

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

**Propuesta de parámetros en la construcción y conservación  
de carreteras rurales para optimizar costos a nivel de rasante**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Bach. Diana Huancas Correa

**Asesor:**

Dr. Leopoldo Choque Flores

Lima, septiembre 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Dr. Ing. Leopoldo Flores Choque, de la Facultad de Ingeniería Y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“PROPUESTA DE PARÁMETROS EN LA CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS RURALES PARA OPTIMIZAR COSTOS A NIVEL DE RASANTE.”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller Diana Huancas Correa para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 02 días del mes de septiembre del año 2022

---

Dr. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Asesor de la Investigación

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, al **01** día(s) del mes de **septiembre** del año 2022 siendo las **11:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Leonel Chahuares Paucar**, el secretario: **Mg. Reymundo Jaulis Palomino** y los demás miembros: **Mg. Roberto Yoctun Rios**, y el asesor: **Mg. Leopoldo Choque Flores**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: **“Propuesta de parámetros en la construcción y conservación de carreteras rurales para optimizar costos a nivel de rasante”**

del (los)/la(las) bachiller/es: a)...**DIANA HUANCAS CORREA** .....

.....b).....  
 .....conducente a la obtención del título profesional de.....**INGENIERO CIVIL**.....con mención en.....  
*(Nombre del Título Profesional)*

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a (la) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **DIANA HUANCAS CORREA** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>18</b>	<b>A</b>	<b>Muy Bueno</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

Candidato (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
 Presidente  
 Mg. Leonel  
 Chahuares Paucar



\_\_\_\_\_  
 Secretario  
 Mg. Reymundo  
 Jaulis Palomino

\_\_\_\_\_  
 Asesor  
 Mg. Leopoldo  
 Choque Flores

\_\_\_\_\_  
 Miembro  
 Mg. Roberto Roland  
 Yoctun Rios

\_\_\_\_\_  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (a)  
 Diana Huancas  
 Correa

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (b)

# Proposal of parameters in the construction and maintenance of rural roads to optimize costs at grade level.

Propuesta de parámetros en la construcción y conservación de carreteras rurales para optimizar costos a nivel de rasante.

Diana Huancas Correa, Leopoldo Flores Choque

**ABSTRACT:** The objective of this research was to propose design criteria for low-traffic roads at grade level, in order to optimize costs, while emphasizing that the increase of road infrastructure is one of the fundamental bases for economic activities, creating an added product to guarantee better standards of living in rural areas. For this reason, a mixed research approach (quantitative-qualitative) was used to analyze and compare national and international standards and then define a design proposal for the cross section and road surface in order to improve the criteria for developing and executing a rural road project. According to the National System of Roads (SINAC) there are 85% of rural roads, which present an IMD < 200 veh/day; identified a deficit in the geometric design, conservation and maintenance, this leads to an incorrect design generating cross sections with great costs in the metrics of "earthworks" which causes high budgets in the files of rural road openings, with this when proposing parameters for the "cross section" values of 4.50m, 5.50m, 6.50m and 7.00m, classifying also the IMDA, berm width, radius, cant and over width, then a comparison of budgets with the respective cross sections was made, generating items in the budget such as cutting loose material and filling with borrow material in order to optimize costs in the execution of a project, optimizing costs over time, which allowed defining the type of road surface in terms of the material itself and affirmed, having an optimization with respect to the total cost of a rural road project.

## KEYWORDS:

### Keywords:

Surface, road, Speed,  
Radius, Camber.

**RESUMEN:** La presente investigación tuvo como objetivo proponer criterios de diseño para vías de bajo tráfico a nivel de la rasante, con el fin de optimizar los costos, al mismo tiempo que enfatiza que el aumento de la infraestructura vial es una de las bases fundamentales en las actividades económicas, creando un producto agregado para garantizar mejores niveles de vida en zonas rurales. Por esta razón, se tuvo un enfoque de investigación mixta (cuantitativa - cualitativa), de tal forma que se realizó el análisis y comparación de las normas nacionales e internacionales para posteriormente definir una propuesta de diseño para la sección transversal y superficie de rodadura a fin de mejorar los criterios al elaborar y ejecutar un proyecto de caminos rurales. Según, el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) existe un 85% de carreteras rurales, las cuales presentan un IMD < 200 veh/día; identificado un déficit en el diseño geométrico, conservación y mantenimiento, esto conlleva a un incorrecto diseño generando secciones transversales con grandes costos en los metrados de "movimiento de tierras" lo que ocasiona elevados presupuestos en los expedientes de aperturas de carreteras rurales, con ello al proponer parámetros para la "sección transversal" se obtuvieron valores de 4.50m, 5.50m, 6.50m y 7.00m, clasificando además al IMDA, ancho de berma, radios, peralte y sobreebancho, luego se realizó una comparación de presupuestos con las respectivas secciones transversales generando partidas en el presupuesto como corte de material suelto y relleno con material de préstamo a fin de optimizar costos en la ejecución de un proyecto, optimizando costos a largo tiempo lo que permitió definir el tipo de superficie de rodadura en cuanto al material propio y afirmado, teniendo una optimización respecto al costo total de un proyecto de carretera rural.

## Palabras claves:

Superficie, Rodadura,  
Velocidad, Peralte, Radio

## 1. Introducción:

Las vías de comunicación son una evidencia clara de civilización, están orientadas a obtener de forma integral el desarrollo productivo, económico y social; la misma que a mayor magnitud y calidad de la infraestructura vial representa el grado de desarrollo del mismo[1], Las primeras superficies de rodamiento que permiten la circulación de tránsito, se remontan hace 5,000 años dando origen en Mesopotamia, posteriormente los inicios de los caminos construidos científicamente aparecieron con el imperio Romano. No obstante, en el siglo XIX los avances de tecnología de transporte dieron paso a un gran crecimiento.[2]

Actualmente, las carreteras rurales presentan un gran déficit en su diseño geométrico y mantenimiento de las ya existentes, por otro lado, la falta de gestión de los gobiernos locales genera que los pueblos de las zonas rurales de nuestro Perú se encuentren sin vías de comunicación terrestre o muchas de ellas en contextos desfavorables, lo que ocasiona poca actividad comercial y una mala calidad de vida de la población local[3]. Por ello la importancia de la infraestructura vial es una estimación econométrica[4] con el fin de generar un valor agregado en las zonas rurales del país[5]. Según el SINAC Existe un 85% de carreteras de bajo volumen de tránsito a nivel nacional, lo cual presentan deficiencias en su diseño geométrico, ocasionando la falta de actividades económicas, numerosos accidentes, y largas horas de viaje, esto en función al déficit del diseño geométrico de carreteras[6], obstaculizando las actividades comerciales de un país y flujo de personas.

En el Perú existe Manuales desde el año 1978 hasta la actualidad tenemos el Manual de Diseño Geométrico de carreteras[7], También otras normas para carreteras de bajo volumen de tránsito las cuales desde el año 2008 no han sido actualizadas, por ello ante la gran demanda de carreteras en zonas rurales nos conlleva a la investigación de propuesta de diseño Geométrico de carreteras de las zonas rurales. Por consiguiente, podemos analizar que el Perú necesita de proyectos de infraestructura vial elaborados y ejecutados con propuestas idóneas, eficientes y económicas [8].

En tal sentido viendo la carencia de un buen diseño geométrico de carretas de bajo volumen de tránsito y buscando una mejora en los diseños viales surge la presente investigación planteando parámetros a través de las normas nacionales e internacionales que se debe tomar en cuenta en la construcción de carreteras rurales proponiendo seguridad de los usuarios y una vida útil más duradera. El diseño geométrico es la parte importante dentro de los proyectos de trasporte con propósito de permitir la circulación de los vehículos de manera continua en el espacio y tiempo[9], dentro de ello se enmarcan la ubicación, forma y geometría de los elementos que la componen, con propósitos de función, comodidad, estética, economía y compatible al medio ambiente.[10]

Finalmente, se busca proponer a través de indicadores Velocidad, Radio, peralte, Sobreancho, sección de carril y berma para una adecuada sección transversal y se verificará el tipo de superficie de rodadura adecuado.

Con la finalidad de evitar caminos inaccesibles permitiendo tener una superficie de rodadura que permita su óptimo mantenimiento y conservación. Luego se determinará el costo recomendando una sección transversal y una superficie de operación.

## 2. Desarrollo:

En el Manual de Diseño de Ingeniería de Carreteras DG - 2018 las clasifica de acuerdo a sus necesidades y orografía, como caminos transitables, y no se considera parámetros de diseño ya que se asume no cuentan con características de ingeniería, suelen tener IMD menor a 200 vehículos/día, y sus caminos deben ser al menos 4m de ancho, en este caso se forman explanaciones cada 500 metros, además la capa de rodadura suele estar a suelo natural.

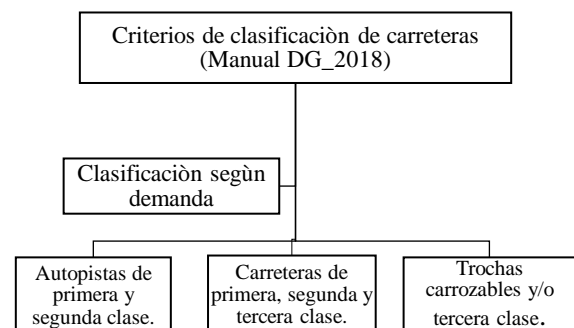


Figura 1 Criterios de Clasificación de carreteras. Fuente: Manual DG\_2018.

### 2.1. Parámetros Básicos:

El diseño de ingeniería es la parte más importante, a través del cual, se establecen arreglos geométricos, por eso es efectivo, seguro, cómodo, financiero y sincronizado con el medio ambiente. [11]

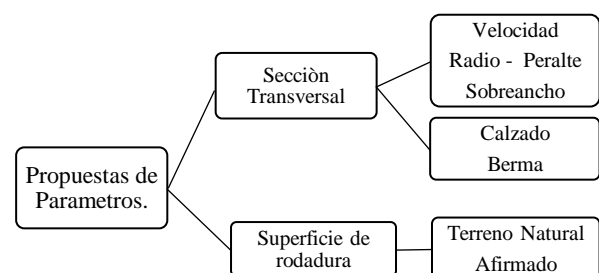


Figura 2 Propuesta de Parámetros para el Diseño de Carreteras Rurales.

### 3. Metodología:

El manual aplicado al Perú - 2018 se utiliza para mejorar la infraestructura de la carretera, lo que significa el número de vehículos que fluyen a través de una determinada vía, considerando a las trochas carrozables como aquellas que no necesitan de parámetros de diseño ya que cuenta con un IMD < 200 veh/día, se asume que la frecuencia con la que circulan los vehículos es menor por lo tanto no requieren un detalle minucioso al momento de su construcción, sin embargo al evadir este tipo de carreteras que son muy usuales en las zonas rurales, se estaría omitiendo muchos aspectos de carácter importante[12]. Para el desarrollo de la presente investigación se ha buscado los manuales resaltantes y con mayor información.

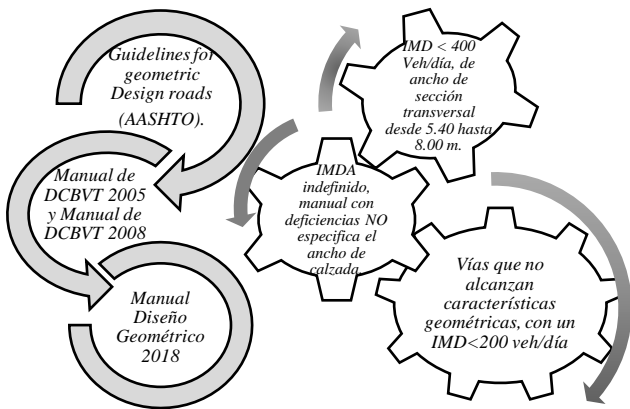


Figura 3 Definición de carreteras rurales Según Manuales de Estudio.

### 3.1. Estudio de Parámetros para la sección Transversal:

#### 3.1.1. Comparación de Manuales sobre velocidad:

##### A) Guidelines for geometric Design Roads (AASHTO).

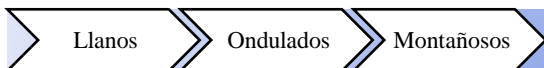
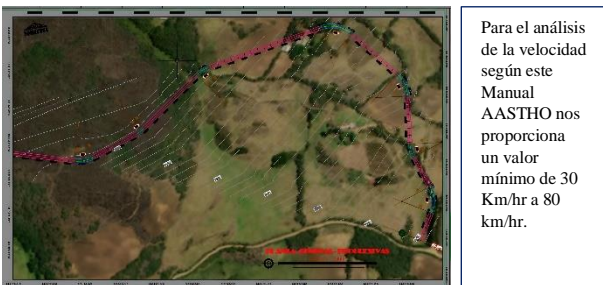


Figura 4 Análisis de Velocidad según Manual AASHTO.

##### B) Manual de DCBVT 2005

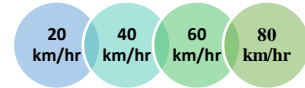
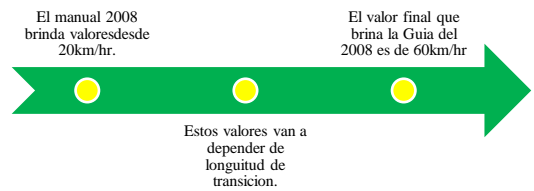


Figura 5 Comparación de velocidades de Manuales 2005 y 2008 de La Guías de carreteras de Bajo Volumen de Transito.

El manual de carreteras rurales del 2005 presenta sus velocidades con valores de 20 km/hr hasta 80km/hr, dependiendo del valor del peralte que oscila desde valores 2% has tael 12%.

##### C) Manual de DCBVT 2008



Para el manual 2008 de carreteras de bajo volumen se Manual que proporciona valores de velocidad que oscilan desde los 20 km/hr hasta los 60km/hr valores que van a depender de la longitud de transición de peralte.



Valores que se asumen son desde 30 Km/hr – 60 km/hr son los indicados para trochas carrozables lo cual también depende del radio y peralte y de acuerdo a la topografía, orografía del terreno.



Figura 6 Velocidad promedio de Manual de Diseño Geométrico de 2018.

La Guía de carreteras 2018 brinda valores desde los 30 km/hr hasta los 60km/hr, estos valores que asumen, en vista que a las trochas carrozables no se la considera dentro del estudio de parámetros geométricos. Sin embargo, estas carreteras deben ser estudiadas a detalle considerando las velocidades adecuadas y de acuerdo a su topografía y orografía por la cual pasará la vía.



### 3.1.2. Comparación de Radios y Peraltes en Manuales de Estudio

Tabla 1 Comparación de Radios en función del peralte de manuales en estudio.

Manual AASHTO	MCBVT 2005	MCBVT 2008	DG_2018
<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporciona valores en base a la Superaleación Máxima (%).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El radio (mínimo) se encuentra en base del peralte.</li> <li><math>R = \frac{v^2}{127(0.01emx+fmax)}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El radio (mínimo) se encuentra en base del peralte.</li> <li><math>R = \frac{v^2}{127(0.01emx+fmax)}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A diferencia de otros manuales las velocidades varían 30 km/hr y 60 km/hr.</li> <li><math>R = \frac{v^2}{127(pmax+fmax)}</math></li> </ul>

En cuanto a los radios y peraltes se asume valores o también para los manuales a partir del 2005 incluyen una fórmula la cual está en base a la velocidad y peraltes máximos, valores que se incrementan al aumentar el ancho de sección de la vía o Carretera en estudio.

### 3.1.3. Comparación de Sobrecanchos:

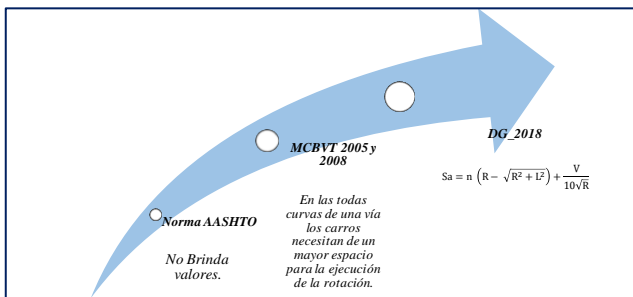


Figura 7 Comparación de Sobrecanchos. Según Manuales de Estudio

Para la comparación de sobrecanchos las normas en estudio tanto de AASHTO, manuales 2005 y 2008 han ido cambiando gradualmente enfatizando que en cada curva se necesita de un sobrecancho mayor para el momento de rotación, posteriormente en manual vigente 2018 incrementa una fórmula donde se enfatiza los radios y velocidades.

### 3.1.4. Ancho de Calzada y Berma:

Tabla 2 Cuadro comparativo del ancho de sección transversal de Manuales de estudio. Fuente: Los autores.

Manuales	Sección Transversal				
	IMD veh/día	Velocidad km/h	Carril (m)	Berma (m)	Total (m)
NormaAASHTO	50-2000	30 - 80	5.40 - 7.20	0.50	5.90 - 7.70
MCBVT 2005	15 - 400	20 - 80	3.50 - 7.00	0.50	4.00 - 7.50
MCBVT 2008	25 - 200	20 - 60	3.50 - 6.00	0.50	4.00 - 6.50
DG_2018	<200	30 - 60	4.50 - 6.00	0.50	5.00 - 6.50

### 3.1.5. Análisis de ancho Según Vehículo:

Se realizó un análisis previo de la sección transversal utilizando diferentes criterios, y este análisis se realizará para poder comparar con los criterios mencionados para analizar los parámetros convenientes y optimización de costos en el proceso de construcción.[13]

Tabla 3 Tipos de vehículo para identificar el ancho de calzada.

Tipo de Vehículo	Alto Total (m)	Ancho (m)
Vehículo Ligero (VL)	1.30	2.10
Ómnibus 2 ejes (B2)	4.10	2.60
Canter (AutoCAD)	2.10	3.40

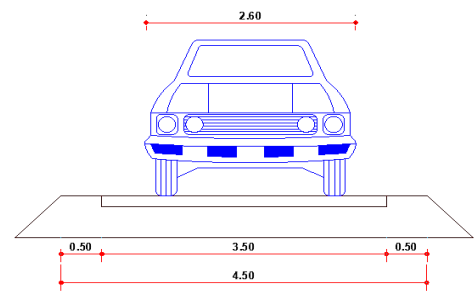


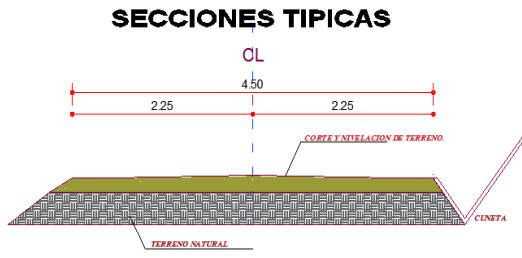
Figura 8 Vehículos que circulan por carreteras rurales. Fuente: Los Autores.

### 3.2. Estudio de Economía para Carreteras Rurales: Caso de Estudio:

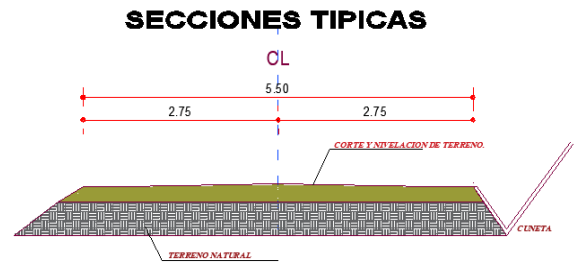
Para realizar la Comparación económica se utilizó la topografía de una trocha carrozable de la red vial con sus alineamientos de las secciones transversales identificadas desde 4.50m a 7.00m considerando los anchos de sección transversal adecuados, se realizó desde una vía de la progresiva 0+000 a la sucesiva de 1+500, para la ejecución de una carretera rural lo que se debe tomar en cuenta es el levantamiento topográfico, Movimiento de tierras “la nivelación y compactación del terreno normal. Mediante el Programa Civil 3d se realizó el alineamiento con sus respectivas secciones transversales y su respectivo análisis de costos; las partidas que se utilizaron para el presupuesto fueron:

- **Trabajos preliminares:**  
 Movilización y Desmovilización de Equipos (Maquinaria)  
 Desbroce y Limpieza  
 Trazo y replanteo de ruta (carreteras)
- **Explanaciones:**  
 Corte de Plataforma en material suelto.  
 Relleno con material de préstamo  
 Retiro de material Excedente.
- **Obras de arte:**  
 Construcción de cunetas

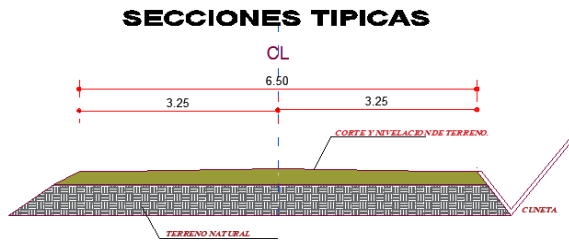
A). sección Típica de 4.50m.



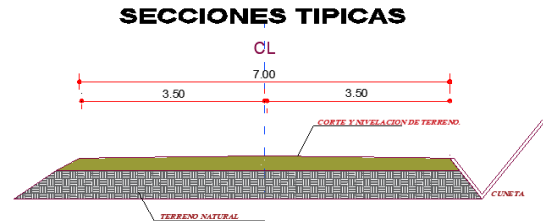
B). sección Típica de 5.50m.



C). sección Típica de 6.50m.



D). sección Típica de 7.00m.



**Figura 9** Sección Típica de una carretera rural con sus respectivos anchos identificados en manuales 4.50,5.50,6.50 y 7.00 m

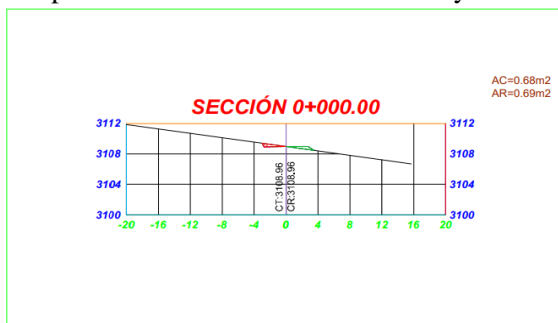
En la **Figura 9** se muestra las secciones típicas que se estudiaron en la presente investigación con secciones transversales de 4.50 m hasta 7.00 m según los manuales de estudio se ha clasificado esta muestra de anchos de secciones con el estudio respectivo de parámetros que permitieron tener el ancho de sección transversal apropiado para que posteriormente se calcule el computo de material de corte y relleno ya teniendo definidas los anchos de secciones.

**Tabla 4** Cálculo de corte y relleno de material según el ancho de la sección transversal con su respectivo

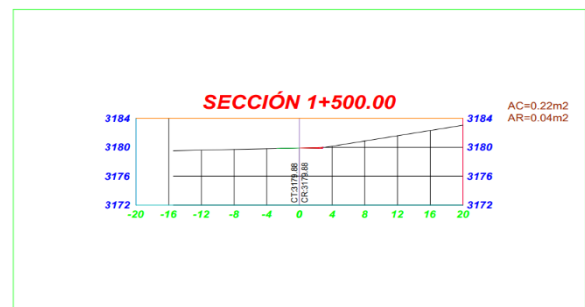
Nota: Tabla Comparativa de corte y relleno además de la comparación del presupuesto a nivel de terreno natural y material de afirmado.

Ancho de sección	Corte de Material (m3)	Relleno con Material (m3)	Presupuesto Terreno Natural	Presupuesto con Mat. Afirmado.
4.50	26349.20	25176.90	S/.161,395.23	S/.226,094.79
5.50	30242.20	28855.30	S/.183423.24	S/.257,573.07
6.50	34031.19	32420.30	S/.204,860.70	S/.288,171.64
7.00	38842.70	36902.33	S/.232,089.14	S/.326,915.91

A). Representación del material de corte y relleno



B). Representación del material de corte y relleno



**Figura 10** Análisis de la sección transversal de las progresivas 0+000 hasta 1+500 km de los anchos de secciones.

Este procedimiento se realizó para todas las secciones en estudio de las cuales se obtuvo su volumen de corte y relleno correspondiente



TABLA DE COMPUTO DE CORTE Y RELLENO DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 4.50 mts									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	0.680	0.000	0.000	0.690	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+020.000	0.190	8.740	8.740	2.120	28.090	8.740	8.740	28.090	-19.350
0+040.000	0.030	2.200	2.200	5.660	77.800	10.940	10.940	105.890	-94.950
0+050.000	0.000	0.130	0.130	10.440	83.650	11.070	11.070	189.540	-178.470
0+060.000	0.000	0.000	0.000	11.950	116.760	11.070	11.070	306.300	-295.230
0+070.000	0.000	0.000	0.000	9.420	111.120	11.070	11.070	417.420	-406.350
0+080.000	0.210	0.990	0.990	3.780	68.660	12.070	12.070	486.080	-474.020
0+100.000	8.400	86.100	86.100	0.000	37.840	98.160	98.160	523.930	-425.770
0+120.000	14.210	226.150	226.150	0.000	0.000	324.310	324.310	523.930	-199.620
0+500.000	29.100	556.580	556.580	0.000	0.000	9716.780	9716.780	523.930	9192.860
0+520.000	33.430	625.350	625.350	0.000	0.000	10342.140	10342.140	523.930	9818.210
0+540.000	41.300	747.290	747.290	0.000	0.000	11089.430	11089.430	523.930	10565.500
0+560.000	58.510	999.100	999.100	0.000	0.000	12088.530	12088.530	523.930	11564.600
0+570.000	62.010	605.840	605.840	0.000	0.000	12694.370	12694.370	523.930	12170.440
0+580.000	61.470	618.640	618.640	0.000	0.000	13313.010	13313.010	523.930	12789.080
1+000.000	27.610	401.830	401.830	0.000	0.000	19934.470	19934.470	718.300	19216.180
1+020.000	52.590	801.980	801.980	0.000	0.000	20736.450	20736.450	718.300	20018.150
1+500.000	0.220	23.930	23.930	0.040	0.360	26349.190	26349.190	1173.650	25175.540

TABLA DE COMPUTO DE CORTE Y RELLENO DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 5.50 mts									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	1.500	0.000	0.000	0.960	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+020.000	0.360	18.620	18.620	2.670	36.280	18.620	18.620	36.280	-17.660
0+040.000	0.120	4.790	4.790	6.900	95.630	23.410	23.410	131.910	-108.500
0+050.000	0.000	0.570	0.570	12.010	98.930	23.980	23.980	230.840	-206.860
0+060.000	0.000	0.000	0.000	13.730	135.260	23.980	23.980	366.100	-342.120
0+070.000	0.000	0.000	0.000	10.640	127.650	23.980	23.980	493.740	-469.760
0+080.000	0.430	2.000	2.000	4.530	79.460	25.980	25.980	573.200	-547.230
0+100.000	9.420	98.460	98.460	0.000	45.330	124.440	124.440	618.530	-494.090
0+120.000	16.050	254.730	254.730	0.000	0.000	379.170	379.170	618.530	-239.360
0+500.000	32.700	625.820	625.820	0.000	0.000	11360.950	11360.950	618.530	10742.420
0+520.000	37.530	702.300	702.300	0.000	0.000	12063.250	12063.250	618.530	11444.720
0+540.000	46.130	836.510	836.510	0.000	0.000	12899.760	12899.760	618.530	12281.230
0+560.000	64.390	1106.240	1106.240	0.000	0.000	14006.000	14006.000	618.530	13387.460
0+570.000	68.270	666.840	666.840	0.000	0.000	14672.840	14672.840	618.530	14054.310
0+580.000	67.730	681.470	681.470	0.000	0.000	15354.310	15354.310	618.530	14735.780
1+000.000	31.050	455.520	455.520	0.000	0.000	22787.840	22787.840	857.040	21930.800
1+020.000	58.110	891.560	891.560	0.000	0.000	23679.390	23679.390	857.040	22822.360
1+500.000	0.310	34.030	34.030	0.050	0.460	30239.930	30239.930	1386.530	28853.390

TABLA DE COMPUTO DE CORTE Y RELLENO DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 6.50 mts									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	1.870	0.000	0.000	1.280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+020.000	0.570	24.480	24.480	3.270	45.540	24.480	24.480	45.540	-21.070
0+040.000	0.280	8.540	8.540	8.220	114.890	33.010	33.010	160.430	-127.420
0+050.000	0.060	1.610	1.610	13.660	115.260	34.620	34.620	275.690	-241.070
0+060.000	0.000	0.280	0.280	15.550	154.750	34.910	34.910	430.440	-395.530
0+070.000	0.010	0.060	0.060	11.830	144.490	34.970	34.970	574.930	-539.960
0+080.000	1.320	6.130	6.130	5.270	90.130	41.100	41.100	665.060	-623.960
0+100.000	10.430	117.450	117.450	0.000	52.710	158.550	158.550	717.770	-559.210
0+120.000	17.900	283.200	283.200	0.000	0.000	441.750	441.750	717.770	-276.010
0+500.000	36.330	695.430	695.430	0.000	0.000	12630.220	12630.220	717.770	11912.450
0+520.000	41.640	779.750	779.750	0.000	0.000	13409.960	13409.960	717.770	12692.200
0+540.000	50.980	926.180	926.180	0.000	0.000	14336.150	14336.150	717.770	13618.380
0+560.000	70.270	1213.600	1213.600	0.000	0.000	15549.740	15549.740	717.770	14831.980
0+570.000	74.540	727.850	727.850	0.000	0.000	16277.590	16277.590	717.770	15559.830
0+580.000	73.990	744.350	744.350	0.000	0.000	17021.940	17021.940	717.770	16304.170
1+000.000	34.500	509.960	509.960	0.000	0.000	25255.990	25255.990	1005.710	24250.270
1+020.000	63.620	981.180	981.180	0.000	0.000	26237.160	26237.160	1005.710	25231.450
1+500.000	0.450	39.990	39.990	0.060	0.570	34028.430	34028.430	1610.980	32417.450

TABLA DE COMPUTO DE CORTE Y RELLENO DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 7.00 mts									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	2.510	0.000	0.000	1.840	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+020.000	1.570	40.820	40.820	4.310	61.520	40.820	40.820	61.520	-20.700
0+040.000	1.190	27.580	27.580	10.340	146.510	68.400	68.400	208.030	-139.630
0+050.000	0.330	7.000	7.000	16.320	141.980	75.400	75.400	350.010	-274.610
0+060.000	0.130	2.120	2.120	15.690	170.590	77.510	77.510	520.590	-443.080
0+070.000	0.200	1.520	1.520	13.620	155.190	79.030	79.030	675.790	-596.760
0+080.000	1.970	9.850	9.850	6.360	106.250	88.880	88.880	782.040	-693.160
0+100.000	11.910	138.710	138.710	0.000	63.590	227.590	227.590	845.620	-618.030
0+120.000	20.660	325.710	325.710	0.000	0.000	553.290	553.290	845.620	-292.330
0+500.000	41.820	800.550	800.550	0.000	0.000	13917.180	13917.180	845.620	13071.550
0+520.000	47.870	896.880	896.880	0.000	0.000	14814.060	14814.060	845.620	13968.440
0+540.000	58.290	1061.560	1061.560	0.000	0.000	15875.620	15875.620	845.620	15030.000
0+560.000	79.090	1375.060	1375.060	0.000	0.000	17250.680	17250.680	845.620	16405.060
0+570.000	83.940	819.330	819.330	0.000	0.000	18070.010	18070.010	845.620	17224.390
0+580.000	83.390	838.770	838.770	0.000	0.000	18908.780	18908.780	845.620	18063.160
1+000.000	39.710	593.040	593.040	0.000	0.000	28400.510	28400.510	1218.710	27181.810
1+020.000	71.860	1115.680	1115.680	0.000	0.000	29516.190	29516.190	1218.710	28297.490
1+500.000	0.760	50.220	50.220	0.070	0.750	38838.150	38838.150	1940.830	36897.320

Figura 11 Tabla de cómputo de corte y relleno de secciones transversales de 4.50, 5.50, 6.50 y 7.00m. de acuerdo a las Progresivas con una Long=1.50km. Fuente: Los autores, Programa Civil 3D.

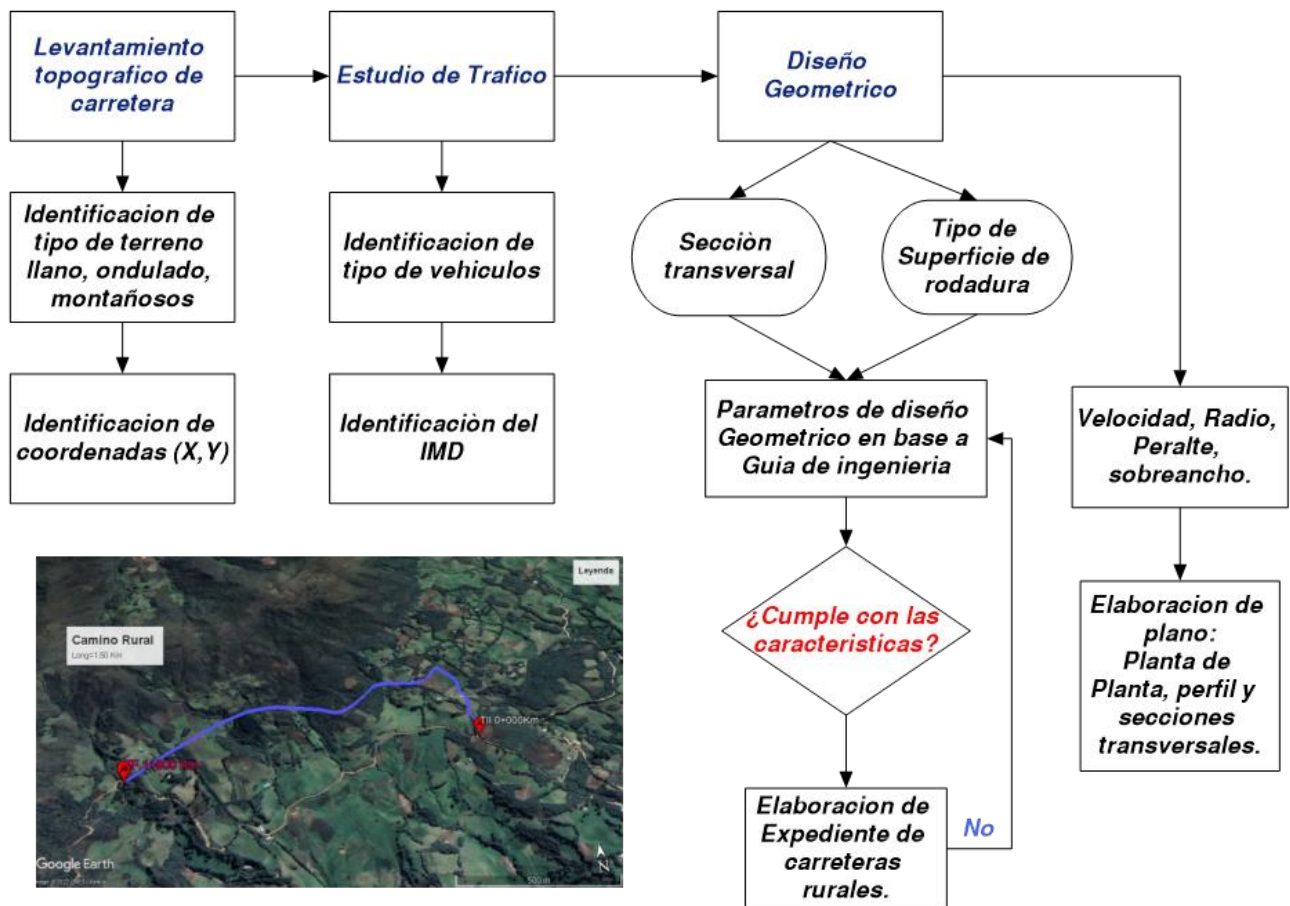


Figura 12 Diagrama de flujo para el diseño geométrico de carreteras rurales. Fuente: Los autores.



Figura 13 Alineamiento de tramo de carretera de 0+000 km hasta 1+500km. Fuente: Google Earth

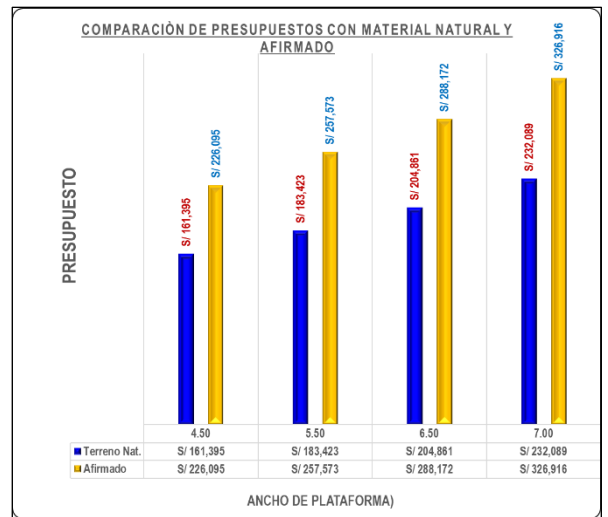
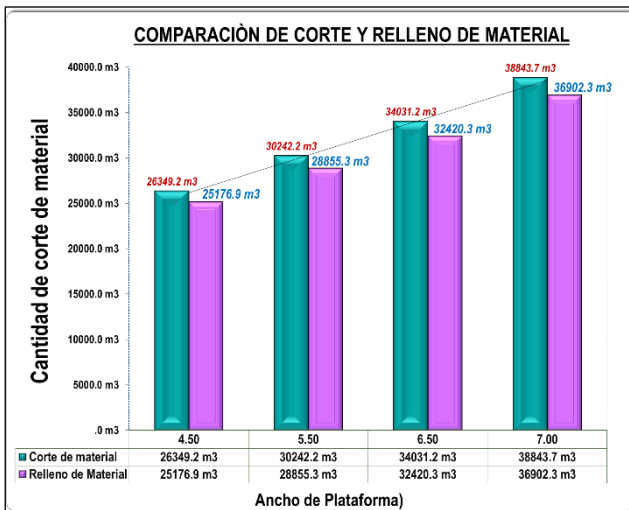


Figura 14 Comparación de corte y relleno con su respectivo ancho de plataforma; Presupuestado con los anchos de sección transversal.

#### 4. Análisis de Resultados:

Para abarcar los indicadores de diseño para trochas carrozables se ha utilizado normas que resalten parámetros que son necesarios en estas carreteras rurales con ello se obtuvo dimensiones de secciones transversales desde los 4.50 a 7.00m junto a ellos a determinar el radio, peralte, sobreebancho, calzada y berma que se debe utilizar en una ruta de bajo volumen de tránsito; además se comparó el presupuesto a nivel de terreno natural y afirmado contribuyendo a la mejora de la infraestructura vial.

Con ello como primeros resultados para llevar a cabo una adecuada sección Transversal los parámetros que debemos tomar la cuenta son:

- Radio, Peralte, Sobreebancho, Calzada y berma.
- Clasificación de carpeta de Rodadura.

#### 4.1. Propuesta de Sección Transversal:

Representación de una sección de la calzada en forma perpendicular al eje y a recorridos específicos.

Dimensiona los valores que conforman la misma. En el desarrollo de esta investigación se analizó la trochas carrozables o carreteras rurales, de las cuales están conformadas por el ancho de carril y la berma, con el transcurrir del tiempo se ha tenido diferentes manuales de los cuales definen a las trochas carrozables, pero no garantizan parámetros para el diseño de la sección transversal.

### 4.1.1. Propuesta Velocidad de diseño para Trochas Carrozables:

Para propuesta de velocidad se analizó los manuales en estudio para ello se decidió clasificar de acuerdo al tipo de demanda y el tipo de orografía de terreno ya sea plano, ondulado, escarpado y accidentado, dividiendo en tres bloques de los cuales constituyen > 50 veh/día hasta 200 veh/día.

Clasificación		Orografía	Velocidad de Diseño					
			20	25	30	40	50	65
Trocha Carrozable	101 - 200	Plano						
		Ondulado						
		Accidentado						
		Escarpado						
	51- 100	Plano						
		Ondulado						
		Accidentado						
		Escarpado						
	<50	Plano						
		Ondulado						
		Accidentado						
		Escarpado						

Figura 15 Propuesta de la velocidad para trochas carrozables con su respectiva orografía y su índice medio diario.

### 4.1.2. Propuesta de radios mínimos y máximos:

En el manual de carreteras de bajo volumen de circulación de año 2008 nos presenta una tabla de Radios y peraltes lo cual se entiende que el radio es una función del peralte. Además, los radios son de vital estudio en la construcción de una carretera pues contribuye a contrarrestar la fuerza centrífuga de un vehículo al girar en una curva.

Tabla 5 Propuesta de Parámetros de peraltes de 4% en función de los Radios.

Velocidad (km/hr)	Peralte %	Radio (m)
20 km/hr	4.00%	15m
25km/h	4.00%	35m
30km/hr	4.00%	60m
40km/hr	4.00%	100m
50km/hr	4.00%	140m
65km/hr	4.00%	150m

Para la propuesta de Radios en función al porcentaje de peraltes se ha clasificado desde el 4%. 6%,8% y 10% en función a la formula clasificada de los manuales del caso de estudio donde intervienen los peraltes en concordancia con la velocidad de diseño.

Tabla 6 Propuesta de Parámetros de peraltes de 6% en función de los Radios.

Velocidad (km/hr)	Peralte %	Radio (m)
20km/hr	6.00%	15 m
25km/hr	6.00%	35m
30km/hr	6.00%	55m
40km/hr	6.00%	80m
50km/hr	6.00%	90m
65km/hr	6.00%	135m

Tabla 7 Propuesta de peralte de 8% y dimensionamiento de Radios.

Velocidad (km/hr)	Peralte %	Radio m
20km/hr	8.00%	10m
25km/hr	8.00%	30m
30km/hr	8.00%	50m
40km/hr	8.00%	80m
50km/hr	8.00%	120m
65km/hr	8.00%	125m

Tabla 8 Propuesta de radios en función al peralte 10%.

Velocidad (km/hr)	Peralte %	Radio (m)
20km/hr	10.00%	10m
25km/hr	10.00%	25m
30km/hr	10.00%	45m
40km/hr	10.00%	75m
50km/hr	10.00%	110m
65km/hr	10.00%	115m

#### 4.1.3. Propuesta Sobreancho en Trochas Carrozables:

Las dificultades de mantener el centro de la carretera, que crea estos sobreanchos en vista a la orientación. Para determinar los valores de sobreancho, se han mantenido valores de la guía 2005 presentando valores de velocidad de diseño de 60 km/h. La interferencia se incluye en curvas horizontales para mantener entornos de seguridad, como los vuelos rectos, en cuanto al encuentro de vehículos en sentido contrario.[14]

**Tabla 9** Propuesta de sobreanchos para carreteras rurales de acuerdo al radio y velocidad.

Velocidad (km/h)	Radio Curvatura (m)										
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150
20	11.91	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70
25			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79
30				2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	
40							1.57	1.31	1.10	0.95	
50								1.41	1.19	1.03	
65								1.51	1.17	1.02	

#### 4.1.4. Ancho de Calzada y Berma:

**Tabla 10** Propuesta de ancho de calzada y ancho de berma para trochas carrozables con su respectivo IMD, carriles y orografía.

Clasificación	Trocha Carrozable											
	200 - 101				100 - 51				< 50			
Características	Dos Carriles				Un Carril				Un Carril			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
20 km/hr	Amplio de Carretera = 6.00m  Ancho de berma = 0.50 m				Long. de Calzada = 5.50 m  Ancho de berma = 0.50 m				Long. de Calzada = 3.50 - 4.50 m Ancho de berma = 0.50 m			
25km/hr												
40km/hr												
50km/hr												
65km/hr												

**Nota:** Luego de haber realizado el análisis de la norma en estudio se procedió a realizar este cuadro sobre el ancho de sección y un valor de berma.

#### 4.1.5. Propuesta de Superficies de rodadura.

Luego de determinar el ancho de la sección transversal se procedió a una comparación de costos con las diferentes dimensiones que se obtuvieron, con ello se calculó el movimiento de tierras proporcionando el adecuado cómputo de material de corte y relleno. Consecutivamente se realizó un análisis para superficie de rodadura de terreno natural y de afirmado con la ayuda de manuales de vías vecinales que proporcionan datos respecto a la conservación y mantenimiento de carreteras rurales, por otro lado, al realizar la comparación de costos con la ayuda del programa S10 Costos y Presupuestos. se pudo observar que con material afirmado el presupuesto es mayor generando por ende mayor inversión, esto facilita que tenga mayor tiempo de vida útil y la población se encuentre satisfecha al contar con una carretera accesible y sin complicaciones para trasladarse. Según algunos guías de MTC de caminos vecinales del año 2010 el cual no ha sido actualizado dejando de lado a las trochas carrozables, sobre información de costos de conservación para carreteras sin afirmar no se obtuvo información, pero si se ha verificado que se cuentan con planes de mantenimiento de carreteras los cuales son actualizados cada dos años, al analizar los diferentes manuales respecto al material de afirmado extraído de canteras, exento de piedra grandes y cortantes con un porcentaje de fino para que logre su compactación. Muchas de la plataforma presentan superficies de rodadura que está a nivel terreno natural casi en su totalidad, con una capa de rodadura de materiales arcillosos, lo que dificulta la transitabilidad de la vía, por ello la importancia de tener una carretera a nivel de afirmado que garantiza una carretera en óptimas condiciones y una vida útil a largo plazo.[15]

### 5. Presentación de Resultados:

#### 5.1. Sección Transversal:

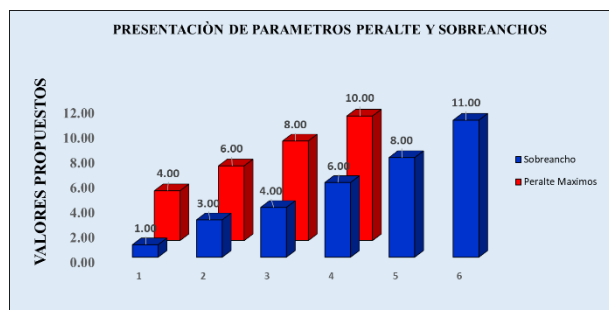
El ancho de sección transversal va depender de parámetros como velocidad, radio mínimo, sobreancho, peralte; Con el análisis de esta investigación nos permitió comprender que las trochas carrozables se han dejado de lado y no se toma en cuenta respecto a su geometría lo que ocasiona diversos accidentes en las zonas rurales. La sección transversal compuesto por el carril y la berma, es lo que se debe añadir con mayor énfasis en los manuales del MTC, caracterizando su adecuado diseño geométrico, este a su vez es la parte fundamental para mejorar la rentabilidad de un proyecto, puesto que es a partir de un alineamiento, estudios y verificaciones constantes al momento de ejecutar un adecuado proyecto de trocha carrozable que permita el crecimiento económico de las zonas rurales.[16]

**Tabla 11** Presentación de resultados de parámetros.

IMDA (Veh/día)	Sección Transversal				
	Carril (m)	Berma (m)	Velocidad	Ra	Peralte (%)
			(km/hr)	(m)	
0 - 50	4.5 m	0.5 m	20 - 30	15 -35	4% -10% Según la orografía del terreno
51 - 100	5.5 m	0.5 m	40 -50	40 -80	
101 - 200	6.5 -7.00 m	0.5 m	60 -65	150	

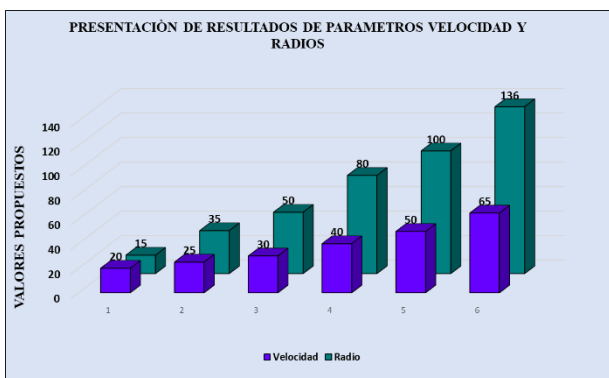
Nota\*\* *Luego de realizar un análisis de las normas resaltantes sobre parámetros para carreteras rurales se procedió al siguiente cuadro indicando parámetros de velocidad, radio, sobrecanchos y peraltes, datos que nos permiten indicar una sección de carril óptima.*

**Figura 16** Presentación de parámetros de peralte y sobrecancho (Valores propuestos para trochas Carrozables).



Como propuesta se tiene los parámetros tanto de peraltes y sobrecanchos para trochas carrozables ya que no se cuenta con parámetros actualmente y son las carreteras más ejecutadas en zonas rurales los peraltes oscilan de 4% - 10%, valores que varían de acuerdo al terreno llano, ondulado o escarpado; por otro lado, los sobrecanchos varían del 1% - 11% dependiendo del espacio para la ejecución de rotación en una curva.

**Figura 17** Presentación de parámetros de velocidad y radios para trochas carrozables que se deben utilizar.



En la Fig. 17 se ha presentado los valores de radio y velocidad, de acuerdo a las normas en estudio se clasificó valores de velocidad desde 20km/hr hasta 65km/hr para trochas carrozables, por otro lado, los radios tendrán valores desde 15m hasta 150m, parámetros que también se relacionan con el porcentaje de peraltes.

## 5.2. Superficies de Rodadura:

Cuando se ejecuta una trocha carrozable en su mayoría se realiza su presupuesto solo a nivel de terreno natural lo que por agentes externos como la lluvia en zonas rurales genera vías donde NO se puede trasladarse ya sea por causa de deslizamientos, derrumbes, bacheos, en su mayoría el tipo de suelo es arcilloso y limoso; por ello en la presente investigación se propuso dos tipos de presupuestos a nivel de terreno natural y otro con material afirmado, y si bien en el cálculo a terreno natural es económico con el tiempo este necesita de constante mantenimiento, por eso al realizar un presupuesto con material de préstamo “afirmado” es un poco más costosos pero en el tiempo se “optimizan costos” ya que sus mantenimiento es cada dos años, pues este material se conserva generando mayor crecimiento económico en la población rural.[17]

**Tabla 12** Tipo de material según el ancho de carril \*A nivel de terreno natural y afirmado

IMDA (Veh/día)	Tipo de Superficie	Ancho (m)	Berma (m)	Observación
0 - 50	Tierra - afirmado	4.50	0.50	El material afirmado ayuda en la optimización de costos a largo plazo
51 - 100	Afirmado	5.50	0.50	
101 - 200	Afirmado	6.5 - 7.00	0.50	



### 5.3. Optimización de costos:

Dentro de la optimización de costos para carreteras de bajo volumen de tránsito se ha buscado manuales que integren información relevante de los cuales solo se encontró el manual de caminos vecinales para la formulación de proyectos por Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2010 el cual relaciona por tipo de mantenimiento tanto periódico como rutinario e indica un monto referencial por Kilómetro. Para el mantenimiento vial en su conjunto tiende a tener actividades para conservar el buen estado de los elementos que constituyen[18] el camino luego de la apertura de una carretera perteneciente a la red vial encargados de ejecutar los gobiernos locales[19], estos a su vez al realizar la construcción de una trocha carrozable las dejan al nivel de terreno natural generando a largo plazo carreteras con difícil transitabilidad.

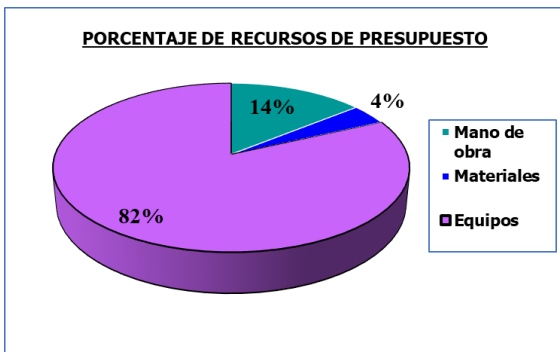


Figura 18 Porcentaje de recursos incluidos en el presupuesto.

En la figura 18 se hace la comparación de los recursos utilizados en los presupuestos este procedimiento se realizó para secciones transversales que fueron analizadas mediante los manuales en estudio de las cuales se obtuvo medidas de 4.50m, 5.50m, 6.50 y 7.00m respectivamente obteniéndose un monto de presupuesto por eso este gráfico se comparó con cada recurso tanto de mano de obra, materiales y equipos, obteniéndose porcentajes de 14% para mano de obra, 4% para materiales y un 82% para equipos este último recurso tiende a tener un porcentaje alto consecuencia que en sus insumos se encuentran equipos como la motoniveladora para el perfilado y el tractor para el corte del material partidas que son afectadas directamente con los metros de acuerdo a la longitud de una carretera rural.



Figura 19. Carretera rural en mal estado consecuencia de las propuestas inadecuadas en la conservación y mantenimiento

En la figura 19 se observa una carretera nivel de terreno natural el cual se vuelve en condiciones inestables. Por ello en la presente investigación para la optimización de costos se realizó un caso de estudio a una carretera de 1.50 km obteniendo su volumen de corte y relleno, aquí se enfatiza que la apertura de una carretera los gobiernos locales solo trabajan a nivel de terreno natural y sin parámetros adecuados lo que genera grandes secciones de corte.[20]

Item	Descripción	Unid.	Método	Precio \$1	Parcial \$1
01	CONSTRUCCIÓN DE TROCHA CARROZABLE en una sección Transversal de 4.50 m (Medida en 0.000 - 11.514.00)				255.240.720
01 01	TRABAJO PRELIMINAR				6.000.1370
01 01 01	REMOCIÓN DE TERRESTRE (CORTA Y CUMPLIDO)	m <sup>3</sup>	1.8025	5.220.240	2.662.240
01 01 02	REMOCIÓN DE TERRESTRE (CORTA Y CUMPLIDO)	m <sup>3</sup>	1.8025	432.000	675.360
01 01 03	TRABAJO DE RECONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	m <sup>2</sup>	1.8025	277.680	1.741.920
01 02	EXPLORACIONES				161.342.800
01 02 01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				161.342.800
01 02 01 01	CORTE DE TIERRAS (CORTA Y CUMPLIDO) CON TRACTOR	m <sup>2</sup>	48.274.222	2.042	98.224.644
01 02 01 02	RELLENO DE TIERRAS (CORTA Y CUMPLIDO) CON TRACTOR	m <sup>2</sup>	48.274.222	2.042	98.224.644
01 02 01 03	EXPLORACIONES DE TIERRAS (CORTA Y CUMPLIDO)	m <sup>2</sup>	18.519.367	2.300	42.772.560
01 03	OBRA DE ARTE Y FONDALES				2.541.780
01 03 01	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 02	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 03	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 04	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 05	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 06	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 07	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 08	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 09	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 10	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 11	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 12	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 13	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 14	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 15	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 16	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 17	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 18	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 19	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 20	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 21	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 22	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 23	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 24	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 25	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 26	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 27	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 28	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 29	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 30	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 31	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 32	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 33	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 34	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 35	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 36	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 37	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 38	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 39	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 40	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 41	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 42	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 43	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 44	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 45	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 46	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 47	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 48	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 49	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 50	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 51	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 52	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 53	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 54	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 55	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 56	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 57	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 58	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 59	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 60	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 61	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 62	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 63	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 64	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 65	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 66	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 67	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 68	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 69	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 70	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 71	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 72	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 73	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 74	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 75	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 76	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 77	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 78	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 79	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 80	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 81	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 82	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 83	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 84	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 85	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 86	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 87	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 88	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 89	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 90	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 91	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 92	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 93	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 94	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 95	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 96	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 97	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 98	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 03 99	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.000	4.512.000
01 04	CONSTRUCCIÓN DE TROCHA CARROZABLE en una sección Transversal de 5.50 m (Medida en 0.000 - 11.514.00)				255.240.720
01 04 01	TRABAJO PRELIMINAR				6.000.1370
01 04 01 01	REMOCIÓN DE TERRESTRE (CORTA Y CUMPLIDO)	m <sup>3</sup>	1.8025	5.220.240	2.662.240
01 04 01 02	REMOCIÓN DE TERRESTRE (CORTA Y CUMPLIDO)	m <sup>3</sup>	1.8025	432.000	675.360
01 04 01 03	TRABAJO DE RECONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	m <sup>2</sup>	1.8025	277.680	1.741.920
01 04 02	EXPLORACIONES				161.342.800
01 04 02 01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				161.342.800
01 04 02 01 01	CORTE DE TIERRAS (CORTA Y CUMPLIDO) CON TRACTOR	m <sup>2</sup>	48.274.222	2.042	98.224.644
01 04 02 01 02	RELLENO DE TIERRAS (CORTA Y CUMPLIDO) CON TRACTOR	m <sup>2</sup>	48.274.222	2.042	98.224.644
01 04 02 01 03	EXPLORACIONES DE TIERRAS (CORTA Y CUMPLIDO)	m <sup>2</sup>	18.519.367	2.300	42.772.560
01 04 03	OBRA DE ARTE Y FONDALES				2.541.780
01 04 03 01	CONSTRUCCIÓN DE CUNETA LATERALES (CORTA Y CUMPLIDO)	m	1.000.000	12.00	

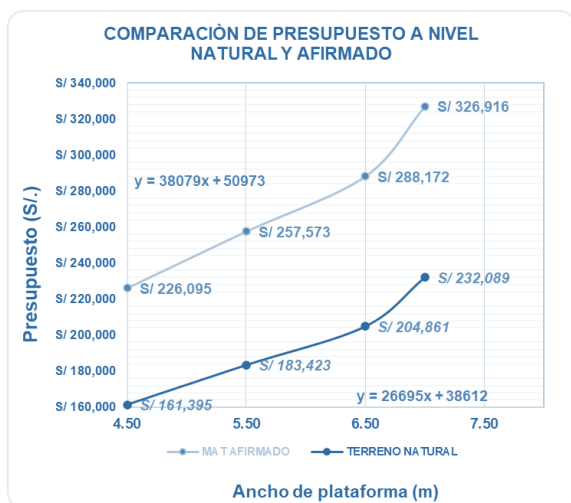


Muchas carreteras rurales son ejecutadas sin criterios técnicos como se observa en la figura 19 debido a la falta de cunetas genera el deficiente drenaje, por ello en el presupuesto se ha considerado la partida de cuentas laterales, con ello afirmamos la poca efectividad en la construcción de carreteras rurales por parte de gobiernos locales encargados de la construcción y mantenimiento. Los gobiernos locales realizan los mantenimientos periódicos a partir de una apertura de carretera preservando las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía.[22]

**Tabla 13** Perfilado por año según el tipo de terreno de superficie

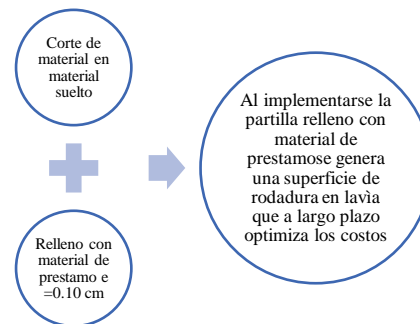
Tipo de Superficie	Cantidad de perfilado por año
Terreno Natural	0.33
Afirmado	1.00

Toda carretera de afirmado o terreno natural, se deteriora con el tiempo por razones del tráfico, sea por acción del clima o presencia de agua proveniente de lluvias o encauzamientos. Estos caminos rurales han sido descuidados por largo tiempo por la administración pública generando la falta de integración de pueblos por falta de criterios tanto al momento ejecutar como su mantenimiento respectivo.[23]



**Figura 22** Comparación de presupuesto a nivel natural y afirmado.

En el gráfico se observa a la curva el presupuesto a nivel de terreno natural por debajo de la curva de material de afirmado, cabe recalcar que no se tiene una guía para caminos rurales en cuanto a construcción, rehabilitación y mantenimiento.[24] El perfilado que se realiza si dejamos una carretera a nivel natural será de tres veces por año a diferencia del afirmado que será una vez al año, por ello parte de la investigación ha incorporado dentro del presupuesto la partida como indica la imagen 21.



**Figura 23** Partidas incluidas en presupuestos de carreteras rurales.

Al realizar una comparación con el presupuesto solo a nivel de terreno natural VS el afirmado, en un primer punto muestra que es económico, pero según las guías de revisión se observó que necesitará de un inmediato mantenimiento a diferencia que con material de afirmado cada año se realizará la reposición de la carpeta de rodadura.[25]

$$(\%) = \frac{\text{Presupuesto Corte } (Mc \cdot PU1)}{\text{Presupuesto Relleno } (Mr \cdot PU2)}$$

**Mc:** metrado de corte de material

**Mr:** Metrado de relleno para superficie

**PU1 y PU2:** Precios Unitarios

## 6. Conclusiones:

- El mantenimiento de carreteras enfrenta desafíos crecientes por ello la metodología de estudio se enfocó en bases teóricas marcando propuestas sobre indicadores para diseño geométrico de carreteras rurales desde la perspectiva de construcción hasta el punto de mantenimiento; los parámetros obtenidos se enfocaron en el IMD con un valor de 200 veh/día dividiéndose en terreno plano, ondulado, accidentado y escarpado; a partir de ello se analizó Velocidades, Radio, Peralte, Sobreancho, Sección de Carril y berma datos de fueron obtenidos de las Norma AASTHO, Manual de carreteras de bajo volumen de tránsito 2005 - 2008 y la Guía vigente DG- 2018; de ellos se sustrajo datos y valores respectivamente que aportarán al correcto Diseño de una carretera rural. por otro lado, se analizó el material conveniente para la carpeta de rodadura; reflejando la optimización de costos con un real ajuste para la construcción y mantenimiento.
- Los indicadores de sección transversal que se deben tomar en cuenta para las construcciones de trochas carrozables son velocidad, Radio, peralte, sobreancho, sección de carril y berma; de estos se realizó un análisis a detalle con las normas más resaltantes de los cuales se encontró manuales del año 2005 y 2008 en ellos se encuentra información relevante que con el tiempo se ha dejado de lado

argumentando que las trochas carrozables no alcanzan características geométricas para ser estudiadas a detalle y no cuenten con parámetros, por ello se obtuvo valores como: velocidad (20km/hr hasta 65km/hr); Radio (15m hasta 150m); Peralte (4% hasta 10%); Sobreancho (1% hasta 11%) ver Tabla N.º 11. estos valores permitirán definir un ancho de carril y berma de 0.50 m.

- Los parámetros indicados en la Tabla N.º 11 permitieron sugerir un ancho de calzada y berma lo que compone la sección transversal con valores de 4.50 m hasta 7.00 m con un índice medio diario de 50 veh hasta 200 veh/día; Obteniendo una sección Transversal que optimice costos y parámetros factibles para la sostenibilidad de una carretera rural a largo plazo, incrementado la infraestructura vial y la conectividad.
- Los cálculos de movimiento de tierras tanto corte como relleno Ver Tabla N.º 4 representados como la unidad de volumen o peso de material requieren de un ancho de sección transversal apropiado que no genere presupuestos sobrestimados con partidas que identifiquen la realidad de una carretera rural. La presente investigación identificó los anchos de secciones transversales, con ello posteriormente se calculó los metrados y presupuesto añadiendo partidas “relleno y compactado con material de préstamo”; aquí interviene el compactado y las maquinarias como el tractor y la motoniveladora insumos que permiten al presupuesto incrementar en un 82% para la componente equipos a la vez estos permiten una construcción apropiada de una trocha carrozable.
- Al contar con los parámetros definidos para la sección transversal se procedió con el programa Civil 3d el cálculo del movimiento de tierras para determinar su volumen de corte y relleno con los diferentes anchos de sección transversal “4.50 – 5.50 – 6.50 y 7.00” y sus respectivos indicadores de diseño, luego con el programa Costos y presupuestos se analizó a nivel natural y afirmado; obteniendo para 7.00 m de sección un costo de S/. 326,915.91 y para 4.00m un costo de S/161,395.23, solo para terreno natural, por ello al colocarle material de afirmado estos costos aumentan en un 0.71%, porcentaje que al acrecentar genera mayor inversión en la apertura de una carretera rural, sin embargo al analizar con el factor tiempo se determina que si una carretera se encuentra a nivel de terreno natural necesitara cada 4 meses mantenimiento de la calzada diversificando al colocarle material de afirmado su mantenimiento se realizará cada 01 año optimizando así los costos y tiempo.

## 7. Referencias:

- [1] E. Dorado-zaldivar and C. Sucursal Empresa, “La gestión vinculada a la construcción de la carretera central en Holguín,” *Ciencias Holguín*, vol. 27, no. 2, pp. 15–27, 2021, doi: <https://orcid.org/0000-0003-3615-2359>.
- [2] J. A. M. León, D. Z. León, M. Alberto, and R. Esparza, “Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras,” *Cult. Científica y Tecnológica*, no. 57, 2015.
- [3] G. Depestre, A. René, and D. Medina, “Indicaciones sobre la evaluación de la infraestructura de carreteras para Cuba infraestructura de carreteras para Cuba,” vol. 3, no. 1990–8830, p. 12, 2021, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193969257006>.
- [4] R. Idei and H. Kato, “How does improving rural roads transform People’s vehicule ownership? Findings from rural Cambodia,” *Asian Transp. Stud.*, vol. 6, no. April, p. 100023, 2020, doi: 10.1016/j.eastsj.2020.100023.
- [5] A. Laura Salomón, “Los caminos rurales desde una perspectiva histórica: antecedentes y novedades del Plan de Caminos de Fomento Agrícola (Argentina, 1956),” *Rev. História Debates e Tendências*, vol. 18, no. 2, pp. 260–275, 2018, doi: 10.5335/hdtv.18n.2.8075.
- [6] W. Van den Berghe, M. Schachner, V. Sgarra, and N. Christie, “The association between national culture, road safety performance and support for policy measures,” *IATSS Res.*, vol. 44, no. 3, pp. 197–211, 2020, doi: 10.1016/j.iatssr.2020.09.002.
- [7] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Manual Diseño Geométrico DG \_ 2018*. 2018.
- [8] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito,” p. 172, 2008, [Online]. Available: [http://www.carreteros.org/hispana/peru/11\\_peru.pdf](http://www.carreteros.org/hispana/peru/11_peru.pdf).
- [9] I. H. Hashim, T. A. Abdel-Wahed, and Y. Moustafa, “Toward an operating speed profile model for rural two-lane roads in Egypt,” *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 3, no. 1, pp. 82–88, 2016, doi: 10.1016/j.jtte.2015.09.005.
- [10] Y. Fukubayashi and M. Kimura, “Improvement of rural access roads in developing countries with initiative for self-reliance of communities,” *Soils Found.*, vol. 54, no. 1, pp. 23–35, 2014, doi: 10.1016/j.sandf.2013.12.003.

- [11] A. Manso and G. M., "Utilización de un Sistema de Información Geográfica en la red carretera rural del distrito de Olavarría," *Ing.*, vol. 20, no. 1, pp. 46–56, 2016.
- [12] P. K. Agarwal, A. B. Khan, and S. Choudhary, "A Rational Strategy for Resource Allocation for Rural Road Maintenance," *Transp. Res. Procedia*, vol. 25, pp. 2200–2212, 2017, doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.422.
- [13] A. Tawalare and K. Vasudeva Raju, "Pavement Performance Index for Indian rural roads," *Perspect. Sci.*, vol. 8, pp. 447–451, 2016, doi: 10.1016/j.pisc.2016.04.101.
- [14] R. Rossi, M. Gastaldi, and F. Pascucci, "Flow rate effects on vehicle speed at two way-two lane rural roads," *Transp. Res. Procedia*, vol. 3, no. July, pp. 932–941, 2014, doi: 10.1016/j.trpro.2014.10.073.
- [15] L. F. Mercado and L. G. Díaz, "Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo," *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. 17, no. 2, pp. 223–236, 2016, doi: 10.1016/j.riit.2016.06.007.
- [16] Y. Shamdasani, "Rural road infrastructure & agricultural production: Evidence from India," *J. Dev. Econ.*, vol. 152, p. 102686, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jdevec.2021.102686>.
- [17] M. Tohidi, N. Khayat, and A. Telvari, "The use of intelligent search algorithms in the cost optimization of road pavement thickness design," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 13, no. 3, p. 101596, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.09.023.
- [18] S. Marchán and J. S. Solanich, "Experiencias de concesión del mantenimiento y la construcción de las carreteras de las Diputaciones provinciales en España," *Rev. Obras Publicas*, vol. 159, no. 3531, pp. 51–60, 2012.
- [19] H. Lu and P. Zhao, "Transport infrastructure and urban-rural income disparity: A municipal-level analysis in China," *J. Transp. Geogr.*, vol. 99, p. 103292, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103292>.
- [20] J. Arroyo, J. Alvarado, and P. Alarcón, "Cálculo de Productividad y Optimización del Equipo Pesado utilizado en Movimiento de Tierras," *J. Sci. Res.*, vol. 3, no. ICCE2018, pp. 28–35, 2018, doi: <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp35-44p>.
- [21] R. Banick, A. M. Heyns, and S. Regmi, "Evaluation of rural roads construction alternatives according to seasonal service accessibility improvement using a novel multi-modal cost-time model: A study in Nepal's remote and mountainous Karnali province," *J. Transp. Geogr.*, vol. 93, p. 103057, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103057>.
- [22] Z. Liu, R. Balieu, and N. Kringos, "Integrating sustainability into pavement maintenance effectiveness evaluation: A systematic review," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 104, no. February, 2022, doi: 10.1016/j.trd.2022.103187.
- [23] J. Navarro-Moreno, F. Calvo-Poyo, L. Garach, and J. De Oña, "Influencia del gasto en construcción y mantenimiento de carreteras en la seguridad vial en el contexto europeo," *CIT2021 R-Evolucionando el Transp.*, pp. 3169–3180, 2021, [Online]. Available: <https://libros.ubu.es/servpubu-acceso-abierto/catalog/book/31>.
- [24] E. Affairs, "Rural roads : key routes for production , connectivity and territorial development," no. 1, 2020.
- [25] A. Nautiyal and S. Sharma, "Condition Based Maintenance Planning of low volume rural roads using GIS," *J. Clean. Prod.*, vol. 312, no. June 2020, p. 127649, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127649.
- [26] R. Trujillo Torres, "El Modelo peruano para el desarrollo de caminos rurales," *Rev. Ing.*, no. 45, pp. 40–51, 2017.