

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**FACTORES PARA LA PRIORIZACIÓN DE LA RED VIAL DE
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO APLICANDO EL MODELO
ROAD ECONOMIC DECISION (RED)**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL

PRESENTADA POR

Bach. BASHI CALLALLI, NICOLE MELISSA

Bach. VALLADARES FIRATA, NAYSHA FIORELLA

ASESOR: Mg. Ing. ARÉVALO LAY, VÍCTOR ELEUTERIO

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Maribel y Antonio, por su paciencia y apoyo. A mi hermano, tíos, abuelos y amigos quienes me apoyaron a lo largo de este proceso.

Nicole Bashi Callalli.

Dedicado a mis padres Eduarda Firata y Alejandro Valladares por su incansable apoyo en todas las etapas de mi vida, a mis hermanos por siempre alentarme en todo momento, a mis amigos por brindarme su apoyo y por toda esta gran experiencia que siempre llevaré conmigo.

Naysha Valladares Firata.

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos, a nuestro Asesor y a todas las personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes, familiares y amigos.

Nicole Bashi y Naysha Valladares

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Descripción y formulación del problema general y específico.....	16
1.1.1 Problema General.....	19
1.1.2 Problemas Específicos.....	19
1.2 Objetivo General y Específicos	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Delimitación de la investigación: Temporal, Espacial y Temática	19
1.3.1 Delimitación Temporal	19
1.3.2 Delimitación Espacial	20
1.3.3 Delimitación Temática	20
1.4 Importancia y Justificación	20
1.4.1 Importancia.....	20
1.4.2 Justificación.....	20
1.4.2.1 Justificación Teórica	20
1.4.2.2 Justificación Metodológica	21
1.4.2.3 Justificación Práctica	21
1.4.2.4 Justificación Social	21
1.4.2.5 Justificación Económica	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1 Antecedentes del estudio de investigación	22
2.1.1 Antecedentes de investigación	26
2.1.1.1 Investigaciones a nivel Nacional	26
2.1.1.2 Investigaciones a nivel Internacional.....	29
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables del estudio	33
2.2.1 Gestión Vial.....	33
2.2.2 Modelos de Gestión vial.....	34

2.2.2.1 Modelos de simulación urbana	34
2.2.2.2 Modelos para estimar beneficios sociales.....	35
2.2.2.3 Modelos del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).....	36
2.2.2.4 Sistema nacional de inversión pública SNIP	38
2.2.2.5 Aplicativo Invierte Perú.....	41
2.2.2.6 Modelo RONET.....	42
2.2.2.7 Modelo RONIS	42
2.2.2.8 Sistema de Gestión MDS.....	43
2.2.2.9 Sistema de Gestión STEPS	44
2.2.2.10 Sistema de Gestión CRVA	44
2.2.2.11 Aplicativo HDM	45
2.2.2.12 Aplicativo Road Economic Decision (RED).....	47
2.2.3 Aplicativo Road Economic Decision (RED)	47
2.3 Marco Normativo.....	56
2.3.1 Factores del Modelo Road Economic Decisión (RED)	56
2.3.1.1 Medios de Transporte de carga y pasajeros	56
2.3.1.2 Tipo de Orografía	58
2.3.1.3 Tipo de Superficie de rodadura.....	58
2.3.1.4 Costos del Movimiento Vehicular	62
2.3.1.5 Costos de Mantenimiento de Carreteras	65
2.3.1.6 Costos de Operación Vehicular	67
2.3.1.7 Valor actual neto (VAN)	68
2.3.1.8 Tasa de Retorno Interno (TIR)	69
2.4 Definición de Términos Básicos	69
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	71
3.1 Hipótesis	71
3.1.1 Hipótesis General	71
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	71
3.2 Variable.....	71
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	71
3.2.1.1 Variable Independiente:.....	71
3.2.1.2 Variable Dependiente:	71
3.2.2 Operacionalización de las Variables	72

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	73
4.1 Tipo y Nivel	73
4.1.1 Tipo de Investigación	73
4.1.2 Nivel de Investigación.....	73
4.2 Diseño de Investigación.....	73
4.3 Población y Muestra	73
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	74
4.5 Procedimientos para la recolección de datos	74
4.6 Técnicas de procesamiento y Análisis de datos.....	74
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	75
5.1 Diagnóstico y situación actual	75
5.1.1 Ubicación	75
5.2 Resultados de la investigación.....	81
5.2.1 Tipo de medios de transporte y orografía.....	81
5.2.2 Tipo de Superficie de Rodadura.....	89
5.2.3 Tipos de costos	91
5.3 Contrastación de Hipótesis	102
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS.....	110
Anexo 1: Hoja Logo, introducción y presentación del software RED.	110
Anexo 2: Hoja de Control del Software RED.....	111
Anexo 3: Hoja de Setup del Software RED.....	111
Anexo 4: Parámetros Modelo RED.	112
Anexo 5: Tiempo Accidentes.	113
Anexo 6: Tránsito normal y la tasa de crecimiento para tránsito generado e inducido (estación seca y húmeda).	113
Anexo 7: Tráfico generado debido al decrecimiento en los costos de transporte.....	114
Anexo 8: Indicadores Multicriteria.....	114
Anexo 9: Matriz de consistencia.....	115

Anexo 10. Matriz de Operacionalización de variables 116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01. Tipología de los caminos vecinales o rurales.....	22
Tabla N°02. Libro de Excel que conforman el software RED	49
Tabla N°03. Alternativas propuestas para ingreso de datos al modelo RED	97

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01: Ruta HU-524 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	76
Foto 02: Ruta HU-540 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	76
Foto 03: Ruta HU-556 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	77
Foto 04: Ruta HU-589 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	77
Foto 05: Ruta HU-590 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	78
Foto 06: Ruta HU-603 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	78
Foto 07: Ruta HU-610 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	79
Foto 08: Ruta HU-614 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	79
Foto 09: Ruta HU-619 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	80
Foto 10: Ruta HU-632 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.	80
Foto 11: Ruta HU-589 se observa el tipo de vehículo: Moto lineal, Mototaxi.....	82
Foto 12: Ruta HU-589 se observa el tipo de vehículo: camión 2E.....	83
Foto 13: Ruta HU-590 se observa el tipo de vehículo: Baranda.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Sistema Vial del Perú.....	17
Figura N°02: Mantenimiento de caminos vecinales por la Municipalidades Provinciales de la región Huánuco.	18
Figura N°03: Ciclo de Proyecto.....	24
Figura N°04: Resultado del Modelo RED para los COV en mototaxis en los caminos de estudio	30
Figura N°05: VOC actual para mototaxis en el Este de Uganda.	30
Figura N°06: Trabajos de construcción del Método Do-nou en Ghana.	31
Figura N°07: Relación entre condición inicial y elección de alternativa.	32
Figura N°08: Relación entre la condición inicial y la elección de la alternativa con una restricción presupuestaria del 70%.....	32
Figura N°09: Estructura del Sistema Nacional de Inversión Pública.	38
Figura N°10: Ciclo de un “Proyecto Bueno”.....	40
Figura N°11: Mapa conceptual del alcance del Invierte Perú.	41
Figura N°12: Entrada de datos en el Modelo HDM.	46
Figura N°13: Interacción entre el Módulo de Análisis de Riesgo y el Módulo de evaluación Principal.	50
Figura N°14: Libros de trabajo y Hojas de trabajo de Excel por el modelo RED.....	51
Figura N°15: Costos de operación del vehículo y velocidades en función de la rugosidad de la carretera para nueve tipos de carreteras por terreno y nueve tipos de vehículos.	53
Figura N°16: Opciones para definir el estado de la carretera.	54
Figura N°17: Clasificación vehicular en base a la AAP.....	57
Figura N°18: Escala de rugosidad IRI (m/km).	61
Figura N°19: Rugosidad inicial IRI m/km según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente.	62
Figura N°20: Sistema de Planificación.....	65
Figura N°21:Características de Rehabilitación.....	66
Figura N°22: Modelo VOC.....	68
Figura N°23: Matriz de Operacionalización de variable independiente.....	72
Figura N°24: Matriz de Operacionalización de la variable dependiente.....	72

Figura N°25: Mapa de ubicación, distrito Leoncio Prado.	75
Figura N°26: Mapa vial Ruta HU-524.....	76
Figura N°27: Mapa vial Ruta HU-540.....	76
Figura N° 28: Mapa vial Ruta HU-556.....	77
Figura N°29: Mapa vial Ruta HU-589.....	77
Figura N°30: Mapa vial Ruta HU-590.....	78
Figura N°31: Mapa vial Ruta HU-603.....	78
Figura N°32: Mapa vial Ruta HU-610.....	79
Figura N°33: Mapa vial Ruta HU-614.....	79
Figura N°34: Mapa vial Ruta HU-619.....	80
Figura N°35: Mapa vial Ruta HU-632.....	80
Figura N°36: Datos sobre las rutas seleccionadas en base al PVPP de Leoncio Prado..	81
Figura N°37: Datos sobre el transporte en base al PVPP de Leoncio Prado.	82
Figura N°38: Datos sobre el tipo de vehículo que se encontró en las rutas.....	84
Figura N°39: Datos sobre la Orografía en base al PVPP Leoncio Prado.	84
Figura N°40: Ruta HU – 524.	85
Figura N°41: Ruta HU – 540.	85
Figura N°42: Ruta HU – 556.	86
Figura N°43: Ruta HU – 589.	86
Figura N°44: Ruta HU – 590.	87
Figura N°45: Ruta HU – 603.	87
Figura N°46: Ruta HU – 610.	88
Figura N°47: Ruta HU – 614.	88
Figura N°48: Ruta HU – 619.	89
Figura N°49: Ruta HU – 632.	89
Figura N°50: Datos sobre el tipo de superficie de rodadura de las rutas.....	90
Figura N°51: Resumen de datos ingresados al modelo RED como base.	90
Figura N°52: Datos ingresados al modelo RED para tráfico.....	91
Figura N°53: Ecuación del VOC en función del IRI.	91
Figura N°54: Datos de entrada.....	92
Figura N°55: Coeficientes de Costos operativos de vehículos en función de la Rugosidad.	93
Figura N°56: Datos de cantidad de vehículos y habitantes, resumidos del PVPP Leoncio Prado.	94

Figura N°57: Beneficios que cubre el SOAT.	94
Figura N°58: Costos financieros de mantenimiento rutinario por Kilómetro.	95
Figura N°59: Costos financieros de mantenimiento periódico por kilómetro.	95
Figura N°60: Costos financieros de inversión para TSB por Kilómetro.	96
Figura N°61: Costos financieros de inversión para CA por kilómetro.	96
Figura N°62: Consideraciones generales dependiendo de las alternativas.	97
Figura N°63: Costos fijos considerados para cada alternativa.	97
Figura N°64: Resumen de los datos ingresados para Costos Ruta – 524 como ejemplo.	98
Figura N°65: Resultados de VAN y TIR de las rutas.	98
Figura N°66: Representación gráfica VAN vs VA Agencia Ruta HU - 524.	99
Figura N°67: Representación gráfica VAN vs VA Agencia Ruta HU – 632.	100
Figura N°68: Resultados del Escenario del Programa recomendado.	101

RESUMEN

El presente proyecto de tesis fue una investigación descriptiva con orientación aplicada de diseño no experimental, donde nuestro objetivo es priorizar el mejor escenario económico para caminos de bajo volumen basándose en un modelo determinístico y probabilístico; con procesos fijos bien marcados y secuenciales en base a los datos de entrada, y probabilístico por los factores que ayudan a predecir el mejor escenario económico para el proceso de toma de decisiones para la mejora y mantenimiento de caminos de bajo volumen.

En esta investigación se tiene tres variables, la primera son los “tipos de medios de transporte y orografía” el cual nos determinó los tipos de vehículos, índice medio diario y orografía, la segunda son los “tipos de superficie de rodadura”, en el cual se estableció el tipo de camino y en base a ello se propuso alternativas de mantenimiento: perfilados, Tratamiento Superficial Bicapa y Pavimento Asfáltico, la tercera son los “tipos de Costos”, el cual permitió determinar los costos de conservación, costos de operación vehicular, costos financieros de inversión, estando estos en función de la condición del terreno, así como del tráfico. Una vez definidos los factores que aplica el Modelo RED, se priorizó el mejor escenario económico mediante los valores de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

Palabras clave: Tipos de medios de transporte y orografía, tipos de pavimentos, tipos de costos.

ABSTRACT

This thesis project was descriptive research with an applied non-experimental design orientation, where our objective is to prioritize the best economic scenario for low volume roads based on a deterministic and probabilistic model; with well-marked and sequential fixed processes based on the input data, and probabilistic by the factors that help to predict the best economic scenario for the decision-making process for the improvement and maintenance of low-volume roads.

In this research there are three variables, the first are the "Types of means of transport and orography" which determined the types of vehicles, daily average index and orography, the second are the "types of surface of rolling", in which the type of road was established and based on this, maintenance alternatives were proposed: profiled, Bilayer Surface Treatment and Asphalt Pavement, the third are the "types of Costs", which allowed to determine the conservation costs, vehicle operating costs, financial investment costs, these being a function of the condition of the land, as well as the traffic. Once the factors applied by the RED Model had been defined, the best economic scenario was prioritized through the values of the Internal Rate of Return (IRR) and the Net Present Value (NPV).

Keywords: Types of means of transport and orography, types of pavements, types of costs.

INTRODUCCIÓN

En el Perú el desarrollo económico y cultural de las provincias necesitan que se implementen diversas alternativas en el mejoramiento e inversión en los caminos de bajo volumen. La presente investigación tiene como objetivo establecer los factores que aplica el Modelo RED para priorizar la mejor alternativa económica, por medio del VAN y TIR, en función de los tipos de transporte y orografía, pavimentos y costos.

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, compuesto por la descripción y formulación del problema, objetivos de la investigación, delimitación de la investigación y justificación e importancia del estudio.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, compuesto por los resúmenes de tesis, artículos, libros tanto nacionales como internacionales, así como también la definición de términos básicos.

En el Capítulo III, se presenta el sistema de hipótesis, compuesto por las hipótesis principales y secundarias, así como las variables.

En el Capítulo IV, se presenta el marco metodológico, compuesto por el tipo, método, diseño de la investigación, así como técnicas de recolección, procesamiento y análisis de información.

En el Capítulo V, se da la presentación y análisis de resultados de la investigación, compuesta por el diagnóstico y situación actual, presentación de resultados, análisis de resultados, contrastación de hipótesis, finalmente conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específico

En el Perú el desarrollo económico y cultural de las provincias necesitan que se implementen diversas alternativas en el mejoramiento e inversión en los sistemas de transporte. Estos sistemas de transportes se conforman de tres elementos como son la infraestructura en sí, equipos y operación. La infraestructura es el elemento físico por donde se desplazará el vehículo y las personas, los equipos o vehículos son los elementos que se desplazarán sobre dicha estructura y las operaciones o gestión se refiere al orden que seguirá el vehículo sobre la infraestructura. Los caminos de bajo volumen son un subsistema del sistema global de transporte que tienen como propósito servir al tránsito de forma segura, confortable y eficiente, por lo tanto, un punto esencial e importante es realizar labores de conservación adecuada para que el servicio se prolongue durante el tiempo requerido, lo cual generará un desembolso económico importante. Para esto necesitamos de una completa información del estado de vías y estructuras, así como un plan de prevención y control de las intervenciones en las vías. Con este objetivo se utilizan los sistemas de gestión vial, que sirven de herramientas para ayudar a la decisión de las acciones más adecuadas. Se entiende por gestión de pavimentos todas aquellas acciones de conservación que aplicadas en el tiempo mantienen un nivel de servicio.

Este no es un tema novedoso ni nuevo para el ámbito de transportes ya que existen sistemas de información que son herramientas desarrolladas para poder administrar una gran cantidad de datos que se procesan de forma rápida que nos muestran resultados seguros. Estos estudios para caminos de bajo volumen no pavimentado son traídos de distintas ciudades del mundo promoviendo así el uso de diferentes modelos y manuales, que muestran una serie de opciones de mantenimiento que pueden aplicar a nuestras redes viales.

Los lineamientos que buscamos en el sentido de inversión son el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura de transporte en los distintos niveles de gobierno; promoción del desarrollo, seguridad en servicios de transportes y logísticos vinculados; promoción de la participación del sector privado en la provisión de servicios de infraestructura de transporte con contribución a la consolidación del proceso de descentralización del país.

En el contexto de gestión vial, se pueden observar deficiencias en la fase de Pre inversión como es al momento de la identificación de la transitabilidad, el confort (IRI), acceso y congestión en la que describimos los aspectos sectoriales analizando a los involucrados como son las empresas de servicio existente, las tarifas de pasajeros y carga, el tiempo de viaje entre origen – destino, la velocidad promedio (km/h), el tipo de carga transportada, la frecuencia de interrupción de servicios en la carretera, reporte de accidentes, etc.

A la actualidad el sistema nacional de carreteras se divide en tres niveles:

Red Vial Nacional que es competencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Red Vial Departamental de competencia de los gobiernos regionales, Red Vial Vecinal que atraviesan dos o más distritos son de competencia de los gobiernos locales como se observa en la Figura N°01.

Sistema Vial	Competencia
Sistema Nacional	MTC
Sistema Departamental	Gobiernos Regionales
Sistema Vecinal	Gobiernos Locales

Figura N°01: Sistema Vial del Perú.

Fuente: MEF, Caminos vecinales-Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos (2011).

Al momento de hablar de los caminos vecinales sabemos que no sale rentable para las entidades dar un mantenimiento a caminos que pueden tener por ejemplo hasta dos vehículos que transiten por día, pero son estos caminos los que comprenden la mayor cantidad de kilómetros del territorio nacional. Sin embargo, el Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) a través de Provias Descentralizado, continúa invirtiendo en diversos caminos vecinales y departamentales brindando a los gobiernos locales asistencia técnica y financiamiento parcial como se observa en la Figura N°02.

Podemos observar que en distintos planes viales provinciales participativos (PVPP) que son los documentos que recopilan muchos de los datos que utilizaremos en el proceso, no cuentan con los estudios actualizados respectivos, ni archivos que

contengan los datos de manera concisa y poder tener de ahí una proyección de cómo debe ser el mantenimiento y el costo de este, teniendo en cuenta que se designa un presupuesto por tramos que debería exigirse a tener un buen punto de partida para desempeñar a nivel óptimo todas nuestras opciones posteriores.

En el presente estudio estableceremos los factores orográficos, tipos de medios de transporte, tipo de superficie de rodadura y de costos para la priorización de la red vial vecinal aplicando el modelo Road Economic Decision (RED), el distrito analizado para el trabajo de investigación es la ubicada en la provincia de Leoncio Prado, ubicada en la zona Norte y Central de la Región Huánuco. Abordaremos las rutas que cumplan los parámetros solicitados de su Plan vial provincial participativo. Con este análisis se busca alternativas de proyectos de desarrollo y mantenimiento más viables desde un enfoque económico, teniendo en cuenta las condiciones del camino y el comportamiento del tráfico.

La evaluación económica de las rutas tomará el enfoque de los excedentes sociales en términos de ahorros en los costos de operación de los vehículos, accidentes y el tiempo invertido por el usuario.

Para este estudio cabe recalcar que no se cuenta con diversos estudios documentados aplicados en nuestro país utilizando este modelo de software en específico.



Figura N°02: Mantenimiento de caminos vecinales por la Municipalidades Provinciales de la región Huánuco.

Fuente: www.Tudiariohuanuco.pe (2021)

1.1.1 Problema General

¿Cuáles son los factores para la priorización de la red vial vecinal aplicando el modelo Road Economic Decision (RED) en la provincia de Leoncio Prado - Huánuco?

1.1.2 Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son los tipos de Medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal?
- b. ¿Cuáles son los tipos de superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal?
- c. ¿Cuáles son los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal?

1.2 Objetivo General y Específicos

1.2.1 Objetivo General

Establecer los factores, aplicando el modelo Road Economic Decision (RED) para la priorización de la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco, año 2021.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar los tipos de Medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.
- b. Establecer los tipos de superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.
- c. Determinar los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.

1.3 Delimitación de la investigación: Temporal, Espacial y Temática

1.3.1 Delimitación Temporal

La información tomada para esta investigación fue a través de documentos como libros, manuales y papers de los últimos diez años que aplican el modelo Road Economic Decision (RED) que es proporcionado por el Banco Mundial.

1.3.2 Delimitación Espacial

La investigación se realizará a partir de los datos de las rutas priorizadas que se encuentran dentro del Plan Vial Provincial Participativo de la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco 2021-2025, que tengan un volumen de tráfico entre 50 y 300 vehículos por día.

1.3.3 Delimitación Temática

El presente estudio se limitará a proponer mediante el modelo Road Economic Decision (RED), las alternativas propuestas para el desarrollo y mantenimiento de carreteras de bajo volumen utilizando en particular el tráfico y las condiciones de los caminos seleccionados. No abarca temas de diseño de pavimentos u otros estudios que no sean solicitados por el Modelo.

1.4 Importancia y Justificación

1.4.1 Importancia

Los gobiernos locales no cuentan con un modelo de gestión, ya sea por un programa o sistematizado, esto afecta en la toma de decisiones para implementar soluciones económicas, el presente estudio busca presentar y analizar la utilización del software Road Economic Decision (RED) que es brindado por el Banco mundial que tiene como objetivo mejorar el proceso en la toma de decisiones para el desarrollo y mantenimiento para caminos rurales de bajo volumen.

Las rutas seleccionadas constituyen parte del patrimonio vial de la provincia de Leoncio Prado cuya longitud aproximada en su conjunto es de 1373.137 km entre vías nacionales, departamentales y caminos vecinales. El cual reviste una importancia para la zona norte de nuestro país y constituye una zona de transporte y comercio turístico.

1.4.2 Justificación

1.4.2.1 Justificación Teórica

Este modelo realiza una evaluación económica de las opciones de inversión en carreteras considerando el enfoque de excedente del consumidor y las características que presenta nuestra ruta o rutas en estudio. Los proyectos de carreteras requieren inversiones importantes por lo cual debería determinarse claramente alternativas de evaluación

económica, para este fin el Banco Mundial ha formulado el modelo Road Economic Decision (RED) para carreteras de bajo volumen.

1.4.2.2 Justificación Metodológica

Para lograr estos objetivos se utilizaron técnicas de investigación mixta, ya que se recolectarán los datos de tipos de terreno, tipos de camino y costos para analizar con el modelo Road Economic Decision (RED).

1.4.2.3 Justificación Práctica

Al tomar los datos y realizar el análisis en el modelo Road Economic Decision (RED) se podrá proponer alternativas de intervención para el mantenimiento de las rutas que cumplen con las características solicitadas.

1.4.2.4 Justificación Social

La investigación tiene como justificación social el poder garantizar un tránsito vehicular adecuado en la carretera todo el año y mejorar el nivel de servicio de los ciudadanos en estas comunidades.

1.4.2.5 Justificación Económica

Esta investigación busca soluciones con bajo costo de inversión, y pretende desarrollar un crecimiento socioeconómico en las comunidades alejadas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) se jerarquiza en las siguientes tres redes viales:

Red Vial Nacional, Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras. Sirve como elemento receptor de las carreteras departamentales o regionales y de las carreteras vecinales o rurales.

Red Vial Departamental o Regional, conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Articula básicamente a la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural.

Red Vial Vecinal o Rural, conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales del distrito, estos entre sí, con centros poblados o zonas de influencia local con las redes nacionales y departamentales. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2007)

Tabla N°01. Tipología de los caminos vecinales o rurales

Tipos de caminos	Longitud (km)	Tráfico (vehículos por día)	Características
Troncal o Arterial	Mayor a 25	Mayor de 50	Conecta las capitales distritales con los centros poblados mayores, y articula a una red vial de mayor jerarquía.
Local o Conector	Entre 5 a 25	Entre 15 a 50	Conecta con los centros poblados mayores, y se articula a un camino troncal o red vial de mayor jerarquía.
Acceso	Menor de 5	Menor a 15	Conecta generalmente a un solo poblado o localidad.

Fuente: Manual de Inventario Vial – Parte IV (2015).

La importancia y tipología de cada camino vecinal o rural está en función a su nivel de accesibilidad que determina tres criterios: la conectividad según las ciudades o poblados, al flujo de tráfico de vehículos que circula y la longitud de camino. De

estos criterios se obtienen los siguientes tipos de caminos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015)

Por lo tanto, por las características y definiciones dadas en nuestro sistema nacional los caminos pertenecen a la red vial vecinal y los gobiernos locales son los que tienen autoridad sobre ella.

La inversión en infraestructura de transporte y mejores servicios de transporte son cruciales para alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio. Los caminos rurales de bajo volumen han sido y siguen siendo un componente importante del programa de desarrollo del transporte del Banco Mundial. El índice de acceso rural desarrollado recientemente es un indicador útil de la necesidad de mejorar la accesibilidad. La investigación ha demostrado la importancia de los caminos rurales para estimular tanto el crecimiento económico como el desarrollo social. La planificación e implementación efectiva de buenos proyectos de caminos rurales dependen de una combinación de herramientas de planificación adecuadas, consultas comunitarias valiosas, un enfoque flexible para el diseño de ingeniería y datos confiables. Es necesario desarrollar nuevos criterios de planificación económica para reflejar las nuevas ideas en la evaluación del transporte y capturar plenamente los beneficios sociales y económicos de las carreteras. El enfoque basado en resultados para el seguimiento y la evaluación puede ser especialmente valioso en el sector de las carreteras. De manera similar, se pueden obtener beneficios sustanciales al adoptar un enfoque holístico para planificar la prestación de servicios de infraestructura rural, incluida una consideración más detallada de los servicios de transporte rural y la planificación conjunta de diferentes tipos de infraestructura rural. Es necesario reconocer y abordar la falta de fondos y la mala organización del mantenimiento de las carreteras rurales. (Plessis, 2007).

Los caminos vecinales son un subsistema del sistema global del sistema de transporte, a él se agrega el subsistema de vehículos que transitan por la vía, formando ambos lo que se conoce como el costo global del sistema de transporte. Dentro de dicha premisa se inserta la necesidad de construir caminos de buena calidad e intervenir en ellos cada vez que sea necesario, a fin de mantener las condiciones apropiadas para los usuarios. Mientras existe demanda de parte de ellos, es conveniente crear y seguir un esquema de conservación de la red que garantice lo siguiente: Adecuada conservación de los caminos de la red a un costo apropiado, que la red vial sea mantenida siguiendo un programa de largo plazo, que se optimice el costo y beneficios del sistema,

racionalizando el uso de recursos, que exista un permanente control de los efectos sobre el medio ambiente y que se implemente un control de la efectividad de la conservación. Con ello se pone en manifiesto la necesidad de disponer de una completa información del estado de vías y estructuras, así como de un plan de acción de conservación que permita la prevención y corrección de deterioros oportunamente. Con este objetivo se utilizan los sistemas de gestión, que sirven de herramienta para ayudar a la decisión, seleccionando las acciones más adecuadas, determinando su costo y fijando sus prioridades, dentro de las disponibilidades económicas de la entidad administradora, sea pública o privada. Se entienden por gestión de pavimentos todas aquellas acciones de conservación que aplicadas en el tiempo mantienen un nivel de servicio adecuado, tanto en el aspecto funcional como estructural. (De Solminihaç, 2005)

La directiva N° 003-2011-EF/68.01 tiene por objeto establecer las normas técnicas, métodos y procedimientos de observancia obligatoria aplicables a las fases de pre inversión, inversión y post inversión y a los órganos conformantes del Sistema Nacional de Inversión Pública. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021)

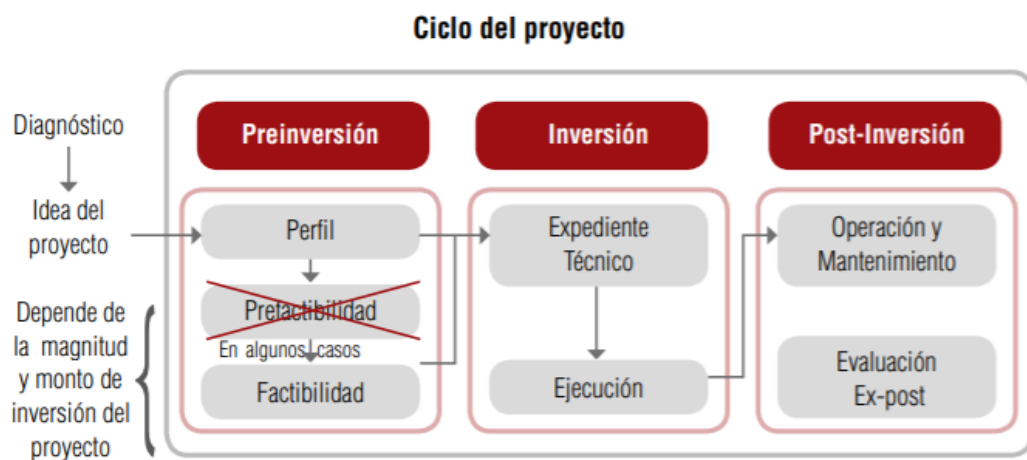


Figura N°03: Ciclo de Proyecto

Fuente: MEF, Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de viabilidad urbana, a nivel de perfil (2015).

En donde la Pre inversión busca evaluar todos los proyectos de Inversión Pública a fin de que se determine su viabilidad, como requisito previo a la fase de inversión que sería la ejecución del mismo y como última fase se realice una evaluación post, para determinar si se alcanzaron los beneficios proyectados.

Dado que las carreteras rurales se caracterizan con mayor frecuencia por volúmenes de tráfico bajos, la evaluación ideal debería realizarse con una herramienta diseñada específicamente para carreteras de bajo volumen. La necesidad del modelo RED se basó en el hecho de que el modelo HDM-4 se enfoca principalmente en carreteras de mayor volumen, donde los VPD son más de 200. Para estos propósitos, el modelo de Decisión Económica de Carreteras (RED) fue desarrollado por el Banco Mundial. (Banco Mundial, 2003)

La infraestructura vial es un sector importante de actividad económica para el desarrollo de un país. Se requiere que la infraestructura vial se mantenga en condiciones adecuadas para garantizar su uso continuo de manera adecuada mediante el mantenimiento adecuado de las carreteras, se obtiene una aceptabilidad continua, una mayor economía, seguridad y facilidad de servicio. (Ramesh, Ghana, & Bir, 2017).

El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) indica que, a nivel de Red vecinal, más del 80% de vías que conforman la red no son pavimentadas. La gestión en este tipo de caminos está a cargo de los gobiernos locales que buscan el buen estado de las rutas y mantener un nivel de servicio hacia los usuarios.

Las condiciones de deterioro en los caminos y los recursos limitados que se tiene para su mantenimiento e incluso rehabilitación a falta de un modelo de gestión establecido, que ayude en la selección y priorización o nos den opciones que pueden estar más de acorde con la realidad.

El modelo RED es desarrollado por Road Management Initiative (RMI), un componente clave del programa de políticas de transporte de África Subsahariana (SSTAP), que es un marco de colaboración establecido para mejorar las políticas de transporte y fortalecer la capacidad institucional en la región africana a fin de mejorar el proceso de toma de decisiones, para el desarrollo y mantenimiento de caminos rurales de bajo volumen. (Archondo, HDM-4 Road Use Costs Model Version 2, 2010)

El modelo RED realiza evaluación económica de los proyectos de mejora y mantenimiento adoptando el enfoque de excedente de consumidor, que mide los beneficios para los usuarios de la vía y los consumidores de la reducción de los costos de transporte. (Archondo, HDM-4 Road Use Costs Model Version 2, 2010).

2.1.1 Antecedentes de investigación

2.1.1.1 Investigaciones a nivel Nacional

(Salazar & Sanchez, 2020), en su tesis “Propuesta de plan de intervención vial como modelo de gestión en hoja de cálculo Excel, aplicando metodologías de relevamiento de fallas en caminos vecinales” tiene como objetivo determinar un modelo de gestión a fin de implementar un plan de intervención vial en hoja de cálculo Excel, aplicando metodologías de estado de condición en caminos vecinales, almacenando la data necesaria con información actualizada para una gestión adecuada, permitiéndoles así llevar un control del estado de condición y frecuencia de intervención en el tramo de carretera de Villasol – Pillao en el distrito de Chinchao, provincia y departamento de Huánuco, de una longitud de 20 km. Con las características principales de la red, realizaron la evaluación de fallas según las metodologías URCI, TMH-12 y Paser Manual Unimproved y Gravel Roads de Wisconsin para obtener el estado de condición de la vía y proponer actividades de mantenimiento para conservar el estado de transitabilidad de la vía. Los autores concluyen que el modelo de gestión se implementa para tráficos de 16 a 50 y 50 a 200, con un URCI de 70 a 85 y 85 a 100, e IRI de 6 a 10 y de 6 a 4 respectivamente, para establecer un plan de intervención vial, permitiendo mantener niveles de servicio adecuados en estado (BUENO – SATISFACTORIO) realizando actividades de mantenimiento rutinario como el bacheo y perfilado; mientras que para un mantenimiento periódico la reposición de material.

(Glave, Hopkins, Malky, & Leonardo, 2012), en su investigación sobre el análisis económico de la carretera Pucallpa - Cruzeiro do Sul, tiene el objetivo de analizar la factibilidad económica y financiera del trazo de la carretera propuesto en el proyecto de interconexión vial Pucallpa - Cruzeiro do Sul. Para ello los autores proponen, mediante la aplicación del modelo RED y estimando el tráfico, evaluar los indicadores económicos que se producirían al ejecutarse el proyecto. Teniendo como resultado de alternativa, dos escenarios que económicamente no

son rentables. Los autores concluyen que el estudio será rentable económicamente si se tiene una modificación en el trazo planteado en un tramo de la carretera para que mediante una mayor estimación del tráfico generar indicadores económicos que determinen que el proyecto sea rentable.

Vilela Thais, Malky Alfonso, Bruner Aaron, Da Silva Vera, Ribeiro Vivian, Costa Ane, Escobedo Annie, Rojas Adrian, Laina Alejandro, Botero Rodrigo (2019) en el artículo “Retorno Económico y Riesgo Socio-Ambientales de los proyectos viales en la Amazonia”, los autores realizan el análisis del retorno económico y los riesgos socio-ambientales de un conjunto de 75 tramos viales en la Amazonia en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú para priorizar los costos económicos teniendo en cuenta el impacto socio-ambiental. Para ello los autores, comparan y cuantifican los impactos ambientales y sociales con los factores económicos de los proyectos y los analizan por separado. Mediante la aplicación del Modelo RED determinan la factibilidad económica estimando el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna (TIR) de los proyectos, y mediante el Software DinamicaEGO generan mapas de probabilidades de deforestación en los tramos para cada carretera y para el impacto social se tomó en cuenta informaciones geográficas de cada país. Finalmente realizaron un análisis multi-criteria para comparar proyectos con $VPN > 0$. Teniendo como resultado que la ejecución de los proyectos tendría prevista la deforestación y pérdida de cobertura forestal y económicamente en el 45 % de los proyectos los costos superan a los beneficios. En conclusión, sugieren a los gobiernos acciones prioritarias, como evitar los gastos en proyectos viales con $VPN < 0$ y para proyectos con $VPN > 0$ considerar la relación entre costos y beneficios, así como también los riesgos ambientales y sociales. (Vilela, y otros, 2019)

(Sibaja, 2003), en la tesis “Modelo de Valoración de Activos Públicos en Carreteras”, tiene como objetivo proponer un modelo de valoración de activos públicos, específicamente carreteras. Se efectúa un análisis

de la situación de la infraestructura vial en Costa Rica, en cuanto a su importancia y problemática actual se incorporan datos del presupuesto nacional y dedicado a su importancia con respecto al producto bruto interno (PBI). En cuanto a la problemática se destaca el deterioro que sufre, mediante indicadores como el índice de regularidad internacional (IRI), además de otros datos como accidentes y el crecimiento dado en la flota vehicular. Se concluye que al escoger el IRI más bajo, aumentan los costos involucrados en el proyecto, lo que reduce el VAN y la rentabilidad de la obra. Además, se debe considerar que influyen indicadores como el PSI, cuyo valor está afectado por la estructura misma de la carretera y no solamente la superficie, que sería el defecto del IRI. Sin embargo, desde el punto de vista del usuario, lo que él percibe, es el IRI, sin importar tanto la estructura interna de la carretera, esto podría llevar a que solo se arregla únicamente la superficie, lo cual ocurre con frecuencia, descuidando la estructura interna, lo que a veces puede llevar a arreglos de corta duración y de alto costo para el país.

En la ponencia dada en XIII congreso nacional de ingeniería, se habló sobre la aplicación del modelo HDM-III en la evaluación de proyectos viales en Perú.

La ponencia referida tenía por objetivo difundir los mecanismos necesarios para la evaluación económica de proyectos viales a fin de propiciar el entendimiento y aplicación en el ciclo de un proyecto de inversión pública de acuerdo a la ley marco N°27293, la cual crea el Sistema Nacional de Inversión Pública y dispone su aplicación en todas las entidades y empresas del sector público no financiero y que ejecuten proyectos de inversión con recursos del estado. De acuerdo con lo normado por esta ley se establecen lineamientos y metodologías basadas en el análisis de beneficios en términos sociales. Para proyectos viales la norma sugiere el uso del Modelo HDM-III, el cual permite el cálculo de los costos de los usuarios en la vía para situaciones de mantenimiento pre establecidas, de cuya comparación se logra los beneficios que sustentaran la aceptabilidad del proyecto, al ser comparados con la inversión y sus respectivos costos de

mantenimiento. Sin embargo, para el uso de esta herramienta se deben conocer las limitaciones del modelo y su uso debe hacerse con precaución, poniendo énfasis en la finalidad para la cual fue desarrollado. (Chang & Melendez, 2011).

2.1.1.2 Investigaciones a nivel Internacional

Mbabazi, E (2019), En su investigación titulada: “Impacto de las condiciones de las carreteras sin pavimentar en los servicios de transporte rural” evalúa el impacto de las condiciones de las carreteras sin pavimentar que influyen en los servicios de transporte rural con la finalidad de optimizar el servicio de transporte y permitir a la población llegar a los mercados y servicios básicos en Uganda. En cuanto a su importancia y problemática debido a la escasez de fondos para el mantenimiento de caminos, muchos de estos en las zonas rurales no se mantienen de manera adecuada anualmente. Por ello el autor utiliza el modelo RED para estimar los VOC mensuales de mototaxis con cambios en las condiciones de la carretera y compara además el VOC estimado usando con los costos operativos reales. Teniendo como resultado un aumento en los VOC, a medida que el estado de la carretera se deteriora.

También en este artículo el autor analiza el impacto de las condiciones de las carreteras en los servicios de transporte rural cuyo resumen se presenta a continuación:

“La mayoría de las carreteras en los países en desarrollo, especialmente en el África subsahariana, siguen sin pavimentar. Para optimizar su impacto social, los caminos rurales deben complementarse con servicios de transporte convenientes y asequibles que permitan a los residentes llegar a los mercados y servicios básicos. Los mototaxis o boda bodas, se han convertido en el servicio de transporte más dominante en las zonas rurales de Uganda. La gestión cuidadosa de los costos operativos de los vehículos (COV) es, por tanto, importante para mantener este servicio en las zonas rurales. Este estudio estima los cambios en los COV para mototaxis con cambios en las condiciones de las carreteras sin pavimentar. Se encuentra un aumento del 1.8% en los

costos operativos cuando la condición de la carretera se deteriora de muy buena a buena; y un aumento del 7.7% cuando la condición de la carretera se deteriora de buena a regular o mala” (página.239).

Road link name	Annual VOCs					
	2016		2017		2018	
	(\$/veh-km)	Annual (\$)	(\$/veh-km)	Annual (\$)	(\$/veh-km)	Annual (\$)
Iganga-Kitayungwa	0.057	3648	0.058	3712	0.064	4096
Kitayungwa-Kamuli	0.057	3648	0.057	3648	0.058	3712
Buwenge-Nakabugu	0.056	3584	0.057	3648	0.064	4096
Nakabugu-Kaliro	0.056	3584	0.057	3648	0.058	3712
Kaliro - Kamuli	0.057	3648	0.057	3648	0.064	4096
Average Annual VOC		3622.40		3660.8		3942.40

Figura N°04: Resultado del Modelo RED para los COV en mototaxis en los caminos de estudio

Fuente: Mbabazi, Impacto de las condiciones de las carreteras sin pavimentar en los servicios de transporte rural (2019).

Economic unit	Cost: USD	Frequency	Cost per year: USD
New motorcycle	1184.21	4 year life span	592.11 ^a
Fuel	1.18	Every 30 km	2526.31
Lubricant	3.82	Weekly	198.42
Tires	48.68	Every 8 weeks	316.45
Service and other repairs	6.58	Weekly	342.11
Total			3975.39

Figura N°05: VOC actual para mototaxis en el Este de Uganda.

Fuente: Mbabazi, Impacto de las condiciones de las carreteras sin pavimentar en los servicios de transporte rural (2019).

Teniendo como conclusión: que teniendo en cuenta su propuesta inicial de estimar los COV para los mototaxis por los cambios en el estado de la carretera; y comparar estos con los costos reales. Al saber que el estado de los caminos de grava sufre un deterioro rápido en la ausencia de trabajos de mantenimiento. Esto se evidencia en el deterioro fuerte de las carreteras en estudio de 2017 a 2018 cuando cesó el plazo de contactos de mantenimiento. El estudio muestra claramente que los cambios en las condiciones de las carreteras de grava afectan el COV de los mototaxis que transitan en el este de Uganda. El aumento de los COV es aún más marcado con un deterioro de bueno a regular o malo, como fue el caso de 2017 a 2018. Esto destaca la necesidad de un

mantenimiento continuo de los caminos de grava a través de nivelación, mejora de puntos y otros mantenimientos de rutina. Además, la diferencia entre los costos reales en los que incurren los pasajeros de los mototaxis en 2018 y la estimación de RED subraya la necesidad de calibrar los modelos utilizados para las condiciones locales para diferentes áreas, incluso en el mismo país. (Mbabazi, 2019)

Tamura Koichiro, Nakagawa Joshiya, Kadooka Seiji, Kimura Makoto (2012), en su investigación titulada: “Eficacia de la mejora de carreteras rurales mediante el método “Do- nou” en países en desarrollo: Análisis económico con modelos RED” evalúa el impacto económico para carreteras rurales mediante el método Do-nou aplicando el RED, tiene el objetivo principal estimar el impacto económico del método Do-nou para la mejora de los caminos rurales. A través de la comparación del método Do-nou con otros métodos de mejora y evaluar las condiciones en las que se puede aplicar eficazmente.



Figura N°06: Trabajos de construcción del Método Do-nou en Ghana.

Fuente: Tamura, Nakagawa, Kadooka & Kimura, Eficacia de la mejora de carreteras rurales mediante el método “Do-nou” en países en desarrollo: Análisis económico con modelo RED (2012).

Los autores concluyen con respecto a la serie de análisis utilizando el modelo RED mostró hasta qué punto la alternativa Do-nou resulta ser la mejor opción en la condición hipotética del proyecto. Según el resultado, se puede elegir el método Do-nou para carreteras con AADT

que van de 50 a 75, aunque esto depende del estado inicial de las carreteras. El método Do-nou es más adecuado para carreteras con un IRI más alto en su estado inicial. Cuando no hay suficientes presupuestos para invertir, la alternativa Do-nou se puede utilizar en tramos de carreteras de mayor tráfico como sustituto del pavimento bituminoso.

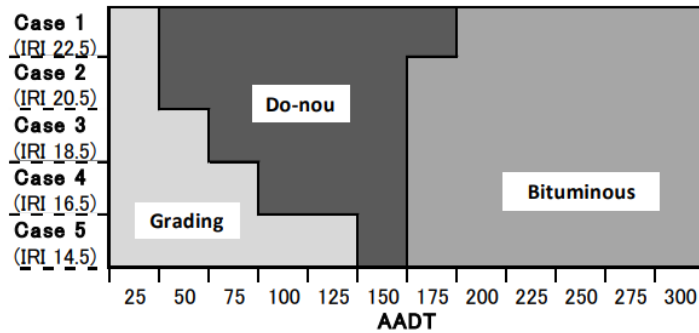


Figura N°07: Relación entre condición inicial y elección de alternativa.

Fuente: Tamura, Nakagawa, Kadooka & Kimura, Eficacia de la mejora de carreteras rurales mediante el método “Do-nou” en países en desarrollo: Análisis económico con modelo RED (2012).

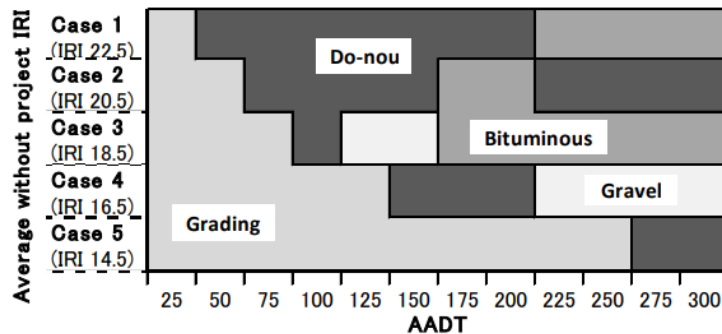


Figura N°08: Relación entre la condición inicial y la elección de la alternativa con una restricción presupuestaria del 70%.

Fuente: Tamura, Nakagawa, Kadooka & Kimura, Eficacia de la mejora de carreteras rurales mediante el método “Do-nou” en países en desarrollo: Análisis Económico con modelo RED (2012).

Una conclusión general con respecto a la aplicación eficaz del método Do-nou en las carreteras con bajos volúmenes de tráfico (menos de 200 AADT) pueden mejorarse mediante la instalación puntual de Do-nou en secciones mal acondicionadas, ya que el método muestra los valores

de VAN positivos en dichas secciones. Por ejemplo, en una carretera con 75 AADT, se puede recomendar que Do-nou se use solo para secciones superiores a IRI 18.5 como promedio anual (como ejemplo secciones que tienden a convertirse en lodo) y las secciones restantes deben mantener en tierra y nivelarse periódicamente. Además, Do-nou se puede utilizar como una opción de pavimento para carreteras con un volumen de tráfico relativamente alto, cuando el presupuesto del proyecto es limitado. (Tamura, Nakagawa, Kadooka, & Makoto, 2012)

(Fungo, 2018), en su tesis “Mejora de la infraestructura vial para una utilización eficiente del Potencial Agrícola - Tanzania” tiene como objetivo establecer la relación entre producción agrícola, precio de transporte y costo de transporte para desarrollar un marco de evaluación vial que da cuenta de beneficios agrícolas, para permitir una mejor decisión en la asignación de recursos para la inversión en la infraestructura vial rural. Finalmente se determinó la diferencia entre el precio del transporte y el costo de transporte siendo mayor en viajes a corta distancia, Por otra parte, disminuye a medida que la distancia del viaje aumenta, esto ocurre debido a que al modelar el COV la utilización del vehículo en los modelos RED y HDM-4 se mantuvieron constantes independientemente de la distancia de viaje.

2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables del estudio

2.2.1 Gestión Vial

Es la administración de la infraestructura vial, la que comprende las funciones de planificar, organizar, dirigir, coordinar, ejecutar y controlar la infraestructura vial terrestre. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2006)

El término gestión de pavimentos se usa para describir la administración de redes de supercarreteras, carreteras y calles con superficies pavimentadas, mientras que el término gestión de superficies de carreteras y calles, o solamente gestión de superficies, se utiliza para describir la gestión de redes de carreteras y calles con superficies pavimentadas y no pavimentadas. Muchos de los principios son los mismos para ambos sistemas de gestión, sin embargo, la gestión de superficie sin pavimentar utiliza un sistema de administración de

trabajos sin predecir la condición y tiene menos consideraciones en los impactos de las medidas a tomar sobre las condiciones. (De Solminihac, 2005). En un sistema de gestión vial (SGV), involucra varios procesos como el diseño, la construcción, evaluación, rehabilitación, elementos de red, optimización en los costos sociales, etc. El objetivo final de la gestión de infraestructura es poder manejar todos estos elementos a través de un conjunto complementario de actividades que permitan un funcionamiento armónico de la infraestructura. Un trayecto no puede estar en perfecto estado si los elementos complementarios tienen un deterioro a gran escala. En definitiva, el comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede comenzar con su elemento más importante, el pavimento, pero en forma progresiva deben ir agregándose la herramienta que permita gestionar la conservación de todos los demás elementos que entregan al usuario una operación segura y de bajo costo. (De Solminihac, 2005).

2.2.2 Modelos de Gestión vial

Plataformas con las que tenemos ayuda para poder introducir datos y mediante un proceso se obtienen los parámetros según normas.

2.2.2.1 Modelos de simulación urbana

a. Modelos de demanda – Micro simulación

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

Estos modelos son empleados para proyectos no estructurantes, es decir, proyectos puntuales o ejes viales que tienen poco impacto en las reasignaciones de flujos vehiculares en la malla vial. (Ministerio de Economía Y finanzas, 2015)

b. Modelos de demanda – Macro simulación

Estos modelos simulan el comportamiento de un sistema de transporte urbano. Permite modelar las interacciones entre la demanda y la oferta, y solucionarlas simultáneamente para obtener el patrón de flujos en la red y un conjunto de niveles de servicio consistentes. Estos modelos pueden representar más de un tipo de tránsito y las interacciones entre estos. (Ministerio de Economía Y finanzas, 2015).

2.2.2.2 Modelos para estimar beneficios sociales

Los modelos de simulación para propósitos de estimar el consumo de recursos operacionales de vehículos y tiempos de viaje, velocidades de operación, o incluso el deterioro de pavimentos debido al flujo vehicular, son utilizados para obtener los beneficios sociales de un proyecto y con ello permitir su evaluación económica. En el caso que se utilice el modelo HDM VOC del Banco Mundial, debe considerarse la tipología vehicular representativa del área de estudio. Puede también utilizarse el modelo HDM IV, pero considerando congestión para representar el caso de vehículos en flujo interrumpido.

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

El uso de estos modelos deberá ser de aplicación al desarrollo de proyectos cuyas vías cumplan la función de estructurantes dentro de la red vial urbana y que originan reasignaciones de flujos vehiculares importantes; mientras que, para las vías no estructurantes, a nivel de perfil, no será necesario el uso de estos modelos. En general su uso y aplicación está dirigido a estudios de pre inversión cuyo nivel de estudio sea la factibilidad; con excepción de las vías estructurantes. (Ministerio de Economía Y finanzas, 2015).

2.2.2.3 Modelos del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)

Según la guía para la formulación de proyectos de inversión exitosa para caminos vecinales tiene como fin orientar y facilitar la elaboración de un perfil para ser evaluado bajo los procedimientos del SNIP. Es aplicable a los estudios de pre inversión para los proyectos de rehabilitación y mejoramiento de caminos vecinales que cumplan ciertas características:

- Caminos de bajo tráfico ($IMD < 100$ veh/día).
- Mejoramientos y/o rehabilitaciones que puedan alcanzar nivel de afirmado en la superficie de rodadura.
- Problemas solucionables con mejoramiento de drenaje u obras cuya inversión no sea más del 15% del costo total de la obra.
- No contempla problemas de expropiaciones.
- No genere alto impacto socio-ambiental.
- No presente existencia de restos arqueológicos.

Mencionaremos algunas de las evaluaciones que se toman en cuenta en todo el proceso de la guía:

a. Evaluación económica

Identifica claramente las situaciones “sin proyecto” y “con proyecto”. La primera corresponde a la capacidad real optimizada de la vía. La segunda, a la condición en que quedará el camino vecinal después de la ejecución del proyecto. La evaluación de un proyecto considera, exclusivamente, el diferencial de beneficios y costos entre las situaciones con y sin proyecto, así se determina el valor incremental.

b. Evaluación social

En este caso los costos y beneficios del proyecto se establecen de un punto de vista social, la evaluación de un proyecto de inversión pública (PIP) de mejoramiento se efectúa con la metodología costo/beneficio, mientras que en un proyecto de rehabilitación se efectúa con la metodología costo/ efectividad. Si el PIP tiene ambos tipos de intervenciones, se realiza la evaluación diferenciando los

costos de mejoramiento y los de rehabilitación para aplicar las correspondientes metodologías.

c. Evaluación de mejoramiento de caminos: metodología costo/beneficio

- Cálculo de los indicadores de rentabilidad social

- Calcula los indicadores de rentabilidad social (VAN, TIR) para cada una de las alternativas que se están evaluando.

d. Evaluación de rehabilitación de caminos: metodología costo/efectividad

- Actualización de flujo de costos, este valor se denominará VAC (valor actual de los costos a precios sociales) y estará expresado en nuevos soles.

Luego, calcula el indicador de Costo-Efectividad(C/E), para cada alternativa, dividiendo el VAC entre la población beneficiada.

$$C/E = \frac{VAC}{\text{población beneficiada}}$$

La población beneficiada corresponde a la población promedio de los 10 años de horizonte de evaluación del proyecto.

Para caminos vecinales se establece la siguiente línea de corte.

$$\text{línea de corte } C/E = \frac{S/.300}{\text{habitante}}$$

El indicador C/E de las alternativas no deberá ser mayor a la línea de corte establecida. En caso fuera mayor la alternativa será rechazada.

Selección de la mejor alternativa

Se sigue este procedimiento luego del análisis previo:

Si la metodología de evaluación es costo/beneficio, se priorizan las alternativas en base al mayor beneficio social (VAN). Participan solo las alternativas que presentan un VAN positivo.

En caso ninguna alternativa presente un VAN positivo, recomienda llevar a cabo las acciones planteadas en la situación base optimizada, lo que implica acciones de mantenimiento.

Si la metodología de evaluación es costo/efectividad, priorizar las alternativas con el menor indicador C/E y que esté por debajo de la línea de corte.

2.2.2.4 Sistema nacional de inversión pública SNIP

El SNIP, es un instrumento del Estado que permite la mejor utilización de los recursos públicos destinados a la inversión que se crea para tratar de resolver graves problemas en “Proyectos Malos”, que no se hubieran ejecutado de haber sido evaluados previamente, evitando desperdicio de recursos como en:

- Proyectos no sostenibles, por ejemplo, sin mantenimiento.
- Proyectos no rentables, cuando sus costos son mayores a los beneficios.
- Sobredimensionamiento de la inversión necesaria.
- Proyectos sin integración y que implican duplicidad de esfuerzos, por el desconocimiento del sector respecto a los proyectos que ejecutan sus unidades u otras entidades del estado, falta de integración y de visión a largo plazo.

Estructura del SNIP:

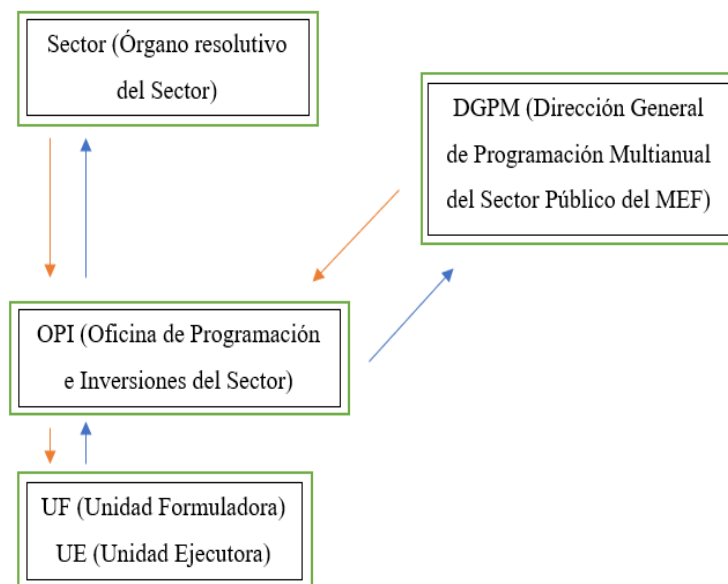


Figura N°09: Estructura del Sistema Nacional de Inversión Pública.

Fuente: MINSA, Oficina General de Planeamiento y Presupuesto (2019)

Cuando formulan los sectores del gobierno nacional (Órgano resolutivo: ministro) quien evalúa y aprueba es el OPI de cada sector.

Cuando formulan los gobiernos regionales (Órgano resolutivo: presidente regional) quien evalúa y aprueba es el OPI de cada gobierno regional.

Cuando formulan en cada gobierno local (Órgano resolutivo: alcalde) quien evalúa y aprueba es la OPI de cada gobierno local.

Solos los PIP con endeudamiento o que requieran el aval o garantía del estado, serán evaluados por la DGPM – MEF.

Para solucionar dichos problemas el SNIP propone:

- Evaluar todos los proyectos de inversión pública a fin de que se determine su viabilidad, como requisito previo a su ejecución y se realice una evaluación posterior, para determinar si se alcanzaron los beneficios proyectados.
- Utilizar mecanismos de información compartida que permitan evitar cruces y duplicidades.
- Establecer la autoridad de los sectores sobre las funciones que tienen a su cargo.
- Efectuar ejercicios de programación multianual.

El SNIP propone que se utilice el “Ciclo del Proyecto”, herramienta mundialmente utilizada para mejorar la calidad de la inversión.

- Para contar con proyectos útiles y efectivos, es decir que resuelvan los problemas de la población.
- Para que los PIP’s estén bien dimensionados y sean sostenibles (asegurar la provisión ininterrumpida del Estado).
- Para que el costo de los PIP’s estén bien sustentados (costos de operación y mantenimiento adecuados) y exista una mayor transparencia.
- El SNIP busca que las inversiones tengan la mayor rentabilidad social.

Características del SNIP:

- Es Integral, se aplica a todo tipo de PIP, fuente de financiamiento y entidad del estado.

- Es de carácter técnico, supone una reivindicación de la denominada “cultura de proyecto”, a través de la obligatoriedad del ciclo de vida del proyecto.
- Tiene un carácter neutral, asegura y certifica la calidad, viabilidad y sostenibilidad de los PIP, pero no prioriza ni asigna recursos (funciones de los sectores y regiones).
- Es de carácter desconcentrado, actúa a través de órganos sectoriales y unidades en cada entidad.
- Tiene un carácter participativo, pues está basado en un enfoque de demanda: la identificación de problemas y formulación de los PIP corresponde a las Unidades Formuladoras (UF).

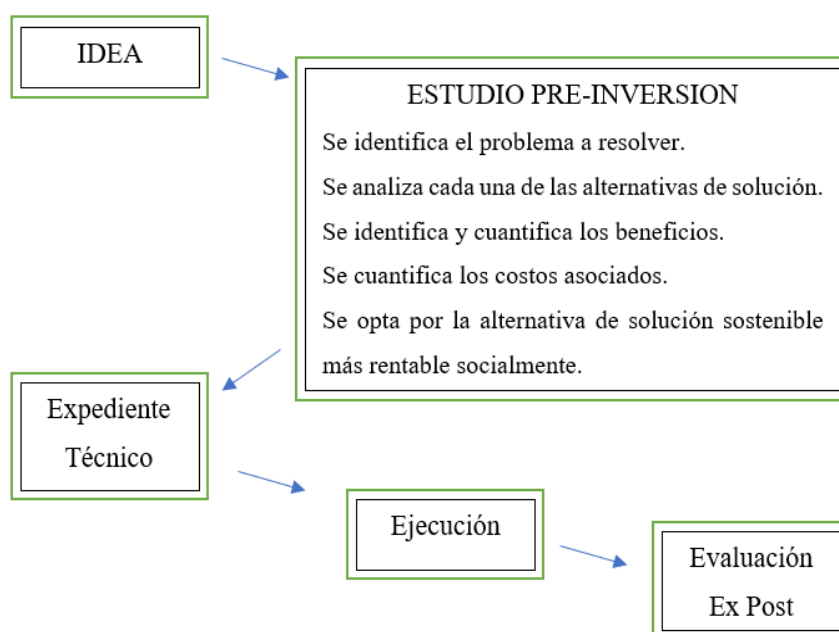


Figura N° 10: Ciclo de un “Proyecto Bueno”.

Fuente: MINSA, Oficina General de Planeamiento y Presupuesto (2019).

Un proyecto se declara viable cuando a través del estudio de pre inversión ha demostrado ser:

- Socialmente rentable: los beneficios son mayores a los costos.
- Sostenible: recursos para operación y mantenimiento, aceptación de la comunidad, etc.
- Compatibilidad con las políticas sectoriales nacionales, regionales y locales: Enmarcados en los esfuerzos y prioridades del país. (Municipalidad de San Isidro, 2019).

2.2.2.5 Aplicativo Invierte Perú

Es el nuevo sistema de la inversión pública, este nació mediante el decreto legislativo N° 1252 el 01 de diciembre de 2016, y entró en vigencia desde el 24 de febrero del año 2017, un día después de la publicación oficial de su respectivo reglamento.

Los ejes de reforma del sistema de inversiones:

- Énfasis en la programación multianual de inversiones (PMI) orientado al cierre de brechas de infraestructura y acceso a servicios prioritarios.
- Simplificación de la formulación y evaluación de proyectos de inversión.
- Desburocratización de los procesos y procedimientos de inversión pública.
- Establecimiento de un sistema de seguimiento y evaluación de la inversión pública”. (Municipalidad de San Isidro, 2019)

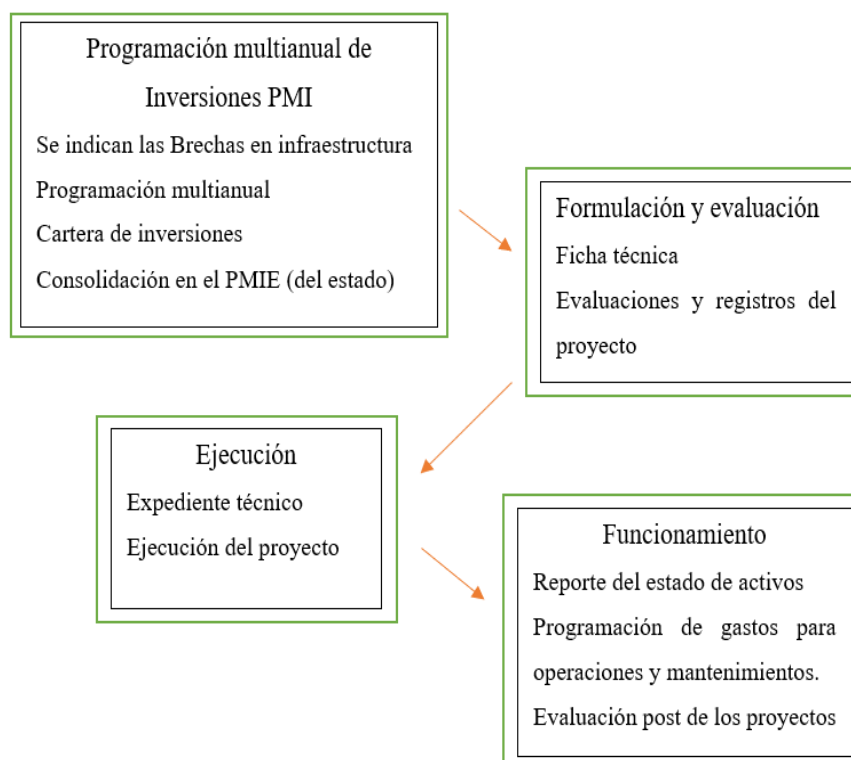


Figura N°11: Mapa conceptual del alcance del Invierte Perú.

Fuente: MINSA, Oficina General de Planeamiento y Presupuesto (2019).

2.2.2.6 Modelo RONET

El modelo RONET (Road Network Evaluation Tools) fue desarrollado en la década del 2000 para evaluar planes de mantenimiento en caminos pavimentados y no pavimentados. El programa está dirigido a quienes deben tomar decisiones a fin de poder apreciar el estado actual de la red vial, su importancia relativa para la economía y para calcular un conjunto de indicadores de seguimiento para evaluar el desempeño de la red vial. Para ello, el programa considera la evaluación de la rugosidad del camino como el principal indicador de la condición de desempeño que se puede obtener de las estimaciones subjetivas. La condición del camino se relaciona con los requisitos de mantenimiento periódico y rehabilitación. Considerando estas tres suposiciones básicas, el programa puede estimar el costo mínimo de mantener la red en su condición actual, y el ahorro o el costo económico de mantener la red a diferentes niveles de servicio. El estándar de mantenimiento óptimo para cada clase de camino se selecciona como la opción con mayor Valor Actual Neto (VAN). Por último, el programa puede determinar el déficit de financiamiento que existe entre el gasto actual en mantenimiento y el gasto requerido para el mantenimiento, cuantificando el efecto del bajo aumento de los costos de transporte. (Echaveguren, Chamorro, & De Solminihac).

2.2.2.7 Modelo RONIS

RONIS (Road Network Investment System) fue desarrollado en la Universidad de Waterloo, Canadá, para evaluar inversiones en mantenimiento de caminos pavimentados y no pavimentados. El sistema considera tres módulos: análisis de necesidades de mantenimiento y datos de entrada (ICAM), análisis económico (ECAM) y optimización heurística (HAM). Para determinar las necesidades de mantenimiento utiliza un modelo de comportamiento con el cual calcula la vida de servicio remanente. Para caminos no pavimentados, el modelo de comportamiento utiliza un modelo de recarga de material calibrado en base a datos de diversos países y el modelo de pérdida de grava Visser.

El sistema evalúa el efecto de tres opciones de mantenimiento (recarga de material de 5,10 y 15 cm) y la posibilidad de pavimentación. El módulo de análisis económico calcula el beneficio como el ahorro en costos de operación vehicular. Para definir un plan de inversión a nivel de red utiliza un proceso de optimización heurístico de tres etapas. En la primera etapa asigna operaciones de mantenimiento a cada tramo en función de su vida de servicio remanente y calcula el presupuesto total para ello. Utiliza un análisis marginal para determinar las mejores operaciones de mantenimiento y calcula la inversión anual. En la segunda etapa realiza reasignación de las inversiones de mantenimiento tal que la inversión anual no supere la restricción presupuestaria anual. En base a los resultados de la etapa anterior, en la tercera etapa el sistema evalúa la condición promedio de la red después de la inversión en mantenimiento y prepara una lista priorizada de inversiones, incluyendo los tramos de camino que no requieren manutención. (Echaveguren, Chamorro, & De Solminihac).

2.2.2.8 Sistema de Gestión MDS

El sistema de Diseño y mantenimiento de caminos no pavimentados (MDS) fue desarrollado en Sudáfrica por Visser. Contiene modelos de pérdida de grava, progresión de la rugosidad y rugosidad después de Re perfilado integrados a un proceso de evaluación económica que permite definir necesidades de mantenimiento y pavimentación. El sistema considera tres etapas de análisis: en la primera etapa realiza un ranking de estrategias de Re perfilado por secciones individuales uniformes del camino en términos del costo total; en la segunda etapa el sistema optimiza la estrategia de Re perfilado para una red de caminos no pavimentados sujeta a las restricciones del presupuesto y requisitos de transitabilidad de algunos caminos, en la tercera etapa define el momento adecuado para pavimentar caminos según volumen de tráfico. (Echaveguren, Chamorro, & De Solminihac).

2.2.2.9 Sistema de Gestión STEPS

Chamorro y Tighe desarrollaron el sistema de gestión para caminos no pavimentados denominado STEPS. El sistema integra aspectos sociales, técnicos, económicos, de política y ambientales para evaluar el mejoramiento de caminos no pavimentados en su ciclo de vida. El sistema contempla un modelo de comportamiento probabilístico en base al índice de condición ICNP calibrado en Chile. El sistema realiza evaluaciones en tres niveles: estratégico, de red y de proyecto. A nivel estratégico define los objetivos estratégicos en las dimensiones social (accesibilidad y movilidad), técnica (estándar mínimo de la red), económica (restricción presupuestaria) además de los objetivos de política y sustentabilidad. A nivel red, define las necesidades de mantenimiento para satisfacer los objetivos estratégicos. Para ello, en la dimensión social utiliza el índice de accesibilidad rural; a nivel técnico determina la condición de la red y las necesidades de mantenimiento; a nivel económico los costos de las operaciones de mantenimiento; a nivel de política define el horizonte de evaluación y las restricciones ambientales. Asimismo, a nivel de red optimiza el plan de mantenimiento en términos de la minimización del costo en el ciclo de vida sujeto a restricción presupuestaria. A nivel de proyecto realiza el análisis económico de un conjunto de estrategias de mantenimiento, usando para ello el análisis costo-beneficio. (Echaveguren, Chamorro, & De Solminihac).

2.2.2.10 Sistema de Gestión CRVA

Este sistema, denominado genéricamente CRVA (Conservación de la Red Vial Austral) fue desarrollado en la Universidad de Concepción de Chile. Posteriormente, González lo implementó en un soporte computacional y Arévalo le adiciono un módulo de evaluación ambiental detallado para niveles de red y de proyecto. El sistema tomaba los modelos de deterioro elaborados por Visser, para integrarlos a un sistema de gestión que permitía, luego de determinar las necesidades de mantenimiento, la selección de estrategias de mantenimiento, la moderación de los costos de operación de los

usuarios, y la proposición de alternativas de mantenimiento a nivel de red.

El sistema estaba configurado por tres módulos: base de datos, predicción de estado y programa de mantenimiento. El módulo de la base de datos consideraba un proceso de ramificación de la red en base a la inspección de los deterioros presentes en caminos de ripio y tierra identificados por Aránguiz y al modelo de levantamiento de la información de tránsito de la red. Los deterioros considerados fueron: calaminas, ahuellamiento, pérdida de material, baches, estructuras anexas. El módulo de predicción de estado consideraba la progresión temporal del estado de la red en términos de un índice global de deterioro (IGD) que agregaba los modelos de deterioro desarrollados por Visser en MDS, y un estándar de intervención para determinar las necesidades de mantenimiento de la red. El módulo de priorización considero un proceso de priorización en base al método AHP de análisis multicriterio, considerando para ello los criterios: económico, estado de la carpeta de rodadura, condiciones ambientales, e importancia del tramo en la red. (Echaveguren, Chamorro, & De Solminihac).

2.2.2.11 Aplicativo HDM

El Modelo HDM (Highway Design and Maintenance Standards Model) desarrollado por el Banco Mundial, es usado para realizar comparaciones y evaluaciones económicas de diferentes opciones que se puedan plantear para una vía que se pretenda rehabilitar o construir, y más aún para un grupo de vías (Red Vial), en la cual se puede considerar diferentes estrategias en diferentes momentos. El modelo permite de una manera rápida conocer los costos y beneficios totales involucrados para una o varias alternativas, año por año, para un periodo no mayor a 30 años, descontando a unas tasas de interés los valores futuros y realizando las comparaciones en términos de tasa interna de retorno (TIR), valor presente neto (VPN) y beneficios en el primer año, considerando moneda constante a precios de un año base. El hecho tangible de la rapidez con la que el modelo realiza los análisis y presenta resultados justifica plenamente su uso, dada su importancia,

en este trabajo se presenta un compendio de los conceptos básicos necesarios para el uso del modelo y un ejemplo de aplicación del mismo. (Posada Henao, 1999)

El objetivo del programa es el de optimizar el coste del transporte por carreteras, entendido este como la suma de los costes asumidos por el estado y los costes generados sobre los usuarios. Dentro de los costes de la administración hay que incluir los derivados de la construcción de la carretera y su posterior conservación y mantenimiento. Para el usuario, los costes se evalúan en términos de costes de operación del vehículo: consumo de combustible, coste del tiempo de viaje, costes derivados de accidentes, etc. En particular, el HDM permite evaluar ambos flujos de costes para un determinado periodo de análisis. (Nuñez & Perez, 2005)

ENTRADA DE DATOS EN EL MODELO HDM

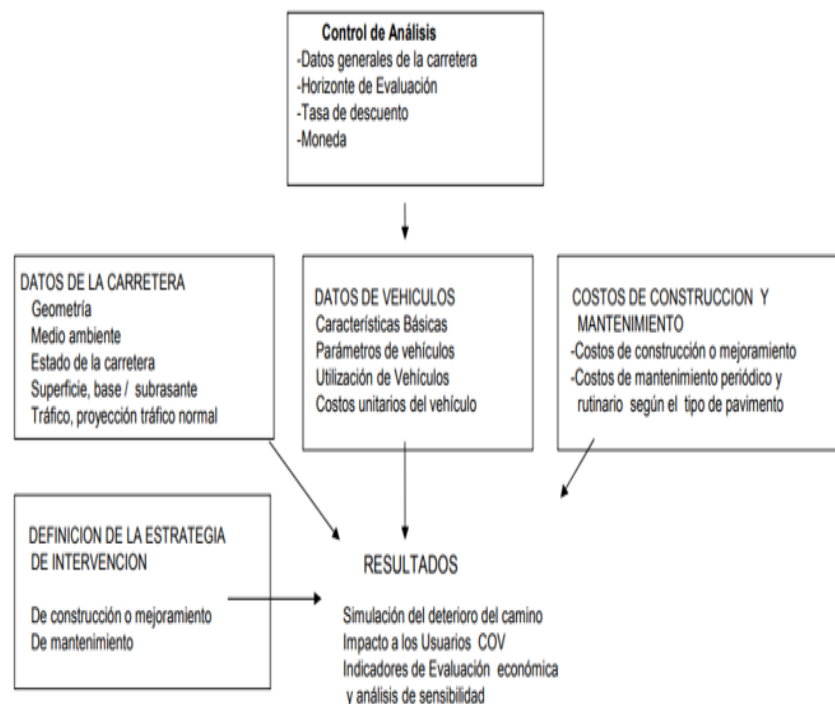


Figura N°12: Entrada de datos en el Modelo HDM.

Fuente: MEF, Modelo HDM (2012).

2.2.2.12 Aplicativo Road Economic Decision (RED)

El modelo de evaluación económica de caminos de bajo volumen de tránsito ha sido desarrollado por el Banco Mundial para el programa “Africa Sub-Saharan Africa Transport Policy Program (SSATP)”, la versión 1.0 fue completada en 1999, la versión 3.2 fue actualizada en 2004 y la versión 4.0 se actualizó en 2018. El modelo RED está siendo usado a nivel de proyecto y a nivel de red en países como Nicaragua, Turquía, Ecuador, Cambodia, Yemen, Etiopía, Argentina, etc.

El modelo RED permite hacer una evaluación para determinar los programas de intervención de conservación en caminos no pavimentados con un IMDA menor a 300, se apoya en algunos procesos del HDM, como es los costos de operación vehicular (COV). El modelo RED versión 3.2 será tratado a detalle en el siguiente capítulo.

2.2.3 Aplicativo Road Economic Decision (RED)

El Modelo para la evaluación económica de caminos ha sido desarrollado para la evaluación económica de proyectos de mejora y mantenimiento de caminos de bajo volumen de tráfico entre 50 y 300 vehículos por día. Este programa ha sido desarrollado como un conjunto de hojas de Excel que tiene en cuenta las características de tales vías, es decir, variabilidad de las condiciones de la superficie durante las estaciones del año, incertidumbre con respecto a los recuentos de tráfico o sobre la condición futura de la carretera debido a la disponibilidad de fondos para mantenimiento. El uso de otros modelos como el estándar de diseño y mantenimiento de carreteras (HDM-III) o el Modelo de Gestión y Desarrollo de Carreteras (HDM 4), es extremadamente difícil en un contexto de escasa información, y sobre todo en carreteras sin asfaltar cuyo estado puede ser muy variable. (Roca & Agosta, 2011).

El modelo RED simplifica el proceso y proporciona los siguientes beneficios:

- a. Reduce los datos de entrada necesarios para carreteras con poco tráfico.
- b. Se tiene en cuenta el mayor grado de incertidumbre que caracteriza a estos datos de entrada.

- c. Indica claramente los supuestos realizados, especialmente los relativos a la evaluación del estado de las carreteras y las previsiones de desarrollo económico (tráfico inducido).
- d. Calcula automáticamente el aumento del tráfico relacionado con la disminución de los costos de transporte sobre la base de un valor dado de la elasticidad precio de la demanda.
- e. Cuantifica los costos económicos asociados con el número de días en el año en el que los vehículos se ven dificultados por el deterioro significativo de las condiciones de la carretera.
- f. Utiliza otros parámetros para definir el nivel de servicio de las carreteras a bajo tráfico (velocidad de vehículos y viabilidad de carreteras).
- g. Permite incluir en el análisis los arreglos realizados para mejorar la seguridad.
- h. Incluye otros beneficios (o costos), relacionados con el tráfico no motorizado, a la prestación de servicios sociales y el impacto ambiental.
- i. Conduce a plantear problemas desde una nueva perspectiva; por ejemplo, en lugar de preguntar cuál es la tasa de retorno de una inversión, uno puede preguntar cuál es el importe máximo de una inversión económicamente justificada, correspondiente a un cambio deseado en el nivel de servicio, inversiones adicionales justificándose por su impacto social en otras áreas.
- j. Presenta los resultados con análisis de sensibilidad, valores críticos y análisis riesgos estocásticos.
- k. Presenta el modelo de evaluación en una hoja de cálculo Excel para explotar las características y herramientas integradas como objetivos de búsqueda, escenarios, solucionadores, análisis de datos y otros elementos de análisis. (Archondo, World Bank, 2004).

Las principales simplificaciones del modelo RED ante los modelos HDM es que considera un nivel de servicio medio constante durante el periodo de análisis para los casos sin y con proyecto mientras que los modelos HDM incluyen ecuaciones de deterioro de camino, otras son:

- a. Dificultad en medir o estimar la rugosidad de los caminos no pavimentados.
- b. Cambios estacionales en la condición de caminos y en la transitabilidad.
- c. Dificultad en determinar las frecuencias de operaciones de nivelación.

- d. Naturaleza cíclica de la condición del camino bajo una determinada política de mantenimiento.
- e. Conveniencia en definir niveles de servicio con parámetros anuales de rugosidad.

El software RED está compuesto por una serie de libros de Excel que contienen una serie de hojas de entrada donde se colocan todos los datos iniciales, hojas de trabajo de salida donde se presentan los resultados y hojas de trabajo de soporte donde se realizan los cálculos. En la tabla N°02 se presenta los libros con las correspondientes hojas que iremos utilizando:

Tabla N°02. Libro de Excel que conforman el software RED

Nombre del archivo de Excel	Módulos de RED	Propósito
RED – Principal (versión 3.2) .XLS	Módulo Principal de evaluación.	Evaluación económica de un camino.
RED – HDM4 VOC (version3.2).XLS	Módulo de Costo de Operación Vehicular por HDM-4.	Definir la relación entre costos operativos de vehículos y velocidades de vehículos motorizados y no motorizados, rugosidad del camino para un determinado país, usando relaciones HDM-4.
RED – Riesgo (versión 3.2) .XLS	Módulo de análisis de riesgo.	Realizar análisis de riesgo utilizando distribuciones triangulares para los datos de entrada.
RED – Programa (versión 3.2).XLS	Módulo de evaluación de programa.	Evaluación económica de una red de tramos.

Fuente: Archondo, The RED software User Guide 3.2 (2004).

El libro de trabajo del módulo de evaluación principal evalúa una carretera a la vez y compara tres alternativas de proyecto con un caso sin proyecto, produciendo los indicadores económicos necesarios para seleccionar la opción más deseable y cuantificar sus beneficios económicos.

El módulo de costos operativos de vehículos HDM-4 se utiliza para definir la relación entre los costos de operación de vehículos motorizados y no

motorizados respecto a la velocidad y rugosidad de la carretera, usando ecuaciones de HDM-4.

El módulo de análisis de riesgos, interactúa con la evaluación económica principal que evalúa cientos de escenarios hipotéticos para producir el análisis de riesgo. La siguiente Figura N°13 presenta la interacción entre estos módulos del modelo RED.

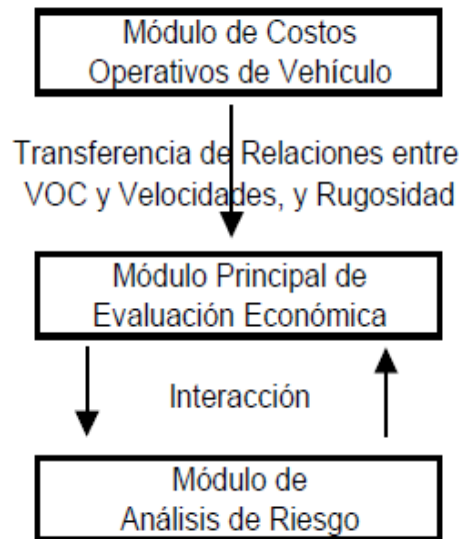


Figura N°13: Interacción entre el Módulo de Análisis de Riesgo y el Módulo de evaluación Principal.

Fuente: Archondo, The RED software User Guide 3.2 (2004).

También hay un libro de trabajo del módulo de evaluación de programas que evalúa varios caminos a la vez.

En la presentación de este software Road Economic Decision (RED) como ya se mencionó que cuenta con cuatro libros de Excel que se van a relacionar para la presentación de los resultados deseados, consideremos que desglosamos algunos de los libros para explicar el proceso de la selección y toma de data requerida.

En la Figura N°14 se muestra la relación entre las hojas de Excel de entrada, salida y el soporte.

Libro	Hojas			
Módulo Principal de Evaluación Económica RED - Principal (versión 3.2).XLS	Primera Hoja Logo	Hojas de Entrada Control y Seteo VOC y Velocidades Unitarios Tiempo y Accidentes Tránsito Indicadores Multi-Criterio Alter. Proyecto-Ppales. Caract. Alter. Proyecto-Otros Beneficios	Hojas de Salida Alter. Proyecto-Solución Gráfico - Valor Actual Neto Gráfico-Costos Totales de Soc. Alter. 1 - Viabilidad Alter. 1 - Impacto sobre Usuario Alter. 1 - Dist. de Beneficios Alter. 1 - Sensibilidad Alter. 1 Valores Intercambiados *** Ídem para Alter. 2 y Alter 3.	Hojas de Soporte Beneficios 0 Beneficios 1 Beneficios 2 Beneficios 3 Constantes Módulo1
Módulo de Costos Operativos de Vehículo HDM-III RED - HDM-III VOC (versión 3.2).XLS	Primera Hoja Logo	Hojas de Entrada Datos Básicos de Entrada Datos de Calibración Calcular Resultados	Hojas de Salida Coeficientes Velocidades VOC Comp. de HDM-III y Ecuaciones VOC y Velocidades Típicos	Hojas de Soporte Camino Macros - Global Macros - CUC
Módulo de Costos Operativos de Vehículo HDM-4 RED - HDM-4 VOC (versión 3.2).XLS	Primera Hoja Logo	Hojas de Entrada Datos Básicos de Entrada Datos de Calibración Calcular Resultados	Hojas de Salida Coeficientes Velocidades VOC Componentes de VOC Comp. de HDM-4 y Ecuaciones VOC y Velocidades Típicos	Hojas de Soporte Datos de Camino Datos de Flota de Vehículos Calibración de Flota de Vehículos Módulo1
Módulo de Análisis de Riesgo RED - Riesgo (versión 3.2).XLS	Primera Hoja Logo	Hojas de Entrada Datos Básicos de Entrada Calcular Resultados	Hojas de Salida Solución de Análisis de Riesgo Alter. 1 - Valor Actual Neto Alter. 2 - Valor Actual Neto Alter. 3 - Valor Actual Neto Alter. 1 - Tasa de Retorno Alter. 2 - Tasa de Retorno Alter. 3 - Tasa de Retorno Dist. de Datos de Entrada	Hojas de Soporte Factores de Riesgo Salidas de Riesgo Módulo1
Módulo de Evaluación de Programa RED - Programa (versión 3.2).XLS	Primera Hoja Logo	Hojas de Entrada Datos de Entrada del RED	Hojas de Salida Datos de Salida del RED Valor Actual Neto de Sección de C Presupuesto Ilimitado Límite de Presupuesto A Límite de Presupuesto B Límite de Presupuesto C Límite de Presupuesto D Límite de Presupuesto E Programa Recomendado Valor Actual Neto del Programa Multi-Criterio	Hojas de Soporte Capital Recurrentes Tránsito Rugosidad Beneficios Netos Nombres Condición Actual Alternativas

Figura N°14: Libros de trabajo y Hojas de trabajo de Excel por el modelo RED.

Fuente: Archondo, The RED Software User Guide 3.2.(2004).

Desarrollaremos el libro RED – Principal (Versión 3.2) que analiza una carretera en específico, que será considerado solo para el tema de desarrollo y procedimiento de explicación para dar a conocer el programa. Parte importante de este libro es que nos permite desarrollar en el siguiente libro RED – Programa (Versión 3.2) hasta 400 rutas a la vez ya que enlaza los costos de operación vehicular obtenidos, este último sería como un libro resumen del “Principal” que trabaja en la misma hoja las rutas, contándolas una por fila. El Módulo de Evaluación Económica Principal realiza la evaluación económica de hasta tres alternativas de proyectos para una carretera determinada. Se

definen las características actuales de la carretera, el tráfico y las características de cuatro posibles casos de mantenimiento o mejora, uno es el caso sin proyecto y los otros tres son posibles alternativas de proyectos. El modelo evalúa los costos totales de transporte de los cuatro casos y calcula los beneficios netos de las tres alternativas del proyecto en comparación con el caso sin proyecto.

En la primera hoja del Excel se presenta un pequeño resumen sobre el Software Road Economic Decision (RED) y un enlace directo para ir a las hojas de Salidas – Resultados - Outputs. (Ver Anexo 1)

Las 7 hojas que requieren de entradas de datos son:

- Control y configuración
- Unidad VOC velocidades
- Tiempo Accidentes
- Tráfico
- Indicadores de criterios múltiples
- Proyecto – Alternativa principales características
- Proyectos – Alternativa Otros Beneficios.

a. Control y Configuración

Control: La data y modificaciones que se desarrollaran dentro de las hojas de Excel solo deben ser sobre las celdas con sombreado amarillo (Ver Anexo 2)

En el Área de control solicita:

- Nombre del País / Código de Carretera / Nombre de la ruta / Moneda / símbolo de la Moneda / Fecha de la evaluación.
- Duración de estación húmeda.
- Factor de costos económicos de la Agencia Vial.
- Tasa de descuento anual.
- Periodo de Evaluación de 2-20 años.
- Año de la primera evaluación.
- Población atendida por la carretera.

Configuración: Se solicitan datos en función al país en estudio. (Ver Anexo 3)

En el Área de Configuración solicita:

- Tipo de vehículos, se dan hasta nueve tipos de vehículos.

- Tipo de terreno, se da tres opciones llano / ondulado / montañoso
- Tipo de camino, se da tres opciones Tierra / grava / pavimentado
- Considerar que luego solo se manejara los nombres generales para el tipo de terreno dependiendo cual se escoja (A/B/C) y para el tipo de camino (X/Y/Z).

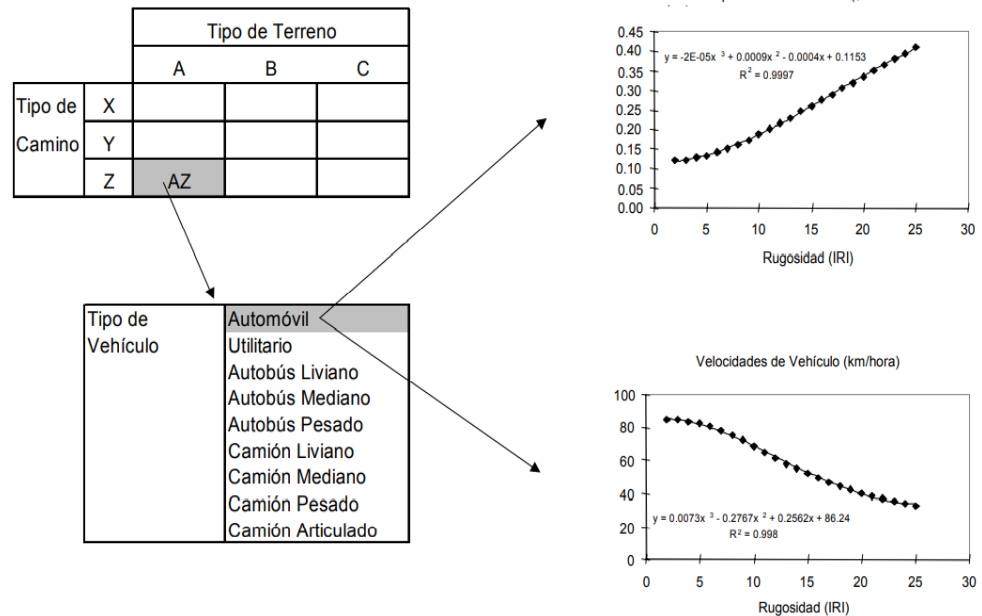


Figura N°15: Costos de operación del vehículo y velocidades en función de la rugosidad de la carretera para nueve tipos de carreteras por terreno y nueve tipos de vehículos.

Fuente: Archondo, The RED software User Guide 3.2 (2004).

En la selección de la condición de la carretera depende si se trabajara con la rugosidad del camino, con la velocidad de referencia o con ambos, considerando que para un terreno montañoso se recomienda la opción de ingresar tanto la rugosidad como la velocidad, porque en ese caso las velocidades de todos los vehículos no son una función de la rugosidad de la carretera, sino una función de la geometría de esta.

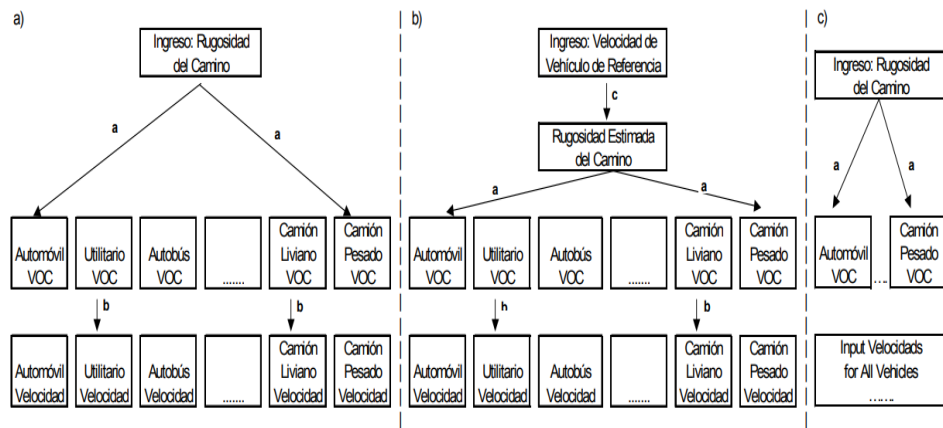
b. Unidad VOC Velocidades

En esta hoja se define la relación entre el costo de operación vehicular, velocidades y rugosidad para las nueve posibles combinaciones de tipos de terreno y camino para los nueve posibles modelos de vehículos. También se puede presentar la relación solo entre la rugosidad y la velocidad en referencia a estos nueve tipos de terreno y caminos. Considerar que nos

solicita generar los coeficientes en base a un vehículo de referencia adoptado para estimar la rugosidad como una función de la velocidad.

Estos se definirán en polígonos cúbicos para cada opción.

Aquí nos ayudaremos del modelo HDM 4VOC Version3.2(ver Anexo 4)



Ecuaciones para cada tipo de vehículo y cada tipo de terreno-camino:

- a) Costos Operativos de Vehículo = $a_0 + a_1 * \text{Rugosidad} + a_2 * \text{Rugosidad}^2 + a_3 * \text{Rugosidad}^3$
- b) Velocidad = $b_0 + b_1 * \text{Rugosidad} + b_2 * \text{Rugosidad}^2 + b_3 * \text{Rugosidad}^3$

Ecuación para cada de terreno-camino y para el vehículo de referencia definido:

- c) $\text{Rugosidad} = c_0 + c_1 * \text{Velocidad} + c_2 * \text{Velocidad}^2 + c_3 * \text{Velocidad}^3$

Figura N°16: Opciones para definir el estado de la carretera.

Fuente: Archondo, The RED software User Guide 3.2.(2004).

En el Área de parámetros por el HDM 4 solicita:

- Rugosidad de la carretera, en este caso las velocidades y los COV se estiman en función de esta rugosidad.

Para hallar los coeficientes solicita:

- La descripción de los tipos de terreno
- La descripción de los tipos de camino
- Características del camino
- Tipos de vehículos, y seleccionar de estos un vehículo de referencia.
- Características de la flota vehicular.

c. Tiempo Accidentes

En esta hoja se definen los costos de tiempo y accidentes, ya que el modelo calcula los beneficios debido a la reducción en los tiempos de viaje de los pasajeros, en los tiempos de retención de la carga, y en el número de accidentes. Para calcular los beneficios por la reducción de los accidentes se

puede colocar el costo general por daño o uno más detallado del costo por accidente separado con fatalidad, perjuicio o solo daño. (Ver Anexo 5)

d. Tráfico

En este entorno nos solicita ingreso de datos para la estación seca y para estación húmeda, del tránsito normal, generado e inducido y sus correspondientes razones de crecimiento. Considere que la información se debe ingresar indistintamente para la estación seca y húmeda.

Tránsito generado, es debido al decrecimiento de los costos de transporte, se ingresa como un porcentaje de tránsito normal, o a partir de la relación de elasticidad - precio de la demanda, esto es el aumento porcentual en los costos de transporte. En este caso se debe analizar este incremento para cada usuario del camino en consideración y no para todos los usuarios con el mismo origen y destino. (Ver Anexo 6).

Tránsito inducido, debido al desarrollo económico local se ingresa para cada alternativa de proyecto, tipo de vehículo y año. Esto ayuda al modelo a definir el año en que aparecerá este tipo de tránsito y las diferentes tasas de crecimiento de estas a lo largo del periodo de análisis.

Para el tránsito generado e inducido el modelo aproxima los beneficios calculándolos como un 50 % de la disminución en los costos de transporte, por cada unidad de tránsito generado o inducido. (Ver Anexo 6)

Tránsito desviado, es el tránsito que se da como alternativa para el paso del mismo origen y destino, el ingreso de la data se solicita en otra hoja del libro (Alter. De proyecto – Principales alternativas).

e. Indicadores de criterios múltiples

Esta hoja de trabajo almacena hasta 8 indicadores multicriterio para referencia futura. Puede cambiar la definición de los indicadores multicriterio e ingresar los indicadores correspondientes. Estos indicadores multicriterio no se están utilizando en el análisis económico realizado por RED; se recopilan aquí para referencia y análisis futuros. (Ver Anexo 7)

f. Proyecto-Alter. Principales características

Esta hoja de trabajo define las características de las cuatro alternativas de proyecto a evaluar. La primera alternativa es el caso sin proyecto que

representa una política y costos mínimos de la agencia vial (caso base). Las otras tres alternativas de proyecto son las que se comparan con el caso sin proyecto. Para todas las alternativas de proyecto, solicita: (Ver Anexo 8)

- Descripción del proyecto-alternativa.
- Código de tipo de terreno (A, B o C) y código de tipo de camino (X, Y o Z).
- Estado de la carretera durante el período de buena transitabilidad (estación seca) y, en su caso, durante el período de transitabilidad interrumpida (estación húmeda).

El estado de la carretera se expresa en términos de longitud de la carretera y rugosidad o velocidad de un vehículo de referencia o rugosidad y velocidades de todos los vehículos. La definición de cómo caracterizar el estado de la carretera se realiza en la hoja de trabajo “Control y configuración”.

g. Proyecto-Alter. Otros beneficios

Esta hoja de trabajo recopila otros beneficios netos para cada alternativa de proyecto que deben calcularse por separado. Puede ingresar, para cada proyecto-alternativa y año, otros beneficios netos como servicios sociales e impactos ambientales. Tenga en cuenta que los beneficios netos pueden ser positivos (beneficios adicionales en relación con el caso sin proyecto) o negativos (costos adicionales en relación con el caso sin proyecto).

2.3 Marco Normativo

2.3.1 Factores del Modelo Road Economic Decisión (RED)

Son todos los insumos necesarios relacionados con el programa de caminos. Para cada camino, se define el control de análisis y el tráfico, así como las características a ser evaluados como el estado del camino, costo de inversión - mantenimiento y tarifas por tipo de accidentes. (Archondo, World Bank, 2004).

2.3.1.1 Medios de Transporte de carga y pasajeros

Se identifican los caminos vecinales más importantes de la provincia para determinar los tipos de vehículos que circulan mayormente por ellos, el tipo de transporte que se brinda (pasajeros o carga), el nivel de interconexión del servicio ya sea local, interdistrital o interprovincial,

el tipo de vehículos que transitan por ellos (livianos o pesados) entre otras.

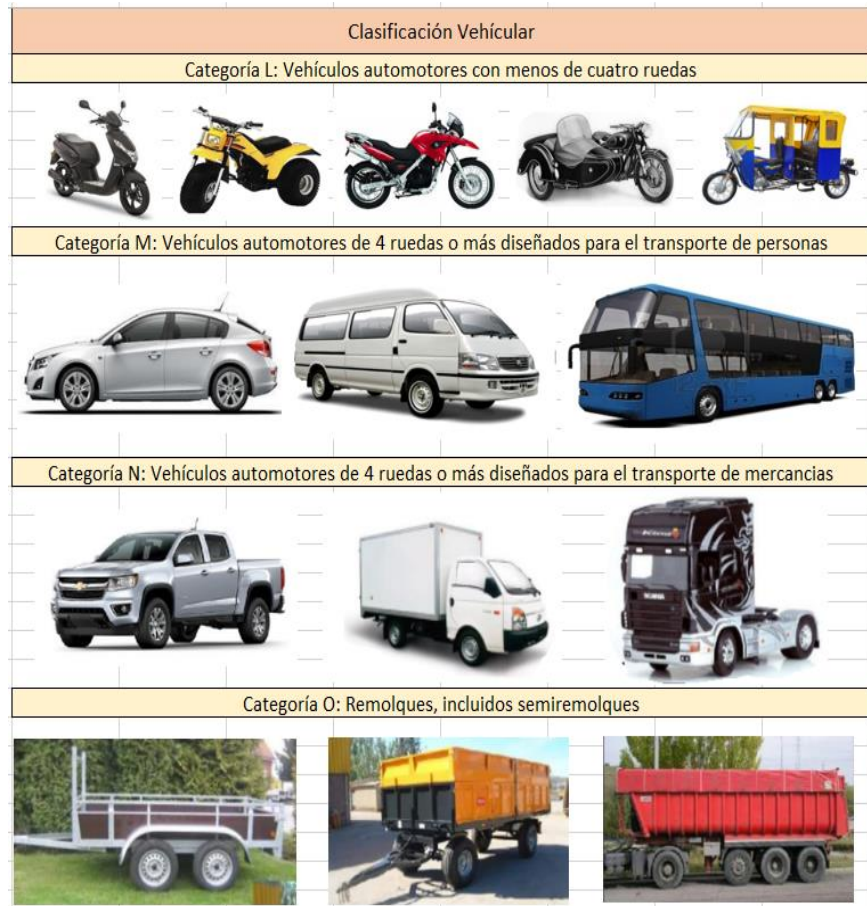


Figura N° 17: Clasificación vehicular en base a la AAP.

Fuente: Asociación automotriz del Perú (2018).

Con fines de evaluación y de programación de las intervenciones viales se recoge información asociada a las rutas de articulación económica de productos y turismo, referidos al transporte de carga y pasajeros expresados en volúmenes de carga, número de vehículos, fletes, número de pasajeros y tarifas de pasajes.

Complementariamente se analiza el flujo de transporte motorizado en las rutas identificadas como redes alimentadoras de los corredores logísticos o corredores locales, a partir del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) o Índice Medio Diario Anual (IMD), resultado de los conteos (aforos) por tipo de vehículo y las proyecciones al fin del periodo del plan. Esta información permitirá verificar la importancia de

las rutas de destino de los productos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017)

2.3.1.2 Tipo de Orografía

Tipo de terreno: Está referida a la topografía general del tramo e indica las dificultades para la operación del tránsito, especialmente de los caminos.

- Llano o Plano: Son tramos con pendientes suaves (< 3%) o moderadas (3-4 %) de corta longitud (< 0.5 km).
- Ondulado: Terrenos con pendientes moderadas y frecuentes; con pendientes longitudinales entre 3 y 6 %, pero en longitudes no muy grandes (< 1 km).
- Accidentado o Montañoso: Pendientes longitudinales fuertes y frecuentes, comprendidas entre 6 y 8 %.
- Pendientes críticas o Escarpado: Se refiere a casos especiales en los cuales existe una obediencia tan fuerte y larga que amerita considerarla como una sección particular en el tramo. Son pendientes mayores al 8 % y con longitudes superiores a los 5 km. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015)

2.3.1.3 Tipo de Superficie de rodadura

a. Superficie de Rodadura Pavimentada

Parte del pavimento que contacta con las llantas de los vehículos que transitan por la vía (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2006).

Pavimentos flexibles

- Compuestos por capas granulares (sub base y base drenante) y una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.
- Compuestos por con capas granulares (sub base y base drenante) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según sea necesario.

Pavimentos semirrígidos

conformados con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido, se ha incluido también los pavimentos adoquinados.

Pavimentos rígidos

Está conformado por losa de concreto de cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

b. Superficie de Rodadura No Pavimentada

Ya que estas cuentan con capas superiores y superficie de rodadura las podemos separar en las siguientes:

- Caminos de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- Caminos de grava (Lastrados), constituidos por una capa de revestimiento con material natural pétreo, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75mm.
- Caminos afirmados, constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos(zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo deseable del material 25mm.

Los caminos afirmados comprenden los siguientes tipos:

- Caminos afirmados con gravas naturales o zarandeadas.
- Caminos afirmados con gravas homogeneizadas mediante chancado.

Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:

- Afirmados con grava tratada con materiales como: asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.
- Suelos naturales estabilizados con: materiales granulares y finos ligantes, asfaltos, cemento, cal, aditivos químicos y otros. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

c. Condición de la superficie

La rugosidad de las carreteras es el principal dato usado por HDM para evaluar los costos de operación de los vehículos. Se caracteriza en m/km por el International Roughness Index (IRI). La medición de la rugosidad se traduce en un método para evaluar la condición funcional del pavimento, específicamente el grado de comodidad o confort que siente el usuario al transitar por la vía. De igual manera, la profundidad de las huellas y el peralte permiten evaluar las características funcionales de la estructura. Entre los equipos más utilizados en nuestro medio destacan: equipos inerciales tipo Perfilómetro Láser y equipos tipo respuesta como el Bump Integrator. En el caso de los perfilómetros láser las mediciones se realizan con una frecuencia generalmente de 20 metros en cada huella de cada faja y con la misma frecuencia se mide el IRI, la profundidad de las huellas y el peralte de la estructura; mientras que con el Bump Integrator se mide exclusivamente la rugosidad por sección de 200 metros por faja. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).

d. Índice de rugosidad internacional (IRI)

Representa la regularidad superficial de un pavimento y afecta la operación vehicular, en cuanto a la seguridad, confort, velocidad de viaje y desgaste de partes del vehículo. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)

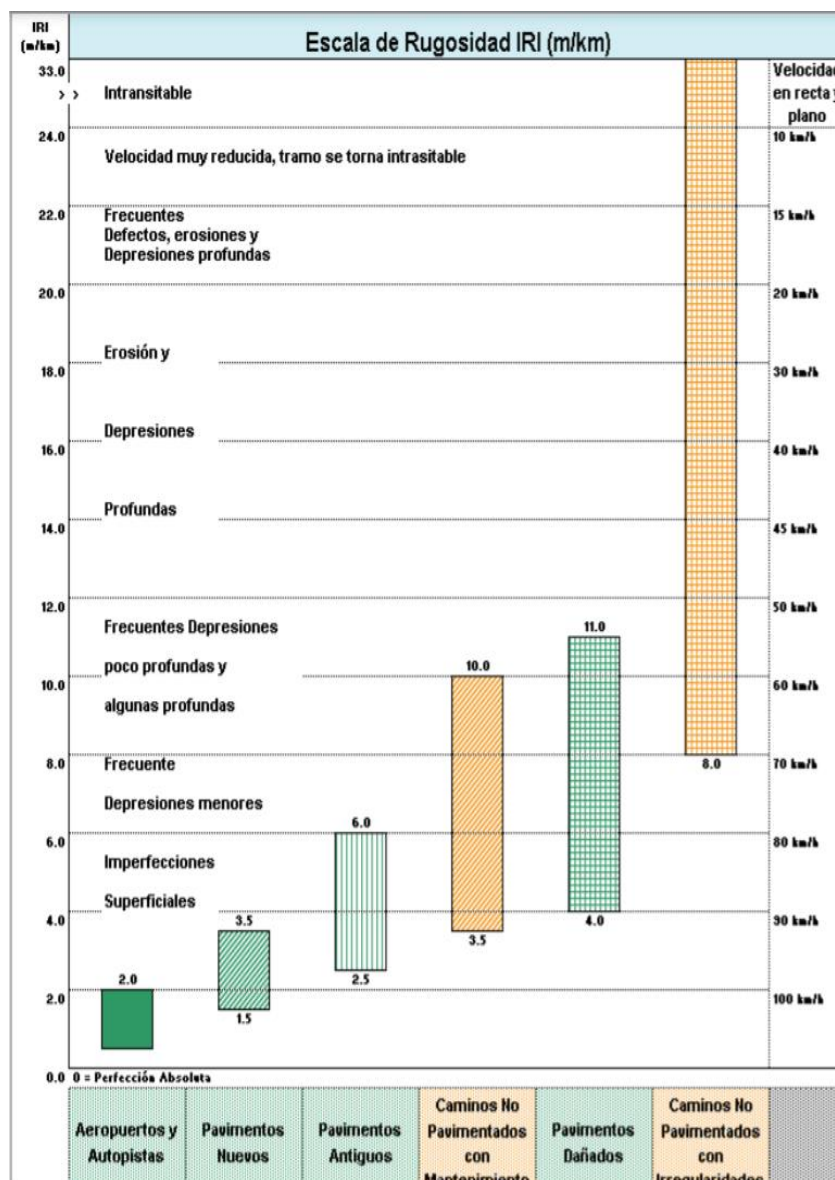


Figura N°18: Escala de rugosidad IRI (m/km).

Fuente: MTC, Manual de carreteras: “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”
Sección: Suelos y Pavimentos (2014).

El índice internacional de regularidad superficial denotado como IRI, constituye una medida internacional del perfil de un camino, sus unidades m/km o mm/m. El valor de índice indica para un camino, el cociente del número de movimientos verticales de una masa estandarizada divididos por la longitud de ese camino. Se ha considerado el mismo como un indicador del confort del viaje únicamente, pero ese confort tiene un precio, los costos de operación son sumamente susceptibles al mismo. Entre menor sea el IRI, menor

es el costo de operación de un vehículo. Pero, además, el IRI es un indicador de daño o de la condición general del camino. Por tanto, se ha considerado que, ante la carencia de un rugosímetro por parte del municipio, mientras estos adquieren y se capacitan en el manejo de uno de ellos, se sugiere utilizar de la gráfica anterior del Banco Mundial, de ella se permitirá estimar la rugosidad mediante una simple inspección visual. (Arguedas, 2011)

Para la rugosidad inicial de un pavimento nuevo y de un pavimento existente reforzado, asimismo para la rugosidad durante el periodo de servicio, se recomienda los siguientes valores:

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

Figura N°19: Rugosidad inicial IRI m/km según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente.

Fuente: MTC, Manual de carreteras: “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos (2014).

2.3.1.4 Costos del Movimiento Vehicular

Servicio de transporte de pasajeros y carga: Se trata de conocer la situación actual del servicio de transporte de pasajeros y de carga que se brinda en el sistema vial de la provincia. A través de los datos de estudio de tráfico en las rutas principales de la provincia Leoncio Prado

se tiene el flujo vehicular tanto de transporte de pasajeros como de carga, es decir, se tiene un diagnóstico actual del flujo vehicular donde podemos establecer los poblados atendidos, el costo de viaje, tipo de tecnología vehicular brindado por el servicio (camioneta, camioneta rural, microbús, otros) y de otras características de los servicios de transporte público de pasajeros por la carretera. (Consortio Plan Vial Leoncio Prado, 2021).

Mencionaré conceptos de términos que intervienen al momento de solicitar información:

a. Tasa de descuento social:

En el estudio de La Rosa menciona en su marco metodológico, responde a su investigación con un enfoque cualitativo, a nivel descriptivo y con un diseño no experimental. Haciendo uso de la observación y el análisis de documentos para recabar información para describir la TSD (Tasa Social de Descuento) en la evaluación social de proyectos de inversión en el Perú bajo el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) y elaborar un análisis comparativo entre la TSD en la evaluación social de proyectos de inversión en el Perú bajo el Sistema Nacional de Inversión Pública y el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Como conclusión, la TSD considerada como el costo de oportunidad de los recursos públicos bajo el enfoque de Harberger, tomó un valor medio de 9,12% bajo el SNIP (2012) y la actualización sugiere un valor cercano a 8% (2017), vigente a la fecha (2019). Como resultado se obtuvo que al actualizar la TSD del 9% al 8%, que el valor actual de los costos sociales netos aumentaría y por ende la ratio de costo-efectividad se incrementaría, es decir, se incrementa la rentabilidad social del proyecto. En todos los países emergentes e incluso uno europeo analizados, la TSD no incluye el riesgo del proyecto, evitando así mayores complicaciones en la evaluación económica de proyectos de mediano y largo horizonte de evaluación. En el Perú, al no ser incorporado en la TSD el riesgo del proyecto, el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones

incorpora criterios para determinar la clasificación del nivel de complejidad de los proyectos de inversión pública, identificando en la evaluación económica los correspondientes niveles de riesgo del proyecto. (De la Rosa, 2019)

b. Fondo de compensación por accidentes:

El fondo tiene como finalidad amparar a las víctimas de accidentes de tránsito ocasionados por vehículos que no hayan sido identificados y se den a la fuga en el momento del accidente, únicamente mediante el pago de las coberturas que correspondan a gastos médicos y gastos de sepelio, hasta por los importes de cobertura correspondientes al Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT) y Certificado Contra Accidentes de Tránsito (CAT). (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2002)

Los aspectos técnicos, operativos y financieros que regulen la atención a los pacientes víctimas de accidentes de tránsito para su aplicación se encuentran descritos en la Directiva Administrativa N° 210-MINSA/DGSP.V.01 - Directiva Administrativa para la Atención de Pacientes Víctimas de Tránsito cubiertos por el Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT) o el Certificado contra Accidentes de Tránsito (CAT) en las Instituciones prestadoras de Servicios de Salud (IPRESS) Públicas del Ministerio de Salud y Gobiernos Regionales R.M. N° 730-2015/MINSA.

c. Precio Social del Carbono:

La elaboración de un precio social para el dióxido de carbono, denominado Precio Social del Carbono, en el contexto de la evaluación social permite incorporar dentro de la evaluación el costo o beneficio social neto que tiene aumentar y/o disminuir las emisiones de Gases de Efecto invernadero (GEI). Este precio social se podría utilizar para cualquier tipología de proyectos en que exista una medida de sus emisiones de GEI, tales como proyectos de residuos sólidos, sistemas de transporte público masivo, carreteras, electrificación rural, plantas de tratamiento de aguas residuales, entre

otros y que puedan ser expresados en equivalentes de carbono. El cálculo que se obtiene para el Precio Social del Carbono para efectos de la evaluación social de proyectos en Perú es de US\$ 7.17 por tonelada de CO₂. (Ministerio Economía y Finanzas, 2017).

2.3.1.5 Costos de Mantenimiento de Carreteras

El costo de Mantenimiento de la carretera depende de la topografía, de la alineación de la carretera, las características de las precipitaciones, la superficie de la carretera, la estructura existente y el sistema de drenaje, el tipo de vehículo y la carga. Tenga en cuenta tanto el mantenimiento de rutina como el periódico. Los costos podrían tomarse de similares de otras carreteras según las pautas departamentales.

Programa de Intervención: En el programa de intervención se define el momento de las intervenciones de los caminos y el tipo de intervención para cada uno de ellos, teniendo en cuenta la priorización de caminos, el estado de la vía y las posibilidades financieras para su ejecución. (Consortio Plan Vial Leoncio Prado, 2021)

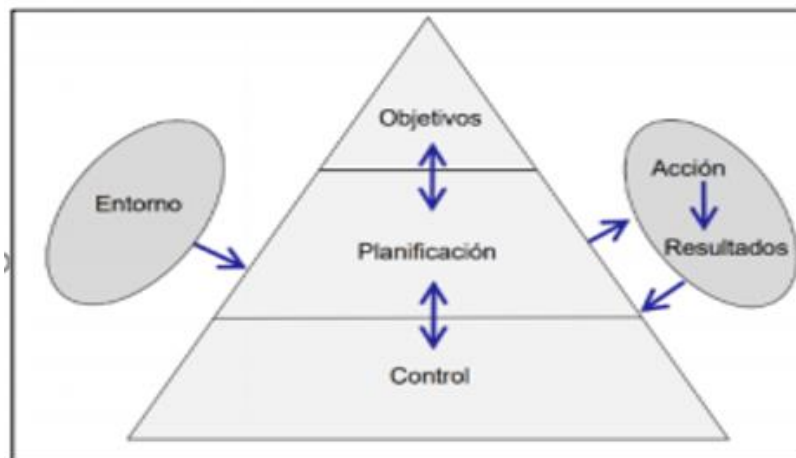


Figura N°20: Sistema de Planificación.

Fuente: Fundamentos de Planificación.

Niveles de intervención:

a. Rehabilitación: Estas rutas se encuentran muy deterioradas lo que dificulta la transitabilidad vehicular, el tipo de superficie de los tramos es sin afirmar y trocha carrozable y, el estado de transitabilidad es muy malo en las vías mencionadas. (Consortio Plan Vial Leoncio Prado, 2021). Restaurar el deterioro del camino

comprende la rehabilitación del drenaje, mejoramiento en el trazado, el escarificado, reposición mayor del afirmado, Re perfilado y Re compactación. También el refuerzo en puntos selectivos en la estructura de la superficie de rodadura. La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro, tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.

CARACTERISTICAS DE REHABILITACION	CAMINOS RURALES CON:		
	Bajo Transito	Tránsito Intermedio	Tránsito Alto
IMD (Vehiculos/Dia)	< 15	15 < IMD < 50	> 50
Curvas de Volteo y zonas Criticas	Mejoramiento	Mejoramiento	Mejoramiento
Ancho(ml)	3.5 a 4.0	3.5 a 5.0	3.50 a 6
Bombeo(%)	2.00	2	1 a 2
Longitud de puentes(m)	8	15	20
Costo en Sierra (US \$)	12000.00	15,000.00	18,000 a 20,000
Costo en Selva (US \$)	15,000.00	18,000.00	22,000 a 25,000

Figura N°21: Características de Rehabilitación.

Fuente: MTC, Plan Estratégico del programa de caminos rurales (2002).

b. **Mantenimiento Rutinario:** Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de:

Bacheo: Consiste en la eliminación de huecos, ahuellamiento y depresiones menores, a ser rellenados con nuevo material granular; su efecto es reducir la rugosidad y elimina los pozos de agua superficial.

Limpieza: Consiste en la limpieza de bordes y de áreas laterales y de estructuras de drenaje, eliminación de piedras grandes de la calzada, etc.; su efecto es mantener en funcionamiento las estructuras de drenaje, previene la formación de empozamientos de agua laterales y sobre la calzada, que afecten la plataforma del camino y la circulación vehicular.

Riego: Consiste en mantener un nivel de humedad superficial suficiente para evitar en lo posible el polvo del camino; su efecto es

aumentar la seguridad en el tránsito. (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2005). Se aplica una o más veces al año, dependiendo de las condiciones de los caminos.

c. Mantenimiento Periódico: Conjunto de actividades programables cada cierto periodo, que se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio.

Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a:

- Reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello.
- Reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento.
- Reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización.
- Reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera.
- Reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

2.3.1.6 Costos de Operación Vehicular

El costo de operar vehículos dado el estado de la carretera y el tráfico en ella. Depende de las características de los vehículos y las carreteras, contabiliza los costos de capital, incluidos las depreciaciones y los intereses, el consumo de combustibles, el consumo de neumáticos, los costos de mantenimientos, los costos del conductor y los conductores, el aceite y los lubricantes y los costos generales, incluidos el estacionamiento y el seguro. Los costos de operación vehicular se pueden calcular utilizando el modelo HDM-VOC, modelo RED-VOC desarrollado por el Banco Mundial. (Bahadur Bhandari & Nalmpantis, 2018).

MODELO VOC

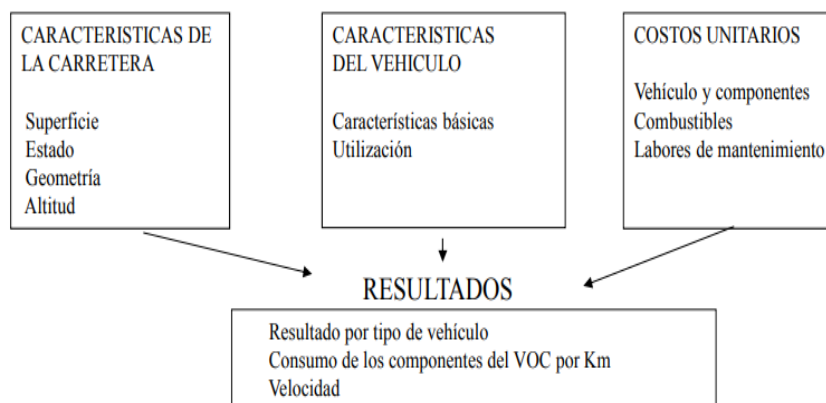


Figura N°22: Modelo VOC.

Fuente: MEF, Pautas para la identificación, formulación y evaluación social de PIP a nivel de perfil (2012).

2.3.1.7 Valor actual neto (VAN)

Es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

$$\text{VAN} = \text{Beneficio neto actualizado (BNA)} - \text{Inversión}$$

El BNA es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, que ha sido actualizado mediante una tasa de descuento (TD). Esta última es la tasa de rendimiento o rentabilidad mínima que se espera obtener.

- $\text{VAN} < 0$ el proyecto no es rentable. Cuando la inversión es mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) significa que no se satisface la TD.
- $\text{VAN} = 0$ el proyecto es rentable, porque ya está incorporado la ganancia de la TD. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) se ha cumplido con la TD.
- $\text{VAN} > 0$ el proyecto es rentable. Cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN mayor a 0) se ha cumplido con dicha tasa y, además se ha generado una ganancia o beneficio adicional (Santa Cruz, 2017)

2.3.1.8 Tasa de Retorno Interno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0). (Santa Cruz, 2017).

2.4 Definición de Términos Básicos

- Gestión vial: Es la administración de la infraestructura vial, la que comprende las funciones de planificar, organizar, dirigir, coordinar, ejecutar y controlar la infraestructura vial terrestre (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2006).
- Factores del modelo RED: Se consideran factores del modelo RED a los tipos de orografía, pavimentos y costos que permiten a través de la ingeniería económica priorizar en base a los criterios del VAN Y el TIR. (Archondo, World Bank, 2004)
- Superficie de Rodadura: Parte del pavimento que contacta con las llantas de los vehículos que transitan por la vía. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2006)
- El valor actual neto (VAN): Es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. (Santa Cruz, 2017)
- Tasa interna de retorno (TIR): Es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el VAN sea igual a la inversión (VAN igual a 0). (Santa Cruz, 2017)
- Costo de operación vehicular: Es el costo de operar vehículos dado el estado de la carretera y el tráfico en ella. Depende de las características de los vehículos y las carreteras, contabiliza los costos de capital, incluidos las depreciaciones y los intereses, el consumo de combustibles, el consumo de neumáticos, los costos de mantenimientos, los costos del conductor y los conductores, el aceite y los lubricantes y los costos generales, incluidos el estacionamiento y el seguro. (Bahadur Bhandari & Nalmpantis, 2018)
- Costos de mantenimiento de carreteras: Depende de la topografía de la alineación de la carretera, de las características de las precipitaciones, la superficie de la carretera, la estructura existente, el tipo de vehículo y la carga. (Bahadur Bhandari & Nalmpantis, 2018)

- Costos de tiempo de viaje: Es el valor del tiempo de viaje que gasta un usuario para transitar en la carretera. (Bahadur Bhandari & Nalmpantis, 2018)
- Costo de accidentes: Son los costos que cubren al usuario que resulte víctima de un accidente de tránsito y sufre lesiones corporales y muerte. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2002)
- Costos de contaminación: Son los costos de emisiones de gases de efecto invernadero que se producen anualmente debido a proyectos, en este caso tránsito de vehículos motorizados. (Ministerio Economía y Finanzas, 2017)
- Población atendida por kilómetro: Es el valor en número de personas que resultarán beneficiadas por la construcción de la carretera. (Bahadur Bhandari & Nalmpantis, 2018)
- Acceso a los servicios educativos: Es el valor en número de estudiantes que transitan en el área de influencia de la carretera. (Bahadur Bhandari & Nalmpantis, 2018)
- Acceso a otros servicios: Es el número de instituciones como los servicios de salud, servicios administrativos y los mercados atendidos por la carretera. (Bahadur Bhandari & Nalmpantis, 2018)
- Modelos de Gestión Vial: Plataformas con las que tenemos ayuda para poder introducir datos y mediante un proceso se obtienen los parámetros según normas. (De Solminihac, 2005)

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

Estableciendo los factores aplicando el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco, año 2021.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- a. Determinando los tipos de medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.
- b. Estableciendo los tipos de superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.
- c. Determinando los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.

3.2 Variable

3.2.1 Definición conceptual de las variables

3.2.1.1 Variable Independiente:

Factores

Son todos los insumos necesarios relacionados con el programa de caminos. Para cada camino, se define el control de análisis y el tráfico, así como las características a ser evaluados como el estado del camino, costos de inversión – mantenimiento y tarifas por tipo de accidentes. (Archondo, World Bank, 2004)

3.2.1.2 Variable Dependiente:

Priorización de la Red vial Vecinal

Son los indicadores económicos resultantes para las alternativas de proyectos que se están evaluando. (Archondo, World Bank, 2004)

3.2.2 Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTA	ITEMS	
INDEPENDIENTE								
variable Independiente x1: Factores	x1: Tipo de terreno	Llano	Pendiente transversal, Horizontal	m/km	Capitulo v	Plan vial vecinal provincial participativo de Leoncio Prado	cuadro 38. tipo de intervencion	
		Ondulado		m/km				
		Montañoso		m/km				
	x2: Condicion del camino	tierra	terreno natural		Capitulo v		Cuadro 32. Sistema Vial	
		grava	espesor	cm				
		afirmado	espesor	cm				
	x3: Costo del movimiento vehicular	Costos de tiempo de viaje	Condición de la superficie	IRI	#		Capitulo iv	Cuadro 28. demandas por inadecuadas
			Costos por accidentes	trafico	#		Capitulo III	cuadro 25. transporte de pasajeros y carga
				Numero de Pasajeros	#			
				Costo de tiempo de los pasajeros	\$/pas-hr			
		Tiempo de costo de carga	\$/veh-hr					
		Solo daño	Con fatalidad	# per 100million vehicle-km	Capitulo V.		Directiva Administrativa para la Atención de Pacientes Victimas de Transito cubiertos por el Seguro Obligatorio de Accidentes de Transito (SOAT) o el Certificado contra Accidentes	Página Web
			Con lesión					
			Solo daño					
		Costos por emision de CO2	Anual	\$/ ton	Capitulo III		Estimacion del precio social del carbono para la evaluacion de proyectos sociales en el Peru - MEF	Sub item e
	x4: Costos a precio de mercado	Costos de Inversion	duracion de inversion	Años	Capitulo ix		Plan vial vecinal provincial participativo de Leoncio Prado	cuadro 49. presupuesto de programa de inversion
			porcentaje de los costos de inversion	%				
costo de inversion financiera por km			'000\$/km					
costos fijos de mantenimiento		Perfilados de afirmado	Dolar					
		Tratamiento superficial						
Asfalto								

Figura N°23: Matriz de Operacionalización de variable independiente.

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTA	ITEMS	
DEPENDIENTE								
variable Dependiente y1: Priorización de la red vecinal	y1: Indicadores economicos	Inventario vial	Longitud	m	Hojas de Excel para Resultados	Modelo Road Economic Desicion (RED)	serie de hojas de excel de Resultados - RED OUTPUTS	
			Tipo de superficie	tierra				
				grava				
				afirmado				
		Estado de condicion						
		escenario presupuestario	poblacion atendida	#				
			VAN	dolar				
			TIR	%				
			VP					
		alternativas de mantenimiento	perfilados de afirmado	dolar				
			tratamiento superficial					
asfalto								
beneficios	emision brutas de CO2	tn						

Figura N°24: Matriz de Operacionalización de la variable dependiente.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y Nivel

4.1.1 Tipo de Investigación

Investigación descriptiva, porque se desarrolla el uso, funcionamiento y beneficios del software para la priorización, el costo beneficio y sensibilidad del proyecto de las rutas en estudio de la provincia de Leoncio Prado.

La orientación de la investigación es aplicada, ya que está en base a trabajos previos con el fin de adquirir conocimiento nuevo analizando la relación entre las variables para determinar el mejor escenario económico de mantenimiento para caminos de bajo volumen.

Investigación predictiva, ya que se empleará un software que ya cuenta con un proceso estructurado y se obtendrán resultados a futuro.

4.1.2 Nivel de Investigación

Investigación descriptiva y explicativa, porque por medio de hojas de cálculo proporcionados por el software se presentan los resultados, con el fin de resaltar todos los supuestos de entrada e integrarlos de manera integral con sensibilidad, valores de cambio y análisis de riesgo estocástico.

4.2 Diseño de Investigación

El diseño de investigación es no experimental porque no se manipula la variable independiente. Transversal porque se recopila y analiza los datos obtenidos por observación una única vez de los caminos vecinales.

4.3 Población y Muestra

Población: El tamaño de la población estará determinado en el análisis costo beneficio del proyecto, el costo de operación vehicular y los modelos de evaluación económica de la red vial vecinal de la provincia de Leoncio Prado.

Muestra: Mi diseño muestral es transversal, introspectivo a las rutas priorizadas de la provincia de Leoncio Prado ya que se introducen diferentes objetivos al software como son por ejemplo el costo de operación vehicular, el clima, rugosidad, niveles de servicio, velocidad de los vehículos y la rentabilidad del proyecto.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación directa y toma de datos del plan vial provincial participativo de la provincia de Leoncio Prado serán necesarios como métodos ya que se debe tener cantidades fijas que se ingresarán al programa para poder tener una comparativa según lo que se solicita según manual y hojas de cálculo propuestos.

4.5 Procedimientos para la recolección de datos

Para poder ejecutar la recolección de datos, se tendrá un listado con la siguiente información requerida:

- Tipo de terreno
- Condición del camino
- Costos del movimiento vehicular
- Costos de inversión
- Costos fijos de mantenimientos

Con esta información se podrá determinar alternativas de solución para la priorización de las rutas de la Red vial vecinal de la provincia de Leoncio Prado.

4.6 Técnicas de procesamiento y Análisis de datos

La información recolectada será analizada y plasmada en hojas de Excel solicitadas por el modelo que nos permitirá establecer la priorización de la red vecinal a través de los costos de mantenimiento en la provincia de Leoncio Prado.

- a. Recopilación de información: Se busca la información relacionada a nuestro tema, tales como manuales, investigaciones, libros, expedientes, etc.
- b. Excel: Con los datos obtenidos se realizará el programa en Hojas de Excel, que cumplirá con el objetivo de esta investigación que es priorizar la red vial vecinal de la provincia de Leoncio Prado.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Diagnóstico y situación actual

Según el ítem 2.1 donde vemos que necesitamos cubrir mantenimientos en rutas vecinales optamos por escoger el distrito de Leoncio Prado – Provincia de Huánuco, como área de estudio. Actualmente comprende un área de extensión de 4906.08 km² cuya densidad poblacional es de 26.05 habitantes por km².

Del Plan vial Provincial Participativo de Leoncio Prado se tiene que a la actualidad el distrito cuenta con 289 rutas de las cuales 124 son vías vecinales clasificadas y 165 vías vecinales no clasificadas.

El 11.91% de las vías que atraviesan la provincia de Leoncio Prado son Asfaltados, el 56.48% son afirmados, el 2.40% son vías sin afirmar y el 29.22% son trochas carrozables.

5.1.1 Ubicación

La provincia de Leoncio Prado se encuentra en la región Huánuco en la zona centro - norte del país comprendiendo su territorio entre selva alta y selva baja con los siguientes límites:

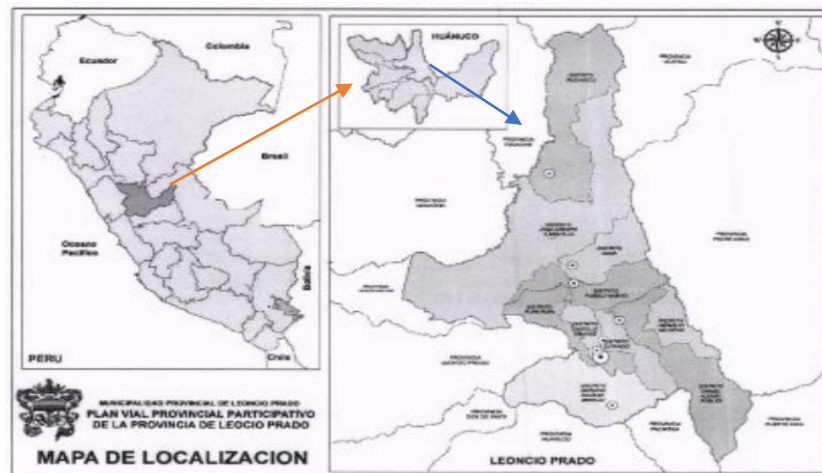


Figura N°25: Mapa de ubicación, distrito Leoncio Prado.

Fuente: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, PVPP Leoncio Prado (2021).

Norte: Provincia de Tocache, región San Martín

Sur: Distrito de Chinchao, provincia de Huánuco, región Huánuco

Oeste: Distrito de Monzón, provincia de Huamalíes, región Huánuco.

Las rutas que se utilizarán:

Ruta HU – 524:

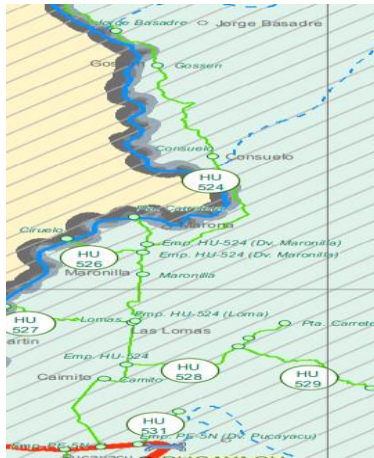


Figura N°26: Mapa vial Ruta HU-524.

Fuente: MTC, Mapa Vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017)

Foto 01: Ruta HU-524 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Elaboración propia.

Ruta HU – 540:



Figura N°27: Mapa vial Ruta HU-540.

Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017)

Foto 02: Ruta HU-540 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Google Maps.

Ruta HU – 556:



Figura N° 28: Mapa vial Ruta HU-556.

Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017)

Foto 03: Ruta HU-556 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Elaboración propia.

Ruta HU – 589:



Figura N°29: Mapa vial Ruta HU-589.

Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017).

Foto 04: Ruta HU-589 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Elaboración propia.

Ruta HU – 590:



Figura N°30: Mapa vial Ruta HU-590.

Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017).

Foto 05: Ruta HU-590 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Elaboración propia.

Ruta HU – 603:



Figura N°31: Mapa vial Ruta HU-603.

Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017).

Foto 06: Ruta HU-603 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Google Maps (2021).

Ruta HU – 610:

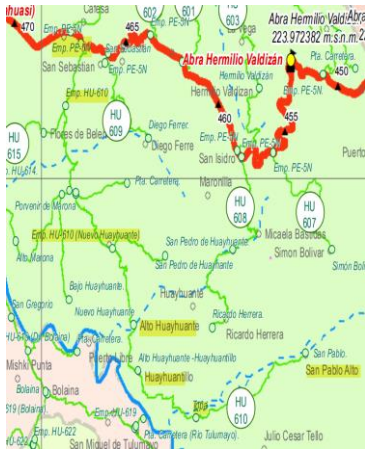


Figura N°32: Mapa vial Ruta HU-610.
Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017).



Foto 07: Ruta HU-610 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.
Fuente: Google Maps (2021).

Ruta HU – 614:

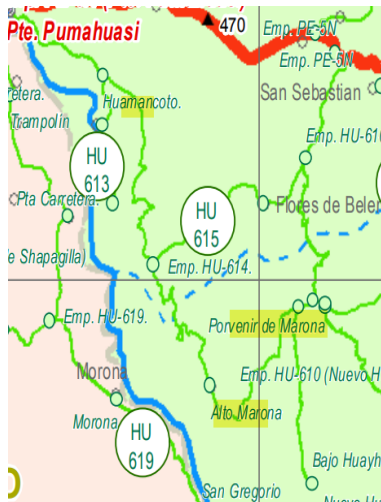


Figura N°33: Mapa vial Ruta HU-614.
Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017).



Foto 08: Ruta HU-614 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.
Fuente: Google Maps (2021).

Ruta HU – 619:

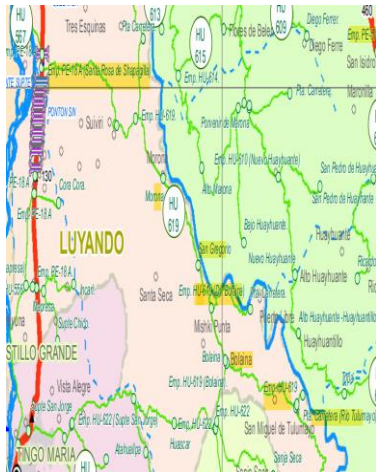


Figura N°34: Mapa vial Ruta HU-619.

Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017).



Foto 09: Ruta HU-619 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Google Maps (2021).

Ruta HU – 632:



Figura N°35: Mapa vial Ruta HU-632.

Fuente: MTC, Mapa vial de la provincia de Leoncio Prado-Huánuco (2017).



Foto 10: Ruta HU-632 según el Plan Vial provincial participativo de Leoncio Prado 30/08/21.

Fuente: Google Maps (2021).

En la Figura N°36 se presentan las rutas antes mencionadas según la descripción resumida en base al plan vial provincial participativo de Leoncio Prado:

Ruta	Tramo	Longitud (km)	Ancho (m)	IMD	Habitantes	Observación
HU - 524	Emp. PE 5N carrito - loma - maronilla - jorge basadre - consuelo gosen - nueva esperanza - pta. Carretera	26.21	6	150	1661	REGULAR
HU - 540	Emp. PE 5N(Div. Yacuisa) - las mercedes - curculiza - san juan cotomonillo - Pta. Carretera	14.046	7	73	714	REGULAR
HU - 556	Emp. PE-14 A (Tingo María) - Castillo Grande - La Florida - Santa Rosa - Yurimaguas - Merced de Locro - Venenillo - Bartolomé - Alto Cuchara	48.19	6	140	13761	REGULAR
HU - 589	Emp. PE 5N (santo domingo de Anda) - Pta. Carretera	8.822	3.5	136	1020	REGULAR
HU - 590	Emp. PE 5N (pueblo nuevo) - puerto prado - nueva esperanza - wiracocha - pta. Carretera	14.281	4.1	120	942	REGULAR
HU - 603	Emp. PE 5N - hermillio valdizan - ugarteche - rio azul - Emp. PE 5N	15.859	4.2	114	849	REGULAR
HU - 610	Emp. HU - 610 (Topa) - Emp. R1006066 (Alto San juan de tulumayo)	21.406	5.5	142	1167	REGULAR
HU - 614	Emp. HU - 613 (Div.huamancoto) - alto marona Emp. HU 610 (Div. Porvenir de marona)	11.782	3	90	89	REGULAR / MUY MALO
HU - 619	Emp. 18 A (Santa Rosa de Shapagilla) - Cargatambo - Marona - San gregorio - Bolaina - San miguel de tulumayo - pta. Carrtera (rio tulumayo)	18.72	4.1	136	1544	REGULAR
HU - 632	Emp. Pe 18 A (quezada) - Santa rosa de quezada - Bejucal	11.522	5	101	499	REGULAR

Figura N°36: Datos sobre las rutas seleccionadas en base al PVPP de Leoncio Prado.

Fuente: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, PVPP Leoncio Prado (2021).

5.2 Resultados de la investigación

5.2.1 Tipo de medios de transporte y orografía

Los tipos de vehículos que transitan en la provincia de Leoncio Prado se han determinado en función al ítem 2.2.3.1.1. donde vemos que la clasificación vehicular se realiza por categorías desde vehículos automotores de menos o más de 4 ruedas, así como remolques y semirremolques, de esa forma se procedió a analizar el flujo de transporte motorizado que transitan en las rutas de estudio y se recogió información asociada al tipo de vehículos. Teniendo como resultado el Índice Medio Diario Anual (IMD) de cada ruta tal como se ve en la Figura N°37.

Ruta	Tramos Inventariados	IMD
HU - 524	Emp. PE 5N carrito - loma - maronilla - jorge basadre - consuelo gossen - nueva esperanza - pta. Carretera	150
HU - 540	Emp. PE 5N(Dv. Yacusisa) - las meredes - curculiza - san juan de colomonillo - Pta. Carretera	73
HU - 556	Emp. PE-14 A (Tingo María) - Castillo Grande - La Florida - Santa Rosa - Yurimaguas - Merced de Locro - Venenillo - Bartolomé - Alto Cuchara	140
HU - 589	Emp. PE 5N (santo domingo de Anda) - Pta. Carretera	136
HU - 590	Emp. PE 5N (pueblo nuevo) - puerto prado - nueva esperanza - wiracocha - pta. Carretera	120
HU - 603	Emp. PE 5N - hermilio valdizan - ugarteche - rio azul - Emp. PE 5N	114
HU - 610	Emp. PE-5N - Porvenir de Marona - Nuevo Huayhuante - Alto Huayhuante - Huayhuantillo - Topa - San Pablo	142
HU - 614	Emp. HU - 613 (Div.huamancoto) - alto marona Emp. HU 610 (Div. Porvenir de marona)	90
HU - 619	Emp. 18 A (Santa Rosa de Shapagilla) - Cargatambo - Marona - San gregorio - Bolaina - San miguel de tulumayo - pta. Carrtera (rio tulumayo)	136
HU - 632	Emp. Pe 18 A (quezada) - Santa rosa de quezada - Bejucal	101

Figura N°37: Datos sobre el transporte en base al PVPP de Leoncio Prado.

Fuente: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, PVPP Leoncio Prado (2021).

En la Foto N°11, N°12 y N°13 se observa que tipos de vehículos transitan por las rutas y que tomaremos en consideración al momento del ingreso de datos, considerar que también se debe tomar el conteo de dichos vehículos que se describirán.



Foto 11: Ruta HU-589 se observa el tipo de vehículo: Moto lineal, Mototaxi.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 12: Ruta HU-589 se observa el tipo de vehículo: camión 2E.

Fuente: Elaboración Propia



Foto 13: Ruta HU-590 se observa el tipo de vehículo: Baranda.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°38 podemos ver la clasificación vehicular que se utiliza según el manual DG-2018 el mismo que considera la clasificación vehicular según las carrocerías y el reglamento nacional de vehículos, sin embargo, para efectos del Modelo RED se ha tomado en cuenta la compatibilidad con la clasificación Federal Highway Administration (FHWA) que coincidan con los vehículos que transitan por las rutas en estudio de la zona en Leoncio Prado.



Figura N°38: Datos sobre el tipo de vehículo que se encontró en las rutas.

Fuente: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, PVPP Leoncio Prado (2021).

El modelo RED solicita además de los medios de transporte, el tipo de orografía el cual considera 3 categorías (plano, ondulado y accidentado). El manual del MTC DG-2018 considera 4 categorías, razón por la cual se ha adoptado las categorías del modelo RED concordando con el ítem 2.2.3.1.2. la orografía de cada ruta, teniendo como resultado la Figura N°39.

Ruta	Nombre del camino	Longitud (km)	Tipo de orografía
HU - 524	Emp. PE 5N carrito - loma - maronilla - jorge basadre - consuelo gosen - nueva esperanza - pta.	26.210	Plano
HU - 540	Emp. PE 5N(Dv. Yacusisa) - las meredes - curculiza - san juan colomillo - Pta. Carretera	14.046	Plano
HU - 556	Emp. PE-14 A (Tingo María) - Castillo Grande - La Florida - Santa Rosa - Yurimaguas - Merced de Locro - Venenillo - Bartolomé - Alto Cuchara	4.702	Plano
		13.108	Accidentado
		29.870	Plano
HU - 589	Emp. PE 5N (santo domingo de Anda) - Pta. Carretera	8.822	Accidentado
HU - 590	Emp. PE 5N (pueblo nuevo) - puerto prado - nueva esperanza - wiracocha - pta. Carretera	14.281	Plano
HU - 603	Emp. PE 5N - hermilio valdizan - ugarteche - rio azul - Emp. PE 5N	15.859	Accidentado
HU - 610	Emp. HU - 610 (Topa) - Emp. R1006066 (Alto San juan de tulumayo)	21.406	Accidentado
HU - 614	Emp. HU - 613 (Div.huamancoto) - alto marona Emp. HU 610 (Div. Porvenir de marona)	11.782	Accidentado
HU - 619	Emp. 18 A (Santa Rosa de Shapagilla) - Cargatambo - Marona - San gregorio - Bolaina - San miguel de tulumayo - pta. Carrtera (rio	18.720	Accidentado
HU - 632	Emp. Pe 18 A (quezada) - Santa rosa de quezada - Bejucal	11.522	Accidentado

Figura N°39: Datos sobre la Orografía en base al PVPP Leoncio Prado.

Fuente: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, PVPP Leoncio Prado (2021).

Para la Formulación realizamos la tramificación:

Se muestra en la Figura N°40 la Ruta HU-524 con una extensión de 26.21 km.

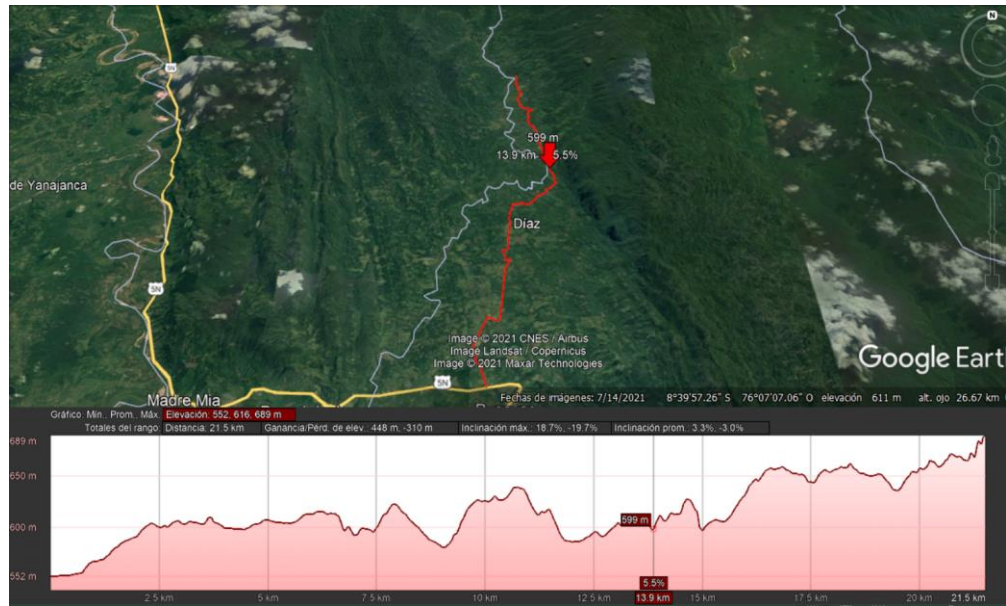


Figura N°40: Ruta HU – 524.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°41 la Ruta HU-540 con una extensión de 14.046 km.

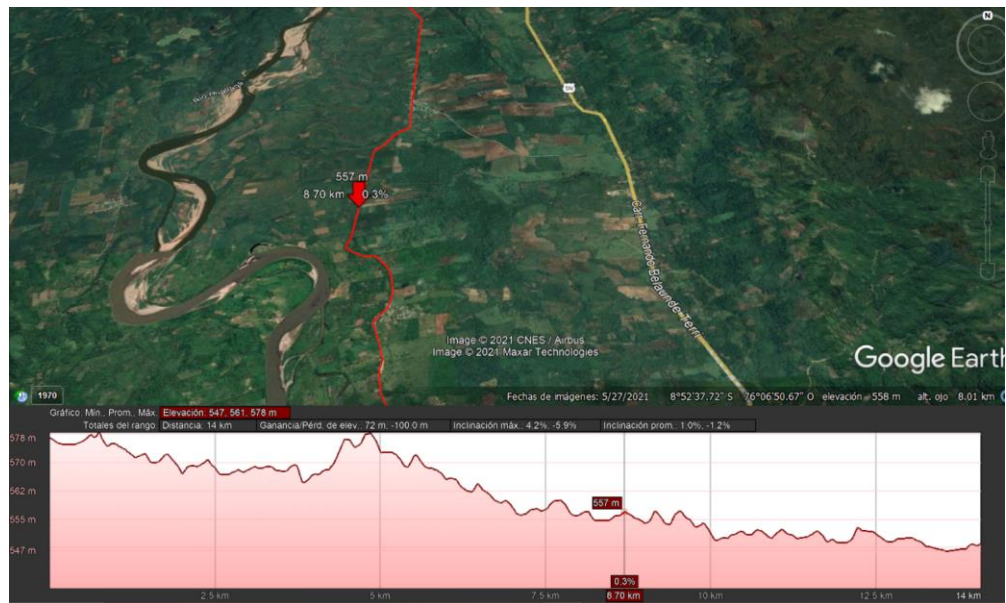


Figura N°41: Ruta HU – 540.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°42 la Ruta HU-556 con una extensión de 48.19 km.

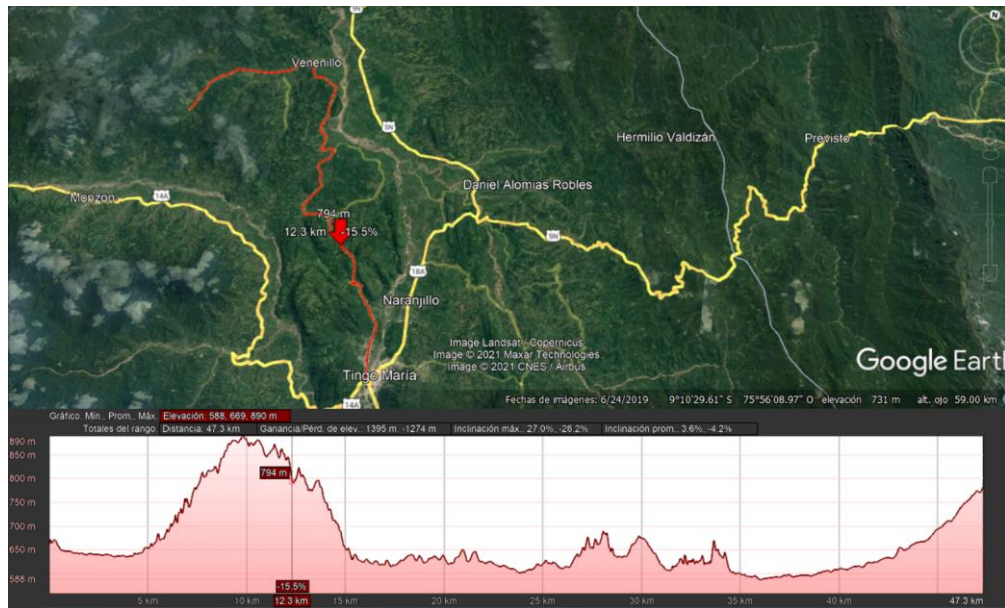


Figura N°42: Ruta HU – 556.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°43 la Ruta HU-589 con una extensión de 8.822 km.

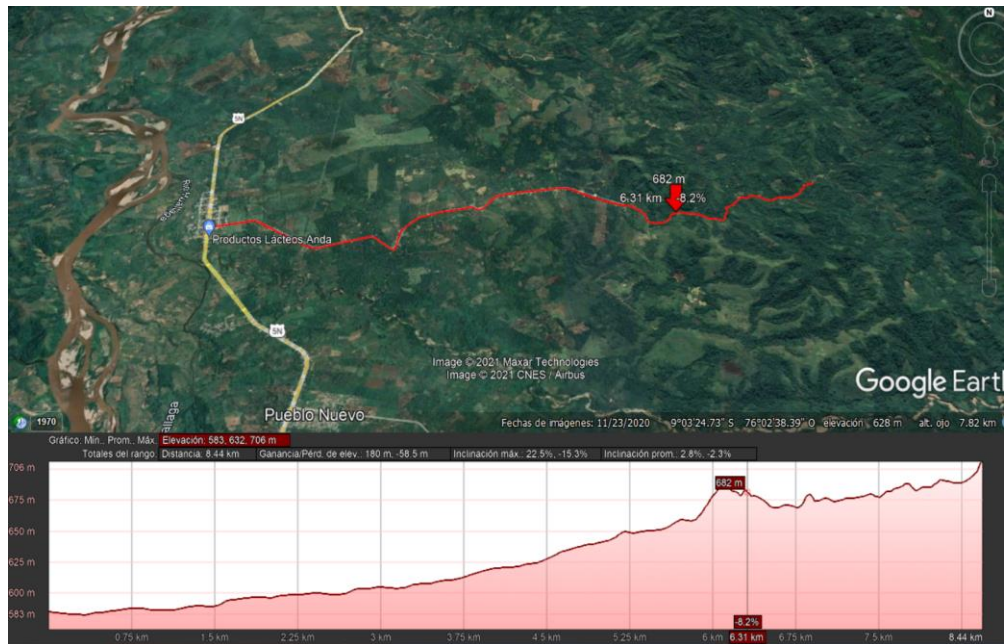


Figura N°43: Ruta HU – 589.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°44 la Ruta HU-590 con una extensión de 14.281 km.

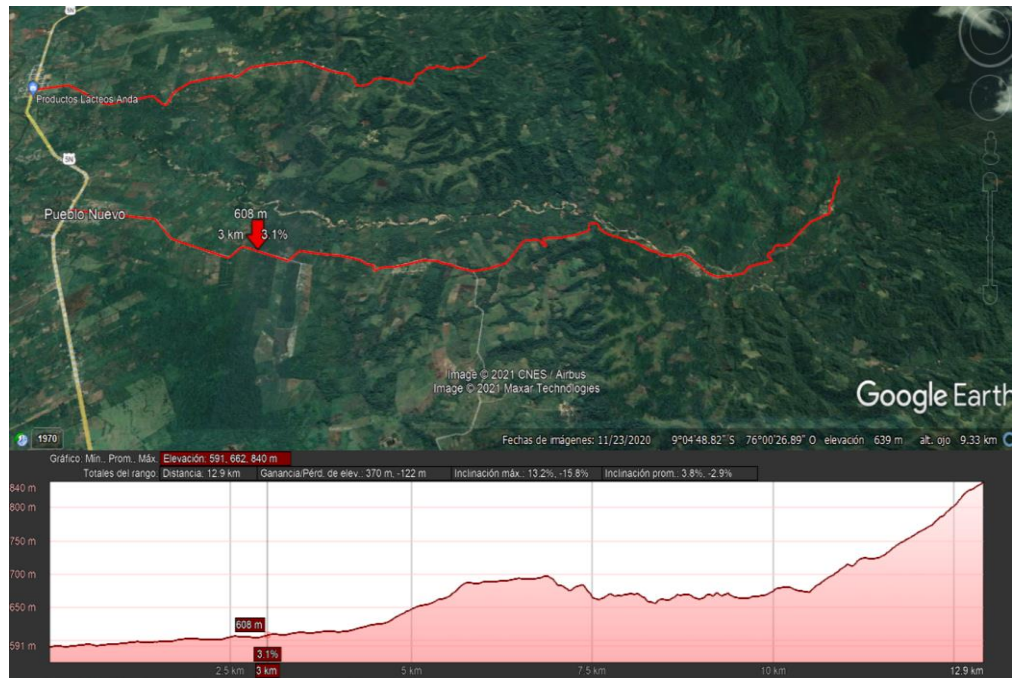


Figura N°44: Ruta HU – 590.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°45 la Ruta HU-603 con una extensión de 15.859 km.



Figura N°45: Ruta HU – 603.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°46 la Ruta HU-610 con una extensión de 21.406 km.

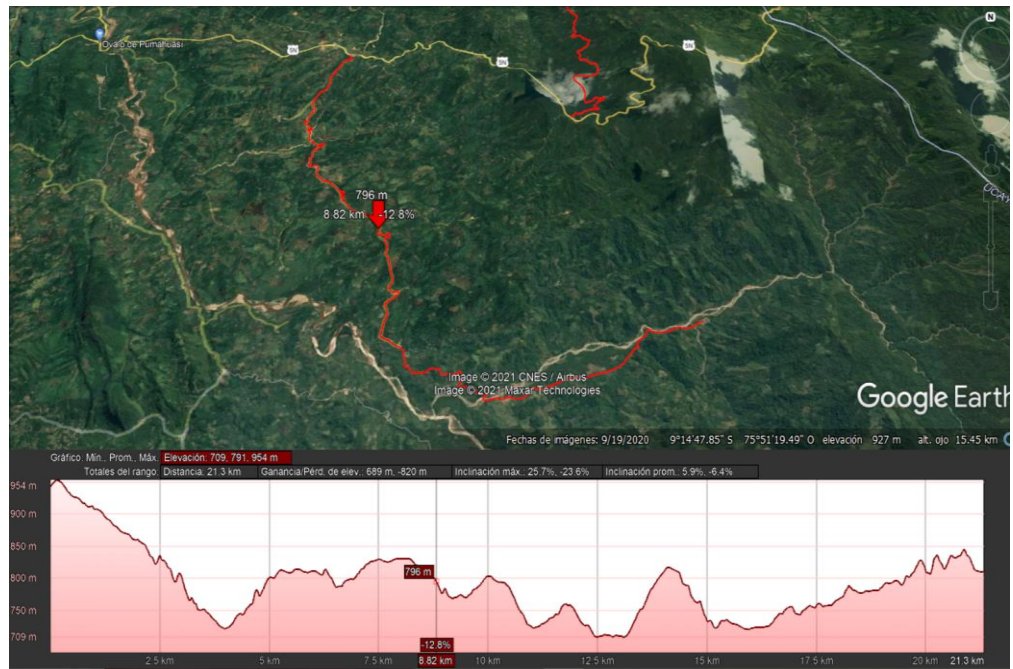


Figura N°46: Ruta HU – 610.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°47 la Ruta HU-614 con una extensión de 11.782 km.

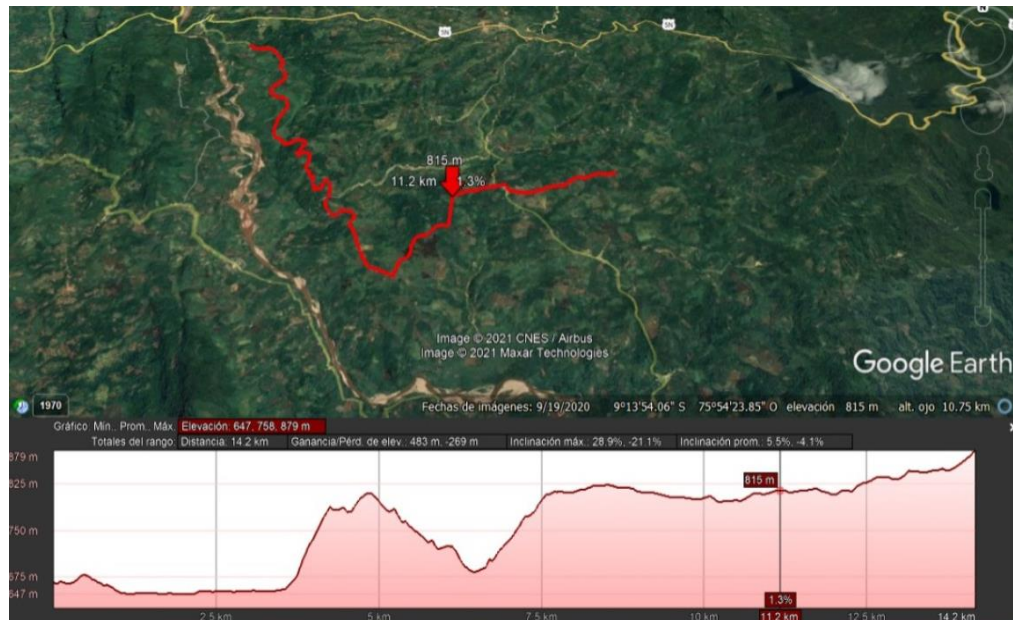


Figura N°47: Ruta HU – 614.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°48 la Ruta HU-619 con una extensión de 18.720 km.

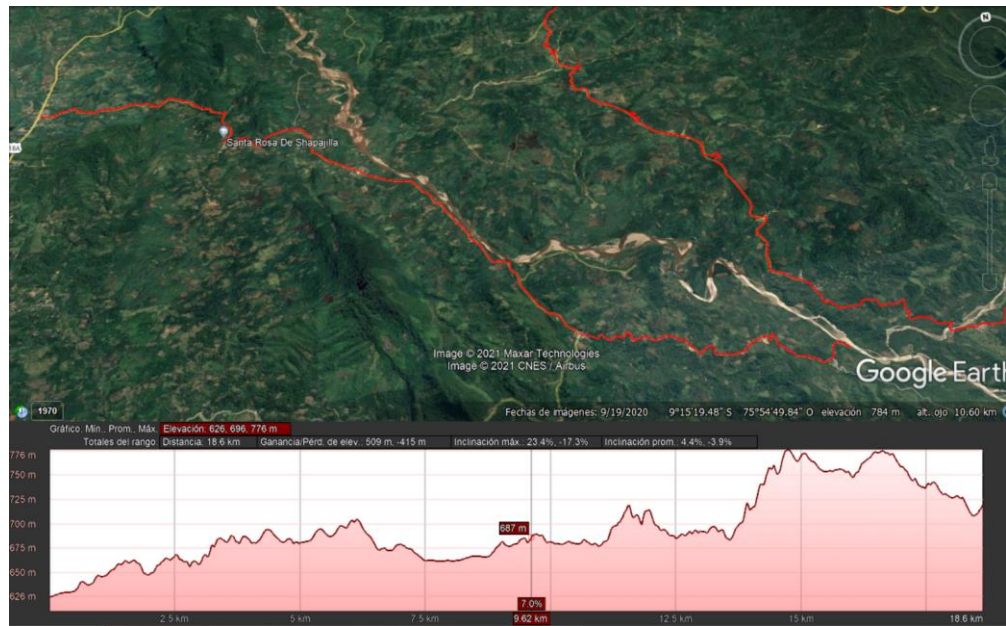


Figura N°48: Ruta HU – 619.

Fuente: Google Earth (2021).

Se muestra en la Figura N°49 la Ruta HU-632 con una extensión de 11.522 km.

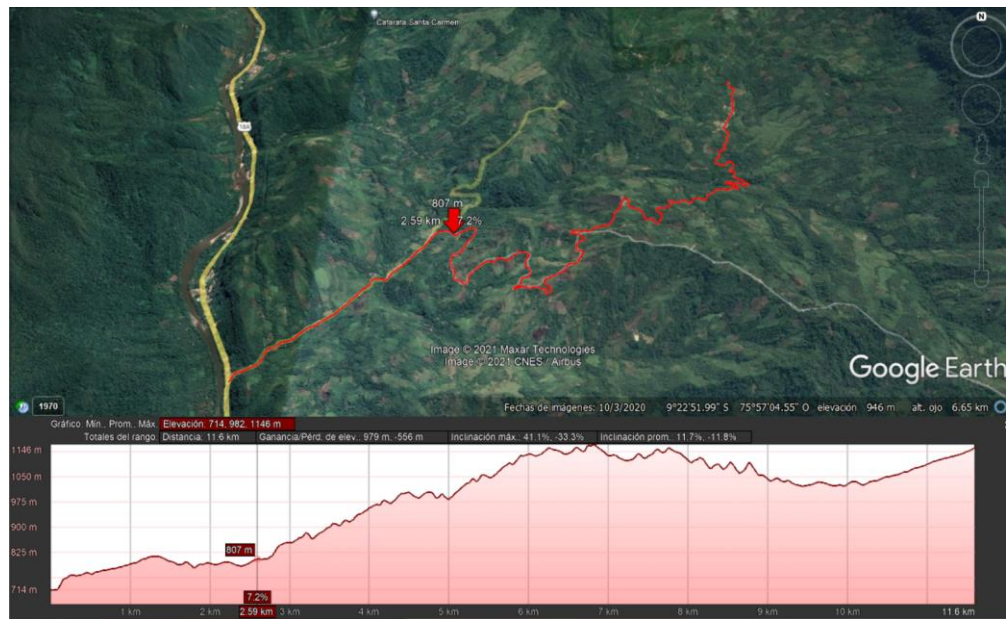


Figura N°49: Ruta HU – 632.

Fuente: Google Earth (2021).

5.2.2 Tipo de Superficie de Rodadura

El Modelo RED solicita el tipo de superficie de rodadura considerando tres categorías (tierra, grava y pavimentada), y del plan vial provincial se obtuvo información asociada a los tipos de superficie de rodadura que se tienen por

cada ruta y el estado de condición (tierra = sin afirmar y trocha, grava = afirmado) que se puede observar en la Figura N°50.

Nro	Ruta	Tramos Inventariados	IMD	Km.	Tipo de superficie (km)				Ancho(m)
					pavimentado	afirmado	sin afirmar	trocha	
1	HU - 524	Emp. PE 5N carrito - loma - maronilla - jorge basadre - consuelo gossen - nueva esperanza - pta. Carretera	150	26.210		26.21			6.00
2	HU - 540	Emp. PE 5N(Dv. Yacusisa) - las meredes - curculiza - san juan de colomonillo - Pta. Carretera	73	14.046		14.046			7.00
3	HU - 556	Emp. PE-14 A (Tingo María) - Castillo Grande - La Florida - Santa Rosa - Yurimaguas - Merced de Locro - Venenillo - Bartolomé - Alto Cuchara	140	48.190	4.702	43.488			6.00
4	HU - 589	Emp. PE 5N (santo domingo de Anda) - Pta. Carretera	136	8.822		8.822			3.50
5	HU - 590	Emp. PE 5N (pueblo nuevo) - puerto prado - nueva esperanza - wiracocha - pta. Carretera	120	14.281		10.611		3.67	4.10
6	HU - 603	Emp. PE 5N - hermilio valdizan - ugarateche - rio azul - Emp. PE 5N	114	15.859	0.067	6.438	9.354		4.20
7	HU - 610	Emp. PE-5N - Porvenir de Marona - Nuevo Huayhuante - Alto Huayhuante - Huayhuantillo - Topa - San Pablo	142	21.406		21.406			5.50
8	HU - 614	Emp. HU - 613 (Div. huamancoto) - alto marona Emp. HU 610 (Div. Porvenir de marona)	90	11.782		5.224	3.901	2.657	3.00
9	HU - 619	Emp. 18 A (Santa Rosa de Shapagilla) - Cargatambo - Marona - San gregorio - Bolaina - San miguel de tulumayo - pta. Carrtera (rio tulumayo)	136	18.700	0.263	17.969		0.468	4.10
10	HU - 632	Emp. Pe 18 A (quezada) - Santa rosa de quezada - Reiuical	101	11.522		0.339	11.183		5.00
			TOTAL	190.818	5.032	154.553	24.438	6.795	

Figura N°50: Datos sobre el tipo de superficie de rodadura de las rutas.

Fuente: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, PVPP Leoncio Prado (2021).

ID del Camino	Nombre del Camino	Duración de la estación Húmeda (días)	Factor de Costo Económico de Agencia	Tasa de Descuento (%)	Período de Evaluación (años)	Población Servida (personas)	Indicador de Condición	
							1-Rugosidad	2-Velocidad de Vehículo
R01	Ruta - 524 IMD 150	150	0.89	8%	10	1661	3	3
R02	Ruta HU-540 con TMDA 73	150	0.89	8%	10	714	3	3
R03	Ruta HU-556 con TMDA 140	150	0.89	8%	10	1376	3	3
R04	Ruta HU-589 con TMDA 136	150	0.89	8%	10	1020	3	3
R05	Ruta HU-590 con TMDA 120	150	0.89	8%	10	942	3	3
R06	Ruta HU-603 con TMDA 114	150	0.89	8%	10	849	3	3
R07	Ruta HU-610 con TMDA 142	150	0.89	8%	10	1167	3	3
R08	Ruta HU-614 con TMDA 90	150	0.89	8%	10	89	3	3
R09	Ruta HU -619 con TMDA 136	150	0.89	8%	10	1544	3	3
R10	Ruta HU-632 con TMDA 101	150	0.89	8%	10	499	3	3

Figura N°51: Resumen de datos ingresados al modelo RED como base.

Fuente: Software RED – Programa (2021).

En el ingreso de datos se mantendrá la longitud en estación seca y húmeda ya que no estamos considerando dado el mal estado del camino que el vehículo conduzca en “zigzag” o tome algún camino “creado” como se observa en la Figura N°52.

ID del Camino	Nombre del Camino	Estación Seca									Estación Húmeda								
		Tránsito Medio Diario (TMDA)									Tránsito Medio Diario (TMDA)								
		Vehículo 1	Vehículo 2	Vehículo 3	Vehículo 4	Vehículo 5	Vehículo 6	Vehículo 7	Vehículo 8	Vehículo 9	Vehículo 1	Vehículo 2	Vehículo 3	Vehículo 4	Vehículo 5	Vehículo 6	Vehículo 7	Vehículo 8	Vehículo 9
R01	Ruta - 524 IMD 150	10	5	40	35	10	30			20	10	5	40	35	10	30			20
R02	Ruta HU-540 con TMDA 73	4	4	30	17	7	10			12	4	4	20	17	7	10			12
R03	Ruta HU-556 con TMDA 140	4	10	30	40	16	15			25	4	10	30	40	16	15			25
R04	Ruta HU-589 con TMDA 136	4	2	25	10	5	10			13	4	2	25	10	5	10			13
R05	Ruta HU-590 con TMDA 120	4	8	30	23	10	15			20	4	8	40	23	10	15			20
R06	Ruta HU-603 con TMDA 114	5	6	36	22	8	22			16	5	6	36	22	8	22			16
R07	Ruta HU-610 con TMDA 142	10	3	30	41	15	22			21	10	3	30	41	15	22			21
R08	Ruta HU-614 con TMDA 90	6	2	30	15	7	18			12	6	2	30	15	7	18			12
R09	Ruta HU-619 con TMDA 136	8	6	38	30	14	20			20	8	6	38	30	14	20			20
R10	Ruta HU-632 con TMDA 101	6	3	25	26	12	18			12	6	3	25	26	12	18			12

Figura N°52: Datos ingresados al modelo RED para tráfico.

Fuente: Software RED – Programa (2021).

5.2.3 Tipos de costos

El modelo RED utiliza los siguientes tipos de costos:

- Costo de operación vehicular (VOC)
- Costo de contaminación ambiental
- Costo de tiempo y accidentes
- Costos de inversión
- Costos de mantenimiento

Para los costos de operación vehicular se utiliza un modelo de vehículo de diseño que se ingresa en la hoja auxiliar del VOC y velocidades unitarias.

Se relacionan los costos de operación vehicular, las velocidades y rugosidad para las nueve posibles combinaciones de tipos de terreno y camino para los nueve posibles tipos de vehículos como se explicó en la parte teórica de cómo se relaciona en el modelo. Todas estas relaciones tienen la estructura funcional de polinomios cúbicos, en donde el costo de operación vehicular VOC es la variable dependiente y la rugosidad IRI la variable independiente.

$$VOC = a_0 + a_1 * IRI + a_2 * IRI^2 + a_3 * IRI^3$$

Figura N°53: Ecuación del VOC en función del IRI.

Fuente: Archondo, Software RED (2004).

Del Modelo HDM-4 VOC se tiene la hoja de Excel datos de entrada donde se ingresaron los tipos de terreno, tipos de camino, tipos de vehículos, así como las características de la flota vehicular, ver Figura N°54.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Datos Básicos de Entrada											
3	País/Región			Perú	Moneda			US\$				
4	Año			2021	Tasa de Cambio a US\$			4.10				
6	Tipos de Terreno											
7			Rampas Ascendentes y Descendentes (m/km)	Curvatura Horizontal (grados/km)	N. de Rampas Ascendentes y Descendentes (#)	Peralte (%)						
9	Código	Descripción										
10	A	Llano	20	150	1	2						
11	B	Ondulado	50	300	1	2						
12	C	Montañoso	80	500	1	2						
14	Tipos de Camino											
15			Superficie	Ancho del Camino (m)	Límite de Velocidad (km/hora)	Coacción de Límite de Velocidad (#)	Fricción de Actividades Laterales (#)	Fricción del TMM (#)				
16			1-Bituminosa									
17			2-Concreto									
18	Código	Descripción	3-Sin Pavimentar									
19	X	Pavimento	1	7.0	60.0	1.1	1.0	1.0				
20	Y	Piopo	3	7.0	40.0	1.1	1.0	1.0				
21	Z	Tierra	3	7.0	30.0	1.1	1.0	1.0				
23	Tipos de Vehículo											
24			Número de Ruedas	Número de Ejes								
25	Código	Descripción										
26	1	Motocicleta	2	2								
27	2	Mototaxi	3	2								
28	3	Automóvil Mediano	4	2								
29	4	Automóvil Grande	4	2								
30	5	Vehículo de Reparto	4	2								
31	6	Vehículo de Carga	4	2								
32	7	Autobús Pequeño	4	2								
33	8	Camión Liviano	4	2								
34	9	Camión Mediano	6	2								
36	Características de la Flota de Vehículos											
37			Motocicleta	Mototaxi	Automóvil Mediano	Automóvil Grande	de Reparto	Vehículo de Carga	Autobús Pequeño	Camión Liviano	Camión Mediano	
38	Costos Económicos Unitarios											
39	Costo de Vehículo Nuevo (\$/vehículo)			1500	4000	15000	17900	35000	40000	31000	46000	89000
40	Costo del Combustible (\$/litro para TM, \$/MJ para TMM)			0.30	0.30	0.30	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
41	Costo del Lubricante (\$/litro)			2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
42	Costo de Neumático Nuevo (\$/neumático)			45.00	30.00	200.00	200.00	220.00	220.00	220.00	255.00	320.00
43	Costo de Labor de Mantenimiento (\$/hora)			2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
44	Costo de la Tripulación (\$/hora)			0.00	0.75	3.00	2.00	0.50	0.50	4.00	4.00	0.50
45	Tasa de Interés (%)			12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
46	Utilización y Carga											
47	Kilómetros Conducidos por Año (km)			15000	18000	20000	35000	80000	80000	50000	70000	80000
48	Horas Conducidas por Año (hr)			1100	2320	1100	1100	2000	2000	2320	2320	2320
49	Vida útil (años)			7	9	9	9	9	9	10	10	10
50	Porcentaje de Tiempo para Uso Privado (%)			100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	Peso Bruto de Vehículo (toneladas)			0.35	0.67	2.00	3.00	4.00	4.00	3.20	6.20	15.00
53	Vehículo de Referencia Adoptado para estimar la Rugosidad como una Función de la Velocidad del Vehículo de Referencia											
56	Vehículo de Reparto											

Figura N°54: Datos de entrada.

Fuente: HDM – 4 VOC Versión 3.2 (2021).

Mediante la fórmula correspondiente se obtuvieron como resultado los coeficientes de los costos de operación vehicular a0, a1, a2 y a3. El mismo que podemos ver en la Figura N°55. Estos coeficientes son las bases para continuar la modelación del RED.

Coeficientes de Costos Operativos de Vehículo en Función de la Rugosidad

			VOC (\$/veh-km) en Función de la Rugosidad (IRI)				Columnas para Chequear Relaciones		
			VOC = a0 + a1*IRI + a2*IRI ² + a3*IRI ³				VOC para IRI =	VOC para IRI =	VOC para IRI =
			a0	a1	a2	a3	2.0	10.0	20.0
							(\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)
AX1	Terreno: A	Motocicleta	0.025777	0.001178	0.000025	-0.000001	0.028	0.039	0.052
AX2	Llano	Mototaxi	0.051565	0.001319	0.000148	-0.000004	0.055	0.076	0.108
AX3		Automóvil Mediano	0.145263	0.001649	0.000271	-0.000005	0.150	0.184	0.244
AX4	Camino: X	Automóvil Grande	0.174032	0.000324	0.000570	-0.000010	0.177	0.224	0.329
AX5	Pavimento	Vehículo de Reparto	0.187325	0.008134	0.000388	-0.000008	0.205	0.299	0.438
AX6		Vehículo de Carga	0.211925	0.009889	0.000382	-0.000008	0.233	0.341	0.496
AX7		Autobús Pequeño	0.236539	0.003494	0.000869	-0.000018	0.247	0.341	0.512
AX8		Camión Liviano	0.273094	0.006603	0.000733	-0.000014	0.289	0.398	0.583
AX9		Camión Mediano	0.392633	0.025704	0.000536	-0.000013	0.446	0.690	1.016
AY1	Terreno: A	Motocicleta	0.024458	0.001452	0.000033	-0.000001	0.027	0.041	0.056
AY2	Llano	Mototaxi	0.053766	0.002257	0.000095	-0.000002	0.059	0.083	0.117
AY3		Automóvil Mediano	0.148856	0.003849	0.000141	-0.000002	0.157	0.199	0.264
AY4	Camino: Y	Automóvil Grande	0.192686	0.003853	0.000226	-0.000001	0.201	0.252	0.349
AY5	Ripio	Vehículo de Reparto	0.195184	0.010733	0.000210	-0.000004	0.217	0.319	0.462
AY6		Vehículo de Carga	0.219094	0.012101	0.000259	-0.000005	0.244	0.361	0.523
AY7		Autobús Pequeño	0.263359	0.007904	0.000395	-0.000006	0.281	0.376	0.533
AY8		Camión Liviano	0.300021	0.009909	0.000428	-0.000007	0.322	0.435	0.617
AY9		Camión Mediano	0.403518	0.027519	0.000514	-0.000012	0.461	0.718	1.064
AZ1	Terreno: A	Motocicleta	0.025509	0.001412	0.000034	-0.000001	0.028	0.042	0.057
AZ2	Llano	Mototaxi	0.059453	0.002546	0.000056	-0.000002	0.065	0.089	0.119
AZ3		Automóvil Mediano	0.157950	0.004541	0.000063	-0.000001	0.167	0.209	0.268
AZ4	Camino: Z	Automóvil Grande	0.215222	0.006050	-0.000005	0.000003	0.227	0.278	0.359
AZ5	Tierra	Vehículo de Reparto	0.208093	0.011821	0.000091	-0.000002	0.232	0.334	0.467
AZ6		Vehículo de Carga	0.231929	0.013082	0.000145	-0.000003	0.259	0.374	0.528
AZ7		Autobús Pequeño	0.294976	0.011025	0.000069	0.000000	0.317	0.413	0.547
AZ8		Camión Liviano	0.333868	0.012066	0.000167	-0.000001	0.359	0.470	0.631
AZ9		Camión Mediano	0.419987	0.028362	0.000401	-0.000010	0.478	0.734	1.070
BX1	Terreno: B	Motocicleta	0.025988	0.001207	0.000024	-0.000001	0.028	0.039	0.052
BX2	Ondulado	Mototaxi	0.052423	0.001387	0.000140	-0.000003	0.056	0.077	0.109
BX3		Automóvil Mediano	0.152337	0.001927	0.000243	-0.000005	0.157	0.191	0.251
BX4	Camino: X	Automóvil Grande	0.188970	0.001071	0.000480	-0.000008	0.193	0.240	0.339
BX5	Pavimento	Vehículo de Reparto	0.210242	0.008809	0.000321	-0.000007	0.229	0.323	0.459
BX6		Vehículo de Carga	0.234201	0.010530	0.000329	-0.000007	0.257	0.365	0.517
BX7		Autobús Pequeño	0.255756	0.004076	0.000793	-0.000016	0.267	0.360	0.527
BX8		Camión Liviano	0.315140	0.008372	0.000548	-0.000010	0.334	0.443	0.618
BX9		Camión Mediano	0.477653	0.026415	0.000481	-0.000013	0.532	0.777	1.098
BY1	Terreno: B	Motocicleta	0.024762	0.001465	0.000032	-0.000001	0.028	0.041	0.057
BY2	Ondulado	Mototaxi	0.054412	0.002287	0.000093	-0.000002	0.059	0.084	0.118
BY3		Automóvil Mediano	0.154358	0.004365	0.000104	-0.000002	0.163	0.207	0.271
BY4	Camino: Y	Automóvil Grande	0.204891	0.004216	0.000192	-0.000001	0.214	0.266	0.360
BY5	Ripio	Vehículo de Reparto	0.215253	0.011776	0.000111	-0.000002	0.239	0.342	0.478
BY6		Vehículo de Carga	0.241575	0.012412	0.000188	-0.000003	0.267	0.381	0.538
BY7		Autobús Pequeño	0.278074	0.008820	0.000301	-0.000004	0.297	0.393	0.545
BY8		Camión Liviano	0.336264	0.011334	0.000297	-0.000004	0.360	0.475	0.646
BY9		Camión Mediano	0.486575	0.028704	0.000380	-0.000010	0.545	0.802	1.133

Figura N°55: Coeficientes de Costos operativos de vehículos en función de la Rugosidad.

Fuente: HDM – 4 VOC Versión 3.2 (2021).

Este modelo nos da la opción de la relación:

- Costos de operación vehicular en función a los coeficientes de rugosidad.
- Emisión del CO2 (gramos / veh-km) en función de la rugosidad.
- Velocidad de los vehículos en función a los coeficientes de rugosidad.
- La rugosidad en función de la velocidad estimada en base a un vehículo de referencia.

Para Costos de Tiempo y Accidentes que se presentó dentro del Ítem 2.2.3 nos solicita los beneficios debidos a la reducción en los tiempos de los pasajeros, en los tiempos de retención de carga y en los costos de accidentes, para eso

tenemos que colocar la cantidad de pasajeros por tipo de vehículo, el valor del tiempo de pasajero y el tiempo de retención de carga.

Resumimos en la Figura N°56, los datos proporcionados del Plan Vial Provincial Participativo de Leoncio Prado.

Ruta	Tramo	Longitud (km)	Ancho (m)	IMD	Habitantes	Observación
HU - 524	Emp. PE 5N carrito - loma - maronilla - jorge basadre - consuelo gosen - nueva esperanza - pta. Carretera	26.21	6	150	1661	REGULAR
HU - 540	Emp. PE 5N(Dv. Yacuisa) - las mercedes - curculiza - san juan cotomonillo - Pta. Carretera	14.046	7	73	714	REGULAR
HU - 556	Emp. PE-14 A (Tingo María) - Castillo Grande - La Florida - Santa Rosa - Yurimaguas - Merced de Locro - Venenillo - Bartolomé - Alto Cuchara	48.19	6	140	13761	REGULAR
HU - 589	Emp. PE 5N (santo domingo de Anda) - Pta. Carretera	8.822	3.5	136	1020	REGULAR
HU - 590	Emp. PE 5N (pueblo nuevo) - puerto prado - nueva esperanza - wiracocha - pta. Carretera	14.281	4.1	120	942	REGULAR
HU - 603	Emp. PE 5N - hermilio valdizan - ugarteche - rio azul - Emp. PE 5N	15.859	4.2	114	849	REGULAR
HU - 610	Emp. HU - 610 (Topa) - Emp. R1006066 (Alto San juan de tulumayo)	21.406	5.5	142	1167	REGULAR
HU - 614	Emp. HU - 613 (Div.huamancoto) - alto marona Emp. HU 610 (Div. Porvenir de marona)	11.782	3	90	89	REGULAR / MUY MALO
HU - 619	Emp. 18 A (Santa Rosa de Shapagilla) - Cargatambo - Marona - San gregorio - Bolaina - San miguel de tulumayo - pta. Carrtera (rio tulumayo)	18.72	4.1	136	1544	REGULAR
HU - 632	Emp. Pe 18 A (quezada) - Santa rosa de quezada - Bejucal	11.522	5	101	499	REGULAR

Figura N°56: Datos de cantidad de vehículos y habitantes, resumidos del PVPP Leoncio Prado.

Fuente: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, PVPP Leoncio Prado (2021).

Para calcular los beneficios de seguridad si se dispone de datos se puede ingresar accidentes con lesiones, daños materiales y muerte, sino ingresamos un costo medio por accidente como en la Figura N°57. De manera opcional se puede ingresar la tasa de accidentes en la hoja de Alternativas de proyecto – principales características.

beneficios del SOAT:			
Gastos medicos	5 UIT	22000	\$5,365.85
Gastos de Sepelio	1 UIT	4400	\$1,073.17
			\$6,439.02

Figura N°57: Beneficios que cubre el SOAT.

Fuente: MTC, SOAT (2002).

Costos de inversión y Mantenimiento:

Los costos financieros de inversión por kilómetro se refieren a una inversión inicial, como reparación, rehabilitación, etc. que comienza el primer año del periodo con la duración especificada por kilómetro en miles del tipo de moneda. Los costos financieros de mantenimiento por kilómetro por año en miles del tipo de moneda son costos de mantenimiento anualizados necesarios para mantener el nivel de servicio especificado. Existe un componente fijo (independiente del tránsito) y un componente opcional variable en función del tránsito.

Se determinaron los costos financieros de inversión de mantenimiento de las rutas, mediante una hoja Excel teniendo como resultado los costos financieros de inversión de mantenimiento rutinario y periódico. Ver Figuras N°58 y N°59.

		COSTOS DE INVERSION									
DESCRIPCION		HU - 524	HU - 540	HU - 556	HU - 589	HU - 590	HU - 603	HU - 610	HU - 614	HU - 619	HU - 632
LIMPIEZA CALZADA	M2	\$/47,618.33	\$/25,518.77	\$/87,551.59	\$/16,027.81	\$/25,945.72	\$/28,812.63	\$/38,890.42	\$/21,405.54	\$/34,010.50	\$/20,933.17
CORTE	M2	\$/34,597.20	\$/18,540.72	\$/63,610.80	\$/11,645.04	\$/18,850.92	\$/20,933.88	\$/28,255.92	\$/15,552.24	\$/24,710.40	\$/15,209.04
ACABADOS	M2	\$/13,021.13	\$/6,978.05	\$/23,940.79	\$/4,382.77	\$/7,094.80	\$/7,878.75	\$/10,634.50	\$/5,853.30	\$/9,300.10	\$/5,724.13
COSTO DIRECTO		\$/125,547.38	\$/74,811.34	\$/217,225.96	\$/53,022.03	\$/75,791.52	\$/82,373.36	\$/105,509.90	\$/65,368.19	\$/94,306.59	\$/64,283.73
INVERSION TOTAL		\$/175,478.83	\$/104,564.55	\$/303,618.90	\$/74,109.42	\$/105,934.57	\$/115,134.07	\$/147,472.24	\$/91,365.78	\$/131,813.26	\$/89,850.02
INVERSION /Km		\$/6,695.11	\$/7,444.44	\$/6,300.45	\$/8,400.52	\$/12,008.00	\$/8,062.05	\$/9,298.96	\$/4,268.23	\$/11,187.68	\$/4,799.68
\$ INVERSION /Km		\$1,632.95	\$1,815.72	\$1,536.70	\$2,048.91	\$2,928.78	\$1,966.35	\$2,268.04	\$1,041.03	\$2,728.70	\$1,170.65

Figura N°58: Costos financieros de mantenimiento rutinario por Kilómetro.

Fuente: Elaboración propia.

		COSTOS DE INVERSION									
DESCRIPCION		HU - 524	HU - 540	HU - 556	HU - 589	HU - 590	HU - 603	HU - 610	HU - 614	HU - 619	HU - 632
EXTRACCION	m3	\$/275,991.30	\$/115,036.74	\$/507,440.70	\$/54,189.14	\$/102,758.94	\$/116,896.69	\$/206,621.42	\$/41,354.82	\$/134,699.76	\$/101,105.55
ZARANDEO	m3	\$/109,830.38	\$/45,778.72	\$/201,935.38	\$/21,564.50	\$/40,892.79	\$/46,518.89	\$/82,224.73	\$/16,457.10	\$/53,603.60	\$/40,234.82
CARGUIO	m3	\$/53,499.85	\$/22,299.43	\$/98,365.43	\$/10,504.36	\$/19,919.42	\$/22,659.97	\$/40,052.77	\$/8,016.47	\$/26,111.03	\$/19,598.92
TRANSPORTE	m3	\$/651,056.40	\$/271,368.72	\$/1,197,039.60	\$/127,830.78	\$/242,405.69	\$/275,756.29	\$/487,414.62	\$/97,554.96	\$/317,753.28	\$/238,505.40
LA BASE	m3	\$/347,274.11	\$/216,308.40	\$/636,108.00	\$/67,929.40	\$/133,527.35	\$/148,281.65	\$/66,550.00	\$/77,761.20	\$/175,032.00	\$/126,742.00
COSTO DIRECTO		\$/1,467,962.77	\$/694,565.80	\$/2,683,011.88	\$/302,984.58	\$/563,404.27	\$/634,861.59	\$/910,592.58	\$/263,701.67	\$/733,485.27	\$/548,604.09
INVERSION TOTAL		\$/2,051,786.25	\$/970,801.57	\$/3,750,072.53	\$/423,484.58	\$/787,475.78	\$/887,352.39	\$/1,272,744.36	\$/368,578.46	\$/1,025,199.69	\$/766,789.42
INVERSION /Km		\$/78,282.57	\$/69,115.87	\$/77,818.48	\$/48,003.24	\$/55,141.50	\$/55,952.61	\$/59,457.37	\$/31,283.18	\$/54,764.94	\$/66,550.03
\$ INVERSION /Km		\$19,093.31	\$16,857.53	\$18,980.12	\$11,708.11	\$13,449.15	\$13,646.98	\$14,501.80	\$7,630.04	\$13,357.30	\$16,231.71

Figura N°59: Costos financieros de mantenimiento periódico por kilómetro.

Fuente: Elaboración propia.

También se determinaron costos financieros de inversión para tratamiento superficial bicapa y con carpeta asfáltica que mostramos en las Figuras N°60 y N°61 para tener en cuenta el ingreso de datos.

	COSTOS DE INVERSION X KM									
DESCRIPCION	HU - 524	HU - 540	HU - 556	HU - 589	HU - 590	HU - 603	HU - 610	HU - 614	HU - 619	HU - 632
OBRAS PROVISIONALES Y PF	S/30,310.72	S/23,773.79	S/42,122.78	S/20,966.41	S/23,900.08	S/24,748.10	S/27,729.05	S/22,557.12	S/26,285.60	S/22,417.39
AFIRMADO	S/3,028,373.12	S/1,405,385.17	S/5,563,212.63	S/594,090.46	S/1,136,000.07	S/1,285,059.69	S/1,880,322.47	S/505,225.12	S/1,489,105.89	S/1,108,448.09
CARPETA ASFALTICA	S/2,406,078.00	S/1,504,326.60	S/4,423,842.00	S/472,418.10	S/895,847.13	S/1,019,099.34	S/1,801,314.90	S/540,793.80	S/1,174,305.60	S/881,433.00
PINTURA Y SEÑALIZACION	S/437,969.10	S/234,708.66	S/805,254.90	S/147,415.62	S/238,635.51	S/265,003.89	S/357,694.26	S/196,877.22	S/312,811.20	S/192,532.62
INVERSION TOTAL	S/8,250,306.07	S/4,428,216.75	S/15,143,394.37	S/1,726,018.93	S/3,206,881.77	S/3,625,535.36	S/5,684,571.39	S/1,768,736.67	S/4,196,635.86	S/3,081,714.47
INVERSION /Km	S/314,777.03	S/315,265.32	S/314,243.50	S/195,649.39	S/363,509.61	S/228,610.59	S/265,559.72	S/150,121.94	S/224,179.27	S/267,463.50
\$ INVERSION /Km	\$76,774.89	\$76,893.98	\$76,644.76	\$47,719.36	\$88,660.88	\$55,758.68	\$64,770.66	\$36,615.11	\$54,677.87	\$65,235.00

Figura N°60: Costos financieros de inversión para TSB por Kilómetro.

Fuente: Elaboración propia.

	COSTOS DE INVERSION X KM									
DESCRIPCION	HU - 524	HU - 540	HU - 556	HU - 589	HU - 590	HU - 603	HU - 610	HU - 614	HU - 619	HU - 632
OBRAS PROVISIONALES Y PF	S/30,310.72	S/23,773.79	S/42,122.78	S/20,966.41	S/23,900.08	S/24,748.10	S/27,729.05	S/22,557.12	S/26,285.60	S/22,417.39
AFIRMADO	S/3,181,442.14	S/1,469,186.32	S/5,844,647.05	S/624,144.59	S/1,192,991.75	S/1,349,892.39	S/1,994,917.89	S/528,161.14	S/1,563,812.45	S/1,164,522.78
CARPETA ASFALTICA	S/4,972,561.20	S/3,108,941.64	S/9,142,606.80	S/976,330.74	S/1,851,417.40	S/2,106,138.64	S/3,722,717.46	S/1,117,640.52	S/2,426,898.24	S/1,821,628.20
PINTURA Y SEÑALIZACION	S/437,969.10	S/234,708.66	S/805,254.90	S/147,415.62	S/238,635.51	S/265,003.89	S/357,694.26	S/196,877.22	S/312,811.20	S/192,532.62
INVERSION TOTAL	S/12,051,451.40	S/6,760,178.73	S/22,132,222.82	S/2,472,349.62	S/4,622,149.74	S/5,235,518.37	S/8,530,306.12	S/2,607,059.00	S/6,051,815.23	S/4,474,210.87
INVERSION /Km	S/459,803.56	S/481,288.53	S/459,270.03	S/280,248.20	S/323,657.29	S/330,129.16	S/537,884.24	S/121,791.04	S/513,649.23	S/239,006.99
\$ INVERSION /Km	\$112,147.21	\$117,387.45	\$112,017.08	\$68,353.22	\$78,940.80	\$80,519.31	\$131,191.28	\$29,705.13	\$125,280.30	\$58,294.39

Figura N°61: Costos financieros de inversión para CA por kilómetro.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de alternativas:

El proceso de modelación con el software RED requiere definir las características y las condiciones bajo las cuales se pretenden realizar los mantenimientos, planteando diferentes alternativas de acuerdo a las necesidades del proyecto a realizar, en la tabla N°03 se describen las alternativas y en base a ellos los costos considerados en el análisis.

Alternativas consideradas:

- Alternativa 0 (Base): Sin Proyecto.
- Alternativa 1: Afirmado.
- Alternativa 2: Tratamiento Superficial Bicapa.
- Alternativa 3: Carpeta Asfáltica.

En el caso de las alternativas 4, 5 y 6 que también nos permite ingresar el modelo, ingresamos los datos de la alternativa 1, 2 y 3 pero cambiando valores como la rugosidad para observar el comportamiento de los valores.

Tabla N°03. Alternativas propuestas para ingreso de datos al modelo RED

Alternativa	Características
Alternativa "0" o Sin proyecto	Consiste en dejar el camino tal y como se encuentra, mantenerlo en mala condición.
Alternativa 1	Consiste en un mantenimiento rutinario una vez por año durante los dos primeros años y al tercer año un mantenimiento periódico.
Alternativa 2	Colocar tratamiento superficial nuevo más aplicaciones una vez por año de ligante asfáltico como mantenimiento.
Alternativa 3	Consiste en la conformación de un pavimento el primer año de proyecto más aplicaciones una vez por año de ligante asfáltico como mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°62. Se observa el ingreso de las consideraciones generales por alternativa.

Datos de Entrada del RED		Alt. 0	Alt. 0	Alt. 0	Alt. 0	Alt. 0	Alt. 0	Alt. 0	Alt. 0	Alt. 0
ID del Camino	Nombre del Camino	Alternativa 0 Descripción	Tipo de Terreno (A/B/C)	Tipo de Camino (X/Y/Z)	Estación Seca			Estación Húmeda		
					Longitud del Camino (km)	Rugosidad (IRI)	Velocidad de Vehículo (km/hr)	Longitud del Camino (km)	Rugosidad (IRI)	Velocidad de Vehículo (km/hr)
R01	Ruta - 524 IMD 150	Mantener condicion Mala	A	Y	26.2	20.0	40.0	26.2	20.0	40.0
R02	Ruta HU-540 con TMDA 73	Condición Mala Actual	A	Y	14.0	20.0	40.0	14.0	20.0	35.0
R03	Ruta HU-556 con TMDA 140	Condición Mala Actual	B	X	48.2	20.0	40.0	48.2	20.0	35.0
R04	Ruta HU-589 con TMDA 136	Condición Mala Actual	C	Y	8.8	20.0	40.0	8.8	20.0	35.0
R05	Ruta HU-590 con TMDA 120	Condición Mala Actual	A	Y	14.3	20.0	40.0	14.3	20.0	35.0
R06	Ruta HU-603 con TMDA 114	Condición Mala Actual	C	X	15.9	20.0	40.0	15.9	20.0	35.0
R07	Ruta HU-610 con TMDA 142	Condición Mala Actual	C	Y	21.4	20.0	40.0	21.4	20.0	35.0
R08	Ruta HU-614 con TMDA 90	Condición Mala Actual	C	Y	11.8	20.0	40.0	11.8	20.0	35.0
R09	Ruta HU -619 con TMDA 136	Condición Mala Actual	C	Y	18.7	20.0	40.0	18.7	20.0	35.0
R10	Ruta HU-632 con TMDA 101	Condición Mala Actual	C	X	11.5	20.0	40.0	11.5	20.0	35.0

Figura N°62: Consideraciones generales dependiendo de las alternativas.

Fuente: Software RED – Programa (2021).

Para el ingreso de costos fijos, serán los costos considerados en el mantenimiento en miles de dólares por kilómetro, ver Figura N°63.

Costos fijos Alt.0	\$886.24	\$886.24	\$886.24	\$886.24	\$886.24	\$886.24	\$886.24	\$886.24	\$886.24	\$886.24
Costos fijos Alt.1	\$4,459.45	\$3,882.67	\$4,455.41	\$2,598.99	\$3,071.36	\$3,127.73	\$4,084.13	\$1,664.00	\$3,071.36	\$3,712.85
Costos fijos Alt.2	\$2,853.66	\$3,329.27	\$2,853.66	\$1,664.63	\$1,950.00	\$1,997.56	\$2,615.85	\$1,426.83	\$1,950.00	\$2,378.05
Costos fijos Alt.3	\$4,379.27	\$5,109.15	\$4,379.27	\$2,554.57	\$2,992.50	\$3,065.49	\$4,014.33	\$2,189.63	\$2,992.50	\$3,649.39

Figura N°63: Costos fijos considerados para cada alternativa.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de porcentaje de inversión al año, el modelo RED nos solicita la duración de la inversión seleccionando entre 0 – 3 años y repartiendo en porcentaje para cada año y alternativa. Ver Figura N°64.

CAMINO HU - 524 TPD = 150, DURACION DE LA ESTACION HUMEDA 150 DIAS								
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA 0		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
	MANTENER EN CONDCION MALA		MANTENER EN CONDCION BUENA		MEJORAR A TRATAMIENTO SUPERFICIAL		PAVIMENTO CON CARPETA ASFALTICO	
ESTACION	SECA	HUMEDA	SECA	HUMEDA	SECA	HUMEDA	SECA	HUMEDA
LONGITUD (KM)	26.210	26.210	26.210	26.210	26.210	26.210	26.210	26.210
RUGOSIDAD (IRI)	20	20	12	12	6	6	4	4
TIPO DE TERRENO (A/B/C)	A	A	A	A	A	A	A	A
TIPO DE CAMINO (X/Y/Z)	Y	Y	Y	Y	X	X	X	X
% DE DISMINUCION DE TPD EN ESTADO HUMEDO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TPD NORMAL	150	150	150	150	150	150	150	150
%TPD NORMAL COMO TRAFICO GENERADO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DURACION DE A INVERSION (AÑO)	1		1		1		1	
PORCENTAJE DE COSTOS DE INVERSION EN EL AÑO 1 (%)	100		100		100		100	
PORCENTAJE DE COSTOS DE INVERSION EN EL AÑO 2 (%)	0		0		0		0	
PORCENTAJE DE COSTOS DE INVERSION EN EL AÑO 3(%)	0		0		0		0	
COSTOS FINANCIEROS DE INVERSION ('000\$/KM)	0.8		22.36		76.77		112.15	
COSTOS FINANC. FIJOS DE MANT.('000/KM/AÑO)	0		4.5		2.85		4.38	

Figura N°64: Resumen de los datos ingresados para Costos Ruta – 524 como ejemplo.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos todos los valores de ingreso necesarios para el modelo RED, se obtuvieron como resultado VAN y TIR para las diez rutas en la Figura N°65.

ID del Camino	Valor Actual Neto (millones de \$) a una Tasa de Descuento del 8%							Tasa Interna de Retorno (%)						
	Alter. 0	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	Alter. 5	Alter. 6	Alter. 0	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	Alter. 5	Alter. 6
R01	0.000	0.142	0.481	-0.021	0.411	0.803	0.176	#N/D	14%	14%	8%	25%	18%	10%
R02	0.000	-0.145	-0.461	-0.933	-0.068	-0.358	-0.867	#N/D	-9%	-5%	-11%	1%	-2%	-9%
R03	0.000	0.662	0.839	-0.015	1.143	1.449	0.364	#N/D	25%	14%	8%	35%	18%	10%
R04	0.000	-0.017	-0.030	-0.141	0.026	0.033	-0.099	#N/D	4%	6%	1%	13%	10%	3%
R05	0.000	0.116	-0.157	0.138	0.233	0.001	0.241	#N/D	20%	5%	11%	30%	8%	14%
R06	0.000	0.175	0.270	0.092	0.292	0.426	0.191	#N/D	24%	16%	10%	33%	20%	12%
R07	0.000	0.162	0.425	-0.517	0.370	0.734	-0.311	#N/D	18%	16%	3%	30%	21%	5%
R08	0.000	0.243	0.292	0.473	0.313	0.395	0.542	#N/D	#NUM!	29%	50%	#NUM!	35%	55%
R09	0.000	0.209	0.506	-0.384	0.379	0.759	-0.215	#N/D	24%	20%	3%	35%	26%	5%
R10	0.000	0.020	-0.026	0.138	0.095	0.074	0.201	#N/D	11%	7%	13%	19%	11%	15%

Figura N°65: Resultados de VAN y TIR de las rutas.

Fuente: Software RED – Programa (2021).

Se observa que se prioriza la alternativa más recomendada según el software RED, ver Figura N°66.

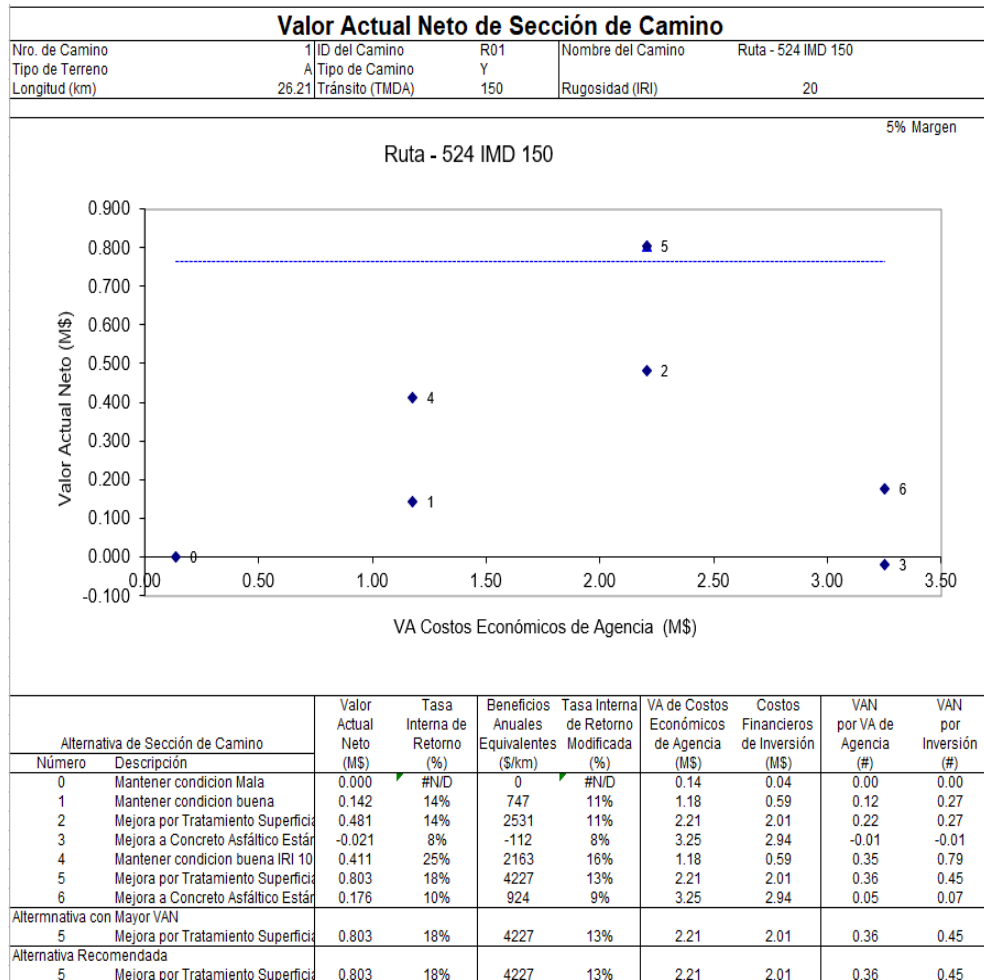


Figura N°66: Representación gráfica VAN vs VA Agencia Ruta HU - 524.

Fuente: Software RED – Programa (2021).

Se observa que la alternativa a considerar es realizar un tratamiento superficial en este caso el propuesto Bicapa para un IRI de 10 dado que la ruta actual es de afirmado y el tipo de terreno es plano con un IMD de 150.

En la Figura N°67. Mostramos la Ruta – 632 donde nos muestra una alternativa distinta ya que el tipo de terreno es montañoso con un camino ya pavimentado y con un IMD de 101.

Cabe denotar que hemos considerado las mismas alternativas para todas las rutas, y se puede observar en los resultados que alternativa se ajusta más a la condición actual de las rutas propuestas.

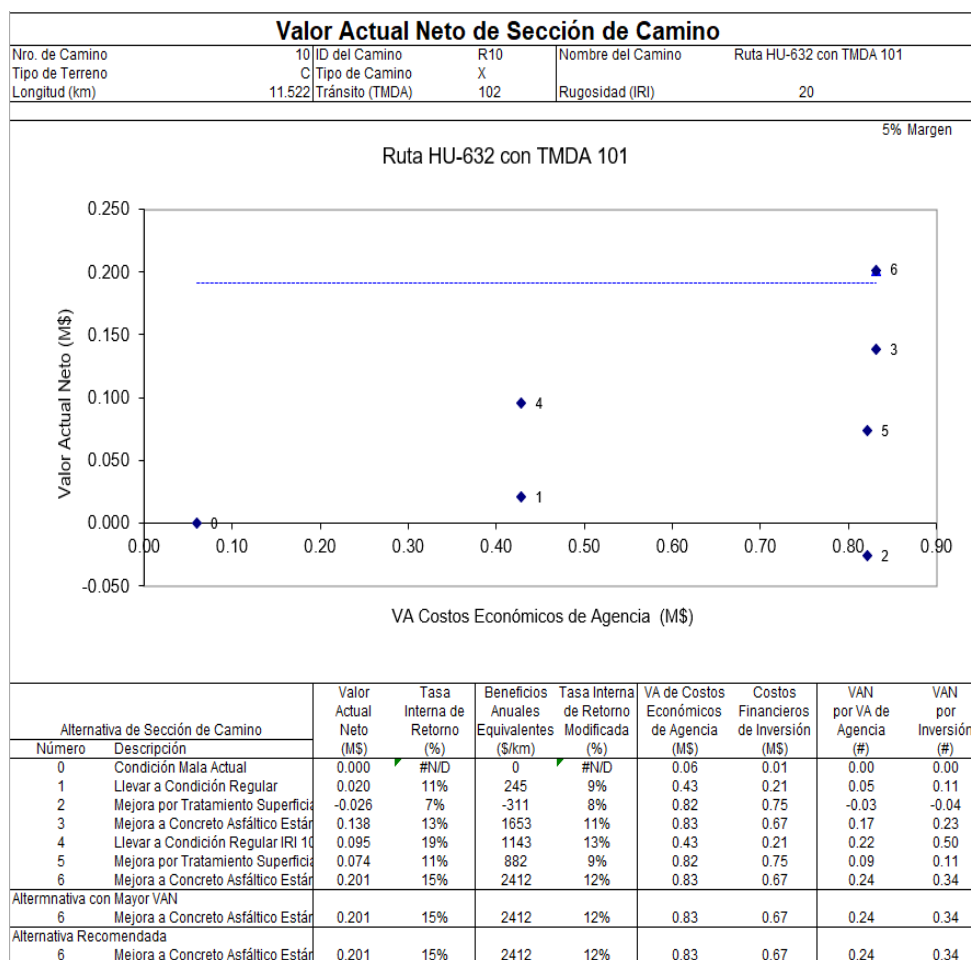


Figura N°67: Representación gráfica VAN vs VA Agencia Ruta HU – 632.

Fuente: Software RED – Programa (2021).

Al ver lo que resulta de la alternativa 0 que se consideró un mantenimiento rutinario es que los VAN se disminuyen proporcional a la longitud de la ruta y directamente con los costos de inversión ingresados ya que estos dependen del ancho de la vía y de la pérdida de agregado que sufriría esta al pasar del tiempo. Podemos denotar que los datos de entrada que se solicitan en el programa están enlazados en tal forma que son dependientes para llegar a la elección de una alternativa en su óptimo valor.

El software en sus hojas de salida nos muestra opciones de presupuestos ya sea este sin restricciones o con la disponibilidad de cierto capital.

En la Figura N°68 mostraremos la opción del presupuesto recomendado para la Red vial según las alternativas priorizadas por el software, pero considere que se puede introducir manualmente qué alternativa se desea utilizar.

Escenario de Programa Recomendado				Paso 1. Seleccione la alternativas manualmente.	Indicadores de Red Anuales						
Gasto de Capital Disponible (M\$)		11.57			Año	Beneficios Netos (M\$)	Gastos Financieros de Agencia			Utilización de la Red (M veh-km)	Rugosidad de la Red (IRI)
Gasto de Capital Requerido (M\$)		11.57					Capital (M\$)	Recurrentes (M\$)	Total (M\$)		
Longitud de la Red (km)		190.8		Paso 2. Actualizar Programa Recomendado	1	-9.903	11.57	0.01	11.58	8.64	20.00
Rugosidad Media de la Red (IRI)		6.0			2	2.232	0.00	0.47	0.47	10.86	4.05
Valor Actual Neto de la Red (M\$)		5.19			3	2.282	0.00	0.47	0.47	11.07	4.05
Tasa Interna de Retorno de la Red (%)		19%			4	2.334	0.00	0.47	0.47	11.29	4.05
Beneficios Anuales Equivalentes de la Red (M\$)		34008			5	2.386	0.00	0.47	0.47	11.52	4.05
Tasa Interna de Retorno Modificada de la Red (%)		10%			6	2.440	0.00	0.47	0.47	11.75	4.05
VA de Costos Económicos de Agencia de la Red		12.94			7	2.494	0.00	0.47	0.47	11.99	4.05
Costos Financieros de Inversión (M\$)		11.60			8	2.550	0.00	0.47	0.47	12.23	4.05
VAN por VA de Costos de Agencia de la Red		0.40			9	2.606	0.00	0.47	0.47	12.47	4.05
VAN por Costos de Inversión de la Red		0.45			10	2.664	0.00	0.47	0.47	12.72	4.05
Costos recurrentes de Mantenimiento de la Red		0.47			11	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Población Servida por la Red (personas)		9861			12	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inversión por Habitante Servido de la Red (\$/per)		1176			13	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					14	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					15	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					16	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					17	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					18	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					19	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					20	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Condición Actual				Rugosidad Media (IRI)	Valor Actual Neto (M\$)	Tasa Interna de Retorno (%)	Beneficios Anuales Equivalentes (\$/km)	Tasa Interna de Retorno Modificada (%)	VA de Costos Económicos de Agencia (%)	Costos Financieros de Inversión (M\$)	VAN por VA de Agencia (#)	VAN por Inversión (#)	Costos Recurrentes de Mantenimiento (M\$/año)	Población Servida (personas)	Inversión por Habitante (\$/persona)	Habitante por Inversión (personas/1000\$)
Longitud (km)		Tránsito Diario (IRI)														
Total de la Red				6.0	5.187	19%	34008	10%	12.936	11.595	0.40	0.45	0.473	9861	1176	0.9

Nro. de ID del Camino	Nombre del Camino	Tipo de Terreno	Tipo de Camino	Condición Actual			Alternativa Recomendada Definida por el Usuario		Rugosidad Media (IRI)	Valor Actual Neto (M\$)	Tasa Interna de Retorno (%)	Beneficios Anuales Equivalentes (\$/km)	Tasa Interna de Retorno Modificada (%)	VA de Costos Económicos de Agencia (%)	Costos Financieros de Inversión (M\$)	VAN por VA de Agencia (#)	VAN por Inversión (#)	Costos Recurrentes de Mantenimiento (M\$/año)	Población Servida (personas)	Inversión por Habitante (\$/persona)	Habitante por Inversión (personas/1000\$)			
				Longitud (km)	Tránsito Diario	Rugosidad (IRI)	Número	Nombre																
1	R01	Ruta - 524	IMD	150	A	Y	26.21	150	20	5	Mejora por Tratamiento Superficial Estár	4.70	0.803	18%	4227	13%	2.207	2.012	0.36	0.45	0.075	1661	1211	0.8
2	R02	Ruta HU-540 con TMDA	73	A	Y	14.04	79.8904	20	0	Condición Mala Actual	20.00	0.000	#N/D	0	#N/D	0.072	0.025	0.00	0.00	0.011	714	36	28.0	
3	R03	Ruta HU-556 con TMDA	140	B	X	48.19	140	20	5	Mejora por Tratamiento Superficial Estár	4.70	1.449	18%	4149	13%	4.052	3.693	0.36	0.44	0.137	1376	2684	0.4	
4	R04	Ruta HU-589 con TMDA	136	C	Y	8.822	69	20	5	Mejora por Tratamiento Superficial Estár	4.70	0.033	10%	519	9%	0.456	0.421	0.07	0.09	0.015	1020	413	2.4	
5	R05	Ruta HU-590 con TMDA	120	A	Y	14.281	114.11	20	6	Mejora a Concreto Asfáltico Estándar IR	3.80	0.241	14%	2325	11%	1.241	1.127	0.19	0.24	0.043	942	1197	0.8	
6	R06	Ruta HU-603 con TMDA	114	C	X	15.859	115	20	5	Mejora por Tratamiento Superficial Estár	4.70	0.426	20%	3703	13%	0.963	0.884	0.44	0.54	0.032	849	1042	1.0	
7	R07	Ruta HU-610 con TMDA	142	C	Y	21.406	142	20	5	Mejora por Tratamiento Superficial Estár	4.70	0.734	21%	4729	14%	1.545	1.386	0.47	0.59	0.056	1167	1188	0.8	
8	R08	Ruta HU-614 con TMDA	90	C	Y	11.78	90	20	6	Mejora a Concreto Asfáltico Estándar IR	3.80	0.542	55%	6346	25%	0.455	0.350	1.19	1.74	0.026	89	3932	0.3	
9	R09	Ruta HU -619 con TMDA	136	C	Y	18.72	136	20	5	Mejora por Tratamiento Superficial Estár	4.70	0.759	26%	5597	16%	1.114	1.023	0.68	0.83	0.037	1544	662.80197	1.5	
10	R10	Ruta HU-632 con TMDA	101	C	X	11.522	102	20	6	Mejora a Concreto Asfáltico Estándar IR	3.80	0.201	15%	2412	12%	0.832	0.672	0.24	0.34	0.042	499	1346.019	0.7	

Figura N°68: Resultados del Escenario del Programa recomendado.

Fuente: Software RED – Programa (2021).

El modelo RED está elaborado para hacer evaluaciones económicas de trabajos en caminos existentes. Como son los que consideramos rehabilitación, esto es llevar un camino deteriorado a la condición que tuvo este cuando fue construido, sea en tierra, grava o pavimentado, aplicando las operaciones pertinentes a cada tipo de superficie. Trabajos también como mejoramientos, que son superficies de tierra a grava, o pasar de superficie de grava a tratamiento superficial o carpeta asfáltica. Los mejoramientos correspondientes a ampliaciones de la superficie de ruedo no se pueden evaluar con RED.

5.3 Contrastación de Hipótesis

La realización de la presente investigación plantea desde su etapa inicial una hipótesis general y tres hipótesis específicas, la comprobación de cada una de las expuestas se desarrolla en este capítulo.

Hipótesis específica 1

H11: Determinando los tipos de medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.

H01: determinando los tipos de medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) no se podrá priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.

De acuerdo al ítem 5.2.1. se determinó los medios de transporte, así como la orografía en función al Plan vial provincial participativo de Leoncio Prado.

Los medios de transporte se compatibilizaron e ingresaron al modelo RED.

La orografía se contrastó con Google Earth y se ingresaron al modelo RED.

Los costos de operación vehicular están en función del tipo de vehículo y del tipo de terreno.

En la evaluación económica VAN – TIR los resultados de priorización están en función al tipo de vehículo y la orografía.

Según Mbabazi, E (2019), aplica el modelo RED para estimar los costos operativos de los vehículos (VOC). El autor realiza la estimación de los costos de los mototaxis en función a los cambios en las condiciones de la carretera. Finalmente, concluyen que los cambios en las condiciones de las carreteras afectan los costos operativos de los mototaxis que transitan en los caminos de bajo volumen.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Hipótesis específica 2

H12: Establecer los tipos de superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.

H02: Estableciendo los tipos de superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) no se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.

De acuerdo al ítem 5.2.2. Se estableció el tipo de superficie de rodadura de las rutas en función al Plan vial provincial participativo de Leoncio Prado.

El tipo de superficie de rodadura se contrastó con Google maps, fotografías y se ingresaron al modelo RED.

En la evaluación económica VAN – TIR los resultados de priorización están en función al tipo de superficie de rodadura.

Según Tamura Koichiro, Nakagawa Joshiya, Kadooka Seiji, Kimura Makoto (2012), aplica el modelo RED para evaluar el impacto económico para caminos rurales mediante el método do-nou. El autor analiza la relación entre la condición inicial del camino y la elección de alternativas, que propone sean de grava, bituminosa y do-nou para determinar en qué condiciones es la mejor opción la aplicación del método. Finalmente, concluyen que la elección de la alternativa está en función al tipo de camino y su condición así mismo muestra valores de VAN positivos para secciones del camino en condición mala.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Hipótesis específica 3

H13: Determinando los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.

H03: Determinando los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) no se podrá priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.

De acuerdo al ítem 5.2.3. se estableció los tipos de costos que aplica el RED, calculando los costos operativos vehiculares, costos por accidentes, costos de mantenimiento e inversión.

Los costos por accidentes se determinaron en función a los costos que cubre el Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT) y se ingresaron al modelo RED.

Los costos de mantenimiento se calcularon mediante una hoja Excel así mismo los costos de inversión, también se propusieron alternativas y en base a ellos los costos considerados para cada alternativa. Todos estos costos calculados se ingresaron al modelo RED.

En la evaluación económica VAN – TIR los resultados de priorización están en función a los costos mencionados.

Vilela Thais, Malky Alfonso, Bruner Aaron, Da Silva Vera, Ribeiro Vivian, Costa Ane, Escobedo Annie, Rojas Adrian, Laina Alejandro, Botero Rodrigo (2019), aplican el RED para realizar el análisis del retorno económico de un conjunto de 75 tramos viales en la Amazonia. Para ello los autores comparan y cuantifican los impactos ambientales y sociales con los factores económicos de los proyectos. Mediante la aplicación del Modelo RED determinan la factibilidad económica estimando el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna (TIR) de los proyectos. Teniendo como resultado que la ejecución de los proyectos tendría prevista la deforestación y pérdida de cobertura forestal y económicamente en el 45 % de los proyectos, los costos superan a los beneficios. Finalmente, sugieren a los gobiernos acciones prioritarias, como evitar los gastos en proyectos viales con $VPN < 0$ y para proyectos con $VPN > 0$ considerar la relación entre costos y beneficios.

Hipótesis General

Habiéndose demostrado la hipótesis alterna h1, h2 y h3 la hipótesis general se valida. Los factores que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) son necesarios para poder priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado.

Según nuestro análisis de resultado, el RED prioriza el mejor escenario para todas las rutas propuestas teniendo en cuenta el VAN y TIR.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron los factores de tipos de vehículo, orografía, tipos de superficie de rodadura y costos, con los cuales el modelo RED procesó esta información y determinó una priorización en base al criterio de índice de serviciabilidad, obteniendo el VAN y TIR de la alternativa priorizada.
2. Los tipos de vehículos hallados que aplica el modelo RED se clasificaron entre livianos y pesados teniendo nueve tipos. Con respecto a la orografía que aplica el modelo RED son tres tipos llano, ondulado y montañoso.
3. Los tipos de superficie de rodadura establecidos que aplica el modelo RED fueron Tierra, grava y pavimento para así proponer las alternativas de intervención en las rutas.
4. Los tipos de Costos que aplica el modelo RED son los costos de operación vehicular, costos de conservación, costos por accidentes y costos financieros de inversión para la priorización de las rutas.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la investigación aplicando a otra región o provincia con data actualizada para poder comparar y calibrar los modelos.
2. Trabajar con los tres libros de Excel abiertos (HDM – 4 VOC Versión 3.2, Software RED – Principal y Programa) ya que el software enlaza y actualiza los datos ingresados.
3. Al momento de la habilitación de las macros de los libros de Excel mencionados, crear una copia y trabajar en ella para tener el modelo sin modificación por si se desea generar un análisis diferente.
4. Capacitar a los institutos viales provinciales (IVP) en el manejo de estos programas y el uso en la gestión vial provincial para mejorar la elaboración de planes viales.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Archondo, R. (Julio de 2004). *World Bank*. Obtenido de <https://www.ssatp.org/en/page/roads-economic-decision-model-red-additional-reference-materials#>
- Archondo, R. (2010). *HDM-4 Road Use Costs Model Version 2*. Washington D.C.: The World Bank.
- Arguedas, C. (2011). *Fundamentos para la evaluación económica de caminos y guía simplificada para el manejo del Modelo RED*. San José: Ministerio de Obras públicas y transportes.
- Bahadur Bhandari, S., & Nalmpantis, D. (2018). Aplicación de varios métodos de análisis de criterios múltiples para la evaluación de proyectos de carreteras rurales. *Benthan Open*, 1-4.
- Banco Mundial. (2003). *Transporte de Carreteras: Herramientas de Software de Carreteras*.
- Chang, C., & Melendez, J. (2011). Aplicabilidad del modelo HDM-III en la evaluación de proyectos viales. *XIII CONIC PUNO*, (pág. 11). Puno.
- Consorcio Plan Vial Leoncio Prado. (2021). Plan Vial Provincial Participativo de Leoncio Prado , Huánuco 2021-2025. Leoncio Prado: Ministerio de transporte y comunicaciones.
- De la Rosa, E. (2019). *Análisis comparativo de la tasa social de descuento en la evaluación social de proyectos de inversión en Perú bajo el sistema nacional de inversión pública y el sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones*.
- De Solminihac, H. (2005). *Gestión de Infraestructura Vial - Tercera Edición*. Santiago: Alfaomega.
- Echaveguren, T., Chamorro, A., & De Solminihac, H. (s.f.). *Gestión de Infraestructura Vial - Tercera Edición*. Santiago: 2014.
- Fungo, E. (2018). *Road Infrastructure Improvement for efficient utilisation of the agricultural potential: A case study of Morogoro, Tanzania*. Stellenbosch: Stellenbosch University.
- Glave, M., Hopkins, A., Malky, A., & Leonardo, F. (2012). *Análisis Económico de la carretera Pucallpa - Cruzeiro do sul*.

- Mbabazi, E. (05 de octubre de 2019). *Impacto de las condiciones de las carreteras sin pavimentar en los servicios de transporte rural*. Obtenido de ICE publishing: <https://doi.org/10.1680/jmuen.18.00048>
- Ministerio de Economía Y finanzas. (Febrero de 2015). *Guia metodologica para la identificación, formulación y evaluacion social de proyectos de vialidad urbana, a nivel de perfil*. Obtenido de MEF: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Guia_Urbana.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Ministerio de Economía y Finanzas*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100674&view=article&catid=193&id=876&lang=es-ES
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2002). *Portal MTC*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/terrestre/fondo_soat/creacion_objetivos.html
- Ministerio de transporte y comunicaciones. (2005). *Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (10 de Febrero de 2006). Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. *El peruano*, págs. 2-12.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (26 de Mayo de 2007). Reglamento de Jerarquización Vial. *El Peruano*, pág. 3.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (11 de julio de 2013). *www.minjus.gob.pe*. Obtenido de "Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial": <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Julio/14/RD-18-2013-MTC-14.pdf>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2015). Manual de Inventarios Viales parte IV. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). Manual de Inventarios Viales. Lima: Ministerio de Transporte y comunicaciones.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2017). *Guia metodológica para la elaboración de Planes Viales Provinciales - PVPP*. Lima.

- Ministerio Economía y Finanzas. (2017). *portal MEF*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/archivos-descarga/anexo3_directiva002_2017EF6301.pdf
- Municipalidad de San Isidro. (Febrero de 2019). *Gestión de inversión en el marco del Invierte.pe*. Obtenido de Municipalidad de San Isidro: <http://msi.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2019/02/PPT-PRESUPUESTO-PARTICIPATIVO-INVIERTE.pdf>
- Núñez, C., & Perez, I. (2005). *El modelo HDM-4: Descripción y posibilidad de aplicación dentro de un sistema de gestión de carreteras*. Coruña: Universidad de la Coruña.
- Plessis, M. (2007). Planificación de carreteras para comunidades rurales. *ResearchGate*, 1-8.
- Posada Henao, J. (1999). *Conceptos sobre el modelo HDM III: the Highway Design and Maintenance Standards Model*. Colombia.
- Ramesh, B., Ghana, S. G., & Bir, s. T. (2017). Analysis of IRI value for assessment of optimum maintenance strategy for low traffic volumen road. *Ramesh Bala*, 41-46.
- Roca, M., & Agosta, R. (2011). *Application of a fuzzy Roughness index to the road economic decision model for low AADT roads in developing countries*. Buenos aires.
- Salazar, Y., & Sanchez, B. (2020). *Propuesta de plan de intervención vial como de gestión en hojas de cálculo Excel, aplicando metodologías de relevamiento de fallas en caminos vecinales*. lima.
- Santa Cruz, E. (24 de Enero de 2017). Fundamentos Financieros: El valor Actual Neto(VAN). (ESAN, Entrevistador)
- Sibaja, J. (2003). *Modelo de Valoración de Activos Públicos en Carreteras*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Tamura, K., Nakagawa, Y., Kadooka, S., & Makoto, K. (2012). *Eficacia de la mejora de carreteras rurales mediante el Método "Do-nou" en países en desarrollo: Análisis económico con modelo RED*. Kyoto: Universidad de Kyoto.
- Vilela, T., Malky, A., Bruner, A., Da Silva, V., Ribeiro, V., Costa, A., . . . Botero, R. (2019). *Retorno Económico y Riesgos Socio- Ambientales de los proyectos viales en la Amazonía*. Conservación Estratégica.

ANEXOS

Anexo 1: Hoja Logo, introducción y presentación del software RED.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Road Management Initiative Sub-Saharan Africa Transport Policy Program									
Ir a: <input type="text" value="Logo"/>									
<p>El modelo RED fue financiado por el Africa Road Management Initiative (RMI), que fue lanzado bajo el auspicio del Sub-Saharan Africa Transport Policy Program (SSATP), que es un marco de trabajo colaborativo preparado para mejorar las políticas de transporte y fortalecer la capacidad institucional en la región del África. El modelo fue desarrollado por Rodrigo Archondo-Callao, Especialista Técnico, Banco Mundial. El supervisor del desarrollo del modelo fue Pedro Germaldes, Economista Principal de Transporte, Banco Mundial, y el trabajo fue llevado a cabo en la Unidad de Transporte del Banco Mundial, Grupo de Infraestructura. Traducción al español de Roberto D. Agosta y María del Rosario Suppo Vegara. El gerente actual del RMI es Stephen Brushett, Sr. Operations Officer, Banco Mundial.</p> <p>El Banco Mundial y el SSATP no brindan garantía alguna en lo que se refiere a la exactitud, precisión, idoneidad, confiabilidad, u otros de este modelo. El usuario confía en los productos de este software y en los resultados solamente bajo su propio responsabilidad. En ningún caso el Banco Mundial u otra persona que haya estado involucrada en la creación de este producto se responsabilizarán por su correcta o incorrecta aplicación. El Banco Mundial se reserva el derecho de realizar revisiones y cambios sin obligación de notificación alguna de tales acciones.</p>									
<p>Envíe comentarios o consultas a: Rodrigo Archondo-Callao Technical Specialist World Bank 1818 H Street, N.W. Washington, D.C., 20433 U.S.A Teléfono: 1 202 473 3978 Fax: 1 202 522 3223 E-mail: rarchondocallao@worldbank.org Página Web: http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/roads/tools.htm</p>									
<p>Logo Control y Seteo VOC y Velocidades Unitarios Tiempo y A</p>									

Fuente: World Bank, RED Model (2021).

Anexo 2: Hoja de Control del Software RED.

Logo	
<u>Datos de Control</u>	
Nombre del País	Perú
Nombre del Proyecto	Road Management Initiative
Código de Identificación del Camino	R01
Número del Camino	Ruta - 524 IMD 150
Moneda	Dólares
Símbolo Monetario	\$
Duración de la Estación Húmeda (días)	150
Fecha de Evaluación	Setiembre 1, 2021
Factor de Costos Económicos de Agencia	0.89
Tasa de Descuento (%)	8%
Período de Evaluación (años)	10
Año Calendario Inicial	2021
Población Servida (personas)	1661

Fuente: World Bank, RED Model (2021).

Anexo 3: Hoja de Setup del Software RED.

Datos de Seteo	
Nombre de Cada tipo de Vehículo (máx. dos palabras)	
Tipo de Vehículo 1	Motocicleta
Tipo de Vehículo 2	Mototaxi
Tipo de Vehículo 3	Automóvil Mediano
Tipo de Vehículo 4	Automóvil Grande
Tipo de Vehículo 5	Vehículo de Reparto
Tipo de Vehículo 6	Vehículo de Carga
Tipo de Vehículo 7	Autobús Pequeño
Tipo de Vehículo 8	Camión Liviano
Tipo de Vehículo 9	Camión Mediano
Nombre de Cada Tipo de Terreno	
Tipo de Terreno A	Llano
Tipo de Terreno B	Ondulado
Tipo de Terreno C	Montañoso
Nombre de Cada Tipo de Camino	
Tipo de Camino X	Pavimento
Tipo de Camino Y	Ripio
Tipo de Camino Z	Tierra
Opción de Indicador de Condición del Camino	<input type="radio"/> Rugosidad <input type="radio"/> Veloc. de un Vehículo de Referencia <input checked="" type="radio"/> Rugosidad y Velocidades de Flota de Vehículos

Tenga en cuenta que para terreno montañoso se recomienda la...

Control y Seteo VOC y Velocidades Unitarios Tiempo y Acci...

Fuente: World Bank, RED Model (2021).

Anexo 4: Parámetros Modelo RED.

Datos Básicos de Entrada											
País/Región			Perú		Moneda			US\$			
Año			2021		Tasa de Cambio a US\$			4.10			
Tipos de Terreno					Características del Camino						
			Rampas Ascendente y Descendentes (m/km)	Curvatura Horizontal (grados/km)	N. de Rampas Ascendentes y Descendentes (#)	Peralte (%)		Alitud (m)			
Código	Descripción							% del Tiempo que se Conduce sobre			
A	Llano		20	150	1	2		20.0			
B	Ondulado		50	300	1	2		0.0			
C	Montañoso		80	500	1	2		Profundidad de Textura de Camino 0.69			
Tipos de Camino					Características del Camino						
			Superficie 1-Bituminosa 2-Concreto 3-Sin Pavimentar	Ancho del Camino (m)	Límite de Velocidad (km/hora)	Coacción de Velocidad (#)		Fricción de Actividades Laterales Fricción del TNM (#)			
Código	Descripción										
X	Pavimento		1	7.0	60.0	1.1		1.0			
Y	Ripio		3	7.0	40.0	1.1		1.0			
Z	Tierra		3	7.0	30.0	1.1		1.0			
Tipos de Vehículo											
Código	Descripción		Número de Ruedas	Número de Ejes							
1	Motocicleta		2	2							
2	Mototaxi		3	2							
3	Automóvil Mediano		4	2							
4	Automóvil Grande		4	2							
5	Vehículo de Reparto		4	2							
6	Vehículo de Carga		4	2							
7	Autobús Pequeño		4	2							
8	Camión Liviano		4	2							
9	Camión Mediano		6	2							
Características de la Flota de Vehículos											
			Motocicleta	Mototaxi	Automóvil Mediano	Automóvil Grande	de Reparto	Vehículo de Carga	Autobús Pequeño	Camión Liviano	Camión Mediano
Costos Económicos Unitarios											
Costo de Vehículo Nuevo (\$/vehículo)			1500	4000	15000	17900	35000	40000	31000	46000	89000
Costo del Combustible (\$/litro para TM, \$/MU para TNM)			0.30	0.30	0.30	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Costo del Lubricante (\$/litro)			2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Costo de Neumático Nuevo (\$/neumático)			45.00	30.00	200.00	200.00	220.00	220.00	220.00	255.00	320.00
Costo de Labor de Mantenimiento (\$/hora)			2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Costo de la Tripulación (\$/hora)			0.00	0.75	3.00	2.00	0.50	0.50	4.00	4.00	0.50
Tasa de Interés (%)			12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Utilización y Carga											
Kilómetros Conducidos por Año (km)			15000	18000	20000	35000	80000	80000	50000	70000	80000
Horas Conducidas por Año (hr)			1100	2320	1100	1100	2000	2000	2320	2320	2320
Vida útil (años)			7	9	9	9	9	9	9	10	10
Porcentaje de Tiempo para Uso Privado (%)			100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Bruto de Vehículo (toneladas)			0.35	0.67	2.00	3.00	4.00	4.00	3.20	6.20	15.00
<p>Vehículo de Referencia Adoptado para estimar la Rugosidad como una Función de la Velocidad del Vehículo de Referencia</p> <p>Vehículo de Reparto</p>											

Fuente: Modelo HDM4 Versión 3.2 (2021).

Anexo 5: Tiempo Accidentes.

1 Ir a: Logo

2

3 **Costos de Tiempo de Viaje**

4

5

6

	Número de Pasajeros (#)	Costo de Tiempo de Pasajero (\$/pas-hr)	Costo de Tiempo de Retención de Carga (\$/veh-hr)
8 Motocicleta	2	0.00	0.00
9 Mototaxi	3	0.75	0.00
10 Automóvil Mediano	5	3.00	0.00
11 Automóvil Grande	12	2.00	0.00
12 Vehículo de Reparto	5	0.50	0.00
13 Vehículo de Carga	2	0.50	2.50
14 Autobús Pequeño	0	0.00	0.00
15 Camión Liviano	0	0.00	0.00
16 Camión Mediano	2	0.50	10.00

17

18

19 **Costos de Accidentes**

20

21

22

Costos en Dólares	
23 Costo Medio por Accidente	6439
24	
25	
26	
27	
28 Costos por Tipo de Accidente:	
29 Con Muertes	
30 Con Lesiones	
31 Daños Materiales Solamente	
32	
33	

34 Nota: Ingrese el costo medio por accidente O los costos por tipo de accidente. Si ingresa todos los costos,
35 el modelo utiliza los costos por tipo de accidente e ignora el costo medio por accidente.

... VOC y Velocidades Unitarios **Tiempo y Accidentes** Tránsito ...

Fuente: World Bank, RED Model (2021).

Anexo 6: Tránsito normal y la tasa de crecimiento para tránsito generado e inducido (estación seca y húmeda).

1 Ir a: Logo

2

3 **Tránsito Normal** **Tasa de Crecimiento del Tránsito Normal, Generado y Derivado**

4 **Estación Seca**

5

6

	Tránsito Diario 2021 (veh/día)	Composición 2021 (%)	Tránsito Diario 2040 (veh/día)	Composición 2040 (%)
8 Motocicleta	10	7%	13	7%
9 Mototaxi	5	3%	7	3%
10 Automóvil Mediano	40	27%	53	27%
11 Automóvil Grande	35	23%	46	23%
12 Vehículo de Reparto	10	7%	13	7%
13 Vehículo de Carga	30	20%	40	20%
14 Autobús Pequeño	0	0%	0	0%
15 Camión Liviano	0	0%	0	0%
16 Camión Mediano	20	13%	26	13%
17 Total	150	100%	198	100%
18 Media Ponderada				

Tasa de Crecimiento del Tránsito (%)			
2021 - 2025	2026 - 2030	2031 - 2035	2036 - 2040
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0

19

20 **Estación Húmeda**

21

22

	Tránsito Diario 2021 (veh/día)	Composición 2021 (%)	Tránsito Diario 2040 (veh/día)	Composición 2040 (%)
24 Motocicleta	10	7%	13	7%
25 Mototaxi	5	3%	7	3%
26 Automóvil Mediano	40	27%	53	27%
27 Automóvil Grande	35	23%	46	23%
28 Vehículo de Reparto	10	7%	13	7%
29 Vehículo de Carga	30	20%	40	20%
30 Autobús Pequeño	0	0%	0	0%
31 Camión Liviano	0	0%	0	0%
32 Camión Mediano	20	13%	26	13%
33 Total	150	100%	198	100%
34 Media Ponderada				

Tasa de Crecimiento del Tránsito (%)			
2021 - 2025	2026 - 2030	2031 - 2035	2036 - 2040
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0
2.0	2.0	1.0	1.0

35 ... VOC y Velocidades Unitarios Tiempo y Accidentes **Tránsito** Indicadores Multi-Criterio Alter.Proyecto-Ppales.Caract. Alter.Proyecto-Otros Ber

Fuente: World Bank, RED Model (2021).

Anexo 7: Tráfico generado debido al decrecimiento en los costos de transporte.

Tránsito Generado Debido al Decrecimiento en los Costos de Transporte

	Porcentaje del Tránsito Normal (%)		Elasticidad Precio de la Demanda para el Transporte
Motocicleta	0	0	1.0
Mototaxi	15		1.0
Automóvil Mediano	0		1.0
Automóvil Grande	0		1.0
Vehículo de Reparto	0		1.0
Vehículo de Carga	15		1.0
Autobús Pequeño	0		1.0
Camión Liviano	0		1.0
Camión Mediano	15		1.0

$$\frac{\text{Elasticidad Precio de la Demanda para el Transporte}}{\text{Porcentaje de Decrecimiento en Costos de Transporte}} = \text{Porcentaje de Aumento en el Tránsito}$$

Nota: Ingrese el porcentaje del tránsito normal o la elasticidad precio de la demanda. Si ingresa ambos, el modelo utiliza el porcentaje del tránsito normal.

Fuente: World Bank, RED Model (2021).

Anexo 8: Indicadores Multicriteria

Logo

Indecadores Multi-Criterio

Criterio	Descripción	Valor
1	Nivel de pobreza del área de influencia (-10-Bajo, 0-Medio, 10-Alto)	-10
2	Potencial para desarrollo económico del área de influencia (-10-Bajo, 0-Medio, 10-Alto)	0
3	Importancia del camino dada por proceso de consulta local (-10-Baja, 0-Media, 10-Alta)	10
4	Provisión de acceso de servicios sociales del camino (-10-Baja, 0-Media, 10-Alta)	-10
5	Problemas de transitabilidad del camino para todos los climas (-10-Baja, 0-Media, 10-Alta)	0
6	Nivel de clasificación funcional del camino (-10-Bajo, 0-Medio, 10-Alto)	-10
7		
8		

Nota: Estos indicadores multi-criterio son recogidos para referencias futuras, no se incluyen en la evaluación económica.

Fuente: World Bank, RED Model (2021).

Anexo 9: Matriz de consistencia

Título: FACTORES PARA LA PRIORIZACION DE LA RED VIAL DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO APLICANDO EL MODELO ROAD ECONOMIC DECISION(RED)									
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	INDICE	TECNICA / INSTRUMENTOS	METODOLOGIA	
¿cuáles son los factores para la priorización de la red vial vecinal aplicando el modelo Road Economic Decision(RED) en la provincia de Leoncio Prado - Huánuco?	Establecer los factores, aplicando el modelo Road Economic Decision(RED) para la priorización de la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco, año 2021.	Estableciendo los factores aplicando el modelo Road Economic Decision(RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco, año 2021.	VARIABLE DEPENDIENTE: Priorización de la red vial vecinal.	Indicadores Economicos	Inventario vial	Longitud	Modelo Road Economic Decision (RED)	METODO DE INVESTIGACION Metodo: descriptivo - explicativo Orientación: Aplicada Enfoque: cualitativo Recolección de datos:	
						Tipo de superficie			
						Estado de condicion			
						poblacion atendida			
						VAN			
						TIR			
						VP			
						perfilados de afirmato			
						tratamiento superficial			
						asfalto			
beneficios	emision brutas de CO2								
PROBLEMAS ESPECIFICO	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS		DIMENSION	INDICADOR	INDICE	TECNICA / INSTRUMENTOS		
a) ¿cuáles son los tipos de Medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal?	a) Determinar los tipos Medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.	a) Determinando los tipos de Medios de transporte y Orografía que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Factores	Tipo de terreno	Llano	Pendiente transversal, Horizontal	Plan vial vecinal provincial participativo de Leoncio Prado	TIPO DE INVESTIGACION Descriptivo - Aplicativo - Predictivo NIVEL DE INVESTIGACION Descriptivo - Explicativo DISEÑO DE INVESTIGACION: no experimental POBLACION Provincia de Leoncio Prado MUESTRA Rutas vecinales de la provincia de Leoncio Prado TECNICA Observacion directa INSTRUMENTOS Datos del plan vial participativo provincial Leoncio Prado Normativa MTC	
					Ondulado				
					Montañoso				
b) ¿cuáles son los tipos de Superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal ?	b) Establecer los tipos de Superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.	b) Estableciendo los tipos de Superficie de rodadura que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.		Costos del movimiento vehicular	Condicion de camino	Tierra			terreno natural
						Grava			espesor
						Afirmado			espesor
c) ¿cuáles son los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal ?	c) Determinar los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) para priorizar la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado, Región Huánuco	c) Determinando los tipos de Costos que aplica el modelo Road Economic Decision (RED) se prioriza la red vial vecinal en la provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco.		Costos del movimiento vehicular	Costos de tiempo de viaje	Condicón de la superficie			IRI
						trafico			
						Numero de Pasajeros			
					Costo de tiempo de los pasajeros				
			Tiempo de costo de carga						
			Costos por accidentes		Con fatalidad				
					Con lesión				
					Solo daño				
			Costos por emision de CO2		Anual				
					Costos de Inversion	Duracion de inversion	Años		
Porcentaje de los costos de inversion	%								
Costo de inversion financiera por km	'000\$/km								
costos fijos de mantenimiento	Perfilados de afirmado								
	Tratamiento superficial								
	Asfalto	Dolar							

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Matriz de Operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES									
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTA	ITEMS		
INDEPENDIENTE									
variable Independiente x1: Factores	x1: Tipo de terreno	Llano	Pendiente transversal, Horizontal	m/km	Capitulo v	Plan vial vecinal provincial participativo de Leoncio Prado	cuadro 38. tipo de intervencion		
		Ondulado		m/km					
		Montañoso		m/km					
	x2: Condicion del camino	tierra	terreno natural		Capitulo v		Cuadro 32. Sistema Vial		
		grava	espesor	cm					
		afirmado	espesor	cm					
	x3: Costo del movimiento vehicular	Costos de tiempo de viaje	Condición de la superficie	IRI	#		Capitulo iv	Cuadro 28. demandas por inadecuadas vias	
			Costos por accidentes	tráfico	#		Capitulo III	cuadro 25. transporte de pasajeros y carga	
				Numero de Pasajeros	#				
		Costo de tiempo de los pasajeros		S/pas-hr					
		Costos por emision de CO2	Tiempo de costo de carga	S/veh-hr			Capitulo V.	Directiva Administrativa para la Atención de Pacientes Victimas de Transito cubiertos por el Seguro Obligatorio de Accidentes de Transito (SOAT) o el Certificado contra Accidentes de Transito (CAT) en las Instituciones prestadoras de Servicios de Salud (IPRESS) Publicas del Ministerio de Salud y Gobiernos Regionales	cap.V
			Solo daño	Con fatalidad	# per 100million vehicle-km				
				Con lesión					
	x4: Costos a precio de mercado	Costos de Inversion	Anual	S/ ton	Capitulo III		Estimacion del precio social del carbono para la evaluacion de proyectos sociales en el Peru - MEF	Sub item e	
			duracion de inversion	Años	Capitulo ix		Plan vial vecinal provincial participativo de Leoncio Prado	cuadro 49. presupuesto de programa de inversion	
				porcentaje de los costos de inversion					%
costo de inversion financiera por km		000S/km							
costos fijos de mantenimiento		Perfilados de afirmado	Dolar						
	Tratamiento superficial Asfalto								
DEPENDIENTE									
variable Dependiente y1: Priorización de la red vecinal	y1: Indicadores economicos	Inventario vial	Longitud	m	Hojas de Excel para Resultados	Modelo Road Economic Desicion (RED)	serie de hojas de excel de Resultados - RED OUTPUTS		
			Tipo de superficie	tierra					
				grava					
				afirmado					
		escenario presupuestario	Estado de condicion poblacion atendida	#					
			VAN	dolar					
				TIR				%	
		VP							
		alternativas de mantenimiento	perfilados de afirmado	dolar					
			tratamiento superficial						
asfalto									
beneficios	emision brutas de CO2	tn							

Fuente: Elaboración propia