

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“BASES TEÓRICAS PARA LA ELABORACIÓN DE LA  
PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A  
NIVEL DE AFIRMADO ENTRE LOS TRAMOS PUENTE  
POMAGÓN – CENTRO POBLADO EL TAMBO, DISTRITO  
BAMBAMARCA- PROVINCIA HUALGAYOC – CAJAMARCA”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER**

**AUTORES:**

**TEYLES ANILSON COTRINA JAMBO**

**MIGUEL ELADIO PALOMINO ROJAS**

**ASESOR:**

**Ing. ENRIQUE MANUEL DURAND BAZÁN**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2020**

---

## ÍNDICE

RESUMEN .....	4
ABSTRACT.....	5
I. INTRODUCCION .....	6
1.1. Realidad problemática;.....	6
1.2. Delimitación del problema que Motiva el Estado del Arte .....	8
1.2.1. Campo Temático .....	9
1.2.2. Espacio .....	9
1.2.3. Tiempo .....	9
1.3. Formulación del problema.....	9
1.4. Justificación .....	9
1.5. Objetivos .....	10
1.5.1. Objetivo General .....	10
1.5.2. Objetivos Específicos .....	10
1.6. Procedimientos metodológicos seguidos.....	10
1.6.1. Alcances .....	10
1.6.2. Limitaciones .....	11
1.6.3. Viabilidad de la investigación .....	11
II. RESULTADOS .....	12
2.1. Antecedentes .....	12
2.1.1. Nacionales;.....	12
2.1.2. Internacionales .....	14
2.2. Bases teóricas .....	16
2.2.1. El Diseño Geométrico: Principales componentes .....	16
2.2.2. Clasificación de la carretera .....	17
2.2.3. Vehículo de diseño:.....	19
2.2.4. Velocidad de diseño .....	19
2.2.5. Distancias de Visibilidad.....	20
2.2.6. Alineamiento Horizontal. ....	22
2.2.7. Alineamiento vertical .....	38
2.2.8. Sección Transversal.....	41
III. CONCLUSIONES .....	48
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	49
V. ANEXOS .....	53



## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de una carretera en función de la demanda .....	18
Tabla 2. Clasificación de una carretera peruana en función de la orografía predominante del terreno .....	19
Tabla 3. Distancia de visibilidad en parada (metros).....	20
Tabla N° 4: Coeficientes de parada en pavimento húmedo y a nivel.....	21
Tabla N° 5: Fricción transversal máxima en curvas .....	23
Tabla N° 6: Fricción transversal máxima en curvas .....	23
Tabla N° 7: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente.....	28
Tabla N° 8: Valores para rangos de velocidad .....	34
Tabla N° 9: Variación lineal del sobreancho de 80 cm, en 20 m de desarrollo. ....	38
Tabla N° 10 : Pendientes máximas.....	39
Tabla N° 11: Valores del ancho de calzada para diferentes velocidades .....	43
Tabla N° 12: Ancho de bermas .....	44
Tabla N° 13: Valores de bombeo de la calzada .....	44
Tabla N° 14: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V).....	45
Tabla N° 18: tratamiento de taludes tipo .....	46

---

## Índice de Figuras

Figura N° 1: Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento (en metros) .....	22
Figura N° 2: Coordinación entre curvas circulares para autopistas y carreteras de 1ra clase. ....	24
Figura N° 3: Curva peraltada que contrarresta la fuerza centrípeta .....	25
Figura N° 4: Peralte para zona rural (Tipo 3 o 4) .....	25
Figura N° 5: Fin de Berma Normal .....	26
Figura N° 6: Fin de Bombeo Normal .....	27
Figura N° 7: Bombeo Nivelado.....	27
Figura N° 8: Bombeo al revés .....	27
Figura N° 9: Inicio de Curva Circular (PC).....	28
Figura N° 10: Inicio de Peralte Máximo .....	29
Figura N° 11: Vista tridimensional de la transición de peralte .....	29
Figura N° 12: Proyección de perfil de la transición de peralte .....	30
Figura N° 13: Fórmula para calcular la longitud de transición de peralte.....	31
Figura N° 14: Configuración de curva circular con curvas de transición .....	32
Figura N° 15: valores de radio mínimo para poder prescindir de curvas de transición....	32
Figura N° 14: Proyección de perfil de la transición de peralte en curva con espirales ....	36
Figura N° 15: Desarrollo del sobreecho para una curva sin espirales .....	38
Figura N° 15: Longitud mínima de curva vertical para contar con $D_p$ .....	40
Figura N° 16: Longitud mínima de curva vertical para contar con $D_a$ .....	40
Figura N° 17: Sección Transversal típica de una carretera de 3ra clase .....	42

## RESUMEN

El crecimiento económico tanto como el desarrollo de las regiones del Perú es influenciado por la calidad de la conexión entre los centros económicos más relevantes. La facilidad de acceso permite que se dinamice el intercambio de productos favoreciendo la economía regional. Este es el caso del distrito de Bambamarca en la Región de Cajamarca, cuyo desarrollo económico se ve favorecido por las actividades de agricultura, ganadería y comercio. Sin embargo, existen deficiencias en la red vial carrozable que impiden el libre tránsito, tornándolo en la temporada de invierno muy dificultoso.

La presente investigación denominada “BASES TEÓRICAS PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO ENTRE LOS TRAMOS PUENTE POMAGÓN – CENTRO POBLADO EL TAMBO, DISTRITO BAMBAMARCA- PROVINCIA HUALGAYOC – CAJAMARCA” tiene como objetivo principal elaborar una propuesta de mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera, en el tramo Puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca- Provincia Hualgayoc – Cajamarca.

La investigación ha permitido identificar los parámetros básicos del diseño geométrico de la carretera, tomando en cuenta la demanda del tránsito para diseñar la velocidad del diseño y la distancia de visibilidad. Se ha identificado los elementos del diseño geométrico en planta, el diseño geométrico en perfil y el diseño geométrico de la sección transversal, necesarios para elaborar la Propuesta de Mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos Puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo.

**PALABRAS CLAVE:** Geometría, carretera, diseño, pendiente, cunetas, desnivel

## ABSTRACT

The economic growth as well as the development of the regions of Peru is influenced by the quality of the connection between the most relevant economic centers. The ease of access allows the exchange of products to be stimulated, favoring the regional economy. This is the case of the Bambamarca district in the Cajamarca Region, whose economic development is favored by agriculture, livestock and trade activities. However, there are deficiencies in the floatable road network that prevent free transit, making it very difficult in the winter season.

The present research called “THEORETICAL BASES FOR THE ELABORATION OF THE PROPOSAL FOR THE IMPROVEMENT OF THE HIGHWAY AT THE STATEMENT LEVEL BETWEEN THE BRIDGES OF THE POMAGÓN BRIDGE - CENTRO POBLADO EL TAMBO, BAMBAMARCA DISTRICT - HUALGAYOC PROVINCE - CAJAMARCA at the road level, in the section Puente Pomagón - Centro Poblado El Tambo, Bambamarca District - Hualgayoc Province - Cajamarca.

The research has allowed to identify the basic parameters of the geometric design of the road, taking into account the traffic demand to design the design speed and the visibility distance. The elements of the geometric design in plan, the geometric design in profile and the geometric design of the cross section have been identified, necessary to prepare the Proposal for the Improvement of the road at the level of affirmation between the sections Puente Pomagón - Centro Poled El Tambo.

**KEY WORDS:** Geometry, road, design, slope, ditches, unevenness

---

## I. INTRODUCCION

### 1.1. Realidad problemática;

La Región de Cajamarca se encuentra en la sierra norte del Perú, al sur de la línea ecuatorial limita por el norte con la República del Ecuador; por el este con Piura, Lambayeque y La Libertad; por el sur con el departamento de La Libertad y por el oeste con Amazonas y La Libertad; cubre una superficie de 33 318 Km<sup>2</sup>, que representa el 2,6 por ciento del territorio nacional. Su territorio se extiende entre la sierra y selva, con predominio de la sierra, su relieve es accidentado por lo cual su altura oscila entre los 400 m.s.n.m. (Distrito de Choros - Provincia de Cutervo) y los 3 550 m.s.n.m. (Distrito Chaván - Provincia de Chota). (Ramos 2014)

De acuerdo al XII Censo Nacional de Población, realizado en el año 2017, la población de Cajamarca es de 1 341 012 habitantes. Su clima es variado. Las principales cuencas hidrográficas son: la cuenca Marañón, conformada por los ríos Chinchipe, Chamaya, Llancano, Lunyhuy, Llanguat y Crisnejas principalmente; y la cuenca del Pacífico, conformada por los ríos Sangarará, Chancay, Saña, Chilete - Tembladera (afluentes del Jequetepeque), Chicama y otros. (Torres 2018)

Desde el sector económico, Cajamarca, aporta con 2,3 por ciento al Valor Agregado Bruto nacional (INEI 2018), pero en los dos últimos años ha registrado un crecimiento promedio anual de 2,9 por ciento. Según la Encuesta Nacional de Hogares de 2017 aplicada por el INEI, la Población Económicamente Activa (PEA) del departamento ascendió a 887,4 mil personas, de las cuales el 98,1 por ciento está ocupada, mientras que el 1,9 por ciento, desocupada. De la PEA ocupada (870,3 mil personas), el 57,4 por ciento labora en el sector agropecuario y pesca; el 16,3 por ciento, en servicios; el 10,7 por ciento, en el sector comercio; el 6,2 por ciento, en el sector manufactura; el 4,4 por ciento, en construcción; el 3,9 por ciento, en transporte y comunicaciones; y el 1,0 por ciento, en minería. (Torres 2018). En Cajamarca se desarrolla la minería metálica (oro, plata y cobre principalmente) y en menor medida la minería no metálica (caolín, marmolina, entre otras), destacando la extracción de oro y plata en las unidades mineras de la empresa Yanacocha; oro y cobre por parte de la empresa Gold Fields.

Cajamarca posee recursos naturales y arqueológicos que hacen sostenible el desarrollo turístico, entre ellos: complejos arqueológicos (Kuntur Wasi, Layzón y

Ventanillas de Otuzco), vestigios pre incas (necrópolis Cumbemayo), inca (Cuarto del Rescate y Baños del Inca), colonial (iglesias, conjunto monumental Belén), flora y fauna que se puede apreciar en sus parques y santuarios nacionales (Cutervo, Tabaconas-Namballe), la existencia de culturas vivas y riqueza gastronómica. (Ramos 2014)

Existe un Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Hualgayoc – Bambamarca, orientado a mejorar el turismo, porque es un sector que tiene un bajo conocimiento y promoción del patrimonio arqueológico y cultural, deficiente capacidad empresarial y de servicios turísticos y en algunos casos no existen; así mismo la atención a visitantes es deficiente. La provincia de Hualgayoc presenta una serie de atractivos turísticos, desde sus hermosos paisajes, complejos arqueológicos, grutas, lagunas y cementerios pre-incas, entre otros atractivos más, como los llamados Bosque de Piedras.

No obstante, a pesar de contar con diversidad de recursos naturales y arqueológicos, la actividad económica turística se encuentra estancada poniéndola en una situación desventajosa con respecto a otras actividades económicas debido a la limitada promoción y fomento de esta actividad por parte de los diversos componentes a nivel regional, provincial y distrital. (Oficina de Programación e Inversiones. Hualgayoc2019)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017), afirma que el departamento de Cajamarca cuenta con una red vial de 14 667,6 km., de los cuales 1 738,9 km. pertenecen a la Red Nacional, 886,4 km. a la Red Departamental y 12 042,3 km. a la Red Vecinal. Mediante la carretera Olmos - Corral Quemado, Cajamarca se comunica con Piura y Lambayeque en la costa y con Amazonas y San Martín en el Nor-orienté peruano. Por medio de la Carretera Longitudinal de la Sierra se articula por el sur con el departamento de La Libertad. Otro eje de gran potencial es Pacasmayo - Cajamarca - Celendín - Chachapoyas, el cual permite acceder a la zona arqueológica de Kuelap.

La falta de vías de comunicación o las malas condiciones de conservación de las existentes, no ayudan a la integración de pueblos, los cuales son marginados de las actividades agrícolas y ganaderas, así mismo obstaculizan una mayor accesibilidad

a los servicios de Salud; por lo que se hace indispensable contar con vías en buenas condiciones, que faciliten el desarrollo a estas zonas del país. (DGCF-MTC 2018)

Es reconocido que las vías de comunicación constituyen uno de los principales factores de bienestar y desarrollo de los pueblos, asignándole gran importancia al transporte terrestre, que constituye en motor de integración económica, social, cultural y política para el desarrollo de los pueblos. El Centro Poblado de El Tambo (Bambamarca), actualmente cuenta con una vía de transporte en mal estado, la cual se torna totalmente incómoda e insegura para los usuarios, lo que hace muy difícil el transporte de la población, así como la realización adecuada de sus principales actividades como son la agricultura y la ganadería. (Huaripata 2018)

A pesar del gran potencial agrícola, minero, y turístico entre otros, el Distrito de Bambamarca no cuenta con una adecuada red de carreteras, que una la capital del Distrito con los centros poblados, solamente las vías principales lucen asfaltadas y/o afirmadas, pero las carreteras que unen centros poblados son vías carrózales que en invierno son intransitables, haciendo muy difícil el transporte de la población, y la realización adecuada de sus principales actividades como son la agricultura y la ganadería. Hechos estos que dificultan el transporte de la población y de los productos que se producen en estos lugares, hacia Bambamarca la capital distrital, como a otros lugares de la provincia de Hualgayoc, por el incremento de los costos de los productos y por ende el costo de vida de la población. (MP. Hualgayoc 2017)

El mejoramiento de la transitabilidad de la carretera Puente Pomagón, - Centro Poblado El Tambo constituye una necesidad prioritaria para esta región, lo que traería corregir el deficiente trazo geométrico de acuerdo a los parámetros de diseño establecidos en el Manual de Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito, y la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001, para el tipo de vía en estudio, así como mejorar la superficie de rodadura y la evacuación de las aguas pluviales y subterráneas de la vía, teniendo en cuenta los puntos obligados de paso.

## **1.2. Delimitación del problema que Motiva el Estado del Arte**

El problema que motiva el estado del arte, está dado por el diseño geométrico de la carretera y comprende la determinación de los parámetros de Diseño de la Carretera,

afirmado y señalización de la vía, la cual debe corresponder a una necesidad social y económica justificada, que pueda establecer características técnicas y físicas para optimizar los resultados de la carretera que se proyecta, en beneficio de la comunidad, ahondando en el concepto que las carreteras son conexiones que permiten la comunicación a diferentes lugares. Representan un sostén para la economía de una región y poder hacer frente a los problemas que las afectan.

#### **1.2.1. Campo Temático**

- Transporte e infraestructura vial

#### **1.2.2. Espacio**

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Hualgayoc
- Distrito: Bambamarca
- Centro Poblado: El Tambo

#### **1.2.3. Tiempo**

- Julio de 2020

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cuáles son las bases teóricas para la elaboración de la propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca - Provincia Hualgayoc – Cajamarca?

### **1.4. Justificación**

La propuesta de mejora del servicio de transitabilidad en la Carretera Tramo Puente Pomagón – C.P El Tambo del Distrito de Bambamarca se justifica desde diversos puntos de vista:

- Desde el punto científico justifica porque nos permite profundizar nuestros conocimientos sobre diseños de carreteras, sus características e impacto en las poblaciones beneficiarias por cuanto la comunicación vial es considerada como un importante factor de impulso al desarrollo
- Desde el punto práctico beneficiara a más de 2,500 (Dos mil quinientas) personas directamente e indirectamente a 10,000 (Diez Mil) personas aproximadamente, teniendo en cuenta que la población total de la Provincia de Hualgayoc es de 100,009 personas y en el Distrito de Bambamarca se estima en 78,898 según INEI- 2017. Considerando que el Valle de Bambamarca es muy rico en cultivos de frutas, verduras, hortalizas y granos secos.

- También justifica de manera aplicativa, ya que con el desarrollo de nuestro proyecto Mejora del servicio de transitabilidad en la Carretera Tramo Puente Pomagón – C.P El Tambo del Distrito de Bambamarca se incrementará la comercialización, generando más ingresos a los pobladores de la zona; además de beneficiar al Distrito y demás anexos con un producto más fresco y de buena calidad, situación que mejoraría la calidad de vida del Distrito en general, ya que en la actualidad las frutas y verduras se traslada desde la ciudad Trujillo en camión, llegando maltratados y en ocasiones malogrados

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General

Determinar las bases teóricas para la elaboración de la propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca- Provincia Hualgayoc – Cajamarca

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar la investigación teórica en fuentes confiables relacionadas con la elaboración de la propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado.
- Seleccionar la información útil orientados por el Manual de Carreteras Diseño Geométrico, DG 2018
- Desarrollar las bases teóricas para la elaboración de la propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca- Provincia Hualgayoc – Cajamarca

## 1.6. Procedimientos metodológicos seguidos

Por su Profundidad Descriptiva, se busca señalar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis.

### 1.6.1. Alcances

- Previo al levantamiento Topográfico se realizó un recorrido a pie para el reconocimiento de la zona, para ello se pidió el apoyo de los pobladores

del anexo de El Tambo, seguidamente realizamos el levantamiento topográfico para que a partir de ello se realice el diseño.

- El estudio de mecánica de suelos, realizamos una muestra cada kilómetro por considerar una carretera de baja transitividad (<45 vehículos diarios)
- El lugar para las canteras fue seleccionado en 3 ensayos determinado 3 lugares 3 lugares tomando en cuenta el costo del proyecto sin descuidar la calidad exigida.
- Sabiendo que en el trayecto Puente Pomagón - El Tambo, existen puquios de agua, se ubicaron los puquios más cercanos a la obra.

#### **1.6.2. Limitaciones**

- El acceso para llegar a la zona del proyecto es en Trocha Carrozable que comprende desde el punto de partida Distrito de Bambamarca Hasta el Puente Pomagón y llegar al C.P. El Tambo. Por ser trocha carrozable tiene muchas dificultades y genera más costo para la realización del proyecto.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos y muestras de canteras fue muy complicado ya que en estos momentos no hay acceso vehicular, trasladando las muestras en acémilas hasta el punto de acceso vehicular (CP El Tambo).

#### **1.6.3. Viabilidad de la investigación**

La realización de este proyecto beneficiara a un importante sector del distrito de Bambamarca, capital de la Provincia de Hualgayoc, por lo cual este proyecto es muy importante ya que contribuye a solucionar un problema cultural y socioeconómico, además de solucionar una necesidad de transporte de la población.

En la actualidad no cuenta con una buena infraestructura vial, es la razón que debe ser investigado para ser mejorado la transitabilidad vehicular para beneficio de la población del distrito en general.

---

## II. RESULTADOS

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Nacionales;

Vásquez y Vásquez (2019) presentaron la tesis Diseño de la trocha carrozable Atoshaico – Dinamarca – Túpac Amaru, distritos de Bambamarca Y Huasmin, Provincias de Hualgayoc y Celendín, Departamento de Cajamarca, 2017. El objetivo de la investigación fué elaborar el diseño de la Trocha Carrozable Atoshaico– Dinamarca-Túpac Amaru, distritos Bambamarca-Huasmin, provincias Hualgayoc-Celendín, departamento de Cajamarca; pues la zona cuenta únicamente con un camino de herradura, que en épocas de precipitaciones pluviales impide y dificulta el tránsito de las personas y animales de carga que sirven para el intercambio comercial, causando elevados costos de transporte tanto en tiempo como en dinero, además de causar su incomunicación y aislamiento por su difícil acceso.

La construcción de la trocha carrozable antes mencionada interconectará estas localidades con la capital distrital e impulsará el desarrollo económico y comercial, generando oportunidades laborales durante su ejecución, propiciando desarrollo agrícola y ganadero, permitiendo así mejorar la calidad de vida de la población.

Risco (2019) presentaron la tesis Diseño de la carretera para unir el distrito de Llama con el Caserío San Antonio, Distrito de Llama – Provincia de Chota – Cajamarca, 2018. La investigación tiene el objetivo elaborar la propuesta del diseño de una carretera para conectar el distrito de Llama con el caserío San Antonio, ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Chota, distrito de Llama, con un total de 8.340 km. Se hizo el trabajo para combatir los efectos negativos que genera la falta de comunicación por carencia de vías de acceso, en los ámbitos económico, cultural, de salud y educación. Durante el desarrollando del proyecto se realizaron los estudios de ingeniería básica para carreteras, tales como: estudio de tráfico, rutas, topográfico, suelos, diseño geométrico, pavimento, análisis de fuentes de agua y canteras, estudio hidrológico y de señalización, así como también se realizó el estudio de Impacto Ambiental y las obras de arte que el proyecto necesita. Cabe recalcar que contando con IMDA de bajo volumen de tránsito y clasificada como una trocha carrozable, se optó por hacer el diseño geométrico tratando de seguir

en lo mayor posible los parámetros técnicos de diseño para una carretera de tercera clase para mejor beneficio de la población y así cuenten con un mejor servicio de transitabilidad. Estos parámetros se encuentran establecidos por el MTC, a través del Manual de Carreteras de Diseño Geométrico 2018.

Municipalidad Provincial de Hualgayoc- Bambamarca (2017), presento el Estudio de Pre-Inversión denominado “Mejoramiento del servicio de transitabilidad en el tramo San Antonio Alto- El Porvenir del CP San Antonio, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc- Cajamarca” con el objetivo de mejorar el servicio de transitabilidad que facilite el traslado de carga y pasajeros en tramo San Antonio Alto- El Porvenir del CP San Antonio. De acuerdo a la visita de campo, se pudo comprobar que es necesario rehabilitar gran parte de la plataforma de la vía sobre todo desde la progresiva 0+420 hasta la 2+200, debido que las aguas pluviales recorren por la plataforma de rodadura y han generado grandes zanjas, más aún han lavado gran parte del afirmado, de ahí que cuando los vehículos circulan en temporada de lluvias se vuelven intransitable formando grandes huellas. La alternativa seleccionada tiene las siguientes metas a intervenir: Una longitud de vía aproximada de 3209.71 ML (3.21 Km), consiste en mejorar la vía colocando una capa de afirmado granular en una longitud 3.21 Km (3209.71 ML), sub base granular  $E=0.25$  M, (3209.71 ML) Fact. Compact.=1.20; A= 5.00mt); A= 5.00mt., Se construirá (01) alcantarillas TMC Ø 36" con cabezal de entrada y salida Long= 10ML, y (02) alcantarillas tipo marco 1.00 x 0.60; Long= 8mt, (01) alcantarillas tipo marco 1.00 x 1.50; Long= 28mtcon, (315 ml) de muro de concreto ciclópeo  $F'c=175\text{Kg}/\text{Cm}^2+30\%$  P.M ; h= 2.00mt, Plan de Manejo Ambiental y expropiación. La Evaluación de Impacto Ambiental tiene el objeto de medir los efectos que tendrá la ejecución de obras en el entorno ambiental, por lo tanto, constituye un análisis y evaluación de las consecuencias y alcances sobre el medio ambiente y las medidas de mitigación. Se concluye que el análisis de sostenibilidad ha determinado que el proyecto muestra que continúa siendo rentable ante un incremento de la inversión de hasta el 35%, más allá el proyecto, por lo que se recomienda un adecuado manejo en la ejecución del proyecto, no permitiendo que la inversión se incremente, más del 35%.

Martínez (2015) presentó la tesis "Mejoramiento de la trocha carrozable Corralpampa • Sangal Bajo" con el objetivo de elaborar el proyecto "mejoramiento de la trocha carrozable Corralpampa- Sangal Bajo". El Proyecto se encuentra ubicado en la Región Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Distrito de La Encañada, tiene como punto de inicio el Km. 05+155, situado en el Centro Poblado Corralpampa y como punto término el Km. 10+61 O ubicado en el Centro Poblado Sangal Bajo. Cabe mencionar que este Proyecto, es la continuación de la Carretera que une la capital distrital de La Encañada, con el Centro Poblado Corralpampa. De acuerdo a su función, la vía se clasificó como Carretera Vecinal o Rural, teniendo como vehículo de diseño un "C2"; la longitud de la vía es de 5.455 Km con un ancho promedio de 3.50 con bermas a los costados de 0.50 m. La vía cuenta con 65 curvas horizontales y 15 curvas verticales; siendo la velocidad de diseño de 20 Km/hora, el radio mínimo considerado es de 10 m, la pendiente mínima es de 0.50% y la máxima es de 1 0%. Teniendo en cuenta el perfil longitudinal y la geología de la zona se ubicaron estratégicamente 05 calicatas, una por cada 1 Km. aproximadamente; el suelo más representativo es el A-7-6 (20), CH, el cual tiene un C.B.R. de 3.75%, con el cual se determinó el espesor del pavimento de 0.30 m, el cual comparándolo con el C.B.R.de 42.10% de la cantera, nos indica que el material es adecuado para su uso como afirmado. Para el sistema de drenaje superficial, se realizó el diseño de 05 alcantarillas, 12 aliviaderos, 02 badenes y 6712 m. de cunetas. En cuanto a la señalización, se cuenta con 03 señales informativas, 07 señales reguladoras, 92 señales preventivas y 05 hitos kilométricos, para una adecuada transitabilidad en la vía. El costo total de la obra al mes de Enero del 2013, asciende a un millón doscientos veinticuatro mil cuatrocientos sesentiocho y 02/100 nuevos soles (S/. 1 '224,468.02). El proyecto está programado para ser ejecutado en 105 días calendarios.

### 2.1.2. Internacionales

En el ámbito internacional se encontró que:

Cisneros (2013) presentó la tesis "Estado del arte y prospectiva de la evaluación socioeconómica en proyectos carreteros", en la Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo de la investigación fué analizar y presentar el estado del arte de la evaluación socioeconómica de proyectos

carreteros en México. Cabe aclarar que la evaluación socioeconómica que será tratada está orientada a proyectos públicos. Se expondrá como ejemplo caso de estudio el análisis costo-beneficio de la carretera Durango – Mazatlán. Menciona nuevas tendencias de alternativas de indicadores para la evaluación socioeconómica en el sector carretero, y da una breve explicación de los mismos y proponiendo una metodología para integrar los indicadores con la visión de establecer un índice de competitividad que pueda ser útil para poder priorizar, con fundamentación cuantitativa, los proyectos de inversión.

Villa (2015) presentó la tesis "Ampliación de un tramo carretero en El Estado De Querétaro" el objetivo de la investigación fue mostrar el estudio realizado en el Paseo de La República en el tramo de la carretera federal núm. 57 a partir del km 15+000 al km 28+000, en el estado de Querétaro y mostrar así la problemática que se presenta en este punto exclusivamente al pasar de 6 carriles de circulación (3 por lado) en la parte central a 4 carriles únicamente, lo que causa una acumulación del tránsito en este punto causando así un retraso en el tiempo de traslado y dado que corresponde a uno de los principales ejes carreteros de México, que corre de México a Nuevo Laredo causa un retraso no solo en el tránsito local sino también en el tránsito de paso, es por esto que se decidió realizar este estudio y así encontrar una alternativa adecuada a este problema, ya que si bien las condiciones en estos momentos no son tan desfavorables, es preciso realizar acciones que ayuden a que a pesar de que el aumento en el parque vehicular y el tránsito en el estado de Querétaro y sobre esta carretera, esta no se vea rebasada en su capacidad y siga funcionando de forma correcta y pueda cumplir con la demanda de ésta sin tener más retrasos y tiempos muertos como los hay en este momento. Existen factores que influyen en el diseño por lo que podemos concluir que el diseño que realizamos, conforme al método del Instituto de Ingeniería de la UNAM resulta acertado ya que nuestros valores obtenidos están por encima de los valores mínimos que se piden en los pavimentos flexibles y además para garantizar un rango más alto de seguridad, uniformamos los espesores de las capas, tomando como espesores de proyecto para carriles centrales y laterales los que obtuvimos del cálculo de los carriles laterales, ya que estos son mayores y con esto garantizamos estar del lado de la seguridad.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. El Diseño Geométrico: Principales componentes

Agudelo (2013), nos dice que el diseño de una carretera debe contribuir para que la carretera resulte ser funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

**Lo funcional** se mide en cuanto:

- La carretera cumple con la finalidad de unir las localidades involucradas de acuerdo a las especificaciones que el cliente establece.
- Si durante el tiempo de vida útil de la carretera, ésta no deje de ser utilizada.

**La seguridad** se mide en cuanto:

- La carretera presenta un trazo sencillo.
- La carretera esté muy bien señalizada.
- Se ubiquen diversos implementos de seguridad a lo largo del recorrido de la carretera.
- Se observe una disminución de accidentes de tránsito a lo largo del tiempo de vida útil de la carretera.

**La comodidad** se mide en cuanto:

- El conductor no se ve forzado a realizar giros muy complicados.
- No sea necesario que el conductor disminuya constantemente la velocidad de marcha
- Resulte fácil obtener información al ver las señales de tránsito.

**La estética** se mide en cuanto:

- En el recorrido de la carretera se encuentren atractivos paisajes
- El mismo trazo de la carretera permita que el conductor se sienta cómodo en su recorrido.

**Lo económico** se mide en cuanto:

- Los costos por la construcción, operación y mantenimiento de la carretera son considerablemente bajos.
- Los costos de viaje entre dos puntos son menores a comparación de la situación anterior sin carretera o con carretera en mal estado.

**Es compatible** con el medio ambiente en cuanto:

- El trazo de la vía respete el paisaje, tal que no sea considerable el daño al hábitat natural de las especies animales y vegetales

- El trazo respete también las áreas de patrimonio natural.
- El trazo permita tener menores tiempo de viaje, evitando así mayores emisiones de monóxido por parte de los vehículos

El diseño geométrico tridimensional de una carretera se inicia con el análisis y diseño bidimensional, con una proyección en un plano que es el diseño geométrico horizontal o trazado en planta, con una proyección en un plano que es diseño geométrico vertical o trazado en perfil longitudinal y complementándose con el diseño en un plano perpendicular el eje de la carretera, que viene a ser el diseño de la sección transversal. (Alvarado y Martínez 2017) La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2008) afirma que dentro de la metodología del diseño geométrico, se deben considerar características tales como el volumen de tránsito y topografía de la zona. Siendo esto importante para poder establecer los parámetros de diseño, acordes a la normativa vigente.

**Recopilación de Información.** Es la obtención de información de fuentes confiables que aporten directa e indirectamente en la elección de parámetros de diseño como:

- Estudio de Tráfico y Demanda, del cual se obtiene el Índice Medio Diario Anual (IMDA) para los 20 años de vida útil de la carretera y el vehículo de diseño.
- Estudio de Geología y Geotecnia, del cual se obtiene características del lugar que podrían influir en el trazo de la vía. Si, por ejemplo, existen zonas con peligro de inestabilidad de taludes, se podría cambiar el trazado.
- Estudio de Hidrología.

### 2.2.2. Clasificación de la carretera

El factor determinante para el diseño de una carretera es, la clasificación que obtiene al considerar el máximo volumen vehicular que puedan contener en un periodo de tiempo en una sección de la carretera, es decir, la cantidad máxima de vehículos que pasan por una sección de la carretera en un periodo de tiempo. (Albitres 2019)

Según la DGCF-MTC (2018) Para la clasificación de la carretera, el índice más común y más usado es el Índice Medio Diario Anual (IMDA). El IMDA Es la cantidad promedio de vehículos que pasan por cierta sección de una carretera durante una hora, promediada en todos los días de un año, previsible al año fin de la vida útil de la carretera. El Manual DG-2014 considera que la clasificación de las carreteras está también en función de la demanda existente, así como se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1. Clasificación de una carretera en función de la demanda**

CLASIFICACIÓN	INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) EN VEHÍCULO/DÍA	CARACTERÍSTICAS
Autopista de primera clase	Mayor a 6000	Calzada dividida por un separador central de 6.00m como mínimo
Autopista de segunda clase	Entre 6000 y 4001	Calzada dividida por un separador central de entre 6.00m y 1.00m
Carretera de primera clase	Entre 400 y 2001	Calzada de dos carriles de 3.60m ancho como mínimo
Carretera de segunda Clase	Entre 200 y 400	Calzada de dos carriles de 3.30m ancho como mínimo
Carretera de tersera clase	Menores a 400	Calzada de dos carriles de 3.00m ancho como mínimo
Trocha Carrozable	Menores a 200	Una Calzada de 4.00m ancho como mínimo

**Fuente: Manual DG-2014**

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año previsible en 20 años, tiempo considerado como vida útil de la carretera proyectada. (DGCF-MTC 2014)

Otro criterio para clasificar las carreteras en el Perú es la orografía predominante del terreno y se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2. Clasificación de una carretera peruana en función de la orografía predominante del terreno**

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Terreno Plano (tipo 1)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores o iguales al 10%. Las pendientes longitudinales son menores al 3%
Terreno Ondulado (tipo 2)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50 %. Las pendientes longitudinales están entre 3% y 6%.
Terreno Accidentado (tipo 3)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100%. Las pendientes longitudinales están entre 6% y 8%.
Terreno Escarpado (tipo 4)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100%. Las pendientes longitudinales son mayores al 8%.

**Fuente: Manual DG-2014**

Es necesario especificar que el valor de la pendiente transversal al eje de vía es aquel valor más crítico entre todas las pendientes transversales significativas en el recorrido del eje de la carretera.

### 2.2.3. Vehículo de diseño:

Para diseñar una carretera, constituye un criterio a tomar en cuenta las características físicas de los vehículos que transitan o que transitarán, así como sus dimensiones.

Las características de los vehículos inciden de cierta forma en el diseño de curvas, sobreelevaciones, curvas de transición, pendientes longitudinales de la rasante, etc. Es necesario conocer que vehículo servirá como parámetro de diseño. No se toma en consideración todos los vehículos que transiten en una determinada vía, solo se toma en cuenta el vehículo más grande que vaya a usar la carretera proyectada.

El vehículo de diseño es aquel vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones tal que éstas puedan acomodar vehículos de este tipo. (DGCF-MTC 2018)

### 2.2.4. Velocidad de diseño

Es la máxima velocidad con la que un tramo determinado de la carretera se puede mantener de forma segura y cómoda, cuando prevalezcan las condiciones de

diseño. Este factor permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad (Manual DG, 2014: 100). Todos aquellos elementos geométricos de los alineamientos horizontal, de perfil y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, peraltes, anchos de carriles y bermas, sobreechornos, etc. dependen de la velocidad de diseño y varían con un cambio de ella. (DGCF-MTC 2014)

### 2.2.5. Distancias de Visibilidad

En cualquier lugar de la carretera el usuario tiene una visibilidad que depende de la forma, dimensiones y la disposición de los elementos del trazado. Para que las distintas maniobras puedan efectuarse de una forma se precisa de una visibilidad mínima que depende de la velocidad del vehículo y del tipo de maniobra. Se considera la visibilidad de parada y de adelantamiento. (DGCF-MTC 2018)

#### 2.2.5.1. Distancias de Visibilidad de parada

Es la distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria. Se considera obstáculo aquel de una altura igual o mayor a 0.15 m, estando situados los ojos del conductor a 1.15 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación. (DGCF-MTC 2018)

De acuerdo al Manual DG\_2014, la distancia de visibilidad de parada se obtiene de dos maneras, de manera gráfica o empleando la ecuación mostrada más adelante.

**Tabla 3. Distancia de visibilidad en parada (metros)**

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

Fuente: Manual DG (2014)

Es recomendable calcular la distancia de visibilidad de parada a partir de la fórmula presentada en el Manual, de modo que, al tener estos dos valores de longitud, con seguridad se escoge dicha distancia mínima. La fórmula es la siguiente:

**Fórmula para determinar la distancia de parada**

$$D_p = \frac{V t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Dónde:

- $D_p$  : Distancia de parada (m)
- $V$  : Velocidad de diseño
- $t_p$  : Tiempo de percepción + reacción (s)
- $f$  : Coeficiente de fricción, pavimento húmedo
- $i$  : Pendiente longitudinal (tanto por uno)
- $+i$  : Subidas respecto al sentido de circulación
- $-i$  : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Fuente: Manual DG-2014

**Tabla N° 4: Coeficientes de parada en pavimento húmedo y a nivel**

Design Speed (km/h)	Assumed Speed for Condition (km/h)	Brake Reaction		Coefficient of Friction <sup>a</sup> f	Breaking Distance on Level (m)	Stopping Sight Distance for Design (m)
		Time (s)	Distance (m)			
30	30-30	2.5	20.8-20.8	0.40	8.8-8.8	29.6-29.6
40	40-40	2.5	27.8-27.8	0.38	16.6-16.6	44.4-44.4
50	47-50	2.5	32.6-34.7	0.35	24.8-28.1	57.4-62.8
60	55-60	2.5	38.2-41.7	0.33	36.1-42.9	74.3-84.6
70	63-70	2.5	43.7-48.6	0.31	50.4-62.2	94.1-110.8
80	70-80	2.5	48.6-55.5	0.30	64.2-83.9	112.8-139.4
90	77-90	2.5	53.5-62.5	0.30	77.7-106.2	131.2-168.7
100	85-100	2.5	59.0-69.4	0.29	98.0-135.6	157.0-205.0
110	91-110	2.5	63.2-76.4	0.28	116.3-170.0	179.5-246.4
120	98-120	2.5	68.0-83.3	0.28	134.9-202.3	202.9-285.6

Fuente: DGCF-MTC 2018

El tiempo de percepción/reacción se asume de 2s de acuerdo a las tendencias vigentes a la fecha.

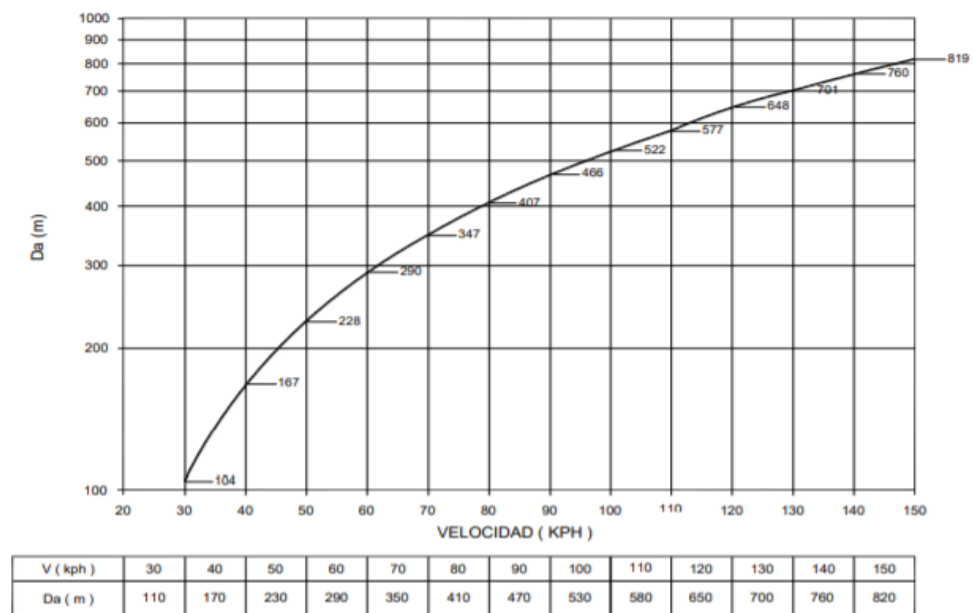
**2.2.5.2. Distancias de Visibilidad de adelantamiento.**

Es la distancia mínima que debe estar disponible a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 Kph 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. (DGCF-MTC 2018)

El Manual peruano sugiere mínimas distancias de visibilidad que se obtienen del siguiente gráfico, de acuerdo con la velocidad de diseño.

**Figura N° 1: Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento (en metros)**



**Fuente: Manual DG-2014**

### 2.2.6. Alineamiento Horizontal.

Un punto importante que considerar en relación con el alineamiento horizontal está en minimizar el impacto ambiental que pudiera generarse, preservando la flora, fauna y la geografía de la zona que atraviesa, así como también las propiedades privadas (Manual DG, 2014: 134).

#### 2.2.6.1. Radio mínimo

Son los menores radios que pueden recorrerse a la velocidad de diseño y a la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad. De acuerdo al Manual (DGCF-MTC 2014)), el valor del radio mínimo debe ser tal que:

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

Dónde:

$R_{\min}$  = Radio mínimo absoluto (m)

V = Velocidad de diseño (Kph)

$P_{\max}$  = Peralte máximo asociado a V (en decimal)

$f_{\max}$  = Coeficiente de fricción transversal asociado a V

**Tabla N° 5: Fricción transversal máxima en curvas**

Velocidad de diseño Km/h	$f_{\max}$
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual DG-2014

#### Peralte máximo

**Tabla N° 6: Fricción transversal máxima en curvas**

Ubicación de la vía	Peralte máximo
Área Urbana	4%
Área Rural (con peligro de hielo)	6%
Área Rural (plano u ondulado)	8%
Área Rural (accidentado o escarpado)	12%

Fuente: Manual DG-2014

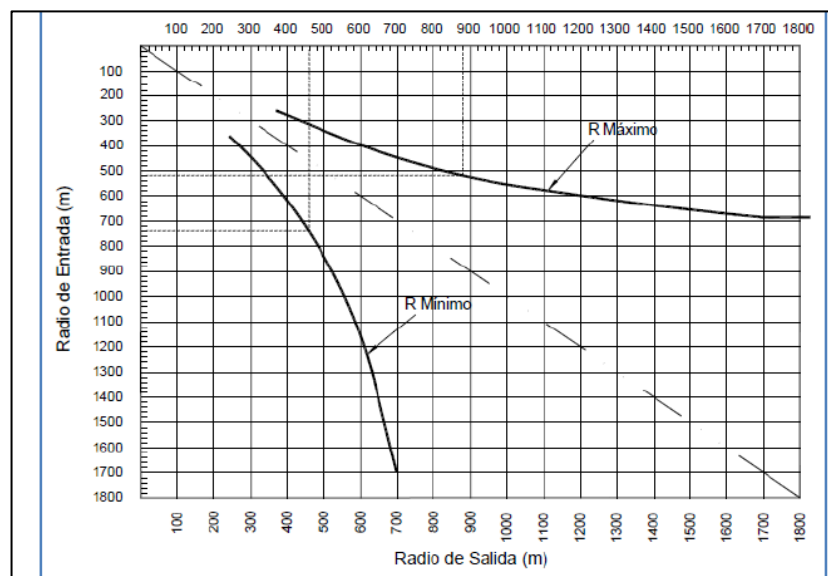
De la ecuación anterior, se observa que el radio mínimo tomará valores pequeños cuando el valor de la fricción máxima transversal sea bajo (implica que la velocidad de diseño sea baja), y cuando la vía se ubique en zonas accidentadas o escarpadas. Se permite radios mínimos con valores

altos cuando la velocidad de diseño es alta y cuando la vía se ubique en zonas más planas o urbanas.

### 2.2.6.2. Coordinación entre curvas circulares

De acuerdo con el Manual DG-2014, la coordinación entre curvas circulares trata de que entre dos curvas consecutivas sin tangente intermedia o con tangente menor a 200 m de longitud, no puede existir una diferencia abrupta en los radios correspondientes. La relación de radios de las curvas no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las Figuras 302.06 y 302.07 del Manual. (DGCF-MTC 2014)

**Figura N° 2: Coordinación entre curvas circulares para autopistas y carreteras de 1ra clase.**



**Fuente: Manual DG-2014**

Las figuras anteriores muestran que, para una carretera de tercera clase, con un radio de entrada de 300 m, el mínimo radio de la siguiente curva debe ser 175m, y como máximo 650 m. Esto sólo se aplica si no existe tangente entre ambas curvas o si la tangente tiene longitud menor a 200 m. (Delzo 2018)

### 2.2.6.3. Peralte de curvas

Se denomina peralte a la pendiente transversal de la plataforma que ocurre en las curvas de una carretera. Esto con el fin de contrarrestar la fuerza

centrífuga que impele al vehículo hacia el exterior de la curva. (CIVIL CONSULTING & CADEXPRESS, 2016:1)

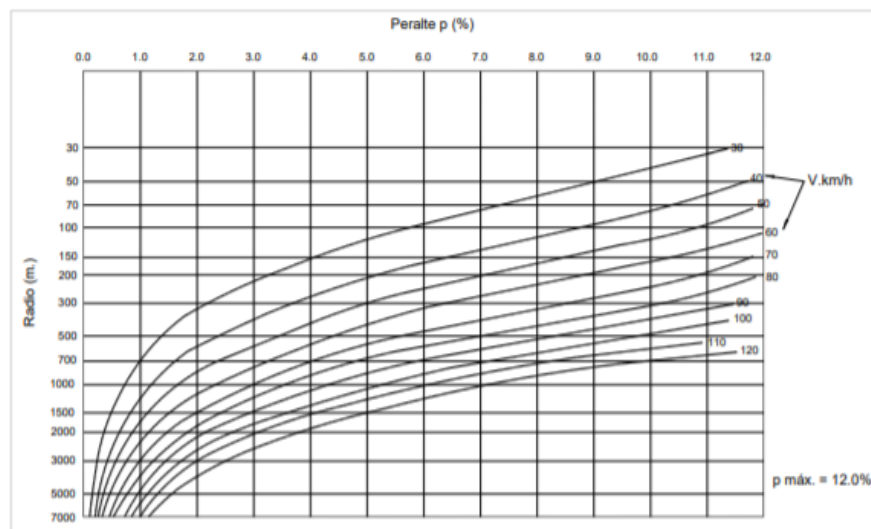
**Figura N° 3: Curva peraltada que contrarresta la fuerza centrípeta**



**Fuente: gtplanet – www.gtplanet.net**

La norma peruana presenta, en diversos gráficos, la variación del peralte respecto al radio asignado a las curvas del trazo diseñado. En cada caso se establece valores de peralte máximo dependen de la orografía o de las características climatológicas.

**Figura N° 4: Peralte para zona rural (Tipo 3 o 4)**



**Fuente: Manual DG-2014**

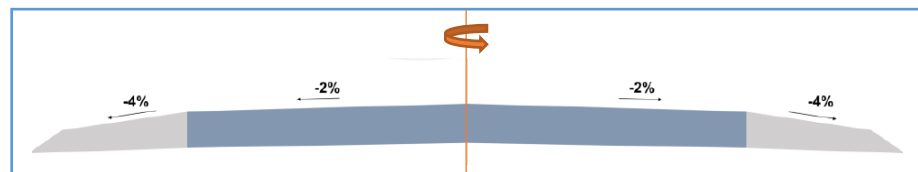
En la figura 4, se observa una variación no lineal del peralte con respecto al radio de la curva para cada velocidad de diseño. El valor de peralte máximo vendría a ser 12%, al tratarse de una zona rural (con orografía accidentada o escarpada). Se aprecia que a medida que los radios de las curvas circulares toman valores más grandes, el peralte correspondiente se va haciendo más pequeño. Esto se explica por la relación entre el radio de giro y la fuerza centrípeta; mientras mayor sea el radio, menor será la fuerza que impulsa al vehículo a salir de la curva, y esto se traduce en reducir la inclinación transversal de la calzada.

Por otro lado, la inclinación transversal de la calzada se da en forma gradual a medida que se recorre la curva circular. Es decir, el peralte va incrementándose desde un punto en el tramo tangente hasta el punto donde toma su valor máximo. A este desarrollo gradual se le conoce como transición de peralte.

La longitud de transición del peralte  $L_{tp}$  en una curva circular, empieza a desarrollarse antes del inicio de curva y llega a su máximo valor un poco después del inicio de curva. Según la norma una vez alcanzado el peralte total, este debe mantenerse en la curva en una extensión  $V/3.6$  metros. De preferencia evitar este valor que es demasiado pequeño. (DGCF-MTC 2018)

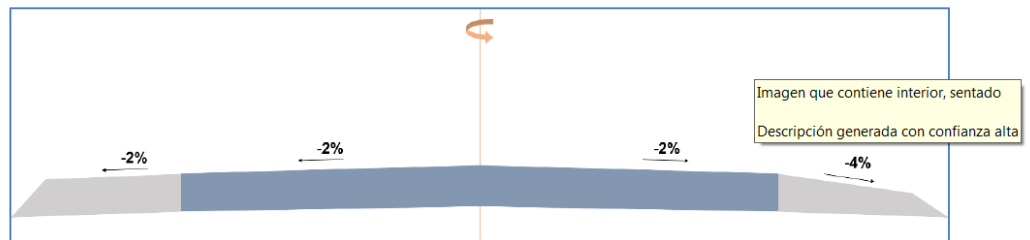
A continuación, se muestra gráficamente la transición de peralte.

**Figura N° 5: Fin de Berma Normal**

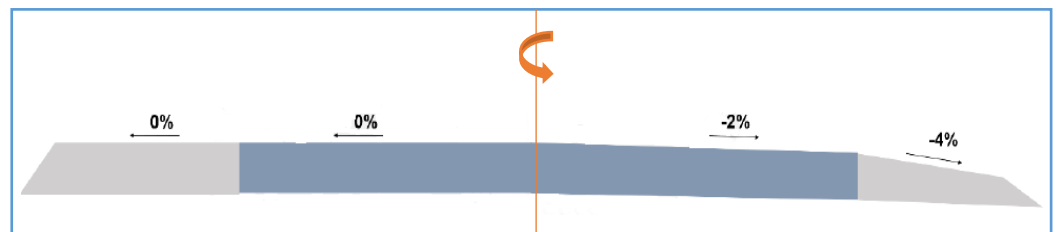


**Fuente: Propia**

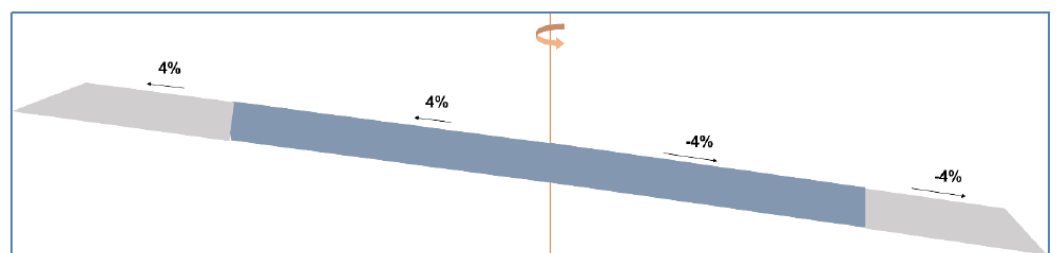
La figura muestra la sección transversal de la vía en tangente, justo en el momento en que se inicia la disminución de la inclinación de la berma. La disminución será en el lado exterior de la curva. La pendiente de la berma para este ejemplo es de 4%. A este punto se le llama Fin de Berma Normal (Punto F).

**Figura N° 6: Fin de Bombeo Normal****Fuente: Propia**

La figura muestra la sección transversal de la vía en tangente, justo en el momento en que se inicia el desvanecimiento del bombeo. El desvanecimiento será en el lado exterior de la curva. El bombeo para este ejemplo es de 2%. A este punto se le llama Fin de Bombeo Normal (Punto A).

**Figura N° 7: Bombeo Nivelado****Fuente: Propia**

El siguiente punto es cuando el carril exterior se nivela a cero grados. A este punto se le denomina Bombeo Nivelado (Punto B).

**Figura N° 8: Bombeo al revés****Fuente: Propia**

El punto notable de la figura es el que se da cuando, tanto la calzada y las bermas, llegan a inclinarse conjuntamente, obteniendo una pendiente igual

a la que tenían en un inicio las bermas. Para este ejemplo, la pendiente de las bermas es 4%. A este punto se le conoce como Berma al Revés (Punto G).

Hasta aquí, todos los puntos notables ocurren antes del inicio de la curva circular. El momento en el que se inicie la curva circular, el peralte ya debe haber superado el 50% de su desarrollo. Esto quiere decir que una parte del desarrollo del peralte ocurre en el tramo tangente. El Manual DG-2014 establece qué proporción de peralte es la que se debe dar en el tramo recto.

**Tabla N° 7: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente**

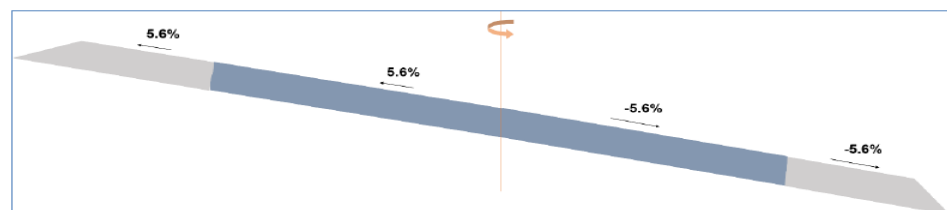
$P < \hat{O} = 4.5\%$	$4.5\% < p < \hat{O} = 7\%$	$P > 7$
0.5p	0.7p	0.8p

Fuente: manual DG - 2014

La tabla anterior indica, por ejemplo, que si el peralte asignado a la curva es menor o igual a 4.5%, el 50% del peralte debe desarrollarse en el tramo tangente. A estos valores de 0.5, 0.7 y 0.8 se les conoce como factores “K”, y dependen del valor de peralte asignado a la curva.

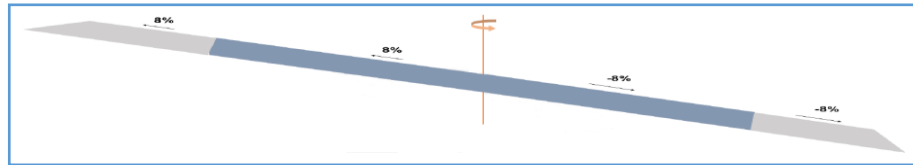
A manera de ejemplo, si el peralte de una curva circular es de 8%, corresponde que el 70% (K=0.7) del peralte se desarrolle en el tramo tangente. Esto implica que el valor del peralte en el inicio de la curva sea el 70% del 8%, y esto es 5.6%. Entonces, en el inicio de la curva (PC), la calzada, juntamente con las bermas, ya tiene 5.6% de inclinación (Ver Figura 9).

**Figura N° 9: Inicio de Curva Circular (PC)**



Fuente: Propia

**Figura N° 10: Inicio de Peralte Máximo**

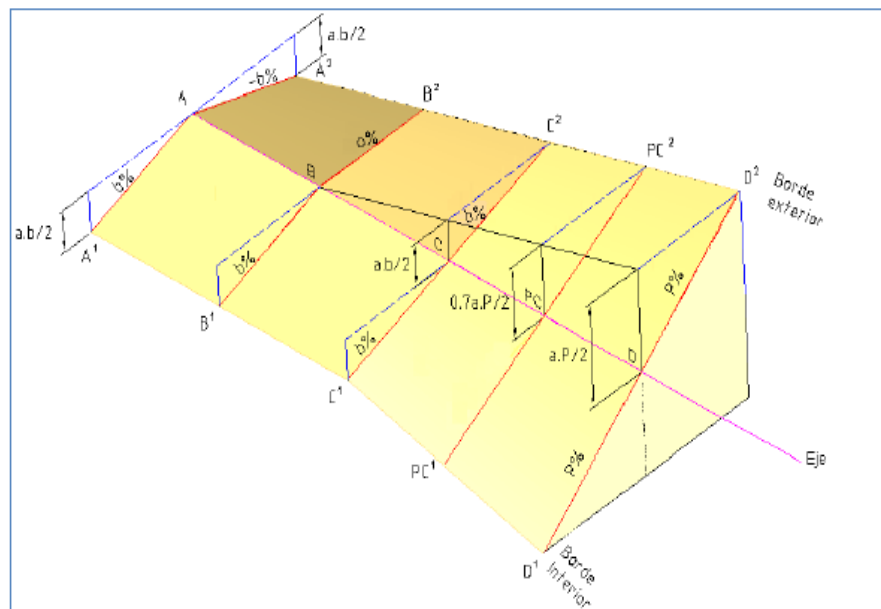


**Fuente: propia**

Finalmente, se llega al punto de peralte máximo (Ver Figura N°16), donde la pendiente en el carril interior será negativa, y en el exterior, positiva. A este punto se le llama **Inicio de Peralte Máximo (Punto D)**.

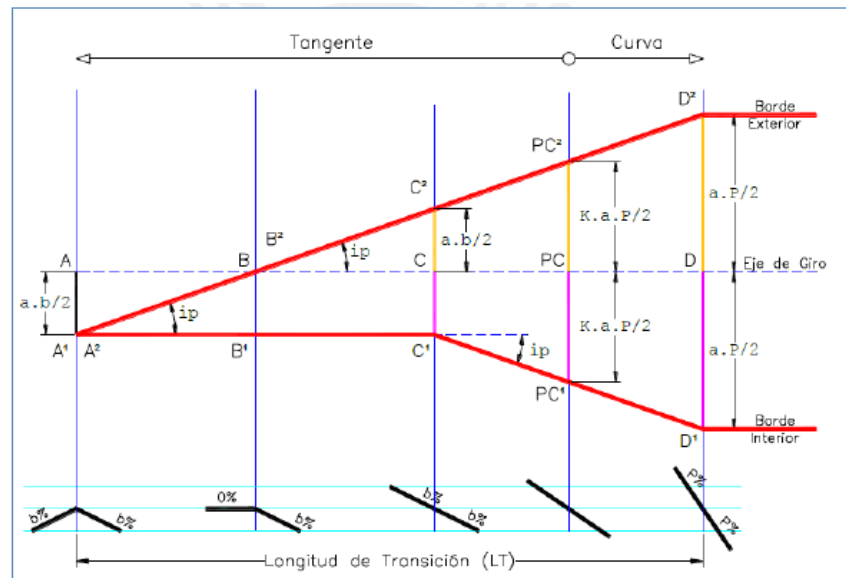
Como ilustración, se muestra la Figura N°17 en la cual se aprecia la transición del peralte en cada punto notable tridimensionalmente. La Figura N°18 es una proyección de una vista de perfil, en cual se observa la variación de dos puntos a cada extremo de la calzada durante el desarrollo del peralte.

**Figura N° 11: Vista tridimensional de la transición de peralte**



**Fuente: Civil Consulting & CAD Express**

**Figura N° 12: Proyección de perfil de la transición de peralte**



**Fuente: Civil Consulting & CAD Express**

La Figura N°18 muestra distancias y medidas que serán necesarias para el cálculo de proporción de peralte en cada punto notable.

$a$  = Ancho de calzada

$b$  = Bombeo (%)

$P$  = Peralte asignado a la curva

$K$  = Factor de proporción de peralte (Manual DG-2014)

Las distancias  $AB$ ,  $BC$ ,  $CPC$ ,  $PCD$ , etc., se calculan por semejanza de triángulos. Todos los cálculos serán de necesidad al momento de diseñar la transición de peraltes de la carretera.

Sin bien los valores e ilustraciones corresponden a la transición de peralte en la entrada a la curva, para la transición de salida solo es necesario tomarlo de manera inversa. No obstante, la longitud de transición de peralte no siempre se da en el mismo orden anteriormente presentado. Suele existir algunas condiciones que modifiquen el orden de los puntos notables. Las condiciones son las siguientes:

- Existe la posibilidad de que el Punto  $G$  se encuentre antes o después del inicio de la curva circular ( $PC$ ), esto dependerá del factor  $K$ , presentado líneas arriba.

- Si la inclinación de la berma inicial o por diseño es mayor al peralte máximo de la curva, el Punto G no existe y no se considera en la transición.  
La longitud de transición de peralte desde el punto de bombeo normal hasta el punto de inicio de peralte máximo se desarrolla de acuerdo a la siguiente fórmula:

**Figura N° 13: Fórmula para calcular la longitud de transición de peralte**

**FORMULA PARA EL CALCULO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE**

$$L_{tp \text{ min}} = \frac{(p_f - p_i)}{i_{p \text{ max}}} \times B$$

Donde :

pf : peralte que requiere la curva  
 pi : peralte inicial, que generalmente corresponde al valor de bombeo  
 B : distancia del borde de la calzada a la zona donde se realiza el giro  
 Ip<sub>max</sub> : pendiente longitudinal del desarrollo del peralte, borde exterior

$$i_{p \text{ max}} = 1.8 - 0.01Vd$$

Fuente: Civil Consulting & CAD Express

#### 2.2.6.4. Curva de transición

En presencia de curvas de radios pequeños, resulta un peligro que los conductores se vean forzados a realizar maniobras incómodas. Esto se debe a que el vehículo no describe una trayectoria circular adecuada y resulta en que este invade el carril contrario.

Se sugiere que el paso de un tramo recto a una curva circular se haga de forma gradual, de manera que no se presenten dichos inconvenientes. Para ello, es necesario emplear curvas de transición que permitan un cambio gradual de dirección, inclinación transversal y la ampliación de la calzada (sobrecanchos y anchos de visibilidad). (Hurtado, 2014)

En el ámbito local, una curva de transición por defecto corresponde a la ecuación de la Clotoide o Espiral de Euler. Dicha ecuación es sencilla e involucra tres parámetros determinantes para su diseño.

$$A^2 = RL$$

Dónde:

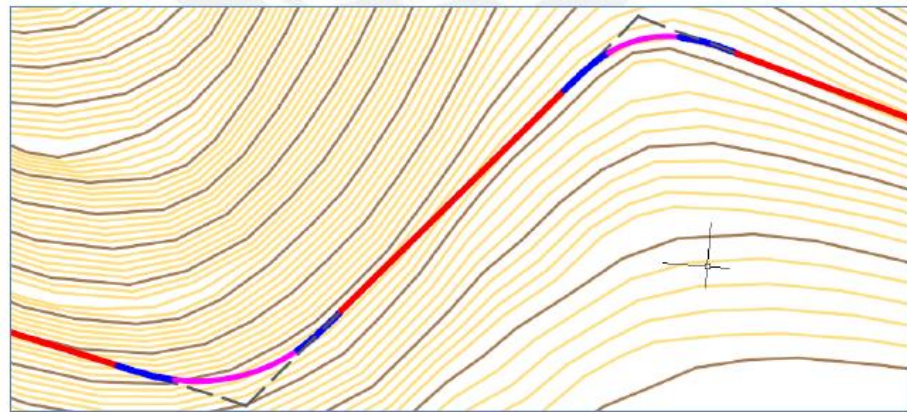
A = Parámetro de la Espiral

R = Radio de curvatura de la espiral en un punto de la espiral

$L$  = Longitud desde el origen hasta dicho punto.

Esta característica geométrica de la espiral permite una adecuada transición desde un tramo tangente ( $R = \infty$ ) hasta el inicio de la curva circular ( $R = R_c$ ). La siguiente imagen muestra la configuración de una curva circular con espirales de transición a la entrada y a la salida. Las líneas rojas representan tramos tangentes, las azules vienen a ser las espirales, y las curvas lilas son curvas circulares.

**Figura N° 14: Configuración de curva circular con curvas de transición**



Fuente: Propia

Si bien las curvas de transición permiten una mejor transición entre tramo recto y curvo, no es muy necesario emplearlas en curvas de radios grandes, pues al ser curvas amplias, permiten al vehículo tener una trayectoria circular y que no experimente cambios bruscos de dirección. Es así, que la Norma peruana ha establecido los radios mínimos para que una curva pueda prescindir de espirales.

**Figura N° 15: valores de radio mínimo para poder prescindir de curvas de transición.**

Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición											
V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800
Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase											
Velocidad de diseño Km/h	Radio M										
20	24										
30	55										
40	95										
50	150										
60	210										
70	290										
80	380										
90	480										

Fuente: Manual DG- 2014

A manera de ejemplo, para una carretera de tercera clase con 40Kph de velocidad de diseño, si alguna de sus curvas tiene un radio menor a 95 m, entonces es necesario e obligatorio emplear curvas de transición a la entrada y a la salida en dicha curva.

De otro lado, por parte del diseño de estas curvas de transición, el parámetro más influyente a calcular es la longitud mínima de la curva espiral ( $L_{mín}$ ), que resulta de determinar el parámetro de la espiral mínimo ( $A_{mín}$ ) de modo que la curva de transición distribuya la aceleración transversal no compensada, a una tasa J, compatible con la seguridad y comodidad (DGCF-MTC 2014). La ecuación es la siguiente:

$$A_{mín} = \sqrt{\frac{VR}{46.656 J} \left( \frac{V^2}{R} - 1.27p \right)}$$

Dónde:

V = Velocidad de diseño (Kph)

R = Radio de la curva circular asociada (m)

J = Variación uniforme de la aceleración (m/s<sup>3</sup>)

p = peralte correspondiente a V y R (%)

A partir de la ecuación de la espiral y del  $A_{mín}$ , se puede determinar el valor de  $L_{mín}$

$$L_{mín} = \frac{V}{46.656 J} \left( \frac{V^2}{R} - 1.27p \right)$$

Se puede apreciar que mientras más pequeño sea el radio de la curva, la longitud de la espiral aumenta. El valor de J es un parámetro influenciado por la velocidad de diseño, mientras mayor velocidad haya, menor será la variación de la aceleración transversal. El Manual DG-2014 establece valores de J para rangos de velocidades de diseño.

**Tabla N° 8: Valores para rangos de velocidad**

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s <sup>3</sup> )	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s <sup>3</sup> )	0,7	0,8	0,5	0,4

**Fuente: Manual DG-2014**

Los valores de Jmáx se emplean cuando el proyecto tiene la finalidad de ser principalmente económico, de tal modo que, al usar valores grandes de J, la longitud de la espiral se reduce. Como consecuencia de Lmín pequeños, los costos de construcción resultan, en parte, cómodos.

Una vez calculada la longitud mínima de la espiral, es necesario verificar que cumpla ciertos criterios de diseño según el Manual DGCF-MTC 2014. Los criterios son los siguientes:

1. En ningún caso, la longitud de la espiral debe ser menor a 30 m.
2. La longitud de la espiral mínima debe ser la calculada con la ecuación de Amín.
3. Para que la presencia de la espiral sea fácilmente perceptible por el conductor, se debe cumplir:

$$\frac{R}{3} \leq Amín \leq R$$

4. Por la condición del desarrollo de peralte, Lmín se calcula de la siguiente manera:

$$Lmín = \frac{a}{2} \frac{p}{ip_{máx}}$$

Dónde:

a = Ancho de la calzada (m)

p = Peralte de la curva (%)

5. En el caso de que se trate de una carretera de tercera clase:

$$L_{mín} = 0.0178 \frac{V^3}{R}$$

$$L_{máx} = \sqrt{(24R)}$$

6. Una vez que la longitud mínima escogida cumpla con los criterios anteriores, se calcula la longitud máxima:

$$L_{máx} = 1.5 L_{mín}$$

A partir del  $L_{mín}$  y  $L_{máx}$ , ya se tiene un rango de valores de longitudes de espiral que se pueden asignar en el diseño.

Por otro lado, así como se da el desarrollo del peralte en una curva sin espirales, también es necesario analizar lo que ocurre en una que contenga curvas de transición. El valor de  $L$  asignada a la espiral viene a ser la composición de una longitud  $L_2$  y otra  $L_3$ . Es decir,  $L = L_2 + L_3$ , mientras que  $L_1$  es el complemento para que la suma de estas tres longitudes resulte ser la longitud de transición de peralte ( $L_{tp}$ ).

$$L_{tp} = L_1 + L_2 + L_3$$

Dónde:

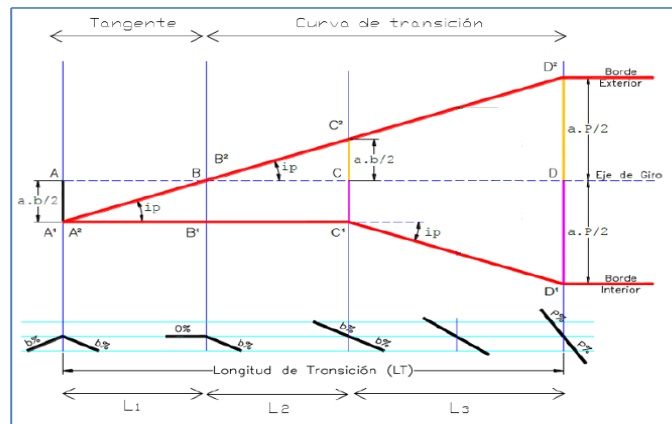
$L_1$  = longitud del desarrollo de una proporción del peralte en el tramo tangente (m)

$L_2$  = longitud del desarrollo de otra proporción del peralte en la curva de transición (m)

$L_3$  = longitud del desarrollo de la última proporción del peralte en la curva de transición (m)

Al igual que en curvas sin espirales, los puntos notables en la transición del peralte son los mismos, con la diferencia de que, en este caso, el Punto D y el de inicio de la curva circular (PC) coinciden. La siguiente imagen ilustra mejor la transición de peralte en una curva con espirales.

**Figura N° 14: Proyección de perfil de la transición de peralte en curva con espirales**



Fuente: Civil Consulting & CAD Express

De la imagen anterior, se puede apreciar que  $L1 = L2$ , por lo que, si se define una longitud de la curva de transición, es posible, mediante propiedades geométricas, determinar los valores de  $L1$ ,  $L2$  y  $L3$ .

#### 2.2.6.5. Sobreanchos

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Debido a la rigidez y dimensiones del vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación que sigue. Es por ello que la calzada en las curvas debe ensancharse para compensar el mayor espacio que ocupa el vehículo al girar por ella. (BWC&C, 2010:20)

El cálculo del sobreancho se realiza mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

Sa = Sobreancho (m)

n = Número de carriles

R = Radio de la curva (m)

L = Longitud del vehículo de diseño medido entre el último eje y la parte frontal del vehículo (m)

V = Velocidad de diseño (Kph)

Es recomendable redondear los resultados a múltiplos de 10 cm.

El sobreebancho se ubica en el borde interior de la curva circular o espiralada, aumentando el ancho de la calzada progresivamente a lo largo de la longitud de transición de peralte, mediante una variación lineal.

La variación lineal del sobreebancho se da de dos maneras diferentes. Si la curva no presenta curvas de transición, el desarrollo del ensanchamiento se da en la longitud de transición de peralte. Si la curva tiene espirales, el desarrollo del sobreebancho se da en la longitud de la espiral.

La variación lineal del sobreebancho se expresa con la siguiente fórmula

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} L_n$$

Dónde:

$S_{a_n}$  = Sobreebancho a calcular en un punto determinado (m)

$S_a$  = Sobreebancho calculado para una curva (m)

$L_n$  = Longitud en un punto en el cual se requiere calcular el sobreebancho (m)

$L$  = Longitud total del desarrollo del sobreebancho (m)

Por ejemplo, si la longitud de transición de peralte de una curva es de 20 metros y el sobreebancho calculado es de 80 cm, y tratándose de una curva circular sin espirales, entonces se toma la longitud del desarrollo la misma longitud de la transición de peralte.

Entonces

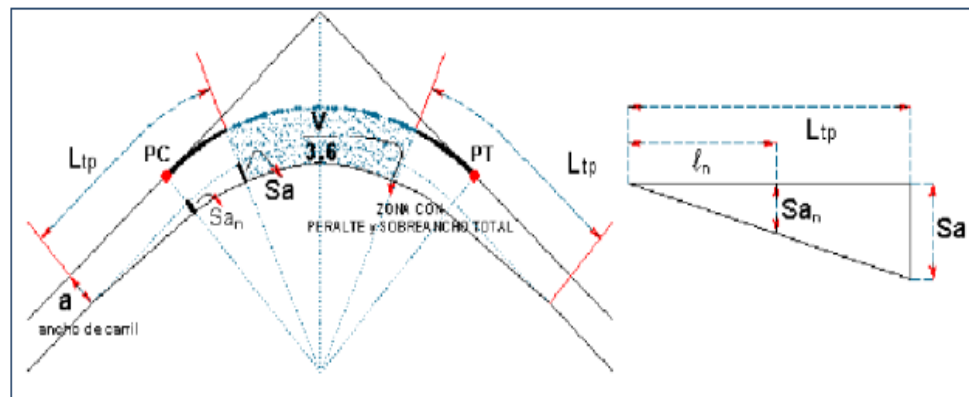
$$S_{a_n} = \frac{0.8}{20} L_n = 0.04 L_n$$

Tabla N° 9: Variación lineal del sobrecancho de 80 cm, en 20 m de desarrollo.

$L_n$ (m)	$Sa_n$ (m)
0	0.0
5	0.2
10	0.4
15	0.6
20	0.8

Fuente: Propia

Figura N° 15: Desarrollo del sobrecancho para una curva sin espirales



Fuente: Civil Consulting & CAD Express SAC

### 2.2.7. Alineamiento vertical

Para el diseño del alineamiento vertical se toma en cuenta la velocidad de diseño, la topografía de la zona, condiciones de seguridad, condiciones de drenaje, costos de construcción y valores estéticos.

El principal criterio que se utiliza para definir la rasante es la orografía de la zona y garantizar el correcto drenaje longitudinal y transversal. En tramos llanos u ondulados la rasante se proyecta sobre las inflexiones del terreno, teniendo en cuenta consideraciones de estética, visibilidad y seguridad. En tramos de cruce urbano, se uniformiza la rasante existente tratando de conservar los niveles existentes. (Manual DGCF-MTC 2018)

#### 2.2.7.1. Pendiente mínima y máxima

Como menciona la norma DG-2014, para un adecuado drenaje superficial del agua de las lluvias, se debe procurar proveer una pendiente mínima de aproximadamente 0.5%. Sin embargo, se pueden presentar los siguientes casos:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se puede adoptar sectores con hasta 0.2% de pendiente.
  - Si el bombeo es de 2.5%, se puede adoptar pendientes igual a cero (0).
  - Si existen bermas, la pendiente mínima deseada es de 0.5% y la mínima es de 0.35%.
  - En zonas de transición de peralte, la pendiente mínima debe ser 0.5%.
- Por otro lado, de acuerdo con la Tabla 303.01 del Manual, se admiten como máximas las siguientes pendientes:

**Tabla N° 10 : Pendientes máximas**

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera					
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400					
Vehículos/día	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase					
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase					
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30 km/h																					10.00	10.00
40 km/h																			9.00	8.00	9.00	10.00
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00				
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00				
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00				
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00				
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00									
110 km/h	4.00	4.00			4.00																	
120 km/h	4.00	4.00			4.00																	
130 km/h	3.50																					

Fuente: Manual DG-2014

### 2.2.7.2. Curvas verticales

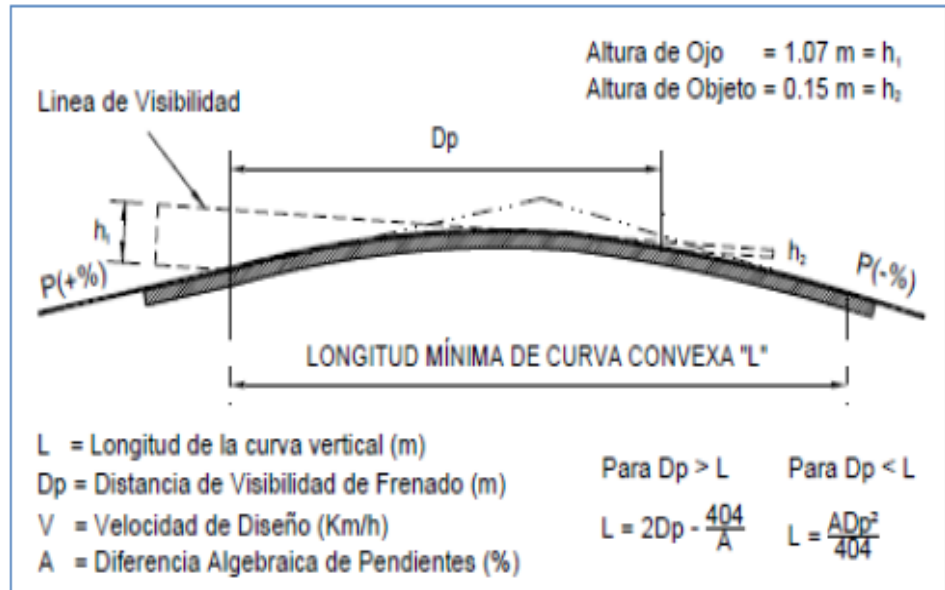
En el diseño vertical, las curvas son parábolas definidas por el parámetro de curvatura K, el cual viene a ser la relación entre la longitud de la curva vertical y el valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes de entrada y salida. Las curvas pueden ser de forma cóncava o convexa.

En el caso de la norma peruana, el diseño de las curvas verticales convexas se basa en calcular la longitud de la curva de modo que cuente con una adecuada visibilidad de parada o de adelantamiento. Mientras que, para las curvas cóncavas, es necesario que cuente con la distancia de visibilidad de parada.

En el caso de curvas convexas, las ecuaciones vienen a ser las siguientes:

- Si se desea contar con visibilidad de parada ( $D_p$ )

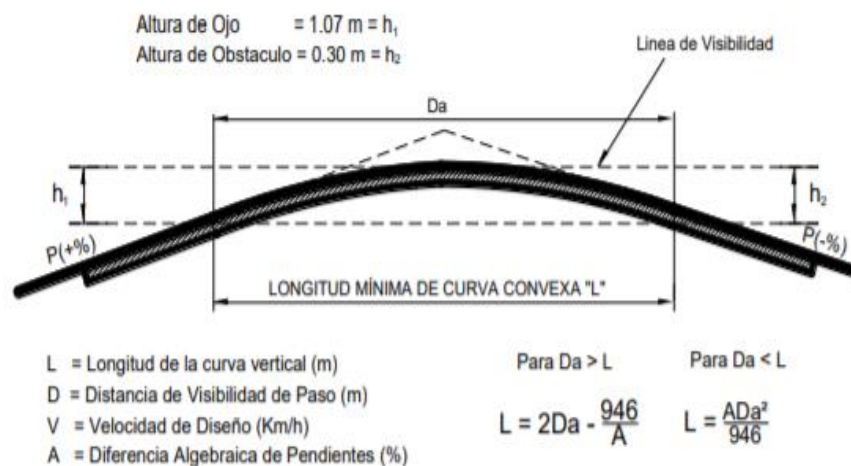
Figura N° 15: Longitud mínima de curva vertical para contar con  $D_p$



Fuente: Manual DG-2014

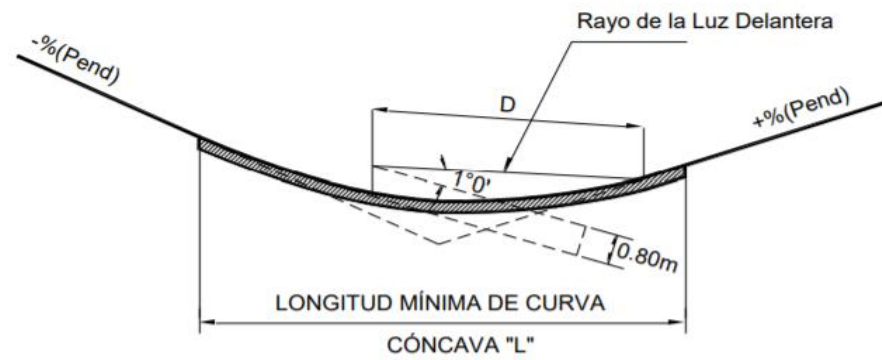
- Si se desea contar con visibilidad de adelantamiento ( $D_a$ )

Figura N° 16: Longitud mínima de curva vertical para contar con  $D_a$



Fuente: Manual DG-2014

En el caso de curvas cóncavas, las ecuaciones vienen a ser las siguientes



L = Longitud de la curva vertical (m)  
 D = Distancia desde los Faros a la rasante (m)  
 V = Velocidad de Diseño (Km/h)  
 A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

$$D = D_p$$

$$D_p > L$$

$$L = 2D_p \left( \frac{120 + 3.50 D_p}{A} \right)$$

$$D_p < L$$

$$L = \frac{A D_p^2}{120 + 3.5 D_p}$$

Fuente: Manual DG-2014

## 2.2.8. Sección Transversal

### 2.2.8.1. Generalidades

La sección transversal es la representación de la carretera en un plano que corta perpendicularmente a la superficie horizontal que contiene al eje de la carretera. En ella se dimensionan todos los elementos de la plataforma: calzada, bermas, medianas, cunetas, taludes, inclinación de la calzada (bombeo), inclinación de las bermas, etc. (MOP CHILE, 2014:73). En caso de bermas pavimentadas, es necesario añadir lateralmente bandas de 0.50m, con el fin de confinar a la berma. Esta franja es conocida como sobreebanco de compactación, que permite también localizar elementos de seguridad y señalización (Manual DGCF-MTC 2018)

La siguiente es una ilustración de una sección transversal típica con todos sus elementos. Se observa que varía de un punto a otro de la vía. Esto se debe a la combinación de sus elementos, cuyas características y dimensiones dependen de la clase de carretera, de su entorno, de la intensidad de la circulación, etc.



**Tabla N°11: Valores del ancho de calzada para diferentes velocidades**

**Anchos mínimos de calzada en tangente**

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

**Fuente: Manual DG (2018)**

### 2.2.8.3. Bermas

Es la franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales. Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente.

Según el (Manual DGCF-MTC 2018) el ancho de las bermas debe ser el siguiente:

**Tabla N° 12: Ancho de bermas**

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

Fuente: Manual DG (2018)

#### 2.2.8.4. Bombeo

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

En la Tabla 12 se especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos dónde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

**Tabla N° 13: Valores de bombeo de la calzada**

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

Fuente: Manual DG (2018)

#### 2.2.8.5. Ancho de la plataforma

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

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrales de afirmado y la cuneta de drenaje.

**2.2.8.6. 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 adelantase a ellos del mismo sentido.

**2.2.8.7. Taludes**

Los taludes para las secciones de corte y relleno variaran de acuerdo a la estabilidad de terrenos en que están practicados. Las alturas admisibles de 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 las rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes.

**Tabla N° 14: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)**

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

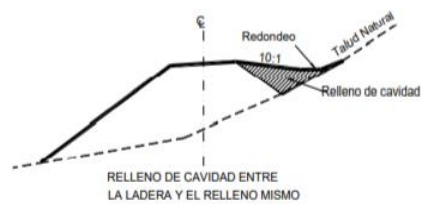
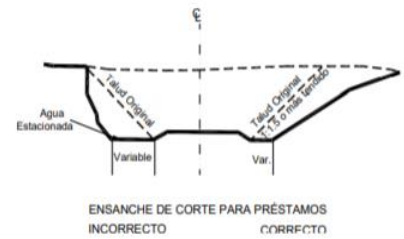
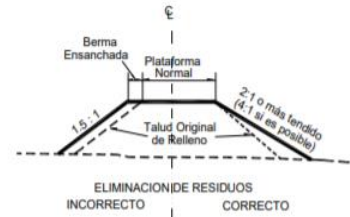
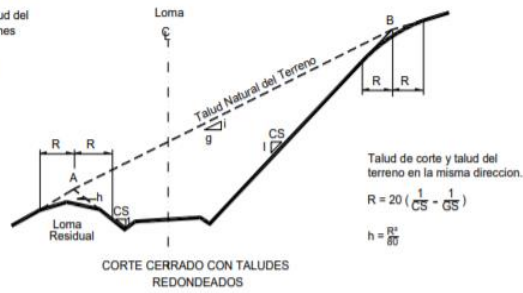
FUENTE: Manual de Carreteras DG-2018

**Tabla N° 18: tratamiento de taludes tipo**

Talud de corte y talud del terreno en Direcciones Opuestas

$$R = 20 \left( \frac{1}{CS} + \frac{1}{GS} \right)$$

$$h = \frac{R}{GS}$$



NOTA. – EN CASO QUE LA ALTURA DEL TALUD REQUIERA BANQUETAS DE ACUERDO CON EL MANUAL AMBIENTAL DEL MTC, EL REDONDEO SE HARA EN CADA VERTICE GENERADO POR CADA BANQUETA.

Fuente: Manual DG-2018

#### **2.2.8.8. Cunetas**

En el Manual DGCF-MTC (2018) se plantea son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento. La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o dónde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros. Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0.2%, para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir. Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con una pendiente tal que le infiere al flujo una velocidad mayor a la máxima permisible del material constituyente, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

Se limitará la longitud de las cunetas, conduciéndolas hacia los cauces naturales del terreno, obras de drenaje transversal o proyectando desagües dónde no existan.

### III. CONCLUSIONES

- La identificación de las “Bases Teóricas para la elaboración de la Propuesta de Mejoramiento de la Carretera a Nivel de Afirmado entre los Tramos Puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca- Provincia Hualgayoc – Cajamarca”, que ha permitido contar con la información científica para el desarrollo y mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado entre los tramos Puente Pomagón – Centro Poblado El Tambo, Distrito Bambamarca- Provincia Hualgayoc – Cajamarca,
- La recolección de información se ha realizado bajo criterios técnicos, normativos y propios, por lo que asumimos que nuestras bases teóricas son científicas, significativas y prioritarias para dar soluciones a los problemas viales en los que se encuentran y para atender las demandas de la sociedad involucrada.
- La obtención de los perfiles de conocimiento, son el resultado del manejo de información adecuada, que va a permitir buscar soluciones sostenidas en el conocimiento vial, permitiendo desarrollar un proyecto bajo normativas viales de acorde a nuestras clasificaciones viales y las necesidades de demanda vehicular y de la sociedad.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albitres Salinas (2019) “Estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la Ruta Nacional pe – 34a, Arequipa” Tesis Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
- Alvarado A. Barandiarán C. Chávez M. Juárez B. (2018) Índice de Progreso Social del Distrito de Hualgayoc. Tesis Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Alvarado P, y Martínez C. (2017), Propuesta para la actualización del Diseño geométrico de la Carretera Chancos – Vicos – Wíash según Criterios de Seguridad y Economía Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- Agudelo O. (2013) Diseño geométrico de vías ajustado al Manual Colombiano Tesis Universidad Nacional De Colombia –
- Banco Central de Reserva del Perú (2017) Caracterización del Departamento de Cajamarca
- Bernal G. (2013) Análisis comparativo de los impactos ambientales de la Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chongoyape, Cochabamba Cajamarca Tramo Bambamarca - Hualgayoc, Respecto a lo declarado en los estudios de impacto ambiental Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca
- Camacho S. (2015) Mejoramiento de la trocha carrozas le tramo: san salvador Cuñish Alto • Cuñish Bajo" Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca
- Cisneros C. (2013) “Estado del arte y prospectiva de la evaluación socioeconómica en proyectos carreteros” Tesis Universidad Nacional Autónoma de México.
- Delzo C. (2018) “Propuesta de diseño geométrico y señalización del tramo 5 de la red vial vecinal Empalme Ruta An-111 – Tingo Chico, Provincias de Huamalíes y Dos De Mayo, Departamento de Huánuco” Tesis presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2008) Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de Tránsito - 2018 – Perú Ministerio de Transportes y Comunicaciones

- Dirección General de Servicios Técnicos (2018) Manual de Proyecto Geométrico De Carreteras México Subsecretaría de Infraestructura
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018) Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. DG - 2018 – Perú Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Gobierno Regional Huánuco (2018) Perfil de Proyecto: “Construcción de la Trocha Carrozable Localidad Cruce Tingo (00+00 Km) – Huaynacolla (00+800km) – Cruz Pata (02+100km) – Carhuanchu (04+900km) – Yorgapirca (07+200km) – Gashapunta (08+800km), Distrito de Conchamarca – Ambo – Huánuco”
- Huaripata C. (2018) “Evaluación del diseño geométrico de la carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito tramo C.P. El Tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con respecto al manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito-MTC” Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca.
- Hurtado A. (2014) La rehabilitación de la carretera, Tramo Puente Pallar – El Molino, y su impacto social y económico en la provincia de Sánchez Carrión 2013. Tesis Universidad Nacional de Trujillo.
- Loyola V. Marreros T. Mendoza A. Salvatierra R. (2027) Reducción de la brecha de infraestructura vial entre los centros poblado de El Plomo, Pomarongo, Mataritas y Malcas, San Marcos – Cajamarca, mediante la ejecución de un camino vecinal bajo la modalidad de obras por impuestos. Tesis Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- Martínez H. (2013) “Estudios de Ingeniería de Tránsito Necesarios para el Proyecto de Ampliación de la Carretera La Cartonera – Yecapixtla en el estado de Morelos” Tesis Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez Q. (2015) "Mejoramiento de la trocha carrozable Corralpampa • Sangal Bajo" Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca
- Mejía V. (2015) Análisis comparativo de los efectos ambientales Producidos en el mejoramiento carretera ca-101, Tramo: empalme pe-1 n f (km 0+000)·hasta caserío Amanchaloc (km 8+000), de la provincia

- Contumazá-cajamarca, respecto a lo declarado En los estudios de impacto ambiental .Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca.
- . Municipalidad Provincial de Hualgayoc (2017) “Mejoramiento del servicio de transitabilidad en el tramo San Antonio Alto- El Porvenir del CP San Antonio, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc- Cajamarca”
- Municipalidad Provincial de Huaraz (2018) Proyecto: “Creación de la trocha carrozable Tara - Antahuran, Distrito De Jangas, Provincia De Huaraz, Departamento De Ancash”
- .Municipalidad Provincial de Hualgayoc- Bambamarca (2017) Plan Estratégico Institucional 2016-2018.
- Oficina de Programación e Inversiones (2019) “Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable e Instalación de Unidades Básicas de Saneamiento en el C.P Moran Pata, Distrito de Hualgayoc - Hualgayoc - Cajamarca”. Municipalidad Distrital de Hualgayoc.
- Provias Nacional (2015) Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera DV. Imperial- Pampas
- Ramos C. (2014) "Potencialidades de los corredores económicos para el desarrollo sostenible de la Región Cajamarca" Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca.
- Reyna P. (2016) “La inversión en i9nfraestructura vial y su incidencia en el crecimiento económico de La Región La Libertad 2005-2012”. Tesis Universidad Nacional de Trujillo
- Risco G. (2019) Diseño de la carretera para unir el Distrito de Llama con el Caserío San Antonio, Distrito de Llama – Provincia de Chota – Cajamarca, 2018. Tesis Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. Chiclayo.
- Rodríguez A, (2015) Estudio y diseño del sistema vial de la —comuna San Vicente De Cucupurol de la Parroquia Rural de El Quinche del Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha Universidad Internacional Del Ecuador.

- Román H. y Saldaña R. (2018) Propuesta de Parámetros de Diseño Geométrico para trochas carrozables en La Norma Dg – 2018 a fin de optimizar costos. Tesis Universidad Ricardo Palma.
- Ruiz S. (2018) “Diseño definitivo de la carretera La Primavera - Simón Bolívar, Distrito De Nueva Cajamarca, Provincia De Rioja, Región San Martín” Tesis Universidad Señor de Sipán.
- Suarez S. Vera T. (2015) “Estudio y diseño de la Vía El Salado - Manantial De Guangala Del Cantón Santa Elena” Tesis. Universidad Estatal Península De Santa Elena.
- Tito S. (2014) .Mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo iv, pertenece a la ruta PE – 28B. Tesis Universidad Ricardo Palma
- Torres H. (2018) Gestión de la Alta Dirección de la Municipalidad Distrital de Bambamarca respecto a la puesta en valor de los Recursos Turísticos en la Provincia de Hualgayoc, 2015 – 2016. Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca.
- Vásquez C. y Vásquez G. (2019) Diseño De La Trocha Carrozable Atoshaico – Dinamarca – Túpac Amaru, Distritos De Bambamarca Y Huasmin, Provincias De Hualgayoc Y Celendín, Departamento De Cajamarca, 2017. Tesis Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. Chiclayo
- Villa G. (2015) "Ampliación de un tramo carretero en el Estado De Querétaro" Tesis Universidad Nacional Autónoma de México.

## V. ANEXOS

### Anexo 1: Álbum fotográfico del tramo Puente Pomagón-Centro Poblado El Tambo



*Fotografía 1 . Inicio de la trocha donde se realizará el estudio del tráfico, trabajo de campo.*



*Fotografía 2.- Vista panorámica del tránsito predominio de camionetas 4x4.*



*Fotografía 3.- Frecuencia de circulación vehicular.*



*Fotografía 4.- Las camionetas son el transporte principal en la zona*



*Fotografía 5.- La carretera no cumple especificaciones técnicas para ser de doble sentidos.*



*Fotografía 6.- Realizando trabajo de campo, para determinar el conteo vehicular*



*Fotografía 7.- Viaje al C.P. TAMBO, el principal medio son las camionetas.*



*Fotografía 8.- Existen algunas combis que trasladan de Bambamarca a El Tambo.*



*Fotografía 9.- No existen zonas especiales de paradero, los pobladores esperan en el camino.*



*Fotografía 10.- Es muy escasa la circulación de vehículos, la espera es de 45 a 60 minutos.*



*Fotografía 11. Muchos pobladores, cansados de la espera optan por avanzar a pie.*