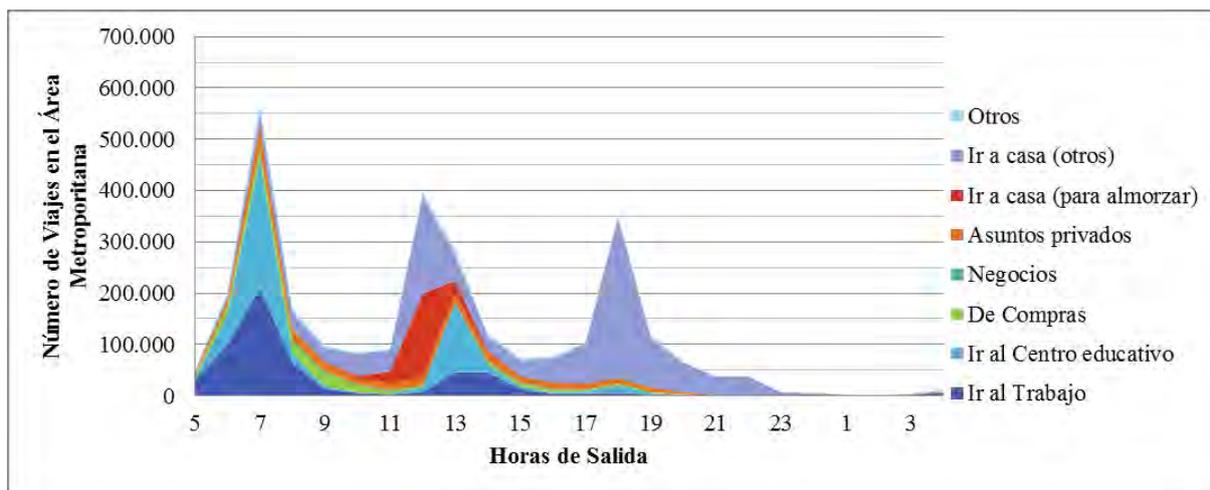


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-18 Tiempo medio de viaje por ingreso mensual del hogar

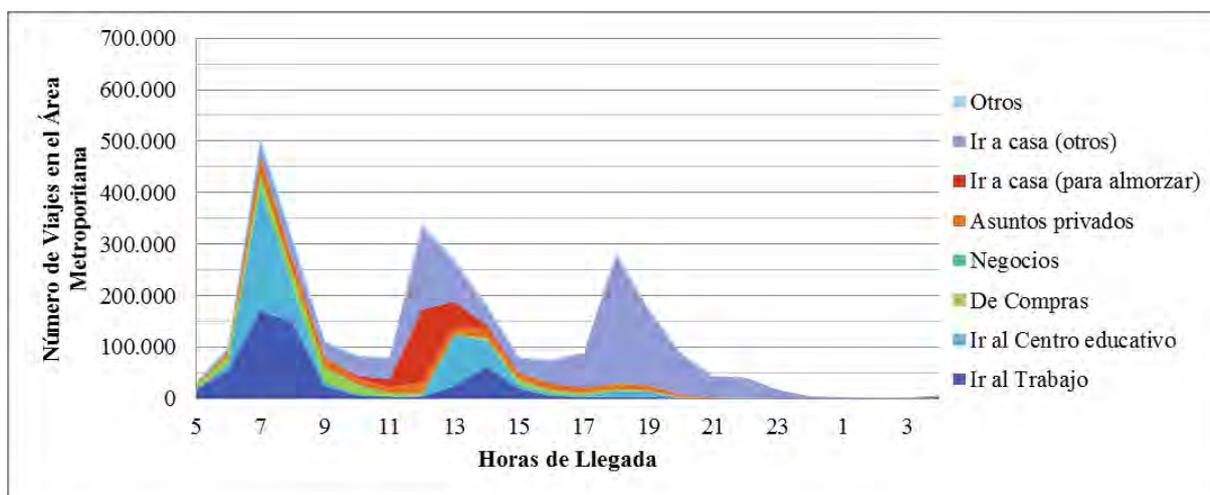
6) Hora de salida y llegada

Hay tres picos de hora de salida y llegada que son a las 7:00, al mediodía y a las 18:00 respectivamente. El pico de la mañana entre las 7:00 y 8:00 es el más alto ya que una gran cantidad de personas viajan a diario hacia los lugares de trabajo y a las escuelas y salen/llegan durante este período. A diferencia de otros países que no cuentan con un tiempo de descanso largo para el almuerzo, la hora pico a la hora del almuerzo entre el mediodía y la 13:00 es el segundo pico más alto.. El pico de la noche es algo disperso comparado con el pico de la hora de la mañana y del almuerzo.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-19 Hora de salida según propósito de viaje



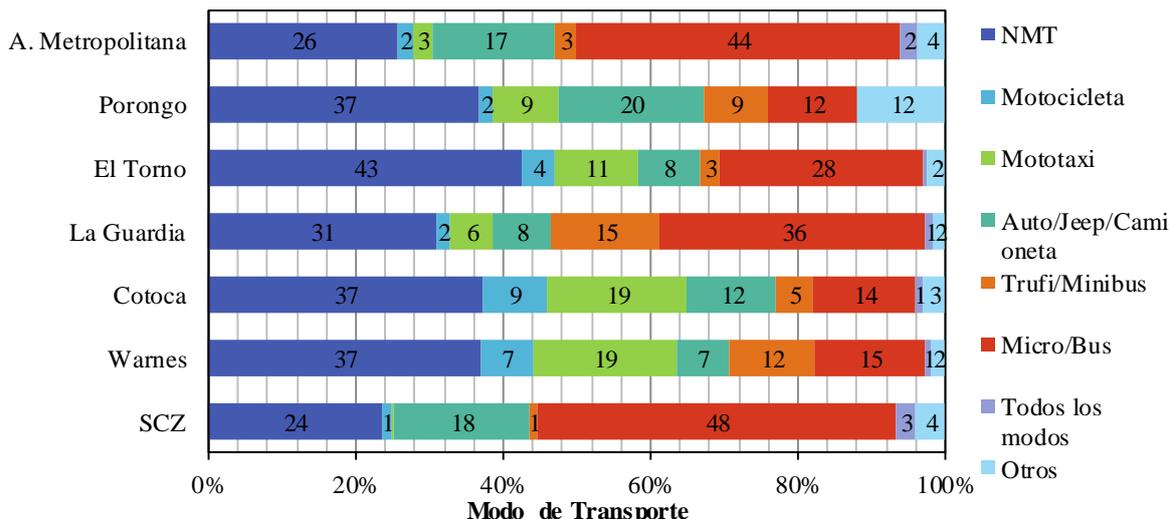
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-20 Hora de llegada según propósito del viaje

(4) Modo de transporte y características relacionadas con el modo

1) Modo de transporte por municipio

La participación modal por municipio se muestra en la siguiente figura. En toda el área metropolitana, los microbuses y autobuses son el modo de transporte motorizado predominante, con un 42 por ciento de participación, seguido por el transporte no motorizado (NMT) del 25 por ciento y finalmente por un grupo conformado por automóviles, jeeps y camionetas de 21 por ciento. Mientras que la participación de otros modos de transporte como moto, mototaxi, trufi, minibús y taxi son menos del 4%. El mototaxi, trufi y minibús están jugando un papel clave en los municipios suburbanos. Cabe destacar también que la participación modal del transporte no motorizado es mayor en los municipios suburbanos.



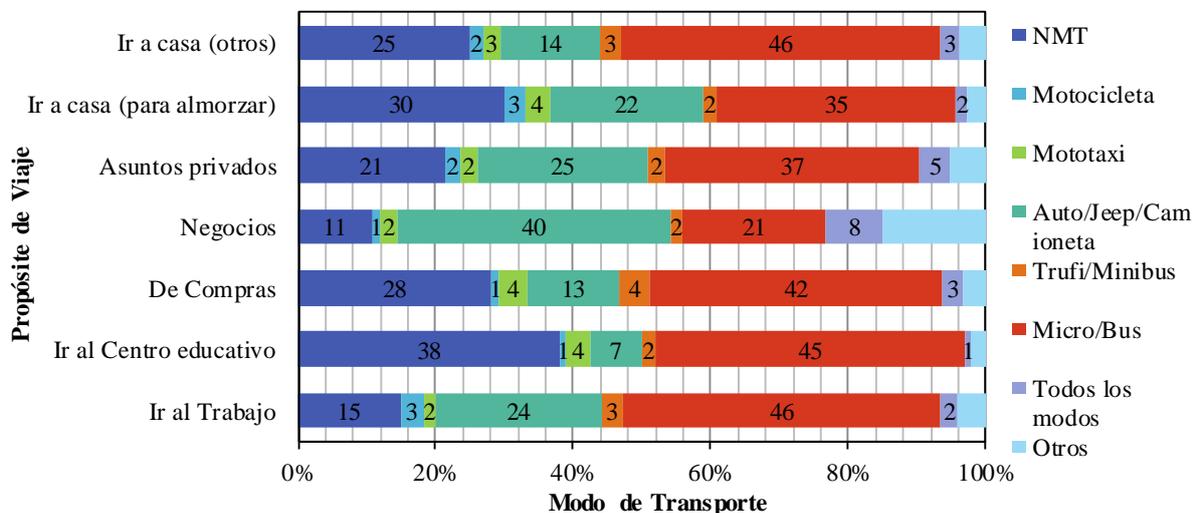
Nota: Se identifican la ubicación de salida según modo de transporte por municipio. NMT significa transporte no motorizado. SCZ significa Santa Cruz de la Sierra.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-21 Participación modal de transporte por municipio

2) Modo de Transporte por Propósito

En la siguiente figura se muestra la participación modal de transporte en función del propósito. Se observa mayor participación del grupo conformado por automóviles, jeeps y camionetas, para viajes por “negocios”, “asuntos privados” e “ir al trabajo”. Para viajes a los centros educativos y de compras, el transporte no motorizado tiene una mayor participación.



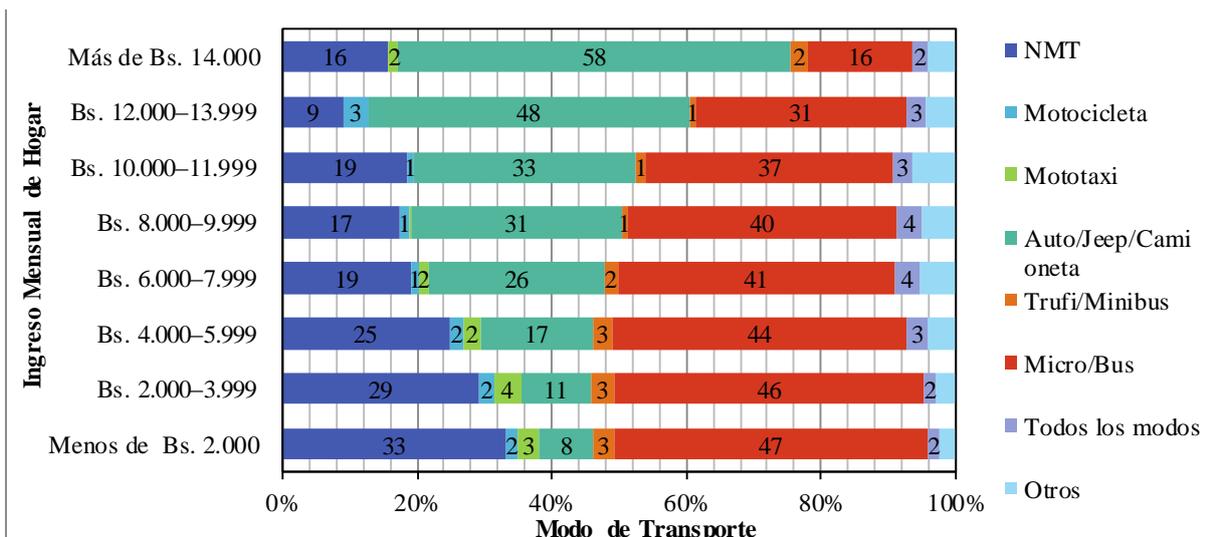
Nota: NMT significa transporte no motorizado.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-22 Participación modal de transporte según propósito de viaje

3) Modo de Transporte por Grupo de Ingresos del Hogar

Los grupos de ingresos altos dependen principalmente de los automóviles privados, mientras que los grupos de menor ingreso utilizan transporte público además del transporte no motorizado.

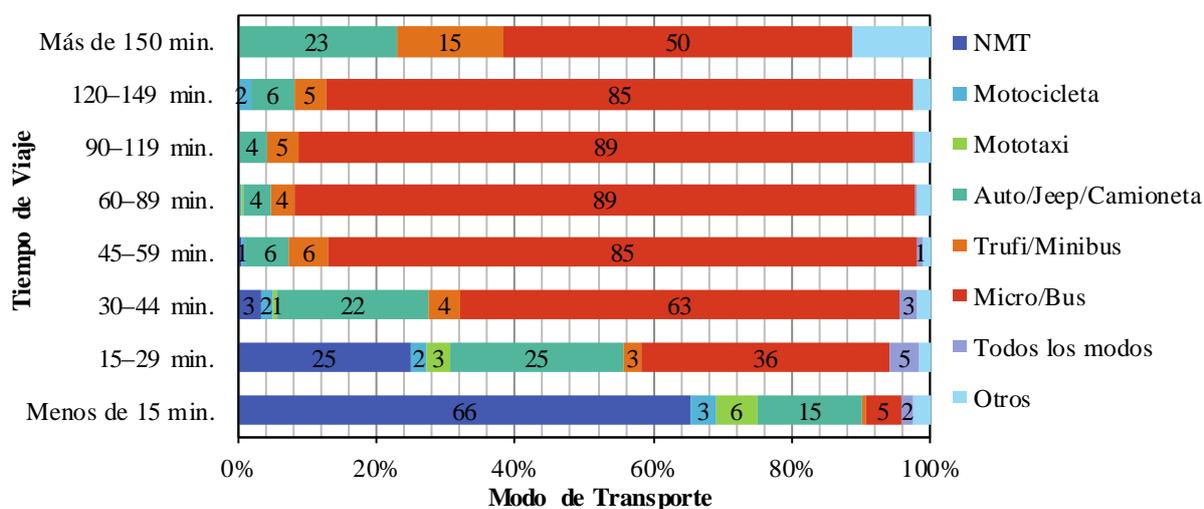


Nota: NMT significa transporte no motorizado.
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-23 Participación modal de transporte según ingreso mensual familiar

4) Modo de transporte por tiempo de viaje

Para los viajes largos, los microbuses y los autobuses son el modo de transporte predominante excepto en los viajes de más de 150 minutos. En contraste, aproximadamente el 70% de los viajes se realizan por transporte no motorizado (NMT) para viajes de menos de 15 minutos.

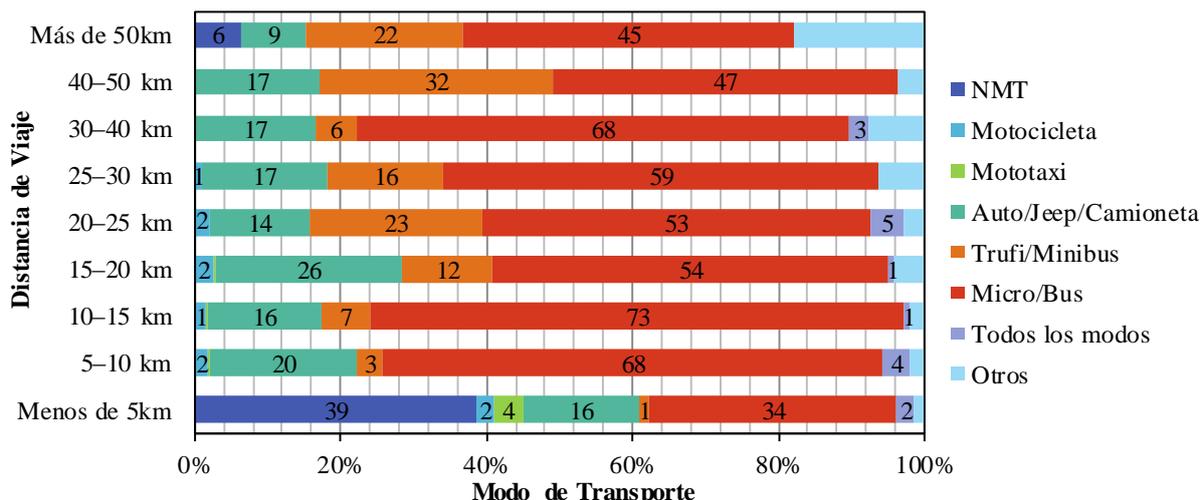


Nota: NMT significa transporte no motorizado.
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-24 Participación modal de transporte por tiempo de viaje

5) Modo de transporte por distancia de viaje

Al igual que la participación modal de transporte por tiempo de viaje, el micro bus y otros autobuses son el principal modo de transporte para viajes de largas distancias seguido del automóvil privado (automóvil/jeep/camionetas), trufis y minibuses.

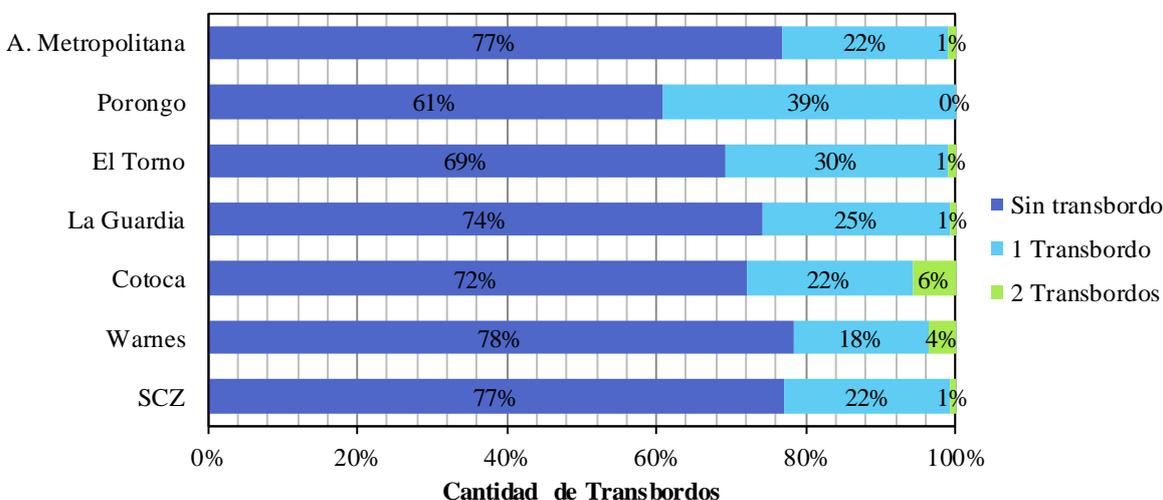


Nota: NMT significa transporte no motorizado.
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-25 Participación modal de transporte por distancia de viaje

6) Número de Transbordo de Pasajeros de Transporte Público

En el área metropolitana, una cuarta parte de los viajes realizados en transporte público requiere de uno dos transbordos. En los municipios suburbanos, el número de transbordo es mayor en comparación con Santa Cruz de la Sierra. Esto podría estar afectado por la densidad de la ruta del autobús. Por ejemplo, aproximadamente en la mitad de los viajes desde Cotoca necesitan realizar transbordo al menos una vez.

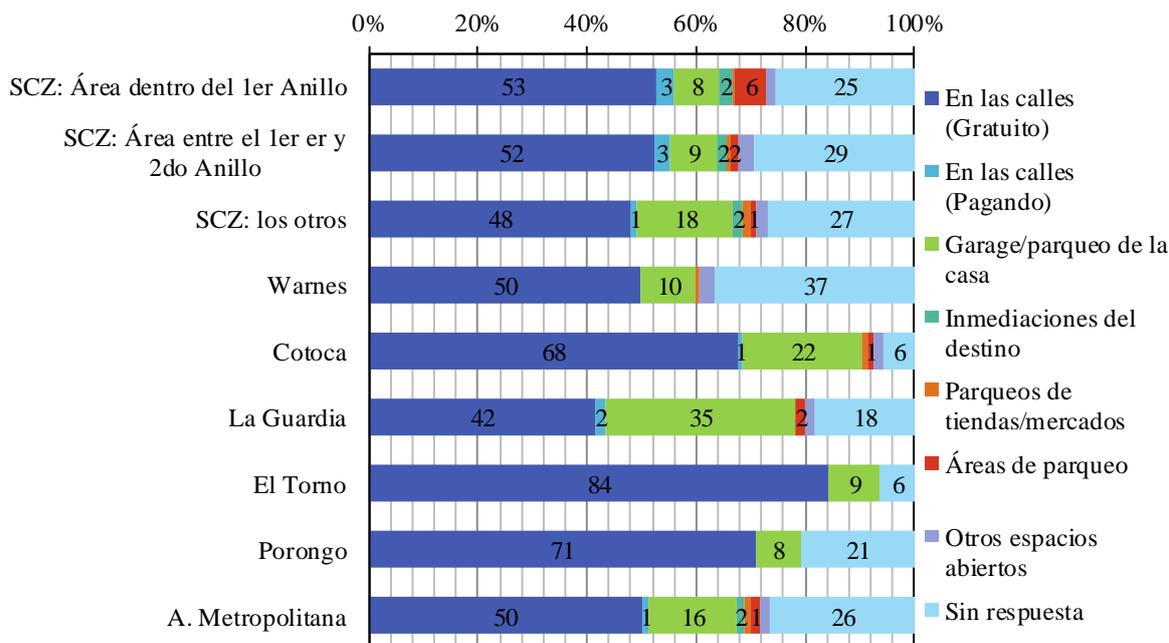


Nota: Se identifican la ubicación de salida según modo de transporte por municipio.
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-26 Número de transbordos en Transporte Público

7) Ubicación del Estacionamiento

Para todo el área metropolitana, aproximadamente la mitad de los usuarios del modo privado estacionan su coche en la calle gratuitamente, aunque las ubicaciones de estacionamiento de aproximadamente 30% de los encuestados es desconocida. El estacionamiento pagado, incluyendo el estacionamiento en la calle y los parqueos son menos del 10%, incluso en la zona rodeada por el primer anillo.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-27 Ubicación del estacionamiento de los usuarios de modo privado

(5) Distribución de viajes

1) Composición de la distribución de viajes por municipio – Todos los viajes

La figura a continuación muestra la composición de la distribución de viajes por municipio. Mientras que la mayoría de los viajes se realizan dentro de cada municipio, más de un cuarto de los viajes de La Guardia y Porongo son entre el municipio y Santa Cruz de la Sierra. En el caso de Santa Cruz de la Sierra, más del 95% de los viajes se realizan dentro del municipio.

2) Composición de la distribución de viajes por municipio – Al lugar de trabajo

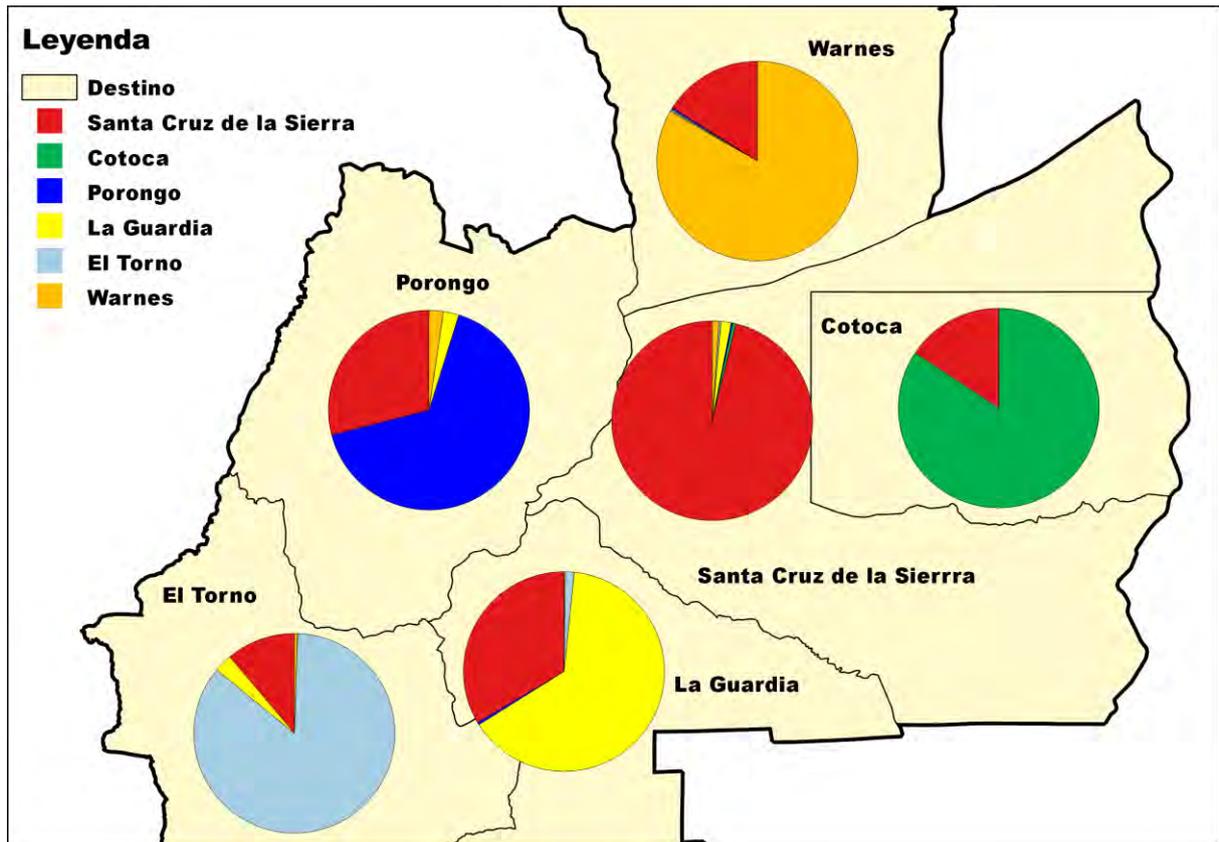
La composición de la distribución de viajes diarios para ir al lugar del trabajo es similar a la de todos los propósitos. La proporción de los viajes “al trabajo” dentro del municipio es más baja que la de todos los propósitos. Se trasladan a diario a Santa Cruz de la Sierra aproximadamente el 40% de la población trabajadora de La Guardia y un tercio de la de Warnes.

3) Composición de la distribución de viajes por municipio – al centro educativo

La mayoría de los estudiantes en el Área Metropolitana van a centros educativos en sus municipios. Sin embargo, más de un cuarto de los estudiantes de Porongo y La Guardia van a centros educativos en Santa Cruz de la Sierra.

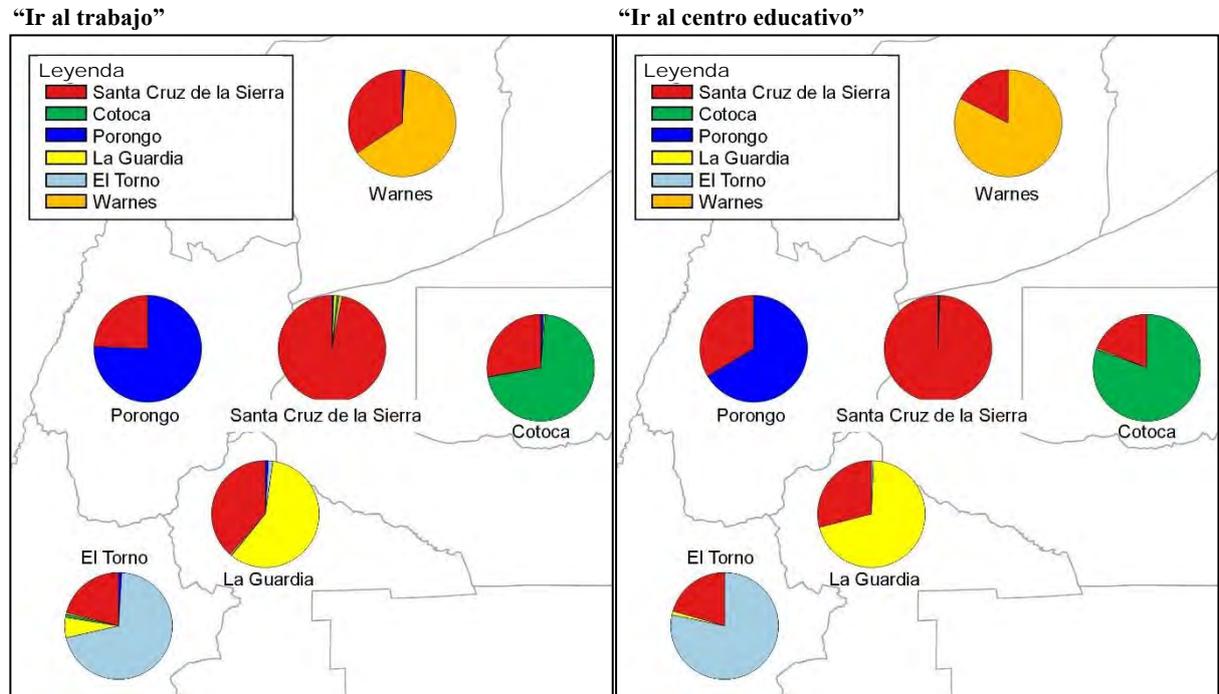
4) Línea Deseada de Todos los Viajes

La figura a continuación ilustra los viajes entre los municipios del área metropolitana. No se muestran los viajes dentro de cada municipio. La mayoría de los viajes intermunicipales son entre Santa Cruz de la Sierra y los cinco municipios alrededor. El mayor número de viajes se observa entre Santa Cruz de la Sierra y La Guardia seguido de Warnes, Cotoca, El Torno y Porongo. También hay un número significativo de viajes entre La Guardia y EL Torno ya que estos dos municipios están conectados por una carretera fundamental.



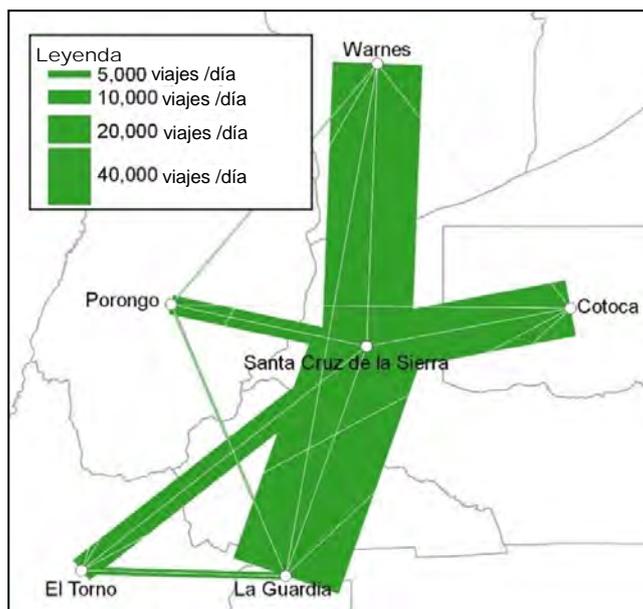
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-28 Composición de la distribución de viajes por municipio - Todos los viajes



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-29 Composición de la distribución de viajes por municipio



Fuente: Equipo de Estudio JICA

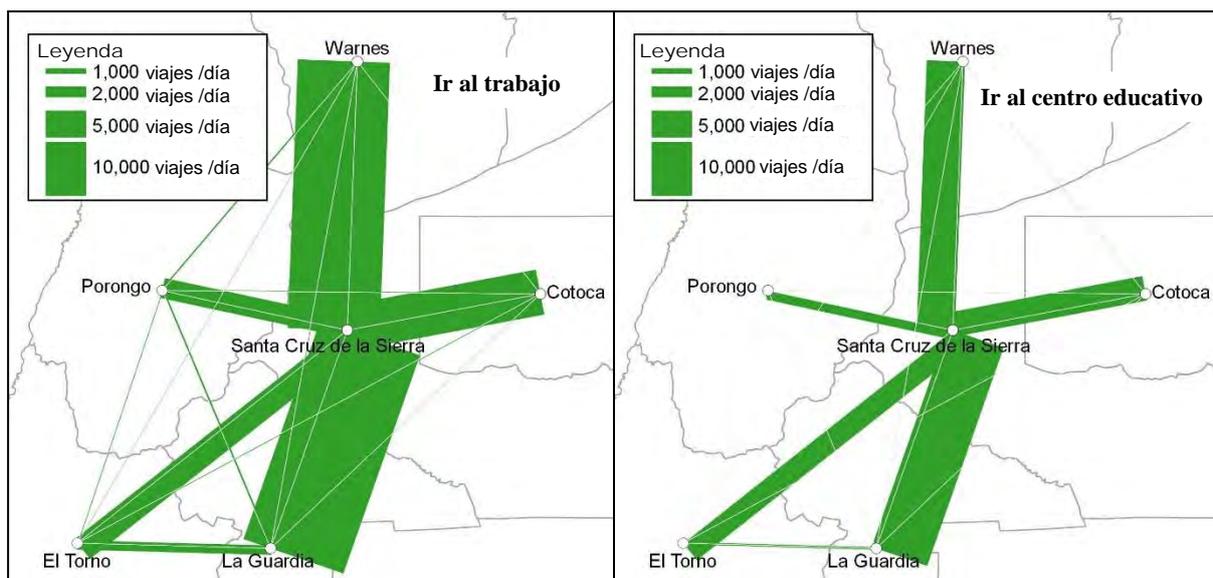
Figura 5-30 Línea deseada de todos los viajes

5) Línea deseada de los Viajes Diarios al Lugar de Trabajo

El número de trabajadores desde los municipios aledaños hacia Santa Cruz de la Sierra supera al número de trabajadores desde Santa Cruz de la Sierra hacia éstos municipios, excepto Porongo. El número de trabajadores que se traslada a Porongo pueden estar afectados por los sitios de construcciones dentro del municipio. La mayor cantidad es desde La Guardia, seguido de Warnes, Cotoca, El Torno y Porongo.

6) Línea deseada de los Viajes Diarios al Centro Educativo

El número de estudiantes inter municipales es menor que el de los trabajadores. El número de estudiantes desde Santa Cruz de la Sierra hacia los municipios aledaños sea mucho menor que el de los estudiantes desde estos municipios hacia Santa Cruz de la Sierra.



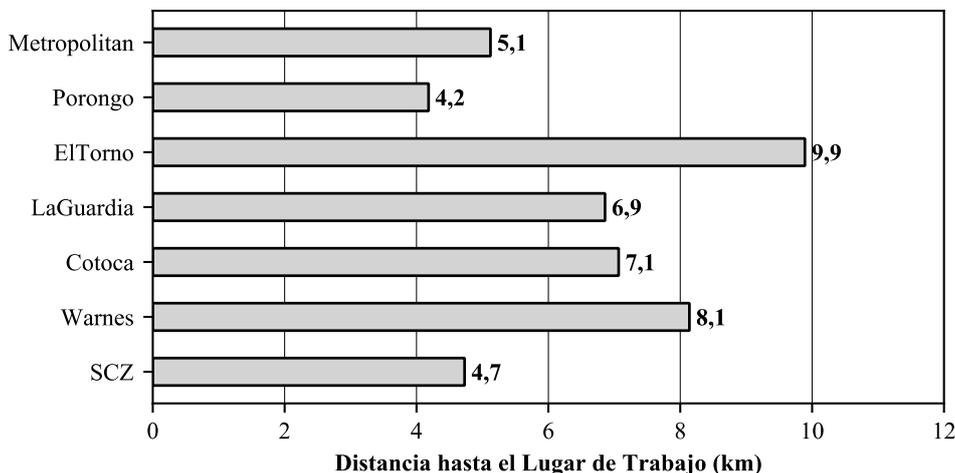
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-31 Línea deseada de los viajes diarios al lugar de trabajo

(6) Características de los viajes diarios

1) Distancia al lugar de trabajo por municipio

La distancia media desde los lugares de residencia a los lugares de trabajo dentro del área metropolitana es de 5,0 km. Sin embargo, la distancia de los viajes diarios varía significativamente dependiendo del municipio. La distancia de El Torno es la más larga con 10,2 km.

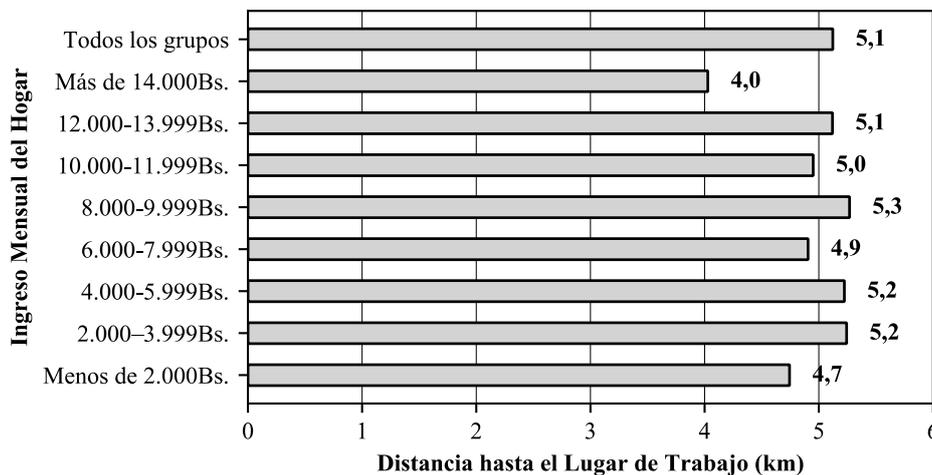


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-32 Distancia media al lugar de trabajo por municipio

2) Distancia al lugar de trabajo por ingreso mensual del hogar

En general, cuanto mayor sea el ingreso del hogar, menor será la distancia a su lugar de trabajo. Esta tendencia es obvia para hogares con ingresos mensuales de más de 14.000 bolivianos.



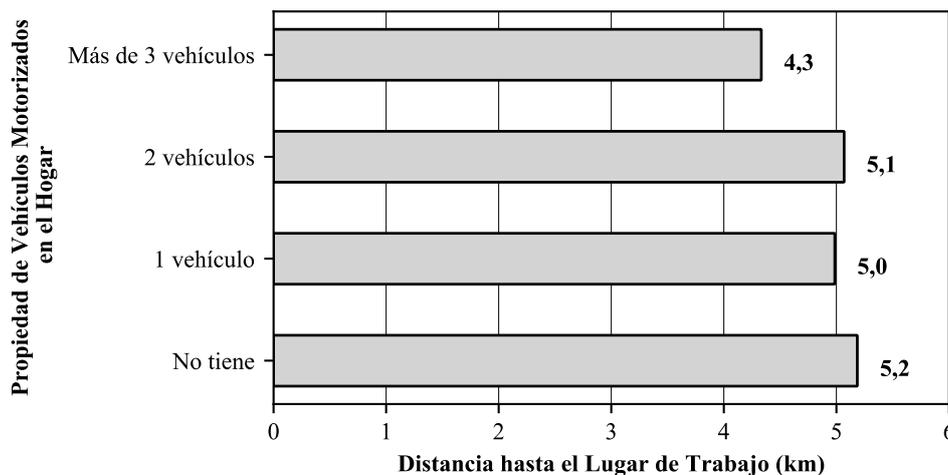
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-33 Distancia promedio al lugar de trabajo por ingreso mensual del hogar

3) Distancia al lugar de trabajo según la tenencia de automóviles de los hogares

Para los hogares con 3 o más vehículos, la distancia de desplazamiento al lugar de trabajo es la más corta con 4,3 km, mientras que la de los demás hogares está alrededor de los 5 km. Se infiere que la accesibilidad de los hogares con 3 o más automóviles es significativamente

mayor que la de otros grupos debido a su disponibilidad del automóvil y la distancia más corta a su lugar de trabajo.

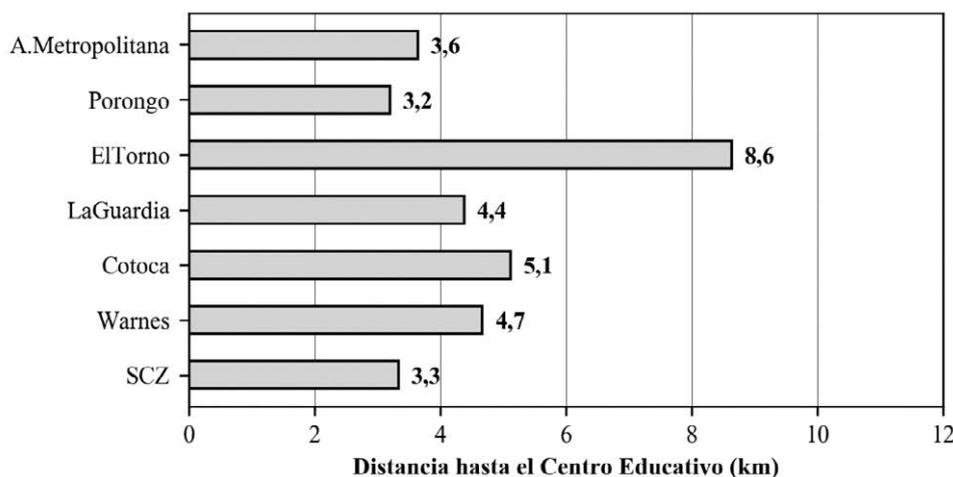


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-34 Distancia media al lugar de trabajo por la tenencia de automóviles de los hogares

4) Distancia al centro educativo por municipio

La distancia del viaje para ir al centro educativo es aproximadamente 80% más corta que la de ir al lugar de trabajo. La distancia media de viaje para ir al centro educativo en el municipio es 3,8km.

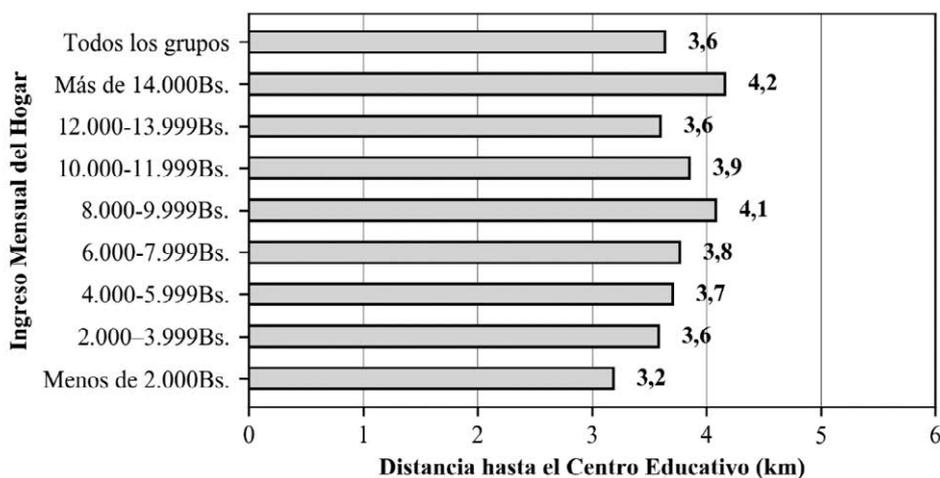


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-35 Distancia media al centro educativo por municipio

5) Distancia al centro educativo por ingreso mensual del hogar

Cabe señalar que la tendencia de la distancia al centro educativo por el ingreso mensual de los hogares es casi opuesta a la distancia al lugar de trabajo. La distancia a del grupo de ingreso más alto es más larga que la del grupo de menores ingresos. Esto se puede explicar por la selección del centro educativo por el grupo de ingresos altos.

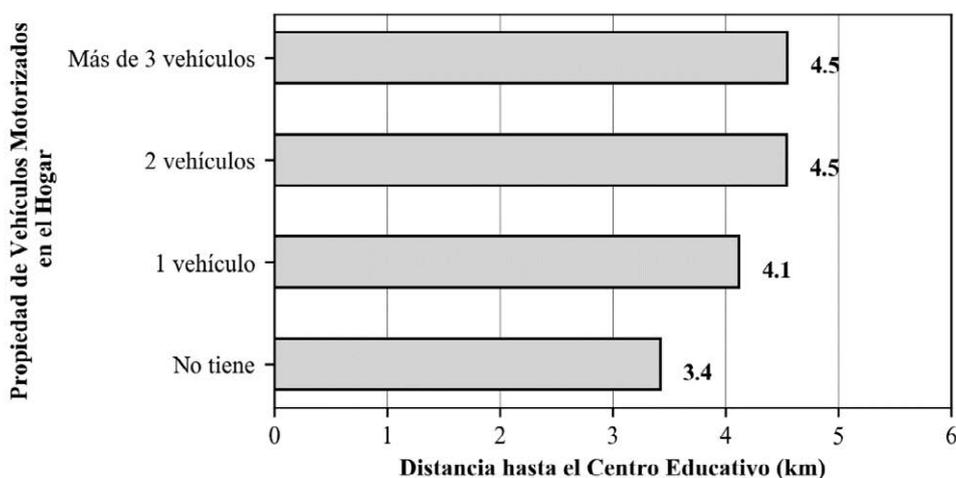


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-36 Distancia media al centro educativo por ingreso mensual del hogar

6) Distancia al centro educativo según la tenencia de automóviles

Los estudiantes de los hogares con un automóvil o más viajan más tiempo a sus centros educativos. En caso de que la casa de un estudiante posea 3 o más automóviles, su distancia promedio de viaje alcanza los 4,7 km. Esto muestra que un hogar con varios automóviles tiene la posibilidad de elegir escuelas lejos de su casa, donde uno de los padres se encarga de dejar y recoger con un automóvil al estudiante.



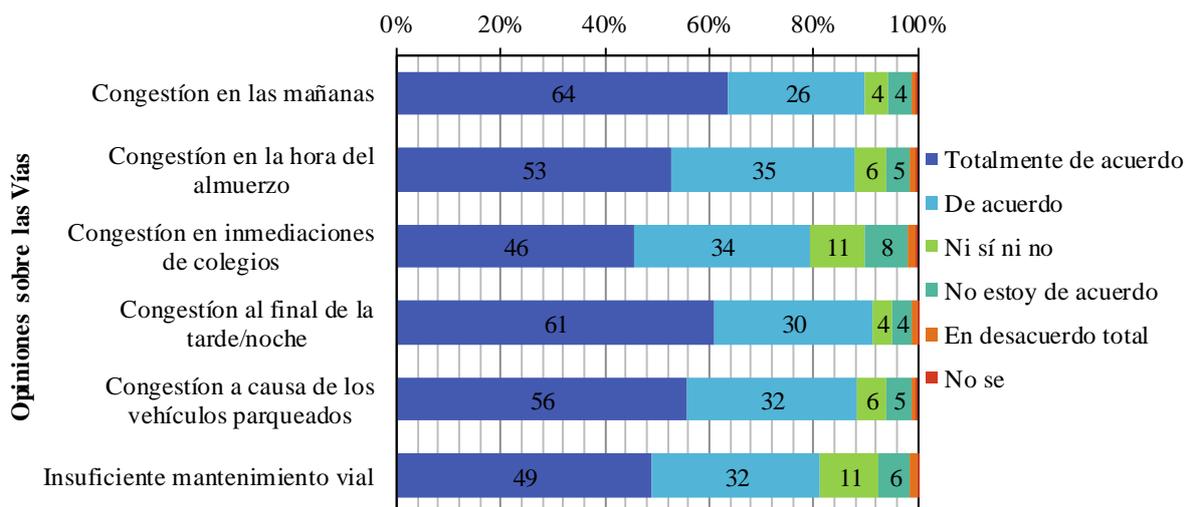
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-37 Distancia media al centro educativo según la tenencia de automóviles

(7) Opiniones sobre temas de transporte

1) Opiniones sobre la carretera

Las opiniones sobre asuntos de transporte en el área metropolitana fueron encuestadas al jefe de hogar. Con respecto a las preguntas relacionadas con las carreteras, más del 90% de los encuestados estuvo de acuerdo/totalmente de acuerdo en que la congestión del tráfico durante la hora pico de la noche es un problema. Otras cuestiones reconocidas por muchos encuestados son la congestión durante la hora del almuerzo y la congestión causada por coches estacionados en la calle.

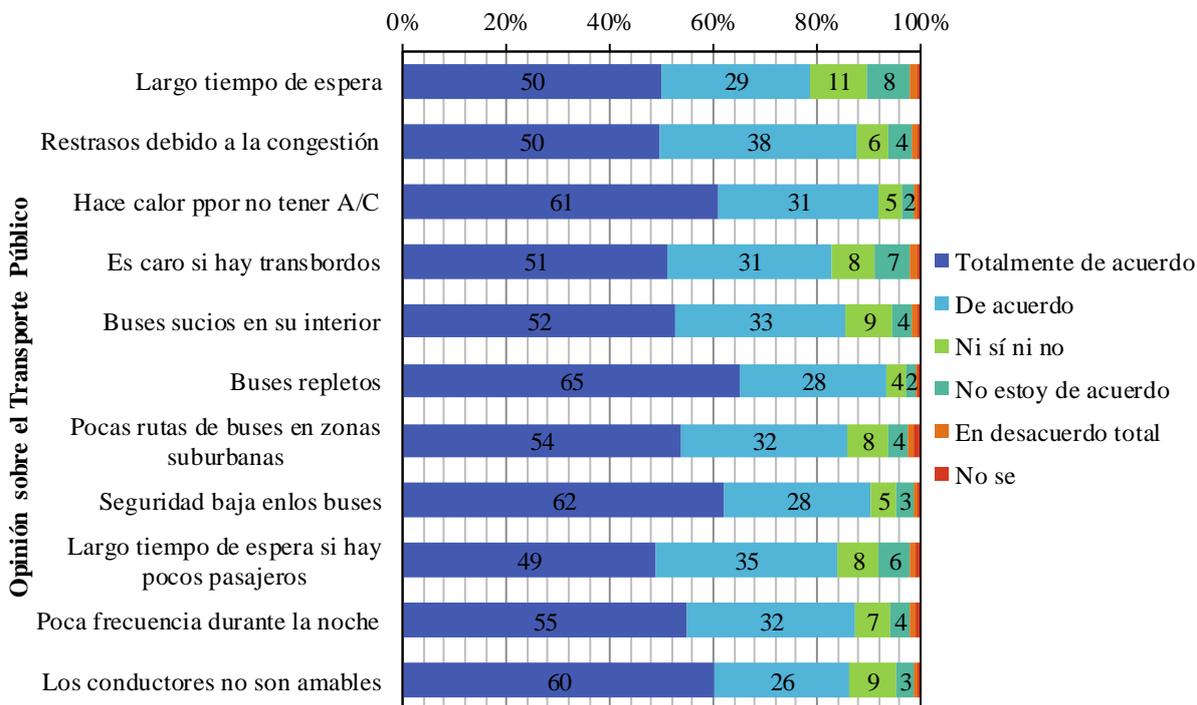


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-38 Opiniones sobre temas relacionados con la carretera en el área metropolitana

2) Opiniones sobre Transporte Público

Más del 90% de los hogares estuvieron de acuerdo en que los autobuses sobrecargados, sin aire acondicionado y con un bajo nivel de seguridad son problemas. Asimismo, aproximadamente el 80% de los hogares estuvieron de acuerdo en que el largo tiempo de espera y la alta tarifa para realizar los trasbordos son problemas.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-39 Opiniones sobre temas de transporte público en el área metropolitana

5.3 Encuesta de Línea de Cordón

5.3.1 Composición

Existen dos subcomponentes de la Encuesta de Línea de Cordón.

- 1) Encuesta/Entrevista: Esta encuesta consiste en efectuar una entrevista a los conductores de automóviles y pasajeros de buses en el costado de la carretera para recolectar información sobre el Origen y Destino de sus viajes.
- 2) Conteo de Tráfico: Se cuenta el número de vehículos por tipo de vehículos y sentidos en las mismas ubicaciones en los cuales se realizaron las encuestas.

5.3.2 Ubicación de puntos donde se realizaron las Encuestas

La encuesta se realiza en 8 lugares (en ambos sentidos) tal como se muestra en la Figura 5-40. Todos los lugares de la encuesta, excepto CL-05 se encuentran en las áreas de peaje, porque es más fácil de detener a los vehículos. CL-01 al CL-03 son la línea de cordón externo para recolectar información sobre el viaje de los vehículos que entran y salen del área del proyecto. Por otro lado, CL-04 al CL-08 son la línea de cordón interno para recolectar la información de los vehículos que entran y salen de Santa Cruz de la Sierra.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-40 Ubicación de puntos en donde se realizaron las Encuestas de Línea de Cordón



CL-01 Angostura



CL-03 Pailas



CL-08 Pedro Lorenzo

5.3.3 Periodo de la Encuesta

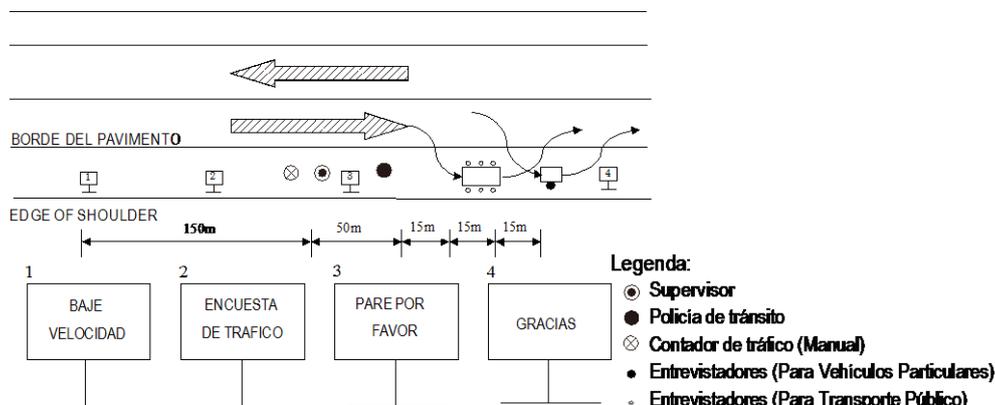
La encuesta en cada uno de los puntos se llevó a cabo en un solo día, ya sea martes, miércoles o jueves entre el 26 de julio y el 31 de agosto del 2016. La encuesta/entrevista y el de conteo de tráfico efectuado en un mismo punto se llevaron a cabo en el mismo día. La duración de las encuestas fue de 24 horas (6:00 a 18:00).

5.3.4 Metodología

(1) Encuesta al lado de la carretera

Los encuestadores paran a los vehículos con ayuda de la policía antes o después de los peajes, y guían a los vehículos para que se detengan en los espacios a un costado de la carretera. Los encuestadores hacen varias preguntas a los conductores y los pasajeros de buses en base al cuestionario. En caso de los buses, 2-3 encuestadores suben al bus, y cada encuestador entrevista a 2-3 pasajeros por cada bus. Los siguientes elementos se incluyen en la encuesta:

- Fecha de la Encuesta
- Código de Ubicación
- Sentidos (desde, hasta)
- Hora de la Encuesta
- Residente/no-residente en el área del proyecto
- Ubicación detallada de Origen/Destino
- Tipo de Vehículo
- Propósito del viaje
- Frecuencia del viaje
- Número de pasajeros
- Nombre de Ruta/Número (micro/minibús/bus)
- Nombre de bienes (vehículos de carga/mercancías)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-41 Instalación típica de una Encuesta de línea de cordón

(2) Conteo de Tráfico

El conteo vehicular clasificado se llevó a cabo en los dos sentidos para todos los vehículos que pasaban por los puntos donde se realizaron las encuestas. Los encuestadores realizaron un conteo continuo y registraron el número de vehículos por tipo y por sentido cada 15 minutos.

5.3.5 Tasa de Muestreo

La tasa de muestreo de la encuesta fue establecida de tal manera que sea más del 10% para cada tipo de vehículo, para cada lugar y para cada sentido. “10%” es el límite inferior, y en todo caso habría que hacer un esfuerzo para elevar la tasa de muestreo en caso que no transiten muchos vehículos.

La tasa de muestreo se debe comprobar durante la encuesta para prevenir la desviación de tasa de muestreo por tipo de vehículo. Por lo tanto la encuesta al costado de la carretera y el conteo de tráfico deben llevarse a cabo de forma simultánea en el mismo lugar.

5.3.6 Clasificación de vehículos

Los vehículos son clasificados en las siguientes 12 categorías: 1) Motocicleta, 2) Tres ruedas (toritos) 3) automóvil/jeep/van, 4) camioneta, 5) Trufi, 6) Mini bus 7) Micro bus, 8) Bus, 9) camión mediano (2 ejes), 10) camión grande (3 ejes o más), 11) camión contenedores, y 12) otros.

5.3.7 Resultados de la Encuesta

(1) Volumen diario de tráfico

Los resultados del volumen de tráfico diario por tipo de vehículo en cada punto donde se efectuó la encuesta se resume en la Tabla 5-7. El mayor volumen de tráfico, 31.327 vehículos/día, se observó en el CL-06 en dirección al “área metropolitana”. CL-02, CL-05 y CL-07 tuvieron un volumen de tráfico superior a 10.000 vehículos/día/Dirección.

La razón por la cual el volumen de tráfico de entrada y salida en CL-06 resultó diferente se debe a la existencia de una ruta alternativa en la dirección saliente. El número real de vehículos que salen a través de CL-06 es considerado como un número cercano a la dirección entrante. Esto debe tenerse en cuenta en el siguiente análisis para elaborar la matriz OD.

Tabla 5-7 Volumen Diario de Tráfico en cada Sitio de Encuesta de Línea de Cordón

(Unidad: Vehículos/día)

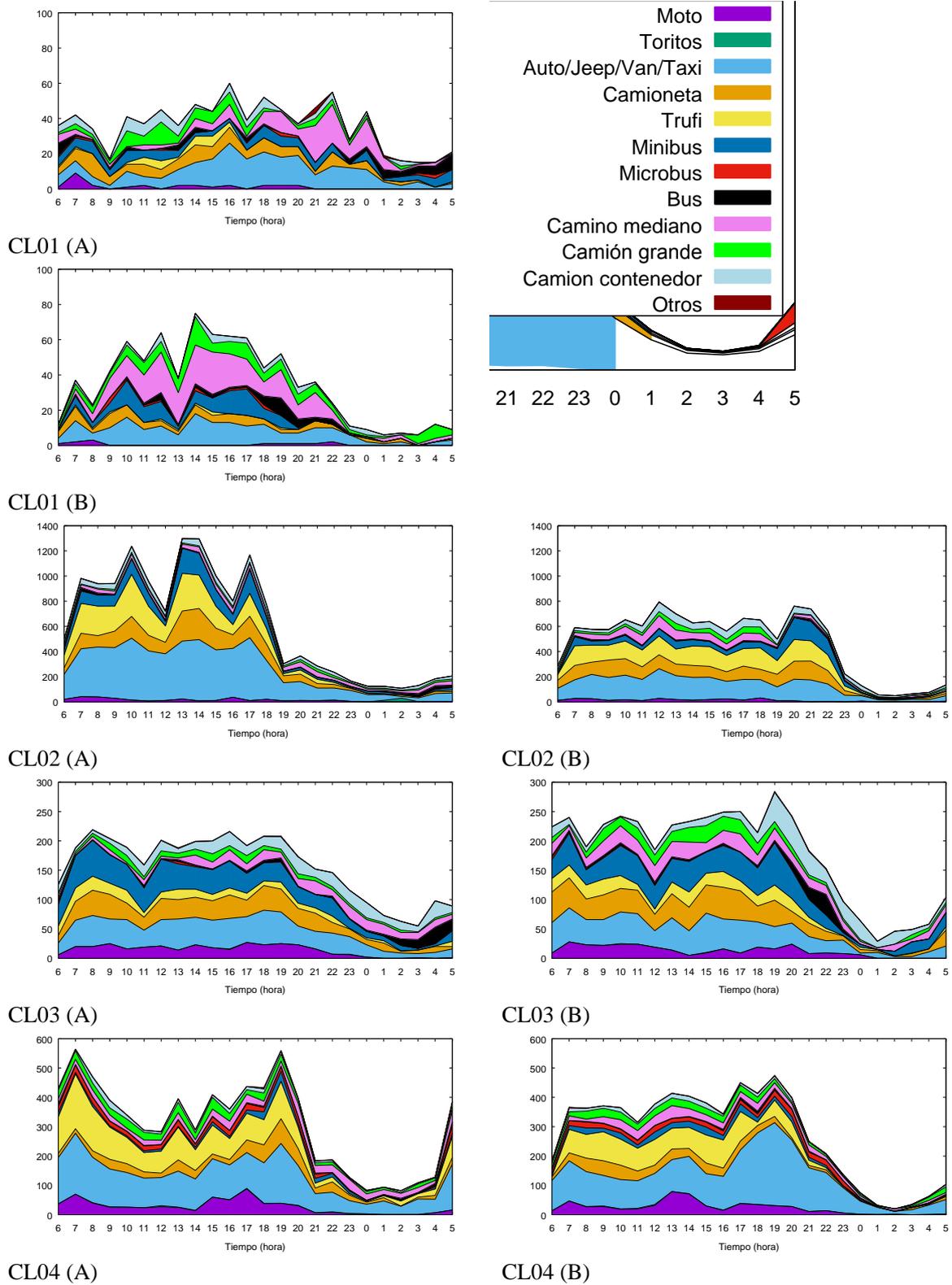
Ubicación	Dirección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
		Motocicleta Moto	Tres Ruedas (Toritos)	Coche/Jeep /Van /taxi	Pick Up	Trufi	Mini Bus	Micro Bus	Bus	Camión mediano (2 ejes)	Camión grande (3 ejes y más)	Remolque de Contenedor	Otros	
CL01	A	28	0	230	123	27	106	11	51	136	81	75	4	872
CL01	B	12	0	182	77	9	107	14	38	228	121	45	0	833
CL02	A	322	41	6.041	2.105	2.729	1.597	54	165	713	265	801	4	14.837
CL02	B	282	4	3.012	1.874	2.423	1.173	56	110	888	440	942	4	11.208
CL03	A	328	2	842	603	258	762	14	115	277	153	401	2	3.757
CL03	B	292	2	843	706	342	809	20	106	427	290	424	3	4.264
CL04	A	644	14	2.584	630	1.709	226	334	60	535	455	224	9	7.424
CL04	B	553	13	2.701	502	1.104	299	310	43	432	375	203	8	6.543
CL05	A	444	4	9.118	1.451	817	232	44	3	290	75	30	32	12.540
CL05	B	563	8	4.750	2.351	904	294	127	1	269	141	100	20	9.528
CL06	A	1.078	30	9.949	4.443	5.878	6.184	597	147	1.331	591	1.099	0	31.327
CL06	B	421	17	3.965	1.519	1.937	2.314	621	265	1.529	932	1.447	1	14.968
CL07	A	752	8	4.023	1.629	2.518	972	317	116	972	401	643	6	12.357
CL07	B	577	4	4.118	1.803	1.581	1.012	366	130	1.242	352	486	14	11.685
CL08	A	156	0	499	372	66	256	12	73	272	82	293	4	2.085
CL08	B	104	0	517	404	80	317	14	76	303	139	285	0	2.239

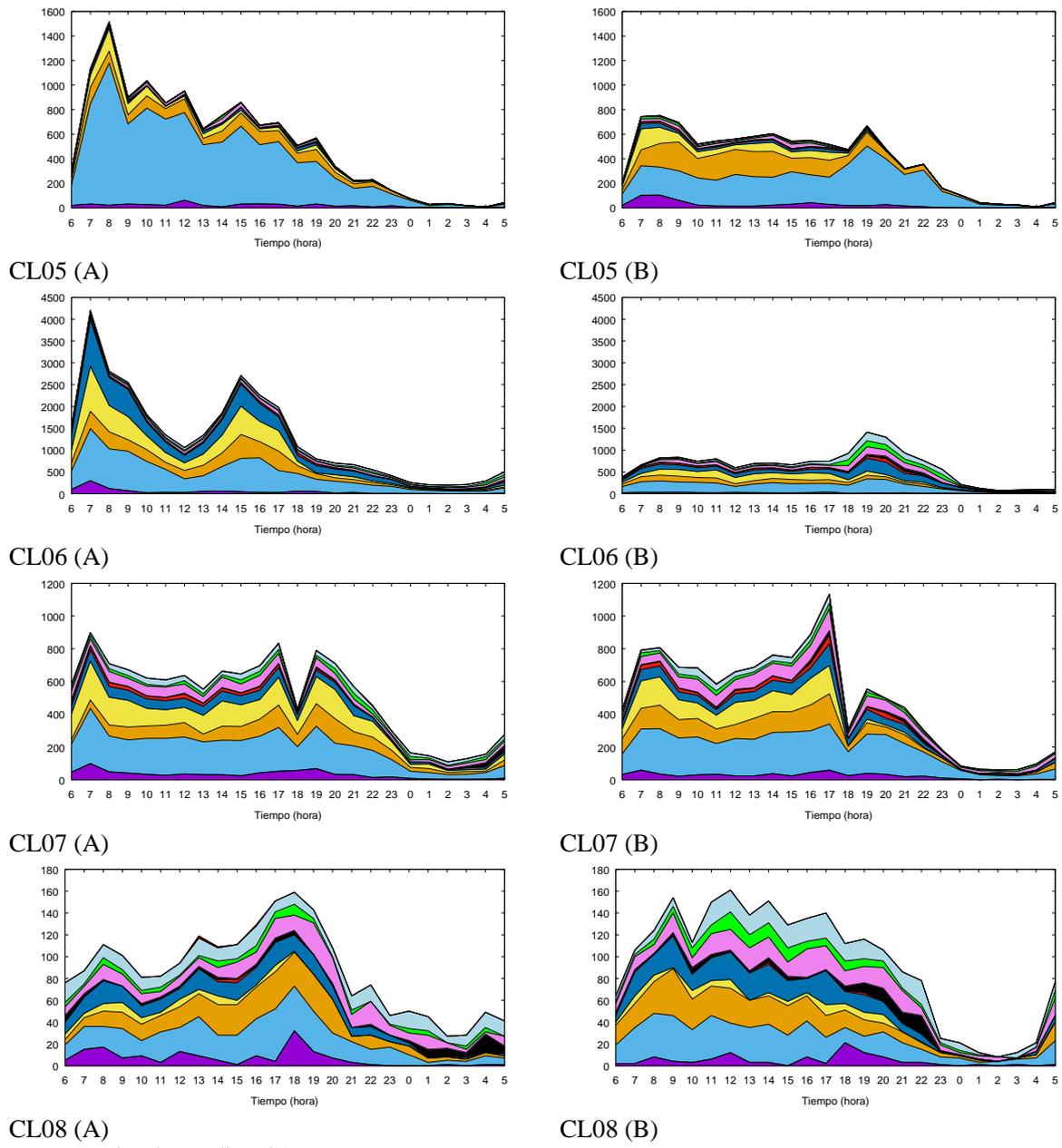
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Dirección: A: Hacia el área metropolitana, B: Desde el área metropolitana

(2) Volumen de Tráfico Por hora

El volumen de tráfico por hora en cada ubicación por dirección se muestra en la Figura 5-42.





CL08 (A)
Fuente: Equipo de Estudio JICA

CL08 (B)

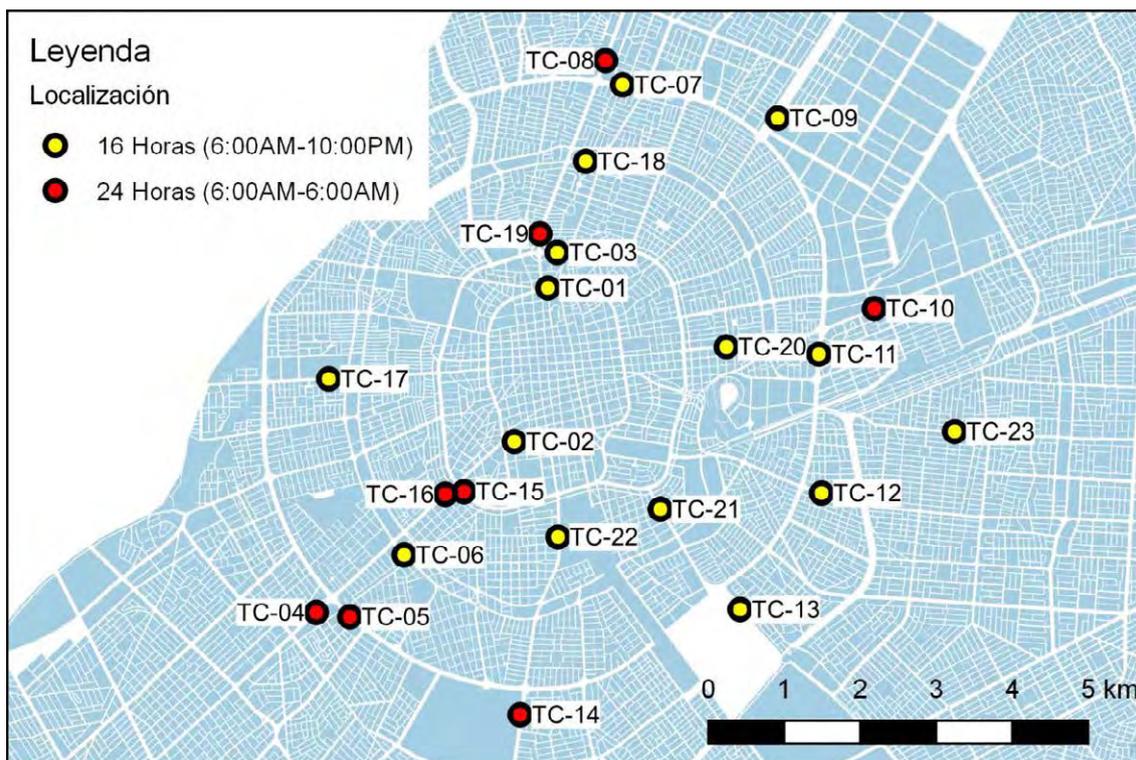
Figura 5-42 Número de Vehículos por hora

5.4 Conteo de Tráfico Clasificado por Tipo de Vehículo

5.4.1 Ubicación de los puntos de conteo y Periodos

El conteo de tráfico se realizó en 23 puntos en el área urbana del área de estudio, tal como se muestra en la Figura 5-43. El conteo se llevó a cabo en un solo día, ya sea martes, miércoles o jueves.

- 8 lugares (24 horas: 6:00 a 18:00) con cámara de video
- 15 lugares (16 horas: 6:00 a 22:00) con cámara de video



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-43 Ubicación de los puntos donde se realizó el conteo de tráfico clasificado por tipo de vehículo

5.4.2 Metodología

Para garantizar la eficiencia y precisión, se utilizaron cámaras de video para realizar el conteo de vehículos. Este estudio consta de dos fases, 1) Grabación de video en los puntos de encuestas y 2) Conteo de vehículos clasificados.

(1) Grabación de Video en los puntos de conteo

Para capturar la imagen del tráfico en los lugares de conteo, se debe hacer una grabación de prueba para comprobar el punto, la altura y el ángulo de la cámara. Se recomienda colocar la cámara en farolas en el centro, en los puentes peatonales o desde los edificios cercanos al lugar de la encuesta. El video de flujo de tráfico se graba continuamente durante todo el período del conteo. Por lo tanto, se debe preparar adecuadamente la disposición de baterías y los medios de grabación.

(2) Conteo de Vehículos Clasificados

Los encargados cuentan manualmente el número de vehículos mediante el monitoreo del

vídeo grabado en otro día, rellenando los datos del formulario del conteo impreso. Después del conteo manual, se introducen los resultados en una hoja de Excel. La clasificación del tipo de vehículo es de 12 tipos de vehículos, los mismos que en la Encuesta de Línea Cordón.



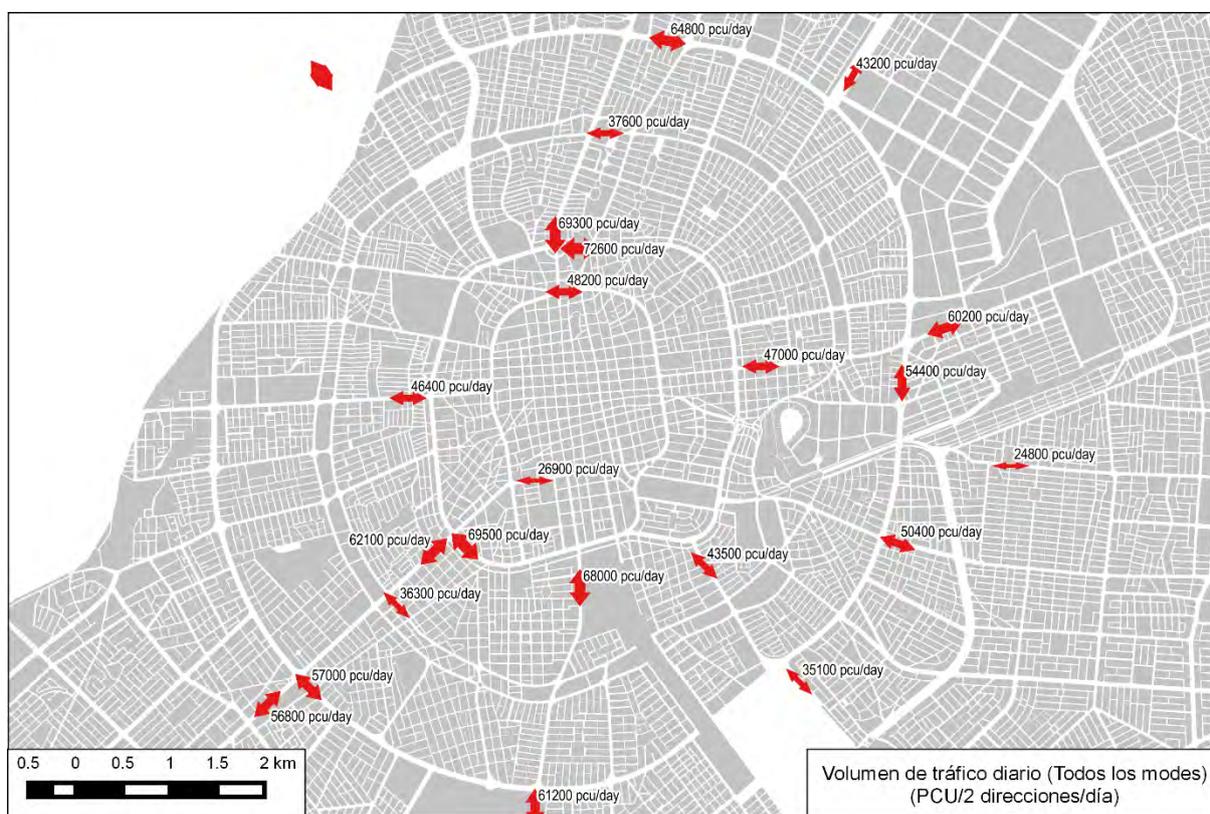
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-44 Ejemplo de Equipos de Grabación de Video en este conteo

5.4.3 Resultados de los Conteos de Tráfico

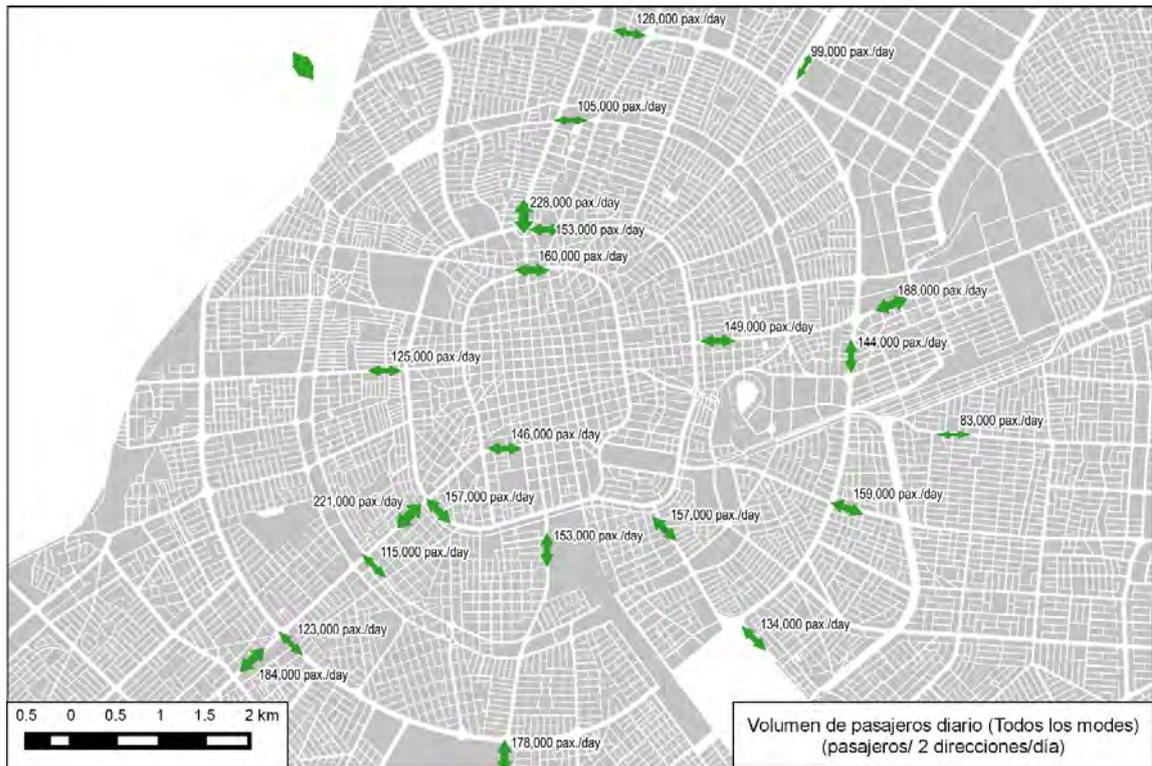
(1) Volumen de tráfico diario y máximo

La Figura 5-45 y la Figura 5-46 muestran el volumen diario de vehículos (PCU por sus siglas en inglés) y pasajeros. Estas figuras muestran que tanto los Anillos como las vías radiales son muy utilizados en las intersecciones del 2do Anillo con Av. Cristo Redentor, y 2do Anillo con Av. Grigotá.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

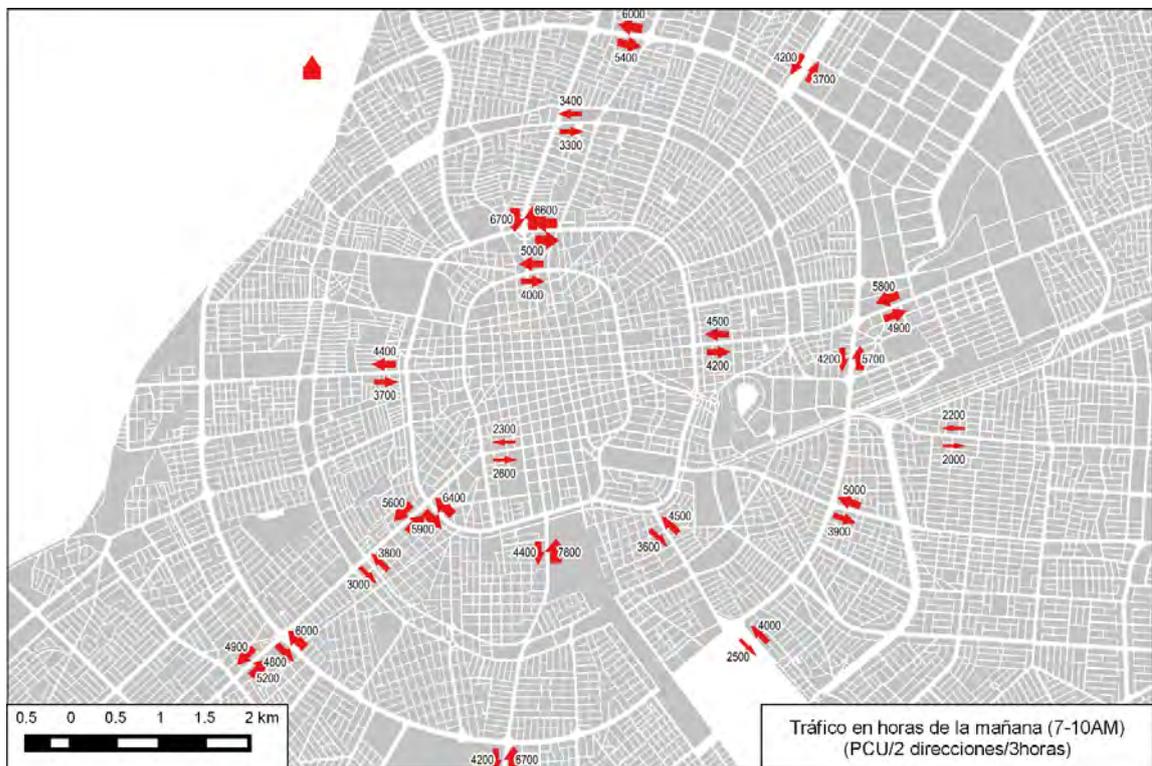
Figura 5-45 Resultado del conteo de la PCU diaria (Unidad de Automóvil de Pasajeros)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

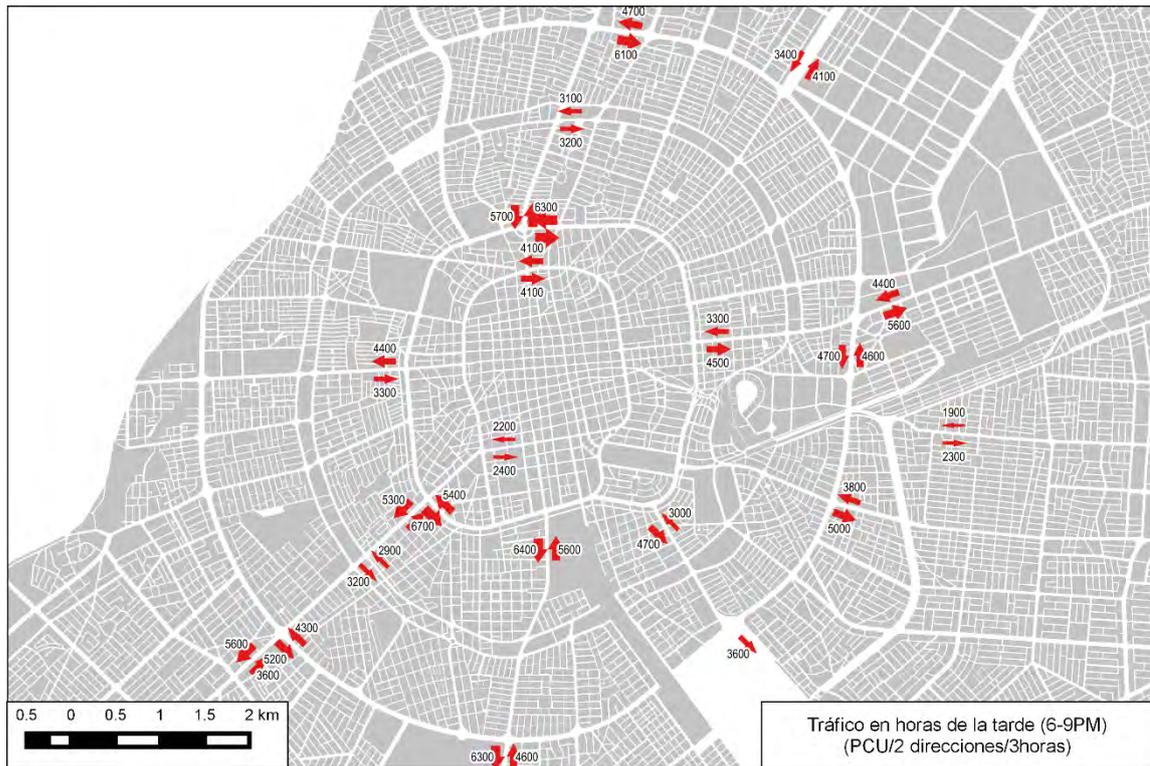
Figura 5-46 Resultado del Conteo del Pasajeros Diarios

La Figura 5-47 y la Figura 5-48 muestran el volumen de tráfico durante la mañana y la tarde en PCU. El volumen de tráfico por hora supera los 2.000 PCU/Dirección en los puntos más severos.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-47 Resultado del Conteo de PCU durante el pico de la mañana (7:00-10:00)

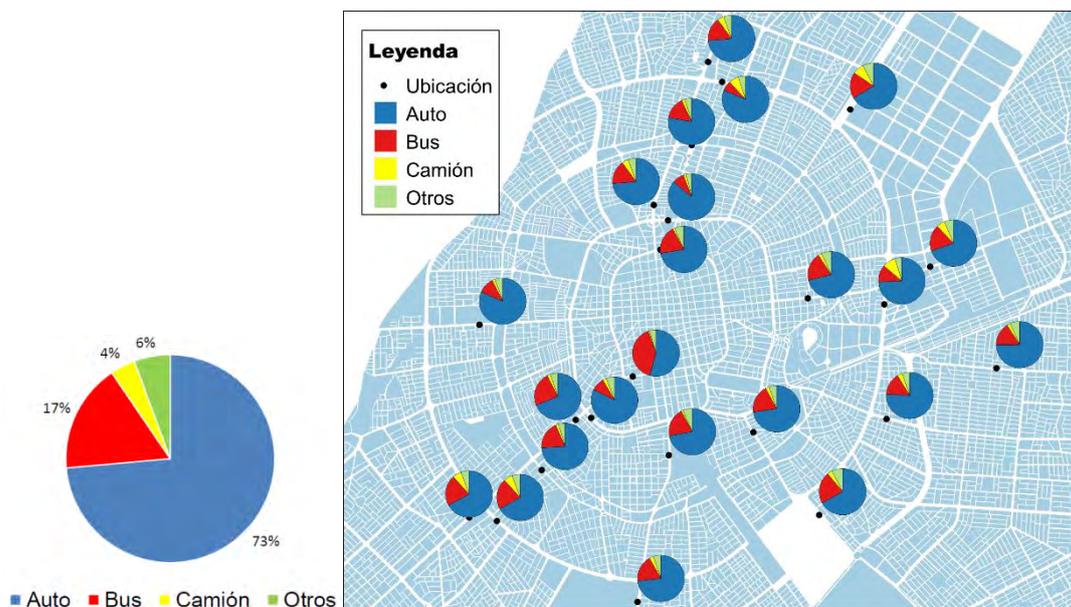


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-48 Resultado del Conteo de PCU durante el pico de la tarde (18:00-21:00)

(2) Porcentaje de cada tipo de vehículo

La Figura 5-49 muestra el porcentaje de cada tipo de vehículo. El transporte privado representa el 73% del tráfico total, seguido por los autobuses (17%), camiones (4%) y otros (6%). Respecto a la diferencia espacial, la proporción de camiones es mucho mayor en las vías arteriales fuera del 4to Anillo.



Izquierda: Resumen de todas las ubicaciones, Derecha: Cada ubicación

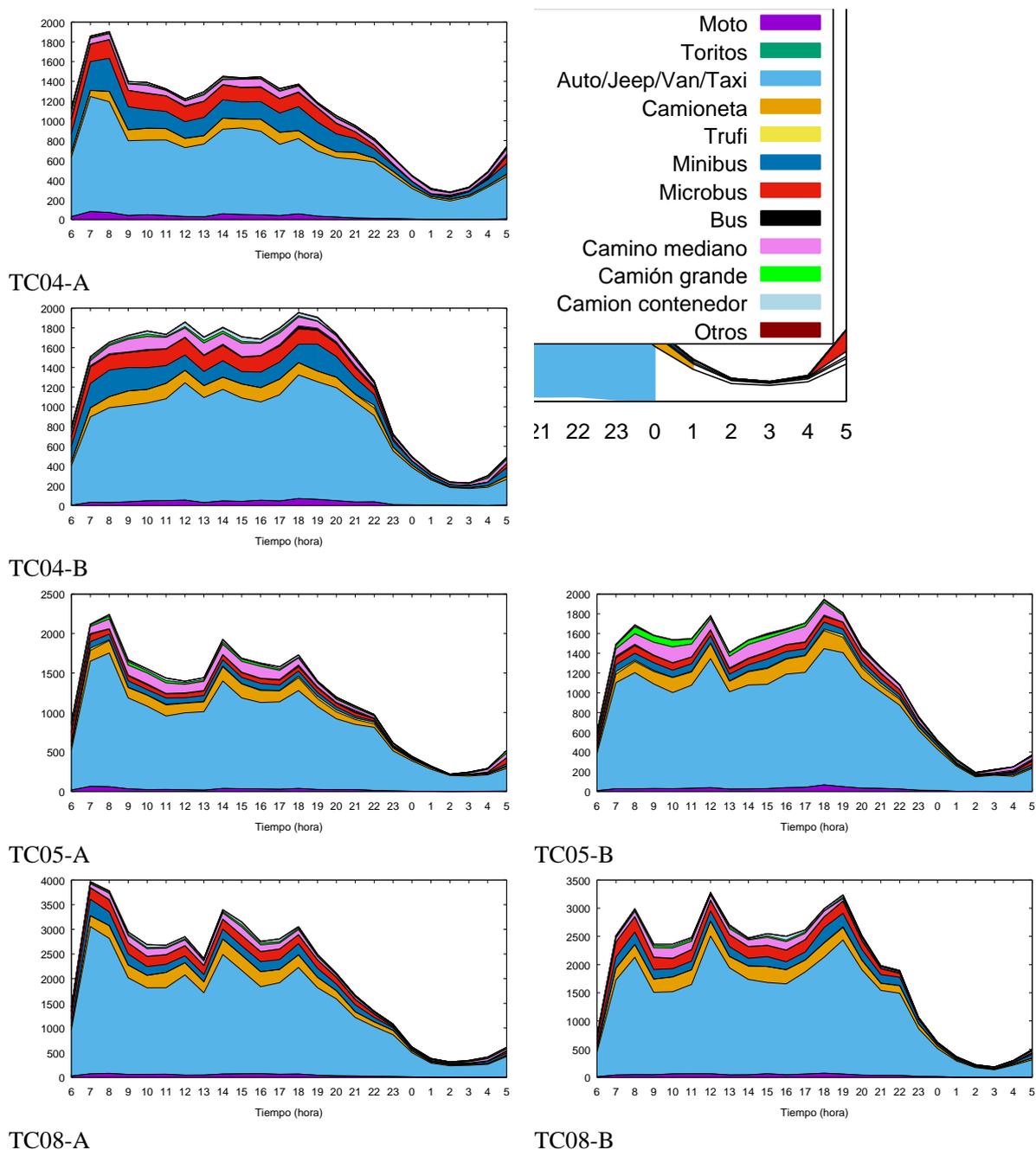
Fuente: Equipo de Estudio JICA

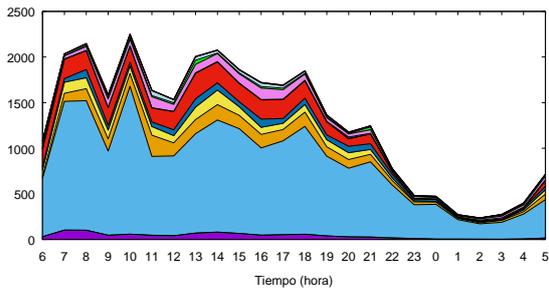
Figura 5-49 Porcentaje de cada tipo de vehículo (Izq.: Resumen de todas las ubicaciones, Der.: Ubicación de puntos)

(3) Volumen de tráfico por series de tiempo

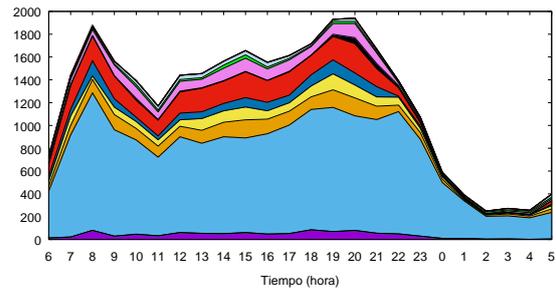
El volumen de tráfico por hora por tipo de vehículo se muestra gráficamente en la Figura 5-50. Estos lugares tuvieron un tráfico relativamente alto en comparación con los otros puntos de conteo. El pico de tráfico aparece a la hora del almuerzo (12: 00 - 14: 00), además del pico de la mañana y la noche en algunos puntos (TC-05, 08, 10, 14, 15). El aumento de los vehículos privados de pasajeros contribuye a estos picos de tráfico.

El tráfico horario máximo se observa en TC-08, y alcanzó 3.968 PCU/hora en la dirección entrante durante la mañana. El tráfico por hora superó los 2.500 PCU/hora en TC-14 y TC-15.

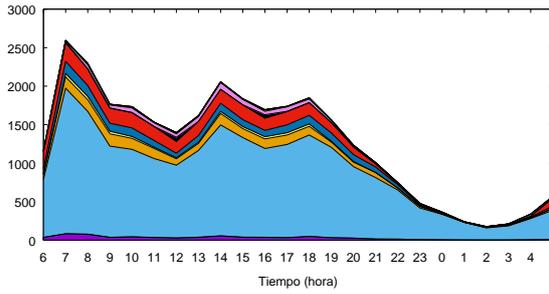




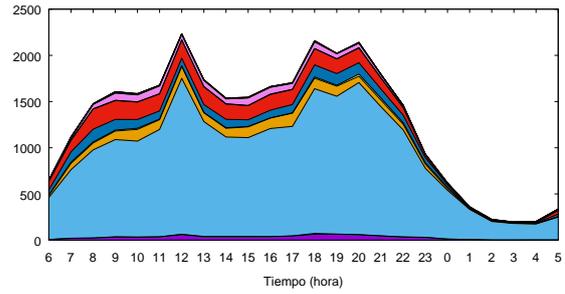
TC10-A



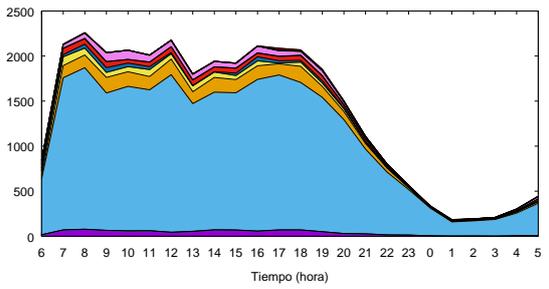
TC10-B



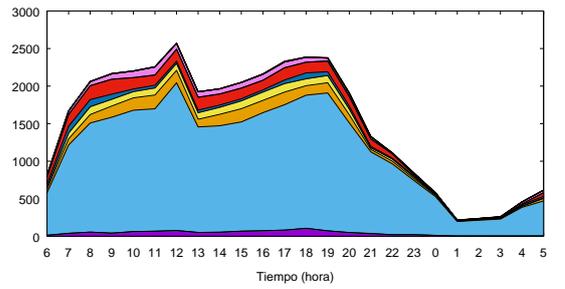
TC14-A



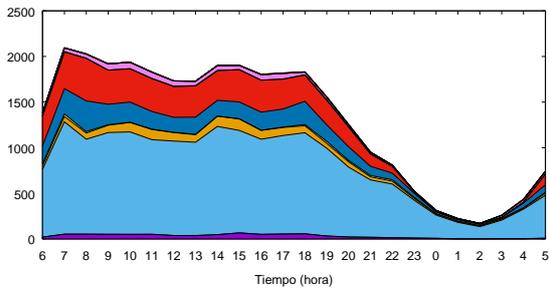
TC14-B



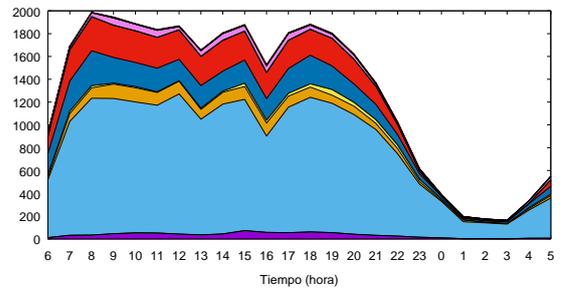
TC15-A



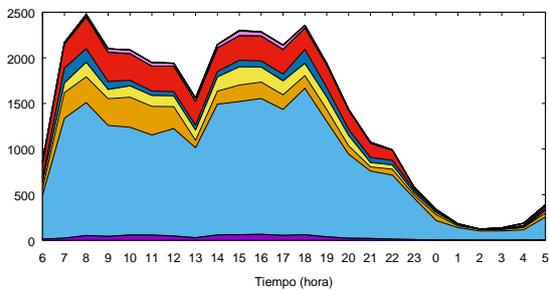
TC15-B



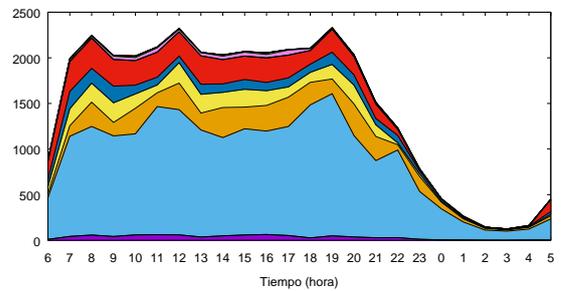
TC16-A



TC16-B



TC19-A



TC19-B

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-50 Resultado del Conteo de PCU de la Serie de Tiempo

5.5 Encuesta de Actividad Diaria

5.5.1 Metodología

El objetivo de la encuesta de actividad diaria fue estimar con exactitud la tasa de producción de los viajes y verificar la tasa de producción de los viajes que se obtendrá de la Encuesta de Viajes de Hogares. Esta encuesta consistió en que los encuestadores visitaron a las dos personas seleccionadas de los hogares seleccionados y las entrevistaron registrando secuencialmente en intervalos de 15 minutos todas las actividades y movimientos de un día en particular que podría ser un día martes, miércoles o jueves.

El número de personas a encuestar fue de 1.800, en total 900 hogares los cuales fueron sub-muestreados de la HIS/CS. Dos personas fueron seleccionadas aleatoriamente de un hogar.

5.5.2 Resultados de la Encuesta

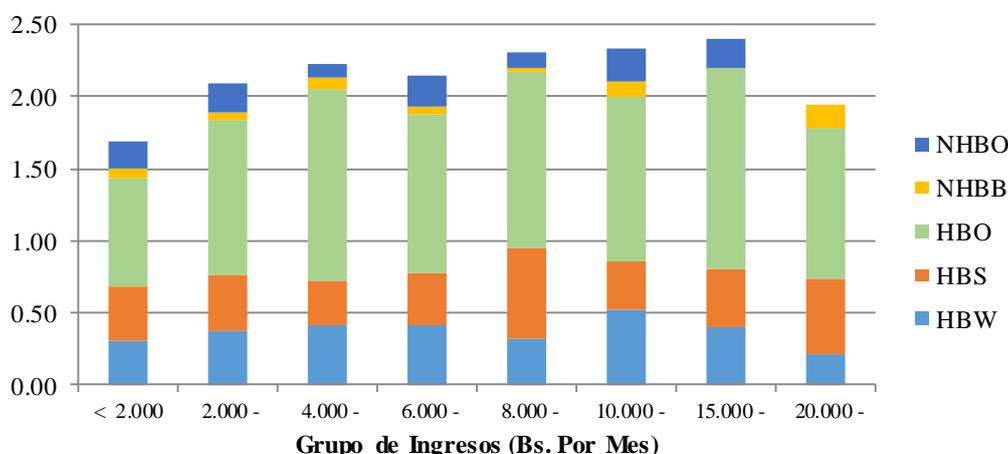
Se registraron los datos de las actividades de los encuestados y se extrajeron los datos de viaje de los datos de la actividad. Además, se combinaron los propósitos de viaje en los siguientes cinco propósitos enumerados en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8 Propósitos de Viaje combinados y Ejemplos

Propósito de viaje	Ejemplos de viajes
1) Trabajo Basado en el Hogar (TBH)	Vivienda a Trabajo (Lugar) , Trabajo (Lugar) a Vivienda
2) Educación Basada en el Hogar (EBH)	Vivienda a Escuela (Educación), Escuela a Vivienda
3) Otros Basados en el Hogar (OBH)	De vivienda a una tienda, un restaurante, un hospital, una casa de parientes o amigos
4) Negocio no Basado en el Hogar (NNBH)	Trabajo (lugar) para asistir a reuniones, lugares que no sean la vivienda (negocio) de vuelta al lugar de trabajo
5) Otros No Basados en el Hogar (ONBH)	Lugar de trabajo/Escuela a una tienda, un restaurante, un hospital, una casa de parientes o amigos

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Las tasas de producción de viajes son calculadas por propósito de viaje y por ingresos del hogar como se ilustra en la Figura 5-51.



Fuente: Encuesta de Actividad Diaria, 2016

Figura 5-51 Tasas de viaje por propósito de viaje por grupo de ingresos basados en la encuesta de actividad diaria

Las tasas de viaje por propósito del viaje se calcularon en base a los datos de actividad obtenidos de la Encuesta de Actividad Diaria. En comparación con las tasas de viaje obtenidas de la Encuesta de viajes de hogares, los factores de ajuste se estiman para dos propósitos de viaje, el negocio no basado en el hogar y otros no basados en el hogar como se muestra en la Tabla 5-9.

Tabla 5-9 Comparación de las Tasas de viaje y Factores de Ajuste

Propósito de viaje	Grupo de ingresos	Tasas de viaje		Factores de Ajuste
		Encuesta de viaje de hogares	Encuesta de actividad diaria	
Negocios no Basados en el Hogar	Bajo	0.008	0.067	8.114
	Medio	0.011	0.045	4.168
	Alto	0.005	0.098	18.239
Otros no Basados en el Hogar	Bajo	0.070	0.150	2.135
	Medio	0.083	0.181	2.166
	Alto	0.121	0.148	1.224

Nota: el grupo de ingresos bajos consiste en hogares con un ingreso mensual menor a 6.000 Bs. El ingreso mensual del grupo de ingresos medios está entre 6.000 Bs y 10.000 Bs. El ingreso mensual del grupo de ingresos altos es de 10.000 Bs o mayor.

Fuente: Encuesta de viajes de hogares, 2016 y Encuesta de Actividad Diaria 2016

5.6 Encuesta sobre Transporte de Carga

5.6.1 Metodología

Se recolectó la información de la empresa seleccionada mediante entrevistas con la persona a cargo de las empresas. La información sobre los movimientos de camiones fue recolectada mediante correos y visitas personales. En esta encuesta, se recolectó la siguiente información.

1) Información de la Empresa

- Ubicación de la Fábrica o Almacén
- Actividades o negocios que realiza
- Número de trabajadores en la fábrica o almacén
- Área de sitio/Área techada

2) Viajes de Vehículos Relacionados a Bienes

- Origen/Destino de los viajes por tipo de vehículo
- Frecuencia de viajes por tipo de vehículo
- Fluctuación mensual de cantidad de viajes

5.6.2 Muestras

Se contactaron a 200 empresas, incluyendo: (1) Fábricas de manufacturas, (2) Empresas de camiones/agentes de cargas, y otras empresas en el área de estudio. La Figura 5-52 muestra la distribución de las muestras recolectadas por tamaño de la empresa en función de la cantidad de trabajadores.

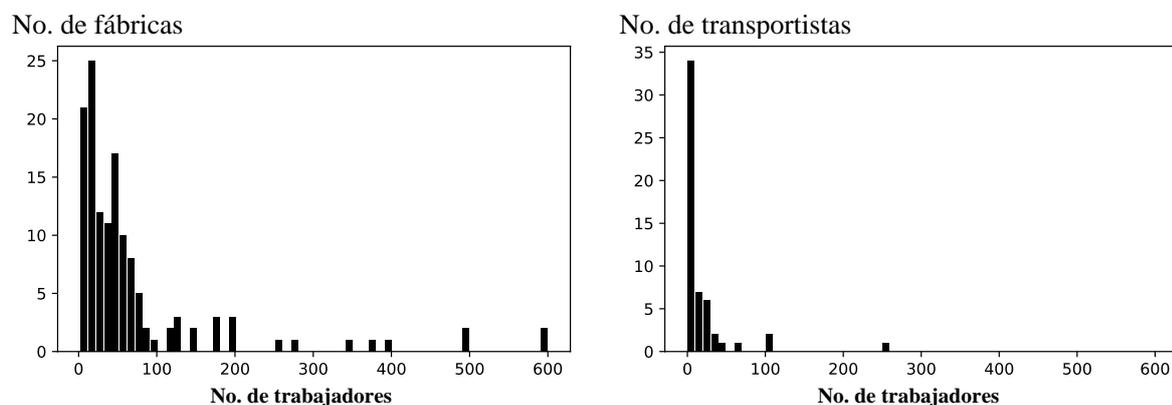
5.6.3 Resultados de la Encuesta

La Tabla 5-10 muestra los porcentajes de vehículos que generan desde las instalaciones de las empresas entrevistadas. Debido a la naturaleza de su actividad, los movimientos de

camiones son la principal generación y atracción de viajes de las fábricas, aunque los viajes de camiones pequeños (Camionetas/furgonetas) responden al 32.8%.

La diferencia entre las características de viajes entre las fábricas y empresas de transporte de cargas es significativa. No se encontró la correlación entre el número de viajes de vehículos y el número de empleados ni entre el número de viajes de vehículos y el área de la oficina.

Las tasas de viaje promedio se calculan como se muestra en la Tabla 5-12.



Fuente: Encuesta sobre Transporte de Carga (Mercancía), 2016

Figura 5-52 Distribución de muestra de la Encuesta de Transporte de cargas

Tabla 5-10 Composición del tipo de vehículo de generación de viaje

	(Unidad: %)				
	Automóvil	Camioneta/furgoneta	Camión 2-ejes	Camión grande	Otros camiones
Fábricas	9.6	32.8	28.5	11.5	17.6
Empresas de Transporte de cargas	2.9	15.9	15.4	55.8	10.0
Total	8.2	29.3	25.8	20.7	16.0

Fuente: Encuesta sobre Transporte de Carga (Mercancía), 2016

Tabla 5-11 Todos los viajes divididos por la suma de la cantidad de trabajadores o área

Tipo de Vehículos	Unidad	Fábricas	Empresa de Transporte de cargas	Total
Automóvil	Por trabajador	0.088	0.121	0.091
	Por área (ha)	3.22	21.7	3.53
Camión	Por trabajador	0.130	0.522	0.166
	Por área (ha)	4.81	92.0	6.37
Total	Por trabajador	0.218	0.643	0.257
	Per área (ha)	8.03	114	9.90

Fuente: Encuesta sobre Transporte de Carga (Mercancía), 2016

Tabla 5-12 Tasa promedio de viaje

Tipo de vehículos	Unidad	Fábricas	Empresa de Transporte de cargas	Total
Automóvil	Por trabajador	0.252	0.165	0.227
	Por área (ha)	54.6	111	66.0
Camión	Por trabajador	0.289	1.14	0.534
	Por área (ha)	46.9	1399	394
Total	Por trabajador	0.541	1.31	0.761
	Por área (ha)	101	1510	460

Fuente: Encuesta sobre Transporte de Carga (Mercancía), 2016

5.7 Recolección de datos sobre Movimientos de Camiones

5.7.1 Metodología

Existieron dos subcomponentes dentro de este estudio, 1) Recolección de registro de GPS (GPS logger) de los movimientos de camiones y 2) Extracción de la información requerida viaje desde el registro de GPS (GPS logger).

(1) Recolección de registro GPS de los movimientos de camiones

Se instalaron registradores de GPS en los camiones seleccionados de las empresas que cooperan con este estudio. El movimiento fue registrado con un registrador GPS durante una semana.

(2) Extracción de la información requerida de viaje desde el registro GPS.

Se extrae la siguiente información de los datos recolectados por los camiones.

- Latitud y longitud del Origen y Destino de cada viaje
- Hora de salida y llegada de cada viaje

5.7.2 Empresas cooperantes

Después de contactar a 21 empresas, incluyendo las empresas manufactureras y de carga, nueve empresas fueron seleccionadas como se muestra en la Tabla 5-13. Los criterios para la selección son los siguientes. Se recolectan datos de 50 camiones de las nueve empresas seleccionadas.

- Su camión se moviliza principalmente dentro del área de estudio.
- El tipo de bienes cubre una amplia variedad.
- El movimiento del camión varía y es diferente cada día de la semana.

Tabla 5-13 Lista de Empresas

Empresa	Tipo	Empresa de Seguimiento en GPS	No. de Camiones	Tipo de Destino
1	Alimentación	A	15	Mercados, supermercados.
2	Bebida	C	30	Mercados, supermercados, tiendas y provincias.
3	Bebida	A	170	Mercados, supermercados y provincias.
4	Construcción	B	50	Empresas Constructoras
5	Bebidas	B	6	Mercados, supermercados, agencias.
6	Transporte	D	10	Dentro del área urbana y provincias.
7	Productos lácteos	A	50	Mercados, supermercados y provincias.
8	Plásticos	A	2	Mercados, supermercados.
9	Distribuidora	A	15	Mercados, supermercados y provincias.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

5.7.3 Resultados

(1) Características del Movimiento de Camiones

Se recolectaron 1.218 viajes de camiones de los Registradores GPS. Los datos del estudio se

recolectaron entre Julio y Septiembre del 2016.

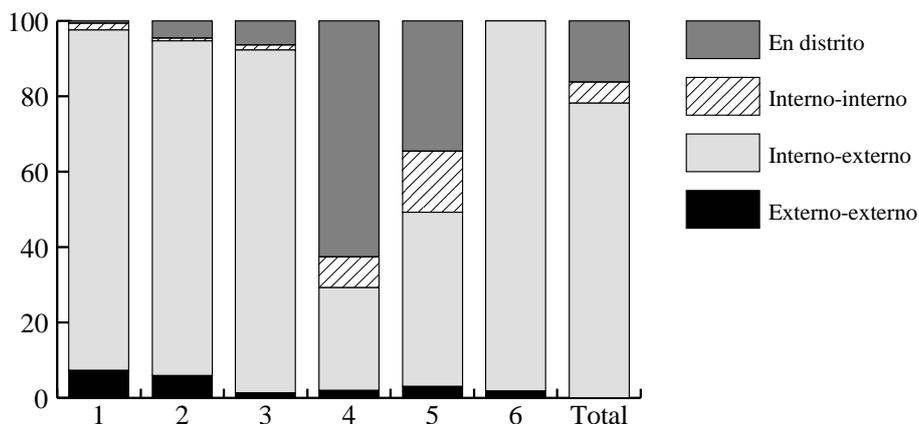
La Tabla 5-14 muestra el resumen de los datos de movimientos de Camiones. El número de viajes promedio fue de 4,8 por día por camión mientras que la duración de viaje promedio fue de 25,5 km con un viaje promedio de 86 minutos.

La Figura 5-53 muestra la composición del origen y destino de los viajes. Los viajes dentro del Área del Proyecto representan aproximadamente el 80% de los viajes. Los viajes realizados por las empresas 4 y 5 tienen una distancia comparativamente más larga que las otras.

Tabla 5-14 Información resumida de los datos de movimientos de camiones

Empresa	Tipo	# de camiones para encuesta	# de camiones *día	# de viajes	Prom. # de viajes/día/camiión	Prom. Duración de viaje (km)	Prom. Tiempo de viaje (Min)	Prom. Velocidad de viaje (kph)
1	Construcción	10	67	327	4.9	9.5	67	8.5
2	Comida	7	42	304	7.2	10.6	58	11.1
3	Productos lácteos	4	22	143	6.5	18.3	58	18.9
4	Transporte de carga	5	25	99	4.0	60.2	107	33.8
5	Bebidas	10	91	292	3.2	53.9	148	21.8
6	Bebidas	6	6	53	8.8	8.3	52	9.6
Total		42	253	1,218	4.8	25.5	86	17.9

Fuente: Equipo de estudio JICA

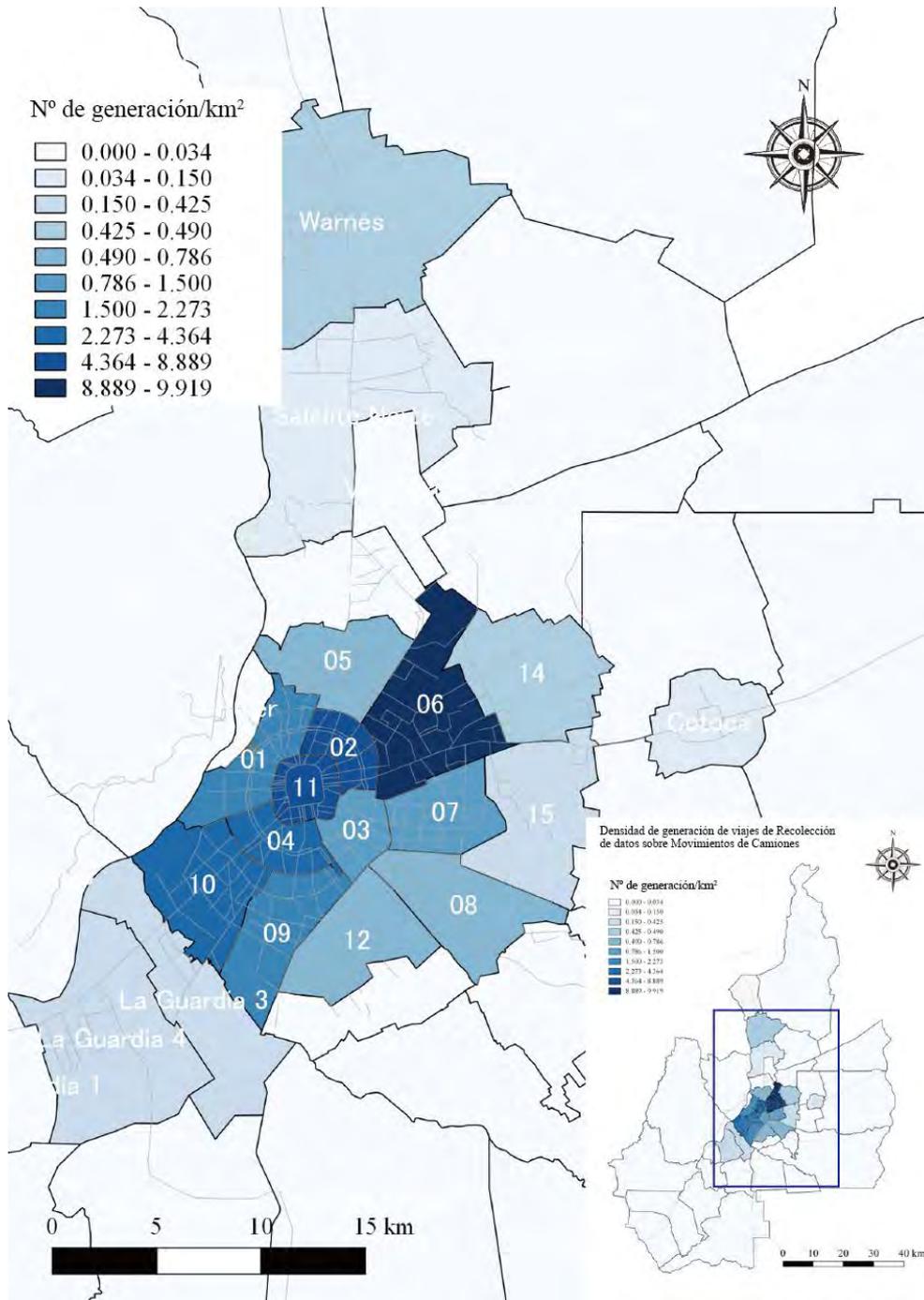


Fuente: Recolección de datos sobre movimientos de camiones 2016

Figura 5-53 Patrón de Origen y Destino de los Camiones encuestados

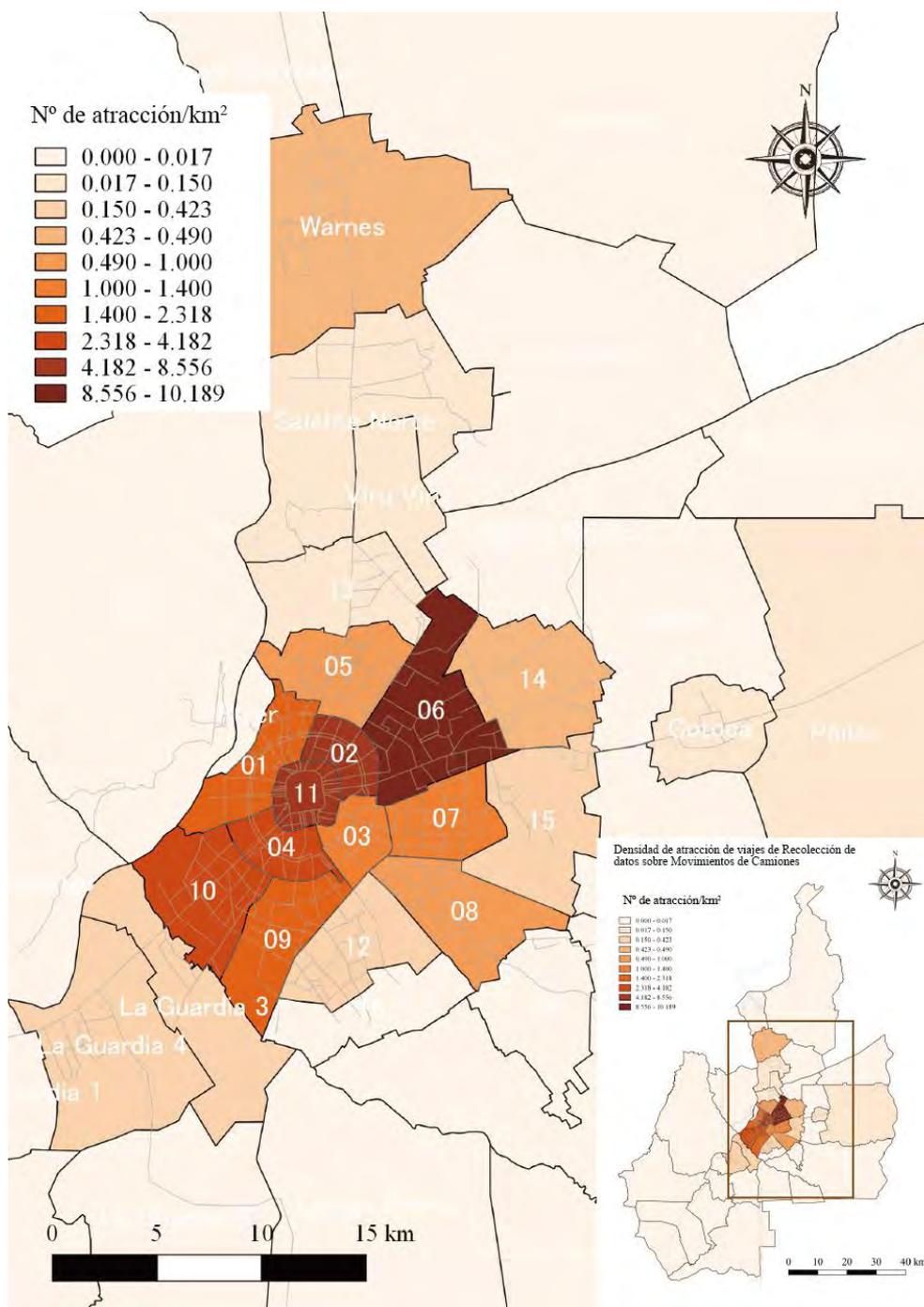
(2) Densidad de Generación/Atracción de los camiones recolectados por GPS

La Figura 5-54 y la Figura 5-55 muestran la densidad de la generación de viajes y atracción de viajes respectivamente. Ambos mapas muestran una tendencia similar. La zona industrial (Distrito 6) y el Distrito 10 tienen una generación y atracción más alta de viajes porque existen algunos centros de distribución de empresas. Aparte de eso, la generación y atracción están concentradas en el área dentro del 4to anillo, tal como el Distrito 1, 2, 4 y 11.



Fuente: Recolectación de datos sobre movimientos de camiones 2016

Figura 5-54 Densidad de Generación de Viajes del Movimiento de Camiones

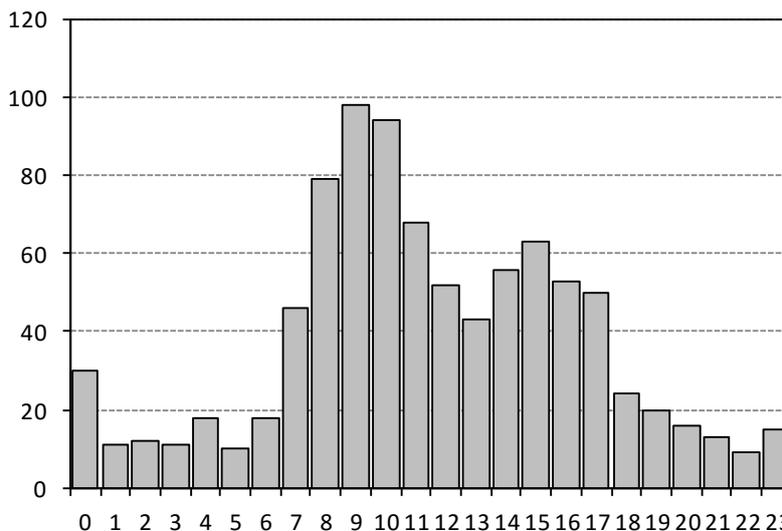


Fuente: Recolección de datos sobre movimientos de camiones 2016

Figura 5-55 Densidad de atracción de viajes del Movimiento de Camiones

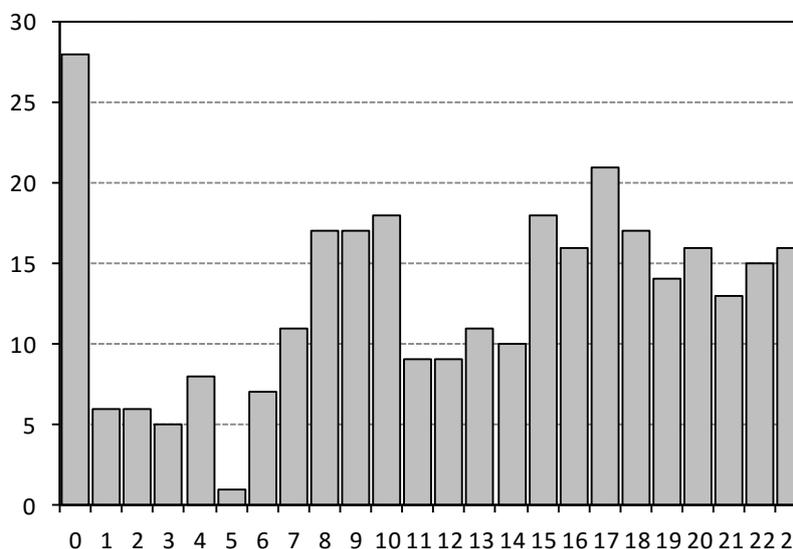
(3) Hora de salida de los camiones recolectados

La Figura 5-56 muestra la distribución de la hora de salida dentro del área del proyecto, mientras que la Figura 5-57 muestra los viajes que cruzan o están fuera del área del proyecto. Hay un pico agudo entre las 8:00 y las 12:00 y un pico menos agudo entre las 14:00 y las 18:00 para los viajes dentro del Área del Proyecto. Por otro lado, aunque se observa un pico desde 0:00 a 1:00, hay un pico menos significativo para viajes de larga distancia.



Fuente: Recolección de datos sobre movimientos de camiones 2016

Figura 5-56 Distribución de las horas de salida de los viajes dentro del Área del Proyecto

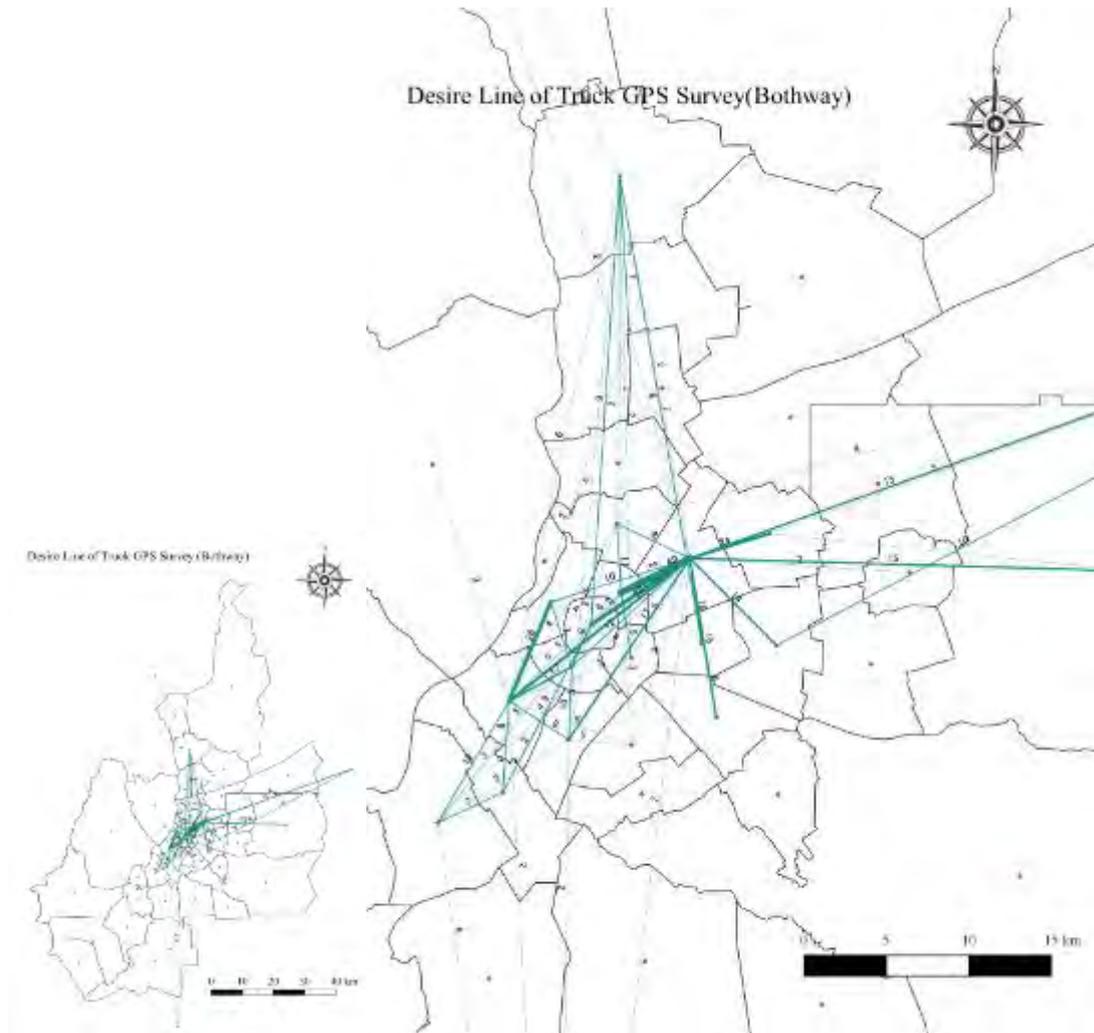


Fuente: Recolección de datos sobre movimientos de camiones 2016

Figura 5-57 Distribución de las horas de salida de los viajes que cruzan o están fuera del área del Proyecto

(4) Distribución de Viaje de los movimientos de camiones

La Figura 5-58 muestra la línea deseada, de la recolección de datos sobre movimiento de camiones. Muestra que el distrito 6 y 10 son dos centros principales en el área del proyecto. Muchos camiones tienen viajes entre la dirección suroeste a noreste.



Fuente: Equipo de estudio JICA

Nota: La línea deseada para 1 viaje y el viaje dentro del distrito está oculta del mapa para por simplicidad.

Figura 5-58 Línea deseada de la Recolección de Datos GPS de Camiones (Ambas Direcciones)

(5) Distribución del Viaje GPS recolectado de los camiones

La Figura 5-59 muestra la trayectoria del registro de seguimiento GPS. Las líneas brillantes indican que la sección de la vía es muy utilizada por el tráfico de carga. Las tres vías radiales fuera del 4to Anillo y las calles alrededor de las vías industriales son las calles más utilizadas para el tráfico de cargas.

Los números en el mapa indican el número de viajes de camiones observados en cada sección. Algunos puntos se seleccionan de los punto de encuesta del conteo de tráfico, que se muestran como puntos verdes en el mapa.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-59 Trayectoria de los vehículos de carga en el área central

5.8 Encuesta de opinión (Encuesta de preferencias declaradas)

5.8.1 Metodología

Para entender la preferencia por los nuevos modos de transporte público, como un sistema de tránsito rápido de autobús (BRT) y un tránsito de trenes ligeros (LRT), se realizó una encuesta de opinión. La encuesta se realizó cara-a-cara registrando la información físicamente en papel mediante una entrevista realizada por un encuestador. El contenido de la entrevista se describe a continuación.

(1) Atributos personales

Dado que los encuestados han sido sub-muestreados de la HIS/CS, se recolectó la información mínima para identificar un hogar y un miembro de ella.

(2) Explicación sobre el nuevo sistema de tránsito

El encuestador explicó sobre el nuevo sistema de tránsito al encuestado de forma detallada que incluye la puntualidad, la condición de seguridad, aire acondicionado, el avance de la operación (frecuencia), la congestión dentro del vehículo y el acceso/salida a una estación. Las imágenes de los trenes y autobuses utilizados para la entrevista se muestran a continuación.



Fuente: Equipo de Estudio JICA/ <http://indiaday.intoday> (derecha)

Figura 5-60 Imagen del LRT y BRT utilizado para la encuesta de opinión



Fuente: Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo, Japón

Figura 5-61 Imagen del nivel de congestión en un autobús utilizado para la encuesta de opinión

(3) Consulta sobre la preferencia de nuevos modos de transporte público

Los encuestados contestaron sobre su voluntad de cambiar el modo de transporte para 24 preguntas que se componían de ocho casos y tres propósitos. Cada caso tenía diferentes suposiciones sobre el tiempo de viaje, tarifa, número de transferencia y un nuevo modo de transporte público (BRT o LRT). Los tres propósitos son el viaje de casa al trabajo/centro educativo, propósito privado y de negocios.

(4) Muestreo

El número de muestras fue de 2.000 personas en un total de 1.000 hogares, las cuales se sub-muestrearon de los encuestados en la HIS/CS considerando la distribución de ingresos. Se encuestaron a dos personas de un hogar. La encuesta de opinión se realizó desde enero a abril de 2017.

5.8.2 Resultado del Estudio

(1) Número de muestras por Modo de Transporte Actual

La Tabla 5-15 muestra el número de encuestados por propósito y por modo de transporte¹. Debido a que no todos los encuestados respondieron a las preguntas sobre los tres propósitos de viaje, el número de encuestados es diferente por propósito. El número de respuestas para la pregunta sobre el propósito de negocio fue muy pequeño, por lo que no se muestra en la tabla y no se analiza en la siguiente sección. Las categorías de modos de transporte se resume como se muestra en la Tabla 5-16 siguiendo el “Modo Combinado de Transporte” en la Tabla 5-15. Además del número de encuestados, se calcula el porcentaje de la respuesta = “2 nuevos transportes”. Como el porcentaje de “2 nuevos transportes” es muy pequeño para los usuarios del modo de Transporte No Motorizados, se concluye que no cambiarían al modo nuevo.

Teniendo en cuenta el número de muestras y el porcentaje de “2 Nuevos Transportes”, se desarrollaron los modelos de cambio modal sólo para Motocicleta, Coche y Transporte Público en la siguiente subsección.

¹ Cuando los encuestados utilizan varios modos para su viaje, el modo principal ha sido definido con la siguiente regla, Micro > Trufi > Torito > Moto Taxi. Sólo se observó esta combinación en la encuesta.

Tabla 5-15 Número de Encuestados por Propósito según el modo de transporte actual

	Modo de Transporte Actual	Modo Combinado de Transporte	Trabajo/Estudio	Asuntos Privados
1	Caminando	Viaje no motorizado	51	75
2	Bicicleta	Viaje no motorizado	0	2
3	Motocicleta conducida por el encuestado	Motocicleta	14	8
4	Motocicleta conducida por la otra persona	Motocicleta	4	4
5	Sedán/Jeep/Minivan conducido por el encuestado	Automóvil	85	74
6	Sedán/Jeep/Minivan conducido por otra persona	Automóvil	22	23
7	Van privada manejada por el encuestado	Otros	0	0
8	Camión particular conducido por otra persona	Otros	1	0
9	Transporte de Personal	Transporte público	2	0
10	Transporte escolar	Transporte público	9	0
11	Moto Taxi	Transporte Público	3	4
12	Torito	Transporte Público	2	1
13	Taxi	Transporte Público	6	16
14	Trufi	Transporte Público	23	28
15	Mini Bus	Transporte Público	3	1
16	Micro	Transporte Público	703	480
17	Flota (para larga distancia)	Otros	0	0
18	Camión mediano	Otros	0	0
19	Camión grande o tráiler	Otros	0	0
20	Otros	Otros	0	0
99	Desconocido		91	303
	Total		1019	1019

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 5-16 Número de Encuestados por Propósito por el Modo de Transporte Actual (resumido)

Modo Actual	Trabajo/Estudio	Privado	% de Respuesta = "2 Nuevo Transporte" Trabajo/Estudio y Privado
Viaje no motorizado	51	77	1%
Motocicleta	18	12	13%
Automóvil	107	97	8%
Transporte Público	751	530	19%
Otros	1	0	50%
N/A	91	303	
Total	1019	1019	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(2) Voluntad para cambiar al BRT o al LRT

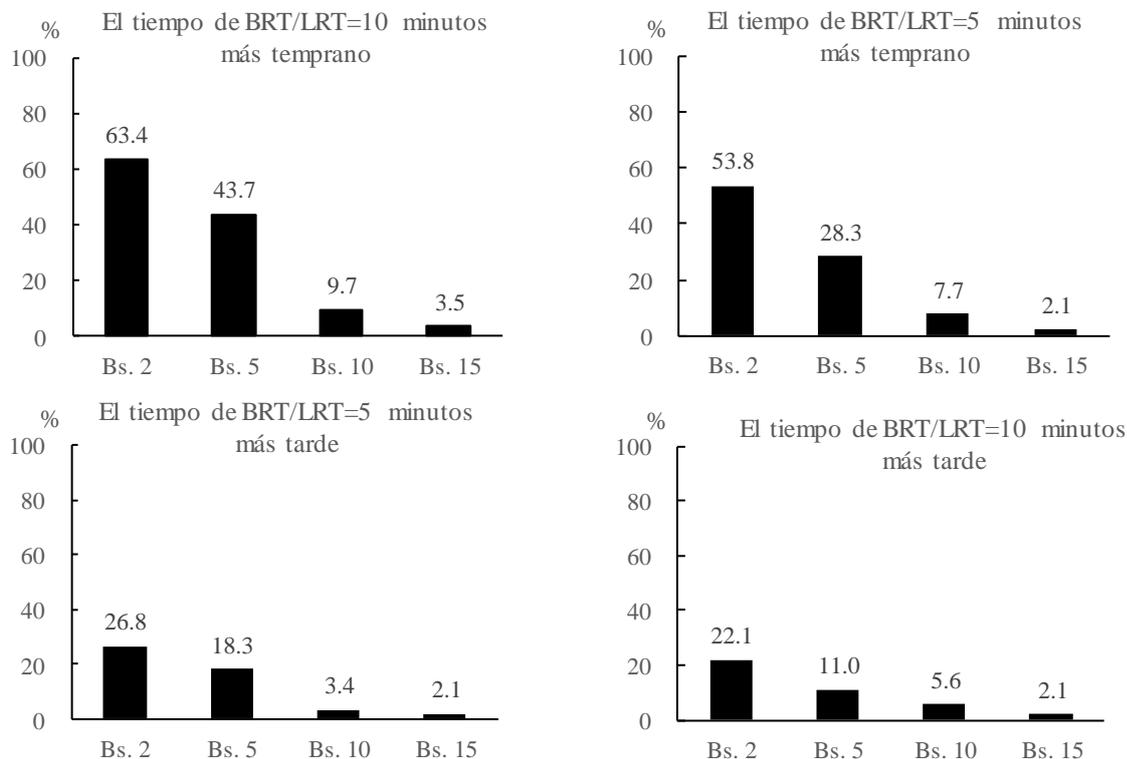
La Figura 5-62 muestra la voluntad para cambiar del automóvil al BRT o al LRT según la reducción del tiempo de viaje. Los cuadros en la figura muestran que si el BRT o el LRT es más rápido que el automóvil con la tarifa de Bs.2, el 63,4% de los usuarios de automóviles se cambiarían al nuevo sistema de transporte público. Incluso si éste demorara 10 minutos más que el automóvil, se espera que el 22,1% de los usuarios de automóviles elijan el nuevo sistema de transporte público.

La Figura 5-63 muestra la voluntad de cambiar del automóvil al BRT o al LRT según la tarifa del nuevo sistema. Los cuadros en la figura muestran que los usuarios de automóviles no se cambiarían al nuevo sistema de transporte si la tarifa es de Bs.10 o más.

La Figura 5-64 muestra la voluntad de cambiar del microbus al BRT o al LRT según la reducción del tiempo de viaje. Incluso si el nuevo sistema de transporte fuese más lento que el microbús, se espera que aproximadamente el 40% de los pasajeros se cambien al BRT o al LRT.

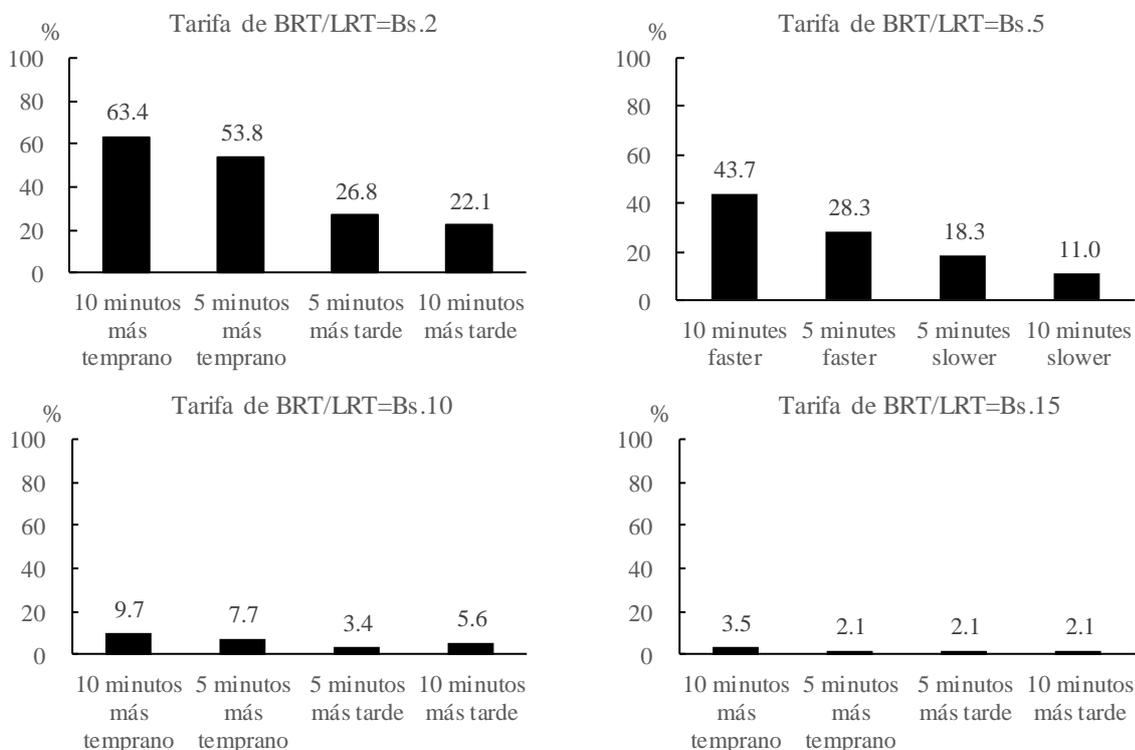
La Figura 5-65 muestra que los pasajeros de los microbuses no se cambiarían al nuevo

sistema de transporte público si la tarifa es de Bs.10 o más, aun si éste fuera más rápido que el microbús.



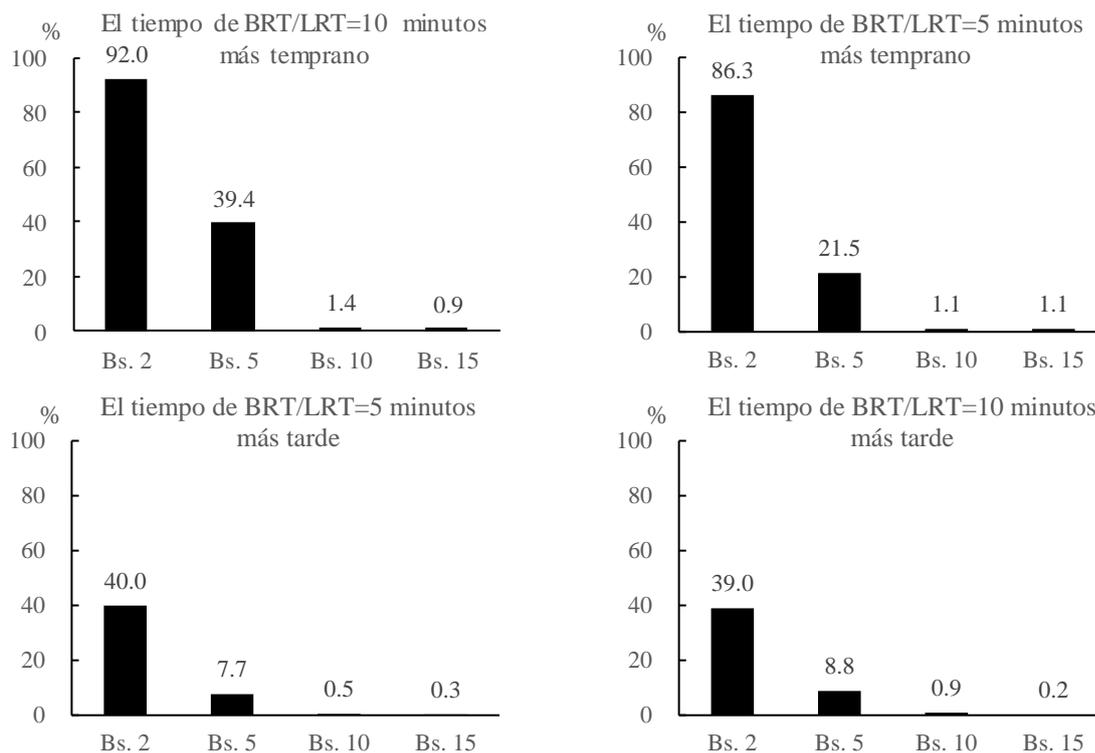
Fuente: Encuesta de opinión

Figura 5-62 % de Voluntad para cambiar del Automóvil al BRT/LRT según la Tarifa



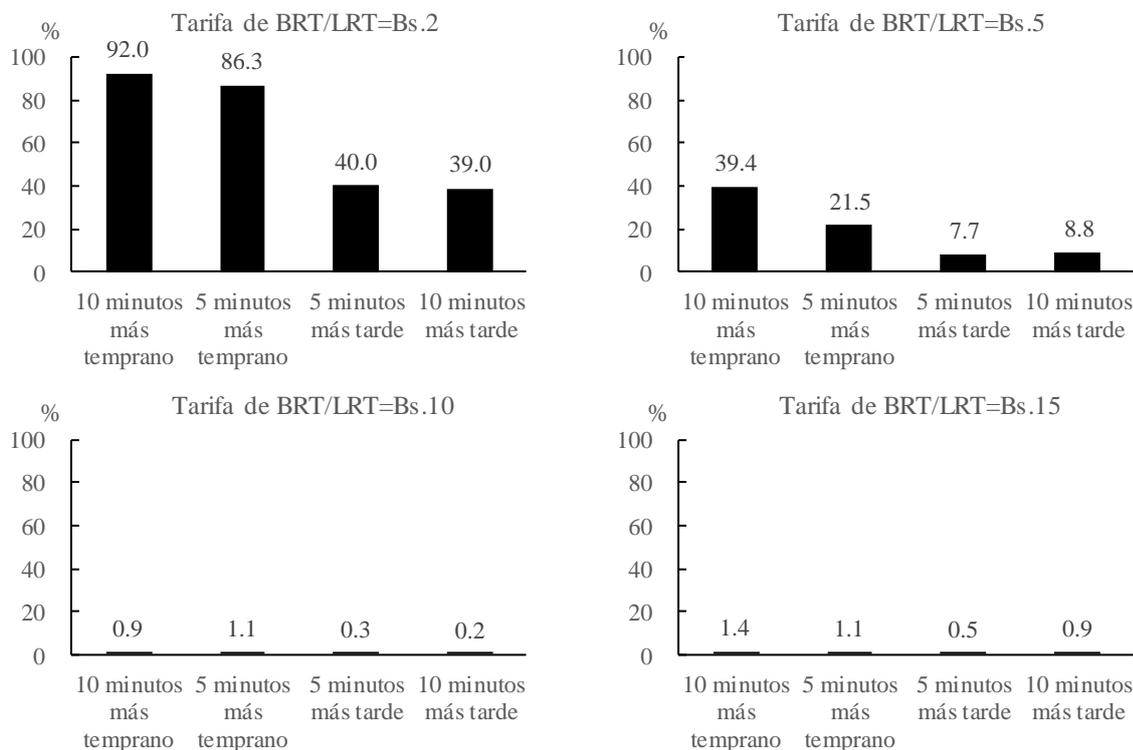
Fuente: Encuesta de opinión

Figura 5-63 % de Voluntad para cambiar del Automóvil al BRT/LRT según la Reducción del Tiempo de Viaje



Fuente: Encuesta de opinión

Figura 5-64 % de voluntad para cambiar del Microbús al BRT/LRT según la Tarifa



Fuente: Encuesta de opinión

Figura 5-65 % de Voluntad para cambiar del Automóvil al BRT/LRT según la Reducción del Tiempo de Viaje

5.9 Recolección de datos de la Tasa de Ocupación de Vehículos

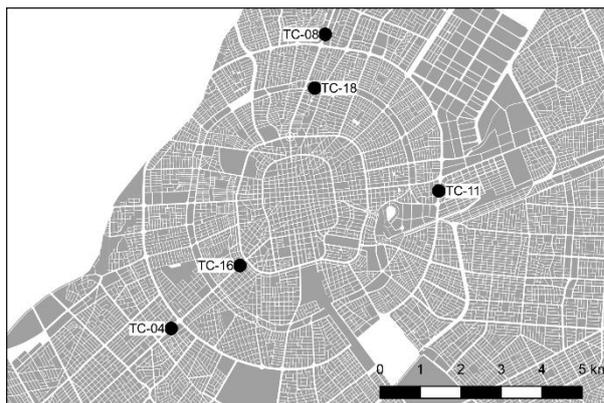
5.9.1 Condiciones de la Recolección de Datos

(1) **Ubicación y duración**

Se seleccionaron cinco puntos para la Recolección de datos de la Tasa de Ocupación de Vehículos de los lugares del conteo de tráfico como se muestra en la Figura 5-66. El trabajo se llevó a cabo el 29 de junio de 2016 entre las 6:00 y las 22:00.

(1) **Metodología**

Uno o dos encargados observaron el número de pasajeros desde el costado de la carretera y lo registraron en el formulario. Puesto que no es posible observar todos los vehículos que pasan, los encargados seleccionan aleatoriamente y cuentan a los pasajeros en el vehículo. En el caso de los minibuses y micros, los encargados observan la tasa de congestión, que resulta del 100% cuando todos los asientos están ocupados teniendo en cuenta que el espacio designado para pasajeros parados también está completamente ocupado.

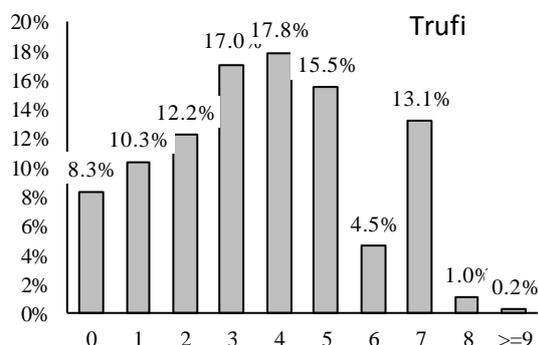
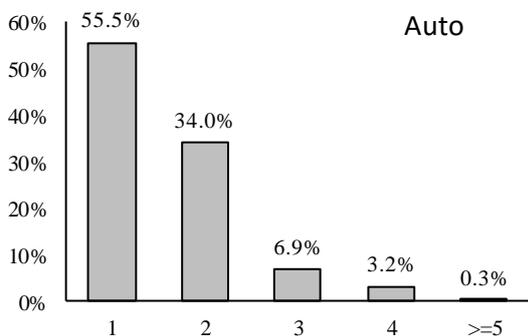


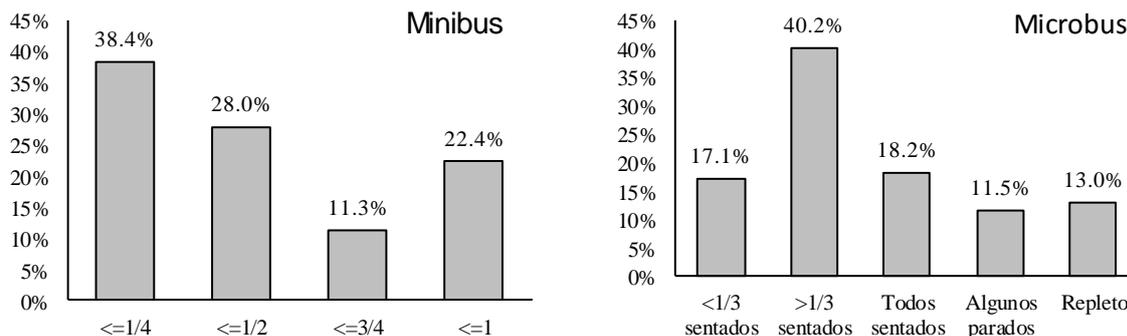
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-66 Ubicación de la Recolección de datos de la Tasa de Ocupación de Vehículos

La distribución de la ocupación se calcula por tipo de vehículo, como se muestra en la Figura 5-67. El resultado muestra que casi el 90% de los automóviles transporta sólo 1 o 2 pasajeros, incluido el conductor. Por otro lado, alrededor del 70% de trufis transporta más o igual a 3 pasajeros.

En cuanto al minibús, el 22% de los minibuses está completamente ocupado, pero 2/3 de los minibuses no tiene más de la mitad de su capacidad. Por otro lado, más del 80% de los microbuses tienen pasajeros en una cantidad mayor a un 1/3 de su capacidad, y cerca del 40% de ellos están completamente sentados.





Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-67 Distribución de la Ocupación de Vehículos

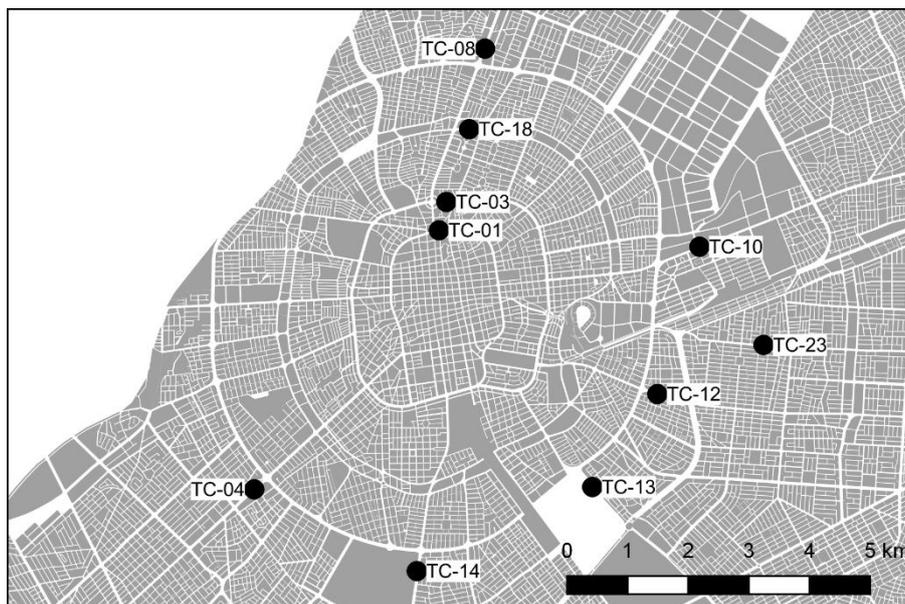
5.10 Recolección de datos de la frecuencia de buses

5.10.1 Condición de la Recolección de Datos

(1) Ubicación y duración

Se seleccionaron 10 puntos para la recolección de datos de frecuencia de autobuses seleccionados de los puntos considerados en el conteo de tráfico, tal como se muestra en la Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-68. El trabajo se llevó a cabo el 19 y 21 de julio de 2016, de 6:00 a 22:00.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-68 Ubicación de la Encuesta de Frecuencia

(2) Metodología

Los encargados registraron la hora y los números de las rutas de todos los microbuses y minibuses que pasaron por las ubicaciones seleccionadas para la recolección, mediante observación desde el costado de la vía.

5.10.2 Resultados de la Recolección de Datos

Los resultados de la recolección de datos se muestran en:

Tabla 5-17 Número de Viajes de Microbús por Día según Ruta de Bus

Ruta de Bus No.	Número de Viajes del Bus		Ruta de Bus No.	Número de Viajes del Bus		Ruta de Bus No.	Número de Viajes del Bus		Ruta de Bus No.	Número de Viajes del Bus	
	A Diario	8:00 -9:00		A Diario	8:00-9:00		A Diario	8:00-9:00		A Diario	8:00-9:00
1	90	8	41	*	*	81	99	9	121	*	*
2	126	12	42	*	*	82	*	*	122	56	9
3	173	13	43	197	17	83	*	*	123	*	*
4	110	10	44	210	32	84	*	*	124	*	*
5	141	13	45	176	15	85	139	11	125	*	*
6	*	*	46	126	9	86	108	10	126	103	9
7	196	19	47	198	18	87	93	7	127	111	10
8	149	16	48	76	9	88	210	15	128	*	*
9	284	29	49	94	12	89	132	11	129	*	*
10	238	20	50	101	20	90	84	9	130	*	*
11	143	14	51	162	13	91	*	*	131	208	19
12	*	*	52	135	12	92	112	9	132	*	*
13	*	*	53	226	14	93	*	*	133	*	*
14	277	25	54	143	12	94	117	10			
15	268	25	55	222	23	95	*	*			
16	228	22	56	*	*	96	*	*			
17	456	43	57	*	*	97	82	7			
18	448	37	58	*	*	98	187	15			
19	*	*	59	135	9	99	141	13			
20	162	17	60	184	16	100	158	12			
21	161	12	61	63	4	101	*	*			
22	143	12	62	139	13	102	*	*			
23	122	9	63	95	7	103	172	14			
24	75	7	64	98	10	104	159	12			
25	119	12	65	49	3	105	90	8			
26	73	5	66	125	10	106	61	4			
27	*	*	67	163	15	107	*	*			
28	*	*	68	177	16	108	172	14			
29	*	*	69	139	9	109	75	7			
30	64	6	70	111	13	110	*	*			
31	123	8	71	72	6	111	35	3			
32	274	26	72	239	38	112	76	7			
33	155	17	73	232	21	113	81	8			
34	*	*	74	448	33	114	*	*			
35	*	*	75	*	*	115	86	8			
36	220	18	76	138	13	116	*	*			
37	241	21	77	177	14	117	*	*			
38	*	*	78	61	7	118	*	*			
39	122	13	79	*	*	119	222	21			
40	*	*	80	125	9	120	*	*			

Fuente: Recolección de Datos de Frecuencia de Buses, 2016

* : No recogido en la Recolección de Datos de Frecuencia de Buses

5.11 Recolección de datos de Velocidad de Viaje

5.11.1 Condición de la Recolección de Datos

(1) Ubicación

La recolección de datos se realizó a lo largo de las vías arteriales de Santa Cruz de la Sierra. Las rutas radiales y los anillos están incluidas en las rutas de esta encuesta. Para registrar el tiempo de viaje durante la hora pico, se estableció una ruta no mayor de 15 km, de modo que los vehículos flotantes puedan viajar por una ruta en 60 minutos.

(2) Período

El trabajo se llevó a cabo en un día de semana en julio y agosto de 2016. El trabajo se llevó a cabo en los siguientes tres períodos de tiempo.

- Período matutino (6:00-10:00)
- Período de almuerzo (11:00-15:00)
- Período nocturno (16:00-20:00)

(3) Metodología

Los “vehículos flotantes” equipados con el GPS logger viajaron a lo largo de las rutas seleccionadas y registraron la ubicación, el tiempo y la velocidad. El vehículo flotante recorrió tantas veces como le fue posible (máximo cuatro vueltas) durante cada período para recolectar los datos de velocidad de viaje. Con base en los datos recopilados, se calculó el tiempo de viaje de cada ruta y sección.

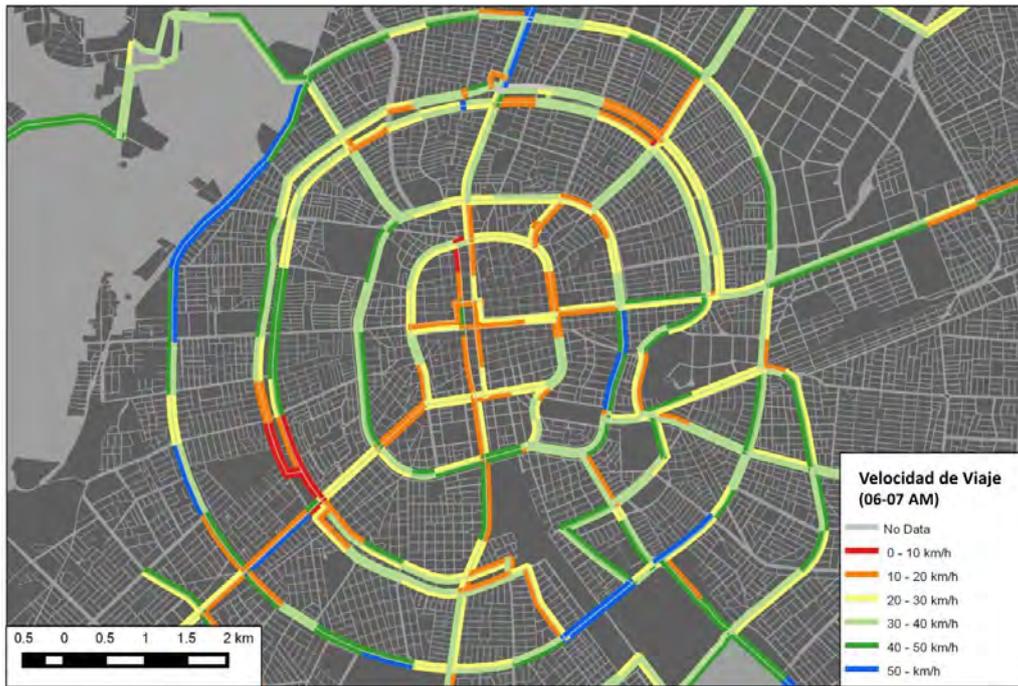
5.11.2 Resultados

(1) Velocidad de desplazamiento promedio en las secciones de vías arteriales

La Figura 5-69 y la Figura 5-70 muestran la velocidad media de viaje durante las horas pico de la mañana. La disminución de la velocidad comenzó antes de las 8:00 en la parte suroeste del 3er Anillo y la congestión no paró hasta el fin del recorrido. Entre las 8:00 y las 10:00, se generan en varias de las secciones una velocidad media inferior a 10 km/h.

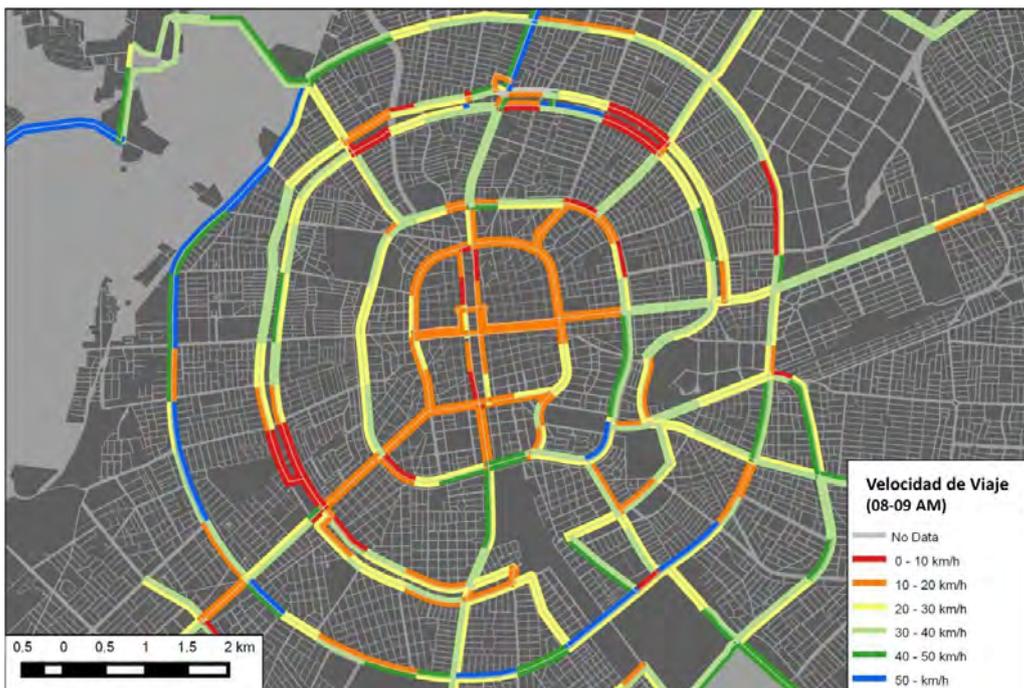
La Figura 5-71 y la Figura 5-72 muestran la velocidad media de viaje en la hora de almuerzo. Entre 11:00 y 13:00, la disminución notoria de velocidad se observa en el 1er Anillo y las secciones viales en el Centro.

La Figura 5-73 y la Figura 5-74 muestran la velocidad media de viaje durante las horas pico de la noche. Las secciones con una velocidad de viaje de menos de 10 km/h se observaron continuamente dentro del 2do Anillo.



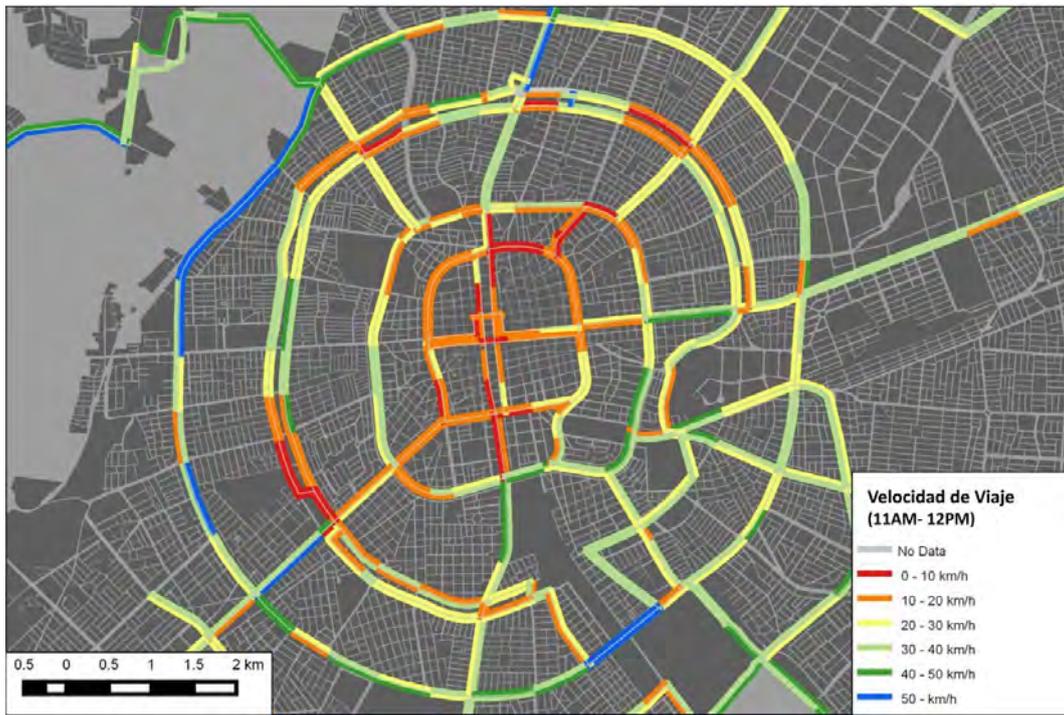
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-69 Distribución de la Velocidad de Viaje (6:00~8:00)



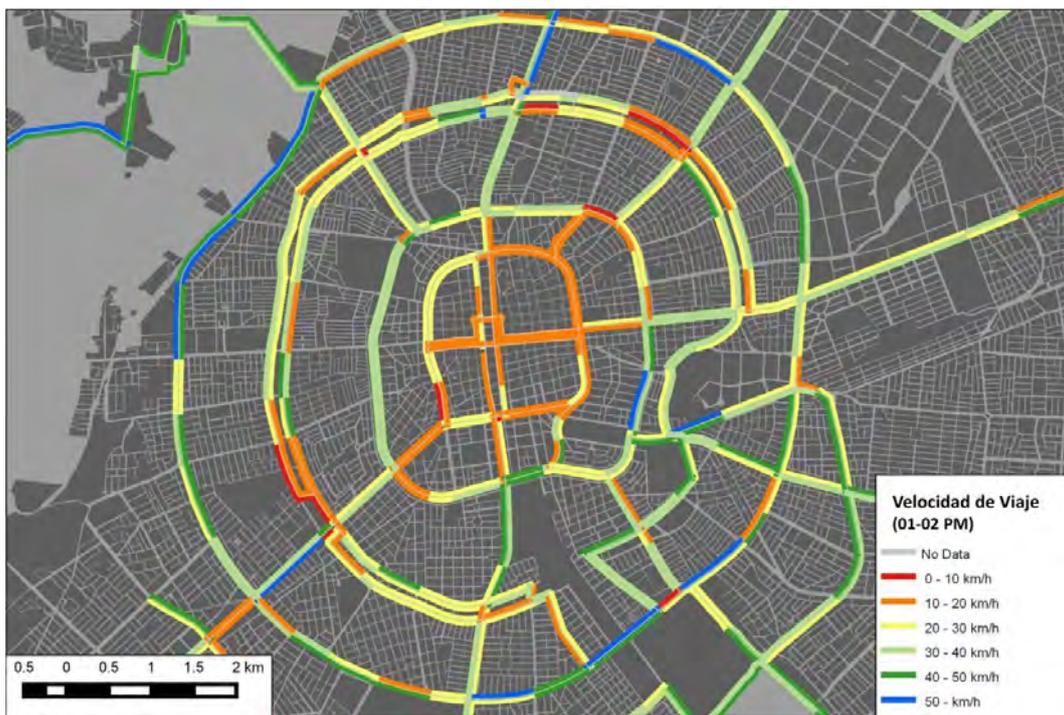
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-70 Distribución de la Velocidad de Viaje (8:00~10:00)



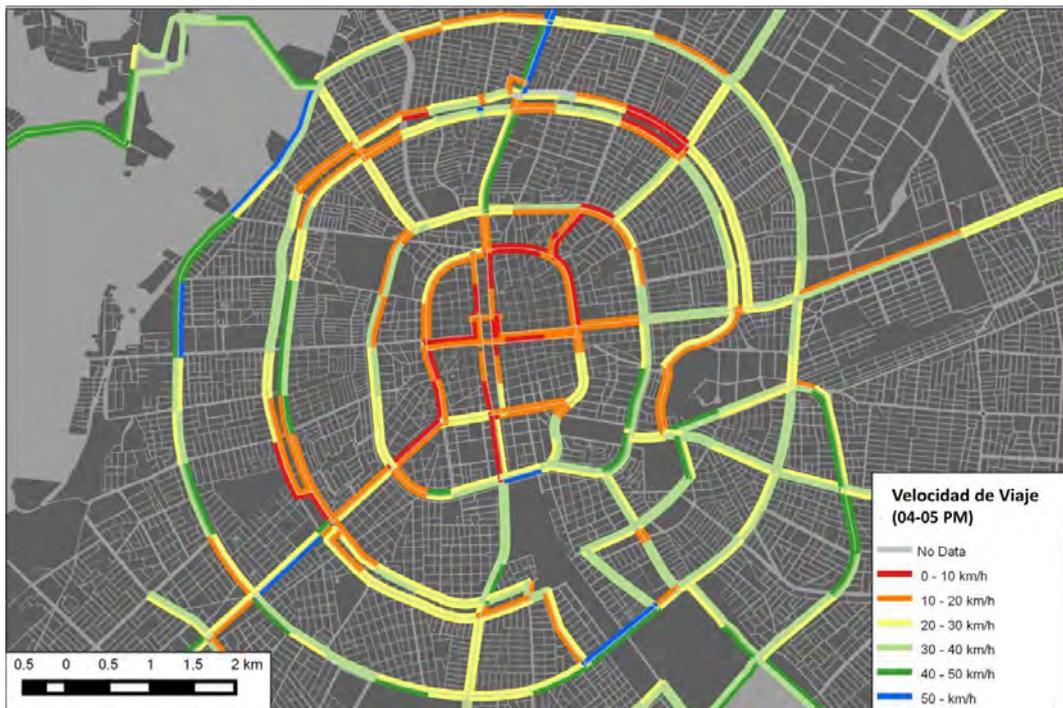
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-71 Distribución de la Velocidad de Viaje (11:00~13:00)



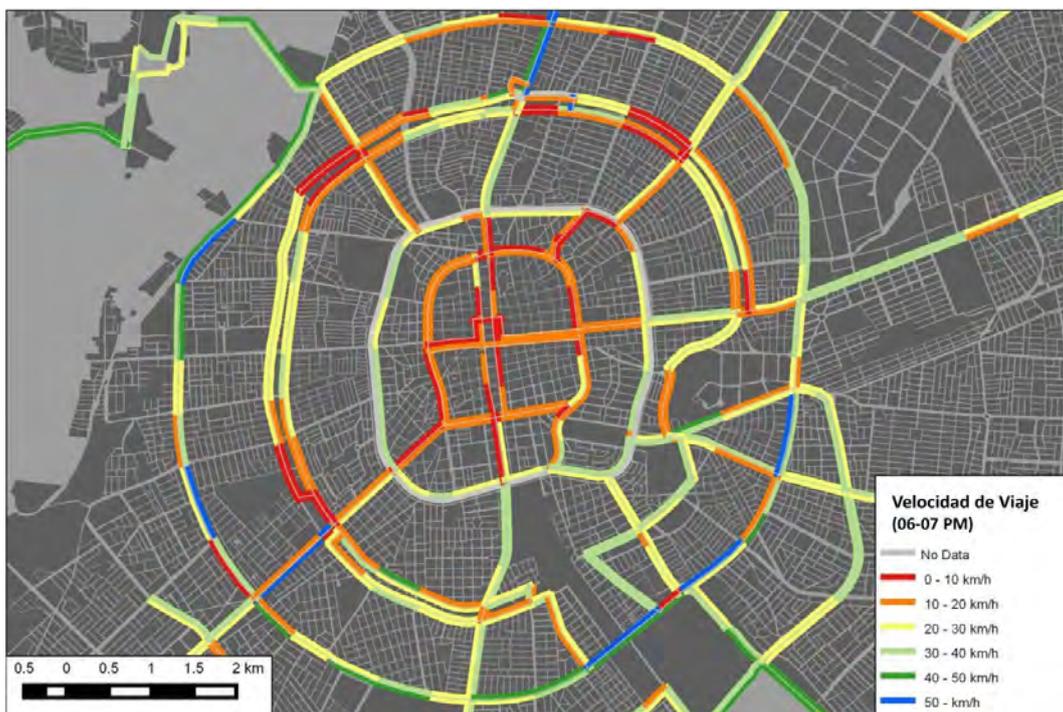
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-72 Distribución de la Velocidad de Viaje (13:00~15:00)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-73 Distribución de la Velocidad de Viaje (16:00~18:00)

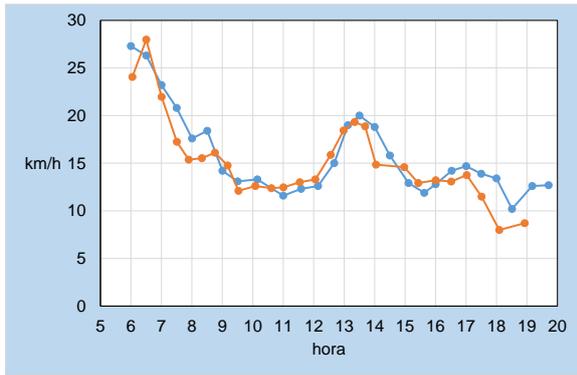


Fuente: Equipo de Estudio JICA

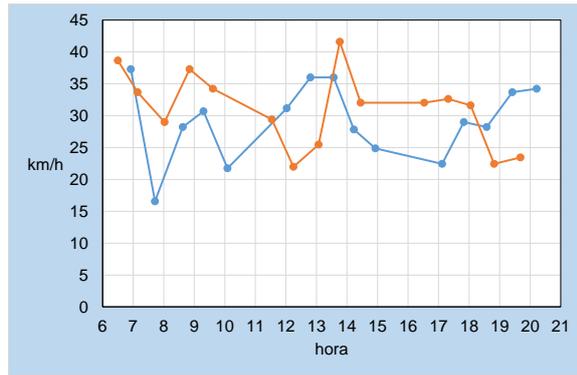
Figura 5-74 Distribución de la Velocidad de Viaje (18:00~20:00)

(2) Variación Temporal de la Velocidad Media de Viaje (Vía Arterial)

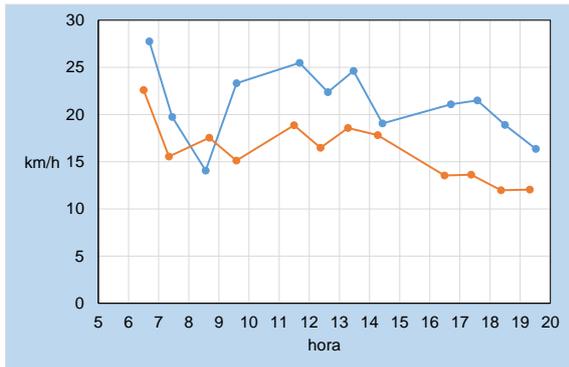
El tiempo medio de viaje en cada hora en un día se muestra en la Figura 5-75.



1er Anillo



Av. Cristo Redentor



Av. Grigotá

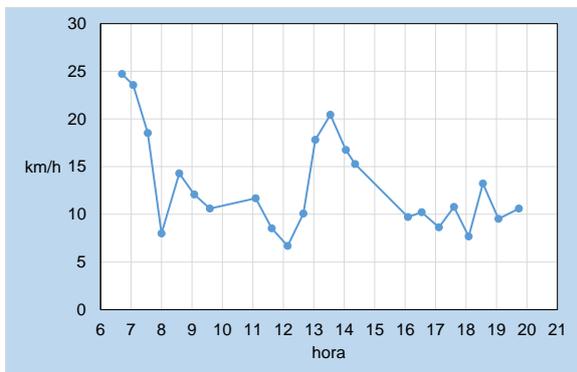
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-75 Velocidad Media de Viaje

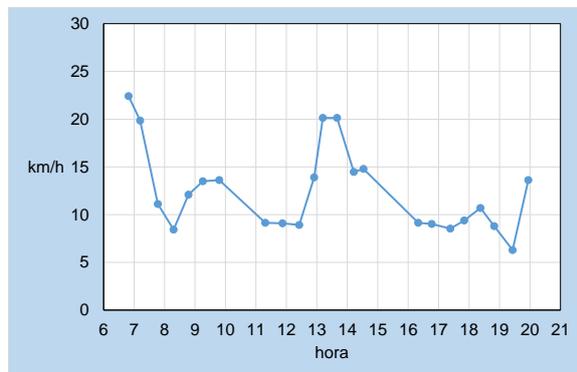
(3) Variación temporal de la velocidad media de viaje (Centro)

El tiempo medio de viaje de la sección de las calles dentro del 1er Anillo se muestra en la Figura 5-76. Las vías seleccionadas para la recolección de estos datos es como se muestra en la Figura 5-77.

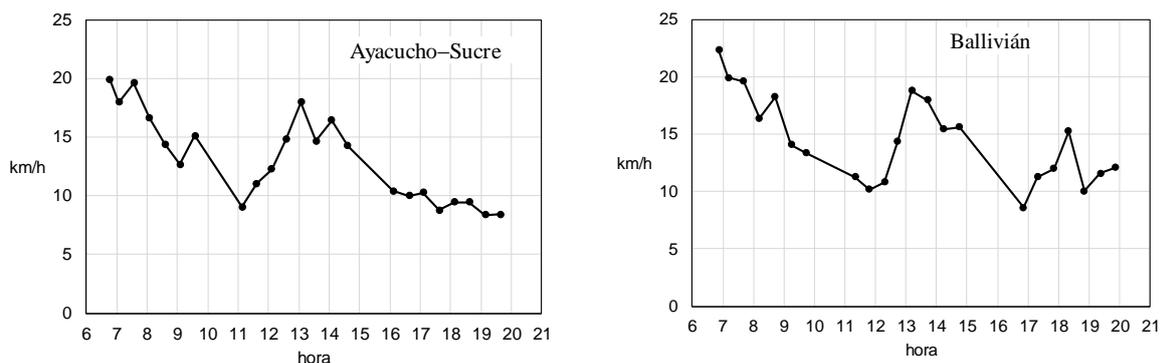
Hay características similares dentro de la sección de las cuatro calles. El tiempo medio de viaje se reduce a 10 km/h o menos que en el pico de la hora del almuerzo y la hora punta de la noche. Hay cierta diferencia entre la sección norte-sur y la sección este-oeste. Por ejemplo, la disminución severa de la velocidad se observó en la hora pico de la mañana en la sección norte-sur, pero no se observó en la sección este-oeste.



Libertad

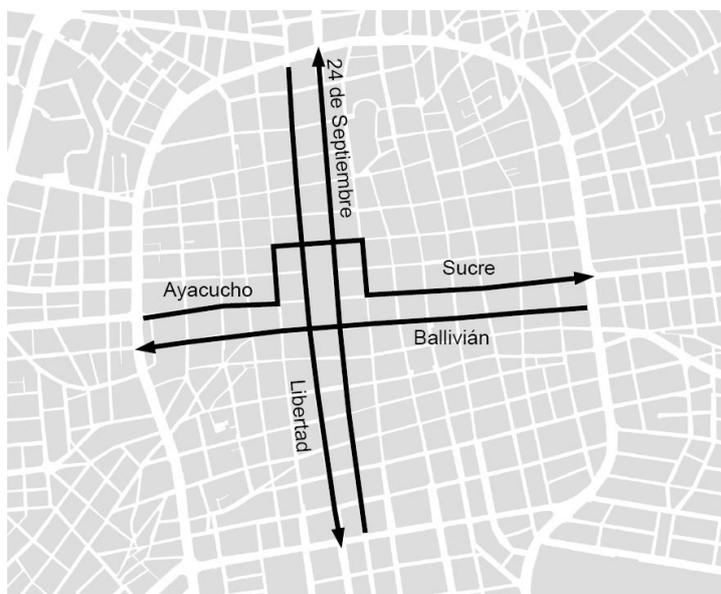


24 de Septiembre



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-76 Velocidad media en el Centro



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 5-77 Vías seleccionadas dentro del 1er Anillo

5.12 Recolección de datos de estacionamiento

5.12.1 Composición de la recolección de datos

La recolección de datos consta de tres subcomponentes:

- 1) Registro de número de placas en las calles seleccionadas
- 2) Recolección de datos de estacionamiento en la calle del Centro
- 3) Recolección de datos de estacionamiento fuera de la calle del Centro

5.12.2 Metodología

(1) Registro de número de placas en las calles seleccionadas

Durante el registro de número de placas en las calles seleccionadas los encargados recorrieron la calle seleccionada y registraron el número de placa de los vehículos en intervalos de 15 minutos desde la 7:00 hasta las 19:00. Los encargados tomaron fotografías georreferenciadas de las placas. La recolección de datos fue realizada en días entresemana en Diciembre de 2016.

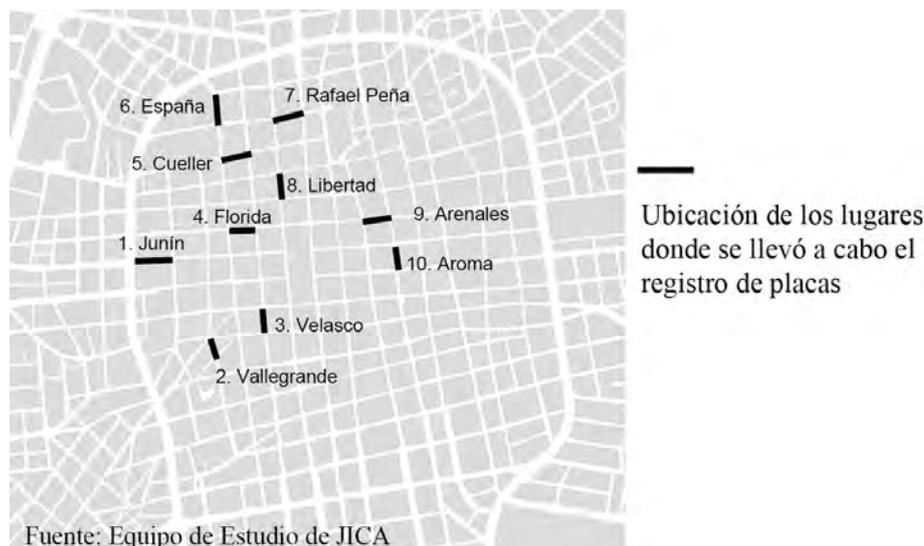


Figura 5-78 Ubicación de las calles para el registro de número de placas

(2) Recolección de datos de estacionamiento en la calle en el Centro

El trabajo de recolección se llevó a cabo de 15:00 a 17:00 del día 29 de junio de 2016.

El número de automóviles estacionados en las calles dentro del área central se contabilizaron a través de la observación por el personal encargado desde los automóviles asignados para la presente recolección de datos, los cuales se movilizaron dentro de la zona seleccionada. Los encargados también realizaron la filmación desde los vehículos asignados para confirmar la ubicación del estacionamiento en la calle. Ellos sumaron las cantidades de vehículos estacionados de cada sección y registraron los siguientes ítems basados en los datos de filmación y del GPS logger después de la recolección.

- Número de automóviles estacionados en las calles
- Número de automóviles que violan las normas de estacionamiento en las calles
- Tipo de vehículos estacionados (automóvil, autobús, furgoneta, camión, otros)

Con el fin de examinar todas las calles en el área central en un periodo de dos horas, se asignaron dos automóviles para la recolección de datos.

(3) Recolección de datos de estacionamiento fuera de la calle en el Centro

En la recolección de datos de estacionamiento fuera de la calle en el Centro, el número de automóviles estacionados en cada parqueo se contó a través de la observación de la zona seleccionada. Los encargados registraron los siguientes elementos usando documentos relacionados con la recolección de datos de los parqueos.

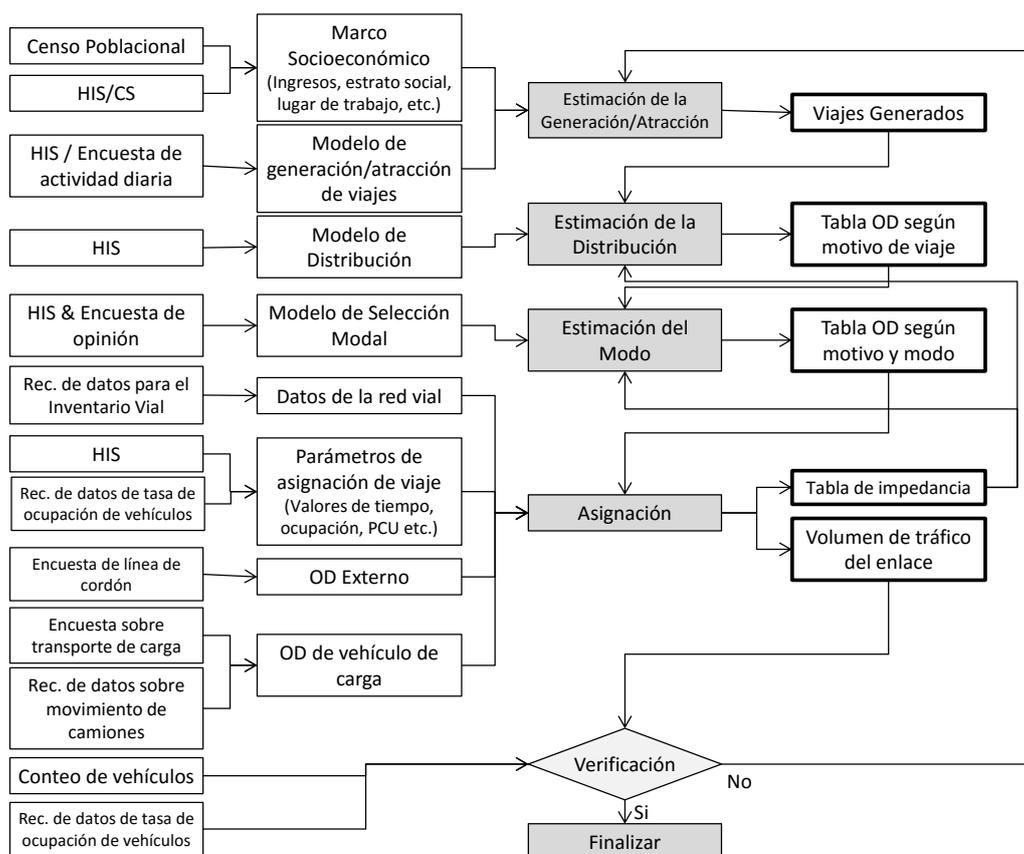
- Tarifa de estacionamiento
- Estructura del espacio de estacionamiento (Parqueo de varios pisos, parqueo en planta baja, parqueo subterráneo)
- Número de automóviles estacionados cuando los encargados realizan las visitas
- Capacidad del parqueo

La recolección de datos de estacionamiento fuera de la calle en el Centro se llevó a cabo durante dos horas pico en el período de 15:00 a 17:00 el día 28 de junio de 2016.

Capítulo 6 Previsión de la Demanda de Viajes

6.1 Metodología

Se aplica el modelo de previsión de la demanda de viajes de cuatro pasos, que es uno de los modelos de previsión más populares, aunque hay algunas modificaciones para tener en cuenta las condiciones particulares del Área del Proyecto. El modelo de previsión de la demanda consta de los siguientes pasos: 1) Generación de viaje, 2) Distribución de viaje, 3) Selección Modal, y 4) Asignación de viaje. La previsión de la demanda se hace a partir del 1) al 4), aunque en ciertas etapas del proceso habrá que reintroducir algunos resultados en los pasos previos (retroalimentación) para poder considerar a cabalidad las relaciones complejas. El flujo global de la previsión de la demanda de viajes, así como las relaciones con los estudios de tráfico realizados en el Proyecto se describen en la Figura 6-1.



Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 6-1 Flujo de la Estimación de la Previsión de la Demanda de Viajes

El modelo de Generación de Viaje requiere de variables socioeconómicas que explican la actividad de cada zona de tráfico, tales como el número de trabajadores en sus lugares de trabajo.

Teniendo como base los viajes generados, se estiman la impedancia de viaje (por ejemplo: la distancia, el tiempo de viaje y costos de viaje) entre cada par de origen y destino y las Tablas de origen-destino (OD) según el motivo de viaje.

Las tablas OD según el motivo de viaje y el modo de transporte son estimados a partir de las tablas OD, las cuales se estiman en la etapa de distribución de viajes y el modelo de Selección Modal.

La asignación de tráfico y el transporte público se lleva a cabo utilizando las tablas OD según el motivo de viaje y el modo de transporte, datos de la red vial y del transporte y los parámetros para la asignación tales como la ocupación del vehículo, unidad de carros de pasajeros (PCU por sus siglas en inglés) y el valor tiempo.

Una parte de los pasos de la estimación desde la distribución hasta la asignación requiere de un cálculo iterativo ya que la tabla de impedancia de viajes se calcula después de la asignación. Los datos estimados han sido verificados con los resultados del conteo de tráfico.

6.2 Zonificación

Una zona es una representación geográfica del área específica en el Área del Proyecto para estudios y análisis relacionados con el transporte. En el Proyecto, se definen dos tipos de zonas en función de su propósito. Para efectuar los estudios (encuestas, recolección de datos, conteos, etc.) de transporte, fue determinada la zona detallada llamada “Zona de Estudio” para registrar los resultados de dichos estudios. Por otro lado, se determina la zona de análisis de tráfico (TAZ) para la previsión de la demanda de viajes.

6.2.1 Zona de estudio

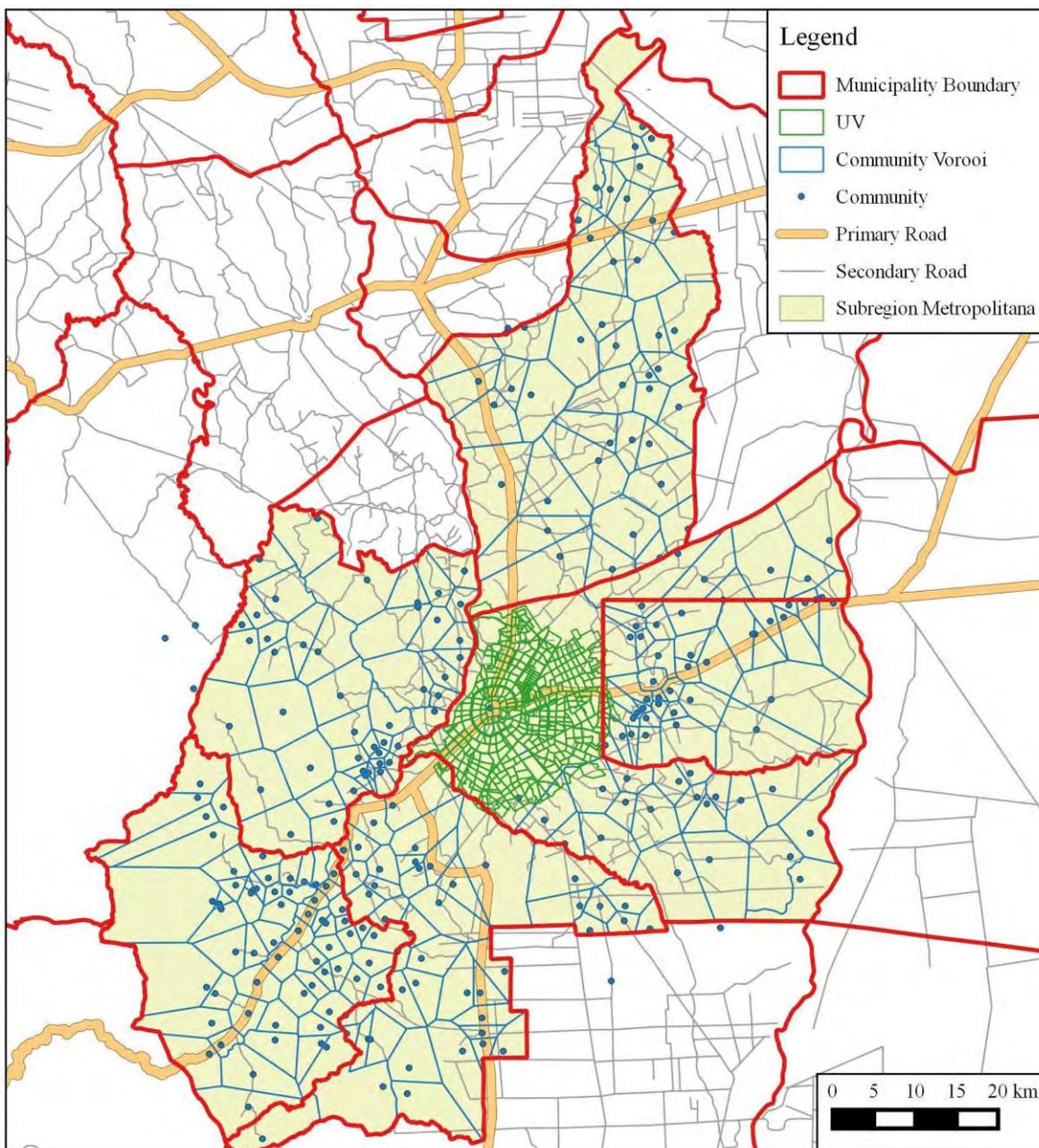
Se preparan las zonas de estudio tanto para zonas urbanas como zonas rurales, aunque los métodos son diferentes. Los métodos se describen en las siguientes subsecciones.

(1) Área Urbana de Santa Cruz de la Sierra

Para las áreas urbanas de Santa Cruz de la Sierra, la Zona de Estudio detallado se definió teniendo en cuenta la densidad de la población y las actividades urbanas. Las zonas están generalmente ligadas a las Unidades Vecinales, *UVs*, que son más grandes que las Manzanas y más pequeños que los Distritos. Los límites de las *UVs* fueron identificados en base a los datos SIG proporcionados por el Departamento de Santa Cruz. Además, algunas *UVs* en el área central fueron divididas tomando en consideración el tamaño de la población y el nivel de actividad urbana. El límite de las *UVs* se muestra en la Figura 6-2.

(2) Otras Áreas

Las Zonas de Estudio de las otras áreas, incluyendo las zonas rurales y las zonas urbanas de Warnes, Cotoca, La Guardia, El Torno y Porongo fueron definidas en base a las ubicaciones de las *Comunidades*, que fueron proporcionadas por el Departamento de Santa Cruz. Como los datos originales contienen únicamente coordenadas de un punto específico en las *Comunidades*, a partir de los datos de los puntos se crea un diagrama Voronoi, que define las regiones en base a la distancia a cada punto. Como el diagrama Voronoi no representa necesariamente las características geográficas tales como ríos, carreteras y montañas, los límites se ajustaron con estas características. Además, algunas zonas basadas en los Voronoi de las *Comunidades* se dividieron considerando el volumen de las actividades urbanas, las condiciones de los asentamientos como también los futuros planes de desarrollo. La imagen de las zonas de estudio basados en el método de Voronoi se muestra en la Figura 6-2.



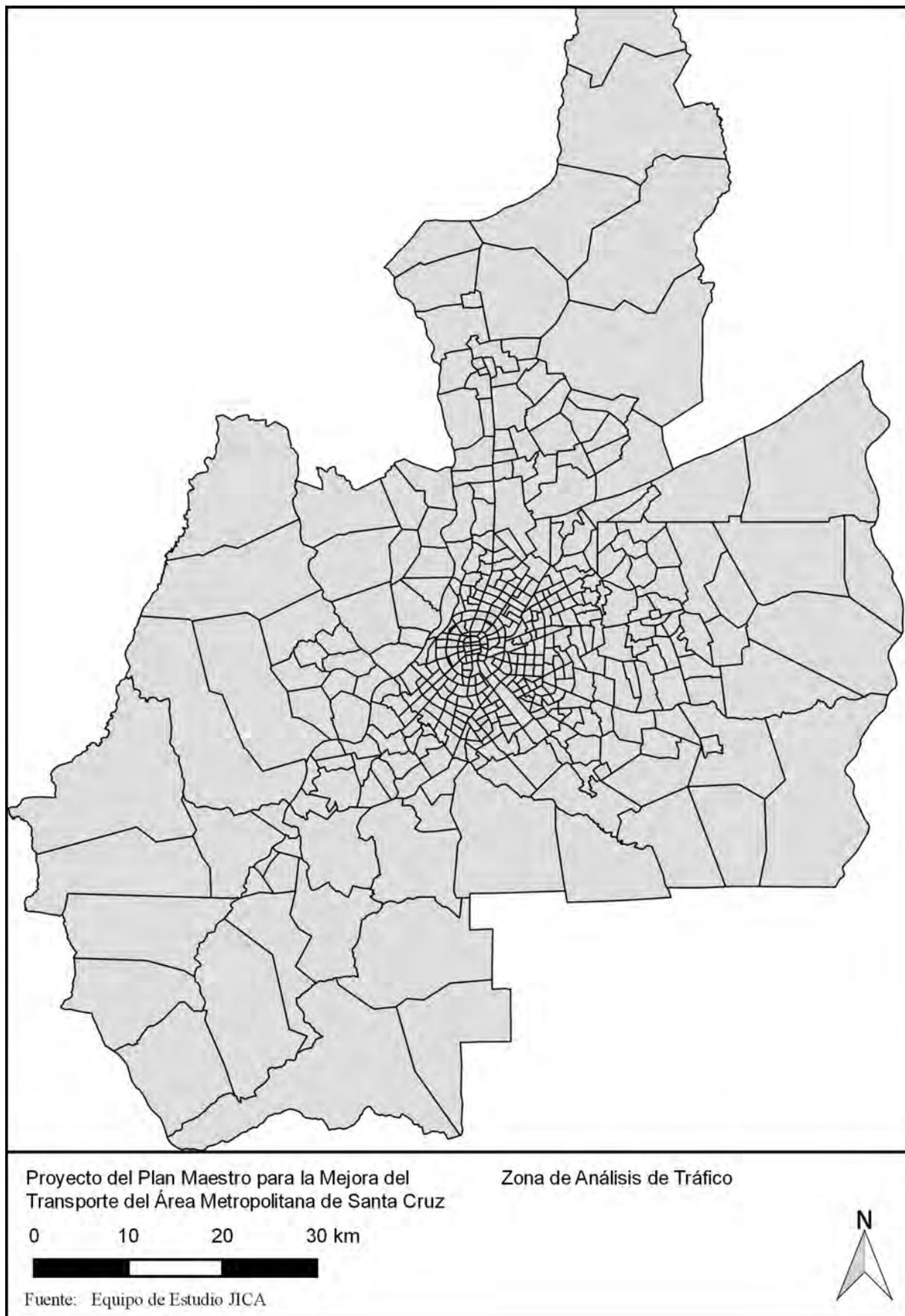
Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 6-2 UVs en Santa Cruz de la Sierra y Áreas Voronoi de las Comunidades

6.2.2 Zona de Análisis de Tráfico

La Zona de Análisis de Tráfico (TAZ por sus siglas en inglés) se definió mediante la fusión de varias zonas de Estudio, tomando en cuenta el tiempo de la simulación así como la coherencia con la red vial. La TAZ y la red vial deben ser coherentes en términos de densidad de la red vial y el tamaño de la zona, porque los resultados de la asignación del tráfico serán inexactos si la TAZ es demasiado grande o demasiado pequeña en comparación con la red vial.

La Figura 6-3 muestra la TAZ.



Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 6-3 Zonas de Análisis de Tráfico (TAZ)

6.2.3 Marco Socioeconómico

(1) Modelado del Traslado de los Mercados

Para tomar en cuenta el proyecto del traslado de los Mercados, el número de empleados en el lugar de trabajo fue ajustado como se muestra en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1 Ajuste de Atributos de Zona para el Traslado de los Mercados

TAZ	Nombre del Mercado	Cambio en el número de empleados en el lugar de trabajo
170	Los Pozos (actual)	-2,700
176	La Ramada (actual)	-4,000
38	Abasto (actual)	-1,200
66	Los Pozos (nuevo)	+2,700
158	La Ramada (nuevo)	+4,000
166	Abasto (nuevo)	+1,200

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(2) Parque Industrial Internacional en Warnes

El número de trabajadores en el Parque Industrial Internacional en Warnes fue estimado asumiendo que la densidad promedio del número de trabajadores sería de 26 trabajadores por hectárea, la cual era igual que la del parque industrial de Santa Cruz de la Sierra.

Tabla 6-2 Número de Trabajadores en el Parque Industrial Internacional en Warnes

TAZ	Área (ha)	Trabajadores (2035)
431	750	19,500
432	1,000	26,000
Total	1,750	45,500

Fuente: Equipo de Estudio JICA

6.3 Modelo de Estimación de Demanda

(1) Propósito de viaje

Los propósitos de viaje se categorizaron en los siguientes grupos.

- HBW: Viaje hacia el trabajo con base en el hogar
- HBS1: Viaje hacia el centro educativo (primaria y secundaria) con base en el hogar
- HBS2: Viaje hacia otros centros educativos con base en el hogar
- HBO: Otros viajes con base en el hogar
- NHB: Viajes de negocios sin base en el hogar
- NHO: Otros viajes sin base en el hogar
- HOME: Viaje de retorno al hogar

(2) Generación de viajes

La generación de viajes se estimó para cada propósito del viaje tal como se presenta en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3 Modelo de Generación de Viajes

Generación/ Atracción	Propósito	Modelo
Generación	HBW	0.6849 * Trabajadores (O)
	HBS1	0.8129 * Niños en la escuela (O)
	HBS2	0.7848 * Alumnos (O)
	HBO	0.3453 * Población
	NHB	0.1542 * Trabajadores (D)
	NHO	0.5981 * Trabajadores (D) + 0.2453 * Alumnos (D)
Atracción	HBW	0.8207 * Trabajadores (D)
	HBS1	0.9119 * Niños en la escuela (D)
	HBS2	0.8764 * Alumnos (D)
	HBO	3.384 * Servicio
	NHB	0.1542 * Trabajadores (D)
	NHO	MAX(0.7483 * Trabajadores (D) + 0.1935 * Alumnos - 245, 0)

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Notar que se tomó en cuenta la demanda de los mercados, las cuales fueron agregadas en base a la Tabla 6-1.

(3) Distribución de Viajes

Los viajes a pie se excluyeron de la generación y atracción del viaje antes de configurar la distribución de viajes utilizando las tasas de viajes motorizados que se presentan en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4 Velocidades de Viajes Motorizados y Parámetros del Modelo de Gravedad

Propósito	Hogares que poseen automóviles	Hogares que no poseen automóviles	Parámetro <i>a</i>
HBW	0.922	0.817	0.180
HBS1	0.600	0.466	0.608
HBS2	0.966	0.941	0.101
HBO	0.806	0.704	0.420
NHB	0.922	0.850	0.162
NHO	0.833	0.613	0.265

Fuente: Equipo de Estudio JICA

La matriz OD por propósito de viaje fue estimado mediante un modelo de gravedad que utilizaba la siguiente ecuación de impedancia.

$$\text{Ecuación de Impedancia: } R(\text{distancia}) = \exp(a * \text{distancia})$$

Donde, *a* es un parámetro por propósito de viaje y *distancia* es la distancia entre el origen y la zona de destino en el modelo de red vial. Los parámetros se muestran en la Tabla 6-4. Los viajes de retorno al hogar se calcularon invirtiendo las matrices de viajes con base en el hogar.

(4) Modelo de Reparto Modal

El viaje en mototaxi se estimó para TAZs (288, 290, 292, 424, 429, 353, 364) usando la siguiente fórmula. Los parámetros de *a* y *b* se presentan en la Tabla 6-5.

La tasa de viaje de los mototaxis a viajes motorizados es = $a + b * \text{distancia de viaje} (<5 \text{ km})$

Tabla 6-5 Parámetros del Modelo de Mototaxis

Propósito	Parámetro <i>a</i>	Parámetro <i>b</i>
HBW	0.225	-0.0296
HBS1	0.326	-0.0390
HBS2	0.250	0
HBO	0.250	0
NHB	0.150	0
NHO	0.225	-0.0332

Fuente: Equipo de Estudio JICA

La proporción modal de viajes en automóvil se calculó a partir de los viajes motorizados excluyendo los viajes en mototaxi utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de Viaje en Automóvil (i)} = C_i / \{1 + \exp(U)\}$$

$$U = k_1 * (T_p - T_c) + k_2 * F + k_3$$

Donde, T_p y T_c son el tiempo de viaje en transporte público y automóvil respectivamente. F es la tarifa del transporte público. C_0 es el parámetro para los hogares que poseen automóviles, mientras que C_1 es el parámetro de los hogares que no poseen automóviles.

Tabla 6-6 Parámetros del Modelo de Reparto Modal

Propósito	C_0	C_1	k_1	k_2	k_3
HBW	0.786	0.162	-0.1154	-0.02992	3.029
HBS1	0.509	0.102	-0.1154	-0.02992	3.029
HBS2	0.219	0.018	-0.1154	-0.02992	3.029
HBO	0.696	0.168	-0.1196	-0.1017	4.188
NHB	0.762	0.762	-0.1154	-0.02992	3.029
NHO	0.581	0.581	-0.1154	-0.02992	3.029

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(5) Viajes en Horas Pico

Las matrices de OD de la hora pico y el tiempo de inactividad se presentan en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7 Tasa Pico

Propósito	Tasa Pico (7:00–8:00)	Tasa en horario fuera del pico (9:00–10:00)
HBW	0.375	0.0247
HBS1	0.552	0.0012
HBS2	0.254	0.0341
HBO	0.185	0.1238
NHB	0.166	0.0322
NHO	0.057	0.0578
HOME	0.030	0.0309

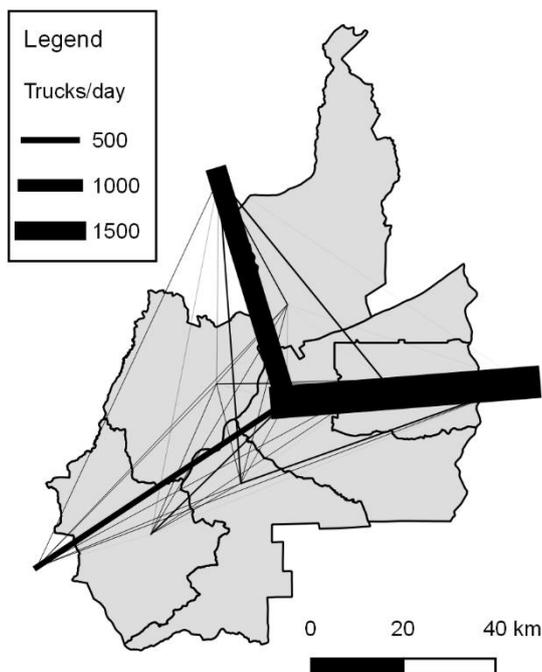
Fuente: Equipo de Estudio JICA

(6) Origen y Destino de Automóviles

La matriz OD personal para automóvil se convirtió a la OD vehicular aplicando un factor de 1,2 (1,2 personas por vehículo).

El OD externo estimado en base a la Encuesta de Línea Cordón fue agregado a las matrices OD. Figura 6-4 ilustra la línea deseada de viajes de caminos (Externo–Externo y Externo–Interno).

Para los viajes de carga, la generación y atracción de viajes de camiones fueron estimadas aplicando una tasa de viaje de 0.1875 a los trabajadores (D). El mismo modelo de distribución (parámetro -0.162) se utilizó para elaborar la OD de camiones. Se utilizó un factor de 0,0979 para convertir la matriz diaria en matrices en hora pico y fuera de esta.



Fuente: Encuesta de Línea de Cordón
Figura 6-4 Línea Deseada de Viajes de Caminos (Externo-Externo y Externo-Interno)

(7) Asignación de tráfico

El OD para automóviles y camiones se asignaron a la red vial mediante la aplicación del método de asignación de equilibrio del usuario. Se utilizó un factor de PCU de 2,0 para los camiones. Se utilizó la siguiente ecuación de costo del enlace (*link cost function*).

$$t(V) = T_0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{V}{C} \right)^\beta \right\}$$

Donde t(V) es el tiempo de viaje del enlace y T0 es el parámetro de la condición de velocidad libre. V es el volumen de tráfico en PCU, y C es la capacidad del enlace. Los parámetros de a y b son 6 y 3 respectivamente. La tarifa recolectada en las garitas de peaje en las carreteras de la Red Fundamental no fueron consideradas debido a que dicha tarifa es pequeña.

La matriz de OD para el transporte público se asignó a la red de tránsito aplicando el algoritmo del Cube Voyager. Múltiples rutas fueron evaluadas por un análisis probabilístico que fue calculada en base a costos generalizados. Se utilizó un valor del tiempo de Bs. 12 por hora. La ecuación probabilística del Cube Voyager está constituida por el siguiente modelo de regresión logística:

$$\frac{\exp(-\lambda GC_i)}{\sum_k \exp(-\lambda GC_k)}$$

Donde CGi es el costo generalizado de la ruta i y λ es el parámetro. Para el parámetro dentro del Cube Voyager se utilizó el valor predeterminado de 0,2. En los sistemas de transporte público a excepción del BRT se utilizó la tarifa actual. Modelo de redes

6.3.2 Red Vial

Los datos de la red en un modelo de previsión de la demanda es un modelo simplificado del sistema de transporte del mundo real, que consiste en enlaces, nodos y rutas del transporte público. Los datos de la red vial del Proyecto se componen de las vías arteriales y otras vías importantes, tales como las avenidas radiales y los anillos. Esta no incluye necesariamente todos los caminos y calles ya que la resolución o nivel de detalle deben ser coherentes con el sistema de zonificación. Los datos de la red fueron desarrollados en el formato de ESRI Shapefile en base a los datos del Inventario Vial y fueron convertidos al formato Cube Voyager.

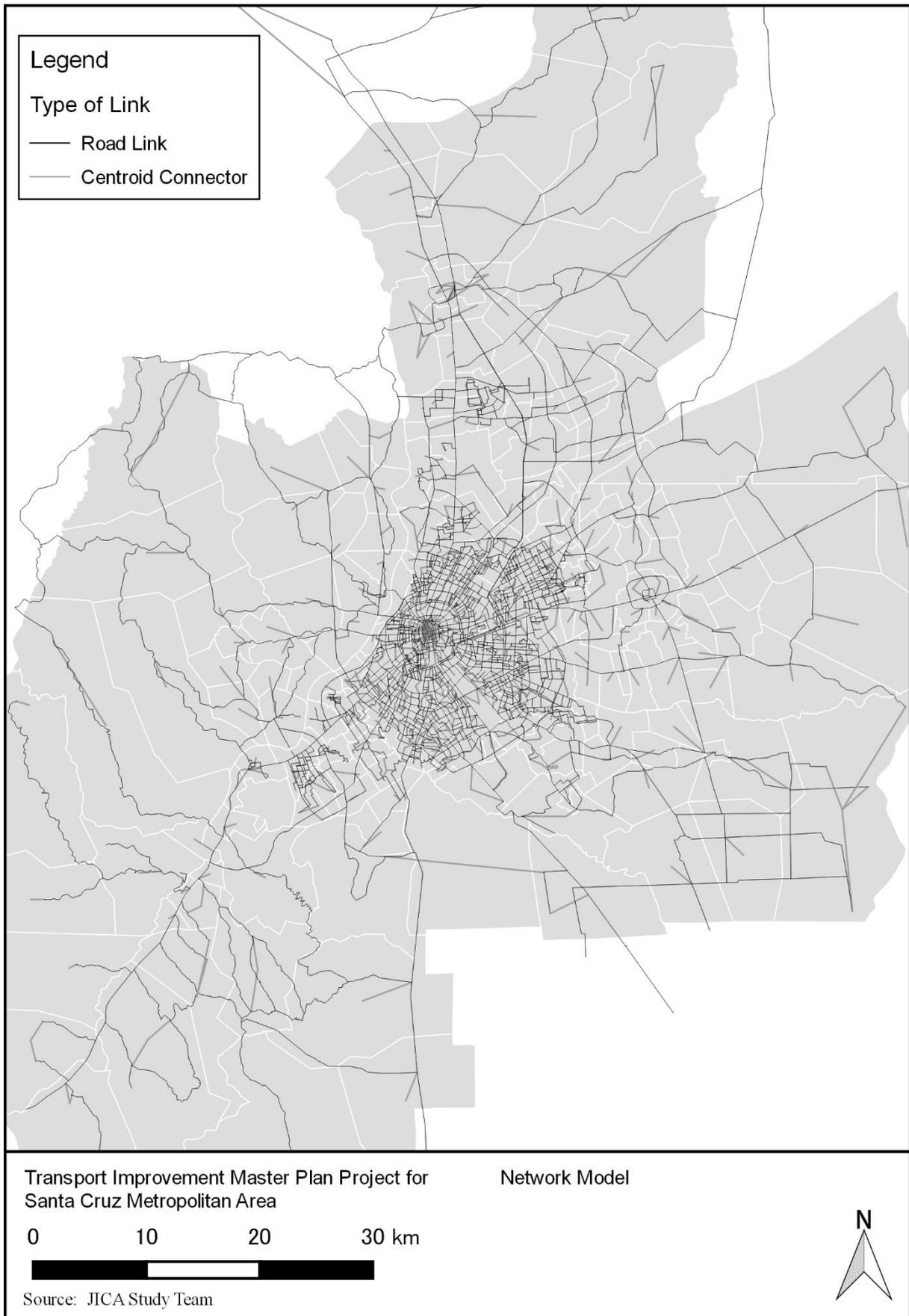
La Tabla 6-8 muestra los atributos de los enlaces.

Tabla 6-8 Atributos de los enlaces

Tipo de Vía	Código	Número de carriles	Velocidad (km/h)	Capacidad (PCU/hora)
Vías urbanas en el área central	11	1	20	900
	12	2	20	1800
	13	3	20	2700
	14	4	20	3600
	15	1	20	900
	16	2	20	1800
	17	3	20	2700
	18	4	30	3600
	19	5	30	4500
Vías urbanas en áreas suburbanas	21	1	40	1200
	22	2	50	2400
	23	3	60	3600
	24	4	60	4800
	25	1	50	1350
	26	2	60	2700
	27	3	60	4050
	28	4	60	5400
	29	5	60	6750
Carreteras urbanas de varios carriles	31	2	80	2850
	32	3	80	4275
	33	4	80	5700
Carreteras rurales de varios carriles	41	2	80	2850
	42	3	80	4275
Carreteras de 2 carriles	51	1	40	1125
Vías no pavimentadas	61	1	20	600
	62	2	30	1200
	63	3	30	1800
	64	4	10	2400
Calles locales	71	2	15	500
	999	-	15	1000

Fuente: Equipo de Estudio JICA

La red vial desarrollada para la asignación de redes se muestra en la Figura 6-5.



Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio JICA

Figura 6-5 Red Vial para la Asignación

6.3.3 Red de Tránsito

(1) Velocidad de viaje

La velocidad de viaje de los microbuses y autobuses a excepción del BRT se calculó de la siguiente manera:

Tabla 6-9 Asignación de Velocidades para Autobús y Microbus

Velocidad de enlace después de la asignación de tráfico (CSPD)	Velocidad de autobus y microbus
CSPD <= 20 km/h	CSDP
20 < CSPD <= 40	20+0.6*(CSPD-20)
40 < CSPD	32

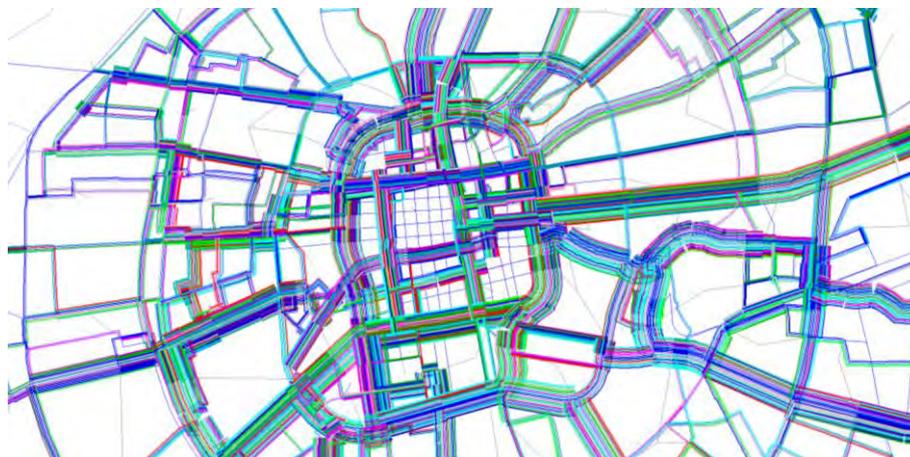
Fuente: Equipo de Estudio JICA

(2) Red de transporte público actual

Los modos de transporte público a ser modelado son el microbús, el minibús, el ferrocarril y el trufi. Los datos de la red del sistema de transporte público incluyen rutas, frecuencia, tarifa y capacidad según la recolección de datos de ocupación de los buses.

Todas las rutas de microbuses registradas en el municipio de Santa Cruz de la Sierra fueron introducidas en el modelo de asignación de tránsito, aunque algunas rutas duplicadas o similares fueron eliminadas del modelo.

En el caso de zonas en las que no se proporciona ningún servicio de transporte público, se agregaron rutas ficticias al modelo de red de tránsito para que los pasajeros del transporte público desde o hacia dichas zonas puedan asignarse adecuadamente en la red.



Fuente: La red de transporte público que se muestra en Cube Voyager

Figura 6-6 La Red de Transporte Público para la Asignación (Área Central)

(3) Red de transporte público para el Plan Maestro

Como se describió en el Capítulo 7, el Plan Maestro propone una red radial y circular para el servicio de transporte público. La futura red de tránsito se elaboró para satisfacer en la mayor medida posible las políticas del transporte público del Capítulo 7. Sin embargo, no es posible aplicar la principal red radial-circular y el sistema troncal-alimentador a todas las vías en el Área Metropolitana, y fue necesario poner rutas de servicio directo y rutas aisladas para cubrir el área.

Los sistemas de transporte público a ser modelados son el autobús, minibús, tren y trufi. Los datos de la red de transporte público incluyen rutas, frecuencia, tarifa y capacidad, en base a la Recolección de datos de ocupación en los autobuses.

6.4 Resultados del Pronóstico de Demanda

6.4.1 Demanda Actual y Futura sin Proyectos

La asignación de tráfico durante la hora pico de la mañana en 2016 se muestra en la Figura 6-7. El tráfico asignado se comparó con los resultados de los conteos de tráfico y se calibraron los parámetros.

La Figura 6-8 muestra los volúmenes de pasajeros asignados en la hora pico de la situación actual (2016) y la situación futura (2035) sin proyectos. En el modelo de previsión de demanda, la demanda de pasajeros se asigna solamente a lo largo de las rutas de transporte público. Aunque hay muchas rutas de transporte público en el área metropolitana, los pasajeros se concentran en algunos corredores.

Para ver el impacto del aumento de vehículos privados, se analizó un caso extremo en el que se asume que todos los pasajeros del transporte público utilizarán automóviles privados. La Figura 6-9 muestra los resultados de la asignación. El resultado muestra claramente que no es posible que todas las personas utilicen automóviles privados para sus viajes en la red vial actual.

6.4.2 Demanda Futura

La Figura 6-10 muestra las líneas deseadas de la previsión de la demanda de 2035, el estimado se basa en el marco socio-económico de la Opción 2B. La línea deseada representa la demanda entre dos zonas, que muestra visualmente una matriz OD.

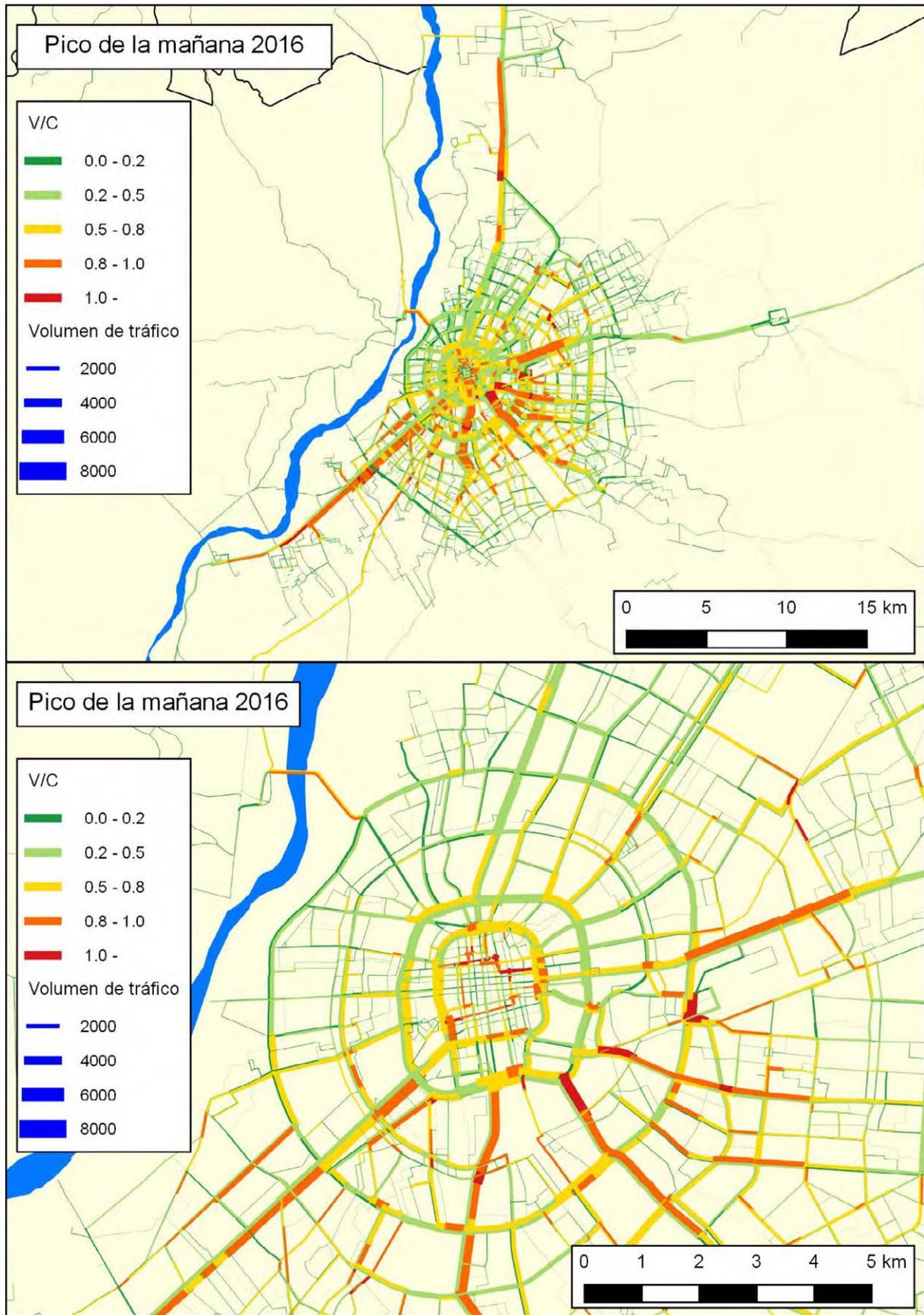
El resultado de la asignación de tráfico en 2025 se muestra en la Figura 6-11, que muestra que la congestión se mantiene en la hora pico. Como se analizó en el capítulo 7, la mejora de la situación del tráfico por el Plan Maestro es significativa en comparación con el caso sin proyecto.

La asignación de tráfico para el Plan Maestro en el año 2035 se muestra en la Figura 3-30 del Capítulo 3, como resultado de la “Opción 2B”. La situación en hora pico en el año 2035 es similar a la del estado actual a pesar del aumento de la población. El Plan Maestro contribuirá a reducir la congestión de tráfico en el año 2035. Esto se analiza más profundamente en el capítulo 7. La Figura 6-12 muestra el resultado de la asignación de tráfico en el año 2035 enfocándose en la zona central. El modelo de previsión de la demanda puede producir la información de volumen de pasajeros por ruta de transporte público. La Figura 6-13 muestra el resultado de la previsión de la demanda de los sistemas BRT en el año 2020.

La Figura 3-29 del capítulo 3 muestra el caso de “Opción 1A”, en la que la futura área urbanizada se expande pero el desarrollo vial no es llevado a cabo.

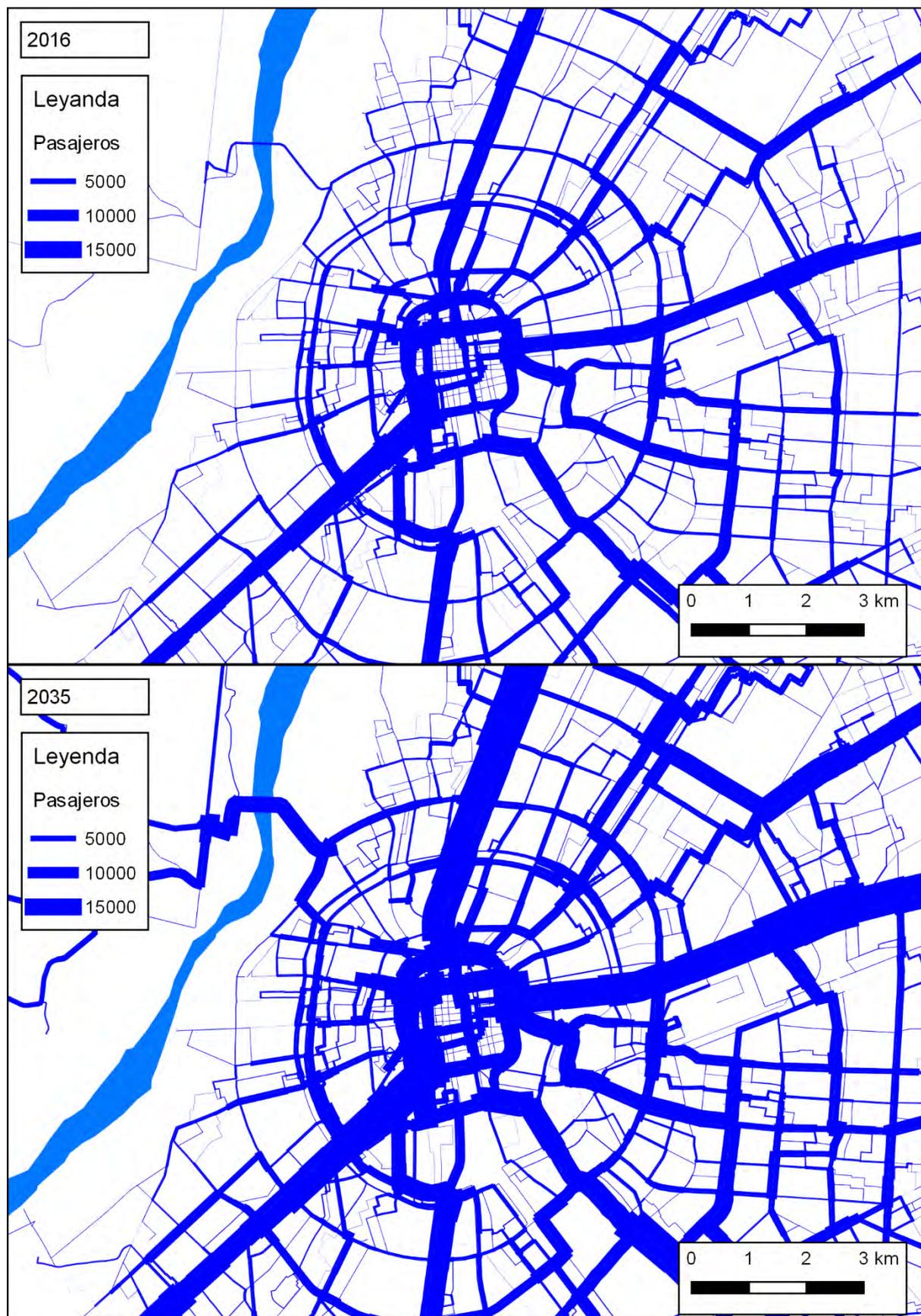
La previsión para la demanda del año 2020 se llevó a cabo, aunque su figura no se presenta en el informe. Se utilizan los resultados con y sin casos en el Capítulo 7.

La asignación de tráfico también se llevó a cabo para una hora no-pico para estimar el volumen del tráfico diario, que luego se utilizó en la evaluación económica en el Capítulo 7.



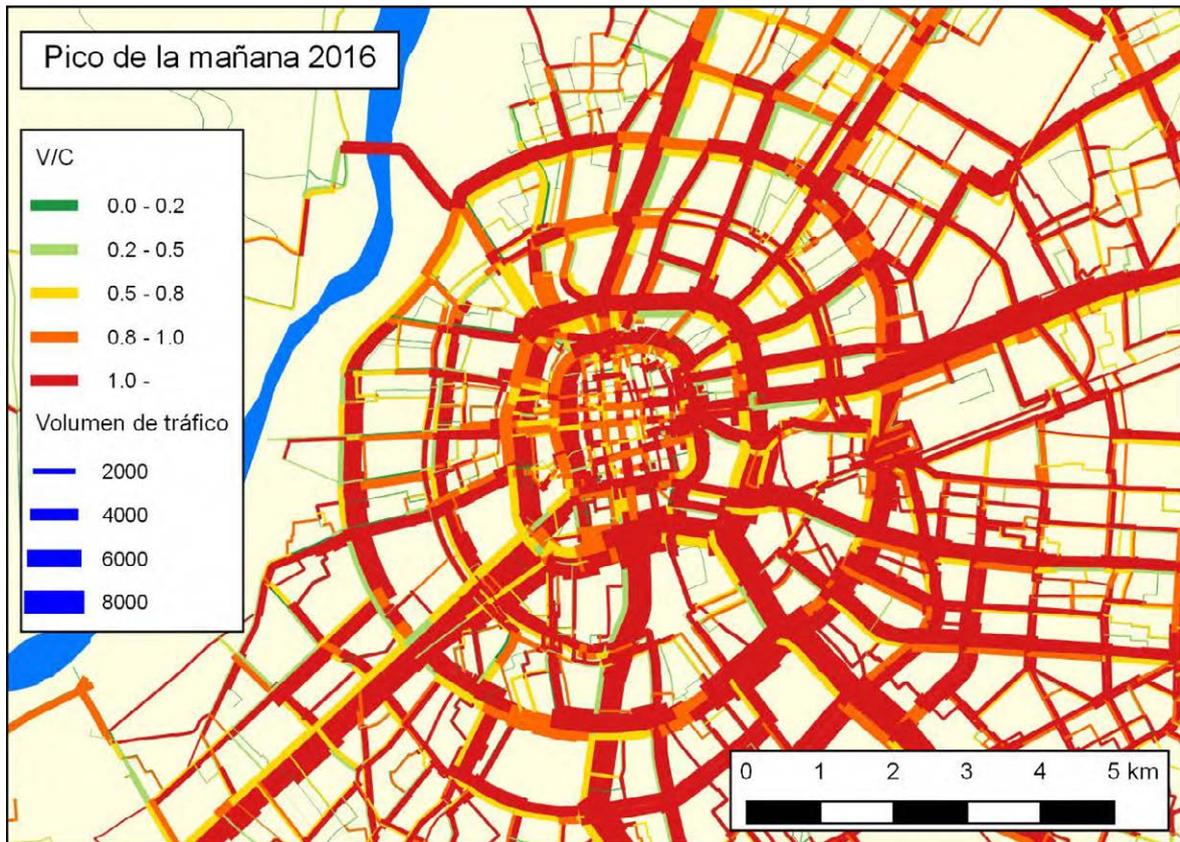
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-7 Asignación de tráfico (Presente)



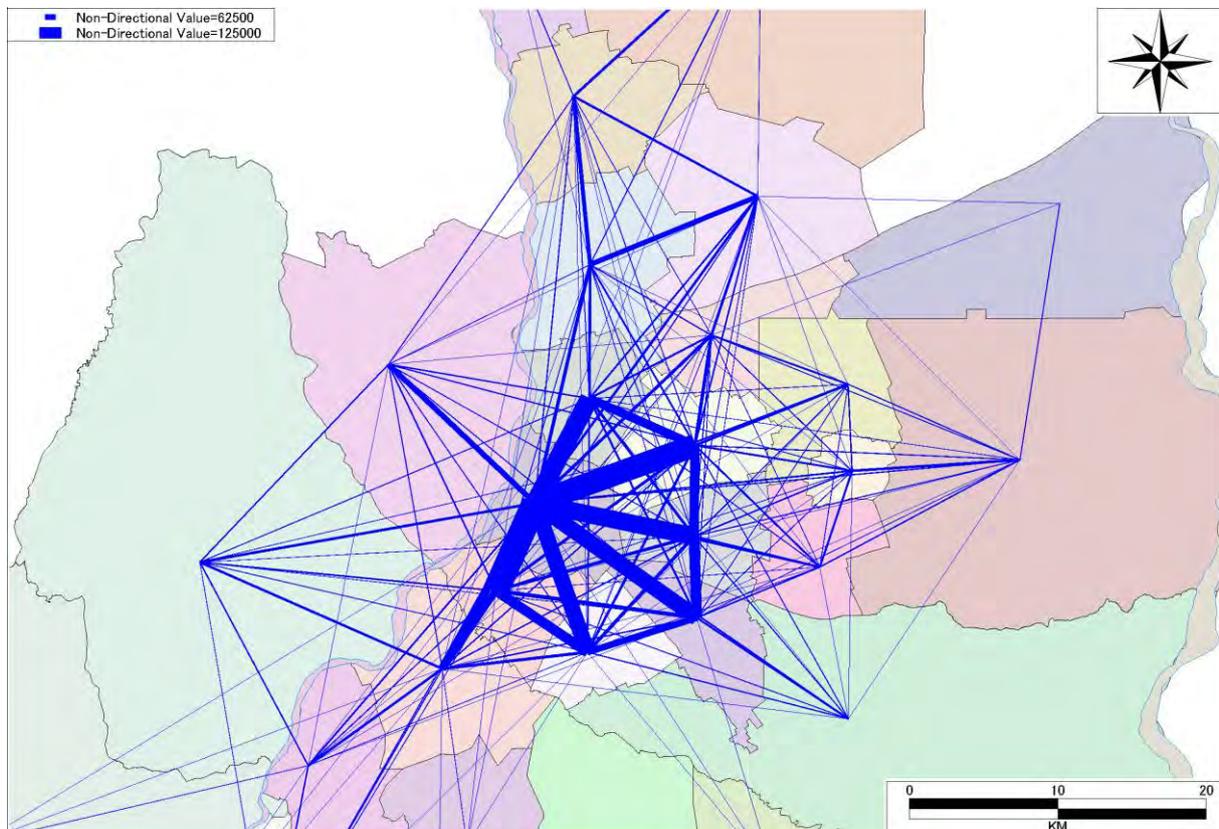
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-8 Volumen de pasajeros en 2016 y 2035 (Sin Proyectos)



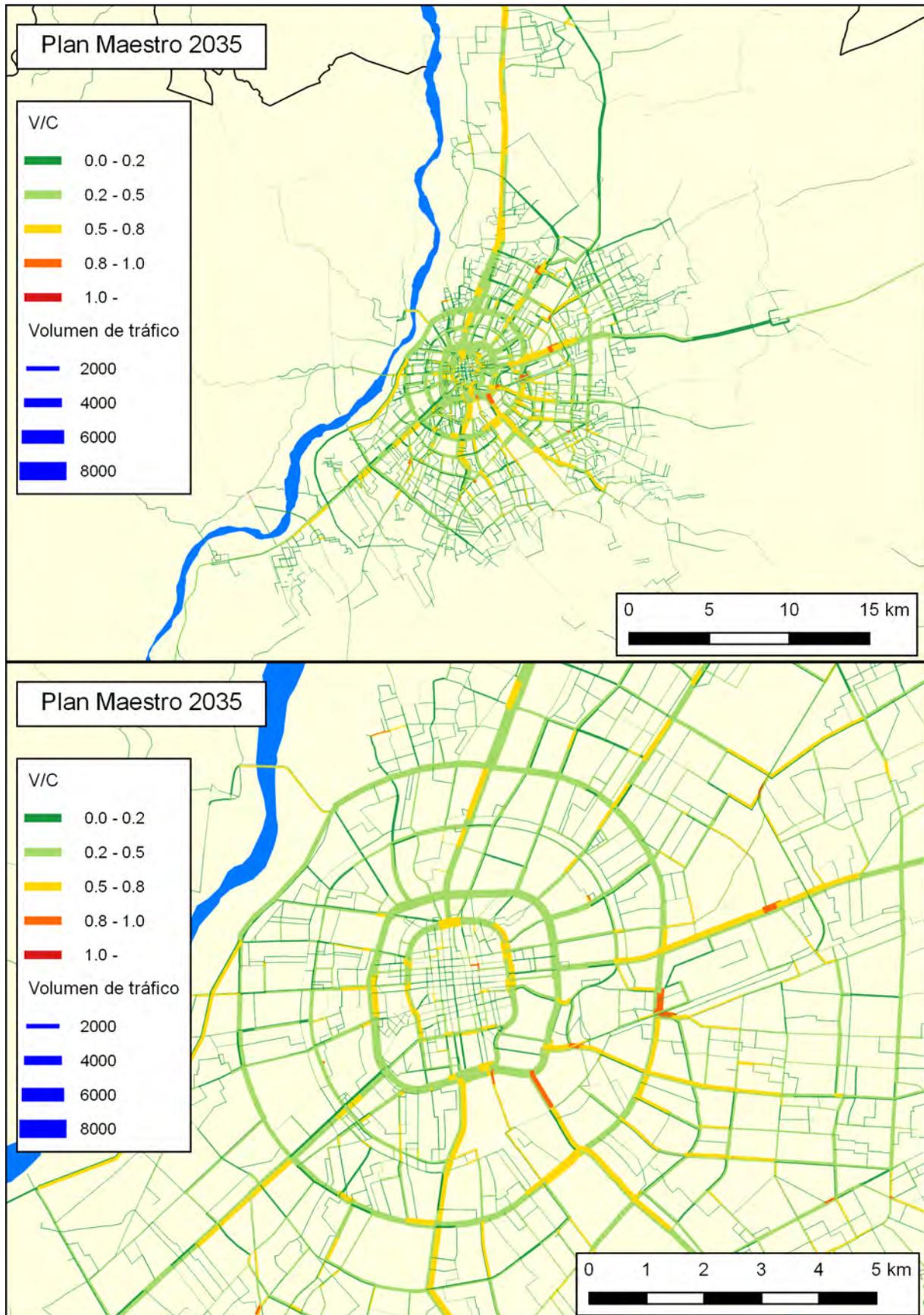
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-9 Asignación de tráfico en caso de uso del motos del 100%



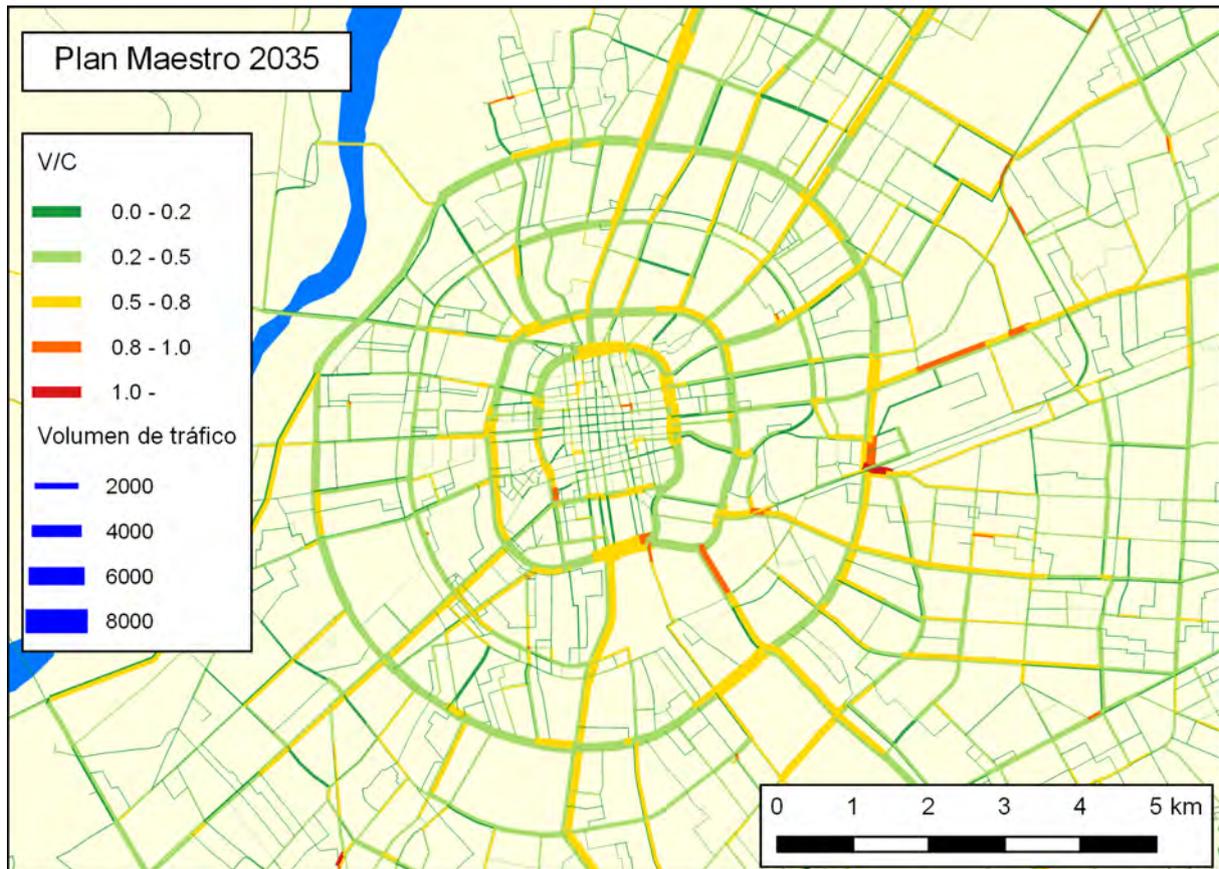
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-10 Línea deseada en 2035



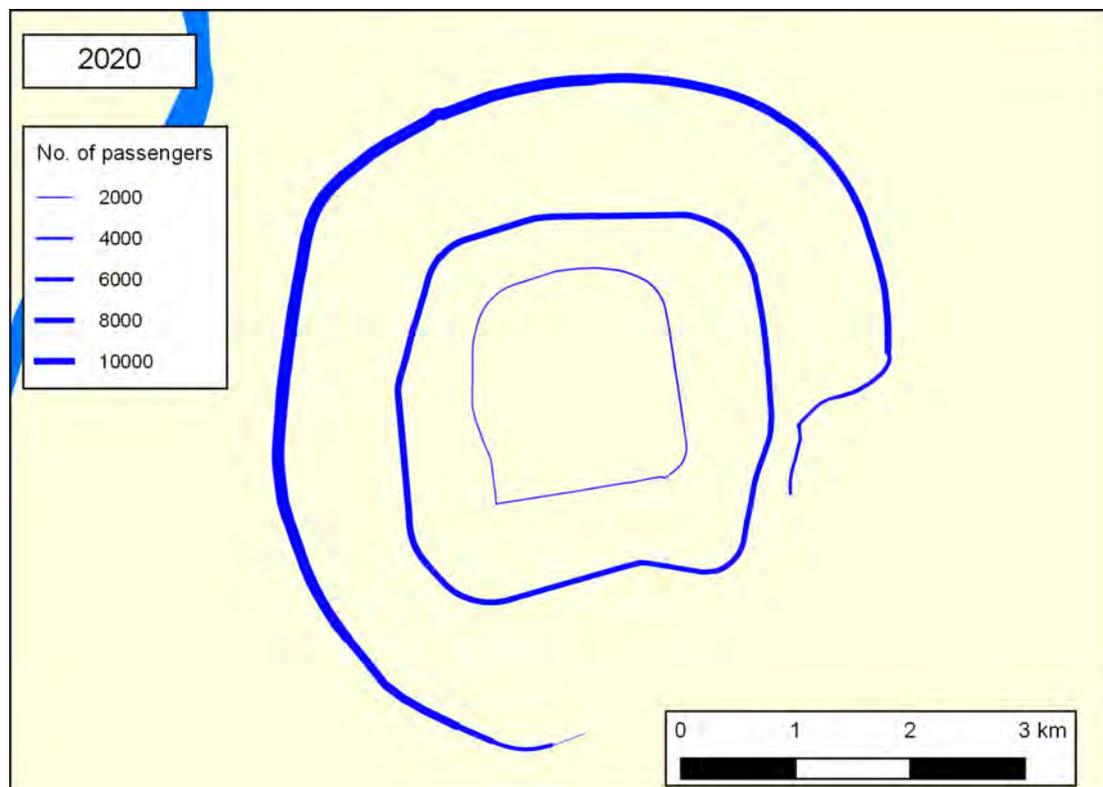
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-11 Asignación de tráfico en 2025



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-12 Asignación de tráfico en 2035 (Centro)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-13 Demanda de pasajeros de BRT (2020)

6.4.3 Demanda de Pasajeros en el Sistema BRT

(1) Sistema tarifario

Una tarifa plana de Bs. 3 fue empleada para el sistema de tarifas de la red del BRT. Los pasajeros pagan Bs. 3 en el momento del embarque y la transferencia entre las líneas del BRT es gratuita.

(2) Velocidad

La velocidad del sistema de BRT en el modelo de estimación de demanda es de 35 km/h. Si bien es cierto que la red del BRT en el Plan Maestro incluye secciones que no cuentan con carriles exclusivos, se asumió que el control de tráfico dará prioridad a la operación del BRT.

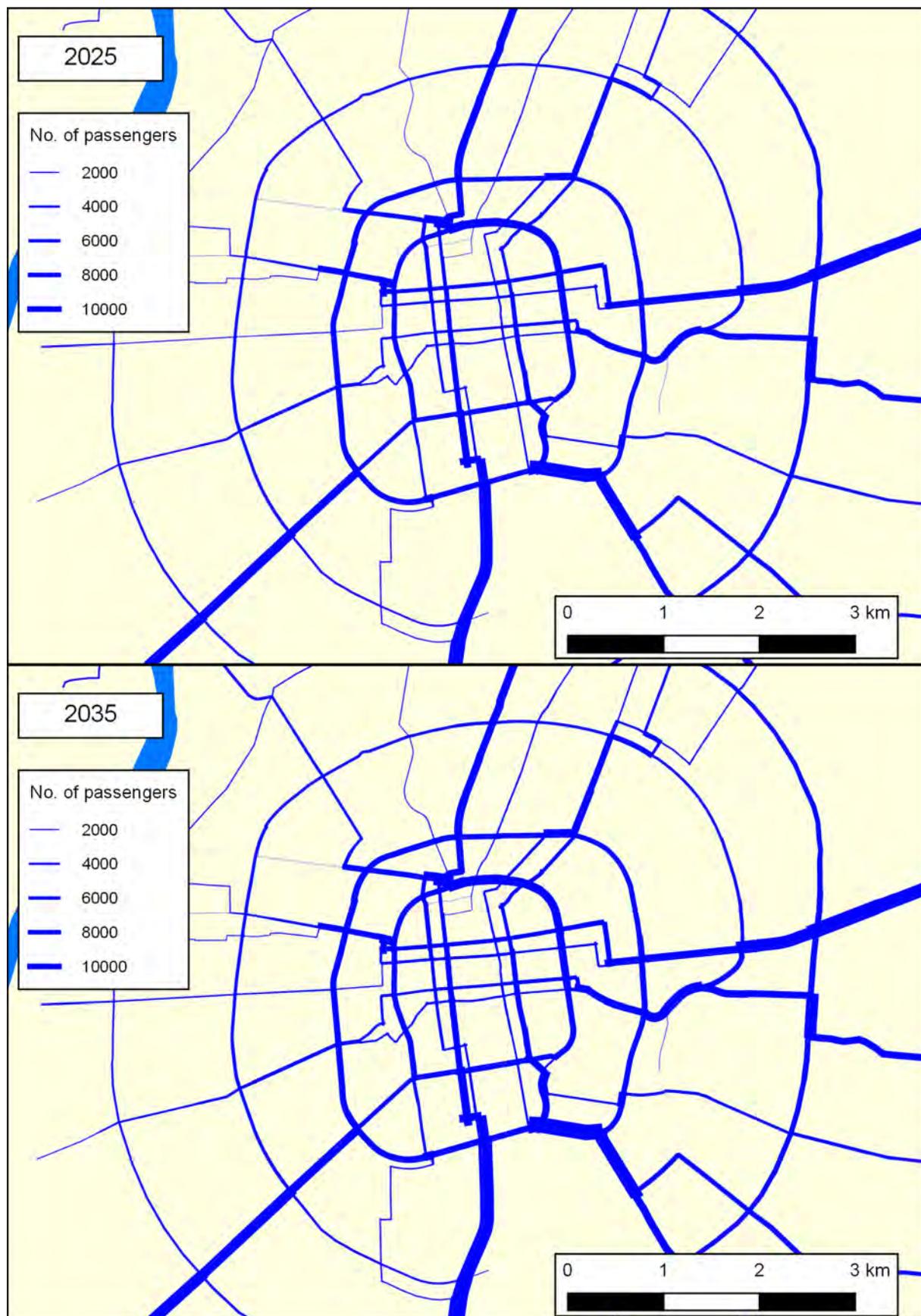
(3) Resultados

La Figura 6-13 muestra el volumen de pasajeros en la hora pico del sistema de BRT para el año 2020. Se asumió que las líneas existentes permanecen en el año 2020 y que el funcionamiento del sistema de BRT se encuentra en la etapa de proyecto piloto. El volumen máximo de pasajeros del 1er, 2do y 3er Anillo Vial en hora punta es de 350, 2070 y 4870 pasajeros por hora por dirección (pphpd) respectivamente. Debido a que la red vial radial no está integrada con el sistema de BRT y las líneas más competitivas permanecen, en este caso, el volumen de pasajeros del 1er Anillo Vial es muy pequeño.

La Figura 6-14 muestra el volumen de pasajeros de hora punta del sistema de BRT en los años 2025 y 2035. Esta red incluye líneas ramales distintas de las líneas BRT propuestas en el Capítulo 7.

En el año 2025, la demanda máxima de pasajeros dentro del 1er Anillo Vial es alta, llegando a 9,730 pphpd en la Av. Velasco, la cual requiere una operación de alta frecuencia. La demanda máxima de pasajeros entre todas las líneas que pasa por la Av. Santos Dumont entre el 3er y 4to Anillo Vial es de 19,400 pphpd. Dado que la demanda es alta para un sistema de BRT, sería necesario un carril de adelantamiento para dicha línea. La demanda de pasajeros también excede los 10,000 pphpd en las avenidas Grigota, Virgen de Cotoca y San Aurelio. La demanda de pasajeros del 3er Anillo Vial es de 4130 pphpd, que es menor que la del año 2020. Por otro lado, la línea BRT en el 1er Anillo Vial necesita llevar 9,600 pphpd en la sección crítica (pico).

En el año 2035, la demanda máxima de pasajeros de la red del BRT es alta, llegando a 22,400 pphpd. El sistema moderno de BRT puede ocuparse de la demanda, pero se requiere instalar una operación de alta frecuencia y autobuses de alta capacidad.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-14 Demanda de pasajeros de BRT (2025, 2035)

6.4.4 Demanda de los pasajeros del tren interurbano

(1) Estaciones

Las ubicaciones de las estaciones del tren interurbano en el análisis son: 1) Bimodal, 2) 6to anillo, 3) Ciudad Nueva Santa Cruz, 4) Satélite Norte y 5) Warnes.

Se recomienda incluir una estación en el parque industrial de Warnes, ya que es necesario transferir a los modos de alimentación de Satélite Norte o Warnes al parque industrial si la estación no existe.

(2) Sistema tarifario

La demanda de pasajeros del tren interurbano depende de la suposición del sistema de tarifas porque el modelo de previsión de demanda incluye la tarifa de cada línea de tránsito. La tarifa del tren interurbano puede ser más alta que la de los modos de transporte público existentes porque los pasajeros están dispuestos a pagar por sus atractivos servicios, aunque el aumento en la tarifa del tren interurbano reducirá la demanda de pasajeros. Para simplificar el análisis, se supuso que la tarifa del tren interurbano sería similar a la de los modos de transporte público actuales. La siguiente tabla muestra el sistema tarifario supuesto del tren interurbano.

Tabla 6-10 Configuración de tarifas del tren interurbano para el análisis de la demanda

Estación (A)	Estación (B)	Tarifa (Bs.)
Bimodal	6to anillo	2
	Nueva Ciudad de Santa Cruz	3
	Satélite Norte	4
	Warnes	6
6to anillo	Nueva Ciudad de Santa Cruz	3
	Satélite Norte	4
	Warnes	6
Ciudad Nueva Santa Cruz	Satélite Norte	2
	Warnes	3
Satelite Norte	Warnes	2

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Velocidad

Se asume que la velocidad máxima de operación es de 100 km/h, mientras que las velocidades medias entre los nodos de estación en el modelo de previsión de demanda se asumieron como 60 km/h entre Bimodal y 6to anillo, 100 km/h entre 6to anillo y Nueva Ciudad de Santa Cruz, y 90 km/h para otras secciones.

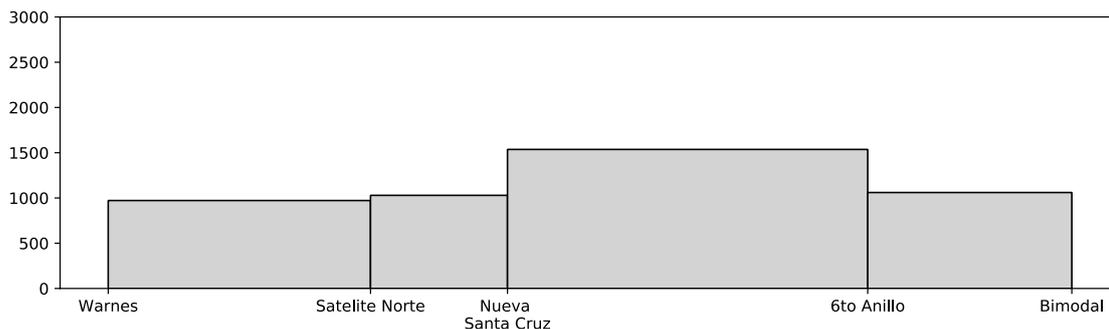
Se asume que la frecuencia es de 4 trenes por hora (15 minutos de avance).

(4) Escenario Socioeconómico

El resultado del análisis muestra que el tren interurbano puede reemplazarse con un sistema BRT porque el volumen de pasajeros estaría dentro de la capacidad de los sistemas BRT. El escenario socioeconómico para el análisis es el mismo que para el caso del Plan Maestro, en el cual se estimó a la población en las nuevas urbanizaciones aplicando una baja densidad de población. Si la población de la Ciudad Nueva Santa Cruz alcanza los 400.000 según lo propuesto por el desarrollador, la demanda de pasajeros del tren interurbano será lo suficientemente alta como para justificar el sistema ferroviario.

(5) Resultados

La figura a continuación muestra el resultado de la previsión de la demanda en la hora pico hacia la dirección pico (de Warnes a Santa Cruz de la Sierra) en el caso de que el tren interurbano existiera actualmente. Aunque actualmente no existe un servicio de transporte público en la Ciudad Nueva Santa Cruz, se asume que hay servicios alimentadores disponibles entre las comunidades existentes y la estación; de lo contrario, ningún pasajero utilizará el tren. El volumen máximo de pasajeros, que aparece entre la Ciudad Nueva Santa Cruz y el Sexto Anillo, se estima en 1500. Este es lo suficientemente grande para la operación de un tren de alta velocidad en caso de que se ignore la factibilidad financiera. Sin las líneas alimentadoras, la demanda de pasajeros será muy pequeña.

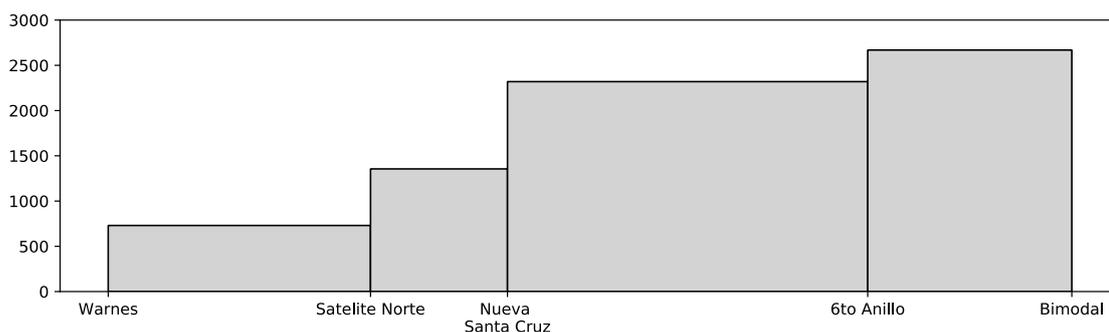


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-15 Demanda de pasajeros del tren Interurbano(2016)

La demanda de pasajeros en 2035 se estima como se muestra en la siguiente figura. El volumen máximo de pasajeros por hora es de 2700. Si el tren de alta velocidad tiene 270 asientos, la frecuencia debería ser de 10 trenes por hora (cada 6 minutos).

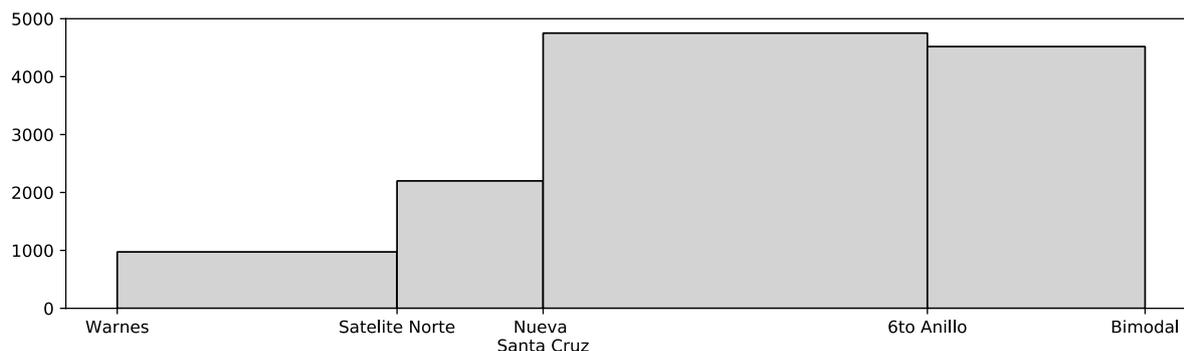
La previsión asume que la infraestructura de transporte se desarrollará en base al Plan Maestro, lo que significa que la red de autobuses que incluye el sistema BRT es el competidor del tren interurbano. La disminución en el volumen de pasajeros de Warnes a Satélite Norte en comparación con la proyección en 2016 se debe a la mejora de la congestión del tráfico por parte del Plan Maestro.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-16 Demanda de pasajeros del tren Interurbano (2035)

La figura a continuación muestra la previsión de demanda en el caso de que la Nueva Santa Cruz tenga una población de 400,000 en 2035. El volumen máximo de pasajeros alcanza 4800 pasajeros por hora por dirección de pico. Muchos trenes de alta velocidad tienen la capacidad para alrededor de 500, y es posible abastecer la demanda.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura 6-17 Demanda de pasajeros del tren Interurbano (En caso de desarrollo de Nuevo Santa Cruz)

(6) Evaluación

La previsión muestra que la demanda de pasajeros es lo suficientemente alta para la operación adecuada del tren interurbano como un sistema de alta velocidad. Por otro lado, los autobuses grandes pueden transportar el número estimado de pasajeros. Por ejemplo, un sistema BRT con capacidad para 50 pasajeros puede transportar 3000 pasajeros en caso de un intervalo de 1 minuto. Hay autobuses articulados con una capacidad de 80-100, que pueden transportar 4800 pasajeros por hora. La capacidad se puede aumentar si se utilizan dos carriles. Los autobuses se pueden operar a la velocidad máxima de 100 km/h si el diseño geométrico de la carretera lo permite. Hay que tener en cuenta que el actual sistema de buses en Santa Cruz de la Sierra, una mezcla de microbuses y trufis, transporta a 10.000 pasajeros en las calles transitadas, aunque la velocidad es muy lenta.

Además, la tarifa supuesta del tren interurbano es demasiado pequeña, considerando los ejemplos mundiales de trenes de alta velocidad. La introducción del tren interurbano no es financieramente factible considerando el nivel tarifario en Bolivia.

En el Plan Maestro, se propone un sistema BRT para la ruta interurbana, aunque se necesita un estudio más detallado para seleccionar el mejor sistema para el corredor. Existe la posibilidad de que la población futura en las urbanizaciones de Warnes sea más grande que la suposición en el Plan Maestro debido a la promoción de los desarrolladores. En ese caso, se debe revisar el sistema propuesto.