



PERÚ

Ministerio
de Economía y Finanzas

Viceministerio
de Economía

Dirección General
de Inversión Pública

Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad urbana, a nivel de perfil



***Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social
de proyectos de vialidad urbana, a nivel de perfil***

Ministerio de Economía y Finanzas

Dirección General de Inversión Pública-DGIP

Dirección de Proyectos de Inversión Pública

Dirección de Política y Estrategias de Inversión Pública

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-02694

Primera edición

1000 ejemplares

Impresión:

Servicios Gráficos JMD S.R.L.

Av. José Gálvez 1549 - Lince

Febrero de 2015

*La publicación de este documento ha sido posible gracias al apoyo del Proyecto Mejoramiento
de la Gestión de la Inversión Pública Territorial, Contrato de préstamo N° 2703/OC-PE.*

Banco Interamericano de Desarrollo.



Contenido

Presentación	5
Aplicación de la presente guía	7
Conceptos iniciales	9
1. Aspectos generales	13
1.1. Nombre del proyecto	15
1.2. Institucionalidad	18
1.3. Marco de referencia	21
2. Identificación	27
2.1. Diagnóstico	30
2.2. Definición del problema y sus causas	42
2.3. Objetivo del proyecto	52
2.4. Planteamiento del proyecto	54
3. Formulación	61
3.1. Horizonte de evaluación	63
3.2. Análisis de demanda	65
3.3. Análisis de la oferta	81
3.4. Balance oferta demanda	83
3.5. Descripción técnica de alternativas	86
3.6. Costos a precios de mercado	92
4. Evaluación	103
4.1. Identificación de beneficios	108
4.2. Costos sociales	117

4.3. Análisis de rentabilidad social	117
4.4. Análisis de sensibilidad	121
4.5. Evaluación privada	122
4.6. Análisis de sostenibilidad	123
4.7. Evaluación de impactos ambientales del proyecto	124
4.8. Financiamiento	126
4.9. Implementación y gestión del proyecto	127
4.10. Selección de la alternativa óptima	129
4.11. Elaboración del marco lógico de la alternativa seleccionada	130
5. Conclusiones	135
Anexos	139
A. Anexos del Estudio a nivel de perfil	141
Anexo 01: (planos, presupuesto, panel fotográfico, etc.)	141
Anexo 02: (estudios básicos)	141
B. Anexos de la Guía	142
Anexo 01: Estudios de tránsito en campo	143
Anexo 02: Técnicas de modelación	153



Presentación

El Ministerio de Economía y Finanzas a través de la Unidad de Coordinación de Préstamos Sectoriales – UCPS, con la cooperación del Banco Interamericano de Desarrollo presentan al sector público y comunidad en general la presente Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana a nivel de Perfil.

Esta propuesta didáctica está dirigida a los formuladores y evaluadores de Proyectos de Inversión Pública de los diferentes niveles de gobierno como soporte a su trabajo y tiene como finalidad orientar, de una forma sencilla, en la elaboración de estudios de pre inversión a nivel de perfil de proyectos de vialidad urbana con el fin de que los estudios sean claros precisos y sobre todo cumplan el objetivo, solucionando el problema planteado.

Esperamos que la presente Guía sea un aporte para una adecuada toma de decisiones en materia de proyectos de inversión pública, contribuyendo así a que el Sistema Nacional de Inversión Pública se vuelva eficaz y oportuno, permitiendo una mejora en la calidad de vida de la población.





Aplicación de la presente guía

La presente Guía es de aplicación para la elaboración de estudios de preinversión a nivel de perfil de proyectos de vialidad urbana, las mismas que pueden ser intervenidas a nivel de Creación, Ampliación Recuperación y Mejoramiento y cuyo ámbito corresponde a vías urbanas específicamente, es decir aquellas vías que se encuentran dentro de la zona demarcada como urbana. Cabe señalar que un proyecto de acuerdo al monto de inversión podrá ser declarado viable a nivel de perfil o requerirá además del perfil un estudio de factibilidad.

Asimismo es menester indicar en la presente guía, que la implementación de un PIP de Vialidad Urbana, deberá estar enmarcado en aspectos técnicos que permitirán planteamientos de soluciones a los problemas percibidos, en base a la demanda existente en la vía (IMDa), asimismo se deberá considerar si la vía a intervenir este articulada con las demás vías, es decir determinar si son vías estructurantes en la malla vial o no, y tener en cuenta si están consideradas en los documentos de gestión de los gobiernos locales y su respectiva priorización.

El sistema vial urbano está constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales y pasajes. La metodología descrita en la presente Guía es aplicable a proyectos de vías expresas, vías arteriales y vías colectoras (incluidos los proyectos de pasos a desnivel o intercambios viales), en las cuales se aplicará la evaluación social bajo la metodología costo-beneficio. En el caso de pistas y veredas de vías locales (Calles) la metodología utilizada es la de costo-efectividad.

Los proyectos de creación están referidos a una situación previa donde la vía no existe o de existir se encuentra a nivel mínimo de habilitación urbana, asimismo esta categoría comprende la creación de pasos a desnivel, intercambios viales, viaductos. Los proyectos de recuperación tienen por objetivo recuperar la funcionalidad de la vía al haberse deteriorado seriamente y que no pueden ser restaurados con actividades de mantenimiento. Los proyectos de mejoramiento tienen por objetivo modificar la geometría horizontal y vertical de la vía, relacionada con el ancho, alineamiento, ampliación de carriles, entre otros, a fin de incrementar la capacidad de la vía y la velocidad de circulación.

Por otro lado, define al mantenimiento como el conjunto de actividades de naturaleza rutinaria, periódica y de emergencia, que se realizan para conservar las vías y mantenerlos en estado óptimo de transitabilidad. El mantenimiento no procura modificar las características con la que fue diseñada la vía, sino evitar el deterioro de sus elementos. Las intervenciones de mantenimiento en una vía no constituyen Proyectos de Inversión.

La presente guía tiene la finalidad de orientar la elaboración de proyectos de inversión pública de vialidad urbana y según las particularidades de cada proyecto, de esta tipología, y lo que se defina en el diagnóstico, se deben realizar los ajustes correspondientes en cada módulo para la formulación del estudio de preinversión a nivel de perfil.



Conceptos Iniciales

1. Consideraciones Generales

El desarrollo de un proyecto de inversión pública (PIP) de Vialidad Urbana, deberá ceñirse, estrictamente a lo establecido en la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública, aprobada por Resolución Directoral N° 003 - 2011-EF/68.01, y sus anexos y formatos, asimismo tener en cuenta que la vía a intervenir esté considerado en los documentos de gestión de los gobiernos locales y su respectiva priorización, así como ser parte del plan vial urbano, para determinar su función y articulación con las demás vías, es decir conocer si son vías estructurantes o no dentro la malla vial.

El planteamiento de las alternativas de solución a los problemas percibidos, deberán estar enmarcados estrictamente en aspectos técnicos, basados en la demanda existente y proyectada, expresada a través del IMD, condiciones físicas y su función dentro de la estructura vial urbana.

La presente guía está orientada a proyectos de vialidad cuyo ámbito corresponde estrictamente a lo urbano, tales como las vías expresas, vías arteriales y vías colectoras y avenidas y cuya competencia de intervención corresponde a los gobiernos locales (provinciales y/o distritales).

2. Clasificación funcional de las vías urbanas

Esta clasificación se basa en la función que cumple cada una de ellas dentro de la estructura vial urbana y considera las siguientes categorías: vía expresa, vía arterial, vía colectora y vía local.

a. Vías expresas

La función que cumplen es la de permitir exclusivamente el “paso” de los vehículos, sin interferencias. La accesibilidad se realiza mediante infraestructura especial tales como rampas,

puentes, entre otros. Son aquellas vías que soportan importantes volúmenes de vehículos con circulación de alta velocidad, en condiciones de flujo libre. Unen zonas de importante generación de tránsito, extensas zonas de vivienda y concentraciones comerciales e industriales.

b. Vías arteriales (avenidas)

Permiten la integración entre las vías colectoras con las vías expresas. La función que cumplen es la de permitir el ‘paso’ de manera preferente y un bajo nivel de ‘accesibilidad’. Son aquellas que llevan importantes volúmenes de tránsito entre áreas de generación de tránsito y a velocidades medias de circulación. La accesibilidad hacia las áreas adyacentes se realiza a grandes distancias, en las cuales es posible la instalación de pasos a desnivel, intercambios, así como también intersecciones a nivel adecuadamente diseñadas. Las vías arteriales deberán tener preferentemente vías de servicio laterales para el acceso a las propiedades.

c. Vías colectoras

Permiten la integración entre las vías Locales, las vías arteriales o las vías auxiliares de las vías expresas. La función que cumplen es la de permitir de manera preferente la ‘accesibilidad’ a las áreas adyacentes y un bajo nivel de ‘paso’. Sirven por ello también a una buena proporción de tránsito de paso. Prestan además servicio a las propiedades adyacentes. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas en los cruces con vías arteriales y otras vías colectoras.

d. Vías locales

Son aquellas cuya función es proveer fundamentalmente el ‘acceso’ a los predios o lotes adyacentes.

3. Metodologías de evaluación de vías urbanas

Con el fin de tener una visión general de las metodologías de evaluación social de vías urbanas se presenta el siguiente cuadro:

Metodologías de evaluación aplicadas a vías urbanas

Tipo de proyecto	Tipo de inversión	Metodología de evaluación
Calles	Creación, recuperación y mejoramiento	Costo - efectividad
Avenidas/vías expresas/vías colectoras con doble calzada	Creación, recuperación y mejoramiento	Costo - beneficio
Puentes/viaductos	Puente vehicular en un proyecto vial (evaluación integral)	Costo - beneficio
	Puente vehicular	Costo - beneficio
	Puente peatonal	Costo - efectividad
Intersecciones A nivel/desnivel	Creación, recuperación y mejoramiento	Costo - beneficio
Veredas/vías peatonales/bermas	Sin intersecciones en la calzada	Costo - efectividad
Equipamiento intersecciones	Sin intersecciones en la calzada	Costo - beneficio

Fuente: Equipo Técnico

4. Modelos de simulación

a. Modelos de demanda

- Modelos de microsimulación

Son modelos que permiten simular el tráfico vehicular en la red vial de una parte de la ciudad, un eje vial o una intersección. Comprende aspectos de la ingeniería del tránsito (capacidad vial, sincronización y planes semafóricos, sistemas de gestión de tránsito, etc), obteniéndose información sobre los niveles de servicio en cada componente vial y en algunos casos el consumo de recursos de operación vehicular.

Estos modelos son empleados para proyectos no estructurantes, es decir, proyectos puntuales o ejes viales que tienen poco impacto en las reasignaciones de flujos vehiculares en la malla vial.

- **Modelos de macrosimulación**

Estos modelos simulan el comportamiento de un sistema de transporte urbano. Permite modelar las interacciones entre la demanda y la oferta, y solucionarlas simultáneamente para obtener el patrón de flujos en la red y un conjunto de niveles de servicio consistentes. Estos modelos pueden representar más de un tipo de tránsito y las interacciones entre estos.

b. Modelos para estimar beneficios sociales

Los modelos de simulación para propósitos de estimar el consumo de recursos operacionales de vehículos y tiempos de viaje, velocidades de operación, o incluso el deterioro de pavimentos debido al flujo vehicular, son utilizados para obtener los beneficios sociales de un proyecto y con ello permitir su evaluación económica.

En el caso que se utilice el modelo HDM VOC del Banco Mundial, debe considerarse la tipología vehicular representativa del área de estudio. Puede también utilizarse el modelo HDM IV, pero considerando congestión para representar el caso de vehículos en flujo interrumpido.

Las tablas de COV del Ministerio de Transportes y Comunicaciones no pueden utilizarse para evaluar proyectos de vías urbanas, ya que en su cálculo se utiliza características geométricas y condiciones ambientales de las carreteras del país, así como velocidades promedios de flujo libre. Uno de los principales efectos de los proyectos viales urbanos es la mejora en la velocidad del tráfico vehicular. Los cuadros COV del MTC no consideran esta variable como dato de entrada.

El uso de estos modelos deberá ser de aplicación al desarrollo de proyectos cuyas vías cumplan la función de estructurantes dentro de la red vial urbana y que originan reasignaciones de flujos vehiculares importantes; mientras que para las vías no estructurantes, a nivel de perfil, no será necesario el uso de estos modelos. En general su uso y aplicación está dirigido a estudios de pre inversión cuyo nivel de estudio sea la factibilidad; con excepción de las vías estructurantes.



1 Aspectos Generales





Módulo 1

Aspectos Generales

1.1. Nombre del proyecto

Definición del nombre del proyecto

Para definir la denominación del proyecto debe considerarse, por lo menos, la siguiente información:

- La naturaleza o tipo de intervención, vinculada con las acciones principales que el proyecto ejecutará. Deberá mencionarse si se trata de una creación, ampliación, recuperación y/o mejoramiento.
- La identificación del objeto o infraestructura sobre el que se va a intervenir con el proyecto. Se debe indicar, si es una avenida, calle o jirón.
- La localización del proyecto. En el caso de vías urbanas es común señalar las denominaciones de las avenidas o calles, así como las cuadras a ser intervenidas.

El nombre del proyecto mostrará información a las interrogantes siguientes:

Naturaleza de intervención	Objeto de la intervención	Localización de la intervención
Mejoramiento	de la avenida	Ramón Castilla, distrito de X, provincia Y, departamento Z
Creación	del intercambio	Av. Colonial/Av. Faucett, distrito de X, Provincia Y, departamento Z
Recuperación	del óvalo	Centenario, distrito de X, provincia Y, departamento Z
Creación	del puente	Atumpampa, distrito de X, provincia Y, departamento Z

Localización del Proyecto

Se deberá incluir mapas generales y croquis de macro y micro localización del proyecto, debiéndose georeferenciar con coordenadas UTM WGS 84, los puntos de inicio y punto final de la vía a intervenir. Además se señalará el código de ubigeo (de existir dicho código) de las localidades consideradas dentro el área de influencia del proyecto.

En la presente ilustración se muestra la macro localización y micro localización de un proyecto:

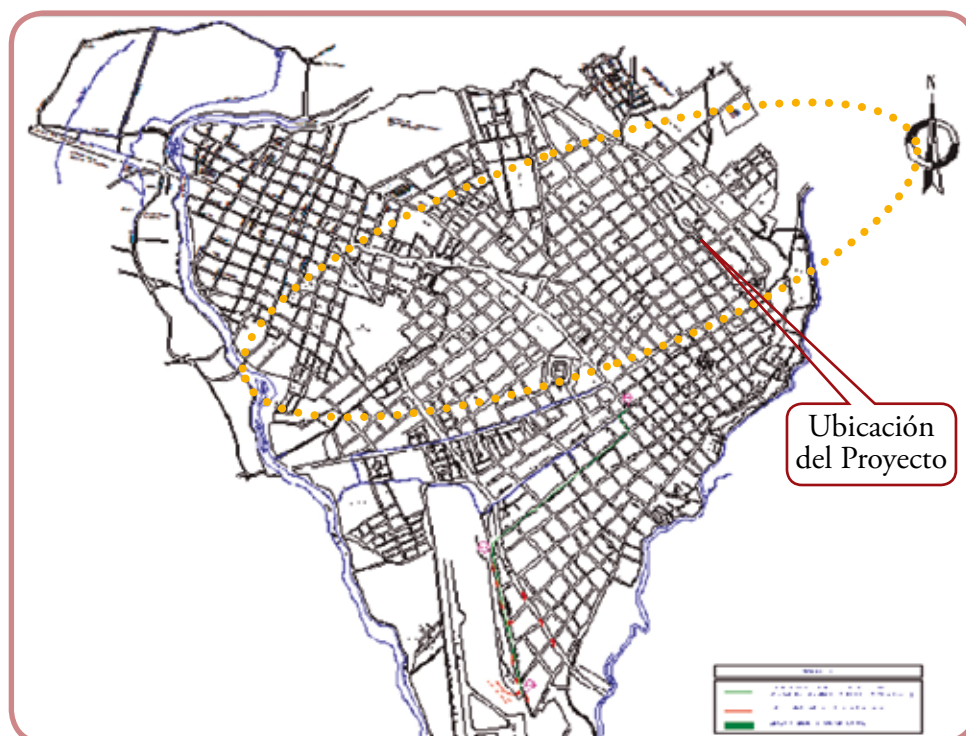
Ubicación Política:

Departamento	:	San Martín
Provincia	:	San Martín
Distrito	:	Tarapoto
Zona	:	Urbana
Sector	:	Huayco
Ubicación	:	Jr. Martínez de Compañón Cuadras 07 al 13, en el distrito de Tarapoto.
Código ubigeo	:	220901

Ilustración 1.1: Mapa de Ubicación del PIP



Ilustración 1.2: Micro Localización del Proyecto



1.2. Institucionalidad

En esta tarea se deben considerar los órganos conformantes del SNIP por cada fase de un PIP:

- a. **Preinversión:** en esta fase se debe identificar claramente la unidad formuladora, señalando el nombre de la unidad responsable para la elaboración del estudio de preinversión a nivel perfil, asimismo se debe señalar los datos del Funcionario responsable de la unidad formuladora y su cargo dentro de ella. También el nombre de la persona responsable de la elaboración del estudio.
- b. **Inversión:** Se debe identificar a la unidad ejecutora, señalando el nombre de la unidad propuesta para la ejecución del proyecto, datos de contacto del responsable de la unidad ejecutora, para el caso de existir dos o más unidades ejecutoras, se deberá establecer el área técnica designada de la entidad que se encargará de gerenciar, coordinar y/o ejecutar los aspectos técnicos del PIP.



Tener presente que en esta sección solo se indicará datos de la UE y las competencias y capacidades técnica operativa de la unidad ejecutora se sustentará y desarrollará en el ítem gestión del proyecto.

- c. **Post inversión:** Identificar a la entidad que se encargará de la operación y mantenimiento.

Los datos a considerar son: nombre de la entidad u órgano, del responsable e información de contacto.

1.2.1. Unidad Formuladora - UF

Es el área responsable de la elaboración del estudio de pre inversión, el cual debe estar debidamente registrado en el banco de proyectos del SNIP y contar con las competencias legales pertinentes para formular el estudio de pre inversión.

De cumplir con lo mencionado líneas arriba, la UF elaborará los estudios de preinversión con su equipo técnico, pudiendo recurrir a la contratación de personas naturales o jurídicas

que se encarguen de alguna parte específica o especializada que requiere el estudio. En este caso, la UF deberá elaborar un plan de trabajo para el desarrollo del estudio y cuando corresponda, los términos de referencia para la contratación de terceros que complementarán al equipo de la UF.

En caso que la UF no cuente con la capacidad suficiente, esta puede contratar a terceros (persona natural o jurídica) para la elaboración de la totalidad del estudio de pre inversión, debiendo preparar para ello los términos de referencia correspondientes.

La UF tiene la responsabilidad de verificar la calidad del estudio de preinversión, sea este elaborado por contrata o directamente, debiendo prever en el primer caso su supervisión y aprobación interna antes de remitirla a la OPI para la evaluación del PIP.

1.2.2. Unidad Ejecutora - UE

Es el órgano o dependencia de la entidad definida como tal en la normatividad de Presupuesto del sector público, registrado ante la Dirección General de Presupuesto Público (DGPP). La UE se encarga de la ejecución del PIP, debiéndose consignar el nombre del responsable de la UE, o responsables de las distintas UE, en caso más de una tenga a su cargo parte de la ejecución del PIP.

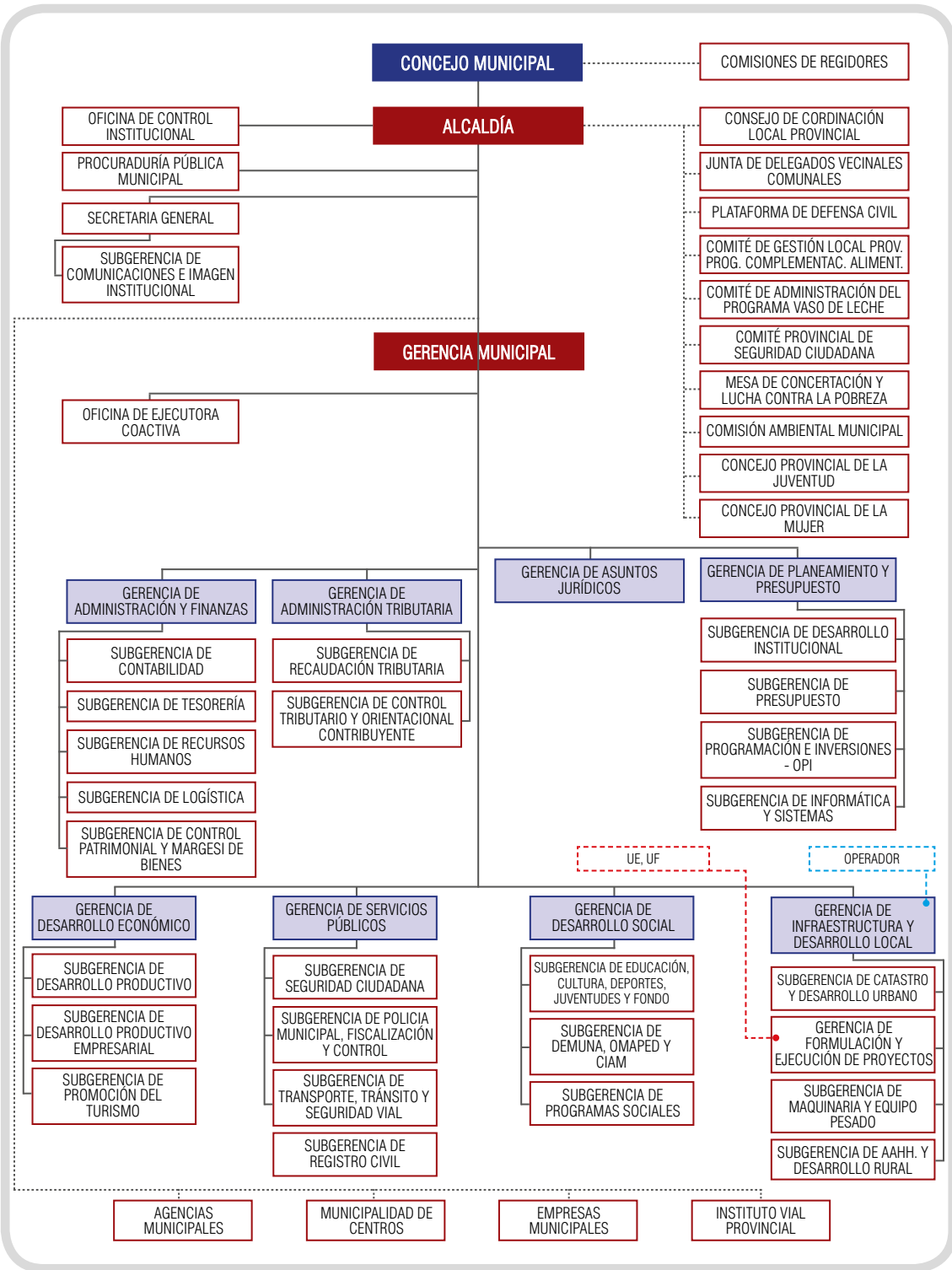
El nombre propuesto de la UE, debe estar sustentado en el ítem 4.9. de esta Guía, el cual corresponde a “Implementación y Gestión del Proyecto”. Entre las variables a analizar se encuentran las relacionadas a la capacidad técnica y operativa, y a la competencia para la ejecución del PIP.

De otro lado, para la ejecución del proyecto, en algunos casos puede ser necesario considerar un área técnica designada por la entidad, que se encargue de apoyar la ejecución del mismo. En caso de existir componentes que requieran de diferentes áreas técnicas para su ejecución, es necesario precisar cada una de ellas, incluyendo sus responsabilidades.

Asimismo, para la fase de postinversión, es necesario identificar al Operador que se encargará de la operación y mantenimiento del PIP, pudiendo ser la misma unidad ejecutora u otra área de la entidad, de acuerdo a sus competencias. Esta función también puede ser desempeñada por otra entidad, con cargo a demostrar su suficiencia técnica y competencia.

A continuación se presenta el organigrama de un gobierno local, en el que se determina la UE, UF y el operador:

Gráfica 1.1: Organigrama Estructural



1.3. Marco de referencia

En la presente tarea se debe presentar antecedentes e hitos relevantes del PIP y se debe sustentar la pertinencia del PIP incluyendo los siguientes puntos:

- Un breve resumen de los antecedentes del proyecto.
- Una breve descripción del proyecto y de la manera cómo este se enmarca en los lineamientos de la política sectorial funcional.
- La compatibilidad del proyecto con el plan de desarrollo urbano local concertado (Gobiernos Locales).
- Señalar con qué instrumento (legal o de gestión) se ha asignado la prioridad al PIP.



Tener en cuenta que el desarrollo del presente ítem, deberá ser de una forma progresiva, ya que es necesario tomar información de los demás módulos como la identificación y la formulación para determinar la pertinencia del proyecto.

1.3.1. Antecedentes e Hitos Relevantes del PIP

En esta sección se debe identificar los principales antecedentes que originan la necesidad de formular y ejecutar el proyecto. Por ejemplo, intervenciones anteriores que la vía ha tenido para resolver el problema y que no logró el objetivo; razones por la que no se logró solucionar el problema con dichas intervenciones, con el fin de que en el perfil se puedan considerar acciones que reduzcan el riesgo de volver a repetir dichas experiencias.

Lo que se pretende es determinar los hitos históricos más relevantes sobre su evolución, es decir, eventos importantes a lo largo de los años en la vía, (por ejemplo, fallas en el sistema de drenaje, hundimientos por fallas en el suelo o cualquier otro agente, entre otros) estos nos permitirán determinar acciones para mitigar el riesgo y cumplir con el objetivo del proyecto.

Se deberá adjuntar imágenes de la situación actual de la vía y el pasado reciente, con el fin de mostrar las condiciones en que la vía ha venido brindando el servicio.

Elaborar un cuadro en la que se determinen las actividades y eventos que han ocurrido en la vía, en una forma cronológica hasta la fecha actual.

1.3.2. Compatibilidad del proyecto con lineamientos y planes

La pertinencia del proyecto trata de determinar que el objetivo del proyecto llegue a cumplirse, por lo que estos deben guardar directamente una relación en:

- a. Solucionar el problema planteado.
- b. Verificar si el Proyecto se enmarca dentro las competencias de las entidades involucradas.
- c. Las políticas del estado y determinar si es competencia del estado intervenir en el proyecto.
- d. Relación de las alternativas planteadas, con las normas sectoriales, en este caso con las normas emitidas por el ente rector (MVCS).

Un adecuado análisis de la pertinencia del proyecto implica tener en cuenta lo indicado en la Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública a nivel de Perfil.

Paso a. Revisión de las normas y las políticas

Deberás identificar todas las normas, los instrumentos de gestión (planes de desarrollo concertado, planes de ordenamiento territorial, planes de gestión del riesgo de los que se disponga), las políticas de ámbito nacional, sectorial-funcional, regional y local que consideres que se relacionan con el proyecto, y precisar los artículos, los objetivos, los lineamientos y otros aspectos asociados.

Paso b. Revisión de la pertinencia del proyecto

Para saber si un PIP es pertinente tendrás que preguntarte si:

- * **¿El PIP resuelve el problema de los potenciales beneficiarios (afectados por el problema)?**

Un PIP resolverá un problema si:

1. Se incluyen acciones para intervenir en todas las causas indirectas del último nivel, con independencia de quien las ejecuta y/o financia.
2. Las acciones que se han planteado en cada medio fundamental tienen la capacidad, de manera individual o en conjunto con otras, de concretar el medio, son factibles de ejecutarse y consideran las características, intereses y expectativas de los afectados por el problema.

3. Se generará bienestar social a los usuarios.
Una vez que hayas planteado el proyecto y sus alternativas de solución verifica si con éste se resolverá el problema. De concluirse que no se resuelve el problema, revisa nuevamente los medios y las acciones que se consideran y efectúa los ajustes correspondientes.

* **La solución del problema es competencia del Estado**

El Estado será competente para resolver un problema cuando:

1. Se relaciona con el acceso de la población a bienes y servicios públicos, siendo una vía urbana que se encuentra dentro del casco urbano, ésta se vuelve competencia del estado, la solución del problema.
2. Se presentan fallas de mercado por las cuales el sector privado no interviene, como en el caso de brindar servicios para construcción y mantenimiento en determinados zonas que generan la adquisición de maquinaria y equipos pesados por parte de algunos gobiernos regionales o locales.

Si la solución del problema no es competencia del Estado, la propuesta no sería un PIP.

* **La(s) entidad(es) que promueve(n) el proyecto tiene(n) competencia para formularlo y/o ejecutarlo.**

Una entidad será competente para formular o ejecutar el proyecto si:

1. Se le han otorgado competencias exclusivas o compartidas en determinada materia o función, de acuerdo a ley, por ejemplo la Ley Orgánica de Municipalidades o la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.
2. Existe un convenio firmado entre la entidad que tiene competencia y aquella que formulará, y/o evaluará y/o ejecutará un proyecto en el marco de lo que la ley permita.

Revisa si la entidad tiene competencia exclusiva o compartida en la prestación del servicio sobre el cual se intervendrá con el proyecto; de no ser así, verifica que exista un convenio.

Si la entidad no es competente, no corresponde que se plantee el proyecto.

*** En el planteamiento del proyecto se toman en cuenta las políticas de desarrollo y los instrumentos de gestión de los tres niveles de gobierno.**

La ejecución de un PIP debe coadyuvar a cumplir las políticas y los instrumentos de gestión de los gobiernos en sus diferentes niveles (nacional, regional y local). Por tanto, es necesario analizar la consistencia de los objetivos, los medios y las acciones del PIP con:

1. Los lineamientos de política.
2. Los planes, los programas y los presupuestos.
3. Las normas vigentes, entre otros aspectos.

Constatar que el PIP sea consistente y se enmarque dentro de los lineamientos de política sectorial-funcional, los planes de desarrollo concertados, el programa multianual de inversión pública, los programas presupuestales estratégicos, el presupuesto participativo y los planes de ordenamiento territorial. De igual forma, debe comprobarse que esté dentro de las competencias del Estado y de la entidad; así como considerar el contexto internacional, nacional, regional y local.

En relación con los lineamientos de política, debes constatar que el proyecto esté en armonía con las políticas vigentes, sea en la escala nacional-sectorial como en la regional y/o local. Estos lineamientos pueden encontrarse en los documentos oficiales disponibles, sean impresos o virtuales.

Asimismo, debes verificar que el proyecto esté de acuerdo con lo expresado en los diversos planes, programas y presupuestos que se formulan en las distintas instancias de gobierno, como planes estratégicos, planes institucionales, planes de desarrollo concertado, planes de ordenamiento territorial, programas multianuales de inversión pública, programas presupuestales estratégicos y presupuestos participativos.

También, analiza y considera las políticas y los planes referidos a la gestión del riesgo de desastre (GdR) y la adaptación al cambio climático (ACC) que tienen relación con el PIP. La presentación de aquellas políticas, planes y normas de mayor importancia que respaldan la formulación y la ejecución del proyecto y que no se contravienen con este, deben confirmar claramente su pertinencia.

*** El diseño técnico del proyecto se enmarca dentro de las correspondientes normas técnicas sectoriales**

Para el diseño técnico de los proyectos, el sector emite normas y parámetros que deben considerarse cuando se elaboran los estudios de preinversión. Por ejemplo,

el MTC publica normas y manuales, los cuales se deberá tener en cuenta para los planteamientos de la solución al problema.

Paso c. Elaboración de la matriz de consistencia

Resumiendo esta sección se debe presentar los resultados del análisis en una matriz donde se aprecien:

1. Normas, políticas e instrumentos de gestión, entre otros, que sirven de marco al proyecto;
2. El sustento de la consistencia de este.

En el cuadro siguiente te mostramos un ejemplo de la matriz de consistencia.

Cuadro 1.1: Matriz de Consistencia

Objetivo	Adecuadas condiciones de circulación vehicular en la avenida Libertadores	
Componente 1	Vía en buen estado y suficiente capacidad vial	
Componente 2	Reducción del riesgo en la vía	
Componente 3	Existencia de paraderos de transporte público	
Componente 4	Existencia de señalización (Horizontal y vertical) y semaforización	
Componente 5	Existencia de programas para capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía	
Instrumentos	Lineamientos Asociados	Consistencia del proyecto
Plan de desarrollo concertado Provincial	Eje de desarrollo social: la provincia de San Martín articulará con vías principales y colectoras la ciudad y sus anexos asimismo establecerá terminales terrestres y modernos estratégicamente ubicados.	El proyecto tiene como objetivo el mejoramiento de la vía con el fin de brindar transitabilidad y es compatible con el PDCP.
Sector: Objetivos Específicos	Desarrollar y consolidar el sistema urbano-territorial, mediante la formulación, aplicación y seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo Urbano.	El objetivo del proyecto es concordante con el objetivo estratégico del sector.
Manuales del sector transportes (Manual de Carreteras :Diseño Geométrico (DG-2013)	Especifica los tipos de tratamiento en la superficie de rodadura de acuerdo a la demanda	La alternativa planteada en el proyecto es compatible el manual de diseño geométrico (DG-2013).





2 Identificación







Módulo 2

Identificación

El objetivo de este segundo módulo es brindar lineamientos generales sobre el proceso de identificación de proyectos.

En general, todo proyecto está relacionado con la atención de un problema o la atención de una necesidad, por lo que la primera tarea dentro del proceso de identificación de proyectos parte de un adecuado ***diagnóstico de la situación actual***, para luego identificar ***el problema central y determinar las causas y efectos del problema central***; con ello se busca obtener una especie de ‘mapa del problema’ que permita visualizar la situación negativa asociada al problema central.

Asimismo en este módulo, se debe abordar el problema central, así como sus causas y efectos desde una situación inversa, para luego desde una situación positiva asociada a la superación de dicha situación, determinar claramente los ***medios, objetivos y fines relacionados*** con la solución del problema central.

Otra tarea que se realiza, es ***buscar soluciones y plantear alternativas*** al problema central, tomando como base el diagnóstico y como resultado de esta tarea se obtendrán las posibles alternativas o proyectos a ser considerados en la formulación y evaluación posterior.

Es importante mencionar también que previamente al desarrollo de las tareas propuestas en el presente módulo, es necesario recolectar la información disponible sobre el problema y de las posibles acciones que puedan tomarse para su solución. Para ello es muy importante realizar visitas de campo con los especialistas que participan en la elaboración del estudio. En general, es necesario que el proyectista cuente con una visión amplia sobre el tema con el fin de contribuir a una elección óptima del proyecto y/o de sus alternativas.

Tener en cuenta que realizar el diagnóstico no solo es tomar información de la situación existente; sino que se debe analizar también las causas que han generado dicha situación, así como determinar prospectivamente, es decir proyectar posibles ocurrencias, en base a una data histórica; Esto no implica que se deje de lado la información actual existente, siendo necesario identificar las características de la vía, del pavimento, capas existentes: tipos y espesores,

CBR de la subrasante, señalización existente, estado de obras de arte, puntos críticos, entre otros. Esta información se tomará del inventario vial el cual se deberá desarrollar siguiendo la metodología considerado por el MTC en el Manual de Inventarios Viales (este estudio se debe adjuntar en anexos del estudio de pre inversión). Esta información es importante ya que además de conocer dichas características servirá como datos de entrada para los casos que se realiza la evaluación social con el software HDM.

2.1. Diagnóstico

El propósito de la presente tarea es elaborar un diagnóstico sobre la problemática actual del transporte en el área urbana a ser intervenida por el proyecto. Se deben analizar aspectos de la calidad y confiabilidad del servicio del transporte y sus limitaciones. En general un diagnóstico debe incluir los siguientes puntos:

- Área de estudio y Área de influencia del PIP.
- La unidad productora de servicios (UP) en los que intervendrá el PIP.
- Los involucrados del PIP.

Para desarrollar la presente tarea, es necesario previamente realizar la recopilación de información disponible referente a la vía a intervenir y efectuar visitas ‘in situ’ con el fin de realizar entrevistas con los usuarios del sistema de transporte urbano, la población afectada y grupos involucrados. Es necesario tomar en cuenta el punto de vista particular de los usuarios de la vía (pasajeros y operadores de transporte) ya que ellos enfrentan directamente las limitaciones del sistema de transporte.

Tener en cuenta que realizar un diagnóstico implica un análisis integral, ya que no solo es recopilar la información actual y existente, sino realizar un análisis de las acciones que han generado el estado actual de la vía y lo que podría ocurrir. Asimismo se debe realizar un análisis de todo el área de influencia, determinando comportamientos externos en el aspecto socioeconómico.

Tener en cuenta que realizar un diagnóstico implica un análisis integral, ya que no solo es recopilar la información actual y existente, sino realizar un análisis de las acciones que han generado el estado actual de la vía y lo que podría ocurrir. Asimismo se debe realizar un análisis de todo el área de influencia, determinando comportamientos externos en el aspecto socioeconómico.



2.1.1. Área de estudio y el área de influencia del PIP

Se deberá delimitar el área de estudio y área de influencia del proyecto y que son afectados por el problema central, la que puede ser definida de acuerdo a la demarcación política, áreas urbanas específicas, vías estructurantes o no, etc. Esta delimitación deberá estar efectuada en base al análisis del sistema de transportes, es decir, teniendo en cuenta las vías adyacentes que serán afectadas por reasignaciones de tráfico.

Se debe tener cuidado al definir el área y la población afectada, porque el problema puede en realidad afectar sólo a algunas zonas del área definida o sólo a un grupo de pobladores.

En la presente guía se considera al área de estudio igual al área de influencia del proyecto, por su naturaleza misma, ya que siendo un proyecto vial urbano su infraestructura se emplaza en una zona o tramo que se encuentra dentro del área de influencia, no existiendo otra área fuera del mismo que requiera el análisis respectivo y estando el área de influencia inmerso en el área de estudio, esta coincide en ser la misma.

Para nuestro caso podría sugerirse como área de estudio o área de influencia del proyecto una cuadra adyacente a la vía, por ambos márgenes, asimismo este espacio es en donde podrían dar los impactos referidos a las actividades económicas, para una mejor comprensión se indica los conceptos de ambos a continuación:

Área de estudio

Se entenderá por área de estudio al espacio físico en el cual se emplaza la infraestructura actualmente existente del objeto del estudio, las nuevas obras que involucra la situación con proyecto y el área donde se ubican los beneficiarios del PIP, es decir el área donde se dan los impactos por el proyecto.

Área de influencia del proyecto

Es el área donde se analizan los impactos y corresponde al área geográfica que será servida, influenciada o modificada por el proyecto, en otras palabras, corresponderá a aquella área donde se espera que se produzcan los impactos asociados al proyecto.

El análisis del área de influencia del proyecto se puede abordar de dos maneras y son complementarias:

- **Análisis del sistema de transporte**

Considerando los aspectos relativos al sistema de transporte, el proceso de definición del área de influencia del proyecto, consiste en establecer cuál será la infraestructura de transporte que será afectada por el proyecto, es decir, por posibles reasignaciones de flujos vehiculares derivados de la generación de nuevos itinerarios o por el mejoramiento de algunos existentes, o bien por incrementos en los volúmenes actuales derivados de flujos vehiculares generados o inducidos por el proyecto. Luego se procede a identificar espacialmente dicha infraestructura mediante los mapas respectivos. Para fines prácticos, dicha red identificada constituirá la red vial relevante de análisis.

- **Análisis del sistema económico**

En este caso, se consideran los aspectos relativos al sistema económico relacionados con el transporte. El proceso de definición de la zona de análisis de los impactos, se puede facilitar mediante la generación de una serie de mapas que contenga la distribución espacial de las áreas a las cuales se les está mejorando sus condiciones de acceso, identificando en ellas las actividades o usos de suelo característicos. El límite del área de influencia se puede establecer a partir de aspectos geográficos límites de división política, áreas urbanas específicas, etc.

Los mapas resultantes del análisis del sistema de transporte y del sistema económico, se superponen para delimitar con propiedad la zona de influencia del proyecto según las envolventes de los límites establecidos en ambos casos.

Zonificación del área de influencia del proyecto

El área de influencia de un proyecto está conformada por el área donde se realiza el análisis de los impactos. En algunos casos será necesario zonificar dicha área de influencia con el fin de realizar una mejor caracterización del sistema de transporte y sistema económico.

La zonificación del área de influencia, deberá ser realizada en proyectos que consideren reasignaciones de flujos vehiculares.

La cantidad y tamaño de las zonas a considerar en cada etapa, deberá ser establecida por el formulador, considerando la demanda y las características del proyecto.

Luego de definirse los límites del área de influencia del proyecto, se procede a dividir dicha área en zonas que permitan conocer el comportamiento del sistema económico y establecer una adecuada relación con el sistema de transporte bajo análisis.

Generalmente se pretende que dichas zonas sean internamente homogéneas, sin embargo no siempre es así. En efecto, generalmente, existe un conjunto de unidades básicas de la división político-administrativa asociada al área en cuestión que condicionan fuertemente el proceso de zonificación (división distrital, división de zonas censales); estando por lo general, todos los sistemas de información sobre actividades económicas y demografía compatibilizados con dicha delimitación, en todo caso, siempre es necesario hacer una revisión cuidadosa de la zonificación planteada, con el fin de asegurarnos que cumplan con los criterios indicados.

Es conveniente también, cuando proceda, identificar explícitamente el o los generadores de viajes que existan al interior de la unidad mínima zonal. Así, es posible identificar orígenes o destinos específicos, tales como aeropuertos, puertos, terminales, centros comerciales, universidades, etc. Esta información permitirá, entre otros análisis, diferenciar claramente el efecto del foco generador, del resto de la unidad zonal.

En cuanto a la zonificación de área externa al área de influencia del proyecto, por lo general para efectos de análisis, se realiza en forma muy agregada, pero siempre tomando en cuenta la necesidad de representar convenientemente el flujo de tráfico entre dichas áreas.

Para fines de presentación el formulador podrá emplear una codificación simplificada al respecto.

En este ítem también es necesario considerar lo siguiente:

a. Descripción de la situación actual en el área de influencia del PIP

Se debe indicar aspectos referentes a la movilidad de la población, infraestructura disponible de transporte, empresas de transporte que operan en la zona, rutas de transporte, etc.

En general el diagnóstico tiene la función de identificar problemas y definir su gravedad, los cuales están fundamentados con estudios de campo, lo que garantiza contar con información de primera mano para el análisis. Los siguientes tipos de diagnósticos pueden ser realizados para tal efecto:

- Diagnóstico del sistema de transportes

En este caso el diagnóstico consiste en una descripción de las características y problemática del sistema de transporte en un área específica. Comprende la descripción y análisis de la demanda vial, es decir las características de la demanda en términos de volumen y tipología. Esto se obtiene a través de aforos vehiculares en puntos definidos y tomando los formatos que el MTC establece para los conteos vehiculares. También

debemos analizar la estructura espacial y temporal que es un análisis de los cambios ocurridos en el área de influencia como consecuencia del crecimiento de la demanda, dichos cambios pueden darse en el aspecto económico, social y en la demanda todo ello generado por un sistema económico, que hacen que la demanda se incremente y por ende el área de influencia tenga mayores movimientos económicos.

Otro aspecto a analizar es la partición modal, que viene a ser la forma cómo se reparten los viajes diarios en los diferentes modos de transporte, es decir de acuerdo a un adecuado aforo se tendrá la tipología de vehículos que transitan por la vía y en qué porcentaje, pudiendo además determinar qué porcentaje de la población hace uso de cada tipo de vehículo.

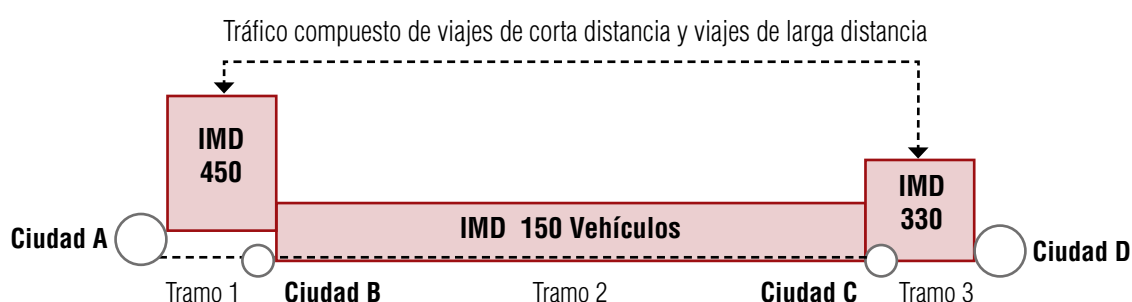
Dentro del diagnóstico también se debe analizar e identificar las deficiencias en infraestructura vial o de servicios de transporte, etc.

- **Diagnósticos de Infraestructura Vial**

En términos generales, este diagnóstico es un análisis crítico de las características físicas, funcionales y estado actual de la infraestructura vial, estableciendo su grado de coherencia con el estándar que le corresponde, es decir que el tipo de pavimento de la vía debe ser coherente con la demanda en la vía, los estándares que corresponden según la demanda están establecidas en el Manual de Diseño de Carreteras (DG-2013). También implica la verificación de la homogeneidad del diseño de la infraestructura en función de las variaciones que experimenta la demanda a lo largo de su desarrollo y de las distintas situaciones y restricciones que impone el espacio disponible y las actividades localizadas en su entorno, ya que al establecer los aforos en las vías, estas nos determinarán el tipo de intervención en los tramos, según su demanda.

Por ejemplo, en el gráfico se puede mostrar que existen 3 tramos con demandas diferentes y que corresponden alternativas de solución diferentes:

Gráfica 2.1: Niveles de tráfico



- Diagnósticos de seguridad vial

La ocurrencia de accidentes debe ser considerada en la detección de problemas y en la definición del tipo de solución que se adoptará. Por ello, a partir de la información que se recoja al respecto, se establecen los lugares de mayor ocurrencia de accidentes (puntos negros) y se analiza la tipología de los accidentes más recurrentes. Se identifican además puntos singulares en los cuales existen situaciones de riesgo, aunque no se hayan producido accidentes en el pasado reciente; por ejemplo, señalización de cruce ubicada inadecuadamente, falta de defensas metálicas en curvas pronunciadas, etc.

- Diagnóstico ambiental

En este caso el diagnóstico establece los factores de carácter ambiental que deberán considerarse, de manera que las acciones que se propongan, constituyan no sólo un mejoramiento de la infraestructura vial, sino también una contribución al mejoramiento ambiental del área del proyecto.

Asimismo, es posible recurrir a consultas directas a la población o a los usuarios para detectar problemas o necesidades insatisfechas referidas al transporte. De igual manera se debe consultar la opinión de especialistas y de estudiosos del sector.

b. Identificación de Peligros

El diagnóstico del área de influencia del proyecto nos debe permitir también el conocimiento de los peligros existentes, en particular aquellos que pudiesen impactar en la infraestructura del transporte existente o en el proyecto, tales como puntos críticos en la vía (erosión de la vía, inestabilidad de taludes, inundación, tsunami, asentamiento de suelos, etc.) Igualmente, nos debe posibilitar conocer los recursos naturales o construidos, que pueden afectarse con el proyecto. Esta información deberá estar registrada en el inventario vial que se realiza a la vía que se pretende intervenir.

Los peligros son eventos que tienen la probabilidad de ocurrir y el potencial de hacer daño. Se pueden clasificar en:

- **Peligros naturales:** son aquellos asociados a fenómenos meteorológicos, oceanográficos, geotectónicos, biológicos, de carácter extremo o fuera de lo normal (sismos, inundaciones, huaycos, etc.).
- **Peligros socioculturales:** aquellos generados por una inadecuada relación hombre-naturaleza (deslizamientos, desbordes de ríos, etc.).

- **Peligros antrópicos:** aquellos generados por los procesos de modernización, industrialización (derrames de sustancias peligrosas, contaminación del agua, etc.).

En este contexto, los peligros naturales pueden afectar a la vía y sus componentes: plataforma, taludes de corte o de relleno, drenaje menor, drenaje mayor, obras de arte, carpeta de rodadura y a los puentes.

Para poder definir si el proyecto está o estará ubicado en un área de probable impacto de un peligro, primero hay que conocer si existen peligros en el área de influencia o área de estudio y cuáles son sus características.

El análisis de peligros es un proceso mediante el cual se determina:

Si es que un peligro podría impactar sobre la unidad productora existente o sobre el proyecto, durante su vida útil.

Cuáles son las características de los peligros, tales como la severidad (intensidad), la recurrencia (cada cuánto tiempo se repite), el área de impacto, entre otros.

Para realizar el análisis de peligros se usa información de fuentes secundarias y primarias tales como:

- Conocimiento local
- Estudios y documentos técnicos
- Planes de ordenamiento territorial
- Estudios de Microzonificación sísmica
- Mapas de Peligros y vulnerabilidad
- Otros

Sobre la base de la información se elaborará un plano de peligros, así como los escenarios a futuro respecto a la ocurrencia de peligros en el horizonte de vida útil del proyecto (cuándo, dónde, características, etc.).

Ilustración 2.1: Plano de Peligros



c. Análisis de peligros y riesgo de desastres en el área de estudio

El análisis de peligros es un proceso mediante el cual se determina:

- El análisis de los peligros más relevantes a los que está expuesta la vía durante su vida útil. Se debe considerar las características de los peligros tales como la severidad (intensidad), la resiliencia (cada cuánto tiempo se repite), el área de impacto, entre otros.
- El análisis de vulnerabilidad de la vía existente o del proyecto frente a los peligros relevantes identificados previamente, considerando los factores de exposición, fragilidad (evalúa si el diseño técnico permitirá resistir el probable impacto del peligro) y resiliencia (evalúa la capacidad de asimilar el probable impacto del peligro (atención de emergencia) y recuperarse de este (recuperación)).
- El análisis de los probables daños o pérdidas que ocasionará el impacto de los peligros identificados en la vía que previamente ha sido definida como vulnerable.

Si se ha definido que hay riesgos de desastres en la vía existente o proyecto, el siguiente paso será el planteamiento de medidas de reducción de riesgo de desastres.

Cuadro 2.1: Análisis de Tramos Críticos en la vía

N°	Cuadras		Margen	Peligro	Vulnerabilidad
	De	A			
1	C-1	C-1	I	Asentamiento del suelo	Alta
2	C-10	C-11	D	Derrumbes	Media
3	C-12	C-18	D	Inundación por tsunami	Alta
4	C-25	C-25	I	Asentamiento del suelo	Alta

2.1.2. La Unidad Productora de servicios (UP) en los que intervendrá el PIP

En caso exista la infraestructura de transporte sobre la cual se pretende intervenir con el PIP, el diagnóstico deberá enfocarse en entender las condiciones actuales bajo las que se viene prestando el servicio público, las causas que han determinado la situación actual, así como la forma cómo estas afectan a la población usuaria en la satisfacción de una necesidad específica.

El diagnóstico del servicio debe apoyar la identificación de las causas que generan el problema, la estimación de la oferta actual, la optimización de la oferta, el análisis del riesgo de desastres, el análisis del impacto ambiental, etc.

Se debe precisar también las condiciones actuales de la infraestructura de transporte a analizar, la calidad del servicio de transporte que origina referido a temas de transitabilidad, accesibilidad, limitaciones y confiabilidad del servicio, disponibilidad de transporte público, tiempos de viaje, accidentes, tarifas, etc. Asimismo, de cómo el nivel de servicio prestado afecta las actividades productivas, económicas y sociales del área de influencia del proyecto.

El análisis debe ser complementado con los siguientes aspectos:

- La evolución en la capacidad del servicio producido. Si hubiese períodos en los que ha disminuido o que se ha incrementado fuertemente, averiguar las causas.
- La calidad de servicio producido. Si no cumpliera con los estándares establecidos, averiguar por qué.
- El servicio prestado por los operadores del transporte. Tipos de servicios, costo del transporte, tiempos de viaje y tarifas si es que hubiera peajes.
- Los procesos de prestación del servicio. Es importante identificar los problemas que pudiesen haber y las causas de estos.
- Los recursos empleados.

- Las políticas y prácticas de mantenimiento de la infraestructura, los equipos, ambientes, etc.
- La organización y la gestión de la infraestructura por el ente competente, aplicación de instrumentos de gestión, procedimientos, protocolos, etc.
- Los riesgos de desastres para la infraestructura.
- Los impactos que se puede estar generando en el ambiente.

Si el servicio no se viene prestando actualmente, se deberá analizar la necesidad de la población afectada que no está siendo satisfecha, porque el servicio no es ofertado o la forma cómo actualmente el potencial usuario se provee con un suministro alternativo.

En este ítem también es necesario realizar el análisis del riesgo de desastres de la unidad productora, que se pretende intervenir, debiéndose considerar lo siguiente:

- a. El análisis de los peligros más relevantes a los que está expuesta la unidad productora. Para ello es necesario identificar los peligros existentes, al momento que se realiza el diagnóstico y que podrían afectar a la infraestructura vial tales como derrumbes hundimientos, erosión (si fuera el caso), inundación por tsunamis, etc.
- b. El análisis de vulnerabilidad de la unidad productora frente a los peligros que en el diagnóstico se ha identificado y cómo reaccionaría ante un posible desastre. Para ello es necesario analizar los factores de exposición, fragilidad y resiliencia.
- c. El análisis de los probables daños y pérdidas, en caso de que el peligro identificado genere un impacto en la vía; por ejemplo si la vía se encuentra al margen de un río, esta podría tener efectos que comprometan el servicio a brindar por la vía o en caso que la vía cruce por zonas de deslizamientos, etc.

El riesgo de desastres, se define como los daños y pérdidas probables que pueden ocurrir como consecuencia del impacto de un peligro sobre una unidad social vulnerable. La magnitud de los daños y pérdidas dependerá de las características del peligro y el grado de vulnerabilidad.

De ser el caso, el enfoque de gestión de riesgos en un contexto de cambio climático deberá ser incorporado en el proceso de elaboración del diagnóstico.

Respecto a la evaluación del impacto ambiental de la infraestructura existente, se debe analizar si se están generando impactos negativos en el ambiente y cuáles son o serían los probables daños. Generalmente para el caso de vías urbanas, dichos efectos estarían dados en función a la polución de partículas en el aire.

2.1.3. Los involucrados en el PIP

La identificación de los intereses de los distintos grupos involucrados es relevante en el diagnóstico. Se deben consignar los grupos que serán afectados por el proyecto (negativamente o positivamente) y los grupos que pueden afectar los resultados del proyecto. Pueden existir conflictos entre los intereses de grupos distintos, situación que deberá tenerse en cuenta a la hora de plantear las alternativas de solución del problema a fin de disminuir al máximo las tensiones que se pudieran presentar, por ejemplo al no respetar el derecho de vía.

Especial atención tendrá el diagnóstico de la población afectada por el problema y su participación en el proceso; de este grupo se analizará los aspectos demográficos, económicos, sociales, culturales, además de los problemas y efectos que perciben. Sobre esta base se planteará, entre otros: (i) el problema central; (ii) la demanda (iii) las estrategias de provisión de los bienes y servicios.

Asimismo considerar en el diagnóstico los enfoques de género, estilos de vida, costumbres, patrones culturales, condiciones especiales como discapacidad, situaciones de riesgo de desastres o de contaminación ambiental, a efectos de tomarlos en cuenta para el diseño del PIP.

Igualmente, es importante que se analicen los grupos que pueden ser o sentirse afectados con la ejecución del PIP, o podrían oponerse; sobre esta base, se plantearán las medidas para reducir el riesgo de conflictos sociales con tales grupos.

Se debe indicar que son las instituciones están involucradas en el proyecto y la participación de los beneficiarios, consignando los acuerdos y compromisos alcanzados (o que se deberán alcanzar) para la ejecución del proyecto. El análisis de involucrados permite identificar:

- Quiénes son los agentes/grupos relacionados con el problema que se quiere resolver, así como con su solución.
- Cómo perciben el problema.
- Cuáles son sus intereses.

Es importante que la población participe en la elaboración del diagnóstico y colabore con la identificación del problema. Por otra parte, es recomendable que las labores de definición de alternativas, así como la formulación de las mismas, las lleven a cabo técnicos competentes y que se validen posteriormente por los grupos involucrados.

Para efectos prácticos, la matriz de involucrados es una herramienta que sintetiza el diagnóstico de todos los grupos e instituciones o entidades, que se vinculan al proyecto.

Permite organizar:

- La identificación de los grupos involucrados.
- El reconocimiento de los problemas que perciben.
- La visualización de sus intereses.
- La identificación de las estrategias que responden a cada uno de ellos.
- Los acuerdos y compromisos.

Cuadro 2.2: Matriz de Involucrados

Grupo de involucrados	Problema percibido	Intereses o expectativas	Acciones y estrategias	Acuerdos y compromisos
Municipalidad Provincial de San Martín.	Alto deterioro de las vías urbanas en el pavimento y veredas.	Brindar a la población en general las adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tarapoto. Intervenir con la ejecución de proyectos.	Financiar y ejecutar proyectos de infraestructura tanto vehicular y peatonal que permita el mejoramiento del ornato público y la transitabilidad de las calles y avenidas de la ciudad de Tarapoto.	
Gerencia de Infraestructura y Planeamiento Urbano.	Preocupación de la Gestión Municipal respecto a la falta de proyectos referidos a la mejora de la transitabilidad vehicular y peatonal.	Cumplir con lo encomendado por la autoridad municipal como es la elaboración, evaluación y ejecución de proyectos de inversión pública que permita el uso adecuado de los ingresos municipales para obras.	Elaborar estudios de pre inversión, estudios de inversión, monitoreo y supervisión de las obras que ejecuta por encargo de la autoridad local.	
Beneficiarios directos e indirectos.	Inseguridad en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenidas y calles donde viven, y alto costo de mantenimiento de sus bienes inmuebles y muebles.	Contar con calles y pasajes con óptimas condiciones de uso para el peatón y vehículos, así como disminuir el costo del mantenimiento de sus bienes muebles e inmuebles.	Brindar el cuidado necesario para un buen uso y mantenimiento de las calles.	
Comité Provincial de Transporte y Tránsito.	Inseguridad en la ausencia de las normas de tránsito de vehículos menores por las calles de la ciudad.	Brindar las normas que permitan el buen tránsito vehicular por las calles de la ciudad.	Sensibilizar a la población usuaria de vehículos menores mediante el Comité Provincial de Transporte y Tránsito de la Municipalidad de San Martín.	

2.2. Definición del problema y sus causas

En esta tarea se debe definir correctamente el problema central que se intenta solucionar, así como identificar sus causas. Este aspecto es muy importante, porque ello será el punto de partida para identificar los objetivos del proyecto y sus alternativas de solución.

2.2.1. Definir el problema central

Este primer paso consiste en presentar una primera delimitación del problema central que se pretende resolver. Tiende a suceder que muchas veces el problema del proyecto suele expresar como solución a una deficiencia o como una carencia de infraestructura. Por ejemplo, mencionan incorrectamente hace falta construir la vía, avenida o es necesario pavimentar la vía, etc., sin embargo para precisar debidamente el problema, es necesario plantearlo en base a la demanda actual y sus consecuencias.

Es posible tener una aproximación del problema central en función de la identificación de los efectos sobre los usuarios o sobre la población afectada, ya que la demanda existente no cuenta con una adecuada transitabilidad en la vía. Al respecto se debe considerar que el planteamiento del problema en esta etapa debe ser lo suficientemente concreto para facilitar la búsqueda de sus soluciones, pero a la vez, lo suficientemente amplio para permitir una gama de alternativas de solución. Por otro lado, queda a criterio del formulador el determinar si el problema planteado tiene necesariamente como solución llevar a cabo el desarrollo de un proyecto o no. Si existe la posibilidad de resolver el problema solamente con medidas de gestión como, por ejemplo, con la aplicación de actividades de mantenimiento, no se justificaría llevar a cabo el proyecto de inversión.

Para la identificación de problemas se puede seguir alguno de los siguientes procedimientos:

Identificación del problema a través de la comparación de estándares definidos, es decir una comparación de acuerdo a la demanda existente y qué tipo de pavimento le corresponde, según el Manual de Diseño de Carreteras. La inadecuada operación de una infraestructura dada, con respecto a estándares mínimos aceptables, nos brinda indicios sobre la presencia de cierto tipo de problemas que se pueden estar presentando y que es necesario solucionar.

Ejemplo:

La avenida Libertadores presenta problemas de congestión en las horas punta de la mañana, tarde y noche que puede explicar en los siguientes indicadores: cuenta con un carril por sentido, llegándose a tener velocidades promedio de 14 km/h en la hora punta de la mañana. Además, debido a la falta de paraderos, el transporte público se detiene en cualquier lugar, todo lo cual ocasiona altos costos de transporte y pérdidas de horas hombre, contaminación ambiental, accidentes, etc. Cabe señalar que esta vía se encuentra fuera del área central de la ciudad, teniéndose área para adicionar carriles en ambos sentidos.

En base a lo planteado líneas arriba definimos el problema central:

Definición del Problema Central:

Inadecuadas condiciones de circulación vehicular en la Av. Libertadores.

Una vez especificado el problema que se pretende resolver, la siguiente tarea es determinar las causas y efectos relacionados directamente con dicho problema, así se podrá contar con un “mapa” del mismo que permita posteriormente definir consistentemente sus posibles soluciones. Con este propósito se elabora el árbol de causas efectos, que es un mapeo en el que se ubica el problema principal en la parte central del árbol, como el tronco, las causas de dicho problema como sus raíces, y los efectos que se desprenden, como sus ramas.

2.2.1.1. Identificar las causas del problema principal

Una vez especificado el problema que se pretende resolver, la siguiente tarea es determinar las causas relacionadas directamente con dicho problema, así se podrá contar con un ‘mapa’ del mismo que permita posteriormente definir consistentemente sus posibles soluciones.

Para determinar las causas del problema central se debe analizar detalladamente el problema con el fin de identificar las causas críticas que pueden estar influenciando de manera decisiva en el surgimiento del problema. El primer paso en la presente tarea consiste en identificar las causas del problema central. Ello implica repensar el problema con el fin de identificar las causas críticas que pueden estar influyendo de manera decisiva en el surgimiento del problema. Un procedimiento de ayuda para la identificación de causas es el siguiente.

- Elaborar una lista de posibles causas del problema.
- Chequear la lista, eliminando las causas que no sean críticas o que trascienden el ámbito del problema.

Para elaborar dichas causas se pueden realizar técnicas como 'lluvia de ideas' u otras técnicas que permita identificar las posibles causas del problema. Esto consiste en hacer una lista de ellas sin que sea necesario, por el momento, buscar algún orden entre las ideas que surjan. Si tomamos como ejemplo el problema: Inadecuadas condiciones de circulación vehicular en la Av. Libertadores, es posible presentar la lista ideas vinculadas con las posibles causas del mismo.

Posibles causas:

1. Falta de recursos financieros.
2. Inadecuada infraestructura vehicular.
3. Pavimento en mal estado.
4. Deficiente control del tráfico vehicular.
5. Falta de interés de la municipalidad.
6. Insuficiente sección vial.
7. Inadecuadas políticas de conservación vial y capacitaciones a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía.
8. Carencia de paraderos de transporte público.
9. Inexistencia de señalización horizontal y vertical.
10. Limitado número de semáforos.
11. Existencia de puntos críticos en la vía, en condiciones de vulnerabilidad.

2.2.1.2. Seleccionar y justificar las causas relevantes

Es posible que a partir de la lluvia de ideas del paso anterior se haya obtenido una lista de causas demasiado extensa que sea necesario limpiar. Tanto para eliminar causas de la lista como para mantenerlas, es importante ofrecer argumentos, que deberían ser apoyados por el diagnóstico del problema realizado en la tarea 2.1 y la experiencia de los proyectistas.

Se puede decidir eliminar una causa de la lista por diversos motivos; entre los principales podemos mencionar los siguientes:

- Se encuentra repetida o incluida dentro de otra, de tal modo que sería incorrecto considerar ambas.
- Se concluye que, en realidad, es un efecto del problema antes que una causa del mismo.
- No se puede modificar a través del proyecto planteado. Este es el caso de las causas cuya solución están fuera de las posibilidades de acción de la institución ejecutora (porque es demasiado costosa o porque se encuentra fuera de sus lineamientos). No obstante, y aunque estas causas sean eliminadas y, por lo tanto, no incluidas en el árbol de causas, es importante considerarlas como un parámetro a tener en cuenta cuando se propongan las alternativas.
- No afecta a los usuarios o población que se pretende beneficiar con la solución del problema sino a otros grupos sociales sobre los cuales el proyecto no busca tener mayor impacto.
- No afecta verdaderamente al problema planteado o lo hace de manera muy indirecta (en este caso, es particularmente importante sustentar la afirmación a través de información).

2.2.1.3. Agrupar y jerarquizar las causas

Es posible también agrupar las causas de acuerdo a su relación con el problema central, esto implica determinar las causas que afectan directamente al problema (por ser responsables directas de la generación del problema) y las causas indirectas (las que influyen al surgimiento del problema a través de su efecto sobre las causas directas). Una técnica que ayuda a definir la 'causalidad entre causas' consiste en preguntarse en cada caso ¿por qué ocurre esto?.

A medida que se van detectando las causas por niveles, es posible construir el 'árbol de causas', para ello las causas se van colocando en forma ordenada en relación al problema central siguiendo una causalidad de 'abajo hacia arriba' e identificando su relación mediante líneas.

En esta etapa es posible clasificar las causas de acuerdo al impacto que tienen sobre el problema principal y eliminar del árbol aquellas causas que no se consideren relevantes sobre el problema central identificado. Cabe enfatizar que la eliminación de estas causas se realiza con el fin de identificar con claridad las causas críticas cuya eliminación o control permitirá dar solución al problema central.

Seguidamente, sobre la base de la lista ya trabajada, es necesario agrupar las causas de acuerdo a su relación con el problema central. Esto implica dividir las causas por niveles, algunas afectarán directamente al problema (causas directas) y otras lo afectarán a través de las anteriores (causas indirectas). Un procedimiento que puede ayudar en el reconocimiento de la 'causalidad entre las causas' consiste en preguntar, para cada una de ellas, ¿por qué ocurre esto? Si la respuesta se encuentra en el listado ya elaborado, se habrán encontrado diferentes niveles de causalidad.

Finalmente, se deberá elaborar una descripción de las causas indirectas de último nivel, pues son las que se atacarán directamente con el proyecto, incluyendo los argumentos utilizados en el paso anterior para considerarlas como causas del problema central, y analizando cuidadosamente la información cualitativa y cuantitativa que las sustentan como tales.

Es necesario también determinar si las causas identificadas como críticas tienen como posible solución la realización de un proyecto de infraestructura vial. Si la respuesta es afirmativa, se continuará con el proceso.

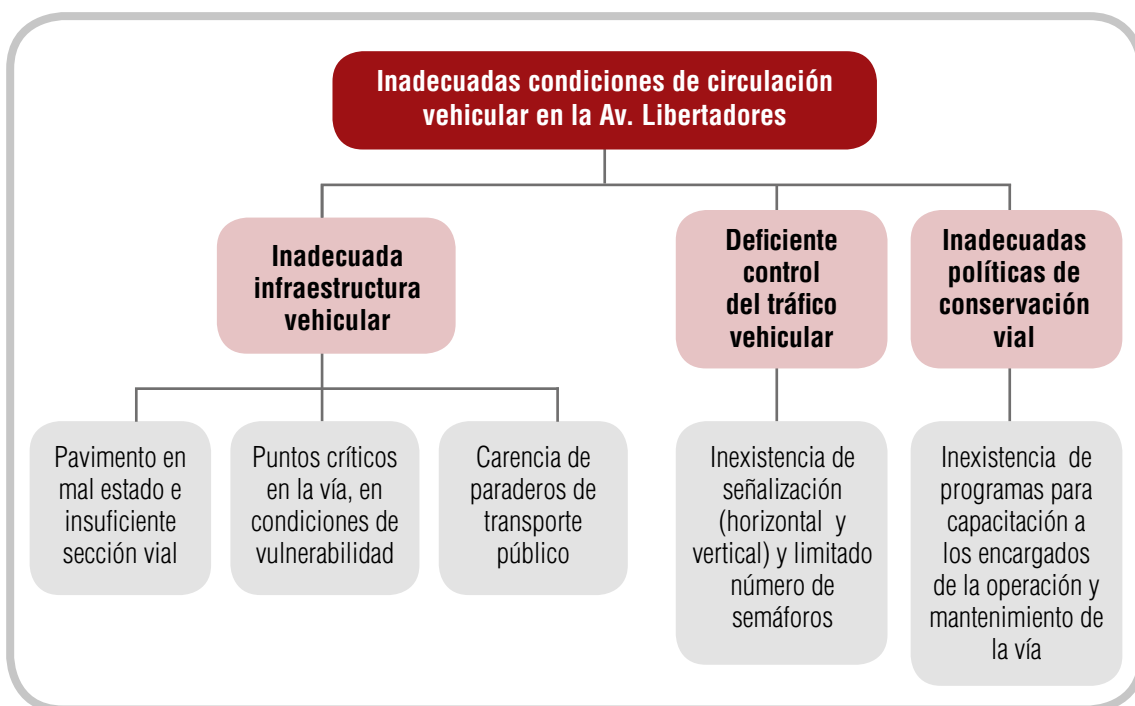
2.2.1.4. Construcción del árbol de causas

En este paso se construye el árbol de causas, ordenando estas últimas de acuerdo con su vinculación al problema principal:

- Primero, se coloca el problema principal en la parte central del árbol.
 - Luego, se colocan las causas directas o de primer nivel (cada una en un recuadro) por debajo del problema, unidas a este último por líneas que indican la causalidad.
 - Seguidamente, si existieran causas de segundo nivel, se colocan por debajo de las de primer nivel (cada una en un recuadro), relacionándolas también con líneas que indican la causalidad entre ellas. Vale la pena destacar que una causa de primer nivel puede relacionarse con más de una causa de segundo nivel; asimismo, una causa de segundo nivel puede vincularse con más de una causa de primer nivel.
1. Falta de recursos financieros.
 2. Inadecuada infraestructura vehicular.
 3. Pavimento en mal estado.
 4. Deficiente control del tráfico vehicular.
 5. Falta de interés de la municipalidad.
 6. Insuficiente sección vial.

7. Inadecuadas políticas de conservación vial y capacitaciones a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía.
8. Carencia de paraderos de transporte público.
9. Inexistencia de señalización horizontal y vertical.
10. Limitado número de semáforos.
11. Existencia de puntos críticos en la vía, en condiciones de vulnerabilidad.

Ejemplo del caso:



Nota: Se ha desestimado las causas consideradas no relevantes del problema, dejando sólo la causa de mayor impacto sobre el problema (causa crítica) y las causas que ya incluyen a las demás.

2.2.1.5. Identificar los efectos del problema principal

Los efectos del problema son aquellos que caracterizan la situación que existiría en caso de no ejecutarse el proyecto, es decir, en caso de mantenerse inalterado el orden actual de las cosas. De esta manera, los efectos permiten imaginar la situación que existiría si el proyecto no se llega a implementar.

Un proceso para identificar los efectos consiste en preguntarse qué consecuencias tiene el problema identificado. En este análisis se debe considerar los efectos actuales (aquellos que existen y pueden ser observados) y los potenciales (aquellos que aún no se producen pero que es muy posible que aparezcan). Para realizar este paso es preciso:

- Elaborar una lista de posibles efectos del problema.
- Chequear la lista, eliminando los efectos que no sean críticos o que trascienden el ámbito del problema.

Para identificar los efectos del problema principal podemos preguntarnos: ¿si este no se solucionara, qué consecuencias tendría? La respuesta a esta pregunta debe verse reflejada en una ‘lluvia de ideas’ similar a aquella realizada para definir las causas del problema.

Al llevar a cabo este paso, es importante considerar dos tipos de efectos:

- Los actuales, aquellos que existen actualmente y pueden ser observados, y
- Los potenciales, aquellos que aún no se producen, pero que es muy posible que aparezcan.

Así, en el ejemplo que se viene desarrollando se pueden identificar los siguientes efectos:

1. Reducción del bienestar de la población.
2. Pérdidas económicas de los beneficiarios.
3. Pérdidas de horas hombre.
4. Altos consumos de recursos de operación vehicular.
5. Aumento de la contaminación ambiental.
6. Incremento de accidentes.
7. Reducción del nivel de vida.
8. Demoras.

2.2.1.6. Seleccionar y justificar los efectos relevantes

Al igual que con las causas del problema, es necesario que los efectos a tenerse en cuenta estén sustentados mediante el diagnóstico del problema realizado en la tarea 2.1 y la experiencia de los proyectistas.

Cabe tener en cuenta que las principales razones para eliminar un efecto son similares a las consideradas en el caso de la selección de las causas, tal y como se detalla a continuación:

- Se encuentra incluido dentro de otro efecto, de tal modo que sería repetitivo incluir ambos.
- Se concluye que, en realidad, es una causa del problema antes que un efecto del mismo.
- No es un efecto verdadero del problema planteado o lo es de manera muy indirecta (en este caso, es particularmente importante sustentar la afirmación).
- No puede ser diferenciado del problema principal, pues no es realmente un efecto del mismo, sino parte de él.

2.2.1.7. Agrupar y jerarquizar los efectos

Asimismo, es posible también agrupar los efectos del problema de acuerdo a su relación con el problema principal, así se reconocerán efectos directos de primer nivel y efectos indirectos de niveles superiores. Existirá también un efecto final o superior, el cual generalmente estará relacionado con la problemática del sector dentro del cual se lleva a cabo el proyecto.

Tal como se realizó con las causas, es necesario agrupar los efectos seleccionados de acuerdo con su relación con el problema principal. De esta manera, se reconocen efectos directos de primer nivel (consecuencias inmediatas del problema principal) y efectos indirectos de niveles mayores (consecuencias de otros efectos del problema). Asimismo, debe existir un efecto final, relacionado con el nivel de satisfacción de las necesidades humanas y/o el desarrollo de sus capacidades, es decir, con un incremento del bienestar de la sociedad.

También es posible a medida que se va detectando los efectos por niveles, construir el 'árbol de efectos', de esta manera los efectos se van colocando en forma ordenada en relación al problema principal siguiendo una causalidad de 'abajo hacia arriba' e identificando su relación entre ellos mediante líneas.

Los efectos directos deben estar en una fila sobre el problema principal, mientras que las siguientes filas deben estar compuestas por efectos indirectos. Por último, es necesario cerrar el árbol consignando el efecto final.

2.2.1.8. Construcción del árbol de efectos

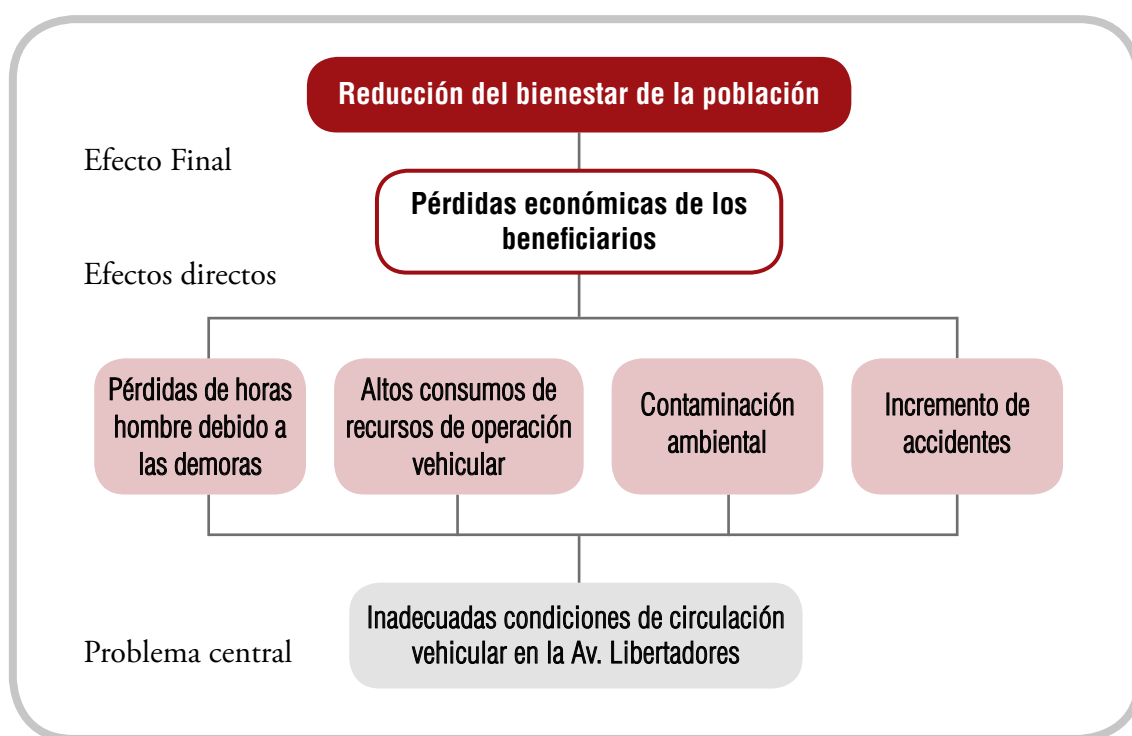
El árbol de efectos se elabora siguiendo las mismas pautas utilizadas en el caso del árbol de causas, es decir, se coloca un efecto por casillero, se organizan por niveles y se muestra la

relación entre ellos conectando los casilleros mediante líneas. Así, los efectos directos deben estar en una fila sobre el problema principal, y las siguientes filas deben estar compuestas por los efectos indirectos. Finalmente, es importante cerrar el árbol consignando el efecto final.

Al igual que en el árbol de causas, es posible que un efecto directo contribuya a generar más de un efecto indirecto o, que un efecto indirecto sea provocado por más de un efecto de los niveles más cercanos al tronco.

Sobre la base de la organización de los efectos identificados, planteada en el paso anterior, se elabora el árbol de efectos para el ejemplo que venimos analizando:

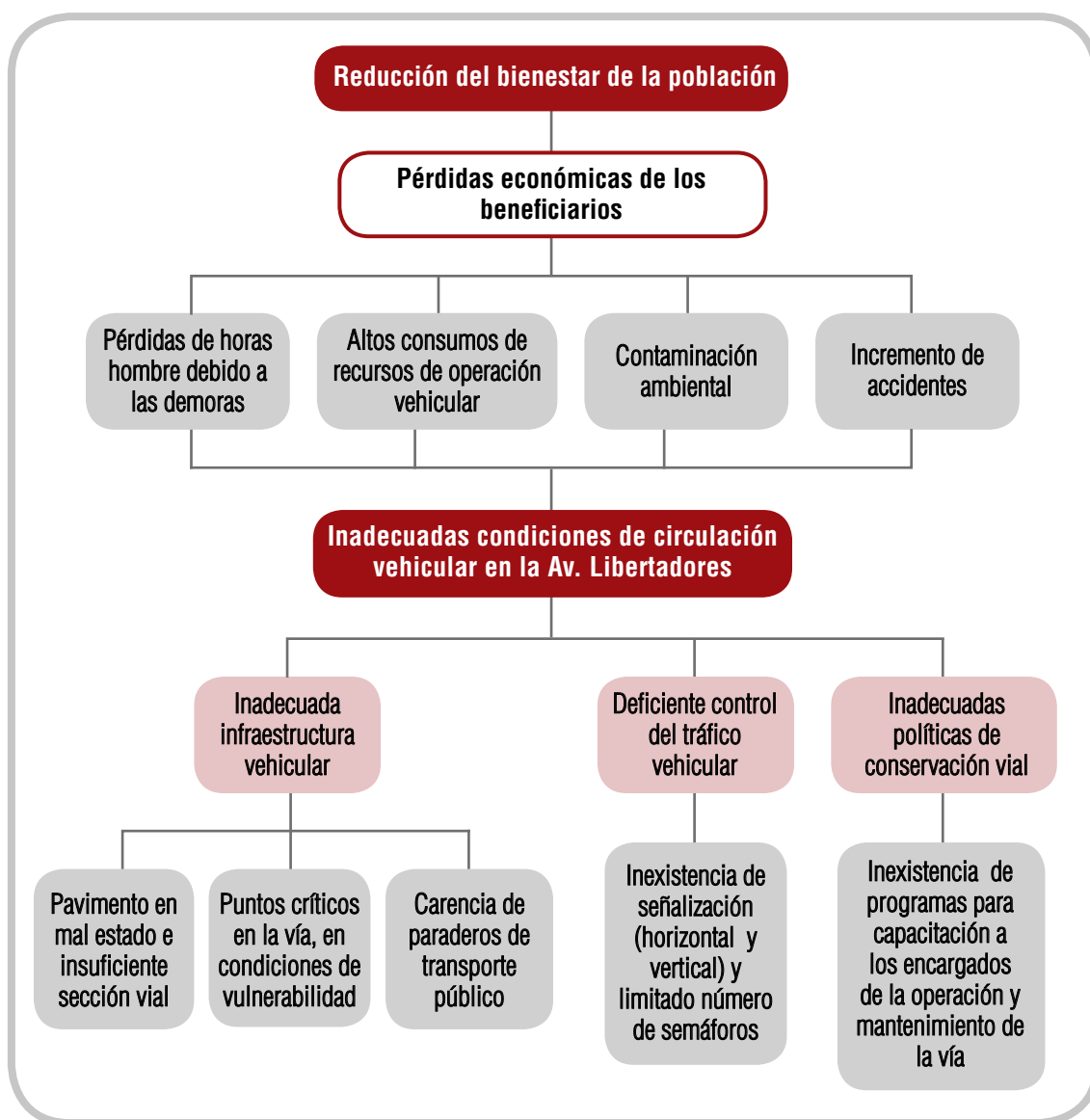
Ejemplo del caso



2.2.1.9. Presentar el árbol de causas-efectos

Es posible juntar los árboles de causas y efectos elaborados anteriormente en un solo árbol. Ello nos proporciona la posibilidad de analizar en forma integral las causas y efectos del problema central. También se puede determinar sobre qué efectos directos del problema central, tiene una mayor incidencia una causa directa específica.

Ejemplo del caso



2.3. Objetivo del proyecto

Esta tarea tiene como propósito guiar la identificación de objetivos, medios y fines del proyecto. Para ello será necesario convertir todos los elementos negativos del árbol de causas-efectos elaborados en la tarea anterior en elementos positivos, es decir será necesario definir la situación que sería observada si el problema es resuelto.

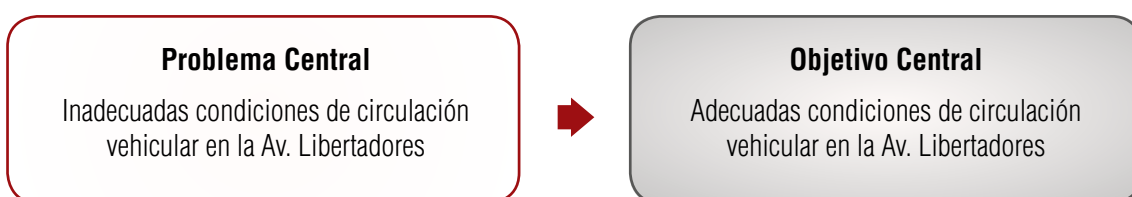
2.3.1. Definir el objetivo central

El objetivo central, no es más que el problema central solucionado, es decir, la situación opuesta del problema central identificado.

El objetivo central o propósito del proyecto está asociado con la solución del problema central. Dado que, como se dijo en la tarea previa, el problema central debe ser sólo uno, el objetivo central del proyecto será también único.

En este punto, una vez determinado el objetivo central, es necesario que el proyectista verifique la importancia y prioridad de dicho objetivo dentro de las políticas del sector o institución que pretende llevar a cabo el proyecto.

Para efectos de construir el árbol de medios y fines, la ubicación del objetivo central debe ser al centro, al igual que lo hemos hecho en el árbol de causas-efectos con el problema central identificado.



2.3.1.1. Determinación de los medios o herramientas para alcanzar el objetivo central y elaboración del árbol de medios

Los medios para solucionar el problema central están relacionados con la eliminación o control de sus causas. Por ello, una manera de definir tales medios consiste en reemplazar dichas causas por hechos opuestos que contribuyan a solucionar el problema, de esta manera, el árbol de medios podrá ser construido sobre la base del árbol de causas, las cuales son convertidas como se indicó, en hechos opuestos (hechos positivos).

De manera similar al árbol de causas, el árbol de medios tendrá diferentes niveles, algunos medios se relacionarán directamente con el objetivo central y otros indirectamente a través de los demás medios.

La última línea del árbol de causas (las cuales pueden ser atacadas directamente para solucionar el problema central), al traducirse en medios, reciben el nombre de medios fundamentales, pues a partir de ellos será posible definir las acciones y alternativas posibles para solucionar el problema.

2.3.1.2. Determinación de las consecuencias positivas que se generarán cuando se alcance el objetivo central y elaboración del árbol de fines

Los fines del proyecto son las consecuencias positivas que se espera lograr con la solución del problema, por esta razón, son lo opuesto a los efectos del problema (los cuales son la expresión de las consecuencias negativas si no se ejecuta el proyecto). De manera similar al paso anterior, los fines pueden ser expresados como el 'lado positivo' de los efectos.

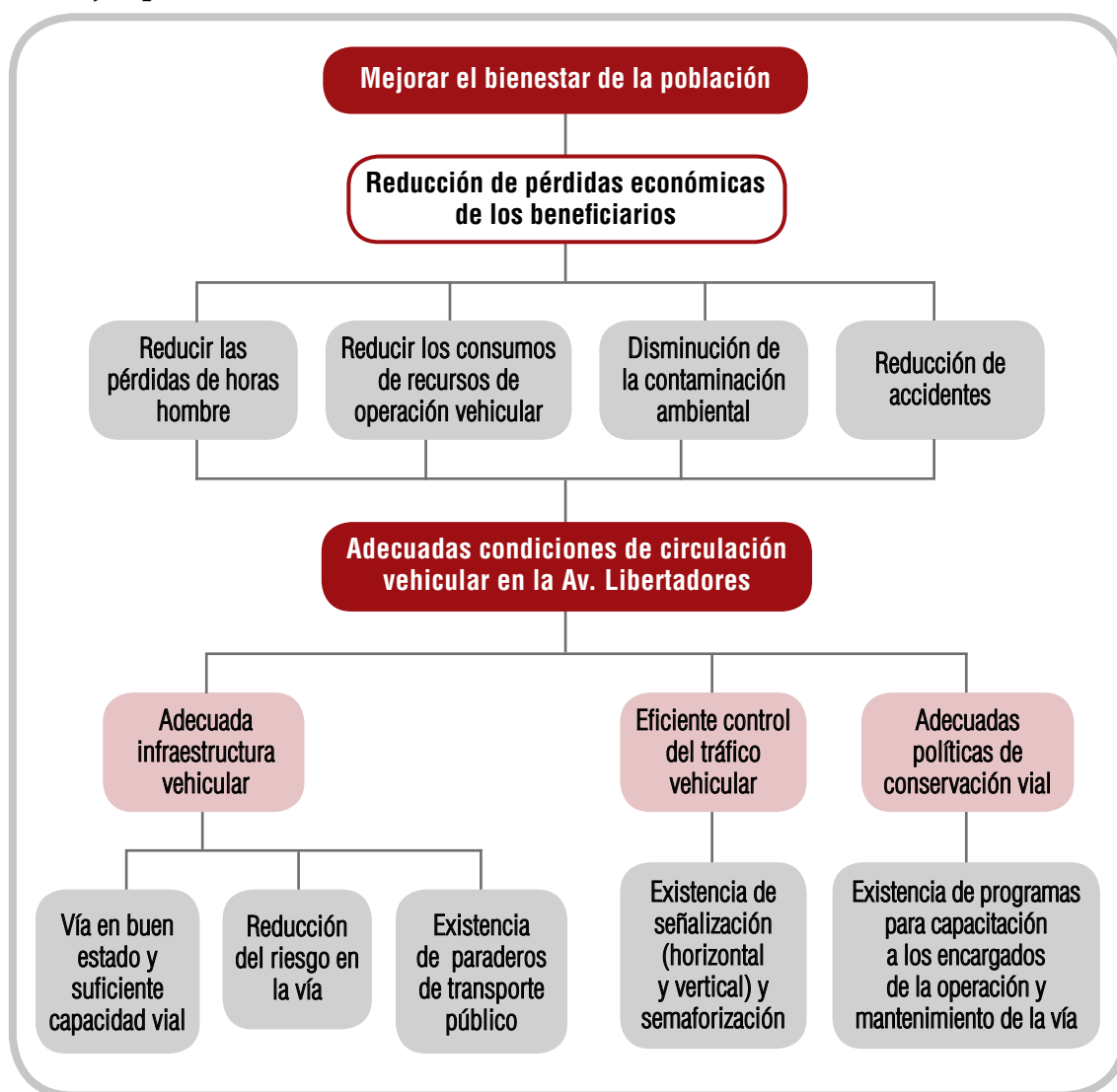
El árbol de fines puede ser construido en base al árbol de efectos, para ello es necesario convertir los efectos en hechos positivos (hechos opuestos). El árbol de fines resultante comprenderá varios niveles, existiendo en el nivel superior un fin último.

2.3.1.3. Presentar el árbol de objetivos o árbol de medios-fines

En este paso se deberán juntar los árboles de medios y fines, ubicando el objetivo central en el núcleo del árbol, de manera similar a lo realizado en el caso del árbol de causas - efectos.

Mediante el diagrama del árbol de medios y fines, se puede relacionar los medios del primer nivel con los fines directos sobre los cuales tienen un mayor impacto. Para ello, se debe tener en cuenta la asociación de causas y efectos realizada con anterioridad.

Ejemplo del caso:



2.4. Planteamiento del proyecto

En las tareas previas, se ha identificado el problema central y se ha elaborado un mapa de causas y efectos; asimismo, en base a lo anterior, se estableció el objetivo del proyecto y el árbol de medios y fines.

El siguiente paso es definir el procedimiento que se utilizará para llegar a la situación óptima (positiva) esbozada por el objetivo central. Con el fin de diseñar dicho procedimiento, es necesario considerar como punto de partida los medios fundamentales (que representan la

raíz del árbol de medios), los cuales son directamente atacados a partir de acciones concretas. Por esta razón, será posible plantear una o más de estas acciones orientadas a lograr los medios fundamentales y en base a ellas realizar la selección de las alternativas del proyecto.

En el planteamiento de alternativas de solución debe considerarse los siguientes aspectos de gestión de riesgos:

- Proyectos o tramos de la vía que presenten características de fragilidad que los exponga a situaciones de riesgo, pero que puedan aplicarse las normas vigentes de diseño para evitar esta condición. Estos proyectos debe considerar la normativa respectiva vigente en su diseño y diseñar obras de protección como estabilización de taludes y muros de contención, manejo de drenaje, en los tramos críticos.
- Proyectos o tramos de vía cuya localización los exponga a situaciones de riesgo, pero que existan otras opciones de ubicación en zonas menos expuestas. Estos proyectos deberán considerar tramos nuevos de construcción en su diseño.
- Proyectos o tramos de vía cuya localización los exponga a situaciones de riesgo y que no cuenten con otras opciones de ubicación en zonas menos expuestas. Para estos proyectos deberán identificarse medidas de mantenimiento focalizados de forma permanente para reducir el riesgo.

2.4.1. Clasificar los medios fundamentales

A partir de este momento, será necesario establecer cuál será el procedimiento para alcanzar la situación óptima esbozada en el árbol de objetivos. Con este propósito, es necesario tomar como punto de partida los medios fundamentales, que representan la base del árbol de objetivos.

Así pues, en este paso, se deben revisar cada uno de los medios fundamentales ya planteados y clasificarlos, según las acciones a realizarse, para luego determinar su relación.

2.4.2. Relacionar los medios fundamentales

Después de clasificar los medios fundamentales, se deberán determinar las relaciones que existen entre ellos. Los medios fundamentales se pueden relacionar de tres maneras:

- Medios fundamentales mutuamente excluyentes, es decir, que no pueden ser llevados a cabo al mismo tiempo, por lo que se tendrá que elegir sólo uno de ellos. Será necesario considerar que:

- La elección entre dos medios fundamentales mutuamente excluyentes se realizará en este módulo sólo si se cuenta con información que permita hacerlo, sin embargo, normalmente la elección dependerá de los resultados obtenidos en la evaluación de las acciones vinculadas con estos medios (módulos 3 y 4).
- Medios fundamentales complementarios es decir, que resulta más conveniente llevarlos a cabo conjuntamente, ya sea porque se logran mejores resultados o porque se ahorran costos. Por esta razón, los medios fundamentales complementarios deberán ser agrupados en un único medio fundamental, que tendrá diversos objetivos (cada uno vinculado con los respectivos medios fundamentales que fueron agrupados).
- Medios fundamentales independientes, aquellos que no tienen relaciones de complementariedad ni de exclusión mutua.

2.4.3. Planteamiento de acciones

Después de clasificar los medios fundamentales y de relacionarlos entre sí, se procede a plantear acciones para alcanzar cada uno de ellos.

Un elemento que es necesario considerar cuando se propongan dichas acciones es la viabilidad de las mismas. Una acción puede ser considerada viable si cumple con las siguientes características:

- Se tiene la capacidad física y técnica de llevarla a cabo,
- muestra relación con el objetivo central, y
- está de acuerdo con los límites de la institución ejecutora.

Al plantear estas acciones, es importante considerar aquellas situaciones no modificables que no se incluyeron en el árbol de causas, puesto que pueden ser útiles para determinar si es factible o no, una acción y, por tanto, facilitar la decisión respecto a cuáles deben ser descartado y cuáles no.

2.4.4. Relacionar las acciones

Así como en el caso de los medios fundamentales, las acciones pueden ser:

- Mutuamente excluyentes, cuando sólo se puede elegir hacer una de ellas. Las acciones pueden ser mutuamente excluyentes aunque correspondan a medios fundamentales que no tengan esta relación entre sí, o cuando se deriven de un único medio fundamental.

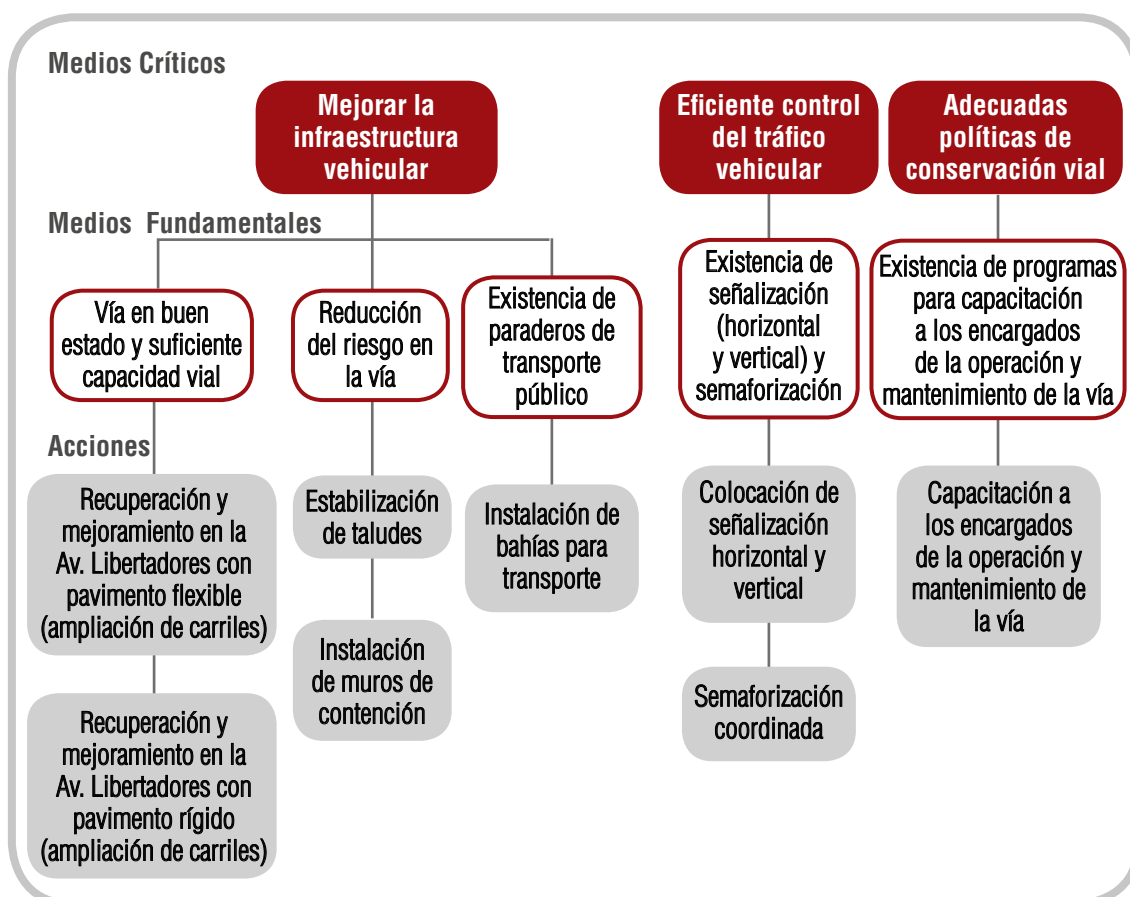
- Complementarias, cuando llevándolas a cabo en forma conjunta se logran mejores resultados o se enfrentan costos menores.
- Independientes, cuando las acciones no se encuentran relacionadas con otras, por lo que su realización no afectará ni dependerá de la realización de estas últimas.

Adicionalmente, será necesario considerar lo siguiente:

- Si dos acciones son mutuamente excluyentes y corresponden a un mismo medio fundamental, será necesario elegir solo una de ellas. En este caso, es probable que cada una de estas acciones forme parte de diferentes alternativas que serán posteriormente formulados y evaluados.

Si dos acciones son complementarias y se encuentran vinculadas a los medios fundamentales de acuerdo a la relación de medios complementarios, se deberán considerar como una acción única.

Ejemplo del caso



2.4.5. Definir y describir los proyectos alternativos a considerar

Un proyecto puede materializarse de diversas formas, las cuales pueden diferir sensiblemente en sus características físicas y operacionales pero no en el tipo y ámbito de los impactos que producen. Estas formas se denominan alternativas.

Sobre la base de las acciones definidas en el paso anterior, es posible plantear las alternativas que finalmente serán evaluadas.

Cada alternativa debe estar conformada por un conjunto de acciones, las cuales han sido identificadas en los pasos anteriores.

Como se indicó, las acciones pueden ser complementarias o excluyentes. Cuando existen acciones excluyentes se deben plantear diferentes alternativas de solución, cada una con una acción (excluyente) distinta. En caso de existir acciones complementarias, estas pueden incluirse dentro de una o más alternativas de solución.

Las acciones que constituyen una alternativa se agrupan en componentes, estos consisten, típicamente, en productos específicos que se requiere que produzca el proyecto. En este sentido, el logro conjunto de dichos componentes, permite el logro del objetivo central o propósito del proyecto.

Cuando se presentan numerosas alternativas de solución para los requerimientos planteados en el objetivo del proyecto, surge la pregunta de cuáles deben ser tomadas en cuenta, finalmente. Para ello es necesario previamente diferenciar entre aquellas alternativas que pueden realmente ser consideradas como soluciones distintas y cuáles son en realidad variantes de una misma solución. Esto ayudará a una mejor selección de las alternativas que finalmente serán consideradas para la evaluación.

Por lo general la respuesta a la pregunta anterior depende muchas veces de la etapa de evaluación de que se trate y en especial de las distintas herramientas de análisis que se utilizan en cada etapa de evaluación. Ello significa que, por ejemplo, dos formas de materializar un proyecto que constituyen alternativas diferentes en etapa de factibilidad, pueden no ser distinguibles entre sí mediante las técnicas utilizadas en etapa de perfil, en el sentido que ambas aparecerán con los mismos costos y beneficios y no será posible elegir entre ellas.

En cada caso concreto, discriminar qué es realmente una alternativa y qué no lo es corresponderá al juicio profesional.

Ejemplo del caso:

Después de haber hecho un análisis de las distintas alternativas de solución posible para el problema central planteado y habiendo considerado las limitaciones de algunas de ellas se ha llegado a la siguiente conclusión:

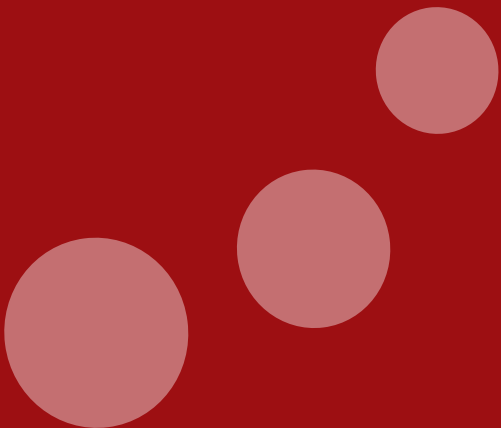
Cuadro 2.3: Cuadro resumen del planteamiento de alternativas

Fin	Mejorar el bienestar de la población
Objetivo central	‘Adecuadas condiciones de circulación vehicular en la Av. Libertadores’.
Alternativas	1. Recuperación y mejoramiento en la Av. Libertadores con pavimento flexible (carpeta asfáltica en caliente $e = 6.00$ cm.) incluye la ampliación de carriles. 2. Recuperación y mejoramiento en la Av. Libertadores con pavimento rígido (concreto $f'c = 210$ Kg/cm ² , espesor = 20 cm.) incluye la ampliación de carriles.
Componentes	Vía en buen estado y suficiente capacidad vial. Reducción del riesgo en la vía. Existencia de paraderos para transporte público. Existencia de señalización (horizontal y vertical) y semaforización. Existencia de programas para capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía.
Acciones	Recuperación y mejoramiento de la vía a nivel de pavimentado. Estabilización de taludes y construcción de muros de contención. Instalación de bahías para transporte. Señalización horizontal y vertical en la vía y semaforización coordinada. Capacitación a los encargados para la operación y mantenimiento de la vía.





3 Formulación







Módulo 3

Formulación

La formulación constituye el tercer módulo en el proceso de preparación y análisis de un proyecto.

El objetivo de este módulo es recoger, elaborar y organizar toda la información respecto del proyecto o de las alternativas identificadas en el módulo anterior. Esta información servirá como insumo básico para el siguiente módulo del proceso, la evaluación.

Para cumplir con este objetivo es necesario llevar a cabo las siguientes tareas.

- El horizonte de evaluación de las alternativas planteadas.
- La demanda actual y proyectada a lo largo del horizonte de evaluación de las alternativas de proyecto, esto con el fin de determinar los requerimientos de capacidad y requerimientos funcionales que deberá considerarse en su diseño.
- La oferta actual y proyectada en la situación con y sin proyecto.
- Balance oferta-demanda para determinar el tamaño del proyecto.
- Determinar las características y especificaciones técnicas de las alternativas planteadas.
- Estimar los costos de inversión y mantenimiento referencial por cada alternativa planteada.

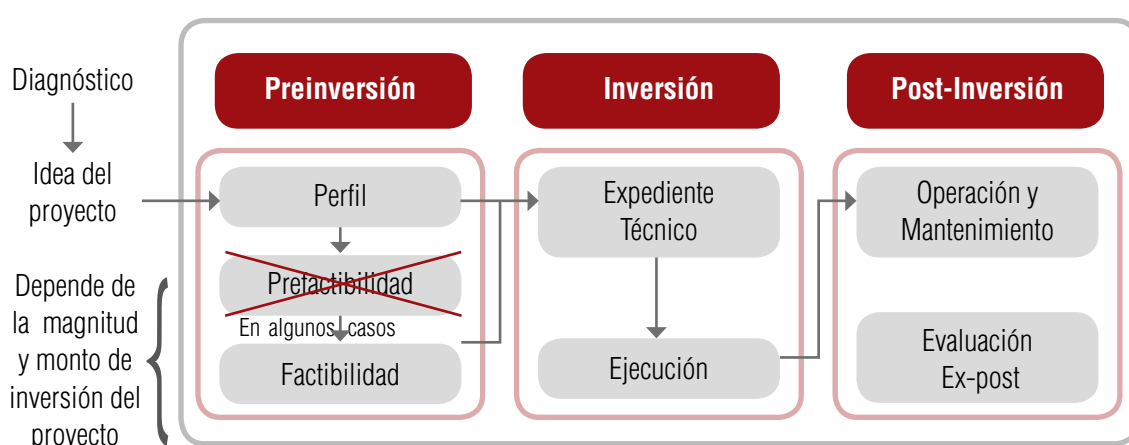
La información a utilizarse debe ser del tipo primaria, considerando que el análisis por efectuar debe tener un adecuado nivel de estimación.

3.1. Horizonte de evaluación

El ciclo de los proyectos de inversión pública es una secuencia de actividades relacionadas entre sí destinadas a lograr desde un inicio un proceso determinado para alcanzar el objetivo con el que se diseñó el proyecto, en una forma general todo PIP, presenta tres fases: la preinversión, la inversión y la postinversión y la presente guía considera dichas fases y que se detallará cada una de ellas para luego determinar el horizonte de evaluación de proyectos de vialidad urbana.

A su vez, cada una de las fases del ciclo del proyecto se subdivide en etapas. Para el caso de la pre inversión son las etapas de perfil y factibilidad. Un proyecto dependiendo de su envergadura y costo puede llegar hasta el nivel de factibilidad para ser declarado viable, en otros casos será suficiente el nivel de perfil (ver normatividad SNIP).

Ciclo del proyecto



La determinación de las fases y etapas que seguirá el proyecto es importante para definir el horizonte de evaluación, sobre la base del cual se proyectarán la oferta, la demanda y las necesidades de inversión respectivas.

3.1.1. El horizonte de evaluación del proyecto

El horizonte de evaluación corresponde al período en el cual se proyectan los beneficios y costos asociados a un determinado proyecto, definiéndose de esta manera la corriente de flujos económicos del mismo, base sobre la cual se determinan los indicadores de rentabilidad correspondientes.

La definición del horizonte de evaluación es necesaria además porque, determinado este horizonte, se podrán considerar los valores residuales de los activos con una vida útil mayor, así como el costo de reponer aquellos activos con una vida útil menor que el horizonte de evaluación definido. Asimismo, servirá para definir el periodo de análisis de la demanda y oferta del proyecto.

Para fines prácticos, el horizonte de evaluación está determinado por la suma de las duraciones de la fase de inversión (ejecución) y post inversión (operación y mantenimiento). En el caso de proyectos de infraestructura, el horizonte de evaluación del proyecto se suele vincular con la vida útil de sus principales activos físicos, pero en la práctica es difícil

establecer la vida útil de dichos componentes. Por ello se suele trabajar con horizontes de evaluación menores a la vida útil de tales componentes, siendo una de las principales razones para ello los recursos económicos de los que el proyecto podría disponer o la necesidad de cambios y reposiciones necesarios que tendrían que sufrir para seguir operando eficientemente.

Se recomienda adoptar como horizonte de evaluación del proyecto las indicadas en el siguiente cuadro, salvo excepciones debidamente justificadas.

Cuadro 3.1: Horizontes de Evaluación

Alternativas Consideradas	Horizonte de Evaluación
Calles	10 años
Avenidas	20 años
Puentes/viaductos	20 años
Intersecciones a nivel	10 años
Intersecciones a desnivel	20 años
Veredas/vías y puentes peatonales/bermas	10 años

Fuente: Anexo SNIP 10 Parámetros de Evaluación.

3.2. Análisis de demanda

El objetivo de esta tarea es determinar la demanda actual y futura del proyecto, dicha estimación se realiza a través de aforos en puntos estratégicos y cuyos resultados se proyectan sobre el horizonte de evaluación del proyecto.

Los datos de demanda son necesarios para analizar el desempeño operativo de la infraestructura vial en la situación sin proyecto y definir los requerimientos de capacidad y aspectos funcionales que deberá contemplarse en el diseño preliminar del proyecto.

Conceptos Iniciales

a. Tráfico

El tráfico sobre un determinado tramo o vía o red vial se puede expresar en cantidad de vehículos que circulan por unidad de tiempo. Las principales unidades de medida del flujo vehicular son:

- **Tráfico diario:** medida más recurrente de flujo vehicular. Se utiliza para caracterizar el tránsito cuando no existe el fenómeno de la congestión. Se expresa en vehículos por día. Los vehículos pueden corresponder a una tipología especificada o a una agrupación general de categorías.
- **Tránsito horario:** medida representativa de las condiciones de tránsito en el período horario. Se usa para caracterizar el comportamiento de los vehículos en diferentes horas del día, pudiéndose determinar el tráfico en las horas punta y valle del día. Este aspecto es imprescindible para vías que presentan congestión. Los vehículos pueden corresponder a una tipología especificada dada o a una agrupación general de categorías.

b. Tipos de tráfico en un proyecto

Los siguientes conceptos son aplicables a los flujos que circulan por un tramo de la red vial.

- El tráfico 'normal' corresponde a aquel que circula por las vías en estudio en la situación sin proyecto y no se modifican en la situación con proyecto.
- El tráfico 'generado', es aquel que no existía en la situación sin proyecto, y aparece como efecto directo de la ejecución del proyecto.
- El tráfico 'desviado' es aquel que, manteniendo su origen y destino, cambia su ruta original como resultado del proyecto, generalmente por un criterio de reducción de costos de transporte.

c. Análisis del impacto sobre el tráfico

El tipo de intervención en proyectos viales por lo general ha obedecido a criterios relacionados con el diseño o con el tipo de intervención planteada en el proyecto (recuperación, mejoramiento, etc). Para fines del presente análisis, dicha tipología resulta insuficiente, por lo que es necesario definir previamente una tipología basada en el impacto del proyecto sobre la demanda.

La clasificación por tipo de demanda bajo un criterio está basada en el impacto que un proyecto de vialidad urbana produce sobre una o más de las etapas del modelo clásico de transporte.

- **Impacto sobre el tráfico: ninguno**
Aparece en una situación en la cual se espera que los flujos en el eje vial en análisis no cambien como consecuencia del proyecto. Ello no significa que los flujos no varíen con el tiempo, sino que la evolución futura de la demanda no depende de

la ejecución del proyecto. Ejemplos de proyectos de este tipo donde el tráfico en la situación con proyecto está restringido solo al tráfico normal pueden ser: cambios geométricos puntuales, mejoramiento de intersecciones, repavimentaciones, proyectos de semaforización, etc.

- **Impacto sobre el tráfico: tráfico desviado en el proyecto**

Aparece en una situación en la cual los únicos efectos que se producirán serán reasignaciones de flujos (tráfico desviado) de una vía a otra de la red. Ejemplos de proyectos de este tipo son aquellos que mejoran substancialmente las características físicas y operacionales de una determinada vía dando origen a un cambio de ruta hacia el proyecto de un cierto número de usuarios que originalmente hacían uso de otras rutas. En este caso el tráfico en la situación con proyecto estará compuesto por el tráfico normal y desviado.

- **Impacto sobre el tráfico: tráfico generado**

Aparece en una situación en la cual no se espera reasignaciones de flujo en la red, pero si la aparición de viajes que no serían realizados de no ejecutarse el proyecto (tráfico generado). Ejemplos de esta situación son proyectos de mejoramiento de vías que tienen características de acceso principal o único a una zona determinada, lo cual posibilita el desarrollo adicional de actividades y por consiguiente el aumento de viajes de personas o carga. En este caso el tráfico en la situación con proyecto estará compuesto por el tráfico normal y desviado.

- **Impacto sobre el tráfico: tráfico desviado y generado**

Aparece en una situación en la cual se espera que exista reasignaciones de flujos (tráfico desviado) entre tramos o caminos de la red vial y también la aparición de viajes que no serían realizados de no ejecutarse el proyecto (tráfico generado). Este es el caso probablemente de modificaciones substanciales en la red vial de una amplia área. Ejemplos de este tipo son los nuevos corredores viales que complementan la vialidad existente dentro de una red vial. En este caso el tráfico en la situación con proyecto estará compuesto por el tráfico normal, desviado y generado.

d. Tramificación vial según la demanda

El tráfico de una vía no es uniforme en toda su longitud existiendo tramos con mayor demanda que otros. Parte del análisis inicial consiste en delimitar tramos homogéneos en la vía para el posterior análisis del tráfico.

En la práctica los tramos homogéneos de demanda estarán comprendidos entre intersecciones importantes.

3.2.1. Estudios de campo: tráfico

La información de demanda que se necesite recopilar dependerá del tipo de tráfico que tendrá el proyecto en la situación con proyecto:

Cuadro 3.2: Estudio de tráfico según su demanda

Tipo de demanda del proyecto	Conteo vehicular	Encuesta origen/destino**	Medición de velocidad promedio	Tasas de ocupación**	Encuestas de preferencias
Normal	X		X	X	
Normal y generado	X		X	X	
Normal y desviado	X	X	X	X	
Normal, generado y desviado	X	X	X	X	
Generado y desviado*		X			X

* Creación de nuevas autopistas tramificadas.

** En caso de no contarse con información de otros estudios.

3.2.2. Recopilación de información de demanda existente

En general la información a recopilar se puede clasificar en cuatro grupos, antecedentes de tráfico, estadísticas socioeconómicas, información de la red vial bajo análisis (red vial relevante) e información sobre transporte público.

- **Antecedentes de tráfico**

Se recopilará los antecedentes disponibles de tráfico vehicular de la red vial en estudio. Esta información comprende datos de conteo de tráfico anteriores (dentro los últimos 10 años), conteos de tráfico recientes, encuestas origen/destino, matrices de viaje, encuestas de preferencias, etc. Es conveniente recolectar dicha información lo más desagregada y detallada posible con el fin de poder efectuar un mejor análisis al respecto.

- **Información sobre transporte público**

La recolección de estos antecedentes se debe realizar mediante un inventario o catastro de los servicios de transporte de pasajeros en el área bajo análisis. Este catastro contendrá como mínimo la siguiente información:

- Tipología de vehículos (bus, micro, camionetas rurales, taxi, colectivo, mototaxis, motos lineales).

- Ubicación de paraderos.
- Capacidad de buses (pasajeros sentados y de pie).
- Estadísticas sobre volúmenes de pasajeros transportados, si estas existiesen.
- **Estadísticas socioeconómicas**
Comprende la recopilación de estadísticas socioeconómicas referidas al área de estudio, esto con el fin de servir de base al desarrollo de modelos de proyección de demanda. La información a recopilar comprende en forma general los siguientes datos:
 - Demografía (población, número de hogares, ingreso familiar, PEA, etc).
 - Parque automotor.
 - Usos de suelo y densidad.
 - Equipamiento urbano.
 - Indicadores socioeconómicos.
 - Tendencias de crecimiento
 - Otros.

En caso de haberse zonificado el área de influencia, será necesario especificar la información requerida a este nivel de detalle.

3.2.3. Mediciones de campo

a. Conteos de volumen de tráfico vehicular

Tienen por objetivo determinar volúmenes vehiculares en un punto específico de una vía o intersección. La información puede ser recogida diferenciando composición vehicular, direccionalidad y periodos de conteo (por cuarto de hora, por horas, diario, semanal).

A nivel de perfil lo mínimo requerido será una medición temporal de tres días (2 días hábiles y 1 de fin de semana) de una semana cualquiera, durante 12 horas.

En los casos que se necesite deberá desestacionalizarse la magnitud total de viajes de acuerdo a los antecedentes de flujo disponible.

b. Encuestas Origen-Destino (O/D)

El objetivo de las encuestas origen/destino, es elaborar matrices de viajes que representen los patrones de movimiento de vehículos y/o personas, relativo a un punto o a una área específica, previamente zonificada. Esta información es la base para el análisis de proyectos en los cuales se espera que exista reasignación de viajes.

Las encuestas origen/destino sirven también para recopilar información complementaria sobre los viajes realizados, como, por ejemplo, las características socioeconómicas de los usuarios, costos de viaje, características de los vehículos utilizados, etc.

A nivel de perfil en los casos donde los antecedentes disponibles sean insuficientes, se podrá realizar encuestas origen-destino para ello bastará una medición de dos días hábiles de una semana cualquiera, durante 12 horas o bien durante las horas punta y horas valle.

En los casos que se necesite deberá desestacionalizarse la magnitud total de viajes de acuerdo a los antecedentes de flujo disponible.

c. Mediciones de velocidad

El propósito de estos estudios es el de medir velocidades medias en la vía que será intervenida por el proyecto por tipo de vehículo (privado, público y carga). Puede referirse a velocidades medias de recorrido (considerando el tiempo de paradas) entre dos puntos de la vía tanto en hora punta y hora valle. Dicha información es útil para el análisis de las condiciones de operación de la vía en la situación sin proyecto y para la evaluación social del proyecto. En general, las velocidades están condicionadas por factores de diseño de la vía, las condiciones del pavimento y el nivel de flujo de tráfico.

d. Mediciones de tasas de ocupación

Este tipo de mediciones está referido a determinar la distribución de pasajeros por vehículo en un punto o estación determinada. Dicha información permitirá posteriormente calcular las tasas de ocupación promedio por tipo de vehículo. Esta medición puede ser efectuada en conjunto con otras encuestas (conteos de tráfico, encuestas o/d).

e. Encuestas de preferencias

Este tipo de encuestas que se realiza a los usuarios de una vía, tiene por finalidad recoger mediante técnicas de mercadotecnia juicios de valor o preferencias personales

sobre aspectos referidos a situaciones específicas o hipotéticas que les son presentadas mediante cuestionarios. La aplicación de estas técnicas permite construir funciones de utilidad que son aplicadas a modelos de elección de modos de transporte, rutas, disposiciones de pago, etc.

3.2.4. Determinación del tráfico actual

El tráfico actual se determina a partir de los resultados de conteos de volumen de tráfico vehicular.

En general, el tráfico actual sobre un determinado tramo de la red vial o de una vía urbana, se puede expresar en cantidad de vehículos que circulan por unidad de tiempo; así, las principales unidades de medida del flujo vehicular son:

Tráfico diario

En base a los conteos de tráfico efectuado se debe calcular los siguientes tráfico diarios:

Tráfico diario representativo de un día laborable

Es el tráfico diario que resulta de promediar los tráfico de los días laborables recogidos en el estudio de campo.

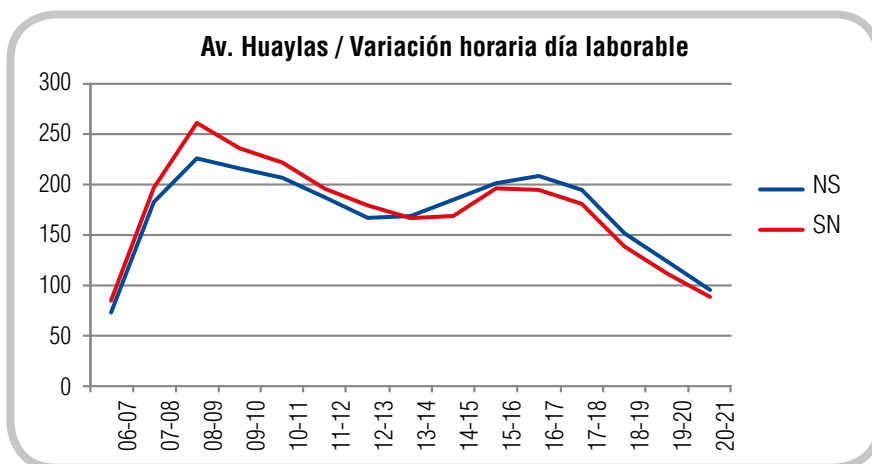
La información sobre tráfico puede presentarse en forma desagregada considerando la siguiente tipología vehicular:

- Autos
- Taxis
- Buses
- Microbuses
- Camionetas rurales
- Camiones
- Mototaxis

Se muestra a continuación el gráfico del tráfico horario de un tramo de una avenida.

Gráfica 3.1: Tráfico horario

Tráfico diario representativo de un día del fin de semana



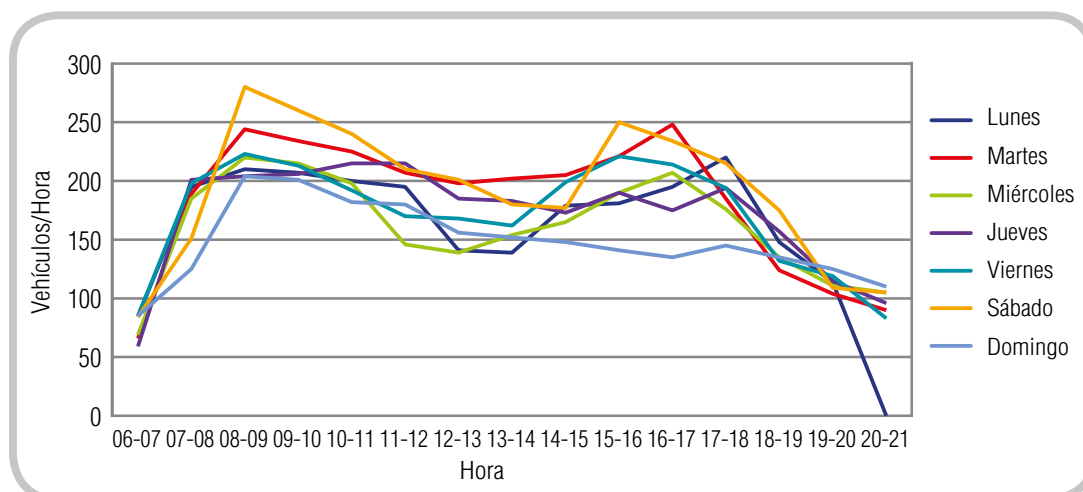
Tráfico Diario representativo de un día del fin de semana

Es el tráfico diario que resulta de promediar los tráficos de los días de fin de semana (sábados y domingos) recogidos en el estudio de campo.

Para fines de aplicación y cálculo anual de tráfico, se suele representar como un porcentaje del tráfico diario de un día laborable para el cálculo del tráfico anual.

En el siguiente gráfico, se muestra la clara diferencia del comportamiento del volumen de tráfico entre un día laborable en comparación a un día de fin de semana.

Gráfica 3.2: Flujo Horario vehicular



Tráfico anual

Para calcular el tráfico anual por tipo de vehículo, es necesario multiplicar el tráfico diario de un día laborable por los 'días equivalentes al año'.

El número de días equivalentes, refleja el tráfico ajustado año de los días útiles, los días sábados, domingos y feriados, considerando estos últimos en relación a su ponderación respecto de un día útil; dichos factores de ponderación han sido calculados en base a los conteos efectuados.

El cálculo de los días equivalentes al año se muestra a continuación:

Cuadro 3.3: Cálculo de los días equivalente al año

Tipo de día	Días normales	Factor*	Días equivalentes
Días laborables	243	1	243
Sábados	52	0.89	46
Domingos	52	0.67	31
Feriados**	18	0.60	11
TOTAL	365		331

* Factor sábado y domingo calculado en base a resultados de los conteos de tráfico.

** Feriados nacionales y públicos.

Para el cálculo del tráfico anual por tipo de vehículo es necesario multiplicar al tráfico diario por los días equivalentes del año previamente calculado:

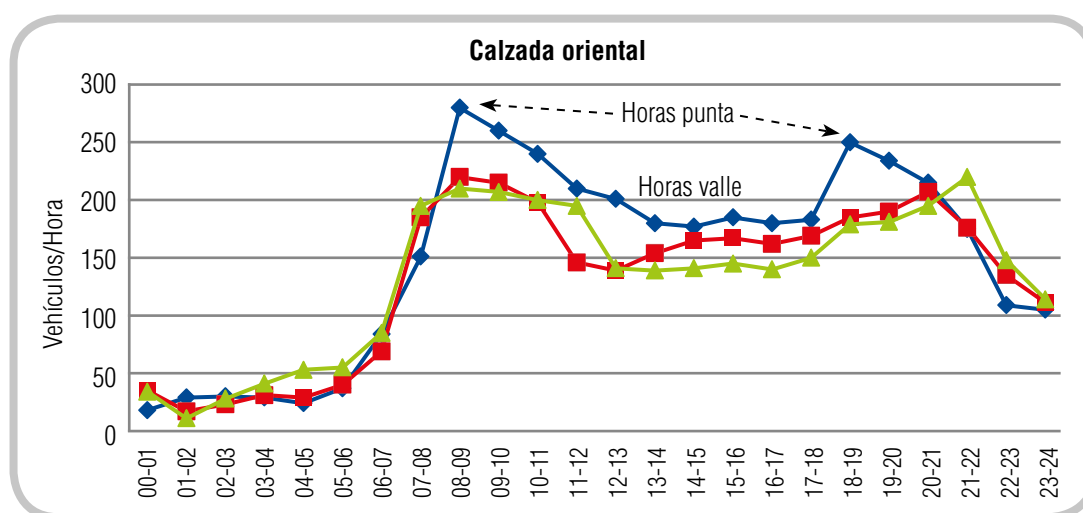
$$\text{Tráfico Anual} = \text{Tráfico diario de un día laborable} \times \text{días equivalentes}$$

Tránsito horario (Hora punta, Hora valle)

De la información del tráfico vehicular horario de un día laborable, se puede determinar cuántas horas punta y horas valle se presentan en un día. Asimismo, entre las horas punta del día (de la mañana, mediodía o tarde) cuál es el de mayor volumen vehicular.

Esta información es importante tanto para el análisis de niveles de servicio en la situación sin proyecto, para el análisis oferta demanda y evaluación social.

Gráfica 3.3: Tránsito horario



Nota: Configuración diaria: 5 horas punta, 12 horas valle, 7 horas de baja demanda.

3.2.5. Proyección de la demanda

En este punto se abordará la proyección de la demanda. Los métodos propuestos suponen la existencia de información confiable y extensa en el tiempo, de tal forma de realizar análisis estadísticos con estadígrafos confiables.

En estudios de perfil la proyección del flujo podrá realizarse mediante la determinación de relaciones funcionales entre variables macro-económicas.

Existen dos enfoques posibles para la determinación del volumen vehicular en un corte temporal futuro en un tramo de un camino: la primera es la proyección directa del flujo en el arco, mediante la estimación de las tendencias observadas en el pasado; la segunda corresponde a la determinación de relaciones funcionales entre el flujo por arco y las variables socio-económicas y descriptoras del sistema económico. A continuación se describen ambos enfoques:

a. Proyección directa

El método más sencillo para determinar la proyección del flujo en un arco, consiste en estimar un modelo de series de tiempo basándose en información histórica del IMDA observado en dicho tramo de vía.

En esta estimación se asume que el tránsito mantendrá el crecimiento observado en el pasado. Se debe notar que la técnica de estimación no permite recoger la influencia de las variables descriptoras del sistema económico y de transporte en la evolución temporal del flujo. Esto puede traer como consecuencia, que las tasas de crecimiento estimadas oculten variaciones singulares de estas variables, las cuales se asocian a la evolución del flujo. Por estos motivos, las estimaciones basadas en este tipo de formulaciones poseen un bajo poder predictivo.

Al calibrar modelos de series de tiempo es posible plantear diversas formas funcionales, entre estas se puede considerar la presentada en la siguiente ecuación.

Donde:

$$q_i^t = q_i^{t_0} \cdot (1+r)^{(t-t_0)}$$

q_i^t Flujo del tipo de vehículo i en el año t (variable dependiente)

$q_i^{t_0}$ Flujo del tipo de vehículo i en el año t_0 (constante asociada al modelo)

r Tasa de crecimiento anual del vehículo i

La formulación a ser escogida deberá ser justificada en términos de los criterios de bondad de ajuste de los modelos estimados (test-estadísticos, R^2 , autocorrelación de errores, entre otros indicadores), apoyados en la gráfica de la serie. Es recomendable que se realice un estudio detallado de los errores de la estimación, pues en ellos se puede encontrar posibles mejoras al mismo.

b. Relación funcional

Este método de proyección consiste en determinar relaciones funcionales o causales entre la variable en estudio e indicadores del sistema económico. Mediante la predicción del valor de los indicadores para el corte temporal deseado, se puede estimar el valor de la variable analizada.

La estimación del modelo puede ser realizada mediante un método secuencial, consistente en calibrar, en primer lugar, una serie de tiempo del flujo por tipo de vehículo en función de características socio-económicas y demográficas del área de estudio, para luego realizar una proyección directa de estas variables mediante una serie de tiempo, tal como se realiza la proyección directa de flujos.

Entre las *variables descriptoras del sistema económico* a ser consideradas en la estimación de relaciones funcionales se cuenta:

- La tasa de crecimiento de población.
- La tasa de crecimiento del producto bruto interno, total o sectorial.
- La tasa de crecimiento del ingreso familiar.
- La tasa de crecimiento del parque vehicular.
- Etcétera.

Adicionalmente, es posible considerar *variables descriptoras del sistema de transporte*, tales como:

- Cambios de tarifas o tecnologías en los modos alternativos o en el modo analizado.
- Creación de vías alternativas, con impacto en la reasignación de viajes.
- Cambios estándares en las vías.
- Cambios de precios en insumos (combustibles, lubricantes, repuestos, etc.).

Se debe destacar que las variables a ser incluidas en la estimación del modelo deben ser posibles de proyectar con un cierto nivel de exactitud, en caso contrario, pierden la utilidad que prestan a la calibración.

Se debe procurar la determinación de la forma funcional más adecuada al caso en estudio, justificando su elección en términos de los criterios de bondad de ajuste de los modelos: test-estadísticos, R^2 y autocorrelación de errores, entre otros indicadores.

Entre las formas funcionales más utilizadas se puede mencionar la siguiente:

$$q_i^t = K_i \bullet (VAR_t)^{\beta_i}$$

Donde:

q_i^t	Flujo del vehículo tipo i, en el corte temporal t
VAR_t	Variable explicativa en el corte temporal t
K_i	Constante del modelo asociada al vehículo tipo i (parámetro a estimar).
β_i	Elasticidad del flujo en relación a la VAR (parámetro a estimar).

Para recolectar información histórica de flujo, se deberá recurrir a la totalidad de la información de tránsito histórico existente en el tramo bajo análisis. En cada caso el analista deberá utilizar como mínimo información de cinco años.

Elasticidades

Se debe destacar que las variables a ser incluidas en la estimación del modelo deben ser posibles de proyectar con un cierto nivel de exactitud, en caso contrario, pierden la utilidad en su aplicación. En el caso de la población y PBI, existen proyecciones efectuadas por instituciones de cierto grado de confiabilidad para ser utilizado en las relaciones funcionales.

Por lo general a nivel de perfil es conveniente trabajar la relación funcional entre el tráfico vehicular y las variables explicativas a nivel de elasticidades.

Para el caso de vehículos y pasajeros se puede plantear la siguiente relación:

$$\begin{aligned} r_{tp} &= r_{Pob} \times E_{tp/Pob} \\ r_{cg} &= r_{PBI} \times E_{cg/PBI} \end{aligned}$$

Donde:

r_{tp}	Tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos de pasajeros.
r_{cg}	Tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos de carga.
r_{pob}	Tasa de crecimiento de la población de la zona.
r_{PBI}	Tasa de crecimiento del PBI de la zona.
$E_{tp/Pob}$	Elasticidad del crecimiento del tráfico de vehículos de pasajeros respecto al crecimiento de la población.
$E_{cg/PBI}$	Elasticidad del crecimiento del tráfico de vehículos de carga respecto al crecimiento del PBI de la zona.

Cuando se consideran las elasticidades como 1 (lo cual es muy cercano a la realidad), se tendrá que:

$$\begin{aligned} r_{tp} &= r_{Pob} \\ r_{cg} &= r_{PBI} \end{aligned}$$

Una vez definidas las relaciones funcionales entre el tráfico y las variables socioeconómicas seleccionadas, la proyección se realiza mediante un método secuencial, consistente en proyectar primero las tasas de crecimiento de la variable explicativa y luego haciendo uso de la relación funcional el cálculo de la tasa de crecimiento del tráfico vehicular.

Posteriormente con la tasa de crecimiento vehicular calculado para cada tipo de vehículo, se hace uso de la siguiente relación para calcular el tráfico vehicular proyectado:

$$q_i^t = q_i^{t_0} \cdot (1+r)^{(t-t_0)}$$

Donde:

q_i^t = IMDA del tipo de vehículo i en el año futuro t

$q_i^{t_0}$ = IMDA del tipo de vehículo i en el año base t_0

r = Tasa de crecimiento anual del vehículo tipo i

c. Matrices de viajes

En el caso de proyectos que por su carácter estructurante de la red vial de una ciudad requiere ser analizado mediante modelos de simulación de demanda, es necesario contar con una matriz de viajes de vehículos de la zona de influencia del proyecto.

Por lo general, en estos casos, se parte de una matriz previa de viajes, la cual es actualizada mediante conteos de tráfico y encuestas origen/destino efectuados como parte del estudio. Dicho proceso de actualización puede ser llevado a cabo mediante programas de cómputo existentes en el mercado (Transcad, CUBE, etc.)

En el caso de no contarse con una matriz anterior, es necesario efectuar como parte del estudio encuestas domiciliarias para determinar la matriz O/D de viajes del área de influencia del proyecto, previa zonificación.

El proceso de asignación de la matriz O/D de viajes de vehículos en la malla vial de análisis (mediante programas de cómputo), debe ser calibrado adecuadamente para representar el tráfico actual existente en las vías bajo análisis, el margen de error aceptable deberá ser especificado en cada caso.

Proyección de matrices de viaje

En líneas generales existen varios enfoques para proyectar las matrices dependiendo de la disponibilidad de información: la proyección directa de la matriz de viajes, la proyección de viajes diferenciados por par origen-destino y la proyección de la matriz, vía la proyección de los vectores de generación y atracción.

- **Proyección directa de la matriz**

La forma más sencilla de proyectar la matriz, consiste en emplear una tasa de crecimiento única por tipo de vehículo para la totalidad de los viajes, la cual es aplicada a las matrices de cada período de modelación.

Para determinar las tasas de crecimiento, se debe analizar tendencias históricas de crecimiento del tráfico o determinando una relación funcional con las variables descriptoras del sistema económico.

- **Proyección de viajes Origen-Destino**

En la aplicación de este enfoque, es parte del supuesto que el analista posee modelos de demanda directa.

Los modelos de demanda directa corresponden a un modelo agregado de predicción el cual permite determinar el volumen de viajes entre un determinado par de zonas, en función de las características socio-económicas y demográficas de las zonas y del costo generalizado de transporte entre ellas. Por lo tanto, la técnica de proyección consiste en determinar el valor de las variables descriptoras del sistema económico, en el corte temporal deseado, para luego, estimar una matriz de tasas de crecimiento para la matriz de viajes, mediante la aplicación del modelo de demanda directa.

- **Proyección de matrices mediante los vectores de generación y atracción**

En este caso, se puede optar por seguir el enfoque del modelo clásico de demanda, el cual consta de cuatro submodelos para construir una matriz futura: sub modelo de generación, sub modelo de atracción de viajes, sub modelo de distribución de viajes y sub modelo de división modal.

- **Asignación de matrices proyectadas en la red vial**

El proceso de asignación de matrices de viajes proyectados a redes viales en escenarios futuros, permiten obtener la red vial cargada con tráfico vehicular. La asignación de una matriz de viajes a la red vial de modelación determinará el flujo vehicular por cada arco vial. Esta matriz fija podrá corresponder a cualquiera de las matrices construidas en el proceso de modelación de un proyecto, para las diversas situaciones, escenarios y cortes temporales.

En los casos que se presente congestión en los arcos de la red vial, se recomienda emplear en la asignación, el modelo de equilibrio de Wardrop. En cuanto a la función de costos

generalizado de viaje a emplearse en los modelos de elección de ruta en la etapa de asignación, por lo general se incluye variables como tiempo, distancia, pago de peajes, gasto de combustible, etc.

3.2.6. Estimación del tráfico desviado

El tráfico desviado podrá ser determinado mediante la comparación de costos de transportes por cada par origen-destino considerado en la zonificación del área de influencia del proyecto. Aquellos viajes donde el proyecto reduce el costo de transporte con respecto a la ruta tomada en la situación sin proyecto, podrá considerarse como tráfico desviado.

En el caso del empleo de un modelo de simulación de transporte, el tráfico desviado es estimado en forma directa por el modelo, es decir, como resultado del modelo de asignación se tendrá el tráfico en los arcos viales del proyecto (normal y desviado).

Una vez calculado el tráfico desviado en el primer año de operación del proyecto, este será proyectado en el horizonte de evaluación, según las tasas de crecimiento por tipo de vehículo del tráfico normal.

3.2.7. Estimación del tráfico generado

En la mayoría de los casos la aparición de tráfico generado dependerá de la magnitud de la mejora efectuada por el proyecto en la vía intervenida, siendo posible clasificar el nivel de impacto del proyecto según el nivel de intervención:

- Proyectos de recuperación: nulo o mínimo nivel de generación de tráfico.
- Proyectos de mejoramiento (afirmado a pavimentado): se espera la aparición de algún tráfico generado debido a la reducción de costos de transporte.
- Proyectos de instalación de nuevas vías: se genera tráfico de acuerdo a las potencialidades y recursos de las áreas a servir.

En el caso de vehículos ligeros, transporte público y de carga se puede calcular el tráfico generado como un porcentaje del tráfico normal.

Una vez calculado el tráfico generado en el primer año de operación del proyecto, este será proyectado en el horizonte de evaluación según las tasas de crecimiento por tipo de vehículo del tráfico normal.

3.3. Análisis de la oferta

Esta tarea tiene por objetivo la descripción de los aspectos físicos y operacionales que caracterizan la oferta de infraestructura vial actual en la zona del proyecto, la cual será intervenida o alterada por el proyecto.

La descripción de los aspectos físicos debe ser con un mayor detalle, es por ello que la información tomada en el diagnóstico de acuerdo a la metodología para el desarrollo del estudio de inventario vial, con las pautas y los formatos que considera el Manual de Inventario Viales (R.D. N° 09-2014-MTC/14), emitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, deberán ser detalladas también en este ítem, guardando una similitud entre el diagnóstico realizado y la oferta actual sin proyecto de la vía.

3.3.1. Recopilación de información de la oferta actual

Es necesario efectuar la recopilación de información disponible sobre la oferta vial en el área de estudio del proyecto. Dicha información comprenderá cartografía, mapas viales, inventarios viales, estudios anteriores, etc.

La información debe permitir caracterizar la vía actual tanto en sus aspectos técnicos (de diseño), como operacionales (tráfico, nivel de transitabilidad, accidentes, etc.), y condiciones medio ambientales, adicional a ello se debe contar con:

- Cartografía: información cartográfica, geológica y fotográfica (aérea y satelital) disponible de fuentes gubernamentales, como el Instituto Geográfico Nacional, o privadas.
- Catastro: Referidas a información de las características y estado de las vías existentes y que puede ser obtenida de inventarios.
- Estudios anteriores de la vía, en planotecas de las instituciones o gobiernos locales.
- Características geoclimáticas de la zona del proyecto:

3.3.2. Inspecciones de campo e inventario de la oferta actual

Como paso previo a la recopilación de información, será necesario hacer un inventario del tipo de información requerido para el análisis de la oferta, asimismo se deberá verificar la disponibilidad de dicha información y el medio en el que se encuentra (magnético, papel, etc.). La información en general comprenderá datos sobre características físicas y operacionales de las vías, condición y estado actual de pavimentos e información complementaria referida a condiciones ambientales.

En todos los casos a nivel de perfil es necesario efectuar inspecciones de campo sobre la infraestructura a ser intervenida, o del posible trazo en el caso que se trate de la instalación de una vía o puente. Dicha inspección permitirá, además, determinar la magnitud de la intervención a plantearse en el proyecto.

Mediante dichas inspecciones de campo se levantará información sobre las características técnicas y operacionales de la vía. Según el tipo de perfil, la inspección de campo deberá permitir recoger información a nivel de tramo de los siguientes aspectos:

Características geométricas por subtramos: longitud, sección transversal promedio, pendientes.

Características del pavimento: tipo, estado, espesor, tipos de fallas.

Obras de arte y drenaje: estado y necesidad de intervención.

Puentes: ubicación, tipo, sección, luz, estado, necesidad de intervención.

Características ambientales: topografía, altitud, precipitaciones, puntos o tramos críticos y tipo de solución.

Intersecciones críticas.

Aspectos funcionales: capacidad de la vía, nivel de servicio, velocidad promedio, tiempo de viaje, tipos de vehículos de circulación.

Equipamiento.

Para el caso de la infraestructura vial que no será intervenida por el proyecto pero que es necesario tomar en cuenta en el análisis de la oferta (caso de vías de donde se desviará el tráfico), bastará presentar sus características generales, nivel de servicio y tiempo de viaje en la vía alterna al proyecto.

La información solicitada debe ser presentada en forma resumida en la parte de formulación del perfil y en forma completa y con las fotos respectivas en un anexo.

3.3.3. Proyección de la oferta

Tomando como base la situación actual, es necesario proyectar la oferta vial a lo largo del horizonte de análisis del proyecto. Este punto es necesario para formular escenarios de oferta vial con fines de análisis de reasignaciones de tráfico en cortes temporales futuros. Para ello, será necesario revisar la cartera de proyectos de inversión en proyectos viales del área bajo análisis.

Se deberá identificar la cartera de proyectos en el área de influencia del proyecto, principalmente de intervenciones previstas en el corto y mediano plazo de los gobiernos locales.

Los proyectos que se deben tomar en cuenta en primer lugar, son aquellos que se encuentran ya incluidos en los programas de inversión de las diversas instituciones del sector. Para cortes temporales a mediano y largo plazo, se debe revisar los planes de desarrollo para el área bajo análisis.

Cuando la predicción de la oferta vial lleva asociada una gran incertidumbre, será necesario efectuar consultas directas a las autoridades del sector con respecto a la posible evolución futura de la oferta vial.

3.4. Balance oferta demanda

En esta sección se debe verificar lo siguiente:

- Calcular la capacidad de la vía y/o intersección sin proyecto y con proyecto.
- Calcular el nivel de servicio de la carretera a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto.

3.4.1. Cálculo de capacidades

Se deberá de calcular la capacidad de la vía en todos los tramos de la vía del proyecto, tanto horaria o en un periodo determinado de tiempo empleándose metodologías apropiadas. Es recomendable el uso del manual HCM (Headway Capacity Manual).

3.4.2. Nivel de servicio

Para medir las condiciones de operación de carretera cuando circula un flujo de vehículos sobre ella, en condiciones óptimas de mantenimiento, se usa el concepto de nivel de servicio. En términos generales se puede indicar que el nivel de servicio tiene relación con el nivel de ocupación en la que opera una vía y nos señala las limitaciones que se pueden presentar en la actualidad o en el futuro cuando la demanda sobrepasa a la oferta (en cuanto a capacidad vial).

Existen criterios para establecer los niveles de servicio en los que opera una vía, los que se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.4: Niveles de servicio

Nivel de Servicio	Condiciones de circulación
A	Representa una circulación en flujo libre (sin interrupciones o paradas no deseadas). El conductor tiene completa libertad para elegir la velocidad de circulación y libertad de maniobras (en concordancia con los parámetros del diseño de la vía).
B	Representa una circulación en flujo libre (sin interrupciones o paradas no deseadas). Pero el conductor aunque tiene completa libertad para elegir la velocidad de circulación, disminuye un poco la libertad de maniobra por la presencia de otros vehículos.
C	Representa una circulación estable pero la libertad de velocidad y maniobra del conductor se ve afectada en forma significativa por la presencia de otros vehículos.
D	Representa una circulación estable pero la libertad de velocidad y maniobra del conductor queda seriamente restringida por la presencia de otros vehículos. A partir de este nivel se considera que ya empieza a existir congestión en la vía.
E	La operación de la vía está en su límite de capacidad, la libertad de maniobra es extremadamente difícil debido a la presencia de los otros vehículos, incluso con pequeñas paradas no deseadas.
F	Representa condiciones de flujo forzado y se produce cuando la cantidad de tránsito vehicular excede la cantidad que puede pasar por él. Se forman colas de vehículos con la existencia de intervalos de paradas y arranques.

Fuente: Normas de Diseño Geométrico - MTC.

Cabe señalar que el nivel de servicio de una vía varía en las diferentes horas del día, siendo necesario considerar la hora más crítica para el análisis, es decir, la hora punta, por lo que el análisis de servicio de una vía estará referido a dicha hora principalmente.

Asimismo, el análisis se concentrará en aquellos sub tramos o puntos (cuellos de botella) donde por las características físicas esté operando en bajos niveles de servicio.

En este caso, deberá determinarse el nivel de servicio de la vía por tramo en la hora punta, tanto en la situación sin y con proyecto, para ello se podrá seguir el siguiente procedimiento:

- i) Determinar el tráfico vehicular en la hora punta
En base a los conteos horarios efectuados sobre la vía, se determinará la hora punta (de máximo tráfico horario).

El tráfico en la hora punta, deberá ser transformado en vehículos equivalentes (coche particular) según el siguiente criterio:

Vehículo Equivalente

Automóvil o camioneta	1.0
Camión	2.5
Camión de 2 ejes o más	3.5
Microbuses	2.0
Ómnibus	3.0
Articulados	4.0
Camionetas rurales	1.25
Mototaxis	0.50

- ii) Determinación de la capacidad horaria de la vía
Se debe emplear metodología apropiada para ello. Existen manuales para determinar capacidades horarias, siendo uno de ellos el del *Highway Capacity Manual (HCM)* de los Estados Unidos.
- iii) Determinación de la tasa de ocupación en la hora punta
Es el ratio entre el tráfico en hora punta medido en vehículos equivalentes sobre la capacidad horaria de la vía.
- iv) Determinación del nivel de servicio según el siguiente cuadro:

Cuadro 3.5: Relación volumen y nivel de servicio

Relación Volumen/Capacidad		Niveles de Servicio
>	1.00	F
0.91	1.00	E
0.81	0.90	D
0.71	0.80	C
0.61	0.70	B
<	0.60	A

Fuente: Normas de Diseño Geométrico - MTC.

- v) Calcular el nivel de servicio en el horizonte de evaluación en la situación sin proyecto y con proyecto.
Se deberá evaluar los niveles de servicio y la existencia de congestión en la vía a ser intervenida por el proyecto. En el caso de existir dichos problemas, estos deberán ser considerados para la optimización de la propuesta técnica en el módulo de diseño vial.

Cuadro 3.6: Nivel de servicio proyectado

Año	Nivel de servicio Sit. Optimizada	Nivel de servicio con Proyecto
1	E	A
2	E	A
3	E	A
4	E	A
5	E	A
6	E	A
7	E	A
8	E	A
9	E	A
10	E	A

Fuente: Normas de Diseño Geométrico - MTC.

3.5. Descripción técnica de alternativas

El objetivo de esta tarea es definir las características técnicas preliminares de la infraestructura del proyecto (o de sus alternativas), luego de lo cual será posible calcular los costos asociados a cada caso.

El aspecto técnico se trabajará a nivel de diseño preliminar, donde será necesario entrar a un nivel de descripción técnica de las alternativas de proyecto. A este nivel de estudio le corresponde ya un trabajo limitado de estudios de terreno que permitirá pasar de un diseño conceptual inicial a un diseño básico más detallado, con soluciones a nivel de sub tramos.

Es necesario precisar que la participación de personal con experiencia en la elaboración de estudios de pre inversión es fundamental para suplir las limitaciones en cuanto a ensayos y pruebas de campo.

El **análisis de riesgo de desastres** forma parte del análisis técnico de las alternativas de solución. En la localización se analiza la exposición. En la tecnología se analiza la vulnerabilidad, también se plantea las medidas de reducción de riesgos.

En relación con los riesgos de desastres, la localización es un factor esencial; si en la localización propuesta para el proyecto existen peligros, hay que analizar otras posibles

alternativas de localización y evaluar cuál es la mejor. Este caso se analizará considerando tramos nuevos alternativos a la vía existente, o de ser el caso alternativas de trazo en vías nuevas.

En cuanto a la etapa de diseño, se debe considerar la normatividad vigente y diseñar obras de protección como estabilización de taludes y muros de contención, manejo de drenaje, en los tramos críticos.

Proyectos o tramos de vía cuya localización los exponga a situaciones de riesgo, pero que existan otras opciones de ubicación en zonas menos expuestas.

Proyectos o tramos de vía cuya localización los exponga a situaciones de riesgo y que no cuenten con otras opciones de ubicación en zonas menos expuestas. Para estos proyectos deberán identificarse medidas de mantenimiento focalizados de forma permanente para reducir el riesgo.

Cuadro 3.7: Tratamiento de tramos críticos en la vía

N°	Cuadras		Margen	Peligro	Vulnerabilidad	Medidas de mitigación
	De	A				
1	C-1	C-1	I	Asentamiento del suelo	Alta	Cambio de material en la sub rasante.
2	C-10	C-11	D	Derrumbes	Media	Estabilización de taludes.
3	C-12	C-18	D	Inundación por tsunami	Alta	Muro costero.
4	C-25	C-25	I	Asentamiento del suelo	Alta	Cambio de material en la sub rasante.

Para efectos de definir las características técnicas de las alternativas del proyecto es necesario seguir los siguientes pasos:

3.5.1. Estudio de base

Como actividad inicial se debe identificar la información que será requerida para la realización del estudio de ingeniería. Es necesario, en esta etapa, prestar atención a la recopilación de información disponible sobre el proyecto, principalmente de antecedentes técnicos y de estudios de campo realizados con anterioridad. Posteriormente, y de acuerdo a los requerimientos de cada alternativa de proyecto, deberán de plantearse los estudios de campo necesarios.

Recopilación de información disponible

En este punto es necesario recopilar información útil para esta etapa de formulación del proyecto, como por ejemplo: cartografía existente del área de estudio, catastro urbano, fotografías aéreas restituidas, levantamientos topográficos, inventarios viales, estado de pavimentos, estudios de suelos, etc.

Será necesario contar con un levantamiento de las condiciones actuales de la vía. Entre los aspectos a considerar se encuentran los siguientes:

- Características geométricas actuales.
- Perfil longitudinal.
- Tipo y estado de la superficie de rodadura.
- Puentes.
- Señalización horizontal y vertical, semáforos.
- Equipamiento urbano.
- Interferencias con redes de servicios públicos.
- Paraderos y facilidades para usuarios de transporte público.
- Problemas en tramos críticos.

Estudios básicos

Los estudios básicos deberán proporcionar la información necesaria para el diseño del proyecto. Se efectuará las inspecciones de campo y estudios, ahondando en los siguientes aspectos.

Topografía

Los trabajos topográficos permiten tener información sobre el relieve del área del proyecto, con el fin de poder plantear las curvaturas de alineamiento, las pendientes longitudinales, etc. y determinar los movimientos de tierras necesarios para la ejecución del proyecto. Asimismo, se deberá ubicar el mobiliario urbano existente.

Suelos, geología y geotecnia

La información geotécnica necesaria se obtendrá en base a reconocimientos realizados por un especialista en geotecnia de preferencia. Se recurrirá a prospecciones in situ cuando sea necesario en aquellos casos en que existan dudas o se presenten interrogantes que pongan en peligro la factibilidad del trazado en estos casos se realizarán prospecciones de campo mediante calicatas. Se efectuará apreciaciones sobre

la calidad del terreno natural en cuanto a su capacidad de soporte, se estimará valores de CBR de la subrasante, en casos necesarios se podrá efectuar ensayos de laboratorio. Del mismo modo de los posibles problemas relativos a la fundación de puentes y obras de arte mayores.

Pavimentos existentes

En base al inventario vial se recopilará información sobre las características y estado del pavimento existente especificando la estructura y espesor de las capas, indicándose las principales fallas estructurales.

Obras de drenaje

Recopilar datos que permitan estimar las dimensiones preliminares de las obras de arte y de drenaje. En el caso de infraestructura existente se debe examinar si las hipótesis de diseño empleadas son aún válidas, o si existen nuevos antecedentes que aconsejen un cambio en los diseños.

Expropiaciones

Cuando el estudio se desarrolla por terrenos de propiedad privada, el formulador debe estimar (en función de la información disponible y valores referenciales de las propiedades acordados con la contraparte) los montos necesarios para proceder a las expropiaciones de los terrenos.

3.5.2. Diseño Preliminar de las alternativas de proyecto

El diseño de la vía, desde el punto de vista puramente técnico, está condicionado por ciertos factores que determinarán la propuesta de las características técnicas. Estos factores son: tráfico, topografía, geología y geotecnia, mecánica de suelos, entre otros. Desde el punto de vista económico cabe indicar que siendo imprescindible asegurar la viabilidad del proyecto es necesario tomar en cuenta que el planteamiento técnico debe ser eficiente y adecuado al tipo de problema que se pretende solucionar, con el fin de no sobredimensionar el proyecto y hacer que el proyecto sea inviable técnica y económicamente. Por ello, es necesario considerar el balance que debe existir entre la magnitud de la intervención planteada y su viabilidad económica.

a) Determinación de parámetros y normas de diseño

En este punto se deben determinar las características técnicas de los componentes que conforman cada alternativa.

Los parámetros a ser definidos se refieren básicamente a aspectos geométricos tales como:

- Velocidad de diseño.
- Radio mínimo.
- Gradiente máxima.
- Peralte máximo.
- Gradiente mínimo.
- Anchos de calzada y bermas.
- Otros aspectos que puedan condicionar la ubicación del eje de la vía.

Adicionalmente, se tratarán otros parámetros que condicionan el diseño, como son:

- Geometría transversal en puentes y estructuras.
- Cargas a considerar.
- Normas de diseño estructural.
- Factores de seguridad en los parámetros de resistencia de los suelos.
- Criterios para la definición de taludes en cortes y terraplenes.
- Criterios de serviciabilidad para el cálculo de pavimentos.

b) Diseño vial

El diseño de la vía, a nivel general, está condicionado por ciertos factores que determinan sus características técnicas de camino. Estos factores son: tráfico, topografía, mecánica de suelos y economía de construcción.

Se determinará las características básicas de las intervenciones a efectuar para cada alternativa, específicamente los parámetros básicos por tramo y sub tramo de vía tanto en geometría, pavimentos; obras de arte y drenaje, tratamiento de zonas críticas; seguridad vial, obras relacionadas a mitigación de impactos ambientales a nivel de prediseño.

Prediseño geométrico

- Se efectuará el diseño preliminar del trazado de la vía en estudio, considerando las normas y criterios de diseño señalados anteriormente, en base a planos 1:10,000 (excepto en zonas donde sea necesaria una mayor escala por ser sectores críticos) generados en el proceso de digitalización de las cartas geográficas.
- Se determinarán las cantidades de movimiento de tierras y transporte.

Prediseño de drenajes

- Realización del prediseño de obras de drenaje del proyecto.

Prediseño de pavimentos

- Se diseñarán las estructuras de las diversas alternativas de pavimentos.
- Los factores a ser considerados son:
 - i. Características físicas y mecánicas preliminares de los suelos de la subrasante.
 - ii. Materiales para la pavimentación.
 - iii. Características del tránsito.
 - iv. Condiciones ambientales.

Asimismo, se debe considerar las condiciones de drenaje en toda la longitud de la vía y la necesidad de contemplar sistemas de drenaje subterráneo en caso de ser requerido.

Prediseño de estructuras especiales: puentes, pasos a desnivel

- Se definirá la concepción básica de cada una de las estructuras y puentes identificados, incidiendo en los siguientes aspectos:
 - i. Tipologías más adecuadas.
 - ii. Materiales a ser empleados.
 - iii. Rango de las estructuras.
 - iv. Características geométricas más relevantes
- Luego se clasificarán las obras de acuerdo a su función, tipología y geometría; agrupándolas en obras tipo, de las cuales se realizará su cálculo preliminar y se presentarán esquemas con indicaciones de sus características principales.
- Se verificará la aplicabilidad y seguridad de las obras tipo. En los casos que los resultados no sean satisfactorios, o en el caso de obras de mayor importancia, se plantearán alternativas de solución.

Prediseño de obras complementarias

- Estimación de la cantidad de señales verticales en función de las características de la vía y la zona que atraviesa, clasificándolas en tipos de costo semejante. Se considerarán los tres tipos básicos de señales: informativas, preventivas y restrictivas, aunque para efectos de cómputo a nivel de factibilidad, las mismas se agruparán en tipos de señales de costo presumiblemente semejante.
- Estimación de las longitudes de aplicación de los diferentes tipos de señalización horizontal.
- Estimación de los lugares en los que se requerirán barreras o defensas para proporcionar seguridad al proyecto.

Planos

- Los prediseños deberán ser acompañados con los planos respectivos.

3.5.3: Situación base optimizada

Para el proceso de evaluación de alternativas, se requiere definir una situación base que servirá de referencia para la estimación de los beneficios y costos incrementales asociados a dicha alternativa. Es decir, se realiza una comparación de las condiciones de operación entre ambas situaciones, *con* y *sin* proyecto, motivo por el cual, mientras más deteriorada sea la situación base, mayores beneficios serán atribuidos al proyecto. A fin de evitar la sobre estimación de los beneficios del proyecto, es necesario prestar una especial atención a la definición de la *situación base*.

De un modo general, en la situación base se deben considerar medidas de gestión tendientes a abordar problemas de operación de la vía, donde pueden incluirse medidas adecuadas de mantenimiento de la infraestructura y mínimas inversiones en mejoramiento de la infraestructura. Es decir, la situación base corresponde a la situación sin proyecto debidamente optimizada. En el caso que ninguna de las alternativas evaluadas resulte rentable, se deberá materializar las acciones de la situación base optimizada.

3.6. Costos a precios de mercado

En esta tarea será preciso estimar los costos de cada alternativa propuesta, considerando los prediseños de ingeniería de la infraestructura vial urbana del proyecto elaborados en la tarea anterior.

Los costos involucrados se refieren a la inversión (estudios definitivos, expropiaciones, supervisión, ejecución de obras, mitigación del impacto ambiental, gastos de gestión del proyecto, etc), operación del proyecto y mantenimiento.



Dentro de los costos de inversión, hay que precisar las medidas de reducción de riesgos, si las hubiere.

Los costos de inversión deberán estar planteados por componentes tales como mejoramiento de la vía, obras de arte y drenaje, mitigación de riesgos, semaforización, señalización, etc., (deben guardar relación con los medios fundamentales del árbol de medios y fines), adicional a ello se debe considerar estudios definitivos, expropiaciones, gestión del proyecto, supervisión, entre otros.

Sin embargo para determinar dichos costos en componentes es necesario realizar el siguiente procedimiento:

3.6.1. Determinación del volumen para las acciones del PIP

Como punto inicial para el cálculo del costo de inversión, es la definición de las partidas que serán consideradas al respecto de la infraestructura, como acciones, para luego distribuirla y agruparla por componentes. Dependiendo del tipo de proyecto y nivel de estudio, se considerará que a nivel de perfil, las partidas serán desagregadas.

Perfil: A nivel de rubros de partidas (Movimiento de tierras, pavimentos, puentes, obras de drenajes, señalización).

El cálculo del volumen de obra será como resultado de los metrados respectivos por partida. Esto se calcula en base a los diseños efectuados en la tarea anterior.

3.6.2. Estimación de los costos para las acciones del PIP

En base a los volúmenes de obra determinados en el paso anterior, se procederá a determinar los costos directos de obra, los cuales incluyen los requerimientos económicos

para las maquinarias, equipos, materiales, mano de obra y todos aquellos recursos necesarios para la ejecución específica de las partidas antes mencionadas. (Como posteriormente se aplicarán los impuestos a todo el costo de obra, en los costos directos los precios de insumos no incluyen el IGV).

Los costos por partidas que finalmente se agruparán para las acciones y luego distribuirlas por componentes según medios fundamentales, ya consideran todos las actividades de ingeniería, entre ellas, movimiento de tierras, pavimentos, ensanches, estabilizaciones de taludes, muros de contención, tratamientos especiales, (acciones para mitigar el riesgo), obras de arte, señalización, semaforización etc.

Posteriormente será necesario agregar los costos indirectos (sin IGV) para tener el presupuesto de obra. Los costos indirectos se refieren a los gastos generales (todos los costos atribuibles a la obra pero no a una partida específica) y la utilidad (excedente de beneficio para el contratista cuando esta se ejecuta por contrata). De esta manera se tiene que:

$$\text{Costos Directos de Obra} + \text{Gastos Generales y Utilidad} = \text{Costo Total de Obra}$$

Por lo general los gastos generales y utilidad se consideran como un porcentaje de los costos directos.

Dado que los costos directos e indirectos no consideran el IGV, al final debe ser añadido también dicho monto para calcular el presupuesto de la obra.

Se realizará un análisis a más detalle, será necesario calcular los costos unitarios solo de las principales partidas, las que representan los mayores costos del proyecto (movimientos de tierras, costos de transporte, etc.). Para las otras partidas será suficiente tomar valores de proyectos similares.

Para el cálculo del costo parcial por partida, sólo se tiene que multiplicar el metrado por dicho precio unitario:

$$\text{Costo Parcial por Partida} = \text{Metrado} \times \text{Precio Unitario}$$

Para tener el costo total de la obra es necesario sumar los costos parciales por partida. Como ejemplo, se muestra el siguiente presupuesto a este nivel:

Cuadro 3.8: Resumen de volumen y costos

Item	Concepto	UN	Metrado	Precio Unit S/.	Parcial S/.	Total S/.
1.00	Trabajos preliminares					14,632.02
1.01	Roce y limpieza de terreno	HA	18	812.89	14,632.02	
2.00	Movimiento de tierras					2,320,484.00
2.01	Corte en material suelto	M3	39,200	1.20	47,040.00	
2.02	Excavación corte en roca suelta	M3	39,200	5.61	219,912.00	
2.03	Corte en roca fija	M3	117,600	11.82	1,390,032.00	
2.04	Perfilado subrasante zona de corte	M2	415,000	1.45	605,900.00	
2.10	Escarificado de carpeta antigua	M2	360,000	0.16	57,600.00	
3.00	Pavimentos					4,464,418.06
3.02	Bus base granular (0.20M)	M3	108,864	12.13	1,320,520.32	
3.03	Base granular (0.12M)	M3	115,603	16.58	1,916,697.74	
3.05	Imprimación	M2	520,000	0.49	254,800.00	
3.06	Tratamiento superficial	M2	520,000	1.87	972,400.00	
4.00	Obras de arte					1,897,324.40
4.01	Excavación estructuras (Mat. Suelto)	M3	21,600	4.79	103,464.00	
4.02	Excavación estructuras (Mat. Rocoso)	M3	32,400	8.95	289,980.00	
4.03	Relleno de fundaciones	M3	26,000	7.99	207,740.00	
4.05	Alcantarilla TMC 24", C=14	ML	432	123.36	53,291.52	
4.06	Alcantarilla TMC 48", C=12	ML	96	292.71	28,100.16	
4.10	Concreto simple 210KG/CM2	M3	720	74.61	53,719.20	
4.12	Armadura FY=4200KG/CM2	KG	30,138	0.77	23,206.26	
4.13	Encofrado	M2	9,138	12.27	112,123.26	
4.14	Cunetas revestidas	ML	65,000	15.78	1,025,700.00	
5.00	Señalización					13,875.76
5.01	Postes kilométricos	PZA	72	28.83	2,075.76	
5.02	Pintura del pavimento	ML	29,500	0.40	11,800.00	
6.00	Movilización y desmovilización					124,360.00
Total Costos Directos:						8,835,094.24
Gastos Generales y Utilidades:						1,684,288.26
Sub Total :						10,519,382.50
IGV :						1,893,488.85
Costo de Obra:						12,412,871.35

Con dichos montos es posible determinar el costo a precios de mercado de cada componente determinado en el árbol de medios y fines. Siguiendo el mismo procedimiento se puede estimar los costos para los demás rubros que se adiciona al costo de la infraestructura, las cuales son los costos indirectos (estudios definitivos, supervisión, expropiaciones, gestión del proyecto, capacitación, etc.)

3.6.3. Determinación de los costos de inversión a precios de mercado

El costo de inversión total a precios de mercado estará conformado por:

- a. Costos de estudios.
- b. Costos de obras (estará dividido por componentes).
- c. Costos de supervisión de obra.
- d. Costos por expropiaciones y compensaciones.
- e. Costos del programa de impacto ambiental.
- f. Costo de gestión del proyecto.

Dentro de ellos se incluyen los costos que son necesarios para la ejecución de los mismos, por ejemplo:

- El *costo de estudios* comprende los estudios que son necesarios desarrollar para la ejecución del proyecto y los estudios complementarios como el estudio topográfico, hidrológico, diseño del pavimento, estudio geotécnico, estudio de canteras y fuentes de agua, entre otros, dependiendo de las características de cada proyecto.
- Los *costos de obras civiles* comprenden los costos directos e indirectos destinados a ejecutar las obras.
- Los *costos de supervisión de obra*, por lo general se considera como un porcentaje de los costos de obras.
- Los *costos de expropiaciones* corresponden al costo de los terrenos, edificaciones e instalaciones que deberán ser utilizados o removidos para establecer el derecho de vía del proyecto.
- Los *costos del programa de impacto ambiental* comprenden los costos de mitigación ambientales planteados en el análisis ambiental de proyecto.
- Los *costos de gestión del proyecto* comprenden los costos que demanda contratar a profesionales especializados para realizar labores de seguimiento, coordinación y

monitoreo para la buena marcha del proyecto, de tal manera que se cumpla los plazos establecidos en el PIP. Este equipo lo conformarán profesionales especializados en temas que se requiera para la buena marcha del proyecto, es el representante de la entidad ante las empresas contratistas y encargada de la supervisión. Debe siempre desagregarse este ítem y no dejarse en un monto global.

Con los costos definidos a nivel de partidas, metrados y costos unitarios procedemos a determinar y organizar los costos por componentes de acuerdo a lo establecido en la guía general para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública, a nivel de perfil.

A continuación presentamos el cuadro resumen con las acciones del proyecto:

Cuadro 3.9: Acciones del PIP

Acciones	Recursos	Actividades	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total S/.
Acción 1: Mejoramiento a nivel de pavimento flexible	Colocación del pavimento flexible y ampliación de carriles	* Elaboración de ET	EST	1	500,000.00	500,000.00
		* Supervisión	MES	12	379,126.40	4,549,516.80
		* Gestión del proyecto	MES	12	379,126.40	4,549,516.80
		* Ejecución de obra	KM	17	2,400,000.00	40,800,000.00
Acción 2a: Estabilización de taludes	Reforestación y colocación de geomallas	* Elaboración de ET	EST	1	250,000.00	250,000.00
		* Supervisión	MES	3	189,563.20	568,689.60
		* Gestión del proyecto	MES	3	189,563.20	568,689.60
		* EIA	HA	3	95,000.00	285,000.00
Acción 2b: Instalación de muros de contención	Muros de contención con gaviones	* Elaboración de ET	EST	1	250,000.00	250,000.00
		* Supervisión	MES	3	189,563.20	568,689.60
		* Gestión del proyecto	MES	3	189,563.20	568,689.60
		Colocación de gaviones, mov. de tierras, etc.	ML	500	9,500.00	4,750,000.00
Acción 3: Instalación de bahías para transporte	Paraderos para transporte público	* Elaboración de ET	EST	1	500,000.00	500,000.00
		* Supervisión	MES	2	379,126.40	758,252.80
		* Gestión del proyecto	MES	2	379,126.40	758,252.80
		* Instalación de paraderos para transporte público	UND	10	35,000.00	350,000.00

Acción 4: Colocación de señalización horizontal y vertical y semaforización coordinada	Señalización	* Elaboración de ET	EST	1	250,000.00	250,000.00
		* Supervisión	MES	2	189,563.20	379,126.40
		* Gestión del proyecto	MES	2	189,563.20	379,126.40
		* Señales preventivas, informativas	UND	95	25,000.00	2,375,000.00
	Semaforización	* Elaboración de ET	EST	2	250,000.00	500,000.00
		* Supervisión	MES	2	189,563.20	379126.4
		* Gestión del proyecto	MES	2	189,563.20	379126.4
		* Semaforización coordinada	UND	10	45,000.00	450,000.00
Acción 5: Capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía	3 cursos de capacitación	* Elaboración de ET	EST	1	500,000.00	500,000.00
		* Supervisión	MES	3	379,126.40	1,137,379.20
		* Gestión del proyecto	MES	3	379,126.40	1,137,379.20
		* Cursos de capacitación	UND	3	5,500.00	16,500.00
TOTAL INVERSION						68,458,061.60

Agrupando dichas acciones tenemos los componentes que son los medios fundamentales del árbol de medios y fines, el cual se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.10: Componentes y acciones del PIP

Acciones	Recursos	Actividades	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total S/.
Comp. 1: Recuperación y mejoramiento en la Av. Libertadores con pavimento flexible						50,399,033.60
Acción 1: Mejoramiento a nivel de pavimento flexible	Colocación del pavimento flexible y ampliación de carriles	* Elaboración de ET	EST	1	500,000.00	500,000.00
		* Supervisión	MES	12	379,126.40	4,549,516.80
		* Gestión del proyecto	MES	12	379,126.40	4,549,516.80
		* Ejecución de obra	KM	17	2,400,000.00	40,800,000.00
Comp. 2: Se reduce el riesgo en la vía (tratamiento de tramos críticos en la vía)						7,809,758.40

Guía metodológica para PIP de vialidad urbana, a nivel de perfil

Acción 2a: Estabilización de taludes	Reforestación y colocación de geomallas	* Elaboración de ET	EST	1	250,000.00	250,000.00
		* Supervisión	MES	3	189,563.20	568,689.60
		* Gestión del proyecto	MES	3	189,563.20	568,689.60
		* EIA	HA	3	95,000.00	285,000.00
Acción 2b: Instalación de muros de contención	Muros de contención con gaviones	* Elaboración de ET	EST	1	250,000.00	250,000.00
		* Supervisión	MES	3	189,563.20	568,689.60
		* Gestión del proyecto	MES	3	189,563.20	568,689.60
		* Colocación de gaviones, mov. de tierras, etc.	ML	500	9,500.00	4,750,000.00
Comp. 3: Existencia de paraderos de transporte público						2,366,505.60
Acción 3: Instalación de bahías para transporte	Paraderos para transporte público	* Elaboración de ET	EST	1	500,000.00	500,000.00
		* Supervisión	MES	2	379,126.40	758,252.80
		* Gestión del proyecto	MES	2	379,126.40	758,252.80
		* Instalación de paraderos para t. público	UND	10	35,000.00	350,000.00
Comp. 4: Existencia de señalización y semaforización						5,091,505.60
Acción 4: Colocación de señalización horizontal y vertical y semaforización coordinada	Señalización	* Elaboración de ET	EST	1	250,000.00	250,000.00
		* Supervisión	MES	2	189,563.20	379,126.40
		* Gestión del proyecto	MES	2	189,563.20	379,126.40
		* Señales preventivas, informativas	UND	95	25,000.00	2,375,000.00
	Semaforización	* Elaboración de ET	EST	2	250,000.00	500,000.00
		* Supervisión	MES	2	189,563.20	379,126.40
		* Gestión del proyecto	MES	2	189,563.20	379,126.40
		* Semaforización coordinada	UND	10	45,000.00	450,000.00
Comp. 5: Existencia de programas para capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía						2,791,258.40

Acción 05: Capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía		* Elaboración de ET	EST	1	500,000.00	500,000.00
	03 cursos de capacitación	* Supervisión	MES	3	379,126.40	1,137,379.20
		* Gestión del proyecto	MES	3	379,126.40	1,137,379.20
		* Cursos de capacitación	UND	3	5,500.00	16,500.00
TOTAL INVERSIÓN						68,458,061.60

El presente ejemplo ha considerado las actividades de elaboración del expediente técnico, supervisión y gestión del proyecto. En cada acción se ha considerado el tiempo y costo que corresponde. Esta situación no significa que se tenga que partir la ejecución de dichas actividades. En el proyecto habrá un solo expediente, una sola supervisión y una gestión del proyecto, cuyo costo total resultará de la sumatoria de los costos parciales, como, por ejemplo, la supervisión.

Otro ejemplo que se utilizó en el cuadro es el caso de capacitación. Se han considerado tres meses, pues si bien cada capacitación dura quince días, se incluye un plazo mayor, que considere las acciones previas y posteriores a la capacitación.

Nota: Tener en consideración que este es un ejemplo práctico y que en cada proyecto de inversión pública estas situaciones variarán según la particularidad que tenga de cada uno de ellos, y de las acciones que se desarrollen según su diagnóstico.

3.6.4. Estimación de los costos de operación y mantenimiento

Para que la vía preste un adecuado servicio es necesario realiza las tareas de conservación y mantenimiento que recomiendan las prácticas aceptables. Asimismo, será necesario efectuar gastos en la gestión y administración del proyecto.

Para cada alternativa planteada y para la situación base optimizada deberá considerarse los costos de mantenimiento y operación.

El costo de mantenimiento incluirá el costo de mantenimiento rutinario que es expresado en forma anual y el costo de mantenimiento periódico que se realiza cada cierto periodo de años.

En el caso del perfil deberá estimarse el mantenimiento rutinario y periódico en base a precios unitarios y los costos de operación.

Las actividades a considerarse para la operación y mantenimiento del proyecto deberán estar en función del tipo de la alternativa, pudiendo considerar actividades para vías afirmadas y para vías pavimentadas tales como:

Vías no pavimentadas

- Perfilado de la vía.
- Bacheo con grava en puntos críticos.
- Reposición de grava.
- Limpieza de cunetas y alcantarillas, jardinería, limpieza de cauces (de existir) entre otros.

Vías Pavimentadas

- Bacheo.
- Sello en el pavimento.
- Refuerzo del pavimento.
- Limpieza de cunetas y alcantarillas, jardinería, limpieza de cauces (de existir) entre otros.

Dentro de los costos de operación y mantenimiento hay que precisar lo correspondiente a las medidas de reducción de riesgos, si las hubiese.

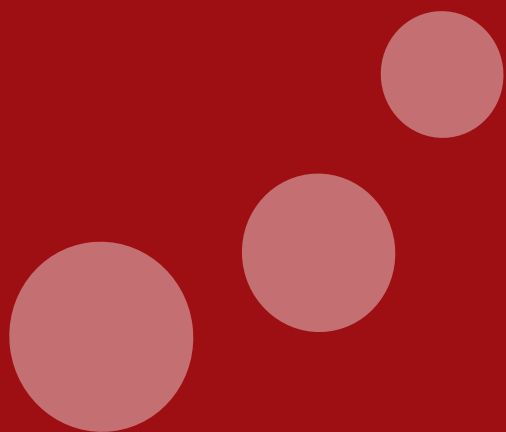


En el caso de ocurrir emergencias viales, siendo que son ocurrencias de un evento natural o antrópico, que ocasiona daños a la infraestructura vial que afecta la transitabilidad y las condiciones de seguridad en la vía, por lo que no forman parte de las actividades propias de mantenimiento o conservación vial. Sin embargo, las emergencias viales deben ser atendidas en forma inmediata por el responsable de la gestión del mantenimiento de la vía, con la finalidad de restablecer la transitabilidad, cumpliendo para ello con los procedimientos establecidos por la entidad competente de la red vial respectiva. Luego de ello se deben efectuar los trabajos de reparación, recuperación y prevención requeridos, con el objeto de recuperar los niveles de servicio de la vía. La emergencia vial no es programable y requiere de recursos adicionales, deben ser materia de previsión en los procedimientos a seguir, para hacer frente presupuestalmente las necesidades de gasto bajo la figura de 'Fondos de Contingencia'.





4 Evaluación







Módulo 4

Evaluación

El proceso de evaluación constituye la tercera etapa en la preparación de un proyecto.

Este módulo tiene como propósito señalar los procedimientos de evaluación social de un proyecto de inversión pública de vialidad urbana, esta evaluación será hecha con el fin de determinar la conveniencia o no de la realización del proyecto desde el punto de vista de la sociedad. En el caso que se consideren varias alternativas de solución, el objetivo de la evaluación es el de seleccionar entre las alternativas viables, la mejor opción.

El presente módulo está constituido por las siguientes tareas básicas:

- ‘Identificación de beneficios’, señala algunos conceptos básicos para la determinación de los distintos tipos de beneficios atribuibles a los proyectos de vialidad urbana.
- ‘Medición de Beneficios Directos’ y ‘Medición de Beneficios indirectos’, señalan los procedimientos básicos que deben seguirse para la cuantificación de los beneficios identificados en el proyecto.
- ‘Identificación de Costos’, hace una revisión de los posibles costos atribuibles al proyecto, con el fin de ser considerados en la evaluación.
- ‘Análisis de rentabilidad social’, se indican los procedimientos para calcular indicadores básicos que permitan medir el beneficio económico del proyecto, se señalan también la aplicación de indicadores complementarios al respecto.
- ‘Análisis de financiamiento’, tiene por objetivo revisar las fuentes de financiamiento posibles del proyecto.
- ‘Análisis de sostenibilidad’, implica una revisión de las acciones necesarios que se deben considerar para asegurar la continuidad de la operación del proyecto y la de sus beneficios.

Las siguientes tareas están referidas a la evaluación ambiental, implementación y gestión del proyecto, elaboración del marco lógico de la alternativa elegida.

Previo al desarrollo de las tareas indicadas es necesario tocar algunos conceptos al respecto.

Precios sociales

Los proyectos de inversión pública, son evaluados desde el punto de vista social con el fin de determinar el impacto que el proyecto produce sobre la economía como un todo. Para que ello sea posible, se requiere que los bienes servicios y recursos productivos se valoren a precios sociales, es decir, al costo que tienen para la sociedad como un todo y no al costo que percibe cada ente particular (precio privado).

La existencia de los precios sociales se justifica debido a las distorsiones que presenta el mercado (impuestos, subsidios, aranceles, monopolios), los desequilibrios del mercado (desempleo, escasez de divisas, mal uso de recursos naturales) y la presencia de bienes no comerciales (vida humana, áreas de uso público, etc.).

Por lo tanto, será necesario utilizar precios sociales para la determinación de los costos de operación de vehículos, los costos de tiempo asociados a los usuarios, los de inversión y los de mantenimiento de la infraestructura para efectos de evaluación social del proyecto, sin incluir las distorsiones del mercado antes señaladas.

Para fines prácticos los precios de mercado son corregidos a precios sociales, de acuerdo a factores de corrección.

Factores de corrección

- **Etapas de perfil.** Por ser esta etapa de carácter muy preliminar, y a partir de diversos análisis de precios realizados para obras de esta naturaleza, se recomienda la utilización de un factor igual a 0,79 para transformar el monto total de las obras de inversión de precios privados a precios sociales. En el caso de obras de mantenimiento se recomienda un factor igual a 0.75.

Cuadro 4.1: Factores de conversión a precios sociales

Obras	Factor
Inversión	0.79
Operación y mantenimiento	0.75
Costos operativos vehiculares	0.74

Fuente: Anexo SNIP 10 Parámetros de Evaluación

Tasa social de descuento

La tasa social de descuento es utilizada en la actualización de flujos económicos del proyecto y refleja el costo social del capital invertido por el Estado. Para fines de aplicación de la presente guía, se debe utilizar una tasa del 9% que es la que representa en la actualidad el costo de oportunidad de los recursos destinados a la inversión pública.

Cuadro 4.2: Tasa social de descuento

Tasa Social de Descuento Vigente SNIP
9 %

Fuente: Anexo SNIP 10 Parámetros de Evaluación

Valor residual

El valor residual corresponde al costo de oportunidad o mejor uso alternativo del remanente de las obras atingentes al proyecto, al final de su vida útil económica o al término del horizonte de evaluación. Ello significa que debe computarse como un beneficio el valor residual de estas obras al final del horizonte de evaluación.

Cuadro 4.3: Valor residual

Tipo de Proyecto	Valor Residual
Vías pavimentadas	10%
Puentes	20%

Fuente: Equipo Técnico

4.1. Identificación de beneficios

El primer paso en la cuantificación de los beneficios de una alternativa de inversión en vialidad urbana, es identificar los tipos de beneficios que producirá si este se ejecuta.

La presente guía reconoce las siguientes fuentes de beneficios directos en un proyecto vial:

1. Ahorro de recursos en la operación de vehículos.
2. Ahorro de tiempo de los usuarios.
3. Ahorro de recursos en el mantenimiento de la infraestructura.

Se considerarán beneficios indirectos:

1. Beneficios derivados de la reducción de accidentes
2. Mejoras en el medio ambiente

En el caso de beneficios directos, la estimación de los mismos podrá ser hecha en cada una de las etapas de evaluación. La diferencia entre etapas provendrá solo del grado de precisión con el cual habrán sido determinados.

En el caso de los beneficios indirectos, su estimación será sólo recomendable a nivel de factibilidad, salvo que el proyecto tenga como objetivo central la mejora de seguridad vial o reducir impactos ambientales.

Los beneficios directos descritos en este punto corresponden al enfoque de medición de beneficios vía la valoración social de los recursos en el mercado de transporte, y postula que los beneficios de un proyecto provienen de los ahorros de recursos valorados a su costo de oportunidad para la sociedad, entre la situación base (sin proyecto optimizado) y la situación con proyecto. Bajo este enfoque puede considerarse a los beneficios por ahorro de recursos en la operación vehicular, el ahorro de recursos de mantenimiento de la infraestructura y el ahorro de tiempo que también es considerado como un recurso.

En aquellas alternativas donde se ha optado por cambiar el trazo de la vía en ciertos tramos para evitar el riesgo de desastres, (si es que dicho planteamiento es posible) cuando se ha optado por una obra de protección complementaria para evitar daños mayores por riesgo de desastre, es necesario considerar los beneficios sociales por reducción de costos en mantenimiento, atención de emergencias, y la recuperación de la infraestructura. Asimismo, se debe considerar los beneficios de los usuarios debido a la reducción de las interrupciones del tráfico y costos de operación vehicular.

En el siguiente ítem, se indican los procedimientos para la estimación de beneficios de los componentes señalados.

4.1.1. Medición de beneficios directos

En este módulo se plantearán los procedimientos para cuantificar los beneficios del proyecto o de sus alternativas.

4.1.1.1. Cuantificación de beneficios por ahorro de recursos en la operación de vehículos

El ahorro en los costos de operación vehicular, constituye parte de los beneficios directos más importantes de los proyectos de vialidad urbana, especialmente cuando el proyecto incluye mejoras en las características de la vía.

En términos generales se puede indicar que cuando se mejoran las características físicas de una vía (geometría, tipo de pavimento, pasos a desnivel, etc.) y sus características operacionales, menor será el consumo de combustible, menor el desgaste de los neumáticos, menor la incidencia de gastos de reparación y mantenimiento y mayor la vida útil de los vehículos que la utilizan.

En términos prácticos, este beneficio corresponde a la diferencia del costo total de operación vehicular de la situación 'sin proyecto optimizada' y la situación 'con proyecto', durante el horizonte de análisis. Esto se puede expresar según la ecuación siguiente:

$$B_{cov} = COV_{sp} - COV_{cp}$$

B_{cov} Beneficio total por ahorro de costos operativos vehicular

COV_{sp} Costo Operativo Vehicular total sin proyecto

COV_{cp} Costo Operativo Vehicular total con proyecto

La estimación de los costos de operación vehicular se hace en base a precios sociales, por lo que previamente será necesario convertir los precios de mercado a precios sociales para todos los componentes que intervienen en el cálculo.

Componentes del Costo de Operación Vehicular (COV)

El consumo de recursos que experimenta un vehículo al circular por un tramo de vía o arco dado se puede clasificar en los siguientes componentes aditivos:

- Remuneración de la tripulación.
- Combustible.
- Lubricante.
- Neumáticos.
- Mano de obra en mantenimiento.

Todos los componentes anteriores se pueden normalmente calcular en términos de unidades físicas. Sin embargo, existen otros recursos cuya cuantificación en términos de unidades físicas es poco práctico, por lo cual normalmente se determinan directamente en valores monetarios. Estos son:

- Repuestos.
- Depreciación e intereses.

Sin embargo, para fines de cálculo de beneficios directos, todos los consumos de recursos son valorizados en términos de dinero, mediante el cálculo de precios sociales.

En términos generales, la cantidad de recursos consumidos dependerá de las características geométricas de la vía y de la magnitud del flujo de vehículos. En especial, existirá un consumo de recursos en condición de flujo libre, y consumos diferentes para diversos niveles de congestión.

Procedimiento de cálculo

El término general del procedimiento para la estimación de costos operativos para una vía, en un escenario y corte temporal dado es el siguiente:

- a. Determinar las características de la vía en análisis.
 - Identificar tramos homogéneos.
 - Tipo de superficie y estado (IRI).
 - Características geométricas.
- b. Determinar los tipos de vehículos y sus características a ser considerados.
 - Características técnicas.
 - Utilización.
- c. Datos de tráfico.
 - Volumen de tráfico por tipo de vehículo en el tramo de análisis.

- Verificar la existencia de congestión.
- d. Cálculo de los precios sociales unitarios de los insumos.
- Combustible, lubricantes, llantas, labores de mantenimiento, etc.
- e. Cálculo de consumos unitarios de operación por tipo de vehículo (soles/km).
- f. Cálculo del consumo total anual de operación vehicular en el tramo de análisis.

Para el cálculo de consumo total anual de operación de vehículos, para una situación y corte temporal dado, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$Cts = \sum \sum Hpt * Fapvts * Capvts$$

Donde:

Cts	Costo total de operación de vehículos en la red para el corte temporal t y situación s (base o con proyecto), en soles/año.
Hpt	Número de horas por año representadas por el periodo p en corte temporal t.
Fapvts	Flujo, en Veh/hora, en el tramo a y período p del tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación s.
Capvts	Costo social unitario de operación en el tramo a y periodo p, para el tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación s, en soles/vehículo.

Para fines de estimar los beneficios por ahorro de recursos por COV, tanto para el tráfico normal y desviado se calculará para cada corte temporal dado, como la diferencia entre el costo total de operación en la situación base (situación sin proyecto optimizada) y el costo total de operación en la situación con proyecto.

En el caso del tráfico generado, el beneficio por COV se considera de manera similar al tráfico normal, pero utilizando un coeficiente de reducción de los beneficios igual a 0.5 (dicho factor está relacionado al área del tipo triangular que se identifica bajo la curva costo-demanda cuando se considera una reducción de los costos y un aumento en la demanda).

Para fines de presentación, se recomienda desagregar el ahorro de recursos correspondiente a un corte temporal y situación con proyecto determinados, al menos por tipo de vehículo y por componente de costo. En los casos en que ello se juzgue necesario, se recomienda desagregar, además, por tramo y periodo de análisis, especialmente para fines de validar la consistencia de los resultados obtenidos.

Aplicación de software

Actualmente existen software disponibles en el mercado (HDM VOC, HDM IV, etc) para el cálculo de consumo de recursos de operación vehicular. Dichos programas simulan los efectos de las características físicas y la condición de una vía sobre las velocidades y costos de operación (combustible, lubricantes, etc.) para diferentes tipos de vehículos. Así, las cantidades de recursos consumidos se determinan en función de las características de cada tipo de vehículo, geometría, tipo de superficie y condición actual de la carretera. Estos programas están basados en relaciones matemáticas obtenidas en diversos estudios de campo.

4.1.1.2. Cuantificación de beneficios por ahorro de tiempo de viaje de los usuarios

En la metodología aceptada de evaluación de proyectos viales se considera como parte de los beneficios de los proyectos, al ahorro del tiempo de viaje.

En términos generales este beneficio corresponde a la diferencia del tiempo de viaje de usuarios de la situación 'sin proyecto' y la situación 'con proyecto', medida durante el horizonte de evaluación del proyecto. Este beneficio se puede expresar según la ecuación siguiente:

$$B_{tu} = T_{usp} - T_{ucp}$$

Donde:

B_{tu}	Beneficio total por ahorro de tiempo de usuarios
T_{usp}	Tiempo de usuarios sin proyecto
T_{ucp}	Tiempo de usuarios con proyecto

La estimación de los beneficios por ahorro de tiempo se hace en base al valor social del tiempo de los usuarios.

Valor social del tiempo de usuarios

El enfoque de considerar al tiempo como un recurso económico, implica considerar que el tiempo tiene un uso alternativo y que, por ello, tiene un valor equivalente a lo que es posible obtener para la economía como un todo al liberarlo de su asignación a un viaje.

Si un trabajador realiza un viaje durante horas de trabajo, el ahorro de tiempo en el viaje de trabajo puede ser usado para trabajar y su valor es el valor de los bienes y servicios adicionales producidos, netos de costos. Sobre esta base, los ahorros en el tiempo por motivo

de trabajo deben ser valorados al costo del empleador. Sobre el valor del tiempo de viajes por motivos no laborables, el deseo a pagar por ahorros de este tipo puede variar por el tipo de viaje, el tiempo disponible, o incluso puede ser valorado de manera diferente en diferentes momentos del día.

Existiendo al respecto esta complejidad, el Ministerio de Economía y Finanzas a través de la Dirección General de Inversión Pública, ha establecido valores de tiempo de usuarios (Anexo SNIP 10: Parámetros de Evaluación) para fines de evaluación de proyectos viales, debiéndose considerar los siguientes valores:

Procedimiento para determinar el ahorro tiempo de viaje

Para fines de estimar los ahorros de tiempo de viaje tanto para el tráfico normal, generado y desviado se calculará para cada año distinguiendo el tipo de vehículo.

Para la estimación de beneficios por ahorro de tiempo de usuarios en un escenario y corte temporal dado se puede seguir los siguientes pasos:

- Determinación del valor del tiempo de usuarios por tipo de transporte (privado, público) según el cuadro de la DGIP-MEF.
- Calcular los tiempos de viaje con y sin proyecto .
- Definir las tasas de ocupación por tipo de vehículo. No se cuenta la tripulación en el caso de transporte público y transporte de carga.
- Cálculo de ahorro de tiempo total entre la situación sin proyecto y con proyecto.
- Valoración del ahorro del tiempo.

En el caso del tráfico generado los beneficios por ahorro de tiempo se consideran de manera similar al tráfico normal, pero utilizando un coeficiente de reducción de los beneficios igual a 0.5 (dicho factor está relacionado al área del tipo triangular que se identifica bajo la curva costo-demanda cuando se considera una reducción de los costos y un aumento en la demanda- excedente del consumidor).

4.1.1.3. Cuantificación de beneficios por ahorro de recursos de mantenimiento vial

Se refiere a los menores costos de mantenimiento de la vía que se incurrirían al realizar el proyecto. Este beneficio es atribuible a proyectos de mejoramiento y recuperación de caminos.

El ahorro de recursos por mantenimiento vial se calculará por diferencia entre los costos de la situación con proyecto y sin proyecto en la forma de un flujo monetario anual. Eventualmente, este flujo podrá contener valores negativos, si los costos de la situación con proyecto resultan ser mayores que los de la situación base o positivos en caso contrario.

$$BCM_u = CM_{sp} - CM_{cp}$$

BCM_u Beneficio total por ahorro de mantenimiento

CM_{sp} costo de mantenimiento sin proyecto

CM_{cp} costo de mantenimiento con proyecto

Para la debida cuantificación de beneficios por mantenimiento, será necesario convertir los costos privados de mantenimiento a sus costos sociales.

El deterioro de una vía está en función del paso del tiempo, de las condiciones ambientales en que se sitúe, de los flujos vehiculares que lo soliciten y de las acciones de conservación que se realicen. Por lo tanto, para la determinación de las adecuadas políticas de mantenimiento para cada caso y de sus costos respectivos, será necesario aplicar modelos de deterioro de vías que optimicen dichas políticas. Por lo general, estos modelos requieren de datos sobre las características de la carretera, las condiciones climatológicas del lugar y el volumen y composición del flujo de tráfico, asimismo es necesario calcular precios unitarios de actividades de mantenimiento.

Se recomienda utilizar modelos de deterioro para calcular los costos de mantenimiento que satisfagan los requerimientos impuestos por los organismos competentes.

4.1.1.4. Flujo de beneficios económicos

En este punto se debe sumar todos los beneficios imputables al proyecto a lo largo del horizonte de evaluación, con ello se tendrá parte de la información necesaria para calcular los indicadores de rentabilidad del proyecto.

4.1.2. Medición de beneficios indirectos

En esta sección se establece la metodología y procedimientos para estimar los beneficios por reducción de accidentes (aumento de seguridad) y los beneficios derivados de mejoras en el medio ambiente (reducción de impactos ambientales).

4.1.2.1. Beneficios por reducción de accidentes

El proceso de estimación de estos beneficios se aplicará mayormente a la etapa de factibilidad.

Los accidentes producidos por la operación de transporte inducen costos que se traducen en pérdidas de vidas humanas, pérdida de bienestar y de recursos, por lo tanto, la estimación de beneficios por reducción de accidentes estará circunscrito a aquellos proyectos que se estima producirán una disminución significativa de los ratios de accidentabilidad de la vía.

Los costos producidos por los accidentes provienen de un elevado número de aspectos, los cuales pueden resumirse en los siguientes:

i. Daños materiales y costos sobre el entorno

- Costos de reparación o sustitución de los vehículos.
- Daños causados a bienes del entorno: inmuebles, equipamiento, etc.
- Pérdida de carga de los vehículos en el transporte de mercancías.
- Impacto sobre el medio ambiente.
- Costos de servicios administrativos (policía, bomberos, gestiones de seguro, gastos legales, etc.).
- Impacto producidos sobre el resto del tráfico (atascos, etc.).

ii. Daños personales

- Costos médicos (primeros auxilios, hospitalarios, atención ambulatoria, etc.).
- Recuperación de las personas con secuelas permanentes y adaptación a la nueva situación.
- Pérdida de capacidad productiva directa o en el entorno familiar.
- Costos humanos: sufrimiento físico y moral, pérdida de esperanza de vida, etc.).

Las unidades físicas recomendadas para evaluar el beneficio por reducción de accidentes serán el número de accidentes, número de muertos y el número de heridos en la actuación base o sin proyecto y en las situación con proyecto.

- **Costo por accidente**, que incluye todos los daños materiales, costos administrativos e impacto sobre el entorno.

- **Costo por fallecido**, siendo mayoritarios los costos derivados de la pérdida de capacidad productiva (como costo directo), y los sufrimientos inducidos.
- **Costo por heridos**, siendo los más significativos los costos hospitalarios y de recuperación y los asociados a la pérdida de capacidad productiva temporal o definitiva.

Procedimiento

Para la estimación de beneficios por reducción de accidentes se deben considerar los siguientes aspectos:

- Estimar los índices de accidentabilidad actuales, en base a datos históricos del ámbito afectado por el proyecto.
- Estimar la variación esperada de dicho índice con la ejecución del proyecto. Este punto es en sí una tarea compleja, salvo en los casos en que pueda asegurarse la desaparición de accidentes por efecto del proyecto. La complejidad deviene de la dificultad de establecer una relación directa entre las condiciones de la infraestructura y la accidentabilidad. Pero en general, podrán encontrarse actuaciones semejantes en otras infraestructuras similares que permita realizar alguna inferencia sobre la variación de accidentes.
- Calcular la reducción de accidentes comparando la situación con proyecto y sin proyecto en los años horizonte del proyecto para el cálculo de accidentes, muertos y heridos.
- A partir de estos antecedentes deberá calcularse el valor actual neto de los beneficios por reducción de accidentes.

4.1.2.2. Estimación de beneficios por mejoras en el medio ambiente

La valoración de los efectos ambientales no tiene un esquema rígido y de hecho presenta graves dificultades metodológicas. Por esta razón, por lo general, los efectos ambientales de un proyecto, más que valorizarse, se califican en términos cualitativos, utilizando criterios predefinidos que describen su importancia.

Se debe tomar como referencia para determinar los posibles beneficios por mejoras al medio ambiente el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el cual es un instrumento que examina detalladamente los impactos ambientales de los proyectos sobre el medio ambiente (ecosistemas).

4.2. Costos sociales

Los principales costos del proyecto que se identifican para fines de evaluación son los siguientes:

4.2.1. Costos de inversión, operación y mantenimiento

- a. Los costos de inversión a precios sociales está conformados por los costos de estudios para la ejecución del proyecto, los costos de obras civiles, los costos por expropiaciones y compensaciones y los costos del programa de impacto ambiental. Estos costos han sido calculados en el módulo 2.
- b. Los costos de operación y mantenimiento incluyen tanto el mantenimiento rutinario como el periódico valorados a precios sociales, así como los costos de gestión y administración del proyecto (el cálculo de estos costos se encuentra detallado en el módulo 3).

4.2.2. Costos por interferencias de viaje

Costos ocasionados por las interferencias que provoca al tránsito la ejecución de las obras de instalación del proyecto. Este costo se da por ejemplo si en el momento de ejecutar la obra los usuarios de la vía tienen que esperar en cola cuando se implanta un sistema de circulación restringida o bien cuando es obligado a circular por rutas alternas, produciéndose un aumento de costos de viaje.

4.2.3. Flujo de costos a lo largo del horizonte del proyecto

En este punto se deben de sumar todos los costos imputables al proyecto a lo largo del horizonte de evaluación. Con ello se tendrá parte de la información necesaria para calcular los indicadores de rentabilidad del proyecto.

4.3. Análisis de rentabilidad social

Para decidir la conveniencia de realizar un proyecto de inversión pública se puede adoptar diversos criterios. En general, todos consisten en comparar de alguna forma los flujos de beneficios y costos de la situación con proyecto, con los correspondientes a la situación base.

Los criterios de rentabilidad pueden clasificarse en criterios básicos (VAN, TIR) y criterios complementarios.

Las modalidades de cálculo de indicadores no dependerán de la etapa de evaluación ni del tipo de proyecto. Las diferencias entre una etapa y otra estarán, por lo tanto, relacionadas principalmente con el grado de precisión con que han sido calculados los costos y beneficios.

Como norma general para todos los proyectos deberá calcularse al menos los indicadores de rentabilidad más relevantes (VAN, TIR). El uso de otros indicadores deberá ser establecido en los términos de referencia del estudio correspondiente.

4.3.1. Criterios básicos de rentabilidad social

Los indicadores básicos corresponden al Valor Actualizado Neto (VAN) y a la Tasa Interna de Retorno (TIR). Existen, además, otros indicadores, tales como la razón Beneficio-Costo (B/C), el momento óptimo, etc., los cuales pueden ser utilizados como complemento a los indicadores principales cuando ello sea necesario.

Valor Actualizado Neto (VAN)

El VAN social corresponderá a la diferencia entre los beneficios actualizados y los costos actualizados del proyecto.

$$VAN = \sum_{i=0}^n (B_{ia} - C_{ia})$$

$$B_{ia} = B_i / (1+r)^n$$

$$C_{ia} = C_i / (1+r)^n$$

Dónde:

VAN	Valor Actual Neto
B_{ia}	Beneficio del proyecto percibido el año i, actualizado al año cero
C_{ia}	Costo del proyecto incurrido el año i, actualizado al año cero
B_i	Beneficio del proyecto percibido el año i
C_i	Costo del proyecto incurrido el año i
N	Periodo de análisis, en años
r	Tasa social de descuento

Utilizando el criterio del VAN, un proyecto es rentable si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos, cuando estos se actualizan con la misma tasa social de descuento. Es decir, que un proyecto de inversión pública será económicamente rentable si el VAN, descontado a la tasa social resulta positivo ($VAN > 0$).

Debe tenerse en cuenta que, para todas las alternativas de proyecto por comparar, el valor actual neto se debe calcular para un mismo momento; es decir, para un mismo año. Esto es muy importante, porque si se calculan los valores actuales netos de varias alternativas de proyectos para distintos momentos, esos valores no podrán ser comparados, pues no serán homogéneos. Por lo tanto, a pesar de que los proyectos por comparar tengan distintos periodos de construcción o que comiencen en años diferentes, siempre se deberá actualizar el flujo de ingresos netos de esos proyectos referido a un año común.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Corresponde a aquel valor de la tasa de actualización social que hace cero el VAN. Analíticamente:

$$\sum_{i=0}^n (B_i - C_i) / (1 + TIR)^i = 0$$

El criterio de decisión indica que si la TIR del proyecto es mayor que la tasa social de descuento, el proyecto es conveniente. En caso contrario, no es propicio ejecutarlo. En consecuencia, un proyecto de inversión pública rentable debe necesariamente arrojar una TIR mayor que la tasa social de descuento.

La TIR es útil para proyectos que se comportan normalmente, es decir, los que primero tienen costos y, después, generan beneficios. Si el signo de los flujos del proyecto cambia más de una vez, existe la posibilidad de obtener más de una TIR. Al tener soluciones múltiples, todas positivas, cualquiera de ellas puede inducir a adoptar una decisión errónea. Esto es así, por cuanto en el cálculo de la TIR se supone implícitamente que los flujos netos que se obtienen en cada periodo se reinvierten a esa misma tasa.

Cuadro 4.4: Evaluación social

Año	Inversión Infraestructura	Operación y Mantenimiento	Ahorros		Flujo Anual
			Tiempo	COV	
0	50,582,187				-50,582,186.57
1	84,303,644				-84,303,644.29
2	33,721,458				-33,721,457.71
3		3,986,488	25,527,580	9,254,183	30,795,275.81
4		3,986,488	26,038,132	9,439,268	31,490,911.08
5		1,671,806	26,558,894	9,628,053	34,515,140.49
6		3,986,488	27,090,072	9,820,614	32,924,197.99
7		3,986,488	27,631,873	10,017,026	33,662,411.70
8		3,986,488	28,184,511	10,217,366	34,415,389.68
9		9,632,280	28,748,201	10,421,714	29,537,635.23
10		3,986,488	29,323,165	10,630,148	35,966,825.52
11		3,986,488	29,909,628	10,842,751	36,765,891.79
12		3,986,488	30,507,821	11,059,606	37,580,939.37
13		3,986,488	31,117,977	11,280,798	38,412,287.91
14		3,986,488	31,740,337	11,506,414	39,260,263.42
15		1,671,806	32,375,144	11,736,542	42,439,879.87
16		9,632,280	33,022,647	11,971,273	35,361,640.16
17		3,986,488	33,683,100	12,210,699	41,907,310.56
18		3,986,488	34,356,762	12,454,913	42,825,186.52
19		3,986,488	35,043,897	12,704,011	43,761,420.00
20	-33,721,458	3,986,488	35,744,775	12,958,091	78,437,835.87

VAN 110,038,314.70

TIR 16.20%

4.3.2. La evaluación social de las medidas de reducción de riesgos de desastres (MRR)

Es necesario cuantificar y valorizar los probables daños y pérdidas que ocasionaría el impacto de un determinado peligro sobre el proyecto, es decir, el escenario probable de que

ocurra el desastre y la posibilidad de evitar dichos riesgos con obras complementarias no consideradas inicialmente en el diseño por los altos costos de inversión, lo cual ameritará efectuar una evaluación considerando las medidas de mitigación de riesgos de desastres.

4.4. Análisis de sensibilidad

La dificultad para predecir con certeza los acontecimientos futuros hace que los valores estimados para los beneficios y costos de un proyecto no sean exactos y estén sujetos a errores. Tal falta de certeza implica la presencia de riesgos, parte de los cuales pueden ser predecibles y, por lo tanto, asegurables. Otros son impredecibles, siendo necesario efectuar un análisis de sensibilidad.

Un análisis de sensibilidad indica un intervalo dentro del cual se encuentra cierta variable dependiente, de acuerdo a variaciones específicas a las variables independientes que rigen su comportamiento.

A través de estos análisis se intenta medir el nivel de sensibilidad en la estimación de los indicadores de rentabilidad frente al comportamiento de determinadas variables de relevancia.

En la selección de las variables a analizar, el analista debe considerar dos aspectos básicos:

- Las variables deben tener un impacto significativo en la estimación de los costos de inversión o de beneficios económicos.
- Deben presentar un nivel de incertidumbre apreciable en su estimación actual o futura.

El análisis de sensibilidad deberá ser realizado para todos los tipos de proyecto en todas las etapas de evaluación.

Los términos de referencia del estudio correspondiente podrán introducir cambios en las variables a considerar, si la naturaleza del proyecto lo aconseja.

Como requerimiento mínimo se exigirá calcular los indicadores de rentabilidad para los rangos de variación de las variables que se indican en el siguiente cuadro, según etapa de evaluación.

El cálculo se realizará para cada variable por separado. Si el analista lo juzga conveniente, se podrá calcular, además, el efecto conjunto de dos o más variables.

Cuadro 4.5: Rango de Variación de las variables a sensibilizar

Variable	Rango
Costo de inversión	± 10% y 20%
Beneficios	± 10% y 20%
Costo de inversión y beneficios	Costo (+20%) Beneficios (-20%)

Cuadro 4.6: Análisis de sensibilidad

	Escenario	Alternativa 1		Alternativa 2	
		VAN (S/.)	TIR (%)	VAN	TIR (%)
	BASE	279,049,142	22.70%	318,230,770	28.58%
1	Inversión infraestructura + 10%	278,800,174	23.10%	313,674,263	26.95%
2	Inversión infraestructura +20%	248,991,001	19.93%	302,594,725	25.46%
3	Beneficios -10%	218,659,736	20.25%	269,055,344	25.87%
4	Beneficios -20%	161,278,804	17.66%	213,247,912	22.95%
5	Inversión infraestructura +10% y beneficios -10%	203,329,818	18.88%	257,866,831	24.32%
6	Inversión infraestructura +20% y beneficios -20%	130,618,968	15.28%	190,979,861	20.25%

4.5. Evaluación privada

Existe también la posibilidad de ejecutar el proyecto de inversión pública convocando la participación del sector privado, lo que se puede efectuar mediante la modalidad de Asociación Público Privada cofinanciada, en el cual el inversionista privado asume parte del financiamiento y la ejecución total del proyecto, recuperando su inversión mediante una tarifa o peaje, culminando con la transferencia del proyecto al Estado al término del contrato.

Para determinar el atractivo del proyecto para inversionistas privados es necesario efectuar una evaluación privada del proyecto. En dicha evaluación se considera como beneficios del proyecto los ingresos debido a cargos directos a los usuarios por el uso de la infraestructura (peaje), cobros de derechos de avisaje publicitario en la vía y otros ingresos que pueda generar la explotación de la vía por un privado.

En la evaluación privada los costos e ingresos se consideran a precios de mercado. Como indicadores de rentabilidad financiera del proyecto se pueden considerar el VAN y el TIR.

4.6. Análisis de sostenibilidad

Uno de los problemas recurrentes en los proyectos de inversión pública es el relacionado a la reducción o eliminación de los beneficios esperados del proyecto al cabo de un tiempo de operación del mismo, siendo algunas de las causas más comunes la falta de capacidad de gestión de la institución encargada del proyecto, falta de financiamiento para el mantenimiento, falta de arreglos institucionales, etc. Por esta razón, uno de los aspectos fundamentales en este punto es evaluar los factores que garanticen que el proyecto generará los beneficios esperados a lo largo de su vida útil. Entre los aspectos a analizar se encuentran los siguientes factores:

4.6.1. Arreglos institucionales y marco normativo

Este ítem implica determinar los arreglos institucionales e incluso aspectos del marco normativo que serán necesarios llevar a cabo para la ejecución del proyecto. En la fase de inversión del PIP, la Unidad Ejecutora (UE) deberá asumir los compromisos que corresponden para la buena marcha del proyecto, debiendo para ello, si es necesario, contratar a profesionales especializados en las actividades a realizarse previo a la ejecución y durante la misma, es decir que la UE deberá tener capacidad logística y técnica para la elaboración de los TDRs para las diversas contrataciones, formulación y evaluación del expediente técnico, procesos de selección, supervisión del proyecto, ejecución del PIP y además deberá contar con una adecuada supervisión que garantice la calidad del proyecto. La UE deberá contar con especialistas para realizar una adecuada gestión del proyecto.

Para la fase de post inversión, según corresponda la intervención, la entidad pública responsable de la operación y mantenimiento deberá asegurar de realizar dichas labores y de esta manera cumplir con el objetivo del PIP. Este compromiso se realizará formalmente considerando incluir dentro el presupuesto los costos que demanden la operación y mantenimiento y todas las demás acciones necesarias para la realización de dichas actividades en los años que corresponda al horizonte de evaluación, asegurando la sostenibilidad del proyecto en el tiempo. Este compromiso deberá estar documentado por el representante de la entidad y deberá contar con opinión favorable al costo que demanda la operación y mantenimiento del PIP, por parte del área de planificación y presupuesto de la entidad responsable de la operación y mantenimiento, con el fin de asegurar la realización de estas actividades a lo largo del horizonte de evaluación.

4.6.2. Capacidad de gestión

Se debe analizar si la organización encargada del proyecto tiene la adecuada experiencia y capacidad de gestión para llevar a cabo el proyecto en su etapa de inversión y operación. Este análisis implica recomendar, de ser necesario, la contratación de profesionales especialistas en áreas que se requiera reforzar, según el organigrama de la entidad.

4.7. Evaluación de impactos ambientales del proyecto

En esta sección se deberá identificar los impactos, positivos y negativos, que las alternativas de proyecto podría generar en el medio ambiente, así como las acciones de intervención que dichos impactos requerirán y sus costos.

Se debe considerar lo dispuesto en la Directiva para la Concordancia entre el SEIA y el SNIP, aprobada con Resolución Ministerial 052-2012-MINAM. Esta norma dispone que la calificación ambiental se realice en la fase de pre inversión, previa a la declaración de viabilidad y certificación ambiental, en la fase de inversión como condición previa a su ejecución. Para cumplir con dicha norma, se requiere levantar información para la evaluación ambiental preliminar con el cual se efectuará la categorización del PIP de acuerdo al riesgo ambiental. La autoridad competente del SEIA determinará cuál es el nivel de EIA requerido, pudiendo ser: detallado (EIA-d), semidetallado (EIA-sd) o declaración de impacto ambiental (DIA).

Para fines de evaluar y comparar el impacto ambiental de las alternativas propuestas en el perfil de proyecto se requiere lo siguiente:

4.7.1. Evaluación de impactos ambientales

Se incluye en este tipo de impactos a todos aquellos efectos positivos o negativos de un proyecto que, siendo de relevancia para el estudio (explicitados o no en los objetivos), no quedan considerados en la evaluación económica. Este análisis adquiere de esta forma un carácter complementario a la evaluación económica, estableciéndose entre ambos el conjunto de elementos que servirán a la autoridad competente para tomar una decisión.

Un proyecto de vialidad en un contexto urbano puede provocar un número apreciable de impactos que no quedan recogidos en la evaluación económica. Algunos de ellos pueden ser:

- Disminución o aumento de áreas verdes.
- Cambios en uso del suelo producto de expropiaciones.

- Efectos sobre peatones siempre que no hayan sido incorporados en la evaluación económica (efecto barrera).
- Aumento o disminución de oferta de estacionamientos.

Dentro de los impactos sobre el medio ambiente, aquellos más usuales sobre la calidad ambiental son la contaminación del aire, el ruido, la intrusión visual y las vibraciones.

La valoración de los efectos urbanos y ambientales no tiene un esquema rígido y de hecho presenta dificultades metodológicas. Por esta razón, en general estos efectos, más que valorizarse, se califican en términos cualitativos, utilizando criterios predefinidos que describen su importancia. Posteriormente, lo relevante es considerar adecuadamente en el estudio de factibilidad los costos asociados a la mitigación de tales impactos, en concordancia con la normativa vigente.

Los impactos ambientales de un proyecto se definen como aquellos que resultan de los cambios, en el espacio y el tiempo, de los parámetros ambientales en el área de influencia en relación con la situación en que dicho proyecto no se hubiera llevado a cabo. Estos parámetros iniciales constituyen la línea base del proyecto y deben incluir información respecto a la calidad del aire, calidad del agua, vegetación, uso de suelos, niveles de ruido, entre otros.

La metodología de estudios ambientales (EIA) comprende las siguientes fases:

- a. **Descripción del medio ambiente y línea base**
Esta es la fase de búsqueda de información y diagnóstico. Consiste en la recolección de la información necesaria y suficiente para comprender el funcionamiento del medio sin proyecto, las causas históricas que lo ha producido y la evolución previsible si no se actúa.
- b. **Identificación y evaluación de impactos ambientales**
En esta fase se procede a la identificación de las acciones potencialmente impactantes del proyecto y a la identificación de los atributos ambientales susceptibles de ser impactados.
- c. **Medidas de mitigación**
En esta fase se definen las medidas correctoras, precautorias y compensatorias a tomar. Asimismo, se define un programa de vigilancia ambiental, con el fin de verificar y estimar su operatividad.
- d. **Participación pública**
Un aspecto importante a ser considerado en todo el proceso, es la participación de la población. A través de reuniones, audiencias y talleres se promueve su participación y se fomenta el

flujo de información entre los actores involucrados, permitiendo a las comunidades y a los ciudadanos aportar a una mejor toma de decisiones, analizando los beneficios y riesgos de las acciones propuestas. La participación del público debe empezar tan pronto como sea posible desde el inicio del proceso de EA.

Los términos de referencia del estudio correspondiente definirán exactamente los requerimientos y alcances del estudio de impacto ambiental acorde a la naturaleza del proyecto bajo análisis.

Cuadro 4.7: Presupuesto Ambiental

Ítem	Actividades	Unidad	Metrado	Precio	Sub Total	TOTAL
				Unitario		
1	Educación y capacitación ambiental	Global	1	2,000.00	2,000.00	
2	Señalización ambiental	Unidad	2	550	1,100.00	
3	Arborización de la avenida	Unidad	100.00	5	500.00	
4	Compensación social (económica)	Global	1		5,000.00	
5	Acondicionamiento de botaderos	M3	500.00	3	1,500.00	
6	Reacondicionamiento del área de campamentos y patio de máquinas	Ha	0.5	4185.4	2,092.70	
7	Sistema de seguimiento, vigilancia y/o monitores	meses	3	5000	15,000.00	
	Costo directo				Nuevos soles S/.	27,192.70

4.8. Financiamiento

Una vez que se ha demostrado la rentabilidad social del proyecto, se procede a analizar las posibilidades de su financiamiento, es decir, las posibles fuentes de recursos financieros para ejecutar el proyecto. En este análisis se puede considerar las siguientes alternativas:

a. Financiamiento con recursos públicos

Considera la posibilidad de financiar el proyecto con recursos públicos. En este caso los recursos financieros provienen de transferencias del tesoro público, de recursos propios del sector o de operaciones de endeudamiento externo con entidades financieras internacionales de fomento. En este caso se debe explicar la disponibilidad de recursos institucionales y el marco presupuestal para el proyecto.

b. Financiamiento mediante inversión privada

Existe también la posibilidad de ejecutar el proyecto de inversión pública convocando la participación del sector privado, lo que se puede efectuar mediante la modalidad de Asociación Público Privada cofinanciada, en la cual el inversionista privado asume parte del financiamiento y la ejecución total del proyecto o parte de ella, recuperando su inversión mediante una tarifa o peaje, culminando con la transferencia del Proyecto nuevamente al Estado al término de la vigencia del contrato.

4.9. Implementación y gestión del proyecto

Debe entenderse como gestión del proyecto al proceso de planeamiento, ejecución y control de los recursos de un proyecto, a través de la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas en las actividades necesarias para generar los productos (componentes) del proyecto.

Fase de inversión

Es recomendable que dentro de la UE se designe un coordinador o jefe del proyecto que coordine la ejecución de los diferentes componentes del PIP y que cuente con las capacidades necesarias (actitud, aptitud y conocimiento).

a. Definición de la organización

Para definir cómo se organizará el proyecto se debe evaluar la complejidad y componentes del mismo. Esto permitirá identificar el nivel de especialización que se requerirá para el logro de cada componente y el objetivo del proyecto.

b. Inserción de la organización del proyecto a la organización de la UE

Con la organización del proyecto definida, se debe evaluar cómo se incorpora dentro del organigrama de la UE para identificar las áreas que participarán en la gestión del proyecto, entre ellas, a los órganos técnicos según la especialización que se requiera.

c. Detallar la programación de las actividades

Se debe detallar la programación de las actividades previstas para el logro de las metas del proyecto, estableciendo la secuencia y ruta crítica, duración, responsables y recursos necesarios. Se requiere elaborar una programación realista de las actividades por ejecutar en la fase de inversión, que permita el control y seguimiento adecuado de los tiempos de ejecución y se minimice los riesgos que el proyecto se vea desfasado en su culminación o no se prevea a tiempo las acciones que se requiera realizar.

Sobre la base de la definición de las actividades del proyecto, su costo y los recursos financieros disponibles, es posible elaborar el cronograma de ejecución del proyecto.

Para ello se parte de estimar la duración de cada una de las actividades que componen el proyecto. En caso que la ejecución de las obras del proyecto sea hecha por tramos, esta deberá de incluirse específicamente en el cronograma. El cronograma de ejecución del proyecto puede hacerse en base a barras Gantt:

Cuadro 4.8: Cronograma de actividades

Actividad	AÑO 2014				AÑO 2015				AÑO 2016				AÑO 2017
	Tr I	Tr II	Tr III	Tr IV	Tr I	Tr II	Tr III	Tr IV	Tr I	Tr II	Tr III	Tr IV	
Preinversión													
Perfil													
Factibilidad													
Inversión													
Estudio definitivo													
Expropiaciones													
Ejecución de obra													
Post inversión													
Operación													
Mantenimiento													
Eval. Ex post													2017

En caso que se tenga varias alternativas, será preciso definir dichos cronogramas para cada una de las alternativas consideradas.

d. Modalidad de ejecución presupuestal del PIP

Se debe indicar la modalidad de ejecución del proyecto, sustentando los criterios aplicados para la selección de dicha modalidad.

e. Precisar las condiciones previas relevantes

Para garantizar un inicio oportuno de la ejecución y un eficiente desarrollo de las actividades previstas. Por ejemplo, la obtención de las aprobaciones y autorizaciones necesarias para la ejecución, la contratación de la supervisión, la entrega del terreno, licencia de construcción, etc.

Fase de postinversión

Para la fase de postinversión, es necesario:

a. **Detallar la entidad que se hará cargo de la operación y mantenimiento**

Se requiere precisar cómo se ha de organizar la entidad para realizar una adecuada operación y mantenimiento (O&M) del proyecto. En esta parte, se debe analizar, también, la posibilidad de que la O&M sea tercerizada vía contratos de mantenimiento. En el caso de O&M mediante concesiones, es necesario prever las condiciones previas a la transferencia.

b. **Recursos para operación y mantenimiento**

En este paso se deben señalar las acciones a efectuar para asegurar los recursos de mantenimiento y operación del proyecto, indicando la disponibilidad del marco presupuestal para tal efecto. Este aspecto deberá estar documentado, es decir el área de planificación y presupuesto de la entidad deberá emitir opinión favorable al costo y a considerarlo durante el horizonte de evaluación. Este documento complementa al compromiso que realiza la entidad responsable de la operación y mantenimiento; ambos documentos se adjuntará en anexos del estudio de preinversión a nivel de perfil.

4.10. Selección de la alternativa óptima

Sobre la base de la evaluación de rentabilidad social, del análisis de sensibilidad, sostenibilidad e impacto ambiental, se deberá seleccionar la mejor alternativa.

Algunas preguntas que pueden ayudar en esta labor son las siguientes:

- ¿Existen diferencias significativas entre la rentabilidad social de los proyectos alternativos? Cabe señalar que las alternativas se ordenarán en base al mayor beneficio social que presentan, para fines prácticos en base al VAN social y solo participan los que presenten VAN positivo.

En el caso que ninguna alternativa presente un VAN social positivo, se deberá recomendar las acciones planteadas en la situación base optimizada, que en el caso de proyectos de vías existentes implicará acciones de mantenimiento y en el caso de vías nuevas, acciones sobre el camino de herradura.

- De acuerdo con el análisis de sensibilidad, cualquiera sea el comportamiento de las variables consideradas más inciertas o riesgosas, ¿siempre se elige el mismo proyecto que resultó de la evaluación social? ¿se espera que dichas circunstancias ocurran? ¿con qué probabilidad?

- Existen diferencias de las alternativas en cuanto a garantizar la su sostenibilidad? Cabe indicar que la comparación entre indicadores de rentabilidad social, es relevante únicamente para el caso de alternativas que sean sostenibles en el tiempo
- ¿Qué alternativas presentan un mayor impacto ambiental? Finalmente se debe elegir únicamente la mejor alternativa de proyecto, ya que pasará a factibilidad o a la fase de inversión.

4.11. Elaboración del marco lógico de la alternativa seleccionada

La última tarea del presente módulo, consiste en elaborar el marco lógico de la alternativa seleccionada del proyecto.

La elaboración del marco lógico dentro del proceso de formulación y presentación de un proyecto, es una herramienta útil por los siguientes motivos:

- Ayuda a explicar en forma clara, la naturaleza de los objetivos y componentes del proyecto.
- Recoge los indicadores del éxito del proyecto.
- Reduce las ambigüedades que podrían surgir al plantear los objetivos de un proyecto, así como la forma de medir el logro de dichos objetivos.
- Facilita la formulación y posterior evaluación de los proyectos.
- Es útil para monitorear los resultados de un proyecto durante su ejecución.
- Contribuye a la evaluación ex-post de un proyecto.

El marco lógico del proyecto, es presentado a través de una matriz de dos entradas: la vertical, que consta de 4 filas, y la horizontal, que consta de 4 columnas.

Cuadro 4.9: Marco lógico

	Objetivos	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Fin				
Propósito				
Componente				
Actividades				

Las filas hacen referencia a niveles de objetivos del proyecto:

- **Fin.** Constituye el objetivo sectorial de desarrollo a cuyo logro contribuirá el proyecto,
- **Propósito.** Es el objetivo del proyecto propiamente dicho, es decir, el objetivo central e inmediato del proyecto.
- **Componentes.** Son las líneas de acción del proyecto las cuales se encuentran relacionadas con los objetivos específicos del proyecto (medios fundamentales del Proyecto).
- **Actividades.** Las acciones permiten el logro de las líneas de acción o componentes del proyecto.

Por otro lado, las columnas de esta matriz contienen información referente a cada uno de los niveles contenidos en las filas, específicamente:

- **Objetivos.** Son los objetivos relacionados con cada fila: fin, propósito, componentes y acciones.
- **Indicadores.** Los indicadores son utilizados como medida para verificar el cumplimiento de los objetivos del proyecto, es decir, aclaran los objetivos y proveen las bases para la evaluación.
- **Medios de verificación.** Se señala dónde obtener la información necesaria para elaborar los indicadores antes mencionados.
- **Supuestos.** Señalan las condiciones del entorno del proyecto y por lo tanto fuera del manejo del ejecutor del proyecto que deben cumplirse para que los objetivos de cada nivel puedan ser logrados.

Ejemplo Marco lógico de un proyecto de mejoramiento vial

	objetivos	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Fin	Mejorar el bienestar de la población.	Incremento de la economía dentro del área de influencia del proyecto, en un 25% al tercer año de ejecutado el proyecto.	Sondeo mediante encuestas de calidad de vida de la población. Estadísticas socioeconómicas elaboradas por los gobiernos locales cada 5 años	La infraestructura vial sigue siendo una prioridad para el Estado.
Propósito	Adecuadas condiciones de circulación vehicular en la Av. Libertadores.	Incremento del flujo vehicular en un 20 % en el primer año después de ejecutado el proyecto. Disminución de los costos y tiempos de transporte en un 15% al segundo año después de ejecutado el proyecto. Disminución de costos de operación vehicular en 35% al primer año de ejecutado el proyecto. Vía operando al 100% después de ejecutado el proyecto. Reducción en 5% de accidentes de tránsito vehicular en el primer año.	Estudio de tiempo de viaje en la vía realizado por la entidad cada 5 años. Resultados del análisis de COV en el primer año de operación. Registro de accidentes en las Comisarias de la localidad.	El adecuado mantenimiento y gestión vial de las vías por parte de las entidades responsables de estas actividades.
Componentes	- Vía en buen estado y suficiente capacidad vial. Reducción del riesgo en la vía. Existencia de paraderos de Transp. público. Existencia de señalización (horizontal y vertical) y semaforización. Programas para capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía.	Vía mejorada en XXX km. a nivel de pavimento flexible y Ampliación de un carril de 3.5 m en 2 km. de longitud del corredor vial operando después de ejecutado el proyecto. Taludes estabilizados sin riesgo de desastres después de ejecutado el proyecto. Instalación de 10 paraderos de transportes públicos. XXX Km de vía señalizada adecuadamente e instalación de semáforos en tres intersecciones. 3 capacitaciones viales dictadas y personal capacitado para la operación y mantenimiento de la vía.	Informes de supervisión de la obra vial, peatonal y semaforización en forma mensual durante su ejecución. Capacitación a 15 profesionales del área técnica responsable de la conservación vial reportes de educación vial. inventario vial realizado por la entidad cada 5 años.	Cumplimiento con el financiamiento oportuno del proyecto. Los proveedores de materiales, insumos y servicios cumplen con la entrega de bienes y servicios en el tiempo oportuno.

Actividades	<p>Acción 1: Mejoramiento a nivel de pavimento flexible.</p> <p>Acción 2a: Estabilización de taludes.</p> <p>Acción 2b: Instalación de muros de contención.</p> <p>Acción 3: Construcción de bahías para transporte.</p> <p>Acción 4: Colocación de señalización horizontal y vertical y semaforización coordinada.</p> <p>Acción 5: Capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la vía.</p>	<p>Inversión total: S/. 55'416,950.00</p> <p>ET elaborado a S/. 2,950,450.00 y 17 km de pavimento flexible colocado y en óptimas condiciones de operación con un costo de 40'800,000.00 en un plazo de 18 meses.</p> <p>25 ha. reforestadas geomallas colocadas en los puntos críticos con un costo de S/. 7'125,000.00 en un plazo de 10 meses.</p> <p>10 paraderos contruidos para el transporte público y operando con un costo de S/. 350,000.00.</p> <p>95 Señales horizontales y verticales colocadas a un costo de S/2,375.00, monitoreo y supervisión durante las 18 meses de ejecución de la obra en forma continua y adecuada con un costo de 1'350,000.00 y 10 semáforos inteligentes colocados y operando adecuadamente con un costo de S/. 450,000.00</p> <p>3 cursos desarrollados y personal capacitado en la conservación y mantenimiento vial con un costo de S/. 16,500.00.</p>	<p>Liquidación de obras después de la ejecución.</p> <p>Convenios firmados de mantenimiento.</p> <p>Valorizaciones.</p> <p>Informes de la UE en forma mensual.</p>	<p>Los beneficiarios muestran su conformidad por el proyecto.</p>
-------------	---	---	--	---





5 Conclusiones





Módulo 5

Conclusiones

En esta sección se debe incluir lo siguiente:

- La definición del problema central.
- La priorización de las alternativas evaluadas, considerando:
 - El monto total de inversión requerido para cada una.
 - El VAN estimado para cada una de las alternativas.
 - Resumen del análisis de sensibilidad de las alternativas.
- Una breve descripción de la alternativa seleccionada, incluyendo aspectos vinculados con el análisis de sostenibilidad y de impacto ambiental.
- Señalar las siguientes acciones a realizar después de la aprobación del perfil.

Por ejemplo, la necesidad de los siguientes estudios de preinversión (si es necesario), las coordinaciones necesarias incluyendo las fuentes de financiamiento, si fuera el caso. Los procedimientos a seguir para la ejecución del proyecto, si fuera el caso.





Anexos

A. Anexos del estudio a nivel de perfil

En esta sección se debe incluir aquellos materiales y documentos que sustenten la información contenida en el estudio a nivel de perfil (documento).

Anexo 01

- Plano de ubicación.
- Documentos sustentatorios.
- Presupuesto de las alternativas.
- Cronograma de ejecución física y financiera.
- Planos (planta, longitudinal, secciones transversales típicas, etc.)
- Panel fotográfico.
- Evaluación social.

Anexo 02 (Estudios Básicos)

- Estudios de tráfico.
- Inventario vial efectuado.
- Ubicación de canteras.
- Estudios de campo y ensayos.
- Metrados y costos de partidas analizadas (costos unitarios, relación de insumos, desagregado de gastos generales, etc.)

B. Anexos de la guía

Anexo 01: Estudios de tránsito en campo

- Conteos de flujo vehicular.
- Conteos de flujo peatonal.
- Encuestas origen-destino a usuarios en la red.
- Tasas de ocupación.
- Tiempos de viaje.
- Encuestas de preferencias declaradas.
- Encuesta origen-destino de viajes en hogares.

Anexo 02: Técnicas de modelación

- Modelación a nivel de análisis estratégico.
- Modelo de generación/atracción de viajes.
- Modelo de distribución.
- Modelo de división modal.
- Modelo de asignación de transporte privado.
- Modelo de asignación de transporte público.

Anexo 01

Estudios de tránsito en campo

Esta sección contiene una descripción de los procedimientos y metodologías de medición y recolección de información de tránsito acorde a los requerimientos que plantea el tipo de proyecto y la etapa en que se encuentra dentro del estado de preinversión. Según la información de tránsito que se desee recopilar, existen diversos tipos de mediciones que pueden agruparse conforme a la siguiente clasificación:

- Conteos de flujo vehicular.
- Conteos de flujo peatonal.
- Encuestas origen-destino a usuarios en la red.
- Tasas de ocupación.
- Capacidades
- Tiempos de viaje
- Longitudes de cola
- Encuestas de preferencias declaradas.

Dado que estas mediciones requieren, en mayor o menor medida, desagregar los flujos o variables observadas según ciertas tipologías estándar, a continuación se definen tipologías a utilizar para vehículos, cargas y usuarios.

Tipología de vehículos

La red vial urbana es utilizada por una gama de vehículos que difieren en sus características físicas y operacionales. Estas diferencias son, al menos a partir de cierto grado, relevantes para el diseño y simulación de proyectos de mejoramiento de la red por lo que interesa conocer la combinación de vehículos que hacen o harán uso de sus elementos.

Por otra parte, para los fines del presente manual, la clasificación de vehículos debe orientarse a conseguir los siguientes objetivos:

- El cómputo de ahorros de recursos con una precisión razonable.
- Características de circulación similares (factores de equivalencia).
- Posibilidad de ser clasificadas visualmente en mediciones de campo.
- Conversión de flujos de demanda en toneladas o pasajeros.
- Características de elección de ruta similares.
- Elaborar una estratigrafía de pesos por eje con una precisión razonable.

La clasificación descrita a continuación es suficiente para atender a cualquiera de las necesidades que se plantean para la evaluación de proyectos viales de carácter urbano:

- Automóvil y camionetas
- Taxi
- Mototaxi
- Colectivo
- Camioneta Rural
- Microbús
- Ómnibus
- Camiones de dos ejes
- Camiones de más de dos ejes
- Bicicletas.
- Otros.

El nivel de agregación que se pueda plantear en cada estudio estará de acuerdo al nivel del mismo, así por ejemplo, en la etapa de perfil bastará trabajar con un nivel de agregación que considere tres tipos:

- Autos
- Buses
- Camiones

Tipología de usuarios

La tipología de usuarios de transporte urbano debe identificar estratos homogéneos de comportamiento, en la perspectiva de permitir la realización de proyecciones sobre los estratos.

Existe un gran número de variables que permiten caracterizar y segmentar a los usuarios; de entre ellas se ha seleccionado un conjunto que constituye la tipología mínima recomendada, compatible con una actividad de recoger información en terreno y es la siguiente:

- (1) Según función
 - Conductor
 - Acompañante (auto privado)
 - Pasajero
- (2) Según motivo
 - Trabajo
 - Estudio
 - Compras
 - Otros
- (3) Según características del usuario
 - Ingreso
 - Sexo
 - Edad
 - Actividad, ocupación o empleo
- (4) Según quién costea el viaje
 - Usuario o grupo familiar
 - Empleador o actividad por cuenta propia
 - Mixto

Conteos de flujos vehiculares

La unidad de medida del flujo vehicular se puede expresar en cantidad de vehículos que circulan en una red o arco vial por unidad de tiempo. Es precisamente la unidad de tiempo la que variará la cual deberá ser coherente con las características operacionales de la vía o red bajo análisis. Las principales unidades de medida del flujo vehicular son:

Índice Medio Diario Anual (IMDA): es la medida más recurrente de flujo vehicular. Se utiliza para caracterizar el tránsito cuando no existe el fenómeno de la congestión, así como para efectos de diseño de pavimentos. Es el valor que se incorpora generalmente a los modelos de deterioro de pavimentos. Se expresa en vehículos por día. Los vehículos pueden corresponder a una agrupación general de categorías o a categorías específicas.

Tránsito horario: medida representativa de las condiciones de tránsito en el periodo horario. Se usa para simular el comportamiento de los vehículos en vías y/o intersecciones que presentan situaciones en que la interacción de vehículos es relevante (por ejemplo, la congestión). Se expresa en vehículos por hora. Los vehículos pueden corresponder a una agrupación general de categorías o a categorías especiales. La agrupación general se expresa en vehículos equivalentes que corresponde a una medida que cuantifica todo el flujo en vehículos livianos, estableciendo factores de equivalencia a las otras categorías consideradas. Al respecto, cabe señalar que esta medida es la habitualmente empleada en el análisis y tratamiento de los proyectos viales urbanos.

Debe atenderse al hecho de que en los dos casos se trata de obtener valores medios de flujo que se considerarán representativos de cierto periodo. Para efectos del presente manual, se hará referencia sólo a la medida de tránsito horario.

Conteos de flujos peatonales

Al igual que en el caso de los vehículos, la unidad de medida del flujo peatonal se puede expresar en cantidad de peatones que circulan en un sector de la red vial por unidad de tiempo. En este caso la unidad de tiempo será la hora y corresponderá a los mismos periodos de medición de los flujos vehiculares.

Los puntos de medición serán básicamente aquellos, que ubicados al interior del área de proyecto, registren una importante actividad de peatones asociados a las actividades que se desarrollan en el entorno y que de alguna manera entren en conflicto los vehículos por el uso del espacio público disponible. Por lo tanto, la selección e identificación de los movimientos de peatones a medir está relacionado con esta situación.

Encuestas origen-destino a usuarios en la red

La encuesta origen destino a usuarios de la red entrega información que es la base para el análisis de proyectos en los cuales se espera que exista reasignación de viajes, cambios en la división modal o redistribución de viajes. A través de ella será posible conocer algunas características básicas de los viajes que se registran en la red (origen-destino, propósito, horario, etc.).

Las encuestas O/D permitirán construir la matriz origen destino de vehículos que será asignado a la red o bien generar la matriz a priori que permitirá la estimación de ella.

Tasas de ocupación

A continuación se presentan los distintos métodos de medición de tasa de ocupación en función del tipo de vehículo considerado. Este antecedente es útil para la estimación del consumo de recursos asociado a los usuarios de la infraestructura vial bajo análisis.

Estas mediciones se realizan para dos horas representativas de cada uno de los periodos considerados en el proceso de modelación del proyecto. Esta información será necesario relevarla solo para los proyectos Tipo I, puesto que para los restantes tipos de proyectos esta se deriva de las EOD que se realicen con motivo del proyecto.

Métodos

A continuación se presentan los distintos métodos de medición de tasas de ocupación en una sección de la vía o en una intersección, los cuales varían dependiendo del tipo de vehículo considerado.

- En el caso de los **vehículos livianos**, la medición es directa, basta con determinar el número de ocupantes del vehículo y efectuar el registro correspondiente. Esta medición puede ser efectuada en conjunto con otras que obliguen a los vehículos a detenerse (por ejemplo, EOD o Encuesta de Preferencias Declaradas), siempre y cuando la medición considere solo una muestra representativa del flujo vehicular. En caso que se requiera un censo y que el nivel de flujo sea elevado, es recomendable considerar filmaciones.

En la medición de tasas de ocupación se debe considerar en una muestra de los puntos de control empleados en las mediciones de flujo.

- Al igual que en los vehículos livianos, los **vehículos pesados** no presentan grandes dificultades para determinar la tasa de ocupación. El valor medio equivale directamente al promedio de las observaciones.
- La obtención de tasas de ocupación de los **microbuses y omnibuses**, presenta dificultades especiales, por la imposibilidad físico-temporal de contabilizar las personas que ocupan cada vehículo muestreado. Para la determinación de tasas de ocupación, es posible realizar la medición en conjunto con otras que requieran la detención de los vehículos. En este caso, la consulta se realiza en forma directa al conductor del vehículo o por recuento de los pasajeros.

De no ser posible aplicar el método anterior, se debe realizar una clasificación de los vehículos, de acuerdo al grado de ocupación observado (casi vacío, la mitad de los asientos ocupados, todos los asientos ocupados, la mitad del pasillo con pasajeros de pie, todo el pasillo con pasajeros de pie, vehículo completamente ocupado), y asignar valores promedio de ocupación a cada rango predefinido, de acuerdo a la capacidad promedio de asientos de los vehículos y suponiendo que caben 5 pasajeros de pie por metro cuadrado.

A falta de antecedentes, se recomienda el uso de las siguientes categorías con los respectivos valores.

Cuadro 1: Tasa de ocupación promedio según categorías transporte público

Categoría	Pasajeros por vehículo		
	Camioneta Rural	Microbuses	Bus
A	18	35	90
B	14	24	70
C	8	16	40
D	4	8	15

Las categorías se definen de la siguiente forma:

- A: Repleto** (completamente ocupado, sin espacio para otros pasajeros)
- B: Llento** (más de la mitad del pasillo con pasajeros de pie y pueden subir otros)
- C: Semillento** (casi todos los asientos ocupados)
- D: Casi vacío** (menos de la mitad de los asientos ocupados)

Se debe tener especial cuidado de realizar la muestra de forma aleatoria según se describe en el párrafo siguiente. Para determinar la tasa de ocupación media, se debe calcular un promedio ponderado de los factores de ocupación promedio por categoría antes mencionados. Para el caso de otras ciudades, si los vehículos son diferentes, debe hacerse un muestreo previo a fin de determinar los pasajeros por vehículo correspondientes a cada categoría.

Tiempos de viaje

Para los proyectos, la medición de tiempos de viaje, se requiere para determinar los ahorros de tiempo de viaje y para alimentar los modelos de simulación de tráfico y de asignación, que se emplearán para la modelación y evaluación del proyecto.

En todos los casos las mediciones se realizarán para una o dos horas representativas de cada uno de los períodos definidos para la modelación del proyecto.

Existe una serie de métodos para la medición de tiempos de viaje, en todo caso es necesario precisar algunos aspectos al respecto:

Generalmente los modelos de simulación de tráfico requieren los tiempos de viaje en el arco (entre líneas de detención), por categoría de vehículos, sin el efecto de la intersección.

Para aquellos casos en que se requiera modelar la operación de vehículos de transporte público en forma separada sin y con efecto de paradero se requerirá para este último caso la incorporación del efecto asociado a la demora que experimentan los vehículos que se detienen en ellos.

Para el caso de los modelos de asignación generalmente lo requerido es el tiempo de viaje en el arco en condiciones de flujo libre.

Para efectos de calibración del modelo de demanda y de las redes correspondientes, la información requerida a nivel de arcos son los tiempos de viaje en condiciones de flujo libre y el tiempo de viaje con efecto de intersección para cada uno de los periodos considerados.

Encuestas de preferencias declaradas

Las técnicas de preferencias declaradas se refieren a un conjunto de metodologías que se basan en juicios declarados por los individuos acerca de sus preferencias sobre diferentes situaciones hipotéticas. De esta manera es posible estudiar el comportamiento de los individuos mediante la descripción de situaciones en determinados contextos.

Este tipo de encuesta surge como una alternativa frente a las técnicas de preferencias reveladas (o mediciones directas), las cuales se basan en el comportamiento observado de los individuos. Esto se debe a que en determinadas situaciones es difícil, y a veces imposible, obtener información sobre el comportamiento de los individuos. Este es el caso de estudios sobre nuevas alternativas de transporte (un nuevo modo de transporte o un nuevo trazado de camino), estudios sobre la valoración de atributos no medibles como la comodidad, la seguridad o el impacto ambiental, o estudios en que existe correlación inevitable entre atributos. Por lo tanto, este tipo de encuesta puede ser aplicada a la elección de ruta, división modal, elección de destino del viaje, elección de localización y a la valoración subjetiva del impacto ambiental, entre otras aplicaciones. Sin embargo, el desarrollo siguiente está enfocado hacia la aplicación de la técnica de preferencias declaradas en la elección de ruta, aunque muchas de las recomendaciones planteadas son válidas también para otros contextos. Cabe destacar que la obtención de modelos de elección de rutas que consideren dentro de sus variables el valor de una tarifa (peaje), es particularmente importante para los estudios de demanda de proyectos de infraestructura vial que serán concesionados.

Tipos de Encuesta

Existen métodos más conocidos y aplicados para realizar encuestas de preferencias declaradas.

- Una técnica es la **encuesta directa**, que consiste en detener a los vehículos y hacerles un conjunto de preguntas predeterminadas acerca de su viaje, gustos y preferencias. La encuesta directa debe ser lo más corta posible, precisa y no sujeta a interpretaciones por parte del encuestado y del encuestador. La detención de los vehículos puede ser a la entrada del cordón de estudio, a la salida de este o en la separación de rutas en el caso de encuestas asociadas a elección entre ellas.
- Otro método conocido es la **respuesta postal** que consiste en anotar las placas de los vehículos circulantes, identificándolos según una tipología predefinida y, luego de recopilar la dirección de los dueños en el registro de vehículos motorizados o por otro medio adecuado, enviarles la encuesta por correo. El principal problema de este método es el bajo nivel de respuesta, siendo necesario efectuar prácticamente un censo para obtener el tamaño muestral requerido.
- La combinación de los métodos de encuesta directa y respuesta postal es el **método mixto**, que consiste en detener a los vehículos en la vía (a la entrada, salida o en la separación) y consultar directamente sobre las variables de segmentación predefinidas y la dirección del encuestado, entregándole la sección de gustos y preferencias para

que la responda posteriormente y la envíe por correo o sea retirada. Una variante muy difundida es consultar si desea seguir siendo encuestado en el lugar que el usuario desee. Para lograr un porcentaje razonable de retorno de respuestas en general se ofrece un premio entre las respuestas recibidas.

Encuesta origen destino de viajes en hogares

El presente manual propone como principal fuente de información para el tratamiento de los proyectos en el nivel estratégico (vías expresas, autopistas, etc). Una encuesta origen destino de viajes realizada en hogares (EODH). Otros instrumentos de medición también propuestos, estarán básicamente destinados a complementar y verificar los datos obtenidos de la EOD. Las razones de esta proposición se resumen como sigue:

La EODH representa la fuente de datos más confiable y válida para los objetivos de calibración de modelos, especialmente los modelos de demanda. La experiencia internacional con otros métodos de obtención de información para estos objetivos, no ha sido particularmente exitosa.

La EODH permite tener una visión general de las características del sistema de transporte y de sus patrones de comportamiento. Ello es particularmente importante en ciudades donde existe escasa o ninguna información histórica.

La diversidad y completitud de la información obtenida en una EODH, representan una base de datos útil para muchas tareas adicionales de análisis de transporte.

La recolección de información no es independiente del tamaño de la ciudad y del número de habitantes. La logística necesaria para abordar una encuesta de gran tamaño, amerita un tratamiento especial, para lo cual se debe desarrollar una metodología de diseño e implementación del proceso de recolección de toda la información necesaria para caracterizar el sistema de transporte urbano.

Tamaño muestral

La mayor dificultad de la EOD en hogares radica en su costo, que está directamente relacionado con el tamaño de la muestra. Al respecto, las recomendaciones de la literatura vinculan el tamaño de la muestra con el tamaño de la ciudad. Por ejemplo, para una ciudad de tamaño medio de 70.000 a 500.000 habitantes, se recomienda encuestar alrededor del 12,5% de los hogares. Para el caso de ciudades de mayor tamaño se recomienda encuestar entre un 2% y un 4% de los hogares.

Dado que el objetivo principal de la EODH es proveer la información necesaria para calibrar modelos de demanda, una revisión atenta de los requerimientos específicos, entregará mayores antecedentes para determinar el tamaño de la muestra.

Tipo de encuestas

Las variables que son medidas en la EOD pueden agruparse en tres conjuntos: características del hogar, características de las personas que viven en el hogar y características de los viajes que realizan tales personas.

Las características del hogar tienen que ver con la propiedad de la vivienda, ingreso del hogar, servicios y vehículos. En cuanto a las características de las personas del hogar interesa saber la relación de las personas con el jefe del hogar, estudios, ocupación, posesión de licencia de conducir, sexo, realización de viajes.

Finalmente, en las características de los viajes interesa conocer el propósito y el modo de transporte empleado. Como propósito se tiene al trabajo, al estudio, de compras, a diligencias, de trabajo, de estudio, social, de salud y otros. En los medios de transporte están la caminata, auto chofer, auto acompañante, microbús, ómnibus, tren, taxi, metro, bus escolar, motocicleta, bicicleta, otros.

Anexo 02

Técnicas de modelación

1. Modelación a nivel de análisis estratégico

En esta sección se presenta la metodología a seguir en los casos que se utilicen modelos de simulación de transporte, puesto que todos los impactos pueden estar activos. Este tipo de proyecto se analiza en primer lugar desde un punto de vista estratégico de todo el sistema de transporte urbano, con participación de todos los modos.

El modelo clásico de transporte está compuesto por cuatro submodelos que reflejan las distintas etapas de la demanda y oferta de transporte: generación/atracción de viajes, distribución de viajes y división modal conforman la demanda de transporte, y correspondiendo a la etapa de asignación la oferta de transporte.

El tipo de modelo a utilizar en el análisis de un sistema de transporte urbano determinado depende fundamentalmente de las características operacionales de dicho sistema, medidas principalmente en términos de la congestión sobre la red vial.

Normalmente los modelos de transporte son requeridos para analizar la operación del sistema en ciertos años representativos, que incluyen el presente (habitualmente llamado año base) y algunos años futuros, todos los cuales se denominan colectivamente cortes temporales. En cada uno de estos cortes temporales, es necesario contrastar la operación del sistema de transporte en una situación base de comparación (situación base) con la operación del sistema después de introducir modificaciones estructurales en sus características fundamentales (situación con proyecto).

En términos generales, es aconsejable que el corte temporal máximo no se proyecte más allá de diez años plazo. Adicionalmente debe definirse un corte temporal intermedio entre el año base y el corte temporal máximo. Por lo tanto, se recomienda como cortes temporales, el año base (de calibración), y los años 1, 5 y 10.

Por otra parte, la operación del sistema en un día completo es un fenómeno cuya complejidad y dinamismo desborda las capacidades de las actuales herramientas de análisis. En

consecuencia, la metodología habitual analiza sólo algunos periodos representativos de un día típico y utiliza el modelo de transporte para simular la operación del sistema dentro de tales periodos.

Los resultados por periodo se extienden al día completo y posteriormente extrapolado para obtener el total anual.

Tradicionalmente la modelación de transporte urbano se ha limitado a definir tres periodos básicos de análisis: periodo punta de la mañana, periodo punta de la tarde y periodo fuera de punta. Normalmente, cada uno de estos periodos se prolonga entre una y dos horas, espacio de tiempo dentro del cual se supone que todos los viajes que se producen en algún origen, llegan a su destino. El análisis de estos periodos representativos arroja ciertos resultados operacionales (matrices de viaje por modo, niveles de servicio, flujos por arco de cada red) que son valorados económicamente para efectos de evaluación, obteniéndose finalmente costos y beneficios por periodo. Dichos costos y beneficios son posteriormente extrapolados para obtener totales diarios y anuales.

La dinámica de desarrollo urbano de una ciudad está determinada por la evolución de un conjunto de variables de difícil predicción, entre las cuales se encuentran las características del sistema de transporte- y que además interactúan entre sí. Dicha interacción es compleja, lo que dificulta establecer con la suficiente confiabilidad la relación transporte y uso de suelos.

No obstante, el análisis de transporte requiere de un contexto de desarrollo urbano determinado, puesto que son las características de uso de suelo y de actividades las que determinan las necesidades de transporte de una ciudad, al tiempo que la satisfacción de dichas necesidades determinan las características operacionales del sistema de transporte.

Dado que por ahora no existe una metodología universal que permita realizar tales estimaciones con suficiente seguridad, el análisis de transporte normalmente recurre a la llamada técnica de los escenarios de usos de suelos. Como su nombre lo indica, esta técnica consiste en definir uno o más escenarios, cada uno de los cuales caracteriza una posible evolución de la ciudad en términos de localización espacial de hogares y actividades no residenciales (comercio, servicios, industrias, colegios, etc.) a lo largo del tiempo.

En la práctica, normalmente el escenario más probable es el tendencial y la mayoría de las veces el análisis de transporte se limita a este escenario, sobre todo si el horizonte de análisis es de diez años, como se ha propuesto. Pero no existe impedimento para extender el análisis a otros escenarios, cuando ello sea necesario o aconsejable. Debe recordarse sin embargo, que cada escenario implica una simulación completa del modelo de transporte, la provisión de sus datos de entrada y el análisis de sus resultados.

Modelo de generación/atracción de viajes

La operación del modelo de transporte requiere como datos de entrada los márgenes origen-destino de viajes para cada periodo de análisis, clasificados por motivos de viaje y por categorías de demanda. La estimación de tales márgenes constituye el objetivo de los modelos de generación/atracción.

Idealmente debiera estimarse un margen de orígenes y un margen de destinos por cada motivo y categoría de demanda, pero en la práctica la clasificación por categorías de demanda no siempre es posible. Dado que estas se definen a partir de los niveles de ingreso y tasa de motorización de los hogares, la categorización de los orígenes (producciones de viajes) es fácil de hacer cuando los viajes se originan en el hogar, lo cual es una característica de la mayoría de los viajes en el periodo punta de la mañana y una proporción importante en el periodo fuera de punta.

Sin embargo, durante estos mismos periodos la mayoría de los viajes se realizan hacia lugares distintos del hogar, por lo que una eventual categorización de los destinos (atracciones de viajes) resultaría arbitraria en el mejor de los casos.

Considerando lo anterior se concluye que solo los orígenes son clasificables por motivo-categoría y los destinos en cambio, son clasificables sólo por motivos de viaje. Así, el modelo de transporte recibe como datos de entrada un margen origen por cada motivo de viaje y por cada categoría de demanda (O_i^{on}); y un margen Destino por cada motivo de viaje, en el que todas las categorías de demanda están agrupadas (D_j^p). Además, debe cumplirse:

$$\sum_i \sum_p \sum_n O_i^{on} = \sum_j \sum_p D_j^p$$

Donde:

O_i^{on} = Número de viajes generados en la zona i, de la categoría n, con motivo p.

D_j^p = Número de viajes atraídos por zona j, con motivo p.

Por razones metodológicas, las generaciones de viajes (orígenes) son modeladas independientemente de las atracciones de viajes (destinos), aunque evidentemente sus resultados deben ser consistentes. Por otra parte, dado el mayor desarrollo conceptual de los modelos de generación de viajes, habitualmente el analista tiende a confiar más en sus resultados y por lo tanto, normalmente se ajustan las atracciones a las generaciones de viajes.

Modelo de distribución

A partir de los márgenes de orígenes y destinos estimados en la etapa anterior, el modelo de distribución tiene como objetivo construir una matriz de viajes entre cada pareja origen-destino de zonas. El modelo más utilizado en la actualidad se denomina modelo gravitacional y se fundamenta en la teoría de maximización de entropía. Su expresión general para un período determinado y un motivo, puede escribirse como:

$$T_{ij}^n = A_i^n O_i^n B_j D_j \exp \{ \theta^n EMU_{ij}^n \}$$

Donde:

- T_{ij}^n : Total de viajes de la categoría n en el par (i,j).
- O_i^n : Total de viajes de la categoría n generados en la zona i.
- D_j : Total de viajes atraídos por la zona j.
- A_i^n, B_j : Factores de balanceo.
- θ^n : Parámetro de distribución para la categoría n.
- EMU_j^n : Valor de la utilidad compuesta de viajar entre i y j, para viajeros de categoría n.

Se puede observar en este modelo que los viajes originados en una zona están diferenciados por categoría socioeconómica, pero los viajes atraídos por una zona no lo están. Puesto que la suma de los viajes originados en todas las zonas debe ser igual al número de viajes atraídos en todas las zonas, se debe cumplir lo siguiente:

$$\sum_i \sum_n O_i^n = \sum_j D_j$$

Los factores de balanceo (A_i^n, B_j) aseguran que esta relación se cumple y habitualmente sus valores se determinan a través de un método iterativo.

El término EMU_j^n representa la utilidad compuesta de viajar entre la zona i y la zona j para los usuarios de la categoría n.

El principal requerimiento del modelo gravitacional, es la determinación de los parámetros θ^n que como se ha dicho están asociados a las características de los usuarios en el área de estudio.

Modelo de división modal

El modelo de división modal divide la matriz de viajes provenientes de la etapa de distribución, en tantas matrices como modos de transporte existan disponibles para los usuarios. Un modelo de división modal será necesario para cada categoría de demanda, motivo de viaje y periodo de análisis.

Los modelos de división modal denominados de elección discreta, constituyen buena parte de las actuales aplicaciones en estudios de transporte. Como su nombre lo indica, estos modelos están orientados a simular el proceso de elección de un individuo enfrentado a un conjunto de alternativas discretas de elección. La hipótesis subyacente en este tipo de modelos es que la probabilidad de que un individuo escoja una alternativa determinada es función de las características (socioeconómicas) del individuo y de la atractividad relativa de cada opción.

Desde el punto de vista de la división modal, la extensión del concepto anterior es inmediata. Para viajar entre un origen y un destino determinado, un usuario de la categoría n dispone de un conjunto finito y discreto A^n de modos de transporte alternativos. La elección de un modo específico $m \in A^n$, dependerá de las características del usuario y de los atributos de los modos disponibles.

Para representar estas características, se define una función de utilidad asociada a cada una de las alternativas disponibles y se supone que el usuario elegirá aquella que le reporte una mayor utilidad. La función utilidad normalmente se expresa con una formulación lineal en los parámetros:

$$u_m^n = \delta_m^n + \sum_k \theta_{mk}^n X_{mk}^n$$

Donde los X_{mk}^n representan indistintamente los atributos del modo m y las características del usuario de la categoría n . Típicamente esta expresión incluye como atributos del modo sus variables de servicio (tiempo de viaje, tiempo de espera, tarifa, etc.) y como características del usuario, su ingreso, nivel educacional y otros. También es habitual incluir combinaciones de variables (ej.: tarifa dividida por ingreso familiar).

Los parámetros θ_{mk}^n representan el peso que los usuarios de la categoría n asignan a cada variable incluida en la función utilidad. Luego, tales parámetros deben ser calibrados para cada categoría de usuarios.

El parámetro libre δ_{mk}^n corresponde a una constante modal que representa ciertas características específicas que el modo m tiene para los usuarios de la categoría n , y que no están representados en el resto de la función utilidad del modo. Por razones derivadas de la

forma de estimar los parámetros de la función, es necesario fijar en cero la constante modal de una de las alternativas, llamada alternativa de referencia. El resto de las constantes modales serán relativas a dicha alternativa de referencia.

Una vez definida la probabilidad de que un usuario de la categoría n elija el modo m para viajar en el par (i,j) , el número de viajes en ese modo se obtiene multiplicando dicha probabilidad por el número total de viajes en ese par:

$$T_{ij}^{nm} = T_{ij}^n \cdot P_m^n$$

El modelo de división modal es la última de las etapas que se incluyen dentro de lo que se denomina la demanda de transporte. Como se observa en la expresión anterior, el resultado final de la demanda es una matriz de viajes por modo entre cada pareja origen-destino. La tarea siguiente es asignar estas matrices de viajes a las redes correspondientes a cada modo.

Modelo de asignación de transporte privado

En el caso de la asignación de transporte privado es conveniente proponer modelos que pueden tratar el fenómeno de la congestión, por varias razones. Aunque de menor intensidad, en el caso de las ciudades de tamaño medio, la congestión puede estar presente en algunos arcos de la red y es necesario simular su impacto, porque estos suelen ser los arcos donde se materializan proyectos de transporte y los modelos que tratan redes congestionadas son igualmente adecuados cuando el fenómeno tiene poca importancia.

Los modelos de asignación de transporte privado con mayor fundamentación técnica, utilizan el primer principio de Wardrop para explicar la asignación de viajes a la red. Este principio supone que los usuarios intentan minimizar sus costos de operación al realizar sus viajes. Si pudieran hacerlo, cada usuario elegiría la ruta más corta (en términos de tiempo de viaje, por ejemplo) para llegar a su destino. Pero, puesto que en general existe el fenómeno de la congestión vehicular, la ruta más corta deja de serlo cuando muchos usuarios tratan de usar los mismos arcos de la red. Los usuarios, entonces, considerarán otras rutas, hasta encontrar aquella que tenga el mínimo costo posible, dadas las condiciones de operación existentes en la red. Cuando todos los usuarios hayan encontrado esta ruta más conveniente, la red de transporte privado se encontrará en equilibrio.

El primer principio de Wardrop dice simplemente que habrá equilibrio en la red cuando ningún usuario pueda reducir unilateralmente su costo de viaje, mediante un cambio de ruta.

El problema de asignación de transporte privado, se resuelve planteando un problema de optimización matemática del siguiente tipo:

$$\text{Min } Z = \sum_{a \in A} \int_0^{f_a} c_a(x) dx$$

Sujeto a:

$$\sum_{p \in P_w} h_p = T_w \quad \forall w \in W$$

$$f_a = \sum_{p \in P} \delta_{ap} h_p \quad \forall a \in A$$

$$h_p \geq 0 \quad \forall p \in P$$

La solución a este problema requiere el empleo de metodologías específicas de solución, tales como el método de Frank-Wolfe.

El método de Frank Wolfe -que es el más utilizado en los diversos programas computacionales de asignación de transporte privado- consta de dos fases: búsqueda de dirección y minimización unidimensional. Aplicado al problema de asignación de transporte, la fase de búsqueda de dirección deviene en la necesidad de encontrar rutas mínimas entre pares origen-destino, problema largamente tratado en teoría de redes; y la fase de minimización unidimensional se resuelve con el método de la sección áurea o el método de Newton (entre otros).

Uno de los datos requeridos para la aplicación son las funciones de costos en cada arco de la red (denominadas curvas flujo-velocidad) que tienen la siguiente forma, para un función de tipo BPR (Bureau of Public Roads).

$$t(f) = t_0 \cdot \left(1 + \alpha \left(\frac{f}{cap} \right)^\beta \right)$$

Donde:

$t(f)$ = Tiempo (costo) de viajar en el arco cuando existe un flujo f viajando en el arco.

f = Flujo en el arco.

t_0 = Tiempo de viaje en el arco a flujo libre.

cap = Capacidad del arco.

α, β = Parámetros.

Idealmente cada arco de la red debería tener una curva flujo-velocidad asociada. Pero dado que el número de arcos es muy grande, se define un conjunto de funciones de este tipo

para distintas categorías de arcos y luego se asocia cada arco de la red a su correspondiente categoría. Cada una de las curvas flujo-velocidad así definida tiene sus propios parámetros (α, β) que deben ser calibrados y esta es la tarea más compleja en la aplicación del modelo de asignación.

Modelo de asignación de transporte público

En el caso de la asignación de transporte público el problema es esencialmente distinto al de transporte privado. En este caso, los usuarios deben elegir aquella línea de transporte público (ómnibus, microbús, etc.) que utilizarán para realizar su viaje. Dado que el recorrido de los buses está fijo en la red, los usuarios no eligen su camino a través de la red vial (como lo hacen los automovilistas) sino a través de las distintas líneas de transporte público disponibles para hacer su viaje.

Las distintas hipótesis respecto a la forma en que los usuarios eligen las líneas de transporte público para realizar sus viajes, dan origen a distintos modelos de asignación de transporte público. Los modelos más tradicionales suponen que el usuario elegirá aquella línea específica que minimiza su tiempo total de viaje. Es claro que esta hipótesis de trabajo es correcta si un usuario tiene solo una línea disponible, o un conjunto pequeño de líneas muy distintas (en términos de las variables tiempo de viaje, tiempo de espera, tarifa) disponibles para realizar su viaje. En este caso es razonable suponer que el usuario elegirá aquella línea que minimiza su tiempo total de viaje. Este tipo de modelos se conoce como de asignación a itinerarios mínimos.

Sin embargo, en ciertos casos en que el número y cobertura de las líneas disponibles es mayor, los usuarios disponen muchas veces de un conjunto de líneas muy parecidas (en términos de tarifa, tiempo de viaje y tiempo de espera) disponibles para realizar sus viajes, y la hipótesis de elección de una sola línea específica deja de ser adecuada. En la práctica, los usuarios no consideran una sola línea, sino un subconjunto de líneas comunes o atractivas, que minimizan su tiempo total esperado de viaje. Para realizar su viaje, el usuario utilizará cualquiera de las líneas pertenecientes a este subconjunto de líneas atractivas.

Una vez que esta hipótesis de trabajo respecto al comportamiento de elección de los usuarios se plantea en términos matemáticos, es posible formular modelos que conducen a una asignación de viajes de transporte público mucho más realista. Tales modelos son conocidos como de asignación a rutas mínimas de transporte público.

Impreso en los talleres gráficos de
Servicios Gráficos JMD
sé Gálvez 1549 - Lince Telf.: 470-6420 / 472-8273