



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
CIVIL**

**TESIS**

**“DISEÑO DEFINITIVO DE LA CARRETERA LA  
PRIMAVERA - SIMÓN BOLÍVAR, DISTRITO DE  
NUEVA CAJAMARCA, PROVINCIA DE RIOJA,  
REGIÓN SAN MARTÍN”**

**Autor:**

**Bach. Sánchez Caro, Jhordin Enderson**

**Asesor:**

**Ing. Ruiz Saavedra, Nepton David**

**Línea de Investigación:**

**Ingeniería de Procesos – Ingeniería Vial y de  
Transportes**

**Pimentel – Perú**

**2018**

**TESIS**

**“DISEÑO DEFINITIVO DE LA CARRETERA LA PRIMAVERA - SIMÓN  
BOLÍVAR, DISTRITO DE NUEVA CAJAMARCA, PROVINCIA DE RIOJA,  
REGIÓN SAN MARTÍN”**

**Aprobación de Tesis**

-----  
Ing. Ruiz Saavedra Nepton

**Asesor especialista**

-----  
Dr. Coronado Zuloeta Omar

**Presidente del Jurado de tesis**

-----  
Ing. Borja Suárez Manuel A.

**Secretario del jurado de tesis**

-----  
Ing. Ruiz Saavedra Nepton

**Vocal del jurado de tesis**

## **DEDICATORIA**

A Dios principalmente por mostrarme el camino del bien y formarme como una persona de moral y ética, por darme la oportunidad de seguir luchando día a día para conseguir las metas que me he planteado durante este corto tiempo de vida y que las voy consiguiendo gracias a su bendición.

A mi padre Fausto Sánchez Sánchez quien guía mis pasos desde el cielo, a mi madre Gricelia Caro Bustamante quien siempre se mostró muy exigente con mi educación desde muy temprana edad y que gracias a ella hoy soy una persona responsable y de bien.

A mis hermanos, los Ingenieros Lizandro Gelmer Sánchez Caro y Nilmer Isaías Sánchez Caro; mi hermana Arelis Auria Sánchez Caro , mis sobrinos Diany, Jheferson, Frank, Leydi, por su gran apoyo que me han brindado a lo largo de mi proceso de formación como profesional, por sus consejos, cariño, paciencia y amor familiar.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ingeniero Nepton Ruiz Saavedra por compartir sus conocimientos adquiridos a lo largo de su vida profesional que permitieron poder culminar mi tesis.

A mi hermano, el Ing. Lizandro Gelmer Sánchez Caro, quien ha sido uno de los principales pilares de mi educación universitaria, quien siempre me brindó sus consejos y me mostró el significado de ser un Ingeniero Civil.

A la Universidad Señor de Sipán y en especial a los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Civil de quienes he recibido una excelente formación universitaria.

## ÍNDICE

TESIS .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi
CAPITULO I.....	
INTRODUCCIÓN .....	13
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo general .....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 Justificación .....	14
1.2.1 Justificación económica .....	14
1.2.2 Justificación ambiental .....	15
1.3 Antecedentes.....	15
1.3.1 A nivel internacional .....	15
1.3.2 A nivel nacional .....	16
1.3.3 A nivel local .....	17
1.4 Marco teórico.....	18
1.4.1 Clasificación de carreteras .....	18
1.4.2 Derecho de vía o faja de dominio.....	24
1.4.3 Faja de propiedad restringida .....	25
1.4.4 Parámetros básicos para el diseño .....	25
1.4.5 Estudio de mecánica de suelos .....	47
1.4.6 Diseño del pavimento.....	60
1.4.7 Estudio hidrológico .....	61
1.4.8 Señalización .....	64
1.4.9 Definición de la terminología.....	81
CAPÍTULO II .....	

MATERIAL Y MÉTODOS .....	58
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	84
2.1 Tipo de investigación.....	84
2.2 Método de investigación.....	84
2.3 Población .....	84
2.4 Muestra .....	84
2.5 Variables.....	84
2.5.1 Variable independiente .....	84
2.5.2 Variable dependiente .....	84
2.5.3 Operacionalización de variables .....	84
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	88
2.7 Validación.....	88
CAPÍTULO III .....	
RESULTADOS .....	92
III. RESULTADOS .....	90
3.1 Resultados.....	90
3.1.1 Resultados del estudio de tráfico .....	90
3.1.2 Resultados del estudio topográfico y geométrico .....	91
3.1.3 Resultados del estudio de mecánica de suelos.....	93
3.1.4 Resultados del estudio hidrológico y diseño de obras de arte .....	94
CAPITULO IV .....	
DISCUSIÓN.....	92
IV. DISCUSIÓN .....	98
4.1 Discusión .....	98
4.1.1 Discusión de los resultados del estudio de tráfico .....	98
4.1.2 Discusión de los resultados del estudio topográfico y geométrico.....	98
4.1.3 Discusión de los resultados del estudio de mecánica de suelos .....	98
4. 1.4 Discusión de los resultados del estudio hidrológico y diseño de obras de arte .....	99
CAPÍTULO V .....	
CONCLUSIONES .....	98
V. CONCLUSIONES .....	101
5.1 Conclusiones.....	101
CAPITULO VI.....	

REFERENCIAS .....	103
-------------------	-----

VI. REFERENCIAS.....	
----------------------	--

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características básicas de superficie de rodadura de CBVT.....	20
Tabla 2: Ancho del derecho de vía para CBVT .....	24
Tabla 3: Distancia de visibilidad de parada (metros).....	27
Tabla 4: Distancia de visibilidad de adelantamiento (metros) .....	28
Tabla 5: Necesidad de curvas de transición .....	30
Tabla 6: Longitud deseable de la curva de transición .....	30
Tabla 7: Fricción transversal máxima en curvas .....	32
Tabla 8: Radios mínimos y peraltes máximos .....	32
Tabla 9: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte .....	34
Tabla 10: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.....	38
Tabla 11: Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.....	38
Tabla 12: Pendientes máximas.....	39
Tabla 13: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (m) .....	43
Tabla 14: Bombeos de la calzada.....	43
Tabla 15: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:V).....	45
Tabla 16: Taludes para terraplenes.....	46
Tabla 17: Dimensiones mínimas de las cunetas.....	46
Tabla 18: Clasificación de suelos, según aashto y sucs .....	48
Tabla 19: Clasificación de suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282 .....	50
Tabla 20: Grupos de clasificación AASHTO.....	51
Tabla 21: Clasificación de suelo de subrasante según índice de grupo .....	52
Tabla 22: Número de calicatas para exploración de suelos .....	54
Tabla 23: Ensayos a realizar.....	55
Tabla 24: Categorías de subrasante .....	57
Tabla 25: Granulometría del afirmado .....	59
Tabla 26: Operacionalización de variables .....	85
Tabla 27: Proyección del tráfico total, tramo: Nueva Cajamarca – La Primavera.....	90
Tabla 28: Resumen de parámetros de diseño .....	92
Tabla 29: Ubicación de plazoletas .....	93
Tabla 30: Resumen de calicatas .....	93
Tabla 31: Análisis de cantera .....	94
Tabla 32: Diseño del pavimento.....	94
Tabla 33: Resumen de obras de arte.....	95

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección Típica de una CBVT .....	22
Figura 2. Coordinación de elementos horizontal y vertical .....	42
Figura 3. Grupos de clasificación AASHTO. ....	51
Figura 5. Espesor de capa de revestimiento granular .....	60

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1: Proyección de tránsito.....	25
Ecuación N° 2: Distancia de visibilidad en curvas horizontales.....	31
Ecuación N° 3: Radio mínimo .....	32
Ecuación N° 4: Sobreancho de la calzada.....	35
Ecuación N° 5: Longitud de la curva vertical .....	38
Ecuación N° 6: Índice de grupo .....	52
Ecuación N° 7: Espesor del pavimento .....	60
Ecuación N° 8: Gasto máximo de escorrentía directa.....	61
Ecuación N° 9: Fórmula de Manning.....	62



## RESUMEN

El objetivo planteado en esta tesis es la de diseñar la carretera que unirá a las poblaciones de la primavera con Simón Bolívar para elevar el nivel de calidad de vida de las poblaciones de estudio; la presente tesis usó el tipo de investigación aplicada pues busca modificar la realidad problemática de las poblaciones de la primavera y simón bolívar, el método empleado es el inductivo – deductivo. Se tiene como población de estudio los 4.193 km de carretera de 1 calzada, con bermas laterales, cunetas, alcantarillas de tubería metálica corrugada, kilométricos, badenes, señalización, siendo la muestra la carretera y sus obras complementarias.

Los resultados obtenidos en esta tesis son que la velocidad directriz es de 20 km/hora, el ancho de superficie de rodadura es 3.50 metros y se colocarán plazoletas de cruce cada 500 metros, contará además con un afirmado de material granular. Estos resultados no coinciden con los encontrados por Saldaña, Mera (2014) pues ellos rediseñaron una vía que ya existía y ya poseían un nivel de transitabilidad mínima, pero a pesar de tener una topografía similar a la de esta presente tesis optaron por una velocidad superior en 10 km/h a la planteada en esta tesis. Se concluye que el costo directo asciende a un valor de S/. 1'737,089.46.

**Palabras clave:** Carretera, sección transversal, CBR, pavimento.

## ABSTRACT

The objective set out in this thesis is to design the road that will link the populations of the spring with Simon Bolivar to raise the level of quality of life of the study populations; the present thesis used the type of applied research because it seeks to modify the problematic reality of the populations of the spring and simón bolívar, the method used is the quantitative one, since the aim is to make measurements (quantify) to obtain the costs of the study based on to various studies carried out (study of traffic, topography, geometry, hydrology, etc.). The study population is 4,193 km of 1-lane road, with lateral berms, ditches, corrugated metal pipe culverts, kilometric, speed bumps, signaling, the road being the sample and its complementary works.

The results obtained in this thesis are that the guideline speed is 20 km / hour, the width of the tread surface is 3.50 meters, and crossing platforms will be placed every 500 meters, and will also have an affirmed granular material. These results do not coincide with those found by Saldaña, Mera (2014) because they redesigned a route that already existed and already had a minimum level of traffic, but despite having a topography similar to this thesis opted for a higher speed in 10 km / ha the one raised in this thesis. It is concluded that the direct cost amounts to S /. 1'737,089.46.

**Keywords:** Road, cross section, CBR, pavement.

## INTRODUCCIÓN

La página Infobae en una de sus columnas escrita por Darío Mizrahi en el año 2013 presentó una información en la que una auditoría del tribunal de cuentas europeo (TCE) comparó 24 proyectos viales realizados en España, Polonia, Grecia y Alemania entre 2000 y 2013, neutralizando las diferencias de precio producidas por obras complejas de ingeniería como túneles y viaductos y los comparó con proyectos viales realizados en los países de México, Perú, Bolivia y Argentina. De la comparación realizada de los costos de construcción de un kilómetro de carretera asfaltada tanto en Europa como en América Latina arrojó el siguiente resultado, que el kilómetro de carretera asfaltada en América Latina cuesta 7 veces el valor de kilómetro de carretera asfaltada en Europa, esto se puede evidenciar por temas de corrupción que no son ajenos en nuestros países latinoamericanos lo que conllevan a elevar los costos de los proyectos de ingeniería vial.

Se planteó un objetivo general el cual era diseñar la carretera que unirá a las poblaciones de la primavera con Simón Bolívar para elevar el nivel de calidad de vida de las poblaciones de estudio.

La tesis contiene en su primer capítulo la presentación del objetivo principal y los secundarios, así como también se da a conocer la teoría empleada para el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados tales como teorías para el diseño de la geometría de la vía, teorías para el diseño de obras de arte, teorías para el diseño del pavimento, etc.

En el segundo capítulo se da a conocer el tipo de investigación realizado, el método de investigación empleado, se da a conocer la población y muestra, se identifican las variables y la operacionalización de las mismas, se dan a conocer también las distintas técnicas y procedimientos empleados para la recolección de datos, se presenta también la validación y confiabilidad de los instrumentos empleados.

En su tercer capítulo se dan a conocer los resultados obtenidos en los distintos estudios realizados: Estudio de tráfico, Estudio Topográfico y Geométrico, Estudio de Mecánica de suelos, Diseño del pavimento, etc.

En el capítulo cuarto se ponen en discusión los resultados obtenidos por cada tipo de estudio realizado.

En el quinto capítulo se dan a conocer las conclusiones a las que se han llegado con el desarrollo de esta tesis para cada uno de los estudios realizados.

En el capítulo seis se muestran las referencias que sirvieron como guía para la realización de la presente tesis.

Como parte complementaria para el mejor entendimiento de los resultados mostrados en el capítulo tercero se presentan los Anexos, en los cuales se muestran los cálculos realizados de los distintos estudios tales como: Estudio de Tráfico (cálculo del IMDA), Estudio de Mecánica de suelos (obtención de las características del suelo para el diseño del pavimento), Diseño del Pavimento (espesor de suelo a mejorar y espesor de superficie de rodadura), Estudio Hidrológico (diseño de obras de arte), Señalización de la vía, Estudio de Impacto Ambiental, Metrados (trocha carrozable, badenes, alcantarillas de tmc, obras de drenaje, señalización, impacto ambiental), Presupuesto y Programación de Obra, Especificaciones Técnicas, Planos y Panel Fotográfico.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objetivos

#### 1.1.1 Objetivo general

Diseñar la carretera que unirá a las poblaciones de la primavera con Simón Bolívar para elevar el nivel de calidad de vida de las poblaciones de estudio.

#### 1.1.2 Objetivos específicos

- 1) Realizar un estudio de tráfico, para calcular el IMDA (índice medio diario anual) para definir el ancho de vía.
- 2) Realizar un estudio topográfico, para estimar longitudes, pendientes, y otras características necesarias para el diseño geométrico.
- 3) Realizar estudios de Mecánica de suelos, para conocer las características del suelo donde se va a trabajar.
- 4) Realizar un estudio hidrológico, para estimar caudales con lo cual servirán como datos base para el diseño de obras de arte.
- 5) Diseñar los elementos Geométricos de la vía en concordancia con la normatividad vigente.
- 6) Diseñar una superficie de rodadura.
- 7) Diseñar obras de arte, para facilitar el flujo de aguas, así como para poder lograr el cumplimiento de la vida útil de la vía.
- 8) Calcular un presupuesto y programar la obra.

### 1.2 Justificación

#### 1.2.1 Justificación económica

El progreso no sólo económico, sino también social y cultural del país se debe al desarrollo de sus carreteras, es por ello que se está planteando este proyecto, ya que mediante su ejecución se puede mejorar las condiciones de vida de las poblaciones beneficiadas puesto que al tener un medio que les facilite el transporte de sus principales recursos (café, ganado vacuno) hacia los centros de consumo primarios de la zona (nueva Cajamarca) para su posterior venta, se lograría entonces elevar la situación económica de las poblaciones en mención.

### **1.2.2 Justificación ambiental**

Si bien es cierto, al construirse una carretera se genera un daño al medio ambiente pero que es mínimo, el cual se puede mitigar con procesos constructivos que tengan en cuenta el deterioro del suelo, el agua, la flora y la fauna.

## **1.3 Antecedentes**

### **1.3.1 A nivel internacional**

Dentro de los que a nivel internacional se han realizado sobre carreteras tenemos:

Ávila, (2007), en su tesis realizada en Guatemala “Diseño de la carretera calle la recolección, antigua Guatemala, ruta nacional 14 (RN-14)” expone las diferentes dificultades que tuvo en la realización de su estudio: Una de las condicionales que el propietario del lugar donde se efectuó el diseño y el estudio, consistía en que exclusivamente se diseñará paralelo a la colindancia de su propiedad, sin embargo, trabajar de la forma requerida implica que se deban realizar grandes cortes de material que dan como consecuencia que la corona del corte del talud quedara dentro de la propiedad del vecino. (Ávila, 2007, p.87)

Al realizar el diseño vertical de la línea autorizada se encuentran dos condiciones fuera de los requerimientos mínimos de construcción, la primera es la excedencia en la pendiente con respecto a lo especificado y la segunda es que buena parte de la ruta queda atrincherada implicando que la construcción de estructuras de drenaje se vuelva imposible o técnicamente no funcional. (Ávila, 2007, p.87)

Para convertir el proyecto en condiciones técnicamente viables, dentro del estudio se está proponiendo una segunda opción constructiva que cumple con las especificaciones mínimas que rige el diseño geométrico, además mejorando notablemente las condiciones de pendiente de la ruta y permitiendo la colocación de las estructuras de drenaje que requiere la ruta para mantener su vida útil. (Ávila, 2007, p.87)

Dado a que existen dos condiciones del terreno perfectamente marcadas que implican diferentes planteamientos, especialmente en cuanto a desalojo de aguas de origen pluvial, dentro de la propuesta se están especificando dos diferentes secciones típicas que cumplan con los requerimientos de la ruta, la primera del inicio hacia la cuenca del río y la segunda de la cuenca de río hasta conexión RN-

14. (Ávila, 2007, p.87)

Adicional a las ventajas que se han descrito del diseño propuesto sobre el diseño originalmente requerido se tiene que el valor de ejecución del proyecto original es de 23'165,727.64 de quetzales (moneda oficial de Guatemala), éste excede al valor de ejecución del diseño propuesto con un valor de 19'998,956.93 quetzales, en un 16% y la razón principal de esto es la variación de los volúmenes de movimiento de tierras. (Ávila, 2007, p.88)

La protección del ambiente debe ser prioritaria en la ejecución del cualquier obra, dentro de la propuesta se definen renglones de trabajo a favor de la mitigación ambiental, además es de suma importancia que todo tipo de desecho que genere la ejecución del proyecto sea controlado y depositado en lugares con autorización para su manejo. (Ávila, 2007, p.88)

Los proyectos de infraestructura que se realizan en un municipio, coadyuvan al desarrollo, beneficiando y mejorando el nivel de vida de los habitantes. (Ávila, 2007, p.88)

La construcción del tramo carretero tendrá un beneficio para el desarrollo económico de Antigua Guatemala, debido a que existirá una vía de comunicación directa al mercado municipal. (Ávila, 2007, p.88)

La comunicación entre la calle de la recolección, Antigua Guatemala, con la ruta nacional 14 ayudará a obtener una vía de descongestionamiento para tráfico liviano, transporte urbano, así como darle más vida a las calles evitando el tráfico pesado debido al comercio de los diferentes productos que ingresan. (Ávila, 2007, p.88)

### **1.3.2 A nivel nacional**

Saldaña y Mera (2014) en su tesis “Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero – Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, región de Madre de Dios” informa lo siguiente: La presente tesis tiene como finalidad realizar el diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero-Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, Región Madre de Dios, para poder mejorar el nivel de transitabilidad para lograr un adecuado acceso a los mercados locales y regionales, de esta manera el flujo adecuado de los productos agropecuarios de las zonas a intervenir en el desarrollo del presente estudio, ya que en la actualidad la zona



presenta un déficit y ausencia de construcción de obras de arte en la zona, además de lograr la integración interdistrital, provincial y el posterior acceso a los servicios básicos, que es fundamental para el desarrollo socio-económico y cultural de estas localidades. (Saldaña y Mera, 2014 p.8)

“El tramo en estudio comprende tres kilómetros trescientos de trocha carrozable, la topografía del lugar es alta y baja.” (Saldaña y Mera, 2014 p. 130)

Los resultados obtenidos de las combinaciones cumplen con los requisitos que requiere para su utilización en capa de afirmado con porcentajes de 90% de material Granular de Río y 10% material arcilloso. (Saldaña y Mera, 2014 p. 137)

El proyecto tiene el siguiente planteamiento: Construcción del acceso de 1.14 km. , y mejoramiento del tramo Loero y Jorge Chávez de 5.23 km con un ancho de calzadas de 3.5 mts en las tangentes y 0.60 a 3.00 mts adicionales en las curvas de volteo, con bermas de 0.50 m a cada lado de la calzada a todo lo largo del camino vecinal, para que la velocidad directriz de la vía se establezca en 30 km/hora, en la zona de construcción del acceso tendrá una base de 25 cm de espesor de superficie de rodadura y en el tramo de mejoramiento (Loero-Jorge Chávez) tendrá una base de 15 cm de espesor de superficie de rodadura , construcción de 18 alcantarillas de alivio de Concreto armado tipo cajón (0.60x0.60mts) con aletas de concreto armado ,con zanjas de recolección de 0.70m de ancho ,construcción de 11 alcantarillas de concreto armado de 1.20m de luz cada una , 28 plazoletas de cruce cada 500 mts de una longitud de 10.00 mts y ancho de 3.40.,Construcción de rampa de concreto de acceso al rio Tambopata en el tramo de acceso teniendo una longitud de 19.60 m de largo y 5 m de ancho y Construcción de rampa de concreto para el acceso al rio Tambopata en el tramo de Loero teniendo una longitud de 49.24 m de largo y 5 m de ancho. (Saldaña y Mera, 2014 p. 176)

### **1.3.3 A nivel local**

Chero y Rufasto (2011) en su tesis “Estudio y diseño de la carretera Rioja-la Perla de Cascayunga, departamento de San Martín” informa lo siguiente:

Desde el km. 00+000 hasta el km. 05+700 la plataforma presenta suelos arcillo – limo – arenosos, constituyéndolo en un tramo inaccesible en épocas de lluvia. Desde el km. 05+760 hasta el km. 06+700 son suelos areno – limosos, transitable en cualquier época. Desde el km. 06+700 al km. 08+230 los suelos están compuestos por arenas gravosas, sueltas y en otros casos compactas, transitable en

cualquier época. Desde el 08+230 hacia el Km.08+830 los suelos están compuestos por material areno – arcillosos en estado compacto, transitable en cualquier época y del Km. 08+830 al Km. 09+320 los suelos son arcillo – arenosos. Todo el tramo cuenta con cunetas ( $h=0.10$  a  $0.20$  mt. por  $a=0.20$  a  $0.40$  mt. y en otros casos  $h=0.30$  mt. y  $a=0.40$  mt.); en algunos casos son deficientes en épocas de lluvia. Las alcantarillas existentes han sido ejecutadas las paredes y techo de madera que son deficientes y se encuentran en mal estado: Km. 07+855, Km. 05+862.50, km. 00+282 y km. 00+133. En otros casos se han hecho pases con paredes y techo de piedra grande Km. 04+704. (p. 12)

Las alcantarillas TMC de  $\varnothing 24''$  que se proyectan tiene por finalidad trasvasar el flujo transversal a la vía proveniente de la escorrentía superficial debido a las lluvias; y en otros casos para evacuar las aguas drenadas de los terrenos de cultivo de arroz que se acumulan en la vía. Para este tramo se plantea la construcción de 06 und. De alcantarillas TMC  $\varnothing 24''$ , 08 und. de alcantarillas  $\varnothing 36''$  y 01 muro de concreto de 17 mt. de longitud. La vía corresponde a una Carretera Vecinal con un IMD proyectado a 10 años igual a 28 vehículos por día. El ancho de la vía actual es variable ( $5.20$  mt. a  $6.30$  mt.); se proyecta una un ancho de vía de  $4.50$  mt. incluyéndose  $0.50$  mt. de bermas a ambos lados. El ancho de la vía será de  $4.50$  mt., se incluyen bermas. (Chero y Rufasto, 2011 p. 13)

## **1.4 Marco teórico**

Ministerio de transportes y comunicaciones (2018) en su “manual de diseño geométrico” brinda la siguiente información acerca de carreteras:

### **1.4.1 Clasificación de carreteras**

#### **1.4.1.1 Clasificación por demanda**

##### **a. Autopistas de primera clase**

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a  $6.000$  veh/día, de calzadas 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, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La

superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Diseño Geométrico, DG-2018, 2018 p.12)

**b. Autopistas de segunda clase**

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas 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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 2018 p.12)

**c. Carreteras de primera clase**

Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, de 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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 2018 p.13)

**Tabla 1**

*Características básicas de superficie de rodadura de CBVT*

Carretera de BVT	IMD Proyectado Ancho de Calzada	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeado o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.

---

T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	<15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha Carrozable	IMD Indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

---

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

## Sección típica de una carretera de bajo volumen de tránsito

La sección típica de una carretera se muestra en la siguiente figura:

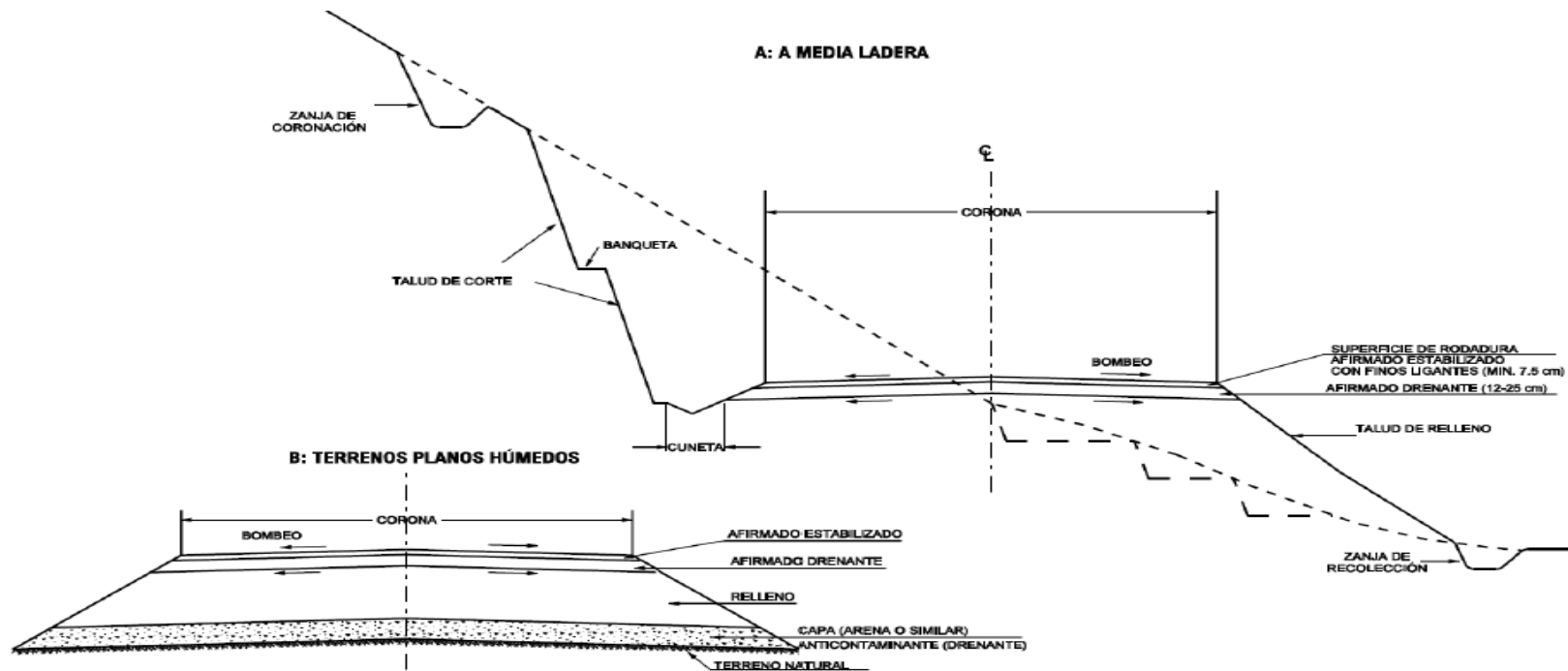


Figura 1. Sección Típica de una CBVT

### **1.4.1.2 Clasificación por orografía**

#### **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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 2018 p.14)

#### **c. Terreno accidentado (Tipo 3)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo. (Diseño Geométrico, DG-2018, 2018 p.14)

#### **d. Terreno escarpado (Tipo 4)**

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. (Diseño Geométrico, DG-2018, 2018 p.14)

Ministerio de transportes y comunicaciones (2008) en su “manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de

tránsito” brinda la siguiente información acerca de carreteras: (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 8)

#### 1.4.1.4 Clasificación por su función

- a. Carreteras de la Red Vial Nacional
- b. Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional.
- c. Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural.

#### 1.4.2 Derecho de vía o faja de dominio

El Derecho de Vía 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. Dentro del ámbito del Derecho de Vía, se prohíbe la colocación de publicidad comercial exterior, en preservación de la seguridad vial y del medio ambiente. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 9)

**Tabla 2**

*Ancho del derecho de vía para CBVT*

Descripción	Ancho mínimo absoluto *
Carreteras de la Red Vial Nacional	15 m
Carreteras de la Red Vial Departamentales o Regional	15 m
Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural	15 m

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

La faja de dominio dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá como mínimo, para carreteras de bajo volumen de tránsito un (1.00) metro, más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes del borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyan. La distancia mínima absoluta entre pie de taludes o de obras de contención y un



elemento exterior será de 2.00 m. La mínima deseable será de 5.00 m. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 9)

#### **1.4.3 Faja de propiedad restringida**

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de propiedad restringida. La restricción impide ejecutar construcciones permanentes que afecten la seguridad o la visibilidad y que dificulten ensanches futuros de la carretera. La norma DG-2001, fija esta zona restringida para carreteras de 3ra. Clase en diez (10) metros a cada lado del Derecho de Vía. De modo similar para las carreteras de bajo volumen de tránsito el ancho de la zona restringida será de 10 m. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 14)

#### **1.4.4 Parámetros básicos para el diseño**

Los parámetros básicos de diseño según el Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito son:

##### **A. Índice medio diario anual de tránsito (IMDA)**

En los estudios del tránsito se puede tratar de dos situaciones: el caso de los estudios para carreteras existentes, y el caso para carreteras nuevas, es decir que no existen actualmente. En el primer caso, el tránsito existente podrá proyectarse mediante los sistemas convencionales que se indican a continuación. El segundo caso requiere de un estudio de desarrollo económico zonal o regional que lo justifique. La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 11)

##### Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

***Ecuación N° 1: Proyección de tránsito***

$$T_n = T_o (1 + i)^{n-1}$$

En la que:

$T_n$  = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

$T_o$  = Tránsito actual (año base 0) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico (\*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera.

La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 11)

## **B. Diseño geométrico**

### **a. Distancia de visibilidad**

Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 17)

### **I. Visibilidad de parada**

Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su

trayectoria. Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considerara que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 17)

**Tabla 3**

*Distancia de visibilidad de parada (metros)*

Velocidad directriz (Km./h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

## **II. Visibilidad de adelantamiento**

Distancia de visibilidad de adelantamiento (paso) es la mínima distancia que debe ser visible para facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 18)

**Tabla 4**

*Distancia de visibilidad de adelantamiento (metros)*

Velocidad directriz Km./h	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
20	130
30	200
40	270
50	345
60	410

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

**b. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible. El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición. Las curvas horizontales permitirán, cuando menos, la visibilidad igual a la distancia de parada. No son deseables dos curvas sucesivas del mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo corto en tangente. En lo posible, se sustituirán por una sola curva o se intercalará una transición en espiral dotada de peralte. El alineamiento en planta satisficará las condiciones necesarias de visibilidad de adelantamiento en tramos suficientemente largos y con una frecuencia razonable a fin de dar oportunidad a que un vehículo adelante a otro. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 19)

**b.1 Curvas horizontales**

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo

de fricción para una velocidad directriz determinada. En el cuadro, se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 20)

## **b.2 Curvas de transición**

Todo vehículo automotor sigue un recorrido de transición al entrar o salir de una curva horizontal. El cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales no pueden tener efecto instantáneamente.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Cuando el radio de las curvas horizontales sea inferior al señalado en el cuadro precedente, se usarán curvas de transición. Cuando se usen curvas de transición, se recomienda el empleo de espirales que se aproximen a la curva de Euler o Clotoide. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 21)

**Tabla 5***Necesidad de curvas de transición*

Velocidad directriz Km./h	Radio m
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

La longitud deseable de la curva de transición, en función del radio de la curva circular, se presenta en el Cuadro siguiente: (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 21)

**Tabla 6***Longitud deseable de la curva de transición*

Radio de curva circular (m)	Longitud deseable de la curva transición (m)
20	11
30	17
40	22
50	28
60	33

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

### **b.3 Distancia de visibilidad en curvas horizontales**

La distancia de visibilidad en el interior de las curvas Horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal. Cuando hay obstrucciones a la visibilidad (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales) en el lado interno de una curva horizontal, se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la

obstrucción no pueda ser removida. De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad deberá ser por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente, y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad será el calculado por la expresión siguiente: (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 20)

***Ecuación N° 2: Distancia de visibilidad en curvas horizontales***

$$M = R \left( 1 - \cos \frac{28.65S}{R} \right)$$

Donde:

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.

R = Radio de la curva horizontal.

S = Distancia de visibilidad.

**b.4 Peralte de la carretera**

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo. Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y para velocidades directrices iguales o mayores a 40 Km./h como valor excepcional 10%. En casos extremos podría justificarse en peralte máximo alrededor de 12% en cuyo caso deberá considerarse un incremento en el ancho de cada carril para evitar que los camiones que circulan en un sentido invadan el carril de sentido contrario. El mínimo radio ( $R_{min}$ ) de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte ( $e_{máx}$ ) y el factor máximo de fricción ( $f_{máx}$ ) seleccionados para una velocidad directriz (V). El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión: (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 20)

### ***Ecuación N° 3: Radio mínimo***

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01 * e_{\max} + f_{\max})}$$

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan en el cuadro: (MTC, 2008, p.22)

**Tabla 7**

*Fricción transversal máxima en curvas*

Velocidad directriz Km./h	f <sub>máx</sub>
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

En el cuadro siguiente, se muestran los valores de radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En este mismo cuadro se muestran los valores de la fricción transversal máxima.

**Tabla 8**

*Radios mínimos y peraltes máximos*

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite fricción de f <sub>máx</sub>	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
----------------------------------	----------------------------	--	----------------------------------	---------------------------------



---

20	4.00	0.18	14.3	15
30	4.00	0.17	33.7	35
40	4.00	0.17	60.0	60
50	4.00	0.16	98.4	100
60	4.00	0.15	149.2	150
20	6.00	0.18	13.1	15
30	6.00	0.17	30.8	30
40	6.00	0.17	54.8	55
50	6.00	0.16	89.5	90
60	6.00	0.15	135.0	135
20	8.00	0.18	12.1	10
30	8.00	0.17	28.3	30
40	8.00	0.17	50.4	50
50	8.00	0.16	82.0	80
60	8.00	0.15	123.2	125
20	10.00	0.18	11.2	10

---

30	10.00	0.17	26.2	25
40	10.00	0.17	46.7	45
50	10.00	0.16	75.7	75
60	10.00	0.15	113.4	115
20	12.00	0.18	10.5	10
30	12.00	0.17	24.4	25
40	12.00	0.17	43.4	45
50	12.00	0.16	70.3	70
60	12.00	0.15	105.0	105

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

En el cuadro siguiente, se muestran las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición peralte en función de velocidad directriz y del valor del peralte. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 30)

**Tabla 9**

*Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)*

Velocidad directriz (km/h)	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud de transición de peralte (m)*						
<b>20</b>	9	18	27	36	45	54	9

<b>30</b>	10	19	29	38	48	57	10
<b>40</b>	10	21	31	41	51	62	10
<b>50</b>	11	22	32	43	54	65	11
<b>60</b>	12	24	36	48	60	72	12

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes. En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos. Asimismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 30)

***Ecuación N° 4: Sobreancho de la calzada***

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

Donde:

n: N° de carriles

R: Radio de la curva

L: Longitud entre ejes del vehículo considerado

V: Velocidad Directriz Km/h

Para velocidades de diseño menores a 50 Km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 m. Tampoco se requerirá sobre ancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 30)

**c. Alineamiento vertical**

En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes. Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance

del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota. Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas. El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional. A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continua entre tramos con pendientes diferentes. Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados: (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

i. En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

ii. Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

iii. En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

iv. En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

v. Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

vi. Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas siempre que sea posible. En casos de curvas convexas, se generan largos sectores con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

vii. Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 31)

### **c.1 Curvas verticales**

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas. Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso. Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura  $K$ . La longitud de la curva vertical será igual al índice  $K$  multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes ( $A$ ). (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 32)

***Ecuación N° 5: Longitud de la curva vertical***

$$L = K \cdot A$$

Los valores de los índices K se muestran en los cuadros siguientes, para curvas convexas y para curvas cóncavas. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 32)

**Tabla 10**

*Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa*

Velocidad directriz Km./h	Longitud controlada por visibilidad de frenado		Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento	Índice de curvatura K
20	20	0.60	.....	.....
30	35	1.90	200	46
40	50	3.80	270	84
50	65	6.40	375	138
60	85	11.00	410	195

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

**Tabla 11**

*Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava*

Velocidad directriz Km./h	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K
20	20	2.10
30	35	5.10
40	50	8.50
50	65	12.20
60	80	17.30

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

## c.2 Pendientes

En los tramos en corte, se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 33)

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm, los valores máximos para terrenos montañosos o terrenos escarpados se reducirán en 1%. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 33)

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 33)

**Tabla 12**

*Pendientes máximas*

Pendientes máximas				
Orografía tipo	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
Velocidad de diseño:				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos, cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción.

En general, cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m. Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000 m no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en el cuadro anterior son aplicables. En curvas con radios menores a 50 debe evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 33)

#### **d. Coordinación de diseño**

El diseño de los alineamientos horizontal y vertical no debe realizarse independientemente. Para obtener seguridad, velocidad uniforme, apariencia agradable y eficiente servicio al tráfico, es necesario coordinar estos alineamientos. La superposición (coincidencia de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal generalmente da como resultado una carretera más segura y agradable. Cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal pueden conllevar una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 34)

No es conveniente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical. Esta condición puede resultar insegura, especialmente en la noche, si el conductor no reconoce el inicio o final de la curva horizontal. Se mejora la seguridad si la curva

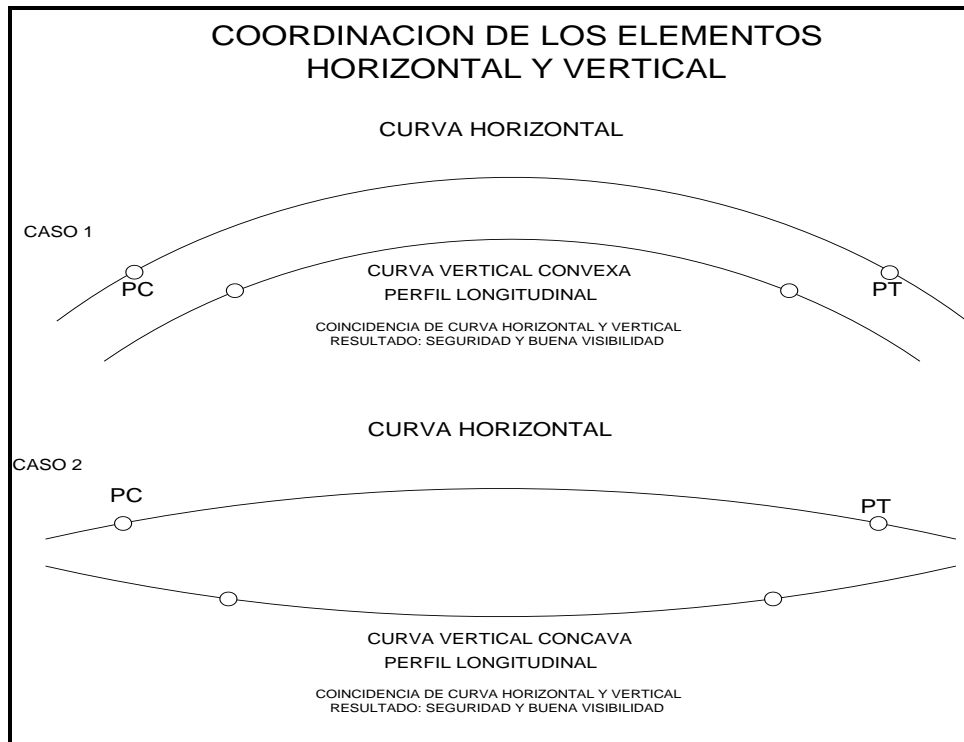


horizontal guía a la curva vertical. La curva horizontal debe ser más larga que la curva vertical en ambas direcciones. Para efectos del drenaje, deben diseñarse las curvas horizontal y vertical de modo que éstas no se ubiquen cercanas a la inclinación transversal nula en la transición del peralte. El diseño horizontal y vertical de una carretera deberá estar coordinado de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente, se evitará que circulando a la velocidad de diseño, se produzcan pérdidas visuales de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 34)

Para conseguir una adecuada coordinación de los diseños, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones: (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 34)

i. Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la zona de curvas de transición (Clotoide) en planta y lo más alejados del punto de radio infinito o punto de tangencia de la curva de transición con el tramo en recta. (MTC, 2008, p.34)

ii. En tramos donde sea previsible la aparición de hielo, la línea de máxima pendiente (longitudinal, transversal o la de la plataforma) será igual o menor que el diez por ciento (10%). (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 34)



*Figura 2.* Coordinación de elementos horizontal y vertical

## e. Sección Transversal

### e.1 Calzada

En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico  $IMDA < 50$ , la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles. En el cuadro siguiente, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 36)

**Tabla 13***Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (m)*

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

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

## e.2 Bombeo

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contra peralte las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

**Tabla 14***Bombeos de la calzada*

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación: < 500 mm/año	Precipitación:> 500 mm/año
Pavimento Superior	2.0	2.5
Tratamiento Superficial	2.5 (*)	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 -3.5 (*)	3.0 - 4.0

(\*) En climas definitivamente desérticos se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2 %

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

### **e.3 Bermas**

A cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m. 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%. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 36)

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 inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 37)

### **e.4 Ancho de la plataforma**

El ancho de plataforma de la rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y el ancho de las bermas en metros. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 37)

### **e.5 Plazoletas**

En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido.

La ubicación de las plazoletas se fijará de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo de la carretera con la facilidad de ensanchar la plataforma. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 37)

### e.6 Taludes

Los taludes para las secciones en corte y relleno variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados. Las alturas admisibles del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantiene estables ante condiciones ambientales semejantes. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 37)

**Tabla 15**

*Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:V)*

Clasificación de Materiales de corte	Roca Fija	Roca Suelta	Material Suelto			
			Suelos Gravosos	Suelos Limoarcillos o Arcillo	Suelos Arenosos	
ALTURA	Menor de 5.00 m	1:10	1:6 - 1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
DE	5.00 – 10.00 m	1:10	1:4 - 1:2	1:1	1:1	*
CORTE	Mayor de 10.00 m	1:8	1:2	*	*	*

(\*) Requerimiento de Banquetas y/o Análisis de Estabilidad

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

La inclinación de los taludes en terraplén variara en función de las características del material en la cual está formada el terraplén siendo de modo general presentado en el siguiente cuadro.

**Tabla 16***Taludes para terraplenes*

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	< 5.00	5.00 – 10.00	> 10.00
Material Común (limos arenosos)	1:1.5	1:1.75	1:2
Arenas Limpias	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocados	1:1	1:1.25	1:1.5

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

**e.7 Cunetas**

Las cunetas tendrán, en general, sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte. Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en el cuadro siguiente. El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta. (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008, p. 51)

**Tabla 17***Dimensiones mínimas de las cunetas*

Región	profundidad(m)	ancho(m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy Lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima, 2008.

### **1.4.5 Estudio de mecánica de suelos**

El suelo, material bastante abundante y de uso práctico en el desarrollo de un proyecto de construcción, muchas veces no reúne las propiedades o características para su uso. Por esto, se recurre a realizar sobre él análisis y pruebas, para lograr con certeza la estabilidad en el tiempo. Los Ingenieros Civiles dividen arbitrariamente los materiales que constituyen la corteza terrestre en dos categorías: suelos y rocas. Definen al suelo, como un material compuesto por partículas minerales que pueden ser separadas mediante una acción suave, como es el de la agitación con agua, y las rocas como materiales compuestos de partículas minerales que están unidas por fuerzas de cohesión intensas y permanentes.

En general el Ingeniero Civil puede considerar como suelo cualquier material de la tierra que encuentre en su trabajo, con excepción de la roca maciza o las pizarras. Según esta definición un suelo puede variar desde una arcilla hasta una grava glacial o de río, y a taludes detríticos en las laderas de las montañas.

#### **A. Clasificación de suelos**

Para la valoración de los suelos y por conveniencias de su aplicación, se hace necesario considerar sistemas o métodos para la identificación de los suelos que tienen propiedades similares, según esta identificación con una agrupación o clasificación de las mismas, teniendo en cuenta su origen, características físicas y comportamiento en el campo. Debido a las innumerables variaciones en su composición, no es fácil dividirlos en clases bien definidas ni dar una medida rápida de su comportamiento. No obstante, cuando un suelo determinado ha sido identificado como perteneciente a cierto grupo, se obtiene un conocimiento considerable en lo que se refiere a sus propiedades y comportamiento probable en las condiciones de campo.

Entre las diferentes clasificaciones de suelos existentes, tenemos:

- a. Clasificación aashto (American Association of State Highway and Transportation Officials).
- b. Clasificación unificada de suelos (SUCS).

**Tabla 18***Clasificación de suelos, según aashto y sucs*

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM -D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

**i. Clasificación aashto**

Los organismos viales de los Estados Unidos de Norteamérica, sugirieron diferentes clasificaciones para los suelos, tal es así, que en 1,929 la Public Roads Administration (actualmente Bureau of Public Roads), presentó un sistema de clasificación. A partir de 1,931 este sistema fue tomado como base, pero ha sido modificado y refinado, además unificado con el sistema propuesto en 1,944 por el Highway Research Board, para por fin ser adoptado por la AASHTO, en 1,945.

Este sistema describe un procedimiento para la clasificación de suelos en siete grupos (8 grupos originalmente), con base en la distribución del tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad determinados en laboratorio. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se hace por medio de un “índice de grupo” (IG), calculado a partir de una fórmula o a través de gráficos en forma alterna.

La clasificación de grupo será útil para determinar la calidad relativa del material del suelo que se usará en terracerías, sub-bases y bases.

Si se desea una clasificación más detallada, puede hacerse una sub división posterior de los grupos del cuadro anterior, para esto se



puede utilizar el siguiente cuadro que nos brinda el Manual de suelos, geología y geotecnia de pavimentos 2014:

**Tabla 19**

*Clasificación de suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282*

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:  2 mm (N° 10) 0.425 mm (N° 40) F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 50											
	máx. 30	máx. 50	min. 51									
	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)  Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 <sup>(a)</sup>	min. 11 <sup>(b)</sup>
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-1-B, A-2-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc.

$IG = (F-35) / 2 + 0.005 (LL-40) + 0.01 (F-15) / IP - 10$

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2013.

En el siguiente cuadro se da una descripción de los grupos de clasificación AASHTO.

**Tabla 20**

*Grupos de clasificación AASHTO*

Clasificación de suelos AASHTO	
	A-1-a
	A-1-b
	A-2
	A-3
	A-4
	A-5
	A-6
	A-7

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2013.

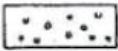








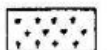



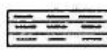

	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGÁNICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESIN- TEGRADA
	A-4		

Figura 3. Grupos de clasificación AASHTO.

### Índice de Grupo (IG):

Para establecer el índice de grupo de un suelo se tiene la siguiente ecuación:

#### **Ecuación N° 6: Índice de grupo**

$$IG = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd \quad (I)$$

Donde:

a = porcentaje de material más fino que pasa el tamiz N°200, mayor que el 35% pero menor que el 75%, expresado como un número entero positivo ( $1 \leq a \leq 40$ ).

b = porcentaje de material más fino que pasa el tamiz N°200, mayor que 15% pero menor que 55%, expresado como un número entero positivo ( $1 \leq b \leq 40$ ).

c = porción del límite líquido mayor que 40 pero no mayor que 60, expresado como un número entero positivo ( $0 \leq c \leq 20$ ).

d = porción del índice de plasticidad mayor que 10 pero no excedente a 30, expresado como un número entero positivo ( $0 \leq d \leq 20$ ).

El índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice de grupo cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo inutilizable para caminos.

**Tabla 21**

*Clasificación de suelo de subrasante según índice de grupo*

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2013.

#### **ii. Clasificación unificada de suelos**

Esta clasificación de suelos es empleada con frecuencia por ingenieros de carreteras y ha sido adoptada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. Esta clasificación fue presentada por el Dr.

Arturo Casagrande, Divide a los suelos en dos grupos: granulares y finos.

En el primer grupo se hallan las gravas, arenas y suelos gravosos arenosos, con pequeñas cantidades de material fino (limo o arcilla). Estos suelos corresponden, en líneas generales a los clasificados como A1, A2 y A3 por la AASHTO y son designados en la siguiente forma:

Gravas o Suelos gravosos: GW, GC, GP, GM.

Arenas o Suelos arenosos: SW, SC, SP, SM.

Dónde:

G = Grava o suelo gravoso

S = Arena o suelo arenoso

W = Bien graduado

C = Arcilla Inorgánica

P = Mal graduado

M = Limo Inorgánico o arena muy fina.

En el segundo grupo se hallan los materiales finos, limosos o arcillosos, de baja o alta compresibilidad y son designados en la siguiente forma:

Suelo de mediana o baja compresibilidad: ML, CL, OL

Suelos de alta compresibilidad: MH, CH, OH

Dónde:

M = Limo Inorgánico

C = Arcilla

O = Limos, arcillas y mezclas limo-arcillosas con alto contenido de materia orgánica

L = Baja o mediana compresibilidad

H = Alta compresibilidad.

## **B. Toma de muestras**

La obtención de muestras es una de las tareas más importantes, pues requiere no solo el conocimiento de suelos y materiales, sino, experiencia para seleccionar el o los sitios donde deberán tomarse y poder determinar además, la profundidad a la cual habrá de extraerse.

Las muestras que se obtengan deben ser representativas, es decir, deben ser una fiel representación del material existente en el sitio, pues de lo contrario se corre el riesgo de dar una idea falsa del terreno de fundación o del material a emplearse.

### b.1 Calicatas

Se realizarán calicatas, de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 22**

*Número de calicatas para exploración de suelos*

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2013.

Si a lo largo del avance del estacado las condiciones topográficas o de trazo, muestran por ejemplo cambios en el perfil de corte a terraplén; o la naturaleza de los suelos del terreno evidencia un cambio significativo de sus características o se presentan suelos erráticos o

irregulares, se deben ejecutar más calicatas por kilómetro en puntos singulares, que verifiquen el cambio.

También se determinará la presencia o no de suelos orgánicos, suelos expansivos, napa freática, rellenos sanitarios, de basura, etc., en cuyo caso las calicatas deben ser más profundas, delimitando los sectores con subrasante pobre o inadecuada que requerirá, para determinar el tipo de estabilización o mejoramiento de suelos de la subrasante, de estudios geotécnicos de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable sustente en su Informe Técnico que la solución adoptada según la naturaleza del suelo, alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Este tipo de estudios también se realizarán en caso de terraplenes con altura mayor a 5.0 m. En este caso, los valores representativos resultado de los ensayos será sólo válida para el respectivo sector.

### **C. Ensayos a realizar**

Los ensayos a realizar serán los siguientes, según se indica en el cuadro siguiente:

**Tabla 23**

*Ensayos a realizar*

Ensayo	Norma de ensayo
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D-422, MTC E107
Límite líquido	ASTM D-4318, MTC E110
Límite plástico	ASTM D-4318, MTC E111
Contenido de humedad	ASTM D-2216, MTC E108
Contenido de sulfatos	ASTM D-516
Contenido de cloruros	ASTM D-512
Contenido de sales solubles totales	MTC E-219
CBR (California Bearing Ratio)	ASTM D-1883, MTC E-132
Próctor Modificado	ASTM D-1557, MTC E-115

Fuente: Elaboración propia

## **Ensayo de CBR**

Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la subrasante, se debe considerar lo siguiente:

- i. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
- ii. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante en función a los siguientes criterios:
  - a. Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
  - b. Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.
- iii. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:



**Tabla 24***Categorías de subrasante*

Categorías de Subrasante	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2013.

**D. Perfil estratigráfico**

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se realizará una descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados en las calicatas o pozos. Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos para definir el CBR de diseño para cada sector homogéneo. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p.45)

**E. Subrasante**

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con  $CBR \geq 6\%$ . En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo a la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y

económica. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p.46)

Para poder asignar la categoría de subrasante indicada en el cuadro 23, los suelos de la explanación debajo del nivel superior de la subrasante, deberán tener un espesor mínimo de 0.60 m del material correspondiente a la categoría asignada, caso contrario se asignará a la categoría inmediata de calidad inferior. El nivel superior de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante excelente - muy buena ( $CBR \geq 30\%$ ); a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena - regular ( $6\% \leq CBR < 20\%$ ); a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre ( $3\% \leq CBR < 6\%$ ); y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada ( $CBR < 3\%$ ). En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario. Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material separador de 10 cm. De espesor como mínimo o un geosintético, según lo justifique el Ingeniero Responsable. Se estabilizarán las zonas húmedas locales o áreas blandas o subrasantes inadecuadas, cuyo estabilización o mejoramiento será materia de un estudio geotécnico de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo diversas alternativas como estabilización con cal o cemento, estabilización química de suelos, geosintéticos, pedraplenes, enrocados, capas de arena, reemplazo, etc.; definiendo y justificando en su Informe Técnico la solución adoptada, donde se indicará que con la solución adoptada el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, comprensibilidad y durabilidad. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p.47)

#### **F. Afirmado**

Para la construcción de afirmados, con o sin estabilizadores, se utilizarán materiales granulares naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas; así mismo podrán provenir de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos

de diversas procedencias. (Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras, 2013, 237)

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material. Para el traslado del material de afirmado al lugar de obra, deberá humedecerse y cubrirse con lona para evitar emisiones de material particulado, que pudiera afectar a los trabajadores y poblaciones aledañas. (Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras, 2013, 238)

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, que se muestra en la siguiente tabla: (Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras, 2013, 238)

**Tabla 25**

*Granulometría del afirmado*

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	—				
37,5 mm (1½")	100	—				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9,5 mm (¾")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N.º 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N.º 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N.º 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. EG-2014.

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)

Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)

Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)

CBR (Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1''): 40% mín. (MTC E 132)

#### 1.4.6 Diseño del pavimento

Según El Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado, se adoptara como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de EE: (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, 2008, p. 105)

#### *Ecuación N° 7: Espesor del pavimento*

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

**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.

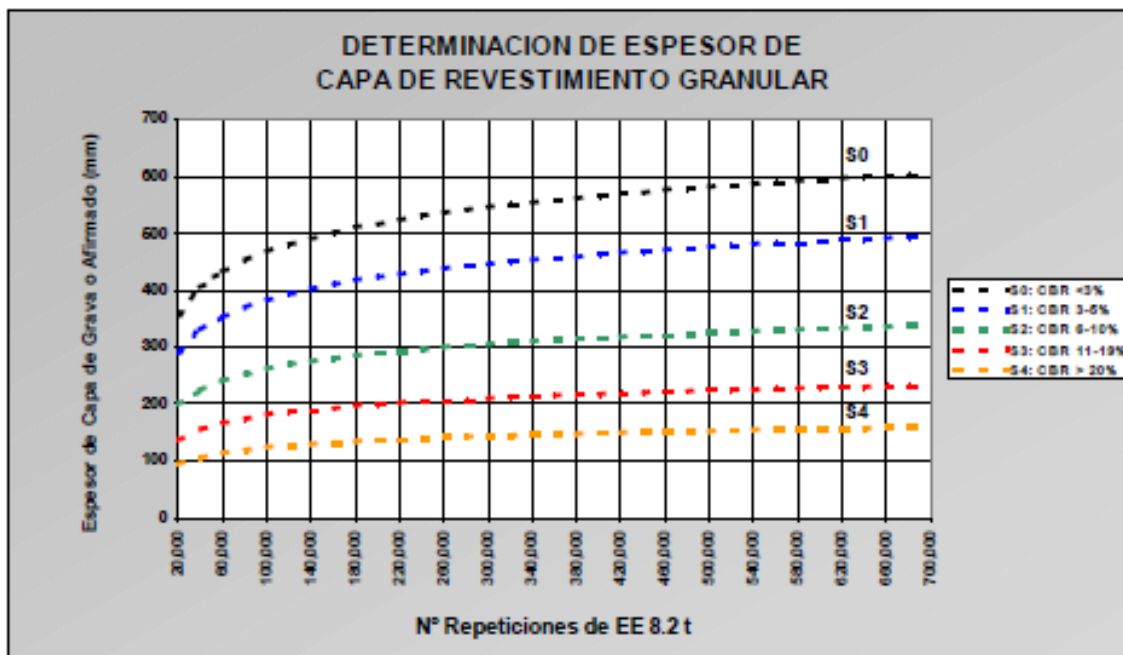


Figura 4. Espesor de capa de revestimiento granular

### **1.4.7 Estudio hidrológico**

A fin de tener conocimiento cabal de la zona y contar con los fundamentos básicos para el estudio hidráulico y estructural del proyecto, se han considerado las siguientes fases o etapas:

- a) Inventario, diagnóstico, análisis y síntesis del sistema hidrológico e infraestructura de drenaje del área de influencia del proyecto.
- b) Recopilación de información hidrometeorológica y cartográfica, acorde con los objetivos del proyecto.
- c) Tratamiento, análisis y síntesis de la información recopilada, así como la obtención de los gastos de diseño.
- d) Planteamiento geométrico y diseño hidráulico de las estructuras componentes del sistema de drenaje.

#### **1.4.7.1 Información hidrometeorológica y cartográfica**

##### **1.4.7.1.1 Hidrología del sistema de drenaje**

La hidrología del drenaje de carreteras comprende el sistema interceptor de flujos laterales (cunetas y canales de coronación) y el sistema transversal (alcantarillas, puentes, pontones, badenes).

#### **A. Intensidades de diseño**

Teniendo en cuenta la categoría del camino, la seguridad y la economía del proyecto, las intensidades máximas de diseño, para el tramo en consideración, se seleccionarán de acuerdo a las condiciones y criterios siguientes:

Se seleccionará el evento de diseño de 20 años de tiempo de retorno, en un periodo de 10 años consecutivos. Luego, considerando el tiempo de concentración de cada área colectora se calculará el gasto máximo.

***Ecuación N° 8: Gasto máximo de escorrentía directa***

$$Q_{MAX} = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

$Q_{Max}$  = Gasto máximo de escorrentía directa, m<sup>3</sup>/s.

I=Intensidad máxima de diseño, mm/h

A=Área colectora, Ha

C=Coeficiente de escorrentía directa.

## **B. Hidráulica del drenaje superficial**

Uno de los aspectos más importantes en la hidráulica del drenaje transversal (puentes, pontones, alcantarillas, badenes) es, sin lugar a dudas, la modificación que puede sufrir la sección transversal del cauce, debido a la presencia de las estructuras de paso, tanto en su geometría como en sus dimensiones transversales. Es de hacer hincapié que, en lo posible la sección transversal del cauce no debe ser alterada, sobre todo en sus dimensiones naturales, pues los ensanchamientos modifican completamente el patrón de flujo, cuya distorsión provoca sedimentación o erosión localizada y por lo tanto, daños debido a inundaciones o por socavamientos que puede poner en riesgo la estabilidad de las estructuras.

El cálculo hidráulico del sistema de drenaje, por gravedad, se realiza mediante la ecuación de Manning:

### ***Ecuación N° 9: Fórmula de Manning***

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(7)$$

Q= Gasto de conducción, m<sup>3</sup>/s

A= Área hidráulica, m<sup>2</sup>

R= Radio hidráulico, m

S= Gradiente hidráulica

n= Rugosidad de Manning

### **C. Hidráulica de cunetas**

Las cunetas se diseñarán con un ángulo de reposo de taludes muy superior al ángulo de reposo del material en estado saturado, con caudales equivalentes, por seguridad, al 60% del flujo drenable total; puesto que el 40% de la escorrentía lo constituye el flujo concentrado en depresiones o cauces establecidos. Se considerarán cunetas revestidas en suelos erosivos o rellenos.

### **D. Hidráulica de alcantarillas**

La geometría de la sección transversal de las alcantarillas será.

#### **D.1 Alcantarillas ubicadas en depresiones o cauces establecidos**

Este tipo de alcantarillas, se proyectará con capacidad para evacuar rápidamente las descargas máximas concentradas en cada depresión correspondiente, más el gasto de entrega de la cuneta o de las cunetas cuando exista contrapendiente con confluencia en la misma depresión.

Todas las alcantarillas serán del tipo de concreto (Coeficiente de Manning 0.014) debido a que en la zona no se dispone de agregados de buena calidad para la preparación del concreto. La capacidad vertedora de estas alcantarillas será tal, que permita evacuar el gasto líquido máximo obtenido en el estudio hidrológico.

#### **D.2. Alcantarillas ubicadas en puntos sin cursos establecidos**

Estas alcantarillas son indispensables en todos los casos en que, por la considerable longitud del tramo o razón de pendientes, no es posible que las cunetas entreguen las aguas hacia los cauces naturales.

Este tipo de alcantarillas se diseñarán con el gasto de

descarga de la cuneta del tramo de influencia, utilizando los mismos criterios que para el tipo de alcantarilla descrita en el párrafo anterior.

## **1.4.8 Señalización**

### **1.4.8.1 Definición**

Se denominan Dispositivos para el Control del Tránsito, a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo que se coloca sobre o adyacentes a las carreteras, con el objetivo de prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas.

### **1.4.8.2 Normatividad Vigente**

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante Resolución Ministerial R.M. N° 210-2000 MTC/15.12 del 03 de Mayo del 2000, aprobó el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y carreteras, de acuerdo con el Manual Interamericano, que reemplaza al Manual de Señalización de 1966 y a cualquier otro manual en uso, con la finalidad de definir el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas en el pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares), destinados a obtener la necesaria e imprescindible uniformidad de ellos en el país, contribuyendo al mejoramiento en el control y ordenamiento de tránsito en calles y caminos del Perú.

### **1.4.8.3 Función de las señales de tránsito**

Es la de controlar la operación de los vehículos en una vía proporcionando el ordenamiento del flujo del tránsito e informando a los conductores de todo lo que se relaciona con el camino que recorren.

### **1.4.8.4 Clasificación de las señales de tránsito**

- a) Señales Reguladoras o de Reglamentación.
- b) Señales Preventivas.
- c) Señales de Información.



## **A. SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN**

### **I. DEFINICIÓN**

Las señales de reglamentación tienen por objeto indicar a los usuarios las limitaciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación al reglamento de la circulación vehicular.

### **II. CLASIFICACIÓN**

Las señales de Reglamentación se dividen en:

- a. Señales relativas al derecho de paso.
- b. Señales prohibitivas o restrictivas.
- c. Señales de sentido de circulación.

### **III. FORMA**

1. Señales relativas al derecho de paso:

Señal de “PARE” (R-1) de forma octogonal.

Señal de “CEDA EL PASO” (R-2) de forma triangular (Equilátero) con el vértice en la parte inferior.

2. Señales prohibitivas o restrictivas de forma circular pudiendo llevar aparte una placa adicional rectangular con la leyenda explicativa del mensaje que encierra la simbología utilizada.

3. Señales de sentido de circulación de forma rectangular y con su mayor dimensión horizontal (R-14).

### **IV. COLORES**

1. Señales relativas al derecho de paso:

Señal PARE (R-1) de color rojo, letras y marco blanco.

Señal CEDA EL PASO (R-2) de color blanco con franja perimetral roja.

2. Señales prohibitivas o restrictivas, de color blanco con símbolo y marco negro; el círculo de color rojo, así como la franja oblicua trazada del cuadrante superior izquierdo al cuadrante inferior derecho que representa prohibición.

3. Señales de sentido de circulación, de color negro con flecha blanca. En caso de utilizarse la leyenda llevará letras negras. Las tonalidades corresponderán a lo prescrito en el manual.

## **V. DIMENSIONES**

Señal de PARE (R-1): octágono de 0,75m x 0,75m

Señal de CEDA EL PASO (R-2): triángulo equilátero de lado 0,90m

Señales prohibitivas: círculo de diámetro 0,60m, cuadrado de 0,60m de lado, placa adicional de 0,60m x 0,40m.

Las dimensiones de los símbolos estarán de acuerdo al diseño de cada una de las señales de reglamentación mostradas en el manual en mención (Anexo A).

La prohibición se indicará con la diagonal que forma 45° con la vertical y su ancho será igual al ancho del círculo.

## **VI. UBICACIÓN**

Deberán colocarse a la derecha en el sentido del tránsito, en ángulo recto con el eje del camino, en el lugar donde exista la prohibición o restricción.

## **VII. RELACIÓN DE SEÑALES RESTRICTIVAS O DE REGLAMENTO**

Se muestran algunas señales que serán empleadas en el proyecto.

### **(R-1) SEÑAL DE PARE:**

Se usará exclusivamente para indicar a los conductores que deberán efectuar la detención de su vehículo. Se colocará donde los vehículos deban detenerse a una distancia del borde más cercano de la vía interceptada no menor de 2m; generalmente se complementa esta señal con las marcas en el pavimento correspondiente a la línea de parada, cruce de peatones.

**R-2) SEÑAL DE CEDA EL PASO:**

Se usara para indicar al conductor que ingresa a una vía preferencial, ceder el paso a los vehículos que circulan por dicha vía.

Se usa para los casos de convergencia de los sentidos de circulación no así para los de cruce. De forma triangular con su vértice hacia debajo de color blanco con marco rojo.

Deberá colocarse en el punto inmediata mente próxima, donde el conductor deba disminuir o detener su marcha para ceder el paso a los vehículos que circulan por la vía a la que está ingresando.

**(R-12) SEÑAL PROHIBIDO CAMBIAR DE CARRIL:**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utiliza para indicar al conductor que no debe cambiar de carril por donde circula y se colocará al comienzo de la zona de prohibición.

**(R-15) SEÑAL MANTENGA SU DERECHA:**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se empleará esta señal para indicar la posición que debe ocupar el vehículo en ciertos tramos de la vía, en que por existir determinadas condiciones se requiere que los vehículos transiten manteniendo rigurosamente su derecha. Se usará también en las zonas donde exista la tendencia del conductor a no conservar su derecha.

**(R-16) SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR:**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utilizará para indicar al conductor la prohibición de adelantar a otro vehículo, motivado generalmente por limitación de visibilidad. Se colocará al comienzo de las zonas de limitación.

**(R-30) SEÑAL DE VELOCIDAD MÁXIMA:**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se utilizará para indicar la velocidad máxima permitida a la cual podrán circular los vehículos. Se emplea generalmente para recordar al usuario del valor de la velocidad reglamentaria y cuando, por razones de las características geométricas de la vía o aproximación a determinadas zonas (urbana, colegios), debe restringirse la velocidad.

**(R-32) SEÑAL PESO MÁXIMO:**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utilizará para informar al usuario el peso máximo permitido por vehículo expresado en toneladas métricas. Se colocara en los tramos de la vía donde sea necesario conocer el peso total máximo que puede soportar la infraestructura de la vía. En el círculo se indicará el valor correspondiente.

**(R-36) SEÑAL ANCHO MÁXIMO PERMITIDO:**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se utilizará para indicar el ancho máximo permitido a los vehículos en circulación. Se colocará en aquellos tramos de las vías que por sus características geométricas no permiten la circulación de vehículos con ancho mayor al indicado.

**B. SEÑALES PREVENTIVAS**

**1. DEFINICIÓN**

Las señales preventivas son aquellas que se utilizan para indicar con anticipación la aproximación de ciertas condiciones

de la vía o concurrentes a ella que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado tomando ciertas precauciones necesarias.

## **2. FORMA**

Serán de forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las señales escolares que serán de forma pentagonal; las señales especiales de “ZONA DE NO ADELANTAR” que serán de forma triangular tipo banderola horizontal, las de indicación de curva “CHEVRON”, que serán de forma rectangular y las de “PASO A NIVEL DE LÍNEA FÉRREA” (Cruz de San Andrés) que será de diseño especial.

## **3. COLOR**

Fondo y borde: Amarillo caminero.

Símbolos, letras y marco: Negro.

## **4. DIMENSIONES**

Las dimensiones de las señales preventivas deberán ser tales que el mensaje transmitido sea fácilmente comprendido y visible, variando su tamaño de acuerdo a lo siguiente:

Carreteras, avenidas y calles: 0,60m x 0,60m|

Autopistas, Caminos de alta velocidad: 0,75m x 0,75m

En casos excepcionales y cuando se estime necesario llamar preferentemente la atención como consecuencia de alto índice de accidentes, se utilizará señales de 0.90m x 0.90m.

## **5. UBICACIÓN**

Deberán colocarse a una distancia del lugar que se desea prevenir, de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para disminuir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de

día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones propias de la vía.

Se ubicarán a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación.

En general las distancias recomendadas son:

En zona urbana 60 m - 75 m

En zona rural 90 m - 180 m

En autopista 300 m - 500 m

## **6. RELACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS**

### **(P-1 A) SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA**

#### **(P-1B) A LA IZQUIERDA:**

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

### **(P-2A) SEÑAL CURVA A LA DERECHA, (P-2B) A LA IZQUIERDA:**

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio de 40 m a 300 m con ángulo de deflexión menor de 45° y para aquellas de radio entre 80 y 300 m cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

### **(P-3A) SEÑAL CURVA Y CONTRA CURVA PRONUNCIADAS A LA DERECHA, (P-3B) A LA IZQUIERDA:**

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, separadas por una tangente menor de 60 m, y cuyas características geométricas son las indicadas en las señales de curva para el uso de la señal (P-1).

**(P-4A) SEÑAL DE CURVA Y CONTRA CURVA A LA DERECHA, (P-4B) A LA IZQUIERDA:**

Se empleará para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 m y superiores a 80 m, separados por una tangente menor de 60m.

**(P-5A) SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA DERECHA (P-5B) A LA IZQUIERDA:**

Se empleará para indicar una sucesión de tres o más curvas, evitando la repetición frecuente de señales de curva. Por lo general, se deberá utilizar la señal (R-30) de velocidad máxima, para indicar complementariamente la restricción de la velocidad.

**SEÑALES DE CRUCE:**

Las señales de “Cruce” se utilizan para advertir a los conductores de la proximidad de un cruce, empalme o bifurcación; dichas señales se utilizarán en carreteras, en zonas rurales y, en casos excepcionales, en la zona urbana.

Los símbolos indican claramente las características geométricas de la intersección, empalme o bifurcación, utilizándose un trazo más grueso para indicar la vía preferencial.

Estas señales deberán ser utilizadas en todas las vías interceptantes o concurrentes con el fin de advertir a los conductores que transitan por ellas, de las condiciones del cruce, empalme o bifurcación a encontrar.

**(P-8) SEÑAL BIFURCACIÓN EN “Y”:**

Se utilizarán para indicar la proximidad de una bifurcación en “Y”.

**(P-14A) SEÑAL DE INTERSECCIÓN EN ÁNGULO AGUDO CON VÍA LATERAL SECUNDARIA DERECHA:**

Se utilizará para prevenir al conductor de la existencia de una intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria. Se colocará a una distancia de 100 m a 200 m de la intersección.

**(P-14B) INTERSECCIÓN EN ÁNGULO AGUDO CON VÍA LATERAL SECUNDARIA IZQUIERDA:**

Se utilizará para prevenir al conductor de la existencia de una intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria. Se colocará a una distancia de 100 m a 200 m de la intersección.

**(P-48) SEÑAL CRUCE DE PEATONES:**

Se utilizará para advertir la proximidad de cruces peatonales. Los cruces peatonales se delimitarán mediante marcas en el pavimento.

**(P-49) ZONA ESCOLAR:**

Se utilizará para indicar la proximidad de una zona escolar. Se empleará para advertir la proximidad de un cruce escolar.

**(P-51) SEÑAL PASO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA:**

Esta señal se utilizará para advertir la proximidad, en una carretera, de una zona de cruce o tránsito eventual de este tipo de vehículos.



**(P-53) SEÑAL CUIDADO ANIMALES EN LA VÍA:**

Se utilizará para advertir la proximidad de zonas donde el conductor pueda encontrar animales en la vía.

**(P-56) SEÑAL ZONA URBANA:**

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un poblado con el objeto de adoptar las debidas precauciones. Se colocará a una distancia de 200 m a 300 m antes del comienzo del centro poblado, debiéndose complementar con la señal R-30 de la Velocidad máxima que establezca el valor que corresponde al paso por el centro poblacional.

**(P-59) APROXIMACIÓN A SEÑAL CEDA EL PASO:**

Se utilizará ante la proximidad de una señal Ceda el Paso, la cual no es visible a la distancia suficiente para permitir al conductor detener su vehículo en la señal apropiada.

**(P-61) SEÑAL CHEVRON:**

Se utilizará como auxiliar en la delineación de curvas pronunciadas, colocándose solas o detrás de las guardavías.

**C. SEÑALES DE INFORMACIÓN:**

**C.1 DEFINICIÓN:**

Las señales de información tienen como fin el de guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tienen también por objeto identificar puntos notables tales

como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información que ayude a emplearla en el uso de la vía.

## **C.2 CLASIFICACIÓN**

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

### **1. Señales de Dirección:**

Señales de destino

Señales de destino con indicación de distancia

Señales de indicación de distancia

### **2. Señales Indicadoras de Ruta.**

### **3. Señales de Información General:**

Las Señales de Información General, se utilizan para indicar al usuario la ubicación de lugares interés general así como los principales servicios públicos conexos con las carreteras (Servicios Auxiliares).

## **C.3 FORMA**

La forma de las señales informativas será la siguiente:

Las Señales de Dirección y Señales de Información General, a excepción de las señales auxiliares, serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.

Las Señales Indicadores de Ruta serán de forma especial, tal como lo indica el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para calles y carreteras.

Las Señales de Servicios Auxiliares serán rectangulares con su mayor dimensión vertical, se utilizarán placas de dimensiones mínimas de 0,60 x 0,45 m. en el área urbana y de 0,90 x 0,60 m en el área rural.

## **C.4 COLORES**

Señales de Dirección. En las autopistas y carreteras importantes, en el área rural, el fondo será de color verde, con letras, flechas y marco blanco. En las carreteras

secundarias, la señal tendrá fondo blanco con letras y flechas negras. En las autopistas y avenidas importantes en el área urbana, el fondo será de color azul con letras, flechas y marco blanco, esto con el objeto de diferenciar las carreteras del área urbana.

Señales Indicadores de Ruta.- Similar a las Señales de Dirección.

Señales de Información General: Similar a las señales de Dirección a excepción de las señales de Servicios Auxiliares.

Señales de Servicios Auxiliares: Serán de fondo azul con recuadro blanco, símbolo negro y letras blancas. La señal de Primeros Auxilios Médicos llevará el símbolo correspondiente a una cruz de color rojo sobre fondo blanco.

## **C.5 DIMENSIONES**

Señales de Dirección y Señales de Dirección con Indicación de Distancia: El tamaño de la señal dependerá, principalmente, de la longitud del mensaje, altura y serie de las letras utilizadas para obtener una adecuada legibilidad.

Señales Indicadoras de Ruta: De dimensiones especiales de acuerdo al diseño mostrado en el manual mencionado anteriormente.

Señales de Información General: Serán de 0,80 x 1,20 m en autopista y carreteras principales, en las demás serán de 0,60 x 0,90 m. En lo concerniente a las Señales de Servicios Auxiliares, ellas serán de 0,60 x 0,45 m, en el área urbana y 0,90 x 0,60 m, en área rural.

## **C.6 NORMAS DE DISEÑO**

En lo concerniente a las señales de Dirección e Información General se seguirán las siguientes normas de diseño:

El borde y el marco de la señal tendrán un ancho mínimo de 1 cm y máximo de 2 cm.

Las esquinas de las placas de las señales se redondearán con un radio de curvatura de 2 cm como mínimo y 6 cm como máximo, de acuerdo al tamaño de la señal.

La distancia de la línea interior del marco a los límites superior e inferior de los renglones inmediatos será de  $1/2$  a  $3/4$  de la altura de las letras mayúsculas.

La distancia entre renglones será de  $1/2$  a  $3/4$  de la altura de las letras mayúsculas.

La distancia de la línea interior del marco a la primera o la última letra del renglón más largo variará entre  $1/2$  a 1 de la altura de las letras mayúsculas.

La distancia entre palabras variará entre 0,5 a 1,0 de la altura de las letras mayúsculas.

Cuando haya flechas, la distancia mínima entre palabra y flecha será igual a la altura de las letras mayúsculas.

Cuando haya flecha y escudo, la distancia entre la flecha y el escudo será de  $1/2$  la altura de las letras mayúsculas.

Las letras a utilizarse sean mayúsculas o minúsculas serán diseñadas de acuerdo al alfabeto modelo que se muestran el manual de Normas de Tránsito (anexo), asimismo las distancias entre letras deberán cumplir con lo indicado en el mencionado alfabeto modelo.

El diseño de la flecha será el mismo para las tres posiciones: vertical, horizontal y diagonal. Su longitud será 1,5 veces la altura de la letra mayúscula, la distancia de la línea interior del marco a la flecha será de 0,5 -1,0 veces la altura de las letras mayúsculas.

El orden en que se colocarán los puntos de destino será el siguiente: primero el de dirección recta; segundo el de dirección izquierda y el tercero en dirección derecha.

Cuando la señal tenga dos renglones con flecha vertical, se podrá usar una flecha para las dos regiones, con una altura equivalente a la suma de las alturas de la letra más el espacio de los renglones.

Para dos renglones con flechas en posición diagonal se podrá usar una sola flecha de longitud equivalente a la suma de las alturas de las letras más el espacio entre renglones ya aumentada en una cuarta parte de la suma anterior.

Las señales informativas de dirección deben limitarse a tres renglones de leyendas; en el caso de señales elevadas sólo dos.

En las autopistas, la altura de las letras será como mínimo de 0,30 m, si son mayúsculas y de 0,20 m, si son minúsculas. En las avenidas y demás carreteras la altura de la letra será como mínimo, 0,15 m, las mayúsculas y 0,10 m, las minúsculas.

## **C.7 UBICACIÓN**

Las señales de Información por regla general deberán colocarse en el lado derecho de la carretera o avenida para que los conductores puedan ubicarla en forma oportuna y condiciones propias de la autopista, carretera, avenida o calle, dependiendo asimismo, de la velocidad, alineamiento, visibilidad y condiciones de la vía, ubicándose de acuerdo al resultado de los estudios respectivos.

Bajo algunas circunstancias, las señales podrán ser colocadas sobre las islas de canalización o sobre el lado

izquierdo de la carretera. Los requerimientos operacionales en las carreteras o avenidas hacen necesaria la instalación de señales elevadas en diversas localizaciones. Los factores que justifican a colocación de señales elevadas son los siguientes:

1. Alto volumen de tránsito.
2. Diseño de intercambios viales.
3. Tres o más carriles en cada dirección.
4. Restringida visión de distancia.
5. Desvíos muy cercanos.
6. Salidas Multicarril.
7. Alto porcentaje de camiones.
8. Alta iluminación en el medio ambiente.
9. Tránsito de alta velocidad.
10. Consistencia en los mensajes de las señales durante una serie de intercambios.
11. Insuficiente espacio para colocar señales laterales.
12. Rampas de salida en el lado izquierdo.

## **C.8 RELACIÓN DE SEÑALES INFORMATIVAS**

A continuación se presenta la relación de las señales informativas consideradas como más importantes.

### **Indicadores de Ruta**

Las señales indicadores de ruta de acuerdo a la clasificación vial son:

Indicador de Carretera del Sistema Interamericano.

Indicador de Ruta Carretera Sistema Nacional.

Indicador de Ruta Carreteras Departamentales.

Indicador de Ruta Carreteras Vecinales.

Las señales indicadores de ruta se complementan con señales auxiliares que indican dirección de las rutas así

como la intersección con otra u otras rutas; dichas señales auxiliares pueden ser de advertencia o de posición:

**(1-4) INDICADOR DE RUTA CARRETERAS VECINALES:**

Para utilizarse en los caminos vecinales será de forma cuadrada de 0,40m x 0,40m, de color negro dentro del cual se inscribirá un círculo de color blanco de 0,35m de diámetro con números negros correspondientes al número de ruta de la carretera que se está recorriendo.

**(1-5) SEÑALES DE DESTINO:**

Se utilizarán antes de una intersección a fin de guiar al usuario en el itinerario a seguir para llegar a su destino. Sus dimensiones variarán de acuerdo al mensaje a transmitir. Llevarán, junto al nombre del lugar, una flecha que indique la dirección a seguir para llegar a él. Para el diseño de la señal se tendrá en cuenta las normas establecidas en el numeral 4.4.6.6.

En las carreteras se ubicarán a no menos de 60m ni a más de 100m de la intersección y a continuación de las señales preventivas de intersección, así como de aquellas correspondientes a los indicadores de ruta.

**(1-6) SEÑALES DE DESTINO CON INDICACIÓN DE DISTANCIAS:**

Se usarán en las carreteras, antes de una intersección para indicar al usuario la dirección que debe seguir para llegar a una población o puntos determinados informando a la vez la distancia a que se encuentra el destino mostrado. Los números que expresan la distancia en kilómetros que hay entre la señal y la población o lugar de destino, deberán colocarse siempre a la derecha del nombre de la población o lugar de destino.

### **(1-7) SEÑALES CON INDICACIÓN DE DISTANCIAS:**

Se utilizarán en las carreteras para indicar al usuario las distancias a las que se encuentran poblaciones o lugares de destino, a partir del punto donde está localizada la señal. Se colocará la parte superior de la señal, el nombre y la distancia respectiva de la población inmediata próxima a la señal y en la parte inferior, el nombre y distancia de la población en que la mayoría del tránsito está dirigido, no debiendo colocarse más de cuatro líneas. Se ubicarán a las salidas de las poblaciones a una distancia no mayor de un kilómetro y, en áreas rurales, a intervalos no mayores de 30 Km.

### **(1-8) POSTE DE KILOMETRAJE:**

Se utilizarán para indicar la distancia al punto de origen de la vía para establecer el origen de cada carretera se sujetará a la reglamentación respectiva, elaborada por la Dirección General de Caminos.

Los postes de kilometraje serán colocados a intervalos de 5 Km. A la derecha y en el sentido del tránsito que circula, desde el origen de la carretera hacia el término de ella. En algunas carreteras, la Dirección General de Caminos podrá considerar innecesaria la colocación de postes de kilometraje.

### **ESPECIFICACIONES:**

Concreto : 140 Kg/cm<sup>2</sup>

Armadura: 3 fierros de 3/8" con estribos de alambre N° 8 a @20m.

Longitud de 1,20 m

Inscripción: En bajo relieve de 12 mm de profundidad.



Pintura: Los postes serán pintados en blanco con bandas negras de acuerdo al diseño, con tres manos de pintura al óleo.

Cimentación: 0,50 x 0,50 de concreto ciclópeo.

Señales de Localización:

Servirán para indicar poblaciones o lugares de interés tales como: ríos, poblaciones, etc. Serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal. La mínima dimensión correspondiente al rectángulo de la señal será 0,50 m.

#### **1.4.9 Definición de la terminología.**

**a. Acceso:** ingreso y/o salida a una instalación u obra de infraestructura vial.

**b. Afirmado:** capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

**c. Berma:** franja longitudinal, paralela y adyacente a la 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 emergencia.

**d. Bombeo:** inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

**e. Calicata:** excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

**f. CBR (California Bearing Ratio):** valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

**g. Cuneta:** canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento.

**h. Eje:** línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

- i. Granulometría:** representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.
- j. Índice medio diario anual (IMDA):** volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.
- k. Nivelación:** operación que consiste en tomar la cota de los puntos del terreno de una zona dada con relación a un plano de referencia.
- l. Pavimento:** es la estructura construida sobre la subrasante para resistir, distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.
- m. Pendiente:** inclinación de una rasante en el sentido de avance.
- n. Rasante:** línea que une las cotas de una carretera terminada.
- o. Replanteo:** traslado y localización sobre el terreno de los diferentes puntos característicos del proyecto, definidos por sus coordenadas, con el fin de fijar la situación de la obra.
- p. Sección transversal:** corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.
- q. Subrasante:** superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1 Tipo de investigación**

El presente proyecto de investigación es del tipo aplicada pues busca modificar la realidad problemática de las poblaciones de la primavera y simón bolívar, diseñándoles para ello una carretera que les facilitará el acceso a los principales centros de consumo cercano (nueva Cajamarca).

### **2.2 Método de investigación**

El método empleado es el inductivo – deductivo, pues a lo largo de todo el proceso de desarrollo se van buscando la obtención de datos y al final se llega a las conclusiones.

### **2.3 Población**

La población la constituye la construcción de 4.193 km de carretera de 1 calzada, con bermas laterales, cunetas, alcantarillas de tubería metálica corrugada, kilométricos, badenes, señalización.

### **2.4 Muestra**

La muestra está conformada por la trocha carrozable y sus obras complementarias.

### **2.5 Variables**

#### **2.5.1 Variable independiente**

La variable independiente para este proyecto es el diseño definitivo de la carretera la primavera – simón bolívar.

#### **2.5.2 Variable dependiente**

Al construirse nueva carretera se debe tener como consecuencia una vía cómoda y segura la cual sería la variable dependiente en este caso.

#### **2.5.3 Operacionalización de variables**

La operacionalización de las dos variables de estudio se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 26**

*Operacionalización de variables*

<b>VARIABLE</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>SUB-INDICADOR</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  <b>DISEÑO DEFINITIVO DE LA CARRETERA LA PRIMAVERA – SIMÓN BOLÍVAR, DISTRITO DE NUEVA CAJAMARCA, PROVINCIA DE RIOJA, REGIÓN SAN MARTIN</b>	Levantamiento Topográfico.	Planimetría y Altimetría.	Planos	Observación y análisis de documentos de las normativas del MTC.	Guía de observación y de Análisis de documentos de las normativas del MTC.	GPS, Estación Total y Nivel de Ingeniero.
	Estudio Mecánica de Suelos.	de Calicata y Extracción de Muestras.	Km.	Observación y análisis de documentos de las normativas del MTC.	Guía de observación y de Análisis de documentos de las normativas del MTC.	Laboratorio de EMS.
	Identificación de Zona Campamento y Almacén	de Zona próxima a la vía en estudio.	m <sup>2</sup> .	Observación y análisis de documentos de las normativas del MTC.	Guía de observación y de Análisis de documentos de las	GPS.

---

Diseño de la carretera	Procesamiento de datos: Planos. Estudio de Trafico, Estudio de mecánica de suelos, Estudio hidrológico.			normativas del MTC.	Guía de Trabajo de observación y de gabinete – Análisis de Procesamiento de documentos de las de datos con normativas del software y MTC. hojas de cálculo de Excel.
Construcción de la carretera y sus Obras Complementarias	Colocación de material que servirá como superficie de rodadura y construcción de las Obras Complementarias	ml, m <sup>2</sup> y m <sup>3</sup> .	Observación y análisis de documentos de las normativas del MTC.	Guía de Nivel de Ingeniero y Estación Total.	Análisis de documentos de las normativas del MTC.

---

<b>VARIABLE</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>SUB-INDICADOR</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>
<b><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></b> <b>VÍA CÓMODA Y SEGURA</b>	Reducción de los tiempos de viaje.	Menor tiempo de recorrido	Horas	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de Análisis de documentos	Cronómetro.
	Calidad del servicio de transporte	Bienestar del usuario.	Glb.	Observación y análisis de documentos	Guía de observación y de Análisis de documentos	Encuesta.

Fuente: Elaboración propia

## **2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El presente proyecto de investigación empleó las técnicas de observación y análisis de documentos de las normativas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los instrumentos de recolección de datos son:

### **A. Guías de observación**

Se emplearon diversos formatos para colocar los datos obtenidos en cada uno de los diversos estudios (estudio topográfico, estudio de tráfico) a realizar en este proyecto y para su posterior análisis de los resultados obtenidos.

### **B. Análisis de documentos**

Para el diseño de la carretera junto con sus obras complementarias (badenes, alcantarillas, cunetas, alcantarillas) se revisaron normas técnicas aplicables que sirvieron como guía.

## **2.7 Validación**

Los instrumentos de medición empleados para la realización de la topografía son: Nivel de Ingeniero (marca Topcon-ATB2) y el Teodolito (marca Topcon DT-200) son validados por el distribuidor Geotop, los cuales son calibrados antes de la entrega para la disposición final en los trabajos pertinentes.

El instrumento de medición empleado para el diseño geométrico de la vía fue el software AIDC-NS el cual tiene un certificado propio del fabricante con lo cual asegura obtener diseños rápidos y de acuerdo a la normativa vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El instrumento de medición empleado para el diseño de las obras de arte fue el software Hcanales Versión 3.1 el cual es de amplio uso por los ingenieros que realizan trabajos de hidráulica por ser de fácil intuición y dar resultados óptimos, además por ser garantía internacional.

Los instrumentos de medición empleados para el estudio de mecánica de suelos: tales como husos granulométricos, horno, copas de casa grande, etc., todos ellos son certificados por los proveedores de dichos equipos, tales como la empresa “ELE” se gran demanda internacional en cuanto a equipos de suelos e hidráulica.



## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS**

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Resultados

##### 3.1.1 Resultados del estudio de tráfico

Los resultados encontrados que permitieron el logro del objetivo específico N° 1 el cual consistía en “Realizar un estudio de tráfico, para calcular el IMDA (índice medio diario anual) para definir el ancho de vía”.

El estudio de tráfico que se realizó consistió en la realización del conteo de vehículos durante una semana en un tramo homogéneo y se obtuvo como resultado un IMDA de 9 veh/día (considerando que el 50% de los vehículos que transitan por el tramo Nueva Cajamarca - La Primavera se dirijan hacia el caserío Simón Bolívar para el tercer año (año base), donde se supone iniciará el tránsito vehicular y se estima a través de métodos estadísticos que para el año décimo tercero (periodo de diseño de 10 años, se estima un IMDA DE 15 veh/día (teniendo la consideración anteriormente descrita).

**Tabla 27**

*Proyección del tráfico total, tramo: Nueva Cajamarca – La Primavera*

TIPO DE VEHÍCULO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
	0	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
IMD <sub>Normal</sub>	12	12	15	15	15	16	16	18	19	19	19
Autos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station Wagon	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6
Pick Up	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6
Rural Combi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 02 Ejes	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7
IMD <sub>Generado</sub>	0	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Autos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station Wagon	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pick Up	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rural Combi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 02 Ejes	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
IMD <sub>Total</sub>	12	15	18	18	18	19	19	21	23	23	23

Fuente: Elaboración propia

TIPO DE VEHÍCULO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
IMD <sub>Normal</sub>	20	22	23	23	24	25	27	28	29	32
Autos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station Wagon	6	7	7	7	7	7	8	8	8	9
Pick Up	6	7	7	7	7	7	8	8	8	9
Rural Combi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 02 Ejes	8	8	9	9	10	11	11	12	13	14
IMD <sub>Generado</sub>	4	6	6	6	6	6	6	6	6	7
Autos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station Wagon	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pick Up	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rural Combi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 02 Ejes	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
IMD <sub>Total</sub>	24	28	29	29	30	31	33	34	35	39

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Resultados del estudio topográfico y geométrico

Los resultados encontrados que permitieron el logro del objetivo específico N° 2 y N° 5 los cuales son respectivamente “Realizar un estudio topográfico, para estimar longitudes, pendientes, y otras características necesarias para el diseño geométrico” y “Diseñar los elementos Geométricos de la vía en concordancia con la normatividad vigente”, sus resultados son:

El presente proyecto por ser una vía nueva tendrá una clasificación de red vial terciaria o local por tener un IMDA < 200 veh/día; el derecho de vía o faja de dominio a cada lado del eje le corresponde 7.50 m o que equivale a 15.00 m; además posee una faja de propiedad restringida igual a 10.00 m.

En cuanto al diseño geométrico se adecuará en lo posible a la topografía del terreno; la velocidad directriz considerada para el presente proyecto es de 20 km/hora, el ancho de superficie de rodadura, para el diseño del presente proyecto será de 3.50 metros. Esta vía por ser de un solo carril tendrá plazoletas de cruce cada 500 metros. Contará con un afirmado de material granular estabilizado. Para el presente proyecto, se tiene una velocidad de diseño de 20 km/hora, por lo tanto la distancia de visibilidad de parada de 20.00 m en bajada y en subida de 18.00 m. Para el presente proyecto, se tiene una velocidad directriz de 20 km/hora, por lo tanto, la distancia de visibilidad de adelantamiento es de 130 metros.

El levantamiento del eje del camino se ha realizado mediante una poligonal abierta siguiendo el alineamiento del camino existente, dando como consecuencia un camino sinuoso con tangentes cortas y abundancia de curvas.

En cuanto al diseño de curvas horizontales el presente proyecto posee un radio mínimo de 11.25 m (pero el radio mínimo que redondea el manual de carreteras de bajo volumen de tránsito es de 10.00 m) y además posee un radio mínimo excepcional de 8.13 m. El valor máximo del peralte elegido es 10 %, con un  $f_{max}=0.18$ .

En el alineamiento vertical permite pendientes de hasta 10 % contando con una distancia de visibilidad de frenado igual a 20.00 m, un índice de curvatura para curvas verticales cóncavas de 2.10 y para curvas verticales convexas un índice de curvatura igual a 0.60.

La sección transversal posee una calzada de 3.50 m de ancho, un bombeo de 3.0%, bermas de 0.50 m a ambos lados de la calzada lo que nos da un ancho de plataforma igual a 4.50 m.

Se ha considerado la colocación de plazoletas de cruce aproximadamente cada 500.00 m que hacen un total de 08 plazoletas que tienen una longitud de 20.00 m y un ancho de 3.00 m

Para los taludes de corte teniendo en consideración que en la zona del proyecto los suelos que predominan son los gravosos con presencia de limos y arcillas entonces los taludes de corte serán H: V (1:1). La inclinación de los taludes de relleno teniendo en cuenta que los suelos que predominan en el lugar del proyecto es el material común por lo tanto tendrá un talud de V: H (1:1.5).

Los parámetros más importantes del diseño de la vía se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 28**

*Resumen de parámetros de diseño*

PARÁMETRO	VALOR
Clasificación del camino	Camino Vecinal o Rural
Velocidad Directriz	20 Km/h
Radio Mínimo de Curvas Horizontales	10.00 m
Índice de curvatura "K" de Curvas Verticales Convexas	0.60

Índice de curvatura “K” de Curvas Verticales Cóncavas	2.10
Ancho de Superficie de Rodadura	3.50 m
Ancho de bermas	0.50 m
Sobreanchos	Según corresponda
Bombeo de Superficie de Rodadura (Afirmado)	3.00%
Peralte en Curvas	Variable, 10% máximo
Pendiente máxima	10%
Taludes de Corte	
Suelos Limo arcillosos	1:1
Taludes de Relleno	
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1:1.5
Cunetas sección triangular	0.85m x 0.57m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29**

*Ubicación de plazoletas*

PROGRESIVAS	LADO	LONGITUD (m)	ANCHO (m)
0+530	Derecho	20.00	3.00
0+980	Izquierdo	20.00	3.00
1+500	Derecho	20.00	3.00
1+930	Izquierdo	20.00	3.00
2+520	Izquierdo	20.00	3.00
3+070	Derecho	20.00	3.00
3+560	Izquierdo	20.00	3.00
4+020	Derecho	20.00	3.00

Fuente: Elaboración propia

**3.1.3 Resultados del estudio de mecánica de suelos**

Los resultados encontrados que permitieron el logro del objetivo específico N° 3 y N° 6 los cuales son respectivamente “Realizar estudios de Mecánica de suelos, para conocer las características del suelo donde se va a trabajar” y “Diseñar una superficie de rodadura”, sus resultados son:

**Tabla 30**

*Resumen de calicatas*

TRAMO: LA PRIMAVERA – SIMON BOLIVAR							
CALICATA	TRAMO	SUCS	AASHTO	LL	LP	IP	CBR 95%
1	km 0+150	CL	A-7-6	42.69	17.80	24.90	2.89
2	km 1+200	GC	A-2-6	33.69	15.36	18.33	-
3	km 2+800	GC	A-2-4	42.70	17.80	24.90	-
4	km 3+750	CL	A-7-6	43.91	16.02	27.88	4.47

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31***Análisis de cantera*

CANTERA : LA PRIMAVERA							
COORDENADAS			CARACTERÍSTICAS				
ESTE	NORTE	SUCS	AASHTO	LL	LP	IP	CBR 95%
241632.120	9339733.510	GP	A-2-4	25.50	16.65	8.86	16.82

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32***Diseño del pavimento*

PROGRESIVA		LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	TALUD	V.T.
DESDE	HASTA	m	(m)	(m)		(m3)
0+000	4+193.50	4,193.50	4.50	0.15	1.5	4,755.45
TOTAL						4,755.45

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una exploración de suelos cada 1.00 km realizándose un total de 04 calicatas en terreno natural encontrándose suelos uniformes (un solo estrato) a lo largo de la exploración vertical, suelos de naturaleza arcillosa con presencia de limos y arenas, además se extrajo muestra del material de cantera para definir la máxima densidad seca y contenido óptimo de humedad, así como el C.B.R al igual que para las muestras de subrasante. Durante la realización de las calicatas no se pudo presenciar nivel freático teniendo en cuenta que se hicieron excavaciones de un promedio igual a 1.65 m de profundidad por debajo del nivel de subrasante.

Los ensayos que se realizaron fueron los ensayos de: contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, próctor, C.B.R, equivalente de arena, abrasión. Todos los ensayos se realizaron en el laboratorio de suelos y pavimentos de nuestra casa de estudios, la Universidad Señor de Sipán.

### 3.1.4 Resultados del estudio hidrológico y diseño de obras de arte

Puesto que no se pudo realizar un estudio hidrológico debido a que las estaciones pluviométricas que se encuentran dentro de la cuenca hidrológica poseen un registro histórico de apenas 5 años de antigüedad, las cuales son: estaciones meteorológicas convencionales de Rioja y Naranjillo y la estación meteorológica automática de Naranjillo ubicadas en la provincia de Rioja. Entonces se tomó como referencia la información hidrológica (caudales de diseño) de la tesis titulada

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO VECINAL EMP. SM 102, SAN JOSÉ DE SISA – SAN JUAN SALADO, DISTRITO DE SAN JOSÉ DE SISA, PROVINCIA DE EL DORADO – SAN MARTÍN” elaborada por los tesisistas: Mundaca Cotrina, Manuel Edinson, Sánchez Caro Nilmer Isaias. La tesis anteriormente mencionada realiza un estudio de una carretera la cual está ubicada en una cuenca vecina (cuenca del río Sisa) y se encuentra a unos 400 m.s.n.m aproximadamente y la presente tesis que se realizó está ubicada en la cuenca del “Alto Mayo” ubicada a unos 900 m.s.n.m.

Para los caudales de diseño de esta presente tesis se supone que los caudales tomados como referencia sean superados en un 100% (para cunetas) y en cuanto a caudales de diseño de badenes se asume teniendo en cuenta las consideraciones del Manual de hidrología, hidráulica y drenaje que menciona ampliar la longitud de los badenes más allá del ancho del flujo considerado para así cubrir posibles desbordes y sus resultados se muestran más adelante. Estos datos recopilados permitieron el logro del objetivo específico N° 4 y N° 7 los cuales son respectivamente “Realizar un estudio hidrológico, para estimar caudales con lo cual servirán como datos base para el diseño de obras de arte” y “Diseñar obras de arte, para facilitar el flujo de aguas, así como para poder lograr el cumplimiento de la vida útil de la vía”. Los resultados del presente estudio son:

**Tabla 33**

*Resumen de obras de arte*

OBRA DE ARTE	PROGRESIVAS	LADO	LONGITUD (m)	Q DISEÑO (m <sup>3</sup> /s)
Cunetas	0+240 – 0+400	Izquierdo	160.00	0.086
Cunetas	0+240 – 0+400	Derecho	160.00	0.086
Cunetas	0+760 – 0+860	Izquierdo	100.00	0.086
Cunetas	0+760 – 0+860	Derecho	100.00	0.086
Cunetas	1+120 - 1+320	Izquierdo	200.00	0.086
Cunetas	1+120 - 1+320	Derecho	200.00	0.086
Cunetas	1+940 - 2+140	Izquierdo	200.00	0.086
Cunetas	2+150 - 2+340	Derecho	190.00	0.086
Cunetas	2+440 - 2+640	Izquierdo	200.00	0.086
Cunetas	3+340 - 3+500	Derecho	160.00	0.086
Cunetas	3+340 - 3+500	Izquierdo	160.00	0.086
Cunetas	3+665.74 - 3+740	Derecho	74.26	0.086
Cunetas	3+665.74 - 3+740	Izquierdo	74.26	0.086
Badén N° 1	0+730	Eje	25.00	29.381
Badén N° 2	1+000	Eje	15.00	7.524
Badén N° 3	1+580	Eje	15.00	16.825

Alcantarilla N° 1	0+240	Eje	4.50	1.161
Alcantarilla N° 2	0+760	Eje	4.50	1.161
Alcantarilla N° 3	1+120	Eje	4.50	1.161
Alcantarilla N° 4	1+940	Eje	4.50	1.161
Alcantarilla N° 5	2+150	Eje	4.50	1.161
Alcantarilla N° 6	2+455	Eje	4.50	1.161
Alcantarilla N° 7	3+340	Eje	4.50	1.161
Alcantarilla N° 8	3+665.74	Eje	4.50	1.161

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se deduce que habrá en total 1,978.52 m de cunetas de 0.85 de ancho por 0.57 m de profundidad, 03 badenes y 08 alcantarillas TMC circulares de 0.90 m de diámetro.



## **CAPITULO IV**

### **DISCUSIÓN**

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1 Discusión de los resultados del estudio de tráfico

En el análisis del tráfico se encontró que el IMDA para un periodo de diseño de 10 años es 15 veh/día, estos resultados no concuerdan con los encontrados por Chero, Rufasto en su investigación “Estudio y diseño de la carretera Rioja – La Perla de Cascayunga, Departamento de San Martín” el cual a pesar de ser una carretera de la misma importancia que el de la presente tesis pero que ya poseía un nivel de transitabilidad el IMDA calculado para un periodo de diseño de 10 años fue de 28 veh/día.

#### 4.1.2 Discusión de los resultados del estudio topográfico y geométrico

La carretera es clasificada como un camino vecinal o rural por ser una vía nueva que va a contar un bajo nivel de transitabilidad, además posee una velocidad baja y dimensiones mínimas los cuales podemos visualizar en el cuadro N° 33 para evitar que la vía resulte siendo costosa al momento de elaborar el presupuesto, todo esto está respaldado por lo normado en los manuales del ministerio de transportes como son: “Manual de carreteras para bajo volumen de tránsito”, “Manual de suelos, geología y geotecnia de pavimentos”. Estos resultados no coinciden con los encontrados por Saldaña, Mera (2014) pues ellos rediseñaron una vía que ya existía y ya poseían un nivel de transitabilidad mínima, pero a pesar de tener una topografía similar a la de esta presente tesis optaron por una velocidad superior en 10 km/h a la planteada en esta tesis puesto que al ya haber existido movimiento de tierras anteriormente y al elevar la velocidad no se tendría muchos problemas para realizar el presupuesto (costos relativamente altos).

#### 4.1.3 Discusión de los resultados del estudio de mecánica de suelos

En la presente tesis se ha encontrado suelos arcillosos con presencia de limos y arenas que son de muy baja calidad, por lo tanto se realizará un mejoramiento de suelos, eliminando capas de material y colocando un material con un CBR > 6%. Estos resultados no coinciden con los que obtuvieron Saldaña, Mera (2014) en su investigación “Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la

carretera Loero-Jorge Chavez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, región de Madre de Dios” en la que encontraron en la subrasante un material bueno conformado por una presencia de arcillas, limos y arenas que poseen un CBR > 14%.

#### **4. 1.4 Discusión de los resultados del estudio hidrológico y diseño de obras de arte**

La presente tesis plantea la construcción de cunetas para evacuar las aguas provenientes de la plataforma las cuales tienen dimensiones de 0.85 m de ancho por 0.57 m de profundidad, además contempla la construcción de badenes para facilitar el flujo de aguas temporales sin que éstas deterioren al afirmado, se diseñó además alcantarillas de tubería metálica corrugada. Estos resultados no coinciden con los que obtuvieron Saldaña, Mera (2014) en su investigación “Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero-Jorge Chavez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, región de Madre de Dios” puesto que ellos tienen otro criterio en cuanto al diseño de obras de arte optando así por diseñar cunetas 0.70 m de ancho, alcantarillas de concreto armado de tipo cajón de 0.60m x 0.60 m y no consideran el uso de badenes pues no tienen aguas superficiales de estación temporal.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

## V. CONCLUSIONES

### 5.1 Conclusiones

- a) Se realizó el estudio de tráfico para el cálculo del IMDA teniendo en cuenta el factor económico puesto que es una vía nueva por la cual aún no transitan vehículos, el cual dio como resultado un IMDA para un periodo de diseño de 10 años de 15 veh/día.
- b) Se realizó un estudio topográfico el cual definió las características en cuanto a diseño geométrico de la carretera debiendo acomodarse al perfil del terreno por lo tanto se optó por radios mínimos de 10.00 m, pendiente máxima de 10%,
- c) El peralte máximo para curvas horizontales es igual a 10%, índices de curvatura de 0.60 y 2.10 para curvas verticales convexa y cóncava respectivamente.
- d) Se conoció las características físicas del terreno donde se va a colocar el afirmado, dando como resultado la presencia de suelos arcillosos con presencia de limos.
- e) El estudio hidrológico indicó la necesidad de construir badenes de diversas longitudes, cunetas y alcantarillas de alivio.
- f) El diseño de la superficie de rodadura indicó la necesidad de eliminar el material de subrasante existente, reemplazándolo por material que posea un CBR > 6% al 95% de la M.D.S y colocar una capa de afirmado (e = 21 cm).
- g) El diseño de obras de arte contempla la construcción de 03 badenes de longitudes, también se tiene proyectado la construcción de 08 alcantarillas circulares de TMC Ø 36" además de la construcción de 1978.52 ml de cunetas triangulares.
- h) El presupuesto del proyecto al costo directo asciende a un valor de S/. 1'737,089.46 lo que sería a un equivalente por kilómetro de carretera construida igual a S/. 414,233.80.
- i) El presupuesto del proyecto al costo directo en cuanto a trocha carrozable asciende a un valor de S/. 1'316,099.18, lo que sería a un equivalente por kilómetro de carretera construida igual a S/. 313,842.66.
- j) El presupuesto del proyecto al costo directo en cuanto a badenes asciende a un valor de S/. 116,906.87, lo que sería a un equivalente por metro de badén construido igual a S/. 2,125.58.
- k) El presupuesto del proyecto al costo directo en cuanto a alcantarillas asciende a un valor de S/. 104,343.91, lo que sería a un equivalente por alcantarilla construida igual a S/. 13,041.54.

- l) El presupuesto del proyecto al costo directo en cuanto a obras de drenaje – cunetas, asciende a un valor de S/. 169,957.43, lo que sería a un equivalente por metro de cuneta construida igual a S/. 85.90.
- m) El presupuesto del proyecto al costo directo en cuanto a señalización, asciende a un valor de S/. 10,382.90, lo que sería a un equivalente por kilómetro de señalización instalada igual a S/. 2,475.95.

## **CAPITULO VI**

## **REFERENCIAS**

## VI. REFERENCIAS

- Ávila, W. (2007). *Diseño de la carretera calle la recolección, Antigua Guatemala, ruta nacional 14 (rn-14)*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado desde: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2733\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2733_C.pdf)
- Chero, R. (2011). *Estudio y diseño de la carretera Rioja – La Perla de Cascayunga, Departamento de San Martín*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Recuperado desde: <http://esdocs.com/doc/1241563/tesis--%E2%80%9Cestudio-y-dise%C3%B1o-de-la-carretera-rioja-%E2%80%93-la-perla-de>
- Gestión. (2013). *BID: La construcción de carreteras en sierra y selva aumentaría exportaciones en 10% y 23%*. Lima. Recuperado desde: <http://gestion.pe/economia/construccion-carreteras-sierra-y-selva-aumentaria-exportaciones-10-y-23-2079986>
- Gestión (2015). *MTC invierte S/. 2,404 millones en obras de infraestructura en San Martín*. Lima. Recuperado desde: <http://gestion.pe/economia/mtc-invierte-s-2404-millones-obras-infraestructura-san-martin-2136821>
- Infobae. (2013). *El kilómetro de carretera en américa latina cuesta 7 veces más que en Europa*. Buenos Aires. Recuperado desde: <http://www.infobae.com/2013/09/29/1512287-el-kilometro-carretera-america-latina-cuesta-7-veces-mas-que-europa/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *“Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual "Diseño Geométrico DG 2018"*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras*. Lima.



Saldaña, P. (2014). *Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero-Jorge Chavez, inicio en el km. 7.5, distrito de tambopata, Región Madre de Dios*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Recuperado desde: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/619/1/SALDA%C3%91A\\_PAU\\_LO\\_MEJORAMIENTO\\_HIDRAULICO\\_OBRAS.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/619/1/SALDA%C3%91A_PAU_LO_MEJORAMIENTO_HIDRAULICO_OBRAS.pdf)

Sánchez, N., & Mundaca, M. (2016). “*REHABILITACIÓN DEL CAMINO VECINAL EMP. SM 102, SAN JOSÉ DE SISA – SAN JUAN SALADO, DISTRITO DE SAN JOSÉ DE SISA, PROVINCIA DE EL DORADO – SAN MARTÍN*”(tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú.