

TÉRMINOS DE REFERENCIA

ANÁLISIS VULNERABILIDAD Y REDUNDANCIA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE X REGIÓN (Código BIP N° 30072320-0)

1. INTRODUCCIÓN

En la medida que los sistemas de transporte y las líneas logísticas de distribución de bienes se hacen más eficientes y la provisión de servicios forma redes más complejas y sofisticadas, tanto el sector productivo como la sociedad en su conjunto sufren altos costos adicionales cuando los bienes o las personas no pueden efectuar sus viajes habituales, en la oportunidad contemplada o hacia los destinos deseados, debido a la vulnerabilidad de las redes de transporte frente a eventos naturales o de otro tipo, la vulnerabilidad de la red de transporte está inversamente relacionada a su confiabilidad.

La confiabilidad de una red del transporte puede ser definida como la probabilidad que frente a determinados eventos se mantengan funcionando uno o más de sus arcos de tal manera que la conectividad de la red y su serviceabilidad se mantengan al nivel preexistente o reduzcan el mismo a valores límites sustentables. Una red de transporte “confiable”, representa un beneficio para la sociedad, así mismo una red “vulnerable” constituye un costo neto para la sociedad. Un sistema de conectividad vulnerable, que no funcione en absoluto o que funcione por debajo de los estándares significa costos al usuario en términos de pérdida de tiempo en viaje, costos de operación adicionales y otros costos como resultado de esperas y desvíos.

Entre los efectos sobre los usuarios se pueden distinguir aquellos que se producen sobre los transportes de bienes y aquellos que se producen sobre el tránsito de vehículos de pasajeros. Entre los primeros se computan las demoras a equipos y carga, los que se traducen en costos en las líneas logísticas y además en aquellos productos perecederos que experimentarán una pérdida de valor. En otros productos se puede incurrir en costos por demora, y efectos en los respectivos mercados. Otra gama de efectos se produce por la falta de accesibilidad de las personas, que además de aumentar sus costos de traslado incurren en pérdidas de oportunidad y accesibilidad a servicios, produciendo altos impactos sobre el Sistema de Actividades. También un sistema vulnerable, no sólo tiene incidencia sobre los usuarios permanentes, sino que en el caso de desastres masivos tiene un efecto negativo sobre las actividades de emergencia en el territorio.

La vulnerabilidad de la red en su conjunto es una condición que puede ser mitigada mediante proyectos de inversión y diseño de medidas de gestión.

Planteada la problemática, cabe destacar que este estudio se enmarca en lineamientos ministeriales cuyo objeto es garantizar la integración y conectividad permanente en todo el territorio y especialmente en las zonas aisladas, así como proveer una eficiente plataforma de infraestructura de conexión a los sectores productivos, con énfasis en los clúster priorizados por la política nacional.

2. JUSTIFICACION

La red nacional de transporte tiene una característica muy particular en el mundo, básicamente signada por la geografía nacional. Si bien es cierto, por una parte, las características del territorio nos proveen de algunas ventajas, como por ejemplo que en general los centros productivos están cercanos a los puertos, por otra parte la red tiene una estructura lineal en que los eventos de falla en el eje principal producen un alto impacto en la conectividad. Los eventos de interrupción por razones de la naturaleza u otros accidentes son comunes en nuestro país por ello se requiere contar con información sistematizada de riesgos que identifique aquellos puntos vulnerables de la red y las decisiones de infraestructura para mitigar dicha vulnerabilidad en un territorio.

Se considera necesario desarrollar un estudio cuyo objetivo es en primer término identificar los elementos de riesgo que amenazan la red, en segundo término identifique los elementos más vulnerables y luego plantee tanto políticas generales, estrategias de mitigación e identifique los proyectos necesarios para implementarlas.

Las redes del transporte formadas por autopistas y carreteras son fundamentales para la actividad nacional, tanto en el ámbito de la producción como de los servicios a las personas; por lo tanto, la confiabilidad, o inversamente, la vulnerabilidad de la red del transporte, es así un factor decisivo no sólo en términos de la “cobertura territorial” y competitividad de los mercados sino también en términos de continuidad, al asegurar una “operación 24/7”. Cualquier amenaza para la confiabilidad de la red de transporte constituye un elemento de vulnerabilidad del sistema socioeconómico.

También las situaciones de vulnerabilidad son especialmente agudas en redes de transporte rural en las que en general existen contados accesos; para estos casos no solamente existe el efecto de falta de confiabilidad del cumplimiento de los parámetros programados del viaje sino que también la factibilidad o disponibilidad de este; de acuerdo a esto al concepto de confiabilidad se le agrega el de “disponibilidad”

El objeto de este estudio es aplicar a la red vial y de transporte la perspectiva de la confiabilidad y de la vulnerabilidad e incorporar este análisis a las técnicas usuales de análisis costo beneficio. Finalmente los costos de la vulnerabilidad y de su mitigación son costos socioeconómicos que se deben tomar en la consideración en la evaluación de los proyectos de transporte. Esto significa que la evaluación de las ventajas de nuevos proyectos propuestos y de los costos de operación de la infraestructura existente puede carecer de elementos importantes. En este aspecto la literatura se refiere a la vulnerabilidad de la red en diferentes aspectos que se relacionan con la estructura misma de la red, con efectos o riesgos de la naturaleza y aquellos riesgos derivados del uso mismo de la red o de sus componentes.

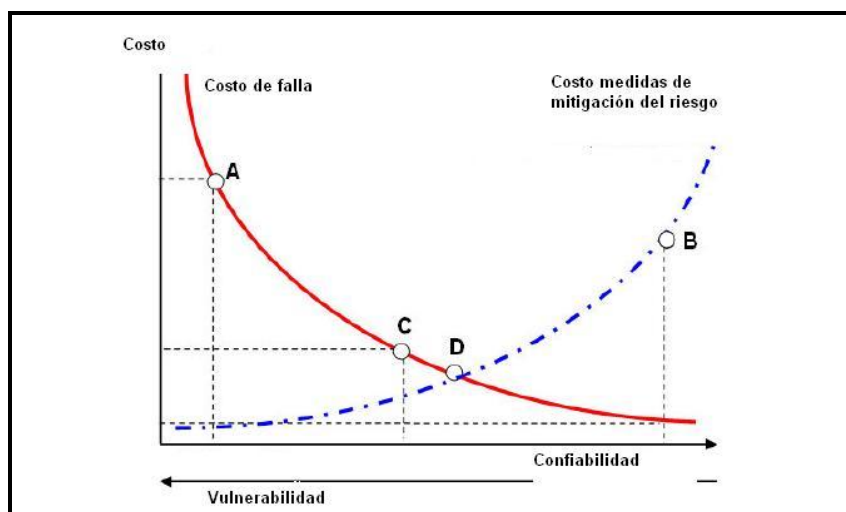
Dada la importancia de la red en la dinámica productiva y social del territorio una red de transporte “confiable”, representa beneficios para la sociedad y una red “vulnerable” constituye un costo neto para la sociedad.

Un sistema de conectividad que no funcione o que funcione bajo los estándares impondrá costos al usuario en términos de pérdida de tiempo, costos de operación adicionales u otros costes como resultado de retardos y de desvíos. Los transportadores de productos perecederos experimentarán una pérdida de valor y en otros productos se puede incurrir en costos por demora y efectos en los respectivos mercados. Otra gama de efectos se produce por la falta de accesibilidad de las personas. Éstos son costos socioeconómicos que se deben tomar en la consideración en análisis de costos y beneficios de los proyectos del transporte.

En general los costos de falla de una conexión se dan a través de:

- Costos de demora y de desvío para los vehículos.
- Costo de tiempo para los usuarios
- Costos directos de tiempo para la mercadería. (bienes perecederos y no perecederos)
- Costos sistémicos.

La determinación de una estrategia óptima respecto a la confiabilidad de la red, a grandes rasgos debe encontrarse en un equilibrio como el descrito en el siguiente gráfico, en el cual se muestra el balance entre costos de falla y los costos de mitigación de riesgos.¹



A: Situación Base; B: Situación de sobre inversión.; C: Mejoramiento no optimo
D: Optimo

Uno de los fundamentos del estudio es precisamente la consideración de que el desarrollo del país, fundado en políticas de apertura y exportación y en las visiones de

¹ Fte: Jan Husdal The vulnerability of road networks in a cost-benefit perspective; TRB meeting, 2005

desarrollo social y territorial, implicará necesariamente un aumento sustantivo de los costos de falla del sistema, tanto en la red vial, como ferroviaria y en los puertos; ello significará que aquellos proyectos que apunten a la robustez del sistema debiesen tener beneficios esperados más allá de los beneficios normalmente estimados.

Bibliografía recomendada:

Aven, T. et al. (2004) RISIT – Risk and safety in the transport sector – A state-of-the-art, review of current knowledge. White paper. The Research Council of Norway.

Bell, M.G.H.; Iida, Y. (1997) Network Reliability. In: Transportation Network Analysis, eds. M.G.H. Bell and Y Iida, pp.179-192, John Wiley & Sons, Chichester.

Berdica, K. (2002) An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done. Transport Policy, 9, pp. 117-127.

Di Gangi, M. (2005) Transportation Network Vulnerability Indicators for Risk Evaluation and Exposure Reduction. Proceedings of the European Transport Conference (ETC-2005), Strasbourg, France.

Husdal, J. (2005) The vulnerability of road networks in a cost-benefit perspective. Proceedings of the the Transportation Research Board Annual Meeting (TRB 2005), Washington DC, USA, 9-13 January 2005.

Husdal J. Transport network vulnerability – which terminology and metrics should we use? Paper presented at the NECTAR Cluster 1 Seminar, Molde, Norway, 12-13 May 2006; Molde Research Institute.

Jenelius, E.; Petersen, T. and Mattson, L.-G. (2006) Importance and exposure in road network vulnerability analysis. Transportation Research Part A 40 pp 537-560.

Jenelius E.; Lars-Göran Mattsson; Developing a methodology for road network vulnerability analysis; Div. of Transport and Location Analysis; Dept. of Transport and Economics; Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.

Lleras-Echeverri, G. and Sanchez-Silva, M. (2001) Vulnerability analysis of highway networks, methodology and case study. Transport 174 (4), pp.223-230.

Scott, D.M.; Novak D.; Aulmann-Hall, L. and Guo F. (2005) Network Robustness Index: A New Method for Identifying Critical Links and Evaluating the Performance of Transportation Networks. CSpA Working paper 009, McMaster University, Canada.

Taylor, M. A. P. and D'Este, G.M.D. (2003b) Concepts of network vulnerability and applications to the identification of critical elements of transport infrastructure., 26th Australasian Transport Research Forum, Wellington, New Zealand, 1-3 October 2003.

Taylor, M.; Sekhar, S.; D'Este, G. (2006) Application of Accessibility Based Methods for Vulnerability Analysis of Strategic Road Networks. Networks and Spatial Economics, Vol. 6, No. 3-4, pp. 267-291

3. OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO

El objetivo general del Estudio es identificar y evaluar proyectos de inversión de infraestructura que contribuyan a fortalecer la capacidad de resiliencia de la red de conectividad interurbana frente a riesgos naturales en la Región de Los Lagos, considerando la resiliencia del sistema de conectividad como la propiedad de este en términos de mantener las condiciones de accesibilidad de los sectores productivos, ciudades y localidades en situaciones y eventos naturales probables. Para el logro del objetivo, el estudio debe caracterizar el funcionamiento actual de la red, identificar los elementos de riesgo que amenazan la misma, y el territorio en general, identificar los elementos más vulnerables de la red, para establecer y evaluar a continuación los proyectos de inversión y estrategias de mitigación más eficientes para el logro del objetivo.

4. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Realizar un análisis de la red de conectividad de la X Región desde una perspectiva de vulnerabilidad, para establecer los sectores, arcos y puntos de riesgo y vulnerabilidad de la misma.

Recomendar soluciones alternativas y los correspondientes proyectos para los lugares con más alta criticidad de la red e identificar los proyectos de infraestructura de transporte terrestre que contribuyan a la robustez del sistema de transporte como un todo.

Plantear las herramientas metodológicas necesarias que permitan evaluar económica y funcionalmente los impactos de los eventos naturales en la conectividad del sistema y seleccionar los modelos a ser utilizados para la evaluación de las medidas de mitigación y su priorización, sean estos proyectos orientados al fortalecimiento de las condiciones de diseño de arcos específicos de la red o al desarrollo de arcos redundantes.

5. METODOLOGÍA

La metodología propuesta por el Estudio considera dos aspectos para su desarrollo; el primero se refiere a la formulación conceptual del problema en su conjunto, para luego caracterizar cada uno de los subsistemas que intervienen en función de las variables que explican su funcionamiento y su interrelación. El segundo aspecto se refiere a las metodologías, modelos y herramientas de apoyo necesarias para analizar y simular el funcionamiento del sistema frente a diferentes escenarios.

5.1 Ámbito territorial del Estudio.

El Estudio tiene un ámbito territorial que abarca la Región de Los Lagos, exceptuando la provincia de Palena, la que en la actualidad enfrenta definiciones territoriales cuyos resultados están bajo análisis y en pleno desarrollo, por lo que no es aconsejable incluirla en el contexto de este estudio.

5.2 Variables a analizar.

La definición de las variables y sistemas a estudiar se desprenden directamente del propósito del análisis, esto es el de identificar aquellos proyectos de infraestructura que garanticen los requerimientos de conectividad y accesibilidad necesarios para dar estabilidad al funcionamiento del sistema de actividades frente a eventos o amenazas del entorno natural.

Desde una perspectiva territorial utilitaria a los objetivos de nuestro Estudio se debe considerar tres componentes o subsistemas:

- primero el Sistema de Actividades, que incluye la caracterización productiva del territorio, tanto de sus recursos como de las actividades productivas y también la estructura de ocupación del territorio, que incluye los centros poblados, y características demográficas y socioeconómicas caracterizadas espacialmente.
- El segundo sistema o componente a considerar es la red de infraestructura y servicios de transporte que provee la conectividad necesaria para el desarrollo de las actividades sociales y productivas, lo que constituye básicamente el Sistema de Transporte Regional, que comprende para este estudio las redes de transporte terrestre y marítimo-lacustre.
- El tercer sistema bajo estudio es el que denominaremos el entorno natural, cuyas componentes relevantes se refieren a aquellos aspectos causales de riesgos naturales.

En cuanto al Sistema de Actividades, específicamente se deberán estudiar las características socioeconómicas y productivas de la Región, sistematizando las variables de acuerdo a los requerimientos metodológicos y al propósito del estudio. De acuerdo a ello el nivel de agregación para algunas variables, especialmente las utilizadas para proyectar escenarios, es mayor pudiendo ser regional o comunal, para aquellas variables que inciden directamente en el análisis de las actividades a nivel de localidades, centros o áreas de actividad productiva o de servicios, deben ser tratadas individualmente, asociando sus características al territorio con un nivel de agregación que refleje satisfactoriamente su relación con la red de transporte.

Entre las variables agregadas se incluyen las del tipo macroeconómico, demográfico y la economía de los diferentes sectores productivos a nivel agregado. Entre las variables cuyo estudio es más preciso a nivel espacial se deben incorporar aquellas relativas a localización de población y estructura de centros poblados, localización de servicios públicos, centros de producción, zonas de interés turístico, áreas protegidas etc.

Respecto al Sistema de Transporte se debe consolidar la información existente sobre la infraestructura y servicios de transporte, para las cuales se debe caracterizar dicha

infraestructura, estratificándola según una definición de red básica estructurante y una red secundaria o complementaria. Sobre la red estructurante se levantarán las características y parámetros que reflejen sus parámetros físicos, serviceabilidad y puntos críticos desde el punto de vista de su vulnerabilidad. En el caso de la red secundaria se definirán sus características básicas (tipo y calidad), para posteriormente y sólo en el caso que dichas conexiones, basadas en el análisis del Sistema de Actividades, demuestren ser críticas para la conectividad de determinadas áreas o centros de generación de flujos. En una primera instancia la infraestructura a analizar en la red actual corresponde a puentes, caminos y puertos, en el caso que sea pertinente se deberá incorporar el conjunto de información que hace a la vulnerabilidad del arco en cuestión, tales como puentes en riesgo, áreas inundables y zonas de derrumbe.

En cuanto a la caracterización de la utilización de la red de transporte existen diversos informes periódicos y estudios en el área que proveen información de flujos. Los consultores deberán revisar dichos estudios y consolidarlos para en función de ellos construir las matrices de origen destino y los flujos a utilizar; para este propósito los consultores deberán proponer un número suficiente de mediciones sobre la red estructural para validar dicha información.

En cuanto al Sistema Entorno Natural, se debe estudiar, en base a información secundaria, el conjunto de variables que se utilizarán para caracterizar procesos o sucesos que provienen de dicho entorno natural, tales como los de naturaleza hidrológica, meteorológica, vulcanológica y sísmica; en cuanto constituyan amenazas para la red de conectividad. Estos procesos están asociados a variables de naturaleza esencialmente probabilística, tanto en su ocurrencia como en intensidad. El consultor deberá considerar en sus análisis la mejor información disponible y en base a ello construir escenarios con más o menos probabilidades de ocurrencia. Al respecto se deberá considerar también la pertinencia de realizar inferencias a partir de los estudios y predicciones de cambio climático.

5.3 Metodologías y Herramientas específicas a utilizar.

El desarrollo del Estudio se basará en dos herramientas centrales, a ser aplicadas:

- Sistemas de Información Geográficos (SIG); la totalidad de la información territorializable deberá ser vertida y analizada en un SIG, que integre los elementos de los tres sistemas previamente descritos. Para ello se pueden integrar diversas capas de información existentes para la Región, entre ellas las provistas por los Mapas de Vulnerabilidad de MIDEPLAN, las redes de infraestructura y servicios de la Dirección de Vialidad y MOP, la información de los servicios de salud y educación, la información de SERNAGEOMIN y otras a proponer por los consultores.

Las capas o *shape* de información deberán trabajarse en sobre plataforma ARCGIS 9.3 y 3.X; el sistema de referencia de coordenadas geodésicas deberá

ser WGS 84 o idealmente SIRGAS; las coordenadas deben ser de preferencia geográficas o geodésicas frente a la opción de utilizar UTM.

- La segunda herramienta la constituye el modelo de transporte que será necesario para simular tanto la situación base como los escenarios particulares de funcionamiento de la red o partes de ella frente a la ocurrencia de eventos o condiciones de funcionamiento que caractericen tal escenario. Dicho modelo de transporte deberá ser propuesto por el consultor entre los diferentes modelos tradicionalmente utilizados para simular el equilibrio de redes en forma estocástica. (EMME2 u otro).

6. PRINCIPALES ACTIVIDADES A REALIZAR

6.1 Revisión de Antecedentes.

La revisión de antecedentes comprenderá básicamente los siguientes aspectos.

El primero de ellos consiste en la revisión exhaustiva de los antecedentes de la red que se derivan de iniciativas previas como son el Estudio de Estrasur desarrollado por SECTRA, el “Estudio de consolidación de redes viales”, DIRPLAN, 2008, y los antecedentes que se derivan del Plan Director de Infraestructura (PDI), DIRPLAN 2009.

Respecto a lo señalado se espera que la plataforma en la cual se desarrollará el análisis de este estudio tenga como base las redes especificadas en las referencias previas, complementada con los componentes de red actualizados y ampliados para cumplir con los objetivos.

Estos antecedentes deben contrastarse con los elementos que se desprenden del ejercicio de planificación desarrollado por el MOP denominado Chile: Visión 2020.

En segundo término los antecedentes a revisar se refieren a la naturaleza del problema de vulnerabilidad y confiabilidad en redes; para ello se deben identificar las principales fuentes de información sobre la temática y los desarrollos metodológicos y políticas utilizadas en el ámbito internacional para abordar el problema planteado, así como los fundamentos teóricos del problema.

Para lo anterior se deberán analizar y evaluar la pertinencia de incorporar conceptos como los siguientes:

- La probabilidad de falla frente a un evento
- La probabilidad de ocurrencia del evento
- El tiempo y costo de reparar el sistema
- Costos económicos
- La contribución del proyecto a mejorar la confiabilidad del sistema.

- Robustez del arco
- La robustez o resiliencia del sistema

En tercer término se deberán revisar y analizar los antecedentes referentes a la información territorial de la zona de estudio, vale decir estructura de centros poblados, demografía y conectividad, identificación espacial de la economía, especializaciones productivas del territorio, centros de producción y relación espacial de los elementos constitutivos de las cadenas productivas, relación de estos con las cuencas fluviales y especialmente su relación con la infraestructura de conectividad.

Finalmente se deben analizar los antecedentes existentes respecto a riesgos naturales asociados a los territorios y especialmente a la red.

6.2 Revisión del Planteamiento Metodológico y Diagnóstico.

6.2.1 Revisión de la Metodología

Del análisis de la información previa el consultor deberá revisar o proponer desarrollar un planteamiento metodológico que garantice el logro del objetivo del Estudio. En esta actividad se deberá caracterizar con claridad las variables del problema y los objetivos de la planificación de redes de proyectos; en segundo término se revisará el planteamiento metodológico que conduzca a la identificación y selección de proyectos que se originan en el análisis de vulnerabilidad de la red.

El planteamiento metodológico debe contemplar diferentes aspectos que se consideran necesarios para obtener una herramienta de planificación y evaluación para la zona bajo análisis y que integre los conceptos de vulnerabilidad de la red. En esta tarea resulta necesario en primer término realizar un buen diagnóstico de la red de conectividad actual, esto significa analizar la red macrozonal así como su utilización, además el consultor deberá incorporar el conjunto de variables asociadas al territorio y que explican el uso y funciones de los arcos de la red.

Dichos estudios han establecido las redes, analizado las demandas y la localización productiva en la región, así mismo se han construido escenarios para diferentes cortes temporales, en síntesis constituyen elementos suficientes para establecer la situación base. Esta situación base estará configurada por una Red de Referencia, y una situación Territorial de Referencia que incluya los aspectos sociales y económico-productivos, adecuadamente territorializados.

La metodología para aplicar el Plan constará de las fases necesarias para establecer un plan evaluado y consensuado, es decir deberá cumplir una secuencia que comprenda:

a) una revisión de los objetivos funcionales de los diferentes componentes de la red regional;

- b) una revisión de la situación actual en términos de los diagnósticos territoriales particulares, los objetivos de desarrollo territorial y sus prioridades, los diagnósticos de la red y su demanda, así como especialmente de su situación de conectividad y la vulnerabilidad de la red;
- c) el análisis y proyección futura de los escenarios, tales como tendencias de ocupación del territorio y las condiciones futuras de la red y su demanda;
- d) esta etapa debe comprender un ciclo de consultas y participación en que se discutan los objetivos, los problemas identificados y sus restricciones para posteriormente discutir las posibles soluciones;
- e) formular las alternativas de solución a ser evaluadas;
- f) adaptar el marco de evaluación considerando la metodología estándar de evaluación más las medidas e indicadores que tomen en cuenta el aporte del proyecto a los objetivos de confiabilidad de la red y otros objetivos territoriales, sociales y funcionales que se hayan identificado en el proceso, incluyendo los objetivos nacionales y locales;
- g) complementar la metodología general con aquellas necesarias para permitir evaluar otros impactos como aportes a la economía local, índices de aislamiento, confiabilidad del sistema, etc;
- h) establecer los costos totales de cada una de las opciones;
- i) Comparación, priorización y selección de las opciones identificando tanto las opciones seleccionadas y aquellas rechazadas, fundadas en el marco de evaluación predefinido;
- j) realizar una etapa de consulta de las opciones y finalmente la evaluación.

6.2.2. Diagnóstico y caracterización del problema

6.2.2.1.- Caracterización de la Infraestructura de Transporte

El estudio de la infraestructura de transporte tiene por objetivo determinar las características físicas y operativas actuales de la red de transporte relevante para el estudio, así como de las instalaciones de transferencia aérea y portuaria.

a) Definición de la red a incluir en el estudio

En función del análisis territorial, los antecedentes de flujos provenientes de estudios previos y un análisis preliminar de la conectividad regional el consultor deberá definir la red de transporte a considerar en el Estudio.

b) Inventario de la red actual y definición de la Red Base

Una vez definida la red de transporte a considerar, se deberá confeccionar un inventario de las características físicas de la misma, con las particularidades correspondientes a cada modo.

En este sentido el Consultor, deberá elaborar, a partir de la información secundaria más reciente disponible en los distintos organismos y debidamente validada, básicamente lo siguiente:

- Inventario y condición de la red vial
- Inventario y condición de la red ferroviaria
- Inventario y condición de las principales obras de arte
- Descripción de las facilidades portuarias
- Disponibilidad y características de los centros de trasbordo.

Deberá analizarse la oferta actual de infraestructura incluyendo aquellos factores distintos del tránsito mismo, que permiten explicar el nivel de servicio de la infraestructura vial existente. Para cada sector, o sectores debidamente agregados según tipologías, se deberá incluir características geométricas del trazado en planta y longitudinal; características de la sección transversal del camino y de la carpeta de rodado; así mismo en el caso que sea pertinente se deberá incorporar el conjunto de información que hace a la vulnerabilidad propia (no sistémica) del arco en cuestión, tales como puentes, áreas inundables y zonas de derrumbe.

c) Infraestructura en Desarrollo

Por otra parte el consultor deberá hacer un relevamiento exhaustivo de los planes, programas y proyectos que se encuentren comprometidos en los distintos organismos responsables de la provisión de la infraestructura de transporte, con el objetivo de definir la red que constituirá la Red Base

La Red Base estará constituida por la red existente actualmente, modificada tomando en cuenta los proyectos comprometidos, los que son definidos como los proyectos que han sido objeto de una decisión de ejecución y para los cuales hay disponible un financiamiento.

6.2.2.2 Caracterización de la Demanda de Transporte

La demanda de un camino está determinada por el flujo de vehículos que circula por él. El flujo vehicular de un camino se representa por el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA).

Los objetivos planteados para esta actividad son básicamente cuantificar y caracterizar los flujos actuales de transporte desagregando estos tráficos por modos de transporte y, en el caso de cargas, por grupos de productos relevantes.

El estudio de demanda se realizará considerando en forma separada los flujos de carga de los correspondientes a pasajeros. A su vez cada uno de ellos deberá desagregarse

en grupos que internamente presenten características básicas razonablemente homogéneas en lo referente a modalidades y costos.

En el rubro cargas se considera conveniente, a efectos simplificativos, adoptar como criterio una desagregación compatible con ESTRASUR.

Esta información se fundará en los antecedentes previos actualizados según las últimas cifras disponibles, para lo cual el consultor propondrá los ajustes a la metodología a ser aprobada por la contraparte.

a) Recopilación y análisis de información y antecedentes

La Consultora deberá realizar una exhaustiva búsqueda en los distintos ámbitos públicos y/o privados de la información secundaria disponible, vinculada con los flujos de transporte en la zona, tanto los flujos intrarregionales como extrarregionales y en relación a aquellos flujos que hacen uso de los pasos internacionales con Argentina, tanto los correspondientes al tráfico internacional como aquellos que utilizan el territorio argentino para conectar la Región de Los Lagos a las regiones australes.

La Consultora evaluará la confiabilidad y consistencia de la información disponible, a efectos de determinar la conveniencia de su utilización en el proceso de estimaciones.

En base a la información secundaria obtenida se delimitarán las áreas de influencia directa e indirecta del estudio, se verificará la consistencia de la información disponible, y se dispondrán y ejecutarán las acciones necesarias para completar o complementar los datos que se consideren insuficientes, mediante trabajos de campo que deberán incluir entrevistas con actores regionales, usuarios y censos de tráfico por tipo de vehículo y por origen y destino.

b) Zonificación

A efectos del estudio el consultor determinará un sistema de zonificación que tenga en cuenta al menos las siguientes consideraciones:

- Debe guardar consistencia con las zonificaciones utilizadas en Estrasur y en el Estudio de Consolidación de modelos.
- Debe guardar consistencia con la división comunal y regional del país.

Para cada zona deberá definirse un centroide representativo, para cuya selección deberá considerarse la localización geográfica, la importancia relativa como centro de origen o destino y la ubicación respecto a las redes de transporte.

c) Entrevistas y encuestas

Luego del análisis de la información secundaria disponible y en función de los objetivos del estudio, la Consultora deberá identificar las necesidades de información complementaria y las formas de obtención. Las entrevistas y encuestas deberán dirigirse fundamentalmente a empresas de transporte de carga y pasajeros, a empresas productivas regionales y a los representantes de las comunas con mayores índices de vulnerabilidad.

El Consultor diseñará y realizará Censos de Origen/Destino, en los lugares y en la cantidad necesaria, de tal forma de completar el relevamiento de la información requerida para validar las matrices de origen – destino.

d) Matrices de origen-destino para el año base

La base para la construcción de las matrices origen destino serán aquellas que provienen del Estudio de Consolidación de modelos de la Macrozona Sur.

Las estimaciones de la demanda inicial se efectuarán para un período anual, que será analizado en base a información específica y en forma detallada. Las estimaciones a futuro se realizarán proyectando los flujos identificados para el año base.

A partir de los antecedentes de flujos de transporte, que utilizan el sistema, estimados para el período base, deberán elaborarse las correspondientes matrices de origen - destino (O-D). Las matrices deberán ser todas aquellas que permitan una adecuada caracterización de los flujos bajo análisis, con el objetivo de su proyección y asignación futura. Por esta razón, como mínimo, los resultados a presentar deberán incluir las siguientes:

- Matriz O – D correspondiente al transporte de cargas automotor, en toneladas y en cantidad de vehículos.
- Matriz O – D por tipo de producto.
- Matriz O – D correspondiente al transporte automotor de pasajeros, en cantidad de pasajeros y de vehículo según tipo.

Cada una de las matrices de O – D que se presente para el año base deberá incluir breves comentarios acerca de la confiabilidad de la información incorporada y de las eventuales restricciones con que deban interpretarse los datos.

6.2.2.3 Antecedentes sobre Vulnerabilidad de los arcos de la red

La caracterización de los arcos de la red debe contemplar una caracterización de los riesgos o evaluación de su vulnerabilidad; para ello se deben estimar los indicadores de vulnerabilidad que se construirán basados en la información existente, en los antecedentes provistos por los actores y usuarios de estos arcos. En tal sentido el consultor debe plantear una metodología que integre e identifique los principales

aspectos de riesgo en los arcos, mediante la consideración de a lo menos información proveniente de:

- Antecedentes sobre vulcanología, remoción en masa, inundaciones, hidrología, estudios geológicos e hidrológicos, sismicidad, meteorología y otros.
- Análisis de la información histórica de los eventos naturales en el territorio o cuencas en las cuales se ubican los arcos de la red
- Antecedentes del Estudio de catastro georreferenciado de riesgos de la Dirección Nacional de Vialidad. (en curso)
- Experiencia de los funcionarios regionales del MOP y otras instituciones regionales.

En cuanto a instituciones es importante considerar la opinión y antecedentes de los Gobiernos Regionales, las Municipalidades, SERNAGEOMIN, Dirección General de Aguas (MOP), Dirección Meteorológica de Chile (FACH), Departamento de Obras Fluviales del nivel regional-MOP, Direcciones de Vialidad del Nivel Regional, Instituto Geográfico Militar, Servicio Sismológico de Chile, ONEMI, u otros organismos públicos o privados que pudiesen tener información de utilidad para el estudio.

Entre estos antecedentes se deben incorporar los antecedentes hidrológicos, para aplicar diferentes metodologías de análisis de acuerdo a la información local y regional disponible, como estadísticas fluviométricas o pluviométricas. Para aquellos puntos identificados como críticos en el funcionamiento de los arcos principales o en función de un alto impacto previsible en términos de conectividad de puntos principales y de la funcionalidad de la red.

En las diferentes cuencas se verificarán las áreas de inundación en la medida que afecten la red, ello mediante las verificaciones hidráulicas teóricas que permitan asociar los periodos de recurrencia de los eventos señalados en el análisis hidrológico con las probabilidades de ocurrencia de éstos.

En relación a los riesgos sísmicos se deberá realizar un análisis que permita identificar sistemáticamente los elementos claves de la red que tengan mayor vulnerabilidad sísmica, vale decir puentes claves, sectores de montaña con dificultades y riesgos especiales de estabilidad de cortes y terraplenes. Para ello el consultor deberá proponer índices de criticidad de los diferentes arcos y componentes del sistema de transporte.

6.3 Calibración del Modelo de Red

Esta actividad comprende los aspectos de implementación de la herramienta de análisis fundamentada en la metodología propuesta y su calibración. Como base y tal como se señalaba previamente se trabajará con los modelos de redes definidos en estudios previos, a este modelo de redes se incorporarán indicadores de criticidad de la red y se utilizará como base para evaluar los impactos de los diferentes escenarios de eventos, utilizando la estructura topológica del modelo para que dadas las matrices origen destino

y las características funcionales de los arcos de la red se puedan estimar los costos de los eventos o inversamente los beneficios de las medidas de mitigación.

6.4 Modelamiento de alternativas y evaluación de los Planes y Proyectos

a) Proyección de la Infraestructura y alternativas

Mediante la asignación de las matrices de origen-destino de viajes a la Red de Referencia, apoyados en la información territorial y en base en distintos supuestos y escenarios se definirán las propuestas de proyectos sobre la Red de Transporte, identificando los proyectos a desarrollar en los tramos que tengan un alto impacto en la vulnerabilidad de la red. Estas alternativas serán acordadas de común acuerdo con la contraparte.

Las deficiencias y requerimientos de infraestructura serán identificados fuera del modelo de transporte, pero con base a las predicciones del modelo en lo que se refiere al volumen de tránsito por tramo.

Finalmente, la modelación de las Alternativas de Red permite estimar los indicadores económicos para la evaluación de las mismas, además de los indicadores de vulnerabilidad.

b) Costos de las Alternativas de Red

Esta tarea consiste en la aplicación de los costos de proyectos tipo al listado de proyectos de cada alternativa de Red. Los costos de proyectos tipo se adecuarán a las características particulares de los proyectos identificados, estos costos serán estimados a nivel de perfil.

El consultor deberá considerar los costos identificados y aplicarlos a las diversas alternativas analizadas, tomando en cuenta asimismo los costos que se deriven de la aplicación de medidas de mitigación de riesgo u otras acciones derivadas del análisis descrito.

c) Evaluación

La estimación de los beneficios de los usuarios asociados a los proyectos se hace mediante la comparación entre los costos incurridos por los usuarios sobre la red de referencia sometida a eventos de riesgo y los incurridos en la red alternativa, supuestamente menores.

Una vez terminadas las tareas de proyección de la demanda de viajes y los escenarios de oferta vial será necesario simular el sistema de transporte en cada corte temporal que se defina. Los beneficios de los Planes y proyectos se derivan directamente de la

aplicación del modelo de redes planteado, a partir del cual se desprenderán los costos incurridos por las modificaciones en la conectividad de la red debido a la ocurrencia de los escenarios de eventos identificados como probables; el valor dual de los costos incrementales son precisamente los beneficios de las medidas de mitigación.

Para ello deberá considerarse la modelación de la situación base y los planes de proyecto considerados. Por esta razón se hace necesario codificar las redes de transporte correspondientes agregando a la red de la situación actual los proyectos identificados y asignar las matrices de viaje por tipo de vehículo. Se deben determinar los flujos por arco, los TMDA por arco, tiempos de viaje por arco, los costos de operación por arco y el valor de todas aquellas variables que sean necesarias para realizar en forma posterior la evaluación social.

Se deben calcular los indicadores económicos tradicionales tales como el VAN, IVAN, TIR y TRI que sean útiles para fines de la evaluación de proyectos viales y no viales considerados para cada plan de inversiones identificado. por la naturaleza probabilística de los fenómenos de vulnerabilidad el consultor deberá analizar valores esperados de estas variables. El horizonte de evaluación es de 20 años.

Se deberá llevar a cabo un análisis de sensibilidad, tanto para el caso de la proyección de beneficios como de los costos de inversión de los proyectos, con el fin de determinar la robustez de los proyectos planteados. Finalmente, para aquellos planes que resulten ser rentables socialmente se deberá generar el calendario de inversiones asociado.

6.5 Conclusiones y Propuesta.

En el capítulo de conclusiones el consultor deberá documentar la metodología y las herramientas utilizadas en el estudio para su posterior difusión, especificando las sugerencias que se desprendan de la aplicación con el objeto de mejorar el enfoque. En tal sentido se deben dejar claramente especificadas las limitaciones de la metodología y las futuras líneas de desarrollo.

Se deberán realizar recomendaciones intermedias con cada informe durante el transcurso del Estudio, en la medida que vayan surgiendo, con el fin de apoyar oportunamente la toma de decisiones. Las recomendaciones deberán contener aquellas que se desprenden directamente de los resultados de la metodología aplicada para la evaluación de las distintas Alternativas de Red y su Cartera de Proyectos, así como las que se derivan del análisis experto de las características de la oferta, demanda y los flujos de equilibrio.

El consultor deberá proveer las orientaciones respecto a la construcción de bases de información necesarias para mejorar los datos que se emplean en un estudio de confiabilidad y vulnerabilidad de la red de transporte.

El consultor deberá proponer y discutir los Planes que surjan de la aplicación zonal, consolidando los beneficios estimados y realizando un análisis sobre la estabilidad de las soluciones.

7. PRODUCTOS ESPERADOS

- Caracterización de la red de conectividad de la Región de Los Lagos incluyendo especialmente los arcos y sectores vulnerables a riesgos naturales.
- Demanda y Proyección de las necesidades de transporte en función de las variables productivas y demográficas territorializadas para el año base y cortes temporales futuros.
- GIS integrando las diferentes capas de información utilizadas en el análisis territorial, la red de conectividad y los mapas de riesgo.
- Modelo de transporte calibrado para la Red Regional.
- Identificación de los principales problemas de conectividad y accesibilidad derivados de riesgos y sus correspondientes indicadores.
- Plan de infraestructura o conjunto de proyectos priorizados cuyo objetivo es fortalecer la confiabilidad y capacidad de resiliencia de la red de conectividad de la Región de Los Lagos.
- Recomendaciones metodológicas

8. INFORMES

El desarrollo del estudio contempla la entrega de cuatro informes, tres parciales y un informe final con su correspondiente resumen ejecutivo.

El primer informe a entregar en 60 días debe contener la recopilación y revisión de antecedentes, así como el diagnóstico y los ajustes del enfoque metodológico.

El segundo informe a los 150 días contendrá la etapa de modelamiento.

El tercer informe a los 240 días contendrá las propuestas de proyectos y planes alternativos y su evaluación preliminar.

Finalmente a los 300 días se entregará el informe final y su correspondiente informe ejecutivo.

9. EQUIPO DE PROFESIONALES

El equipo profesional deberá estar conformado por, a lo menos, los siguientes especialistas:

- a) Jefe de Proyecto, experto en el manejo de temas económicos y de transporte en general. Con experiencia en el ámbito de la infraestructura vial.
- b) Ingeniero de Transportes con experiencia de a lo menos 5 años en la modelación de transporte.
- c) Un especialista ambiental.
- d) Economista.
- e) Un Ingeniero vial con experiencia mínima de diez años.
- f) Un especialista en estadística.
- g) Un Ingeniero geógrafo o geógrafo con a lo menos 5 años de experiencia en análisis territorial.

10. CONTRAPARTE TÉCNICA.

La contraparte Técnica estará formada por las siguientes unidades y servicios:

- DIRPLAN MOP- Subdirección de Estudios, Subdirección de Planificación Estratégica y Unidad Gestión de Información Territorial (UGIT)
- Dirección de Vialidad MOP
- Dirección de Obras Portuarias MOP
- Dirección de Aeropuertos MOP
- SEMAT - MOP
- Ministerio de Transporte (MTT)
- SECTRA

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El estudio se debe desarrollar durante 10 meses y el calendario de las actividades es como sigue:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES										
MESES										
ACTIVIDADES AGREGADAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.1 Revisión Antecedentes										
5.2 Planteamiento metodológico y Diagnóstico										
5.3 Modelamiento										
5.4.Evaluación de Planes y Proyectos										
5.5 Conclusiones y Propuesta										
6 Informes		Inf 1			Inf 2			Inf 3		Inf

12. PRESUPUESTO

El estudio tiene un presupuesto de \$91.350.000 pesos.