



MANUAL DE METODOLOGIA DE EVALUACION DE PROYECTOS VIALES

2011



MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN IX



MANUAL DE
CARRETERAS
VOLUMEN IX

MANUAL DE METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS VIALES



Instituto Interamericano
de Cooperación
para la Agricultura

GRUPO
APIXXI

MANUALES TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS

El presente documento es parte de los Manuales Técnicos para el Diseño de Carreteras en Bolivia. Estos manuales se realizaron en el marco del proyecto "Elaboración de Manuales Técnicos para la Administradora Boliviana de Carreteras" realizado entre junio de 2010 y diciembre de 2011, en este periodo se desarrollaron los siguientes manuales: Manual de Conservación Vial, Manual de Planos de Obras Tipo, Manual de Especificaciones Técnicas de Construcción y Manual de Metodología de Evaluación de Proyectos Viales; financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo y desarrollado por el Grupo APIA XXI.

Las observaciones, comentarios y sugerencias que los usuarios tengan, podrán ser remitidas al correo electrónico manualestec@abc.gob.bo las cuales serán tomadas en cuenta para las futuras ediciones de los Manuales Técnicos para el Diseño de Carreteras de la Administradora Boliviana de Carreteras.

En el desarrollo de los manuales trabajaron los siguientes profesionales:

Gerente de Proyecto:		Dr. Ing. Gabriel Rodríguez Roca
Coordinador de Proyecto:		Ing. Carlos Arguedas Gonzales
Especialista en Diseño Geométrico:		Dr. Ing. Marco Jesús Pantaleón Prieto
Especialista en Estructuras:		Ing. MSc. Carlos Cordova Alvéstegui
Especialista en Geotecnia:		Ing. MSc. Mauricio Salinas Pereira
Especialista en Hidrología e Hidráulica:		Dr. Ing. Francisco García Gutierrez
Especialista en Evaluación de Proyectos Viales:		Ing. MSc. Francisco Gonzales Romero
Especialista en Conservación Vial:		Dr. Ing. Pablo Maturana Barahona
Especialista en Construcción de Carreteras:		Ing. Gerardo R. Palacios Catacora
Asesores Especialistas:	Conservación Vial:	Ing. Vania Ponce de León Franco
	Especificaciones Técnicas:	Ing. MSc. Patricia Frutos Jordan
	Obras Tipo:	Ing. Paula Andrea Quiroga Menacho
	Evaluación de Proyectos Viales:	Ing. María Norka Del Rocio Ossio Barba
	Evaluación de Proyectos Viales:	Lic. David Arturo Rojo Justiniano
Ingenieros de Apoyo:	Ing. Carmiña Alvarez Claros	
	Ing. Alexia Lavadenz Lobatón	
	Ing. Juan Pablo Palma Indaburu	
	Ing. Roberto Morón Moncada	
Apoyo Técnico:	Lic. Alvaro Gutierrez Clavijo	
	Lic. Gisselle Helguero Cárdenas	
Diseño:	Elmer Schain Acebal	
Diagramación:	Empresa Sagitario S.R.L.	

En la revisión de los Manuales por parte de la Administradora Boliviana de Carreteras participaron:

Dirección General Técnica de la ABC:		
Director General Técnico:		Ing. Miguel Saravia Aguilar
Fiscal de Proyecto:		Ing. Danny Rodríguez Sandoval - Ing. Gustavo Espinoza Morales
Revisores Manual de Conservación Vial:		Ing. Fabian Reyna Vargas - Ing. Eduardo Velásquez Suarez
Revisores Manual de Obras Tipo:		Ing. Freddy Ticona Varela - Ing. Jhalmar Camacho Vargas- Ing. Jimena Sanchez Rodrigo
Revisores Manual de Esp. Técnicas:		Ing. Edwin Barrios Gonzales - Ing. MSc. Wilfredo Tejerina Sarapura - Ing. René Ramírez Rodríguez
Revisores Manual e Evaluación de Proyectos:		Ing. Víctor Vaca Aguilar - Ing. Ruth Ramírez Ibañez
Profesionales de la:	Coordinación de Conservación Vial	
	Coordinación de Construcción	
	Oficinas Regionales de la Administradora Boliviana de Carreteras	

ÍNDICE DE CONTENIDO

PROLOGO.

GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1-1
1.1. OBJETIVO	1-1
1.2. MARCO LEGAL	1-1
1.3. CAMPO DE APLICACIÓN DEL MANUAL.....	1-2
1.3.1. PROYECTOS VIALES CON NIVELES DE TRÁFICO MODERADOS Y SIN REASIGNACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR.....	1-2
1.3.2. PROYECTOS VIALES CON NIVELES DE TRÁFICO SIGNIFICATIVOS Y POSIBLE REASIGNACIÓN DEL FLUJO.....	1-2
1.3.3. PROYECTOS VIALES CON BAJO FLUJO VEHICULAR	1-2
1.4. CICLO DE LOS PROYECTOS.....	1-2
1.4.1. ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN (E.I.).....	1-3
1.4.2. ESTUDIO INTEGRAL TÉCNICO, ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL (TESA)	1-4
1.5. CONTENIDO DEL INFORME DE EVALUACIÓN DE UN PROYECTO.....	1-7
2. MARCO CONCEPTUAL DE LA EVALUACIÓN	2-1
2.1. EL MERCADO DE TRANSPORTE.....	2-1
2.1.1. EL EQUILIBRIO EN EL MERCADO DEL TRANSPORTE	2-1
2.1.1.1. La Demanda.....	2-2
2.1.1.2. La Oferta.....	2-3
2.1.1.3. El Equilibrio en el Mercado	2-4
2.2. LOS EFECTOS DEL PROYECTO.....	2-5
2.2.1. EFECTOS DIRECTOS (EN LOS MERCADOS PRIMARIOS).....	2-5
2.2.2. EFECTOS INDIRECTOS (EN LOS MERCADOS SECUNDARIOS)	2-5
2.2.3. EFECTOS ECONÓMICOS ADICIONALES	2-6
2.2.4. EFECTOS DISTRIBUTIVOS.....	2-6
2.2.5. OTROS EFECTOS. EQUIDAD	2-7
2.2.5.1. Equidad Espacial.....	2-7
2.2.5.2. Equidad Intergeneracional.....	2-7
2.3. PROCEDIMIENTO PARA LA DEFINICIÓN DE UN PROYECTO DE TRANSPORTE.....	2-8
2.3.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	2-8
2.3.1.1. Definición de Alternativas Relevantes	2-8
2.3.1.2. Alternativa Base: Situación Sin Proyecto	2-9
2.3.1.3. Agentes Afectados	2-9
2.4. MEDICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS.....	2-9
2.4.1. EFECTOS DE UN PROYECTO COMO BENEFICIOS Y COSTOS	2-9
2.4.2. COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y CONSERVACIÓN	2-10
2.4.3. EXPRESIÓN MONETARIA DE LOS BENEFICIOS Y COSTOS.....	2-10
2.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO.....	2-11
2.5.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA VS EVALUACIÓN FINANCIERA	2-11
2.5.2. FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS	2-12
2.5.3. EL VALOR ACTUAL NETO	2-13
2.5.4. TASAS DE DESCUENTO	2-13
2.5.5. HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	2-15
2.6. CRITERIO DE DECISIÓN SIN INCERTIDUMBRE	2-15
2.6.1. EVALUACIÓN DE UN PROYECTO AISLADO.....	2-15
2.6.2. ELECCIÓN ENTRE DISTINTOS PROYECTOS	2-15
2.7. EVALUACIÓN CON INCERTIDUMBRE	2-16
2.7.1. INCERTIDUMBRE Y RIESGOS DE UN PROYECTO VIAL.....	2-16
2.7.2. MODELIZACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE.....	2-17
2.7.2.1. Planteamiento Formal del Modelo	2-17
2.7.2.2. Selección de las Variables Aleatorias a Modelar	2-17

2.7.2.3. Distribuciones de Probabilidad para las Variables de Riesgo	2-18
2.7.2.4. Simulación de los Resultados del Proyecto	2-18
2.7.3. CRITERIOS DE TOMA DE DECISIÓN CON INCERTIDUMBRE.....	2-19
2.7.3.1. Criterios para Decidir sobre un Único Proyecto:	2-19
2.7.3.2. Decidir entre dos (o más) proyectos	2-21
2.7.4. LA DECISIÓN DE RETRASAR UN PROYECTO	2-22
3. CALCULO DEL CAMBIO DEL BIENESTAR SOCIAL	3-1
3.1. EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR.....	3-1
3.2. EXCEDENTE DEL PRODUCTOR.....	3-2
3.3. CALCULO DE EXCEDENTE SOCIAL	3-2
3.3.1. EXCEDENTE DE LOS USUARIOS	3-2
3.3.2. EXCEDENTE DE LOS PRODUCTORES.....	3-3
3.3.3. EXCEDENTE S DE LOS CONTRIBUYENTES.....	3-4
3.3.4. EXCEDENTE DEL RESTO DE LA SOCIEDAD	3-4
3.3.5. CAMBIOS DE EXCEDENTES EN OTROS MERCADOS.....	3-4
3.4. BENEFICIOS SOCIALES DEL PROYECTO	3-5
4. INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA EVALUACIÓN.....	4-1
4.1. METODOLOGÍA DE ACOPIO DE DATOS.....	4-1
4.1.1. PREPARACIÓN DEL ESTUDIO DE TRÁFICO.....	4-1
4.1.2. TRABAJO DE CAMPO [ESTUDIO DE TRÁFICO].....	4-1
4.1.3. CONFIGURACIÓN VEHICULAR POR TIPO DE EJES.....	4-2
4.1.4. INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	4-6
4.1.4.1. Conteos Vehiculares Clasificados	4-6
4.1.4.2. Encuestas Origen – Destino.....	4-9
4.1.4.3. Estudio de Velocidades.....	4-11
4.1.5. PROCESAMIENTO DE LAS ENCUESTAS Y CONTEOS DE TRÁFICO.....	4-15
4.1.6. ESTUDIO DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR, TARIFAS DE TRANSPORTE Y TIEMPOS DE VIAJE.....	4-15
4.1.7. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE FUENTE SECUNDARIA (RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE TRÁFICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA)	4-15
4.1.8. DIAGNÓSTICO DE LOS MODOS DE TRANSPORTE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.....	4-16
4.2. LA IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	4-16
4.2.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	4-16
4.2.2. ÁREA DE INFLUENCIA.....	4-16
4.3. INFORMACIÓN DE TRÁFICO REQUERIDA PARA LA EVALUACIÓN.....	4-17
5. DEMANDA.....	5-1
5.1. TIPOS DE TRÁFICO.....	5-2
5.1.1. TRÁFICO NORMAL.....	5-2
5.1.2. TRÁFICO GENERADO Y DE DESARROLLO	5-2
5.1.3. TRÁFICO ATRAÍDO.....	5-2
5.1.4. TRÁFICO DESVIADO	5-2
5.2. APROXIMACIÓN A LOS MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA EN REDES DE TRANSPORTE.....	5-2
5.2.1. GENERACIÓN DE VIAJES.....	5-2
5.2.1.1. Factores	5-3
5.2.1.2. Métodos de pronóstico.....	5-4
5.2.2. DISTRIBUCIÓN DE VIAJES	5-5
5.2.2.1. Métodos	5-5
5.2.3. ASIGNACIÓN DE VIAJES.....	5-6
5.2.3.1. Métodos	5-7
5.2.4. DIVISIÓN MODAL	5-7
5.2.4.1. Métodos	5-7
5.2.5. EL MODELO TENDENCIAL.....	5-8
5.2.6. EL MODELO ECONOMÉTRICO DE REGRESIÓN	5-9
5.3. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A LARGO PLAZO BAJO INCERTIDUMBRE.....	5-10
5.3.1. PROYECCIÓN MARKOVIANA DE LA DEMANDA.....	5-10
5.4. UNIDADES DE LA OFERTA Y DEMANDA DE TRANSPORTE.....	5-11
6. OFERTA.....	6-1
6.1. INTRODUCCIÓN.....	6-1
6.2. TRAMIFICACIÓN DE LA OFERTA.....	6-1

6.2.1. TIPO DE CARRETERA.....	6-1
6.2.2. GEOMETRÍA DEL TRAZO CONDICIONADA POR LA TOPOGRAFÍA.....	6-1
6.2.3. SECCIÓN TRANSVERSAL.....	6-2
6.2.4. NATURALEZA DE LA CAPA DE RODADURA.....	6-2
6.2.5. LA RUGOSIDAD.....	6-2
6.2.5.1. Instrumentos de Medida.....	6-3
6.2.5.2. Unidad de medida de la rugosidad "IRI".....	6-3
6.2.6. VOLUMEN Y COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO.....	6-3
6.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS.....	6-3
6.3.1. CARRETERAS EXISTENTES.....	6-3
6.3.2. OPCIONES ALTERNATIVAS.....	6-5
6.4. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	6-6
7. BENEFICIOS.....	7-1
7.1. BENEFICIOS EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN.....	7-1
7.2. BENEFICIOS EN ACTIVIDADES NO RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN.....	7-1
7.2.1. BENEFICIOS POR DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS GENERALIZADOS DE VIAJE.....	7-3
7.2.1.1. Ahorros en Costos de Operación Vehicular (COV).....	7-5
7.2.1.2. Ahorros en Costos de Operación Vehicular (COV) por Tipo de Tráfico.....	7-7
7.2.1.3. Ahorros de Tiempo de Viaje.....	7-8
7.3. OTROS BENEFICIOS.....	7-9
7.3.1. BENEFICIOS POR DISMINUCIÓN DE ACCIDENTES.....	7-9
7.3.2. BENEFICIOS DE DESARROLLO.....	7-9
7.4. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL MODELO HDM Y EL MODELO RED.....	7-9
7.5. EXTERNALIDADES.....	7-10
7.6. BENEFICIOS INTANGIBLES.....	7-11
8. COSTOS DE INVERSIÓN Y CONSERVACIÓN.....	8-1
8.1. INTRODUCCIÓN.....	8-1
8.2. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS.....	8-2
8.2.1. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS DIRECTOS DE INVERSIÓN.....	8-2
8.2.1.1. Costos de construcción.....	8-2
8.2.1.2. Determinación de los Costos Económicos.....	8-8
8.2.1.3. Supervisión Técnica y Administrativa.....	8-11
8.2.1.4. Fiscalización.....	8-11
8.2.2. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS DIRECTOS ASOCIADOS.....	8-11
8.2.2.1. Adquisición de Terrenos, Derecho de Vía.....	8-11
8.2.2.2. Remediación y Mitigación Ambiental.....	8-12
8.2.3. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS DIRECTOS DE CONSERVACIÓN.....	8-12
8.2.3.1. Mantenimiento en carreteras sin pavimentar.....	8-12
8.2.3.2. Mantenimiento en carreteras con pavimentos flexibles.....	8-13
8.2.3.3. Mantenimiento en la carretera con pavimento rígido.....	8-13
8.2.3.4. Costos de conservación de la vía, SITUACIÓN SIN proyecto y SITUACIÓN CON proyecto.....	8-13
8.3. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN CON INCERTIDUMBRE.....	8-14
8.3.1. PRECIOS UNITARIOS.....	8-14
8.3.2. CANTIDAD DE ÍTEMS.....	8-15
8.3.3. COEFICIENTES DE COSTOS INDIRECTOS.....	8-15
8.3.4. ANÁLISIS DE RIESGOS.....	8-15
9. EVALUACIÓN.....	9-1
9.1. BASE TEÓRICA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	9-1
9.2. EVALUACIÓN FINANCIERA O PRIVADA.....	9-1
9.2.1. AJUSTES PARA PASAR DE LA VALORACIÓN FINANCIERA A LA ECONÓMICA.....	9-2
9.3. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	9-2
9.3.1. EFICIENCIA TÉCNICA Y EFICIENCIA ECONÓMICA.....	9-2
9.3.2. LA EQUIDAD.....	9-3
9.3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y EFICIENCIA.....	9-3
9.3.4. EVALUACIÓN SOCIAL Y EQUIDAD.....	9-3
9.3.5. ¿POR QUÉ EVALUAR SOCIALMENTE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA?.....	9-3
9.3.6. PRECIOS SOCIALES.....	9-4
9.3.6.1. Precio Social del Combustible (Bien Exportable).....	9-4
9.3.6.2. Precio Social Combustible (Bien Importado).....	9-4
9.3.6.3. Valor Social del Tiempo de Viaje.....	9-4
9.3.7. MODELOS INFORMÁTICOS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN.....	9-6

9.3.7.1. Modelo VOC (Vehicle Operation Cost Model).....	9-6
9.3.7.2. Modelo HDM (Highway Development and Management system).....	9-7
9.3.7.3. Modelo RED.	9-8
9.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	9-11
10. EJEMPLO DE APLICACIÓN.	10-1
10.1. INTRODUCCIÓN.....	10-1
10.1.1. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO	10-1
10.1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL TRAMO	10-1
10.1.2.1. Sitios Críticos.....	10-2
10.1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	10-2
10.1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	10-2
10.1.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERATIVAS DEL CAMINO EXISTENTE.....	10-4
10.1.5.1. Tramos Característicos de la Carretera y Tramos para la evaluación.....	10-4
10.1.6. INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	10-4
10.1.6.1. Definición del Área de Influencia	10-4
10.1.6.2. a. Descripción del Área de Influencia	10-5
10.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERATIVAS DEL CAMINO EXISTENTE.....	10-7
10.2.1. TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN	10-8
10.2.1.1. Tamaño. - Normas de Diseño a ser aplicadas	10-8
10.2.2. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO (SITUACIÓN BASE OPTIMIZADA)	10-8
10.2.3. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO	10-10
10.2.4. PRE DISEÑO DE ALTERNATIVAS.....	10-10
10.2.5. ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA EVALUACIÓN.....	10-11
10.2.6. CÓMPUTOS MÉTRICOS Y VOLÚMENES DE OBRA	10-11
10.2.7. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	10-12
10.2.8. PLAN DE CONSERVACIÓN.....	10-12
10.3. BENEFICIOS Y COSTOS DEL PROYECTO.	10-13
10.3.1. ESTUDIO DE LA DEMANDA.....	10-13
10.3.1.1. Tráfico Normal [Ejemplo Ravelo – Llallagua]	10-13
10.3.1.2. Tráfico Generado [Ejemplo Ravelo – Llallagua].....	10-15
10.3.1.3. Tráfico Desviado [Ejemplo Ravelo – Llallagua].....	10-16
10.3.2. BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	10-16
10.3.2.1. Ahorros de Costos de Operación Vehicular.....	10-17
10.3.2.2. Beneficios por Ahorro de Tiempo.....	10-17
10.3.3. COSTOS DE LA FLOTA VEHICULAR.....	10-17
10.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA].	10-18
10.4.1. PERÍODO DE EVALUACIÓN.....	10-18
10.4.2. DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.....	10-18
10.4.3. VALOR RESIDUAL.....	10-18
10.4.4. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN CONSIDERADA EN EL MODELO HDM IV	10-19
10.4.5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.....	10-22
10.4.6. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	10-22
10.4.7. ANÁLISIS DE IMPACTO DISTRIBUTIVO	10-22
10.4.7.1. Procedimiento.....	10-22
10.4.8. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA [EJEMPLO RAVELO - LLALLAGUA].	10-23
10.5. EVALUACIÓN FINANCIERA [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]......	10-24
10.5.1. METODOLOGÍA.....	10-24
10.5.2. COSTOS DE CONSERVACIÓN CONSIDERADOS.....	10-25
10.5.3. COSTOS DE OPERACIÓN.....	10-25
10.5.4. FLUJO NETO DE CAJA	10-26
10.5.5. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN PRIVADA [EJEMPLO RAVELO - LLALLAGUA]	10-27
11. BIBLIOGRAFÍA.	11-1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Fases del ciclo de proyectos	1-3
Tabla 2.1 Comparación entre Evaluación social y evaluación Privada.....	2-11
Tabla 2.2 Diferencias entre la Evaluación Social y la Evaluación Privada.....	2-12
Tabla 6.1 Tipos de Terreno	6-1
Tabla 6.2 Tipos de Capa de Rodadura	6-2
Tabla 6.3 Opciones Alternativas Para la Evaluacion por tramos	6-6
Tabla 6.4 Nudos (Poblaciones) y longitudes de los tramos del proyecto.....	6-6
Tabla 6.5 Capa de rodadura y topografía de los tramos.....	6-7
Tabla 6.6 Datos de Entrada HDM.....	6-7
Tabla 6.7 Datos capa de Rodadura y subrasante por tramo	6-7
Tabla 8.1 Razones Precio Cuenta	8-9
Tabla 8.1 Políticas de Conservación Alternativa Sin Proyecto	8-13
Tabla 8.2 Políticas de Conservación Alternativa – Concreto Asfáltico	8-13
Tabla 8.3 Políticas de Conservación Alternativa – Tratamiento Superficial.....	8-14
Tabla 10.1 Poblaciones y longitudes del proyecto Ravelo - Llallagua.....	10-2
Tabla 10.2 Enlaces de Evaluación del Proyecto.....	10-4
Tabla 10.3 Determinación del Área de Influencia Directa.....	10-5
Tabla 10.4 Corredor de Exportación “Diagonal Jaime Mendoza”: Población Beneficiada.....	10-7
Tabla 10.5 Características de la Carretera Sin Proyecto.....	10-7
Tabla 10.6 Características Vía Actual -- Alternativa: Sin Proyecto.....	10-8
Tabla 10.7 Características de Enlaces Pavimentados	10-9
Tabla 10.8 Datos de Enlaces No-Pavimentados.....	10-9
Tabla 10.9 Alternativas de Intervención y Costos de Construcción Estimados.....	10-10
Tabla 10.10 Alternativas para la Evaluación por Enlace	10-10
Tabla 10.11 Estudios Técnico, Económico, Social y Ambiental.....	10-11
Tabla 10.12 Costo de Construcción.- Alternativa 1 Concreto Asfáltico	10-11
Tabla 10.13 Resumen de Costos Unitarios de Construcción Financieros y Económicos.....	10-12
Tabla 10.14 Políticas de Conservación Alternativa Sin Proyecto.....	10-12
Tabla 10.15 Políticas de Conservación Alternativa 3 – Concreto Asfáltico.....	10-12
Tabla 10.16 Políticas de Conservación Alternativa 2 – Tratamiento Superficial	10-12
Tabla 10.17 Tráfico Promedio Diario Anual [TPDA 2008] [Ravelo – Llallagua].....	10-13
Tabla 10.18 Agrupación Vehicular [Ravelo – Llallagua].....	10-13
Tabla 10.19 TPDA, Composición Vehicular y Tasa de Crecimiento [Ravelo – Llallagua].....	10-14
Tabla 10.20 Proyección del Tráfico Normal: Tramo Ravelo – Ocurí Proyección del Tráfico Normal Sin Proyecto [Ravelo – Llallagua].....	10-14
Tabla 10.21 Proyección del Tráfico Generado Tramo Ravelo – Ocurí [Ravelo – Llallagua]	10-15
Tabla 10.22 Proyección del Tráfico Desviado Tramo Ravelo – Ocurí [Ravelo – Llallagua]	10-16
Tabla 10.23 Cálculo del Costo Financiero y Costo Económico de la Flota Vehicular [Ravelo – Llallagua]10-17	
Tabla 10.24 Valor Residual] [Ejemplo Ravelo – Llallagua]	10-19
Tabla 10.25 Información introducida al HDM del tramo Ravelo - Ocurí.....	10-19
Tabla 10.26 Información introducida al HDM del tramo Ocuri - Macha	10-20
Tabla 10.27 Información introducida al HDM del tramo Macha - Pocoata.....	10-20
Tabla 10.28 Información introducida al HDM del tramo Pocoata - Uncia	10-21
Tabla 10.29 Información introducida al HDM del tramo Uncia - LLallagua]	10-21
Tabla 10.30 Indicadores de Rentabilidad – Tramo 1.- Ravelo – Ocurí (Millones \$us.) [Ejemplo Ravelo – Llallagua].....	10-22
Tabla 10.31 Selección de Alternativa – VAN Millones \$us. [Ejemplo Ravelo – Llallagua]	10-22
Tabla 10.32 Impacto Distributivo (Millones de \$us.) Enlace: Ravelo – Ocurí . [Ejemplo Ravelo – Llallagua]	10-23
Tabla 10.33 Tarifas por Kilómetro (Bs./Km) [Ejemplo Ravelo – Llallagua]	10-24
Tabla 10.34 Tarifas de Peaje Estimadas por Tramo (Bs.) [Ejemplo Ravelo – Llallagua].....	10-25
Tabla 10.35 Tarifas de Peaje por Tramo, Ajustadas (Bs.) [Ejemplo Ravelo – Llallagua].....	10-25
Tabla 10.36 Presupuesto Aproximado por Cobro de Peajes \$us. [Ejemplo Ravelo – Llallagua]	10-25
Tabla 10.37 Flujo Neto de Caja (Escenario 1) [Ejemplo Ravelo – Llallagua].....	10-26
Tabla 10.38 Flujo Neto de Caja (Escenario 2) [Ejemplo Ravelo – Llallagua].....	10-26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Etapas de la fase de prE INVERSIÓN de los proyectos.....	1-5
Figura 1.2: Componentes de un costo estimado.....	1-5
Figura 1.3 Tipos de Contrato.....	1-6
Figura 2.1 Representación grafica de la curva de demanda.....	2-2
Figura 2.2 Representación grafica de la curva de oferta.....	2-3
Figura 2.3 Equilibrio entre oferta y demanda.....	2-4
Figura 2.4 Comparación de puntos de equilibrio.....	2-4
Figura 2.5. Perfil cronológico de un proyecto de transporte.....	2-12
Figura 2.6 Incertidumbre en la estimación del VAN.....	2-16
Figura 2.7 Funciones de densidad de probabilidad posibles.....	2-18
Figura 2.8 Caso 1: rechazar siempre el proyecto.....	2-19
Figura 2.9. Caso 2: Aceptación condicionada.....	2-20
Figura 2.10 Caso 3: Aceptar, rechazar o revisar.....	2-20
Figura 2.11 Caso 4: Un proyecto siempre es mejor.....	2-21
Figura 2.12 Caso 5. La selección depende del resultado financiero...y del riesgo.....	2-21
Figura 2.13 Caso 6: La selección depende del riesgo y del resultado financiero.....	2-22
Figura 3.1. Disposición a Pagar.....	3-1
Figura 3.2. Excedente del Productor.....	3-2
Figura 3.3. Determinación de los Excedentes.....	3-3
Figura 4.1 Clasificación de la Flota Vehicular.....	4-2
Figura 4.2 Encuestas Origen - Destino: Configuración por Tipo de Ejes.....	4-3
Figura 4.3 Configuración de ejes para camiones.....	4-5
Figura 4.4 Formulario Tipo Para Aforo Simple.....	4-7
Figura 4.5 Formulario Tipo Para Aforo en Cruce.....	4-8
Figura 4.6 Formulario Tipo Para Encuesta OD.....	4-10
Figura 4.7 Formulario Para Velocidad Crucero.....	4-12
Figura 4.8 Formulario Para Velocidad de Punto.....	4-14
Figura 4.8 Información Mínima Tráfico para el Estudio de evaluación.....	4-18
Figura 5.1 Función de la Demanda Lineal.....	5-1
Figura 6.1 Ejemplo de Tramificación Según el Relieve Topográfico.....	6-1
Figura 6.2 Sección Típica Zona Urbana.....	6-4
Figura 6.3 Sección Típica Zona Rural.....	6-5
Figura 7.1 Oferta y demanda de transporte.....	7-2
Figura 7.2 Beneficios directos en el camino objeto del proyecto.....	7-3
Figura 7.3 Beneficios indirectos de un camino alternativo.....	7-4
Figura 7.4 Beneficio indirecto negativo en un camino complementario.....	7-4
Figura 10.1 Ubicación del proyecto.....	10-3
Figura 10.2 Área de Influencia Directa.....	10-6
Figura 10.3 Área de Influencia Indirecta.....	10-7

GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

Términos	Definición
Área de Influencia Indirecta	Corresponde al conjunto de áreas que serán afectadas por impactos indirectos a nivel de actividad socioeconómica generada e incremento de tráfico vehicular
Área de Intervención	Corresponde a los sitios de ejecución de las obras, incluyendo el DDV
Ampliación de Vía	Proyectos en los que se incrementa la capacidad vehicular de la carretera, por ejemplo, el mejoramiento de una carretera congestionada de dos carriles por una autopista o "par vial"
Análisis de Riesgo	Son los procesos necesarios para la identificación y el análisis de amenazas, vulnerabilidades y posibles daños, generando la planificación de respuestas, y el seguimiento de los eventos o condiciones que puedan afectar los objetivos del proyecto
Análisis de Sensibilidad	Adopción de la función de densidad de probabilidad para cada una de las variables críticas, el cálculo de la función de densidad de probabilidad de los indicadores de evaluación la discusión de los resultados
Área de Influencia Directa	Corresponde al conjunto de áreas que recibirán impactos o influencias directas a partir de la identificación del Derecho de Vía (DDV)
Beneficio Marginal	Beneficio que una persona recibe al consumir una unidad más de un bien o servicio
Ceteris Paribus	Abstracción que utiliza la economía para comparar dos variables mientras las demás permanecen constantes
Cómputos Métricos.	Cálculo y/o estimación de las cantidades de los distintos componentes que componen una obra y cualquier otro elemento integrante del proyecto o de un servicio profesional relacionado con las obras.
Conservación	En términos de proyectos viales, corresponde a las actividades específicas destinadas a garantizar el mejoramiento, rehabilitación y la preservación de las condiciones óptimas de operación y transitabilidad de las vías.
Costos de Operación Vehicular	Miden el consumo, en términos de dinero, que le representa al usuario, operar en una determinada vía. El mismo se determina de acuerdo al tipo de trazado del camino que se recorre y la categoría de topografía. La unidad con que se expresa el COV es el "\$/Km"; o sea, se trata de un valor en unidades monetarias por unidad de longitud de circulación, tomando a ésta como de 1 Km. Los componentes de los costos de operación de vehículos son los siguientes: Combustible, lubricantes, llantas, repuestos, conservación y reparación, depreciación del vehículo, intereses, costos de tripulación, impuestos, licencias, permisos, seguros, gastos administrativos
Costo de Oportunidad Social	Cambio en el bienestar social de un nación producido por la ejecución de un proyecto
Costo Marginal	Incremento del Costo Total al producir una unidad adicional del bien o servicio, siendo el Costo Total la suma de los costos fijos y de los costos variables en el corto plazo.
Costos Hundidos	Los costos que han sido irrevocablemente comprometidos y que no tienen apoyo o valor de realización, y no se incluirán en la evaluación.
Curva de la Demanda	Función entre la cantidad (q) y el precio (p) del bien o servicio considerado
Eficiencia Económica	Producir al menor costo posible. Condiciones productivas que proveen el máximo producto con los recursos y la tecnología disponibles.
Eficiencia Técnica	Examina la relación entre el producto o resultado generado y la cantidad de un determinado insumo utilizado en su generación
Estudio de Tráfico	Tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se desplazan por un carretera
Evaluación Financiera Privada	Corresponde a aquella evaluación basada en la comparación de costos financieros de la inversión versus los ingresos monetarios (a precios de mercado) generados especialmente por concepto de cobro de peaje. Es decir, corresponde al escenario en el cual el privado se haría cargo ya sea de la inversión, conservación y/o operación de la carretera con el objetivo de obtener réditos financieros a cambio de responsabilizarse de alguna o todas las instancia mencionadas.

Términos	Definición
Evaluación Socioeconómica	También conocida como análisis costo beneficio y se define como el conjunto de herramientas para poder analizar proyectos y políticas, con el propósito de destinar los recursos de una manera más equitativa y eficiente para la población nacional además de que estos recursos generen bienestar a la sociedad.
Excedente de los Contribuyentes	Diferencia entre los ingresos recaudados como impuestos y los gastos como pago de subvenciones
Excedente del Consumidor	Diferencia entre lo que los consumidores están dispuestos a pagar por un bien o servicio y lo que efectivamente pagan
Excedente del Productor	Diferencia entre lo que los productores están dispuestos a obtener por producir un bien o servicio y lo que efectivamente reciben.
Fase de Ejecución	Comprende desde la decisión de ejecutar el PIP y se extiende durante la ejecución física hasta que el mismo está listo para entrar en operación.
Fase de Operación	Comprende las acciones relativas al funcionamiento del proyecto para garantizar que ocurran los beneficios identificados durante la fase de pre Inversión
Fase de Pre Inversión	Comprende todos los estudios que se deben realizar sobre un PIP desde la identificación a nivel de idea en el Plan Nacional de Desarrollo, hasta la toma de decisión de su ejecución, postergación o abandono
Fuente Documental Primaria	Origen de la Información directa obtenida del consumidor, productor, etc. Fuente documental que considera información de primera mano relativa a un fenómeno que se desea investigar.
Fuente Documental Secundaria	Origen de la Información referida a Trabajos, estudios, estadísticas ya realizadas. Su carácter de fuente secundaria no implica menos veracidad o utilidad que la información de fuente primaria.
Horizonte de Evaluación	Es el período que se establece para evaluar los beneficios y los costos atribuibles a un PIP.
Incertidumbre	Situación en la cual se desconoce la probabilidad de un suceso por lo que no es posible asignar una distribución de probabilidades a los posibles resultados
Ley de la Demanda	Axioma económico según el cual, si no cambian el resto de las variables, la cantidad demandada de un bien disminuye en la medida que aumenta su precio..
Mejoramiento de la Carpeta	Proyectos que cambian el tipo de carpeta de rodadura.
Mejoramiento del Trazado	Proyectos en los que se incrementa de la capacidad de flujo en la carretera a través de cambios en la geometría horizontal y/o vertical, ampliación del ancho de los carriles, construcción de túneles, etc.
Modalidad de Contratación Llave en Mano	Contratos que contemplan tanto la realización de estudios de ingeniería los cuales una vez con concluidos dan pie al inicio de la construcción
Modelo HDM	"Highway Development and Management" del Banco Mundial es una herramienta informática diseñada para la evaluación de los aspectos técnicos y económicos de proyectos de inversión vial. La versión 4 de esta herramienta es la última disponible.
Modelo RED	El software "RED", también desarrollado por el Banco Mundial, es una versión "ligera" del HDM especialmente diseñada para el estudio de carreteras no pavimentadas con niveles bajos de tráfico. No incluye el módulo técnico del HDM y por lo tanto no requiere tantos datos de entrada; en particular no se describe en detalle la carretera actual, ni /siquiera las operaciones de conservación. El software calcula solamente los costos de transporte y los indicadores económicos sintéticos.
Precio CIF	Es el precio de un bien que incluye el flete y el seguro hasta el lugar donde se solicita el bien (Cost Insurance and Freight)
Precio FOB	Es el precio de en el cual el vendedor asume los gastos hasta la puesta de la mercadería en el medio de transporte (Free on Board) Término usado en comercio internacional para indicar que el precio de venta de un artículo incluye el valor de la mercancía y los gastos de transporte hasta punto de embarque. Este costo excluye costo de flete y seguros
Precio Sombra	El Precio Social o Precio Sombra, llamado también precio de cuenta, es una medida monetaria del cambio en el bienestar de la comunidad debido a un cambio muy pequeño en la disponibilidad de Bienes finales o Factores de Producción. En otras palabras, el Precio Sombra es el Valor de la contribución a los objetivos

Términos	Definición
	<p>socioeconómicos de un cambio marginal del Bien o factor. El concepto es fundamental en evaluación social de proyectos, por cuanto ella se realiza sobre la base de precios sociales. La valoración de los Bienes realizada por los agentes individuales puede diferir del valor social de dichos Bienes debido a la presencia de distorsiones, las que en definitiva generan diferencias entre los Precios de Mercado y los precios sociales. Estas distorsiones aun pueden existir en situaciones de Competencia casi perfecta, como es el caso de las Externalidades. De tal modo que el Precio Sombra corresponde al precio de Mercado, pero corregido considerando dichas distorsiones con el fin de precisar el verdadero Valor que asigna la comunidad a un determinado Bien.</p>
Precio unitario	<p>Es el costo por artículo, o el costo por unidad de medida. El precio es lo que debe pagarse al comprar una unidad más. Por lo tanto, el precio es siempre marginal y, por lo tanto, unitario. El precio unitario, se considerara como el importe de la remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado ejecutado conforme al proyecto, especificaciones y normas de calidad.</p>
Presupuesto	<p>Se entiende como presupuesto de un proyecto a la determinación previa de la cantidad de dinero necesaria para realizar una obra, a cuyo fin se toma como base los precios unitarios de los ítems considerados en el emprendimiento y los correspondientes volúmenes de obra identificados. Además es de suma importancia la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante.</p>
Productores de Servicios e Infraestructuras de Transporte	<p>Engloba a agentes económicos que hacen uso de recursos productivos que, o bien aportan ellos mismos o bien adquieren en los mercados de factores</p>
Proyectos Interurbanos	<p>Proyectos de vinculación vial entre dos ciudades</p>
Regresiones Espurias	<p>Se refiere a aquellas regresiones donde dos o más variables completamente independientes pueden aparecer como significativamente asociadas entre sí, únicamente por tener ambas una tendencia y crecer de manera similar a lo largo del tiempo.</p>
Reposición de la Carpeta	<p>Proyectos que consisten en renovar parcial o totalmente la carpeta de rodadura deteriorada a una carpeta mejorada con condiciones adecuadas de construcción.</p>
Situación "con Proyecto"	<p>Esta situación corresponde a la implementación íntegra del proyecto, incluye las principales acciones y obras llevadas a cabo para resolver la problemática u oportunidad de ejecución planteada. Además contempla el impacto que representará en la oferta relevante para el proyecto</p>
Situación "Sin Proyecto"	<p>Considerada la 'Alternativa Base', es la utilización óptima de la infraestructura vial existente y que únicamente requiere inversiones marginales o adecuación de las que actualmente se efectúan sobre la vía mejorando su estándar, frecuencia etc.</p>
Tasa de Descuento	<p>Valor que refleja la preferencia de la sociedad por el presente frente al futuro que se considera en el análisis</p>
Tasa Social de Descuento	<p>Costo de oportunidad de los recursos utilizados en un proyecto</p>
Tráfico Normal	<p>Es el tráfico en la situación sin proyecto, para estimar su crecimiento se deberá hacer uso de la información histórica del TPDA, de las características socioeconómicas en el escenario sin proyecto del área de influencia determinadas en las encuestas origen destino y en el estudio Socioeconómico.</p>
Tráfico Generado y de Desarrollo	<p>Corresponde al tráfico que se genera y/o desarrolla especialmente en el área de influencia directa como consecuencia de la implementación del proyecto vial. Es decir tiene relación directa con las potencialidades actual y futura del área de influencia del Proyecto.</p>
Tráfico Atraído	<p>Corresponde al movimiento vehicular (volúmenes de carga y pasajeros) que pueden ser atraídos de otros modos de transporte.</p>
Tráfico Desviado	<p>Corresponde al tráfico que se desvía de rutas alternativas (que son competencia a la vía en estudio) hacia la ruta estudiada. Para tomar en cuenta este tráfico es necesario efectuar el análisis de costos de transporte y en función de este parámetro establecer asignaciones de tráfico entre las rutas alternativas.</p>

Términos	Definición
Velocidad de Crucero	Es la resultante de dividir la longitud de un tramo determinado de carretera por el tiempo requerido por un vehículo para atravesarlo, teniendo en cuenta solamente la fracción total de dicho tiempo en que el vehículo ha permanecido en movimiento
Velocidad de Punto	Mide las características de la velocidad en un lugar específico bajo condiciones prevalecientes de tráfico y el estado del tiempo en momento de llevar a cabo el estudio
Velocidad de Recorrido	Es la resultante de dividir la longitud de un tramo determinado de carretera por el tiempo requerido por un vehículo tipo para atravesarlo, tomando en cuenta todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas en la vías, el tráfico y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ABC	Administradora Boliviana de Carreteras
ACB	Análisis Costo Beneficio
CGV	Costo Generalizado de Viaje
CIF	Sigla correspondiente a las expresiones en inglés de costo (cost), seguro (insurance) y flete (freight).
CMeS	Costo Medio Social
COV	Costos de Operación Vehicular
CPE	Constitución Política del Estado
DAP	Dispuestos a Pagar
DDV	Derecho de Vía
DRAE	Diccionario de la Real Academia Española
E.E.I.A	Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental
E.I.	Estudio de Identificación
EPC	Contratos Llave en mano (Ingeniería, Gestión de Adquisición y Construcción)
EPCM	Contratos Ingeniería, Gestión de Adquisición y Gerencia de la Construcción .En estos contratos el propietario de la obra hace todas las tareas de adquisición de bienes y servicios con el apoyo y asesoramiento de una firma consultora que tiene a su cargo la Gerencia de Construcción.
FCE	Factor Costo Económico
FOB	Free o Board (franco a bordo, puerto de carga convenido)
GMB	Movimiento Geométrico Browniano
HDM 4	Highway Development and Management Model - Modelo de Desarrollo y Administración de Carreteras (Versión 4)
IDH	Índice de desarrollo Humano
IRI	Índice de rugosidad internacional (International Roughness Index m/km)
PIB	Producto Interno Bruto
PIP	Proyectos de Inversión Pública
PND	Plan Nacional de Desarrollo
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
TESA	Estudio Integral Técnico, Económico, Social y Ambiental.
TIRE	Tasa Interna de Retorno Económica
TIRF	Tasa Interna de Retorno Financiera
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual
TSD	Tratamiento Superficial Doble
VAN	Valor Actual Neto
VANE	Valor Actual Neto Económico
VANF	Valor Actual Neto Financiero
VANS	Valor Actual Neto Social

PROLOGO

Las políticas del Estado Plurinacional de Bolivia en materia de Transporte están orientadas hacia la conexión y el acceso de todo el territorio nacional, beneficiando primero a los bolivianos, sobre todo a aquellos que viven en zonas rurales y alejadas de las principales ciudades, así como también, vías para la integración del país con todos los países vecinos.

La política de Transporte expuesta en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) está fundamentada en los siguientes tres postulados:

PRIMER POSTULADO.

Vertebración interna e integración externa, basada en el desarrollo, conservación y rehabilitación de carreteras, ferrovías, aeropuertos e hidro-vías que permitan a Bolivia una mayor vertebración interna y lograr el acceso estratégico de sus exportaciones a los mercados de destino.

SEGUNDO POSTULADO

Inversiones Eficientes en Infraestructura de Transportes para garantizar la optimización de los costos de inversión y operación de las carreteras del país y maximizar los beneficios, en el marco de un proceso de planificación compatible con las necesidades del sector productivo y de la población en general. Este postulado se traduce en la necesidad de establecer Sistema Nacional de Transportes en base a un conjunto de disposiciones legales y técnicas, como ser, mecanismos normativos para la concurrencia de inversión pública entre los niveles de gobierno central, departamental y municipal para el desarrollo y conservación de la infraestructura de transportes en todas sus modalidades, elaboración de normas de diseño, evaluación y selección de proyectos, normas de construcción de proyectos, la estandarización de la metodología de estimación y determinación de costos de construcción y conservación de infraestructura de transportes en base a criterios técnicos, reglamentación del uso de la infraestructura especificando los volúmenes de carga permitidos por tramo carretero, etc.

Es necesario, establecer una normativa específica para el sector que permita que los proyectos estratégicos para el desarrollo y mejoramiento de la infraestructura y servicios de transporte sean realizados en condiciones de costos eficientes.

TERCER POSTULADO

Recuperación del Patrimonio y del Rol Conductor del Estado

Es en este marco general de desarrollo que se inserta el presente Manual en donde se trata la "Evaluación Económica y Financiera de Proyectos Viales Interurbanos".

El contenido del Manual responde a la acepción que el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) da al término de Manual: "Libro en que se compendia lo más sustancial de una materia", complementado con la definición de Manual dada en el Diccionario de Collins Cobuild de la Universidad de Birmingham: "Libro que dice cómo hacer con orden una cosa".

La primera parte del Manual está dedicada a la exposición de los fundamentos teóricos, sobre los cuales se basa la evaluación de un proyecto, mientras que la segunda parte se refiere a la exposición de los métodos para lograr la identificación, la medición y valoración de los costos y beneficios asociados a las alternativas de un proyecto.

El primer capítulo está dirigido a la definición del marco legal vigente, el campo de aplicación del manual y a las actividades de planificación que deben ser ejecutadas para garantizar el mejor uso de los recursos económicos del país.

La concepción económica de la evaluación de los proyectos como herramienta poderosa para la selección, postergación o rechazo de los proyectos es tratada en el capítulo segundo, donde se presentan también los aspectos y definiciones principales que sustentan la función básica para la evaluación: el Valor Actual Neto del proyecto. Este capítulo concluye con la definición de los criterios de decisión tanto para el caso de una evaluación sin considerar la incertidumbre, como el caso donde es una condición necesaria tomar en cuenta la incertidumbre debido a factores físicos, financieros, sociales y/o políticos.

En el tercer capítulo se detalla de una manera clara y coherente la aproximación teórica del aporte de los proyectos (en este caso viales) sobre el bienestar social.

El trabajo laborioso de recolección de información primaria y el procesamiento de la misma para la redacción del diagnóstico de la situación actual, definición de las características del tráfico, composición del tráfico, condiciones socioeconómicas de las áreas de influencia del proyecto, etc. es materia del capítulo cuarto.

El capítulo quinto está dedicado al estudio de la demanda a través de la definición de los diferentes tipos de tráfico y la proyección de los mismos para el horizonte de evaluación.

Las características físicas de la carretera, y los procedimientos para la tramificación o zonificación de la carretera, necesarios para la determinación de los beneficios del proyecto son analizadas en el capítulo sexto.

El capítulo séptimo es el eje del manual: aquí son descritos los métodos para la determinación de los beneficios del proyecto, partiendo de las definiciones de la economía (excedente del consumidor), características de los vehículos, precio de insumos, velocidad de cruce, etc.

La definición y composición de los costos de inversión (construcción), operación y conservación de la carretera, así como también, los criterios que deben considerarse para la determinación de los mismos, son presentadas en el capítulo octavo.

En el capítulo noveno, se resumen los métodos previamente planteados para el cálculo de los parámetros económicos y financieros que permiten mostrar la naturaleza del proyecto, y el grado de aporte del mismo al bienestar de la sociedad (Ver capítulo 3)

En el capítulo décimo, se incluye un ejemplo práctico de aplicación.

Si bien el objetivo de este manual es guiar al Ingeniero Civil y al Economista, en el desarrollo de Proyectos Viales, dentro de un estándar aceptable, en ningún caso el contenido de este Manual limita el accionar de los Profesionales ni reemplaza el conocimiento de los principios básicos de la Ingeniería, la Economía y Técnicas afines, así como tampoco el adecuado criterio profesional. Por lo anteriormente expuesto, los usuarios del Manual de Metodología de Evaluación de Proyectos, no pueden sentirse eximidos de la responsabilidad que conlleva la interpretación de este documento a la luz del buen juicio la experiencia y la responsabilidad profesional.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO

El objetivo fundamental del presente Manual de Evaluación Económica y Financiera de Proyectos Viales, es el establecimiento de un conjunto de normas, procedimientos y criterios generales, para la elaboración sistemática de la evaluación de proyectos interurbanos¹ en el Estado Plurinacional de Bolivia, de manera de asignar recursos en el sector de transporte terrestre, considerando y seleccionando las alternativas de vinculación vial de mayor impacto en el “bienestar de la sociedad”, y siempre en el marco de las disposiciones legales vigentes en el país.

Evidentemente, el Estado tiene limitaciones en la asignación y disponibilidad de recursos económicos para satisfacer las necesidades de la sociedad y apoyar incondicionalmente el desarrollo de las fuerzas productivas y creadoras de la sociedad hasta lograr la erradicación de la pobreza en todos los confines del girón patrio. Esta titánica tarea está claramente definida en el Plan Nacional de Desarrollo y se constituye en uno de los grandes objetivos nacionales permanentes.

1.2. MARCO LEGAL

Las siguientes disposiciones legales otorgan el sustento para la evaluación de los proyectos viales terrestres en Bolivia:

- i. Ley N° 1178 “Ley de Administración y Control Gubernamentales” del 20 de julio de 1.990.
- ii. Resolución Suprema N° 216768 del 18 junio de 1.996 donde se establecen las Normas Básicas del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).
- iii. Resolución bi-Ministerial N° 102/2000 del 25 de septiembre de 2.000 “Metodologías de Preparación y Evaluación de Proyectos de Transporte”.
- iv. Resolución Ministerial N° 159 “Razones Precio Cuenta” de 22 de septiembre de 2.006 del Ministerio de Planificación del Desarrollo.
- v. Resolución Ministerial N° 29 “Reglamento Básico de Pre inversión” del 26 de febrero de 2.007 del Ministerio de Planificación del Desarrollo.

Este conjunto de normas está en concordancia con la Nueva Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, promulgada el 7 de febrero de 2009, donde se establecen las competencias correspondientes a los diferentes niveles del Estado en materias de transporte vial. Según el art 298 numeral 9 del párrafo II, es competencia exclusiva del nivel central del Estado “la planificación, diseño, construcción y administración de carreteras y administración de carreteras de la red fundamental” Esta competencia la ejerce el estado central a través de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC, creada por Ley N° 3507 del 27 de Octubre de 2.006 y reglamentada con el Decreto Supremo N° 28946 de 25 de noviembre de 2.006 donde se establece como misión institucional de la ABC la integración nacional mediante la planificación y gestión de la Red Vial Fundamental, las cuales comprenden actividades de planificación, administración, estudios y diseños, construcción, conservación, conservación y operación de la Red Vial Fundamental, con el fin de cubrir al logro de servicios de transporte terrestre eficientes, seguros y económicos.

En el artículo N° 300 numeral 7 del párrafo I de la CPE es definida la competencia exclusiva de los gobiernos departamentales autónomos en su jurisdicción, indicándose “planificación, diseño, construcción, conservación y administración de la red departamental de acuerdo a las política estatales, incluyendo las de la Red Vial Fundamental en defecto del nivel central, conforme a normas establecidas por este.

En la Ley N° 031 Nueva Ley Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez” del 19 de julio de 2.010, se amplía la competencia exclusiva del nivel central del estado (Artículo 96 (Transportes) numeral 2 párrafo II) para establecer los criterios de clasificación de la red fundamental, departamental vecinal y comunitaria y clasificar las carreteras de la red fundamental dispone como competencia.

El Reglamento Básico de Pre Inversión tiene como “objetivo general orientar y apoyar el proceso de toma de decisiones de entidades públicas de manera de asignar recursos a las alternativas de inversión pública

¹ Entendiéndose que las vías de la Red Fundamental constan de tramos plenamente urbanos, urbano-rurales y completamente rurales, pero en su conjunto son tramos que han sido concebidos como medios de vinculación entre ciudades (especialmente capitales de departamento) de ahí la denominación de vías interurbanas.

de mayor impacto en el bienestar de la sociedad” y es de uso y aplicación obligatoria para todas las entidades del sector público. En este reglamento también son definidas las etapas de la fase de pre inversión y el contenido mínimo de los estudios.

1.3. CAMPO DE APLICACIÓN DEL MANUAL

El manual ha sido estructurado para que sirva como una herramienta para profesionales técnicos de las instancias encargadas de la Red Fundamental, lo cual no restringe la posibilidad de ser un instrumento de referencia para las instancias de planificación de los gobiernos departamental y locales.

Tal como se verá más adelante, el efecto directo de un proyecto vial se refleja en los costos directos de operación de los vehículos, en el tiempo de viaje y las tasas de accidentes. Cada uno de estos tres conceptos tienen una relación homóloga con volumen del flujo vehicular en la carretera. Por tanto, es válido adoptar el concepto de volúmenes de tráfico para la clasificación de las intervenciones (inversión pública) para las cuales es aplicable lo prescrito en este manual. Los tipos de proyectos viales considerados son:

1.3.1. PROYECTOS VIALES CON NIVELES DE TRÁFICO MODERADOS Y SIN REASIGNACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR

El flujo vehicular durante todo el horizonte de evaluación se encuentra por debajo de la capacidad de la carretera y por lo tanto no existen demoras ni detenciones significativas, además, no se producirán reasignaciones del flujo vehicular en la red vial relevante, es decir se mantendrán los mismos pares orígenes destino de los viajes y las mismas rutas para alcanzarlos. Se trata normalmente de proyectos viales interurbanos de los siguientes tipos:

- i. Mejoramiento de la capa de rodadura: proyectos que cambian el tipo de superficie de rodadura, a una de mejor calidad, por ejemplo pavimentar una ruta de tierra.
- ii. Reposición de la capa de rodadura: proyectos que consisten en renovar parcial o totalmente la carpeta de rodado deteriorada.

1.3.2. PROYECTOS VIALES CON NIVELES DE TRÁFICO SIGNIFICATIVOS Y POSIBLE REASIGNACIÓN DEL FLUJO

Dentro de esta clasificación se encuentran aquellos proyectos en los cuales el flujo vehicular puede alcanzar los niveles de capacidad de la carretera. En estas situaciones existen demoras y filas de esperas y puede generarse o no una reasignación del flujo vehicular en la red vial relevante. Las intervenciones a ser consideradas son:

- i. Ampliación: se aumenta la capacidad vehicular de la carretera, por ejemplo, el reemplazo de una carretera congestionada de dos carriles por un “par vial”.
- ii. Mejoramiento del trazado: incremento de la capacidad de flujo en la carretera a través de cambios en la geometría horizontal y/o vertical, ampliación del ancho de los carriles, construcción de túneles, etc. Además de mejora el trazo para dar mejor seguridad vial, aumentar la velocidad de circulación o bajar los Costos de Operación Vehicular.

1.3.3. PROYECTOS VIALES CON BAJO FLUJO VEHICULAR

Dentro de esta clase se considera:

- Construcción de caminos nuevos: carreteras que incorporan zonas aisladas.

1.4. CICLO DE LOS PROYECTOS

El Ciclo de los Proyectos de Inversión Pública (PIP) está constituido por las tres fases definidas en los Art 14 y 15 de la Resolución Suprema N° 216768, tal como se muestra en la Tabla 1.1.

TABLA 1.1 FASES DEL CICLO DE PROYECTOS

FASE I PRE INVERSIÓN	FASE II EJECUCIÓN	FASE III OPERACIÓN
<p>Comprende todos los estudios que se deben realizar sobre un PIP desde la identificación a nivel de idea en el Plan Nacional de Desarrollo, hasta la toma de decisión de su ejecución, postergación o abandono.</p> <p>Según la Resolución Ministerial N° 29 del Ministerio de Planificación del Desarrollo se deben ejecutar los estudios en dos etapas:</p> <p>i).- Estudio de Identificación (E.I.)</p> <p>ii).- Estudio Integral Técnico, Económico, Social y Ambiental (TESA)</p>	<p>Comprende desde la decisión de ejecutar el PIP y se extiende durante la ejecución física hasta que el mismo está listo para entrar en operación.</p> <p>En esta fase se revisa e implementa la programación física y financiera de la ejecución del proyecto</p>	<p>Comprende las acciones relativas al funcionamiento del proyecto para garantizar que ocurran los beneficios identificados durante la fase de pre inversión.</p>

La primera fase de pre inversión del ciclo de los proyectos comprende, a su vez, la ejecución de dos estudios en forma secuencial. Los contenidos mínimos de cada uno de estos estudios según los art. 13 y 14 del Reglamento de Pre Inversión son los siguientes:

1.4.1. ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN (E.I.).

El Estudio de Identificación (E.I.) debe concentrarse en el estudio de las alternativas de solución al problema en el marco de un estudio "incremental", es decir debe realizarse comparando la situación "sin proyecto" y la situación "con proyecto". Este estudio debe contener:

1. Diagnóstico de la situación que motiva considerar el proyecto, que permita identificar la necesidad insatisfecha, el problema a solucionar o la potencialidad a desarrollar con el proyecto. Para este efecto, se deben utilizar enfoques e instrumentos metodológicos para identificar de forma adecuada la solución de un problema - proyecto de manera participativa con los involucrados.

El diagnóstico incluirá aspectos demográficos, económicos, sociales, ambientales, institucionales y legales.
2. Estudio de mercado que considere el análisis de la oferta y demanda del bien o servicio que el proyecto generará.
3. Tamaño y localización del proyecto.
4. Definición de la situación "Sin Proyecto", que consiste en establecer lo que pasaría en el caso de no ejecutar el proyecto, pero haciendo mejoras básicas que sean imprescindibles teniendo cuidado de la mejor utilización de los recursos disponibles, esta situación se la conoce como Situación Base Optimizada.
5. Análisis de la ingeniería del proyecto en el que se realice el planteamiento de las alternativas técnicas de solución y se seleccione la alternativa más adecuada desde el punto de vista técnico, económico, social, ambiental y legal, e identifiquen y estimen los beneficios y costos (de inversión y operación) del proyecto.
6. Especificaciones técnicas, administrativas y operacionales del proyecto (para proyectos menores).
7. Ficha Ambiental.
8. Evaluación socioeconómica y financiera privada con la aplicación de las planillas parametrizadas.
9. Análisis de sensibilidad de las variables que inciden directamente en la rentabilidad del proyecto.
10. Conclusiones del E.I.

La información necesaria para la realización de este estudio, debe obtenerse de fuentes primarias², las cuales deben citarse con precisión.

En el caso de que el monto de la inversión no exceda un millón de bolivianos, solo se requiere la elaboración del E.I. para pasar a la fase de inversión.

1.4.2. ESTUDIO INTEGRAL TÉCNICO, ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL (TESA)

Toda entidad del Sector Público debe realizar el TESA para sus proyectos mayores de inversión pública. El estudio debe concentrarse en la profundización de aquella alternativa seleccionada como la más conveniente, dicho estudio debe ser incremental; es decir, debe realizarse comparando la situación "con proyecto" y la situación "sin proyecto", y asimismo debe contener:

1. Análisis técnico de la ingeniería del proyecto que permita determinar los Costos de Inversión y los Costos de Operación del proyecto. Incluirá:
 - Estudio detallado de la alternativa seleccionada (Ingeniería Básica y Diseño de Estructuras).
 - Diseño de las obras auxiliares y complementarias.
 - Cómputos Métricos.
 - Precios Unitarios.
 - Presupuesto de Ingeniería.
 - Costos de Conservación.
 - Programa de Ejecución.
 - Elaboración de especificaciones técnicas, administrativas y operacionales para la construcción.
 - Elaboración del Plan de Conservación
2. Organización para la implementación del proyecto, que considere: tipo de organización, su estructura orgánica - funcional, manual de funciones y manual de procesos y procedimientos.
3. Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (E.E.I.A), cuyo alcance está definido en la Ley 1333 y sus Reglamentos, según la categorización ambiental del proyecto obtenida en la etapa anterior.
4. Evaluación socioeconómica del proyecto que permita determinar la conveniencia de su ejecución.
5. Evaluación financiera privada del proyecto sin financiamiento que permita determinar su sostenibilidad operativa.
6. Análisis de sensibilidad de las variables que inciden directamente en la rentabilidad del proyecto.
7. Conclusiones del TESA.

La información necesaria para la realización de este estudio, se debe obtener de fuentes primarias, las cuales deben citarse con precisión. Al respecto, las entidades ejecutoras quedan responsables de velar por la calidad de la información.

Los dos³ estudios de pre inversión, definidos en el Reglamento Básico de Pre Inversión vigente, reemplazan a la secuencia de cuatro etapas (Perfil-Prefactibilidad-Factibilidad-Diseño Final) vigentes normalmente en muchos otros países, y consideradas en Bolivia hasta el año 2007, tal como consta en el Reglamento de Pre inversión del año 2003. La comparación entre las dos concepciones es mostrada en

² De acuerdo a lo establecido en el Reglamento Básico de Pre Inversión - Resolución Ministerial No. 29/2007 La Paz, 26 de febrero de 2007

³ Es importante tener en cuenta que tanto para el EI como para el TESA, la información que se requerirá provendrá de fuente primaria. Esto es de suma importancia para la evaluación ya que la misma es directamente dependiente del Estudio de Tráfico (siendo un insumo básico para la evaluación), el cual basa fundamentalmente en la sistematización y procesamiento de la información recabada en campo ya sea EI o TESA. En tal sentido y en términos de evaluación, se entiende que la diferencia en el nivel de detalle entre EI y TESA llegará a ser mínima o inexistente.

la figura 1.1. La primera etapa Estudio de Identificación reemplaza ahora el Perfil, el estudio de Prefactibilidad y parte del estudio de Factibilidad.

Se puede decir que el E.I, es un estudio de Prefactibilidad avanzado o una Factibilidad con limitaciones. El estado de conocimiento de las condiciones físicas del proyecto (investigaciones de campo y laboratorio limitadas, análisis somero de los aspectos técnicos constructivos, etc.), el nivel preliminar de los diseños, se traducirán en una contingencia e incertidumbre mayor en la estimación de los costos de inversión, tal como se muestra conceptualmente en la figura 1.2. Para la contingencia (componente conocido / desconocido), se tienen ítems conocidos con costos no cuantificados y para la incertidumbre (componente desconocido / desconocido), es decir, costos no conocidos hasta la fecha, se deberá tomar un mayor rango de dispersión que tendrá su efecto en los parámetros de toma de decisión

La aceptación y aprobación de una inversión pública basada en los resultados del TESA es sin duda alguna una decisión bien fundamentada porque la contingencia y la incertidumbre han disminuido.

FIGURA 1.1 ETAPAS DE LA FASE DE PRE INVERSIÓN DE LOS PROYECTOS

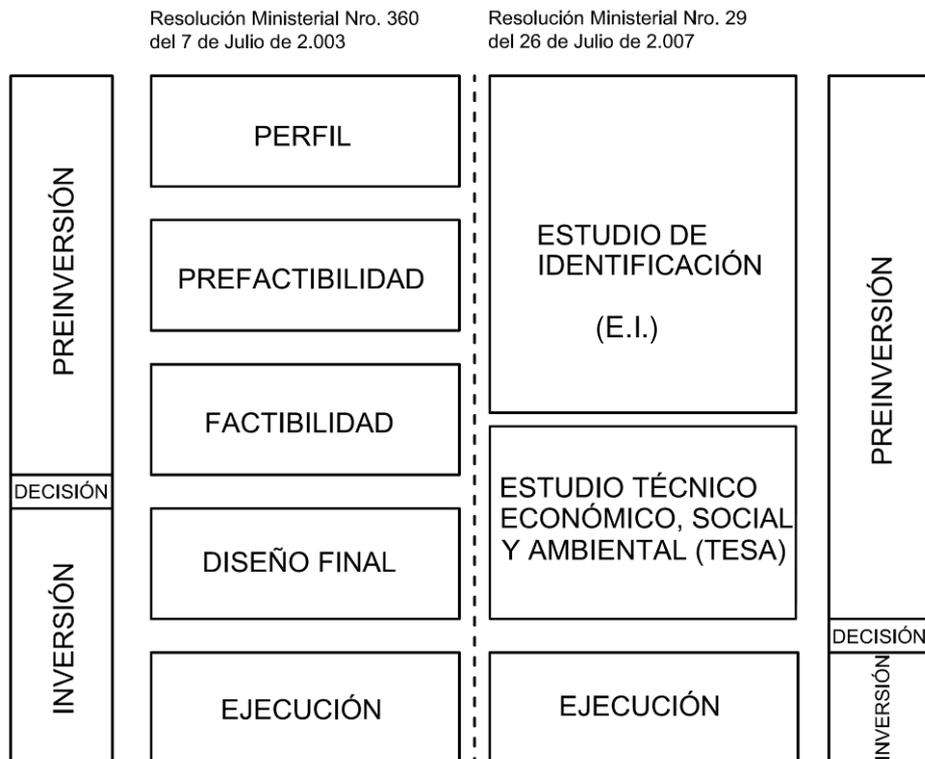
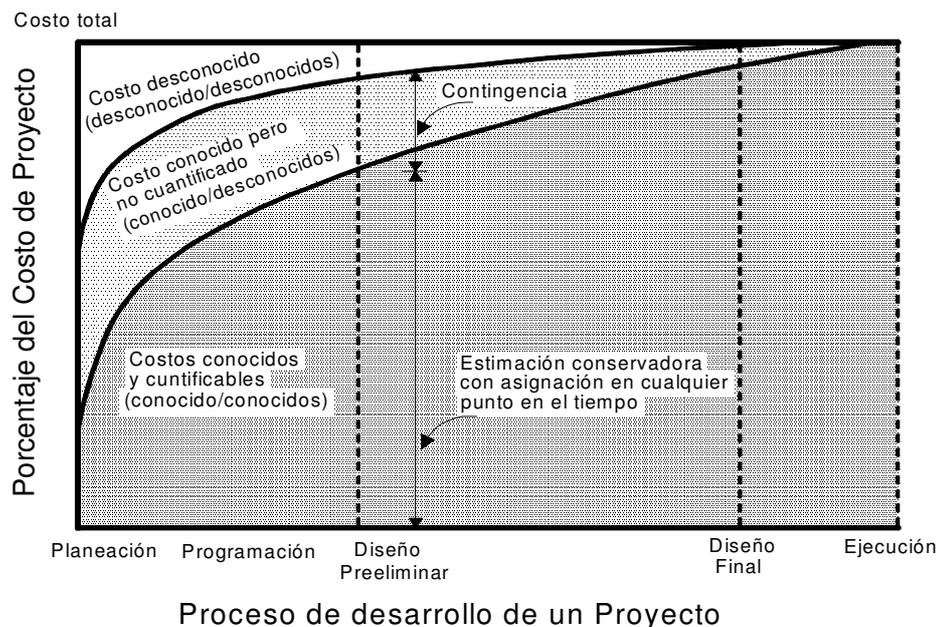


FIGURA 1.2: COMPONENTES DE UN COSTO ESTIMADO

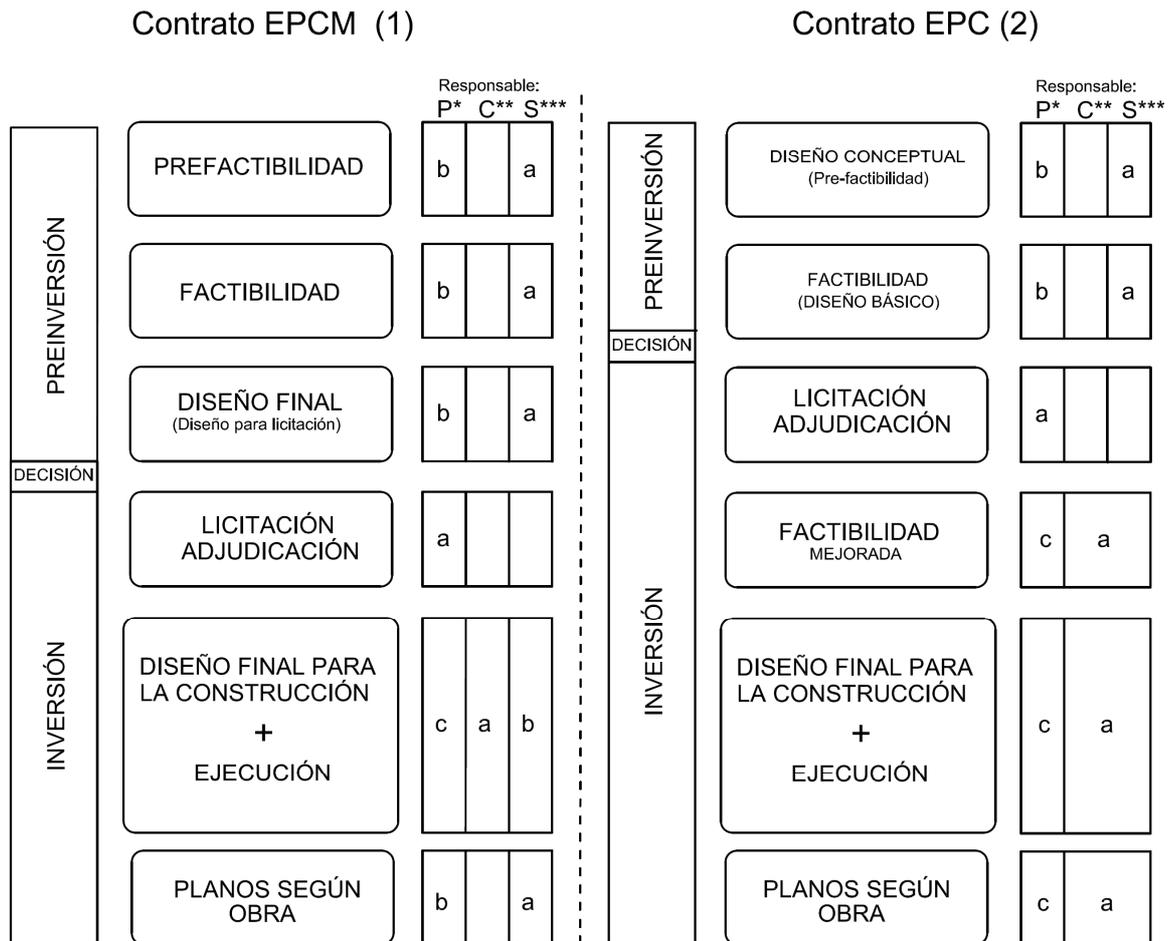


Los últimos años se han aplicado en Bolivia otro tipo de modalidades de contrato: los llamados contrato llave en mano (Ingeniería, Gestión de Adquisición y Construcción (EPC)), donde un solo contratista o consorcio es responsable del diseño, la adquisición y construcción bajo la condición de una suma fija. En este tipo de contratos el propietario tiene solamente la función de fiscalización de la calidad de la obra. La experiencia internacional muestra que los contratos EPC son más costosos en un 20 a 30 % debido a la transferencia total al contratista de las contingencias e incertidumbre del proyecto.

Los contratos Ingeniería, Gestión de Adquisición y Gerencia de la Construcción (EPCM) son los que se han aplicado durante años en el país. En estos contratos el propietario de la obra hace todas las tareas de adquisición de bienes y servicios con el apoyo y asesoramiento de una firma consultora que tiene a su cargo la Dirección General Técnica.

Los dos tipos de contrato descritos líneas arriba, son mostrados en la figura 1.3

FIGURA 1.3 TIPOS DE CONTRATO.



(1) = Ingeniería, Gestión de Adquisición y Gerencia de las Construcciones

(2) = Ingeniería, Gestión de Adquisición, Construcciones (conocido como llave en mano = C**+S***)

P* = Propietario ó entidad patrocinadora del proyecto

C** = Contratista del proyecto

S*** = Consultoría, Supervisión del proyecto

a = Responsable en primer grado del proyecto

b = Responsable en segundo grado del proyecto

c = Responsable en tercer grado del proyecto

1.5. CONTENIDO DEL INFORME DE EVALUACIÓN DE UN PROYECTO

El informe de evaluación de un proyecto deberá estar estructurado en seis partes:

- i. **Presentación y discusión del contexto socio-económico.**
Este capítulo introductorio deberá contener el diagnóstico de la situación actual, área de influencia del proyecto, estadísticas de población, actividades económicas, uso del suelo, etc. Descripción de la situación de transporte actual y la situación problemática que debe ser resuelta por el proyecto. Esta parte debe permitir la evaluación de la racionalidad y coherencia política del proyecto propuesto.
- ii. **Resumen de los estudios técnicos, legales y administrativos de factibilidad del proyecto y de las opciones alternativas técnicas, determinación de la situación sin proyecto optimizada. Estimación de los costos de inversión, operación y conservación.**
- iii. **Definición clara y concreta del proyecto**
El proyecto debe ser una unidad de análisis auto-suficiente. Se debe garantizar la inclusión de todos los aspectos y componentes importantes. Análisis de la demanda. Identificación, medición y valoración de los beneficios y costos del proyecto, externalidades, etc. en forma incremental cubriendo el horizonte de proyección.
- iv. **Análisis financiero basado en el flujo de caja del proyecto a precios de mercado, descontado a la tasa de costo promedio ponderado del capital (Resolución Ministerial N° 159). Determinación del**

Valor Actual Neto Financiero (VANF) y la Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF), retorno financiero del capital nacional,

- v. Análisis económico Análisis Costo Beneficio (ACB) basado en la investigación real del proyecto sobre el bienestar de la sociedad. Los precios de mercado serán expresados en precios de oportunidad o precios sombra para obtener los beneficios y costos económicos. Determinación del Valor Actual Neto Económico (VANE) y la tasa Interna de Retorno Económico (TIRE).
- vi. Evaluación del riesgo. Este análisis deberá contener el Análisis de Sensibilidad, la adopción de la función de densidad de probabilidad para cada una de las variables críticas, el cálculo de la función de densidad de probabilidad de los indicadores de evaluación la discusión de los resultados y de los niveles aceptables de riesgo y la discusión de los modos para mitigar los riesgos del proyecto.

2. MARCO CONCEPTUAL DE LA EVALUACIÓN

2.1. EL MERCADO DE TRANSPORTE

La sociedad debe enfrentar y resolver diariamente tres problemas básicos de la economía: qué bienes y servicios producir, cómo producirlos y, por último, para quién producirlos. La distribución espacial y temporal de las materiales primas, de los productos con valor agregado, de los bienes producidos, etc, plantea la necesidad de organizar un sistema de transporte para llevar a productos y bienes al destino final, salvando los obstáculos y dificultades existentes.

Para el estudio y solución de estos problemas la sociedad se apoya en la parte de las ciencias sociales que trata y explica el comportamiento humano en la toma de decisiones que resolverán tales problemas: la Economía. Dicha solución se traducirá en una asignación de recursos, es decir, en una forma en que la sociedad distribuye los recursos entre los diferentes agentes económicos que integran a la sociedad (consumidores, productores y gobierno). Esta distribución de recursos debe ser realizada con eficiencia económica.

La rama de las Ciencias Económicas que trata el estudio del comportamiento económico de parte(s) de un sistema económico, especialmente el de un grupo de consumidores o de empresas" es la Microeconomía.

Debido a la complejidad de las relaciones individuales entre los diversos agentes económicos, la economía se apoya en modelos y teorías con la finalidad de representar la realidad satisfactoriamente y para poder explicar el "porque" de los fenómenos y resultados sociales que se observan en la sociedad. Dichos modelos y teorías se fundamentan a través de supuestos acerca de cómo los agentes económicos se comportan. Para desarrollar modelos será necesario contar con datos o eventos cualitativos y cuantitativos que ayuden a encontrar relaciones entre las variables seleccionadas que expliquen los fenómenos derivados de las relaciones entre tales agentes económicos. El análisis del comportamiento y las decisiones individuales por parte de los agentes económicos se centrará en la determinación óptima de recursos para generar el servicio de transporte.

El lugar donde convergen los agentes económicos es denominado genéricamente "mercado". Con esta expresión se describe el proceso mediante el cual las decisiones de individuos acerca de qué bienes o servicios consumir, las decisiones de empresas acerca de qué, cómo y cuánto producir, y las decisiones de trabajadores acerca de cuánto y para quién trabajar, son reconciliadas mediante el ajuste de precios y salarios.

El mercado está integrado básicamente por tres agentes económicos. El primero es representado por la empresa prestadora de servicios de transporte, ya sea de pasajeros y/o carga, a la que se denominará operador de servicios de transporte. Tales empresas tendrán como finalidad el traslado en el espacio de personas y/o cosas en un ámbito geográfico determinado (urbano, suburbano, interurbano, rural, e internacional), a través de un medio físico (terrestre, aéreo, acuático), y utilizando un modo de transporte específico (autotransporte, ferrocarril, aviación comercial, navegación de altura, etc.). El segundo agente económico está compuesto por los consumidores, es decir, los usuarios de los distintos servicios ofrecidos por los operadores de transporte. Finalmente, el mercado estará integrado por un tercer agente económico, el Estado, el cual intervendrá de manera directa e indirecta en la toma de decisiones tanto de los usuarios como de los operadores de los servicios de transporte.

De la exposición precedente, podemos concluir que en el mercado de transporte se tiene una necesidad o **demanda** de traslado de personas, bienes y servicios y una **oferta** que hace posible el traslado a través de un medio físico (terrestre, aéreo, acuático) asociado a la infraestructura de obras civiles, y utilizando un modo de transporte determinado (autotransporte, ferrocarril, aviación comercial, etc.).

2.1.1. EL EQUILIBRIO EN EL MERCADO DEL TRANSPORTE

La oferta y demanda son las dos partes constitutivas de un mismo fenómeno que hemos reconocido como "mercado" de servicios de transporte. A continuación trataremos la modelación básica de la demanda y la oferta del transporte para definir el estado de equilibrio de un mercado, punto de partida para la determinación de los beneficios de un proyecto.

2.1.1.1. La Demanda

La demanda de bienes y servicios en general dependerá significativamente del ingreso de los consumidores y del precio de un producto o servicio en particular con respecto a otros productos. El consumidor tratará de satisfacer sus necesidades y gustos optimizando la combinación de los productos necesarios o deseados bajo la restricción de la suma de dinero disponible y de las preferencias. Por ejemplo, la demanda de viajes dependerá del ingreso del viajero, mientras que la selección del modo de transporte queda sujeta a una serie de factores tales como el propósito del viaje, distancia por recorrer e ingreso del viajero.

Cuando el precio de un bien o servicio aumenta, manteniendo constantes otras condiciones o factores ("ceteris paribus") como: gustos, utilidad del bien, ingreso y riqueza, los precios de bienes relacionados y de la cantidad de consumidores o usuarios potenciales, la cantidad demandada decaerá: menor precio mayor cantidad de consumo del bien o servicio. Esta observación experimental es conocida como la ley de la demanda, siendo una relación funcional entre la cantidad de un bien o servicio necesitado por los consumidores y el precio del mismo bien. Esta curva representa el deseo de los consumidores o usuarios para comprar el producto o servicio a un costo marginal. El costo marginal expresa el incremento del costo total al producir una unidad adicional del bien o servicio, siendo el costo total la suma de los costos fijos y de los costos variables a corto plazo.

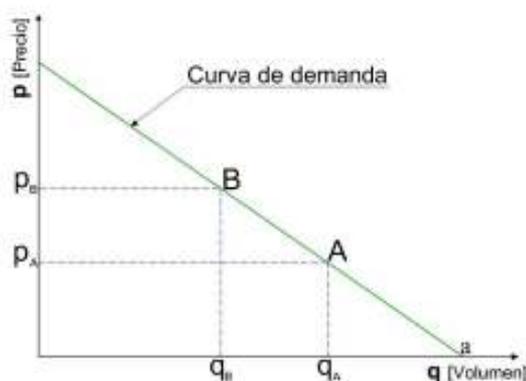
La curva de la demanda es una función entre la cantidad (q) y el precio (p) del bien o servicio considerado. Según el modelo econométrico adoptado, esta curva ($q = f_1(p)$) podrá ser representada por función matemática lineal, exponencial, u otro, según el mejor ajuste estadístico que se logre partiendo de los datos experimentales obtenidos en campo. La curva de la demanda es representada en un sistema cartesiano introduciendo en la abscisa la cantidad (q) y en la ordenada el precio (p) del bien o servicio tal como se muestra en la figura 2.1. Una curva de demanda esta generalmente caracterizada por el signo negativo de la derivada de la cantidad respecto al precio. Esto significa que a menor precio mayor cantidad consumida del bien o servicio.

Asumiendo una función lineal de demanda de viajes entre un origen y un destino definido y válida para un intervalo de tiempo específico del día y para un propósito particular, tenemos la siguiente expresión matemática:

$$q = a - b \cdot p \quad [2.1]$$

Donde q es la cantidad demandada del producto o servicio, p es el precio del producto o servicio, y a y b los parámetros constantes, a ser determinados experimentalmente a través de encuestas y ajustes estadísticos. Los parámetros a y b son funciones de distintas variables como ser el ingreso de los consumidores, los gustos del consumidor, PIB regional, etc.

FIGURA 2.1 REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA CURVA DE DEMANDA



El conocimiento de la curva de la demanda (p.e. demanda de viajes) puede ser utilizado para pronosticar cambios en el volumen de demanda causados por cambios en el precio o tarifa del servicio en el corto plazo. Una herramienta que describe el grado de sensibilidad de la demanda a cambios en el precio (o algún otro factor) es la elasticidad precio de la demanda. En otras palabras, este concepto intenta medir el grado de respuesta de la demanda (cantidad demandada del bien o servicio) ante un cambio en los factores de la demanda (precio del servicio, otros precios, ingreso, calidad del servicio, etc.)

La elasticidad precio de la demanda se obtiene al dividir el cambio proporcional en la cantidad demandada entre el cambio proporcional en el precio:

$$\epsilon_p = \frac{\frac{\nabla q}{q}}{\frac{\nabla p}{p}} = \frac{\nabla q p}{\nabla p q} \quad [2.2]$$

Para el caso de los servicios de transporte, la demanda se considera como una demanda derivada. Esto es, el transporte es un servicio raramente demandado por sus propias características ya que usualmente se deriva de alguna otra función o necesidad; por ejemplo, la demanda de un producto en determinado lugar originará la necesidad de transportar el producto desde los centros de origen hacia los centros de consumo, de ahí que el volumen de demanda producirá a su vez una demanda de transporte.

La curva de la demanda tiene un significado especial cuando se aplica a un mercado de transporte: es la disponibilidad a pagar por el servicio por parte de los consumidores o usuarios del bien o servicio.

2.1.1.2. La Oferta

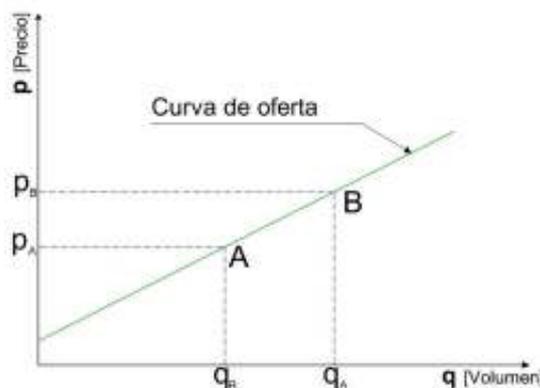
En el momento que se constata una demanda de un bien o servicio en la colectividad, surgen las iniciativas para organizar una unidad productiva que oferte el bien o servicio demandado. El precio del bien dependerá de los insumos, bienes de capital, fuerza de trabajo, impuestos y gravámenes por una parte, y de los volúmenes ofertados. La relación entre la cantidad del bien ofertado y el precio del mismo es denominada la curva o función de la oferta. El comportamiento del prestador de servicios o productor es la maximización de las ganancias, a mayor cantidad mayor precio, es decir, cuando el precio de un bien aumenta, manteniendo constantes otras condiciones ("ceteris paribus"), ingreso per cápita, cantidad de productores potenciales, etc., la cantidad ofrecida aumentará.

Según el modelo econométrico adoptado, esta curva de la oferta ($q = f_2(p)$) podrá ser representada por una función matemática lineal, exponencial, etc. según el mejor ajuste estadístico que se logre partiendo de los datos experimentales. La curva de la oferta es representada en un sistema cartesiano introduciendo en la abscisa la cantidad (q) y en la ordenada el precio (p) del bien o servicio tal como se muestra en la figura 2.2 para el caso de asumirse una función matemática lineal de viajes entre un origen y un destino definido y válida para un intervalo de tiempo específico del día y para un propósito particular. La expresión matemática de la función oferta es:

$$q = c + d.p \quad [2.3]$$

Donde q es la cantidad ofertada del bien o servicio, p es el precio del bien o servicio, y c y d los parámetros constantes de la función oferta, a ser determinados experimentalmente a través de encuestas y ajustes estadísticos. Los parámetros c y d son a su vez funciones de distintas variables como ser el ingreso de los consumidores, los gustos del consumidor, PIB regional, etc.

FIGURA 2.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CURVA DE OFERTA

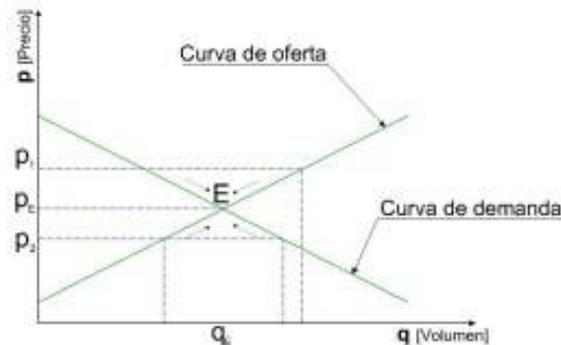


En el caso del mercado de transporte, la curva de la oferta es determinada a partir de la concepción de considerar los costos de producción iguales a de los costos de operación y conservación de los automotores, mas el ahorro en los costos de salarios de las personas participantes en el tráfico, mas los costos evitados por los accidentes, etc., tal como se analiza en el capítulo 7.

2.1.1.3. El Equilibrio en el Mercado

Para un momento determinado t , el equilibrio es un estado de balance tal que un conjunto seleccionado de variables interrelacionadas no tienen una tendencia inherente a cambiar. Así, desde el punto de vista económico, el equilibrio de mercado es una situación en la cual la cantidad ofrecida es igual a la cantidad demandada. Esto ocurre cuando las curvas de demanda y de oferta se interceptan, como se muestra en la figura 2.3, donde E es el equilibrio, p_e es el precio de equilibrio, y q_e es la cantidad de equilibrio. Como se observa en la figura mencionada, a un precio p_2 por debajo del de equilibrio, ocurrirá un exceso de demanda y el precio tenderá a elevarse. Por el contrario, a un precio p_1 por encima del de equilibrio, se presentará un exceso de oferta, y el precio tenderá a bajar.

FIGURA 2.3 EQUILIBRIO ENTRE OFERTA Y DEMANDA



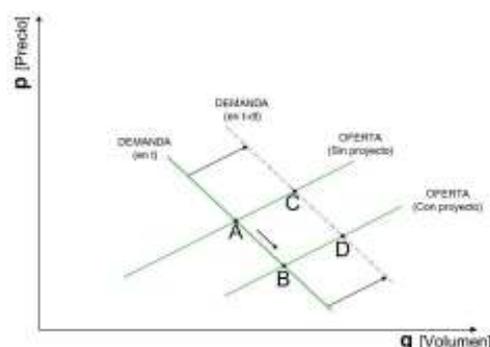
Lo anterior implica que el equilibrio se alcanza siempre, a partir de cualquier punto fuera del equilibrio, siempre que se dejen actuar libremente las fuerzas del mercado, esto es, a las “leyes de la oferta y demanda”.

Por tanto, se puede decir que el estudio del equilibrio consiste en analizar cómo los precios se ajustan de tal forma que las decisiones de los agentes económicos de la cantidad de demanda y de oferta sean compatibles. Asimismo, si las funciones de demanda y de oferta para un sistema de transporte son conocidas, entonces podemos describir el estado de equilibrio del mercado representado por la intersección de las curvas de demanda y oferta para el momento t . Este punto de equilibrio está representado por el punto A en la figura 2.4.

Las modificaciones de las condiciones sobre las cuales se han determinado las curvas correspondientes a un determinado momento t , darán lugar a un reajuste y a la entrada en vigor de un nuevo punto de equilibrio. En el caso de cambiarse las condiciones de la curva de la oferta debido a la ejecución de un proyecto, como ser el mejoramiento de una carretera, o a la ampliación de carriles, etc. tendremos una reducción en los costos de producción y por tanto una desplazamiento de la curva de oferta hacia la izquierda en la figura 2.4. El nuevo equilibrio estará ahora representado por el punto B .

Para la evaluación de dicho proyecto en el momento t se deberá considerar los efectos asociados al nuevo equilibrio B y compararlos con los efectos correspondientes al equilibrio actual A . Esta comparación hará posible la determinación del incremento en el nivel de bienestar social que la sociedad alcanza con proyecto de transporte respecto a la situación sin proyecto, es decir, qué habría sucedido si el proyecto no se hubiese llevado a cabo. Por tanto, la evaluación económica de un proyecto consistirá en determinar cuáles son los efectos positivos (beneficios) y negativos (costos) de los cambios sobre el bienestar social.

FIGURA 2.4 COMPARACIÓN DE PUNTOS DE EQUILIBRIO



Por otra parte, cuando se cambian las condiciones de la curva de la demanda, por ejemplo, por el crecimiento vegetativo de la población, instalación de nuevas industrias, ampliación de áreas agrícolas, etc. se tendrá una nueva curva de demanda desplazada hacia la derecha en el gráfico de la figura 2.4. En el caso de que la curva de la oferta se mantenga constante el nuevo punto de equilibrio para el momento $t + \Delta t$ estará representado por el punto **C**, es decir, el crecimiento de la demanda ocasiona un incremento en la cantidad de la oferta y modificaciones en el nivel de bienestar social de la sociedad.

Si consideramos la nueva demanda en el momento $t + \Delta t$ y además se introduce un cambio en las condiciones que definen una nueva curva de la oferta, es decir un nuevo escenario con proyecto, se instalará un nuevo equilibrio representado por el punto **D** en la figura 2.4. Para la evaluación del proyecto en el nuevo momento $t + \Delta t$ se deberá considerar ahora los efectos asociados al nuevo equilibrio **D** y compararlos con los efectos correspondientes al equilibrio actual **C**. Esta comparación hará posible la determinación del incremento en el nivel de bienestar social que la sociedad alcanza con proyecto respecto a la situación sin proyecto, en el momento $t + \Delta t$.

Considerando el carácter dinámico de la demanda y la oferta a lo largo del tiempo, tendremos para los diferentes momentos de tiempo diferentes equilibrios, con los que estarán asociadas variaciones en el nivel de bienestar social. Esta situación impone la comparación de los equilibrios para cada momento considerado y la determinación de cuáles son los efectos positivos (beneficios) y negativos (costos) de los cambios sobre el bienestar social durante cada intervalo de tiempo Δt adoptado. Esto significa que la evaluación económica de un proyecto debe realizarse de manera incremental. Normalmente se adopta un año calendario para este intervalo de tiempo.

2.2. LOS EFECTOS DEL PROYECTO

Los efectos de un proyecto tienen un carácter cronológico porque se extiende a lo largo del tiempo y se los constata en el mercado de la intervención directa, así como también, en otros mercados secundarios relacionados con el mercado primario y en la actividad económica global. Para efectos de la evaluación se deben distinguir cuatro grupos de efectos:

- Efectos directos en el mercado de transporte vial, denominado primario
- Efectos indirectos en los mercados secundarios
- Efectos económicos adicionales
- Efectos distributivos

2.2.1. EFECTOS DIRECTOS (EN LOS MERCADOS PRIMARIOS)

La propuesta para la ejecución de un proyecto vial está basada en el análisis de la situación del mercado, donde han sido identificados los agentes económicos y las dificultades que se esperan resolver con la intervención. Los efectos directos de un proyecto son aquellos que afectan directamente al equilibrio existente en el mercado primario y deberán ser buscados e identificados dentro del mismo mercado de transporte vial. Este mercado primario deberá estar acotado geográficamente en forma precisa con una identificación clara de los agentes económicos que actúan en el mismo.

2.2.2. EFECTOS INDIRECTOS (EN LOS MERCADOS SECUNDARIOS)

Normalmente se podrá identificar efectos indirectos en los mercados (secundarios) cuando sus productos o servicios acusan relaciones de complementariedad o posibilidad de sustitución con los del mercado primario, y sobre todo, cuando existe alguna distorsión que impide que el precio sea igual al costo marginal. Se puede dar el caso de un impacto significativo en la resolución de problemas de un mercado secundario debido a una redistribución de tráfico que tendría como consecuencia la eliminación del congestionamiento.

Los efectos indirectos podrán también ser encontrados en otras actividades económicas que utilicen el transporte como parte de su cadena logística (por ejemplo: el turismo).

Cuando los mercados secundarios afectados son razonablemente competitivos y la magnitud de los efectos no es significativa, se puede desprestigiar los efectos siempre y cuando la libre interacción de la oferta y la demanda en los mercados secundarios no esté sometida a distorsiones importantes causadas por subvenciones, impuestos) es decir, funcionen de manera competitiva. Para este caso la contribución

marginal de los efectos indirectos sobre el beneficio social será igual a su efecto marginal sobre el costo para la sociedad. En el caso contrario, los efectos indirectos no podrán ser despreciados, debiendo ser considerados en la evaluación.

2.2.3. EFECTOS ECONÓMICOS ADICIONALES

Más de una vez se ha podido observar durante la evaluación de proyectos la inclusión de efectos indirectos asociados con la actividad económica general, bajo el concepto de “mejoras de competitividad”, “atracción de capitales frescos e inversiones extraordinarias”, o “las respuestas a largo plazo de los agentes sociales a las mejoras producidas que generarían una demanda mayor de transporte. La inclusión de estos efectos en la evaluación deberá ser analizada y justificada ampliamente, ya que no se tiene todavía un criterio aceptado para su tratamiento. Evidentemente, resulta difícil determinar a priori el signo y la magnitud de estos efectos, que además suelen diferir entre proyectos.

Para los proyectos pequeños es recomendable no tomar en cuenta estos efectos, a pesar del riesgo de subvalorar los efectos del proyecto, introduciendo un sesgo conservador en el resultado de la evaluación. De todas maneras, esta subvaloración es compensada por el riesgo aun mayor de una doble contabilización y costos atribuibles al retraso en la puesta en marcha del proyecto debido al tiempo necesarios para la investigación de dichos efectos.

Para grandes proyectos o para la evaluación de programas de inversión regional y nacional puede estar justificado emprender análisis más sofisticados de carácter macroeconómico

Como conclusión final podemos decir que durante el proceso de evaluación de un proyecto se deberá prestar la mayor atención en la identificación de los efectos para evitar la doble contabilización de beneficios y costos. Como ejemplo podemos citar los cambios positivos del valor de mercado de viviendas, centros comerciales y terrenos ubicados en el área de influencia de un proyecto de transporte. Estos cambios serán identificados y medidos bajo el concepto de la demanda derivada del transporte, por tanto, no deberán ser incluidos en la evaluación del proyecto porque se estaría incurriendo en una doble contabilización.

2.2.4. EFECTOS DISTRIBUTIVOS

Cuando se consideran los efectos que el proyecto puede tener sobre la distribución del ingreso o la riqueza, existen dos posiciones antagónicas.

Se sostiene que la evaluación social de proyectos no es un instrumento redistributivo adecuado, y que existen medidas de política económica más eficaces para alcanzar dichos objetivos, como los impuestos, subsidios, la distribución directa de bienes o servicios al margen del mercado, o aquellas tendientes al perfeccionamiento de los mismos. Gittinger⁴ anota que la evaluación social de proyectos es indiferente a la distribución del ingreso y a la propiedad del capital. El análisis económico guarda silencio sobre la distribución y nada dice sobre la justicia social.

Alternativamente, Squire y Van der Tak⁵, entre otros, plantean que la evaluación social de proyectos es un poderoso instrumento distributivo, en especial en los países subdesarrollados.

Esto lleva necesariamente al punto de cómo incorporar los efectos distributivos en la evaluación social de proyectos. Algunos (como UNIDO⁶) proponen asignar ponderaciones diferenciales que aumenten en una proporción constante el valor de los beneficios recibidos por la población objetivo.

Además considerando lo planteado por Emilio Albi⁷ es evidente que los efectos distributivos de un proyecto pueden ser importantes, y es también claro que el supuesto de que los efectos sobre la distribución de la renta de varios proyectos se neutralizan mutuamente es difícil de mantener.

Esto toma importancia cuando los proyectos públicos pretenden explícitamente realizar algún impacto distributivo, es decir, favorecer a algún grupo social a expensas de otro, o a alguna región geográfica con preferencia sobre otra o cuando los proyectos proporcionan incidentalmente alguna ventaja o desventaja considerable a algún grupo definido de la sociedad.

Aquí es importante hacerse las siguientes preguntas ¿Hasta qué punto las cuestiones de equidad pueden alterar las recomendaciones del Análisis Costo - Beneficio? Entonces ¿Cómo deben incorporarse en el análisis las consideraciones de tipo distributivo?

⁴ Gittinger J. P. 1982. Evaluación de Proyectos Agropecuarios. Ed. Banco Mundial Washington-U.S.A.

⁵ Squire, L. Y Van Der Tak, H.G Análisis Económico De Proyectos. Editorial Tecnos, 1977

⁶ United Nations Industrial Development Organization, Apuntes sobre Proyectos Industriales, 2001

⁷ Emilio Albi, José Manuel González-Paramo, Ignacio Zubiri, Editorial Ariel, 1999 Madrid.

Según Albi, el procedimiento más directo de introducir juicios distributivos en el análisis Costo-Beneficio es usar un sistema de ponderaciones que refleje el valor marginal con que la autoridad contempla los aumentos y disminuciones de la renta real de los diversos grupos sociales. Así los beneficios que sean recibidos por algún grupo al que quiere favorecer podrían multiplicarse por una ponderación de, digamos, 1 y los que se reciban por grupos de niveles altos de renta por una ponderación de, por ejemplo 0,4. De esta manera el cálculo del valor actual neto (VAN) incluiría los efectos distributivos del proyecto.

De manera formal se tendría un criterio VAN modificado:

$$VAN^* = \sum_{h=1}^H a^h (B^h - C^h) \quad [2.4]$$

Donde h designa a los distintos grupos de la sociedad, y B y C reflejan valores actuales. En la práctica, estas ponderaciones suelen ser de la forma:

$$a^h = - \left(\frac{y^m}{y^h} \right)^\varepsilon \quad [2.5]$$

Donde y^m es el nivel de renta o gasto medio más bajos de la comunidad, y^h es la correspondiente variable para el grupo h y ε refleja el grado de aversión a la desigualdad de la sociedad. Para la estimación de ε se puede tomar como base las decisiones pasadas de la autoridad en materia distributiva de otros proyectos de inversión donde se ponen de manifiesto ponderaciones sociales explícitas. La mayoría de las estimaciones permite situar los valores de ε entre 1 y 3, referencias numéricas que el experto podría utilizar en el análisis de sensibilidad.

Como se puede deducir, La cuestión distributiva en el análisis costo beneficio ha sido abordada desde muchos enfoques. Así algunos argumentan que en proyectos que no persiguen metas explícitas de redistribución, los pesos sociales deberían ser ignorados, por otro lado de manera alternativa que en lugar de proceder a una laboriosa (y discutible) ponderación de todos los costos y beneficios que afectan a los diferentes grupos, bastaría con establecer objetivos distributivos específicos con ciertas restricciones, por ejemplo puede plantearse un proyecto con la restricción de que alcance algún nivel mínimo de beneficio de algún grupo social o en alguna región del país.

Por último, puede seguirse el criterio de presentar organizadamente los efectos distributivos que se originen, como mejora de la información necesaria para la toma de decisiones. Éste es probablemente el enfoque más productivo. La presentación organizada de la información pertinente no es tarea sencilla. La construcción de tablas que muestren la distribución de costos y beneficio por niveles de renta o regiones, o por otras dimensiones tales como edad, sexo, tamaño familiar, presenta ciertas dificultades. Pero es irrefutable el hecho de que este conocimiento es un requisito obligatorio para la aplicación de cualquier sistema de ponderaciones.

2.2.5. OTROS EFECTOS. EQUIDAD

Un proyecto de transporte debe ser considerado como un componente importante en la política general de desarrollo para mejorar las condiciones de vida del mayor número de habitantes, además de servir como un catalizador en el logro de los objetivos nacionales y regionales. Esto significa que un proyecto debe ser analizado considerado índices en lo referente a la equidad espacial e intergeneracional.

2.2.5.1. Equidad Espacial

Durante la elección del trazo de una carretera interurbana es necesario considerar junto con las condiciones topografías, geológicas-geotécnicas, etc. también las áreas geográficas con su población y potencialidades que puedan ser beneficiadas con la inversión. Normalmente surgen ciertas contradicciones entre la eficiencia y la equidad. El aspirar a un alto grado de equidad implica reducir la eficacia, es decir, tener un VAN menor a costa de una mejor distribución de los beneficios entre los miembros de la sociedad. Queda, entonces, claro que existe una necesidad de buscar un compromiso entre la eficiencia y la equidad.

2.2.5.2. Equidad Intergeneracional

La evaluación social de un proyecto tiene también que ser ejecutado en el marco de los principios generales del desarrollo sustentable. El principio N° 3 de la Declaración de Río (1.992) debe ser observado "el desarrollo debe ser realizado "satisfaciendo las necesidades de la generación presente sin

comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades” (Informe Brudland 1987). Por tanto, es necesario prestar atención al uso de recursos no-renovables identificando y valorando los efectos irreversibles y/o perjudiciales sobre el medio ambiente, como es el caso de una nueva carretera a través de áreas con flora y fauna en estado natural, donde el acceso directo podría dar lugar a asentamientos humanos descontrolados. Los estudios de impacto ambiental y los planes para la mitigación de todos los efectos negativos deberán recibir una atención privilegiada en el marco del cumplimiento de la legislación vigente en el país (Ley N° 1333 y Reglamentos). La actualización de la valoración de estos efectos deberá ser descontada con tasas sociales de descuento menores, a ser definida conjuntamente con las autoridades responsables.

2.3. PROCEDIMIENTO PARA LA DEFINICIÓN DE UN PROYECTO DE TRANSPORTE

Sobre la base del análisis del equilibrio presentado líneas arriba y para efectos de la evaluación de proyectos de transporte se define un proyecto “como una intervención sobre el mercado de transporte que altera el equilibrio que se habría obtenido en dicho mercado y en el resto de la economía si no se hubiera producido tal intervención” (Ginés de Rus, 2010).

Como requisito indispensable para realizar adecuadamente la evaluación de un proyecto se debe definir el mismo en la forma más precisa posible a través de la ejecución de las siguientes actividades:

- i. Diagnóstico de la situación actual
- ii. Definición de Alternativas relevantes
- iii. Alternativa base: situación sin proyecto
- iv. Agentes afectados

2.3.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La planificación pública del desarrollo en general, y de las infraestructuras y servicios de transporte en particular constituyen – como representación de los deseos de la sociedad en cada momento – una herramienta fundamental para la definición de los proyectos de transporte, ya que generalmente se formula partiendo de un diagnóstico previo de los principales problemas existentes y establece, al mismo tiempo, unos objetivos generales de referencia que, cuando son seguidos de manera coherente, dotan a los proyectos de transporte de consistencia y efectividad.

La identificación cuantitativa de los problemas y deficiencias actuales del transporte en cierta área geográfica es el primer paso del diagnóstico necesario para el planteamiento de posibles soluciones

El diagnóstico debe contener una descripción detallada de todos los aspectos socio-económicos del área de influencia del futuro proyecto, con énfasis en los aspectos demográficos, los aspectos de producción, vocación económica productiva de la población, parque industrial instalado, potencialidades en recursos naturales, disponibilidad de aéreas aptas para la agricultura, niveles de escolaridad y educación, sistema de salud y de educación, estadísticas de accidentes en las carreteras, duración de viajes entre diferentes duplas origen – destino, en fin, deberán ser presentados. Se deberá identificar los mercados de transporte y los agentes que interactúan en el.

La presentación detallada y exhaustiva de la situación actual permitirá el planteamiento de las posibles soluciones para resolver y eliminar las situaciones adversas que conspiran contra el bienestar de la sociedad.

2.3.1.1. Definición de Alternativas Relevantes

Sobre la base de los resultados del diagnóstico se deberá identificar y formular todas las posibles soluciones e intervenciones en el marco de un manejo cuidadoso de los escasos recursos que dispone la sociedad para satisfacer las necesidades de todos los habitantes del país.

Cada una de las alternativas consideradas deberá ser la agregación de los elementos (movimiento de tierra, pavimento, obras de arte, túneles, etc.) de la alternativa considerada. Cada elemento será diseñado buscando siempre la mejor opción técnico –económica. Se postula que la agregación o sumatoria de los elementos técnicos y económicos óptimos resulta también en una alternativa técnico – económica óptima que además tenga el menor impacto ambiental.

Se deberá aplicar consistentemente métodos de optimización que conduzcan a la solución de mínimo costo y que satisfagan, a la vez, las condiciones y restricciones técnicas de diseño, respetando los criterios de diseño adoptados y minimizando los daños ambientales.

Cuando se trate del diseño de trazos nuevos o mejoramiento de trazos existentes se deberán estudiar varias alternativas tomando la velocidad de diseño como la variable principal.

2.3.1.2. Alternativa Base: Situación Sin Proyecto

La evaluación del proyecto debe hacerse de una forma incremental, comparando cada solución propuesta (situación *con* proyecto) con un caso base o de referencia (situación *sin* proyecto) y evaluando la diferencia de los beneficios y costos entre las diferentes actuaciones posibles.

Dependiendo de cuál sea el tipo de proyecto considerado y de la información disponible, el caso base puede consistir en realizar “mínimas actuaciones” sobre la situación actual (por ejemplo, en proyectos de ampliación de capacidad) o incluso “no hacer nada nuevo” (en proyectos de conservación). Como ya se ha indicado, la situación *sin* proyecto no consiste en considerar que las condiciones actuales permanecen constantes, sino en asumir que el equilibrio inicial se proyecta al futuro con los cambios correspondientes en la demanda y en la oferta.

2.3.1.3. Agentes Afectados

De manera general, y aunque el grado de agregación pueda variar en cada proyecto, resulta importante considerar como punto de partida al menos los siguientes grupos de agentes:

- a) Los usuarios de los servicios e infraestructuras de transporte, como consumidores de dichos servicios e infraestructuras (en el transporte de viajeros) o como propietarios o depositarios de las mercancías que utilizan dichos servicios o infraestructuras (en el transporte de carga). Puede tratarse de individuos, grupos sociales o incluso otras empresas, que están recogidos en la demanda derivada de transporte.
- b) Los productores de servicios e infraestructuras de transporte, generalmente empresas públicas o privadas que ponen a disposición de los usuarios dichos servicios o infraestructuras. En algunos casos, como ocurre con el transporte por cuenta propia, los productores son también usuarios, dado que se prestan servicios a sí mismos.

Debe señalarse que el término “productores” engloba a agentes económicos que hacen uso de recursos productivos que, o bien aportan ellos mismos o bien adquieren en los mercados de factores. En la medida en que la evaluación así lo requiera – y especialmente cuando sea preciso identificar a los destinatarios finales de los beneficios y costes de un proyecto por cuestiones relacionadas con la equidad o la financiación de los proyectos – puede resultar recomendable distinguir dentro de los productores entre los propietarios del capital, del factor trabajo y del suelo.

- c) Los contribuyentes, en los casos en los que el proyecto produzca modificaciones e impuestos y subvenciones que alteren el saldo fiscal.
- d) El resto de sociedad, grupo que incluye los efectos externos no internalizados.

Los grupos de agentes no son mutuamente excluyentes. Un individuo podría pertenecer a uno o varios de los grupos previamente identificados.

2.4. MEDICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS

2.4.1. EFECTOS DE UN PROYECTO COMO BENEFICIOS Y COSTOS.

Los efectos de un proyecto se traducen en beneficios y costos para la sociedad en general, siendo los principales:

- Reducción del tiempo total de viaje, ya sea esperando, en el vehículo o en el acceso/salida de las paradas, estaciones o terminales. Esta reducción de tiempo de viaje puede tener su origen en un aumento de la velocidad por las mejores condiciones de la plataforma de rodadura, mejor geometría del trazo, mejores medidas de seguridad y señalización, etc., por reducción en congestión o en escasez etc.
- Ahorros en los costos operativos de los vehículos
- Ahorros en los costos de la infraestructura e instalaciones como consecuencia de los efectos del proyecto en mercados relacionados.

- Mejoras en la calidad o la fiabilidad de los servicios de transporte ya existentes.
- Disposición a pagar del tráfico de nueva generación.
- Reducción de accidentes y pérdida de vidas.
- Externalidades (positivas y negativas).

La identificación, medición y valoración de los beneficios son tratados en el capítulo 7 de este Manual.

2.4.2. COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y CONSERVACIÓN

Los costos correspondientes a un proyecto durante todo el periodo de evaluación son tratados en tres grandes rubros, a saber:

- Costos de inversión del proyecto.
- Costos de reparación.
- Costos de conservación y explotación.

La metodología para la estimación de estos costos es presentada en el capítulo 8 del Manual

2.4.3. EXPRESIÓN MONETARIA DE LOS BENEFICIOS Y COSTOS

Los beneficios y costos de un proyecto identificados y medidos deben ser finalmente valorados para poder aplicar los diferentes operadores matemáticos elementales (suma, resta, división). Para esta valoración se usan magnitudes monetarias. Para la evaluación en el país podrá usarse como unidad monetaria el boliviano (Bs) o el dólar americano (\$US). La relación o tasa de cambio entre las dos unidades monetarias es determinada por el Banco Central de Bolivia, y será de uso obligatorio. El evaluador deberá adoptar la tasa de cambio del último día del mes que antecede al mes en el cual se realiza la evaluación.

La inflación en los precios de mercado no cambia el valor real de los beneficios y costos de un proyecto durante toda la vida útil. Entonces, los cambios en la expresión monetaria del flujo de los beneficios y costos no serán considerados en la evaluación. Esta recomendación se basa en la naturaleza del análisis costo-beneficio (ACB) donde se trata de evaluar si la utilización de los siempre escasos recursos reales que la sociedad destina para un proyecto determinado está compensada suficientemente por los beneficios obtenidos del proyecto.

Los flujos de beneficios y costos de un proyecto pueden ser expresados en unidades monetarias constantes o corrientes. Generalmente son expresados en unidades monetarias constantes del año base de la evaluación (T_0): es decir, en términos reales ignorando la inflación porque el objetivo principal de la evaluación no es otro que comparar cambios en el bienestar social o privado, siendo entonces la evolución de los valores nominales irrelevante.

La regla definida líneas arriba podrá ser ignorada, es decir, expresar el flujo de beneficios y costos en unidades monetarias corrientes, cuando la presentación de la evaluación puede ser mejor entendida en unidades monetarias corrientes reflejando cambios reales e inflación, o cuando los usuarios del proyecto pagan por el uso y el sector privado participa como inversionista o concesionario.

También puede ocurrir que los precios de algunas partidas del costo del proyecto evolucionen por encima o por debajo de la inflación general. En este caso, habría que contabilizar la diferencia. Por ejemplo, supongamos que la inflación prevista para horizonte de proyecto (tiempo definido en las Metodologías de Evaluación de Proyectos establecidas por el VIPFE, normalmente 20 años) es del 2%, y que la evolución prevista del precio de una materia prima utilizada en cantidades significativas en el proyecto es del 5%, reflejando la inflación y su coste de oportunidad. Al expresar las variables en unidades monetarias del año base corregiríamos solo el elemento general de inflación. Para proyectos de larga duración, distinguir la evolución particular de cada elemento de costo no es siempre posible.

2.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

La evaluación de proyectos de transporte debe realizarse siempre con la mejor información disponible, pero incluso en el mejor de los casos ésta suele resultar insuficiente debido a nuestra incapacidad para predecir completamente el futuro en un contexto de racionalidad limitada. Esto significa que cualquier decisión sobre un proyecto de transporte debe ser hecha necesariamente bajo condiciones de incertidumbre, es decir que los costos y los beneficios son considerados variables aleatorias.

2.5.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA VS EVALUACIÓN FINANCIERA

Ya hemos visto que los proyectos de transporte generan diferentes efectos. La evaluación financiera privada considera los efectos relevantes desde el punto de vista del inversor o accionista. Sin embargo, hay efectos que superan ese enfoque, y que siendo irrelevantes para el inversor no lo son para la sociedad en su conjunto.

La disciplina que intenta identificar, medir, valorar y evaluar el conjunto total de efectos es la evaluación social de proyectos. Esta consiste en analizar el proyecto con la metodología habitual del análisis costo-beneficio (ABC), pero ampliando el enfoque de manera que se incluya a la sociedad toda, evaluando como el proyecto aporta al bienestar general de la sociedad y no se limita al impulsor o inversor directo del proyecto.

El nuevo enfoque social se distingue del enfoque financiero o privado por dos diferencias:

- Incluye efectos que la evaluación privada no considera relevantes, como por ejemplo reducción de accidentes y pérdida de vidas, efectos en el medio ambiente, etc. y a la vez excluye algunos efectos relevantes para el proyecto privado, como ser los intereses del préstamo, los impuestos, etc.
- Corrige los precios, de forma tal de reflejar y considerar el valor que la sociedad otorga a los beneficios y costos del proyecto, de acuerdo al precio de oportunidad o precio sombra.

En consecuencia, la evaluación social es más amplia que la privada. De hecho, la evaluación social es también llamada evaluación económica de proyectos. Allí donde el interés privado prioriza los aspectos financieros, la evaluación social se focaliza en los efectos económicos, entendidos éstos como aquellos que afectan la distribución de recursos y la generación de riqueza de la sociedad, sin importar si generan un flujo de fondos o quiénes generan o reciben esos fondos.

El enfoque social es básicamente un enfoque agregado: el efecto total (positivo o negativo) del proyecto para la sociedad se entiende como la suma de los efectos (positivos y negativos) que reciben cada uno de los involucrados. Cuando la diferencia neta entre el efecto total y los costos de inversión, operación y conservación es positiva, queda demostrado que el proyecto es socialmente conveniente, independientemente del hecho de que algún grupo involucrado pierda con el proyecto. En resumen, el objetivo principal de la evaluación social o de Costo Beneficio es medir el cambio del bienestar social como resultado de la intervención en el mercado de transporte.

La evaluación financiera o privada tiene como base el flujo de ingresos y egresos del proyecto a precios de mercado, incluyendo impuestos, intereses o costo del capital y otros conceptos de transferencia, mientras que la evaluación social considera en el flujo los beneficios emergentes de los diferentes efectos identificados y los costos del proyecto, expresados en precios sombra. Cada uno de los flujos es descontado con tasas diferentes que miden el costo de oportunidad de uso de los recursos, tal como veremos en los acápite siguientes.

La diferencia entre la evaluación social y la privada es mostrada en la siguiente Tabla 2.1

TABLA 2.1 COMPARACIÓN ENTRE EVALUACIÓN SOCIAL Y EVALUACIÓN PRIVADA

	EVALUACIÓN SOCIAL		EVALUACIÓN PRIVADA
Enfoque:	Involucrado	Toda la sociedad	El inversionista o accionista
privilegiado			
Viabilidad		Técnica, comercial, legal, etc. + Económica (a precios sociales)	Técnica, comercial, legal, etc. + Económica (a precios sociales) + Financiera
Ámbito		Usualmente, el ámbito es el país, aunque podría hacerse distinguiendo entre ámbito de influencia directa y ámbito general	La empresa u organización

Fuente: Elaboración Propia

La diferencia principal entre ambas evaluaciones reside en que la evaluación social es más inclusiva: como su enfoque relevante es el de toda la sociedad, todos los efectos que genera un proyecto, aún los externos a su área directa de influencia, serán considerados relevantes

El procedimiento para introducir en el flujo de fondos los costos y beneficios es similar en los dos tipos de evaluación: la diferencia radica en la forma de identificar los efectos y en la definición de los precios como unidad monetaria. Las diferencias entre las dos evaluaciones son presentadas la Tabla 2.2

TABLA 2.2 DIFERENCIAS ENTRE LA EVALUACIÓN SOCIAL Y LA EVALUACIÓN PRIVADA

	EVALUACIÓN SOCIAL	EVALUACIÓN PRIVADA
Identificación	Efectos incrementales, a partir de definir una situación con y otra situación sin proyecto: Directos Indirectos Económicos adicionales Distributivos Intangibles	Efectos incrementales, a partir de definir una situación con y otra situación sin proyecto. Tipos de efecto: Directos Indirectos
Medición	Utilizando las unidades de medida específicas de cada efecto (Vg., salarios, insumos, ahorro tiempo de viaje, combustibles, etc. aplicando las Razones Precio Cuenta de Eficiencia	Utilizando las unidades de medida específicas de cada efecto (Vg., salarios, insumos, ahorro tiempo de viaje, combustibles, etc. Además se debe considerar la sostenibilidad del proyecto mediante cobro de peajes.
Valoración	Utilizando precios sociales	Utilizando precios del mercado

Fuente: Elaboración Propia

De la exposición precedente podemos concluir que la evaluación social:

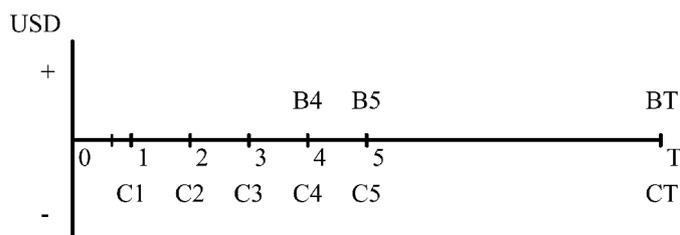
- Incluye más efectos que la evaluación privada.
- Valora con precios distintos a los usados en la evaluación privada.
- Identifica más efectos difíciles de valorar que la evaluación privada.

2.5.2. FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS

Cualquier intervención en un mercado de transporte es finalmente representada monetariamente por los costos de inversión, operación y/o conservación, y mejoramiento, por una parte, y por los beneficios y costos directos, indirectos y adicionales debidamente monetizados por la otra, ambos definidos cronológicamente, es decir, a lo largo de los distintos momentos de tiempo. Definiéndose como $t = 0$ al periodo en el que tiene lugar la intervención inicial, normalmente la toma de decisión para ejecutar el proyecto, y $t = T$ como el último periodo en el que se manifiestan los efectos, podemos elaborar el perfil cronológico del proyecto, tal como se muestra en la figura 2.5, donde se muestran los valores esperados de los costos y beneficios.

Para cada alternativa del proyecto y para cada periodo considerado son calculados los costos sociales de inversión, reparación, operación y conservación y los beneficios y costos sociales determinados bajo la consideración del caso base o "sin proyectos". El mismo procedimiento es aplicado para el cálculo de los costos privados de inversión, mejoramiento, operación y rehabilitación y los beneficios y costos privados.

FIGURA 2.5. PERFIL CRONOLÓGICO DE UN PROYECTO DE TRANSPORTE



El cronograma de preparación del proyecto (diseño final, licitación y adjudicación) y el cronograma de la construcción corresponde a los primeros años donde solo hay costos (egresos), apareciendo los beneficios (ingresos) después de la puesta en marcha del proyecto y continúan en todo el periodo de operación. El beneficio neto de cada periodo (el periodo es generalmente el año calendario) es la diferencia entre el valor esperado del beneficio y el valor esperado del costo para el mismo periodo.

2.5.3. EL VALOR ACTUAL NETO

Los beneficios y costos de un proyecto a ser descontados tienen lugar normalmente en forma continua durante cada periodo considerado. La duración del periodo coincide normalmente con un año calendario. En el modelo de evaluación consideramos los beneficios y costos del periodo considerado concentrado al final del periodo. Esta aproximación a la realidad está fundamentada por la práctica administrativa de contar con información al final del año. En el caso de tenerse flujos de beneficios y costos desde el inicio del año y con un carácter regular, el evaluador podrá considerar adecuado situarlos en la mitad del año, aplicando siempre una tasa de descuento anual. En la mayoría de los proyectos esto no cambia significativamente el resultado de la evaluación.

Para sumar los beneficios y costos cronológicos es necesario primeramente proceder a la homogenización temporal, es decir, obtener los valores actuales o descontados de cada beneficio y costo en el punto de referencia, concebido al final del periodo T_0 seleccionado para la evaluación. Esta transformación ocurre aplicándose el descuento exponencial. Una vez descontados (trasladados en el eje del tiempo) se obtiene el Valor Actual Neto (VAN) del Proyecto por simple adición o suma de los valores monetarios descontados. El VAN del proyecto resume y sintetiza en un único valor monetario el flujo de los beneficios y costos durante el horizonte de evaluación del proyecto y caracteriza al proyecto en consideración.

Cuando los flujos de beneficios y los costos son variables aleatorias, el VAN será también una variable aleatoria.

El modelo básico de evaluación en este manual se reduce a dos expresiones matemáticas: una para el cálculo del beneficio social neto del proyecto (VAN social) y otra para el cálculo del beneficio privado o financiero neto del mismo proyecto (VAN financiero).

Las expresiones del VAN social y del VAN financiero que corresponderían al proyecto representado en la Figura 2.5 son las siguientes:

$$VAN_s = -C_{s1}(1+i_s)^{T_0-1} - C_{s2}(1+i_s)^{T_0-2} - C_{s3}(1+i_s)^{T_0-3} - \dots + \frac{(BS_{T_0+1}-CS_{T_0+1})}{(1+i_s)^1} + \frac{(BS_{T_0+2}-CS_{T_0+2})}{(1+i_s)^2} + \dots + \frac{(BS_T-CS_T)}{(1+i_s)^T} \quad [2.6a]$$

$$VAN_f = -C_{f1}(1+i_f)^{T_0-1} - C_{f2}(1+i_f)^{T_0-2} - C_{f3}(1+i_f)^{T_0-3} - \dots + \frac{(p_1q_1-CP_{T_0+1})}{(1+i_f)^1} + \frac{(p_2q_2-CP_{T_0+2})}{(1+i_f)^2} + \dots + \frac{(p_Tq_T-CP_T)}{(1+i_f)^T} \quad [2.7a]$$

O escritas en forma compacta:

$$VAN_s = -\sum_{t=1}^{T_0} C_{st}(1+i_s)^{T_0-t} + \sum_{t=1}^{T-T_0} \frac{(BS_{T_0+t}-CS_{T_0+t})}{(1+i_s)^t} \quad [2.6b]$$

$$VAN_f = -\sum_{t=1}^{T_0} C_{ft}(1+i_f)^{T_0-t} + \sum_{t=1}^{T-T_0} \frac{(p_tq_t-CP_{T_0+t})}{(1+i_f)^t} \quad [2.7b]$$

Donde:

VAN_s = Valor Actual Neto Social

VAN_f = Valor Actual Neto Financiero

C_{s1}, \dots, C_{sT_0} = Inversión anual

T = Horizonte de evaluación

T_0 = punto de referencia

i_f = Tasa de descuento financiera

BS_{T_0+1}, \dots, BS_T = Beneficios Sociales Anuales

CS_1, \dots, CS_T = Costos Sociales Anuales

p_1q_1, \dots, p_Tq_T = Ingresos anuales

CP_1, \dots, CP_T = Costos Privados Anuales

i_s = Tasa de descuento social

El cálculo simultáneo del VAN social y del VAN financiero es una condición que se debe cumplir siempre porque ambos están orgánicamente vinculados por la política de precios que se aplique.

2.5.4. TASAS DE DESCUENTO

La elección de un valor para la tasa de descuento está en la base de la comparación intertemporal de beneficios y costos y por tanto también del Análisis Costo- Benéfico (ACB).

Definimos la tasa de descuento como el valor que refleja la preferencia de la sociedad por el presente frente al futuro que se considera en el análisis. El valor para la tasa de descuento que pueda ser elegido no es neutral, porque influye en el resultado final en función de la estructura temporal del proyecto evaluado. La elección de valores elevados resultaran en un VAN menor cuando la estructura temporal del proyecto tiene la mayoría de los costos al principio y los beneficio posteriormente, desfavoreciendo al proyecto. Un proyecto donde los principales costos se ubiquen al final del horizonte de evaluación se verá favorecido por tasas de descuento superiores.

La homogeneización temporal con un descuento exponencial es adecuada para horizontes de evaluación que no excedan 20 a 30 años, es decir son los mismos individuos que resultan afectados por la decisión (equivale aproximadamente una generación) Para horizontes más largos la aplicación de la tasa constante es más cuestionable porque tendría efectos en el bienestar de generaciones futuras. No debemos perder de vista que la toma de decisiones debe ser hecha en el marco del desarrollo sustentable, resolviendo los problemas de esta generación sin poner en riesgo las capacidades de las nuevas generaciones para dar solución a sus problemas.

Esta forma de homogeneización temporal, a través del descuento exponencial, es la adecuada para proyectos que afectan a los mismos individuos en diferentes periodos de tiempo durante un horizonte temporal razonable (generalmente, entre 20 ó 30 años, dependiendo del proyecto). Su utilidad es más cuestionable cuando los proyectos de transporte (por ejemplo, la construcción de algunas infraestructuras o las políticas que afecten al *stock* de recursos naturales) tienen efectos que repercuten en el bienestar de las generaciones futuras.

Tasa financiera o privada de descuento

Para la evaluación financiera de un proyecto de transporte, la tasa (privada) de descuento es habitualmente el tipo de interés vigente en el mercado.

Tasa social de descuento

La tasa social de descuento a utilizar en la evaluación económica de un proyecto debe reflejar el costo de oportunidad de los recursos utilizados en dicho proyecto a lo largo del tiempo.

Para la elección de la tasa social de descuento en la evaluación económica se tienen tres valores alternativas:

- el tipo de interés de mercado,
- la tasa marginal de preferencia temporal, o
- la tasa marginal de productividad del capital.

Estas tres tasas coinciden cuando los mercados de capitales son *perfectos*, es decir, cuando no hay restricciones sobre los mercados financieros, ni impuestos, ni otras distorsiones sobre la producción o el consumo. Desafortunadamente, esto no sucede así en la realidad: por ejemplo, en un mercado de capitales con impuestos, la tasa marginal de productividad del capital es mayor que el tipo de interés debido a la menor rentabilidad de la inversión, ya que habrá que pagar impuestos sobre los dividendos; de igual manera, la tasa marginal de preferencia temporal será inferior al tipo de interés, ya que el agente ahorra con remuneraciones netas de impuestos inferiores a dicho tipo.

Por ello conviene diferenciar dos situaciones: si el sector público compite con el privado por la realización del proyecto, la tasa de descuento a utilizar será la tasa marginal de productividad del capital. Pero si por el contrario se trata de evaluar proyectos dentro del sector público, obteniendo financiamiento de varias fuentes, puede actuarse de dos maneras:

- a) La primera consiste en utilizar una media ponderada entre la tasa marginal de preferencia temporal y la tasa marginal de productividad del capital, según sea el origen de los fondos que se utilizan en el proyecto.
- b) La segunda consiste en descontar los flujos de beneficios y costos utilizando como tasa social de descuento la tasa marginal de preferencia temporal, pero habiendo convertido previamente los beneficios netos en flujos de consumo mediante un precio sombra del capital. Este método requiere mayor información, ya que se necesita conocer el destino de los beneficios que se obtienen a lo largo de la vida del proyecto.

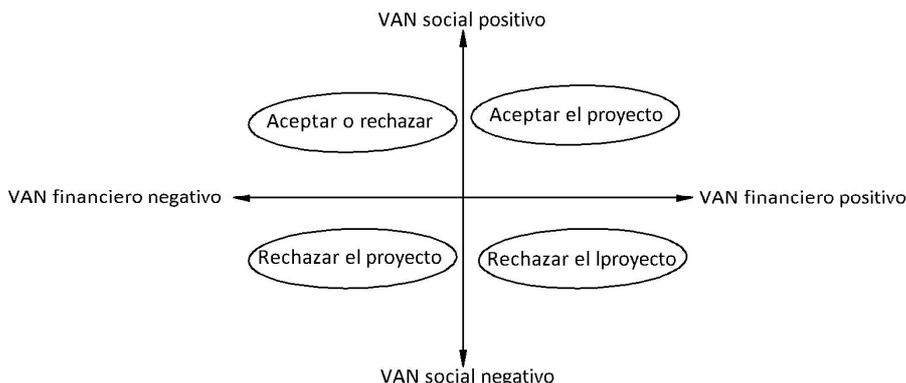
En Bolivia, es el Gobierno Central a través del Ministerio de Planificación del Desarrollo quien define el valor a ser adoptado para la tasa social de descuento.

2.5.5. HORIZONTE DE EVALUACIÓN

Tal como se explico en el punto anterior el horizonte de evaluación podrá estar comprendido en el rango acotado 20 y 30 años.

2.6. CRITERIO DE DECISIÓN SIN INCERTIDUMBRE

La decisión de aprobación, rechazo o postergación para la construcción de un proyecto vial está basado en los valores que se hubieran obtenido de manera determinista para el VAN social (VANS) y el VAN financiero (VANF). En general, se dará uno de los siguientes casos:



2.6.1. EVALUACIÓN DE UN PROYECTO AISLADO.

Caso I: Aceptación del proyecto. ($VANS > 0$, $VANF > 0$).

Todo proyecto vial que tenga como resultado de la evaluación un VAN social positivo y un VAN financiero positivo debe ser ejecutado, porque garantiza un incremento en el bienestar de la sociedad, y además muestra un flujo de caja positivo que hace la inversión rentable sin necesidad de recurrir a subvenciones por parte del Estado.

Caso II: Rechazo del proyecto ($VANS < 0$, $VANF$ mas o menos 0).

Un proyecto que tenga un VAN social negativo no puede ser ejecutado, independientemente que el VAN financiero sea mayor o menor a 0. El VAN social negativo significa que los recursos asignados por la sociedad no lograr generar incremento en el bienestar de la sociedad, al contrario, la sociedad se empobrece.

Caso III: Aceptar o rechazar en función de la existencia de restricciones presupuestarias ($VANS > 0$, $VANF < 0$).

Cuando un proyecto es socialmente factible con un VAN social positivo, pero no genera fondos suficientes para cubrir los gastos emergentes del proyecto, es decir, el VAN financiero es negativo, la sociedad puede llevarlo a cabo sólo si el Estado otorga una determinada subvención o se subroga parte de la deuda y compromisos financieros por razones humanitarias, políticas, estratégicas y de orden geopolítico. En el caso de no existir razones de estado, la sociedad tendría que rechazar o postergar la ejecución del proyecto.

De todas maneras cuando se presenta este caso, será recomendable estudiar las posibilidades de modificar los ingresos y costos privados mediante el estudio y consideración imaginativa de diferentes políticas de precios y niveles de servicio, por ejemplo, con el fin de obtener un nuevo VAN financiero, esta vez positivo.

2.6.2. ELECCIÓN ENTRE DISTINTOS PROYECTOS.

Cuando se tienen varios proyectos alternativos o como parte de la planificación para el desarrollo de una región, cuenca hidrográfica o departamento, los VAN sociales deben ser colocados jerárquicamente de mayor va menor para aplicar las condiciones expresadas en los tres casos nombrados líneas arriba. La sociedad debe priorizar los proyectos con mayores valores de VAN social y siempre retrasar o rechazar aquéllos cuya contribución al bienestar social sea menor, teniendo en cuenta la necesidad de alguna subvención del Estado por razones de equidad y justicia social.

La toma de decisión utilizando solo el valor determinista de los VANs tiene una ventaja aparente en la interpretación expedita y el esfuerzo y costo limitado para el cálculo de los VANs. A pesar de estas ventajas debemos hacer notar como desventaja real la posibilidad tomar una decisión incorrecta por no considerar las incertidumbres asociadas al proyecto.

Para salvar parcialmente esta desventaja se deberá realizar un análisis de sensibilidad para analizar y confirmar como cambian los VANs cuando se modifican las principales variables del modelo, como por ejemplo, incrementos en los costos de inversión, cambio en las proyecciones de la demanda, etc.

2.7. EVALUACIÓN CON INCERTIDUMBRE

2.7.1. INCERTIDUMBRE Y RIESGOS DE UN PROYECTO VIAL

Un proyecto de transporte vial está caracterizado por incertidumbres (incapacidad de ser conocido con exactitud) técnicas, financieras y temporales. Estas incertidumbres hacen imposible la determinación del costo total de inversión del proyecto en forma anticipada.

El análisis de riesgo, como la herramienta más importante para la toma de decisiones bajo incertidumbre, debe ser realizado continuamente en cada una de las fases del proyecto y también durante la construcción. En general, podemos identificar los siguientes riesgos a ser considerados:

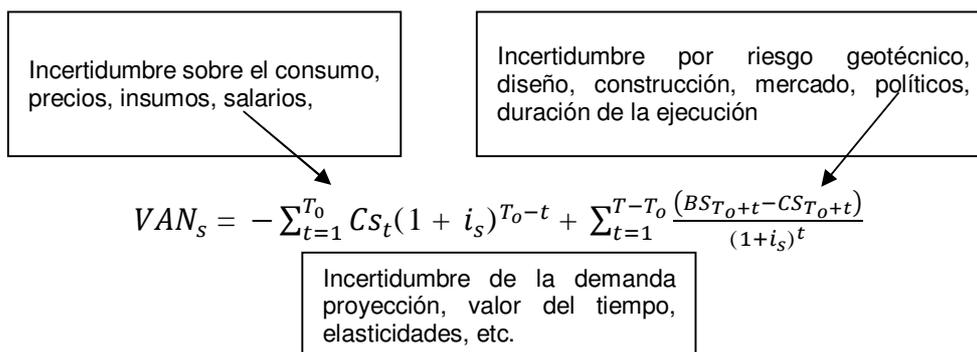
- Riesgos geotécnicos (estudio superficial de la geología y geotecnia, falta de recursos para estudios específicos necesarios, etc.)
- Riesgos de diseño (imprecisión en la topografía, inexperiencia del ingeniero proyectista, y otros.)
- Riesgos de construcción (inexperiencia del constructor, uso inadecuado de equipo, y otros.)
- Riesgos de mercado y financieros (variación de los precios de los insumos, cambio en las condiciones de crédito, y otros.)
- Riesgo político (conmoción social, paros y huelgas, y otros.)

La probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos se va reduciendo en la medida en que se va conociendo cada vez mejor las condiciones geotécnicas, se ejecutan diseños con mayor detalle y precisión, participan ingenieros con experiencia, se estudia en mayor detalle los aspectos constructivos, se estudia mejor el mercado para definir el precio de mercado de los insumos, etc. A pesar de poder reducirse la incertidumbre, esta no podrá ser eliminada totalmente. Se dice que se conoce el costo de inversión final de un proyecto recién cuando se lo ha concluido y se lo ha puesto en marcha.

Entre tanto, los costos de inversión y de operación y conservación en la evaluación deben ser consideradas como variables aleatorias. Esta aleatoriedad estará, a su vez, determinada por el mismo carácter aleatorio de las variables básicas como ser los insumos, los rendimientos de la mano de obra y los equipos, rango de precisión de los volúmenes de obra, etc.

Además de las incertidumbres asociadas físicamente al proyecto se tienen otro grupo de incertidumbres relacionado con el comportamiento del mercado del transporte, proyección de la demanda, valor del tiempo, elasticidades, etc. Esta situación es ilustrada en la figura 2.6

FIGURA 2.6 INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DEL VAN



En resumen, podemos decir que la evaluación bajo incertidumbre exige considerar el carácter aleatorio de las variables seleccionadas para determinar los resultados del proyecto, y en lugar de obtener un valor determinista del VAN del proyecto, se obtiene una distribución de probabilidad del mismo (un rango de valores posibles y las probabilidades de que dichos valores ocurran).

Cada una de estas fuentes de incertidumbre tiene un impacto diferente sobre los posibles valores finales del VAN de un proyecto. Por ello, y ante la imposibilidad de conocer con certeza todas y cada una de las variables aleatorias implicadas en un proyecto, resulta necesario seguir un proceso riguroso de modelización de la incertidumbre y análisis del riesgo que permita centrar los esfuerzos de análisis en aquellos elementos cuyo efecto relativo es mayor.

2.7.2. MODELIZACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Las principales etapas en un proceso formal de modelización de la incertidumbre y análisis del riesgo de un proyecto de inversión son las siguientes:

- Planteamiento formal del Modelo
- Selección de las variables aleatorias
- Modelización de las distribuciones de probabilidad.
- Simulación de posibles resultados del proyecto.

2.7.2.1. Planteamiento Formal del Modelo

Los componentes del modelo son las variables que aparecen en las expresiones de los VANs, consideradas ahora como variables aleatorias. Las relaciones fundamentales no cambian, lo que cambia ahora es el carácter aleatorio de cada variable. Cada una de las variables depende, a su vez, de otras variables de menor jerarquía que deben ser modeladas aleatoriamente, definiéndose la función de densidad de probabilidad que mejor se adecue para representar el comportamiento real de variable. Por ejemplo, para estudiar el costo de inversión como variable aleatoria, debemos conocer la función de densidad de probabilidad de los componentes básicos del costo directo. Estos comportamientos serán transmitidos a los precios unitarios según las relaciones funcionales conocidas. Los precios unitarios a su vez serán multiplicados por los volúmenes de obra estimados, para los cuales se adopta también una función de densidad relacionado directamente con el grado de conocimiento y detalla de diseño del componente de obra.

La estructura jerárquica a ser concebida debe ser tan simple como sea posible y simultáneamente satisfacer la exigencia de modelar la realidad adecuadamente mediante la utilización de todos los valores que razonablemente se espera que tomen las variables relevantes así como sus respectivas probabilidades de ocurrencia. De esta manera se podrá predecir los flujos de beneficios y costos en el perfil cronológico del proyecto y finalmente obtener la función de densidad de probabilidad de los VANs .

El grado de desagregación de la demanda (por tramos, por tipos de viajeros, etc.) dependerá siempre de la calidad de la información y de la importancia relativa de estos componentes en la evaluación.

Aparte del costo de inversión como variable principal se elige normalmente también como variables principales los costos operativos anuales fijos y variables del parque automotor, la demanda desviada y generada y el valor del tiempo, aunque las especificidades del proyecto también suelen afectar a la elección de las variables relevantes.

2.7.2.2. Selección de las Variables Aleatorias a Modelar

Normalmente, la rentabilidad social de un proyecto estándar está determinada por:

- la variabilidad asociada a los costos de inversión debido a la magnitud y a la ubicación al inicio del perfil cronológico
- el rango en el que se sitúa el valor del tiempo
- por el valor inicial de la demanda y
- Por la tasa esperada de crecimiento durante la vida del proyecto.

Dentro del conjunto de variables que determinan la rentabilidad del proyecto, deben elegirse sólo aquellas que, además de ser probable que cambien, si lo hiciesen modificarían significativamente los resultados del proyecto. Podrían excluirse, por tanto, las variables que cumplieran una de las dos condiciones siguientes:

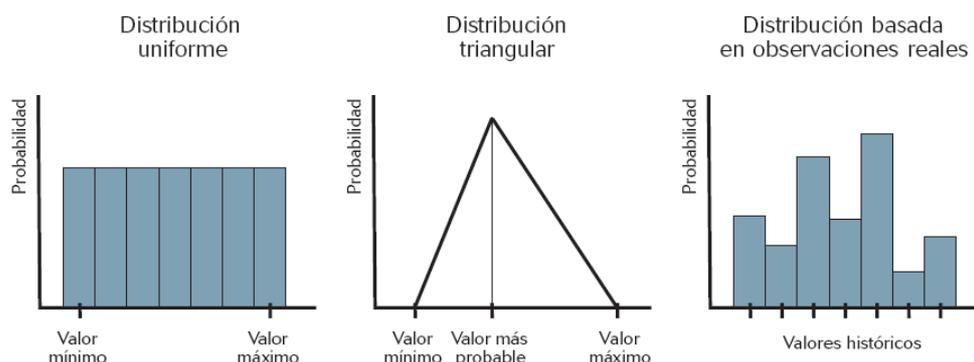
- Variables que tienen alto impacto si cambian, pero es improbable que cambien, y
- Variables que es muy probable que cambien, pero si lo hacen su impacto no es significativo.

La razón para preocuparse de reducir tanto como se pueda el número de variables que se incluirán en el análisis de riesgo radica en que, cuantas más variables se incluyan, es más difícil que se puedan establecer las correlaciones existentes entre las distintas variables y por tanto, es más probable que se generen resultados inconsistentes una vez que se hagan las simulaciones aleatorias. Además, reducir el número de variables permite concentrar el esfuerzo de la evaluación en los supuestos que se van a emplear y en la modelización que se realice sobre el comportamiento de las variables elegidas.

2.7.2.3. Distribuciones de Probabilidad para las Variables de Riesgo

En función de la información disponible, se asigna a cada variable o parámetro aleatorio una función de densidad de probabilidad. Por ejemplo, cuando solo se conoce los valores límites de una variable se podrá adoptar una distribución uniforme, si se tiene certeza sobre el valor más probable podremos adoptar una distribución triangular. Si se tiene una serie grande de valores y se construye un histograma se podrá ajustar la mejor función de densidad de probabilidad, se podrá adoptar funciones truncadas o asimétricas. Estas funciones son mostradas en la figura 2.7 El evaluador deberá acudir al mejor juicio para la elección de las funciones de densidad de probabilidad.

FIGURA 2.7 FUNCIONES DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD POSIBLES



La elección del rango y del tipo de función de probabilidad es un ejercicio de predicción del futuro que se basa tanto en los datos del pasado, como en nuestra visión de cómo creemos que será el futuro.

2.7.2.4. Simulación de los Resultados del Proyecto

Una vez definidas las funciones de densidad de probabilidad de las variables aleatorias seleccionadas que afectan al proyecto, se procede al cálculo del VAN con la ayuda de algún programa de simulación, basado en los números aleatorios (método de Monte Carlo⁸). El número de veces que se hace una simula

⁸ Se trata de un método de evaluación de inversiones en condiciones de riesgo (que también es usado en muchos otros campos de la ciencia. El método de Monte Carlo consiste en reemplazar el universo real de datos por el universo teórico, descrito por una ley de probabilidad adecuada, obteniendo una muestra de la población teórica mediante una sucesión de números aleatorios. El método se aplica de la siguiente manera:

1. Especificada la función de probabilidad $f(x)$ del universo teórico, se representa gráficamente la función acumulativa de probabilidad.

$$y = F_{(x)} = \int_{-\infty}^x f(u) du$$

2. Se elige al azar un número entre 0 y 1, con tantos decimales como se quiera.
3. Dicho número se lleva al eje de ordenadas y se proyecta hasta que corte a la función $F(x)$.
4. El valor de abscisas correspondiente al punto de intersección es el primer valor de la muestra artificial o simulada.
5. Repitiendo el experimento se podrá obtener el número deseado de valores muestrales.

el cálculo del VAN deberá ser lo suficientemente grande como para garantizar un análisis estadísticamente riguroso de la nueva variable aleatoria: VAN. En cada simulación las variables consideradas principales conservan el valor inicial asignado al inicio de la simulación.

Al final del proceso de simulación se obtiene la función de densidad de probabilidad para el VAN de cuyo análisis dependerá la decisión que se tome sobre el proyecto.

2.7.3. CRITERIOS DE TOMA DE DECISIÓN CON INCERTIDUMBRE

El resultado de la aplicación del programa de simulación es presentado como un histograma normal (función de densidad de probabilidad) y un histograma acumulado (probabilidad acumulada) del VAN del proyecto. El análisis de estos dos gráficos permitirá la toma de decisión respecto al rechazo o aceptación del proyecto.

El VAN del proyecto no es ahora una cifra única a la que se le concede mayor o menor significación según la experiencia del evaluador respecto a la magnitud del riesgo que podría tener el proyecto. Ahora, disponemos de una función de densidad de probabilidad y una probabilidad acumulada de los resultados del proyecto, lo que permite tomar una decisión más fundamentada.

En el caso de la decisión sin incertidumbre, definitivamente no se conoce la magnitud del riesgo y pero aun, las posibles magnitudes y probabilidades de ocurrencia del cambio de costos, tiempos de ejecución, etc. Por tanto, el peligro de tomar una decisión equivocada disminuye tras un análisis de riesgo bien planteado.

Cuando la decisión se refiere a elegir qué proyecto de inversión debe realizarse, ésta debe formularse teniendo en cuenta si existen o no otros proyectos alternativos (consideramos como proyecto alternativo, el retrasar el proyecto objeto de evaluación).

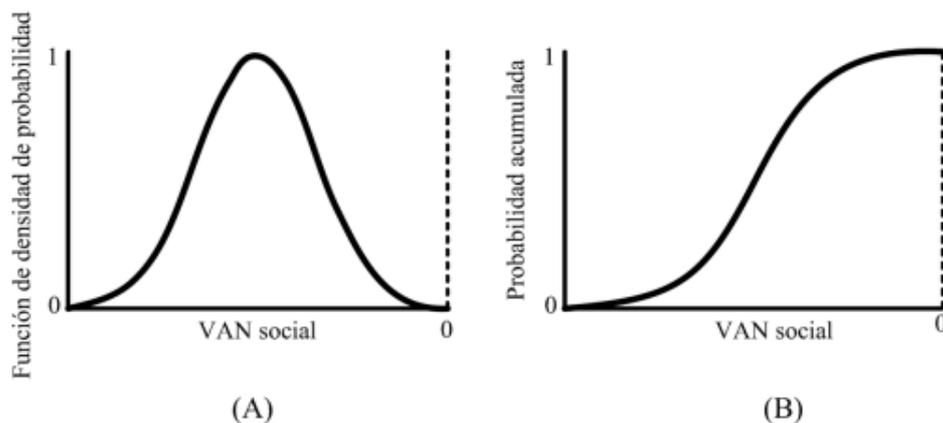
2.7.3.1. Criterios para Decidir sobre un Único Proyecto:

Caso 1: Rechazar siempre el proyecto

Cuando se evalúa un único proyecto y la decisión consiste en decidir si éste se lleva a cabo o no, una primera posibilidad (**Caso 1**) es que el proyecto deba ser rechazado siempre. Esto ocurre cuando la distribución de probabilidad del VAN social está situada a la izquierda del punto donde $VANs = 0$, y por tanto el valor más alto posible que podría alcanzar el VAN social es siempre menor que cero. No es necesario evaluar el VAN financiero.

Este caso se representa en la figura 2.8, donde el panel izquierdo corresponde a la probabilidad acumulada y el derecho a la función de densidad de probabilidad.

FIGURA 2.8 CASO 1: RECHAZAR SIEMPRE EL PROYECTO

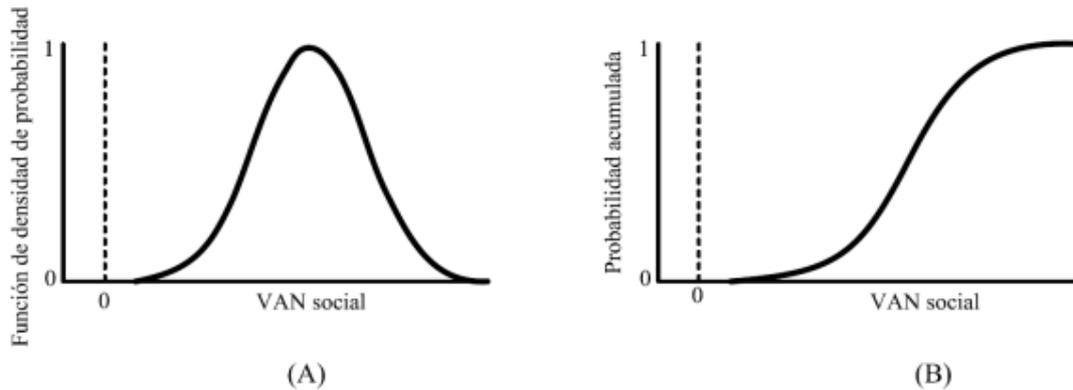


Caso 2: Aceptación condicionada.

Este método necesita un número grande de observaciones para tener validez estadística, con lo que sólo puede realizarse mediante un programa de computador.

Una segunda posibilidad (Caso 2) se presenta cuando la distribución de probabilidad del VAN social está situada totalmente a la derecha del punto donde el VAN=0, por lo que el valor más bajo posible que podría alcanzar el VAN social del proyecto es siempre positivo.

FIGURA 2.9. CASO 2: ACEPTACIÓN CONDICIONADA.



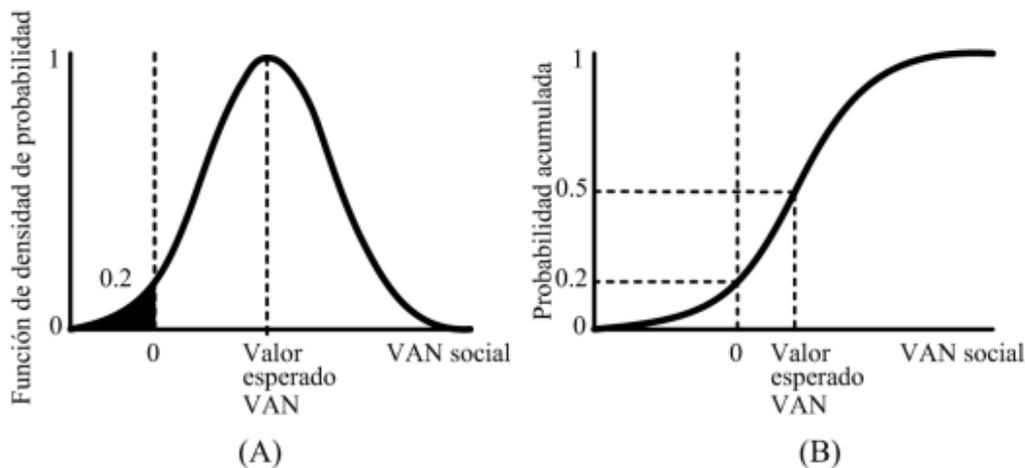
Sin embargo, esto no significa necesariamente que el proyecto deba realizarse: sólo si el VAN financiero es igual o mayor que cero, el proyecto debe ser aceptado. En la práctica, el VAN financiero es también una variable aleatoria con su correspondiente función de densidad de probabilidad. Para simplificar el análisis el VAN financiero se trata en esta sección como una variable determinista. No obstante, en casos más complejos, y probablemente menos frecuentes, habría que considerar de manera explícita la distribución de probabilidad del VAN financiero. Si el VAN financiero fuera menor que cero y existieran restricciones presupuestarias deberían examinarse otras políticas de precios o de nivel de servicio.

Caso 3: Aceptar, rechazar o revisar

Cuando la distribución de probabilidad del VAN social sitúa su valor más bajo posible por debajo de cero y el valor más alto posible es positivo, la decisión se basa en el valor esperado del VAN social que puede ser positivo o negativo, y en la probabilidad de que dicho VAN pueda tomar valores negativos.

Si el valor esperado del VAN social es positivo y el VAN financiero es igual o mayor que cero, debe aceptarse el proyecto si se considera que la probabilidad acumulada de los valores negativos (sombreada en la **Figura 2.10**) es razonablemente baja. De nuevo, si el VAN financiero es negativo y existen restricciones presupuestarias deberían examinarse otras políticas de precios.

FIGURA 2.10 CASO 3: ACEPTAR, RECHAZAR O REVISAR



Podría afirmarse que con un valor esperado del VAN social positivo, el proyecto debería realizarse; sin embargo si la probabilidad de ocurrencia de valores negativos del VAN alcanza un valor alto, de acuerdo con el criterio de la agencia pública responsable, puede ser razonable replantearse el proyecto.

Supongamos, por ejemplo, que tal como refleja la Figura 2.10 los valores negativos del VAN pueden ocurrir con una probabilidad del 20%. Aunque, tal y como muestra dicha representación gráfica, el VAN

esperado es positivo, la agencia responsable puede considerar razonable no ignorar la información complementaria que la función de probabilidad ofrece sobre el riesgo del proyecto, y estudiar la manera de reducirlo mediante más información, la modificación de la política de precios y nivel de servicio, la utilización de contratos adecuados, etc. con el fin de reducir la probabilidad de los valores negativos del VAN.

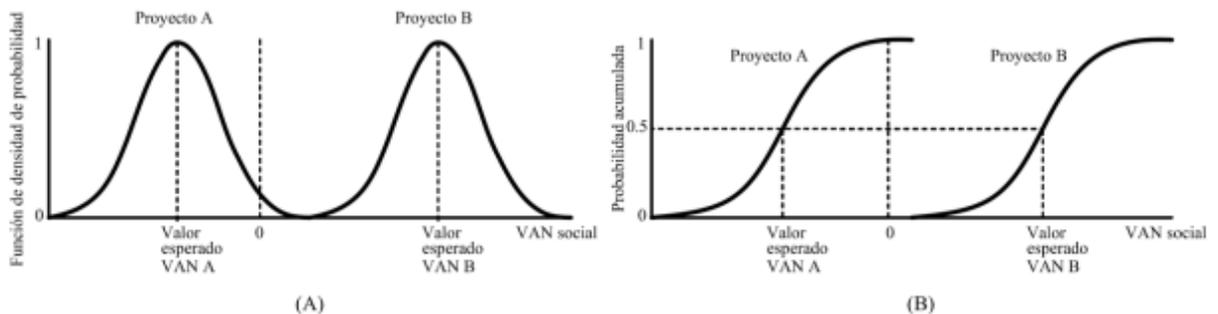
2.7.3.2. Decidir entre dos (o más) proyectos

También podría tratarse del mismo proyecto, pero con distintas políticas de precios o niveles de inversión.

Caso 4: Un proyecto siempre es mejor

Cuando la decisión consiste en elegir entre proyectos alternativos, por ejemplo, **A** y **B**, una primera y sencilla posibilidad sería que uno de los proyectos siempre resultase mejor (o peor) que otros. Eso ocurre por ejemplo en el Caso 4, cuando las correspondientes distribuciones de probabilidad no se cruzan en ningún punto y una de ellas es claramente preferible a la otra. En la Figura 2.11, por ejemplo, se observa que la distribución del VAN social del proyecto **B** toma siempre valores más altos que la del proyecto **A**. Sin embargo, ello no significa automáticamente que el proyecto deba realizarse (se requiere además un VAN financiero positivo).

FIGURA 2.11 CASO 4: UN PROYECTO SIEMPRE ES MEJOR

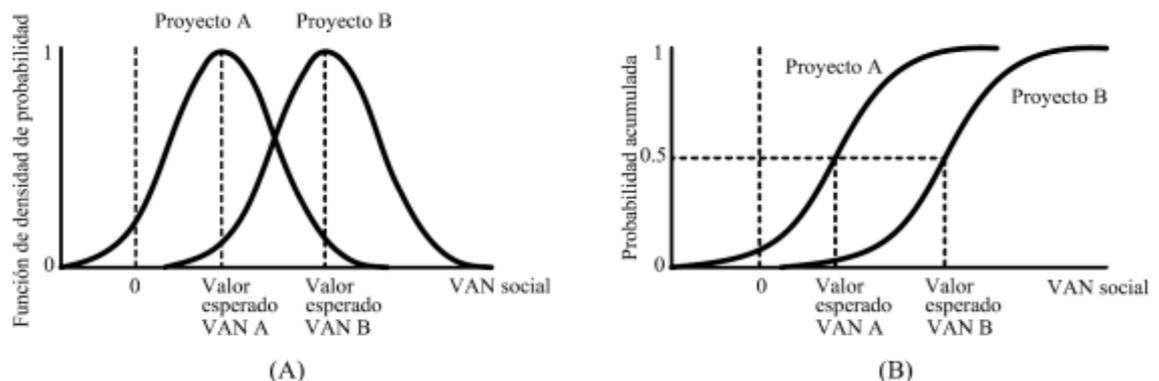


En el caso en que el proyecto **B** tuviese un VAN financiero negativo, es aplicable lo expuesto en el Caso 2, relativo a la reconsideración de políticas de precios y nivel de servicio que mejoran el VAN financiero reduciendo el VAN social, cuando la restricción presupuestaria no permite la aprobación del proyecto basada en el VAN social exclusivamente.

Caso 5. La selección depende del resultado financiero y del riesgo

En otras ocasiones, aunque las distribuciones de probabilidad acumulada de ambos proyectos no se crucen, sí lo hacen las funciones de densidad. Ahora (Caso 5) la elección dependerá del VAN financiero de ambos proyectos. Si el VAN financiero es positivo en ambos, debe elegirse el proyecto que tenga un VAN social esperado mayor (el B en la Figura 2.12).

FIGURA 2.12 CASO 5. LA SELECCIÓN DEPENDE DEL RESULTADO FINANCIERO...Y DEL RIESGO



Si el VAN financiero es negativo en ambos proyectos y existen restricciones presupuestarias deben examinarse otras políticas de precios. Si el VAN financiero del proyecto **A** es mayor que cero y el de **B** es

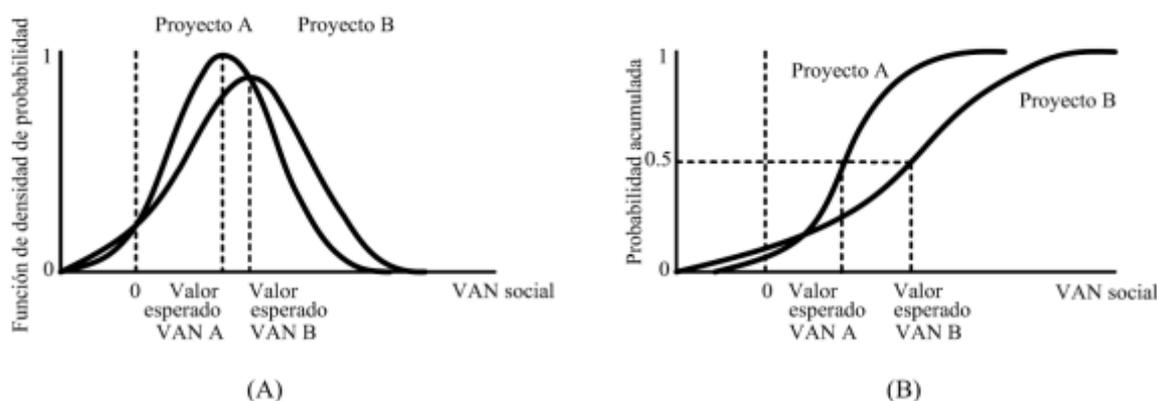
menor que cero, debe elegirse el **A** si la disponibilidad de fondos no permite elegir el de mayor VAN social esperado, y el riesgo asociado al proyecto **A** no se considera un problema (en el caso representado en la Figura 2.12 la probabilidad de valores negativos del VAN social es muy baja).

Caso 6: La selección depende del riesgo y del resultado financiero

Finalmente, cuando se tiene que decidir entre los proyectos A y B, y sus distribuciones de probabilidad acumulada de ambos se cortan, la elección también dependerá del VAN financiero de ambos proyectos y del riesgo asociado a los mismos:

- Si el VAN financiero es positivo en ambos casos, debe elegirse el que tenga un VAN social esperado mayor
- (el B en la Figura 2.13) a menos que la mayor variabilidad del proyecto **B** aconseje decantarse por un proyecto de menor VAN pero menos arriesgado.
- Si el VAN financiero es negativo en **A** y **B** y existen restricciones presupuestarias deben examinarse otras políticas de precios y nivel de servicio.
- Si el VAN financiero del proyecto **A** es mayor que cero y el de **B** es menor que cero, debe elegirse el A si la disponibilidad de fondos no permite elegir el de mayor VAN social esperado. Este criterio se ve reforzado si el riesgo asociado al proyecto A es menor, como ocurre en el caso representado gráficamente.

FIGURA 2.13 CASO 6: LA SELECCIÓN DEPENDE DEL RIESGO Y DEL RESULTADO FINANCIERO



En el caso representado en la **Figura 2.13**, la elección del proyecto de mayor VAN social esperado (B) tiene asociado un mayor riesgo que el proyecto de menor VAN social esperado (A). Si el decisor es neutral al riesgo, la elección del proyecto B (mayor valor esperado pero mayor variabilidad) es el criterio de decisión, pero si la agencia no desea asumir la mayor probabilidad de obtener un VAN social negativo en **B** habría que examinar con más detenimiento la naturaleza del riesgo de estos proyectos

2.7.4. LA DECISIÓN DE RETRASAR UN PROYECTO

Retrasar el inicio de la construcción de un proyecto, con VAN social y VAN financiero positivos, puede ser en algunos casos ventajoso y socialmente rentable. Este es el caso cuando se espera un crecimiento extraordinario de la demanda y el beneficio social derivado de atender la demanda del primer año no compensa el costo de oportunidad de los recursos necesarios.

Si se retrasa el proyecto se pierde el beneficio del primer año después de la puesta en marcha del proyecto y se gana el beneficio social por la prolongación del proyecto en un año (BT_{+1}) y se ahorra el interés sobre el valor de la inversión del primer año de construcción. Este ahorro es considerado como un beneficio porque no es necesario desembolsar los intereses. Si la suma de estos dos conceptos es mayor que el beneficio perdido del primer año después de la puesta en marcha del proyecto, es conveniente esperar.

$$\frac{i_s C_1}{(1 + i_s)} + \frac{B_{T+1}}{(1 + i_s)^{T+1}} > \frac{B_{T_0+1}}{(1 + i_s)}$$

Suponiendo que el beneficio en el año $T+1$, una vez descontado, no es despreciable, la expresión líneas arriba se reduce a:

$$\frac{B_{T_{0+1}}}{C_1} < i_s$$

Donde, $B_{T_{0+1}}/C_1$ es la tasa de rentabilidad de la inversión en el primer año. Si dicha tasa es menor que la tasa social de descuento i_s , es preferible retrasar en un año la aprobación del proyecto.

A veces retrasar un proyecto revela información valiosa y el valor de dicha información se pierde cuando se realiza la inversión en el presente. Cuando la inversión es irreversible, la demanda está sujeta a incertidumbre y la decisión de invertir puede retrasarse, existe un coste de oportunidad de realizar la inversión en el presente.

Si la opción de retrasar revela información adicional, el invertir hoy supone perder el valor económico de dicha información que se revela esperando, y por tanto debe incluirse como costo en el cálculo del VAN.

La utilización del VAN supone de manera implícita que, o bien la inversión es reversible y que por tanto cabe rectificar si las expectativas de demanda y costos no son favorables; o bien, que siendo irreversible la opción de retrasar no es factible porque la decisión o se toma en el presente o nunca.

Cuando existe incertidumbre, la inversión es irreversible y podemos retrasar, la regla de decisión que utilizamos para aceptar o rechazar un proyecto ($VAN > 0$) sigue siendo válida siempre que se incluya en los costos el costo de oportunidad que supone invertir en el presente cuando posponer la inversión revela información con valor económico.

3. CALCULO DEL CAMBIO DEL BIENESTAR SOCIAL

El VANS, definido en el capítulo 2 y calculado considerando los costos de oportunidad social, significa simplemente el cambio en el bienestar social de la nación producido por la ejecución del proyecto. Los criterios de selección o elegibilidad de proyectos (acápito 2.6) establecen que un proyecto con VANS mayor a 0 es elegible, lo que significa que tiene como un resultado final una mejora del bienestar social, sin importar los agentes que puedan ser beneficiados.

Para calcular este cambio en el bienestar social se tiene la necesidad de identificar, cuantificar y valorar de una manera precisa los diferentes efectos positivos y negativos del proyecto para la sociedad.

Para la determinación de los equilibrios del mercado (sin o con proyecto) se tienen dos aproximaciones o formas de análisis:

1. Estimar la asignación de recursos productivos asociados a la actividad realizada por los agentes participantes en el Mercado (productores, usuarios, contribuyentes, resto de la sociedad), o
2. Determinan los cambios del excedente para los diferentes agentes al pasar del equilibrio sin proyecto al equilibrio con proyecto. La suma de los excedentes netos para cada uno de los agentes asociados al reparto de rentas que se produce como consecuencia de dicha asignación de recursos al proyecto es el cambio en el bienestar social.

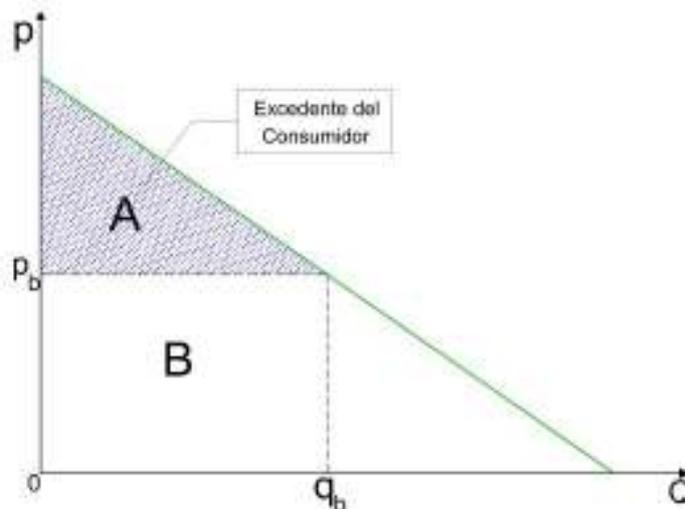
Los dos enfoques son equivalentes. En Bolivia los evaluadores están familiarizados con el enfoque de los excedentes. Consecuentemente, se discutirá a continuación solamente este enfoque.

3.1. EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR

En el marco de la microeconomía una curva de demanda equivale a la disposición a pagar por parte de un individuo por un determinado bien o servicio.

Esta curva de demanda es la relación funcional entre el máximo precio que un individuo está dispuesto a pagar o erogar por una cantidad específica del bien o servicio. Una representación gráfica de $p = f(Q)$ es mostrada en la figura 3.1.

FIGURA 3.1. DISPOSICIÓN A PAGAR



Para comprender correctamente el concepto de excedente del consumidor es necesario definir los conceptos de valor y precio. El valor de un bien o servicio es lo máximo que se está dispuesto a pagar por dicho bien o servicio, mientras que el precio del mismo bien o servicio es lo que se cobra en el mercado por su consumo o adquisición. El precio no coincide con la valoración de cada unidad del bien por parte de los individuos, excepto para la última unidad producida, es decir, todas las cantidades o la izquierda de q_b se valoran por encima del precio de venta p_b , los individuos están dispuestos a pagar por cada unidad más de los que indica el precio de mercado. La suma total que están dispuestos a pagar los individuos,

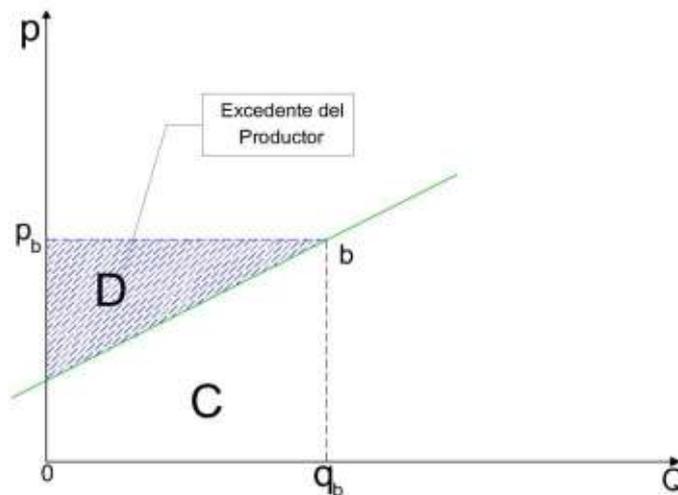
sería la sumatoria del producto de cada unidad incremental por el precio correspondiente según la curva de demanda o disponibilidad a pagar. Esta sumatoria es la superficie acotada por la curva de la demanda entre las cantidades 0 y q_b (sumatoria de las superficies A + B), sin embargo, lo que se paga efectivamente es el precio de la última unidad (p_b) por la cantidad correspondiente q_b . La diferencia entre la suma total que están dispuestos a pagar y lo efectivamente pagado es definida como el excedente del consumidor (representado por la superficie A en la figura 3.1.)

Esta suma es un “beneficio” porque el consumidor debería pagar (A+B) y solamente paga B, entonces se beneficia con la suma de A, que podrá destinar para la satisfacción de otra necesidad incrementando así el bienestar. Agregando los beneficios individuales correspondientes a cada miembro, se obtiene el bienestar social del agente “consumidores” (usuarios).

3.2. EXCEDENTE DEL PRODUCTOR

De manera análoga se tiene una curva de oferta (figura 3.2.) donde la suma a ser recibida por el productor sería la superficie C. Sin embargo, lo que recibe el productor por la venta de la cantidad q_b al precio de p_b es $p_b \cdot q_b$ (superficie D + C). El excedente de productor es claramente la superficie D.

FIGURA 3.2. EXCEDENTE DEL PRODUCTOR



3.3. CALCULO DE EXCEDENTE SOCIAL

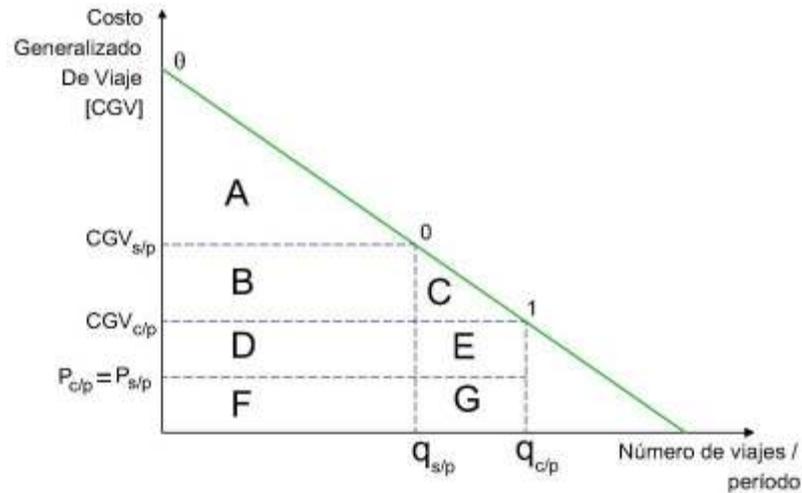
Tal como se ha definido en el capítulo 2, los miembros de la comunidad a favor del proyecto vial evaluado, son estudiados en grupos denominados agentes. La sumatoria de los cambios de los excedentes de cada grupo es considerada el cambio neto de la sociedad en su conjunto. Para efectos de cálculo del excedente social E_s se consideran (Gines de Rus) cuatro agentes sociales: usuarios, productores, contribuyentes y el resto de la sociedad, más el excedente generado en otros mercados con efecto siendo E_s la sumatoria de los cambios de los excedentes de cada grupo,

$$\Delta E_s = \Delta E_u + \Delta E_p + \Delta E_c + \Delta E_{rs} + \Delta E_{in} \quad [3.1]$$

3.3.1. EXCEDENTE DE LOS USUARIOS

Este excedente está directamente relacionado con la curva de demanda o “disposición a pagar” de los usuarios

FIGURA 3.3. DETERMINACIÓN DE LOS EXCEDENTES



En este Manual se entiende por Costo Generalizado de Viaje CGV la sumatoria de los costos monetarios y los costos de tiempo asociado a cada viaje⁹.

La situación inicial de equilibrio está representada por el punto O, siendo el excedente asociado la superficie A, tal como se muestra en la figura 3.3. Este excedente de la situación de equilibrio sin proyecto es expresado por:

$$E_{u,s/p} = \frac{1}{2}(\theta - CGV_{s/p}) \cdot q_{s/p} \quad [3.2]$$

El nuevo equilibrio con proyecto estaba representado por el punto 1; resultando un excedente de los usuarios representado por la sumatoria de las áreas A, B y C, e igual a:

$$E_{u,c/p} = \frac{1}{2}(\theta - CGV_{c/p}) \cdot q_{c/p} \quad [3.3]$$

El cambio del excedente de los usuarios generado por el proyecto es la diferencia de los excedentes correspondientes a los casos "con proyecto" y "sin proyecto", es decir la sumatoria de las áreas B y C

$$\Delta E_u = \frac{1}{2}(CGV_{s/p} - CGV_{c/p}) \cdot (q_{s/p} + q_{c/p}) \quad [3.4]$$

Este excedente de los usuarios es atribuible al efecto de la reducción del precio para los usuarios (área B) y el generado por los nuevos usuarios que harán uso de la carretera (área C), La ecuación 3.4 es conocida como "regla de la mitad"

3.3.2. EXCEDENTE DE LOS PRODUCTORES

El excedente de los productores es definido como la diferencia de los ingresos totales y los costos de las empresas responsables por la construcción y explotación de la infraestructura y servicios de transporte. Designando con p , el importe pagado por el usuario por cada viaje, el excedente del productor para el caso "sin proyecto" será:

$$E_{p,s/p} = p_{s/p} q_{s/p} - C_{s/p} \quad [3.5]$$

y para el caso "con proyecto":

$$E_{p,c/p} = p_{c/p} q_{c/p} - C_{c/p} \quad [3.6]$$

⁹ De manera específica los costos generalizados de viaje incluyen las siguientes variables: $[p]$ que es el importe pagado por el usuario por cada viaje a un transportista por concepto de pasaje, peaje, flete, etc, $[v]$ el costo de oportunidad del tiempo, $[w]$ impuestos y subvenciones unitarias, $[z]$ coste medio (por viaje) de operación y mantenimiento del vehículo propio y $[U]$ calidad de los servicios.

En una situación hipotética extrema, donde prácticamente no existan servicios de transporte, los costos generalizados de transporte máximos se expresan por: $\theta = p + v_t + w + z + U$

El cambio del excedente de los productores como efecto del proyecto será la diferencia entre los excedentes netos considerando los dos casos sin y con proyecto

$$\Delta E_{p,1} = (p_{c/p}q_{c/p} - p_{s/p}q_{s/p}) - (C_{c/p} - C_{s/p}) \quad [3.7]$$

El cálculo de ΔE_p debe ser ejecutado considerando los costos de oportunidad. En el caso de suponer un valor constante para p el del productor es el área G de la figura 3.3.

Aparte del excedente del productor ΔE_p (área G), se tiene un excedente del productor adicional debido a la diferencia de valores entre $CGV_{c/p}$ y el importe p , representado por el área E en la figura 3.3

$$\Delta E_{p,2} = p(q_{c/p} - q_{s/p}) \quad [3.8]$$

Resumiendo hasta el momento, el cambio en los excedentes de los usuarios y los productores es representado por las áreas B, C, E, y G en la figura 3.3

3.3.3. EXCEDENTES DE LOS CONTRIBUYENTES

En una economía caracterizada por un sistema de redistribución de los excedentes económicos a través de un sistema de impuestos y de subvenciones, se define el excedente de los contribuyentes como la diferencia entre los ingresos recaudados como impuestos y los gastos como pago de subvenciones. Los impuestos y subvenciones pueden expresarse como un impuesto neto unitario por cada viaje realizado Ψ . Entonces, el cambio en el excedente de los contribuyentes originados por un proyecto vial es igual a:

$$\Delta E_c = \psi_{c/p}q_{c/p} - \psi_{s/p}q_{s/p} \quad [3.9]$$

3.3.4. EXCEDENTE DEL RESTO DE LA SOCIEDAD

El cambio de este excedente es difícil de identificar, cuantificar y valorar porque corresponde generalmente a bienes para los que no hay mercado, son propiedades comunes o son invaluable como es la vida humana. Sin embargo, existen metodologías para hacer una estimación del valor monetario.

Este cambio podemos definirlo como un costo unitario S que puede ser una función de variables socioeconómicas y del volumen de tráfico, o del número de viajes por periodo. Entonces, el cambio del excedente del resto de la sociedad y se puede expresar como:

$$\Delta E_{rs} = S_{c/p}q_{c/p} - S_{s/p}q_{s/p} \quad [3.10]$$

3.3.5. CAMBIOS DE EXCEDENTES EN OTROS MERCADOS

Estos cambios, debido a efectos indirectos, son normalmente representados por los cambios que pueden darse en las modificaciones de las cantidades sin proyecto ($q_{s/p}^i$) y con proyecto ($q_{c/p}^i$) considerado la distorsión que genera el proyecto en los otros mercados, medido como la diferencia entre el precio y el costo marginal, definido como (I_i). Para los posibles n mercados afectados (ej.: mercado del turismo, educación, etc.) se tendrá un cambio de excedente atribuible al proyecto igual a

$$\Delta E_{in} = \sum_i^n I_i(q_{c/p}^i - q_{s/p}^i)$$

3.4. BENEFICIOS SOCIALES DEL PROYECTO

El cambio total de bienestar social de un proyecto carretero, considerando un horizonte de proyección T es igual al Valor Actual Neto Social **VAN_s**, desarrollado en el capítulo 2 (ecuación 2.5.). Esto significa que el beneficio social (BS), es la sumatoria de los cambios de excedentes de los diferentes agentes, incluyendo los cambios en otros mercados y excluyendo los costos de inversión, operación y conservación considerados en el cambio del excedente de los productores.

Los Beneficios Sociales (BS) para el año t son:

$$\begin{aligned}
 BS_t = & \frac{1}{2} (CGV_{s/p} - CGV_{c/p})_t (q_{s/p} + q_{c/p})_t + (p_{c/p} q_{c/p} - p_{s/p} q_{s/p})_t + \dots \\
 & \dots + p_t (q_{c/p} - q_{s/p})_t + (\psi_{c/p} q_{c/p} - \psi_{s/p} q_{s/p})_t + \dots \\
 & \dots + [(S_{c/p} q_{c/p}) - (S_{s/p} q_{s/p})] + \sum_i^n I_i (q_{c/p}^i - q_{s/p}^i)
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$

De la expresión (3.11) queda claro que para cada año del horizonte de proyección se deben considerar y calcular las diferentes variables sin proyecto y con proyecto.

4. INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA EVALUACIÓN.

4.1. METODOLOGÍA DE ACOPIO DE DATOS.

Para efectos de evaluación de un proyecto vial es importante destacar la importancia de los datos que servirán para la evaluación. Si partimos del hecho de que el enfoque adoptado corresponde al del Excedente del Consumidor, el tráfico se convierte en un insumo fundamental.

En tal sentido, a continuación se hace una descripción de los alcances mínimos que se debe considerar par el levantamiento de información de tráfico (tanto de fuente primaria como de fuente secundaria)

Tomando en cuenta el Reglamento Básico de Pre Inversión (Resolución Ministerial No. 29/2007 - La Paz, 26 de febrero de 2007), Se pone en antecedente que tanto para el E.I. como para el TESA, la información que se requerirá provendrá de fuente primaria, es decir se debe realizar el correspondiente trabajo de levantamiento de información de campo, por tanto, se asume que tanto para el E.I. como para el TESA debe contemplar los mismos criterios de recopilación.

En el E.I. la información levantada servirá para la selección de la alternativa más adecuada. En el caso del TESA la información recabada servirá para verificar los datos del E.I. y para el diseño final de la alternativa escogida con anterioridad en el E.I.

Esto es de vital importancia ya que el Estudio de Tráfico se enfoca básicamente de la sistematización y procesamiento de la información recabada. Se entiende que la diferencia en el nivel de detalle es mínima o inexistente entre ambas instancias.

4.1.1. PREPARACIÓN DEL ESTUDIO DE TRÁFICO.

Las actividades que comprende esta fase son:

- Elaboración de formularios de encuesta y conteo
- Preparación de manuales
- Contratación del personal
- Entrenamiento del personal

Para estas tareas se seleccionarán aforadores y encuestadores que tengan en lo posible un buen conocimiento de la región. Las encuestas serán supervisadas constantemente por personal con probada experiencia en esta actividad.

Para el estudio se elaborará formularios de encuesta apropiados. Todo este trabajo será supervisado por personal que ha tenido experiencia previa en este tipo de tareas.

4.1.2. TRABAJO DE CAMPO [ESTUDIO DE TRÁFICO]

El objeto de un estudio de tráfico es el de poder proyectar la demanda que tendrá la carretera sí es que se ejecuta el proyecto. Como parte del estudio se debe tipificar dicho tráfico en tráfico normal, tráfico generado y tráfico desviado.

El tráfico normal es el que ya existe en la carretera y que permanecerá en ella aún cuando no se ejecute el proyecto. El tráfico generado es el que se produce por efecto de la ejecución del proyecto y que no existía previamente. El tráfico desviado es el existente en otras vías alternativas (o modos alternativos) que es atraído a la carretera por los mejoramientos que se hagan en ella como consecuencia del proyecto.

Previa a la proyección de los datos, se debe considerar un factor de estacionalidad, el cual permita expandir los datos al año entero, es decir que, sobre la base de información histórica del propio flujo vehicular o de rutas complementarias o en su defecto de actividades económicas directamente relacionadas con el tráfico, se deberá estimar un factor que normalice los datos al promedio anual.

Para proyectar el tráfico normal se realizarán encuestas de orígenes y destinos y conteos de tráfico. Este tráfico crece con el crecimiento de la economía y para proyectarlo se le aplicarán tasas de crecimiento

indicativas de factores explicativos de su propio crecimiento, tales como su propia tendencia histórica, factores relacionados con el sector transportes o indicadores económicos generales de la región o el país.

En estas encuestas, las variables principales que serán investigadas son: tipo de vehículo, número de ejes, peso vacío, capacidad, tipo de combustible, motivo de viaje, número de personal de conductores y ayudantes, números de pasajeros del vehículo, número de asientos, origen y destino, tipo de carga, peso de la carga, porcentaje de utilización de la capacidad de carga, etc.

El trabajo de campo, que complementará los datos obtenidos en la fase de recopilación de información de fuente secundaria, será realizado en forma específica a través de conteos de tráfico y estudios de origen y destino que se llevarán a cabo en un período de 7 días y 24 horas / día. Los conteos y encuestas se efectuarán en puntos a determinarse en forma conjunta con representantes de la Administradora Boliviana de Carreteras de acuerdo a un análisis e identificación de puntos de cruce y direccionamiento que permita cuantificar el tráfico actual que transcurre en el tramo carretero estudiado.

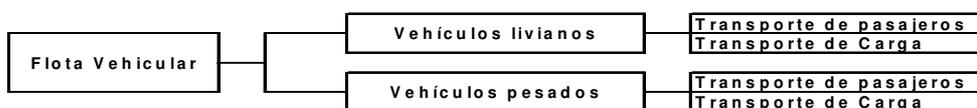
Como parte de esta etapa se efectuará un estudio de velocidades que comprende la estimación de velocidades en los tramos de carretera estudiados con el fin de determinar los ahorros en los tiempos de viaje, por tipo de vehículo y dirección de viaje.

El procesamiento y diagnóstico del tráfico actual comprenderá la zonificación de acuerdo al área de influencia del proyecto, datos que serán procesados en un modelo computarizado para facilitar su análisis.

4.1.3. CONFIGURACIÓN VEHICULAR POR TIPO DE EJES.

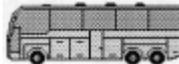
La clasificación vehicular es una ordenación técnico - administrativo de vehículos motorizados que son impulsados de forma mecánica o por electricidad que circulan por la vía pública, en el cual cualquier persona o mercancía puede ser transportada. Consideramos los vehículos livianos y pesados, con una breve descripción de los mismos.

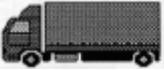
FIGURA 4.1 CLASIFICACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR



La configuración vehicular por tipo de ejes para la flota vehicular que circula por la Red fundamental tiene las siguientes características.

FIGURA 4.2 ENCUESTAS ORIGEN - DESTINO: CONFIGURACIÓN POR TIPO DE EJES.

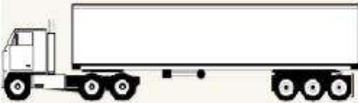
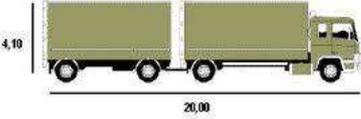
Código	Clase de Vehículo	Gráfico	Descripción
1	Automóviles y vagonetas		Automóviles y vagonetas
2	Camionetas (Hasta 2 toneladas)		Camionetas (Hasta 2 toneladas)
3	Minibuses (Hasta 15 pasajeros)		Minibuses (Hasta 15 pasajeros)
MB	Microbuses (Hasta 21 pasajeros; 2 ejes)		MB-Microbuses (Hasta 21 pasajeros; 2 ejes)
B2	Bus Mediano 		B2-Buses medianos (Hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)
B3	Bus Grande 		B3-Buses grandes (Más de 35 pasajeros; 3 ejes)
C2M	Camión Mediano 		Camión Mediano (De 2.5 - 10 Toneladas) [Nomenclatura por Configuración de ejes: 11]

Código	Clase de Vehículo	Gráfico	Descripción
C2	Camión Grande (2 Ejes) 		Camiones de Eje Simple (Más de 10 Toneladas) <i>[Nomenclatura por Configuración de ejes: 11]</i>
C3	Camión Grande (3 Ejes) 		Camiones de Eje Tándem (Más de 10 toneladas) <i>[Nomenclatura por Configuración de ejes: 12]</i>
CSR	Camión Semi-Remolque 		Camiones con Semi-Remolque [Ver Descripción del Tipo de Camiones]
CR	Camión Remolque 		Camiones con Remolque [Ver Descripción del Tipo de Camiones]
12	Otros Vehículos		Otros vehículos (Tractores, maquinaria de construcción, etc.)
13	Motocicletas		

Fuente: Elaboración propia en base a Requerimientos de la ABC

FIGURA 4.3 CONFIGURACIÓN DE EJES PARA CAMIONES

Encuestas Origen y Destino Tipo de Camiones

CAMIONES CON ACOPLADO	TIPO	CONFIGURACIÓN	NOMENCLATURA
	A		111 
	B		112 
	C		113 
	D	 	121 
	E		122 
	F		123 
	G		1111 
	H		1112 
	I		1211 
	J	 	1212 
	K		11111 

Fuente: Elaboración propia en base a Requerimientos de la ABC

4.1.4. INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.

Para tener información básica (de fuente primaria) correspondiente al tráfico, se realizan fundamentalmente tres actividades: Conteos Vehiculares Clasificados, Encuestas Origen – Destino y Estudio de velocidades. A continuación se tiene una descripción de estas actividades (En estos acápite se sugieren instrumentos tipo para el levantamiento de la información)

4.1.4.1. Conteos Vehiculares Clasificados

La cantidad de vehículos por unidad de tiempo y por tipo (según la figura 4.2) es un dato fundamental. Consecuentemente deberá ser determinado con esmero y el mayor cuidado en un periodo de tiempo continuo de por lo menos una semana

En la siguiente figura se tiene un formulario tipo para llevar a cabo el aforo vehicular (conteo) para una hora completa. Este formulario corresponde a un punto que solo tiene 2 sentidos, el cual podrá ser usado en los trabajos de campo.

FIGURA 4.4 FORMULARIO TIPO PARA AFORO SIMPLE

FORMULARIO DE CAMPO PARA CONTEO DE CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS - SIMPLE

ESTACIÓN: _____ FECHA: _____

CONTADOR: _____ HORA: _____

Cambiar hoja cada hora

NRO.	CLASE DE VEHÍCULOS	SENTIDO DE A - B					TOTAL	SENTIDO DE B - A					TOTAL	
		00:00 a 00:15	00:15 ⁰⁰ a 00:30	00:30 ⁰¹ a 00:45	00:45 ⁰⁰ a 00:60			00:00 a 00:15	00:15 ⁰⁰ a 00:30	00:30 ⁰¹ a 00:45	00:45 ⁰⁰ a 00:60			
1	01. Automóvil, Vagoneta													
2	02. Camionetas													
3	03. Minibus													
4	04. Microbus													
5	05. Bus Mediano													
6	06. Bus Grande													
7	07. Camión Mediano													
8	08. Camión Grande (2 Ejes)													
9	09. Camión Grande (3 Ejes)													
10	10. Camión Semi-Remolque													
11	11. Camión Remolque													
12	12. Otros Vehículos													
13	13. Motocicletas													
TOTAL														

Tipo de Vehículos:

<ul style="list-style-type: none"> 1 Automóviles y vagonetas 2 Camionetas (Hasta 2 toneladas) 3 Minibuses (Hasta 15 pasajeros) 4 MB-Microbuses (Hasta 21 pasajeros; 2 ejes) 5 B2-Buses medianos (Hasta 35 pasajeros; de 2 ejes) 6 B3-Buses grandes (Más de 35 pasajeros; 3 ejes) 7 C2m-Camión Mediano (De 2.5 - 10 Tn. de 2 ejes) 	<ul style="list-style-type: none"> 8 C2-Camiones Grandes (Más de 10 Tn.; de 2 ejes) 9 C3-Camiones Grandes (Más de 10 Tn. de 3ejes) 10 CSR-Camiones Semiremolque 11 CR-Camiones Remolque 12 Otros vehículos (Tractores, Motorveladoras, Retroexcavadoras, etc.) 13 Motocicletas
---	--

Fuente: Elaboración propia en base a Requerimientos de la ABC

4.1.4.2. Encuestas Origen – Destino.

El objetivo de las encuestas de origen/destino es el de recolectar en el terreno aquella información que permitan conocer las terminales del viaje, los movimientos, y otros parámetros que tienen que ver con los hábitos y patrones de los viajes vehiculares preponderantes en la carretera de Estudio.

En cada estación de encuesta: serán efectuadas por el método de entrevista en el costado del camino, para los dos sentidos de circulación del flujo vehicular, en forma paralela y simultánea a los conteos vehiculares. Obligatoriamente en una estación de encuesta se deben efectuar simultáneamente conteos vehiculares. Para la encuesta podrá usarse el formulario tipo mostrado en la figura 4.6

Los orígenes y los destinos de los viajes serán codificados en primer lugar por población y en segundo por zonas. La codificación deberá garantizar la tramificación del flujo vehicular en el tramo del Proyecto.

Deberán establecer y/o complementar la delimitación del área de influencia en la situación sin proyecto y constituirán un dato del Estudio Socioeconómico. Las ubicaciones de las estaciones de encuestas serán cuidadosamente elegidas como para captar los cambios de origen y destino según tipo de vehículo.

FIGURA 4.6 FORMULARIO TIPO PARA ENCUESTA OD

FORMULARIO DE CAMPO Y CODIFICACIÓN PARA LAS CARGAS ENCUESTAS DE ORIGEN Y DESTINO

HOJA: ESTACIÓN: FECHA: ___/___/___ Encuestador: DIA: HORA: _____ A

SEN-TIDO	CLASE DE VEHÍCULO	TIPO CAMIÓN (EJES)	VIAJE		MOTIVO DE VIAJE	PASAJEROS		Nº DE PERSONAL	COM BUS-TIBLE	PESO CAMIÓN VACÍO	CARGA		TIPOS DE CARGA TRANSPORTADAS						Nº DE PLACA	MARCA	MODELO
			ORÍGEN	DESTINO		Nº DE ASIENTOS	PASAJE				CAPACIDAD	TOTAL TRANSPORTADA	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3				
													ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO			
01. Automóvil, Vagoneta 02. Camionetas 03. Minibus 04. Microbus 05. Bus Mediano 06. Bus Grande 07. Camión Mediano 08. Camión Grande (2 Ejes) 09. Camión Grande (3 Ejes) 10. Camión Semi-Remolque 11. Camión Remolque 12. Otros Vehículos 13. Motocicletas	Ciudad ó Pueblo Ciudad ó Pueblo Cerca de: Cerca de:	Ciudad ó Pueblo Ciudad ó Pueblo Cerca de: Cerca de:	Turismo ó Recreo 1 Negocio ó Trabajo 2	Nº DE ASIENTOS PASAJE Nº DE PERSONAL	Nº DE PERSONAL Nº DE PERSONAL Nº DE PERSONAL	COM BUS-TIBLE Diesel 1 Gasolina 2 Gas Nat. 3	PESO CAMIÓN VACÍO PESO CAMIÓN VACÍO PESO CAMIÓN VACÍO	CAPACIDAD CAPACIDAD CAPACIDAD	TOTAL TRANSPORTADA TOTAL TRANSPORTADA TOTAL TRANSPORTADA	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3		Nº DE PLACA	MARCA	MODELO			
										TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3							
										ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO						

SEN-TIDO	CLASE DE VEHÍCULO	TIPO CAMIÓN (EJES)	VIAJE		MOTIVO DE VIAJE	PASAJEROS		Nº DE PERSONAL	COM BUS-TIBLE	PESO CAMIÓN VACÍO	CARGA		TIPOS DE CARGA TRANSPORTADAS						Nº DE PLACA	MARCA	MODELO
			ORÍGEN	DESTINO		Nº DE ASIENTOS	PASAJE				CAPACIDAD	TOTAL TRANSPORTADA	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3				
													ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO			
01. Automóvil, Vagoneta 02. Camionetas 03. Minibus 04. Microbus 05. Bus Mediano 06. Bus Grande 07. Camión Mediano 08. Camión Grande (2 Ejes) 09. Camión Grande (3 Ejes) 10. Camión Semi-Remolque 11. Camión Remolque 12. Otros Vehículos 13. Motocicletas	Ciudad ó Pueblo Ciudad ó Pueblo Cerca de: Cerca de:	Ciudad ó Pueblo Ciudad ó Pueblo Cerca de: Cerca de:	Turismo ó Recreo 1 Negocio ó Trabajo 2	Nº DE ASIENTOS PASAJE Nº DE PERSONAL	Nº DE PERSONAL Nº DE PERSONAL Nº DE PERSONAL	COM BUS-TIBLE Diesel 1 Gasolina 2 Gas Nat.	PESO CAMIÓN VACÍO PESO CAMIÓN VACÍO PESO CAMIÓN VACÍO	CAPACIDAD CAPACIDAD CAPACIDAD	TOTAL TRANSPORTADA TOTAL TRANSPORTADA TOTAL TRANSPORTADA	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3		Nº DE PLACA	MARCA	MODELO			
										TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3							
										ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO	ARTÍCULO	PESO						

Tipo de Vehículos: 1 Automóviles y vagonetas 2 Camionetas (Hasta 2 toneladas) 3 Minibuses (Hasta 15 pasajeros) 4 MB-Microbuses (Hasta 21 pasajeros; 2 ejes)	5 B2-Buses medianos (Hasta 35 pasajeros; de 2 ejes) 6 B3-Buses grandes (Más de 35 pasajeros; 3 ejes) 7 C2m-Camión Mediano (De 2.5 - 10 Tn. de 2 ejes) 8 C2-Camiones Grandes (Más de 10 Tn.; de 2 ejes)	9 C3-Camiones Grandes (Más de 10 Tn. de 3 ejes) 10 CSR-Camiones Semiremolque 11 CR-Camiones Remolque	12 Otros vehículos (Tractores, Motoniveladoras, Retroexcavadoras, etc.) 13 Motocicletas
Motivo de Viaje: 1 Turismo ó recreación 2 Negocios ó trabajo		Tipo de Combustible: 1 Diesel Oil 2 Gasolina (Especial ó Superior) 3 Gas Natural Comprimido	

Vo.Bo. Del Supervisor de Campo
___/___/___

Fuente: Elaboración propia en base a Requerimientos de la ABC

4.1.4.3. Estudio de Velocidades

El estudio de velocidades será efectuado para la siguiente agrupación vehicular: livianos, utilitarios, buses, camiones rígidos y articulados. Los datos de campo serán recolectados en por lo menos tres días de aforo.

Los resultados del estudio serán utilizados en el análisis de la seguridad vial, en el estudio de capacidad y nivel de servicio. Permitirán adoptar valores reales de la velocidad de los vehículos, para su consideración en el cálculo de costos de operación vehicular de la carretera actual.

Como parte de este estudio se deberá cuantificar los siguientes tipos de velocidades:

a. Velocidad de Recorrido

Este estudio se lo realizará en todos los tramos con diferente comportamiento vehicular (que son obtenidos con los resultados e interpretación de las encuestas origen – destino y los aforos vehiculares).

Se deberá efectuar por el método de placas, cada grupo vehicular deberá contar con una muestra depurada mínima de 30 datos por cada sentido de circulación. Se deberá representar la variación de los tiempos de recorrido en histogramas de frecuencias (relativa y acumulada).

b. Velocidad de Crucero

Será efectuado por el método de seguimiento, la velocidad promedio será determinada con una muestra depurada de 5 datos por cada sentido de circulación. Se considerará un dato al recorrido de toda la longitud del Proyecto por el vehículo de seguimiento. Para el registro de los datos podrá usarse el formulario mostrado en la figura 4.7

FIGURA 4.7 FORMULARIO PARA VELOCIDAD CRUCERO

ESTUDIO DE VELOCIDADES

Formulario de Campo para el Estudio de Velocidades Método de Seguimiento [VELOCIDAD CRUCERO]

Nro. Hoja: Estación: _____ Fecha: _____ Día: _____ Hora: _____ a _____

Encuestador: Vehículo utilizado para seguimiento:

SENTIDO: De _____ A _____ TRAMO: _____

TIPO DE VEHÍCULO	TIPO DE CAMIÓN	MARCA DEL VEHÍCULO	TIEMPO DE DEMORA	MOTIVO DE LA DEMORA	CARACTERÍSTICAS DEL CAMINO			TIPO DE RODADURA	LECTURA DEL KILOMETRAJE SEGÚN ODÓMETRO		HORA DEL SEGUIMIENTO	
					ALINEAMIENTO HORIZONTAL	ALINEAMIENTO VERTICAL	PENDIENTE		INICIO	FINAL	INICIO	FINAL

TIPO DE VEHÍCULOS: 01. Automóviles y vagonetas 02. Camionetas (Hasta 2 toneladas) 03. Minibuses (Hasta 15 pasajeros) 04. Microbuses (Hasta 21 pasajeros; 2 ejes) 05. Buses medianos (Hasta 35 pasajeros; 2 ejes) 06. Buses grandes (Más de 35 pasajeros; 3 ejes) 07. Camión Mediano (De 2.5 - 10 Toneladas; 2 ejes)	08. Camiones Grandes (Más de 10 Toneladas; 2 ejes) 09. Camiones Grandes (Más de 10 toneladas; 3 ejes) 10. Camiones Semi Remolque 11. Camiones con Remolque 12. Otros Vehículos 13. Motocicletas	CARACTERÍSTICA DEL CAMINO.		TIPO DE RODADURA 1 Pavimento Rígido o flexible 2 Adoquinado 3 Empedrado 4 Ripio 5 Tierra
		Alineamiento Horizontal R Tramo recto Alineamiento Horizontal C Tramo en curva Alineamiento Vertical S Ascendente (subida) Alineamiento Vertical B Descendente (bajada)	Pendiente 1 Pendiente menor a 4% Pendiente 2 Pendiente mayor a 4%	

Fuente: Elaboración propia en base a Requerimientos de la ABC

c. Velocidad de Punto

La velocidad de punto será determinada en lugares donde existieron accidentes de tráfico, mediante la utilización de medidores de velocidad automáticos, se deberán detallar las condiciones del alineamiento horizontal, vertical y de transitabilidad del lugar de aforo. En cada punto se deberá tener una muestra mínima de 30 datos por cada sentido de circulación. La variación de las velocidades de punto será representado en histogramas de frecuencias (relativa y acumulada).

El formulario que se presenta a continuación podrá ser utilizado para la recolección de este tipo de velocidad.

4.1.5. PROCESAMIENTO DE LAS ENCUESTAS Y CONTEOS DE TRÁFICO.

El procesamiento y diagnóstico de los datos de tráfico actual comprenderá la zonificación de acuerdo al área de influencia del proyecto, datos que serán procesados en un modelo computarizado para facilitar su análisis. Como parte de la tarea, en la etapa inicial se determinarán los tramos de carretera que ameritan ser considerados como tramos separados, estos por características o particularidades de la forma en que generan o derivan tráfico.

La información primaria obtenida será inicialmente transcrita y verificada en la oficina de campo para establecer su validez, para posteriormente ser analizada en detalle en la oficina central. Con esta información se elaborará las correspondientes matrices de origen y destino, clasificación vehicular y tipificación de carga.

4.1.6. ESTUDIO DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR, TARIFAS DE TRANSPORTE Y TIEMPOS DE VIAJE.

Una vez identificada como parte de las encuestas de tráfico las características de la actual flota vehicular, y de la que se asume utilizaría el camino estudiado, se deberá analizar sobre la base de información técnica y comercial por tipo de vehículo, sus costos de inversión inicial, de operación, y de conservación; datos que deberán estar contextualizados a las condiciones de la zona del proyecto. Para esto se recurrirá a fuentes comerciales y manuales de operación, además de entrevistas de campo para determinar los costos reales de operación de los vehículos que podrían ser considerados como representativos de la flota vehicular.

En lo que corresponde a la determinación de tiempos de viaje, la información será recabada de los proveedores de servicios de transporte y de los propios usuarios de dicho servicio; y de ser necesario mediante acompañamiento de las propias cargas transportadas.

Para la determinación de las tarifas vigentes en la zona de influencia del proyecto se recurrirá a los proveedores de estos servicios y se realizará encuestas a los usuarios de los servicios de transporte de manera que se pueda cruzar la información y establecer costos de transporte por tipo de carga y periodo del año.

Para la determinación de los tiempos de viaje vigentes en la zona de influencia del proyecto se recurrirá a los proveedores de estos servicios y se realizará entrevistas a los usuarios de los servicios de transporte de manera que se pueda cruzar la información y establecer los tiempos de viaje usuales en la zona. Esta tarea se la realizará en el marco del estudio de velocidades.

4.1.7. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE FUENTE SECUNDARIA (RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE TRÁFICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA)

Se deberá recopilar información de Estudios de tráfico previos (Identificación de carga por origen o destino a los grandes mercados del país), los cuales podrían ser complementados por tráficos originados en el área de influencia de la vía estudiada.

En este sentido, se deberá tomar en cuenta el potencial de desarrollo agropecuario regional, potencial turístico y potencial productivo del área de influencia de la vía estudiada, que generará tráficos que podrán utilizar la carretera en estudio. Para esto se tomará en cuenta estudios de tráfico que se hayan ejecutado en el área del proyecto y que estén disponibles en instituciones nacionales y regionales, privadas y públicas, así como también, los planes de desarrollo de los gobiernos central y departamentales.

Un premisa básica que debe tomarse en cuenta es que la carretera a proyectarse es una vía de desarrollo regional, por lo tanto, los datos históricos de tráfico de otros tramos aledaños tienen importancia ya que con el proyecto no sólo mejorará la vía de transporte, sino que también podría llegar a modificar los trazos de los actuales flujos vehiculares de larga distancia.

En este entendido y partiendo de la premisa de que los estudios de tráfico tienen como fin determinar el número de usuarios potenciales de la obra a ejecutarse; y la naturaleza o magnitud de los beneficios que estos derivarán de su uso, se deberá recopilar y analizar la siguiente información:

- Estudios y estadísticas de tráfico disponibles incluyendo, conteos, clasificaciones, encuestas de Origen y Destino, estudio de velocidades, efectuados con anterioridad por las Ex Prefecturas

actuales Gobernaciones o la Administradora Boliviana de Carreteras (Ex SNC) u otro organismo regional, tanto en las rutas a analizarse, como en las que tienen influencia en la generación de tráfico sobre dichas rutas.

- Valor de tarifas, fletes, pasajes y tiempos de viaje en los diferentes modos de transporte que actualmente son utilizados.
- Otra información estadística que tenga importancia para el análisis del tráfico y que respalde las proyecciones del mismo, como ser datos poblacionales, de producción, de consumo, etc.

4.1.8. DIAGNÓSTICO DE LOS MODOS DE TRANSPORTE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.

Adicionalmente a toda la información recolectada en los estudios de campo se deberá identificar y definir geográficamente el área de influencia del proyecto a ser evaluado considerando las redes fundamental, departamental y Municipal, estado socioeconómico del área, potencialidades, etc.

En el área de influencia identificada se procederá a realizar un diagnóstico de los diferentes modos de transporte existentes que serían complementarios al transporte que circulará por el camino estudiado. Por tanto, posterior a la identificación de los modos de transporte existentes se efectuará una recopilación mediante entrevistas del valor de tarifas, fletes, pasajes y tiempos de viaje en los diferentes medios de transporte terrestre que existen, con el objetivo de comparar las posibles reducciones de los tiempos de viaje y ahorros de costos de operación vehicular.

Una vez realizada la recopilación de la información mencionada, se desarrollará un modelo de la red caminera de manera que se pueda efectuar una adecuada simulación del comportamiento que esta tendría una vez implementada. Con este modelo se podrá estimar los volúmenes de tráfico que se podrían desarrollar como resultado del proyecto para de esta manera evaluar los beneficios derivados de su implementación. Este modelo servirá también para definir los puntos de conteo y la direccionalidad del tráfico, aspectos que serán fundamentales para las encuestas de tráfico y posterior desarrollo del estudio de tráfico y evaluación del proyecto.

4.2. LA IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DEL ÁREA DE INFLUENCIA.

Para efectos de definir el alcance de un proyecto y por ende de su correspondiente evaluación, es importante efectuar una diferenciación entre área de Estudio y Área de Influencia. Las consideraciones a tomarse en cuenta son las siguientes:

4.2.1. ÁREA DE ESTUDIO.

Se entiende el Área de Estudio como la zona geográfica que sirve para contextualizar el problema. Su definición depende de:

- La red de servicios existentes
- Límites relevantes
- Aspectos Geográficos
- Aspectos Administrativos - Políticos
- Condiciones de accesibilidad

En términos de identificar el Área de Estudio, es necesario recopilar información sobre:

- Tipo de zona (urbana, rural, mixta)
- Localización de la población
- Condiciones socio-económicas de la población
- Infraestructura de la zona
- Comercio, industria, agricultura
- Aspectos culturales
- Medio ambiente
- Institucionalidad
- Riesgo

4.2.2. ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia está definida por los límites dentro de los cuales una alternativa de proyecto puede constituir una solución al problema detectado, entonces, puede ser igual al área de estudio o un

subconjunto de ella y por otro lado, cada alternativa de proyecto pueden tener un área de influencia diferente. Para la delimitación del Área de Influencia se debe considerar:

- Ubicación de la población afectada
- Localización de la alternativa de proyecto
- Condiciones de accesibilidad
- Nivel socio-económico de la población
- Aspectos administrativos e institucionales
- Impacto ambiental
- Generación de riesgos por el proyecto

Las Áreas de Influencia se definen en correspondencia a los impactos del Proyecto y al alcance espacial de los mismos sobre los componentes sociales, económicos y ambientales. En términos de carreteras y para efectos de un primer análisis, los impactos pueden clasificarse de acuerdo al factor generador principal que lo ocasionará, o sea:

La adquisición de áreas para constitución del Derecho de Vía (DDV).

Las Obras de Construcción de la Carretera, incluyendo todas las instalaciones y obras auxiliares.

El Tráfico de Vehículos en la carretera mejorada (la operación de la carretera).

La Facilidad de Acceso que será proporcionada por la carretera pavimentada, considerando toda la red vial a ella asociada (inclusive caminos secundarios y vecinales).

El Desarrollo Inducido por la nueva accesibilidad y por sinergia con otros proyectos implantados o previstos en la región (que incluirá el flujo de colonos, empresas agropecuarias y madereras, y la consiguiente expansión de la frontera de ocupación económica)

Se definen, básicamente, tres niveles de Áreas de Influencia, de alcance progresivamente más amplio:

- Área de Intervención
- Área de Influencia Directa
- Área de Influencia Indirecta

El **Área de Intervención** corresponde a los sitios de ejecución de las obras, incluyendo el DDV, las áreas de préstamo y botaderos, los caminos de acceso, los campamentos, las plantas industriales, y otras instalaciones o áreas auxiliares que serán utilizadas durante la etapa de construcción.

El **Área de Influencia Directa** corresponde al conjunto de áreas que recibirán impactos o influencias directas de la constitución del DDV, de la construcción y operación de la carretera, bien como de otras actividades directamente relacionadas con las anteriores (por ej.: el reasentamiento de población afectada).

El **Área de Influencia Indirecta** corresponde al conjunto de áreas que serán afectadas por impactos indirectos, resultado de la nueva accesibilidad y del desarrollo inducido por la carretera mejorada y por sinergia con otros proyectos.

4.3. INFORMACIÓN DE TRÁFICO REQUERIDA PARA LA EVALUACIÓN.

Sobre la base de la información obtenida principalmente de los Conteos Vehiculares Clasificados, se deberá obtener el Tráfico Promedio Diario Anual TPDA, el cual corresponde al tráfico contabilizado en un determinado mes afectado por un **factor de estacionalidad**, que corresponde a un ajuste por la variación que existe en el flujo vehicular debido a motivos estacionales (ej. Cosechas, estaciones del año, actividad laboral, fiestas, etc.). Este factor se puede obtener de los registros históricos de la ABC o de sus propias estimaciones del factor.

Por otro lado, se debe añadir al tráfico normal (generalmente obtenido en el campo en la misma vía estudiada o en rutas vinculadas) los tráficos generado, desviado y atraído (obtenidos mediante los diferentes modelos de estimación de la demanda de transporte) una vez sumados se tiene el tráfico total.

LA predicción del tráfico futuro (estimación de la tasa promedio) se la obtendrá de los resultados de los modelos de estimación de la demanda o en caso de no tener información válida, de la obtención de una tasa de crecimiento a partir de un modelo econométrico basado en variables relacionadas de manera directa con la actividad del transporte (ej. PIB regional, crecimiento de la flota automotriz, crecimiento del consumo de combustible en el área de influencia, crecimiento poblacional, etc.)

La velocidad obtenida mediante los estudios de velocidades, permitirán tener un muestreo aleatorio de las velocidades, las cuales corresponderán a la situación sin proyecto.

De manera general, la información básica de tráfico requerida es la siguiente:

FIGURA 4.8 INFORMACIÓN MÍNIMA TRÁFICO PARA EL ESTUDIO DE EVALUACIÓN.

Categoría	Tipo de Vehículo	TPDA Normal	TPDA Generado	TPDA Desviado	TPDA Atraído	Tasa de crecimiento Promedio De cada tipo de tráfico	Velocidad Promedio
Automóvil	1. Automóviles, vagonetas y Jeeps						
Utilitario	2. Camionetas						
	3. Minibuses						
Buses	4. Microbuses						
	5. Bus Mediano						
	6. Bus Grande						
Camión Mediano	7. Camión Mediano						
	8. Camión Grande 2 ejes						
Camión Pesado	9. Camión Grande 3 ejes						
	10. Camión semiarticulado						
Camión articulado	11. Camión Remolque						
	12. Otros						

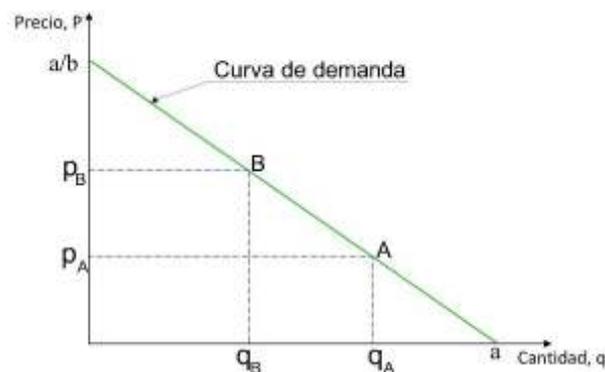
5. DEMANDA.

La determinación de los beneficios de un proyecto está basada en la teoría económica de preferencias que trata de explicar cómo los consumidores satisfacen sus necesidades distribuyendo sus ingresos entre los bienes y servicios que el mercado ofrece. Los consumidores tratarán siempre de lograr la mayor satisfacción dentro de las limitaciones de sus ingresos y tomando en cuenta sus preferencias y deseos.

Entonces, la demanda de bienes y servicios en general, dependerá en buena medida del ingreso de los consumidores y del precio de un producto o servicio en particular, respecto a otros precios. Por ejemplo, la demanda de viajes dependerá del ingreso del viajero, mientras que la selección del modo de transporte queda sujeta a una serie de factores tales como el propósito del viaje, distancia por recorrer e ingreso del viajero.

La demanda de un determinado bien o servicio es representada por una función matemática la cual relaciona el precio de un bien y la cantidad demandada en el mercado. Esta función o curva puede ser aproximada satisfactoriamente por una función lineal, siempre y cuando sean considerados variaciones pequeñas para las variables y dentro un intervalo de tiempo también limitado. Una función de demanda de viajes se muestra en la figura 5.1 para un par de puntos (origen y destino), un tiempo específico en el día, y para un propósito en particular. Es decir, una curva de demanda es la representación gráfica de la función de demanda, para predecir los viajes sobre un amplio rango de condiciones. Esta función asume un nivel y distribución dados del ingreso, de la población, y de las características socioeconómicas de la misma.

FIGURA 5.1 FUNCIÓN DE LA DEMANDA LINEAL



En el caso del transporte, por ejemplo, una función de demanda muestra un número de pasajeros deseando utilizar un servicio de autobuses a los diferentes niveles de precios o tarifas entre un par origen y destino, para un viaje específico durante un periodo determinado. Cuando el precio de un bien o servicio aumenta, manteniendo constantes otras condiciones o factores ("ceteris paribus") como: gustos, utilidad del bien, ingreso y riqueza, los precios de bienes relacionados y de la cantidad de consumidores o usuarios potenciales, la cantidad demandada decaerá; a este fenómeno se conoce como: "Ley de la demanda", es decir a mayor precio menor consumo. Esta tendencia es expresada matemáticamente por la siguiente expresión:

$$Q(p) = a - bp$$

Donde **Q** es la cantidad demandada del producto o servicio, **p** es el precio del producto o servicio, y **a** y **b** los parámetros constantes. Como puede observarse, la función de demanda se dibuja con pendiente negativa, expresando una situación donde un decremento en el precio percibido resultaría en un incremento en los viajes.

En resumen, **la demanda** se compone por el número y tipo de vehículos que circulan por el camino o carretera estudiada, los cuales dependen de la actividad económica e intercambio de bienes y servicios entre los pares de puntos (origen y destino), actividades económicas, laborales, culturales, etc. Que se realice en la zona rural evaluada (agricultura, ganadería, turismo, pesca, etc.). Por ejemplo, en el caso de la agricultura es conveniente estimar el número de vehículos de carga que se utilizarán para el traslado de la producción en época de cosecha; mientras que en zonas turísticas, se debería calcular el número de autobuses que se necesitan para trasladar a los turistas. Por lo tanto, para calcular la demanda se debe

realizar un trabajo de campo en donde se recolecte información sobre las actividades que se realicen y con ello, de la producción de bienes y servicios que éstas generen. Cabe señalar, que se deben incluir aquellas actividades que no necesariamente estén relacionadas con la producción de un bien o servicio, es decir, se deben considerar los traslados de personas a hospitales, escuelas, mercados, etc.

Para el caso de los servicios de transporte, la demanda se considera como una demanda derivada. Esto es, el transporte es un servicio raramente demandado por sus propias características ya que usualmente se deriva de alguna otra función o necesidad; por ejemplo, la demanda de un producto en determinado lugar originará la necesidad de transportar el producto desde los centros de origen hacia los centros de consumo, de ahí que el volumen de demanda producirá a su vez una demanda de transporte.

5.1. TIPOS DE TRÁFICO.

La nomenclatura para los tipos de tráfico generalmente aceptada en Bolivia, corresponde al tráfico normal, tráfico generado y de desarrollo, tráfico atraído y finalmente tráfico atraído. La descripción de cada uno de ellos se presenta a continuación:

5.1.1. TRÁFICO NORMAL

Es el tráfico en la situación sin proyecto, para estimar su crecimiento se deberá hacer uso de la información histórica del TPDA, de las características socioeconómicas en el escenario sin proyecto del área de influencia determinadas en las encuestas origen destino y en el estudio Socioeconómico.

5.1.2. TRÁFICO GENERADO Y DE DESARROLLO

Los datos de entrada para estimar este tipo de tráfico, deberán ser identificados, cuantificados y sustentados en el estudio socioeconómico, en base a las potencialidades actual y futura del área de influencia del Proyecto.

5.1.3. TRÁFICO ATRAÍDO

Deberá ser cuantificado en base a la estimación de volúmenes de carga y pasajeros que pueden ser atraídos de otros modos de transporte.

5.1.4. TRÁFICO DESVIADO

De existir rutas alternativas que ofrezcan competencia a la vía en estudio, se debe efectuar el análisis de costos de transporte y en función de este parámetro establecer asignaciones de tráfico entre las rutas alternativas.

5.2. APROXIMACIÓN A LOS MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA EN REDES DE TRANSPORTE

Cada tramo considerado en el estudio de tráfico cuenta con diferentes características del flujo vehicular (el cual será determinado básicamente con aforos y encuestas vehiculares) por tanto, deberá ser estimado por separado.

El tipo y características de la estimación de la demanda se determinará en base al resultado del análisis de la cantidad y calidad de los datos existentes y recopilados como ser: información histórica del TPDA, información socioeconómica, información relevante recopilada de los otros componentes del Proyecto, etc. se deberá plantear, justificar y detallar la adopción de un modelo de estimación y predicción, tanto para el tráfico normal como para los tres tipos de tráfico identificados en el proyecto.

5.2.1. GENERACIÓN DE VIAJES

Se trata de predecir niveles de desplazamiento de personas o vehículos entre zonas de tráfico.

Se puede precisar que la realización de un viaje es en función de:

- El uso del suelo.
- Las características socioeconómicas de la población.
- La naturaleza del sistema de transporte.

Cada uno de los parámetros que definen la realización de un viaje se puede representar a través de variables interdependientes que luego se proyectan al futuro para estudiar acciones sobre las redes de transporte.

Dentro del modelo de generación de viajes es necesario estimar:

- Producciones de viajes: \diamond origen en cada zona.
- Atracciones de viajes: \diamond destino en cada zona.

Para ello, se realizan estudios basados en censos y encuestas; los resultados, es decir, las razones según las cuales se generan los viajes varían de la siguiente forma:

- En personas: de acuerdo a motivos de cada una (diferentes características de distribución).
- En cargas: de acuerdo a los tipos de vehículos.

5.2.1.1. Factores

a. Los factores que definen las tasas de generación de viajes pueden clasificarse en:

- Uso del suelo: residencial, industrial, servicios, educacional, esparcimiento, sanitario, etc.

Descritos a través de:

- La densidad de la población.
- La superficie de cada uso del suelo.
- El n° de unidades.

b. El número de viajes.

Que generará una determinada zona obviamente dependerá de los factores citados arriba, ellos definen en forma general las características de una zona. Pero para predecir con mayor precisión es necesario completar estos datos con información más detallada de la composición de la población de estas áreas.

c. Las características de los hogares

Determinadas a través de:

- Tamaño de la familia: frecuencia de los viajes. Está comprobada la influencia del tamaño de la familia en la cantidad de viajes que se realizan especialmente en viajes no basados en el trabajo. Un ejemplo de ello son los viajes por motivo compras, más allá del tamaño de una familia, los viajes por familia se mantienen, así los viajes por persona decrecen a medida que aumenta el tamaño de las familias.
- Tasa de motorización: por zona, familia o persona. A medida que aumenta la tasa de motorización, aumenta también el número de viajes por persona. Existen dos motivos para demostrar esta afirmación, por un lado la tasa de motorización se correlaciona con el nivel socio-económico de la población y por otro permite un mayor grado de confort en los viajes lo que provoca un aumento de los mismos.
- Tipo de unidad habitacional. Aquellas personas que son residentes permanentes tienden a realizar más viajes que los residentes temporarios, posiblemente debido a una vida social más activa y una mayor integración con el entorno.
- Actividad de los residentes: ocupación del jefe de familia (ingreso medio), número de miembros de la familia con empleo. En función del tipo de empleo es posible determinar cuántos viajes realiza una persona (empleos sedentarios o con necesidad de múltiples desplazamientos). El número de miembros de la familiar con empleo determinará la tasa de movilidad de esa familia.
- Ingresos familiares. Se comprueba que a mayores ingresos por persona, mayor es la generación de viajes que producen. Seguramente debido a la posibilidad de desarrollar un mayor número de viajes por motivos diferentes al trabajo o el estudio (compras, esparcimiento, etc.).

- Edad. En cada edad se producen viajes con diferente motivo, en ambos extremos de la vida de una persona (niños y ancianos), el número de viajes generados disminuye.
- Grado de urbanización. A mayor grado de urbanización, mayor número de viajes se generan, ya que mayor es la posibilidad de las personas de desarrollar una vida más activa.
- Distancia al área central. La lejanía a las áreas centrales o comunales, implica un fuerte desaliento hacia la realización de viajes no basados en el trabajo, por ejemplo de esparcimiento.
- Calidad del sistema de transporte. Un sistema de transporte ineficiente o inconfortable implica serios inconvenientes para la realización de viajes.

d. Limitaciones.

La limitación principal se centra en la disponibilidad de información para poder armar el modelo, se requieren datos detallados de población, condiciones socioeconómicas y de uso del suelo que la mayoría de los presupuestos de proyectos viales no consideran.

5.2.1.2. Métodos de pronóstico

Dos son los métodos más usuales para estimar la generación de viajes de una zona:

a. Factores de expansión.

Se investiga el número de viajes por superficie o unidad, y luego se expande al futuro el número de unidades.

No toma en cuenta la tasa de motorización ni las características socio-económicas de la población.

b. Regresión lineal múltiple:

Parte de dos o más factores independientes, de los cuales se dispone una serie histórica confiable.

$$y = + a1 . x1 + a2 . x2 + \dots$$

Donde:

- xi: nivel socio-económico, motorización, etc.
ai: coeficientes que determinan la regresión.

Características del método:

- Las variables a utilizar en la regresión deben ser medibles e independientes.
- Las condiciones a cumplir para incorporar una nueva variable en la regresión lineal son: **Explicatividad**: cada variable debe explicar su inclusión en la regresión (debe formar por si sola una regresión con el resultado) y **Aditividad**, cada variable que incorpore debe mejorar la explicación del resultado respecto a la regresión sin su inclusión.

Usualmente se utiliza el coeficiente de correlación R2 para establecer la bondad de la correlación obtenida, en general se define una correlación como buena cuando R2 supera 0.9 y como muy buena cuando supera 0.95.

c. Limitaciones.

Los problemas que se presentan usualmente en la aplicación de este método son:

- Dependencia: Debe estudiarse la no existencia de relaciones causales entre las variables dependientes e independientes.
- Proyección: Las extrapolaciones al futuro pierden precisión a medida que aumenta el plazo de predicción. Además, en este plazo pueden cambiar las condiciones que permitieron realizar la regresión (regulaciones, introducción de nuevas tecnologías, cambios en las modalidades de la demanda, etc.).

5.2.2. DISTRIBUCIÓN DE VIAJES

Relaciona un número de orígenes con otro de destinos para diferentes zonas de un área.

Sólo implica la conexión entre áreas, independientemente del recorrido o del modo de transporte a utilizar, el objetivo es obtener una matriz origen destino (O/D) que explique las relaciones entre las zonas.

5.2.2.1. Métodos

Cualquiera sea el método utilizado, se demuestra que:

- Los viajes aumentan con la atracción de una zona.
- Los viajes disminuyen con la resistencia entre el par de zonas considerado.

Los métodos más usuales son:

a. Factor de crecimiento.

Se aplican factores a los actuales viajes entre cada par de zonas.

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot E$$

Donde:

T_{ij} : número de viajes a realizarse en el futuro.

t_{ij} : número de viajes actuales.

E : factor de crecimiento, puede ser simple o compuesto.

Uniforme: igual para toda el área del estudio.

Promedio: entre las diferentes zonas que componen el área de estudio.

Fratar: método iterativo, hace proporcional el futuro respecto del presente.

Detroit: intermedio entre el promedio y el Fratar.

b. Sintéticos

Se basan en:

- Las causas de los desplazamientos.
- Las leyes del comportamiento físico.

Existen varios tipos de métodos sintéticos:

Gravitatorio.

$$T_{ij} = \frac{P_i \cdot A_j \cdot F_{ij} \cdot K_{ij}}{\sum_{ij} A_j \cdot F_{ij} \cdot K_{ij}}$$

Donde:

P_i : producciones de la zona i.

A_j : atracciones de la zona j.

F_{ij} : factor de resistencia al viaje entre las zonas ij.

K_{ij} : Factor de ajuste específico (social o económico).

El método es iterativo, requiere muchos ajustes y operaciones.

Uno de los problemas típicos que presenta es que los factores considerados no necesariamente se mantienen constantes en el futuro cuando se extrapolan los resultados.

Electrostático.

Permite eliminar los estudios origen / destino (O/D).

Se basa en considerar que se producen movimientos cuando, realizando un correlato electrostático, se atraen dos zonas entre sí, de esta forma se asigna polaridad a las atracciones y producciones de viajes:

(+) Residencia: producción de viajes.

(-) Trabajo: atracción de viajes.

Hipótesis:

- Áreas de estudio cerradas, es decir no se pueden considerar viajes con uno o ambos extremos fuera de la zona de estudio.

- Se consideran sólo viajes diarios, no existe la posibilidad, por ejemplo, de estudiar el impacto de los movimientos de fin de semana.
- Densidad de empleo uniforme en cada área, así la definición de las áreas debe ser muy cuidadosa a fin de respetar esta hipótesis.
- Ingreso uniformemente distribuido dentro de cada área, se debe procurar que las características socio-económicas dentro de una zona sean homogéneas.
- Distancias consideradas en línea recta, esto limita la aplicación del método en ciudades desarrolladas sobre terrenos escabrosos o que no cuentan con vías de comunicación directas entre zonas.

c. Limitaciones.

El método es simple, pero tiene importantes limitaciones al aceptar únicamente áreas cerradas.

Tiene además los mismos inconvenientes que el gravitatorio en lo referente a las múltiples iteraciones y la validez de los parámetros en el futuro.

Regresión múltiple.

Es un método empírico, que toma como datos a una serie histórica de encuestas O/D y a datos de uso del suelo. A partir de ellos se obtienen relaciones entre variables socioeconómicas y movimientos entre pares de zonas que permiten realizar una regresión lineal para calcular la distribución de viajes entre zonas.

Oportunidades intervinientes o competitivas.

Es un método probabilístico.

$$T_{ij} = T_i \cdot P_j$$

Donde:

T_{ij} : cantidad de viajes entre las zonas ij.

T_i : viajes con origen en la zona y.

P_j : probabilidad que un viaje se dirija a la zona j

Programación lineal.

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } Z &= \sum_i \sum_j c_{ij} \cdot x_{ij} \\ \sum_j x_{ij} &= O_i \\ \sum_i x_{ij} &= D_j \end{aligned}$$

Donde:

x_{ij} : costo de transporte entre las zonas ij.

c_{ij} : cantidad de viajes entre las zonas ij.

El Objetivo es minimizar el costo de transporte, considerando que este es el objetivo que comparten la mayoría de las personas al diagramar sus desplazamientos.

Deben conocerse la cantidad de orígenes y destinos de los viajes de la región (se obtienen a partir del modelo de generación de viajes).

5.2.3. ASIGNACIÓN DE VIAJES

Asignación de los viajes a redes establecidas de transporte público o privado.

Este modelo permite reflejar políticas o mejoras a una red de transporte a partir del estudio de la utilización de los diferentes tramos sobre dicha red.

Datos:

- Descripción de sistema de transporte.
- Matriz O/D.

Propósitos:

- Evaluar deficiencias del actual sistema de transporte en el futuro.
- Evaluar mejoras al sistema existente dentro de la etapa de proyecto.
- Establecer prioridades de obras para absorber viajes futuros.

- Probar propuestas alternativas de nuevas redes de transporte que modifiquen la situación actual.
- Brindar volúmenes horarios de diseño y movimientos de giro para caminos.

5.2.3.1. Métodos

Indican la ruta probable de los viajes.

A todo o nada.

Selecciona la ruta de recorrido o tiempo de recorrido mínimo.

El método consiste en definir y codificar la red vial, y a partir de la asignación de viajes se obtienen los volúmenes por tramo.

Limitaciones. El principal problema que plantea este método es la no consideración de la congestión creciente que puede saturar partes de la red definida.

Curvas de derivación.

Se consideran varias rutas de alternativa, cada ruta tiene asignada una resistencia al viaje, asociada a sus características (distancia, velocidad media, capacidad, etc.).

A través de la utilización de curvas de derivación, obtenidas en forma empírica respecto al tiempo o la distancia de viaje, se obtienen la cantidad de viajes a realizar sobre cada ruta.

Limitaciones. Este método tampoco considera la congestión sobre las rutas definidas dentro de la red.

Capacidad restringida.

Este es el único método que considera la posible sobrecarga de los tramos, es similar en su desarrollo al todo o nada, pero introduce como restricción la capacidad de cada tramo de la red.

5.2.4. DIVISIÓN MODAL

Se divide el total de los viajes entre los diferentes modos de transporte existentes en la red. Depende de:

- Las características de los viajes (motivo, longitud, etc.).
- Las características de las personas (tasa de motorización, ingresos medios, densidad poblacional, etc.).
- Las características de cada modo del sistema de transporte (costo relativo, grado de comodidad, tiempos relativos de viaje, accesibilidad, etc.).

5.2.4.1. Métodos

- Extremos de viajes: previos a la distribución modal.
- Intercambios de viajes: distribuyen desplazamientos.

La inversión en un determinado modo de transporte disminuye su coste generalizado en relación con el resto de modos sustitutivos y, consecuentemente, algunos individuos cambian la alternativa seleccionada. En algunos casos, los viajes desviados de otros modos suponen hasta un 40% de la nueva demanda.

En la medida que sea posible, resulta aconsejable estimar una ecuación de demanda que permita determinar cómo el individuo responde a variaciones en el precio y la calidad de las alternativas de transporte. Por ello, es preciso definir una ecuación que modele con rigor las elecciones de los individuos entre alternativas de transporte.

En este contexto, los modelos de elección discreta ofrecen el marco de estimación adecuado. Estos modelos gozan de una larga tradición en economía del transporte y acreditan un elevado grado de precisión en la estimación de las elasticidades de la demanda en relación con los principales atributos de los modos de transporte. El uso de datos microeconómicos evita un posible sesgo de agregación cuando los individuos no son suficientemente homogéneos. En contextos binomiales, las especificaciones Logit y Probit¹⁰ son las más frecuentes y su estimación no ofrece problemas importantes. Por el contrario, cuando la elección se formula entre tres o más alternativas, la estimación econométrica puede ser compleja.

¹⁰ La estimación e interpretación de los modelos probabilísticos lineales plantea una serie de problemas que han llevado a la búsqueda de otros modelos alternativos que permitan estimaciones más fiables de las variables dicotómicas.

Para evitar que la variable endógena estimada pueda encontrarse fuera del rango (0, 1), las alternativas disponibles son utilizar modelos de probabilidad no lineales, donde la función de especificación utilizada garantice un resultado en la estimación comprendido en el rango 0-1. Las funciones de distribución cumplen este requisito, ya que son funciones continuas que toman valores comprendidos entre 0 y 1. Especificación de los modelos de elección discreta (Logit y Probit) Dado que el uso de una función de distribución garantiza que el resultado de la estimación esté acotado entre 0 y 1, en principio las posibles alternativas son varias, siendo las más habituales la función

Los datos para estimar estos modelos pueden proceder bien de la observación real de decisiones individuales (preferencias reveladas), o bien de experimentos basados en decisiones hipotéticas (preferencias declaradas).

a. Limitaciones.

Los modelos de elección discreta adolecen de dos inconvenientes. Por un lado, exigen disponer de una base de datos microeconómica con un elevado tamaño muestral y que recoja todas las características de los modos de transporte para cada uno de los individuos de la muestra. Por el otro, no están exentos de dificultades para predecir flujos de tráfico agregados. Así, estos modelos predicen la probabilidad de que un individuo de la muestra elija una determinada alternativa. No obstante, a efectos de evaluación nos interesa conocer el volumen agregado de viajes desviados. Por ello, es necesario definir un procedimiento de agregación. Siempre que la muestra sea suficientemente representativa, la forma habitual de proceder es agregar a través de los individuos que la forman.

Una posible alternativa a la elección discreta, es estimar una regresión con datos agregados en la que la variable dependiente es el porcentaje de utilización (o frecuencia) de un determinado modo de transporte (ecuación logística). Esta aproximación puede ser válida si el proyecto afecta a flujos de tráfico que se comportan de forma suficientemente similar a los datos agregados disponibles y ha sido aplicada en múltiples estudios. Este tipo de ecuaciones se estima con datos cross-section, dado que la cuota de mercado de una alternativa presenta una escasa variabilidad a lo largo del tiempo.

Es preciso recordar que en ambos casos la finalidad es conocer la demanda desviada. Por ello, el supuesto implícito en estos modelos es que la demanda total es fija, y, consecuentemente, las elasticidades calculadas son inferiores a las obtenidas en contextos que permiten generación o supresión de tráfico.

5.2.5. EL MODELO TENDENCIAL

El modelo tendencial o ingenuo es la vía más simple de predicción dado que no incorpora información sobre otras variables de naturaleza económica.

Existen diversas expresiones matemáticas para relacionar el tiempo con la variable a predecir. Dos alternativas simples y frecuentemente usadas son la relación lineal y la semi-logarítmica. La primera supone que la tasa de variación de los viajes es decreciente a medida que "t" aumenta, mientras que la segunda supone una tasa de variación constante. La predicción a partir de la extrapolación de la tendencia pasada es un método común, aunque a menudo excesivamente simple. Este método supone que el comportamiento pasado continuará en el futuro, supuesto que puede resultar excesivamente ingenuo.

Limitaciones. Obviamente, este modelo sólo recoge la evolución de la demanda existente y en ningún caso permite incorporar tráfico generado, atraído o desviado.

de distribución logística, que ha dado lugar al modelo Logit, y la función de distribución de la normal tipificada, que ha dado lugar al modelo Probit. Tanto los modelos Logit como los Probit relacionan, por tanto, la variable endógena Y_i con las variables explicativas X_{ki} a través de una función de distribución. En el caso del modelo Logit, la función utilizada es la logística, por lo que la especificación de este tipo de modelos queda como sigue:

$$Y_i = \frac{1}{1 + e^{-\alpha - \beta_k X_{ki}}} + \varepsilon_i = \frac{e^{\alpha + \beta_k X_{ki}}}{1 + e^{\alpha + \beta_k X_{ki}}} + \varepsilon_i$$

En el caso del modelo Probit la función de distribución utilizada es la de la normal tipificada con lo que el modelo queda especificado a través de la siguiente expresión:

$$Y_i = \int_{-\infty}^{\alpha + \beta X_i} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} e^{-\frac{s^2}{2}} ds + \varepsilon_i$$

Donde la variable s es una variable "muda" de integración con media cero y varianza uno.

Dada la similitud existente entre las curvas de la normal tipificada y de la logística, los resultados estimados por ambos modelos no difieren mucho entre sí, siendo las diferencias operativas, debidas a la complejidad que presenta el cálculo de la función de distribución normal frente a la logística, ya que la primera solo puede calcularse en forma de integral. La menor complejidad de manejo que caracteriza al modelo Logit es lo que ha potenciado su aplicación en la mayoría de los estudios empíricos.

Al igual que en el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP), el Modelo Logit se puede interpretar en términos probabilísticos, es decir, sirve para medir la probabilidad de que ocurra el acontecimiento objeto de estudio ($Y_i=1$). En cuanto a la interpretación de los parámetros estimados en un modelo Logit, el signo de los mismos indica la dirección en que se mueve la probabilidad cuando aumenta la variable explicativa correspondiente, sin embargo, la cuantía del parámetro no coincide con la magnitud de la variación en la probabilidad (como si ocurría en el MLP). En el caso de los modelos Logit, al suponer una relación no lineal entre las variables explicativas y la probabilidad de ocurrencia del acontecimiento, cuando aumenta en una unidad la variable explicativa los incrementos en la probabilidad no son siempre iguales ya que dependen del nivel original de la misma.

5.2.6. EL MODELO ECONÓMICO DE REGRESIÓN

La demanda de transporte depende esencialmente del coste generalizado y de los factores socioeconómicos y demográficos de la población. Los modelos econométricos de demanda constituyen la metodología adecuada para la predicción. La elección de las variables explicativas se realiza en función del tipo de demanda a predecir y de los datos disponibles. El enfoque más usual es una ecuación de regresión estimada con datos agregados en la que la demanda depende de las variables relacionadas con el entorno socioeconómico y demográfico -población, empleo, PIB o volumen de comercio exterior- y del coste generalizado de uso de la infraestructura, precio y tiempo.

La estimación puede llevarse a cabo con datos de series temporales¹¹, datos cross-section¹² o datos de panel¹³.

A efectos de predecir a largo plazo se aconseja la utilización de series temporales. Este tipo de datos permite tener en cuenta que los individuos no se ajustan de forma inmediata a los cambios en la oferta. Sin embargo, cuando las series no son estacionarias, debemos ser cuidadosos con la estimación econométrica para evitar regresiones espurias. Es recomendable trabajar con datos anuales y un periodo temporal no inferior a unos 30 años. La utilización de datos trimestrales o mensuales es una forma fácil de incrementar el número de observaciones. No obstante, cabe señalar que si bien pasar de datos anuales a trimestrales o mensuales comporta multiplicar por 4 ó por 12 el tamaño de la muestra, el contenido informativo de los datos no se multiplica por igual factor. Esto es debido a que la variabilidad de la muestra seguirá siendo esencialmente la misma, dado que la variabilidad añadida al pasar de datos anuales a mensuales o trimestrales fundamentalmente provendrá de la estacionalidad, magnitud generalmente poco relevante en las predicciones a largo plazo.

Sin embargo, cuando la inversión requiere modelar efectos específicos de generación de tráfico en ámbitos territoriales concretos –por ejemplo, apertura de una nueva carretera- los datos de sección cruzada o cross-section pueden proporcionar mejores predicciones. Este tipo de datos, al permitir ampliar el número de observaciones e incrementar la variabilidad de las variables explicativas, pueden contribuir a mejorar los resultados de la estimación. La información cross-section puede corresponder a viajes entre pares de orígenes y destinos dentro de un área geográfica, o bien a datos agregados para distintas unidades territoriales observados en un determinado año.

Los datos de panel reúnen las ventajas de los dos tipos de información. Un panel de datos está formado por unidades cross-section observadas durante dos o más periodos temporales. Sus atractivos son numerosos. En primer lugar, incrementa el tamaño muestral y los grados de libertad de la estimación; en

¹¹ Se define una **serie temporal** (también denominada histórica, cronológica o de tiempo) como un conjunto de datos, correspondientes a un fenómeno económico, ordenados en el tiempo. Los datos son de la forma (yt, t) donde: yt Variable endógena o dependiente t Variable exógena o independiente. De manera específica, realmente sólo hay una variable a estudiar que es yt (a diferencia del análisis de regresión donde se tiene dos variables (explicación de una variable a partir de la otra). Aquí sólo hay una variable (explicamos una variable a partir de su pasado histórico). Los componentes de una serie temporal son: La tendencia, las variaciones cíclicas, las variaciones estacionales y las variaciones accidentales.

La tendencia (T) Es una componente de la serie temporal que refleja su evolución a largo plazo. Puede ser de naturaleza estacionaria o constante (se representa con una recta paralela al eje de abscisas), de naturaleza lineal, de naturaleza parabólica, de naturaleza exponencial, etc.

Las variaciones cíclicas (C), Es una componente de la serie que recoge oscilaciones periódicas de amplitud superior a un año. Estas oscilaciones periódicas no son regulares y se presentan en los fenómenos económicos cuando se dan de forma alternativa etapas de prosperidad o de depresión.

Las Variaciones Estaciones (E), es una componente de la serie que recoge oscilaciones que se producen alrededor de la tendencia, de forma repetitiva y en periodos iguales o inferiores a un año. Su nombre proviene de las estaciones climatológicas: primavera, verano, otoño e invierno

Las variaciones Accidentales (A), es una componente de la serie que recoge movimientos provocados por factores imprevisibles. También reciben el nombre de variaciones irregulares, residuales o erráticas.

¹² Los **datos de Cross-Section** se refiere a las estadísticas recogidas de diferentes partes de la población durante el mismo periodo. Los datos de cross-section abarca una sección transversal de la población y la información se recoge de esta sección durante un periodo determinado de tiempo. Por ejemplo, supongamos que estamos recogiendo datos sobre los gastos de consumo de un grupo de familias durante un año. Estos datos serán datos de corte transversal. Del mismo modo, si se recogen los ingresos de los individuos durante un año en particular, nos dará una base de datos de corte transversal. Datos de series de tiempo son necesarias cuando estamos interesados en el análisis de tendencia y las fluctuaciones cíclicas o estacionales. Los datos de corte transversal de son más útiles a fin de verificar las diferentes relaciones funcionales que se supone que son invariables en el tiempo. Ambos tipos de datos pueden ser útiles en el estudio del tráfico. Por ejemplo, la hipótesis de la función de demanda puede ser probada, ya sea con referencia a los datos de series de tiempo o con referencia a datos de corte transversal. De manera específica para el tráfico, los datos Cross-Section (Datos de corte o sección transversal) corresponde a información de un año para una carretera específica, pero que contiene muchas variables, como PIB, TPDA, población, etc.

¹³ Se dice que estamos en presencia de un conjunto de datos de panel cuando se dispone, simultáneamente, de información de corte transversal y de serie temporal. Esto es cuando se dispone de observaciones sobre determinadas características de un conjunto de agentes (individuos, países, empresas, etc.) a lo largo de un periodo continuado de tiempo. La recolección de información se lleva a cabo, por tanto, en dos dimensiones y, de este modo, se generan múltiples observaciones puntuales para cada unidad económica. Generalmente, los paneles de datos se distinguen unos de otros según su amplitud transversal y temporal. Así, los paneles con un número muy amplio de observaciones transversales y un número de periodos reducido se denominan Paneles Micro. En el caso contrario, número de periodos elevado e información transversal reducida se conoce con el nombre de Paneles Macro. Por último, en el caso realmente extraordinario de contar con un panel con amplia dimensión tanto temporal como transversal hablaríamos de un Campo aleatorio (*Random field*).

segundo lugar, aumenta el número de variables explicativas disponibles y, generalmente, dado que la variación entre unidades cross-section es superior que la variación temporal, permite reducir la varianza de las estimaciones y aumentar su fiabilidad.

Limitaciones. La limitación principal está referida a la disponibilidad de información principalmente referida a series temporales confiables.

5.3. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A LARGO PLAZO BAJO INCERTIDUMBRE

El desarrollo de la demanda a lo largo de la vida útil del proyecto depende básicamente del crecimiento esperado de las variables socioeconómicas y de los cambios en el costo generalizado de viaje. En el acápite 5.1 se expuso que uno de los modelos de proyección más sencillos es el modelo tendencial o ingenuo que extrapola la tendencia pasada para predecir el tráfico futuro. Subyace a este modelo la asunción de un comportamiento invariable de los usuarios y crecimiento uniforme de las variables socioeconómicas. Estas limitaciones son eliminadas en gran medida con los modelos econométricos ofrecen una metodología que permiten predecir el tráfico considerando series temporales de las variables explicativas como la población, el Producto Interno Bruto, el Índice de Desarrollo Humano IDH, el índice de producción industrial y agrícola para el transporte de mercancías, el precio de los combustibles, etc. además las características de la oferta de transporte, el precio, la calidad, etc.

Cualquiera sea el modelo de predicción del tráfico adoptado, la variables en los valores iniciales y en las tendencias futuras de desarrollo están caracterizadas por un grado desconocido de incertidumbre, originado por el cambio del comportamiento de los individuos, el desarrollo económico, introducción de nuevos paradigmas, avances tecnológicos, etc. Estas incertidumbres imponen la necesidad de considerar el carácter aleatorio de las variables.

5.3.1. PROYECCIÓN MARKOVIANA DE LA DEMANDA

Para obtener la serie temporal de la demanda a largo plazo considerando la incertidumbre se aplica la teoría del Movimiento Geométrico Browniano (GMB), usado frecuentemente para la modelación de variables económicas y financieras. El GMB es en sí un proceso de Markov: la distribución de la probabilidad de los valores futuros de la variable dependiente depende únicamente del valor actual, no siendo afectado por los valores del pasado. El valor actual de tráfico es la única información necesaria para hacer la estimación de su valor futuro. Otra singularidad que hace del GBM o proceso de Wiener aplicable para la predicción con incertidumbre del volumen de tráfico es el crecimiento de la varianza con el transcurso del tiempo. Esto permite modelar el crecimiento de la incertidumbre en el horizonte del tiempo, cuanto más lejos está la predicción respecto al tiempo inicial de la evaluación mayor es la incertidumbre.

La ecuación básica de recurrencia es:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{Q_{i+1} - Q_i}{Q_i} = \mu_1 \Delta t + \sigma_1 \varepsilon_t \sqrt{(i+1) \Delta t}$$

Donde:

Q_i = Volumen de tráfico en el año i

μ_1 = Tasa de crecimiento anual del volumen de tráfico

σ_1 = Parámetro de varianza del volumen de tráfico (volatilidad)

ε_t = Variable aleatoria normalmente distribuida [0,1]

Adoptándose el intervalo de tiempo en un año la ecuación se reduce a:

$$Q_{i+1} = Q_i \left(\mu_1 + \sigma_1 \varepsilon_t \sqrt{(i+1)} + 1 \right)$$

Donde $i = 1 \dots n$.

Para considerar la incertidumbre en la precisión de la estimación del volumen de tráfico para el primer año se usa la siguiente ecuación:

$$Q_1 = Q_0 (\sigma_2 \varepsilon_t + 1)$$

Q_0 = Volumen de tráfico promedio obtenido del trabajo de campo

σ_2 = Parámetro de varianza histórico del volumen de tráfico

La variable aleatoria es determinada en cada paso temporal con el método de Monte Carlo.

Una vez determinada la serie de los volúmenes de tráfico se procede al cálculo de los beneficios considerando las principales variables una distribución de la función de densidad definida. Para el valor de los ahorros del tiempo de cada tipo de usuario se adoptara una distribución uniforme, para el costo unitario de operación de cada tipo de vehículo una distribución triangular.

5.4. UNIDADES DE LA OFERTA Y DEMANDA DE TRANSPORTE

Para medir la demanda y consecuentemente la oferta del transporte existen varias unidades, no siempre claramente identificadas. Las más usuales son:

- **VIAJE.** Esta es una forma fácil y práctica de medir los deseos de movimiento de las personas y sus bienes. Sin embargo, no resulta fácil asociarla con la oferta.
- **PASAJEROS.** Por el contrario, para la empresa de transporte es más fácil hablar de pasajeros como la demanda que enfrenta y que tiene que satisfacer con oferta de espacio para esos pasajeros. El problema de lo anterior radica en que los viajes largos son igualmente valorados que los viajes cortos.
- **PASAJEROS KILÓMETRO (pax-km).** Para corregir el defecto anterior, una medida consiste en multiplicar los viajes por la distancia que implican para llegar así al concepto de pasajeros kilómetro; por ejemplo, 10 pasajeros demandando viajes de 1.5 km (15 pax-km) requieren más oferta que esos mismos 10 pasajeros, demandando sólo 1 km en sus viajes (10 pax-km).
- **PASAJEROS KILÓMETRO POR UNIDAD DE TIEMPO. (pax-km/tiempo).** En ocasiones, resulta necesario conocer la frecuencia con que se presenta la demanda en relación al tiempo; por ejemplo, es muy importante saber si los 10 pax-km demandados se presentan en una hora o en media hora.
- **VEHÍCULO.** En otras ocasiones, la demanda de transporte se hace por un vehículo y no por cada usuario. Así, si se contrata el vehículo para un viaje, o para un período de tiempo; también pueden construirse las unidades veh-km o veh-hora, o incluso la más elaborada de veh-km/hora.
- **CARGA.** Similar al caso de las personas, en lugar de viajes o envíos, se puede ser más preciso para identificar el esfuerzo que se requiere y tener unidades como son: toneladas, ton-Km, ton-km/tiempo, etc.

6. OFERTA

6.1. INTRODUCCIÓN

En este manual se define como oferta la infraestructura física formada por todas las obras civiles incluyendo la señalización y el equipo electromecánico para el caso donde se tengan incorporados túneles.

Este capítulo está dedicado al tratamiento de la tramificación de las carreteras existentes y futuras, de las características físicas y geométricas de las carreteras existentes (diagnostico de la situación actual) y las opciones alternativas (situaciones futuras) para dar respuesta a la problemática planteada.

6.2. TRAMIFICACIÓN DE LA OFERTA

La evaluación de una oferta (carretera existe o futura) se inicia con la zonificación o tramificación de la misma, es decir, la división de la carretera en zonas o tramos homogéneos. Para este efecto se aplican los siguientes criterios:

- Tipo de carretera
- Geometría del trazo
- Sección transversal
- Naturaleza de la capa de rodadura
- Volumen y composición del tráfico

6.2.1. TIPO DE CARRETERA

Se deberá distinguir entre carreteras en zona urbana, interurbana y accesos a poblaciones

6.2.2. GEOMETRÍA DEL TRAZO CONDICIONADA POR LA TOPOGRAFÍA.

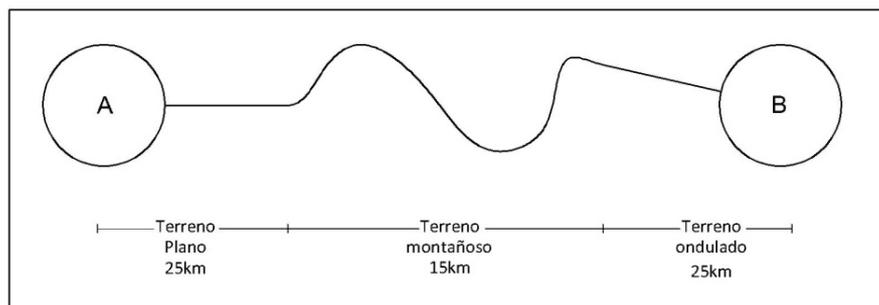
Para la tramificación se distinguen las categorías mostradas en la tabla 6.1:

TABLA 6.1 TIPOS DE TERRENO

Tipo de terreno	Pendiente longitudinal
Plano o llano	0 – 3 %
Terreno ondulado	3 – 6 %
Montañoso	Hasta 9%

Para una carretera entre los centros poblados A y B que atraviesa diferentes relieves topográficos se tendría por ejemplo la siguiente ramificación topográfica:

FIGURA 6.1 EJEMPLO DE TRAMIFICACION SEGÚN EL RELIEVE TOPOGRÁFICO



6.2.3. SECCIÓN TRANSVERSAL.

La zonificación tiene lugar en función al número de carriles, ancho de cada carril, presencia de una franja de seguridad, ancho de las bermas, etc., en resumen todas las características geométricas de la sección transversal, tal como se explica en el acápite 6.3

6.2.4. NATURALEZA DE LA CAPA DE RODADURA.

Para la tramificación según la capa de rodadura se consideraran los casos mostrados en la tabla 6.2

TABLA 6.2 TIPOS DE CAPA DE RODADURA

Categoría	Tipo de capa de rodadura
I	Flexible: Carpeta asfáltica
II	Flexible: Tratamiento superficial
III	Rígido: Losas de hormigón
IV	Ripiado con grava compactada
V	Tierra

Para las tres primeras categorías la calidad del pavimento se analiza determinando la regularidad superficial que tiene que ver con las deformaciones verticales acumuladas a lo largo de un kilómetro con respecto a un plano horizontal en un pavimento. Estas irregularidades se deben principalmente a un diseño inadecuado, a un procedimiento constructivo deficiente, o a un daño producido a la carretera misma por el tráfico vehicular. En ocasiones dichas irregularidades son una combinación de las causas citadas; así por ejemplo, las diferentes capas que constituyen un pavimento suelen presentar irregularidades debidas a asentamientos o acomodos de los materiales que las constituyen debido a las cargas que circulan sobre el pavimento, diseño inadecuado, drenaje insuficiente y/o deficiente proceso constructivo.

La rugosidad puede medirse de diferentes maneras, pero cualquiera sea la forma elegida la misma debe poseer un alto grado de certeza en la medición y una buena repetitividad en mediciones sucesivas, para poder de esa manera confiar en los resultados obtenidos. Los métodos de medición pueden agruparse básicamente en dos categorías:

1. Los basados en una *referencia absoluta*, con medición directa del perfil longitudinal, sean de medición estática o dinámica (nivelación topográfica, equipos láser, etc.)
2. Los de base de *referencia no absoluta*, de medición, ya sean de medición estática (reglas rígidas de tres metros con o sin ruedas, perfilógrafos) o de medición dinámica del tipo respuesta, o sea que miden el perfil longitudinal a través de la respuesta del sistema dinámico de un vehículo (BPR, BI, MAYS, etc.)

6.2.5. LA RUGOSIDAD

En la ingeniería de carreteras, la calidad del pavimento se analiza determinando la Regularidad Superficial, que tiene que ver con las deformaciones verticales acumuladas a lo largo de un kilómetro con respecto a un plano horizontal en un pavimento, denominadas irregularidades.

Estas se deben principalmente a dos causas: la primera, al procedimiento constructivo, y la segunda, al daño producido a la carretera misma por el tránsito vehicular. En ocasiones dichas irregularidades son una combinación de ambas; así por ejemplo, las diferentes capas que constituyen un pavimento suelen presentar irregularidades debidas a asentamientos o acomodos de los materiales que las constituyen, y son función de las cargas que circulan sobre el pavimento y de un deficiente proceso constructivo.

Según la ASTM (American Society for Testing and Materials) la rugosidad se define como "las Desviaciones de la superficie del camino con respecto a una superficie plana que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de circulación, cargas dinámicas y drenaje.

Según las frecuencias, sus amplitudes y el tipo de vehículo utilizado, los defectos de rugosidad son percibidos por los usuarios como oscilaciones factibles de ser descompuestas en movimientos vibratorios de diferentes gamas de frecuencias.

6.2.5.1. Instrumentos de Medida

En el pasado, los equipos y métodos más utilizados para cuantificar la regularidad de un perfil, ha sido una regla con una determinada longitud, de 3 hasta 9 metros, que define las irregularidades del punto medio de la regla respecto a los dos extremos (que definen el plano de referencia). Actualmente, se utilizan equipos más modernos tales como:

- el **perfilógrafo** longitudinal, ya sea de 3 o 7 metros y que mediante un sistema gráfico o computarizado, determina las irregularidades del punto medio del perfilógrafo respecto a los dos extremos.
- el **Analizador Dinámico del Perfil Longitudinal** (APL, equipo francés),
- el **Analizador de la Regularidad Superficial** (ARS, equipo español) y
- el **Mays Ride Meter** (equipo americano).

Todos estos equipos se caracterizan por desplazarse a velocidades de operación en las carreteras, no interfiriendo con el flujo vehicular. Las velocidades de operación van desde los 20 hasta los 80 km/h.

6.2.5.2. Unidad de medida de la rugosidad "IRI"

La regularidad superficial se define normalmente por el Índice Internacional de rugosidad (IRI) definido como la sumatoria de la amplitud de las ondulaciones por kilómetro de carretera. Los índices se obtienen midiendo el perfil longitudinal y aplicando un modelo matemático de análisis para reducir el perfil a un índice estandarizado.

La condición del tramo de la carretera es, entonces, definida en función de la rugosidad. Considerando que normalmente las mediciones de rugosidad no forman parte del alcance de trabajo de un proyecto (aun en nuestro país no existen equipos para determinar la rugosidad adecuadamente) y ante la ausencia de información al respecto, se puede recurrir a la información del Plan Maestro de Transporte y de otros proyectos sobre el inventario de carreteras. Con estos antecedentes se califica a una carretera como mala, cuando los valores del IRI están en un rango de 8 a 12 IRI (International Roughness Index m/km).

6.2.6. VOLUMEN Y COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO.

Una vez efectuada la tramificación en función de los criterios físicos tratados líneas arriba, se debe proceder al análisis de los volúmenes de tráfico encontrados a través del acopio de datos y el estudio de tráfico tomando en consideración la información Origen – Destino, tipo de ejes y el tipo de tráfico esperado según el área de estudio y área de influencia. Se debe considerar la población directamente afectada, usos y tipo de zona ocupada, impactos sociales y territoriales, cambios de actividad, problemas puntuales, interrelación con otros planeamientos (de la propia zona y con las zonas de borde en las que se emplaza el proyecto) para formular la predicción del tráfico esperado para cada tramo homogéneo.

Una primera tramificación sobre la base de los criterios geométricos podrá ser modificada o densificada en función del tráfico actual o esperado. De esta manera se podrá garantizar la determinación correcta de los beneficios y costos (CGV) para cada tramo.

Para carreteras futuras o nuevas se debe realizar el mismo ejercicio. Para estos trazos nuevos es necesario seleccionar como variable principal la velocidad directriz de diseño y determinar en función a esta variable principal las otras características geométricas de la futura carretera (ver el Manual de diseño Geométrico de ABC). Simultáneamente se debe seleccionar y dimensionar el tipo de capa de rodadura en función a la intensidad y tipo de tráfico esperado.

En el caso de no lograrse los parámetros de elegibilidad requeridos (Cap 2), entonces se podrá modificar alguno de los criterios de diseño en cada tramo homogéneo y determinar nuevamente los costos y los beneficios asociados al nuevo diseño. En nuestro país se constituye como una variable importante el tipo de capa de rodadura y es considerado frecuentemente como una opción alternativa, es decir, la geometría (pendiente, ancho de carriles, etc.) se mantienen constantes y solamente se varía el tipo de capa de rodadura.

6.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS

6.3.1. CARRETERAS EXISTENTES

Tal como se ha expuesto en el capítulo segundo del manual los beneficios de cualquier opción alternativa estudiada deben ser determinados considerándose la situación "sin proyecto". En la mayoría de los casos de estudios en el país se trata de mejorar las condiciones físicas para el transporte entre centros poblados, es decir, se supone que ya existe un camino que las vincula, constituyéndose como la situación

“sin proyecto”. Este camino existente debe ser evaluada en las condiciones actuales para lo cual deberá recolectarse la siguiente información mínima.

- Tipo de camino (urbana, interurbana, acceso, etc.)
- Número de carriles de circulación por sentido
- Ancho de los carriles (calzada en metros), bermas, franjas de seguridad, es decir, la sección transversal de la carretera.
- Tipo de superficie de rodamiento (pavimento rígido, pavimento flexible, ripio o tierra)
- Condiciones actuales de la superficie de rodamiento en la carretera. Se debe determinar “in situ” el Índice de rugosidad internacional en unidades IRI (m/km), que varía entre 2 (condiciones excelentes en un camino pavimentado) y 25 (condiciones muy pobres en un camino no pavimentado).
- Pendiente media ascendente, definida como la suma ponderada de todos los ascensos de la carretera, en porcentaje varía entre 0 y 12%.
- Pendiente media descendente, definida como la suma ponderada de todos los descensos, en valor absoluto, variando también de 0 a 12%
- Proporción de viaje ascendente, definida como la longitud de los tramos en viaje ascendente dividida entre la longitud total del camino, en porcentaje varía entre 0 y 100 %
- Curvatura horizontal promedio, definido como el promedio ponderado de las curvaturas de los segmentos curvilíneos del camino. Para la ponderación se utilizan las longitudes de esos segmentos. La curvatura de un segmento curvilíneo es el ángulo (en grados) subtendido en el centro de curvatura, por unidad de longitud de arco de la curva (en km). Varía de 0 a 1000 grados por km.
- Altitud del terreno. Altitud promedio del terreno sobre el nivel del mar, en metros
- Señalización horizontal y vertical, incluyendo la línea divisoria, laterales, etc.
- Estado de todas las obras de arte, incluyendo puentes, alcantarillas, sistema de drenaje pluvial (cunetas, cajas de recolección, etc.)
- Estado de los taludes de excavación y de relleno, zonas potencialmente inestables
- Descripción de la conservación de tipo rutinaria y periódica, eficacia del conservación.
- Grado de congestión que se presenta.

Con esta información y aquella obtenida en el estudio de tráfico, el evaluador podrá determinar la capacidad y velocidad específica de la carretera y proyectara el volumen de tráfico futuro y definirá el punto de equilibrio de la situación “sin proyecto”.

La alternativa “sin proyecto” es considerada la ‘Alternativa Base’, es la utilización óptima de la infraestructura vial existente y que únicamente requiere inversiones marginales o adecuación de las que actualmente se efectúan sobre la vía mejorando su estándar, frecuencia etc. En esta etapa del estudio se define las mejoras mínimas necesarias para tratar de acomodar el tráfico futuro, tomándose en cuenta las condiciones socio-económicas que impone el desarrollo de la economía del área de influencia del proyecto.

A título de ejemplo se presentan en las figuras 6.2 y 6.3 secciones transversales típicas.

FIGURA 6.2 SECCIÓN TÍPICA ZONA URBANA

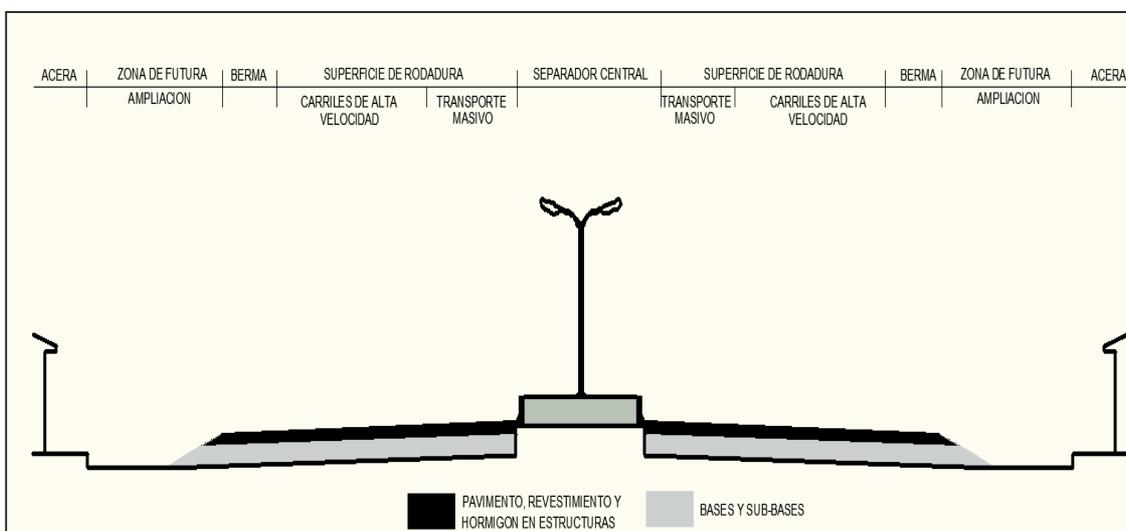
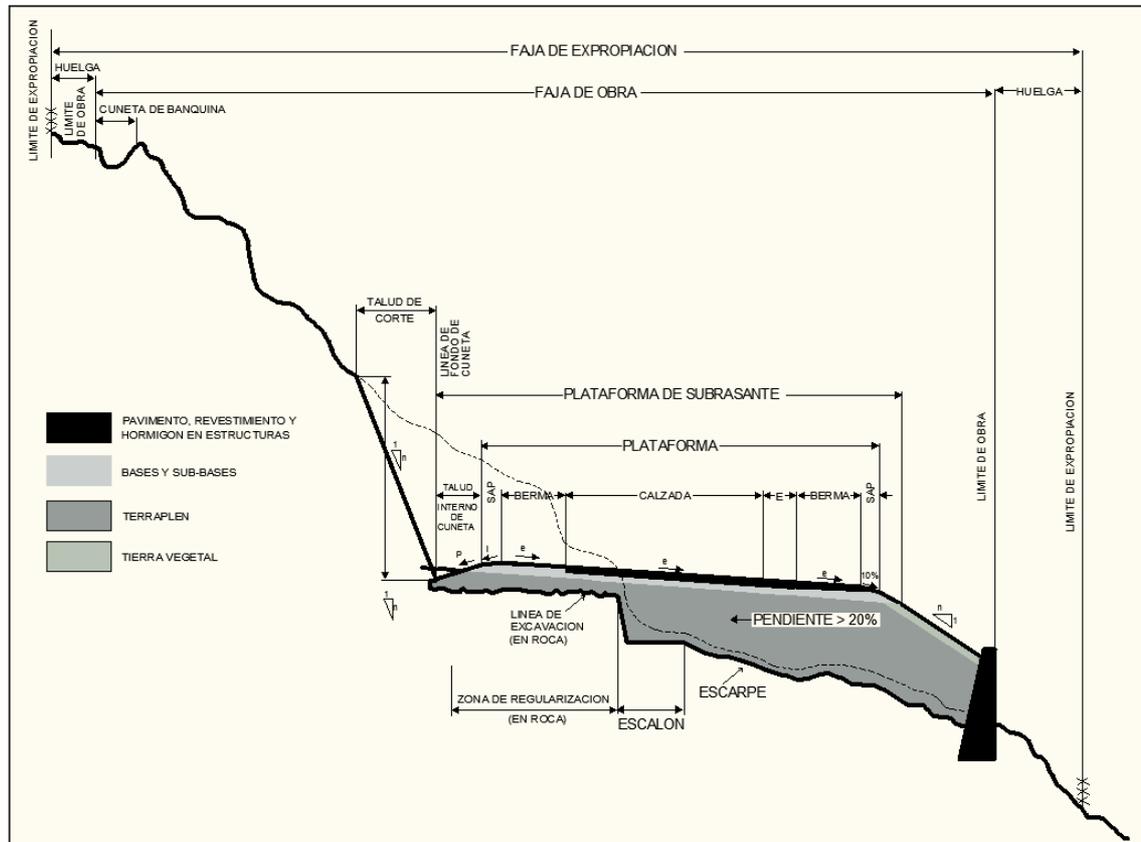


FIGURA 6.3 SECCIÓN TÍPICA ZONA RURAL



Fuente: ABC Manual Diseño Geométrico

Adicionalmente a la información necesaria descritas líneas arriba, durante el recorrido de reconocimiento se deberán identificar problemas, hidráulicos y de drenaje, geotécnicos en especial la estabilidad de los taludes, calidad en la superficie de rodadura, asentamiento de plataforma, derrumbes en sectores que puedan ocasionar inestabilidad del suelo natural y la existencia de flujos de agua subterránea. También se debe reportar sobre la transitabilidad de la carretera cuando es condicionada por la calidad de la superficie en sectores no pavimentados, debido al elevado número de deformaciones existentes, que provocan ahuellamientos de consideración, por el paso de vehículos con carga, principalmente en sectores no pavimentados.

6.3.2. OPCIONES ALTERNATIVAS.

La evaluación de factibilidad económica de un proyecto supone comparar las opciones alternativas propuestas "situación con proyecto" respecto a una situación actual: "situación sin proyecto". En el caso de un Estudio de Factibilidad las opciones alternativas representan a diferentes soluciones excluyentes de donde surgirá una sola como la solución idónea.

Las opciones alternativas a ser consideradas para resolver el problema de tráfico planteado van desde un nuevo trazo entre los puntos de origen y destino estudiados, construcción de nuevos carriles (caso actual de la carretera La Paz - Oruro) hasta las modificaciones y mejoras a ser introducidas en el trazo actual incluyendo variantes para cambiar la geometría horizontal y vertical de la carretera, incorporando túneles, puentes, alcantarillas y viaductos, ampliando la plataforma para alojar los carriles de rodado y las berma y franjas de protección, etc. (caso de la carretera Santa Bárbara - Quiquibey). En resumen, en las opciones alternativas de carretera a ser consideradas, se deberá tomar en cuenta todo tipo de intervenciones que deberán ser ejecutadas para mejorar las condiciones físicas para el tráfico esperado.

El parámetro principal para el diseño de un trazo nuevo o de las variantes seleccionadas está representado por la velocidad de diseño. Esta velocidad debe ser considerada como una variable principal para generar varias opciones alternativas de solución (diseños). No se puede olvidar que los costos de inversión (volúmenes de obras), costos de conservación y los beneficios (tiempo de ahorro de viaje y costos de operación de los vehículos) son una función directa de esta variable principal.

Otra variable importante para el caso boliviano es cabalmente el tipo de capa de rodadura que deberá ser considerado en el planteamiento de las opciones alternativas.

Tal como se expuso en el capítulo 2 del manual, se considera una opción alternativa idónea y bien calculada y con costos bien estimados cuando cada uno de los elementos del proyecto han sido diseñados considerándose una función objetivo que garantiza el mínimo costo, satisfaciendo todos los requerimientos estructurales y de estabilidad.

Se debe dejar claramente establecido que todos los diseños de ingeniería deben estar sólidamente justificados con estudios básicos de topografía, geologías y geotecnia, hidrología e hidráulica bien elaborados, en base a los TDRs y a los principios de la buena práctica de la ingeniería.

6.4. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los resultados de los estudios y análisis realizados deberán ser presentados en forma resumida y ordenada para facilitar el trabajo del evaluador. La evaluación de los costos y beneficios se realiza por tramos. Cada una de las opciones alternativas es definida y codificada. En la tabla 6.3 se presenta a título de ejemplo las alternativas consideradas para ampliar la capacidad de una carretera ripiada, donde se han definido tres tramos considerándose criterios topográficos y de volumen de tráfico. La alternativa A corresponde a la situación Sin proyecto, mientras las otras corresponden a la situación con Proyecto.

TABLA 6.3 OPCIONES ALTERNATIVAS PARA LA EVALUACION POR TRAMOS

	Tramo	Sin Proy	Con Proy							
01	TRAMO 1	ALTA	ALTB	ALTC	ALTD	ALTE	ALTF	ALTG	ALTH	ALTI
02	TRAMO 2	ALTA	ALTB	ALT1C	ALTD	ALTE	ALTF	ALTG	ALTH	ALTI
03	TRAMO 3	ALTA	ALTB	ALT1C	ALT1D	ALTE	ALT2F	ALTG	ALTH	ALTI

donde:

ALT A	Situación actual (Caso Base o situación sin proyecto)
ALT B	Mejoramiento Geométrico (ancho de carriles), manteniéndose el trazo actual y capa de rodadura ripiada
ALT C	Mejoramiento Geométrico con variantes significativas en el trazo (radios horizontales más grandes, pendientes longitudinales menores, ampliación de la plataforma, sistemas de drenaje mejorados, etc.
ALT D	Alternativa B mas acabado de los carriles con una Carpeta Asfáltica
ALT E	Alternativa B mas acabado de los carriles con Tratamiento Superficial Doble
ALT F	Alternativa B más acabado de los carriles Pavimento Rígido. Losas de Hormigón.
ALT G	Alternativa C mas acabado de los carriles con una Carpeta Asfáltica
ALT H	Alternativa C mas acabado de los carriles con Tratamiento Superficial Doble
ALT I	Alternativa C más acabado de los carriles Pavimento Rígido. Losas de Hormigón.

Actualmente en Bolivia se usa en forma rutinaria el programa HDM, desarrollado por la Universidad de Birmingham (Gran Bretaña), para la evaluación de proyectos carreteros. Consecuentemente, se presenta a continuación las tablas resumen con la información necesaria que deben ser elaboradas para facilitar el uso de este programa.

Las tramificaciones de la carretera existente y de las opciones alternativas son presentadas en tablas semejantes a la presentada en la tabla 6.4 donde se indican los nudos y los tramos con las distancias parciales y acumuladas. Normalmente los nudos están representados por poblaciones.

TABLA 6.4 NUDOS (POBLACIONES) Y LONGITUDES DE LOS TRAMOS DEL PROYECTO

Nudo (Población)	Distancias Parciales (km)	Distancias Acumuladas (km)
Población 1		
Población 2		
Población 3		
.		
Población n		

En la tabla 6.5 se reúne la información respecto al tipo de capa de rodadura y la topografía

TABLA 6.5 CAPA DE RODADURA Y TOPOGRAFIA DE LOS TRAMOS

Tramo	Longitud Km	Capa de rodadura	Topografía
Tramo 1			
Tramo 2			
tramo n-1			

En la tabla 6.6 se reúnen todos los datos que deben ser introducidos en el programa HDM. Esta tabla reúne todas las características geométricas. Para cada la opción alternativa de carretera y para la carretera existente se elabora una tabla semejante.

TABLA 6.6 DATOS DE ENTRADA HDM

DESCRIPCION	tramo1	Tramo 2	Tramo3	Tramo n-1
Identificador del tramo				
Tipo velocidad / capacidad				
Modelo de Tráfico				
Zona Climática				
Clase de carretera				
Tráfico (año)				
Geometría				
Tipo capa rodadura				
Superficie				
Longitud (km)				
Ancho de calzada (m)				
Ancho de berma (m)				
Dirección del tráfico				
Número de carriles				
Ultima renovación superficial				
Tráfico motorizado TPDA				
Año del Tráfico				
GEOMETRIA				
Subidas + Bajadas (m/km.)				
Curvatura horizontal media ($^{\circ}$ /km)				
Velocidad Límite (km/h)				
Altura (msnm)				
Numero de Subidas + Bajadas				
Peralte máximo %				

Asimismo, debe prepararse partiendo de los resultados del estudio de mecánica de suelos una tabla con las características mecánicas de los tipos de materiales que conforman la capa de rodadura y la subrasante.

TABLA 6.7 DATOS CAPA DE RODADURA Y SUBRASANTE POR TRAMO

DESCRIPCION	TRAMO 1	Tramo 2	Tramo n-1
SUPERFICIE DE RODADURA			
Tamaño máximo partícula (mm)			
Índice de plasticidad %			
% que pasas tamiz 2 mm			
% que pasas tamiz 0.425 mm			
% que pasas tamiz 0.075 mm			
SUBRASANTE			
Tamaño máximo partícula (mm)			
Índice de plasticidad %			
% que pasas tamiz 2 mm			
% que pasas tamiz 0.425 mm			
% que pasas tamiz 0.075 mm			

Fuente: Estudio de Suelos

7. BENEFICIOS.

En zonas rurales donde se ejecutan proyectos que mejoran la infraestructura vial, el principal beneficio que se produce es la reducción de los costos de transporte.

Esta disminución, se materializa en todas las actividades que se realicen en la zona del proyecto y que estén relacionadas con el mercado de transporte. Es decir, si los productores utilizan camiones de carga para trasladar su mercancía a centros de distribución o puntos finales de venta, la disminución en los costos de transportes se verá reflejada en una mayor rentabilidad de las actividades que realizan, ya que pagarán menores costos de flete; asimismo, la población que habita en estas zonas, pero que realiza actividades no relacionadas con la producción y que utiliza la infraestructura vial para trasladarse a diferentes puntos de interés (escuelas, hospitales, centros recreativos, etc.), también tendrán beneficios por la reducción de los costos de transporte y ahorros en el tiempo de traslado.

En este sentido, para desarrollar la identificación, cuantificación y valoración de beneficios, se dividirá esta sección en tres partes. En la primera y la segunda, se desarrolla la manera en cómo se trasladan los beneficios por disminución en costos de transporte, a las actividades productivas¹⁴ y no productivas¹⁵ respectivamente. En la tercera parte, se desarrolla un resumen de la interrelación que tiene los beneficios de los dos grupos de actividades antes mencionadas.

7.1. BENEFICIOS EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN

Como se mencionó, las actividades productivas y el mercado de transporte se encuentran relacionados por los costos de traslado de insumos y mercancías, por lo que una reducción de estos se puede estimar en cualquiera de los dos mercados antes mencionados. En el mercado de transporte, los dueños de los vehículos de carga incurrirán en menores costos de operación, ya que los vehículos tendrán un menor desgaste, consumirán menos combustible, y su conservación se reducirá. Lo anterior se resume en que este mercado se vuelve más rentable. Por otro lado, en el mercado de actividades productivas, se espera que si el mercado de transporte es competitivo, el costo del flete por traslado de insumos y mercancías se reduzca, con lo que se podrían tener mayores ganancias en la producción.

Por lo tanto, la reducción en costos de operación en el mercado de transporte se puede estimar por medio de la disminución en el costo de flete para el mercado de actividades productivas y de manera viceversa. Es decir, estos beneficios son iguales y no deben sumarse.

Así como existen dos maneras de identificar los beneficios por menores costos de transporte, para realizar la cuantificación se recomienda hacerlo por medio del incremento en el excedente del productor o por el aumento en el precio de los terrenos. La primera se refiere al hecho de que con menores costos de transporte, los productores realizan su actividad de un modo más eficiente y por lo tanto, más rentable; la segunda, parte del hecho de que con una mayor accesibilidad de cierta zona, el precio de los terrenos que ahí se localizan debe aumentar, no obstante, esto dependerá de la situación competitiva en que se encuentre el mercado de bienes raíces¹⁶.

7.2. BENEFICIOS EN ACTIVIDADES NO RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN

Adicional al beneficio que se genera en las actividades relacionadas con la producción, existen beneficios para aquellas personas que utilizan la infraestructura vial para realizar traslados que no están relacionados con las actividades de producción, tal es el caso del traslado de personas a escuelas, hospitales, zonas recreativas, etc.

Estas actividades también se ven beneficiadas por el mejoramiento de la infraestructura vial, ya que los costos de transporte en los que incurrirán serán menores. La manera de cuantificar este beneficio es por medio de la estimación del número de vehículos que se utilizan para transportar a las personas a las diferentes actividades no relacionadas con la producción. La valoración se realiza con el diferencial en Costos Generalizados de Viaje¹⁷ para la situación Con y Sin Proyecto, multiplicado por el número de

¹⁴ Las actividades productivas son aquellas que están relacionadas con la producción de cierto bien.

¹⁵ Las actividades no productivas se refieren a todas aquellas que se realizan independientemente de la producción.

¹⁶ Este enfoque considera el Excedente del Productor, que se lo detalla en la parte correspondiente a Evaluación.

¹⁷ Los cuales corresponden a los costos de Operación Vehicular y Costos por Tiempos de Viaje

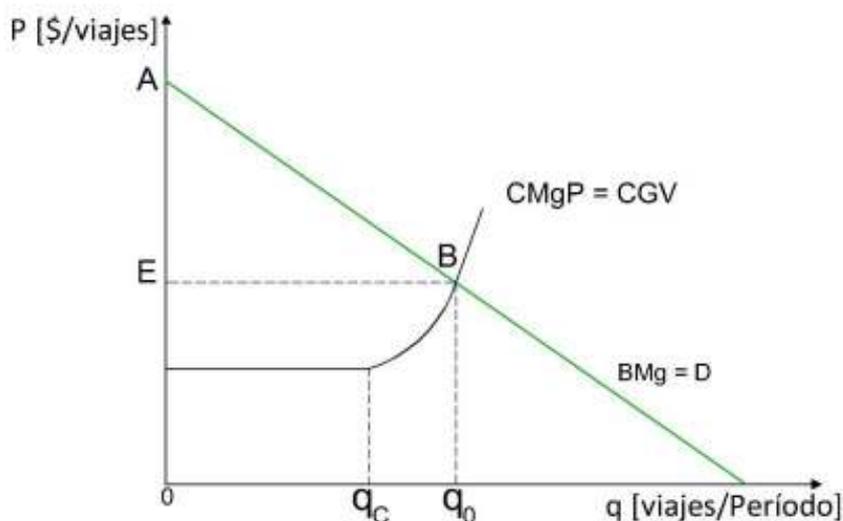
vehículos antes mencionado. Cabe señalar, que no deben mezclarse estas estimaciones de tráfico con las que se realizan en el punto 7.1, ya que se estarían duplicando beneficios.

En términos de la evaluación para carreteras de la red vial fundamental de Bolivia, esta será la alternativa que se tomará como la más adecuada para la evaluación vial.

Considerando los antecedentes previos, desde el punto de vista económico el transporte es un "bien" y como tal se rige por las leyes del mercado. Existe una demanda por el bien, la cual refleja la disposición a pagar por viajes y existe una oferta que representa el costo en que se incurre por realizar tales viajes.

Esta situación se representa en el gráfico de oferta y demanda que muestra la figura siguiente. En la abscisa se representa el número de viajes, q , que se realizan por unidad de tiempo, entre un par origen-destino y, en la ordenada un valor económico, P , medido en la unidad monetaria elegida (Bs. \$us). Ambas curvas expresadas en términos privados, es decir, a precios de mercado.

FIGURA 7.1 OFERTA Y DEMANDA DE TRANSPORTE



El área $OABq_0$ bajo la curva de demanda D , representa la disposición a pagar, y por lo tanto el beneficio que perciben los usuarios del camino, por realizar q_0 viajes entre el par origen - destino.

El costo en que incurren los usuarios se denomina **Costo Generalizado de Viaje [CGV]**, el cual depende, principalmente, de la valorización del tiempo empleado en el viaje y del costo de operación de los vehículos (combustibles, neumáticos, etc.). El costo que eroga el usuario que se incorpora a una ruta es el CGV, por lo que también se lo conoce como costo marginal privado, $CMgP$.

Dado que el CGV es el costo que percibe cada uno de los usuarios de la vía, también será igual al costo medio social, $CMeS$.

Por lo tanto, el beneficio neto para los usuarios o excedente del consumidor corresponde a la diferencia entre la disposición a pagar por viajes, área $OABq_0$, y el costo que efectivamente pagan, área $OEBq_0$, resultando el área ABE .

Es conveniente mencionar, que a medida que se realizan más viajes por unidad de tiempo en una ruta, es posible que aumente el CGV debido a la congestión vehicular, situación que en la figura 7.1 se refleja a partir de un nivel de tráfico q_c .

Conforme se ha venido señalando, desde la perspectiva del análisis económico la evaluación de un escenario, significa comparar su operación actual (denominada sin proyecto), con la situación con proyecto (red con mejoras) y determinar si existe aumento, que vendría a significar un ahorro y por consiguiente un aumento del bienestar colectivo, bajo el criterio del uso eficiente de los recursos. Algunos beneficios o desventajas, que siendo reales no pueden valorarse fácilmente, pero debe ser señalada su importancia. Por tanto aquellos que directamente pueden identificarse son cuantificados y luego valorados bajo la suma del enfoque del excedente del consumidor (ahorros que provienen por la disminución en el tiempo de viaje de los usuarios) y del enfoque del productor (ahorros que provienen por disminución en los costos de operación de los vehículos)

Estos posibles ahorros y beneficios deben ajustarse con otras valoraciones denominadas externalidades (positivas o negativas) que suelen ser una consecuencia en la producción de los servicios de transporte,

como se dijo antes. Por lo que un escenario al contrastarse con la base, y que sea capaz de maximizar el bienestar colectivo será mejor que otro.

Obviamente los escenarios tienen un costo de Inversión que debe ser parte del análisis costo-beneficio. Por esta razón como se trata del bienestar colectivo, la valoración de los insumos debe reflejar (precios económicos) lo que le cuesta a una sociedad movilizar o utilizar en el proyecto tales recursos, respecto a su mejor uso alternativo.

Por lo que, usando el análisis costo-beneficio se puede determinar para cada escenario, las figuras de mérito conocidas como Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN)

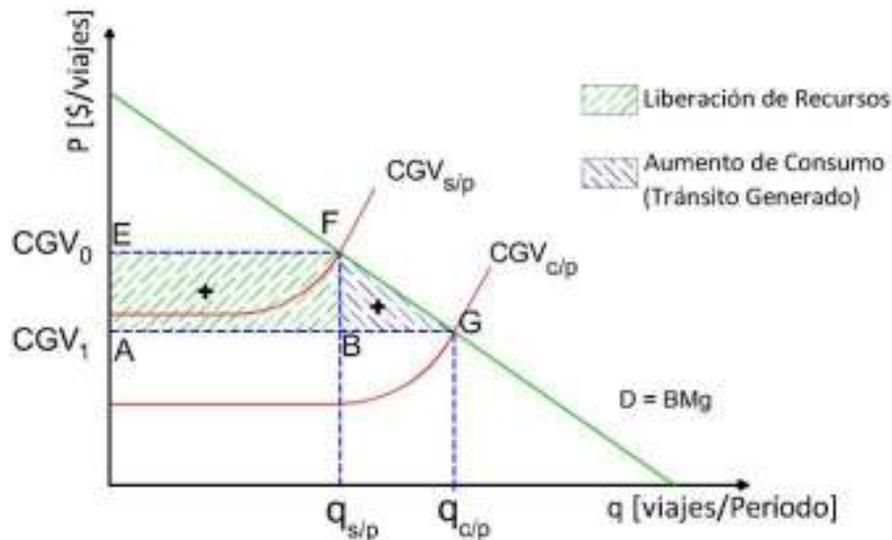
7.2.1. BENEFICIOS POR DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS GENERALIZADOS DE VIAJE

La materialización de un proyecto vial puede producir reasignación de flujo vehicular, pues algunos usuarios preferirán la ruta que el proyecto mejora. En este sentido los tráficos que se prevé utilizarán la carretera corresponden a los descritos en el punto 4.1 **Tipos de Tráfico**¹⁸.

Para determinar los beneficios sociales que conlleva la ejecución de un proyecto caminero, es conveniente dividir la red vial en tramos de demanda homogénea, es decir, que no salgan ni entren vehículos en puntos intermedios. Los efectos que ocurran en los tramos que el proyecto mejora, se denominan efectos directos y los que ocurren en otros tramos se denominan indirectos.

En la figura siguiente se presentan las curvas de CGV, tanto para la situación sin proyecto, CGV_{sp}, como para la situación con proyecto, CGV_{cp}. El efecto de la mejora del tramo produce una disminución de la curva de CGV y por lo tanto un beneficio directo.

FIGURA 7.2 BENEFICIOS DIRECTOS EN EL CAMINO OBJETO DEL PROYECTO



En la figura siguiente se muestra la curva CGV para un tramo de la red vial, asociado a un camino alternativo al mejorado. Se ha supuesto que esta curva no cambia por efecto del proyecto, ya que el camino mantiene su estándar. El proyecto produce un desplazamiento de su curva de demanda, desde D a D', al desviarse o transferirse parte de su tráfico a la ruta que el proyecto mejora. En el caso que en este tramo exista congestión, la disminución del tráfico provocará un beneficio indirecto del proyecto.

¹⁸

Tráfico Normal, que corresponde al tráfico que no cambia su ruta por la ejecución del proyecto.

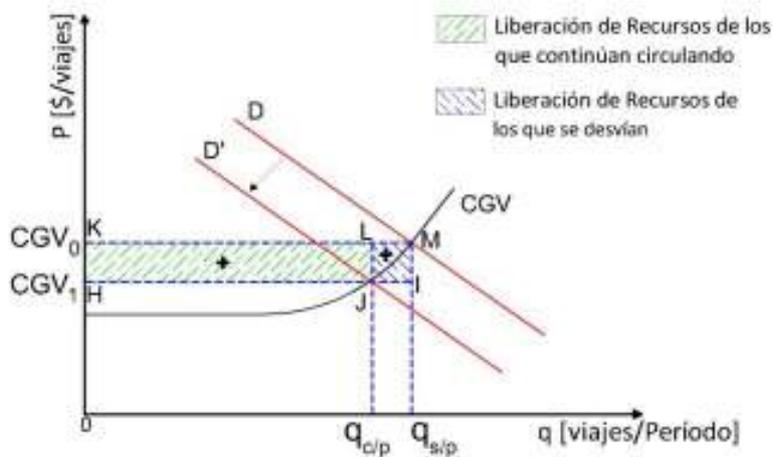
Tráfico Desviado, Corresponde al tráfico que cambia su ruta por efecto del proyecto, pero mantiene su origen y destino.

Tráfico Atraído, Corresponde al tráfico vehicular que cambia su ruta por efecto del proyecto, cambia su origen y/o destino.

Por ejemplo, un productor que al disponer de un camino en mejores condiciones decide comprar insumos en otra localidad.

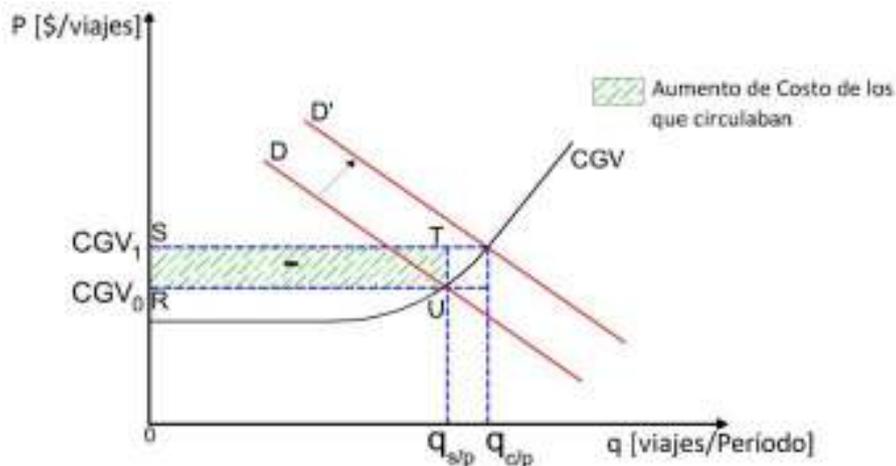
Tráfico Generado y de Desarrollo, corresponde al tráfico vehicular que se incorpora a la red vial por causa del proyecto, el cual antes no circulaba por ningún tramo de ella. Por ejemplo, la construcción de un camino de penetración genera tráfico al permitir la explotación de áreas que antes eran inaccesibles.

FIGURA 7.3 BENEFICIOS INDIRECTOS DE UN CAMINO ALTERNATIVO



Por otra parte, los tramos de un camino complementario al mejorado por el proyecto, verán incrementado su tráfico, tal como muestra la figura siguiente. En este caso, si existe congestión, el proyecto provocará un beneficio indirecto negativo (equivale a un costo pero se considera parte de los beneficios, porque el beneficio del proyecto es la suma de estos parciales).

FIGURA 7.4 BENEFICIO INDIRECTO NEGATIVO EN UN CAMINO COMPLEMENTARIO



De manera que, el beneficio social del proyecto corresponde a la suma de los beneficios directos e indirectos que se mostraron en las figuras anteriores, es decir, las siguientes áreas sombreadas:

- Área AEFB de la Figura No. 7.2. Beneficios directos en el camino objeto del proyecto, la cual corresponde a la liberación de recursos o aumento en el excedente del consumidor, asociado al tráfico normal del camino que mejora el proyecto.
- Área FBG de la Figura No. 7.2. Beneficios directos en el camino objeto del proyecto, la cual corresponde al aumento del excedente del consumidor asociado al tráfico desviado, transferido y generado, que circula por el tramo que mejora el proyecto.
- Área HKLJ de la Figura No. 7.3. Beneficios indirectos de un camino alternativo, la cual corresponde a la liberación de recursos de los que continúan circulando por el camino alternativo, debido a una reducción de la congestión.
- Área LJMI de la Figura No. 7.3. Beneficios indirectos de un camino alternativo, la cual corresponde a una liberación de recursos asociado al tráfico que se desvía y al que se transfiere a la ruta que el proyecto mejora; este beneficio se determina por la reducción de la congestión hasta el punto en que el usuario decide cambiarse de ruta. En efecto, la disposición a pagar por desviarse, representada por un punto de la curva de demanda de la ruta mejorada, es igual al CGV del vehículo en el momento que en que decide el cambio de ruta, el cual es menor que el CGV que tenía antes que se desviara algún vehículo.

- Área RSTU de la Figura No. 7.4. Beneficio indirecto negativo en un camino complementario, corresponde al aumento de costos por efecto del proyecto de los que antes circulaban por el camino complementario, los cuales deben considerarse con signo negativo al cuantificar beneficios.

En resumen, respecto a los ahorros del usuario, es importante recalcar que en términos de la evaluación socioeconómica considerando el enfoque del Excedente del Consumidor, donde se hace una comparación entre las situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto, la diferencia que existe (generalmente positiva) entre CGV entre ambas situación, se las considera como un ahorro para el proyecto, por ende es un beneficio. Es decir, la diferencia de costos actuales y los que se tendrían una vez implementada la carretera se traducen en ahorros para el usuario los cuales son incluidos en la evaluación como beneficios.

7.2.1.1. Ahorros en Costos de Operación Vehicular (COV).

Estos beneficios se refieren a las reducciones en los costos de operar los vehículos motorizados. Este tipo de beneficio es el que se obtiene de manera más directa de los proyectos de mejoramiento y construcción de carreteras y frecuentemente es el más importante. También es el que se puede medir de manera relativamente más fácil.

Este beneficio los reciben inicialmente los usuarios de las carreteras, pero si existe competencia dentro del mercado de transportes de la carretera, pueden compartir este beneficio con los productores, transportadores y consumidores.

Básicamente, los usuarios existentes de la carretera se benefician con toda la reducción de Costos de Operación. Los Beneficios se miden comparando la situación Sin Proyecto con la situación Con Proyecto o de la primera con las varias alternativas que se está evaluando de la última. Se compara entre los costos que se producirían si se hiciera la inversión del proyecto con los costos en que incurrirían si no se hiciera el proyecto.

Para el tráfico que transita por una carretera nueva o mejorada, el beneficio está constituido por la reducción de los costos de transporte, que es igual a la diferencia de costos entre la antigua y la nueva infraestructura. Sin embargo, no es la diferencia entre los costos promedio de transporte, sino de los costos evitables, estos son los ahorros verdaderos de costos que se perciben por usar la nueva infraestructura.

Generalmente es muy difícil obtener los costos de operación directamente de los operadores, principalmente porque se trata de una cantidad indeterminada para ellos. Por esta razón se usan ecuaciones que relacionan las características del diseño de la carretera con los costos de operación, para un determinado vehículo. Estas ecuaciones se han obtenido de estudios experimentales que se han llevado a cabo en distintos países¹⁹.

Los componentes de los costos de operación de vehículos son los siguientes:

- Combustible
- Lubricantes
- Llantas
- Repuestos
- Conservación y Reparación de los distintos tipos de Vehículos.
- Depreciación del Vehículo
- Intereses.
- Costos de Tripulación.
- Impuestos, Licencias, Permisos
- Seguros
- Gastos Administrativos

Los costos de operación de vehículos en carreteras que tiene flujo libre, como es el caso de carreteras rurales, difieren de los costos de vehículos que circulan en vías donde hay congestión, que es el caso de las vías urbanas. Cuando hay interferencia de otros vehículos, que obligan a reducir la velocidad o a detener el vehículo, aumenta principalmente el consumo de combustible.

En el caso de proyectos carreteros urbanos e interurbanos, hay que tomar en cuenta el incremento en el costo de operación por efectos de congestión²⁰.

¹⁹ Generalmente con el auspicio del Banco Mundial.

²⁰ Las ecuaciones del submodelo de costos de operación de vehículos de los Modelos HDM-III y HDM-IV, toman en cuenta la congestión, pero no la que produce la detención de los vehículos.

a. Estimación de los COV.

Al mejorar la calidad de la carpeta de rodadura de la vía, se producen una mejora en el rendimiento de lubricantes, aumenta la vida útil de los neumáticos y del vehículo mismo. Este ahorro de costos se calcula mediante un modelo en función de la rugosidad del pavimento, del tipo:

$$\text{Costo operación vehículo (\$/km)} = A_i + B_i \times R$$

Donde A y B son parámetros entregados por el modelo y R es el Índice de Rugosidad, que puede ser medido a través del índice de Rugosidad Internacional (IRI) o el Bump Integrator (BI). Al evaluar la ecuación con la rugosidad Con y Sin proyecto, se obtienen los costos de operación de cada vehículo en ambas situaciones.

El beneficio por ahorro en los costos de operación se obtiene mediante la siguiente ecuación. Cabe señalar que en los proyectos de vialidad intermedia, la mayoría de ellos no contempla aumento en la longitud de la vía, no obstante la ecuación está presentada para el caso general:

$$\text{Beneficio por Ahorro Operación Vehicular} = \sum_i^n [COV_i^{SP} \times Km^{SP} - COV_i^{CP} \times Km^{CP}] \times TPDA_i \times 365$$

Donde:

COV_i^{SP} =	costo operación vehicular situación Sin Proyecto, vehículo i, (\\$/KM)
COV_i^{CP} =	costo operación vehicular situación Con Proyecto, vehículo i, (\\$/KM)
Km^{SP} =	kilómetros de vía en la situación Sin Proyecto
Km^{CP} =	kilómetros de vía en la situación Con Proyecto
$TPDA_i$ =	Tráfico Promedio Diario Anual para vehículo i

b. Cambio en uso de combustibles

Para el caso del combustible, se podrán producir aumentos o disminuciones en el uso de este recurso, dependiendo de las velocidades de las situaciones Con y Sin proyecto. Es decir, el rendimiento del combustible es una función de la velocidad, en principio decreciente, pero que a partir de un punto se torna creciente.

El uso de combustible queda determinado por la siguiente ecuación:

$$\text{Uso combustible vehículo}_i = 1 / \text{rend}_i$$

Donde:

rend_i = rendimiento del vehículo i, en función de la velocidad, lts/Km

Al considerar las velocidades con y sin proyecto, se obtienen los rendimientos y uso de combustibles de cada vehículo en ambas situaciones.

Al igual que en el caso de los costos de operación, la ecuación está presentada para el caso general:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} \text{ por } \frac{\text{Reducción}}{\text{Aumento}} \text{ de Uso de Combustible} = \sum_i^n [CC_i^{SP} \times Km^{SP} - CC_i^{CP} \times Km^{CP}] \times TPDA_i \times 365$$

Donde:

CC_i^{SP} =	consumo combustible, situación Sin Proyecto, vehículo i, (lts/Km)
CC_i^{CP} =	consumo combustible, situación Con Proyecto, vehículo i, (lts/Km)
Km^{SP} =	kilómetros de vía en la situación Sin Proyecto
Km^{CP} =	kilómetros de vía en la situación Con Proyecto
$TPDA_i$ =	Tráfico Promedio Diario Anual para vehículo i

c. Ahorro costos de conservación

El proyecto puede también generar beneficios por ahorros en costos de conservación. Esto se produce cuando en la situación sin proyecto se requieren constantes y recurrentes reparaciones para poder continuar con la vía operativa. Para su estimación y valoración, deberá estimarse los costos de

conservación de las situaciones sin y con proyecto, en función de los estándares de la carpeta en ambas situaciones.

$$\text{Ahorro costos conservación (\$/año)} = \text{C.Conserv.}^{\text{CP}} - \text{C.Conserv.}^{\text{SP}}$$

Donde:

C.Conserv.^{SP} = costos de conservación anual de la vía en la situación sin proyecto
 C.Conserv.^{CP} = costos de conservación anual de la vía en la situación con proyecto

7.2.1.2. Ahorros en Costos de Operación Vehicular (COV) por Tipo de Tráfico.

a. Del Tráfico Normal.

El Tráfico Normal representa a los volúmenes actuales que circulan por la carretera (vehículos de pasajeros y carga) y es el que percibe en forma directa los beneficios de una reducción en los costos de transporte. La determinación de los beneficios para este tipo de tráfico resulta de la multiplicación del volumen vehicular por la diferencia de los Costos de Operación Vehicular (COV antes del proyecto menos los COV después de la mejora). Es decir:

$$\text{Beneficios del Tráfico Normal} = Q \times (C_1 - C_2)$$

Donde:

Q = Tráfico Normal
 C₁ = COV antes del proyecto
 C₂ = COV después del proyecto

Este proceso se aplica a cada categoría vehicular considerada en la evaluación.

b. Beneficios del Tráfico Generado.

El tráfico generado es aquel tráfico nuevo que se genera como consecuencia de la reducción en los costos de transporte por la implementación de un proyecto, en ese sentido este tipo de tráfico no existiría si el proyecto no genera una reducción de los costos de transporte.

Dentro de esa misma filosofía, los beneficios del tráfico generado también se estiman tomando en cuenta los costos de operación vehicular; siendo igual a la mitad de la diferencia de los volúmenes de tráfico (después-antes) multiplicada por la diferencia de los costos de transporte (antes-después), es decir:

$$\text{Beneficios del Tráfico Generado} = (1/2) \times (Q_2 - Q_1) \times (C_1 - C_2)$$

Donde:

Q₁ = Tráfico antes del proyecto
 Q₂ = Tráfico después del proyecto
 C₁ = COV antes del proyecto
 C₂ = COV después del proyecto

Al igual que en el tráfico normal, estos beneficios se calculan para cada categoría de vehículos, tomando en cuenta sus respectivos costos de operación.

c. Beneficios del Tráfico Desviado²¹

El tráfico desviado es aquel tráfico normal existente pero que circula por otra ruta y, que al implementarse un proyecto con mejores condiciones que su ruta actual se desvía o traslada a esa nueva pero sin cambiar su origen y destino de viaje originales los que se encuentran fuera de los límites de los tramos del proyecto. Si se tiene Tráfico Desviado el cual es cuantificado, entonces los beneficios provenientes de este tipo de tráfico provienen de los ahorros en costos de transporte que los usuarios perciben al desviar su viaje de la ruta anterior a la nueva ruta representada por el proyecto. Estos ahorros son cuantificados entre los puntos extremos comunes de ambas rutas. Luego:

$$\text{Beneficios del Tráfico Desviado} = Q_d \times (C_{r1} - C_{r2})$$

²¹ Por razones de modelación estos beneficios son generalmente introducidos al modelo HDM4 como "Beneficios Exógenos"

Donde:

Q_d	=	Tráfico Desviado
Cr_1	=	COV Ruta antes del proyecto
Cr_2	=	COV Ruta por enlaces del proyecto

En el Capítulo 10 Ejemplo de Aplicación, se ha incluido este tipo de tráfico.

7.2.1.3. Ahorros de Tiempo de Viaje.

Como consecuencia de la ejecución de proyectos carreteros, se reducen los tiempos de viaje y mejora la confiabilidad del servicio, permitiendo que los pasajeros ahorren tiempo, que en ciertos casos pueden significar mayores ingresos, evitar pérdidas económicas por retrasos o pérdidas de tiempo, o simplemente tener más tiempo para descanso o diversión. Por ello, no necesariamente los ahorros de tiempo conducen a la obtención de un beneficio, depende como usan los pasajeros su mayor disponibilidad de tiempo.

En el caso de desempleo, el ahorro de tiempo no conduce a una mayor producción o una inactividad voluntaria, incluso puede empeorar la situación del beneficiario.

El ahorro de costos de tiempo, cuando conduce a mayores ingresos se puede medir por los salarios o ingresos, siempre que estos representen el costo real de la mano de obra, o sea el costo de oportunidad de esa mano de obra. Cuando existe desempleo o subempleo los salarios no representan este costo.

En el caso de ahorros de tiempo relacionados con la mayor disponibilidad de tiempo para ocio o entretenimiento, la medición del valor del tiempo de viaje es más complicada, principalmente porque no existe un mercado que provea un precio que indique este valor. En este caso hay que determinar cuánto están dispuestos a pagar (**DAP**) los viajeros por los ahorros de tiempo, por ejemplo, una medida puede ser la diferencia entre los precios de los pasajes de modo de transporte más rápido y menos rápido, digamos avión y autobús.

En la determinación del valor del tiempo de viaje se debe considerar muchos factores como ser: el propósito de viaje, su duración, modo de transporte, características del viajero (nivel de ingresos, edad, etc.) y otros factores que tienen que ver con el tiempo de viaje.

Para la carga, los ahorros de tiempo son también importantes. La carga en tránsito significa capital inmovilizado y una entrega rápida representa reducción de costos para el consignatario. Este ahorro se mide por el costo que tiene el capital, esto es por el costo de oportunidad de éste, que puede ser la tasa de interés que recibiría en su mejor alternativa de uso. Una entrega más rápida significa también reducción de costos por daños o pérdidas y permite mantener inventarios más reducidos, lo cual es otra forma de ahorro de capital. Por otro lado, el retraso en la entrega de una mercadería puede significar la inmovilización de los recursos. Para cierto tipo de carga el tiempo es muy importante, este es el caso de los productos perecederos, donde el ahorro de tiempo tiene tanta importancia como la reducción de los costos de operación vehicular.

a. Estimación de los Ahorros de Tiempos de Viaje.

Considerando que al contar con caminos más directos o más amplios, los usuarios demoran menos en desplazarse de un lugar a otro, el cálculo del ahorro de tiempo, medido en horas, se realiza obteniendo la diferencia entre el tiempo de viaje con y sin proyecto:

$$\text{Ahorro de tiempo (horas/día)} = T_{s/p} - T_{c/p}$$

$T_{s/p}$ = tiempo de viaje situación sin proyecto (horas/día)

$T_{c/p}$ = tiempo de viaje situación con proyecto (horas/día)

En la situación con proyecto, la velocidad media de desplazamiento generalmente será mayor, por lo tanto, el tiempo de viaje es menor.

La valoración de este ahorro de tiempo, se realiza aplicando el valor social del tiempo urbano y/o rural, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio por Ahorro de Tiempo} \left(\frac{\$}{\text{año}} \right) = \left[\sum_{i=1}^n TOcup_i \times v_i \right] \times (T_{s/p}^i - T_{c/p}^i) \times VST \times 365$$

VST = valor social del tiempo de viaje urbano, \$/hora/pasajero

TOcup_i = tasa ocupación del tipo de vehículo "i"

i = vehículos particulares, taxis, Minibuses, taxi buses, buses, camiones.

$T_i^{S/P}$ = tiempo de viaje en modo "i", en situación Sin Proyecto
 $T_i^{C/P}$ = tiempo de viaje en modo "i", en situación Con Proyecto

7.3. OTROS BENEFICIOS

En algunos proyectos viales pueden generarse otros tipos de beneficios como por ejemplo, un aumento en el valor de las propiedades o el desarrollo de nuevas actividades productivas, reducción de accidentes, impactos positivos o negativos sobre el medio ambiente, etc.

A continuación se describen los más importantes:

7.3.1. BENEFICIOS POR DISMINUCIÓN DE ACCIDENTES

Deben considerarse también los accidentes que el proyecto vial evitará en el futuro. Para ello, en primer término, es necesario recurrir a estadísticas que permitan establecer tasas de accidentes asociadas a la situación actual (Sin Proyecto) y a la situación mejorada (Con Proyecto) a manera de establecer tipologías de accidentes y tasas de disminución de los mismos por efecto del proyecto.

Desde el punto de vista económico, es imposible valorar en términos monetarios el efecto sobre las víctimas y de sus familiares. Sin embargo pueden valorarse en términos monetarios algunos de sus efectos como ser:

- La pérdida de capital humano en caso de fallecimientos
- Los días improductivos en caso de lesionados
- Los daños materiales en vehículos y propiedades
- Los costos hospitalarios
- El costo del tiempo de los familiares que asisten a las víctimas.

7.3.2. BENEFICIOS DE DESARROLLO.

La mejora de la carretera existente generará condiciones para que incremente la producción en el área del proyecto, ya sea agrícola, ganadera, industrial, etc., al que se suma un aumento de la actividad comercial de las zonas por donde pasa la carretera. Toda esta actividad produce mayores ingresos, que comparados con los ingresos que se obtendrían si la carretera no es mejorada, resultan en excedentes atribuibles a ese aumento de la actividad productiva por efecto de una nueva carretera.

Este análisis fue efectuado en el estudio socioeconómico, específicamente en el estudio referido a los beneficios exógenos agropecuarios, en cuyo informe se describen las posibilidades de producción en ambas condiciones (SIN y CON proyecto), su cuantificación en términos de producción de carga y, su equivalente en términos monetarios. Por otro lado, se estiman los ingresos en puerta de granja Sin y Con Proyecto y en función a ellos se obtienen los excedentes agropecuarios en términos económicos.

Estos ingresos excedentarios no se consideran en los beneficios provenientes de los ahorros al usuario del tráfico normal ni tampoco dentro del tráfico generado por cuanto esos excedentes no son cuantificados exclusivamente de los ahorros en los costos de transporte sino del valor agregado a la producción en puerta de finca, por ello son considerados en términos económicos²².

Esta misma modalidad ayuda a la situación de analizar qué pasaría si estos beneficios no existieran, es decir serían iguales a cero. Esto puede ser efectuado con un análisis de sensibilidad en la evaluación.

7.4. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL MODELO HDM Y EL MODELO RED.

El sistema "Highway Development and Management" (HDM) del Banco Mundial es una herramienta informática diseñada para la evaluación de los aspectos técnicos y económicos de proyectos de inversión vial. Permite tres niveles de análisis: proyecto, programa, y estrategia.

²² Para propósitos de la Evaluación Económica, considerando que estos Beneficios de Desarrollo no pueden ser estimados dentro de los beneficios por ahorros en costos de transporte, se aprovecha la opción que tiene el modelo HDM para archivos de Costos/Beneficios Exógenos. En ese sentido los beneficios de desarrollo serán introducidos en la evaluación como Beneficios Exógenos en términos económicos.

El software consiste básicamente en tres módulos:

El módulo técnico simula la evolución de la condición de la carretera con el tiempo, bajo los efectos del tráfico vehicular, del clima, etc. y las necesidades de conservación.

El módulo de costos de transporte calcula los costos de operación vehicular, la velocidad y los tiempos de recorrido, en relación con la condición de la carretera y el nivel de tráfico (congestión).

El módulo económico realiza una síntesis de los cálculos anteriores; a partir de los flujos anuales de costos, calcula varios indicadores económicos.

El software "RED", también desarrollado por el Banco Mundial, es una versión "ligera" del HDM especialmente diseñada para el estudio de carreteras no pavimentadas con niveles bajos de tráfico. No incluye el módulo técnico del HDM y por lo tanto no requiere tantos datos de entrada; en particular no se describe en detalle la carretera actual, ni siquiera las operaciones de conservación. El software calcula solamente los costos de transporte y los indicadores económicos sintéticos.

El modelo HDM requiere datos de entrada de varios tipos:

Datos comunes a todos los proyectos: definición y costos unitarios de las operaciones de conservación, definición de los tipos de vehículo y costos unitarios.

Datos específicos de la carretera existente: descripción general (geometría), descripción de su estructura de pavimento y de su condición, tráfico.

Datos específicos del proyecto nuevo: descripción general (geometría), descripción de la estructura de pavimento.

Todos los datos se proporcionan a nivel de sub-tramo, el elemento homogéneo de la red. Los datos comunes se describen a continuación. Los datos específicos resultan del inventario vial y de la elaboración de los proyectos.

Los datos relativos a la carretera actual son:

1. Geometría: Longitud, número de carriles, anchos de calzada y de bermas, terreno (pendiente, curvatura).
2. Pavimento: Estructura por capa, espesores, historia de construcción y conservación.
3. Condición: Rugosidad, defectos.
4. Medio ambiente: Zona climática, altitud, entorno (rural, semi-urbano, urbano).
5. Tráfico: Volumen por tipo de vehículo, crecimiento futuro.

Los cuatro primeros tipos de datos se deberían obtener del inventario vial.

Los datos relativos al proyecto nuevo son:

1. Geometría: Longitud, número de carriles, anchos de calzada y de bermas.
2. Pavimento: Estructura por capa, espesores.
3. Condición inicial.
4. Tráfico: Volumen generado por tipo de vehículo, crecimiento futuro.

Los tres primeros tipos de datos corresponden en la descripción técnica del proyecto nuevo.

7.5. EXTERNALIDADES.

Una externalidad, desde la óptica de las ciencias sociales en general y la economía en particular, corresponde a una situación en que las decisiones de un agente afectan las decisiones y objetivos de otros agentes, lo que en términos económicos, significa que el bienestar de un agente, se ve afectado por las acciones de otros agentes de la economía, con los cuales no tiene una relación de intercambio directa.

Bajo otro enfoque, las externalidades son aquellos impactos positivos o negativos que genera la provisión de un bien o servicio y que afectan a una tercera persona. Las externalidades ocurren cuando los costos o beneficios de los productores o compradores de un bien o servicio son diferentes de los costos o beneficios sociales totales que involucran su producción y consumo.

De una manera más específica, son externalidades de un proyecto los efectos positivos y negativos que sobrepasan a la institución inversora, tales como la contaminación ambiental que puede generar el proyecto o aquellos efectos redistributivos del ingreso que pudiera tener.

Se producen sólo en la medida en que los precios de mercado de los bienes directamente relacionados con el del proyecto en cuestión varían, ya sea favorablemente o desfavorablemente, lo que ocurre cuando el proyecto ocasiona cambios en la producción y consumo de los bienes o servicios relacionados.

Ejemplos:

Si se construye una nueva industria o una nueva carretera cuyas emanaciones provocan daños a las tierras cultivables colindantes, se generan externalidades negativas.

En el caso de la construcción de un tren urbano subterráneo, la contribución de este proyecto a la descontaminación ambiental y a la descongestión representa externalidades positivas. Igualmente la mayor rapidez de traslado de las personas que aumenta el tiempo para dedicarlo a otras actividades, constituye un beneficio adicional si el proyecto se lleva a cabo.

La presencia de externalidades en un mercado determinado, aleja el sistema de precios del mercado, del equilibrio, o del "óptimo de Pareto"²³. Por tanto, corresponde a la situación en la cual no es posible beneficiar a más elementos de un sistema sin perjudicar a los otros.

El efecto de las externalidades positivas o negativas de un proyecto es difícil de determinar con precisión. En algunos casos se puede utilizar el procedimiento de valorar a precio de mercado las posibles pérdidas de producción que el proyecto generaría.

7.6. BENEFICIOS INTANGIBLES.

Los beneficios intangibles son difíciles de identificar y no existe una metodología capaz de cuantificarlos siendo imposible medir la magnitud y el efecto que podrían tener en el flujo.

Ejemplos:

- Contribución a fortalecer la soberanía nacional de un proyecto de ganadería en una zona limítrofe.
- Los costos o beneficios que generen en la imagen o popularidad del gobierno, de un ministerio o de una autoridad nacional, regional o local.
- Orgullo patrio, soberanía nacional.
- Contaminación del aire.
- Efectos sobre el medio ambiente, el clima, la calidad de vida.
- Contribución a favor de la redistribución del ingreso.

²³ Situación económica tal que si se introducen cambios para beneficiar a alguna persona, el cambio necesariamente perjudica a otra. Es decir, no existe ninguna redistribución posible que beneficie simultáneamente a todas las personas.

8. COSTOS DE INVERSIÓN Y CONSERVACIÓN

8.1. INTRODUCCIÓN

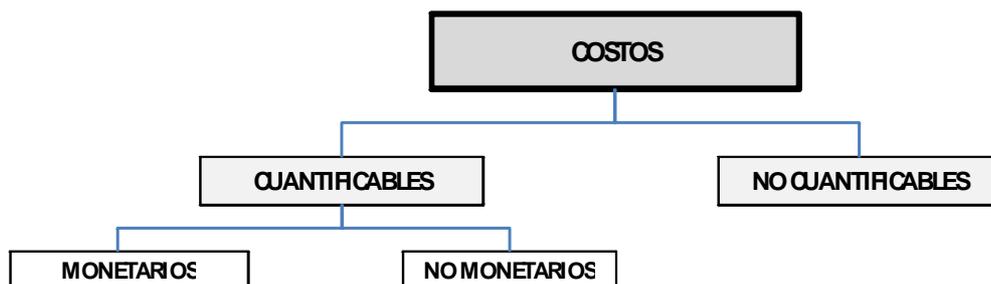
En un sentido económico, los costos de un proyecto reflejan el esfuerzo colectivo de la sociedad para crear condiciones necesarias que tienen como efecto un incremento real del bienestar de los habitantes del Estado.

El costo de un proyecto se traduce monetariamente como la sumatoria de los recursos reales consumidos y los costos de los efectos negativos, asociados a la realización del mismo, y que son realizados por todas las organizaciones o instancias involucradas y responsables de su desarrollo y ejecución.

Con el propósito de tener un marco general de referencia se presenta a continuación la clasificación y la definición de los costos, para pasar después a la exposición de las definiciones de los costos como son normalmente aplicados en Bolivia

Desde un punto de vista taxonómico, los costos son clasificados en cuantificables y no-cuantificables, donde los primeros forman dos grupos: los costos monetarios y los no monetarios, tal como se muestra en la figura 8.1

FIGURA 8.1 CLASIFICACIÓN GENERAL DE COSTOS

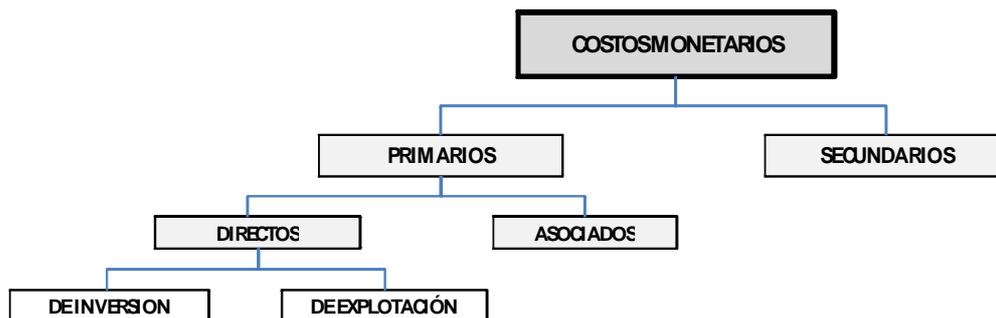


Los costos cuantificables, están caracterizados por el atributo de poder ser medidos o cuantificados a través de la determinación de las cantidades físicas multiplicadas por un valor monetario definido, por las fuerzas del mercado, o por las políticas de Estado. Los costos cuantificables no monetarios, son aquellos que tienen una cantidad pero no tienen un valor monetario o de intercambio. A este grupo pertenece fundamentalmente la degradación ambiental derivada del impacto del tráfico motorizado.

Por otra parte son definidos los costos no-cuantificables, como aquellos que debido a su propia esencia o a dificultades técnicas, no pueden ser medidos. Evidentemente, la ejecución de un proyecto puede producir efectos sociales o ambientales de difícil o imposible cuantificación, sin embargo, las mismas son susceptibles de una calificación razonada.

En la figura 8.2 se muestra el desglose de los costos monetarios cuantificables en costos primarios y costos secundarios, donde los primeros son desglosados en costos directos y costos asociados según el grado de incorporación al proyecto. Finalmente, los costos monetarios primarios directos son clasificados en costos de inversión en la construcción, y costos de explotación (conservación y administración vial), definidos líneas abajo, asimismo, algunos costos que tienen un valor en el mercado, como es el caso de la liberación del derecho de vía (PRIPA).

FIGURA 8.2 DESGLOSE DE LOS COSTOS MONETARIOS



Los Costos Monetarios Secundarios, son aquellos derivados de actividades económicas anteriores o posteriores a los costos primarios o aquellos inducidos por el proyecto por la ejecución del mismo. Los costos que han sido irrevocablemente comprometidos y que no tienen apoyo o valor de realización, son denominados costos hundidos y no se incluirán en la evaluación. En esta categoría están los costos de los estudios de planificación y diseño preliminar, normalmente hasta la etapa de Estudio de Identificación (EI), los costos del estudio Técnico Económico, Social y ambiental (TESA), y los costos ocasionados por las des-economías externas derivadas del proyecto en esta categoría. Debido a las dificultades inherentes en la cuantificación de los costos por des-economías externas normalmente no son tomados en cuenta en los cálculos, sin embargo, será preciso identificarlos y cuantificarlos en la medida de lo posible.

8.2. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS

I. Costos Monetarios Primarios Directos de Inversión

Los Costos Monetarios Primarios Directos de Inversión de un proyecto de carreteras, están constituidos por el valor de los bienes y servicios a ser utilizados para el establecimiento de la infraestructura que el proyecto pretende implantar. Estos costos comprenden:

- Costos de construcción, es decir, adquisición de bienes, costo de equipo y maquinaria, insumos fungibles y no-fungibles, servicios externos, mano de obra, Beneficios sociales, etc. para la construcción, administración y dirección de obra, y costos generales de la empresa constructora atribuibles al proyecto.
- Supervisión técnica administrativa (control de calidad, cantidades, y otros)
- Fiscalización por parte del propietario, costos administrativos.

II. Costos Monetarios Primarios Directos Asociados

Los Costos Monetarios Primarios Directos Asociados, se refieren a los costos necesarios para el cumplimiento de la legislación ambiental (PPM), incluyendo las obras de mitigación de impactos negativos y la supervisión.

III. Costos Monetarios Primarios Directos de Conservación

Los Costos Monetarios Primarios Directos de Explotación de un proyecto de carreteras, están constituidos por el valor de los bienes y servicios utilizados para la conservación de la infraestructura ejecutada durante la vida útil del proyecto, incluyendo la conservación rutinaria, reparaciones menores y mayores, iluminación según el caso etc.

A continuación son tratados cada uno de los costos descritos líneas arriba.

8.2.1. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS DIRECTOS DE INVERSIÓN

8.2.1.1. Costos de construcción

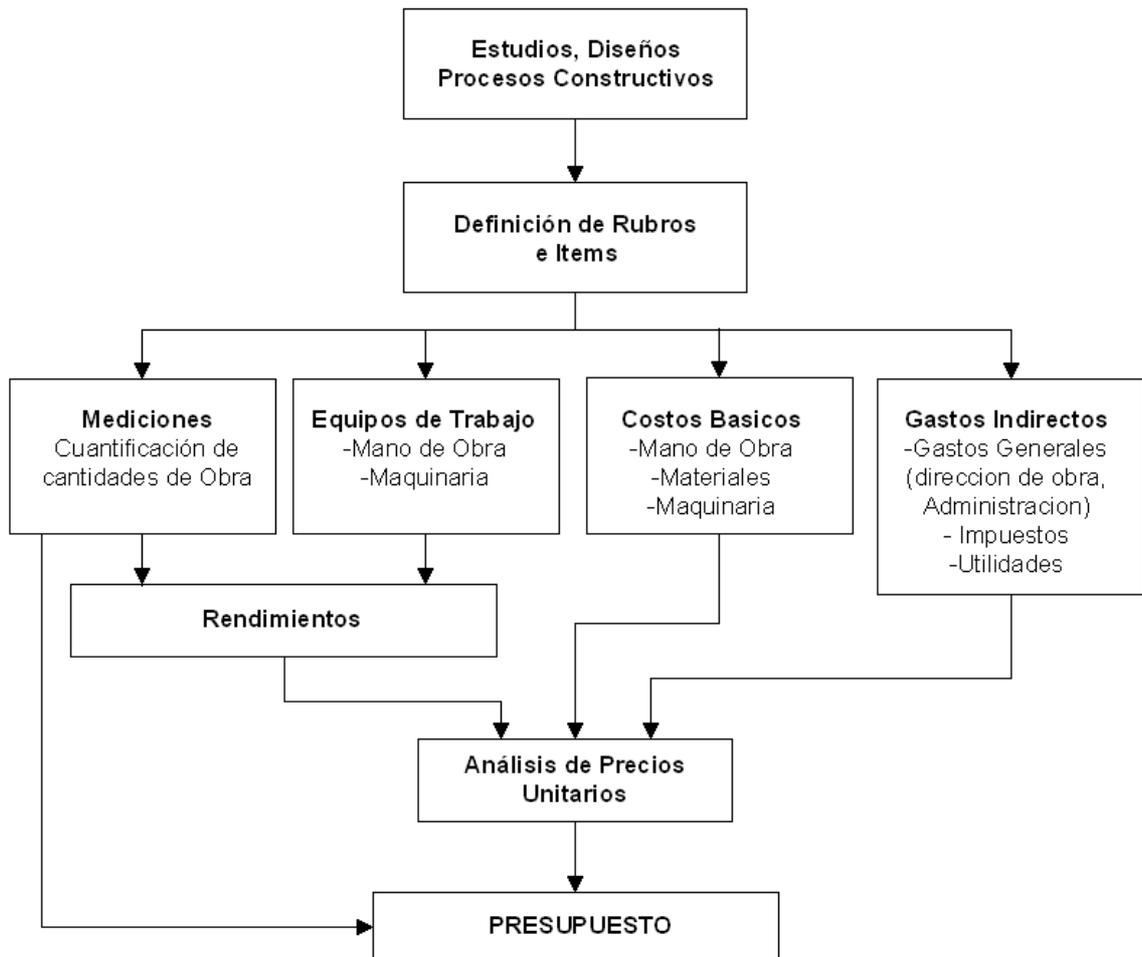
La estimación del costo económico de construcción de un proyecto, está basada en la determinación del costo financiero de construcción a precios de mercado. El costo económico, es derivado del costo

financiero a través de la aplicación de los factores de corrección, para obtener los precios de oportunidad o precios sombra. De hecho, ambas estimaciones son necesarias en el marco de la Evaluación de Proyectos.

Para una evaluación “ex-ante” se entiende por costo de construcción a: “El presupuesto” basado en la estimación de las mediciones y precios unitarios, mientras que para una evaluación “ex-post”, el costo a ser empleado es el costo real erogado y contablemente registrado.

Las actividades necesarias para la elaboración del presupuesto son mostradas en la figura 8.3.

FIGURA 8.3 ESTIMACIÓN DEL COSTO O PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA CARRETERA



La elaboración de un presupuesto comprende normalmente cinco etapas:

1. Definición de rubros e ítems
2. Determinación de las cantidades de obra, equipo de trabajo, precios básicos y gastos generales
3. Calculo de rendimientos
4. Calculo de precios unitarios
5. Formulación del presupuesto o costo Estimado Base (CEB)

El presupuesto de un proyecto tiene como datos iniciales los diseños de ingeniería, los cuales deben estar sólidamente justificados con los estudios técnicos básicos, como son: la topografía, hidrología, hidráulica, geología y geotecnia, etc. y en la adopción de criterios de diseño contenidos en los manuales, normas vigentes, y las recomendaciones de las autoridades competentes del país. Los análisis y cálculos de dimensionamiento de los componentes de la obra son plasmados en dibujos y planos a escalas convenientes. En el curso de la redacción del informe de costos y presupuestos se debe tomar en cuenta las condiciones climatológicas, acceso al sitio de obras, situación socio- económica del área de influencia del proyecto y de los centros poblados cercanos, disponibilidad de materiales para la construcción,

mercados de abastecimiento de productos e insumos acabados, así como también, la selección de procesos constructivos, la programación de la construcción de las obras componentes del proyecto, y otros.

Definición de Rubros e Ítems.

Un proyecto, es en general un sistema complejo, cuyo tratamiento impone la descomposición en elementos simples denominados "ítems". Se define un ítem como la "unidad de obra" que pueda ser ejecutada, y es mensurable físicamente y adecuadamente valorada en una expresión monetaria.

Un conjunto de ítems de naturaleza similar o que persigan un mismo fin, se denomina Rubro, en Bolivia, normalmente se consideran los siguientes Rubros:

1. Movimiento de Tierras
2. Pavimentación
3. Obras de Drenaje
4. Obras de Arte (mayor y menor)
5. Obras Complementarias
6. Señalización y Seguridad Vial
7. Mitigación Ambiental
8. Servicios de campo para el Supervisor y Fiscal

Para tener una definición inequívoca, se debe tener una descripción completa del ítem, incluyendo:

- i) Objeto del ítem
- ii) Ubicación del ítem en el proyecto
- iii) Definición de la unidad de medida
- iv) Materiales a ser usados, ya sea los que quedan incorporado permanentemente en el ítem (p.e. cemento y áridos en el hormigón) o son usados en forma auxiliar y luego retirados (encofrados) con las unidades respectivas.
- v) Proceso de ejecución, uso de maquinaria y equipo, capacidad humana, etc.
- vi) Control por parte de la Supervisión
- vii) Medición y forma de pago

Toda esta información debe estar contenida en las Especificaciones Técnicas Generales y Especiales del Proyecto.

Además de la caracterización de los ítems, es necesario adoptar una codificación sistemática. Normalmente se adopta una codificación cronológica, es decir los códigos muestran la secuencia cronológica de construcción de los ítems y rubros.

El proyectista define como descomponer el proyecto. En el Manual "Especificaciones Técnicas Generales de Construcción" de la ABC, son definidos los ítems y rubros más comunes a los proyectos viales. En el caso de no encontrarse en este manual un ítem necesario para definir un componente de obra, el proyectista deberá redactar una Especificación Especial en base al formato establecido. La elaboración de una Especificación Técnica Especial implica definir con la mayor precisión posible la forma y dimensiones de los materiales, procesos constructivos, de tal manera que permita a terceras personas, analizar el precio del ítem bajo las mismas premisas.

Es importante destacar que estos ítems constituyen a su vez las principales definiciones para el relacionamiento entre el propietario y el contratista de las obras.

Cantidades de obra, Maquinaria y Costos Básicos

Mediciones de las cantidades de obras

Una vez planteada la disgregación de la obra en rubros e ítems, se procede a la medición de cada una de ellas. Esto ocurre sobre los planos del proyecto que deben estar dibujados a una escala adecuada, a fin de obtener la precisión adecuada al nivel del estudio. La medición es el resultado de cálculos detallados que serán presentados ordenadamente y claramente, de tal manera que sean fácilmente reproducibles por cualquier revisor. Será necesario redactar una memoria de cálculo recogida en un volumen con un subtítulo para cada ítem en los casos que así lo requiera, se deberá considerar porcentajes por pérdidas y mermas. No se deben ahorrar esfuerzos con referencia a las mediciones, criterio de medición, pesos adoptados, tolerancia, etc.

En general, las unidades de medida de los ítems tienen un significado físico (volumen, superficie, longitud, peso, etc.), aunque se podrán tener también ítems que son estimaciones como un solo conjunto al cual se asigna un costo global estimado considerándose los elementos físicos que componen el ítem.

Equipo de trabajo (mano de obra y maquinaria)

Partiendo de la experiencia general y del proyectista en obras similares, más la información de fabricantes, representantes y distribuidores del equipo, se procederá al estudio del proceso constructivo y a la elección de los equipos necesarios para la ejecución del ítem, así como también, a la elaboración de la lista del personal necesario: profesionales, técnicos, capataces, mano de obra calificada y no – calificada, y empleados necesarios para la ejecución satisfactoria del ítem. Este análisis es ejecutado considerándose la cantidad a ejecutar, en orden de magnitud del ítem o la sumatoria de las cantidades de varios ítems que tienen el mismo componente, y el tiempo previsto para la ejecución.

El resultado de este análisis es reunido en tablas, que serán la base para la determinación de los rendimientos y para el cálculo de los precios básicos de mano de obra y de maquinaria.

Costos de Insumos y Materiales

Una vez definida la lista de los materiales e insumos que son necesarios para la materialización de cada uno de los ítems, las cantidades correspondientes por ítems y el total del material/insumo; el proyectista procederá con la recolección de los precios de adquisición para cada uno de los materiales e insumos requeridos. Es recomendable que se obtengan cotizaciones “pro-forma”, aunque también es válido hacer un estudio de mercado en la zona de influencia del proyecto y en los centros de comercialización más próximos a la obra. Los mejores precios se obtienen normalmente de manera directa con el fabricante o grandes depósitos y distribuidores. Es conveniente obtener la “pro-forma” de diferentes proveedores que ofrezcan igual calidad y condiciones, en algunos casos algunos tienen su propio sistema de transporte y va incluido en el precio final.

En la tarea de recolección de los precios de adquisición, es necesario otorgar una mayor importancia a aquellos materiales que tengan un elevado peso porcentual dentro del presupuesto, por ejemplo: en un presupuesto de una estructura de hormigón armado, es fundamental analizar en orden de importancia los más representativos como el hormigón y el acero de refuerzo, entre otros, sin olvidar ningún detalle como el alambre de amarre, ya que por más insignificante que parezca puede equivaler a un gran desfase al multiplicarse por la cantidad de metros cúbicos.

El precio final de un determinado material/insumo para la estimación de los precios unitarios de los ítems, debe estar compuesto normalmente por los siguientes aspectos:

1. Precio de adquisición del material/insumo
2. Precio o costo del transporte del material/insumo hasta la obra (analizar el precio Tn/Km) dependiendo del lugar del que se tengan que desplazar y el tipo de material, algunos materiales cuestan significativamente más que otros con el mismo peso y el mismo recorrido)
3. Valor de la mano de obra descarga y maquinaria utilizada, si solo es maquinaria, analizarla incluyendo los operarios necesarios.
4. Costo de las pérdidas, durante la descarga y el acopio del material dentro de la obra suele haber un porcentaje de pérdidas por roturas y derramamientos, dependiendo del material y de las circunstancias de la obra misma dicho porcentaje puede disminuir o elevarse, por ejemplo suele haber mucho desperdicio de hormigón durante el vaciado de una losa, cuando es a una determinada altura, es probable que sea mayor, teniendo en cuenta si se tiene sistema de bombeo o no. En general el hormigón y los morteros suelen presentar porcentajes apreciables de pérdidas en el descargue, además de los ladrillos delgados, entre otros.
5. Precio de la maquinaria incluido operario de transporte o de los obreros necesarios para transportar el material dentro de la obra cuando el material se va a utilizar, la maquinaria puede ser grúas, montacargas, camionetas etc.

Mano de obra

En el mundo de la construcción de obras civiles es usual considerar el costo de la mano de obra en forma horaria, es decir, para un ítem se define el número de horas necesarias para cada uno de los diferentes participantes (obreros, capataz, técnico, jefe de grupo, etc.) que participan en la fabricación o construcción de una unidad física del ítem en cuestión.

La estimación del costo horario de la mano de obra comienza con la lista del personal necesario para la obra, clasificado según la educación y la experiencia. La clasificación deberá ser hecha de tal manera de facilitar la aplicación de los factores de precios sombra para el cálculo del costo económico.

El salario o remuneración para cada empleado está determinada por la naturaleza y la ubicación de la obra. La escala salarial básica (salario bruto) deberá ser fijada partiendo de los datos estadísticos sobre los niveles salariales vigentes en el área de influencia del proyecto para cada clase de empleado, y de la experiencia del proyectista. El salario bruto corresponde a un periodo laboral de 48 horas semanales, es decir, 8 horas por día laborable (lunes a sábado)

El costo de la mano de obra además del salario debe incluir el costo de los Beneficios Sociales, la alimentación y seguridad industrial.

El cálculo de los beneficios sociales, debe contemplar las disposiciones legales en vigencia, y mínimamente debe considerar: las incidencias por inactividad (domingos feriados, vacaciones, enfermedades, días de lluvia, aguinaldos e indemnizaciones); incidencia por subsidios (Pre natalidad, natalidad, lactancia y sepelio); Incidencia de Aportes a Entidades (caja nacional de salud, AFPs, etc); incidencia por antigüedad.

En el caso de organizarse la construcción en dos o tres turnos y en forma continua en turno de día y de noche, se deberá considerar el incremento por horas extras según lo determinado por el Ministerio de Trabajo, 50% para las horas de 18:00 a 22:00 horas y un 100 % para las horas en turno nocturno de 22:00 a 6:00 horas y trabajo en días domingos.

Los costos de alimentación, alojamiento y transporte periódico, desde la obra a los lugares de residencia de los empleados asignados a los ítems, son normalmente adicionados al costo de mano de obra.

Costo horario del equipo

El costo horario de cada equipo o maquinaria es estimado considerándose dos grupos de costos: costos de adquisición y costos de operación y mantenimiento.

Costos de adquisición

Es la sumatoria de los costos de adquisición FOB, transporte, seguros, impuestos de importación, impuesto al valor agregado, costos financieros y valor residual. Para el cálculo del costo financiero y sobre todo el costo horario de adquisición el proyectista asumirá y justificará una vida útil en años y un número determinado de horas de trabajo anual. Fabricantes como Caterpillar, Komatsu, etc. proporcionan recomendaciones para la vida útil en horas según la aplicación y condiciones de operación. Por ejemplo, para un Tractor D8 recomiendan 18.000 hr bajo condiciones promedio cuando el tractor mueve material granular (arcilla, arena, grava), rellenos, etc y 12.000 hr cuando se tiene un escareado en macizos rocosos, remoción de escombros rocosos.

Las recomendaciones de los fabricantes no siempre reflejan la realidad en Bolivia, donde los equipos tienen por lo general una vida útil mucho más larga que la obtenida por los fabricantes gracias a la capacidad e ingenio de los mecánicos bolivianos y el estado de desarrollo de nuestra economía. Consecuentemente, cuando se adoptan el criterio del fabricante puede ser aceptable adoptar un valor residual mayor. En cualquier caso, el proyectista deberá justificar satisfactoriamente los valores que pueda adoptar para la estimación de costos.

Costos de operación y mantenimiento

Estos costos se refieren a combustibles, lubricantes, grasas, filtros, desgaste de rodadura y piezas de corte, adquisición de repuestos, reserva para reparación, etc. La información histórica reunida en los proyectos construidos en el pasado y la experiencia del proyectista serán la base para la estimación de los costos de operación y mantenimiento, junto con los datos que pueda proporcionar el fabricante.

Para facilitar el seguimiento y verificación de las estimaciones el proyectista deberá elaborar y presentar una memoria explicativa completa

Rendimientos

Las cantidades de obra junto con la lista de maquinaria y de mano de obra son el punto de partida para la determinación de los rendimientos "reales" del equipo y la mano de obra para cada ítem. Normalmente, se dos métodos (aproximaciones) por el cálculo del rendimiento:

- i) Conociéndose la cantidad de obra para el ítem, se adopta el tiempo necesario o requerido para la realización del trabajo y la organización del trabajo (turnos, duración de los turnos) y se define el conjunto de maquinaria y mano de obra necesaria, incluye las horas de trabajo por turno, número de turnos por día y el esquema de organización.

- ii) Partiendo del conocimiento de la cantidad de obra y una configuración determinada de la maquinaria y la mano de obra asociada se calcula el tiempo necesario para la realización del trabajo.

Para ambos métodos es necesario simular la operación lo más realista y detalladamente posible, adoptando el rendimiento promedio para cada equipo según el fabricante y experiencia del proyectista, coeficientes de rendimiento en función de la altura, experiencia del personal, condiciones de abastecimiento de los insumos básicos, distancias, velocidades transporte, tiempos de maniobra, tiempo de espera, etc. Se tratará siempre de lograr una configuración del conjunto de maquinaria que satisfaga el criterio de uso óptimo de cada componente.

La simulación de la construcción permite definir la productividad o rendimiento “real” horario para cada maquinaria y equipo necesario para cumplir la labor de ejecutar el ítem, así como también de la mano de obra.

En la práctica es necesario aplicar los dos métodos, buscando encontrar la combinación óptima de los dos grandes variables “composición de equipo y maquinaria” y tiempo de ejecución para la materialización del volumen requerido.

Costos indirectos o Gastos Generales: Dirección y Administración de obra

En todo proyecto existen gastos que no pueden ser incluidos como parte del costo directo del proyecto, por lo tanto, para cada uno de estos gastos, se asumen valores porcentuales en función al costo global del costo directo de la obra; a la suma de estos porcentajes se denomina “Gastos Generales”. Este porcentaje debe ser aplicado a todos los ítems.

La dirección y administración de la obra tiene dos componentes: costos que se generan en el sitio de la obra y en las dependencias de coordinación en la población más cercana y costos generales en la oficina central de la empresa constructora.

Costo de Dirección y Administración de la obra en el sitio de la obra

Para la determinación de este costo el proyectista deberá hacer el ejercicio de simulación de la organización necesaria para garantizar la ejecución de la obra según la calidad estipulada y dentro de los plazos fijados contractualmente. Esto se traduce en la determinación del grupo de profesionales (ingenieros y administrativos), de técnicos (mecánicos, topógrafos, laboratoristas), de personal de apoyo (chóferes, alarifes, cociner@s, ayudantes de cocina), y otros de manera general, todo el personal de apoyo que no puede ser asignado directamente a los ítems y son necesarios para el buen desarrollo de la construcción de la obra.

El costo de todo el personal para la dirección y administración de la obra es calculado según la práctica corriente para empresas constructoras en el marco de las disposiciones legales vigentes, incluyendo bonos de campo y otros beneficios inherentes a la naturaleza de la obra.

Un segundo grupo de costos, se refiere a los gastos administrativos: alquileres, depreciación de activos fijos, oficinas, seguros generales, accidentes personales, gastos financieros, boletas de garantía, protocolizaciones, publicidad, trabajos de replanteo y topografía, gastos de operación de oficina, papelería, comunicación interna e externa, gastos de papelería e impresiones, transporte dentro y fuera de la obra, movilización y desmovilización del personal superior y técnico, alimentación de todo el personal de dirección, técnico y de administración, equipamiento de los talleres, mantenimiento de las instalaciones, etc, es decir, todos los gastos para que la estructura de dirección técnica, de control de calidad y administrativa funcione adecuadamente.

Costo de Dirección y Administración de la empresa constructora

Para completar y tener una estimación razonable de los costos indirectos, el proyectista deberá estimar el costo total de la administración de una empresa constructora acorde con la magnitud de la obra estudiada y prorratear el costo total por el número de obras que pueda tener simultáneamente la empresa.

La sumatoria de los dos costos indirectos deberá ser expresada como un porcentaje del costo total de la obra. Este porcentaje es el que se utiliza para la determinación de los precios unitarios. En función de la magnitud y complejidad de la obra este porcentaje podrá estar de manera referencial entre un 10 y 25 % del costo directo de la obra.

Costos indirectos: Utilidad e impuestos

Utilidad

El porcentaje por concepto de utilidad que se pueda adoptar para una obra dependerá del tamaño y grado de complejidad de la misma. En algunos países es práctica usual realizar un análisis de riesgo para considerar las incertidumbres debidas a aspectos geológico-geotécnicos, constructivas, sociales, etc y

hacer una provisión porcentual que es sumada a la utilidad básica. En el país se adopta porcentajes razonables entre el 10 y el 15 % de la sumatoria de los costos directos y costos indirectos.

Impuestos

Los impuestos a ser considerados en el país se refieren al Impuesto al Valor Agregado (IVA), Impuesto a las Transacciones (IT) y el Impuesto a las Utilidades (IUE).

En el cálculo de los impuestos se aplica el principio universal de evitar la doble tributación a favor de las partes. Esto significa que se debe considerar el crédito fiscal que obtiene la empresa constructora por concepto de adquisición de bienes y servicios, restándose del IVA calculado.

Precios Unitarios

Después de determinar las cantidades de los ítems, los costos y precios básicos, los rendimientos, costos indirectos, porcentajes para la utilidad y los impuestos se ensambla la estructura del precio unitario considerándose los tres componentes básicos de cualquier proceso de transformación:

- Materiales
- Mano de obra
- Equipo y maquinaria
- Costos o gastos generales (porcentaje)
- Utilidad
- Impuestos

FIGURA 8.4 ESTRUCTURA GENERAL DEL PRECIO UNITARIO



Presupuesto o Costo Estimado Base de Construcción

El presupuesto o costo estimado base de construcción es la sumatoria de la multiplicación de las cantidades de obras y los precios unitarios. Considerando que los porcentajes correspondientes a los diferentes costos indirectos tienen el mismo valor para todos los ítems, pueden ser factorizados, obteniéndose la siguiente expresión:

$$CBE = \prod_{j=1}^m (1 + a_j) \cdot \left[\sum_{i=1}^n q_i pu_i \right] \quad [8.1]$$

Donde:

- a_j = factores que representan los costos indirectos expresados como porcentajes adicionales como ser: gastos generales, utilidad, impuestos, etc.
- q_i = Cantidad del ítem i , en unidades físicas, p.e. m^3 para hormigón
- pu_i = Precio unitario por unidad de cantidad.
- i = número de ítems considerados
- j = número de factores de costos indirectos

8.2.1.2. Determinación de los Costos Económicos

Los valores obtenidos en los presupuestos, representan costos financieros o costos a precios de mercado. Para la evaluación económica se requieren los costos económicos, los cuales se determinan en función de los anteriores.

Para determinar los costos económicos se debe utilizar factores de precio sombra, que se aplican a los componentes de los costos de construcción para así obtener al final un costo económico para cada alternativa de cada uno de los tramos considerados en el proyecto.

Un resumen de los factores de conversión para los precios económicos se presenta en la tabla siguiente:

TABLA 8.1 RAZONES PRECIO CUENTA

RAZON PRECIO CUENTA DE EFICIENCIA	FACTOR
PRC de la Divisa, Materiales Importados	1.24
PRC Materiales Locales	1.00
PRC Mano de Obra No Calificada Urbana	0.23
PRC Mano de Obra no Calificada Rural	0.47
RPC Mano de Obra Semicalificada	0.43
RPC Mano de Obra Calificada	1.00
Tasa Social de Descuento	12.67%

Fuente: RM 159 del 22/09/2006 MIN PLANIF DEL DESARROLLO

Para la aplicación correcta de estos factores se deberá desglosar el presupuesto tal como se muestra en la figura 8.5.

FIGURA 8.5 PRESUPUESTO DESGLOSADO POR RUBROS E ÍTEMES

PRESUPUESTO DESGLOSADO

PROYECTO:

Moneda:

Ítem	DESCRIPCIÓN	Und.	Cantidad	Materiales Importado	Materiales Nacional	Mano de Obra Especializada	Mano de Obra No Especializada	Equipo Importado	Equipo Nacional	Herramientas	Mano de Obra Indirecta	Cargas Sociales	Transporte Materiales	Impuestos IVA	Gastos Generales	Gastos Financieros	Utilidad	Impuestos IT	Costo Total	
1.	MOVIMIENTO DE TIERRAS																			
	SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS																			
2.	PAVIMENTACION																			
	SUBTOTAL PAVIMENTACION																			
3.	OBRAS DE DRENAJE																			
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJE																			
4.	OBRAS DE ARTE																			
4.1.	INFRAESTRUCTURA																			
	SUBTOTAL INFRAESTRUCTURA																			
4.2.	SUPERESTRUCTURA																			
	SUBTOTAL SUPERESTRUCTURA																			
5.	OBRAS COMPLEMENTARIAS																			
	SUBTOTAL OBRAS COMPLEMENTARIAS																			
6.	SENALEZACION Y SEGURIDAD VIAL																			
	SUBTOTAL SENALEZACION Y SEGURIDAD VIAL																			
7.	MITIGACION AMBIENTAL																			
	SUBTOTAL MITIGACION AMBIENTAL																			
8.	SERVICIOS DE CAMPO PARA EL SUPERVISOR Y FISCAL																			
	SUBTOTAL SERVICIOS DE CAMPO PARA EL SUPERVISOR Y FISCAL																			
	TOTALES																			
	PORCENTAJE																			

8.2.1.3. Supervisión Técnica y Administrativa

Para los contratos de construcción corrientes donde se abona según el avance real de la obra a través de la sumatoria de las cantidades de obra ejecutadas, en un determinado periodo de tiempo (normalmente periodos coincidentes con el mes calendario multiplicadas por los precios unitarios previamente determinados durante la negociación y adjudicación del contrato), es imprescindible la participación de una empresa de ingeniería que tome a su cargo el control total de la ejecución de la construcción de la obra, la elaboración de diseños y planos constructivos, el cumplimiento estricto del contrato para la construcción en general, y de las Especificaciones Técnicas y Administrativas en particular. Este tipo de contratos son denominados internacionalmente EPCM (Ingeniería, Gestión de Adquisición y Gerenciamiento de la Construcción). La supervisión apoya al propietario de la obra en aspectos técnicos y administrativos, y actúa como su representante en los asuntos relativos a la aprobación de metodologías de construcción, planillas de pago según avance, etc. Una de las misiones más importantes de la supervisión es lograr la culminación obra dentro del presupuesto aprobado, plazo establecido y un nivel de calidad satisfactorio.

El costo de este servicio de ingeniería es parte de los costos de inversión de la obra. Para determinar este costo monetario directo, se debe considerar la magnitud y complejidad de la obra, pudiendo variar entre el 3 al 8 % del costo de inversión, en orden de magnitud.

Ante la ausencia de normas bien establecidas en el país, se procede a construir un modelo de gestión de una organización para prestar los servicios de ingeniería requeridos que permita el logro de los objetivos.

Los ingenieros y técnicos a ser tomados en cuenta representan las diferentes especialidades necesarias, tanto residentes como especialistas de la oficina central. Se debe considerar también los servicios de laboratorio de ensayo de materiales y de geotecnia, equipo topográfico, transporte, movilización dentro la obra, oficinas, uso de licencias de programas, impresión de documentos y planos, etc.

8.2.1.4. Fiscalización

El propietario de la obra, para el caso de obras en la Red Vial Fundamental es normalmente el Estado Boliviano a través de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) que debe cuidar los intereses de la sociedad. La Fiscalización, designada por el CONTRATANTE con facultades para vigilar el trabajo, tanto de la Supervisión como de la Constructora y fiscalizar el cumplimiento de las condiciones contractuales, además de ser el coordinador oficial entre las diferentes partes con la Administradora Boliviana de Carreteras, con residencia en la obra. El costo de la fiscalización puede significar hasta un 2 % del costo de construcción de manera referencial.

8.2.2. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS DIRECTOS ASOCIADOS

Los Costos Monetarios Primarios Directos Asociados, se refieren a los costos necesarios emergentes del Programa de Reposición de Perdidas (PRP) donde se incluye la adquisición de terrenos, pagos compensatorios por la infraestructura privada y pública para obtener el derecho de vía. A esta categoría también corresponden los costos de las obras de remediación y mitigación de impactos negativos y la supervisión ambiental. Estos costos serán identificados y valorados según las recomendaciones contenidas en el "Manual Ambiental Para Carreteras" de la ABC (julio 2.010)

8.2.2.1. Adquisición de Terrenos, Derecho de Vía

Cuando la tierra tiene que ser adquirida para el desarrollo vial, el costo de los recursos se supone que equivale a su valor de mercado a efectos de evaluación del proyecto. Del mismo modo, las tierras disponibles para la venta debido a la obsolescencia de una carretera existente se incluirán como un ahorro de costos.

Cuando los terrenos necesarios para un proyecto ya se encuentran bajo propiedad o el control de la autoridad sectorial o central, el valor de mercado en la fecha de referencia se incluirá en el análisis. La tierra no se considerará como un costo hundido ya que normalmente tiene un uso real en el momento de la evaluación o un uso potencial en el futuro. Se podrán aplicar deferentes técnicas de valoración considerándose un uso indefinido bien definido.

En general se aceptará como válida una estimación de precio social de las expropiaciones a partir del precio de mercado, bajo el supuesto de que este último es un buen asignador del recurso suelo y/o edificaciones. Sin embargo, debe incluirse en el costo de expropiación todos aquellos costos relativos a

los procesos judiciales y negociaciones, con participación tanto de profesionales del sector público como privado.

8.2.2.2. Remediación y Mitigación Ambiental

El análisis ambiental de un proyecto de construcción, mejoramiento y mantenimiento de carreteras es un insumo indispensable para la evaluación social y financiera así como también para determinar la viabilidad técnica de un proyecto de esta naturaleza. Las medidas de mitigación de impactos deberán ser estudiadas minuciosamente para establecer los planes de acción y los costos asociados.

Aspectos Conceptuales

Los impactos ambientales deben ser tomados en cuenta al momento de valorar cada alternativa. (Ver Manual de Gestión Ambiental). Según la localización, el tamaño del proyecto, la tecnología utilizada y el medio ambiente del proyecto, es necesario redactar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) según la categorización determinada por la autoridad competente.

El Estudio de Impacto Ambiental debe considerar:

- Las posibles alternativas tecnológicas, de ubicación y de la programación de las actividades del proyecto en el tiempo, incluyendo la alternativa de que dicho proyecto no sea realizado;
- Los impactos ambientales generados en las fases de construcción, operación y, cuando sea el caso, de cierre de las actividades del proyecto.

8.2.3. COSTOS MONETARIOS PRIMARIOS DIRECTOS DE CONSERVACIÓN

Es natural que la carretera se deteriore a través de su uso en el tiempo, lo que trae consigo que los costos de operación vehicular y los tiempos de viaje se incrementen. Las políticas de mantenimiento vienen a paliar en cierta manera este deterioro, por lo que es importante incluir en el estudio de factibilidad económica los costos que representan el mantenimiento tanto de la **situación sin proyecto** como de la **situación con proyecto**.

Los costos de mantenimiento en carreteras suelen desglosarse en costos de rehabilitación y conservación. Los primeros hacen referencia a un tipo de mantenimiento periódico que se produce después de un cierto número de años de uso. La conservación es un mantenimiento periódico y mucho más frecuente. A modo de ejemplo, de acuerdo con la ABC la rehabilitación se produciría cada 8 años, mientras que la conservación sería un costo con referencia anual.

Los costos más frecuentes para la etapa de operación y mantenimiento son: remoción de derrumbes, limpieza de obras de drenaje, reparación de baches y parcheo, vigorización de pavimento, estabilización de terraplenes y otras actividades de mantenimiento.

Los presupuestos son preparados como una actividad independiente a la evaluación, lo que corresponde en este punto es la descripción de toda esa actividad expresándolo en términos unitarios financieros y a precios sociales de acuerdo a la actividad considerada

Un parámetro muy importante en la parte de conservación y para la evaluación con el modelo HDM es la rugosidad (Capítulo 5. Oferta) que presenta la capa de rodadura del pavimento, En las descripciones de las siguientes actividades se colocan las unidades que deberán ser adoptadas de acuerdo al instrumento o método de evaluación a ser considerada

8.2.3.1. Mantenimiento en carreteras sin pavimentar

Las carreteras sin pavimentar presentan deterioros nada favorables para su funcionamiento, estos deberán tener un determinado tipo de mantenimiento para que la carretera tenga un funcionamiento continuo.

Para una carretera sin pavimentar se consideran usualmente las siguientes actividades para su mantenimiento:

- Reposición puntual
- Perfilado
- Reposición de grava
- Mantenimiento rutinario

8.2.3.2. Mantenimiento en carreteras con pavimentos flexibles

En general en carreteras de pavimento flexible e incluso en aquellas que tienen tratamientos superficiales, se presentan distintos tipos de deterioros que exigen un tratamiento adecuado.

Se consideran las siguientes actividades de mantenimiento en la mejora de la carretera con pavimento flexible o tratamiento superficial doble:

- Refuerzo de la capa de rodadura
- Sello de fisuras
- Bacheo
- Mantenimiento Rutinario

8.2.3.3. Mantenimiento en la carretera con pavimento rígido

De acuerdo a los tipos de deterioros se consideran las siguientes actividades de mantenimiento en la mejora de la carretera con pavimento rígido.

- Sello de juntas
- Reposición total de las losas
- Mantenimiento Rutinario

8.2.3.4. Costos de conservación de la vía, SITUACIÓN SIN proyecto y SITUACIÓN CON proyecto.

En la evaluación económica, el modelo HDM considera estos costos y los compara, obteniendo de acuerdo al caso, excedentes positivos (ahorros) o excedentes negativos (incremento de costos).

Las actividades de conservación son necesarias si no se quiere que una carretera se deteriore en forma prematura, estas actividades son preventivas y se traducen en tareas y estándares para mantener la vía en condiciones aceptables para la circulación. Si una carretera no tiene mantenimiento, con el transcurrir del tiempo acusa un deterioro que acorta su vida útil y para volver a utilizarla puede requerir una rehabilitación que puede resultar costosa siendo preferible volver a construir una nueva carretera en vez de rehabilitarla.

La condición de una vía en determinado nivel depende del tipo e intensidad de intervención. Las diferentes intensidades dan lugar a lo que se llaman 'estándares de mantenimiento'

En este estudio, para la situación **SIN proyecto** las actividades de mantenimiento se establecen en base a observaciones de la vía en los recorridos de campo por la ruta del proyecto verificando la condición de la superficie de rodado. Adicionalmente, se realizan consultas a la Gerencia de Conservación Vial y la Oficinas Regionales.

Para la situación **CON proyecto**, las actividades se establecen en función de recomendaciones y estándares para carreteras con buen mantenimiento, buscando que la condición de los enlaces sea aceptable para la circulación durante el período de evaluación y que al final de este período, los tramos viales terminen con un nivel adecuado.

Ahora, la ejecución de cada tipo de actividad de mantenimiento tiene un costo el que es determinado por el modelo HDM. Para que el modelo HDM calcule el costo total de cada actividad de mantenimiento requiere como información la provisión de los costos unitarios de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 8.1 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN ALTERNATIVA SIN PROYECTO

Actividad	Unidad	Frecuencia	Costo Financiero	Costo Económico
Rutinario (Empresa + Microempresa)	\$US/km/Año	Anual		
Administración y Supervisión	\$US/km/Año	Anual		
Emergencia	\$US/km/Año	Anual		

Fuente: Elaboración propia en base al Programa de Mantenimiento Rutinario – Administradora Boliviana de Carreteras

TABLA 8.2 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN ALTERNATIVA – CONCRETO ASFÁLTICO

Actividad	Unidad	Frecuencia	Costo Financiero	Costo Económico
Rutinario (Empresa + Microempresa)	\$US/km/Año	Anual		
Administración y Supervisión	\$US/km/Año	Anual		
Emergencia	\$US/km/Año	Anual		
Bacheo	\$US/m ²	100% baches anuales		
Refuerzo 5 cm (Mant Periódico)	\$US/m ²	COND: IRI mayor a 5		

Fuente: Elaboración propia en base al Programa de Mantenimiento Rutinario – Administradora Boliviana de Carreteras

TABLA 8.3 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN ALTERNATIVA – TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Actividad	Unidad	Frecuencia	Costo financiero	Costo Económico
Rutinario (Empresa + Microempresa)	\$US/km/Año	Anual		
Administración y Supervisión	\$US/km/Año	Anual		
Emergencia	\$US/km/Año	Anual		
Bacheo	\$US/m ²	100% baches anuales		
Refuerzo 5 cm (Mant Periódico)	\$US/m ²	Cada 7 años		

8.3. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN CON INCERTIDUMBRE

Siguiendo los pasos propuestos en el acápite 2.7.2 en lo correspondiente a los costos de construcción y conservación y lo dicho en el acápite 8.2.1 Costos de construcción, podemos expresar el costo Base estimado (CBE) total de la obra con la siguiente exposición matemática.

$$CBE = \prod_{j=1}^m (1 + a_j) \cdot \left[\sum_{i=1}^n q_i p u_i \right] \quad [8.2]$$

Donde:

a_j = factores que representan los costos indirectos expresados como porcentajes adicionales como ser: gastos generales, utilidad, impuestos, etc.

q_i = Cantidad del ítem i , en unidades físicas, p.e. m³ para hormigón

$p u_i$ = Precio unitario por unidad de cantidad.

i = número de ítems considerados

j = numero de factores de costos indirectos

8.3.1. PRECIOS UNITARIOS

La variable “precio unitario” ($p u_i$) tiene 3 componentes básicos: material, mano de obra, equipo y maquinaria. La cuantificación de cada uno de estos componentes se lleva a cabo en el marco de los diseños de ingeniería, determinación de cantidades, programación de la construcción, etc.

El precio de adquisición y transporte para los materiales están sujetos a fluctuaciones en el mercado según el equilibrio entre la oferta y la demanda vigente en el momento de adquisición. El dinamismo del mercado y los mecanismos de comercialización generan un cierto grado de incertidumbre espacial y temporal en el precio.

Lo mismo ocurre con el componente mano de obra donde los sueldos y jornales están sujetos a la disponibilidad de la mano de obra calificada y no-calificada según la marcha de la economía en el país en general y de las regiones en particular. Esta disponibilidad genera una incertidumbre.

El costo horario de la maquinaria está también sujeto a variaciones nacionales e internacionales del costo de adquisición, la tasa de financiamiento, prima de seguro y los costos de operación (combustible, aceites, llantas, repuestos, etc. A estas fluctuaciones se suman la experiencia y percepción del especialista de costos cuando se define o estima el rendimiento de la maquinaria y de la mano de obra.

Para poder considerar las incertidumbres inherentes a los componentes del precio unitarios en la determinación del valor, es necesario considerar cada componente como una variable aleatoria.

Existen varias metodologías, la primera consiste en reunir los precios unitarios de obras semejantes ya realizadas o en etapa de diseño final para aplicar un tratamiento estadístico a fin de determinar la función de densidad de probabilidad que mejor se ajuste a los datos. El ajuste de una función de densidad de probabilidad proporcionan los parámetros que serán usados en el proceso de simulación, basado en los números aleatorios.

Un segundo procedimiento, consiste en considerar cada uno de los “insumos” básicos del precio unitario como una variable aleatoria. En este caso es recomendable seleccionar una distribución triangular donde se deben determinar los valores extremos (mínimo, máximo) y el valor más probable.

8.3.2. CANTIDAD DE ÍTEMS

La lista de ítems y las cantidades asociadas es el resultado de los estudios de diseño de ingeniería y el grado de desglose deseado. Estas cantidades se fundamentan en el conocimiento de la geología, geotecnia, topografía, disponibilidad de materiales de construcción, etc del área de ubicación de las obras, así como también, en la experiencia de los ingenieros y proyectistas. A pesar de los esfuerzos que se puedan hacer en las diferentes fases del estudio del proyecto, se tendrán imprecisiones que generan incertidumbre. Por tanto, las cantidades son también consideradas como variables aleatorias. Normalmente se usan la distribución triangular como función de densidad de probabilidades donde el valor más probable es la cantidad determinada en el diseño. La determinación de los valores mínimos y máximos será hecha en función de una evolución por parte de especialistas de la calidad y cantidad de los estudios básicos, grado de elaboración del diseño, etc.

En las etapas de la elaboración del modelo de costos juega un rol preponderante los antecedentes referentes a las dificultades encontradas y superadas durante la construcción de obras similares.

8.3.3. COEFICIENTES DE COSTOS INDIRECTOS

Los coeficientes correspondientes a gastos generales y utilidad son considerados como una variable aleatoria, porque cada empresa constructora tiene una organización específica y aspira a una utilidad basada en criterios de rentabilidad, riesgo empresarial, etc. Los otros coeficientes referentes a impuestos, etc. son considerados constantes.

8.3.4. ANÁLISIS DE RIESGOS

Para completar el modelo de estimación de costos, es necesario elaborar un análisis de riesgos identificando posibles eventos inesperados que pudieran ocurrir durante la construcción de la obra, debido al conocimiento limitada de las condiciones geológicas-geotécnicas, experiencia limitada del constructor etc. Cada uno de los posibles eventos (condiciones geológicas inesperadas o no detectadas durante los estudios, influjo de grandes cantidades de agua en túneles, derrumbes y colapsos de origen geológico en túneles y taludes, precipitaciones extraordinarias con gran intensidad, etc.) serán analizados a la luz del alcance de la investigaciones en la fase de estudio, experiencia en obras similares, nivel de desarrollo de la ingeniería en el país, etc. Este análisis para el evento k tiene como resultado la determinación de una probabilidad de ocurrencia (P_k) y la estimación del costo (C_k) del daño o erogación necesaria ara subsanar los efectos del evento .

Para considerar las incertidumbres debido a eventos inesperados es necesario adicionar un componente más en la ecuación del Costo Base Estimado, completándola con el componente de riesgo. El costo total de la obra es ahora:

$$C = \sum_{k=1}^l p_k \cdot C_k + \prod_{j=1}^m (1 + a_j) \cdot \left[\sum_{i=1}^n q_i p u_i \right] \quad [8.3]$$

9. EVALUACIÓN.

9.1. BASE TEÓRICA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS.

La fundamentación teórica de la presente Manual está inmersa en lo que se conoce como la preparación y evaluación de proyectos la cual se ha desarrollado en el capítulo 2. El ámbito de análisis específico de la evaluación de proyectos viales, está concentrado en torno a lo que significa la evaluación privada y la evaluación económica y social de proyectos. En tal sentido es importante destacar lo siguiente:

9.2. EVALUACIÓN FINANCIERA O PRIVADA

La evaluación privada del proyecto se efectúa teniendo en cuenta que las entidades públicas prestadoras de los servicios y el Estado en su conjunto actúan en una situación de equilibrio económico, y por tanto tienen que crear sus propios recursos para cubrir los costos de inversión y los de operación y conservación del proyecto.

Otro aspecto interesante que se debe tener en cuenta es que el servicio estudiado (provisión de vías de transporte terrestre) es un servicio público que brinda el Estado Boliviano a través de la entidad encargada de prestar estos servicios (Administradora Boliviana de Carreteras), en la que no se debe ni se puede esperar una rentabilidad financiera similar a una empresa privada.

En todo caso, la evaluación privada del proyecto se realiza en una situación en que el Estado no gana ni pierde, teniendo en cuenta que para lograr la eficiencia financiera de proyectos de servicios públicos se requiere estimar la tarifa marginal de largo plazo aplicable únicamente a los nuevos beneficiarios de los servicios, criterio que optimiza las utilidades y en consecuencia la rentabilidad del proyecto; sin embargo, el alto componente social con que se realiza el servicio público estudiado, hace necesaria la búsqueda de otros criterios técnicos en la optimización de los beneficios de los servicios.

Como consecuencia de esta situación, para efectos de la evaluación financiera, se deberá analizar una tarifa para el largo plazo del servicio de provisión de vías de transporte terrestre, la misma que debe aplicarse a todos los usuarios, (servicios virtuales antiguos y nuevos). Esta tarifa se estimaría bajo el criterio de establecer una tarifa única para propósitos de facturación a los usuarios, tal y como es en la práctica. Esta facturación debería ser parte de las tarifas vigentes por servicios administrativos, que ya rigen en las entidades prestadoras o están contenidas en ellas.

El flujo de costos incluye las inversiones iniciales, las reposiciones (reinversiones), así como los costos de operación y conservación necesarios para el funcionamiento eficiente de la vía. La tasa de descuento utilizada para evaluar financieramente el proyecto²⁴ promedio anual. El flujo de beneficios está dado por las prestaciones efectuadas en el mercado por la tarifa que cumple las condiciones planteadas en el párrafo anterior.

Es importante destacar que el análisis financiero del proyecto es diferente a su análisis económico, aunque ambos conceptos están íntimamente relacionados. El propósito de la evaluación financiera es lograr apreciar la capacidad del proyecto para afrontar los compromisos asumidos para su financiamiento. Aunque la metodología formal de análisis a ser aplicada por el proyectista es la misma en el caso de la evaluación financiera que la correspondiente a la evaluación económica, el contenido de los flujos de beneficios y costos se define del tal manera en la evaluación financiera considera las condiciones del financiamiento y los precios de beneficios y costos están considerados a precios de mercado, considerando los impuestos a cada uno de los rubros. Los impuestos pagados y transferencias recibidas son también parte de los flujos.

Para elaborar el flujo de caja financiero se necesita toda la información que se pueda obtener acerca del proyecto. En primera instancia se debe sistematizar la información básica del proyecto como: ingeniería y plan de ejecución, beneficios y costos, años de vida útil y por supuesto los precios de mercado. Con la información disponible se procede a elaborar el flujo financiero.

²⁴ Determinada por el VIPFE, corresponde a Tasa Promedio Ponderada del Capital. Resolución Ministerial No. 159 22/09/2006 – Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo, esta tasa desde el 22-sep-2006 es del 12.81%.

9.2.1. AJUSTES PARA PASAR DE LA VALORACIÓN FINANCIERA A LA ECONÓMICA

Al efectuar el análisis financiero y el económico, es conveniente seguir el análisis en los pasos en que está dividido: financiero y económico. No es conveniente comenzar con el flujo de caja económico, ya que la determinación de dichos precios se deriva de los precios de mercado. Por lo tanto, el comienzo de toda evaluación es la financiera.

Para transformar un flujo financiero en flujo económico es necesario establecer factores de conversión de precios financieros a precios económicos, para ello, es necesario subdividirlo en rubros de inversión y de operaciones. A la maquinaria, equipo y materiales importados se le deduce los impuestos de introducción y se ajusta por el precio económico de la divisa, según el porcentaje de componente importado que tiene el rubro.

Para los rubros no transables (ejemplo: cemento, mano de obra, etc.) se calcula su costo económico con base en la oferta y demanda interna y a las distorsiones contenidas en los precios financieros. Para el caso de la mano de obra se aplican los factores de conversión mencionados en el apartado anterior. Normalmente, el factor de ajuste de los no transables es igual a uno.

9.3. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

Para llevar a cabo una evaluación socioeconómica, es importante tener claro y presente los siguientes elementos:

9.3.1. EFICIENCIA TÉCNICA Y EFICIENCIA ECONÓMICA.

Es importante, en términos de evaluación de proyectos, diferenciar la eficiencia técnica y la eficiencia económica. La eficiencia técnica examina la relación entre el producto o resultado generado y la cantidad de un determinado insumo utilizado en su generación. Algunas definiciones señalan que la eficiencia técnica mide la relación entre el producto y la energía utilizada en su producción. En ciertas aplicaciones, la energía sirve como unidad de medición que permite estimar el “costo” (en unidades de energía) de diversas técnicas o tecnologías de producción. Diferentes insumos se miden en alguna unidad energética para expresar un “costo” total de lograr el resultado.

En la práctica de análisis y evaluación de proyectos, la eficiencia técnica sería una medición cuyas unidades de medida son unidad de producto (o logro) por unidad de insumo. Ejemplo familias servidas por kilómetro construido de carretera. No obstante, dichas mediciones no necesariamente captan los costos totales de lograr el resultado esperado.

Estas unidades de medición limitan el uso del criterio de eficiencia técnica. Solo resulta útil para aquellos casos en que se quieren comparar diferentes maneras de lograr un determinado logro, con relación a un determinado resultado.

La necesidad es la de comparar procesos que utilizan insumos diferentes o que utilizan múltiples insumos en proporciones diferentes. Dicho interés conduce al concepto de **eficiencia económica**. Este criterio en una medición de unidades de producto (o logro o efecto, impacto) por costo de los diversos insumos y recursos necesarios para generarlo. La eficiencia económica permite agrupar los diversos insumos con la unidad de medida monetaria.

El criterio de eficiencia económica, entonces, se puede relacionar con un índice de costo efectividad. Mide el logro de los objetivos, por un lado, y los costos de haber producido los logros, por otro. Si la iniciativa A y la B tienen los mismos costos, pero A produce mayor impacto social (logra más del objetivo social), A va a ser más costo-efectivo o, lo que es lo mismo, más eficiente. De la misma manera, si realizar C cuesta menos que realizar D, y C y D son dos maneras de producir un determinado efecto y las dos iniciativas producen ese mismo efecto - medido tanto cuantitativa como cualitativamente, C será más costo-efectivo – y más eficiente - que D (Mokate, 1999, p. 5-9)

El economista define “eficiencia” en una forma genérica de la siguiente manera: un sistema está eficiente cuando no hay ninguna forma de redistribuir los recursos que permitiera que alguien (o algunos) tendría(n) mayor bienestar o satisfacción sin que otro (u otros) tuviera(n) menor bienestar o satisfacción. La eficiencia de asignaciones de recursos y procesos productivos se juzga a la luz de asignaciones alternativas y sus impactos sobre el bienestar de la población. Se refiere a esta eficiencia como la “eficiencia Pareto”, en referencia al economista italiano quien desarrolló una teoría sobre comparaciones de diversas asignaciones en la economía y sus impactos sobre el “bienestar social”.

Esta definición resulta ser de muy difícil aplicación práctica, pues una aplicación rigurosa del concepto obligaría a medir el “bienestar” o la satisfacción de las personas y de la sociedad. El concepto de

bienestar resulta ser una abstracción que ha apoyado mucho el avance de la teoría económica pero no ha permitido aplicaciones prácticas de las mediciones de eficiencia.

Diversas técnicas y metodologías buscan maneras de encontrar aproximaciones a la medición de bienestar. Por ejemplo, el análisis costo-beneficio intenta interpretar el comportamiento de los individuos en los mercados y utilizar estas interpretaciones para diseñar estrategias de valoración (directas e indirectas) para asignar valor monetario a los bienes, servicios y diversión que contribuyen al bienestar de los miembros de la sociedad.

9.3.2. LA EQUIDAD

En el contexto de políticas y programas sociales, se ha asociado el concepto de equidad típicamente con algún concepto de igualdad. No obstante, se han propuesto diferentes interpretaciones de la igualdad asociada con equidad. Específicamente, se ha hecho referencia a la “equidad vertical” – el tratamiento igual para todos los diversos grupos e individuos de la sociedad y a la “equidad horizontal” – “igual tratamiento para iguales”. La promoción de la equidad vertical insinúa que la equidad es equivalente a la igualdad absoluta.

En contraste, la equidad horizontal abre la puerta a la tolerancia de tratamientos diferenciados, con el raciocinio de que los individuos y grupos son diferentes y pueden ser tratados en forma diferenciada sin ser “injusto”. Es más, la equidad horizontal podría conducir a pensar que el tratamiento diferenciado es justo, ya que podría tener el fin de corregir o ajustar diferencias ya existentes entre diversos grupos o individuos. Intervenciones desigualitarias (por ejemplo, focalizadas en poblaciones pobres) por parte de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales resultarían consistentes con sus roles de correctores y compensadores de inequidades existentes en la distribución de ingresos y riquezas.

9.3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y EFICIENCIA.

La teoría del bienestar económico indica que la evaluación socioeconómica de proyectos se fundamenta en el siguiente criterio: si los beneficiarios de un proyecto pueden compensar a los perdedores del mismo y aún así gozar de un efecto positivo, el proyecto puede considerarse como un aporte al bienestar socioeconómico. En otras palabras, sí los impactos positivos (directos e indirectos) sobre el consumo generan mayor bienestar que la reducción del bienestar generada causada por los impactos negativos del proyecto. Los que “ganan” podrían compensar a los que “pierden” y aún así estar mejor que lo que habrían estado sin el proyecto.

9.3.4. EVALUACIÓN SOCIAL Y EQUIDAD

De manera más específica, la evaluación social mide el impacto de un proyecto sobre todos los elementos que puedan contribuir al bienestar nacional, incluyendo la redistribución de ingresos y riquezas. En contraste, la evaluación económica no asigna valor a la redistribución (o sea, a los elementos que afectan a la equidad), ya que supone el mismo valor al consumo por parte de un individuo privilegiado y al consumo del mismo bien por un individuo pobre. En cambio la evaluación social reconoce un valor al consumo de la persona i en el momento t , para cada individuo o grupo socioeconómico. Así la evaluación social analiza el aporte del proyecto o política tanto al objetivo económico de eficiencia como al objetivo de equidad.

9.3.5. ¿POR QUÉ EVALUAR SOCIALMENTE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA?

Es inevitable pensar en el bienestar social sin pensar en gobierno y administración pública; los compromisos que tienen a su cargo exigen como imperativo que las capacidades institucionales orientadas a gobernar y administrar la vida pública sean actuales, consistentes y eficaces con el fin de solventar nuevos y viejos problemas públicos; entre ellos el bienestar social. La exigencia para que los gobiernos desarrollen tareas con eficacia ha sido en los últimos años un reclamo abierto y constante, la función pública está sometida por tanto a presiones y demandas de la ciudadanía que son cada vez más activas, siendo más vigilados para exigir resultados positivos.

De esto se desprende que el valor público de la administración del gobierno y la iniciativa privada en sus inversiones se comprometan a responder a intereses generados de quienes viven en los marcos de la desigualdad social y económica.

Si tomamos en cuenta que la mayor inversión pública se focaliza en proyectos de beneficio directo para la sociedad entenderemos mucho más fácilmente la importancia de evaluar este tipo de proyectos. Es decir, promocionar proyectos preferentes a incrementar el bien común.

Los costos y el impacto de los proyectos de inversión representan el compromiso de atenuar los desequilibrios sociales, regionales, municipales, etc., dando un sentido de equidad no sólo a través del diseño de programas asistenciales sino de la política pública tendiente a definir criterios, normas, procesos y métodos que se traduzcan en un trato humano y abierto; esto es erradicar la exclusión cultural, económica, social.

Sin embargo esperar que sólo el sector público haga una valoración social de cualquier proyecto de inversión es simplemente una visión paternalista de nuestra responsabilidad como actores sociales. Desde el ámbito de la iniciativa privada también pueden hacerse este tipo de consideraciones que repercutan en el mejoramiento del entorno.

Los vínculos de la administración pública con el conjunto de autonomías, organizaciones, relaciones, recursos, espacios, interacciones y grupos de lo público y social, pueden fructificar en la visión de la cooperación extendida. No hay condiciones para que la administración pública intente abarcar todo lo relativo al bienestar social.

9.3.6. PRECIOS SOCIALES

Precios Sociales de los Factores Básicos:

- Mano de Obra (Calificada, Semi Calificada, No Calificada)
- Tasa Costo Capital
- Divisa
- Precio Social de los Costos de Operación Vehicular (Combustible, lubricantes, neumáticos, entre otros).
- Valor Social del Tiempo de Viaje.

9.3.6.1. Precio Social del Combustible (Bien Exportable)

$$PS = P_{fob} \times tc \times f_d$$

PS = Precio social del combustible
 P_{fob} = Precio FOB del producto (en US\$)
 Tc = Tipo de cambio (\$/US\$)
 f_d = Factor de corrección divisa

9.3.6.2. Precio Social Combustible (Bien Importado)

$$PS = (P_{cif} + GV_M + (CD+CV)_{ME}) * f_d + (CD+CV)_{MN} + \sum (CD+CV)_{MOi} * f_{MOi}$$

PS = Precio social del combustible
 P_{cif} = Precio CIF del producto (en \$)
 GV_M = Gastos varios y mermas de importación
 $(CD+CV)_{ME}$ = Componente extranjero del costo agregado del distribuidor y de venta al público (estación de servicio).
 $(CD+CV)_{MN}$ = Componente nacional del costo agregado del distribuidor y de venta al público (estación de servicio).
 $(CD+CV)_{MOi}$ = Componente de mano de obra tipo i del costo agregado del distribuidor y de venta al público (estación de servicio).
 f_d, f_{MOi} = Factor de corrección divisa y factor corrección mano de obra tipo i, respectivamente.

9.3.6.3. Valor Social del Tiempo de Viaje

- Corresponde al costo de oportunidad del tiempo de los involucrados.
- Es particular para cada persona e instante.
- Es distinto para trabajo y ocio

Viaje de trabajo

Las empresas contratan trabajadores hasta que el sueldo que pagan es igual al valor de la productividad marginal del trabajador por tanto, el ahorro de tiempo de trabajo significa mayor producción, por tanto el Beneficio es igual 100% Sueldo Bruto

Viaje de ocio

No existe un mercado “formal” por tiempo de ocio; por lo tanto se deben utilizar técnicas que permitan “extraer” el valor que tiene para las personas el tiempo de ocio, tal el caso de:

- Encuestas de Preferencias Reveladas (PR)²⁵
- Encuestas de Preferencias Declaradas (PD)²⁶

Desde el punto de vista del enfoque de eficiencia los beneficios por ahorro de tiempo de viaje generados por un proyecto corresponden a la sumatoria de las valoraciones individuales de los usuarios del camino.

Sin embargo, en la práctica se utiliza un valor único para cada tipo de vehículo, el cual corresponde a la valoración del tiempo de viaje de un usuario promedio.

$$VST_i = PT_i * VTT_i + PO_i * VTO_i$$

Donde VST_i es el valor social del tiempo de viaje del usuario promedio del tipo de vehículo i ; VTT_i y VTO_i el valor del tiempo de trabajo y ocio para el usuario i ; y PT_i y PO_i el porcentaje de viajes de trabajo y ocio del usuario i , respectivamente.

En términos prácticos la evaluación de proyectos es un trabajo obligado para todos aquellos profesionales involucrados en los procesos de crecimiento y desarrollo del país. Evaluar un proyecto más allá de la aplicación de formulas mundialmente conocidas, debe ser un proceso consciente y determinante para la toma de decisiones. Sin embargo la gran disyuntiva es definir el área de enfoque de la evaluación.

²⁵ **Las Preferencias Reveladas (PR)** son datos que reflejan el comportamiento actual de los individuos en sus decisiones de viaje. Estos se obtienen a partir de encuestas que permiten recoger información de las variables que explican la utilidad de las distintas alternativas y de las elecciones realizadas. Hasta la mitad de los años 80 éste fue el tipo de datos más utilizado en la modelización de la demanda de transporte. Sin embargo, presentan una serie de limitaciones en términos de comprensión del comportamiento de viajes (ver Ortúzar y Willumsem, 2001):

Las observaciones de las elecciones actuales pueden no presentar suficiente variabilidad para la construcción de buenos modelos que permitan evaluar proyectos y realizar predicciones.

Las variables más interesantes suelen estar correlacionadas, por ejemplo, el tiempo de viaje y el costo. En este caso, es difícil, separar dicho efecto en la modelización y por lo tanto también en la fase predictiva.

No es posible el estudio de variables latentes [son variables difíciles de medir o que no presentan suficiente variabilidad]. Pueden existir factores que dominen el comportamiento actual, lo que dificulta detectar la importancia relativa de otras variables igualmente importantes como el confort, la seguridad, la puntualidad del servicio, etc.

No permiten estudiar los efectos de nuevas políticas, como por ejemplo la introducción de un nuevo modo de transporte.

No existe información completa sobre las condiciones del mercado, lo que dificulta determinar el conjunto real de elecciones disponibles.

Están sujetas a potencialmente importantes errores de medida, especialmente de nivel de servicio. Esto se intenta resolver realizando el investigador las mediciones para el conjunto de alternativas disponibles.

²⁶ **Las Preferencias Declaradas (PD)** son datos que tratan de reflejar lo que los individuos harían ante determinadas situaciones hipotéticas construidas por el investigador. Las PD se desarrollaron inicialmente en el ámbito de la investigación de mercado y comenzaron a ser utilizadas en la modelización de transporte a fines de los años 70. A diferencia de los datos de PR, que entregan información sobre los viajes que realiza un individuo habitualmente, los datos de PD informan sobre los viajes que el individuo realizaría si, por ejemplo, se introdujera un nuevo modo de transporte, se mejorase la calidad del servicio, se ofreciese una ruta alternativa más rápida, etc.

En un ejercicio de PD se pueden distinguir tres elementos principalmente. En primer lugar, tenemos la situación en la que el individuo se encuentra para declarar sus preferencias; ésta puede ser una situación real (un viaje que realice en este momento como ir al trabajo) o hipotética (un viaje que realizaría en el futuro dadas una serie de condiciones), y constituye el contexto de decisión. En segundo lugar, se deben seleccionar las alternativas, normalmente hipotéticas aunque algunas de ellas pueden existir en la actualidad, que se presentan en el ejercicio como función de un conjunto de atributos. En tercer lugar, está la forma en que los individuos pueden declarar sus preferencias (ver Ortúzar y Garrido, 2000); las más frecuentes son: Jerarquización (Ranking), Escalamiento o Elección Generalizada (Rating) y Elección (Choice).

Un punto importante del experimento de PD es la selección de los atributos a considerar en cada alternativa del ejercicio. Una forma de identificar los atributos más relevantes es realizando un grupo de discusión (focus group) con una muestra representativa de individuos. Un grupo de discusión no es más que una reunión de individuos dirigida por un moderador de manera que los participantes hablen sobre el tema considerado y durante el desarrollo de la misma se obtengan tanto los elementos clave en el análisis como una mejor comprensión del problema tratado.

Las formas de obtener la respuesta en un experimento de PD son, como comentamos anteriormente, Jerarquización, Escalamiento y Elección:

Jerarquización: Se presentan todas las opciones simultáneamente al individuo y se le pide que las ordene en función de sus preferencias, de más a menos preferida. Al ordenar las opciones, el individuo está jerarquizando los valores de utilidad de forma que la opción más preferida le reportará un mayor nivel de utilidad.

Escalamiento: Se le pide al individuo que exprese su grado de preferencia para una opción utilizando una escala arbitraria que puede ser numérica (de 1 a 5 o de 1 a 10) o semántica; por ejemplo: 1 = siempre elijo A, 2 = probablemente elijo A, 3 = ninguna; 4 = probablemente elijo B, 5 = siempre elijo B.

Elección: El individuo selecciona una de las distintas opciones que se le presentan que pueden ser dos (elección binaria) o más de dos (elección múltiple). Se considera que ésta es la forma más sencilla de responder a una encuesta de PD para un individuo porque es la forma habitual en la que toma decisiones. En estos casos, puede incluirse la alternativa “ninguna de ellas” para no forzar al entrevistado a elegir cuando ninguna le parece conveniente.

Un aspecto importante en este tipo de diseños es la necesidad de hacer creíble las distintas opciones presentadas al individuo. Para ello podemos definir el contexto en el que el experimento se realiza y en ese contexto hacer factibles las opciones de elección. Por ejemplo, para que sea considerado viable que exista un bus que realice un recorrido en un tiempo menor que un vehículo privado, puede ser necesario que existan una serie de condiciones tales como: carriles exclusivos para el bus, preferencia en los semáforos, etc. Este tipo de elementos se pueden considerar en el contexto en el que se presenta el experimento haciendo más realistas las opciones.

Para identificar los costos y beneficios de la evaluación de proyectos, así como el escenario en el cual deben ubicarse es necesario comparar lo que sucede con un proyecto contra lo que hubiera sucedido sin él; este simple ejercicio definirá los costos y beneficios del mismo.

Pero antes de iniciar cualquier proceso de análisis es primordial entender los dos grandes paradigmas de proyectos en nuestro país: el primero se refiere al sector privado, el segundo al sector público (que es por ende, el enfoque social).

Mientras que las políticas del Estado tienden a buscar un bien común a través de la inversión de recursos públicos para beneficio de todos, la iniciativa privada a través de todos sus actores busca la consolidación de un negocio que provea ganancias y posicionamiento en un mercado competido.

De esta manera definiremos la evaluación social de proyectos como el enfoque del bien comunitario, y que no necesariamente deberá estar vinculado al sector público de nuestro país; ya que será posible realizar dicha evaluación por despachos privados fungiendo como asesores o auditores externos.

La evaluación económica y social se efectúa conjuntamente con la factibilidad técnica del proyecto²⁷.

Mientras que la evaluación privada de proyectos incluye una evaluación financiera y económica; la evaluación social de proyectos se refiere a un análisis socioeconómico en el cual el flujo de recursos reales, de los bienes y servicios utilizados y producidos por el proyecto puedan determinarse en costos y beneficios sociales pertinentes.

La evaluación social definirá la situación del país, estado, o ciudad contra la ejecución del proyecto a analizar. De esta manera la determinación de los costos y beneficios deben traducirse en el bien comunitario consumado, en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, o en la solución práctica a una problemática compleja (políticas públicas).

9.3.7. MODELOS INFORMÁTICOS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN.

A continuación se tiene una descripción de los principales modelos informáticos utilizados para la evaluación de proyectos viales.

9.3.7.1. Modelo VOC (Vehicle Operation Cost Model)

Este modelo se utiliza para el cálculo de los costos de operación vehicular en los diferentes tramos que son parte de un proyecto y se lo alimenta con información o variables representativas de la realidad específica del proyecto y de la flota vehicular característica en el área de influencia del proyecto.

Este modelo requiere de 65 variables, sin embargo, solamente una parte de estas variables tiene que ser provista por el usuario, porque gran parte de las características de los 10 tipos de vehículos que pueden analizarse con el modelo, son suministrado por el programa por defecto (DEFAULT). Este modelo es la versión 2.0, Agosto de 1987, del Banco Mundial.

La información a ser suministrada al programa, es la siguiente:

A. Del Camino

La información relacionada con el tramo a estudiar requerida por el modelo es la siguiente:

- Tipo de superficie (pavimentada o no pavimentada)
- Rugosidad promedio (m/km IRI)
- Pendiente positiva promedio (%)
- Pendiente negativa promedio (%)
- Proporción del camino en subidas (%)
- Curvatura horizontal promedio (Deg./km)
- Altitud del terreno (m)
- Números de carriles

B. Del Vehículo

La información relacionada con los vehículos que circulan en los diferentes tramos estudiados, requerida por el modelo es la siguiente:

²⁷ Ernesto Fontaine

- Carga transportada por el camión (kg)
- Promedio anual de utilización (km)
- Promedio anual de utilización (horas)
- Promedio vida útil del vehículo (años)
- Números de pasajeros por vehículo
- Tasa de interés anual (%)
- Precio del vehículo nuevo
- Costo del combustible (Bs/lt.)
- Costo del lubricante (Bs/lt.)
- Costo de una llanta
- Costo tiempo de tripulación (Bs/hora)
- Costo de demora de pasajeros (Bs/hora)
- Costo de conservación mano de obra (Bs/hora)
- Costo por la demora de carga (Bs/hora)

9.3.7.2. Modelo HDM (Highway Development and Management system)

El HDM (Highway Development and Management system) es un potente aplicación computacional, que se ha desarrollado como parte de un esfuerzo del Banco Mundial, el Banco Asiático de Desarrollo, el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido, la Administración Nacional de Carreteras de Suecia y el TRRL (Transport and Road Research Laboratory), para ayudar a los países en vías de desarrollo a planear y mejorar las condiciones de la infraestructura carretera. Como antecedentes directos se puede encontrar al HDM-III (Highway Maintenance and Design) desarrollado por el MIT en colaboración con el Banco Mundial, y el RTIM 3 (Road Transport Investment Model), desarrollado en base a investigaciones hechas en países en vías de desarrollo por el TRRL.

Estos programas a su vez han sido mejoras a las primeras aplicaciones en cuestión de costos y conservación de caminos y carreteras, desarrolladas a principios de los años sesentas en Estados Unidos y en Gran Bretaña, como lo fue el pionero HDM. Los anteriores programas servían como herramientas para predecir el comportamiento de los pavimentos en el futuro y el consecuente gasto que se tenía que realizar para su conservación. Por lo tanto se puede ver que el HDM no es un modelo totalmente nuevo, sino que utiliza varias de las características de sus predecesores e incorpora una variedad más amplia de condiciones con nuevas aplicaciones de software mucho más potentes. En México, se han utilizado diversas herramientas ya mencionadas en el presente trabajo, la más conocida de todas el modelo SISTER, usado durante varios años para el análisis de proyectos de inversión mediante características que permitían modelar diversas situaciones.

La implementación del HDM se da principalmente por las siguientes razones:

- La aparición de nuevas condiciones tanto en materia económica como técnica y la necesidad de incluir más factores que antes no se tomaban en cuenta (factores climáticos, medioambientales, seguridad vial, efectos de la congestión de tráfico, etc.).
- La necesidad de jerarquizar las inversiones en proyectos carreteros, realizando una optimización de los recursos disponibles y previendo la influencia de condiciones futuras en su estado.
- Desarrollar una visión más amplia de la Gestión de Carreteras considerando funciones como: Planificación, Programación, Preparación y Operaciones.

Descripción del HDM

El modelo HDM es un modelo de simulación del comportamiento del ciclo de vida de las carreteras considerando todas las relaciones entre ésta, el ambiente y el tráfico dentro de una economía nacional o regional que determina la composición y la estructura de costos de las variables. El modelo realiza un análisis detallado con base en los datos suministrados por el usuario.

No es un modelo de optimización en el sentido de que no es capaz de encontrar la 'solución óptima absoluta' del problema sino que realiza los cálculos correspondientes a cada alternativa y suministra los indicadores para que el usuario ordene las alternativas y posteriormente seleccione la que de acuerdo con su objetivo considere óptima.

Para cada alternativa el modelo puede calcular el "costo total de transporte". La alternativa que resulte tener el costo mínimo es en principio la más conveniente a la sociedad.

Objetivos del desarrollo del HDM

El modelo HDM tiene pues por objetivos, el incorporar el conocimiento presente hasta su tiempo de todos

los estudios hechos acerca de conservación de carreteras con los programas anteriores, incorporar nuevos conocimientos derivados de investigaciones alrededor del mundo e incorporar nuevas tecnologías computacionales.

Básicamente se pueden definir cuatro áreas de alcance del programa:

- Presupuestación de los proyectos: Obtención de presupuestos para la conservación, rehabilitación, mejora y nueva construcción, a través del análisis del ciclo de vida, de una propuesta de inversión en carreteras.
- Programación de trabajos: Preparación de programas de conservación y desarrollo de red de carreteras para varios años, que faciliten la preparación de presupuestos a mediano plazo.
- Planeación estratégica: Desarrollo de políticas, planes de distribución de recursos a largo plazo y planificación de redes de carreteras.
- Software: Un sistema fácil para el usuario, construido a partir de un conjunto de Módulos con la capacidad de cubrir un amplio espectro de datos y de niveles de destreza.

Marco analítico del HDM

El Marco Analítico del HDM se basa en el ciclo de vida de la capa de rodadura, (losas de concreto o carpetas asfálticas), y se aplica para predecir lo siguiente en el funcionamiento del mismo:

- Deterioro del pavimento
- Efectos de las obras de reparación
- Efectos para los usuarios de la carretera
- Efectos socioeconómicos y medioambientales

Una vez construidos los pavimentos, las carreteras se deterioran generalmente por los siguientes factores:

- Cargas del tráfico.
- Factores medioambientales.
- Efectos de sistemas de drenaje inadecuados.

La tasa de deterioro del pavimento está directamente afectada por los estándares de conservación aplicados para reparar defectos en la superficie de rodamiento, como grietas, desprendimiento de agregados, baches, etc., o para conservar la integridad estructural del pavimento (tratamientos superficiales, refuerzos, etc.), permitiendo así que la carretera soporte el tráfico para el que ha sido diseñada. Las condiciones generales del pavimento a largo plazo dependen de los estándares de conservación o mejora aplicados a la carretera.

9.3.7.3. Modelo RED.

El modelo²⁸ de Evaluación Económica de Caminos de Bajo Volumen de Tráfico (RED) el cual realiza una evaluación económica de las inversiones del camino y de las opciones de mantenimiento adaptadas a las características de caminos de bajo volumen de tráfico como ser:

- la alta incertidumbre en la distribución del tráfico, la condición del camino, y del mantenimiento futuro de caminos no pavimentados;
- periodos en el año con transitabilidad perturbada;
- niveles de servicio y los correspondientes costos del usuario del camino definidos no solamente a través de la rugosidad;
- capacidad de influenciar el desarrollo económico; y
- beneficiarios aparte de los usuarios motorizados del camino

El Modelo

El modelo calcula los beneficios obtenidos por los tráfico: normal, generado y derivado, como función de la reducción de los costos operativos de vehículo de los costos del tiempo. También estima los beneficios

²⁸ Descripción obtenida del artículo "Modelo de Evaluación Económica de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito (RED)" elaborado por Rodrigo S. Archondo-Callao. Publicación Técnica Transporte en África - Road Management Initiative (RMI), SSATP Nota No. 18, Abril 1999

en la seguridad, y el usuario del modelo puede agregar otros beneficios (o costos) al análisis, como ser los relacionados con el tráfico no motorizado, servicio social e impactos ambientales.

El modelo está presentado en una serie de archivos (libros) de Excel que colectan los datos a ingresar por el usuario, presentando los resultados de una manera adecuada y llevando a cabo análisis de sensibilidad, de valores intercambiados y de riesgo.

El RED adopta el excedente del consumidor, que mide los beneficios de los usuarios del camino y de los consumidores de los costos reducidos del transporte. Este enfoque fue preferido frente al enfoque de excedente del productor, debido a que el enfoque del excedente del consumidor permitiría un mejor juicio de las suposiciones realizadas y una mejor valoración de las alternativas de inversión simuladas.

Los modelos HDM también adoptan el enfoque del excedente del consumidor y pueden ser utilizados para la evaluación económica de caminos con bajo volumen de tráfico pero no se encuentran particularmente personalizados para este propósito y son más demandantes en términos de requerimientos de datos de entrada. El RED simplifica el proceso y está dirigido a las siguientes incumbencias adicionales:

- Reducir los requerimientos de datos de entrada para caminos de bajo volumen de tráfico;
- Considerar la alta incertidumbre relacionada con los requerimientos de datos de entrada;
- Fijar claramente las suposiciones hechas, particularmente en la evaluación de la condición de caminos y en la predicción de desarrollo económico;
- Calcular internamente el tráfico generado debido a un decrecimiento en los costos de transporte basado en una elasticidad-precio de demanda definida;
- Cuantificar los costos económicos asociados con los días por año en los que el tráfico de vehículos es perturbado por un alto deterioro de la condición del camino;
- Utilizar parámetros alternativos a la rugosidad del camino para definir el nivel de servicio de caminos de bajo volumen de tráfico;
- Permitir considerar en el análisis mejoras en la seguridad vial;
- Incluir en el análisis otros beneficios (o costos) tales como aquellos relacionados con tráfico no motorizado, servicios sociales e impactos ambientales;
- Formular preguntas de manera no tradicional; por ejemplo, en lugar de preguntar cuál es el retorno económico de una inversión, uno podría preguntar cuál es la máxima inversión justificable económicamente para un cambio en el nivel de servicio propuesto, con inversiones adicionales siendo justificadas por otros impactos sociales;
- Presentar los resultados con análisis de sensibilidad,
- Tener el modelo de evaluación en una hoja de cálculo, como Excel, de manera de capitalizar en características y herramientas internas como búsqueda de metas, escenarios, "solver", análisis de datos, y agregados analíticos adicionales.

El RED evalúa un camino a la vez, comparando tres proyectos constructivos alternativos con el caso "sin proyecto", aportando los indicadores económicos necesarios para seleccionar la opción más deseable y para cuantificar sus beneficios económicos. El RED considera un nivel constante de servicio para los casos con y sin proyecto, sobre un período de análisis de veinte años. Las ecuaciones del deterioro del camino, como las que contiene el modelo HDM, en las cuales la rugosidad de un camino dado varía en el tiempo como función de la condición del camino, del tráfico, y de las características de mantenimiento, no se implementan en el RED. Por el contrario el RED utiliza el concepto de nivel medio de servicio, que se considera razonable para caminos de bajo volumen de tráfico, debido a las siguientes razones principales:

- Conveniencia en definir niveles de servicio para caminos de bajo volumen de tráfico con parámetros distintos a los promedios de rugosidad y grosor de grava;
- Dificultad en medir o estimar la rugosidad de los caminos no pavimentados y determinar la frecuencia de nivelación que debe ser aplicada a caminos no pavimentados;
- Cambios estacionales en la condición del camino y en la transitabilidad; y
- Naturaleza cíclica de la condición del camino bajo una determinada política de mantenimiento

Para calcular los costos de operación del vehículo y las velocidades para un nivel de servicio dado, las relaciones entre costos de operación de vehículos y velocidades, y la rugosidad del camino tienen que ser definidas usando polinomios cúbicos para hasta nueve tipos de vehículos; tres tipos de terrenos; y tres tipos de caminos.

Para estimar la rugosidad del camino como función de la velocidad de un vehículo de referencia, también deben ser definidos polinomios cúbicos similares para el vehículo de referencia. Estas relaciones pueden ser definidas mediante cualquier método, o fácilmente calculadas usando el Módulo de Costos de Operación de Vehículos del RED que computa, para las condiciones particulares de un país, los costos de operación de vehículos y las velocidades como función de la rugosidad.

Este módulo implementa las ecuaciones del costo de operación de vehículos del HDM-III, requiere los mismos datos de entrada que el HDM-III, y computa automáticamente los coeficientes de los polinomios cúbicos que relacionan costos operativos de vehículo y velocidades con la rugosidad.

Para definir un nivel de servicio medio anual, las condiciones del camino son definidas para los siguientes dos posibles períodos estacionales durante un año:

- Período con buena transitabilidad (estación seca); y
- Período en el cual la transitabilidad se ve perturbada por un alto deterioro de la condición del camino (estación húmeda); en este caso, los vehículos encontrarán rutas alternativas o utilizarán sendas a lo largo del camino existente para facilitar el tráfico, acarreado mayores costos de transporte debido a un cambio en la distancia de viaje, rugosidad del camino y velocidades.

Para cada período anual, el usuario tiene las tres posibilidades siguientes con referencia a los parámetros a ser usados para definir la condición del camino:

- Ingresar la rugosidad del camino, en este caso, los costos operativos de los vehículos y las velocidades se estiman como una función de la rugosidad ingresada, usando la relación previamente definida;
- Ingresar la velocidad de un vehículo de referencia; en este caso, el RED estima la rugosidad del camino basado en la velocidad del vehículo de referencia (usando las relaciones definidas por el usuario) y luego estima las velocidades y costos operativos de todos los vehículos utilizando la rugosidad estimada; y
- Introducir la rugosidad y las velocidades de todos los vehículos directamente; en este caso, sólo los costos operativos de vehículo son estimados como una función de la rugosidad ingresada.

La segunda opción es apropiada solamente para terreno nivelado y ondulado, donde las velocidades de los vehículos son esencialmente una función de la rugosidad. La última opción es particularmente apropiada para caminos empinados o montañosos donde la velocidad de los vehículos está en menor proporción función de la rugosidad que de la geometría del camino (alineaciones vertical y horizontal).

Para calcular beneficios de seguridad, ingrese la tasa de accidentes, el costo medio por accidente evitado, si se dispone de datos, en accidentes con muertes, accidentes con lesiones y accidentes con daños materiales solamente.

El RED evalúa beneficios obtenidos por los siguientes tipos de tráfico:

- Tráfico normal, que corresponde a aquel tráfico transitando por el camino en ausencia de alguna nueva inversión;
- Tráfico derivado (tráfico desviado y/o atraído bajo la nomenclatura adoptada por el presente Manual), que corresponde a aquel tráfico que se deriva al camino de proyecto desde un camino alternativo con el mismo origen y destino;
- Tráfico generado y/o de desarrollo debido al decrecimiento de los costos de transporte, i.e., tráfico asociado al aumento de la frecuencia de viajes por parte de usuarios existentes del camino de proyecto; y
- Tráfico inducido (Tráfico de desarrollo bajo la nomenclatura adoptada por el presente manual), corresponde a aquel tráfico captado hacia el camino de proyecto desde otros caminos, cambiando su origen o destino, debido al aumento del desarrollo de la actividad en la zona de influencia del camino ocasionado por el proyecto.

El RED descompone el tráfico generado en dos componentes: tráfico generado debido al decrecimiento de los costos de transporte, y tráfico generado debido al desarrollo local específico (tráfico inducido). El usuario debe especificar el tráfico generado debido al decrecimiento de los costos de transporte

definiéndolo como un porcentaje del tráfico normal, o ingresando una elasticidad-precio de demanda (que se refiere al aumento porcentual en el tráfico por decrecimiento porcentual en costos de transporte.)

El tráfico inducido y el tráfico derivado se definen separadamente por tipo de vehículo. Para tráfico generado el RED aproxima los beneficios calculándolos como un 50% de la disminución de costos de transporte para cada unidad de tráfico generado o inducido mientras que los beneficios obtenidos por el tráfico derivado son estimados sobre la base de la diferencia en los costos de transporte utilizando el camino alternativo y el camino de proyecto.

La tasa de crecimiento de tráfico que se ingresa en el modelo está prevista para un aumento en el tráfico que ocurre debido al aumento general de la actividad económica, que afecta por igual a estos tipos de tráfico y a todas las alternativas de proyecto.

Para alcanzar y mantener un nivel de servicio, la inversión inicial y los costos anuales de mantenimiento (costos fijos y costos dependientes del tráfico) deben ser definidos por el usuario, junto con otros beneficios netos (o costos), el camino del país/ proyecto y nombre de la moneda, la fecha de la evaluación, el factor de costo económico a financiero, la tasa de descuento y el año calendario inicial. Para cada alternativa de proyecto el RED calcula los siguientes indicadores de inversión económicos:

- Tasa modificada de retorno considerando la tasa de reinversión y la tasa de financiamiento asumidas a la tasa de descuento dada;
- Proporción del valor actual neto por costos financieros de inversión; y
- Proporción del los beneficios del primer año por costos económicos de inversión.

El RED presenta un reporte detallado de las posibilidades económicas para cada alternativa de proyecto, que contiene tanto las suposiciones principales, como las velocidades de los vehículos, tiempo de viajes, tráfico generado, flujos de beneficios netos calculados e indicadores económicos.

También presenta un reporte de impacto al usuario que indica el porcentaje de reducción de los costos económicos del usuario del camino por clase de vehículo y ahorros en los costos financieros anuales de viaje, en el año siguiente al que la inversión inicial fue totalmente realizada. El RED hace un análisis de sensibilidad para dieciocho entradas principales, donde el usuario del modelo ingresa dos posibles multiplicadores para cada entrada de datos, y el modelo presenta los correspondientes indicadores de inversión eficientes.

El RED también ejecuta un análisis de valores intercambiados, presentando, en este caso, los valores de las dieciocho entradas de datos principales que devuelven un valor presente neto igual a cero.

El Módulo de Análisis de Riesgo del RED realiza un análisis de riesgo basado en la distribución triangular de probabilidades para las dieciocho entradas de parámetros principales. El usuario define la estimación de una variable de entrada y alguna medida de la viabilidad de ocurrencia para esa estimación tomando las formas de una distribución triangular de probabilidad. El módulo de análisis de riesgo utiliza esta información para analizar cada posible resultado, ejecutando cientos de escenarios del tipo "qué pasa si". En cada escenario, son generados datos de entrada aleatorios siguiendo la distribución de probabilidad de datos de entrada definida, y las distribuciones de frecuencias resultantes son presentadas en forma gráfica junto con los siguientes indicadores:

- Mínimo, máximo, promedio, desviación estándar y mediana de la tasa interna de retorno;
-
- Percentil de la tasa interna de retorno para tres opciones diferentes;
-
- Probabilidad de que la tasa interna de retorno sea menor o mayor a un cierto valor.

9.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

Se denomina Análisis de Sensibilidad porque muestra cuán sensible son las variables consideradas en la evaluación a determinados cambios, como ser el incremento de costos o la disminución de beneficios.

Al hacer cualquier análisis económico proyectado al futuro, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las alternativas que se estudian y es precisamente esa falta de certeza lo que hace que la toma de decisiones sea bastante difícil.

Con el objeto de facilitar la toma de decisiones dentro de un proyecto, puede efectuarse un análisis de sensibilidad, el cual indicará las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y cuáles son las variables que tienen poca incidencia en el resultado final.

En un proyecto individual, la sensibilidad debe hacerse con respecto al parámetro más incierto; por ejemplo, si se tiene una incertidumbre con respecto a la inversión o a los montos asignados a la conservación, es importante determinar que tan sensible es la Tasa Interna de Retorno (TIR) o el Valor Actual Neto (VAN) con respecto a cambios en estas variables. Si se tienen dos o más alternativas, es importante determinar las condiciones en que una alternativa es mejor que otra.

Es decir, el análisis de sensibilidad consiste en suponer variaciones que castiguen los posibles beneficios, por ejemplo una disminución de cierto porcentaje, o un aumento porcentual en los costos sea de inversión o de conservación, etc. (Por ejemplo variación de la tasa social de descuento, el volumen de tráfico, cambios en los COV, variación de los precios de los materiales de construcción más importantes como el asfalto, el cemento, etc.) y, a la vez, mostrar la holgura con que se cuenta para su realización ante eventuales cambios de tales variables en el mercado.

Algunas de las preguntas más frecuentes para indagar el Análisis de Sensibilidad son:

1. ¿Cuánto podrían variar los beneficios y/o los costos?
2. ¿Qué porcentaje de variación debería suponerse?

La respuesta depende de cuál es la magnitud de riesgo considerado en el proyecto. Como por ejemplo, el riesgo de implementar una carretera a nivel de carpeta asfáltica esta en directa relación a la variación internacional de los precios del petróleo y los hidrocarburos.

Si se asume de entrada que, el riesgo del presupuesto es del 10%, esa situación podría resultar que se dé una reducción del alcance de las obras (insuficiencia de fondos), debido a que adquirir menos materiales y otros insumos ante aumentos en su precio.

Si se considera que, el riesgo es mayor al 10% de variaciones, por ejemplo el 18%, entonces es mejor preparar varios presupuestos contingentes que incluyan variaciones del 15%, 18%, 20%, etc., o mejor aún recurrir a un modelo de simulación, que contemple una gran gama de variaciones combinadas.

Importancia del Análisis de Sensibilidad

La importancia del análisis de sensibilidad se manifiesta en el hecho de que los valores de las variables que se han utilizado para llevar a cabo la evaluación del proyecto pueden tener desviaciones con efectos de consideración en la medición de sus resultados.

La evaluación del proyecto será sensible a las variaciones de uno o más parámetros si, al incluir estas variaciones en el criterio de evaluación empleado, la decisión inicial cambia. El análisis de sensibilidad, a través de los diferentes modelos, revela el efecto que tienen las variaciones sobre la rentabilidad en los pronósticos de las variables relevantes.

Es importante visualizar qué variables tienen mayor efecto en el resultado frente a distintos grados de error, en su estimación permite decidir acerca de la necesidad de realizar estudios más profundos de esas variables, para mejorar las estimaciones y reducir el grado de riesgo por error.

Sin embargo, son más frecuentes las equivocaciones en las estimaciones futuras por lo incierta que resulta la proyección de cualquier variable incontrolable, como los cambios en los niveles de los precios reales de los materiales e insumos (especialmente los extranjeros).

Dependiendo del número de variables que se sensibilicen en forma simultánea, el análisis puede clasificarse como unidimensional o multidimensional. En el análisis unidimensional, la sensibilización se aplica a una sola variable, mientras que en el multidimensional, se examinan los efectos sobre los resultados que se producen por la incorporación de variables simultáneas en dos o más variables relevantes.

10. EJEMPLO DE APLICACIÓN.

De acuerdo al Manual en su Capítulo 1.6. *Contenido del Informe de Evaluación*, la Evaluación económica financiera de un Proyecto deberá ser estructurado en 7 partes:

I Parte	Introducción
II Parte	Descripción del Proyecto
III Parte	Beneficios y Costos del Proyecto
IV Parte	Evaluación económica
V Parte	Evaluación Financiera
VI Parte	Sensibilidad y Evaluación del Riesgo
VII Parte	Conclusiones

El resumen con cada una de estas partes se la presenta a continuación:

10.1. INTRODUCCIÓN

10.1.1. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

El Gobierno Nacional ha puesto en vigencia el Plan Nacional de Desarrollo PND 2006 –2010, que dentro los lineamientos más sobresalientes plantea, una Nueva Constitución para el país acorde a nuestra realidad pluricultural y multilingüe, la recuperación y nacionalización de los Hidrocarburos que permitirá conducir nuestros recursos naturales hacia una diversificación productiva. La concepción responde a una lógica de principios basados en la armonía, la interrelación con la naturaleza y la construcción de un Estado multinacional y comunitario, estos cambios estructurales tienen como objetivo, según el PND, “Bolivia digna, soberana, productiva y democrática, para Vivir Bien”.

En el contexto nacional de desarrollo vial, la Administradora Boliviana de Carreteras tiene como función principal la administración de la pavimentación de la Red Fundamental que conecta principales capitales de los departamentos así como rutas internacionales, para posibilitar la integración nacional y la integración de la economía boliviana al comercio exterior.

En ese sentido, el presente capítulo corresponde a la evaluación económica de los tramos carreteros que comprenden la Ruta Fundamental F-06. Para este efecto inicialmente se resumen los resultados de actividades previas, luego se definen alternativas de mejora considerándolos en términos económicos y posteriormente se los evalúa identificando la mejor opción para el proyecto considerado.

Es por ello que se efectuará el Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental para la **CONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA RAVELO - LLALLAGUA** de acuerdo al documento a Diseño Final y en el marco de las Normas Básicas del Sistema Nacional de Inversión Pública y el Reglamento Básico de Pre Inversión de febrero de 2007, cuyos resultados demuestran la rentabilidad de ejecutar este proyecto, y determinen el diseño final de las obras de rehabilitación, que permitan contar con una carretera transitable durante todo el año.

10.1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL TRAMO

El proyecto Ravelo - Llallagua de 192,1 km de longitud, pertenece a la Ruta F-06 perteneciente a la Red Vial Fundamental de Bolivia, vincula las capitales de los departamentos de Chuquisaca y Oruro atravesando el departamento de Potosí, que pasa por poblaciones importantes del Norte de Potosí de gran potencial productivo comercial, agrícola, turístico y minero.

Las provincias del Norte de Potosí que son atravesadas por el proyecto Ravelo –Llallagua son la Provincia Rafael Bustillo y la provincia Chayanta. Los municipios atravesados de la provincia Rafael Bustillo son Llallagua, Uncía y Chayanta, y en la provincia Chayanta son atravesados los municipios de Colquechaca, Ravelo, Pocoata y Ocurí.

Geográficamente, el camino se ubica entre los paralelos 18º 21' y 18º 59' Latitud Sur y entre los meridianos 65º 14' y 66º 36' Longitud oeste.

Aparte de todas las características antes mencionadas, la implementación de una carretera, en general, trae consigo impactos sociales tangibles e intangibles acompañados por un crecimiento económico local, regional y nacional, además de bienestar social en toda el área de influencia directa del proyecto.

10.1.2.1. Sitios Críticos.

TABLA 10.1 POBLACIONES Y LONGITUDES DEL PROYECTO RAVELO - LLALLAGUA

POBLACIONES	Distancias Parciales (Km)	Distancias Acumuladas (Km)
Ravelo - Sauce Mayu	7,33	7,33
Sauce Mayu - Rodeo	11,07	18,40
Rodeo - Corral Mayu	11,60	30,00
Corral Mayu - Ckara Ckara	5,50	35,51
Ckara-Ckara - Tahuareja	4,35	39,86
Tahuareja - Canchas Blancas	11,65	51,51
Canchas Blancas - Ocurí	2,25	53,76
Canchas Blancas - Tarhuaque	6,10	59,85
Tarhuaque - Lluchu	3,90	63,75
Lluchu - Tomaycuri	11,15	74,90
Tomaycuri - Macha	19,60	94,50
Macha - Humajilla	6,50	101,10
Humajilla - Huancarani	7,00	108,00
Huancarani - Pocoata	6,90	114,90
Pocoata - Chakapuco	12,10	127,00
Chakapuco - Morachaca	14,70	141,70
Morachata - Tacopalca	5,10	146,80
Tacopalca - Chuquihuta	7,90	154,70
Chuquihuta - Lagunillas	11,80	166,50
Lagunillas - Cala Cala	7,50	174,00
Cala Cala - Uncía	11,00	185,00
Uncía - Llallagua	7,10	192,10
Ravelo - Llallagua	192,00	192,00

Fuente: Elaboración Propia

10.1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La construcción y mejoramiento de la carretera Ravelo – Llallagua de acuerdo a su ubicación geopolítica es de vital importancia para el desarrollo de los departamentos de Chuquisaca, Potosí y Oruro. En estas regiones es urgente la necesidad de garantizar una vía de transporte de alto tonelaje y el desarrollo de una ruta que garantice la libre transitabilidad vehicular entre las capitales de los departamentos involucrados en el proyecto. Además se debe mencionar también que la vinculación caminera internacional beneficia la importación y exportación de productos en general a un costo y tiempo menor.

Como consecuencia del proyecto, se prevé una mayor integración regional con importante potencial productivo existente en las zonas del tramo carretero, y un crecimiento del intercambio comercial en el área de influencia directa de la carretera, así como en los tramos interregionales conectados a la misma.

Cabe remarcar que la carretera de Ravelo – Llallagua tiene una particular importancia, puesto que esta ruta forma parte de la diagonal Jaime Mendoza que vinculará a Bolivia con los países vecinos de Argentina, Paraguay, Perú y Chile, hecho que beneficiará significativamente al sector productivo reflejándose en la reducción de costos y tiempos de operación.

Como una consecuencia del Proyecto, se prevé mayor integración de las regiones de gran potencial productivo, la facilitación del intercambio comercial entre estas regiones y el área de influencia directa de la carretera que, en los últimos años ha presentado un rápido crecimiento que se refleja en incrementos notorios en el volumen de tráfico.

10.1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del Proyecto es evaluar desde un punto de vista económico aplicando la metodología propuesta de este Manual. Para ello se utilizará la información suministrada en el documento de **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA, IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑO PRELIMINAR DE LA ALTERNATIVA DEFINITIVA DE LA CARRETERA "RAVELO – LLALLAGUA"** contratado por el MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, SERVICIOS Y VIVIENDA, VICEMINISTERIO DE TRANSPORTES y la ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS

El objetivo específico del proyecto es la **CONSTRUCCIÓN Y/O EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO VIAL RAVELO – LLALLAGUA** que forma parte de la Ruta F-06, perteneciente a la Red Vial Fundamental.

Los objetivos A CORTO PLAZO, la implementación del proyecto pretende

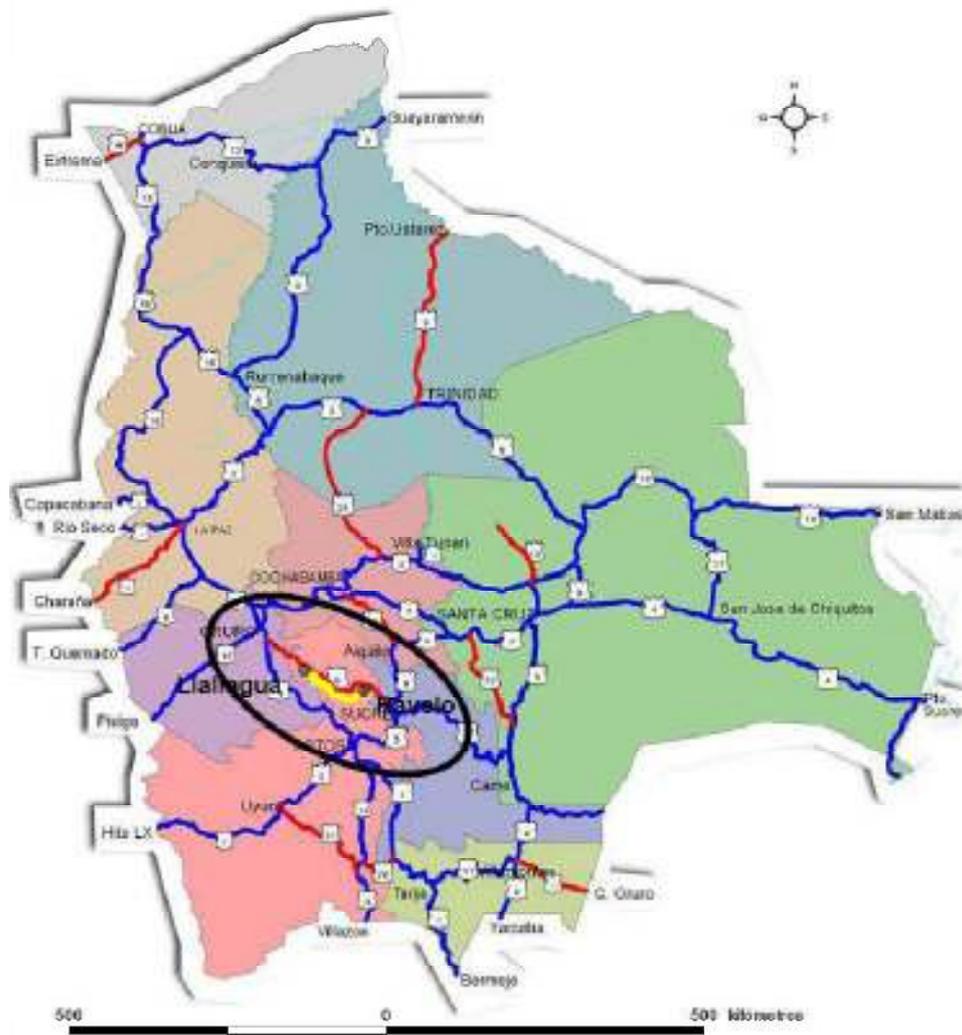
- Crear fuentes de trabajo e ingresos, durante el estudio, construcción y conservación del proyecto.
- Posibilitar el tráfico vehicular durante los doce meses del año.
- Mejorar las condiciones de seguridad vial.
- Reducir los costos de operación y conservación de los vehículos que circulan por este tramo carretero.
- Reducir los costos y tiempo de transporte.
- Dar mayor accesibilidad de servicio a los potenciales usuarios.
- Reducir los costos de conservación de la carretera.

Los Objetivos a MEDIANO Y LARGO PLAZO, la realización del proyecto busca que el mejoramiento de las condiciones de transitabilidad de la carretera constituya un incentivo a la actividad socio-económica de la región traduciéndose en:

- Impulsar la actividad productiva, mediante una vía que garantice el transporte seguro y económico.
- Promover la integración regional y nacional en condiciones óptimas.
- Disminuir el precio de los productos en los mercados regionales.
- Incorporar la región a Planes o Programas de desarrollo.
- Atraer capital extranjero para invertir en industrias, que aprovechen la disminución del precio y el constante abastecimiento de insumos, al existir una vía que ofrece seguridad y economía.
- Crear fuentes de trabajo e ingresos.

Los objetivos del proyecto están enmarcados en la Estrategia de Desarrollo Económico y Social, elaborada por el gobierno nacional, en la cual, se distingue la importancia de mejorar e incrementar la infraestructura vial nacional, a fin de promocionar e incentivar las exportaciones, en función a la rebaja de los costos de transporte y en la construcciones de vías internacionales.

FIGURA 10.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: Estudio de Pre Inversión

10.1.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERATIVAS DEL CAMINO EXISTENTE

El proyecto evaluado consiste en la construcción y/o el mejoramiento del tramo vial Ravelo – Llallagua que forma de 192,1 km de longitud, pertenece a la Ruta F-06 perteneciente a la Red Vial Fundamental de Bolivia, vincula las capitales de los departamentos de Chuquisaca y Oruro atravesando el departamento de Potosí, que pasa por poblaciones importantes del Norte de Potosí de gran potencial productivo comercial, agrícola, turístico y minero.

El camino desde Ravelo hasta Uncía está ripiado. Desde Ravelo a Ocurí y hasta Macha el camino es en aproximadamente 90% de su recorrido de dos carriles con un ancho aproximado de 7 m.

Desde Macha hasta Pocoata el ancho de la calzada es de 7 m aproximadamente, con dos carriles.

Sin embargo desde Pocoata hasta Lagunillas el ancho de la calzada se reduce, con un promedio de 5.5 m o menor, en este tramo existe una topografía montañosa y curvatura Irregular aproximado de 7 m y dos carriles de circulación.

El tramo de Uncía hasta Llallagua, es de 7.1 km de los cuales 5.0 km se encuentran pavimentadas y cuenta con las siguientes características

- Pavimento rígido
- Ancho del pavimento 8 metros
- Bermas de 1.20 m con poca imprimación
- Bombeo 2%.

10.1.5.1. Tramos Característicos de la Carretera y Tramos para la evaluación.

Los estudios de tráfico permitirán identificar, desde el punto de vista del tráfico, los tramos característicos del proyecto vial en estudio, aquí es necesario resaltar que pueden haber otros tramos en función de jurisdicciones municipales, rutas de transporte público interdepartamental o provincial, tramos entre centros poblados que adoptan los nombres de las poblaciones extremas, etc.

Complementados con la información de los recorridos de campo y los estudios socioeconómicos, inventarios viales, los resultados de los estudios de tráfico permitirán establecer los tramos (secciones de vía dentro del proyecto) a ser tomados en cuenta en el estudio de la evaluación.

Como ya se mencionó en acápite anteriores, estos tramos identificados deberán corresponder a características homogéneas de topografía, geometría, superficie de rodado, condición, y volúmenes de tráfico. En caso de que se esté considerando una red vial más extensa (no solo el proyecto como parte de una ruta), de igual manera estos enlaces serán establecidos con los aspectos ya mencionados. Sin embargo, si las características son homogéneas a lo largo de la ruta del proyecto, posiblemente la tramificación mencionada no sea necesaria y se considere solo un solo tramo vial, lo que deberá ser justificado en función de los parámetros mencionados.

Para el caso particular del Estudio a Diseño Final de la carretera Ravelo – Llallagua se ha visto por conveniente tramificar la carretera, en los siguientes enlaces:

TABLA 10.2 ENLACES DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Tramo	Longitud Km	Estado Actual
Ravelo - Ocurí	53,75	Tierra
Ocurí - Macha	40,75	Tierra
Macha - Pocoata	20,4	Tierra
Pocoata - Uncía	70,1	Tierra
Uncía - Llallagua	7,1	Hormigón

10.1.6. INFLUENCIA DEL PROYECTO

10.1.6.1. Definición del Área de Influencia

El análisis deberá comprender el estudio, determinación, y delimitación de la zona de influencia directa, así como aquella de influencia indirecta. Los principales aspectos que deben ser considerados y analizados son: población, nivel de ingresos, aspectos sociológicos, demográficos, producción, etc.

10.1.6.2. a. Descripción del Área de Influencia

Se definirán los centros poblados, determinando la población existente, su distribución territorial, uso de la tierra, densidad poblacional, actividad socioeconómica y crecimiento demográfico de los últimos años.

Se debe incluir también:

- Principales características topográficas y de tipos de suelos.
- Aspectos sociológicos y demográficos actuales y futuros.
- Características ambientales de las zonas interconectadas.

a. Descripción del Área de Influencia Directa

Como se menciona en el Estudio Socioeconómico, el Área de Influencia Directa fue determinada mediante el método de la Influencia Geográfica. El área de influencia directa, que abarca todas las unidades poblacionales atravesadas por la carretera, incluso en sus puntos de origen y destino, que por su proximidad al proyecto obtendrán un beneficio. Los municipios considerados dentro del área de influencia directa son los que se presentan en la Tabla 10.3.

TABLA 10.3 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

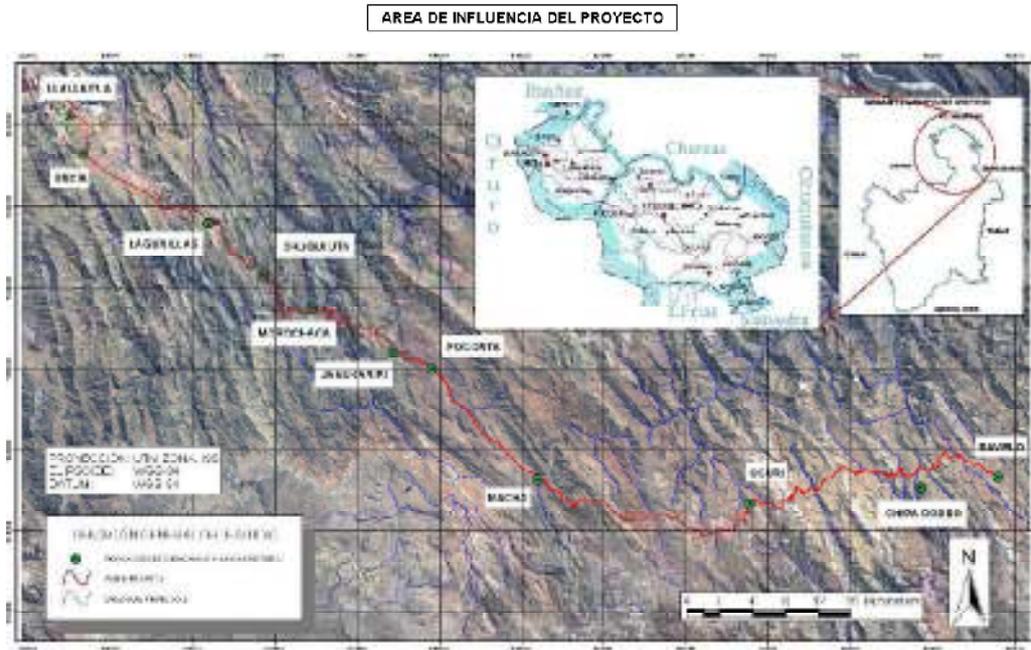
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	SECCIÓN MUNICIPAL	NÚMERO DE HABITANTES	
Potosí	Rafael Bustillos	Uncía	25.180	
		Llallagua	36.909	
		Chayanta	14.165	
	Chayanta	Colquechaca	31.037	
		Ravelo	20.536	
		Pocoata	20.116	
		Ocurí	18.516	
	TOTAL			166.459

Fuente: Instituto Nacional de Estadística – Ley 2835

En todos los casos los Municipios atraviesan la carretera, a excepción del Municipio de Chayanta, donde la concentración poblacional del mismo no se halla directamente sobre la carretera, sin embargo, el municipio cuenta con varias, vinculaciones camineras que desembocan al tramo carretero en estudio, lo cual genera actividad productiva.

El mapa de la Figura 10.2 siguiente, permite apreciar la ubicación y vinculación de cada uno de los municipios componentes del Área de Influencia Directa, respectivamente.

FIGURA 10.2 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA



b. Descripción del Área de Influencia Indirecta

El área de influencia, es la superficie urbana y rural que puede absorber o generar demandas de tráfico usuarias del proyecto, por lo tanto, comprende dimensiones físicas y económicas. De esta manera la sumatoria de espacios afectados por el proyecto constituye el área de influencia, y ello incluye área urbana y rural, en que es posible.

- Determinar el nivel potencial de la producción eventualmente usuaria del proyecto.
- Aportar antecedentes útiles para determinar funcionamiento, capacidad y costo

Por medio del Método de la Influencia Geográfica, método que se basa en los distritos jurisdiccionales establecidos (catones, comunidades, provincias, departamentos, etc.) que, directa o indirectamente, serán afectados por la vía.

El área de influencia se demarca haciéndola coincidir con los límites de las zonas correspondientes a las unidades poblacionales (catones, comunidades, provincias, departamentos, etc.)

El Área de Influencia Indirecta ha sido determinada tomando en cuenta las consideraciones anteriormente expuestas y en base a la Ley 2835 del 10 de septiembre de 2004, donde se eleva a rango de Corredor Biocénico de Exportación a la Red Fundamental N° 6 denominada "Diagonal Jaime Mendoza", incorporándose como uno de los seis corredores de exportación con que cuenta la República de Bolivia.

FIGURA 10.3 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA



TABLA 10.4 CORREDOR DE EXPORTACIÓN "DIAGONAL JAIME MENDOZA": POBLACIÓN BENEFICIADA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	SECCIÓN MUNICIPAL	NUMERO DE HABITANTES
Santa Cruz	Cordillera	Boyube	4.032
		<i>Sub total</i>	4.032
Chuquisaca	Oropeza	Sucre	215.779
	Zudáñez	Zudáñez	7.423
		Padilla	12.563
	Tomina	Tomina	9.061
	H. Siles	Monteagudo	26.505
	Yamparaez	Tarabuco	19.555
		Yamparaez	10.014
	Luis Calvo	Muyupampa	10.749
	Sub total	311.643	
Oruro	Cercado	Oruro	215.662
	P. Dalence	Huanuni	19.429
		Machacamarca	4.181
		Sub total	239.269
Potosí	Rafael Bustillos	Uncía	25.181
		Llallagua	36.910
	Chayanta	Colquechaca	31.038
		Ravelo	20.537
		Pocoata	20.117
		Ocurí	18.517
		Sub total	152.295
	TOTAL	707.236	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística – Ley 2835

10.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERATIVAS DEL CAMINO EXISTENTE

TABLA 10.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA SIN PROYECTO

PROYECTO	RAVELO - OCURI	OCURI - MACHA	MACHA - POCOATA	POCOATA - UNCIA	UNCIA - LLALLAGUA
Identificador del tramo	01RAOC	02OCMA	03MAPO	04POUN	05UNLL
Tipo velocidad /capacidad	Dos carriles (ANCHO)	Dos carriles (ANGOSTO)	Dos carriles (ANGOSTO)	Dos carriles (ANGOSTO)	Dos carriles (ANCHO)

PROYECTO	RAVELO - OCURI	OCURI - MACHA	MACHA - POCOATA	POCOATA - UNCIA	UNCIA - LLALLAGUA
Modelo de Tráfico	Flujo Libre	Flujo Libre	Flujo Libre	Flujo Libre	Libre Interurbano
Zona Climática	Semi-árida /Templada fría				
Clase de carretera	Red Fundamental				
Tráfico (2008)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Geometría	Curvada /Muy Ondulada				
Tipo capa rodadura	Sin pavimentar	Sin pavimentar	Sin pavimentar	Sin pavimentar	Hormigón
Superficie	Tierra	Tierra	Tierra	Tierra	Hormigón/sub base
Longitud (km)	53,75	40,75	20,4	70,1	7,5
Ancho de calzada (m)	5	5	5	4,5	8
Ancho de berma (m) 0 0 0 0 1,2	0	0	0	0	1,2
Dirección del tráfico	Ambos Sentidos				
Número de carriles	2	2	2	2	2
Ultima renovación superficial (año)	2008	2008	2008	2008	2004
Tráfico motorizado TPDA	140	70	106	82	3084

10.2.1. TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

10.2.1.1. Tamaño.- Normas de Diseño a ser aplicadas

El tamaño del proyecto se refiere a la descripción de las dimensiones geométricas, capacidad del mismo que deberá estar en relación con las necesidades que se pretenden atender y potenciales que se pretende explorar.

Las características de diseño geométrico, de puentes, de pavimentos, drenajes, señalización y otros aspectos técnicos del proyecto de ingeniería, deberán regirse a las siguientes normas elaboradas por la Administradora Boliviana de Carreteras.

- Manual de Diseño Geométrico.
- Manual de Hidrología y Drenaje.
- Manual de dispositivos de control de tránsito.
- Manuales de ensayos de suelos y materiales (Asfaltos, suelos y hormigones).

10.2.2. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO (SITUACIÓN BASE OPTIMIZADA)

La situación base optimizada es la utilización óptima de la infraestructura vial existente que únicamente requiere inversiones marginales. Esta será comparada con el proyecto para determinar el beneficio neto del mismo.

TABLA 10.6 CARACTERÍSTICAS VIA ACTUAL – ALTERNATIVA: SIN PROYECTO

Proyecto: Long. Tot. (Km) =192.10

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ENLACE 1	ENLACE 2
Superficie de Rodado		Tierra-Grava	Pavimento
Condición sup. Rodado		Reg-rugoso-calamina	Regular
Longitud	Km	185.00	7.10
Ancho promedio Calzada	m	5	8
Ancho Berma	m	-	1.4

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ENLACE 1	ENLACE 2
Alineamiento Horizontal	o/Km	95,175	80,125
Alineamiento Vertical	m/Km	66,8625	46,875
Altitud prom.de Enlace	msnm	3557,552	3755
Rugosidad	IRI	6	

Fuente: Trabajos Topográficos, Recorridos de campo, procesamiento de alineamientos (Del Estudio de Pre.Inversión) Los valores transcritos en esta tabla representan al promedio en cada enlace.

TABLA 10.7 CARACTERÍSTICAS DE ENLACES PAVIMENTADOS

DATOS PARA CARRETERA ACTUAL EXISTENTE (SIN PROYECTO)

ÁREA	ÍTEM	UNIDAD	EJEMPLO
DEFINICIÓN	Nombre de la Sección	-	
	Zona Climática		Semiárida/templada fría
	Clase de Superficie de Rodado		Hormigón
	Tipo de Pavimento		Tratamiento Superficial
	Longitud	Km	7.10 Km
	Ancho de Calzada	m	8 m
	Ancho de Berma	m	1,00 m
	TMDA de Veh. Motorizados	Veh/día	3084
	Año del TMDA	Año	2008
GEOMETRÍA	Subidas + Bajadas	m/km	46.875m/km
	Curvatura Horizontal Promedio	°/Km	80.125
	Límite de Velocidad	km/h	52
	Altitud Promedio	msnm	3755
	Tipo de Drenaje		Continuo
HORMIGÓN	Tipo de Superficie de Rodado		Pavimento rígido
	Espesor Superficie Actual	mm	1995
	Espesor Superficie Previa	mm	70
	Ultimo Año de Construcción	Año	2000
	Ultimo Año de Rehabilitación	Año	2004
	Ultimo Año de Tratamiento	Año	2005
CONDICIÓN	Espesor de la Base	mm	20
	Año de la Condición	Año	2009
	Rugosidad IRI	(m/km)	6
	Drenaje		Excelente
RELATIVO	Número de Subidas & Bajadas	n°/km	2
A VELOCIDAD	Peralte o superelevación	%	3,00%
HISTORIA	Compactación Relativa	%	97%
OTROS	Número Estructural	-	2.5
	CBR de Subrasante	%	20

TABLA 10.8 DATOS DE ENLACES NO-PAVIMENTADOS

DATOS PARA CARRETERA ACTUAL EXISTENTE (SIN PROYECTO)

ÁREA	ÍTEM	UNIDAD	EJEMPLO
DEFINICIÓN	Nombre de la Sección	-	
	Zona Climática		Semiárida/templada fría
	Clase de Sup. de Rodado		No-pavimentado
	Tipo de pavimento		Grava
	Longitud	Km	185 Km
	Ancho de Calzada	m	5.0
	Ancho de Berma	m	0
	TPDA de Motorizados	veh/día	200
	Año del TPDA	Año	2008
GEOMETRÍA	Subidas + Bajadas	m/Km	66,8625 m/km
	Curvatura Horizontal	°/km	95,175
	Límite de Velocidad	km/h	24
	Altitud promedio	msnm	3557,552
PAVIMENTO	Material de la Superficie		Grava laterítica
	Material de la Subrasante		grava limo-arcillosa
	Método de Compactación		no-mecánico
	Ultimo año de la Grava	Año	2008

ÁREA	ÍTEM	UNIDAD	EJEMPLO
CONDICIÓN	Año de la Condición	Año	2009
	Espesor de la Grava	mm	100
	Rugosidad - IRI	m/Km	15.0
RELATIVO A LA VELOCIDAD	Número de Subidas & Bajadas	no/Km	4
	Peralte o superelevación	%	2
GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL DE LA CAPA DE RODADURA	Tamaño Máx. de Partícula	mm	25.4 mm
	Índice de Plasticidad	%	26.00 %
	% que pasa tamiz 2.00mm:	%	48450%
	% que pasa tamiz 0.425mm:	%	36.10%
	% que pasa tamiz 0.075mm:	%	24.50 %
GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL DE LA SUBRASANTE	Tamaño Máximo de Partícula	mm	
	Índice de Plasticidad	%	
	% que pasa tamiz 2.00mm:	%	
	% que pasa tamiz 0.425mm:	%	
	% que pasa tamiz 0.075mm:	%	

10.2.3. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO

Esta alternativa contempla las mejoras de la condición existente y, consideran que la carretera actual en estudio será reemplazada por una nueva con mejor diseño geométrico y superficie de rodado. Las diferencias entre una y otra alternativa radican principalmente en la superficie de rodado, estas alternativas son

TABLA 10.9 ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ESTIMADOS

ALTERNATIVAS	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CADA INTERVENCIÓN	COSTO ESTIMADO (\$US)
ALTERNATIVA 1	Construcción de nueva carretera con nuevo diseño geométrico y superficie de rodadura pavimentada con Carpeta Asfáltica de 70 mm de espesor, las características de diseño similares al anterior. manteniendo	148.831.661,57
ALTERNATIVA 2	Construcción de una nueva carretera con nuevo diseño geométrico y una superficie de rodado con Tratamiento Superficial Doble.	129.172.762,73
ALTERNATIVA 3	Construcción de una nueva carretera manteniendo las características de diseño similares al anterior y con pavimento rígido (losas de hormigón con barras de traspaso).	152.499.145,00

De esta manera, en función de los enlaces para la evaluación, la estructuración de las alternativas dentro de la evaluación se establece como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 10.10 ALTERNATIVAS PARA LA EVALUACIÓN POR ENLACE

No.	ENLACE	SIN PROY	CON PROY	CON PROY	CON PROY
1	Ravelo - Ocurrí	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3
2	Ocurí - Macha	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3
3	Macha – Pocoata	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3
4	Pocoata – Uncía	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3
5	Uncía - LLallagua	ALT0-H0	ALT1	ALT2	ALT3

Donde:

ALT0 Alternativa SIN proyecto – Caso Base

ALT1 Alternativa de Construcción con Carpeta Asfáltica e = 70 mm

ALT1 Alternativa de Construcción con Tratamiento Superficial Doble

ALT3 Alternativa de Constr. con Pavimento Rígido. Losas de Hormigón.

ALT0-Ho Alternativa Conservación de Superficie Rígida

10.2.4. PRE DISEÑO DE ALTERNATIVAS

En base a los datos obtenidos en los Estudios de ingeniería y el estudio de tráfico el consultor deberá dimensionar cada una de las alternativas con criterios de cada ámbito de ingeniería.

TABLA 10.11 ESTUDIOS TÉCNICO, ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	ITEM	ESTUDIO TÉCNICO, ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL	ANÁLISIS DE COSTOS	
	1	Estudios topográficos		
	2	Estudios geológicos		
	3	Estudios geotécnicos		
	4	Estudio de materiales de construcción		
	5	Estudio Geotécnico para puentes, alcantarillas y viaductos		
	6	Estudios hidrológicos e hidráulicos		
	7	Pre diseño estructural de pavimentos		
	8	Alternativas de construcción de obras de arte mayor y obras de arte menor		
	9	costo de las alternativas	9.1	costo de construcción
			9.2	costo de conservación
10	estudio de conservación vial			
11	evaluación socio económica	11.1.	costos de tiempo de pasajeros	
		11.2.	costo de operación vehicular	
		11.3	costos de construcción y conservación	

Una vez concluido el Estudio de Identificación y seleccionada la mejor alternativa para el proyecto, aprobada por la ABC, se pasará a los estudios detallados de dicha alternativa con el estudio TESA que se detalla a continuación:

10.2.5. ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA EVALUACIÓN

Los costos considerados para la evaluación son los siguientes:

TABLA 10.12 COSTO DE CONSTRUCCIÓN.- ALTERNATIVA 1 CONCRETO ASFALTICO

ÍTEM	Descripción	TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3	
		62.00 Km	%	62.00 Km	%	61.8 Km	%
		[\$us]		[\$us]		[\$us]	
1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	16,312,075.97	40.5	13,904,392.77	38.6	26,725,511.76	51.9
2	PAVIMENTACIÓN	15,804,386.00	39.3	15,209,364.21	42.2	14,934,872.11	29
3	OBRAS DE DRENAJE	3,034,689.58	7.54	2,437,959.63	6.77	3,343,335.76	6.49
4.1.	INFRAESTRUCTURA	505,937.39	1.26	501,718.54	1.39	602,062.28	1.17
4.2.	SUPERESTRUCTURA	531,438.25	1.32	324,448.73	0.9	1,595,556.51	3.1
5	OBRAS COMPLEMENTARIAS	131,529.11	0.33	123,385.98	0.34	141,300.86	0.27
5.1.	ACCESOS O INTERSECCIONES	260,985.45	0.65	304,469.84	0.85	347,969.83	0.68
5.2.	MUROS DE TERRAPLÉN	1,075,218.57	2.67	678,016.01	1.88	1,137,088.90	2.21
6	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	2,588,496.20	6.43	2,539,109.75	7.05	2,715,324.83	5.27
COSTO TOTAL CONSTRUCCIÓN		40,244,756.52	100	36,022,865.46	100	51,543,022.84	100
COSTO POR KM [\$us/Km.]		649,108.98		581,013.96		834,029.50	
GESTIÓN AMBIENTAL		475,693.02		425,790.27		609,238.53	
COSTOS DE AFECTACIONES		499,437.43		447,043.76		639,648.91	
COSTO DE SUPERVISIÓN		3,219,580.52		2,881,829.24		4,123,441.83	
COSTO FISCALIZACIÓN		412,106.31		368,874.14		527,800.55	
COSTO IMPREVISTOS		2,012,237.83		1,801,143.27		2,577,151.14	
TOTAL		46,863,811.62		41,947,546.14		60,020,303.81	

Fuente: Presupuesto de Construcción

10.2.6. CÓMPUTOS MÉTRICOS Y VOLÚMENES DE OBRA

A partir del diseño final presentado por el consultor y aprobado por la Administradora Boliviana de Carreteras, se deberá realizar el análisis de cómputos métricos determinando los volúmenes de obra necesarios para el proyecto, que deberán contemplar todas las actividades necesarias para su ejecución.

Dichos cómputos métricos y volúmenes de obra deberán ser determinados con el menor error posible y para todas las actividades programadas para la ejecución del proyecto.

El consultor deberá cuantificar las cantidades de materiales necesarios para implementar el proyecto e identificar el sistema de transporte más recomendable, en función a costos de transporte y cantidades, expresado en volumen – kilómetro.

En el caso de pavimentos se deberá evaluar el volumen de materiales que signifique la adopción de la alternativa seleccionada.

Se debe presentar documentos de cómputos métricos que incluyan las planillas de cálculo que indiquen las dimensiones y muestre croquis y esquemas necesarios para la verificación de las dimensiones para todos los ítems de obra de acuerdo al orden del presupuesto de obra.

10.2.7. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

TABLA 10.13 RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS DE CONSTRUCCIÓN FINANCIEROS Y ECONÓMICOS

ENLACE	CÓDIGO	ALTERNATIVA	C.UNIT FINANC US\$/Km	FACTOR COSTO ECONÓMICO	C.UNIT ECONOM US\$/Km
RAVELO - OCURI	RAOC	CONCRETO ASFÁLTICO	649.108,98	1,05646	685.757,39
		TR. SUPERFICIAL DOBLE	559.181,47	1,03836	580.629,20
		PAVIMENTO RÍGIDO	667.641,58	1,03083	688.223,95
OCURI - MACHA	OCMA	CONCRETO ASFÁLTICO	581.013,96	1,05809	614.762,30
		TR. SUPERFICIAL DOBLE	487.064,86	1,03467	503.953,19
		PAVIMENTO RÍGIDO	598.686,70	1,03045	616.914,01
MACHA - POCOATA	MAPO	CONCRETO ASFÁLTICO	581.013,96	1,05809	614.762,30
		TR. SUPERFICIAL DOBLE	487.064,86	1,03467	503.953,19
		PAVIMENTO RÍGIDO	598.686,70	1,03045	616.914,01
POCOATA-UNCIA	POUN	CONCRETO ASFÁLTICO	834.029,00	1.04065	867.930,82
		TR. SUPERFICIAL DOBLE	745.325,00	1.02322	762.633,90
		PAVIMENTO RÍGIDO	848.669,00	1.02140	866.833,25
UNCIA - LLALLAGUA(*)	UNLL	CONCRETO ASFÁLTICO	845.321,00	1.04065	879.681,82
		TR. SUPERFICIAL DOBLE	756.617,00	1.02322	774.188,14
		PAVIMENTO RÍGIDO	859.961,00	1.02140	878.366,93

(*) En el tramo Uncia – Llallagua se ha incrementado al costo financiero un monto equivalente a \$US 11.292, el cual representa el costo de remoción del pavimento rígido. Fuente: Estudio de Pre Inversión.

10.2.8. PLAN DE CONSERVACIÓN

El conservación se ha estructurado de la siguiente manera:

TABLA 10.14 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN ALTERNATIVA SIN PROYECTO

Actividad	Unidad	Frecuencia	Costo Financiero	Costo Económico
Rutinario (Empresa Microempresa)	\$US/km/Año	Anual	1.920	1.694
Administración y Supervisión	\$US/km/Año	Anual	400	356
Emergencia	\$US/km/Año	Anual	300	268

Fuente: Elaboración propia en base al Programa de Conservación Rutinario – Administradora Boliviana de Carreteras

TABLA 10.15 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN ALTERNATIVA 3 – CONCRETO ASFÁLTICO

Actividad	Unidad	Frecuencia	Costo Financiero	Costo Económico
Rutinario (Empresa Microempresa)	\$US/km/Año	Anual	1.319	1.196
Administración y Supervisión	\$US/km/Año	Anual	400	352
Emergencia	\$US/km/Año	Anual	100	88
Bacheo \$US/m2 100% baches anuales 10,92 9,61	\$US/km/Año	100% baches anuales	10,92	9,61
Refuerzo 5 cm (Conservación Periódico)	\$US/m2	COND: IRI mayor a 5	7,5	6,1

Fuente: Elaboración propia en base al Programa de Conservación Rutinario – Administradora Boliviana de Carreteras

TABLA 10.16 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN ALTERNATIVA 2 – TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Actividad	Unidad	Frecuencia	Costo Financiero	Costo Económico
Rutinario (Empresa Microempresa)	\$US/km/Año	Anual	1.319	1.196
Administración y Supervisión	\$US/km/Año	Anual	400	352
Emergencia	\$US/km/Año	Anual	100	88
Bacheo \$US/m2 100% baches anuales 10,92 9,61	\$US/km/Año	100% baches anuales	10,92	9,61
Refuerzo 5 cm (Conservación Periódico)	\$US/m2	COND: IRI mayor a 5	7,5	6,1

Fuente: Elaboración propia en base al Programa de Conservación Rutinario – Administradora Boliviana de Carreteras

10.3. BENEFICIOS Y COSTOS DEL PROYECTO.

10.3.1. ESTUDIO DE LA DEMANDA.

El estudio de la demanda corresponde básicamente al Estudio de Tráfico, el cual es parte de las actividades iniciales de un proyecto y es presentado en un informe previo. Comprende el diagnóstico de la ruta del proyecto en términos de la cuantificación de la demanda existente y futura, traducida en volúmenes vehiculares, tanto para las situaciones SIN y CON proyecto.

El detalle de la tramificación y sus premisas ha sido desarrollado previamente.

10.3.1.1. Tráfico Normal [Ejemplo Ravelo – Llallagua]

El Tráfico Normal es aquel que circula actualmente por la vía y circulará por ella en el futuro haya o no haya una mejora de la vía en estudio y que es determinado en la actividad correspondiente al Estudio de Tráfico.

a. Volúmenes de Tráfico.

En un tramo vial, los volúmenes de tráfico representan a la demanda. Los viajes de pasajeros, la producción de una región, etc. corresponden a la demanda traducida en unidades vehiculares que circulan por enlaces viales. Este flujo vehicular es comúnmente cuantificado como el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que representa la cantidad de vehículos diarios que circulan en promedio en ambas direcciones durante el año de referencia.

De establecerse una composición vehicular con participación de más tipos de vehículos, estos deberán ser identificados plenamente. De todas formas siempre es adecuado identificar los vehículos dentro de la clasificación vehicular oficial de la Administradora Boliviana de Carreteras, para propósitos de análisis posteriores.

En términos del ejemplo que se está considerando se tiene la siguiente información:

TABLA 10.17 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL [TPDA 2008] [RAVELO – LLALLAGUA]

Tipo de Vehículo Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
	Vagonetas y Jeeps	Camionetas	Minibus	Micro	Bus Mediano	Bus Grande	Camión Mediano	Camión Grande 2 ejes	Cam Grande 3 ejes	Cam Semi-Remolque	Camión Remolque	Otros	
Ravelo – Ocurí	22	32	3	4	5	0	16	23	8	0	1	26	140
Ocurí – Macha	4	18	14	2	3	1	3	4	2	0	0	20	70
Macha – Pocoata	24	17	10	4	9	1	10	7	3	0	0	21	106
Pocoata-Uncía	25	9	24	2	6	0	1	10	2	0	0	4	82
Uncía – Llallagua	2597	72	224	4	12	25	45	32	15	0	0	58	3084

Fuente: Estudio de Factibilidad Técnico Económica, Impacto Ambiental y Diseño Preliminar de la Alternativa Definitiva de la Carretera Ravelo – Llallagua

TABLA 10.18 AGRUPACIÓN VEHICULAR [RAVELO – LLALLAGUA]

Categoría ²⁹	Tipo de Vehículo
Automóvil	1. Automóviles, vagonetas y Jeeps
Utilitario	2. Camionetas
	3. Minibuses
Buses	4. Microbuses
	5. Bus Mediano
	6. Bus Grande
Camión Mediano	7. Camión Mediano
	8. Camión Grande 2 ejes

²⁹

Las categorías están agrupadas para la evaluación mediante HDM-4

Categoría ²⁹	Tipo de Vehículo
Camión Pesado	9. Camión Grande 3 ejes
	10. Camión semiarticulado
Camión articulado	11. Camión Remolque
	12. Otros

Para esta clasificación se obtiene del Estudio de Tráfico la distribución del tráfico vehicular para el proyecto

TABLA 10.19 TPDA, COMPOSICIÓN VEHICULAR Y TASA DE CRECIMIENTO [RAVELO – LLALLAGUA]

Tramo		Automóvil	Utilitario	Buses	Camión Mediano	Camión Pesado	Camión Articulado	Total
Ravelo – Ocurí	TPDA	22	35	9	39	8	26	140
Porcentaje	%	15,4	25,1	7,1	27,5	6,1	18,9	100%
Tasa de crecimiento ³⁰ (2009 -2032)	%	1,81	1,81	2,90	2,98	2,98	2,98	
Ocurí – Macha	TPDA	4	32	6	7	2	20	70
Porcentaje	%	5,9	44,7	8,4	9,7	2,6	28,7	100%
Tasa de crecimiento (2009 -2032)	%	1,10	1,10	5,05	3,01	3,01	3,01	
Macha – Pocoata	TPDA	24	27	14	17	3	21	106
Porcentaje	%	22,9	25,5	12	16,1	3,2	20,2	100%
Tasa de crecimiento (2009 -2032)	%	1,57	1,57	1,88	2,85	2,85	2,85	
Pocoata-Uncía	TPDA	25	33	8	11	2	4	82
Porcentaje	%	30,2	39,4	10,5	12,9	2,4	4,5	100%
Tasa de crecimiento (2009 -2032)	%	0,78	0,78	3,16	5,09	5,09	5,09	
Uncía – Llallagua	TPDA	2597	296	41	77	15	58	3084
Porcentaje	%	84,2	9,6	1,3	2,5	0,5	1,9	100%
Tasa de crecimiento (2009 -2032)	%	1,01	1,01	1,8	3,09	3,09	3,09	

b. Proyecciones del Tráfico normal.

Se deberá realizar una estimación de la evolución futura de la demanda vehicular y su composición durante la vida útil del proyecto. Para esto será necesario estimar el desarrollo que tendrán las actividades productivas y a partir de eso derivar el tráfico asociado.

Para efectos de ilustración solamente se muestra la proyección del tráfico normal de un solo tramo (considerando las tasas de crecimiento definidas para el proyecto tomado como ejemplo)

TABLA 10.20 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO NORMAL: TRAMO RAVELO – OCURÍ PROYECCIÓN DEL TRÁFICO NORMAL SIN PROYECTO [RAVELO – LLALLAGUA]

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Tipo Veh.	VAG.J EEP	CAMIO NETAS	MINIB US	MICRO BUS	BUS MED	BUS GRDE	CAM.M ED	C.GRD E 2	C.GRD E 3	C.SEMI R	C.REM OLQ	OTRO S	TOTAL
		57			10					73			140
%	15,4%	22,9%	2,2%	3,2%	3,8%	0,1%	11,4%	16,1%	5,9%	0,2%	0,6%	18,3%	
2008	22	32	3	4	5	0	16	23	8	0	1	26	140
2009	22	33	3	5	5	0	16	23	8	0	1	26	143
2010	22	33	3	5	6	0	17	24	9	0	1	27	147
2011	23	34	3	5	6	0	17	25	9	0	1	28	151
2012	23	34	3	5	6	0	18	25	9	0	1	29	155
2013	24	35	3	5	6	0	18	26	10	0	1	30	158
2014	24	36	3	5	6	0	19	27	10	0	1	31	162
2015	24	36	4	5	6	0	20	28	10	0	1	31	166
2016	25	37	4	6	7	0	20	28	10	0	1	32	171
2017	25	38	4	6	7	0	21	29	11	0	1	33	175
2018	26	38	4	6	7	0	21	30	11	0	1	34	179
2019	26	39	4	6	7	0	22	31	11	0	1	35	184
2020	27	40	4	6	7	0	23	32	12	0	1	36	189
2021	27	40	4	6	8	0	23	33	12	0	1	38	193
2022	28	41	4	7	8	0	24	34	12	0	1	39	198

³⁰

La cual ha sido obtenida de los Estudios Socioeconómicos y las estimaciones propias del Estudio de evaluación

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Tipo Veh.	VAG. J EEP	CAMIO NETAS	MINIB US	MICRO BUS	BUS MED	BUS GRDE	CAM.M ED	C.GRD E 2	C.GRD E 3	C.SEMI R	C.REM OLQ	OTRO S	TOTAL
		57			10					73			140
2023	28	42	4	7	8	0	25	35	13	1	1	40	203
2024	29	43	4	7	8	0	25	36	13	1	1	41	208
2025	29	43	4	7	9	0	26	37	14	1	1	42	214
2026	30	44	4	7	9	0	27	38	14	1	1	43	219
2027	30	45	4	8	9	0	28	39	14	1	1	45	225
2028	31	46	4	8	9	0	29	40	15	1	1	46	231
2029	31	47	5	8	10	0	30	42	15	1	2	47	236
2030	32	48	5	8	10	0	30	43	16	1	2	49	243
2031	32	48	5	9	10	0	31	44	16	1	2	50	249
2032	33	49	5	9	10	0	32	46	17	1	2	52	255
		87			20					148			255
Tasa %		1,81%			2,90%					2,98%			

10.3.1.2. Tráfico Generado [Ejemplo Ravelo – Llalagua].

Como cantidad adicional de vehículos que se genera por la atracción de las mejoras introducidas en la geometría o en la superficie del camino actual o existente, este tráfico es producido como consecuencia de nuevos viajeros que ante un mejoramiento o nueva carretera se deciden a viajar.

a. Volúmenes de Tráfico.

Desde este punto de vista, se estima un tráfico atraído por mejoramiento de por lo menos algunos vehículos, principalmente livianos, algunos buses y algunos camiones pues con la carretera mejorada se tendrá mayores posibilidades de viajes, y habrá mayor comercio, y transporte público.

En el estudio analizado, se ha estimado aproximadamente un 10% de tráfico generado nuevo, atraído a partir de la inauguración del proyecto el 2013, este tráfico se incluye en base a que debido al mejoramiento, ya será posible la circulación de automóviles y otros vehículos ligeros, se incrementará levemente el transporte público tanto de minibuses como buses, por otra parte existirá un incremento del comercio por lo cual también aumentará el tráfico de camiones. Aunque este valor puede parecer muy grande, el valor varía entre 8 a 11 vehículos, lo que es aceptable para un mejoramiento de una carretera. Este tráfico se ha estimado que crecerá a una tasa de crecimiento igual a la tasa de crecimiento normal.

En el caso del tramo Uncía-Llalagua, actualmente pavimentado, se ha introducido un número de vehículos de tráfico generado atraído de un poco más del 1%, empero atraído por el mejoramiento o construcción de las vías inmediatas, es decir Huanuni-Llalagua y Uncía-Llalagua lo que equivale a aproximadamente 33 vehículos.

b. Proyecciones del Tráfico Generado.

A continuación, se muestra el tráfico generado (solamente del primer tramo a manera de ejemplo) y su correspondiente proyección:

TABLA 10.21 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO GENERADO TRAMO RAVELO – OCURÍ [RAVELO – LLALLAGUA]

	automóvil	Utilitario	Buses	camión articulado	camión grande	camión mediano	Total
2009	2	4	1	3	1	4	14
2010	2	4	1	3	1	4	15
2011	2	4	1	3	1	4	15
2012	2	4	1	3	1	4	15
2013	2	4	1	3	1	4	16
2014	2	4	1	3	1	5	16
2015	2	4	1	3	1	5	17
2016	2	4	1	3	1	5	17
2017	3	4	1	3	1	5	18
2018	3	4	1	4	1	5	18
2019	3	4	1	4	1	5	18
2020	3	4	1	4	1	5	19
2021	3	4	1	4	1	6	19
2022	3	5	1	4	1	6	20
2023	3	5	2	4	1	6	20

	automóvil	Utilitario	Buses	camión articulado	camión grande	camión mediano	Total
2024	3	5	2	4	1	6	21
2025	3	5	2	4	1	6	21
2026	3	5	2	4	1	7	22
2027	3	5	2	5	1	7	23
2028	3	5	2	5	2	7	23
2029	3	5	2	5	2	7	24
2030	3	5	2	5	2	7	24
2031	3	5	2	5	2	8	25
2032	3	5	2	5	2	8	26

10.3.1.3. Tráfico Desviado [Ejemplo Ravelo – Llallagua]

El volumen de tráfico del camino nuevo o mejorado es igual a la cantidad de volumen de tráfico desviado del camino antiguo hacia el nuevo. En este proyecto si existe tráfico desviado, principalmente de la Red Fundamental No. 1 hacia el proyecto Ravelo-Llallagua.

TABLA 10.22 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO DESVIADO TRAMO RAVELO – OCURÍ [RAVELO – LLALLAGUA]

	automóvil	Utilitario	Buses	camión articulado	camión grande	camión mediano	Total
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0
2013	3	4	3	4	1	3	17
2014	3	5	4	5	1	3	21
2015	4	6	5	6	1	4	26
2016	5	7	5	7	2	5	31
2017	5	9	6	8	2	6	36
2018	6	10	8	9	2	6	41
2019	7	11	9	11	2	7	47
2020	8	13	10	12	3	8	53
2021	9	14	12	14	3	9	60
2022	10	16	13	15	3	10	67
2023	10	17	15	17	4	12	75
2024	12	19	17	19	4	13	83
2025	13	21	19	21	5	14	91
2026	14	22	21	23	5	16	100
2027	15	24	23	25	6	17	110
2028	16	26	26	27	6	19	120
2029	17	29	29	30	7	20	131
2030	19	31	32	32	7	22	143
2031	20	33	35	35	8	24	156
2032	22	36	39	38	8	26	169

10.3.2. BENEFICIOS DEL PROYECTO.

Como ya se estableció en el **Capítulo 7 Beneficios** del presente manual, la comparación de alternativas en la evaluación económica permite determinar los Beneficios y/o Costos que un proyecto generaría con respecto a una situación base, los beneficios si es que existen a lo largo de la vida del proyecto representan a los retornos económicos que se obtienen si se sigue una acción en vez de otra. Si la recuperación de la inversión no es segura o se tienen retornos negativos (costos en vez de beneficios), entonces el proyecto no se construye.

En los proyectos de transporte los retornos no son directos, por ser de carácter social, la inversión (financiada por el Estado) no es recuperada en la forma de contraprestación del servicio, por lo que la determinación de los beneficios requiere considerar otros parámetros que luego de su contabilización en términos económicos son comparados con los gastos de inversión requeridos. Los beneficios provenientes de este tipo de proyectos se absorben indirectamente en la población, incrementando sus actividades y producción, lo que se traduce en mayores ingresos en esa población generando retornos al Estado por medio de impuestos.

Luego, la cuantificación de los beneficios en los proyectos carreteros toma en cuenta la reducción en los costos de transporte de los usuarios y un incremento en la producción de la zona. Esta reducción o ahorros de los costos al usuario son aplicados a la demanda (TPDA) normal y generada a lo largo del tiempo de vida del proyecto, que luego de ser agregada es comparada con los gastos (inversión y conservación) también agregados³¹.

10.3.2.1. Ahorros de Costos de Operación Vehicular.

Se entiende como beneficios los ahorros de costos de operación vehicular, todas aquellas disminuciones que se tienen en términos de gastos relacionados a la operación vehicular³² como consecuencia del mejoramiento de un tramo vial. (Para mayor detalle referirse al **Capítulo 7 Beneficios** del presente manual)

10.3.2.2. Beneficios por Ahorro de Tiempo.

Como ya se reflejo en el Capítulo 7 del presente manual, una mejora de la carretera resulta en una mejora de las velocidades de circulación y una reducción del tiempo de recorrido. La reducción del tiempo de viaje puede traducirse en términos económicos.

Los ahorros en tiempo de los viajeros son un importante beneficio para los proyectos de transporte. El tiempo, como cualquier otro recurso, tiene un valor. En muchos casos, el valor del tiempo de viaje ahorrado se refleja en la demanda de servicios, como es el caso del transporte aéreo. Sin embargo, para el transporte por carretera, el valor asociado con el tiempo, para los consumidores, debe ser estimado indirectamente.

El valor del tiempo depende del propósito o motivo del viaje. Básicamente, los viajes de larga distancia son de dos tipos: de negocios o de esparcimiento. Si un viaje toma tiempo de trabajo, significa que la sociedad está perdiendo la producción del trabajador en la proporción equivalente a las horas que pasa viajando. Dada la suposición de que el sueldo del trabajador, incluyendo cargas sociales, igual a su producción marginal, que la economía está con pleno empleo y que no hay distorsiones en el mercado de la mano de obra, el sueldo por hora representa el costo para la sociedad de su ausencia.

Sin embargo, en economías donde hay grandes niveles de sub empleo y distorsiones en el mercado de trabajo, como en Bolivia, lo que refleja mejor el valor de tiempo son los de la mano de obra. Para los viajes que no tienen como motivo el trabajo o los de esparcimiento y turismo, normalmente se utiliza como una aproximación el 33% del valor de una hora de trabajo.

Los valores parecen bajos pero reflejan la situación económica de los usuarios de los vehículos en esta ruta, por lo que se aceptan como valores promedio reales en contraposición a buscar valores mayores que podrían sobrestimar los beneficios provenientes de este ítem.

10.3.3. COSTOS DE LA FLOTA VEHICULAR.

Los precios para los vehículos seleccionados se obtuvieron de las casas importadoras representantes de cada marca, a través de las cotizaciones o proforma recibidas para un vehículo nuevo.

En la Tabla siguiente se puede ver el valor CIF ADUANA, que corresponde a la suma del valor FOB más el seguro, el flete marítimo, los gastos portuarios y el flete terrestre.

El VALOR RENTA es la suma del valor CIF ADUANA más G.A.C. y Otras erogaciones, correspondiendo estas últimas al almacenaje, comisión verificadora y la comisión de la agencia aduanera. Sobre este valor es que se aplica el impuesto IVA a las importaciones y el impuesto al consumo específico I.C.E. De estos costos, el COSTO FINANCIERO para cada vehículo corresponde a los precios de venta ó precios de mercado, los que fueron obtenidos de las cotizaciones en las casas comerciales.

TABLA 10.23 CÁLCULO DEL COSTO FINANCIERO Y COSTO ECONÓMICO DE LA FLOTA VEHICULAR [RAVELO – LLALLAGUA]

³¹ Tal como se describió en el Manual, esta conceptualización es conocida como el "Método del Excedente del Consumidor" el cual es el establecido en el modelo HDM-4, que es el instrumento utilizado en este estudio de factibilidad. Los beneficios provenientes del tráfico se mencionan a continuación

³² Disminución del consumo de combustibles y lubricantes, disminución en el desgaste de llantas y partes del vehículo, reducción en los costos de conservación vehicular, disminución en los costos por concepto de tripulación y todos aquellos elementos que hacen a la operación del vehículo.

ÍTEM	%	LIVIANO	UTILITARIO	BUS	CAMIÓN MEDIO	CAMIÓN GRANDE	CAMIÓN CON ARTICULACIÓN
Valor FOB		11.544	17.213	89.669	65.476	78.109	91.385
Seguro	2% FOB	231	344	1.793	1.310	1.562	1.828
Flete Marítimo	15% FOB	1.732	2.582	13.450	9.821	11.716	13.708
CIF ADUANA		13.506	20.139	104.912	76.607	91.388	106.920
G.A.C.	10% CIF	1.351	2.014	5.246	3.830	4.569	5.346
Almacenaje	0,5% CIF	68	101	525	383	457	535
Comisión Verificadora	1,92% FOB	222	330	1.722	1.257	1.500	1.755
Comisión Agencia Desp.	2% CIF	270	403	525	575	685	802
VALOR RENTA		15.416	22.987	112.929	82.652	98.599	115.358
I.V.A. Importaciones	14,94% VR	2.303	3.434	16.872	12.348	14.731	17.234
ICE	18% VR	2.775	4.138				
COSTO FINANCIERO		20.495	30.559	129.800	95.000	113.330	132.592
COSTO ECONÓMICO		16.748	24.973	130.091	94.993	113.321	132.581

Existen otros costos que se incluyen en la evaluación como ser: Costo de las llantas, combustible, conservación, costo de retención de la carga, costo del tiempo de viaje de los pasajeros y costos de la mano de obra (tripulación) los cuales se incluyen en la evaluación.

10.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA].

Como ya se describió en el manual, la evaluación Económica busca determinar indicadores que permiten establecer la factibilidad de una o más alternativas y, seleccionar una de entre aquellas que muestran indicadores positivos.

La evaluación de factibilidad³³ consiste en la comparación de los beneficios de una alternativa contra los costos en los que se incurre para su implementación. Tanto los costos y beneficios deben ser estimados en un determinado período de tiempo.

10.4.1. PERÍODO DE EVALUACIÓN

El período de evaluación considera los años de construcción y los del tiempo de vida del proyecto. Se considera que la construcción de la nueva carretera demorará tres años y el tiempo de vida útil de la carretera se fija en 25 años a partir del año 2008, bajo el siguiente escenario.

2009 – Se concluye el Estudio y se inicia la Gestión de Recursos Financieros

2010 – 2012 – Inversión

2013 – 2032 – Operación de la Carretera

Período de Evaluación = 2009-2032.

10.4.2. DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.

Los indicadores económicos principales que obtiene el HDM-4 son:

VPN El Valor Presente Neto o Valor Actual Neto (VAN) TIR La Tasa Interna de Retorno³⁴

10.4.3. VALOR RESIDUAL

El Valor Residual corresponde a aquel que permanece luego del período de evaluación del proyecto. Para determinar el Valor Residual se toman en cuenta aquellos ítems de la construcción como el movimiento

³³ Para el presente estudio utilizado como ejemplo, se ha utilizado el modelo HDM-4 como instrumento para estimar los beneficios y determinar los indicadores económicos de la evaluación, además de otros aspectos que permite este modelo. Dentro de ese contexto se debe preparar la estructura de datos y de la evaluación de acuerdo a los requerimientos del HDM, algunos de estos ya fueron considerados anteriormente (como ser el tráfico, costos de construcción, etc.) y los restantes se muestran en esta sección.

³⁴ El VPN es la diferencia de los beneficios actualizados provenientes de un proyecto menos los costos de capital originados por su construcción también actualizados.

La TIR consiste en la 'tasa de descuento' para la cual los beneficios igualan a los costos (VPN igual a cero).

La relación Beneficio/Costo se refiere al factor obtenido de la división de los Beneficios actualizados por los costos también actualizados. Este indicador no es determinado por el HDM-4, para este efecto se debería recurrir a la revisión de los flujos de caja del HDM-4 de los cuales se puede obtener la relación Beneficio/Costo (B/C).

de tierras, capa base, sub-base y, puentes, que no se consumen en el período de tiempo considerado. Este valor se introduce en el HDM como un porcentaje del costo total de construcción de cada alternativa. Para el caso de los pavimentos rígidos, además de lo anterior, también se debe tomar en cuenta el costo de la superficie de rodado (losa de hormigón) pues ella permanecerá mas allá de los 20 años.

TABLA 10.24 VALOR RESIDUAL [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

TIPO DE PAVIMENTO	VALOR RESIDUAL PROMEDIO
Superficie Pavimento Asfáltico	50 %
Superficie TSD	25 %
Superficie Pav. Rígido	75 %

Como es lógico, el pavimento rígido presenta un mayor valor residual debido a que su superficie de rodado permanecerá más allá de los 20 años de evaluación.

10.4.4. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN CONSIDERADA EN EL MODELO HDM IV

La información que se ha introducido al modelo HDM IV, fruto del trabajo de las diferentes disciplinas se resume en las siguientes tablas:

TABLA 10.25 INFORMACIÓN INTRODUCIDA AL HDM DEL TRAMO RAVELO - OCURI

HDM - 4 HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT		Tramos de carretera - Tramo por hoja	
Nombre del estudio: RAVELO - LLALLAGUA		Fecha ejecución: 31-05-2011	
01RAOC / 01 RAVELO - OCURI			
Definición			
Nombre del tramo: 01 RAVELO - OCURI	Zona climática: Ravelo - LLallagua	Ancho arcon: 0,00 m	
ID del tramo: 01RAOC	Clase de carretera: Primary or Trunk	Número de carriles: 2	
Nombre del itinerario: RVF 05	Tipo de superficie: Sin Pavimentar	IMD motorizado: 140	
ID del itinerario: F08	Tipo de firme: Grava	IMD no motorizado: 0	
Tipo de vel/capacidad: dos carriles estrechos	Longitud: 63,75 km	Año de la IMD: 2008	
Modelo de tráfico: flujo Libre	Ancho calzada: 6,00 m	Sentido tráfico: Dos sentidos	
Geometría			
Rampa + Pendientes: 67 m/km	Limite de velocidad: 24 km/h		
Curv. horizont. media: 95 %/km	Altitud: 3,557 m		
Firme			
Mat. capa rodadura: Grava laterítica	Metodo compactación: Mecanico		
Mat. explanada: Mezclas de grava-arena con exceso de finos (GF)	Año ultimo recargo: 2008		
Estado			
Año: 2008	Espesor arido: 0 mm	IRI: 12,00 m/km	
Referido a la velocidad			
No. Ramp. + Pend.: 3 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00	
Peralte: 8,00 %	XFRI: 1,00	Cumplimiento vel. límite: 1,10	
Sigma adral: 0,10 m/s ²			
Gradación material capa rodadura			
Max. tamaño partícula: 21,90 mm	% pasa tamiz 2,00mm: 1,10 %	% pasa tamiz 0,075mm: 25,50 %	
Indice plasticidad: 10,10 %	% pasa tamiz 0,425mm: 60,03 %		
Gradación material explanada			
Max. tamaño partícula: 25,00 mm	% pasa tamiz 2,00mm: 7,97 %	% pasa tamiz 0,075mm: 35,15 %	
Indice plasticidad: 7,80 %	% pasa tamiz 0,425mm: 60,03 %		
Arcenes y carriles TNM			
No. arcenes: 2	No. carriles TNM: 0	Tipo de superf. carriles TNM: Bituminosa	
Carriles sep. para TNM: No			
Calibración del modelo de regularidad			
Metodo usado: Calculada	IRI min. capa rod.: 2,77 m/km	IRI min. explanada: 1,14 m/km	
IRI max. capa rod.: 25,36 m/km	IRI max. explanada: 24,77 m/km		
Calibración perdida material			
Factor perdida c. rod.: 1,00	Factor perdida expl.: 1,00	Perdida ind. tráfico expl.: 1,00	
Perdida ind. tra. c. rod.: 1,00			

TABLA 10.26 INFORMACIÓN INTRODUCIDA AL HDM DEL TRAMO OCURI - MACHA

HDM-4 Tramos de carretera - Tramo por hoja		
U2OCMA / U2 OCURI - MACHA		
Definición		
Nombre del tramo: 02OCMA ID del tramo: 02OCMA	Zona climática: Ravelo - LLallagua Clase de carretera: Primary or Trunk	Ancho arcén: 0,00 m Número de carriles: 2
Nombre del itinerario: RVF 06 ID del itinerario: F06	Tipo de superficie: Sin Pavimentar Tipo de firme: Grava	IMD motorizado: 70 IMD no motorizado: 0
Tipo de vel/capacidad: dos carriles estrechos Modelo de tráfico: flujo Libre	Longitud: 10,75 km Ancho calzada: 6,00 m	Año de la IMD: 2008 Sentido tráfico: Dos sentidos
Geometría		
Rampa + Pendiente: 65 m/km Curv. horizont. media: 03 %/km	Limite de velocidad: 24 km/h Altitud: 3,769 m	
Firme		
Mat. capa rodadura: Grava laterítica Mat. explanada: Mezclas de grava-arena con exceso de finos (GF)		Metodo compactación: Mecanico Año ultimo recargo: 2008
Estado		
Año: 2008	Espesor arido: 0 mm	IRI: 12,00 m/km
Referido a la velocidad		
No. Ramp. + Pend.: 3 no./km Peralte: 8,00 % Sigma adral: 0,10 m/s²	XNMT: 1,00 XFRI: 1,00	XMT: 1,00 Cumplimiento vel. limite: 1,10
Gradación material capa rodadura		
Max. tamaño partícula: 21,60 mm Índice plasticidad: 10,10 %	% pasa tamiz 2,00mm: 51,10 % % pasa tamiz 0,425mm: 50,40 %	% pasa tamiz 0,075mm: 25,60 %
Gradación material explanada		
Max. tamaño partícula: 25,00 mm Índice plasticidad: 17,00 %	% pasa tamiz 2,00mm: 50,34 % % pasa tamiz 0,425mm: 49,40 %	% pasa tamiz 0,075mm: 31,64 %
Arcenes y carriles TNM		
No. arcenes: 2 Carriles sep. para TNM: No	No. carriles TNM: 0	Tipo de superf. carriles TNM: Bituminosa
Calibración del modelo de regularidad		
Metodo usado: Calculada IRI max. capa rod.: 25,36 m/km	IRI min. capa rod.: 2,77 m/km IRI max. explanada: 24,77 m/km	IRI min. explanada: 1,14 m/km
Calibración perdida material		
Factor perdida c.rod.: 1,00 Perdida ind. tra. c.rod.: 1,00	Factor perdida expl.: 1,00	Perdida ind. tráfico expl.: 1,00

TABLA 10.27 INFORMACIÓN INTRODUCIDA AL HDM DEL TRAMO MACHA - POCOATA

HDM-4 Tramos de carretera - Tramo por hoja		
03MAPO / 03 MACHA - POCOATA		
Definición		
Nombre del tramo: 03MAPO ID del tramo: 03MAPO	Zona climática: Ravelo - LLallagua Clase de carretera: Primary or Trunk	Ancho arcén: 0,00 m Número de carriles: 2
Nombre del itinerario: RVF 06 ID del itinerario: F06	Tipo de superficie: Sin Pavimentar Tipo de firme: Grava	IMD motorizado: 108 IMD no motorizado: 0
Tipo de vel/capacidad: dos carriles estrechos Modelo de tráfico: flujo Libre	Longitud: 20,40 km Ancho calzada: 6,00 m	Año de la IMD: 2008 Sentido tráfico: Dos sentidos
Geometría		
Rampa + Pendiente: 49 m/km Curv. horizont. media: 02 %/km	Limite de velocidad: 24 km/h Altitud: 3,403 m	
Firme		
Mat. capa rodadura: Grava laterítica Mat. explanada: Mezclas de grava-arena con exceso de finos (GF)		Metodo compactación: Mecanico Año ultimo recargo: 2008
Estado		
Año: 2008	Espesor arido: 0 mm	IRI: 12,00 m/km
Referido a la velocidad		
No. Ramp. + Pend.: 2 no./km Peralte: 8,00 % Sigma adral: 0,10 m/s²	XNMT: 1,00 XFRI: 1,00	XMT: 1,00 Cumplimiento vel. limite: 1,10
Gradación material capa rodadura		
Max. tamaño partícula: 21,60 mm Índice plasticidad: 10,10 %	% pasa tamiz 2,00mm: 51,10 % % pasa tamiz 0,425mm: 45,79 %	% pasa tamiz 0,075mm: 25,60 %
Gradación material explanada		
Max. tamaño partícula: 25,00 mm Índice plasticidad: 8,83 %	% pasa tamiz 2,00mm: 51,05 % % pasa tamiz 0,425mm: 45,79 %	% pasa tamiz 0,075mm: 33,95 %
Arcenes y carriles TNM		
No. arcenes: 2 Carriles sep. para TNM: No	No. carriles TNM: 0	Tipo de superf. carriles TNM: Bituminosa
Calibración del modelo de regularidad		
Metodo usado: Calculada IRI max. capa rod.: 25,36 m/km	IRI min. capa rod.: 2,77 m/km IRI max. explanada: 24,77 m/km	IRI min. explanada: 1,14 m/km
Calibración perdida material		
Factor perdida c.rod.: 1,00 Perdida ind. tra. c.rod.: 1,00	Factor perdida expl.: 1,00	Perdida ind. tráfico expl.: 1,00

TABLA 10.28 INFORMACIÓN INTRODUCIDA AL HDM DEL TRAMO POCOATA - UNCIA

HDM-4 Tramos de carretera - Tramo por hoja		
04POUN / 04 POCOATA - UNCIA		
Definición		
Nombre del tramo: 04 POCOATA - UNCIA	Zona climática: Ravelo - LLallagua	Ancho arcén: 0,00 m
ID del tramo: 04POUN	Clase de carretera: Primary or Trunk	Numero de carriles: 2
Nombre del itinerario: RVF-06	Tipo de superficie: Sin Pavimentar	IMD motorizado: 82
ID del itinerario: F08	Tipo de firme: Grava	IMD no motorizado: 0
Tipo de vel/capacidad: dos carriles estrechos	Longitud: 70,10 km	Año de la IMD: 2008
Modelo de tráfico: flujo Libre	Ancho calzada: 4,60 m	Sentido tráfico: Dos sentidos
Geometría		
Rampa + Pendiente: 38 m/km	Limite de velocidad: 24 km/h	
Curv. horizont. media: 66 %/km	Altitud: 3,585 m	
Firme		
Mat. capa rodadura: Grava laterítica		Metodo compactación: Mecanico
Mat. explanada: Mezclas de grava-arena con exceso de finos (GF)		Año ultimo recargo: 2008
Estado		
Año: 2008	Espesor arido: 0 mm	IRI: 12,00 m/km
Referido a la velocidad		
No. Ramp. + Pend.: 2 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Peralte: 8,00 %	XFR: 1,00	Cumplimiento vel. limite: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		
Gradación material capa rodadura		
Max. tamaño partícula: 21,80 mm	% pasa tamiz 2,00mm: 51,10 %	% pasa tamiz 0,075mm: 25,50 %
Indice plasticidad: 10,10 %	% pasa tamiz 0,425mm: 38,48 %	
Gradación material explanada		
Max. tamaño partícula: 25,00 mm	% pasa tamiz 2,00mm: 52,75 %	% pasa tamiz 0,075mm: 27,00 %
Indice plasticidad: 9,25 %	% pasa tamiz 0,425mm: 38,48 %	
Arcones y carriles TNM		
No. arcones: 2	No. carriles TNM: 0	Tipo de superf. carriles TNM: Bituminosa
Carriles sep. para TNM: No		
Calibración del modelo de regularidad		
Método usado: Calculada	IRI min. capa rod.: 2,77 m/km	IRI min. explanada: 1,14 m/km
IRI max. capa rod.: 25,38 m/km	IRI max. explanada: 24,77 m/km	
Calibración perdida material		
Factor perdida c.rod.: 1,00	Factor perdida expl.: 1,00	Perdida ind. tráfico expl.: 1,00
Perdida ind. tra. c.rod.: 1,00		

TABLA 10.29 INFORMACIÓN INTRODUCIDA AL HDM DEL TRAMO UNCIA - LLALLAGUA

HDM-4 Tramos de carretera - Tramo por hoja		
05UNLLA / 05 UNCIA - LLALLAGUA CA		
Definición		
Nombre del tramo: 05 UNCIA - LLALLAGUA CA	Zona climática: Ravelo - LLallagua	Ancho arcén: 1,20 m
ID del tramo: 05UNLLA	Clase de carretera: Primary or Trunk	Numero de carriles: 2
Nombre del itinerario: HVV-05	Tipo de superficie: Bituminosa	IMD motorizado: 3,084
ID del itinerario: F6	Tipo de firme: AMGB	IMD no motorizado: 0
Tipo de vel/capacidad: dos carriles estrechos	Longitud: 7,10 km	Año de la IMD: 2008
Modelo de tráfico: flujo Libre	Ancho calzada: 4,10 m	Sentido tráfico: Dos sentidos
Geometría		
Rampa + Pendiente: 4,1 m/km	Limite de velocidad: 57 km/h	Tipo de asf: Instalación alineado y unido
Curv. horizont. media: 80 %/km	Altitud: 2,755 m	
Firme		
Tipo de material: Mezcla bituminosa (AC)	Año ult. constr.: 2001	Año ult. tratamiento: 2001
Espesor actual: 200 mm	Año ult. rehab.: 2001	Espesor base: 0 mm
Espesor previo: 0 mm	Año ult. repavim.: 2001	Módulo resiliente: 0,00 GPa
Estado		
Año: 2000	Numero baches: 10 por/km	Textura: 2,00 mm
IRI: 6,00 m/km	Rotura borde: 100 mm/m	Humos/asfalto: 0,00
Area total fisurada: 10,00 %	Prof. media rodadura: 10 mm	Drenaje: Excelente
Area con desp. orillo: 10,00 %		
Referido a la velocidad		
No. Ramp. + Pend.: 0 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Peralte: 0,00 %	XFR: 1,00	Cumplimiento vel. limite: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		
Arcones y carriles TNM		
No. arcones: 0	Factor vida del drenaje: 1,00	No. carriles TNM: 0
Exposición de borde: 0 mm	Carriles separados para TNM: No	Tipo de superf. carriles TNM: Bituminosa
Factor de drenaje: 1,00		
Historia		
ODS capa rodadura: 0,00	Compactación relativa: 0 %	Fisuración ancha previa: 0 %
ODS base: 0,00	Fis. estructural previa: 0 %	Fis. transv. termica previa: 0,00 m/m
Calibración deterioro superficial		
Ini. fis. estructural: 1,00	Prog. fis. estructural: 1,00	Dist. fis. estructural: 100 %
Ini. fis. arillo: 1,00	Prog. fis. arillo: 1,00	Dist. fis. transv. termica: 0 %
Ini. fis. transversal: 1,00	Prog. fis. transversal: 1,00	Dist. fis. estr. ancha: 0 %
Ini. desp. arido: 1,00	Prog. desp. arido: 1,00	Tiempo retardo fisuración: 0 años
Ini. baches: 1,00	Prog. baches: 1,00	Tiempo retardo depr. arido: 1,00
Ini. rotura borde: 1,00	Periodo para fisurar: 12 meses	
Calibración textura superficial		
Prof. unidad textura: 1,00	Resist. al desmenuamiento: 1,00	Efecto velocidad: 1,00
Calibración deterioro estructurales		
Dens. inicial rodadura: 1,00	% vehiculos neumáticos clavos: 0 %	Coef. ambiental regularidad: 1,00
Deterioro estruct.: 1,00	Sal usada en la carretera: No	Progresión regularidad: 1,00
Deformación plástica: 0,00	SN efectos estacionales: 1,00	Numero efectivo de carriles: 2,00
Desgaste superficial: 1,00	SN debido a la fisuración: 1,00	

10.4.5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.

Preparada la estructura de la evaluación con el HDM-4, se determinaron los indicadores económicos con los resultados para el primer tramo y sus alternativas que se indican a continuación.

TABLA 10.30 INDICADORES DE RENTABILIDAD – TRAMO 1.- RAVELO – OCURÍ (MILLONES \$US.) [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

Alternativa	Valor actual de los costos totales de la administración	Valor actual de los costos de capital de la administración	Incremento en Costes de la Administración	Disminución en Costes de los Usuarios	Beneficios Exógenos Netos	Valor Actual Neto	Ratio VAN/Coste	Ratio VAN/Coste	Tasa Interna de Rentabilidad
Alternativa Base	1.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ALT2: CA	28.567	27.723	27.528	16.085	9.244	-2.199	-0.077	-0.079	11.8 (1)
ALT1: TS	24.838	23.995	23.799	16.068	9.244	1.512	0.061	0.063	13.4 (1)
ALT3: HO	27.857	27.014	26.818	16.009	9.244	-1.566	-0.056	-0.058	12.1 (1)

Se observa que la única alternativa con indicadores positivos de rentabilidad es el Tratamiento Superficial con un Valor Actual Neto (VAN= 1,512 MM \$US) y una tasa interna de retorno (TIR = 13,4 %)

10.4.6. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.

Para la selección de la mejor alternativa, se debe considerar que todas las alternativas CON proyecto son 'mutuamente excluyentes' por cuanto en cada opción sólo una de ellas puede adaptarse para el diseño final. La manera directa para decidir esto, es por medio del criterio del mayor Valor Actual Neto (VAN).

TABLA 10.31 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA – VAN MILLONES \$US. [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

Tramo 1 Ravelo - Ocuri		Tramo 2: Ocuri - Macha		Tramo 3: Macha - Pocoata		Tramo 4: Pocoata - Uncia		Tramo 5 Uncia - Llallagua		Tramo Ravelo - Llallagua	
Alternativa	Valor Actual Neto	Alternativa	Valor Actual Neto	Alternativa	Valor Actual Neto	Alternativa	Valor Actual Neto	Alternativa	Valor Actual Neto	Alternativa	Valor Actual Neto
ALT1: TS	1.512	ALT1: TS	0.747	ALT1: TS	5.031	Alternativa Base	0.000	ALT1: TS	14.999	ALT1: TS	1.398
Alternativa Base	0.000	Alternativa Base	0.000	ALT3: HO	3.772	ALT1: TS	-20.864	ALT3: HO	14.380	Alternativa Base	0.000
ALT3: HO	-1.566	ALT3: HO	-1.627	ALT2: CA	3.513	ALT3: HO	-23.984	ALT2: CA	14.418	ALT3: HO	-9.054
ALT2: CA	-2.199	ALT2: CA	-2.156	Alternativa Base	0.000	ALT2: CA	-26.118	Alternativa Base	0.000	ALT2: CA	-12.569

Por lo mostrado, analizado cada tramo de forma individual, se observa que a excepción del tramo 4 Pocoata – Uncia, la mejor alternativa es ejecutar el proyecto a nivel de tratamiento superficial.

10.4.7. ANÁLISIS DE IMPACTO DISTRIBUTIVO

El Análisis del Impacto Distributivo está referido a determinar la distribución de los Beneficios Económicos Netos del proyecto, cuantificando la proporción que se deriva a los Grupos de bajos ingresos, merced al cual se mide el grado de impacto que implementa un proyecto. Este análisis es efectuado una vez establecida la factibilidad de un proyecto y seleccionada la alternativa a ser recomendada.

Para el presente caso, el análisis se efectúa para la alternativa ALT1:TSD, que corresponde a la construcción de la carretera Ravelo – Llallagua a nivel de Tratamiento Superficial Doble. El análisis se realiza para cada tramo, es decir:

Ravelo - Ocurí Ocurí - Macha Macha - Pocoata Pocoata - Uncia Uncia - Llallagua

10.4.7.1. Procedimiento

La determinación del Impacto Distributivo se basa en el documento del B.I.D. titulado 'Guía para la Formulación de Solicitudes de Préstamo' (capítulo 8) donde se explica la naturaleza del análisis, el objetivo y enfoque necesarios para este cometido, buscando la estimación de un valor denominado Coeficiente del Impacto Distributivo.

Siguiendo ese enfoque y, considerando el método e instrumentos utilizados en el análisis de factibilidad, el cálculo del Coeficiente del Impacto Distributivo (C.I.D) utiliza los resultados obtenidos con el Programa HDM-4 para la alternativa seleccionada³⁵

De estos reportes se puede obtener:

- Comparación de Alternativas (Costos económicos).
Incrementos en los Costos de Capital,
Incrementos en los Costos de Conservación,
Ahorros en los Costos de Operación vehicular (Tráfico normal y generado)
- Ahorros en los Tiempos de Viaje (Tráfico normal y generado),
- Beneficios Exógenos. Costos Anuales del Usuario:
- Costos de Operación Vehicular por tipo de vehículo.

El procesamiento de esta información permite determinar el Coeficiente del Impacto Distributivo (CID) de acuerdo con la relación:

$$\text{C.I.D} = \frac{\text{Valor Presente de los Beneficios Económicos para el grupo de bajos ingresos}}{\text{Valor Presente del Total de los Beneficios Económicos del sector Privado}}$$

Para este efecto se debe:

- Identificar el Grupo de Bajos Ingresos en el área de influencia del proyecto.
- Identificar los distintos costos y beneficios del proyecto en términos económicos y financieros.
- Construir la tabla de impacto distributivo asignando los respectivos beneficios a los sectores de bajos ingresos, el total del sector privado y el del sector público.

En términos generales, el valor promedio para todo el proyecto (43.83%) significa aproximadamente la mitad de los beneficios del proyecto serán derivados a los sectores de bajos ingresos, lo que es otro aspecto adicional a favor del proyecto.

TABLA 10.32 IMPACTO DISTRIBUTIVO (MILLONES DE \$US.) ENLACE: RAVELO – OCURÍ . [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

ITEM	VPN Financiero	BAJOS INGRESOS	OTROS	TOT SECT PRIVADO	TOT SECT PUBLICO	VPN Económico
INVERSION	-23,109	-576	-310	-886	-19,411	-23,995
AHORRO EN CONSERVACIÓN	223	196		196	27	196
BENEFICIOS O AHORROS EN COV	16,885	7,338	6,845	14,183	2,702	14,183
Livianos	1,672		1,404	1,404	267	1,404
Buses	6,398	4,820	554	5,374	1,024	5,374
Camiones	8,815	2,518	4,887	7,405	1,410	7,405
BENEFICIOS DE TIEMPO DE VIAJE	2,244	705	1,180	1,885	359	1,885
Pasaj. Livianos	1,308		1,099	1,099	209	1,099
Pasaj. Buses	936	705	81	786	150	786
Carga	0	0	0	0	0	0
COSTOS EXOGENOS	9,244	961	518	1,479	7,765	7,765
TOTAL		8,625	8,232	16,857	-8,559	
COEF. IMPACTO DISTRIBUTIVO			C.I.D. =	51.16%		

10.4.8. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA [EJEMPLO RAVELO - LLALLAGUA].

Las conclusiones de la evaluación socioeconómica del estudio tomado como ejemplo se sintetiza de la siguiente manera:

Para el proyecto Estudio de Factibilidad Técnico Económica, Impacto Ambiental y Diseño Preliminar de la Alternativa Definitiva de la Carretera Ravelo – Llallagua, se han estudiado tres tipos de pavimentos: Concreto Asfáltico, Tratamiento Superficial Doble y Concreto Hidráulico.

³⁵ Por ende la información requerida se resume en los reportes del HDM-4

El tramo carretero de acuerdo a las recomendaciones de los términos de referencia se ha dividido en tres tramos. El Tramo 1, desde Ravelo-Lluchu (0+000 – 62+000), Tamo 2 de Lluchu – Chakapuco (62+000 – 124+000) y el Tramo 3 va de Chakapuco – Llallagua (124+000 – 185+800).

Para la evaluación económica se han considerado cinco tramos esto con el objetivo de correlacionar con el estudio de tráfico.

Tomando en cuenta las consideraciones de prediseño geométrico, medio ambiente, y los indicadores de factibilidad técnico económica de las tres alternativas estudiadas, se RECOMIENDA efectuar la construcción de toda la carretera a nivel de **Tratamiento Superficial Doble**, al ser esta alternativa la que ofrece y tiene mejores indicadores de rentabilidad

10.5. EVALUACIÓN FINANCIERA [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA].

10.5.1. METODOLOGÍA.

Para la realización de la evaluación financiera privada del proyecto, se recurrió a la teoría de la evaluación privada basada en la comparación de costos financieros e ingresos por concepto de peaje, para determinar si el proyecto es atractivo para la inversión privada.

Se utilizaron los siguientes criterios que permitieron generar información útil para el cometido planteado:

- Se realizó la clasificación del tráfico de la vía y se codificó a cada tipo de vehículo con un número natural, además, se estableció un peaje por Km. tomando en cuenta las tarifas mínimas por kilómetro aplicadas en la país desde el año 1992.
- Para conseguir la relación de peajes por tipo de vehículo expresada en Bolivianos corrientes, se identificaron los tramos: Ravelo – Ocurí, Ocurí – Macha, Macha - Pocoata, Pocoata – Uncía, Uncía – Llallagua y se realizó la multiplicación de la tarifa unitaria por la longitud del tramo correspondiente, una vez conseguido el peaje, éste se dolarizó utilizando como tipo de cambio el valor de Bs. 7.00 por cada dólar americano.
- La estimación de las recaudaciones por cobro de peajes, según promedio diario de circulación, permite advertir el impacto inicial respecto de un incremento del tráfico anual, dicho incremento de tráfico proviene de la información generada en las visitas de campo y el conteo realizado en las estaciones correspondientes. Al igual que en el caso de los peajes, se cuenta con la recaudación mínima anual en bolivianos y en dólares americanos, esta información es útil para la comparación con los costos estimados. Cabe destacar que los peajes hallados no son incrementados en el transcurso de duración del proyecto.
- En los COSTOS DE OPERACIÓN, se realizó una estimación de gastos en cuanto a actividades administrativas, cuando se recaude el peaje en cada tramo identificado. Se supone contar con un recaudador con turnos de 8 horas en cada tramo. Se consideran estos gastos como necesarios porque de ellos provendrán las recaudaciones diarias que serán destinadas a la cobertura financiera del proyecto.
- Los COSTOS financieros DE CONSERVACIÓN, son obtenidos por el Modelo HDM – 4, que implican Mejoramientos y/o Rehabilitaciones periódicas de la vía, en los grados que correspondan, cada cierto tiempo, así como gastos rutinarios de la actividad de conservación.

En el análisis financiero del proyecto Ravelo - Llallagua, se recurrirá a la teoría de la evaluación privada, la que sustenta en instrumentos correspondientes a proyectos carreteros, con este propósito se procedió primero a determinar el monto que se paga por kilómetro, según tipo de vehículo, por los tramos de carretera, según la siguiente tabla:

TABLA 10.33 TARIFAS POR KILÓMETRO (BS./ KM) [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

TIPO DE VEHÍCULO	COEFICIENTE (Bs/km)
Liviano	0,0405
Utilitario	0,0405
Buses	0,0809
Camión mediano	0.1014
Camión grande	0.2295
Camión articulado	0.3444

En consideración con lo señalado, se realizó el cálculo de las tarifas que deberían cobrarse en cada uno de los tramos a utilizarse, identificando las estaciones encargadas para tal cometido.

La Tabla siguiente muestra la estimación de las tarifas para cada uno de los tramos que actualmente tienen peaje:

TABLA 10.34 TARIFAS DE PEAJE ESTIMADAS POR TRAMO (BS.) [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

TRAMO	LONGITUD		TIPO DE VEHICULO					
	Km.	ACUM.	1	2	3	4	5	6
Ravelo - Ocurí	53.75	53.75	2	2	4	5	12	19
Ocurí - Macha	40.75	40.75	2	2	3	4	9	14
Macha - Pocoata	20.40	20.40	1	1	2	2	5	7
Pocoata - Uncía	70.10	70.10	3	3	6	7	16	24
Uncía - Llallagua	7.10	7.10	1	1	1	1	2	2

Estos son peajes mínimos congruentes con lo establecido en la normativa vigente, en ese entendido, es necesario realizar un ajuste tomando en cuenta algunos criterios entre los destacados se refiere a la aplicación de un incremento al peaje inicial del 30% y un proceso de redondeo, de la ejecución de este procedimiento matemático se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 10.35 TARIFAS DE PEAJE POR TRAMO, AJUSTADAS (BS.) [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

TRAMO	LONGITUD		TIPO DE VEHÍCULO					
	Km.	ACUM.	1	2	3	4	5	6
Ravelo - Ocurí	53.75	53.75	3	3	5	7	16	25
Ocurí - Macha	40.75	40.75	3	3	4	5	12	18
Macha - Pocoata	20.40	20.40	1	1	3	3	7	9
Pocoata - Uncía	70.10	70.10	4	4	8	9	21	31
Uncía - Llallagua	7.10	7.10	1	1	1	1	3	3

10.5.2. COSTOS DE CONSERVACIÓN CONSIDERADOS.

Los costos de conservación financieros, se obtienen a partir de los costos de conservación económicos calculados mediante el HDM-4, dividido por el factor 0.88.

Por la longitud y precio unitario según tipo de vehículo, el tramo que mayor ingreso genera es Uncía – Llallagua, este escenario se presenta porque existe mayor flujo de vehículos en especial de vehículos de alto tonelaje, entre ellos se encuentran camiones que transportan legumbres, verduras, hortalizas y otros productos agrícolas, además del transporte de combustibles y cemento; también tienen participación importante los buses grandes transportando pasajeros desde y hacia Potosí.

10.5.3. COSTOS DE OPERACIÓN

Se tiene previsto un gasto operativo en cada estación cuando se realice la recaudación por cobro de peaje, la estimación se la presenta en la siguiente tabla:

TABLA 10.36 PRESUPUESTO APROXIMADO POR COBRO DE PEAJES \$US. [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

GASTOS	Nº DE PERSONAS	PRECIO UNITARIO	TOTAL POR MES	TOTAL ANUAL	Nº DE ESTACIONES	TOTAL GENERAL
RECAUDADORES	3	250	750	9,000	2	18,000
ALIMENTACIÓN,	3	5	15	180	2	360
MATERIALES Y OTROS			50	600	2	1,200
TRANSPORTE	3	5	15	180	2	360
SUB TOTAL			830	9,960	2	19,920
SUPERVISIÓN, GASTOS GENERALES Y OTROS			332	3,984	2	7,968

COSTO TOTAL POR COBRO DE PEAJE			1162	13,944	2	27,888
--------------------------------	--	--	------	--------	---	--------

10.5.4. FLUJO NETO DE CAJA

Una vez que se tienen los costos de conservación e ingresos financieros, además de las inversiones, se tiene el siguiente resumen:

TABLA 10.37 FLUJO NETO DE CAJA (ESCENARIO 1) [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

Año	Inversión	Ingresos	Costos Mant. Fin.	Flujo Neto
2009	0.00	354,025.16	497,856.02	0.00
2010	-43,766,012.61	360,569.46	497,773.40	-43,903,216.54
2011	-32,824,509.58	367,280.70	497,773.40	-32,955,002.28
2012	-32,824,509.58	374,164.20	470,268.17	-32,920,613.55
2013	0.00	419,788.95	337,609.23	82,179.72
2014	0.00	433,688.52	337,609.23	96,079.29
2015	0.00	448,308.72	337,609.23	110,699.49
2016	0.00	463,695.59	337,609.23	126,086.37
2017	0.00	479,898.46	337,609.23	142,289.23
2018	0.00	496,970.17	337,609.23	159,360.94
2019	0.00	514,967.41	337,609.23	177,358.18
2020	0.00	533,950.96	337,609.23	196,341.74
2021	0.00	553,986.06	337,609.23	216,376.83
2022	0.00	575,142.70	337,609.23	237,533.47
2023	0.00	597,496.04	337,609.23	259,886.81
2024	0.00	621,126.81	338,166.64	282,960.17
2025	-366,372.82	646,121.74	337,609.23	-57,860.31
2026	-1,802,669.58	672,574.04	337,609.23	-1,467,704.77
2027	0.00	700,583.92	337,609.23	362,974.69
2028	0.00	730,259.15	337,609.23	392,649.92
2029	-3,340,624.32	761,715.66	337,609.23	-2,916,517.89
2030	-3,007,005.09	795,078.23	337,609.23	-2,549,536.09
2031	0.00	830,481.15	337,609.23	492,871.92
2032	27,353,757.76	868,069.02	337,609.23	27,884,217.56

Los resultados obtenidos son VANP - \$us.97,227,608.08 y una TIRP no calculada debido a las características del flujo.

En otro escenario, si se asume que los costos de conservación serán asumidos por el Estado, quedando el privado a cargo de realizar las inversiones, entonces se tiene:

TABLA 10.38 FLUJO NETO DE CAJA (ESCENARIO 2) [EJEMPLO RAVELO – LLALLAGUA]

Año	Inversión	Ingresos	Flujo Neto
2009	0.00	354,025.16	0.00
2010	-43,766,012.61	360,569.46	-43,405,443.15
2011	-32,824,509.58	367,280.70	-32,457,228.88
2012	-32,824,509.58	374,164.20	-32,450,345.38
2013	0.00	419,788.95	419,788.95
2014	0.00	433,688.52	433,688.52
2015	0.00	448,308.72	448,308.72
2016	0.00	463,695.59	463,695.59
2017	0.00	479,898.46	479,898.46
2018	0.00	496,970.17	496,970.17
2019	0.00	514,967.41	514,967.41
2020	0.00	533,950.96	533,950.96
2021	0.00	553,986.06	553,986.06
2022	0.00	575,142.70	575,142.70
2023	0.00	597,496.04	597,496.04
2024	0.00	621,126.81	621,126.81
2025	-366,372.82	646,121.74	279,748.92
2026	-1,802,669.58	672,574.04	-1,130,095.54

Año	Inversión	Ingresos	Flujo Neto
2027	0.00	700,583.92	700,583.92
2028	0.00	730,259.15	730,259.15
2029	-3,340,624.32	761,715.66	-2,578,908.66
2030	-3,007,005.09	795,078.23	-2,211,926.86
2031	0.00	830,481.15	830,481.15
2032	27,353,757.76	868,069.02	28,221,826.78

Los resultados obtenidos son VANP - \$us.191,127,662.58 y de la misma forma que el anterior escenario una TIRP no calculada debido a las características del flujo.

10.5.5. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN PRIVADA [EJEMPLO RAVELO - LLALLAGUA]

- La construcción de la carretera Ravelo-Llallagua, no puede ser asumida por el sector privado ya que con el cobro de peaje, a partir del ajuste de los mismos, no se llega a cubrir la inversión y tampoco el conservación de la carretera.
- Si el Estado se hiciera cargo de los costos de conservación de la carretera, quedando el sector privado a cargo de efectuar las inversiones para su construcción, se observa un escenario no factible, al igual que en el anterior caso.

11. BIBLIOGRAFÍA.

1. **CASTRO R. MOKATE K. (2003)** *“Evaluación Económica y Social de Proyectos de Inversión”* 2ª. Ed. Ediciones UniAndes, Facultad de Económica y Alfaomega. Colombia, pp 384
2. **FONTAINE E. (2008)**, *“Evaluación Social de Proyectos”* 13ra. Ed. Pearson Educación de México, pp 648
3. **MARTINEZ G. et al. (2007)**, *“Organización y gestión de Proyectos y Obras”* 1ra. Ed. McGraw-hill/Interamericana, España.
4. **MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑA (2010)**, *“Evaluación Económica de Proyectos de Transporte”* 1ra. Ed. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Publica. España.
5. **BANCO INTERAMERICANO DE FOMENTO BID (2006)**. *“Evaluación Económica de Proyectos de Transporte”* 1ra. Washington. E.E.U.U.
6. **COMUNIDAD EUROPEA (2008)**. *“Guide to cost-benefit analysis of investment projects”* 1ra. Ed. Bruselas, Bélgica.
7. **MINISTERIO DE PLANIFICACION GOBIERNO DE CHILE (1998)** *“Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Transporte Interurbano”*. Santiago Chile.
8. **MINISTERIO DE PLANIFICACION GOBIERNO DE CHILE (1988)** *“Metodología General de Preparación y Evaluación de Proyectos”*. Santiago Chile.
9. **MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE ESPAÑA (1990)** *“Metodología para la evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras”* Madrid, España.
10. **MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE ESPAÑA (1988)** *“Recomendaciones para la Evaluación Económica, Coste-Beneficio de estudios y Proyectos de Carreteras. Madrid España*
11. **BANCO NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICO (2004)**. *“Guía General para la Preparación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos Carreteros”* Centro de estudios para la Preparación y Evaluación Socio económica de Proyectos. México.
12. **GIRMSCHIED G. (2004) 1RA. Ed.** *“Kostenkalulation und Preisbildung in Bauunternehmen”*. Bouverlag. Zurich.
13. **SAVVARIS C.S. (1994)**, *“Risk Analysis in Investment Appraisal. Project Appraisal, Vol. 9, Number 1*
14. **GINES DE RUS (2008)**. *“Análisis Coste-Beneficio. Evaluación Económica de Políticas y Proyectos de Inversión”* 3ra. Ed. Editorial Ariel S.A. España 372 pp
15. **VARIAN HAL (1996)** *“Microeconomía Intermedia. Un Enfoque Actual”* 4ta. Ed. . Antoni Bosch S.A., Barcelona España 716 pp.
16. **DIXIT A, PINDYCK R. (1994)** *“Investment under Uncertainty”* 1ed., Princenton University Press. New Jersey, EEUU.
17. **DIZ EVARISTO (2006)** *“Teoría de Riesgo – Riesgo Actuarial – Riesgo Financiero”,* 2da. Ed. ECOE Ediciones. Bogotá. Colombia 181 pp
18. **ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS (2009)** *“Estudios de Factibilidad Técnico Económica, Impacto Ambiental y Diseño Preliminar de la Alternativa Definitiva de la Carretera “Ravelo – Llallagua”, elaborado para la ABC por la Asociación Accidental Alpes – Geo delta*