

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



PROPUESTA DE PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA TROCHAS
CARROZABLES EN LA NORMA DG – 2018 A FIN DE OPTIMIZAR COSTOS

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. ROMÁN HUACHO, WILDE RENZO
Bach. SALDAÑA ROMERO, ALEXANDER ANTONIO

ASESOR: Mg. Ing. ARÉVALO LAY, VICTOR
LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres Wilde y Linda por brindarme su total apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi carrera, dándome consejos y preocupándose en todo momento por el desarrollo de la investigación.

Román Huacho, Wilde Renzo

A mis padres Sonia y Antonio, por todo el apoyo, los sabios consejos, el esfuerzo y el sacrificio que dieron para ser lo que soy ahora. A mis hermanos Eduardo y Leslie por ser los pilares fundamentales para lograr superarme día a día.

Saldaña Romero, Alexander Antonio

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Ricardo Palma, por brindarnos una educación de calidad y una formación ética y moral a lo largo de nuestro estudio en pregrado, y además, por permitirnos el uso de sus instalaciones para la elaboración de esta investigación. A la familia por siempre darnos el apoyo moral para lograr superarnos y ser buenos ingenieros civiles.

Román Huacho, Wilde Renzo
Saldaña Romero, Alexander Antonio

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento y Delimitación del Problema	3
1.1.1. Formulación y delimitación del problema	3
1.1.2. Problema general.....	3
1.1.3. Problemas específicos.....	3
1.2. Objetivos de la Investigación.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Delimitación de la Investigación: temporal, espacial y temática	4
1.3.1. Temporal.....	4
1.3.2. Espacial.....	4
1.3.3. Temática	4
1.4. Importancia y justificación del estudio	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes Históricos.....	6
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	7
2.3. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio.....	10
2.3.1. Clasificación de carreteras	10
2.3.1.1. Manual de Diseño Geométrico DG – 2001 – MTC	10
2.3.1.2. Manual de Diseño Geométrico DG – 2018 – MTC	11
2.3.2. Tipos de Vehículos	13
2.3.2.1. Vehículos ligeros	17
2.3.2.2. Vehículos pesados	18

2.3.3. Criterios básicos para el Diseño Geométrico.....	18
2.3.3.1 Velocidad de Diseño	19
2.3.3.2. Distancia de Visibilidad.....	20
2.3.4. Diseño Geométrico de la Sección Transversal	24
2.3.4.1. Generalidades.....	24
2.3.4.2. Elementos de la Sección Transversal.....	24
2.3.4.3. Calzada o superficie de rodadura	28
2.3.4.4. Bermas	29
2.3.4.5. Bombeo	32
2.3.4.6. Peralte	33
2.3.4.7. Derecho de vía o faja de dominio	35
2.3.4.8. Separadores.....	38
2.3.4.9. Gálibo	38
2.3.4.10. Taludes	39
2.3.5. Superficie de Rodadura	41
2.3.5.1. Terreno Natural	41
2.3.5.2. Afirmado	42
2.3.6. Costos y tiempos en carreteras	50
2.3.6.1. Costos Directos	50
2.4. Definición de Términos Básicos	67
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	69
3.1. Hipótesis	69
3.1.1. Hipótesis general.....	69
3.1.2. Hipótesis específicos	69
3.2. Variables	69
3.2.1. Definición conceptual de variables.....	69
3.2.2. Operacionalización de las variables	70

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	71
4.1. Tipo y Nivel	71
4.1.1. Tipo de Investigación.....	71
4.1.2. Nivel de la Investigación	71
4.2. Diseño de Investigación	71
4.3. Población y muestra	71
4.3.1. Población de estudio	71
4.3.2. Diseño muestral	71
4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	72
4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos	72
4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	72
4.4.3. Procedimiento para la recolección de datos	72
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	73
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
5.1. Diagnóstico y Situación Actual	74
5.1.1. Generalidades.....	74
5.2. Determinación de la Sección Transversal	75
5.2.1. Diseño Geométrico	75
5.2.1.1. Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads (ADT<400)” – American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2001.	75
5.2.1.2. Overseas Road Note #6 (INGLATERRA)	77
5.2.1.3. Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (2005)	79
5.2.1.4. Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (2008)	83
5.2.1.5. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018.....	86

5.2.1.6. Análisis según el Ancho de Vehículo	90
5.2.2. Seguridad.....	91
5.2.2.1. Un carril.....	92
5.2.2.2. Dos Carriles	94
5.2.3. Economía.....	94
5.2.3.1. Terreno Natural	95
5.2.3.2. Afirmado	103
5.3. Determinación del tipo de Superficie de Rodadura	108
5.3.1. Superficie de Rodadura	108
5.4. Presentación de Resultados.....	124
5.4.1. Determinación de la Sección Transversal	124
5.4.1.1. Velocidad de diseño	124
5.4.1.2. Radios mínimos y peraltes máximos	125
5.4.1.3. Sobreechancho.....	126
5.4.1.4. Anchos mínimos de calzada	126
5.4.1.5. Ancho mínimo de Bermas.....	127
5.4.2. Determinación de la Superficie de Rodadura	127
5.5. Análisis de Resultados	131
5.5.1. Sección Transversal	131
5.5.1.1. Velocidad de diseño	131
5.5.1.2. Radios mínimos, peraltes máximos	131
5.5.1.3. Sobreechancho.....	132
5.5.1.4. Ancho mínimo de calzada	132
5.5.1.5. Ancho de Berma	133
5.5.2. Superficie de Rodadura	133
CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS, ANÁLISIS Y	
DISCUSIÓN	134

6.1. Contratación de Hipótesis	134
6.1.1. Hipótesis Específica 1	134
6.1.2. Hipótesis Específica 2	135
6.2. Discusión	137
CONCLUSIONES.....	138
RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
ANEXOS	144
Anexo 1: Matriz de Consistencia	144
Anexo 2: Operacionalización de Variables	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera de acuerdo a la orografía y demanda	20
Tabla N° 2: Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%	23
Tabla N° 3: Distancia de visibilidad de parada (metros).....	23
Tabla N° 4: Anchos mínimos de la calzada en tangente	28
Tabla N° 5: Anchos de Bermas.....	30
Tabla N° 6: Valores del bombeo de la calzada	32
Tabla N° 7: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte	33
Tabla N° 8: Valores de peralte máximo	34
Tabla N° 9: Peralte mínimo	34
Tabla N° 10: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente*	35
Tabla N° 11: Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido	35
Tabla N° 12: Anchos mínimos de Derecho de Vía	36
Tabla N° 13: Cuadro Resumen del Espesor de Material del Afirmado	44
Tabla N° 14: Espesor de capa de Revestimiento Granular.....	45
Tabla N° 15: Catálogo de Capas de Afirmado (Revestimiento Granular)	46
Tabla N° 16: Gradación del material de afirmado	48
Tabla N° 17: Gradación del material de afirmado	49
Tabla N° 18: Jornales Vigentes de Construcción Civil a nivel nacional para obras viales	52
Tabla N° 19: Jornales Vigentes de Construcción Civil a nivel nacional para obras viales	53
Tabla N° 20: Análisis de Costo de Excavación No Clasificada	57
Tabla N° 21: Análisis de Costo Unitario de Corte de Material Suelo.....	57
Tabla N° 22: Análisis de Costo Unitario de Perforación y disparo	58
Tabla N° 23: Análisis de Costo Unitario de Excavación, desquinche y peinado de taludes	59
Tabla N° 24: Análisis de Costo Unitario de Perforación y disparo	60
Tabla N° 25: Análisis de Costo Unitario de Excavación, desquinche y peinado de taludes	60
Tabla N° 26: Análisis de Costo Unitario de Conformación de terraplén	61
Tabla N° 27: Análisis de Costo Unitario de Perfilado y Compactación de la	

Sub-rasante	62
Tabla N° 28: Análisis de Costo Unitario del Bacheo.....	63
Tabla N° 29: Análisis de Costo Unitario de Desencalaminado	63
Tabla N° 30: Análisis de Costo Unitario de Limpieza General.....	64
Tabla N° 31: Análisis de Costo Unitario de Riego	65
Tabla N° 32: Análisis de Costo Unitario de Bacheo de Bermas.....	65
Tabla N° 33: Análisis de Costo Unitario de Perfilado de Bermas	66
Tabla N° 34: Análisis de Costo Unitario de Limpieza de Cunetas	66
Tabla N° 35: Velocidad de diseño mínimas para caminos rurales	75
Tabla N° 36: Radios Mínimos	76
Tabla N° 37: Ancho total del carril (en metros)	77
Tabla N° 38: Ancho total del carril (en metros)	78
Tabla N° 39: Ancho total del carril (en metros)	79
Tabla N° 40: Radios mínimos y peraltes máximos.....	80
Tabla N° 41: Sobreancho de la calzada en curvas circulares (m).....	81
Tabla N° 42: Ancho mínimo de la calzada en tangente (en metros).....	81
Tabla N° 43: Ancho mínimo de Berma por cada lado (en metros).....	82
Tabla N° 44: Ancho de Plataforma (en metros).....	83
Tabla N° 45: Ancho mínimo y máximo de Plataforma (en metros)	83
Tabla N° 46: Radios mínimos y peraltes máximos.....	84
Tabla N° 47: Sobreancho de la calzada en curvas circulares (m).....	84
Tabla N° 48: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (en metros)	85
Tabla N° 49: Ancho mínimo de Berma por cada lado (en metros).....	85
Tabla N° 50: Ancho de Plataforma (en metros).....	86
Tabla N° 51: Ancho mínimo y máximo de Plataforma (en metros)	86
Tabla N° 52: Valores de radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos	87
Tabla N° 53: Anchos mínimos de la calzada en tangente (en metros).....	88
Tabla N° 54: Ancho de Bermas (en metros).....	89
Tabla N° 55: Ancho de Plataforma (en metros).....	89
Tabla N° 56: Ancho mínimo y máximo de Plataforma (en metros)	90
Tabla N° 57: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras según Reglamento Nacional de Vehículos.....	90

Tabla N° 58: Anchos de Sección Transversal (en metros).....	91
Tabla N° 59: Tramo de Carretera a usar en el Presupuesto.....	96
Tabla N° 60: Numero de pasadas vs Ancho de vía.....	112
Tabla N° 61 Costos de Rehabilitación en superficies sin afirmar.....	114
Tabla N° 62: Costos de Rehabilitación en superficies afirmadas	115
Tabla N° 63: Costos de Rehabilitación en superficies afirmadas	117
Tabla N° 64: Costo de Mantenimiento en Afirmado	124
Tabla N° 65: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía	124
Tabla N° 66: Anchos mínimos de calzada en tangente	125
Tabla N° 67: Anchos mínimos de calzada en tangente	126
Tabla N° 68: Anchos mínimos de calzada en tangente	126
Tabla N° 69: Ancho de Bermas	127
Tabla N° 70: Número de pasadas vs Ancho de carril	128
Tabla N° 71: Costos de Rehabilitación en superficies sin afirmar	129
Tabla N° 72: Costos de Rehabilitación en superficies afirmadas	130
Tabla N° 73: Costo de Mantenimiento en Afirmado	130
Tabla N° 74: Relación Rehabilitación vs. Mantenimiento	131
Tabla N° 75: Optimización de costos de conservación periódico	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Vehículo Jeep (VL)	14
Figura N° 2: Auto (VL)	15
Figura N° 3: Bus	15
Figura N° 4: Camión C2	15
Figura N° 5: Vehículo Pick Up	16
Figura N° 6: Camión C2	16
Figura N° 7: Camión C3	16
Figura N° 8: Tráiler T3S2	17
Figura N° 9: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva	25
Figura N° 10: Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial	26
Figura N° 11: Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales	27
Figura N° 12: Pendiente transversal de bermas	31
Figura N° 13: Casos de Bombeo	33
Figura N° 14: Sección típica del túnel	39
Figura N° 15: Sección transversal típica en tangente	40
Figura N° 16: Ancho de Plataforma	91
Figura N° 17: Ancho de Plataforma de 4.50m	92
Figura N° 18: Ancho de Plataforma de 5.50m	93
Figura N° 19: Ancho de Plataforma de 6.50m	93
Figura N° 20: Ancho de Plataforma de 7.00m	94
Figura N° 21: Alineamiento de la carretera	95
Figura N° 22: Alineamiento con secciones de la carretera en Civil 3D	95
Figura N° 23: Sección de vía para 4.50m	96
Figura N° 24: Sección de corte y relleno de la progresiva 1+900	97
Figura N° 25: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920	97
Figura N° 26: Sección de vía para 5.50m	98
Figura N° 27: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+900	98
Figura N° 28: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920	99
Figura N° 29: Sección de vía para 6.50m	100
Figura N° 30: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+900	100

Figura N° 31: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920	101
Figura N° 32: Sección de vía para 7.50m.....	102
Figura N° 33: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+900	102
Figura N° 34: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920	102
Figura N° 35: Sección de vía para 4.50m.....	104
Figura N° 36: Sección de vía para 5.50m.....	105
Figura N° 37: Sección de vía para 6.50m.....	106
Figura N° 38: Sección de vía para 6.50m.....	107
Figura N° 39: Vista en Perfil de la Motoniveladora	109
Figura N° 40 Vista en Planta de la Motoniveladora	110
Figura N° 41: Longitud efectiva de la hoja	111
Figura N° 42: Limpieza de la Plataforma	118
Figura N° 43: Bacheo en Afirmados	119
Figura N° 44: Perfilado de Camino.....	121
Figura N° 45: Reposición de Afirmado.....	122
Figura N° 46: Reconformación de la Plataforma Existente.....	123

RESUMEN

El presente trabajo denominado “Propuesta de parámetros de Diseño Geométrico para trochas carrozables en la norma DG-2018 a fin de optimizar costos” tuvo como objetivo proponer nuevos parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la norma DG-2018, de optimizar costos, mediante un análisis de las normas de caminos rurales existentes.

El enfoque de la investigación fue de tipo cualitativa, debido a que se recolectó datos de tipo descriptivo, por lo que se realizó investigaciones históricas de los criterios de diseño geométrico de carreteras de bajo volumen de tránsito en normas nacionales e internacionales, además de observaciones de diferentes expedientes técnicos que se asemejen al tipo de carretera estudiada.

El nivel de la investigación fue descriptiva, ya que la finalidad fue estimar y proponer parámetros o criterios de diseño geométrico de carretera de bajo volumen de tránsito en las distintas normas para su análisis y comparación.

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental, ya que se realizó estudios e investigación histórica de las normas pasadas, teniendo como área de estudio las carreteras en zonas rurales del Perú.

Finalmente, la investigación determinó una optimización en los costos de construcción y conservación, debido a los parámetros de diseño geométrico propuestos como el ancho de calzada, ancho de berma, radio mínimo, peralte y sobreancho. Así como también el tipo de superficie de rodadura, como material proipo y afirmado.

Palabras clave: Parámetros de diseño geométrico, superficie de rodadura, costos de construcción, costos de conservación, trochas carrozables, índice medio diario anual.

ABSTRACT

The present work called "Proposal of new parameters of Geometric Design for truck paths in the DG-2018 standard in order to optimize costs" aimed to propose new geometrical design parameters for unpaved roads in the DG-2018 standard, to optimize costs, through an analysis of existing rural road standards.

The approach of the research is qualitative, due to the fact that descriptive data was collected, for which historical researches of the geometric design criteria of low traffic volume roads in national and international standards were carried out, as well as observations of different records technicians that resemble the type of highway studied.

The level of the investigation is descriptive since the purpose is to estimate and propose parameters or criteria of geometric design of road of low volume of traffic in the different norms for its analysis and comparison.

The design of the research is of a non-experimental type, since studies and historical research of the past norms were carried out, having as a study area the roads in rural areas of Peru.

Finally, the investigation determined an optimization in the costs of construction and conservation, due to the proposed geometrical design parameters such as lane width, shoulder width, minimum radius, superelevation and widening in curves. As well as the type of rolling surface, as a proposit and affirmed material.

Key words: geometric design parameters, rolling surface, construction costs, conservation costs, truck paths, annual average daily index.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, las carreteras han sido necesarias para la comunicación de los diversos pueblos alejados que existen en las zonas rurales del Perú, estas sirven para el incremento del desarrollo económico y social. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, más del 60% de carreteras en la actualidad están clasificadas como trochas carrozables. Sin embargo, en la norma vigente de diseño geométrico, se evidencia que no existen los parámetros necesarios para este tipo de carretera.

Debido a la falta de parámetros en la norma actual, es que se hace uso de normas pasadas que ya dejaron de estar en vigencia, siendo estas inadecuadas para aplicarlas en la actualidad, provocando un costo posiblemente mayor en las partidas de presupuesto.

El tipo de superficie de rodadura también juega un papel importante al momento de optimizar costos, influyendo directamente en los costos de conservación, es decir en los periodos y gastos de mantenimiento que se le debe hacer a la carretera para su buen funcionamiento.

En esta investigación, determinamos, mediante algunos expedientes técnicos que se ajusten a la realidad de nuestro estudio, los parámetros y el tipo de superficie de rodadura más adecuado, para optimizar costos, que muchas veces son excesivos e innecesarios, adaptándose mejor a la realidad de los caminos vecinales en el Perú.

En el capítulo 1 se plantea el problema que genera la investigación, los objetivos a alcanzar, además de la justificación del estudio.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico, los antecedentes de la investigación, bases teóricas fundamentales para el desarrollo de la tesis y la definición de términos básicos.

En el capítulo 3 se plantea la hipótesis y variables propuestas, los cuales son corroborados conforme avance el desarrollo de la investigación.

En el capítulo 4 se presenta la metodología con la cual se realizará la tesis, su tipo, nivel y diseño. En este capítulo también se presenta la población y muestra, los instrumentos para la recolección de datos, las técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

En el capítulo 5 se encuentra el desarrollo de la investigación, presentando los parámetros para trochas carrozables tanto de normas nacionales e internacionales, obteniendo los adecuados parámetros para sección transversal y la adecuada superficie de rodadura, por último se presenta los resultados finales.

En el capítulo 6 está la contrastación de hipótesis, donde se discuten los resultados, y con ello obtenemos las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y Delimitación del Problema

1.1.1. Formulación y delimitación del problema

En las zonas rurales de nuestro país, la mayoría de carreteras con $IMDA < 200$ Veh/Día han sido diseñadas con el Manual de Caminos vecinales desde el año 1978, y posteriormente con el manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito versión 2005 y 2008. Ya en el año 2013 en adelante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones emite normas de Diseño Geométrico de Carreteras, los cuales dejan de proponer parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables, por ende al momento de diseñar este tipo de carreteras no se tiene claro que criterios emplear ni que dimensiones mínimas tomar, por lo que mucho de los proyectos de carreteras rurales tienen un diseño incorrecto. Según la revisión de algunos expedientes técnicos, observamos que el presupuesto final no está ajustado a la realidad de este tipo de carreteras, un ejemplo claro es al momento de ejecutar la sección transversal de la vía, el cual en muchas ocasiones está proyectado de manera inadecuada, lo que genera alzas en los costos de la partida de movimiento de tierras, pudiéndose evitar con parámetros más apropiados.

Asimismo la norma actual tampoco establece el tipo de superficie de rodadura con la que se debe diseñar las trochas carrozables, por lo que se genera mayores costos de conservación al presentarse fallas constantes y que podrían ser reducidas con un buen tipo de superficie de rodadura.

1.1.2. Problema general

¿Qué parámetros de Diseño Geométrico emplear para optimizar costos en trochas carrozables, si la norma DG – 2018 no lo establece?

1.1.3. Problemas específicos

a) ¿Qué sección transversal deben tener las trochas carrozables para optimizar los costos de construcción, si la Norma DG – 2018 no lo establece?

b) ¿Qué tipo de superficie de rodadura emplear para optimizar los costos de

conservación en trochas carrozables, si la Norma DG – 2018 no lo establece?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo general

Proponer nuevos parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 a fin de optimizar costos, mediante un análisis de las normas de caminos rurales existentes.

1.2.2. Objetivos específicos

a) Determinar la sección transversal en trochas carrozables para optimizar los costos de construcción mediante un análisis de las Normas de Caminos rurales existentes.

b) Determinar el tipo de superficie de rodadura adecuada para trochas carrozables con el fin de optimizar costos de conservación mediante un análisis de las Normas de Caminos Rurales existentes.

1.3. Delimitación de la Investigación: temporal, espacial y temática

1.3.1. Temporal

El análisis se efectuará tomando como base de estudio la Norma de Caminos Vecinales del año 1978 hasta el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del año 2008.

1.3.2. Espacial

La presente investigación corresponde al Perú, tomándose como ejemplo las características de las carreteras rurales que hay en el país.

1.3.3. Temática

La realización de la presente propuesta busca estudiar los parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en los manuales que estuvieron en vigencia en el Perú, a fin de optimizar costos de construcción y conservación.

1.4. Importancia y justificación del estudio

La propuesta de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la norma DG-2018 se llevó a cabo debido a que actualmente no existen factores ni valores que involucren el diseño geométrico de una carretera con índice medio diario anual menor a 200 veh/día. Como alternativa de solución a este problema se opta por el estudio y comparación de manuales de diseño geométrico pasados, con el fin de proponer factores adecuados en la norma actual, viéndolo desde un punto de vista técnico, económico y seguro.

Además se estimó la superficie de rodadura más adecuada para este tipo de carreteras de bajo volumen, ya que tampoco está normado actualmente, siendo de vital importancia la dicha elección, si se busca minimizar costos de conservación a lo largo del tiempo de uso de la carretera.

Esta investigación da un beneficio económico en la ejecución y conservación de los proyectos de carreteras de bajo volumen, las cuales según el manual de Diseño Geométrico vigente, representan el 65% de las carreteras del país. Asimismo se generará un ahorro indirecto en las entidades públicas, y por ende la ejecución de un mayor número de proyectos.

Socialmente, la población, a la que va dirigido este proyecto, se ve beneficiada ya que los pobladores de las zonas rurales del Perú obtienen mejoras en la intercomunicación de los pueblos, generando ingresos y mayor comercio. Así mismo al tener las trochas carrozables con un correcto diseño geométrico y en mejor estado de conservación, aseguran su vida debido a los posibles accidentes de tránsito o posibles fallas en la carretera.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Históricos

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). Oficializa el primer manual de diseño geométrico de carreteras, el cual recoge los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el trazado de una carretera. Todos los aspectos contenidos en el manual son recomendaciones de carácter geométrico derivados de estándares internacionales como la norma AASHTO. La importancia de este manual en relación a los caminos de bajo volumen de tránsito se centra en los parámetros generales y comunes para toda la red vial que tenemos en el Perú; tal como la clasificación vial, la orografía y los conceptos teóricos que norman el diseño geométrico.

Se observa que el manual DG-2001 no incluye dentro de las clasificaciones de carreteras a los caminos cuyo IMD sea menor a 200 Veh/día, por lo que años más tarde se elabora el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (versiones 2005 y 2008) como complemento a este problema. (p. 5)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). Presenta la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual contiene y recopila técnicas de Diseño Vial desde el punto de vista de su concepción, considerando aspectos de conservación ambiental y de seguridad vial. Este manual sirve como un complemento de la norma DG-2001, teniendo como justificación que la categoría de caminos a la que va dirigido son más del 85% de la vialidad a nivel nacional, por lo que era necesarios parámetros de diseño geométrico. (p. 7)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Presenta una actualización de la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual no difiere mucho de la primera, tan solo reajustes de algunos valores necesarios para el diseño geométrico. Al igual que las normas de diseño de carreteras anteriores, este manual ya no se encuentra en vigencia, por lo que en la actualidad no existen normas nacionales oficiales que proporcionen criterios y parámetros de diseño geométrico en carreteras con bajo volumen de tránsito. (p.11)

Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads (ADT<400)”– American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2001)

El manual internacional de AASHTO para caminos de bajo volumen de tránsito

comienza con una clasificación general sobre las funciones del camino, dicho manual está destinado a seleccionar parámetros aptos para estos caminos, los cuales son muy conocidos por los habitantes de la zona en donde se encuentra el camino.

Un camino de muy bajo volumen de tránsito según la norma AASHTO está definido como local, el cual tiene un tráfico de 400 veh/día o menor. Un camino clasificado como local es aquel que tiene como principal función proveer de acceso a residencias, granjas, negocios, propiedades, etc.

La mayoría de manuales de carreteras a nivel internacional y nacional tienen como base la norma AASHTO, diferenciándose de esta simplemente en algunos valores de parámetros, los cuales están ajustados a la realidad del país donde rige. (p. 35)

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

Castro, C y Céspedes, M (2009). Se realizó un estudio comparativo de las normas de diseño geométrico de caminos de bajo volumen de tránsito en la carretera Llancarolla, Mungui, teniendo como problemática que la norma actual DG-2018 no cuenta con parámetros de diseño en trochas carrozables.

Dentro de las conclusiones se menciona que de todos los manuales analizados, el que mejor afronta el problema de los caminos de bajo volumen de tránsito es el manual de la AASHTO, lo cual no quiere decir que todos los parámetros presentados en el manual de la AASHTO sean los ideales para nuestra realidad; sino más bien, que el criterio en el cual se basa para realizar su manual de CBVT sería, probablemente el más realista para nuestro medio. La gran mayoría de manuales clasifican sus parámetros por velocidades de diseño y por tipos de terreno (llano, ondulado y montañoso) y sobre estos dos tipos de clasificaciones los diseñadores escogerán los parámetros para su respectivo proyecto. La diferencia con respecto al manual de la AASHTO radica en que este último realiza otra clasificación adicional a las antes mencionadas. Ésta otra clasificación es con respecto al uso que se le dará al camino, entonces, si tenemos un camino en un terreno montañoso que brindará un servicio de acceso a viviendas, los valores de los parámetros necesarios para este tipo de camino serán completamente distintos con respecto al mismo camino, en el mismo tipo de terreno pero con servicio primordialmente de acceso a granjas o tierras de cultivo en donde el tráfico contemplado es diferente.

En síntesis los parámetros que nuestro manual podría sobretodo estar referido, sería el que esté en relación al uso del camino actual o proyectado como lo hace el manual de la AASHTO. Obviamente que la clasificación que realiza este último manual con respecto al uso de sus caminos, no necesariamente tendrán que ser iguales a los nuestros. Esto se debe a que nuestros países en vía de desarrollo se encuentran en realidades totalmente distintas y, en consecuencia, se tendría que analizar las categorías que debamos de tener en nuestro manual (p.160-163)

Alvarado, W y Martínez, L (2017). Se elaboró la actualización del diseño geométrico de una carretera de bajo volumen (Chancos-Vivos-Wiash). Para dicha propuesta se utilizó un tipo de metodología mixta, donde se realizaron trabajos en campo verificando la situación actual de la carretera y extrayendo los parámetros necesarios para el diseño en general. La actualización del diseño se modeló en el software Vehicle Tracking con el objetivo de comprobar la trayectoria segura del vehículo de diseño dentro de las nuevas dimensiones y criterios.

Justamente es bajo la modelación en el software Vehicle Tracking, donde se puede verificar la circulación segura de los vehículos de diseño en curvas de radio mínimo, sin la necesidad de realizar maniobras peligrosas como: invadir el carril contrario, retroceder, etc. Por ende con dicho software se puede reafirmar que la geometría de la carretera proyectada brinde las condiciones necesarias para mitigar y/o prevenir los daños y efectos provocados por los accidentes viales, conservando la integridad física de los usuarios.

Como conclusión de dicho proyecto se obtuvo que la carretera mejoró en relación a la seguridad, así como también incrementó el desarrollo socioeconómico de las comunidades, acrecentando el turismo y el comercio, reduciendo los accidentes de tránsito y salvaguardando la vida de los usuarios. También se ratificó la disminución de costos de transporte, operación y mantenimiento. (pp. 113-116).

“El análisis económico desarrollado refleja la viabilidad social del proyecto, al obtener un resultado de VANS que supera la inversión social, así como una Tasa interna de retorno social de 18%, lo cual refleja un ahorro en el tiempo y de costo de operación vehicular por medio de los usuarios” (Alvarado, W y Martínez, L , 2017, p.117).

Morales, A. (2017). Esta investigación, se centró en la ruta LM-122 la cual es la única que

comunica al pueblo de Tanta, ubicado en Yauyos, con el resto de centros de la provincia. Tanta tiene un gran potencial turístico, debido a cercanía al Parque Natural Nor-Yauyos; sin embargo, esto no es aprovechado debido a su inaccesibilidad. El trabajo realizado soluciona este problema, diseñando el tramo más accidentado de la ruta y estimando el nivel de servicio de la sección de la ruta en el futuro. Para dicho proyecto se proponen tres alternativas para el diseño de la ruta, de las cuales se selecciona la que obtuvo menor costo en comparación al resto. Dicho proyecto tuvo como objetivo principal el desarrollo del potencial turístico y la reducción del tiempo de viaje en dicho tramo, analizando la alternativa con mayor beneficio y usando los parámetros adecuados para tal diseño.

De acuerdo con la información que se recopiló en el proyecto se observa que la ruta LM-122 es clasificada como una trocha carrozable y pertenece a la red vial departamental de Lima. Tiene inicio en el centro poblado de Cochabambas, y cruza por los centros Poblados de San Joaquín, Huañec y Tanta, los cuales están ubicados en la provincia de Yauyos, región Lima. La ruta termina al empalmarse con la ruta LM-120. La vía recibe mantenimiento cada tres años; sin embargo, debido a la altura en la que se encuentra y las condiciones climáticas que presenta, es de difícil acceso para el transporte motorizado. Esto ocasiona que los habitantes de la zona opten por otras rutas que son más largas, pero más accesibles.

El diseño geométrico de las tres alternativas del trazo de la carretera se realizó siguiendo los criterios del Manual de Carreteras: diseño geométrico (DG-2014). Este manual, al igual que otros en Sudamérica y Europa, está basado en el manual de diseño geométrico de autopistas de la AASHTO Edición 2011, también conocido como el Green Book. Se utilizarán ciertos lineamientos presentes allí, que no están presentes en nuestra guía, para poder realizar ciertos cálculos con mayor precisión.

Para elaborar el diseño se utiliza el programa de computadora AutoCAD Civil 3D Versión 2016. Este programa permite la creación de un perfil topográfico en el cual se pueda dibujar el eje de la carretera, Además contiene dentro de su programación los criterios del Green Book el cual nos permite verificar los radios mínimos, las longitudes máximas y mínimas, distancia de visibilidad, etc. El programa también muestra el perfil longitudinal de vía, dando la oportunidad de realizar el diseño de las curvas verticales. Y cuenta con una herramienta para el cálculo del diagrama de masas de todo el tramo

diseñado. Debido a que no todos los criterios del Green book concuerdan con los del manual de diseño geométrico peruano, se corroboraran manualmente algunos parámetros. (pp. 12-15)

El marco teórico del presente trabajo está constituido por los manuales del MTC: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC (CBVT-2005 y 2008), y por el Manual de Carreteras DG-2018, los cuales contienen las variables estudiados para este trabajo. Dichas variables servirán como base teórica para el trabajo comparativo que se realizará en los siguientes capítulos.

2.3. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.3.1. Clasificación de carreteras

2.3.1.1. Manual de Diseño Geométrico DG – 2001 – MTC

Clasificación según su función

a) Red Vial Primaria (Sistema Nacional)

“Este tipo de vía vendría a ser la red principal ya que se conforma por carreteras que unen las principales ciudades del país, con puertos y fronteras de los países vecinos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

b) Red Vial Secundaria (Sistema Departamental)

“Esta red vial está circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zona de influencia económica.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

c) Red Vial Terciaria o Local (Sistema Vecinal)

“Este tipo de red vial está compuesta por caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones, comunidades aledañas y caminos rurales alimentadores, este tipo de vías por lo general no son pavimentadas.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

2.3.1.2. Manual de Diseño Geométrico DG – 2018 – MTC

El manual DG-2018 es la presente versión del Manual de Carreteras, este manual es un documento normativo de vigencia obligatoria en el Perú, el mismo que reúne los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el diseño de la infraestructura vial; todos los aspectos tratados en el manual son recomendaciones de carácter geométrico de acuerdo a estándares internacionales como la norma AASHTO. Según esta norma las clasifica de la siguiente manera:

Clasificación de acuerdo a la demanda

a) Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, las calzadas de este tipo de autopistas están divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, presenta control de ingresos y salidas que proporcionan flujos vehiculares continuos. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

b) Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, para este tipo de autopistas las calzadas están divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 12).

c) Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en

su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

d) Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

e) Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

f) Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 13).

Clasificación por condiciones orográficas:

a) Terreno plano (tipo 1)

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

b) Terreno ondulado (tipo 2)

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

c) Terreno accidentado (tipo 3)

“Según el MTC (2018), el terreno accidentado “tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales influyentes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

d) Terreno escarpado (tipo 4)

“Según el MTC (2018), el terreno escarpado “tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

2.3.2. Tipos de Vehículos

El Diseño Geométrico de Carreteras se va a efectuar de acuerdo a los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas de manera obligatoria en el Reglamento Nacional de Vehículos.

Las características de los vehículos tipo indicados, van a definir los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- a) El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y Sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- b) La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- c) La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Se hará la clasificación de vehículo de acuerdo a los tipos de vehículos que transitan en las autopistas y carreteras en el Perú, esto es empleado por el SNIP para el costo de operación vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 24)

Dichos tipos de vehículos se pueden apreciar a continuación (Figuras N° 1-8)

Vehículo de pasajeros

- a) Jeep (VL)



Figura N° 1: Vehículo Jeep (VL)

Fuente: <http://www.todoautos.com.pe/portal/component/tag/noticias-autos-bolivia>

b) Auto (VL)



Figura N° 2: Auto (VL)

Fuente: <https://www.autocosmos.com.pe/catalogo/2017>

c) Bus (B2, B3, B4 y BA)



Figura N° 3: Bus

Fuente: <https://www.infobuses.com.pe/es/transportes/perubus/>

d) Camión C2



Figura N° 4: Camión C2

Fuente: <https://www.incapower.com.pe/blog/incapower-distribuidor-camiones-yuejin-peru/>

Vehículo de carga

a) Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)



Figura N° 5: Vehículo Pick Up

Fuente: <http://www.infoauto.com.ar/institucional/detalle>

b) Camión C2



Figura N° 6: Camión C2

Fuente: <https://autorallyneiva.com/portfolio/b2-c2/>

c) Camión C3 y C2CR



Figura N° 7: Camión C3

Fuente: <https://neoauto.com/noticias/novedades-cat/lanzamientos-cat/fuso-presenta-camiones>

d) T3S2



Figura N° 8: Tráiler T3S2

Fuente: <http://www.satt.mx/noticias/nom-012-corresponsabilidad-de-empresas-en-transporte-de-carga>

2.3.2.1. Vehículos ligeros

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no necesariamente van a condicionar un proyecto, pero si se trata de carreteras rurales donde difícilmente circulen vehículos pesados, los vehículos ligeros van a influir en tomar decisiones respecto al ancho del carril de la carretera. Las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano por lo general son mayores a los de otros países, sus medidas correspondientes son:

- a) Ancho: 2.10 m.
- b) Largo: 5.80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- a) h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- b) h1: altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- c) h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m.
- d) h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- e) h5: altura del techo de un automóvil: 1.30 m

El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de

sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018. p. 25)

2.3.2.2. Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- a) h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- b) h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.
- c) h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- d) h6: altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobrecanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 25-26)

2.3.3. Criterios básicos para el Diseño Geométrico

La Sección Transversal según el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, “es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 16).

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y

límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

- a) La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
- b) La velocidad de diseño (V).
- c) La sección transversal definida.

2.3.3.1 Velocidad de Diseño

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, usado para determinar las características geométricas de una carretera nueva durante el proyecto.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo.

Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- a) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- b) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

No obstante lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector de la ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su Velocidad de Diseño con la de los tramos adyacentes

no deberá ser mayor de diez kilómetros por hora. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.96).

Velocidad de diseño del tramo homogéneo:

“La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la Tabla N°1” (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 96).

Tabla N° 1: Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera de acuerdo a la orografía y demanda

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 97)

No hay parámetros para trochas carrozables por lo que se realizara la investigación respectiva para proponer nuevos parámetros.

2.3.3.2. Distancia de Visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- a) Visibilidad de parada.
- b) Visibilidad de paso o adelantamiento.
- c) Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 103).

a) Distancia de Visibilidad de Parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. La distancia de parada para pavimentos húmedos, se calcula mediante (fórmula 1):

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a} \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

a : deceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

El primer término de la fórmula 1 representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (d_{tp}) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (d_f).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción estaría de 2 a 3 segundos, se recomienda tomar el tiempo de percepción – reacción de 2.5 segundos.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será \geq a la distancia de visibilidad de parada. Para vías con pendiente superior a 3%, tanto en ascenso como en descenso, se puede calcular con la siguiente (fórmula 2):

$$D_p = 0.278Vt_p + \frac{V^2}{254\left(\frac{a}{9.81} \pm i\right)} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

d : distancia de frenado en metros

V : velocidad de diseño en km/h

a : deceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Se considera obstáculo aquél de una altura \geq a 0.15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1.07 m sobre la rasante de circulación.

Si en una sección de la vía no es posible lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso excepcional que debe ser autorizado por la entidad competente.

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada \Rightarrow a 6% y para velocidades de diseño $>$ a 70 km/h. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 103-104).

La Tabla N°2 muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño.

Tabla N° 2: Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de percepción reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 104)

En la Tabla N°3 se muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y pendiente.

Tabla N° 3: Distancia de visibilidad de parada (metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 105)

2.3.4. Diseño Geométrico de la Sección Transversal

2.3.4.1. Generalidades

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

De acuerdo a la Norma de Diseño Geométrico DG-2018 nos dice lo siguiente de la sección transversal:

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

Constituyen secciones transversales singulares, las correspondientes a las intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, los puentes vehiculares, pasos peatonales a desnivel, túneles, estaciones de peaje, pesaje y ensanches de plataforma. En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 183).

2.3.4.2. Elementos de la Sección Transversal

“Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios, que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. Cuando el tránsito de bicicletas sea importante, deberá evaluarse la inclusión de carriles especiales para ciclistas (ciclovías), separados tanto del tránsito vehicular como de los peatones.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 183).

Las figuras N° 9-11 muestran los elementos de la sección transversal.

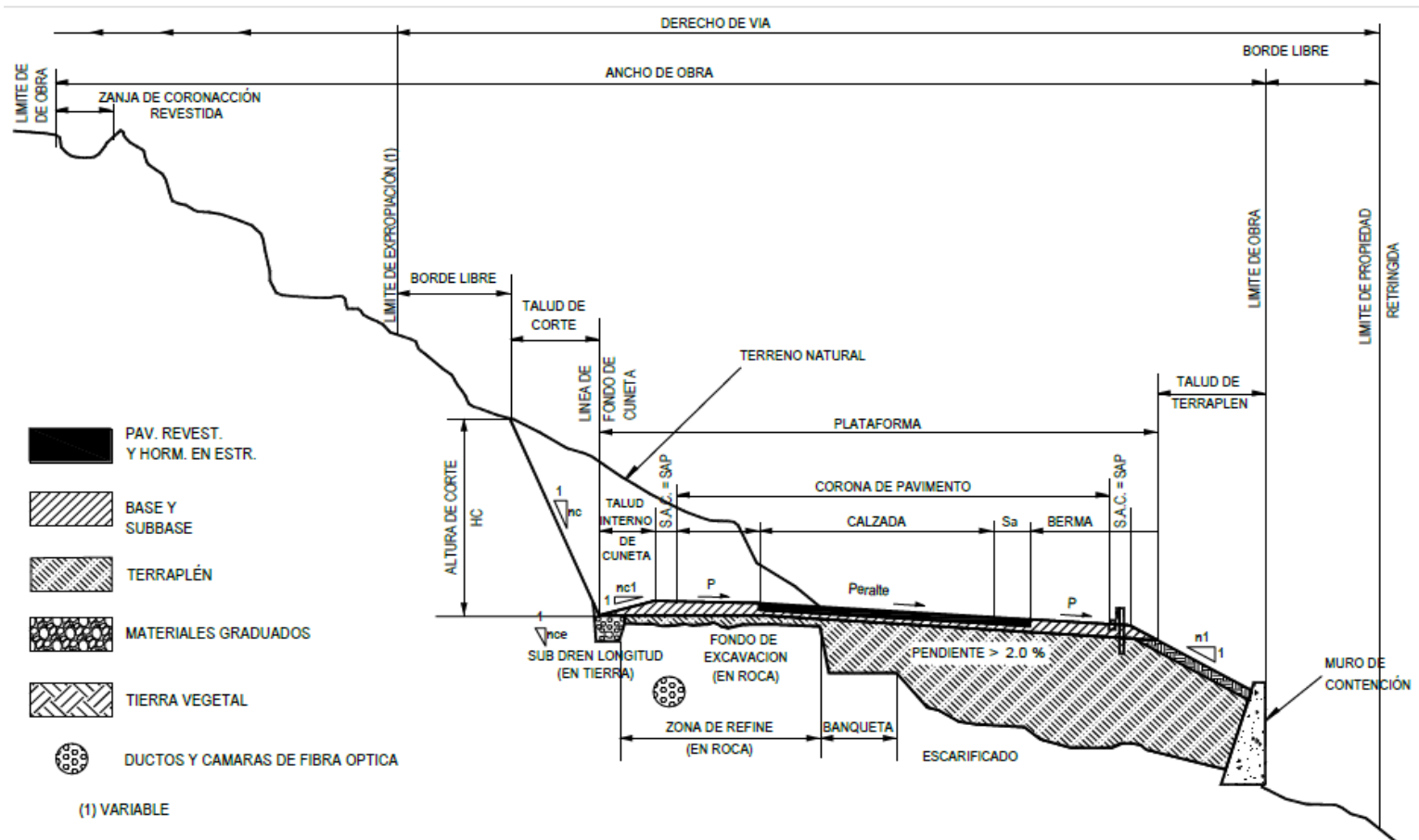


Figura N° 9: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva
Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 185)

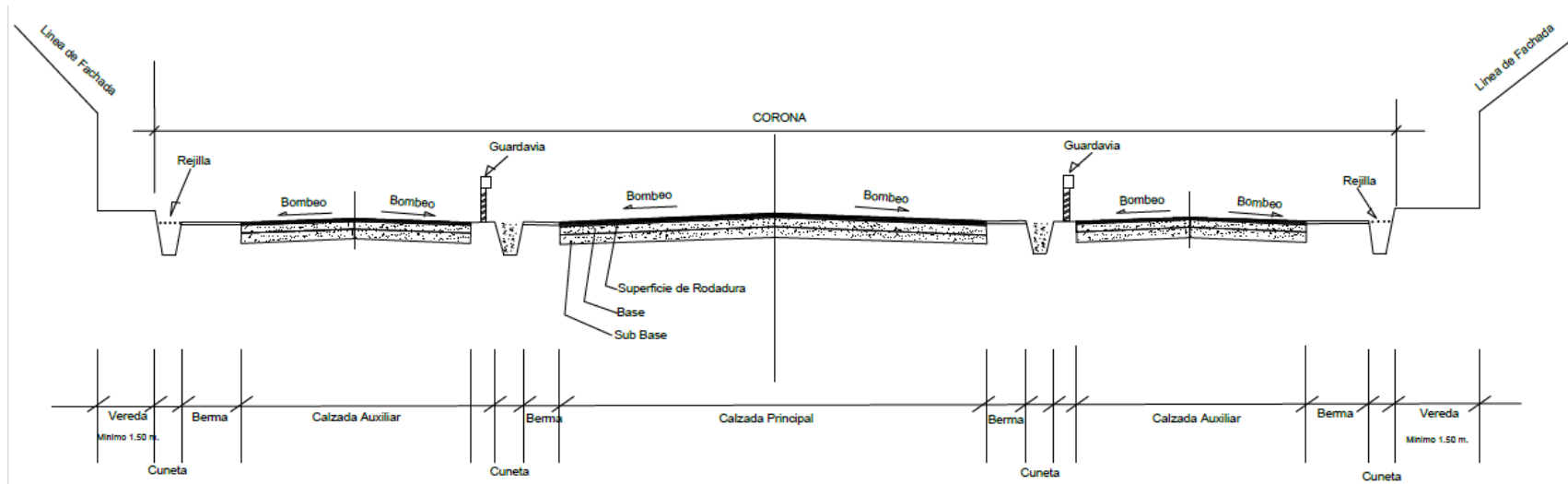


Figura N° 10: Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 186)

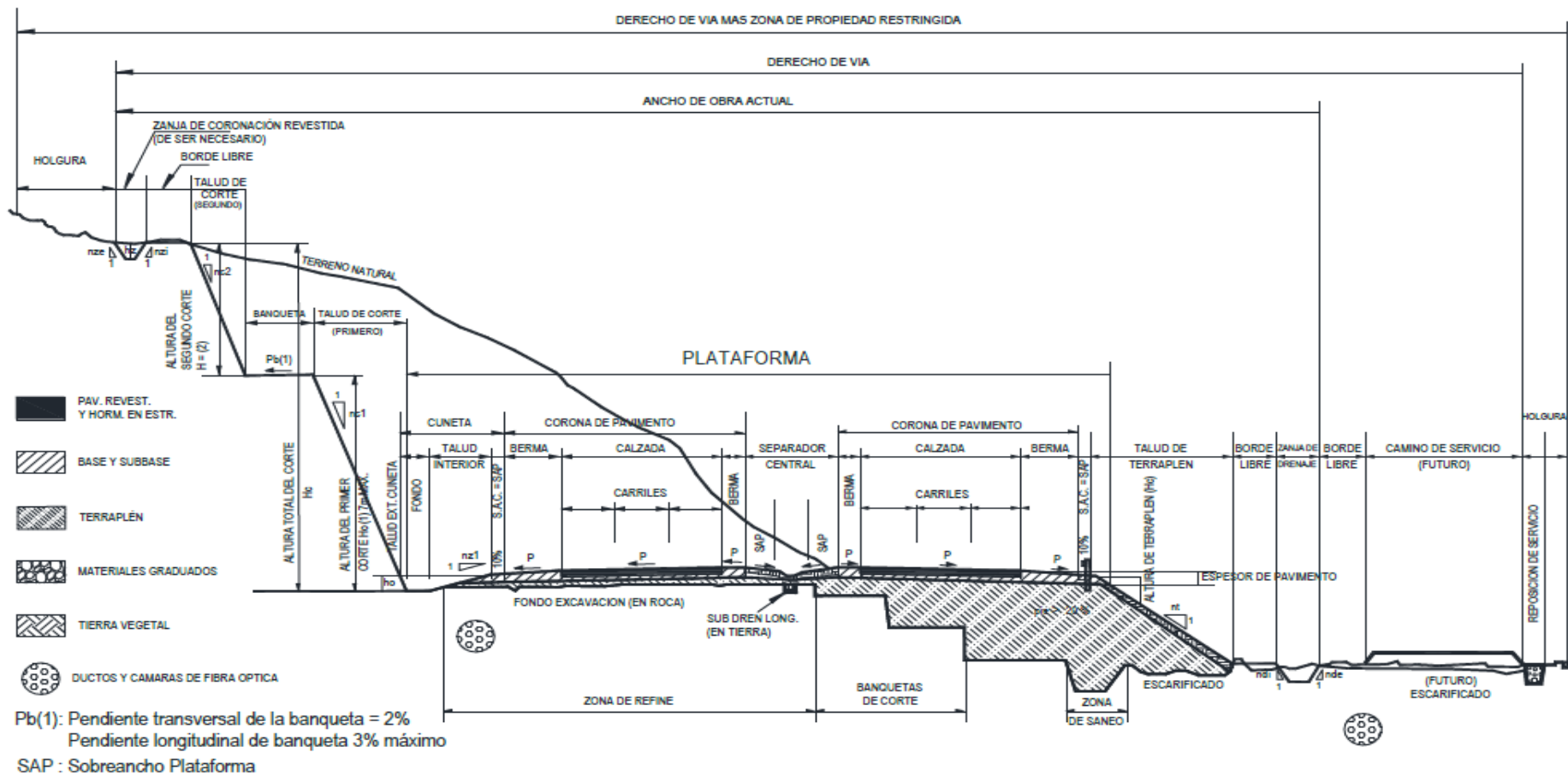


Figura N° 11: Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 187)

2.3.4.3. Calzada o superficie de rodadura

La calzada se distribuye en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito. La cantidad de carriles para cada calzada se obtendrá del cálculo y conteo del tráfico, así como del nivel de servicio querido. Según la DG-2018, los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m, teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos.

En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se obtendrá a base del nivel de servicio querido al concluir el período de diseño. Por tanto, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 190)

En la Tabla N°4, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla N° 4: Anchos mínimos de la calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60		
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 191)

“En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 192)

2.3.4.4. Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales.

Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 192).

Ancho de las Bermas

En la Tabla N° 5, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla N° 5: Anchos de Bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																	1.20	1.20	0.90	0.50
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1.20 m para Autopistas de Segunda Clase
- c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 193)

Inclinación de las Bermas

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la figura para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento.

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 m de ancho sin pavimentar.

A esta banda se le denomina Sobreancho de compactación y puede permitir la localización de señalización y defensas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 194)

En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

- a) En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- b) La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- c) La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7%. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 194).

La Figura N°12 nos muestra la pendiente transversal de bermas sin revestir y bermas revestidas.

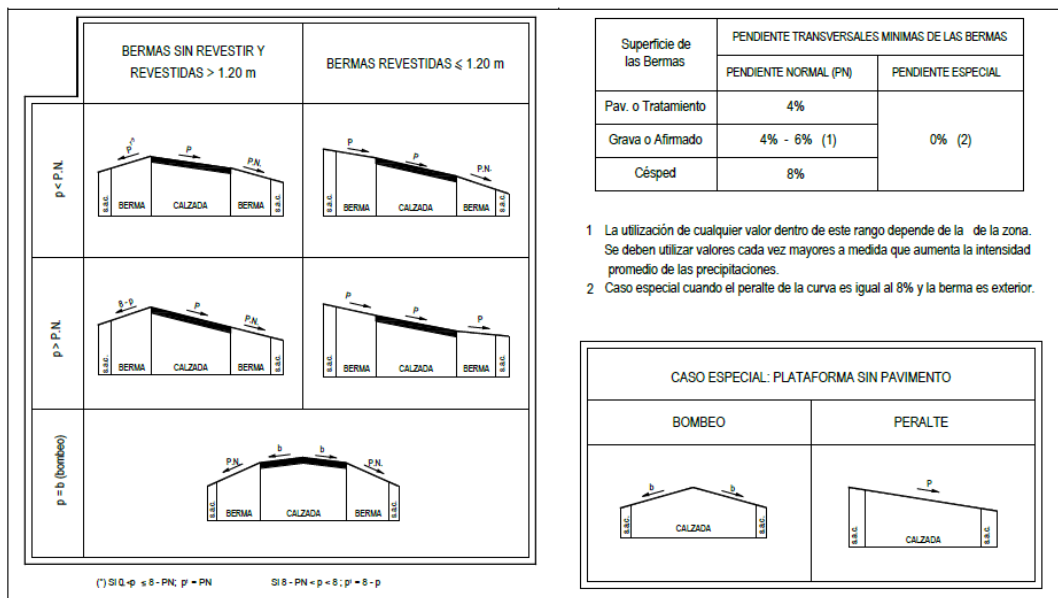


Figura N° 12: Pendiente transversal de bermas

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 195)

2.3.4.5. Bombeo

“En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 195).

La Tabla N° 6 especifica los valores de bombeo de acuerdo a la precipitación y tipo de superficie de la calzada.

Tabla N° 6: Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 195)

El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- a) La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- b) El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 195-196).

Los casos antes descritos se presentan en la Figura N° 13.

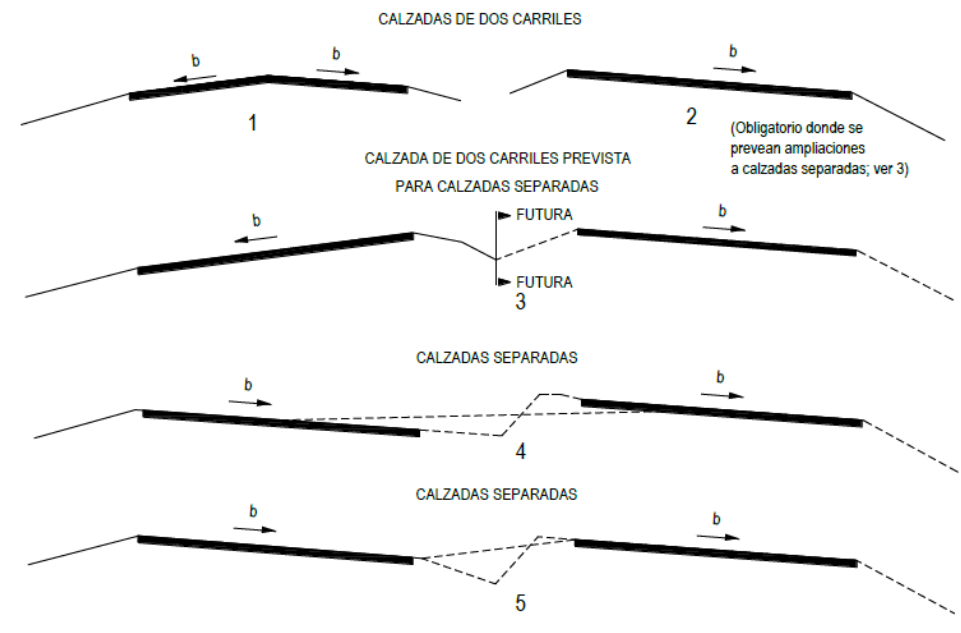


Figura N° 13: Casos de Bombeo

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

2.3.4.6. Peralte

“El peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, por lo que la fuerza centrífuga del vehículo va a ser contrarrestada debido a la pendiente transversal que tendrá.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 196)

a) Valores del peralte (máximos y mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

En la Tabla N° 8 se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla N° 8: Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente (fórmula 3):

$$p = \frac{v^2}{127R} - f \dots\dots\dots(3)$$

Dónde:

p : Peralte máximo asociado a V

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio mínimo absoluto (m)

f : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Usualmente, se utiliza radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 197).

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la Tabla N° 9.

Tabla N° 9: Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 197)

b) Transición del bombeo de peralte:

“En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 197)

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La Tabla N° 10 indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Tabla N° 10: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente*

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0.5 p	0.7 p	0.8 p

(*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 197)

c) Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

“Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la Tabla N° 11.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 198).

Tabla N° 11: Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 198)

2.3.4.7. Derecho de vía o faja de dominio

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado

con Decreto Supremo N° 034-2008-MTC y sus modificatorias, bajo los siguientes conceptos:

- a) Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- b) De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- c) Del registro del Derecho de Vía.
- d) De la propiedad del Derecho de Vía.
- e) De la propiedad restringida.
- f) De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

a) Ancho y aprobación del derecho de vía

Cada autoridad competente establecida en el artículo 4to del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece y aprueba mediante resolución del titular, el Derecho de Vía de las carreteras de su competencia en concordancia con las normas aprobadas por el MTC.

Para la determinación del Derecho de Vía, además de la sección transversal del proyecto, deberá tenerse en consideración la instalación de los dispositivos auxiliares y obras básicas requeridas para el funcionamiento de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 198).

La Tabla N° 12 indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Tabla N° 12: Anchos mínimos de Derecho de Vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 199)

En general, los anchos de la faja de dominio o Derecho de Vía, fijados por la autoridad competente se incrementarán en 5.00 m, en los siguientes casos:

Del borde superior de los taludes de corte más alejados.

Del pie de los terraplenes más altos.

Del borde más alejado de las obras de drenaje

Del borde exterior de los caminos de servicio.

Para los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas, la autoridad competente fijará el Derecho de Vía, en función al ancho requerido por la sección transversal del proyecto, debiendo efectuarse el saneamiento físico legal, para cumplir con los anchos mínimos fijados en la tabla; excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

b) Demarcación y señalización del Derecho de Vía

La faja de terreno que constituye el derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, será demarcada y señalizada por la autoridad competente, durante la etapa de ejecución de los proyectos de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras, delimitando y haciendo visible su fijación a cada lado de la vía con la finalidad de contribuir a su preservación, de acuerdo a lo establecido por la R.M. N° 404-2011-MTC/02, o la norma que se encuentre vigente.

En tal sentido este aspecto debe ser considerado en el estudio definitivo del Proyecto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

c) Faja de propiedad restringida

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, dónde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches.

El ancho de dicha faja de terreno será de 5.00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas. Este ancho podrá ser mayor en los casos que se requiera, el mismo que deberá tener la evaluación técnica correspondiente que lo justifique y sea aprobado por la autoridad competente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

2.3.4.8. Separadores

Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas. Aparte de su objetivo principal, independizar la circulación de las calzadas, el separador puede contribuir a disminuir cualquier tipo de interferencia como el deslumbramiento nocturno, o como zona de emergencia en caso de despiste.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

Se debe prever en el diseño que el separador tenga un apropiado sistema de drenaje superficial.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6.00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 199-200).

2.3.4.9. Gálibo

Según el Manual DG-2018:

En carreteras, se denomina Gálibo a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal. Dicha altura para el caso de túneles, se mide según lo indicado en la Figura. En puentes sobre cursos de agua se denomina Altura Libre, y es la que existe entre el nivel máximo de las aguas y la parte inferior de la superestructura de un puente. Dicho Gálibo para el caso de las carreteras será 5.50 m como mínimo. Para el caso de los puentes sobre cursos hídricos, la Altura Libre será determinada por el diseño particular de cada Proyecto, que no será menor a 2.50 m. Para los puentes sobre cursos navegables, se diseñará alturas libres acorde a las características y dimensiones de las naves que harán uso de la vía. Cuando una carretera pase debajo

de una estructura vial, su sección transversal debe permanecer inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa, deberán encontrarse fuera de las bermas y/o de las cunetas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 200).

En la Figura N°14 se muestran casos típicos de gálibos y luces libres laterales.

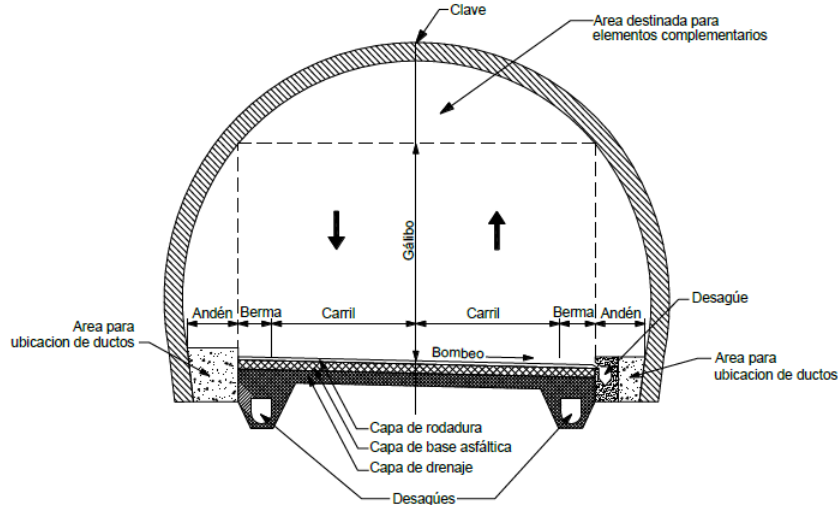


Figura N° 14: Sección típica del túnel

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 200)

2.3.4.10. Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 202).

La Figura N° 15 ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

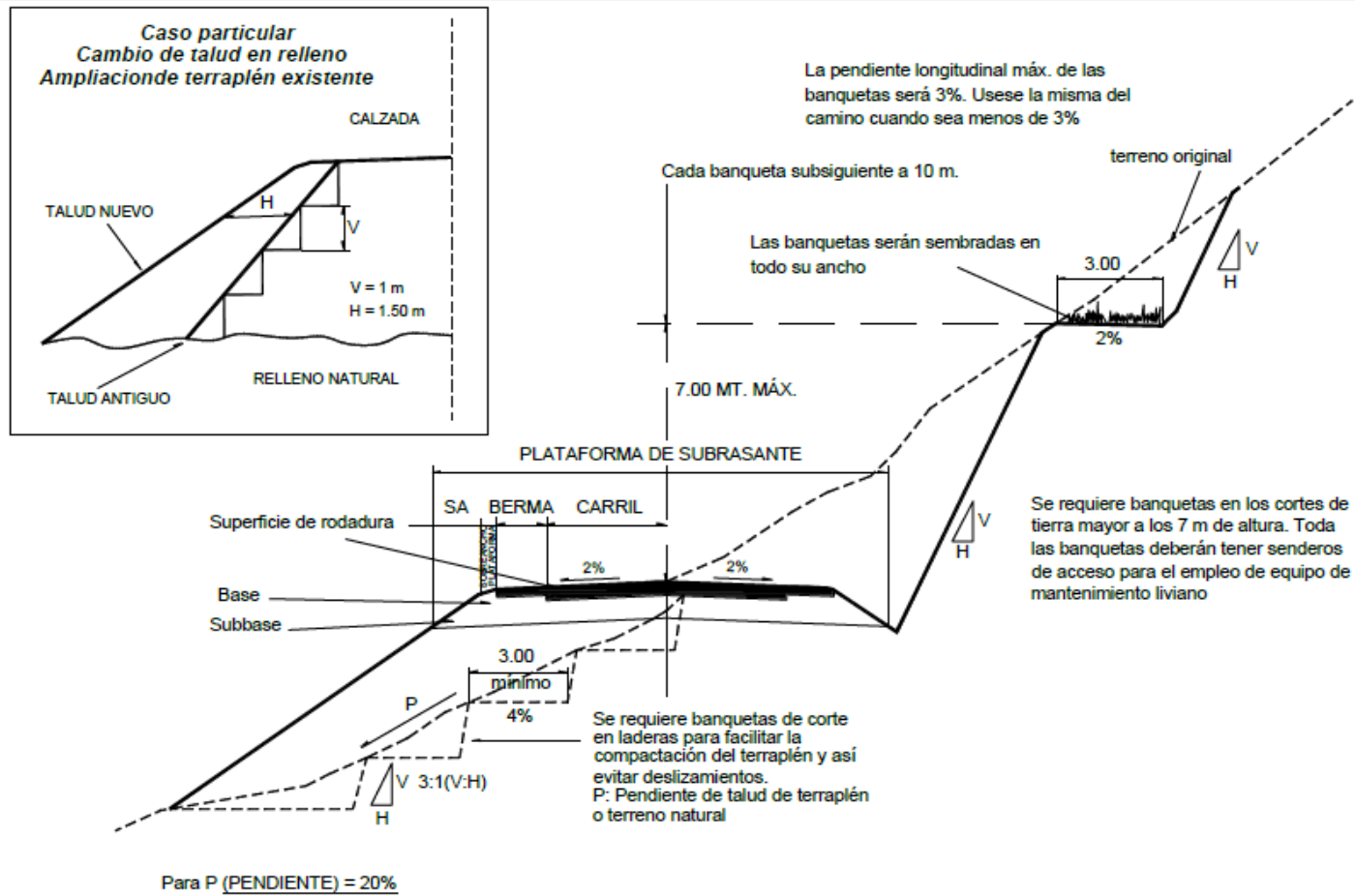


Figura N° 15: Sección transversal típica en tangente

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 203)

2.3.5. Superficie de Rodadura

2.3.5.1. Terreno Natural

“Los caminos de tierra “no son más que una explanación debidamente compactada, condición ésta absolutamente necesaria, pues, en caso contrario, su deformación es inmediata. La tierra debe quedar consolidada lo más perfectamente que sea posible, para evitar asentamientos durante la explanación del camino”. (Ferrer, José M., 1967, p. 7)

La compactación de estos caminos debe hacerse siempre en presencia de la humedad óptima de Próctor, con la que se consigue obtener la mayor densidad. Para su determinación necesaria llevar a cabo un análisis, los cuales, en medios rurales, no son fáciles de ejecutar. Esta humedad óptima no es una constante de cada suelo; depende de la intensidad del apisonado. Cuanto mayor es la fuerza de compactación, menor es el valor de la humedad óptima.

Para suelos arcillosos, la humedad óptima es del 20 al 30 por 100; para los suelos limo arcillosos, del 15 al 20 por 100, y para los arenos arcillosos, del 8 al 15 por 100. Los tantos por ciento indicados se refieren al peso en seco del terreno.

Una práctica que puede orientar sobre la cantidad correcta de humedad es la siguiente: Se humedece la tierra del camino y se hace una bola con la mano de tres a cuatro centímetros de diámetro, dejándola caer desde una altura aproximada de 1,5 metros. Cuando la muestra, así ensayada, tiene una humedad próxima a la óptima de Próctor, al chocar contra el suelo se deforma ligeramente sin resquebrajarse, deshacerse o aplastarse excesivamente. En los suelos arenosos, la humedad óptima es baja, creciendo la misma conforme aumente la cantidad de arcilla.

El perfil transversal del camino de tierra debe tener un bombeo o inclinación transversal del 4 al 6 por 100, sin que sea aconsejable sobrepasar este límite superior para evitar las erosiones superficiales debidas a las escorrentías del agua, ni tampoco del límite inferior, a fin de que el agua no sea retenida durante mucho tiempo sobre la superficie del camino. El camino debe tener un drenaje eficaz mediante la construcción de cunetas adecuadas.

Si en los caminos de tierra se forman baches con facilidad, se puede corregir este defecto añadiendo arena y mezclando íntimamente la arena con el suelo del camino,

lo cual puede lograrse mediante pases sucesivos de escarificadores agrícolas y gradas de discos, efectuando la compactación posteriormente.

Si los caminos son demasiado arenosos, conviene añadir algo de arcilla hasta lograr una estabilidad adecuada.

En cualquier caso no debe emplearse tierra vegetal en ninguno de los estratos de construcción de un camino. (Ferrer José M., 1967, pp. 7-8)

2.3.5.2. Afirmado

Las carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura corresponden en general a carreteras de bajo volumen de tránsito y un número de repeticiones de Ejes Equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años; estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo y finos ligantes.

b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c) Carreteras afirmadas 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 tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm. Pudiendo ser estos: Afirmados con gravas naturales o zarandeadas, ó Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d) Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:

d.1 Afirmados con superficie tratada para el control de polvo, con materiales como: cloruros, aditivos, productos asfálticos (imprimación reforzada o diferentes tipos de sello asfáltico), cemento, cal u otros estabilizadores químicos.

d.2 Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geosintéticos y otros aditivos que mejoren las propiedades del suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 137)

Secciones de Capa de Afirmado:

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE (fórmula 4):

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (\text{Nrep}/120) \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

En las Tablas N° 13-15 se presentan los espesores de afirmado propuestos considerando subrasantes con CBR > 6% hasta un CBR > 30% y tráfico con número de repeticiones de hasta 300,000 ejes equivalentes.

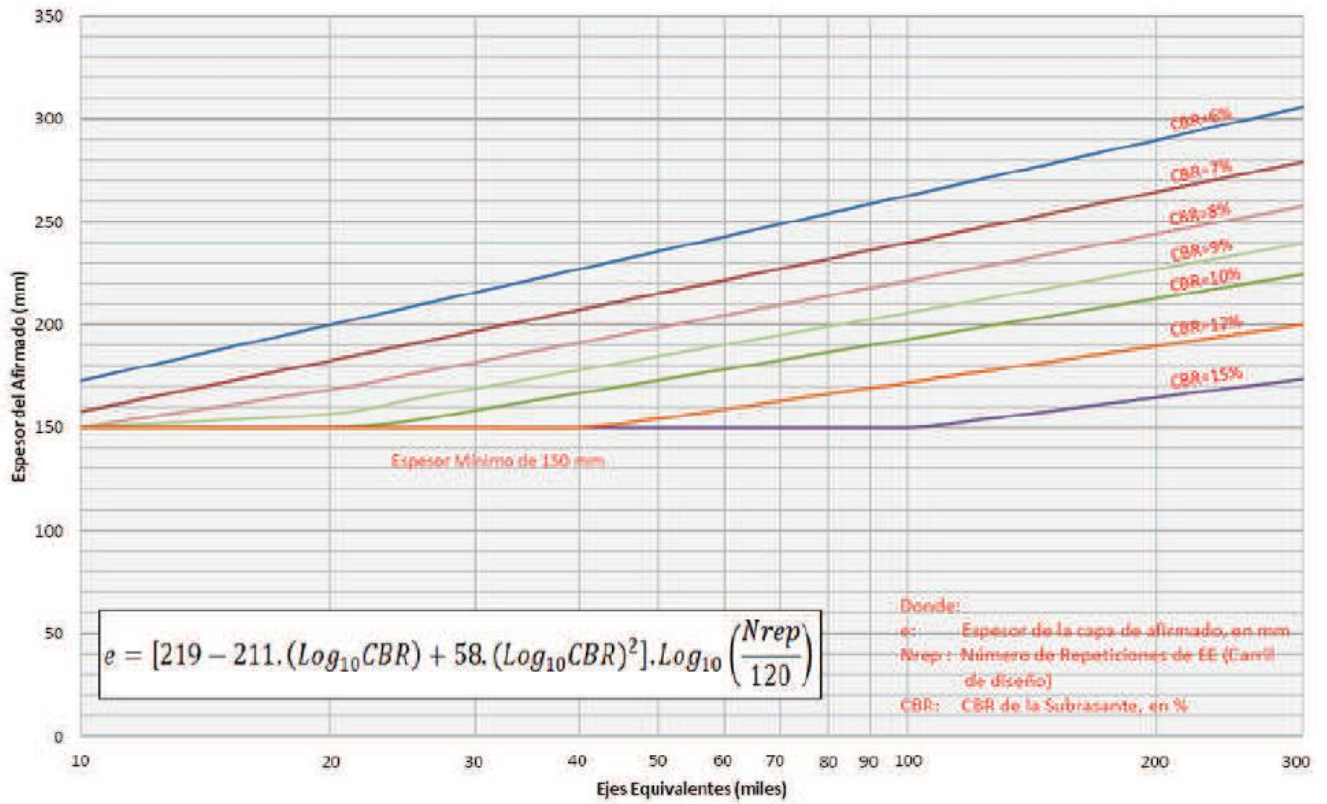
Es necesario precisar que los sectores que presenten subrasantes con CBR menor a 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), serán materia de un estudio específico de estabilización o reemplazo de Suelos de la Subrasante. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 137)

Tabla N° 13: Cuadro Resumen del Espesor de Material del Afirmado

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150



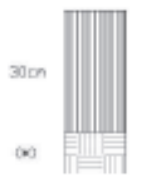
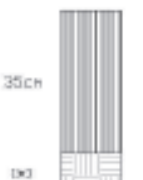


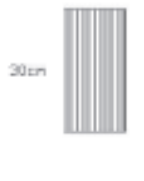
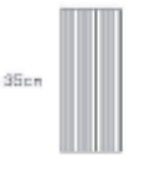
















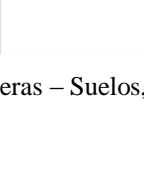
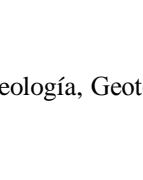
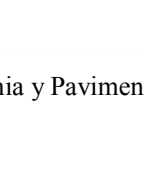
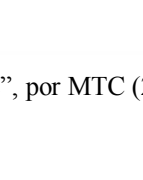
Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC (2013, p. 139)

Tabla N° 14: Espesor de capa de Revestimiento Granular



Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC (2013, p. 140)

Tabla N° 15: Catálogo de Capas de Afirmado (Revestimiento Granular)
 Periodo de Diseño 10 años

EE CBR %	Tnp1	Tnp2	Tnp3	Tnp4
	< 25,000	25,001-75,000	75,001-150,000	150,001-300,000
CBR < 6%				
6% < CBR < 10%				
				
10% < CBR < 20%				
				
20% < CBR < 30%				
CBR ≥ 30%				

Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC (2013, p. 141)

Materiales de afirmado

El material a usarse puede variar según la región donde se encuentre, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica necesaria en la carretera de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si por alguna razón no existe una adecuada combinación, el afirmado será pobre y no podrá cumplir con su resistencia necesaria para soportar las cargas de los vehículos.

El afirmado necesita de un porcentaje de piedras para que obtenga resistencia y pueda soportar cargas. Asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, necesariamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Las características que deberá de cumplir el material de afirmado será la que se describe en el presente Manual. No obstante, es importante indicar que todos los materiales para afirmados no son los mismos, en tal sentido, la calidad del material debe determinarse mediante ensayos.

Para la dosificación y mezcla del material para afirmado, se tendrá como referencia y punto de partida las gradaciones que se recomiendan en la Tabla N° 16 referidas a AASHTO M 147 y en la Tabla N° 17 referidas a Federal Highway Administration. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 142)

Tabla N° 16: Gradación del material de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm (2")				
37.5 mm (1½")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (¾")				
12.5 mm (½")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (N° 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (N° 8)				
2.0 mm (N° 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (N° 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (N° 200)	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%

Fuente: "Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", por MTC (2013, p. 143)

Tabla N° 17: Gradación del material de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	FHWA – FP 03	FHWA – SD LTAP
50 mm (2")		
37.5 mm (1½")		
25 mm (1")	100(1)	
19 mm (¾")	97 – 100(1)	100
12.5 mm (½")		
9.5 mm (3/8")		
4.75 mm (N° 4)	41 – 71 (7)	50 - 78
2.36 mm (N° 8)		37 - 67
2.0 mm (N° 10)		
4.25 um (N° 40)	12 – 28 (5)	13 - 35
75 um (N° 200)	9 -16 (4)	4 - 15
Índice de Plasticidad	8 (4)	4 - 12
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)] (*)	Min. 40%	Min. 40%
Nota: (1) = Procedimiento estadístico no aplica () = desviación admisible (±) del valor indicado		

Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC (2013, p. 144)

2.3.6. Costos y tiempos en carreteras

De la revisión de la 3ra edición del libro COSTOS Y TIEMPOS EN CARRETERA, escrito por el ing. Walter Ibáñez, podemos basarnos en la recopilación de información y experiencias obtenidas por el autor ya que siempre dedicó su tiempo al tema de caminos y carreteras. Nos enfocaremos principalmente en los costos directos, ya sea de construcción o de conservación, ya que los costos indirectos no tienen relación directa en la ejecución o mantenimiento de una carretera.

2.3.6.1. Costos Directos

“El costo directo viene a ser la suma de la mano de obra, equipos, herramientas y materiales indispensables para la ejecución de algún proceso, en este caso la producción de una carretera.” (Ibáñez, W., 2011, p.7)

El producto es una carretera en construcción, rehabilitación, mejoramiento, y mantenimiento en donde existen una infinidad de actividades que se ejecutan en base a las Especificaciones Técnicas, Planos y diversos estudios propios de este producto. Saber cuál es el costo directo de una carretera es sencillo si se tienen los metrados y los costos unitarios de cada una de las partidas. Los metrados varían de acuerdo a la magnitud de la obra y los costos unitarios se calculan mediante un análisis bien detallado. (Ibáñez, W., 2011, p. 7)

Los costos unitarios pueden representarse por la siguiente (fórmula 5):

$$C.U. = Mj + Ne + Oh + Pm \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

j, e, h, m: Son variables (costo de mano de obra, equipo, herramientas y materiales).
M, N, O, P: Son variables condicionadas (cantidades consumidas de mano de obra, equipo, herramientas y materiales).

Las variables condicionadas pueden convertirse en constantes para una obra específica o para un rango de obras promedio. Para este caso este tipo de variables van a estar dadas como constantes, las cuales han sido calculadas en base a la experiencia en los diferentes métodos constructivos, tipos de construcción y

tendencia estadística. Estas constantes le facilitarán para calcular un costo unitario lo más aproximado posible. (Ibáñez, W., 2011, p. 7)

a) Mano de Obra

El costo de la mano de obra está determinado por categorías (capataz, operario, oficial y peón).

Si bien es cierto que el Gobierno ha unificado el Jornal Básico para todos los departamentos del Perú, el costo de la mano de obra varía conforme a la dificultad o facilidad de la realización de la obra, el riesgo o la seguridad en el proceso constructivo, las condiciones climáticas, costumbres locales, etc.

El costo de la mano de obra es la sumatoria de los siguientes rubros que están sujetos a las disposiciones legales vigentes.

Categorías de los trabajadores de construcción civil

El D.S. de fecha 02.03.15 establece las categorías de los trabajadores de construcción civil, asimismo las labores que deben realizar cada uno de ellos.

Operario: Trabajadores calificados en una especialidad en el ramo. En esta misma categoría se consideran a los maquinistas que desempeñan las funciones de los operarios mezcladores, concreteros, wincheros etc.

Oficial o ayudante: Los trabajadores que desempeñan las mismas ocupaciones pero que laboran como ayudantes del operario que tenga a su cargo la responsabilidad de la tarea y que no hubieran alcanzado plena calificación en la especialidad. En la categoría de oficiales también están comprendidos los guardianes.

Peón: Los trabajadores no calificados que son ocupados indistintamente en diversas tareas de la industria de la construcción.

Capataz: En lo referente a los capataces no existe ningún dispositivo legal que establezca su categoría como tal. Pero puede clasificarse de la siguiente forma:

Capataz A: Se refiere al capataz general de la obra.

Capataz B: Los trabajadores que dirigen las cuadrillas óptimas en materias de concretos, encofrados, armaduras, pavimentos, excavaciones con utilización de explosivos y excavaciones especiales.

Capataz C: Los trabajadores que dirigen las cuadrillas óptimas de materia de movimientos de tierras y obras preliminares. (Ibáñez, W., 2011, pp. 7-9)

Tabla N° 18: Jornales Vigentes de Construcción Civil a nivel nacional para obras viales
(Vigente desde el 01.06.2018 al 31.05.2019)

OPERARIO					
Jornal Basico	67.20	*	6	días	403.20
Descanso Semanal Obligatorio	11.20	*	6	días	67.20
BUC 32 %	21.50	*	6	días	129.02
Bonificación Por Movilidad	7.20	*	6	días	43.20
Indemnización 15%	10.08	*	6	días	60.48
Vacaciones 10%	6.72	*	6	días	40.32
Gratificación F. Patrias	12.80	*	7	días	89.60
B. Extraordinaria Ley 29351	1.15	*	7	días	8.06
Total Bruto Salarios					841.09
Descuento SNP 13%					83.17
Descuento CONAFOVICER 2%					9.41
Pago Neto Semanal					748.51
OFICIAL					
Jornal	53.70	*	6	días	322.20
Descanso Semanal Obligatorio	8.95	*	6	días	53.70
BUC 30 %	16.11	*	6	días	96.66
Bonificación Por Movilidad	7.20	*	6	días	43.20
Indemnización 15%	8.06	*	6	días	48.33
Vacaciones 10%	5.37	*	6	días	32.22
Gratificación F. Patrias	10.23	*	7	días	71.60
B. Extraordinaria Ley 29351	0.92	*	7	días	6.44
Total Bruto Salarios					674.35
Descuento SNP 13%					65.62
Descuento CONAFOVICER 2%					7.52
Pago Neto Semanal					601.21

Fuente: Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú (FTCCP)

Tabla N° 19: Jornales Vigentes de Construcción Civil a nivel nacional para obras viales
(Vigente desde el 01.06.2018 al 31.05.2019)

PEON						
Jornal	48.10	*	6	días	288.60	
Descanso Semanal Obligatorio	8.02	*	6	días	48.10	
BUC 30 %	14.43	*	6	días	86.58	
Bonif. Por Movilidad	7.20	*	6	días	43.20	
Indemnización 15%	7.22	*	6	días	43.29	
Vacaciones 10%	4.81	*	6	días	28.86	
Gratificación F. Patrias	9.16	*	7	días	64.13	
B. Extraordinaria Ley 29351	0.82	*	7	días	5.77	
Total Bruto Salarios					608.54	
Descuento SNP 13%					58.78	
Descuento CONAFOVICER 2%					6.73	
Pago Neto Semanal					543.02	
Si tiene hijos estudiando y trabaja horas extras, sumara ademas lo siguiente						
Asignación Escolar por un hijo			Horas Extras			
Categoría	Diario	Men.	Simple	60%	100%	Indem. 15%
Operario	5.60	168.00	8.40	13.44	16.80	1.26
Oficial	4.48	134.25	6.71	10.74	13.43	1.01
Peón	4.01	120.25	6.01	9.62	12.03	0.90

Fuente: Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú (FTCCP)

b) Materiales:

En la ejecución de una carretera se integran materiales semi elaborados, elaborados, mano de obra, herramientas y equipos.

El costo de los materiales necesarios para la construcción de carreteras, son componentes básicos dentro de un análisis de costos unitarios. No deben incluir el impuesto general a las ventas (IGV), asimismo deberán ser determinados teniendo en cuenta los gastos que se requieren para ser colocados al pie de la obra, por tal razón el costo utilizado además de su costo exfábrica, debe ser incrementado con los siguientes rubros:

Costo de flete: El flete es el costo del transporte desde el lugar de fabricación o expendio hasta el almacén de la obra, el mismo que deberá ser ubicado en el centro de gravedad de la obra.

Costo del manipuleo: Manipular materiales es recoger y depositar, mover en un plano horizontal o vertical o ambos casos a la vez y por cualquier medio, materiales o productos de cualquier clase en estado bruto, semi acabado o completamente acabado.

Costo de almacenamiento: Almacenar es un servicio auxiliar en la construcción de las obras. Sus deberes son:

- 1) Recibir todos los materiales necesarios para la construcción vial.
- 2) Proporcionar materiales y suministros mediante solicitudes autorizadas por el ing. Residente.
- 3) Llevar los registros de almacén necesarios
- 4) Hacerse cargo de los materiales en el curso de la construcción.
- 5) Mantener el almacén limpio y en orden, teniendo un lugar para cada cosa y manteniendo cada cosa en su lugar.

Costo de mermas y desperdicios: Merma es la porción de un material que se consumen naturalmente. Desperdicios son pérdidas irrecuperables e inutilizables de los materiales, desechos. Se presentan en el proceso de transporte desde el centro abastecedor hasta el almacén de la obra, en el proceso constructivo, etc., en fin son costos que deben de considerarse dentro del costo de un material. En el presente libro se considera el 5% del costo del material en el centro abastecedor (para aquellas que lo requieran).

Costo de Viáticos: Es la subvención por concepto de gastos de viaje, que se le abona al personal de seguridad que salvaguarda el transporte de Explosivos (dinamita, fulminante, guía, etc.) a la obra. Para fines de cálculo se considera el 30% del precio del material en el centro abastecedor. (Ibáñez, W., 2011, pp. 9-10)

c) Equipos:

Este es un elemento muy importante y tiene una gran incidencia en el costo de las carreteras, sobre todo en las actividades de movimiento de tierras y pavimentos.

Para calcular el costo del alquiler horario de los equipos hay que tener presente dos elementos fundamentales:

Costo de posesión: Donde incluye depreciaciones, intereses, capital, obligaciones tributarias, seguros, etc.

Costo de operación: Donde incluye combustibles, lubricantes, filtros, neumáticos, mantenimiento, operador y elementos de desgaste. (Ibáñez, W., 2011, p. 10).

d) Herramientas:

Se refiere a cualquier utensilio pequeño que va a servir al personal en la ejecución de trabajos simples y/o complementarios a los que se hace mediante la utilización del equipo pesado. En la construcción de carreteras se utilizan herramientas tales como: Cizalla para fierro de construcción, cortadoras, lijadoras, eléctricos de disco, motosierras, pulidoras, taladros (manuales y eléctricos), galopas, sepillos, tornos esmeriles, palas, picos, carretillas, etc.

Dado que el rubro herramientas en un Análisis de costos unitarios es difícil determinarlo, además de que incide muy poco, en el presente documento se está considerando un porcentaje promedio del 3% de la mano de obra, cuyo porcentaje ha sido calculado en base a criterios técnicos y a la experiencia en ejecución de carreteras. (Ibáñez, W., 2011, p. 10).

e) Análisis de costos unitarios:

Existen rubros en los presupuestos, que por ser netamente diferenciados y de considerable incidencia en el monto de ejecución de obra deberán ser consideradas debidamente separados.

Las partidas Genéricas que intervienen en los trabajos de construcción, mejoramiento y/o rehabilitación de una carretera son: (Ibáñez, W., 2011, p. 11).

- ✓ Obras Preliminares
- ✓ Explanaciones
- ✓ Pavimento
- ✓ Obras de Arte y Drenaje
- ✓ Señalización
- ✓ Varios

a) Obras preliminares:

Movilización y desmovilización

Consiste en el traslado al lugar donde se va a ejecutar la obra, del equipo, materiales y todo lo necesario para instalar y empezar la construcción. El mismo que debe realizarse en camiones de cama y baja y otros por sus propios medios.

El análisis del costo unitario se prepara en base a la “RELACIÓN DE EQUIPO MÍNIMO” propuesto por la entidad contratante.

Limpieza y Deforestación

Esta partida consiste en limpiar el área designada para el proyecto, de todos los árboles, obstáculos ocultos, arbustos y otra vegetación, basura y todo material inconveniente e inclusive desenraigamiento de muñones, raíces entrelazadas y retiro de todos los materiales inservibles que resulten de la limpieza y deforestación.

Unidad: Ha

Eliminación de Material Orgánico

Esta partida consiste en la excavación y corte del material inapropiado para recibir los rellenos terraplenes; de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos.

Unidad: m3 (Ibáñez, W., 2011, pp. 11-12).

b) Explanaciones:

Excavación No Clasificada para Explanaciones:

Esta partida consiste en la excavación y explanación de la carretera, incluyendo la formación, compactación y consolidación de terraplenes. Toda excavación realizada bajo este ítem se considera EXCAVACION NO CLASIFICADA sin tomar en cuenta la naturaleza del material excavado.

El costo Unitario de esta partida es el ponderado de los costos unitarios de todas las subpartidas que lo conforman, como lo muestra la Tabla N° 20. Unidad: m3. (Ibáñez, W., 2011, p. 42).

Tabla N° 20: Análisis de Costo de Excavación No Clasificada

Sub-partidas	Unidad	Metrado	Costo Unitario	Metrado x C.U.
A. Corte Mat. Suelto	m3	A	x	Ax
B. Corte Roca Suelta	m3	B	y	By
C. Corte Roca Fija	m3	C	z	Cz
		A+B+C		
D. Conformación de Terraplenes	m3	D	m	Dm
E. Perfilado y Compactación de la subrasante en zonas de corte	m2	E	n	En
Total				Ax+By+Cz+Dm+En

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p. 43)

Corte de Material Suelto

“Esta sub-partida consiste en la excavación y eliminación de materiales suaves con el uso de un equipo pesado. Se considera como materiales sueltos, las arenas, gravas, algunas arcillas, cenizas volcánicas, tierras de cultivo y material calcáreo disgregado. También incluye peinados de taludes. Tabla N° 21. Unidad: m3.” (Ibáñez, W., 2011, p. 43).

Tabla N° 21: Análisis de Costo Unitario de Corte de Material Suelo

Descripción	Unidad	Cantidad					
		Costa	Sierra			Selva	
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm		
	R=	810	690	570	460	530	
Mano de obra							
0.2	Capataz B	hh	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
0.2	Controlador (Of)	hh	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
2.0	Peón	hh	0.020	0.023	0.028	0.035	0.030
Equipo							
1.0	Tractor D7-G	hm	0.010	0.012	0.014	0.017	0.015
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.44)

Corte Roca Suelta

“Esta subpartida consiste en la excavación y eliminación de bolones de roca que están cohesionados por arcillas, para esto es necesario la utilización de explosivos (en un porcentaje que debe ser determinado por el estudio de suelos) y de equipo pesado. Tabla N° 22-23. Unidad: m3”. (Ibáñez, W., 2011, p. 44).

a) Perforación y disparo (m3)

Tabla N° 22: Análisis de Costo Unitario de Perforación y disparo

Descripción	Unidad	Cantidad				
		Costa	Sierra			Selva
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
R=	250	250	250	250	250	
Materiales						
Considerar que el 50% requiere de explosivos						
Dinamita						
0.2 Kg/m3 x 0.5	Kg	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Fulminante						
1 Und/m3 x 0.5	Und	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Mecha						
1 MI/m3 x 0.5	MI	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Barreno 5' x 1/8"						
5M/M3 x 0.5/600M/Und	Und	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Mano de obra						
0.5	Capataz B	hh	0.016	0.016	0.016	0.016
0.5	Controlador (Of)	hh	0.016	0.016	0.016	0.016
2.0	Perforistas (Of)	hh	0.064	0.064	0.064	0.064
2.0	Peón	hh	0.064	0.064	0.064	0.064
Equipo						
1.0	Compres. 250-330	hm	0.032	0.032	0.032	-
1.0	Compres. 335-375	hm	-	-	-	0.032
2.0	Martillo Neumatico 25-29 Kg	hm	0.064	0.064	0.064	0.064
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: "Costos y Tiempos en Carreteras", por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.45)

b) Excavación, desquinche y peinado de taludes (m3)

Tabla N° 23: Análisis de Costo Unitario de Excavación, desquinche y peinado de taludes

Descripción		Unidad	Cantidad				
			Costa	Sierra			Selva
				Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
R=			550	530	440	370	450
Mano de obra							
0.2	Capataz B	hh	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
4.0	Peón	hh	0.058	0.060	0.073	0.086	0.071
Equipo							
1.0	Tractor D7-G	hm	0.015	0.015	0.018	0.022	0.018
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.46)

Corte Roca Fija

“Esta subpartida consiste en la perforación, disparo y trituración de roca compacta mediante la utilización de explosivos. Asimismo el desquinche y peinado de taludes con el uso de equipo pesado, así como lo muestra la Tabla N° 24-25. Unidad: m3” (Ibáñez, W., 2011, p. 46).

a) Perforación y disparo (m3)

Tabla N° 24: Análisis de Costo Unitario de Perforación y disparo

Descripción	Unidad	Cantidad					
		Costa	Sierra			Selva	
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm		
	R=	320	320	260	260	320	
Materiales							
Considerar que el 50% requiere de explosivos							
Dinamita	Kg	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	
Fulminante	Und	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Mecha	MI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Barreno 5' x 1/8" 5M/M3 x 0.5/300M/Und	Und	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	
Mano de obra							
0.5	Capataz B	hh	0.013	0.013	0.015	0.015	0.013
1.0	Controlador (Of)	hh	0.025	0.025	0.031	0.031	0.025
4.0	Perforistas (Of)	hh	0.100	0.100	0.123	0.123	0.100
2.0	Peón	hh	0.050	0.050	0.062	0.062	0.050
Equipo							
1.0	Compres. 600-690	hm	0.025	0.025	0.031	0.031	0.025
4.0	Martillo Neumatico 25-29k	hm	0.100	0.100	0.123	0.123	0.100
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: "Costos y Tiempos en Carreteras", por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.47)

b) Excavación, desquinche y peinado de taludes (m3)

Tabla N° 25: Análisis de Costo Unitario de Excavación, desquinche y peinado de taludes

Descripción	Unidad	Cantidad					
		Costa	Sierra			Selva	
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm		
	R=	450	420	350	300	360	
Mano de obra							
0.2	Capataz B	hh	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004
6.0	Peón	hh	0.107	0.114	0.137	0.160	0.133
Equipo							
1.0	Tractor D7-G	hm	0.018	0.019	0.023	0.027	0.022
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: "Costos y Tiempos en Carreteras", por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.48)

c) Conformación de Terraplenes

Consiste en la colocación de materiales de corte o préstamos para formar los terraplenes o rellenos de acuerdo a las especificaciones y su compactación de capas, de conformidad de los alineamientos pendientes, perfilados transversales indicados en los planos.

El material a utilizarse deberá ser de un tipo adecuado, no deberá contener escombros, tocones ni resto de vegetal alguno, estar exento de materia orgánica y bien seca.

El área donde se va a construir el terraplén o relleno deberá estar completamente limpio de toda materia orgánica, será escarificada o removida para facilitar adherencia del material del relleno con la superficie del terreno.

El material se compactará en capas de 30 cms. Aproximadamente de espesor, como se muestra en la Tabla N° 26. Unidad: m3. (Ibáñez, W., 2011, p. 50).

Tabla N° 26: Análisis de Costo Unitario de Conformación de terraplén

Descripción	Unidad	Cantidad				
		Costa	Sierra			Selva
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
	R=	1050	1030	940	790	920
Materiales						
Agua (inc. Riego) considerando 100 lts/m3	m3	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Mano de obra						
1.0 Capataz B	hh	0.008	0.008	0.009	0.010	0.009
6.0 Peón	hh	0.046	0.047	0.051	0.061	0.052
Equipo						
1.0 Motoniv. 125 hp	hm	0.008	0.008	0.009	0.010	0.009
1.0 Rodillo Pata Cabra autop. 8-10 Tn	hm	-	-	-	-	0.009
1.0 Rodillo liso vibr. autop. 7-9 Tn	hm	0.008	0.008	0.009	0.010	0.009
5.0 Tractor D6-D	hm	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004
Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.51)

d) Perfilado y compactación de la sub-rasante en zonas de corte

“Consiste en darle el acabado y compactación necesaria a la sub-rasante después de que haya ejecutado los cortes correspondiente de conformidad con las especificaciones, los alineamientos, rasantes y secciones mostradas en los planos, como se muestra en la Tabla N° 27” (Ibáñez, W., 2011, p. 51).

Tabla N° 27: Análisis de Costo Unitario de Perfilado y Compactación de la Sub-rasante

Descripción	Unidad	Cantidad				
		Costa	Sierra			Selva
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
	R=	3220	3150	2860	2420	2820
Materiales						
Agua (inc. Riego) considerando 100 lts/m3	m3	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
Mano de obra						
1.0 Capataz B	hh	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
4.0 Peón	hh	0.010	0.010	0.011	0.013	0.011
Equipo						
1.0 Motoniv. 125 hp	hm	0.008	0.008	0.009	0.010	0.009
1.0 Rodillo Pata Cabra autop. 8-10 Tn	hm	-	-	-	-	0.009
1.0 Rodillo liso vibr. autop. 7-9 Tn	hm	0.008	0.008	0.009	0.010	0.009
Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.52)

Partidas de mantenimiento vial

En Calzada:

a) Bacheo

“Corrección de áreas pequeñas de superficie inestable agregando material apropiado, el cual será debidamente nivelado, para proveer una superficie de rodadura uniforme y mantener un bombeo adecuado. Análisis de costos mostrado en la Tabla N° 28. Unidad: m3.” (Ibáñez, W., 2011, p. 162).

Tabla N° 28: Análisis de Costo Unitario del Bacheo

Descripción		Unidad	Cantidad				
			Costa	Sierra			Selva
				Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
R=		24	20	18	16	18	
Materiales							
Mat. Apropriado sin transporte		gal.	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Mano de obra							
1.0	Capataz A	hh	0.333	0.400	0.444	0.500	0.444
6.0	Peones	hh	2.000	2.400	2.667	3.000	2.667
Equipo							
1.0	Volquete 8 m3	hm	0.333	0.400	0.444	0.500	0.444
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.163)

b) Desencalaminado:

“Alisar y confirmar superficies: afirmadas lastrados y tierra sin añadir material adicional, para mantener la superficie en condiciones adecuadas; mediante el rebaje de las elevaciones formadas en sentido transversal al eje de la carretera y la conformación del bombeo. Análisis de costos mostrado en la Tabla N° 29. Unidad: km.” (Ibáñez, W., 2011, p. 163).

Tabla N° 29: Análisis de Costo Unitario de Desencalaminado

Descripción		Unidad	Cantidad				
			Costa	Sierra			Selva
				Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
R=		6	6	6	6	6	
Materiales							
Agua 100 lts/m3		gal.	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
Mano de obra							
1.0	Peón	hh	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333
Equipo							
1.0	Motoniveladora 125 HP	hm	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.164)

c) Limpieza General:

Eliminación de piedras, material suelto y cualquier otro obstáculo colocado sobre la carretera, a fin de mantener libre su superficie para el normal tránsito vehicular. Análisis de costos mostrado en la Tabla N° 30” (Ibáñez, W., 2011, p. 163).

Tabla N° 30: Análisis de Costo Unitario de Limpieza General

Descripción		Unidad	Cantidad				
			Costa	Sierra			Selva
				Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
R=		35	35	35	35	35	
Materiales							
Según sea necesario							
Mano de obra							
1.0	Capataz A	hh	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229
6.0	Peones	hh	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914
Equipo							
1.0	Tractor D6D	hm	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.164)

d) Riego:

“Aplicación uniforme de agua sobre superficies no pavimentadas para mantenerlas en buen estado, no permitiendo el levantamiento de polvo por efecto de tránsito vehicular. Para este caso vamos a considerar una distancia media $d = 5\text{Kms}$. Rendimiento = 67 m³/día. Unidad: m³. Análisis de costos mostrado en la Tabla N° 31” (Ibáñez, W., 2011, p. 164).

Tabla N° 31: Análisis de Costo Unitario de Riego

Descripción	Unidad	Cantidad					
		Costa	Sierra			Selva	
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm		
	R=	67	67	67	67	67	
Mano de obra							
6.0	Peones	hh	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
Equipo							
1.0	Cisterna 2000 galones	hm	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
1.0	Motobomba	hm	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.165)

En Bermas:

a) Bacheo de bermas:

“Reparar áreas pequeñas de bermas, reponiendo y nivelado el material perdido con material adecuado; a fin de mantener una berma alisada que permita el drenaje del agua sobre ella y constituya una superficie segura de emergencia para el tránsito. Análisis de costos mostrado en la Tabla N° 32” (Ibáñez, W., 2011, p. 166).

Tabla N° 32: Análisis de Costo Unitario de Bacheo de Bermas

Descripción	Unidad	Cantidad					
		Costa	Sierra			Selva	
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm		
	R=	24	20	18	16	18	
Materiales							
	Mat. Apropriado sin transporte	m3	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Mano de obra							
1.0	Capataz A	hh	0.333	0.400	0.444	0.500	0.444
6.0	Peones	hh	2.000	2.400	2.667	3.000	2.667
Equipo							
1.0	Volquete 8 m3	hm	0.333	0.400	0.444	0.500	0.444
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.167)

b) Perfilado de bermas:

“Alisar y conformar bermas sin añadir nuevo material, para hacerlas coincidir con el borde del pavimento, mantener lisas las bermas y proveerles una pendiente lateral adecuado para el drenaje. Unidad: m3. Análisis de costos mostrado en la Tabla N° 33” (Ibáñez, W., 2011, p. 166).

Tabla N° 33: Análisis de Costo Unitario de Perfilado de Bermas

Descripción	Unidad	Cantidad				
		Costa	Sierra			Selva
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
	R=	120	120	120	120	120
Materiales						
Mano de obra						
1.0	Peones	hh	0.067	0.067	0.067	0.067
Equipo						
1.0	Motoniveladora 125 HP	hm	0.067	0.067	0.067	0.067
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.167)

Drenaje:

a) Limpieza de cunetas

“Eliminación del material que haya caído en las cunetas, para mantener un buen drenaje. Unidad: ml. Análisis de costos mostrado en la Tabla N° 34” (Ibáñez, W., 2011, p. 168).

Tabla N° 34: Análisis de Costo Unitario de Limpieza de Cunetas

Descripción	Unidad	Cantidad				
		Costa	Sierra			Selva
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm	
	R=	500	440	380	320	380
Materiales						
Mano de obra						
1.0	Capataz A	hh	0.333	0.400	0.444	0.444
6.0	Peones	hh	2.000	2.400	2.667	2.667
Equipo						
1.0	Volquete 8 m3	hm	0.333	0.400	0.444	0.444
	Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030

Fuente: “Costos y Tiempos en Carreteras”, por Ing. Walter Ibáñez (2011, p.169)

2.4. Definición de Términos Básicos

- a) Carretera: “Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del MTC.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 10).
- b) Derecho de Vía: “Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera y todos los elementos que la conforman, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).
- c) Estudio de impacto vial: “Es aquel dirigido a identificar los cambios que se generan en el tránsito vehicular y peatonal existente, como consecuencia de la implementación de un proyecto o instalación dentro o fuera del Derecho de Vía de la carretera, y establecer la solución para mitigar los impactos que puedan producirse por su funcionamiento.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).
- d) ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA): “Es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).
- e) Plataforma logística: “Área dentro de la cual, se realizan diversas actividades relacionadas al transporte intermodal y su gestión, que incluye entre otras, transferencia de carga, logística y distribución, y está provista de los servicios públicos y privados necesarios para su funcionamiento.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).
- f) Sección Transversal: “Representación de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas, que nómina y dimensiona los elementos que conforman la misma, dentro del Derecho de Vía.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).

g) Sección Transversal General: “Está conformada por los elementos de la carretera, tales como: calzada o superficie de rodadura (constituída por carriles), bermas, taludes, sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, zanja de coronación, badenes y otros) y obras complementarias (muros, ductos y cámaras para fibra óptica, elementos del sistema de señalización, seguridad vial e infraestructura para dispositivos de control de tránsito inteligente y otros).” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).

f) Sección Transversal Especial: “Corresponde a los tramos de carretera que requieren soluciones de carácter integral a situaciones extraordinarias, tales como: zonas de concentración de personas, comercio, tránsito de vehículos de transporte local, interconexión con el sistema vial local, puentes, túneles y otros.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).

h) Tramos homogéneos: “Son aquellos que el diseñador identifica a lo largo de una carretera, a los que por las condiciones orográficas, se les asigna una misma velocidad de diseño. Por lo general, una carretera tiene varios tramos homogéneos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).

i) Trocha carrozable: “Vía transitable que no alcanza las características geométricas de una carretera.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).

j) Velocidad de diseño de tramo homogéneo: “Es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos para un tramo homogéneo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).

k) Velocidad de Operación: “Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Los parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 sirven para optimizar los costos en los caminos rurales del Perú.

3.1.2. Hipótesis específicos

- a) Los nuevos parámetros de sección transversal en trochas carrozables permitirá optimizar los costos de construcción en dichas carreteras.
- b) El tipo de superficie de rodadura adecuado de las trochas carrozables permitirá optimizar costos de conservación en dichas carreteras.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de variables

Variable Independiente: Parámetros de Diseño Geométrico para Trochas Carrozables

El manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, establece requisitos mínimos para su diseño para autopistas y carreteras hasta de 3ra clase, mas no para trochas carrozables, por lo que se hará la investigación respectiva para establecer parámetros mínimos de la sección transversal con el fin de asegurar seguridad con optimización de costos.

Variable Dependiente: Costos de construcción y mantenimiento

Se define como todo tipo de metodología aplicada en el que su principal función es tener una correcta optimización de costos de construcción para la sección transversal y costos de mantenimiento para la superficie de rodadura, sin reducir la calidad o el confort del camino rural.

3.2.2. Operacionalización de las variables

Dentro de las variables de investigación, la variable independiente son los parámetros de diseño geométrico de una carretera con IMDA < 200 Veh/día, debido a que con las dimensiones mínimas y correctas según un análisis previo de investigación se podrá optimizar los costos. Mientras que la variable dependiente son los Costos de construcción y mantenimiento, donde con sus respectivas partidas y análisis de costos unitarios se podrá analizar un presupuesto según el ancho de plataforma de la carretera. De manera más detallada lo encontramos en el Anexo 2.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y Nivel

4.1.1. Tipo de Investigación

El enfoque de la investigación fue de tipo cualitativo debido a que se recolectó datos de tipo descriptivo, por lo que se realizó una investigación histórica de los criterios de diseño geométrico de carreteras de bajo volumen de tránsito en normas nacionales e internacionales, y además de observaciones de diferentes expedientes técnicos con el fin de proponer los parámetros de diseño geométrico en trochas.

4.1.2. Nivel de la Investigación

La investigación fue de nivel descriptiva ya que la finalidad fue estimar parámetros o criterios de diseño geométrico de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito en normas nacionales e internacionales para su análisis y comparación.

4.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental, porque se realizó un estudio y una investigación histórica de las normas nacionales e internacionales de carreteras rurales con $IMDA < 200$ Veh/Día.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población de estudio

La población de estudio fue el conjunto de trochas carrozables en las zonas rurales del Perú. Asimismo este estudio va para los planes viales provinciales de todo el país, para caracterizar el IMD y las secciones de vías existentes en las redes vecinales, ya que según el MTC el 80% de la red vecinal presenta secciones que se categorizan como trochas y el 95% tiene un $IMD < 50$ veh/día.

4.3.2. Diseño muestral

A partir de lo mencionado en la población de estudio, la muestra elegida para la investigación es perteneciente a una red vecinal, el cual fue la construcción de la trocha carrozable Llacllin – Quisuar, tramo II (Casa Blanca – Turca) del 1+900 km al 2 +920

km en el distrito de Huanchay, Provincia de Huaraz y departamento de Ancash.

4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Para determinar la sección transversal usamos Manuales del MTC y Manuales Internacionales como la Norma AASHTO (2011) y la Overseas Road Note #6 (INGLATERRA).

Para conocer la correcta superficie de rodadura, se hizo investigación de manuales del MTC para conocer si el terreno natural o el afirmado será lo más adecuado de acuerdo a su función y su costo.

Para el presupuesto que determina el costo de construcción y mantenimiento se realizó en S10, teniendo de cada partida su respectivo metrado y costo unitario.

4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los principales criterios usados para evaluar la validez y confiabilidad fue debido a que los Manuales tanto peruanas como internacionales han sido utilizados para el correcto diseño geométrico de una carretera, por lo que los parámetros que analizamos cumple con estándares de seguridad y economía.

Para obtener el costo en S10, se hizo un Análisis de Costos Unitarios con precios actuales y metrados obtenidos con el programa Civil 3D.

4.4.3. Procedimiento para la recolección de datos

El procedimiento para la recolección de datos fue lo siguiente:

- Se hizo la investigación de normas de caminos rurales tanto nacionales como internacionales.
- Obtuvimos las partidas necesarias para la construcción y mantenimiento de una carretera y sus respectivos ACU (Análisis de Costos Unitarios).
- Uso de formatos elaborados por fuente propia para la toma de datos, la interpretación de resultados y la evaluación de parámetros.

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Las técnicas a utilizar para procesar los datos obtenidos en el expediente técnico fue en base a los criterios de diseño del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, y también en base a los criterios de diseño de las Normas Internacionales como la Norma AASHTO; en el cual tuvimos parámetros de diseño geométrico en trochas de IMDA < 200 Veh/día para su posterior análisis y planteamiento de mejoras geométricas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Diagnóstico y Situación Actual

5.1.1. Generalidades

El Ministerio de Transportes y comunicaciones emitió el Manual de Carreteras de Diseño Geométrico para su aplicación de una manera adecuada a la gestión vial.

Al momento de aplicar la norma DG-2018, las carreteras que tienen un IMDA < 400 veh/día, se les considera como tercera clase, y las denominadas trochas carrozables que presentan un IMDA < 200 Veh/día no presenta parámetros mínimos, para poder intervenir en ellas, dentro de una filosofía de seguridad, economía y serviciabilidad.

La presente tesis Propuesta de Parámetros de Diseño Geométrico para Trochas Carrozables con un IMDA < 200 Veh/Día, tiene la finalidad de establecer parámetros mínimos de sección transversal y superficie de rodadura tomando en consideración las soluciones básicas propuestas por el MTC para carreteras de tercera clase y trochas.

Para desarrollar la investigación se ha analizado bibliografía a nivel nacional e internacional acerca de los estándares mínimos con IMDA < 200 Veh/Día, en el cual se identificará las similitudes y diferencias desde la perspectiva técnica, seguridad y económica; y poder cumplir con facilitar el acceso a poblaciones rurales con estándares mínimos de calidad, tanto en geometría como en superficie de rodadura a nivel de carreteras no pavimentadas.

Asimismo a partir de la realidad del Perú, que tiene coincidencia con la realidad mundial, es necesario considerar que existan parámetros mínimos a fin de optimizar los costos de construcción y conservación en este tipo de carreteras.

5.2. Determinación de la Sección Transversal

5.2.1. Diseño Geométrico

5.2.1.1. Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads (ADT<400)” – American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2001.

Para obtener los nuevos parámetros para la sección transversal, recopilamos información de normas nacionales e internacionales, primero se obtuvo el manual de AASHTO para caminos de muy bajo volumen de tránsito en el que se inició con una clasificación general sobre la función de las vías o caminos, dicho manual tiene como fin escoger parámetros apropiados para estos caminos, dependiendo de su orografía, tipo de tráfico, materiales, etc. los cuáles fueron de gran ayuda para la obtención de una carretera con óptimas medidas y que pueda beneficiar a los habitantes de la zona a donde irá dirigido el proyecto.

Según la Norma AASHTO un camino de bajo volumen de tránsito será porque presenta un IMDA de 400 veh/día o menor. Por ello se hizo investigación de diversos parámetros que nos sirven para hacer el diseño geométrico de una carretera para una sección transversal.

a. Velocidad de Diseño

La Tabla nos da una visión de la clasificación de este parámetro, sin embargo el manual AASHTO nos da un valor mínimo de 20 km/h. La Tabla N°35 nos sirve para saber el uso que se le dará al camino y según los criterios que se necesiten se escoge una velocidad mínima.

Tabla N° 35: Velocidad de diseño mínimas para caminos rurales

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h) para el volumen de tráfico especificado (veh/día)					
	<50	50 - 250	250 - 400	400 - 1500	1500 - 2000	> 2000
Llano	50	50	60	80	80	80
Ondulado	30	50	50	60	60	60
Montañoso	30	30	30	50	50	50

Fuente: “Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads”, por AASHTO (2001)

b. Radio mínimos y peraltes máximos

La Tabla N°36 que fue extraído del manual AASHTO para caminos de bajo volumen de tránsito, nos da un valor de radio mínimo según el peralte y velocidad de diseño.

Tabla N° 36: Radios Mínimos

Velocidad Diseño (km/h)	Velocidad diseño reducida (km/h)	Factor de diseño de fricción lateral máxima	Radio mínimo (m), Rmin				
			Superelevación máxima (%), e max				
			4	6	8	10	12
20	20	0.18	15	15	10	10	10
30	25	0.17	25	20	20	20	20
40	30	0.17	35	30	30	25	25
50	35	0.17	45	40	40	35	35
60	45	0.165	80	70	65	60	55
70	50	0.16	100	90	80	75	70
80	60	0.15	150	135	125	115	105
90	70	0.14	215	195	175	160	150
100	80	0.14	280	250	230	210	195

Fuente: "Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads", por AASHTO (2001)

c. Ancho del carril

Va a depender el tipo de vía que se obtenga para que se pueda obtener el ancho del carril y el ancho de bermas.

La Tabla N°37 que nos muestra el ancho del carril según la norma AASHTO, tuvimos que situarlo en la realidad de las zonas rurales del Perú y tomando como referencia proyectos que han sido ejecutados en estas condiciones, enmarcamos los valores que se pueden aplicar para dichas zonas de nuestro país.

Tabla N° 37: Ancho total del carril (en metros)

Ancho total del carril por clasificación funcional						
Velocidad diseño (km/h)	Acceso Mayor	Acceso menor	Recreacional	Industrial comercial	Recuper. Recursos	Acceso agrícola
20	-	5.4	5.4	6	6	6.6
30	-	5.4	5.4	6	6	7.2
40	5.4	5.4	5.4	6.4	6.4	7.2
50	5.4	5.4	5.4	6.8	6.8	7.2
60	5.4	5.4	5.4	6.8	6.8	7.2
70	6	6	5.4	7	-	8
80	6	6	6	7.4	-	-
90	6.6	-	6	-	-	-
100	6.6	-	6.6	-	-	-

Fuente: "Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads", por AASHTO (2001)

5.2.1.2. Overseas Road Note #6 (INGLATERRA)

El presente manual clasifica los caminos de la siguiente manera: los caminos como arteriales (Arterial), colectores (Collector) y de acceso (Access), cada uno de ellos están sub-divididos de acuerdo al tráfico que puedan presentar.

- Caminos arteriales (Arterial).- A este tipo de caminos dicha norma los denomina como rutas principales que conectan centros nacionales e internacionales. Debido a la importancia de este tipo de caminos presentan longitudes muy amplias con altos índices de tráfico. Ya que este tipo de vía es el más importante para esta norma, se necesita una operación de tráfico eficiente por lo que los parámetros de diseño geométrico deben ser adecuadas.
- Caminos colectores (Collector).- Estos caminos interconectan zonas rurales con centros urbano, también interconectan las zonas rurales con los caminos arteriales. A diferencia de los caminos arteriales, su tráfico y longitud serán valores intermedios. Por lo tanto la geometría de este tipo de caminos son valores de estándares de menores que los de caminos arteriales.
- Caminos de acceso (Access).- Estos caminos de menor nivel y el que más le dimos importancia para nuestro estudio, el tráfico que presenta es mucho menor que de los caminos mencionados anteriormente. En los caminos de acceso sus estándares

geométricos requeridos en este tipo de camino son bajos y solo necesitan cumplir estándares mínimos que cumplan con dar acceso a las zonas rurales.

a. Ancho mínimo en tangente

Usamos este manual principalmente para obtener información de parámetros de diseño geométrico para caminos de bajo volumen de tráfico, el presente manual nos indicó que el ancho del carril debe de ser minimizado lo más que se pueda debido al alto costo en construcción y mantenimiento que implica mantener un carril ancho. Esta reducción del ancho del carril no se puede tampoco llevar al otro extremo porque el diseño geométrico integral de una carretera, tanto para los de alto y bajo tránsito vehicular, debe de mantener, como mínimo estándares de seguridad y efectividad.

Para caminos de acceso con escaso tráfico, un solo carril sería lo adecuado debido a que la probabilidad de cruce o adelantamiento de vehículos es mínima; en caso suceda estas acciones las maniobras que los conductores realizan se hacen con una baja velocidad haciendo el uso de bermas o de plazoletas.

Debido a la orografía en la mayoría de las zonas rurales de nuestro país y al tráfico en trochas carrozables ($IMDA < 200 \text{ veh/día}$), en la Tabla N°38 hemos enmarcado los valores de este manual aplicables a las carreteras de dichas zonas.

Tabla N° 38: Ancho total del carril (en metros)

Función del camino	Clases para diseño	Tráfico ADT	Tipo de superficie	Ancho (m)		Pendiente máxima	Velocidad de diseño según tipo de terreno		
				Carril	Vereda		Montañoso	Ondulado	Llano
Arterial	A	5000 - 15000	Pav.	6.5	2.5	8	85	100	120
	B	1000 - 5000	Pav.	6.5	1	8	70	85	100
	C	400 - 1000	Pav./No Pav.	5.5	1	10	60	70	85
Colector	D	100 - 400	Pav./No Pav.	5	1	10	50	60	70
Acceso	E	20 - 100	Pav./No Pav.	3	1.5	15	40	50	60
	F	< 20	Pav./No Pav.	2.5 / 3	plazoletas	15 / 20	N/A	N/A	N/A

Fuente: Overseas Road Note 6, 1988

b. Radio mínimo, peralte máximo

Para las curvas horizontales la Tabla N°39 nos da el radio mínimo a usar en el diseño de carreteras, para esto se necesita la velocidad de diseño y el tipo de superficie de la carretera.

Tabla N° 39: Ancho total del carril (en metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Radio mínimo horizontal	
	pavimentado 10% peralte	no pavimentado sin peralte
Dos carriles		
120	450	-
100	320	-
85	210	-
70	130	190
60	85	125
50	60	80
40	30	40
30	15	20
Un carril		
60	85	125
50	60	80
40	30	40
30	15	20

Fuente: Overseas Road Note 6, 1988

5.2.1.3. Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (2005)

a. Radio mínimo y peralte de la carretera

Como se sabe el radio (R_{\min}) de curvatura es un valor límite que está en función del peralte (e_{\max}) y el factor máximo de fricción (f_{\max}) de acuerdo a su determinada velocidad de diseño. En la Tabla N°40 mostramos los valores de radios mínimos y peraltes máximos que depende de la velocidad directriz.

Tabla N° 40: Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad Directriz (km/h)	PERALTE MÁXIMO e(%)	Valor Límite de fricción f_{max}	Calculado Radio mínimo (m)	Redondeo Radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
70	4.0	0.14	214.2	215
80	4.0	0.14	279.8	280
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
70	6.0	0.14	192.8	195
80	6.0	0.14	251.8	250
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
70	8.0	0.14	175.3	175
80	8.0	0.14	228.9	230
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
70	10.0	0.14	160.7	160
80	10.0	0.14	209.9	210
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105
70	12.0	0.14	148.3	150
80	12.0	0.14	193.7	195

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2005, p. 44)

b. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

En toda curva, el vehículo de diseño necesitará un mayor ancho para que el giro se realice de manera adecuada, es por ello que se hizo la investigación de este manual para conocer valores mínimos de sobreanchos que se puedan necesitar.

En la Tabla N°41 detallamos los sobre anchos dados por dicho manual, los valores necesarios para obtener los sobre anchos es la velocidad de directriz y los radios de curva.

Tabla N° 41: Sobreancho de la calzada en curvas circulares (m)
(Calzada de dos carriles de circulación)

Velocidad Directriz km/h	Radio de Curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	11.91	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27
70									1.51	1.27	1.11	0.90	0.67	0.55	0.48	0.36	0.30
80											1.19	0.97	0.73	0.60	0.52	0.40	0.33

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2005, p. 51)

c. Calzada

Según el manual para tráfico de IMDA < 200 veh/día hacen el uso de uno y dos carriles, estos parámetros fueron los más adecuados en su mayoría para nuestros resultados finales

En la Tabla N°42, se indican los valores adecuados del ancho de la calzada que va a depender de la velocidad de diseño que se elija y el tráfico presvisto.

Con respecto a la velocidad de diseño, se tomaron aquellos valores que representen la realidad de la orografía en el país, tomando como velocidad máxima 60 km/h y solo hasta un tráfico de 200 veh/día.

Tabla N° 42: Ancho mínimo de la calzada en tangente (en metros)

Tráfico IMDA	< 15	15 á 50		50 á 100		100 á 200		200 á 400	
Velocidad km/h	*	*	**	*	**	*	**	*	**
25	3.50•	3.50•	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
30	3.50•	4.00•	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
40	3.50•	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60
50	3.50•	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60
70		5.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60	7.00
80		5.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60	7.00	7.00

* Caminos del Sistema Vecinal y Caminos del Sistema Departamental y Nacional sin pavimentar.

** Carreteras del Sistema Nacional y Carreteras importantes del Sistema Departamental; predominio de tráfico pesado.

Calzada de un solo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2005, p. 52)

d. Berma

Este manual nos dice que para cada lado del carril se tendrá un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho necesariamente debe estar libre ya sea de alguna señal de tránsito o guardavías.

En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma. La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario la inclinación de la berma será igual al 4%. La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta. La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7% la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará indeseablemente inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%. (MTC, 2005, p. 53)

Tabla N° 43: Ancho mínimo de Berma por cada lado (en metros)

TRÁFICO IMDA	< 200
Velocidad Km/h	
25	0.50
30	0.50
40	0.50
50	0.50
60	0.50
70	0.50
80	0.50

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2005, p. 53)

e. Ancho de Plataforma

El ancho de la plataforma a rasante es la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas

En este caso para la siguiente Tabla N°44 solo analizamos para caminos sin pavimentar.

Tabla N° 44: Ancho de Plataforma (en metros)

TRÁFICO IMDA	< 15	15 a 50	50 a 100	100 a 200
Velocidad Km/h				
25	4.50	4.50	6.50	6.50
30	4.50	5.00	6.50	6.50
40	4.50	6.50	6.50	7.00
50	4.50	6.50	6.50	7.00
60		6.50	6.50	7.00
70		6.50	7.00	7.00
80		6.50	7.00	7.00

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2005, p. 53)

En la Tabla N°45 vemos el ancho mínimo y máximo de plataforma, ya que posteriormente lo hemos analizado y comparado, pudiendo decidir que sección transversal cumple con los estándares mínimos de calidad.

Tabla N° 45: Ancho mínimo y máximo de Plataforma (en metros)

	Ancho de Plataforma
Longitud mínima	4.50
Longitud máxima	7.00

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2005, p. 53)

5.2.1.4. Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (2008)

a. Radios mínimos y peraltes máximos

La Tabla N°46 nos muestran los valores al igual que el manual del 2005, solo que esta vez las velocidades de diseño varían entre 20 km/hr y 60 km/hr.

Tabla N° 46: Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2008, p. 45)

b. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

La Tabla N°47 nos muestra los sobrecanchos según la velocidad directriz y los radios de curva.

Tabla N° 47: Sobrecancho de la calzada en curvas circulares (m)

(Calzada de dos carriles de circulación)

Velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2008, p. 52)

c. Calzada

Al igual que el Manual No Pavimentada de Bajo Volumen de Tránsito del año 2005, se verificó que en la Tabla N° 48 se indicaron los valores adecuados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad de diseño en relación al tráfico y la importancia de la carretera, pero esta vez dicho manual considera hasta una velocidad de 60 km/hr.

Tabla N° 48: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (en metros)

Tráfico IMDA Velocidad Km./h	<15	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
	*	*	**	*	**	*	**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

* Calzada de un sólo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2008, p. 60)

d. Berma

Presenta los mismos parámetros de la norma del año 2005, ya que a cada lado de la calzada se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. De la misma manera en este manual nos indica que debe de estar libre de señales de tránsito o guardavías.

Para la Tabla N°49 según el manual hemos indicado a una velocidad máxima de 60 km/hr.

Tabla N° 49: Ancho mínimo de Berma por cada lado (en metros)

TRÁFICO IMDA	< 200
Velocidad Km/h	
25	0.50
30	0.50
40	0.50
50	0.50
60	0.50

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2008, p. 60)

e. Ancho de Plataforma

El ancho de la plataforma a rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

En la Tabla N°50 analizamos para caminos sin pavimentar, en el que va a depender según su IMDA que va hasta 200 veh/día ya que es el correspondiente para trochas, con la velocidad de diseño.

Tabla N° 50: Ancho de Plataforma (en metros)

TRÁFICO IMDA	< 15	16 a 50	51 a 100	101 a 200
Velocidad Km/h				
25	4.50	4.50	6.50	6.50
30	4.50	5.00	6.50	6.50
40	4.50	6.50	6.50	7.00
50	4.50	6.50	6.50	7.00
60		6.50	6.50	7.00

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2008, p. 61)

En la Tabla N°51 se comparó el ancho mínimo y máximo de la plataforma, para ver que sección transversal cumple con los estándares mínimos de calidad.

Tabla N° 51: Ancho mínimo y máximo de Plataforma (en metros)

	Ancho de Plataforma
Longitud mínima	4.50
Longitud máxima	7.00

Fuente: “Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, por MTC (2008, p. 61)

5.2.1.5. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018

a. Radios mínimos y peraltes máximos

Debido a que este manual no cuenta con parámetros para trochas carrozables, entonces dicho manual lo hace para el caso de carreteras de tercera clase, donde el valor de radio mínimo se calcula con la formula (6).

$$R \text{ mín} = \frac{v^2}{127(0.01e \text{ máx} + f \text{ máx})} \dots\dots\dots(6)$$

Estos valores de radio mínimo con el peralte máximo lo vemos a detalle en la Tabla N°52.

Tabla N° 52: Valores de radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{m\acute{a}x}$ *	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 132)

b. Sobreebancho

Como ya sabemos el Sobreebancho es en ancho adicional en la superficie de rodadura de la vía, el cual se realiza en las curvas para poder compensar el espacio que requieren los vehículos. Usando la fórmula (7) se obtiene un valor de sobre ancho de acuerdo a diversos parámetros ya obtenidos.

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots\dots\dots(7)$$

Dónde:

Sa: Sobreebancho (m)

n: Número de carriles

R: Radio de curvatura circular (m)

L: Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

c. Calzada

Debido que en el DG – 2018 no cuenta con parámetros de Diseño Geométrico de Sección Transversal para Trochas Carrozables con un IMDA < 200 Veh/día, se consideró para una carretera de tercera clase ya que este presenta los parámetros mínimos para dicho manual

En la Tabla N°53, se indicaron los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla N° 53: Anchos mínimos de la calzada en tangente (en metros)

Clasificación	Carretera			
Tráfico Veh/Día	< 400			
Tipo	Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4
Velocidad de Diseño				
30 km/h			6.00	6.00
40 km/h	6.60	6.60	6.00	
50 km/h	6.60	6.60	6.00	
60 km/h	6.60	6.60		
70 km/h	6.60	6.60		
80 km/h	6.60	6.60		
90 km/h	6.60	6.60		

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 191)

d. Ancho de Bermas

De la misma forma que usamos en el ancho de calzada, se hará para el ancho de bermas, considerando carretera de tipo tercera clase.

En la Tabla N° 54, se estableció el ancho de bermas en función a la clasificación de la carretera, orografía y velocidad de diseño.

Tabla N° 54: Ancho de Bermas (en metros)

Clasificación	Carretera			
Tráfico Veh/Día	< 400			
Tipo	Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4
Velocidad de Diseño				
30 km/h			0.50	0.50
40 km/h	1.20	0.90	0.50	
50 km/h	1.20	0.90	0.90	
60 km/h	1.20	1.20		
70 km/h	1.20	1.20		
80 km/h	1.20	1.20		
90 km/h	1.20	1.20		

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 193)

e. Ancho de Plataforma

Para la Norma DG – 2018 se tiene los anchos de plataforma considerablemente altos con respecto a lo que se debería usar en trochas carrozables, esto debido a que es una carretera de tercera clase y su ancho de calzada es para 2 carriles. En la Tabla N°55 establecemos dichos valores dependiendo de la orografía y velocidad de diseño.

Tabla N° 55: Ancho de Plataforma (en metros)

Clasificación	Carretera			
Tráfico Veh/Día	< 400			
Tipo	Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4
Velocidad de Diseño				
30 km/h			7.00	7.00
40 km/h	9.00	8.40	7.00	
50 km/h	9.00	8.40	7.80	
60 km/h	9.00	9.00		
70 km/h	9.00	9.00		
80 km/h	9.00	9.00		
90 km/h	9.00	9.00		

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 193)

En la tabla N°56 se hizo una comparación del ancho mínimo y máximo de plataforma.

Tabla N° 56: Ancho mínimo y máximo de Plataforma (en metros)

	Ancho de Plataforma
Longitud mínima	7.00
Longitud máxima	9.00

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 193)

5.2.1.6. Análisis según el Ancho de Vehículo

Debido a que se realizó el análisis para la sección transversal usando las diversas normas, ahora se procederá a hacer un análisis propio con el fin de poder comparar con las normas mencionadas y ver cuál sería lo más conveniente para poder optimizar los costos de construcción.

a. Calzada

El ancho de calzada que decidimos analizar es para un solo carril, por lo que se tomara en cuenta los tipos de vehículos que pueden transitar por estas trochas con sus respectivas medidas.

Tabla N° 57: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras según Reglamento Nacional de Vehículos

Tipo de Vehículo	Alto Total	Ancho Total
Vehículo Ligero (VL)	1.30	2.10
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 27)

Según la Tabla N°57, se utilizó el ancho de vehículo más crítico, que en este caso es 2.60m, a partir de esta medida se pudo proponer el ancho del carril.

b. Berma

Nos regimos bajo el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del año 2005 y 2008, el cual indica que el ancho mínimo a usar es de 0.50 m.

c. Ancho de Plataforma

Al momento que suceda un cruce o adelantamiento entre dos vehículos se necesitará más de 5.20 m, y para evitar las plazoletas y tener una carretera económica y efectiva se puso por seguridad un ancho de carril de 4.50m como vemos en la Figura N°16.

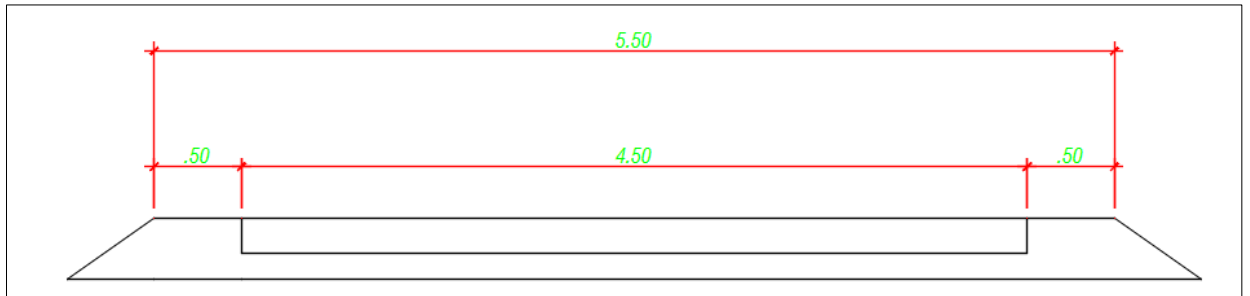


Figura N° 16: Ancho de Plataforma

Fuente: Elaboración Propia

El ancho de la plataforma será de 5.50 m, y va a para permitir el cruce de dos vehículos en cualquier tramo de la carretera, en la Tabla N° 58 tendremos las siguientes dimensiones de la sección transversal.

Tabla N° 58: Anchos de Sección Transversal (en metros)

Sección Transversal	Calzada	Berma
Ancho	4.50	0.50

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2. Seguridad

Los caminos rurales son un medio de comunicación muy importante, y muchos de ellos no se encuentran en las condiciones que deberían y por lo tanto se vuelven intransitables. Un factor importante para el diseño de una carretera es la seguridad, por lo cual se debe tener en cuenta una anchura adecuada que permita la circulación de vehículos ligeros y pesados presentando los menores inconvenientes.

De acuerdo con la tabla N°57 el vehículo crítico más usual en estos tipos de carretera son los buses de 2 ejes, que posee un ancho de 2.60 m. por lo analizamos diferentes anchos de calzada para cada caso.

Además teniendo en cuenta una berma de 0.50 m en ambos lados, ya que es un valor que constantemente se muestra en las normas ya mostradas.

5.2.2.1. Un carril

Para este caso, se consideró un factor de seguridad a ambos lados de donde pasa el vehículo. En la Figura N°17 se usó un ancho de calzada mínimo de 3.50 m y 0.50 m de berma según los valores que se toman de las normas, por lo que el ancho de la plataforma será de 4.50 m, esto permite solo el paso de un vehículo, siendo necesaria la existencia de plazoletas cada 500m tal y como lo especifica el manual de diseño geométrico vigente.

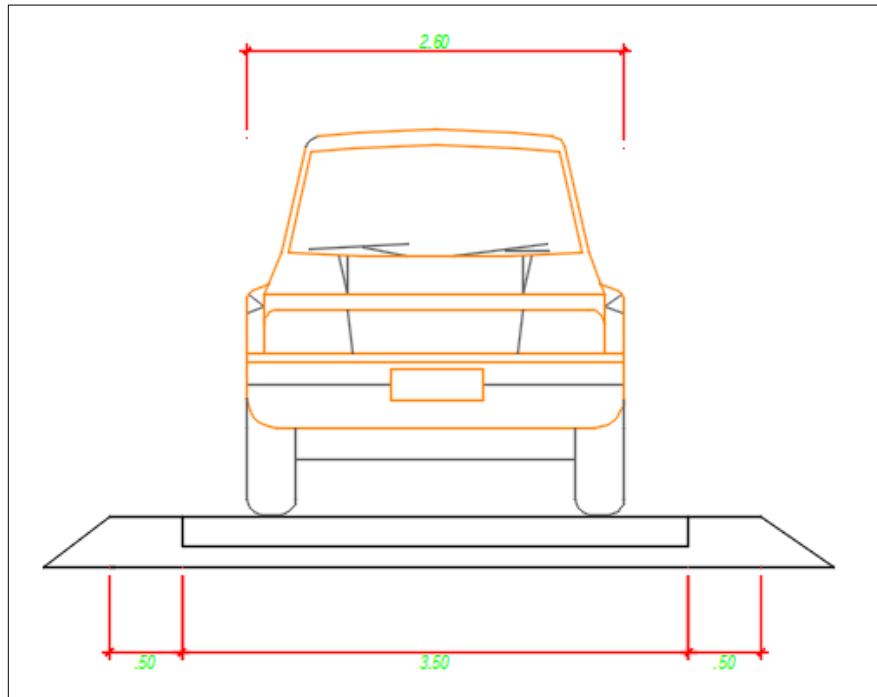


Figura N° 17: Ancho de Plataforma de 4.50m

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera que el anterior caso, se consideró un factor de seguridad a ambos lados de donde pasa el vehículo. En la Figura N°18 usamos un ancho de calzada mínimo de 4.50 m y 0.50 m de berma, estos valores fueron por un análisis propio que se hizo y además el ancho de la plataforma será de 5.50 m, esto permite solo el paso de un vehículo, pero también el ancho es suficiente para el cruce y/o adelantamiento de dos vehículos.

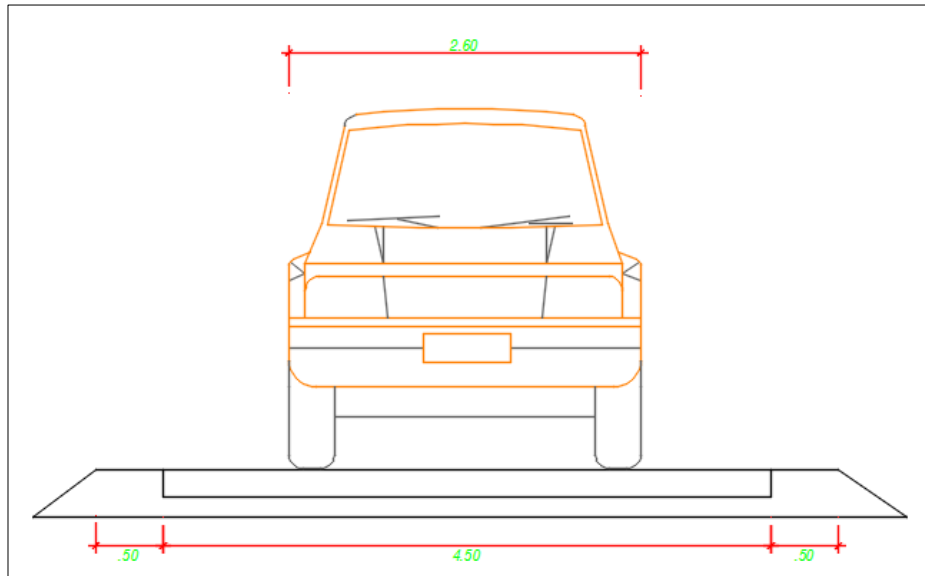


Figura N° 18: Ancho de Plataforma de 5.50m

Fuente: Elaboración Propia

Según el manual del MTC del 2005 para un ancho de calzada de 5.5 m y una berma mínima de 0.50 m será suficiente para que pueda darse el cruce de 2 vehículos, por lo tanto el ancho total de la plataforma será de 6.50 m así como se observa en la Figura N°19 de manera detallada.

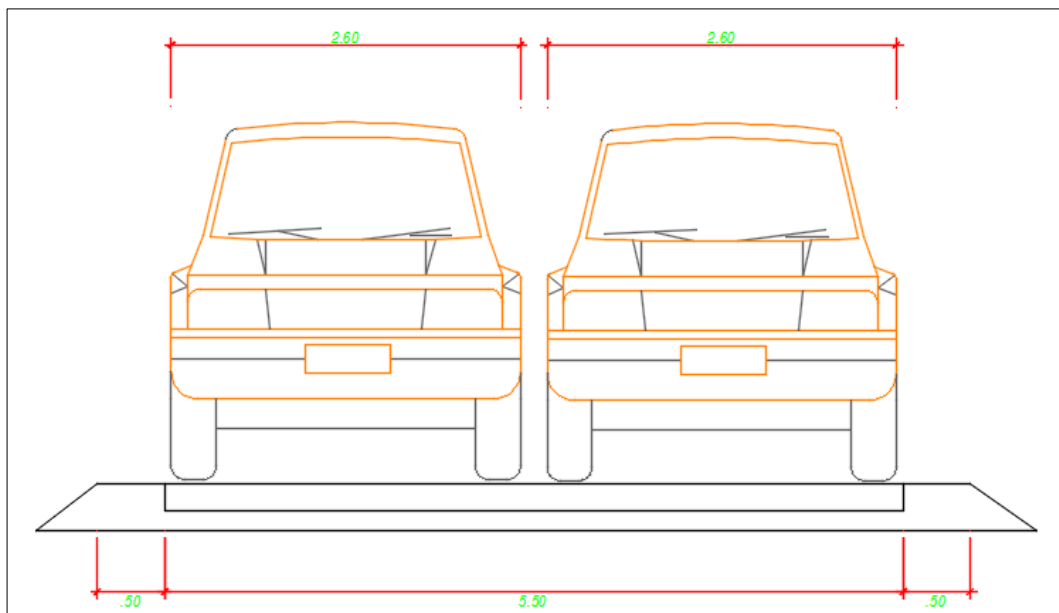


Figura N° 19: Ancho de Plataforma de 6.50m

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.2. Dos Carriles

Para un IMDA de 101 a 200 Veh/día, según las normas mencionadas fue necesario el uso de dos carriles con un ancho mínimo de 6.00m y con un ancho mínimo de berma de 0.50m, como se ve en la Figura N°20 el ancho total de la plataforma será de 7.00m.

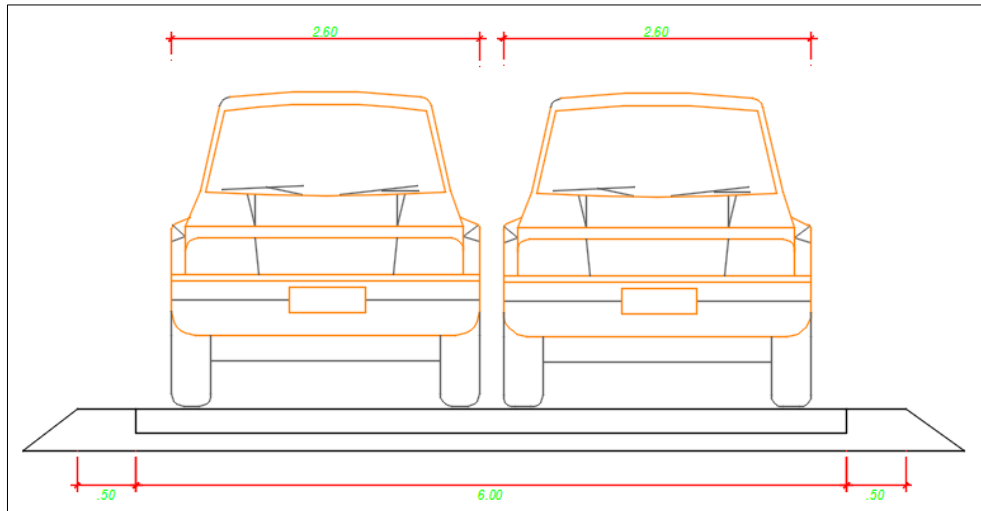


Figura N° 20: Ancho de Plataforma de 7.00m

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto para el IMDA que va de 200 veh/día a menos, serán los anchos de carriles de 3.50m, 4.50m, 5.50m y 6.00m los que se usaran para trochas carrozables, ya que cumplen con los estándares mínimos de seguridad y será suficiente para el tránsito de vehículos de manera fluida permitiendo también el cruce y adelantamiento de vehículos sin ninguna dificultad.

5.2.3. Economía

Para realizar una comparación económica, usamos un alineamiento en Civil 3D de la trocha carrozable Llacllin – Quisuar, tramo II (Casa Blanca – Turca) en el distrito de Huanchay, Provincia de Huaraz y departamento de Ancash, el cual se obtuvo diferentes secciones de acuerdo a cada norma y se comparó con el fin de obtener datos de área de corte y relleno para que posteriormente se pueda hacer un costo de construcción estimado.

En la Figura N°21 se aprecia el eje de toda la carretera realizada en el programa Civil 3D, este eje de carretera presenta todas sus características como su topografía, progresivas, curvas, etc.

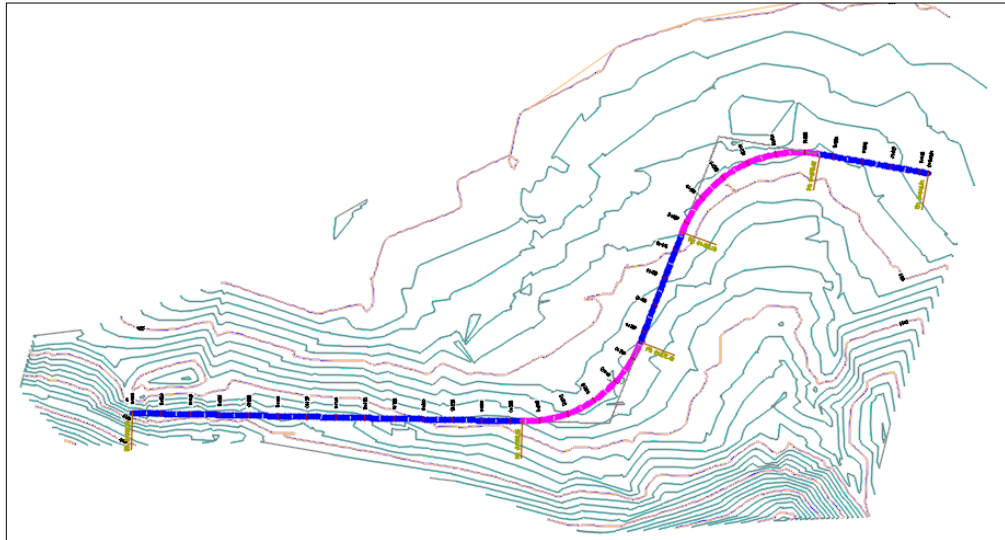


Figura N° 21: Alineamiento de la carretera

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

Para poder obtener los volúmenes de corte y relleno, se realizó las secciones cada 10 m a lo largo del alineamiento, por lo que hubo cortes en el talud y el relleno para el terraplén. En la Figura N°22 vemos todo el eje de carretera con sus respectivas secciones.

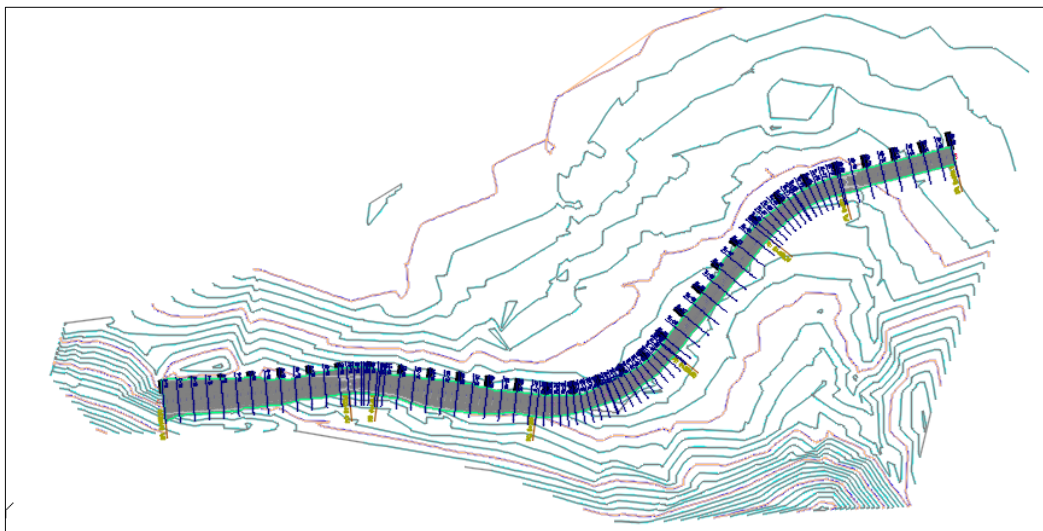


Figura N° 22: Alineamiento con secciones de la carretera en Civil 3D

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

5.2.3.1. Terreno Natural

Según las normas estudiadas se analizó presupuestos para anchos de plataforma de 4.50m, 5.50m, 6.50m y 7.00m con una superficie de rodadura de terreno natural.

Se realizó el análisis de un tramo de carretera ubicado en las zonas rurales de Huaraz en

el Departamento de Ancash, se realizó el tramo de carretera de la progresiva 2+900 a la progresiva 2+920, en la Tabla N°59 especificamos la longitud total que hemos analizado.

Tabla N° 59: Tramo de Carretera a usar en el Presupuesto

Del Km	1+900
Al Km	2+920
Longitud	1020.00 m

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

La siguiente secuencia de trabajo es la que esencialmente se usa para trochas carrozables:

1. Levantamiento Topográfico
2. Movimiento de Tierras corte y relleno
3. Nivelación y compactación del terreno natural

- Ancho de plataforma de 4.50m:

En la Figura N°23 tenemos un corte transversal que nos detalla el ancho de plataforma con su superficie de rodadura que es de terreno natural.

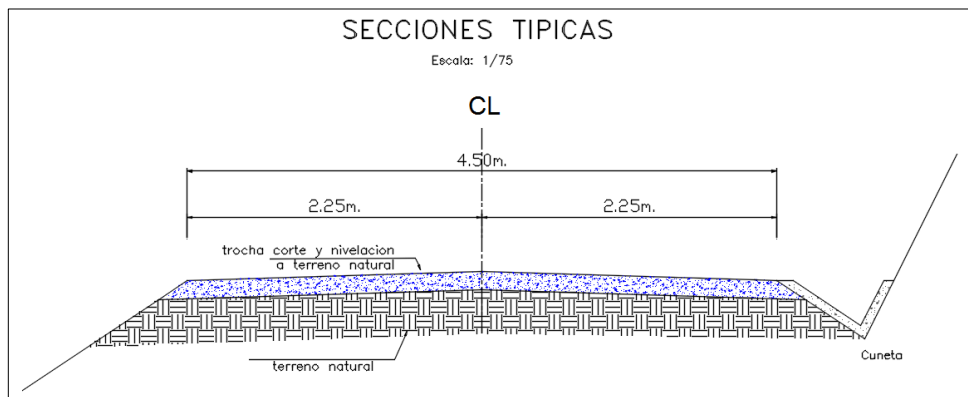


Figura N° 23: Sección de vía para 4.50m

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

En la Figura N°24 y Figura N°25 veremos el volumen de corte y relleno para la progresiva 1+900 y 2+920.

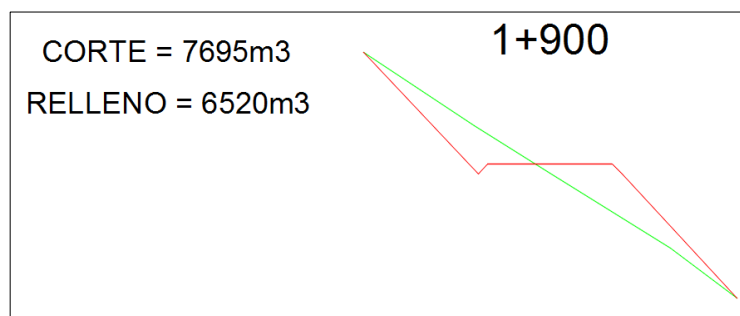


Figura N° 24: Sección de corte y relleno de la progresiva 1+900
 Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

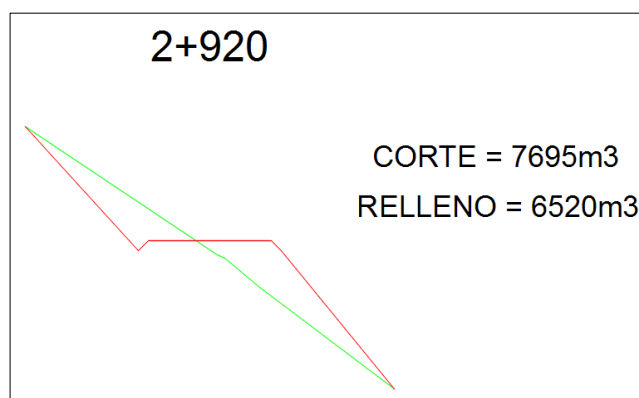


Figura N° 25: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920
 Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

En el siguiente recuadro está el presupuesto total que obtuvimos para este tramo de carretera.

Presupuesto **CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+920.**
 Cliente **MUNICIPALIDAD**
 Lugar **ANCASH - HUARAZ**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	TRABAJOS PRELIMARES				1,728.11
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
02.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48
02.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63
2	EXPLANACIONES				272,833.50
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	7,695.00	9.80	75,411.00
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	7,896.90	25.00	197,422.50
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				7,140.00
3.01	CUNETAS				7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00

COSTO DIRECTO	281,701.61
GASTOS GENERALES (10.00%)	28,170.16
UTILIDADES (5.00%)	14,085.08

SUBTOTAL	323,956.85
IGV (18%)	58,312.23

PRESUPUESTO TOTAL	382,269.08

SON : TRESCIENTOS OCHENTA Y DOS MIL DOSCIENTOS SESENTA Y NUEVE CON 08/100 SOLES

- Ancho de plataforma para 5.50 m:

En la Figura N°26 tenemos el corte transversal para un ancho de plataforma de 5.50m teniendo en cuenta que su superficie de rodadura a usar es el terreno natural.

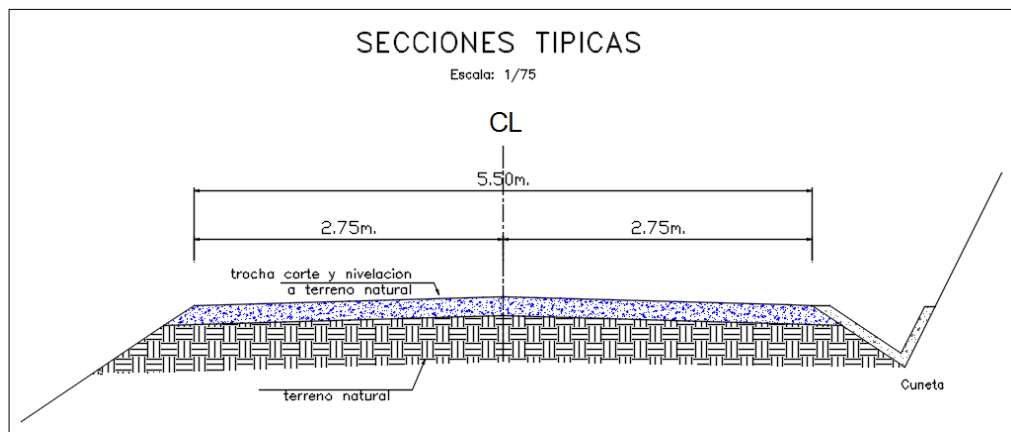


Figura N° 26: Sección de vía para 5.50m

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

En la Figura N°27 y Figura N°28 veremos el volumen de corte y relleno para la progresiva 1+900 y 2+920.

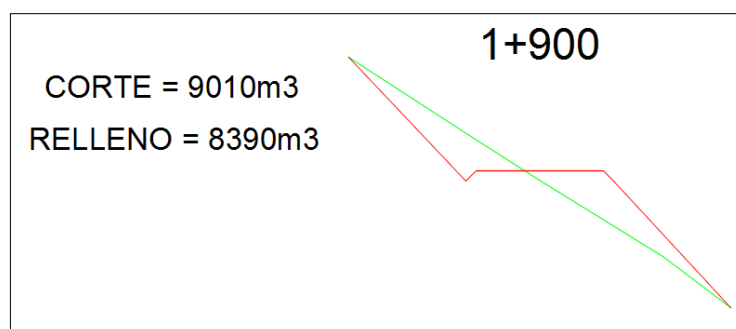


Figura N° 27: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+900

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

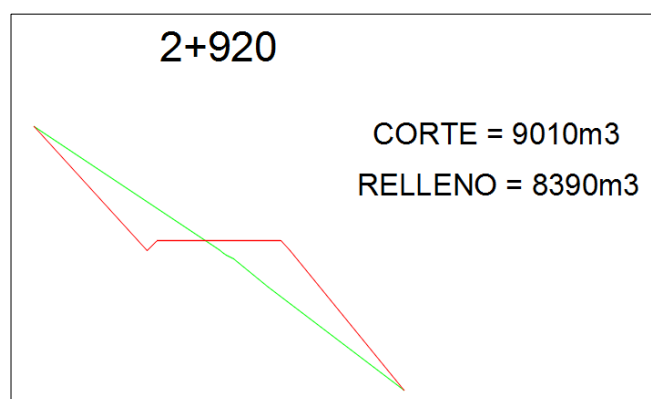


Figura N° 28: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

Ahora veremos el presupuesto de acuerdo a los valores obtenidos en el Civil 3D.

Presupuesto	CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+920.				
Cliente	MUNICIPALIDAD				
Lugar	ANCASH - HUARAZ -				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	TRABAJOS PRELIMARES				1,728.11
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
02.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48
02.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63
2	EXPLANACIONES				324,713.00
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	9,010.00	9.80	88,298.00
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	9,456.60	25.00	236,415.00
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				7,140.00
3.01	CUNETAS				7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00
	COSTO DIRECTO				333,581.11
	GASTOS GENERALES (10.00%)				33,358.11
	UTILIDADES (5.00%)				16,679.06

					--
	SUBTOTAL				383,618.28
	IGV (18%)				69,051.29

	PRESUPUESTO TOTAL				452,669.57

- Ancho de plataforma para 6.50 m:

En la Figura N°29 tenemos el corte transversal para un ancho de plataforma de 6.50m con su superficie de rodadura de terreno natural.

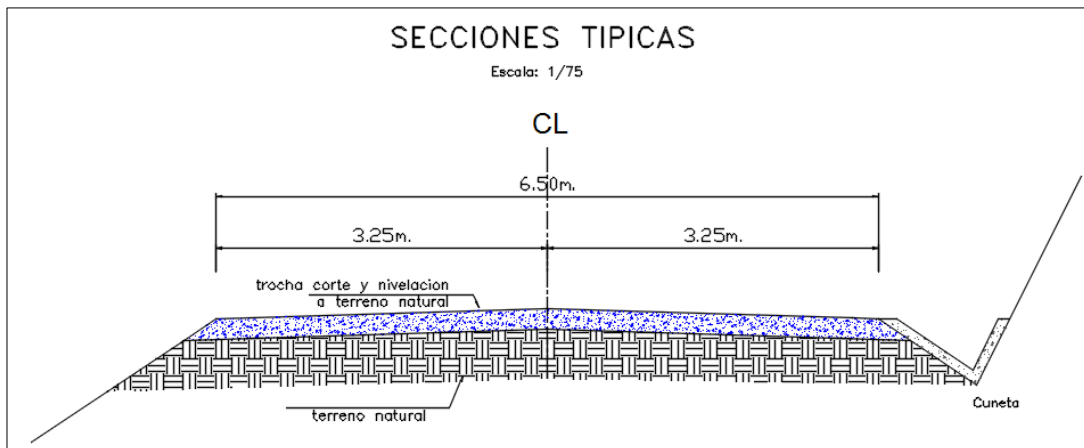


Figura N° 29: Sección de vía para 6.50m

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

En la Figura N°30 y Figura N°31 veremos el volumen de corte y relleno para la progresiva 1+900 y 2+920.

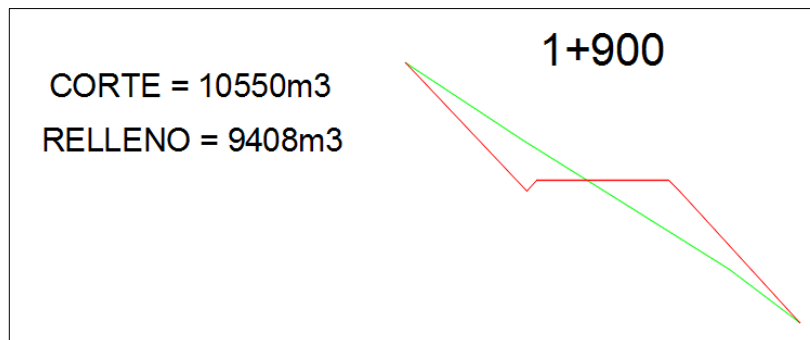


Figura N° 30: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+900

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)



Figura N° 31: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920
Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

Ahora veremos el presupuesto de acuerdo a los valores obtenidos en el Civil 3D.

Presupuesto	CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+920.				
Ciente	MUNICIPALIDAD				
Lugar	ANCASH - HUARAZ -				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	TRABAJOS PRELIMARES				1,728.11
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
02.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48
02.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63
2	EXPLANACIONES				378,075.00
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	10,550.00	9.80	103,390.00
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	10,987.40	25.00	274,685.00
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				7,140.00
3.01	CUNETAS				7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00
	COSTO DIRECTO				386,943.11
	GASTOS GENERALES (10.00%)				38,694.31
	UTILIDADES (5.00%)				19,347.16

					--
	SUBTOTAL				444,984.58
	IGV (18%)				80,097.22

	PRESUPUESTO TOTAL				525,081.80

SON : QUINIENTOS VEINTICINCO MIL OCHENTA Y UNO CON 80/100 SOLES

- Ancho de plataforma para 7.00 m:

En la Figura N°32 tenemos el corte transversal para un ancho de plataforma de 7.00m con su superficie de rodadura de terreno natural.

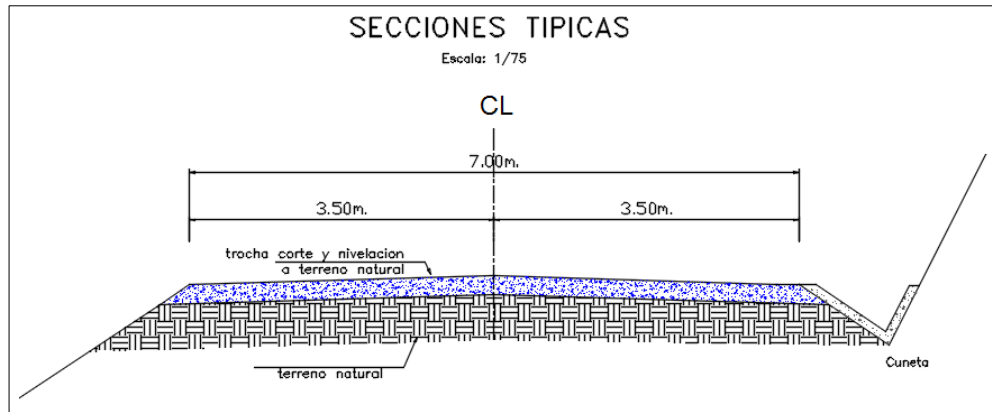


Figura N° 32: Sección de vía para 7.50m

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

En la Figura N°33 y Figura N°34 veremos el volumen de corte y relleno para la progresiva 1+900 y 2+920.

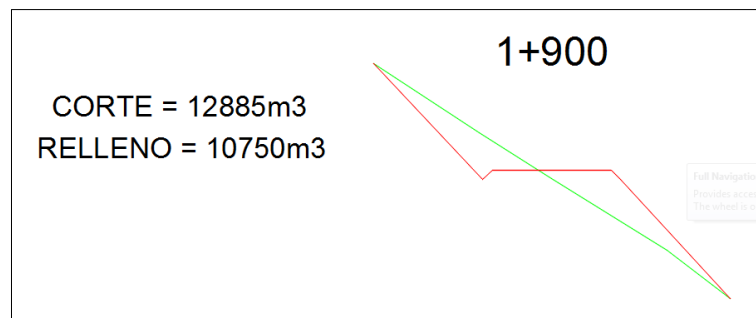


Figura N° 33: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+900

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

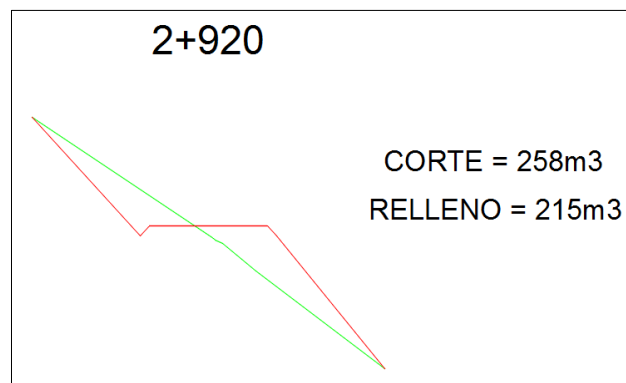


Figura N° 34: Sección de corte y relleno de la progresiva 2+920

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

Ahora veremos el presupuesto de acuerdo a los valores obtenidos en el Civil 3D.

Presupuesto	CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+920.				
Ciente	MUNICIPALIDAD				
Lugar	ANCASH - HUARAZ -				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	TRABAJOS PRELIMARES				1,728.11
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
02.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48
02.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63
2	EXPLANACIONES				451,203.00
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	12,885.00	9.80	126,273.00
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	12,997.20	25.00	324,930.00
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				7,140.00
3.01	CUNETAS				7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00
				COSTO DIRECTO	460,071.11
				GASTOS GENERALES (10.00%)	46,007.11
				UTILIDADES (5.00%)	23,003.56

					--
				SUBTOTAL	529,081.78
				IGV (18%)	95,234.72

				PRESUPUESTO TOTAL	624,316.50

SON : SEISIENTOS VEINTICUATRO MIL TRESCIENTOS DIECISEIS CON 50/100 SOLES

5.2.3.2. Afirmado

Luego se realizó una comparación de presupuestos para diferentes secciones de anchos de plataforma pero con su superficie de rodadura con afirmado.

- Ancho de plataforma de 4.50m

En la Figura N°35 tenemos un corte transversal para un ancho de plataforma de 4.50m con su superficie de rodadura de afirmado.

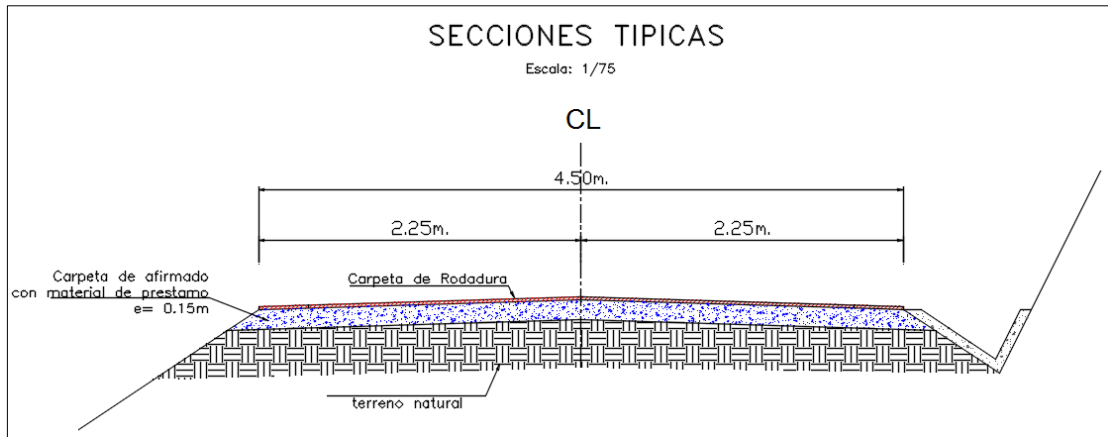


Figura N° 35: Sección de vía para 4.50m

Fuente: “Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar”. (2015)

Los volúmenes de corte y relleno serán igual mencionados en la figura N°24 y la figura N°25 el cual esos valores nos dio el programa Civil 3D, por lo que se obtuvo el presupuesto de construcción de carretera para una distancia de 1020.00 m.

Presupuesto **CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+9200.**

Cliente **MUNICIPALIDAD**

Lugar **ANCASH - HUARAZ**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	TRABAJOS PRELIMARES				1,728.11
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
1.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48
1.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63
2	EXPLANACIONES				461,913.50
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	7,695.00	9.80	75,411.00
2.05	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO CON MATERIAL CANTERA	m3	6,520.00	29.00	189,080.00
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	7,896.90	25.00	197,422.50
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				7,140.00
3.01	CUNETAS				7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00
	COSTO DIRECTO				470,781.61
	GASTOS GENERALES (10.00%)				47,078.16
	UTILIDADES (5.00%)				23,539.08
	SUBTOTAL				541,398.85

IGV (18%)

97,451.79

**PRESUPUESTO
TOTAL**

638,850.64

SON : SEICIENTOS TREINTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y UNO CON 64/100 SOLES

- Ancho de plataforma 5.50 m

En la Figura N°36 tenemos un corte transversal para un ancho de plataforma de 5.50m con su superficie de rodadura de Afirmado.

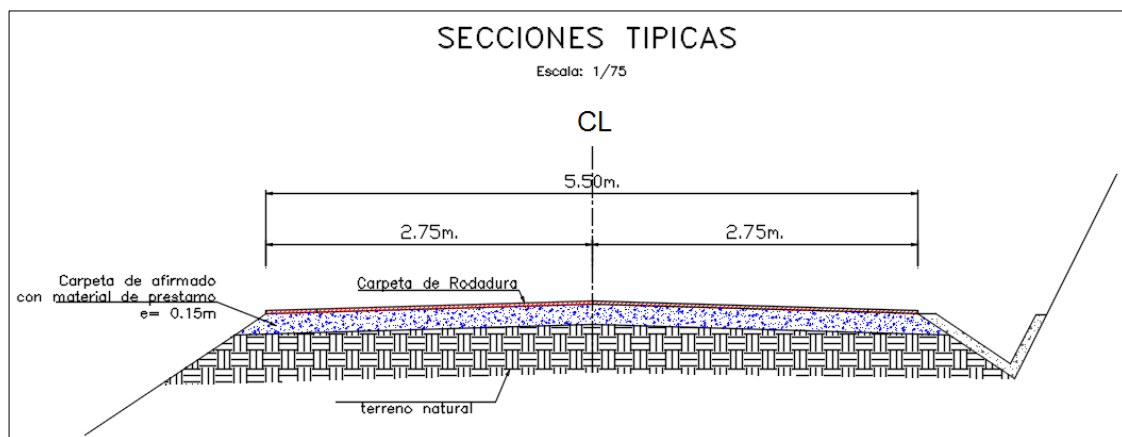


Figura N° 36: Sección de vía para 5.50m

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

Los volúmenes de corte y relleno serán igual mencionados en la Figura N°27 y la Figura N°28 el cual esos valores nos dio el programa Civil 3D, por lo que ahora se obtuvo el presupuesto de construcción de carretera para una distancia de 1020.00 m.

Presupuesto **CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+9200.**

Cliente **MUNICIPALIDAD**

Lugar **ANCASH - HUARAZ**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	TRABAJOS PRELIMARES				1,728.11
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
1.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48
1.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63
2	EXPLANACIONES				568,023.00
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	9,010.00	9.80	88,298.00
2.05	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO CON MATERIAL CANTERA	m3	8,390.00	29.00	243,310.00
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	9,456.60	25.00	236,415.00
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				7,140.00

3.01	CUNETAS					7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00	
	COSTO DIRECTO					576,891.11
	GASTOS GENERALES (10.00%)					57,689.11
	UTILIDADES (5.00%)					28,844.56

	SUBTOTAL					663,424.78
	IGV (18%)					119,416.46

	PRESUPUESTO TOTAL					782,841.24

SON : SETECIENTOS OCHENTA Y DOS Mil OCHOCIENTOS CUARENTA Y UNO CON 24/100 SOLES

- Ancho de plataforma de 6.50 m

En la Figura N°37 tenemos un corte transversal para un ancho de plataforma de 7.00m con su superficie de rodadura de afirmado.

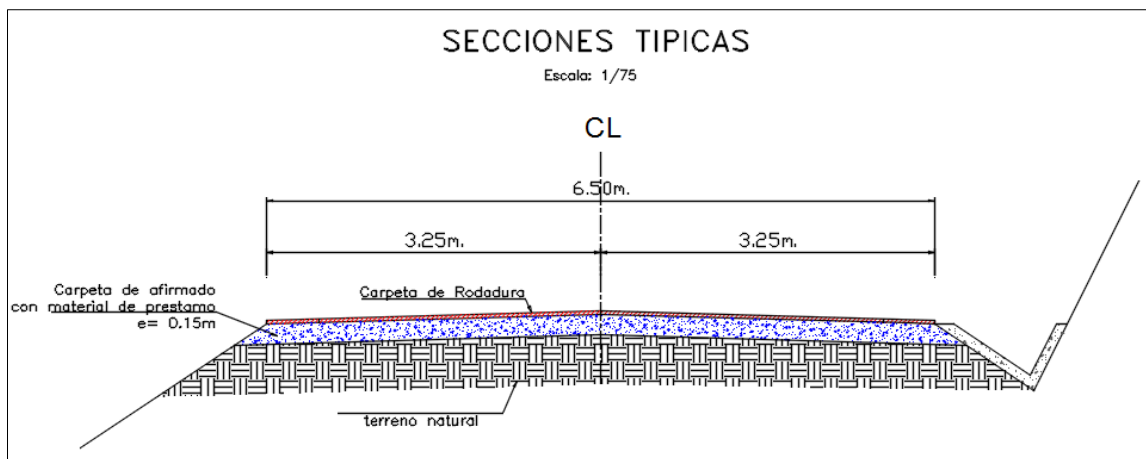


Figura N° 37: Sección de vía para 6.50m

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

Los volúmenes de corte y relleno serán igual mencionados en la Figura N°30 y la Figura N°31 el cual esos valores nos dio el programa Civil 3D, por lo que ahora se obtuvo el presupuesto de construcción de carretera para una distancia de 1020.00 m.

Presupuesto **CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+9200.**

Cliente **MUNICIPALIDAD**

Lugar **ANCASH - HUARAZ**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	TRABAJOS PRELIMARES				1,728.11
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
1.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48

1.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63	
2	EXPLANACIONES					650,907.00
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	10,550.00	9.80	103,390.00	
2.05	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO CON MATERIAL CANTERA	m3	9,408.00	29.00	272,832.00	
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	10,987.40	25.00	274,685.00	
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE					7,140.00
3.01	CUNETAS					7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00	
	COSTO DIRECTO					659,775.11
	GASTOS GENERALES (10.00%)					65,977.51
	UTILIDADES (5.00%)					32,988.76

						--
	SUBTOTAL					758,741.38
	IGV (18%)					136,573.45

	PRESUPUESTO TOTAL					895,314.82

SON : OCHOCIENTOS NOVENTA Y CINCO MIL TRESCIENTOS CATORCE CON 82/100 SOLES

- Ancho de plataforma de 7.00 m:

En la Figura N°38 tenemos un corte transversal para un ancho de plataforma de 7.00m con su superficie de rodadura de afirmado.

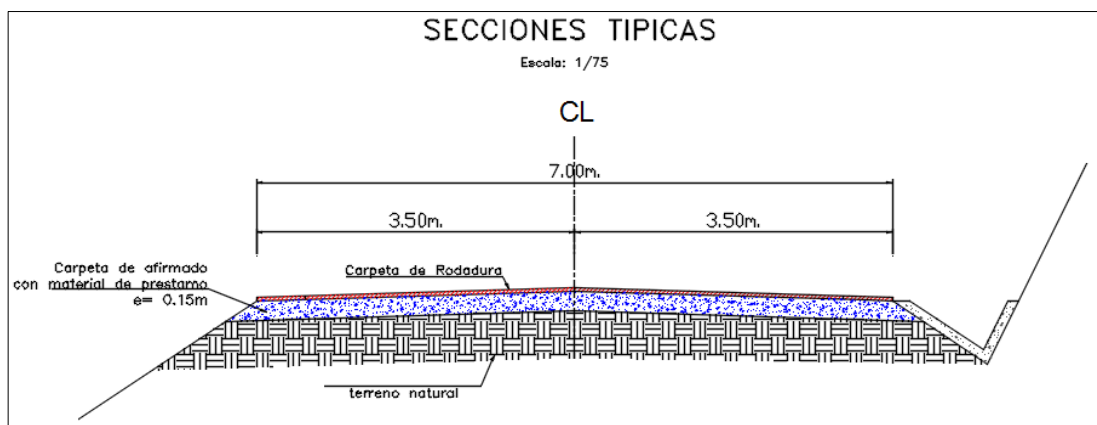


Figura N° 38: Sección de vía para 6.50m

Fuente: "Proyecto: Trocha carrozable Llacllin – Quisuar". (2015)

Los volúmenes de corte y relleno serán igual mencionados en la Figura N°33 y la Figura N°34 el cual esos valores nos dio el programa Civil 3D, por lo que ahora se obtuvo el presupuesto de construcción de carretera para una distancia de 1020.00 m.

Presupuesto **CONSTRUCCION DE TROCHA CARROZABLE - KM : 1+900 - 2+9200.**

Cliente **MUNICIPALIDAD**

Lugar **ANCASH - HUARAZ**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
1	TRABAJOS PRELIMARES					1,728.11
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00	
1.02	ROCE Y DESBROCE	m2	144.00	0.42	60.48	
1.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.20	838.15	167.63	
2	EXPLANACIONES					762,953.00
2.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=400 m3/día	m3	12,885.00	9.80	126,273.00	
2.05	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO CON MATERIAL CANTERA	m3	10,750.00	29.00	311,750.00	
2.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	m3	12,997.20	25.00	324,930.00	
3	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE					7,140.00
3.01	CUNETAS					7,140.00
03.01.01	CONSTRUCCION DE CUNETAS LATERALES EN MATERIAL SUELTO	m	1,020.00	7.00	7,140.00	
	COSTO DIRECTO					771,821.11
	GASTOS GENERALES (10.00%)					77,182.11
	UTILIDADES (5.00%)					38,591.06
	SUBTOTAL					887,594.28
	IGV (18%)					159,766.97
	PRESUPUESTO TOTAL					1,047,361.25

SON : UN MILLON CUARENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UNO CON 25/100 SOLES

5.3. Determinación del tipo de Superficie de Rodadura

5.3.1. Superficie de Rodadura

La conservación de carreteras tiene como objetivo principal proporcionar a los usuarios una vía en óptimas condiciones a lo largo del tiempo de uso u operación, el cual está especificado en el expediente del proyecto. Incluye varios aspectos y actividades en diferentes periodos de tiempo.

Para el presente proyecto nos centramos en la actividad del perfilado, tanto de la calzada como de las bermas, con el fin de optimizar los costos de conservación y mantener el buen estado de la carretera.

La partida de perfilado de la superficie de una carretera comprende la conformación y compactación del material superficial de la plataforma. Generalmente se efectúa con dos pasadas, siendo la primera de corte y la segunda de nivelación, permitiendo así una mejor

transitabilidad y comodidad de los usuarios de la vía.

Para la realización de esta partida es necesario el uso de maquinaria pesada, siendo indispensable una motoniveladora, el cual está diseñado para la limpieza de cunetas y perfilado de taludes, facilitando así los trabajos de conservación.

La reposición del afirmado se da en casos más extremos, en donde se haya perdido más de la mitad del espesor de material del afirmado original o cuando la superficie presente fallas o irregularidades que impidan una óptima transitabilidad en la vía. Esta partida incluye escarificado, colocación de material adicional, conformación del afirmado y compactación de la plataforma.

En la Figura N°39 detallamos las partes de una motoniveladora con una vista en perfil.

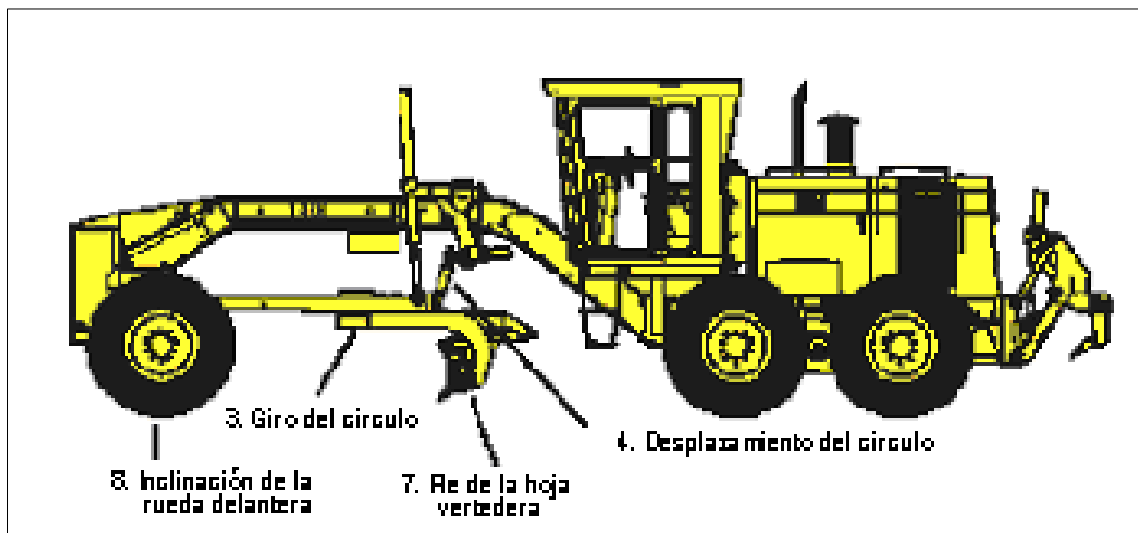


Figura N° 39: Vista en Perfil de la Motoniveladora

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/fichas-maquinarias/fichas-maquinarias6.shtml>

En la Figura N°40 detallamos las partes de una motoniveladora con una vista en planta.

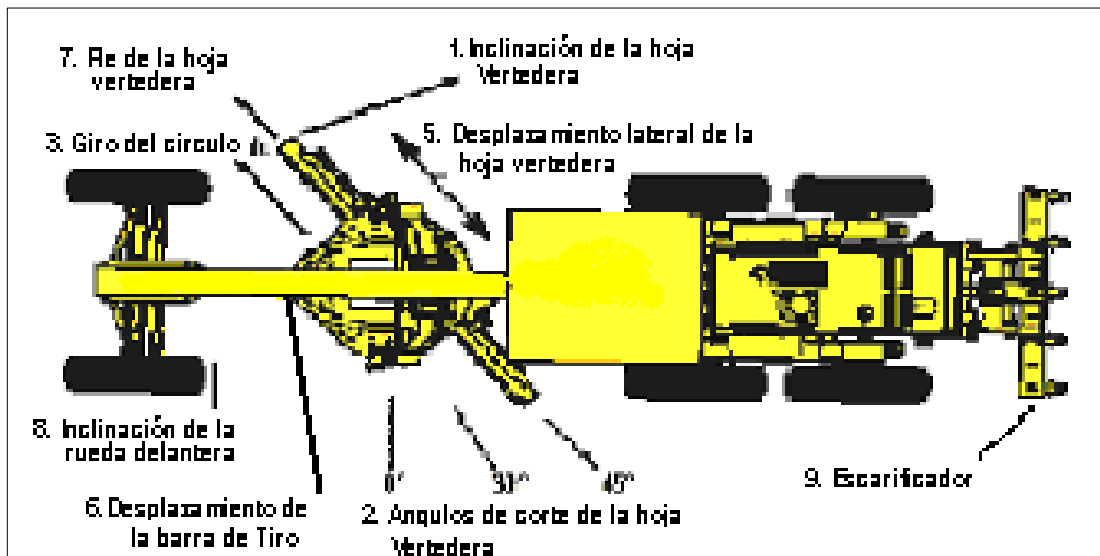


Figura N° 40 Vista en Planta de la Motoniveladora

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/fichas-maquinarias/fichas-maquinarias6.shtml>

A continuación, nos centraremos en el rendimiento de una motoniveladora, ya que es pieza fundamental en los trabajos de conservación de caminos, dependiendo de esta maquinaria los costos finales.

Primer método:

$$A = S * (Le - Lo) * 1000 * E$$

Donde:

A: Área de operación horaria (m²/h)

S: Velocidad de operación (km/h)

Le: Longitud efectiva de la hoja (m)

Lo: Ancho de superposición (m)

E: Eficiencia de trabajo (m)

Velocidad de operación:

Velocidades de operación típicas por aplicación:

Nivelación de acabado: 0-4 km/h

Trabajo pesado con la hoja: 0-9 km/h

Reparación de zanjas: 0-5 km/h

Desgarramiento: 0-5 km/h

Mantenimiento de carreteras: 5-16 km/h

Mantenimiento de caminos de acarreo: 5-16 km/h

Movimiento de nieve: 7-21 km/h
Limpieza de nieve: 15-28 km/h

Longitud efectiva de la hoja:

Varía de acuerdo al ángulo de trabajo de la hoja de corte, su valor depende del tipo de trabajo, de las características del material, el tamaño de la máquina, etc., en general se eligen ángulos en el rango de $\beta = 15$ a 50 grados como se observa en la Figura N°41.

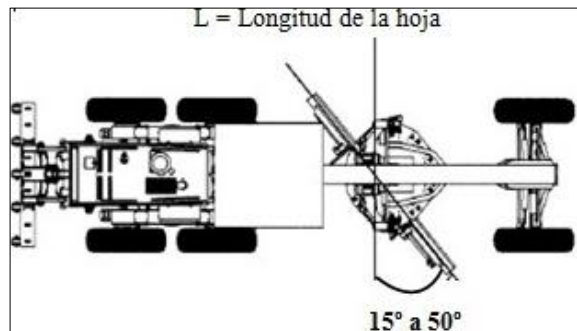


Figura N° 41: Longitud efectiva de la hoja

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/fichas-maquinarias/fichas-maquinarias6.shtml>

Ancho de superposición:

El ancho de superposición casi siempre es de 0.6 m, esta superposición es para mantener los neumáticos fuera de los camellones en la pasada de retorno.

Aplicado a la realidad de los caminos rurales del país, debemos tener en cuenta el ancho de plataforma, el cual incluye bermas y calzada, ya que es un valor que influye en el ancho de superposición o traslape de la hoja de nivelación.

A continuación detallamos en la Tabla N°60 el número de pasadas que debe realizar una motoniveladora para cubrir el ancho de la vía, considerando una longitud de hoja de los modelos de maquinaria más comunes y los ángulos más usados en campo.

Tabla N° 60: Numero de pasadas vs Ancho de vía

Longitud de la hoja de nivelación (m)	Long. efectiva (m) $\beta=30^\circ$ $Le=L*\cos(\beta)$	Long. efectiva (m) $\beta=45^\circ$ $Le=L*\cos(\beta)$	Modelos de Motoniveladora
L=3.66	Le=3.15	Le=2.60	12H, 120H, 140H
Ancho de la plataforma	Lo Traslape (ancho de superposición)	Lo Traslape (ancho de superposición)	N° Pasadas (según ancho de la vía)
3.50	2.80	1.70	2
4.00	2.30	1.20	2
4.50	1.80	0.70	2
5.00	1.30	-	2
5.50	0.40	-	2
6.00	0.15	-	3
6.50	1.48	0.98	4
7.00	1.40	0.85	4
7.50	1.28	0.73	4

Fuente: Recopilación de manuales de caminos rurales

Eficiencia de Trabajo:

La eficiencia del trabajo varía según las condiciones del trabajo, la habilidad del operador, etc. Una buena estimación de la eficiencia del trabajo es aproximadamente de 0.70 a 0.85, pero habrá que tener en cuenta las condiciones reales de operación para determinar el valor más apropiado.

Para obtener el tiempo necesario para una partida de perfilado se debe sumar todos los tiempos de operación, los cuales son calculados por separado.

Una vía no pavimentada es un camino con una capa de rodadura conformada por una estructura de agregados pétreos o material granular. En general, los materiales de afirmado o simplemente “afirmados”, pueden ser de dos tipos, según las características del material del pétreo:

- i) Caminos cuya capa de rodadura está constituida por agregados pétreos naturales provenientes de canteras o de excedentes de excavaciones (gravas, cantos rodados, etc.) y donde los materiales que la componen se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos.

- ii) Caminos cuya capa de rodadura está constituida por agregados pétreos naturales provenientes de canteras previamente conocidas o de excedentes de excavaciones (gravas, cantos rodados, etc.) y donde los materiales que la componen se ajustan a determinadas especificaciones sólo en relación con su tamaño.

Según el Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para red vial no pavimentada, el espesor de la capa de afirmado varía entre 10 centímetros y 20 centímetros, con un valor predominante de 15 centímetros.

El “mantenimiento vial”, en general, es el conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen el camino y, de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico. En la práctica lo que se busca es preservar el capital ya invertido en el camino y evitar su deterioro físico prematuro. Las actividades de mantenimiento se clasifican, usualmente, por la frecuencia como se repiten: rutinarias y periódicas. En la realidad todas son periódicas, pues se repiten cada cierto tiempo en un mismo elemento. Sin embargo, en la práctica las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente en diferentes tramos del camino y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados, de varios meses o de más de un año. Bajo estas consideraciones, se definen el mantenimiento rutinario y el mantenimiento periódico, de la siguiente manera: Mantenimiento Rutinario es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente a lo largo del camino y que se realizan diariamente en los diferentes tramos de la vía. Tiene como finalidad principal la preservación de todos los elementos del camino con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de la construcción o la rehabilitación. Debe ser de carácter preventivo y se incluyen en este mantenimiento, las actividades de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras. En los sistemas tercerizados de mantenimiento vial, también se incluyen actividades socio ambiental, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.

Mantenimiento Periódico es el conjunto de actividades que se ejecutan en períodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de

conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplos de este mantenimiento son la reconformación de la plataforma existente y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino. En los sistemas tercerizados de mantenimiento vial, también se incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.

Toda carretera de tierra natural o de afirmado, se deteriora por razones del tráfico, la naturaleza de los suelos y por acción del clima, principalmente la presencia del agua, sea está proveniente de lluvias o encauzamientos.

Superficie Sin Afirmar(SAF)

En la Tabla N°61 detalla los trabajos de rehabilitación a nivel de lastrado con material propio de corte.

Tabla N° 61 Costos de Rehabilitación en superficies sin afirmar

ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMD)	ANCHO DE CALZADA (m)	COSTO MÁXIMO REFERENCIAL INVERSIÓN (US\$/Km)		DESCRIPCIÓN
		COSTA/SIERRA	SELVA	
< 15 veh./día	3.50 - 4.00	12,000.00	15,000.00	Rehabilitación a nivel de lastrado con obras de conformación de subrasante, intervenciones mínimas en obras de arte y drenaje (reparación de alcantarillas, badenes, cunetas, pontones).
15 < veh./día <30	3.50 – 5.00	15,000.00	18,000.00	Rehabilitación a nivel de lastrado con intervenciones en puentes hasta 15 más en obras de arte y drenaje (reparación de alcantarillas, badenes, cunetas, pontones).
30 < veh./día <50	3.50 – 6.00	20,000.00	25,000.00	Rehabilitación a nivel de lastrado con intervenciones en puentes hasta 20 más en obras de arte y drenaje (reparación de alcantarillas, badenes, cunetas, pontones).

SAF: corresponde a una superficie a nivel de lastrado o subrasante mejorada

Nota: Corresponde solo a caminos vecinales.

Fuente: “Plan Estratégico del Programa de caminos rurales” por MTC (2002, p.50)

Superficie Afirmada (AF)

En la Tabla N°62 detalla los trabajos de rehabilitación a nivel de afirmado con material seleccionado de cantera.

Tabla N° 62: Costos de Rehabilitación en superficies afirmadas

ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMD)	ANCHO DE CALZADA (m)	COSTO MÁXIMO REFERENCIAL INVERSIÓN (US\$/Km)		DESCRIPCIÓN
		COSTA /SIERRA	SELVA	
< 20 veh./día	3.50 - 4.00	15,000.00	20,000.00	Comprende trabajos de recuperación de transitabilidad a nivel de afirmado, rehabilitación de los sistemas de drenaje, señalización y obras de arte menores, sin intervención en la geometría de la vía.
20 < veh./día < 40	3.50 - 4.00	20,000.00	25,000.00	
40 < veh./día < 60	3.50 – 5.50	25,000.00	35,000.00	
60 < veh./día < 80	3.50 – 5.50	35,000.00	50,000.00	Rehabilitación a nivel de afirmado de 0,20 - 0,30 m, para carretera de tercer orden (IMD <200), obras de arte significativas, y ampliación de plataforma en zonas críticas.
80 < veh./día < 100	3.50 – 5.50	50,000.00	65,000.00	
100 < veh./día < 150	3.50 – 5.50	65,000.00	100,000.00	
150 < veh./día < 200	3.50 – 5.50	100.000.00	125.000.00	

Departamentales - PCD

* Nota: Corresponde a caminos vecinales y departamentales - El cálculo de los costos corresponde al año 2010.

Fuente: “Plan Estratégico del Programa de caminos rurales” por MTC (2002, p.50)

Una vía no pavimentada es un camino con una capa de rodadura conformada por una estructura de agregados pétreos o material granular. En general, los materiales de afirmado o simplemente “afirmados”, pueden ser de dos tipos, según las características del material del pétreo:

- i) Caminos cuya capa de rodadura está constituida por agregados pétreos naturales provenientes de canteras o de excedentes de excavaciones (gravas, cantos rodados, etc.) y donde los materiales que la componen se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos.
- ii) Caminos cuya capa de rodadura está constituida por agregados pétreos naturales provenientes de canteras previamente conocidas o de excedentes de excavaciones (gravas, cantos rodados, etc.) y donde los materiales que la componen se ajustan a determinadas especificaciones sólo en relación con su tamaño.

Según el Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para la Red Vial No Pavimentada, el espesor de la capa de afirmado varía entre 10 centímetros y 20 centímetros, con un valor predominante de 15 centímetros.

El “mantenimiento vial”, en general, es el conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen el camino y, de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico. En la práctica lo que se busca es preservar el capital ya invertido en el camino y evitar su deterioro físico prematuro. Las actividades de mantenimiento se clasifican, usualmente, por la frecuencia como se repiten: rutinarias y periódicas. En la realidad todas son periódicas, pues se repiten cada cierto tiempo en un mismo elemento. Sin embargo, en la práctica las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente en diferentes tramos del camino y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados, de varios meses o de más de un año. Bajo estas consideraciones, se definen el mantenimiento rutinario y el mantenimiento periódico, de la siguiente manera: Mantenimiento Rutinario es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente a lo largo del camino y que se realizan diariamente en los diferentes tramos de la vía. Tiene como finalidad principal la preservación de todos los elementos del camino con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de la construcción o la rehabilitación. Debe ser de carácter preventivo y se incluyen en este mantenimiento, las actividades de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras. En los sistemas tercerizados de mantenimiento vial, también se incluyen actividades socioambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.

Mantenimiento Periódico es el conjunto de actividades que se ejecutan en períodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Este mantenimiento son la reconformación de la plataforma existente y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino. En los sistemas tercerizados de mantenimiento vial, también se incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.

Procediendo de la manera anterior, se tendrá que después de construida, rehabilitada o reconstruida una vía y que, por lo tanto, se encuentra en buenas condiciones, ella debe ser atendida permanentemente mediante el mantenimiento rutinario y cuando se hayan cambiado sus condiciones de bueno a un estado regular, realizar entonces el manteniendo periódico para volver a unas condiciones similares a las iniciales. Al respecto, es de mencionar que en algunos países se utiliza el Índice de Rugosidad Internacional -IRI - para definir cuándo se deben implementar la intervención de mantenimiento periódico. Para la Red Vial Departamental No Pavimentada se ha establecido la clasificación del Estado de la Superficie de Rodadura en función de ciertos criterios sobre los elementos y condiciones del camino y un cierto valor referencial del IRI, los cuales se presentan en la Tabla N°63.

Tabla N° 63: Costos de Rehabilitación en superficies afirmadas

ESTADO DEL CAMINO		SUPERFICIE DE RODADURA IRI	CRITERIOS Y CONDICIONES DEL CAMINO
Muy mal estado	MM	>18	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie de rodadura presenta elevado deterioro, grandes deformaciones, hundimientos y baches. • De circulación muy restringida durante la mayor parte del año • Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas • La velocidad de circulación es menor a 10 kilómetros por hora en tramos rectos
Mal estado	M	14-18	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie de rodadura presenta deterioro, ciertas deformaciones apreciables, hundimientos y baches • De circulación restringida durante ciertos periodos del año • Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas • La velocidad de circulación es menor a 20 kilómetros por hora en tramos rectos
Regular estado	R	10-14	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie de rodadura presenta deterioro superficial y presencia de baches y hundimientos puntuales • De circulación sin restricciones durante el año • Obras de arte con daños menores y obras de drenaje parcialmente colmatadas • La velocidad de circulación es aproximadamente entre 20 y 40 kilómetros por hora en tramos rectos
Buen estado	B	6-10	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie de rodadura no presenta deterioro apreciable. • De circulación sin restricciones durante el año • Obras de arte en buen estado y obras de drenaje limpias. • La velocidad de circulación es aproximadamente entre 40 y 60 kilómetros por hora en tramos rectos
Muy buen estado	MB	4-6	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad. Superficial. • De circulación sin restricciones durante el año • Todas las obras de arte y de drenaje en muy buen estado y limpias. • La velocidad de circulación puede llegar a ser mayor a 60 kilómetros por hora en tramos rectos

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Periódico para la red Vial Departamental No Pavimentada” por MTC (2006, p.10)

En la Figura N°42 y Figura N°43 detallamos las Actividades Rutinarias en la plataforma:

NORMA DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO RUTINARIO DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL NO PAVIMENTADA	
ELEMENTO DE LA VÍA: LA PLATAFORMA	
CÓDIGO: MR1	ACTIVIDAD: LIMPIEZA DE PLATAFORMA
I. DESCRIPCIÓN: Consiste en la remoción de todo material extraño de la plataforma, con herramientas manuales, de tal manera que permanezca libre de basuras y demás objetos que caigan y/o sean arrojados en ella.	
II. OBJETO: Mantener la plataforma libre de basura, piedras, ramas y demás elementos extraños, que afecten la seguridad de los usuarios del camino.	
III. MATERIALES: No aplica.	
IV. EJECUCIÓN	
IV.1. CRITERIO DE EJECUCIÓN: Ejecutar los trabajos diariamente, dando especial prioridad durante el período de lluvias, en los caminos donde se produce caída de piedras. Inspeccionar permanentemente el estado de limpieza de la plataforma.	
IV.2. MANO DE OBRA	IV.5. PROCEDIMIENTO
Trabajadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. 2. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas. 3. Inspeccionar y delimitar los tramos a trabajar por cada cuadrilla de hombres. 4. Distribuir los trabajadores de acuerdo con el área a limpiar. 5. Retirar de la plataforma basuras, piedras, sedimentos, vegetación, y todo material extraño. 6. Trasladar el material extraño de la plataforma, con carretillas al depósito de materiales excedentes, donde no se afecte ningún elemento del camino ni del medio ambiente. 7. Inspeccionar visualmente que la plataforma haya quedado libre de materiales, piedras, basuras, palos, etc. 8. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
IV.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	
Lampas Picos Rastrillos Escobas Carretillas Cámara fotográfica	
IV.4. MATERIALES	
Ninguno	
V. CONDICIONES DE RECEPCIÓN: El Supervisor verificará que la plataforma de vía esté completamente limpia y que su estado refleje una condición de seguridad y comodidad para el usuario.	VI. UNIDAD DE MEDIDA kilómetro (km)
	VII. INDICADOR DE APROBACIÓN Plataforma limpia
	VIII. FORMA DE PAGO De acuerdo a lo establecido en el contrato

Figura N° 42: Limpieza de la Plataforma

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Rutinaria para la red Vial Departamental No Pavimentada” por MTC (2006, p.23)

NORMA DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO RUTINARIO DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL NO PAVIMENTADA	
ELEMENTO DE LA VÍA: LA PLATAFORMA	
CÓDIGO: MR2	ACTIVIDAD: BACHEO EN AFIRMADOS
<p>I. DESCRIPCIÓN: Consiste en reparar, con equipo liviano y/o manual, pequeñas áreas deterioradas y zonas blandas del afirmado, con material de cantera o de préstamo.</p>	
<p>II. OBJETO: Tapar baches, pozos, depresiones, e irregularidades, que presenten peligro para la circulación del tránsito, así como evitar que se acelere el deterioro de la capa de afirmado.</p>	
<p>III. MATERIALES: Se recomienda que el material para bacheo cumpla con los requisitos establecidos en la Sección 302B del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito: EG-CBT 2005. En caso excepcional podrá utilizarse otro tipo de material con la aprobación del Supervisor.</p>	
<p>IV. EJECUCIÓN</p> <p>IV.1. CRITERIO DE EJECUCIÓN: Reparar lo más pronto posible los deterioros, después de detectados por el Supervisor. El área a reparar debe estar seca y libre de materiales extraños. Se debe garantizar una buena compactación.</p>	
IV.2. MANO DE OBRA	IV.5. PROCEDIMIENTO
Operador de compactador vibratorio portátil Trabajadores	<ol style="list-style-type: none"> Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad, y en caso necesario operadores de PARE y SIGA. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas. Cargar y transportar el material de afirmado a lugares previamente definidos, acordonándolo para no interrumpir la libre circulación del tránsito. Adecuar el área a reparar generando paredes lo más verticales posible y dando forma regular, en lo posible rectangular y con profundidad uniforme, al sector a rellenar. Retirar el material suelto o cualquier otro tipo de material extraño como basuras. El fondo del bache se debe compactar. Esparcir el material en una ó varias capas de espesor no mayor a 10 cm cada una, según la profundidad del bache. Compactar cada capa con compactador vibratorio portátil, ó con pisones metálicos o de concreto. Verificar que el material compactado quede a nivel con la superficie del camino. Remover todo el material suelto del área. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
IV.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	
Compactador vibratorio portátil Picos Lampas Escobas Carretillas Pisones de concreto o metal Cámara fotográfica	
IV.4. MATERIALES	
Material de afirmado Agua	
V. CONDICIONES DE RECEPCIÓN	VI. UNIDAD DE MEDIDA
El Supervisor verificará que los baches hayan sido intervenidos, compactados, y que estén nivelados con la superficie de la vía y que el camino no presente baches.	metros cúbicos (m ³)
	VII. INDICADOR DE APROBACIÓN
	Bache tapado y compactado / camino sin baches
	VIII. FORMA DE PAGO
	De acuerdo a lo establecido en el contrato

Figura N° 43: Bacheo en Afirmados

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Rutinaria para la red Vial Departamental No Pavimentada” por MTC (2006, p.24)

El mantenimiento periódico de la plataforma se requiere cuando el camino se encuentra en estado regular porque existe deterioro superficial generalizado y aproximadamente en un 20% de la superficie de la plataforma, se tiene presencia puntual de baches, deformaciones, encalaminado y otros defectos. En forma más objetiva, para vías no pavimentadas o afirmadas el estado regular se tiene cuando el Índice Internacional de Rugosidad está entre 10 y 14. En esta situación, se necesitan intervenciones con maquinaria pesada para ejecutar, según la magnitud y la gravedad de los daños, las siguientes actividades:

- Perfilado del camino
- Reposición de afirmado
- Reconformación de la plataforma existente

En algunos casos, la actividad de perfilado del camino, realizada con frecuencia aproximada de un año, se considera como Mantenimiento Rutinario Mecanizado y este es el criterio que se empleará en el Programa de Caminos Departamentales-PCD. Excepcionalmente, es posible considerar también como mantenimiento periódico de la plataforma la ejecución de ciertas correcciones geométricas del camino, como son los casos puntuales de cortes o ampliaciones o de rellenos en puntos críticos en donde se requieren mejorar las condiciones de seguridad o corregir ciertos defectos.

En las Figuras N° (44-46) tenemos las normas de ejecución de Mantenimiento Periódico de redes viales no pavimentadas.

NORMA EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL NO PAVIMENTADA	
ELEMENTO DE LA VÍA: LA PLATAFORMA	
CÓDIGO: MP1	ACTIVIDAD: PERFILADO DEL CAMINO
I. DESCRIPCIÓN: Esta actividad incluye la conformación y la compactación de la plataforma.	
II. OBJETO: Mejoramiento de la superficie de rodadura para dejarla en condiciones óptimas de transitabilidad y comodidad para el usuario.	
III. MATERIALES: No aplica	
IV. EJECUCIÓN	
IV.1. CRITERIO DE EJECUCIÓN: Cuando el afirmado del camino se encuentre suelto y empiece a perderse el espesor del material o cuando la irregularidad de la superficie de rodadura, como el encalaminado, afecte las condiciones de transitabilidad de la vía.	
IV.2. PERSONAL	IV.5. PROCEDIMIENTO
Residente de obra Ayudantes de maquinaria Operador de motoniveladora Operador de Compactador de Rodillo Chofer de Camión cisterna Conductores de camión Volquete Laboratorista Auxiliar de laboratorio	<ol style="list-style-type: none"> Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial en concordancia con las normas establecidas. Distribuir los trabajadores con base en la programación de esta actividad Conformar la plataforma, limpiar y perfilar las cunetas empleando la motoniveladora, teniendo cuidado de no estropear los cabezales de las alcantarillas. Realizar la compactación del material afirmado cumpliendo con los ensayos de laboratorio y las normas o especificaciones para esta actividad. Si está muy seco humedecerlo hasta obtener una humedad cercana a la óptima y en caso de estar muy húmedo airearlo removiéndolo con la motoniveladora. Retirar piedras y sobre tamaños mayores a 7,5 cm Limpiar zonas aledañas y estructuras de drenaje que pudieran ser afectadas durante el proceso. Llevar registro fotográfico del proceso constructivo. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
IV.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	
Motoniveladora Compactador de rodillo liso Camión Volquete Herramientas manuales Camión Cisterna Cámara fotográfica Equipo Laboratorio Equipo topográfico	
IV.4. MATERIALES	
Agua	
V. CONDICIONES DE RECEPCIÓN	VI. UNIDAD DE MEDIDA
El Supervisor verificará que la capa de afirmado ha sido escarificada, conformada y compactada cumpliendo con las normas y especificaciones de construcción.	Metro cúbico compacto (m ³)
	VII. INDICADOR DE APROBACIÓN
	Perfilado de la plataforma en afirmado a satisfacción
	VIII. FORMA DE PAGO
	Precio de contrato por trabajo aprobado

Figura N° 44: Perfilado de Camino

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Periódica para la red Vial Departamental No Pavimentada” por MTC (2006, p.23)

NORMA EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL NO PAVIMENTADA	
ELEMENTO DE LA VÍA: LA PLATAFORMA	
CÓDIGO: MP2	ACTIVIDAD: REPOSICIÓN DE AFIRMADO
I. DESCRIPCIÓN: Reposición de material de afirmado incluye escarificado, colocación de material adicional, conformación de afirmado y compactación de la plataforma.	
II. OBJETO: Mejoramiento de la superficie de rodadura para dejarla en condiciones óptimas de transitabilidad y comodidad para el usuario.	
III. MATERIALES: Los materiales para afirmado deben cumplir con los requerimientos establecidos en la Sección 302B de Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito: EG-CBT 2005.	
IV. EJECUCIÓN	
IV.1. CRITERIO DE EJECUCIÓN: Cuando se haya perdido mas de la mitad del espesor original del material o cuando la irregularidad de la superficie de rodadura determine bajas condiciones de transitabilidad de la vía.	
IV.2. PERSONAL	IV.5. PROCEDIMIENTO
Residente de obra Ayudantes de maquinaria Operador de retroexcavadora Operador de compresor Operador de Motoniveladora Operador de Compactador de Rodillo Chofer de Camión Cisterna Conductores de camión Volquete Laboratorista Auxiliar de laboratorio	<ol style="list-style-type: none"> Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial en concordancia con las normas establecidas. Distribuir los trabajadores con base en la programación de esta actividad Coordinar la extracción y zarandeo de material con el equipo y personal necesario en la cantera seleccionada. Escarificar, conformar la plataforma, limpiar y perfilar las cunetas empleando la motoniveladora, teniendo cuidado de no estropear los cabezales de las alcantarillas. Cargar, transportar y descargar el material de afirmado, mezclar y extenderlo sobre la superficie conformada. Realizar la compactación del material afirmado cumpliendo con los ensayos de laboratorio y las normas o especificaciones para esta actividad. Si está muy seco humedecerlo hasta obtener una humedad cercana a la óptima y en caso de estar muy húmedo airearlo removiéndolo con la motoniveladora. Retirar piedras de tamaños mayores a 5 cm. Limpiar zonas aledañas y estructuras de drenaje que pudieran ser afectadas durante el proceso. Llevar registro fotográfico del proceso constructivo. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
IV.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	
Compresor Motoniveladora Retroexcavadora Compactador de rodillo liso Camión Volquete Zaranda Herramientas manuales Camión Cisterna Cámara fotográfica Equipo Laboratorio	
IV.4. MATERIALES	
Material de Afirmado. Elementos para extracción de material de cantera y zarandeo	
V. CONDICIONES DE RECEPCIÓN	VI. UNIDAD DE MEDIDA
El Supervisor verificará que la capa de afirmado se coloque en los sitios seleccionados, con los espesores, compactación requerida y cumpliendo con las normas y especificaciones de calidad establecidos en la Sección 302B de las EG-CBT 2005.	Metro cúbico compacto (m ³)
	VII. INDICADOR DE APROBACIÓN
	Reconstrucción de la plataforma en afirmado a satisfacción
	VIII. FORMA DE PAGO
	Precio de contrato por trabajo aprobado

Figura N° 45: Reposición de Afirmado

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Periódica para la red Vial Departamental No Pavimentada” por MTC (2006, p.24)

NORMA DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL NO PAVIMENTADA	
ELEMENTO DE LA VÍA: LA PLATAFORMA	
CÓDIGO: MP3	ACTIVIDAD: RECONFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA EXISTENTE
I. DESCRIPCIÓN: Consiste en escarificar, conformar, nivelar y compactar el afirmado existente, con ó sin adición de nuevo material de afirmado.	
II. OBJETO: Eliminar huellas, deformaciones, ondulaciones, erosiones, y material suelto de la plataforma, obteniendo una superficie uniforme, de tal manera que la sensación del usuario que transita por la carretera sea de comodidad y seguridad.	
III. MATERIALES: Se aprovechará el material del afirmado existente. De ser necesario se adicionará nuevo material de afirmado. En todos los casos se cumplirá con los requerimientos establecidos en la Sección 302B de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito: EG-CBT 2005.	
IV. EJECUCIÓN	
IV.1. CRITERIO DE EJECUCIÓN: Ejecutar los trabajos antes del inicio de la estación lluviosa. Utilizar materiales adecuados. Cuando sea necesario, adicionar nuevo material de afirmado. Realizar ensayos de laboratorio.	
IV.2. PERSONAL	IV.5. PROCEDIMIENTO
Residente de obra Operador de motoniveladora Operador de rodillo ó compactador vibratorio Trabajadores Conductores	<ol style="list-style-type: none"> Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad, y en caso necesario operadores de PARE y SIGA. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas. Asignar en el lugar, la cuadrilla de trabajadores, el equipo y los materiales necesarios. Escarificar la superficie de rodadura mediante motoniveladora, humedecer ó airear hasta lograr la humedad de compactación, mezclar, conformar y proceder a compactar mediante rodillo ó compactador vibratorio definido según el material a emplear en el afirmado. Trasladar el material retirado, que no sea reutilizable, fuera de la vía a un depósito de excedentes o sitio autorizado de tal forma que conjugue con el entorno ambiental. Inspeccionar visualmente que la superficie de rodadura haya quedado uniforme, y con la pendiente transversal (bombeo) sea suficiente (2% a 4%) para facilitar el escurrimiento del agua lluvia superficial. Al terminar los trabajos retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
IV.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	
Volquete Motoniveladora con escarificador Rodillo ó compactador vibratorio Sistema de riego Lampas Rastrillos Carretillas Picos Cámara fotográfica	
IV.4. MATERIALES	
Material de afirmado	
V. CONDICIONES DE RECEPCIÓN El Supervisor verificará que la plataforma haya quedado conformada y uniforme. Los requerimientos de calidad a cumplir serán los establecidos en la Sección 302B de las EG-CBT 2005.	VI. UNIDAD DE MEDIDA metros cuadrados (m ²)
	VII. INDICADOR DE APROBACIÓN Superficie de rodadura uniforme y compactada
	VIII. FORMA DE PAGO Precio de contrato por trabajo aprobado

Figura N° 46: Reconformación de la Plataforma Existente

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Periódica para la red Vial Departamental No Pavimentada” por MTC (2006, p.25)

Estimación de los costos de mantenimiento con proyecto:

Incluye el costo de mantenimiento rutinario (anual) y el costo de mantenimiento periódico (periodos diferentes). Para calcularlos puedes utilizar costos modulares o precios promedios en base a la información de organismos que se dedican a dicha actividad. Para el Programa de Caminos Rurales del MTC los montos máximos en mantenimiento

rutinario y periódico en la Tabla N°64:

Tabla N° 64: Costo de Mantenimiento en Afirmado

Tipo de Mantenimiento	Costo Referencial (\$ / Km)
Mantenimiento rutinario	2.288,12
Mantenimiento periódico	3.449,96

Fuente: “Caminos Vecinales Guía para la formulación de proyectos de Inversión” por MTC (2010, p.31)

5.4. Presentación de Resultados

5.4.1. Determinación de la Sección Transversal

5.4.1.1. Velocidad de diseño

El estándar de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito conserva los criterios generales establecidos en el diseño geométrico de carreteras. En la Tabla N°65 establecemos el valor de la velocidad de diseño, estos valores dependen de acuerdo a la orografía y demanda.

Tabla N° 65: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

CLASIFICACIÓN		OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO (km/h)				
			20	30	40	50	60
TROCHA CARROZABLE	101 - 200	Plano					
		Ondulado					
		Accidentado					
		Escarpado					
	51 - 100	Plano					
		Ondulado					
		Accidentado					
		Escarpado					
	< 50	Plano					
		Ondulado					
		Accidentado					
		Escarpado					

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.2. Radios mínimos y peraltes máximos

Para contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga de un vehículo al momento de girar en una curva, en la Tabla N°66 se proponen parámetros de radio mínimo y peralte máximo de acuerdo a la velocidad de diseño.

Tabla N° 66: Anchos mínimos de calzada en tangente

Velocidad Directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Radio mínimo (m)
20	4.0	15
30		35
40		60
50		100
60		150
20	6.0	15
30		30
40		55
50		90
60		135
20	8.0	10
30		30
40		50
50		80
60		125
20	10.0	10
30		25
40		45
50		75
60		115
20	12.0	10
30		25
40		45
50		70
60		105

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.3. Sobreancho

La calzada se sobreancho en las curvas, ya que a los conductores de acuerdo a las dimensiones les resulta difícil mantener el vehículo en el centro del carril. Por lo que en la Tabla N°67 se establecen los valores respectivos de acuerdo al radio de curva y velocidad directriz.

Tabla N° 67: Anchos mínimos de calzada en tangente

Velocidad directriz (km/h)	Radio de curva (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
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87
50								1.57	1.31	1.10	0.95
60									1.41	1.19	1.03

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.4. Anchos mínimos de calzada

Los anchos mínimos de calzada en la tangente más conveniente según la investigación de las normas pasadas, fue manteniendo los parámetros del Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2005). En la Tabla N°68 se establecen los valores que va a depender según su orografía, IMDA y velocidad de diseño.

Tabla N° 68: Anchos mínimos de calzada en tangente

CLASIFICACIÓN	TROCHA											
	200 - 101				100 - 51				< 50			
TRÁFICO VEH/DÍA	DC				UC				UC			
CARACTERÍSTICAS	DC				UC				UC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
20 KPH	6.00				5.50				3.50			
30 KPH	6.00				5.50				3.50			
40 KPH	6.00				5.50				4.50			
50 KPH	6.00				5.50				4.50			
60 KPH	6.00				5.50				4.50			

DC: Carretera de dos carriles

UC: Carretera de un carril

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- Calzadas de un carril, deben considerar plazoleta de cruce y/o adelantamiento

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.5. Ancho mínimo de Bermas

El ancho de berma conservó su ancho mínimo que es 0.50m como especifica los manuales de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del 2005 y 2008. En la Tabla N°69 se establecen los valores respectivos de acuerdo a su orografía, IMDA y velocidad de diseño.

Tabla N° 69: Ancho de Bermas

CLASIFICACIÓN	TROCHA											
	200 - 101				100 - 51				< 50			
TRÁFICO VEH/DÍA	DC				UC				UC			
CARACTERÍSTICAS	DC				UC				UC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
20 KPH	-				-				0.50			
30 KPH	0.50				-				0.50			
40 KPH	0.50				0.50				0.50			
50 KPH	0.50				0.50				0.50			
60 KPH	0.50				0.50				0.50			

DC: Carretera de dos carriles

UC: Carretera de un carril

*Calzadas de un carril, deben considerar plazoleta de cruce y/o adelantamiento de 500m como mínimo

Fuente: Elaboración Propia

5.4.2. Determinación de la Superficie de Rodadura

De acuerdo a los resultados de los anchos de plataforma, hallados anteriormente, mostramos en la Tabla N°70, el número de pasadas que daría una motoniveladora de modelo comercial, para los distintos anchos de plataforma.

Tabla N° 70: Número de pasadas vs Ancho de carril

Longitud de la hoja de nivelación (m)	Long. efectiva (m) $\beta=30^\circ$ $Le=L*\cos(\beta)$	Long. efectiva (m) $\beta=45^\circ$ $Le=L*\cos(\beta)$	Modelos de Motoniveladora
L=3.66	Le=3.15	Le=2.60	12H, 120H, 140H
Ancho de la plataforma	Lo Traslape (ancho de superposición)	Lo Traslape (ancho de superposición)	N° Pasadas (según ancho de la vía)
3.50	2.80	1.70	2
4.00	2.30	1.20	2
4.50	1.80	0.70	2
5.00	1.30	-	2
5.50	0.40	-	2
6.00	0.15	-	3
6.50	1.48	0.98	4
7.00	1.40	0.85	4
7.50	1.28	0.73	4

Fuente: Recopilación de manuales de caminos rurales

Así también mostramos costos referenciales de rehabilitación para ambas superficies de rodadura, tanto con terreno natural como con afirmado.

Superficie sin Afirmary (SAF)

En la Tabla N°71 tenemos los costos de rehabilitación en superficies sin afirmar de acuerdo a su IMD y ancho de calzada.

Tabla N° 71: Costos de Rehabilitación en superficies sin afirmar

ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMD)	ANCHO DE CALZADA (m)	COSTO MÁXIMO REFERENCIAL INVERSIÓN (US\$/Km)		DESCRIPCIÓN
		COSTA/SIERRA	SELVA	
< 15 veh./día	3.50 - 4.00	12,000.00	15,000.00	Rehabilitación a nivel de lastrado con obras de conformación de subrasante, intervenciones mínimas en obras de arte y drenaje (reparación de alcantarillas, badenes, cunetas, pontones).
15 < veh./día <30	3.50 – 5.00	15.000.00	18.000.00	Rehabilitación a nivel de lastrado con intervenciones en puentes hasta 15 más en obras de arte y drenaje (reparación de alcantarillas, badenes, cunetas, pontones).
30 < veh./día <50	3.50 – 6.00	20,000.00	25,000.00	Rehabilitación a nivel de lastrado con intervenciones en puentes hasta 20 más en obras de arte y drenaje (reparación de alcantarillas, badenes, cunetas, pontones).

Fuente: Programa de caminos rurales - PROVIAS Descentralizado

SAF: corresponde a una superficie a nivel de lastrado o subrasante mejorada

Fuente: “Plan Estratégico del Programa de caminos rurales” por MTC (2002, p.50)

Superficie Afirmada (AF)

Comprende trabajos de rehabilitación a nivel de afirmado con material seleccionado de cantera. En la Tabla N° 72 se muestra los costos de rehabilitación en superficies de afirmado según el IMDA y ancho de calzada.

Tabla N° 72: Costos de Rehabilitación en superficies afirmadas

ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMD)	ANCHO DE CALZADA (m)	COSTO MÁXIMO REFERENCIAL INVERSIÓN (US\$/Km)		DESCRIPCIÓN
		COSTA /SIERRA	SELVA	
< 20 veh./día	3.50 - 4.00	15,000.00	20,000.00	Comprende trabajos de recuperación de transitabilidad a nivel de afirmado, rehabilitación de los sistemas de drenaje, señalización y obras de arte menores, sin intervención en la geometría de la vía.
20 < veh./día < 40	3.50 - 4.00	20,000.00	25,000.00	
40 < veh./día < 60	3.50 - 5.50	25,000.00	35,000.00	
60 < veh./día < 80	3.50 - 5.50	35,000.00	50,000.00	Rehabilitación a nivel de afirmado de 0,20 - 0,30 m, para carretera de tercer orden (IMD <200), obras de arte significativas, y ampliación de plataforma en zonas críticas.
80 < veh./día < 100	3.50 - 5.50	50,000.00	65,000.00	
100 < veh./día < 150	3.50 - 5.50	65,000.00	100,000.00	
150 < veh./día < 200	3.50 - 5.50	100,000.00	125,000.00	

Fuente: Programa de Caminos Departamentales - PCD

* Nota: Corresponde a caminos vecinales y departamentales - El cálculo de los costos corresponde al año 2010.

Fuente: "Plan Estratégico del Programa de caminos rurales" por MTC (2002, p.50)

En la Tabla N°73 tenemos la estimación de los costos de mantenimiento con proyecto para afirmados:

Tabla N° 73: Costo de Mantenimiento en Afirmado

Tipo de Mantenimiento	Costo Referencial (\$ / Km)
Mantenimiento rutinario	2.288,12
Mantenimiento periódico	3.449,96

Fuente: "Caminos Vecinales Guía para la formulación de proyectos de Inversión" por MTC (2010, p.31)

Al no contar con costos de conservación para carreteras sin afirmar, se relacionó los costos de rehabilitación de carretera sin afirmar con los de superficie de rodadura afirmada, para así estimar dichos costos.

En la Tabla N°74 se tomó los costos de acuerdo a que el IMDA y el ancho de la calzada sean semejantes para ambos casos.

Tabla N° 74: Relación Rehabilitación vs. Mantenimiento

Tipo de superficie	Rehabilitación Precio x Km (US\$)	Mantenimiento Periódico Precio x Km (US\$)
Terreno Natural	20000	1971.41
Afirmado	35000	3449.96

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la experiencia de ingenieros viales, se estimó la cantidad de mantenimientos periódicos que tiene cada superficie de rodadura, y se llegó a la conclusión que una carretera sin afirmar, requiere aproximadamente el triple de mantenimientos que una carretera afirmada. En la Tabla N°75 se muestra a más detalle la optimización de costos de conservación, se tomó en cuenta tanto el precio por km, como la cantidad de mantenimientos al año, para generar un factor que ayudó a determinar qué tipo de superficie de rodadura optimiza costos a largo plazo.

Tabla N° 75: Optimización de costos de conservación periódico

Tipo de superficie	Precio x Km (S/.)	Cantidad de perfilado por año	Factor
Terreno Natural	1971.41	1.00	1971.41
Afirmado	3449.96	0.33	1138.49

Fuente: Elaboración Propia

5.5. Análisis de Resultados

5.5.1. Sección Transversal

5.5.1.1. Velocidad de diseño

El propósito es contemplar mediante la propuesta del estándar para trochas carrozables contemplando el Manual de Carreteras de Diseño Geométrico DG - 2018. Se introduce como mejora la clasificación por demanda clasificándolo de la siguiente manera el IMDA: 200 – 101, 100 – 51, < 50 veh/día, manteniendo la clasificación del manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del año 2005.

5.5.1.2. Radios mínimos, peraltes máximos

Los peraltes y radios mínimos de carreteras de tercera clase, son en la actualidad los parámetros mínimos que establece el Manual de Carreteras de Diseño Geométrico DG – 2018. Sin embargo, para la presente investigación lo hemos subdividido para IMDA

menores a 200 veh/día, y va a mantener los rangos del Manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del año 2008.

5.5.1.3. Sobreancho

Para determinar los valores del Sobreancho mantenemos los valores que nos da el Manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del año 2005, pero con nuevos parámetros de radio mínimos analizados anteriormente y la velocidades de diseño son hasta 60 km/h.

5.5.1.4. Ancho mínimo de calzada

El diseño geométrico esta abordado de forma separada en planta, perfil y sección transversal, el cual tomamos la sección transversal para poder hallar sus parámetros mínimos que cumplan con los estándares necesarios de diseño, seguridad y economía.

Para poder analizar el ancho mínimo de calzada, separamos de acuerdo al IMDA que pueda tener la trocha: de 200 a 101 (Veh/día), 100 a 51 (Veh/día), y menor a 50 (Veh/día).

- IMDA 200 a 101 Veh/día:

Para este tipo de tráfico se usó una calzada de dos carriles para permitir el cruce y/o adelantamiento de vehículos, por lo que lo más conveniente fue mantener los parámetros del Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2005) el cual nos da un ancho de 6.00 m para las velocidades de 20 KPH A 60 KPH, capaz de brindar una trayectoria continua a vehículos hasta de 3 ejes.

- IMDA 100 a 51 Veh/día:

En este tipo de tráfico se usó una calzada de un solo carril, ya que las dimensiones son suficientes para una trayectoria segura y económica, permitiendo el cruce y/o adelantamiento de vehículos, por ello lo más conveniente fue mantener los parámetros del Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2005), usando un único ancho de 5.50m para las velocidades de 20KPH a 60KPH, brindando una trayectoria segura y continua.

- IMDA menor a 50 Veh/día:

Debido a que es un índice de tráfico muy bajo y en tramos donde las velocidades de diseño son de 20KPH y 30KPH, de acuerdo a las dimensiones del Reglamento Nacional de

Vehículo, un ancho de carril de 3.50m será suficiente para que transite un vehículo, y en caso de cruce y/o adelantamiento se consideró plazoletas cada 500 m según el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2005). Para lugares donde se puedan transitar con mayores velocidades de 40 KPH a 60 KPH, se hizo un análisis según el ancho de un vehículo, en el cual con 4.50m de carril más un ancho mínimo de berma de 0.50m en cada lado, fue suficiente para el cruce y/o adelantamiento de vehículos, cumpliendo con los estándares mínimos de seguridad.

5.5.1.5. Ancho de Berma

El ancho de berma se mantuvo tal cual especifica el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito 2005 y 2008, en el que indica un ancho mínimo de 0.50m, ya que será suficiente para permanecer libre de todo obstáculo incluyendo las señales de tránsito, y según el análisis que se realizó en el capítulo V será suficiente para darle uso a carreteras de un solo carril que tienen un tráfico muy bajo y permite el cruce y/o adelantamiento de vehículos, cumpliendo una trayectoria segura y económica.

5.5.2. Superficie de Rodadura

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que la motoniveladora es una maquinaria fundamental para este tipo de trabajo, ya que depende tanto de la eficiencia del operador, como del ángulo con el que se utilice la hoja, para poder optimizar costos de conservación, ya sea ahorrando en combustible o en horas máquina.

Al no contar con suficiente información de costos de conservación en una carretera de terreno natural como superficie de rodadura, se optó por estimar dicha variable.

Se relacionó los costos de rehabilitación para ambos casos, con el fin de determinar los costos de conservación periódica para carreteras sin afirmar. No se tomó en cuenta los mantenimientos rutinarios, ya que son trabajos que se hacen en periodos semejantes para ambos casos, además de no variar mucho en los costos por ser trabajos más simples.

Al final se comparó los factores resultantes de la relación precio y cantidad de periodo, por lo que nos arrojó que la superficie de rodadura con el que podemos optimizar los costos de conservación a lo largo del tiempo es el afirmado.

CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

6.1. Contrastación de Hipótesis

Al haber desarrollado el análisis de la sección transversal y superficie de rodadura para trochas carrozables, se presenta la comprobación de las hipótesis planteadas.

6.1.1. Hipótesis Específica 1

Hipótesis Alternativa (H1): Los nuevos parámetros de sección transversal en trochas carrozables permitirá optimizar los costos de construcción en dichas carreteras.

El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, es la norma actual a usar para poder realizar el diseño de una carretera en nuestro país, nos dan diversos parámetros ya sea en perfil y planta, así como también de la sección transversal, de estos parámetros podremos obtener los costos de construcción de una carretera.

Sin embargo, dicho manual no presenta los parámetros de sección transversal para trochas carrozables; debido a que sus parámetros mínimos son para carreteras de 3ra clase en el que su ancho mínimo de plataforma es de 7.00m según la Tabla N°55, para este ancho de plataforma usando un tramo de carretera de 1.02 km se obtiene un costo de construcción de S/. 1 047 361.25, este precio vendría a ser usado tanto para carreteras de 3ra clase o para trochas carrozables, ya que la norma vigente específica que usen los mismos parámetros tanto para ambos tipos de carreteras.

Para llenar el vacío del Manual de Diseño Geométrico DG – 2018, se hizo el análisis respectivo en el capítulo V, en el que se propone obtener los parámetros mínimos de sección transversal que cumplan con los estándares mínimos de diseño, seguridad y economía. El principal criterio es de seguridad ya que los demás criterios tienen la flexibilidad de acomodarse a cada situación en función de la topografía y crecimiento potencial del tráfico.

Para obtener los diferentes anchos de plataforma para trochas carrozables, hemos dividido con tráfico que correspondan con IMDA de 101 a 200 veh/día en el que su ancho de plataforma será de 7.00m y su costo de construcción será al igual que al de uno de 3ra clase con ancho mínimo. Para tráfico con un IMDA de 51 a 100 veh/día tendremos

anchos de plataforma de 6.50m cuyo costo de construcción es de S/. 895 314.82. Por último para tráfico con un IMDA menores a 50 veh/día tenemos un ancho de plataforma de 5.50m cuyo costo de construcción es de S/. 782 841.24, y para menores velocidades de diseño un ancho de plataforma de 4.50m cuyo costo de construcción es de S/.638 850.64.

Por lo tanto, se propone incluir en la norma vigente DG – 2018 la Tabla N°68 y la Tabla N°69 como parámetros de sección transversal para trochas carrozables para optimizar costos de construcción; a su vez incluyendo también los parámetros de radio, peralte y Sobreebanco para las curvas de dicha carretera.

Alvarado, W y Martínez, L (2017). Elaboró la actualización del diseño geométrico de una carretera de bajo volumen (Chancos-Vivos-Wiash). Para dicha propuesta se utilizó un tipo de metodología mixta, donde se realizaron trabajos en campo verificando la situación actual de la carretera y extrayendo los parámetros necesarios para el diseño en general. La actualización del diseño se modeló en el software Vehicle Tracking con el objetivo de comprobar la trayectoria segura del vehículo de diseño dentro de las nuevas dimensiones y criterios. Como conclusión de dicho proyecto se obtuvo que la carretera mejoró en relación a la seguridad. También se ratificó la disminución de costos de transporte, operación y mantenimiento.

Hipótesis Nula (H_0): Los nuevos parámetros de sección transversal en trochas carrozables no permite optimizar los costos de construcción en dichas carreteras.

Finalmente de acuerdo a las tablas mencionadas y las investigaciones pasadas que refuerzan lo dicho, se verifica que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

6.1.2. Hipótesis Específica 2

Hipótesis Alterna (H_1): El tipo de superficie de rodadura adecuado de las trochas carrozables permitirá optimizar costos de conservación en dichas carreteras.

El tipo de superficie a emplear va a depender de acuerdo a la efectividad, la disponibilidad del material y los costos de conservación que se tendría a lo largo del tiempo de uso. En el Perú existen diversas trochas ya sean con terreno natural o afirmado, ya que la presente norma no indica que tipo de superficie de rodadura es el adecuado con el fin de optimizar

costos de conservación.

El afirmado es la superficie de rodadura más óptima para trochas carrozables, a pesar de que el material a usar es un material ajeno al del terreno de fundación, ya que es necesario la extracción del material en canteras. Como se muestra en las tablas de resultados, el mantenimiento periódico y rutinario para una superficie de terreno natural es de 1000 y 1971.41 \$/km respectivamente; mientras que para una superficie de afirmado, los costos de conservación se elevan, siendo estos de 2288.12 y 3449.96 \$/km para mantenimientos rutinario y periódico respectivamente. El mantenimiento periódico en afirmados se da en un promedio de cada 3 años, mientras que en superficies de terreno natural, al ser estas más vulnerables y presentar una mayor cantidad de fallas superficiales, se recomienda que el mantenimiento sea cada año. Por lo que en una relación de precios y periodos de mantenimiento, el afirmado sería la superficie más óptima, ya que a pesar de tener costos más elevados, su vida útil será más duradero y por tanto los mantenimientos se darán entre intervalos más largo de tiempo que el de uno con solo terreno natural, como lo demuestran los factores hallados en la tabla N° 75, el cual arroja que una superficie de terreno natural tiene un costo aproximado de 1971.41 US\$ por año, mientras que en una superficie de afirmado el costo por año es de 1138.49 US\$, ya que este último presenta una superficie más resistente con respecto a las cargas que tiene que soportar a futuro.

Hipótesis Nula (H0): El tipo de superficie de rodadura adecuado de las trochas carrozables no permitirá optimizar costos de conservación en dichas carreteras.

Finalmente de acuerdo al análisis realizado se verifica que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

6.1.3. Hipótesis Principal

Hipótesis Alterna (H1): Los parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 sirven para optimizar los costos en los caminos rurales del Perú.

La propuesta de la presente investigación es de obtener nuevos parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables tanto para la sección transversal y su adecuada superficie de rodadura, con la finalidad de optimizar costos, tanto como de construcción y de conservación.

Debido a los resultados obtenidos se da por válida la hipótesis general de esta

investigación: Los parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 sirven para optimizar los costos en los caminos rurales del Perú.

6.2. Discusión

Para la sección transversal se hizo la investigación de normas nacionales e internacionales para comparar y posteriormente analizar para obtener los resultados de parámetros en sección transversal para trochas carrozables, tal como se muestra en el capítulo V en la presentación de resultados, por lo que primero mostramos la velocidad de diseño que muestra la Tabla N°65; y posteriormente los parámetros a usar para la sección transversal en trochas carrozables lo encontramos en la Tabla N°66, Tabla N°67, Tabla N°68 y Tabla N° 69; los anchos de plataforma varían de 7.00m a 4.50m según el IMDA y la velocidad de diseño.

Para la superficie de rodadura, de acuerdo al Plan Estratégico de caminos rurales del MTC, se hizo la comparación económica del costo de mantenimiento para carreteras afirmadas y sin afirmar (terreno natural), por lo que según el análisis hecho en el capítulo V se llega a saber que al realizar una superficie de rodadura sin afirmar se realizara el triple de mantenimiento que al de una carretera afirmada, por lo que a largo plazo lo mejor es optar por una carretera afirmada cumpliendo con sus especificaciones técnicas respectivas para que tenga estabilidad y pueda soportar las cargas del tránsito vehicular.

CONCLUSIONES

1. Gracias a los criterios y parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables identificados en normas tanto nacionales como internacionales, se pudo obtener parámetros tanto para sección transversal y el material adecuado para la superficie de rodadura, de acuerdo al análisis realizado en el capítulo V se ve reflejado la optimización de costos para construcción y mantenimiento.
2. Para optimizar los costos de construcción, utilizamos el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2005), ya que fue lo más conveniente en mantener los parámetros de sección transversal en dicha norma. Según la norma actual DG – 2018 presenta un ancho mínimo de plataforma de 7.00m que representa un costo de S/. 1 047 361.25; pero obteniendo nuevos anchos de plataforma que son de 6.50m, 5.50m y 4.50m que van a depender según el IMDA y la velocidad de diseño, los nuevos costos serán de S/. 895 314.82, S/. 782 841.24 y S/.638 850.64 respectivamente, por lo que se ve reflejado una optimización económica con estos nuevos parámetros.
3. Para optimizar los costos de conservación, es más efectivo emplear como tipo de superficie de rodadura el Afirmado, ya que generalmente solo necesita perfilados por periodos de tiempos más largos, y difícilmente presenta fallas que requieran partidas como reposición de material; a diferencia del terreno natural que presenta más daños en menos tiempo. Esto se ve reflejado en los factores de costos de mantenimiento periódico que se tiene al año, 1971.41 US\$ para el terreno natural y 1138.40 US\$ para el afirmado. Siendo estos valores aproximados relativamente semejantes, ya que se debe considerar las condiciones de cada carretera y la disponibilidad de material, aun así existiendo una ligera ventaja a largo plazo en una carretera con afirmado.
4. Es importante realizar el análisis de las dimensiones de un vehículo de acuerdo a su reglamento, ya que este es un factor importante que depende del ancho del carril, por lo que se puede concluir que la geometría de la carretera propuesta brinda las condiciones necesarias para prevenir daños y efectos provocados por accidentes viales.

5. El análisis económico refleja la viabilidad del proyecto, es por eso que estos nuevos parámetros de sección transversal son menores a los parámetros mínimos que tiene el Manual DG-2018, por ende se refleja un ahorro en tiempo y costo en la construcción de la carretera.

6. Para sustentar la realización de modificaciones, se realizaron metrados y aplicamos a un tramo de carretera, en el que de acuerdo a su topografía y su sección transversal para cada caso, se pueden obtener volúmenes de corte y relleno, para poder realizar su respectivo presupuesto y poder compararlos.

RECOMENDACIONES

1. Siempre es importante tener una visión general durante el trazado del eje de la vía a proyectar, no solo teniendo en cuenta el diseño geométrico, sino también otros factores como el drenaje (en el cruce de quebradas, teniendo en cuenta el tipo de estructura a proyectar, se debe analizar a que nivel trazar la rasante), geología y suelos (evitar cortes en sectores inestables, así como el relleno en zonas inadecuadas) seguridad vial (tener en cuenta la velocidad de operación), etc.
2. De ser viable estos parámetros de sección transversal para el MTC, se recomienda la ejecución de proyectos para este tipo de carreteras, ya que la evaluación económica muestra indicadores positivos.
3. Para la superficie de rodadura se recomienda contratar personal calificado para el uso de la motoniveladora, ya que presenta mayor eficiencia y con esto reducir los tiempos y costos de conservación.
4. Para elegir las alternativas de superficie de rodadura a plantear, más allá de seguir la norma al pie de la letra, hay que tener en cuenta algunos factores como la disponibilidad de canteras, el costo de flete de materiales, la estabilidad del suelo, el medio ambiente, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). *Diseño geométrico de Caminos locales de Muy Bajo Volumen (TMD<400)*. Washington D.C.
- Alvarado, W., Martínez, L. (2017). *Propuesta para la actualización del Diseño Geométrico de la carretera Chancos-Vicos-Wiash Según Criterios de Seguridad Y Economía*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima – Perú.
- Camelo, V., Pereira, Y. (2015). *Factores que afectan los rendimientos de las motoniveladoras y compactadoras en las construcciones de Obras Viales urbanas en Bogotá*. (Tesis de Pregrado). Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.
- Cárdenas, J. (2012). *Estudio comparativo de metodologías de relevamiento de fallas en caminos no pavimentados*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
- Castro, C., Céspedes, M. (2009). *Estudio Comparativo de Normas de Diseño Geométrico y Pavimentos de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito. Caso: “Carretera Lancarolla – Mungui”*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.
- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Ibáñez, W. (2011). *Costos y Tiempos en Carreteras*. Lima, Perú.
- Menéndez, J. (2012). *Ingeniería de pavimentos: Materiales, diseño y conservación*. Lima, Perú.

- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2001). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2001*. Lima, Perú.
- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG – 2013*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). *Manual de Carreteras: Mantenimiento o conservación Vial*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2006). *Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2005). *Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2006). *Manual Técnico de Mantenimiento Periódico para la Red Vial Departamental No Pavimentada*. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2006). *Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para la Red Vial Departamental No Pavimentada*. Lima, Perú.

Morales, A. (2017). *Diseño Geométrico y Medición de niveles de servicio esperado del tramo crítico de la Ruta N° LM-122*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú.

Overseas Road Note 6 “A Guide to Geometric Design” Overseas Unit. (1998). *Transport and Road Research Laboratory Crowthome Bershire*. United Kingdom.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	
			INDEPENDIENTES	DEPENDIENTES
¿QUÉ PARAMETROS DE DISEÑO GEOMETRICO EMPLEAR PARA OPTIMIZAR COSTOS EN TROCHAS CARROZABLES, SI LA NORMA DG-2018 NO LO ESTABLECE?	PROPONER NUEVOS PARAMETROS DE DISEÑO GEOMETRICO PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA NORMA DG-2018, A FIN DE OPTIMIZAR COSTOS, MEDIANTE UN ANALISIS DE LAS NORMAS DE CAMINOS RURALES EXISTENTES	LOS PARAMETROS DE DISEÑO GEOMETRICO PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA NORMA DG-2018 SIRVEN PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS EN LOS CAMINOS RURALES DEL PERU	X: PARAMETROS DE DISEÑO GEOMETRICO	Y: COSTOS
DIMENSIONES				
¿QUE SECCION TRANSVERSAL DEBEN TENER LAS TROCHAS CARROZABLES PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE CONSTRUCCION SI LA NORMA DG-2018 NO LO ESTABLECE?	DETERMINAR LA SECCION TRANSVERSAL EN TROCHAS CARROZABLES PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE CONSTRUCCION MEDIANTE UN ANALISIS DE LAS NORMAS DE CAMINOS RURALES EXISTENTES	LA SECCION TRANSVERSAL DE LAS TROCHAS CARROZABLES DETERMINADAS MEDIANTE UN ANALISIS DE LAS NORMAS DE CAMINOS RURALES EXISTENTES, SIRVEN PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE CONSTRUCCION EN DICHAS CARRETERAS.	X1: SECCION TRANSVERSAL	Y1: COSTO DE CONSTRUCCION
¿QUÉ TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA EMPLEAR PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE CONSERVACION EN TROCHAS CARROZABLES SI LA NORMA DG-2018 NO LO ESTABLECE?	DETERMINAR EL TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA ADECUADO PARA TROCHAS CARROZABLES CON EL FIN DE OPTIMIZAR COSTOS DE CONSERVACION MEDIANTE UN ANALISIS DE LAS NORMAS DE CAMINOS RURALES EXISTENTES	EL TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA ADECUADO DE LAS TROCHAS CARROZABLES DETERMINADO MEDIANTE UN ANALISIS DE LAS NORMAS DE CAMINOS RURALES EXISTENTES, SIRVE PARA OPTIMIZAR	X2: SUPERFICIE DE RODADURA	Y2: COSTO DE CONSERVACION
INDICADORES				
			X11: SECCION DE CARRIL	Y11: COSTO MOVIMIENTO DE TIERRAS
			X12: BERMA	
			X21: TERRENO NATURAL	Y21: COSTO Y PERIODO DE MANTENIMIENTO
			X22: AFIRMADO	

Anexo 2: Operacionalización de Variables

	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE	Parámetros de Diseño Geométrico	Sección Transversal	Velocidad	Magnitud (m/s, m, %)	Manuales MTC Manuales Internacionales
			Radio y Peralte		
			Sobreechancho		
			Sección del Carril		
			Berma		
		Superficie de Rodadura	Terreno Natural	Precio por Km (S/.)	Manuales MTC
Afirmado					
DEPENDIENTE	Costos	Costos de Construcción	Costo de Movimiento de Tierras	Presupuesto (Soles) Metrados (m3, m2, glb)	S10 (Metrados y Presupuesto)
		Costos de Conservación	Costo y Periodo de Mantenimiento		