



**Universidad Científica del Perú - UCP**  
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,  
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“PROPUESTA DE MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE  
LA CARRETERA VECINAL MORALES – SAN PEDRO DE  
CUMBAZA AÑO 2018”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**CONDORENA PAREDES Dorian Prisciliano**

**ASESOR:**

**Mag. Ing. Keler Humberto Panduro Torres**

**Tarapoto – San Martín – 2021**

# DEDICATORIA

A mi esposa Martha, por su apoyo incondicional y motivación constante durante el proceso de mis estudios.

A mi hijo Richard, por ser ejemplo de perseverancia y superación, por su motivación constante para lograr mis objetivos.

Dorian P. Condorena Paredes

# AGRADECIMIENTO

A dios por darme la fortaleza para seguir superándome y lograr culminar mi carrera.

A mi esposa, por su comprensión y apoyo constante durante todo este proceso de mi carrera profesional

A mi Hijo Richard, por su apoyo incondicional y motivación constante para la culminación de mi carrera profesional.

A mi asesor, Ing. Keler Humberto Panduro Torres, por ser mi guía constante durante el desarrollo de mi tesis.

**El autor**

## **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

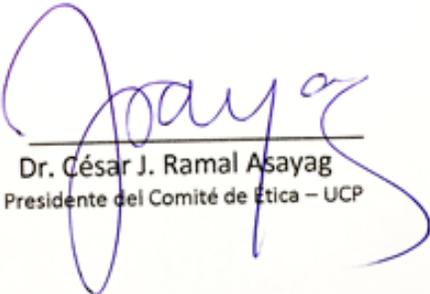
La Tesis titulada:

**"PROPUESTA DE MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA  
VECINAL MORALES – SAN PEDRO DE CUMBAZA AÑO 2018"**

De los alumnos: **CONDORENA PAREDES DORIAN PRISCILIANO**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **19% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 24 de mayo del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag  
Presidente del Comité de Ética – UCP

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** UCP\_INGENIERÍA CIVIL\_2021\_TESIS\_DORIA CONDORENA\_V1.pdf  
(D105583525)  
**Submitted:** 5/19/2021 5:49:00 PM  
**Submitted By:** revision.antiplagio@ucp.edu.pe  
**Significance:** 19 %

### Sources included in the report:

HEINER ADRIANO ALVA PAREDES\_24\_03\_2021.docx (D99521864)  
1480623424\_533\_\_DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.pdf (D24001139)  
Selma\_Huaringa\_Trabajo\_de\_Suficiencia\_Profesional\_2016.pdf (D27023909)  
18305-Cárdenas Anzualdo, Emilio.pdf (D100357139)  
PROYECTO DE TESIS GAMONAL.pdf (D95334004)  
MANUAL DE CARRETERAS.pdf (D57611663)  
Cap.2.pdf (D11296629)  
MEJIA-TORRES-ICIVIL2019II - DISEÑO GEOMÉTRICO.docx (D45832315)  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1654/1/T026\\_46984330\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1654/1/T026_46984330_T.pdf)  
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3777/TESIS%20BACH.%20BILL%20JORDAN%20FRANZ%20ARAUJO%20CACHAY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/2950/TESIS%20EVALUACION%20DE%20LA%20SEGURIDAD%20VIAL%20DE%20LA%20CARRETERA%20CAJAMARCA%20E2%80%93%20BAMBAMARCA.docx?sequence=1&isAllowed=y>  
<https://core.ac.uk/download/pdf/287370929.pdf>  
[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2612/CIVIL\\_QUISPE%20AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2612/CIVIL_QUISPE%20AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3851/CIVIL%20-%20Edgardo%20D%20C%20ADaz%20Sangama%20%26%20Jorge%20Luis%20Castillo%20Acevedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
[http://www.carreteros.org/hispana/peru/08\\_peru.pdf](http://www.carreteros.org/hispana/peru/08_peru.pdf)  
<https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2628/NORMAS%20DE%20DISEÑO%20GEOMÉTRICO%20VIAL%20EN%20SUDAMERICA%20APLICADO%20A%20V%208DAS%20DE%20EVITAMIENTO%20EN%20EL%20PERU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)  
<https://1library.co/document/q05olpgy-evaluacion-caracteristicas-geometricas-carretera-iglesia-acuerdo-geometrico-carreteras.html>

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA**

### FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 311-2018-UCP-FCEI del 06 de junio de 2018, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- |                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc.    | Presidente |
| • Ing. Andres Pinedo Delgado. Mg.  | Miembro    |
| • Ing. Ytalme Bildad Ramos Dávila. | Miembro    |

Como Asesor: **Ing. Keler Humberto Panduro Torres, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 16:00 horas del día 11 de junio del 2021, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: “PROPUESTA DE MEJORA DEL DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA VECINAL MORALES – SAN PEDRO DE CUMBAZA AÑO 2018” Presentado por los sustentantes:

### DORIAN PRISCILIANO CONDORENA PAREDES

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: ABSUELTAS

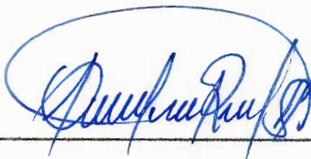
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE (14) CATORCE.

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

## FICHA DE CALIFICACIÓN DE LOS SUSTENTANTES

<b>NOMBRES Y APELLIDOS DE LOS ALUMNOS: DORIAN PRISCILIANO CONDORENA PAREDES</b>		
CRITERIOS	PUNTAJE	
	BASE	OBTENIDO
<b>I. PRESENTACIÓN</b>		
1.1. Motivación	HASTA 2 PUNTOS	<b>1</b>
1.2. Tono de Voz		
1.3. Calidad de materiales audiovisuales		
1.4. Secuencia		
<b>II. DESARROLLO DEL CONTENIDO</b>		
2.1. Dominio del tema	HASTA 8 PUNTOS	<b>6</b>
2.2. Uso adecuado de materiales audiovisuales		
2.3. En la introducción relata experiencias vividas en correspondencia a las Variables de su tesis		
2.4. Describe el problema y pregunta orientadora		
2.5. Enuncia los objetivos de la investigación		
2.6. Presenta la metodología utilizada en el estudio		
2.7. Da a conocer los resultados más importantes		
<b>III. APORTE CIENTÍFICO</b>		
3.1. Al desarrollo de la comunidad	HASTA 2 PUNTOS	<b>1</b>
3.2. A la carrera profesional y especialidad (según sea el caso)		
3.3. Otros de importancia		
3.4. Discusión		
<b>IV. DEFENSA DE LA TESIS</b>		
4.1. Satisface con sus respuestas	HASTA 8 PUNTOS	<b>6</b>
4.2. Importancia del estudio		
4.3. Metodología		
4.4. Resultados		
4.5. Conclusiones y recomendaciones		
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		DE 20
RESULTADO: PUNTAJE TOTAL = 20      PUNTAJE OBTENIDO:		<b>14</b>

Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc.

**Nombre del Presidente de Jurado**

Ing. Andres Pinedo Delgado. Mg.

**Nombre del Miembro del Jurado**

Ing. Ytalme Bildad Ramos Dávila.

**Nombre del Miembro del Jurado**

Aprobado (a) Excelencia	19-20
Aprobado (a) Unanimidad	16-18
Aprobado (a) Mayoría	13- 15
Desaprobado	00-12



FIRMA



FIRMA



FIRMA

# APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 11 de junio a las 4:00 p.m. del 2021.



---

**M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS**  
PRESIDENTE DEL JURADO



---

**Mg. Ing. ANDRÉS PINEDO DELGADO**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**Ing. YTALME BILDAD RAMOS DÁVILA**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**Mg. Ing. KELLER HUMBERTO PANDURO TORRES**  
ASESOR

## RESUMEN

La carretera vecinal que une El distrito de Morales con el centro poblado de San Pedro de Cumbaza es una vía de comunicación fundamental para el desarrollo socioeconómico de la población. Actualmente la carretera se encuentra pavimentada y presenta una geometría horizontal y vertical accidentada con radios y curvas verticales menores a los establecidos por la norma de diseño geométrico 2018.

El presente trabajo presenta una propuesta para mejorar el diseño geométrico de acuerdo a las normas de diseño geométrico 2018 ya que en la actualidad tenemos vehículos de mayor potencia y de mayor longitud para el transporte de productos agrícolas de la zona y la mayor afluencia de turistas.

El trabajo de campo consistió en hacer el levantamiento topográfico evaluación del diseño Geométrico según DG 2018 el cual se comparó los radios, peraltes y sobreechamientos y no cumplen con las normas de diseño geométrico de carreteras 2018.

El trabajo de gabinete se desarrolló con el procesamiento de datos con el programa civil 3d como el muestreo del índice medio diario (IMD) se hizo en formatos como se muestra en el desarrollo de la tesis.

### **PALABRAS CLAVE:**

Radio, peralte, sobreechamiento. diseño geométrico.

## **ABSTRACT**

The present research work was rationalized to propose the solution to the current problem of the Morales-San Pedro de Cumbaza neighborhood road.

The field work consisted in making the topographic survey evaluation of the Geometric design according to DG 2018 which compared the radii, superelevations and widening and do not comply with the geometric design standards of roads

2018

The cabinet work was developed with the processing of data with the civil program 3d as the sampling of the average daily index (IMD) was done in formats as shown in the development of the thesis.

KEY WORDS: radio, can't, widening.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	3
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
INTRODUCCIÓN .....	15
<b>CAPÍTULO I – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	18
1.1. Planteamiento del problema .....	18
1.2. Formulación del Problema.....	20
1.3. Objetivos de la Investigación .....	21
1.3.1 Objetivo General. ....	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4. Justificación de la investigación.....	21
1.4.1 Justificación Técnica .....	21
1.4.2 Justificación Social .....	23
1.4.3 Justificación por Viabilidad.....	23
1.4.4 Justificación por Relevancia.....	24
1.5. Alcances De La Investigación .....	24
<b>CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO</b> .....	25
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	25
2.2 BASES TEÓRICAS .....	34
<b>CAPÍTULO III – SISTEMA DE HIPÓTESIS</b> .....	78
3.1 Hipótesis .....	78
3.1.1 Hipótesis General .....	78
3.1.2 Hipótesis específicas.....	78
3.2 Variables .....	78
3.2.1 Variable Independiente .....	78
3.2.2 Variable Dependiente.....	78
3.3 Tipo y diseño de investigación.....	79
3.4 Población y muestra .....	79
3.4.1 Población: Morales – San Pedro de Cumbaza.....	79
3.4.2 Muestra: Radios del diseño existentes de la carretera. ....	79
3.5 Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos .....	80

3.5.1 Técnicas de Recolección de datos .....	80
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos .....	80
3.5.3 Procedimientos de Recolección de datos.....	80
3.6 Procesamiento de la información.....	81
<b>CAPÍTULO IV – MÉTODO Y MATERIALES .....</b>	<b>82</b>
4.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA .....	82
4.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DISEÑO.....	83
4.3 PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS.....	84
4.4 MATERIALES E INSTRUMENTOS .....	84
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>85</b>
5.1 RESULTADOS.....	85
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	105
CAPÍTULO VIII: ANEXOS .....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: de clasificación de caminos según su Índice Medio Diario Anual .....	40
Tabla 2 Clasificación por Orografía (adaptado de la DG-2018) .....	42
Tabla 3: de rango de velocidades en función al tipo de carretera y orografía .....	49
Tabla 4: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)-Extraído de la DG-2018 .....	50
Tabla 5 Anchos Mínimos de Derecho de Vía (adaptado de la DG-2018) .....	51
Tabla 6 Pendientes máximas (adaptada de la DG-2018) .....	52
Tabla 7 Velocidades de marcha teóricas en función a la velocidad de diseño (km) ..	53
Tabla 8 Distancia de visibilidad de parada (metros).....	55
Tabla 9 Longitudes de tramos en tangente .....	56
Tabla 10 Fricción transversal máxima en curvas.....	59
Tabla 11 Valor de peralte.....	61
Tabla 12 Peraltes Máximos según la zona en la que se encuentra .....	61
Tabla 13 Pendientes según clasificación .....	64
Tabla 14 Anchos mínimos de calzada tangente .....	68
Tabla 15 Ancho de Berma .....	68
Tabla 16 Valores de bombeo de la calzada.....	69
Tabla 17 Anchos mínimos de derecho de vía.....	70
Tabla 18 Longitudes Máximas y Mínimas de espirales .....	71
Tabla 19 Resumen De conteo en la estación de San Pedro de Cumbaza .....	87
Tabla 20 Valores del Factor de Corrección Estacional en los diferentes meses del año	88
Tabla 21 IMDA Resumen del Tramo .....	88
Tabla 22 IMDA Morales- San Pedro de Cumbaza.....	89
Tabla 23: Cuadro de radios menores de los establecidos por la norma .....	90
Tabla 24: Cuadro de deficiencias de diseño geométrico .....	91
Tabla 25: Deficiencias Geométricas del tramo actual.....	92
Tabla 26: Deficiencias Geométricas del tramo actual.....	93
Tabla 27: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos .....	94
Tabla 28: Diseño de Datos – Longitud Mínima.....	95
Tabla 29: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos .....	96
Tabla 30: Datos de Diseño – Longitud Mínima.....	97
Tabla 31: Datos de Diseño – Parámetros Mínimos .....	99
Tabla 32: Datos de Diseño – Parámetros Mínimos .....	100
Tabla 33: Datos de Diseño – Longitudes Mínimas .....	101

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1 Simbología de la curva horizontal.....	58
Ilustración 2 Configuración compleja de una curva de vuelta .....	60
Ilustración 3 Distribución del sobreebanco.....	63
Ilustración 4: Tipos de curvas de verticales convexas y cóncavas .....	65
Ilustración 5 Sección transversal tipo a media ladera de autopista en tangente.....	67
Ilustración 6: Ubicación de Estaciones de Control.....	86

## INTRODUCCIÓN

---

En la actualidad las redes viales son una necesidad fundamental en el mundo moderno, cual es la disponibilidad de una infraestructura de transporte capaz de llegar a todos los rincones de un territorio. El mejoramiento o la ejecución de cualquier vía representan la concreción de varias propuestas largamente en espera, que suponen gastos excesivos y requieren de varios años. Por lo tanto, se admite que todo proyecto vial es un progreso definitivo que se integra para un patrimonio público y como tal repercute en una buena condición por un largo periodo.

La movilidad es uno de los pilares sobre los que se consolida y se fortalece la economía de un país, las vías de comunicación son soporte para el desarrollo del mismo, puesto que por ellas se movilizan personas y mercancías, logrando una notoria mejora a la calidad de vida de las personas. Del mismo modo el contar con carreteras que garanticen comodidad, seguridad y rapidez en la movilidad de los usuarios, corresponde a uno de los enfoques de la Ingeniería vial; en la medida en la que se logre este objetivo se contará con ciudades sustentables y que propendan por el mejoramiento continuo de la calidad de vida de sus habitantes.

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

Una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad que necesitan los usuarios de la carretera (taxista, motocarristas, peatones o ciclistas) así como la seguridad y el confort de los mismos, balanceando esto con las restricciones físicas y naturales del entorno en el cuál, el proyecto se realiza; formando así un

sistema de transporte seguro y eficiente. La seguridad vial está optimizada al conectar los elementos geométricos con la velocidad de diseño y parámetros normalizados, de modo que la geometría resultante tiene una coherencia que reduce la posibilidad que un conductor se enfrente con una situación inesperada.

Cada proyecto de diseño de carreteras es único en cuanto a las características del área, los puntos obligatorios de circulación, valores de la comunidad, las necesidades de los usuarios de la carretera, y los probables usos de la tierra. Estos son factores únicos que el diseñador debe considerar en cada proyecto, haciendo uso del conocimiento sobre los principios básicos de la ingeniería, así como la experiencia y el adecuado criterio profesional que debe ser parte integral del arte del diseño de carreteras.

Los factores internos del diseño contemplan las velocidades a tener en cuenta para el mismo, y los efectos operacionales de la geometría especialmente los vinculados con la seguridad exigida y los relacionados con la estética y armonía de la solución, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Debido a la falta de parámetros en la norma actual, es que se hace uso de normas pasadas que ya dejaron de estar en vigencia, siendo estas inadecuadas para aplicarlas en la actualidad, provocando un costo posiblemente mayor en las partidas de presupuesto. El tipo de superficie de rodadura también juega un papel importante al momento de optimizar costos, influyendo directamente en los costos de conservación, es decir en los periodos y gastos de mantenimiento que se le debe hacer a la carretera para su buen funcionamiento.

En este sentido una propuesta alterna de diseño geométrico vehicular permite identificar una nueva vía tipo variante que pueda garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios al movilizarse, por ello esta propuesta tendrá como base la información del Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018.

La importancia de esta investigación radica que en nuestro país no existen criterios de evaluación para la clasificación de una vía de acuerdo a su consistencia de diseño, por ello al utilizar esta evaluación de los parámetros se aportará a la evaluación de nuevos proyectos en carreteras rurales de nuestra zona identificando tramos inseguros y mejorando la seguridad de los que lo transiten.

Finalmente, son expuestas las conclusiones a las que esta investigación ha llegado, siendo relevante el que se haya logrado identificar y determinar aquellos factores que influyen en la posible generación de accidentes de tránsito; así mismo se expone si las propuestas de mejora tienen un impacto positivo en la Seguridad Vial.

### 1.1. Planteamiento del problema

En un proyecto de camino o carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. La vía deberá ser compatible con el medio ambiente, adaptándola en lo posible a la topografía natural, a los usos del suelo y al valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales.

El crecimiento económico y el desarrollo de actividades de comercio, agricultura, turismo y otros, se encuentra directamente influenciado por el diseño de la infraestructura vial ya que por medio de estas se transportan bienes y mercaderías de un lugar a otro, es por ello que las carreteras deben ser diseñadas de acuerdo a requisitos técnicos mínimos que recomiendan las normas, estas permitan al usuario transitar por ellas de una manera segura. En este orden de ideas, la seguridad vial es un requerimiento necesario a considerar en la mejora del diseño, construcción y operación de las carreteras.

Precisamente este es el aspecto fundamental que da pie a esta investigación, ya que la carretera Morales – San Pedro de Cumbaza, muestra deficiencias en su diseño geométrico, comprometiendo la transpirabilidad segura de los usuarios.

La carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza se ubica en La región de San Martín, Provincia de San Martín, Distrito de San Antonio de Cumbaza, tiene 10 km de longitud y tiene como coordenadas de inicio 346168.560E, 9284065.209N y final 344420.547E 9290090.181N, está en el Tramo 3: Ruta N° SM-116: Tramo: Emp. PE - 5N (Pte. Cumbaza) – San Pedro de Cumbaza, cuenta con 114 curvas horizontales, la cual fue elevada a carretera de

segundo orden por su pavimento flexible pero sin haberse mejorado el diseño geométrico de la vía en mención, encontrándonos con radios menores a lo establecido por las normas sin sobre anchos, con peraltes mínimos y con pendientes muy elevadas, lo cual pone en riesgo a los usuarios de esta carretera ya que actualmente con el aumento del parque automotor con vehículos cada vez más modernos, potentes y veloces, hace que esta vía sea menos segura; este caso sumado al aumento de producción de productos agrícolas genera el tránsito de camiones con mayor longitud y mayor tonelaje, provocando que estos invadan el carril contrario en las curvas de menor radio ocasionando accidentes en horas punta, afectando así al crecimiento económico y social de las localidades aledañas a la vía; por esta razón que se propone mejorar el diseño de acuerdo a las normas de diseño geométrico de carreteras 2018 para que se tenga una mejor circulación vial buscando el progreso de la población.

En la actualidad la carretera en estudio es insegura e incómoda para el tránsito vehicular, debido al escaso ancho de la superficie de rodadura, lo que obliga a los conductores retroceder hasta encontrar un espacio suficiente donde pueda pasar uno de ellos; ocasionando demoras y accidentes, el diseño geométrico de una carretera supone la parte más importante de su concepción y proyecto, ya que permite establecer su disposición espacial más adecuada sobre el territorio, para que se adapte a sus características y condicionantes; así como a la magnitud de la demanda vehicular, es decir, que sea funcional y eficaz a un costo razonable.

Se sabe que al pasar de los años algunos parámetros básicos para el diseño geométrico de carreteras han ido evolucionando; las cargas y dimensiones vehiculares para el diseño han aumentado, así como el volumen vehicular; y aun así en Tarapoto Región San Martín el Diseño Geométrico de carreteras se ha venido realizando con normas antiguas, que en la actualidad resultan casi obsoletas y no garantizan una accesibilidad y movilidad de las personas y las mercancías que sea segura, cómoda y sostenible.

Sin embargo, debido a la topografía irregular y en algunos casos por atravesar zonas de acceso a explotaciones mineras, se hace dificultoso el diseño convencional en planta, perfil, secciones y consiguientemente la obtención de metrados, costos y presupuestos que se ajusten a la realidad, y fundamentalmente que se ajusten a las normas de diseño geométrico vigentes, y al iniciar la ejecución de obra, estas secciones muchas veces no coinciden con el diseño geométrico.

Por tal motivo surge la necesidad de conocer las características geométricas y se propone plantear modificaciones basándonos en las normas vigentes actualmente, como es el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Es posible formular el mejoramiento del Diseño Geométrico de la carretera que conecta los distritos de Morales a San Pedro de Cumbaza según los requerimientos mínimos del DG 2018 para el año 2018?

### **1.2.2 Problema específico**

- ¿Cuál es el estado actual de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza?
- ¿Cuál es el Índice Medio Diario (IMD) de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza?
- ¿Cómo es la topografía de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza?

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

Formular el mejoramiento del diseño Geométrico en la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza según los requerimientos mínimos del DG 2018 para el año 2018.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Determinar el estado actual de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza.
- Determinar el Índice Medio Diario (IMD) de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza.
- Realizar los estudios de topografía de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza.

### **1.4. Justificación de la investigación**

#### **1.4.1 Justificación Técnica**

La idea de realizar la investigación, de la “PROPUESTA DE MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA VECINAL MORALES – SAN PEDRO DE CUMBAZA AÑO 2018”, se da a raíz de que los diseños actuales, no presentan la seguridad necesaria que el tránsito vehicular moderno exige, tampoco brindan la seguridad necesaria para los usuarios, motivo por el cual la presente tesis realiza una comparación con el fin de identificar elementos que no cumplen con las especificaciones de las normas actuales para el diseño de carreteras. Teniendo en cuenta que la seguridad vial debe ser lo primordial en cualquier diseño vial.

De acuerdo con las normas de diseño Geométrico de Carreteras DG-2018”, se realizó por que los diseños de pavimentos, actuales, no

presentan la seguridad necesaria que el tránsito vehicular moderno exige, y por ende, tampoco brindan la seguridad necesaria para las personas que hacen uso de ellas, motivo por el cual la presente tesis realiza una comparación con el fin de identificar elementos que no cumplen con las especificaciones de las normas actuales para el diseño de carreteras, teniendo en cuenta que la seguridad vial debe ser la premisa básica en cualquier diseño vial.

El presente estudio servirá para mejorar las condiciones actuales de la vía, adecuándola, de tal forma que se encuentre en mejores condiciones técnicas para un mejor tráfico cómodo y seguro.

Y, desde otro punto de vista, el proyecto es una referencia útil para trabajos académicos de diseño geométrico y señalización de vías que empleen el software de diseño apropiado, en los cuales se apliquen métodos, técnicas y herramientas propuestas en el presente.

La importancia de esta investigación radica que en nuestro país no existen criterios de evaluación para la clasificación de una vía de acuerdo a su consistencia de diseño, por ello al utilizar esta evaluación del parámetro se aportará a la evaluación de nuevos proyectos en carreteras rurales de nuestra zona identificando tramos inseguros y mejorando la seguridad de los que lo transiten.

Un diseño geométrico de calidad está basado en un buen estudio topográfico, geológico, hidrológico e hidráulico, con lo cual se generan obras adecuadas a las condiciones del terreno mismo, es decir, de ellas depende en buena medida el éxito del proyecto global; de allí la importancia de que siempre se lleve a cabo un estudio exhaustivo para garantizar que las obras construidas sean acordes según los requerimientos establecidos.

### **1.4.2 Justificación Social**

Los beneficios de esta investigación hacia la sociedad se basan en la identificación de las zonas que representan mayor riesgo de accidentabilidad y proponiendo medidas que mejoren la seguridad vial sustentadas técnicamente y que podrían ser aplicadas por las autoridades competentes, cuyo fin será de reducir la generación de accidentes de tránsito en los puntos identificados y por tanto mejorar la seguridad vial de los usuarios.

### **1.4.3 Justificación por Viabilidad**

Cuando la viabilidad no cumple con los requisitos para los que fue creada, es necesario buscar opciones que solucionen de manera óptima las necesidades de los usuarios. Esto, obliga a diseñar, ampliar, modernizar y reconstruir caminos existentes siempre respetando y tomando en cuenta la ubicación geográfica de los mismos ya que de eso dependerán factores muy importantes en el diseño.

Por las condiciones climáticas y calidad de los suelos de la zona, las actividades económicas productivas a que se dedican los comuneros son básicamente la subsistencia basada en prácticas agrícolas y ganaderas a pequeña y gran escala, sin embargo, por lo accidentado del terreno con topografía bastante irregular, el acceso a estas zonas es difícil. La diversidad del medio geológico y de la complejidad de sus procesos hace que en las obras de ingeniería se deban resolver situaciones donde los factores geológicos sean los condicionantes para un adecuado diseño geométrico.

#### **1.4.4 Justificación por Relevancia**

La siguiente investigación es relevante porque permitirá determinar los factores que ocasionan accidentes de tránsito y con ello se podrá formular propuestas de mejora que puedan ser aplicadas en el tramo de estudio Carretera Vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza, mediante un sistema de gestión y control de accidentes de tránsito con la finalidad de mejorar la seguridad vial.

El propósito fundamental de un proyecto de mejora local, es la adecuación de determinados puntos de la vía que plantean problemas de funcionalidad, reduciendo su nivel de servicio o de seguridad. Para ellos se actúa modificando las características geométricas de tramos y elementos no aislados a la carretera.

#### **1.5. Alcances De La Investigación**

La presente investigación pretende determinar si la vía existente cumple con los parámetros de diseño dispuestos por la normatividad vial actual, por lo cual se comparará los resultados con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

La evaluación se realizó en los Km 0+000 al Km 10+000, tramo de la carretera Morales –San Pedro de Cumbaza, la cual es clasificada por su demanda como carretera de tercera clase.

Se busca establecer una línea de investigación en la Facultad de Ingeniería con el propósito de que permita una secuencia en la evaluación de las carreteras que mejore el diseño y construcción de las carreteras y por tanto la calidad de las mismas.

## CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

#### 2.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). Oficializa el primer manual de diseño geométrico de carreteras, el cual recoge los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el trazado de una carretera. Todos los aspectos contenidos en el manual son recomendaciones de carácter geométrico derivados de estándares internacionales como la norma AASHTO. La importancia de este manual en relación a los caminos de bajo volumen de tránsito se centra en los parámetros generales y comunes para toda la red vial que tenemos en el Perú; tal como la clasificación vial, la orografía y los conceptos teóricos que norman el diseño geométrico. Se observa que el manual DG-2001 no incluye dentro de las clasificaciones de carreteras a los caminos cuyo IMD sea menor a 200 Veh/día, por lo que años más tarde se elabora el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (versiones 2005 y 2008) como complemento a este problema. (p. 5).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). Presenta la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual contiene y recopila técnicas de Diseño Vial desde el punto de vista de su concepción, considerando aspectos de conservación ambiental y de seguridad vial. Este manual sirve como un complemento de la norma DG-2001, teniendo como justificación que la categoría de caminos a la que va dirigido son más del 85% de la vialidad a nivel nacional, por lo que era necesarios parámetros de diseño geométrico. (p. 7).

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

### 2.1.2 A NIVEL INTERNACIONAL

- Liz Maydolly Barrera Ardila – **“Parámetros de Seguridad Vial Para El Diseño Geométrico De Carreteras”** Universidad Pontificia Bolivariana – Bucaramanga, Colombia. Esta investigación presenta parámetros a tener en consideración para el diseño geométrico de carreteras, obteniéndose un grado de seguridad vial óptimo. Los mismos son analizados y explicados con detenimiento, mostrando su importancia en la infraestructura vial. Para ello, es relevante describir las posibles causas de riesgo y accidentalidad que se pueden presentar ante la omisión de los mismos, con lo que también resulta importante exponer la responsabilidad ingenieril ante la consideración de estos elementos, haciendo clara la necesidad de considerar una verdadera gestión de seguridad.
- René A. García Depestre, Domingo E. Delgado Martínez, Eduardo E. Díaz García – **“Modelos De Perfil De Velocidad Para Evaluación De Consistencia Del Trazado En Carreteras De La Provincia De Villa Clara, Cuba”**. Las causas de accidentalidad relativas a la carretera en Cuba son superiores a las reportadas en otros países, por razones vinculadas al trazado, condiciones actuales del estado de los elementos que la componen y las características superficiales del pavimento. En esta investigación se

evalúa la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado. La misma, se define como, la relación entre las características geométricas del trazado de la carretera y las que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella.

- Bach. (Llanes Ayala, 2016), 2016. México. **“Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas seleccionadas de la ciudad de México”**. En este significativo proyecto de investigación realiza estudios locales de Ingeniería de tránsito (incluido el de flujo de saturación), con el objetivo de estimar el flujo de saturación en las diez intersecciones semaforizadas habiéndose encontrado mediante tres variantes, y siendo de 1610, 1599 y 1651 vehículos/hora/carriles. Como consecuencia en el proceso de investigación se tiene que el flujo de saturación en la Ciudad de México es el más alto que otros debido a las velocidades con que transitan los conductores locales y también a las condiciones geométricas de las vialidades existentes, de este modo el límite de velocidad conduce a un aumento en la tasa de flujo de saturación. El aporte que brinda este proyecto de investigación es poder determinar el flujo de saturación en la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman para poder estimar un análisis detallado de dicho problema ya mencionado y así reducir las velocidades que se transita por estas avenidas.
- Bach (Ruiz Gallido, 2016). **“Análisis de tráfico y la Seguridad Vial de la carretera N-332 a su paso por el término Municipal de Favara (Valencia)”** Este importante proyecto de investigación realiza un análisis de tráfico y seguridad vial de la carretera N- 322 con el objetivo de reducir la velocidad de los conductores y evitar posibles accidentes de tráfico vial mediante tres propuestas de solución. Como primera propuesta de solución se tiene la incorporación de dos glorietas que proporciona una importante

mejora de la seguridad y como resultado permite advertir a los conductores las zonas que presenten características diferentes a las de los trazados anteriores. Por otro lado, se ha optado por un estrechamiento óptico mediante la implantación de una franja longitudinal situada entre los dos carriles de circulación para poder reducir la anchura de los carriles y provocar un efecto óptico de estrechamiento, logrando que los conductores no aumenten su velocidad. Por último, se considera conveniente situar en el tramo urbano 2 pares de estos, uno en cada extremo del tramo situados entre las dos glorietas propuestas, este dispositivo ofrece la posibilidad a los vehículos de modificar su trayectoria siguiendo un zigzag suave. El aporte que brinda este antecedente al proyecto de tesis es tener consideraciones sobre el análisis de tráfico y seguridad vial en la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman teniendo como finalidad la posibilidad de mejorar tráfico vial mediante las propuestas de solución ya mencionadas.

- En el trabajo de (Berardo, 2015), cuyo título **“Aplicación del Modelo Predictivo de Accidentes Viales del HSM (2010) en Camino Rural de dos Carriles en Brasil”** se hace un análisis aplicando el Método Predictivo del HSM en la carretera BR-393 en Brasil, en un tramo de carretera indiviso comprendido entre el acceso a tres ríos y la intersección con la carretera BR-492. De lo cual se puede extraer que “...el factor de calibración obtenido indicaría que la ecuación del HSM subestima la frecuencia de accidentes en la ruta. Sin embargo, para que esta calibración sea más certera, debería cumplirse estrictamente la premisa respecto de la cantidad mínima de accidentes observados por año en los sitios de calibración”.
- Así mismo hace una recopilación de otros trabajos del cual destaca el de (Martinelli, La Torre, & Vadi, 2009), donde calibraron el modelo de predicción de accidentes del HSM en la provincia italiana de

Arezzo, en 938 km de carretera indivisa, separada en 8379 secciones y con datos de accidentes de 3 años, que sumaban 402; con un promedio de 0.05 accidentes por sección, lo que llevo a obtener un factor de calibración de 0.17. Conclusiones: Con ello los autores concluyen que es necesario la calibración del modelo para evitar el exceso de predicción en el modelo base; también se puede destacar la conclusión que indica que la aplicación de una media ponderada de los accidentes sobre la longitud de un segmento funciona mejor que la utilización de la relación de densidades o accidentes en términos absolutos.

### **2.1.3 A NIVEL NACIONAL**

- En el Perú lamentablemente los trabajos de investigación sobre este tema son escasos. Se logra observar de una manera insuficiente y limitada algunos contenidos relacionados como el citado a continuación: El MTC (2010) realizó el estudio de la carretera Ayacucho – Abancay, Tramo: (km 98+800-km 154+000) con fines de elaboración de expediente técnico para trabajos de rehabilitación y mejoramiento. Donde uno de los objetivos fue determinar el estado actual de la vía mediante el análisis del diseño geométrico de la carretera. Los resultados de la evaluación establecieron que la carretera necesita un mejoramiento en el trazo, ya que debido a la topografía de la zona se incumplen algunos parámetros especificados en el Manual de Diseño de Carreteras DG-2001.
- (Consortio Seguridad Vial: TRANSIS - HBC, 2014), en su informe de la “Inspección de Seguridad Vial Carretera Puno – Arequipa con código PE 34<sup>a</sup>, tramo Juliaca – Arequipa”, en una longitud de 254 Km, donde se identificaron 9 tramos de concentración de accidentes (TCAs), que acumulan el 26% del total de accidentes de la carretera, cuyas principal causa de accidentalidad es el exceso de velocidad con un 33.2%, siendo los vehículos más siniestrados las camionetas

y semi-trayler con más de un 50%, además 20% de los accidentados fallecieron en el siniestro. Mediante una matriz de priorización, se plantean soluciones como la instalación de barrera de contención, instalación de delineadores de curva, instalación de cartel de curva peligrosa, instalación de mallado protector de talud y otras obras, que buscan reducir el índice de accidentabilidad en la vía.

#### **2.1.4 INVESTIGACIONES RELACIONADOS CON EL TEMA**

- Castro, C y Céspedes, M (2009). Se realizó un estudio comparativo de las normas de diseño geométrico de caminos de bajo volumen de tránsito en la carretera Llancarolla, Mungui, teniendo como problemática que la norma actual DG-2018 no cuenta con parámetros de diseño en trochas carrozables.
- Alvarado, W y Martínez, L (2017). Se elaboró la actualización del diseño geométrico de una carretera de bajo volumen (Chancos-Vivos-Wiash). Para dicha propuesta se utilizó un tipo de metodología mixta, donde se realizaron trabajos en campo verificando la situación actual de la carretera y extrayendo los parámetros necesarios para el diseño en general. La actualización del diseño se modeló en el software Vehicle Tracking con el objetivo de comprobar la trayectoria segura del vehículo de diseño dentro de las nuevas dimensiones y criterios.

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

- El análisis económico desarrollado refleja la viabilidad social del proyecto, al obtener un resultado de VANS que supera la inversión social, así como una Tasa interna de retorno social de 18%, lo cual refleja un ahorro en el tiempo y de costo de operación vehicular por medio de los usuarios” (Alvarado, W y Martínez, L, 2017, p.117).
- Morales, A. (2017). Esta investigación, se centró en la ruta LM-122 la cual es la única que comunica al pueblo de Tanta, ubicado en Yauyos, con el resto de centros de la provincia. Tanta tiene un gran potencial turístico, debido a cercanía al Parque Natural Nor - Yauyos; sin embargo, esto no es aprovechado debido a su inaccesibilidad. El trabajo realizado soluciona este problema, diseñando el tramo más accidentado de la ruta y estimando el nivel de servicio de la sección de la ruta en el futuro. Para dicho proyecto se proponen tres alternativas para el diseño de la ruta, de las cuales se selecciona la que obtuvo menor costo en comparación al resto. Dicho proyecto tuvo como objetivo principal el desarrollo del potencial turístico y la reducción del tiempo de viaje en dicho tramo, analizando la alternativa con mayor beneficio y usando los parámetros adecuados para tal diseño.
- Para elaborar el diseño se utiliza el programa de computadora AutoCAD Civil 3D Versión 2016. Este programa permite la creación de un perfil topográfico en el cual se pueda dibujar el eje de la carretera, Además contiene dentro de su programación los criterios del Green Book el cual nos permite verificar los radios mínimos, las longitudes máximas y mínimas, distancia de visibilidad, etc. El programa también muestra el perfil longitudinal de vía, dando la oportunidad de realizar el diseño de las curvas verticales. Y cuenta con una herramienta para el cálculo del diagrama de masas de todo el tramo diseñado. Debido a que no todos los criterios del Green

book concuerdan con los del manual de diseño geométrico peruano, se corroboraran manualmente algunos parámetros. (pp. 12-15).

El marco teórico del presente trabajo está constituido por los manuales del MTC: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC (CBVT2005 y 2008), y por el Manual de Carreteras DG-2018, los cuales contienen las variables estudiadas para este trabajo.

### 2.1.5 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron en cuenta los siguientes antecedentes:

**Alegría Orellana, J.** menciona que en el diseño debe prestarse la debida atención a las necesidades de los peatones, de los ciclistas y de los motociclistas que circulan por las carreteras de Centroamérica en volúmenes significativos, particularmente de los primeros.

Durante el proceso de diseño geométrico de las carreteras, al igual que en todas las etapas de su desarrollo y puesta en operación, es importante identificar los potenciales impactos ambientales del proyecto, y adoptar las disposiciones necesarias para evitar y mitigar sus efectos negativos hasta donde ello sea posible. Las legislaciones ambientales vigentes en algunos países así lo requieren, como también lo requieren y exigen las agencias internacionales y los organismos de cooperación bilateral que apoyan el desarrollo vial de Centroamérica. El mejor diseño geométrico de una carretera puede ser desestimado si, en el análisis de sus elementos justificativos, no se incorporan parejamente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.

De esta forma **Alemán Vásquez, H.** nos dice que la topografía del lugar es un factor importante a considerar en el diseño de caminos y carreteras, ya que de ella dependerá el costo económico para la

ejecución del mismo, condicionando a lo largo de todo su trayecto los alineamientos tanto horizontal como vertical, provocando en algunos casos establecer pendientes longitudinales superiores a las establecidas con el fin de disminuir considerablemente los movimientos de tierra que son los que encarecen en gran medida este tipo de proyectos.

Por otra parte, **Zea Bueno, J. L. (2009)** recomienda ceñirse estrictamente a los planos cuando se proceda al mejoramiento o diseño alternativo de la vía.

Se debe tener en cuenta los parámetros de seguridad vial cuando se esté ejecutando el mejoramiento o diseño de la vía.

Para el mejoramiento de esta vía, la ejecución de las actividades debe ser apropiada para la conservación (Rocería y limpieza de alcantarillas).

Cuando se esté ampliando la vía debe ser compatible con el medio ambiente adoptándola en lo posible con la topografía natural. La fuente de materiales a utilizar debe ser de alta calidad para garantizar la vida útil de la vía.

Así mismo **Saldaña Yáñez, P y Mera Monsalve, S (2014)** concluyen que la ejecución del proyecto mejorará la velocidad directriz de la vía por sectores, la velocidad de los vehículos se incrementará de manera peligrosa, motivo por el cual deberá tenerse un especial cuidado en las disposiciones incluidas en las estrategias de manejo ambiental sobre todo en la señalización de obra, este deberá ser reforzado en especial en los poblados ubicados al margen de la Carretera.

Establecer una relación carretera - medio ambiente, acorde a las tendencias actuales de conservación, promoviendo una imagen de armonía, sobre la base de campañas de divulgación, que planteen que la carretera no es un acceso indiscriminado a cualquier ambiente, sino

una necesidad inevitable de comunicación entre los pueblos, a fin de satisfacer las necesidades socioeconómicas locales.

La ejecución del proyecto será una excelente oportunidad para incorporar alternativas de corrección medioambientales como son la inclusión de un tratamiento paisajístico, protección de taludes, la promoción del aumento cobertura vegetal con el fin de disminuir la acción erosiva de la escorrentía superficial, por eso es importante respetar las propuestas en el estudio de impacto ambiental.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

El presente trabajo de tesis pretende la realización del diseño geométrico de un tramo de 10 kilómetros partiendo de un levantamiento realizado por un egresado de la carrera de ingeniería civil, para optar el grado de Ingeniero Civil, usando el Software civil 3d.

- El diseño se basará en la comparación de radios, peraltes sobreechados de la carretera actual con referencia a la norma de diseño geométrico 2018.
- No se realizará el análisis y diseño de estructura de pavimento sino el diseño geométrico únicamente, puesto que el diseño estructural contempla una campaña geotécnica a lo largo de la vía en estudio que en virtud del tiempo de ejecución de la tesis no se espera cubrir.
- Para el diseño de taludes y sus inclinaciones se usarán parámetros de suelos de acuerdo al mapa geológico sin realizar una campaña geotécnica.

El presente capítulo reúne los parámetros y herramientas necesarias para poder realizar propuestas de diseño geométrico de la carretera en mención, con el fin de garantizar la seguridad y conformidad de la misma, que son exigidas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### **2.2.1 DISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA**

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

### **2.2.2 CARACTERISTICAS DE TRÁNSITO**

Las características del tránsito están referidas a la predicción de los volúmenes de demanda, su composición y la evolución de las mismas, las variaciones que puedan experimentar a lo largo de la vida útil del proyecto, siendo los principales indicadores, el índice Medio Anual (IMDA), la clasificación por tipo de vehículo y el crecimiento del tránsito.

### **2.2.3 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera. La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina

como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

#### **2.2.4 COMPONENTES PRINCIPALES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA**

James Cárdenas, Máster en Ciencia en Ingeniería de Tránsito y Transporte, en su libro “Diseño geométrico de carreteras, 2013”, nos dice que el diseño de una carretera debe ser tal que la misma resulte ser funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

#### **2.2.5 PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

Las carreteras son infraestructuras de transporte cuyo propósito es permitir la circulación de vehículos, especialmente acondicionado dentro de la vía.

#### **2.2.6 DEFINICIONES**

BAÑON B., L. (2002), Define que geoméricamente, una carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular, lo que en un principio hace complicada su representación, sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio, estas particularidades permiten la adopción de un sistema de representación relativamente sencillo, de fácil interpretación y muy útil desde el punto de vista constructivo. En base a este sistema, la carretera queda totalmente definida mediante tres tipos de vistas: planta, perfil longitudinal y perfil transversal. No obstante, pueden emplearse otros tipos de representación como la perspectiva cónica de cara a realizar estudios más específicos sobre un determinado aspecto, como la visibilidad o el impacto ambiental.

Los temas relacionados a continuación están divididos en cinco partes. En la primera parte se presentan los estudios de rutas y líneas de pendiente para casos de terrenos ondulado y montañoso, donde se pueden presentar varias soluciones. En la segunda y tercera parte se analiza el diseño geométrico en planta y su relación con la estabilidad del vehículo en marcha. Y en la cuarta y quinta parte se complementa la concepción tridimensional de una vía a través del diseño geométrico en perfil y el estudio de las secciones transversales, sus áreas y volúmenes.

**a) Rutas y trazados de ruta de pendiente o de cerros.** Según Céspedes Abanto “los puntos obligados son aquellos sitios extremos o intermedios por los que necesariamente deberá pasar la vía ya sea por razones técnicas, económicas, sociales o políticas; como, por ejemplo: poblaciones áreas productivas, puertos, puntos geográficos, valles y depresiones”. La identificación de una ruta a través de estos puntos obligados o de control primario y su paso por otros puntos intermedios de menor importancia o de control secundario, hace que parezca más las rutas alternas, es necesario llevar la actividad denominada selección de ruta la cual comprende una serie de trabajos preliminares que tienen que ver con acopio de datos, estudios de planos, reconocimientos aéreos y terrestres, poligonales de estudio, etc.

**b) Geometría vial – diseño geométrico en planta.** El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje real o espacial de la carretera.

---

<sup>13</sup> Cp. Manual DG 2018:138

<sup>13</sup> Cp. Manual DG 2018:138

**d) Estabilidad en la marcha – transición de peralte.** Si para el diseño de las curvas horizontales se han empleado espirales de transición, la transición del peraltado se efectúa conjuntamente con la curvatura. Cuando solo se dispone de las curvas circulares se acostumbra a realizar una parte de la transición en recta y la otra parte sobre la curva. Se ha determinado empíricamente que la transición del peralte puede introducirse dentro de la curva hasta un 50%, siempre que por lo menos la tercera parte central de la longitud de la curva quede con el peralte completo.<sup>13</sup>

**e) Rasante - diseño geométrico en perfil.** El diseño geométrico en perfil, o alineamiento vertical. Es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo debido a este paralelismo, dicha proyección mostrara la longitud real del eje de la vía a este eje también se le denomina rasante o sub rasante.

**f) Secciones transversales áreas y volúmenes.** Geométricamente, la sección transversal de una carretera está compuesta por la calzada, berma, cunetas, y los taludes laterales. Con el fin de completar la concepción tridimensional de una vía, es necesario precisar esta desde el punto de vista transversal y así fijar el ancho de la faja que ocupara la futura carretera y estimar los volúmenes de tierra a mover.

**Según el DG-2018** Clasifica a las carreteras en dos tipos:

---

<sup>13</sup> Cp. Manual DG 2018:138

### **2.2.6.1 Clasificación por demanda**

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

**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.<sup>1</sup>

- **Autopistas de Segunda Clase:** Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4001 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.<sup>2</sup>
- **Carreteras de Primera Clase:** Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.<sup>3</sup>

---

<sup>1,2</sup>Cp. Manual DG 2018:12

<sup>3</sup> Cp. Manual DG 2018:12

- **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.<sup>4</sup>

- **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.<sup>5</sup>
- **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.<sup>6</sup>

---

<sup>4,5</sup> Cp. Manual DG 2018:12

<sup>6</sup> Cp. Manual DG 2018:13

**Tabla 1: de clasificación de caminos según su Índice Medio Diario Anual (Adaptado de la DG-2018)**

Clasificación	Rango de IMDA	Ancho de Calzada	Calidad de vía
---------------	---------------	------------------	----------------

Autopista de Primera Clase	Mayor a 6000 vehículos/día	Separador mayor o igual 6 m. 3,60 m de ancho mínimo de carril. 2 o más carriles por calzada	Vía pavimentada
Autopista de Segunda Clase	Entre 6000 y 4001 vehículos/día	Separador menor a 6 m. 3.6 m de ancho mínimo de carril 2 o más carriles por calzada	Vía pavimentada
Carretera de Primera Clase	Entre 4000 y 2001 vehículos/día	3,6 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada
Carretera de Segunda Clase	Entre 2000 y 400 vehículos/día	3,3 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada
Carretera de Tercera Clase	Menor a 400 vehículos/día	3 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada o Afirmada
Trocha Carrozable	Menor a 200 vehículos/día	4m de ancho mínimo de carril plazoletas de cruce a cada 500m como mínimo	Vía afirmada o no afirmada

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.6.2 Clasificación por orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazado, se clasifican en:

- **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 trazado. <sup>7</sup>
- **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 más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.<sup>8</sup>

- **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 trazado.<sup>9</sup>
- **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 trazado.<sup>10</sup>

**Tabla 2 Clasificación por Orografía (adaptado de la DG-2018)**

Tipo De Orografía	Rango De Pendientes
Terreno Plano	Menores o iguales a 10%
Terreno Ondulado	Mayores a 10% y menores o iguales a 50%
Terreno Accidentado	Mayores a 50% y menores o iguales a 100%
Terreno Escarpado	Mayores a 100%

**Fuente: Elaboración Propia**

<sup>7-8</sup> Cp. Manual DG 2018:14

<sup>9-10</sup> Cp. Manual DG 2018:14

### **a) Criterios generales**

En esta Sección se presentan los criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de las carreteras nuevas, así como las carreteras que serán rehabilitadas y mejoradas especialmente en su trazado. Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista

que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica y cumpliendo lo establecido en la Sección 211: Capacidad y Niveles de Servicio, del presente capítulo. Asimismo, establece la clasificación e interrelación existente entre los tipos de proyectos, niveles y metodologías de estudio previstas para las obras viales y sintetiza el contenido y alcance de dichos niveles de estudio.<sup>11</sup>

#### **b) Información general**

Es importante realizar estudios preliminares que permitan establecer las prioridades y recursos para la elaboración de un nuevo proyecto, para lo cual se deberá recopilar toda la información pertinente que esté disponible, complementando y verificando aquellas empleadas en los estudios de viabilidad económica. Se recurrirá a fuentes como son los vértices geodésicos, mapas, cartas y cartografía vial, así como fotografías aéreas, ortofotos, etc. Aun cuando el reconocimiento en terreno resulta indispensable, su amplitud y/o grado de detalle dependerá, en gran medida, del tipo de información topográfica y geomorfológica existente.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Cp. Manual DG 2018:15

<sup>12</sup> Cp. Manual DG 2018:15

#### **c) Criterios básicos**

- **Proyecto y estudio:** El término “proyecto” incluye las diversas etapas que van desde la concepción de la idea, hasta la materialización de una obra civil, complejo industrial o programa de desarrollo en las más diversas áreas. En consecuencia, el proyecto es el objetivo que motiva las diversas acciones

requeridas para poner en servicio una nueva obra vial, o bien recuperar o mejorar una existente. Las materias tratadas en el presente manual están referidas a los diversos estudios preliminares y estudios definitivos requeridos, en sus diferentes fases, todo lo cual será identificado como “Estudios”. No obstante, dentro de la amplitud asignada al término “Proyecto”, se le identificará bajo el término “Proyectista” a la organización, equipo o persona que asume la responsabilidad de realizar los estudios en sus diferentes fases.<sup>13</sup>

- **Estándar de diseño de una carretera:** La Sección Transversal, es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único. El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:
  1. La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
  2. La velocidad de diseño (V).
  3. La sección transversal definida.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Cp. Manual DG 2018:16

<sup>14</sup> Cp. Manual DG 2018:16

#### **d) Clasificación general de los proyectos viales**

Los proyectos viales para efectos del diseño geométrico se clasifican de la siguiente manera:

- **Proyectos de nuevo trazados:** Son aquellos que permiten incorporar a la red una nueva obra de infraestructura vial. El caso más claro corresponde al diseño de una carretera no existente, incluyéndose también en esta categoría, aquellos trazados de

vías de Evitamiento o variantes de longitudes importantes. Para el caso de puentes y túneles, más que un nuevo trazado constituye un nuevo emplazamiento. Tal es el caso de obras de este tipo generadas por la construcción de una segunda calzada, que como tal corresponde a un cambio de trazado de una ruta existente, pero para todos los efectos, dichas obras requerirán de estudios definitivos en sus nuevos emplazamientos.<sup>17</sup>

- **Proyectos de mejoramiento puntual de trazado:** Son aquellos proyectos de rehabilitación, que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría, destinadas a eliminar puntos o sectores que afecten la seguridad vial. Dichas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.<sup>18</sup>
- **Proyectos de mejoramiento de trazado:** Son aquellos proyectos que comprenden el mejoramiento del trazo en planta y/o perfil en longitudes importantes de una vía existente, que pueden efectuarse mediante rectificaciones del eje de la vía o introduciendo variantes en el entorno de ella, o aquellas que comprenden el rediseño general de la geometría y el drenaje de un camino para adecuarla a su nuevo nivel de servicio.<sup>19</sup>

En casos de ampliación de calzadas en plataforma única, el trazado está controlado por la planta y el perfil de la calzada existente. Los estudios de segundas calzadas con plataformas independientes, deben abordarse para todos los efectos prácticos, como trazados nuevos.

---

<sup>17-18</sup> Cp. Manual DG 2018:16

<sup>19</sup> Cp. Manual DG 2018:16

### **Geodesia y topografía**

En todos los trabajos topográficos, se aplicará el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado.<sup>20</sup>

- **Procedimientos geodésicos para referenciar los trabajos topográficos:** Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84 (World Geodetic System de 1984). El Sistema de Referencia WGS-84 es un sistema geocéntrico global (mundial) con origen en el centro de masa de la Tierra, cuya figura analítica es el Elipsoide Internacional GRS-80. Al determinar las coordenadas de un punto sobre la superficie de la Tierra mediante GPS, se obtienen las coordenadas cartesianas X, Y, Z y sus equivalentes geodésicos: latitud ( $\phi$ ), longitud ( $\lambda$ ) y altura elipsoidal (h).<sup>21</sup>
- **Sistemas geodésicos:** Se denomina Sistema Geodésico Oficial, al conjunto conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que están a cargo del Instituto Geográfico Nacional. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos.<sup>22</sup>

---

<sup>20-21</sup> Cp. Manual DG 2018:17

<sup>22</sup> Cp. Manual DG 2018:17

- Constitúyase como Red Geodésica Horizontal Oficial a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), a cargo del Instituto Geográfico Nacional; la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentada en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 1994 – International Terrestrial Reference Frame 1994 (ITRF94) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época

1995.4 y relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980- Geodetic Reference System 198D (GRS80). [Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado el World Geodetic System 1984 (WGS84).] <sup>23</sup>

- Constitúyase como Red Geodésica Vertical Oficial a la Red de Nivelación Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, la misma que tiene como superficie de referencia el nivel medio del mar, está conformada por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado. Esta Red Geodésica estará sujeta al avance tecnológico tendiente a obtener una referencia altimétrica global relacionada al campo de la gravedad. La tendencia mundial apunta a la adopción de un sistema geocéntrico, no solo para fines geodésicos, sino que también para fines de mapeo, con su derivación a sistemas locales para proyectos de ingeniería. Los sistemas de coordenadas más utilizados son las geodésicas (latitud, longitud y altura elipsoidal) y las cartesianas (x, y, z)<sup>24</sup>
- **Sistemas globales de referencia:** El posicionamiento con GPS, así como cualquier otro sistema satelital, por ejemplo, su homólogo ruso GLONASS (Global Navigation Satellite System), requiere sistemas de referencia bien definidos consistentes globales y geocéntricos <sup>25</sup>

---

<sup>23-24</sup> Cp. Manual DG 2018:18

### 2.2.6.3 Derecho de vía o faja de dominio

<sup>25</sup> Cp. Manual DG 2018:18

Teniendo como base, la definición de las características geométricas y categoría de la carretera a intervenir, se definirá la faja del terreno denominada “Derecho de Vía”, dentro del cual, se encontrará la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas para futuras

obras de ensanche o mejoramiento y zona de seguridad, para las acciones de saneamiento físico legal correspondiente.<sup>26</sup>

### **Índice medio diario anual (IMDA)**

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.<sup>27</sup>

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

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto.<sup>28</sup>

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

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

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

En la que:

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T<sub>o</sub> = Tránsito actual (año base o) 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.

---

<sup>26-27</sup> Cp. Manual DG 2018:22-92

<sup>28</sup> Cp. Manual DG 2018:95

### **2.2.7 DISEÑO GEOMÉTRICO**

Definición de la velocidad de diseño

Para la elección de la velocidad de diseño se tomó el criterio del manual de diseño DG- 2018, el cual está expuesto en la tabla 3.<sup>29</sup>

**Tabla 3: de rango de velocidades en función al tipo de carretera y orografía  
(Adaptado de la DG-2018)**

Clasificación	Orografía	Velocidades de diseño (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano						■	■	■	■	■	■
	Ondulado						■	■	■	■	■	
	Accidentado					■	■	■	■			
	Escarpado					■	■					
Autopista de segunda clase	Plano				■	■	■	■	■	■	■	
	Ondulado				■	■	■	■	■			
	Accidentado				■	■	■	■	■			
	Escarpado				■	■	■					
Carretera de primera clase	Plano				■	■	■	■	■			
	Ondulado				■	■	■	■				
	Accidentado			■	■	■	■	■				
	Escarpado			■	■	■						
Carretera de segunda clase	Plano				■	■	■	■	■			
	Ondulado				■	■	■	■				
	Accidentado			■	■	■	■					
	Escarpado		■	■	■	■						
Carretera de tercera clase	Plano		■	■	■	■	■	■				
	Ondulado		■	■	■	■	■	■				
	Accidentado	■	■	■								
	Escarpado	■										

<sup>29</sup> Cp. Manual DG 2018:96

### 2.2.8 ELECCIÓN DEL VEHÍCULO DE DISEÑO

El vehículo de diseño permitirá calcular la distancia de visibilidad, el radio mínimo (tanto de curvas horizontales como de curvas verticales). En este proyecto, tomando en cuenta los vehículos considerados durante el conteo, se escogió como vehículo de diseño el bus de 2 ejes

(B-2). En la **Tabla 4** Se muestran las dimensiones de los vehículos considerados por el manual de diseño.<sup>30</sup>

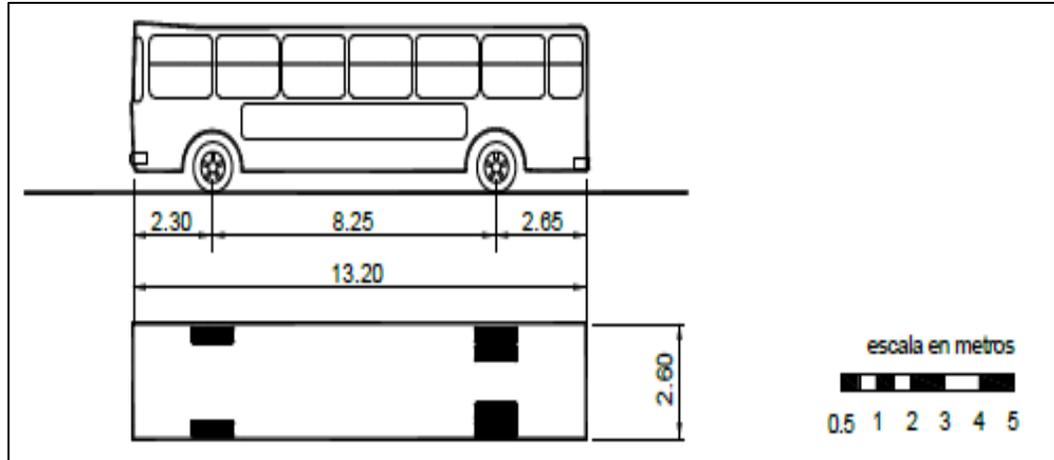
**Tabla 4: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)-Extraído de la DG-2018**

Tipo de Vehículo	Alto Total	Ancho Total	Vuelo Lateral	Ancho Ejes	Largo Ejes	Vuelo Delantero	Separación Ejes	Vuelo Trasero	Radio min. Rueda Exterior
vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70/1.90/4.00	3.10	12.80
semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00/12.50	0.80	13.70
remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30/0.80/2.15/7.75	0.80	12.80
semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40/6.80/1.40/6.80	1.40	13.70
semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20		1.40	13.70
Semirremolque (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40/11.90	2.00	1.00

<sup>30</sup> Cp. Manual DG 2018:24

## 2.2.9 VEHÍCULO DE DISEÑO

El vehículo de diseño es un ómnibus de 2 ejes (B2), diseñado para el transporte de pasajeros (Categoría N).



## 2.2.10 DEFINICIÓN DE DERECHO DE VÍA

El derecho de vía es el ancho en donde se encuentra la sección de la carretera y sus obras complementarias, además se toman en cuenta áreas de ensanches y mejoramientos en el futuro. En la **Tabla 5** se muestran los anchos mínimos de derecho de vía según su clasificación por IMDA<sup>31</sup>

**Tabla 5 Anchos Mínimos de Derecho de Vía (adaptado de la DG-2018)**

Clasificación	Anchos Mínimos (m)
<b>Autopista de primera clase</b>	40
<b>Autopista de segunda clase</b>	30
<b>Carretera de primera clase</b>	25
<b>Carretera de segunda clase</b>	20
<b>Carretera de tercera clase</b>	16

Acorde a la **tabla 5** El ancho mínimo necesario para nuestro diseño es de 16 metros.

<sup>31</sup> Cp. Manual DG 2018:198

## 2.2.11 PENDIENTE LONGITUDINAL MÁXIMA

Dependiendo de la velocidad de diseño, la clasificación por IMDA y el tipo de orografía, se determina una pendiente longitudinal máxima que

la carretera puede desarrollar. Estas pendientes se muestran en la **tabla 6**, la cual se muestra a continuación.<sup>32</sup>

**Tabla 6 Pendientes máximas (adaptada de la DG-2018)**

Demanda	Carretera																			
	>6000				6000-4001				4000-2001				2000-400				<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																			10.0	10.0
40 km/h															9.0		8.0	9.0	10.0	
50 km/h											7.0	7.0			8.0	9.0	8.0	8.0	8.0	
60 km/h					6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	7.0	8.0	9.0	8.0	8.0		
70 km/h			5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0		7.0	7.0		
80 km/h	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0		6.0	6.0			7.0	7.0		
90 km/h	4.5	4.5	5.0		5.0	5.0	6.0		5.0	5.0			6.0				6.0	6.0		
100 km/h	4.5	4.5	4.5		5.0	5.0	6.0		5.0				6.0							
110 km/h	4.0	4.0			4.0															
120 km/h	4.0	4.0			4.0															
130 km/h	3.5																			

De acuerdo con la **Tabla 6** La pendiente correspondiente a la carretera es de 8%. Para iniciar el diseño se reduce la pendiente máxima a la mitad o también se le puede adicionar 3% a este valor reducido, depende de la zona de trabajo.

<sup>32</sup> Cp. Manual DG 2018:170

## 2.2.12 Velocidad de marcha

Como velocidad de cruce, es resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en

movimiento, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito, la vía y los dispositivos de control; es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño.<sup>33</sup>

**Tabla 7 Velocidades de marcha teóricas en función a la velocidad de diseño (km)**

Vel de diseño	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Vel media de marcha	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117
Rango de vel media	25.5 @ 28.5	34.0 @ 38.0	42.5 @ 38.0	51.0 @ 47.5	59.5 @ 66.5	68.0 @ 76.0	76.5 @ 85.5	85.5 @ 95.0	93.5 @ 104.5	102.0 @ 114.0	110.5 @ 123.5

**Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018**

---

<sup>33</sup> Cp. Manual DG 2018:99

### **2.2.13 Distancia de visibilidad**

Es la longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras que necesite realizar.<sup>34</sup>

- Visibilidad de parada
- Visibilidad de paso o adelantamiento
- La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente ecuación.

#### 2.2.14 Distancia de visibilidad de parada

Distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a velocidad de diseño, antes que alcance un objetivo inmóvil que se encuentre en su trayectoria.<sup>35</sup>

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente ecuación.

•Ecuación 2 Distancia de visibilidad de parada

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

**Donde:**

- D<sub>p</sub> : Distancia de visibilidad de parada (m)  
V : Velocidad de parada (m)  
T<sub>p</sub> : Tiempo de percepción + reacción (s)  
f : coeficiente de fricción, pavimento húmedo  
i : pendiente longitudinal (tanto por uno)  
± i : subidas respecto al sentido de circulación.

---

<sup>34</sup> Cp. Manual DG 2018:99

<sup>35</sup> Cp. Manual DG 2018:103

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será mayor igual a la distancia de visibilidad de parada. La siguiente

tabla muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de las velocidades de diseño y de la pendiente.

**Tabla 8 Distancia de visibilidad de parada (metros)**

Vel de diseño	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
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	226	214
130	287	310	338	375	267	252	238

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

## 2.2.15 Diseño geométrico

### Alineamiento horizontal

También conocido como diseño geométrico en planta están constituidos por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura. El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor parte de la carretera.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Cp. Manual DG 2018:125

### Tramo tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente en función a la velocidad de diseño, son las siguientes.<sup>37</sup>

**Tabla 9 Longitudes de tramos en tangente**

V (km/h)	Lmins(m)	Lmin.o (m)	Lmax (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	110	220	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	308	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

### **Curvas circulares**

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas.<sup>38</sup>

### **Elementos de la curva circular**

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares son las siguientes:<sup>39</sup>

- P.C. : Punto de inicio de la curva
- P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas
- P.T. : Punto de tangencia
- E : Distancia a externa (m)
- M : Distancia de la ordenada media (m)
- R : Longitud del radio de la curva (m)
- T : Longitud de la Sub tangente (P.C a P.I y P.I a P.T.) (m)
- L : Longitud de la curva (m)
- L.C : Longitud de la cuerda (m)
- $\Delta$  : Ángulo de deflexión ( $^{\circ}$ )

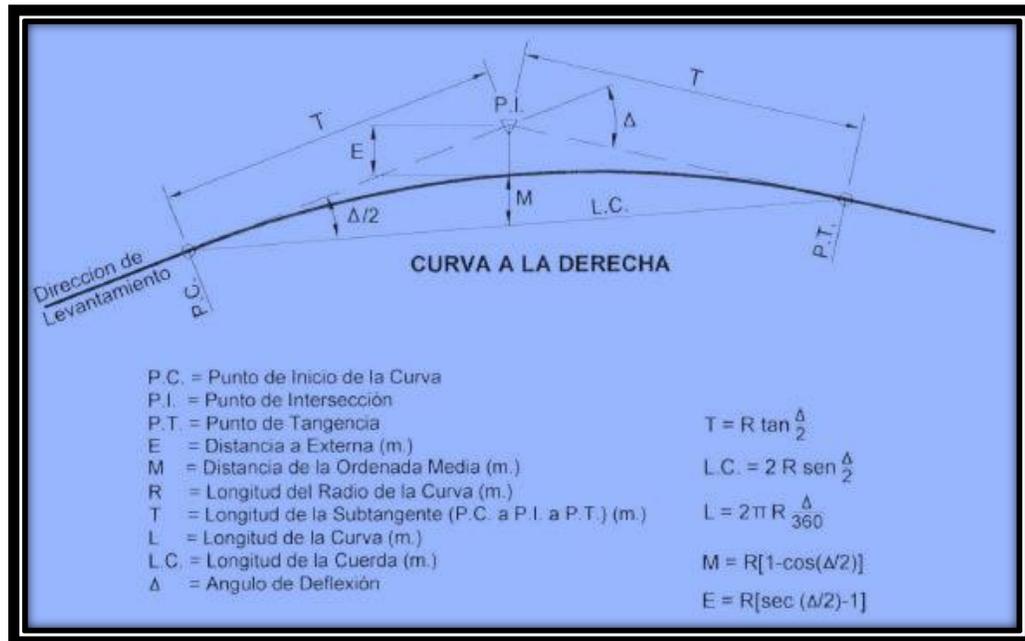
- P : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
- Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva.

---

<sup>37</sup> Cp. Manual DG 2014:127

<sup>38</sup> Cp.. Manual DG 2018:127

### Ilustración 1 Simbología de la curva horizontal



Fuente: Elaboración propia

### Radios mínimos

Son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones de seguridad y comodidad.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Cp. Manual DG 2014:128

Para el cálculo de los radios mínimos se puede utilizar la siguiente ecuación:<sup>40</sup>

### Ecuación 3 Radio mínimo

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

**Donde:**

*R<sub>min</sub>* : Radio mínimo

*V* : Velocidad de diseño

*e<sub>max</sub>* : Peralte máximo

*f<sub>max</sub>* : Coeficiente de fricción transversal

Los valores de fricción transversal se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 10 Fricción transversal máxima en curvas**

Velocidad de diseño Km/h	f <sub>max</sub>
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

### Curva de vuelta

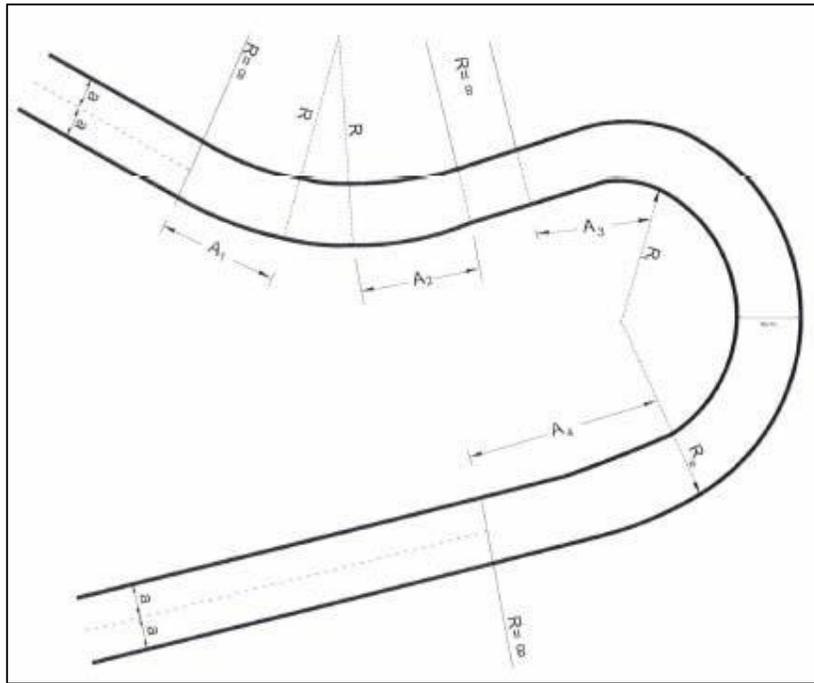
Son aquellas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de alcanzar una cota mayor y que no son posibles lograr mediante trazados alternativos.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> Cp. Manual DG 2014:128

<sup>41</sup> Cp. Manual DG 2014:150

Deberán tener como radio mínimo 20m. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior “Ri” y radio exterior “Re”.<sup>42</sup>

### Ilustración 2 Configuración compleja de una curva de vuelta



Fuente: Elaboración propia

### Transición de peralte

En carreteras de tercera clase, se tomarán los valores de la siguiente tabla.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Cp. Manual DG 2014:150

<sup>43</sup> Cp. Manual DG 2014:152

Tabla 11 Valor de peralte

Vel de diseño	Valor de peralte						Long min de transc. de bombeo (m)
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Long min de transición de peralte						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

### 2.2.16 PERALTE MÁXIMO

Es la pendiente que debe tener una curva horizontal para evitar el descarrilamiento de los vehículos, este parámetro depende del tipo de orografía de la zona y del radio de la curva. En la **tabla 12** se muestran los peraltes máximos permitidos para carreteras de tercera clase.<sup>43</sup>

Tabla 12 Peraltes Máximos según la zona en la que se encuentra (adaptado de la DG-2018)

Pueblo o Ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6%	4%
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8%	6%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12%	8%
Zona rural con peligro de hielo	8%	6%

<sup>43</sup> Cp. Manual DG 2018:196

## Sobreancho

Las secciones en curva horizontal, deberán ser provistas del sobreancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos. Los sobreanchos son necesarios para mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos<sup>44</sup>.

Según el manual de diseño geométrico DG2014, la necesidad de un sobreancho se debe a la holgura adecuada ente vehículos sobre una vía bidireccional. A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo del sobreancho.

### Ecuación 4 Sobreancho

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

Donde:

Sa : Sobreancho

N : Número de carriles

R : radio (m)

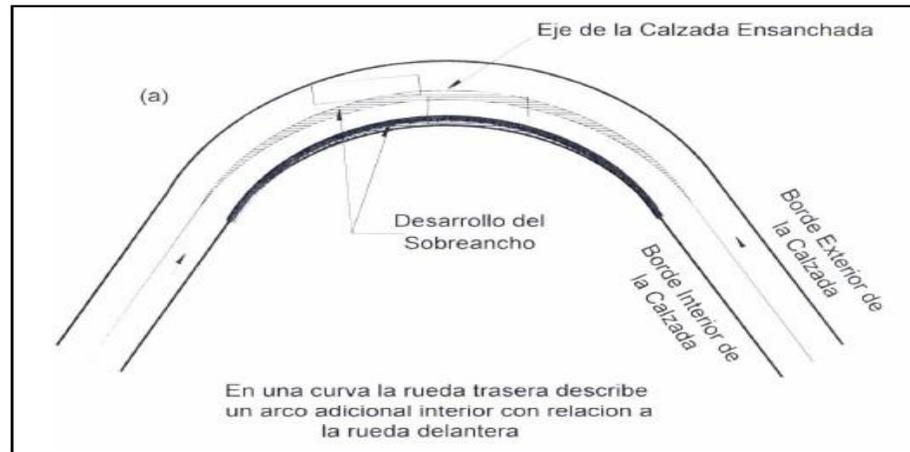
L : Distancia entre eje posterior y parte frontal

V : Velocidad de diseño (km/h)

---

<sup>44</sup> Cp. Manual DG 2018:159

### Ilustración 3 Distribución del sobreaancho



Fuente: Manual de Diseño geométrico de Carreteras DG 2018

### Alineamiento vertical

El perfil longitudinal está conformado por la rasante que a su vez está constituida por un conjunto de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales a dichas rectas se les denomina tangentes. Las curvas verticales se proyectan, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.<sup>45</sup>

### Pendiente

Es conveniente proveer una pendiente mínima de 0.5% a fin de asegurar en toda la calzada un drenaje eficiente.<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Cp. Manual DG 2014:169

<sup>46</sup> Cp. Manual DG 2014:170

**Tabla 13 Pendientes según clasificación**

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehiculos/dia	>6000				6000-4001				4000-2001				2000-400				>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
Vehículo de diseño 30 km/h																			10	10
40 km/h																9	8	9	10	
50 km/h											7	7			8	9	8	8		
60 km/h					6	6	7	7	6	6	7	7	6	7	8	9	8	8		
70 km/h			5	5	6	6	6	7	6	6	7	7	6	6	7		7	7		
80 km/h	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6		6	6			7	7		
90 km/h	4.5	4.5	4.5		5	5	6		5				6				6	6		
100 km/h	4.5	4.5	4.5		5	5	6		5				5							
110 km/h	4	4			4															
120 km/h	4	4			4															
130 km/h	3.5																			

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

### Curvas verticales

Las curvas verticales son definidas por el parámetro K que es la relación entre la longitud de la curva y el valor absoluto de la diferencia de pendientes. Las curvas pueden ser convexas o cóncavas.<sup>47</sup>

A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de la longitud de la curva.

#### Ecuación 5 Longitud de curva

$$K = L/A$$

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2014 Donde:

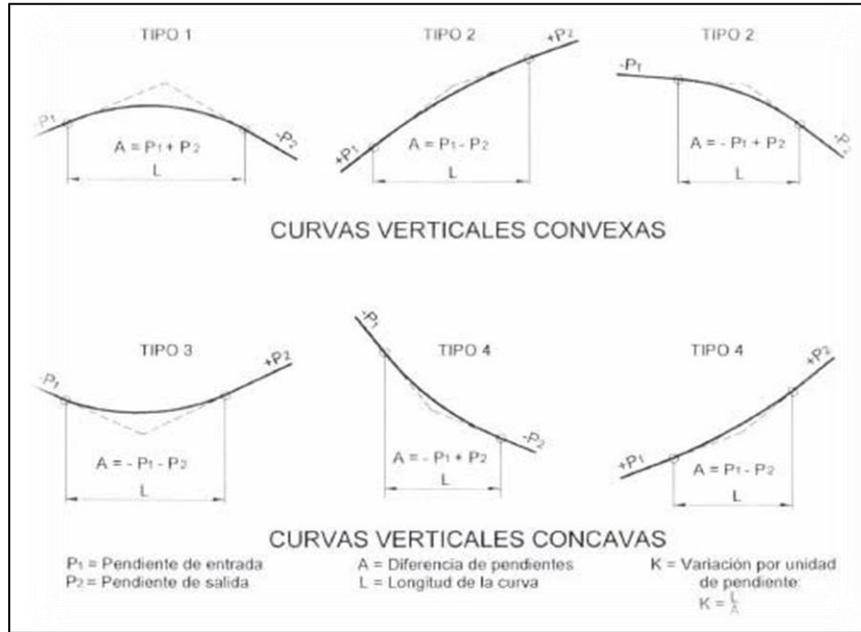
K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

<sup>47</sup> Cp, Manual DG 2014:174

**Ilustración 4: Tipos de curvas de verticales convexas y cóncavas**



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

**Longitud de las curvas convexas**

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes formulas: <sup>48</sup>

Para contar con la visibilidad de parada ( $D_p$ ) Cuando  $D_p < L$ ;

**Ecuación 6 Longitud de curva cuando  $D_p < L$**

$$L = \frac{A D_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018 Cuando  $D_p > L$ ;

<sup>48</sup> Cp. Manual DG 2018:177

**Ecuación 7 Longitud de curva cuando  $D_p > L$**

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

Donde:

$D_p$  : Distancia de visibilidad de parada

$A$  : Diferencia algebraica de pendientes

$h_1$  : Altura de ojo de la rasante

$h_2$  : Altura de objeto sobre la rasante

Para contar la visibilidad de adelantamiento o paso ( $D_a$ ) Cuando  $D_a < L$ ;

**Ecuación 8 Longitud de curva cuando  $D_a < L$**

$$L = \frac{A D_a^2}{946}$$

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018 Cuando  $D_a > L$ ;

**Ecuación 9 Longitud de curva cuando  $D_a > L$**

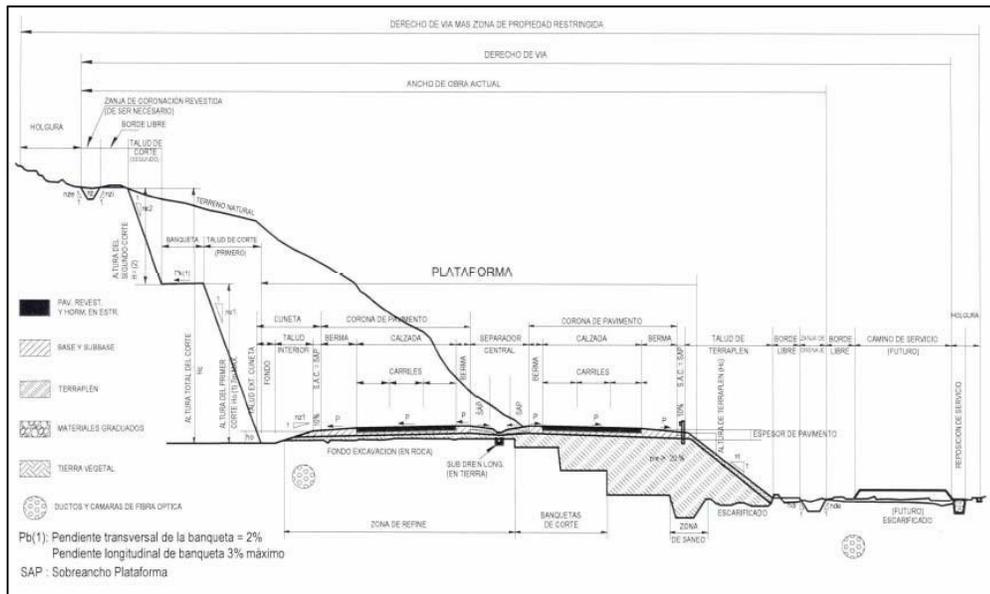
$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

## Secciones transversales

Consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal. Las secciones transversales están compuestas por carriles, calzada, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios<sup>49</sup>.

**Ilustración 5 Sección transversal tipo a media ladera de autopista en tangente**



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

## Calzada

Calzada también llamada superficie de rodadura. En algunas ocasiones esta se encuentra dividida por carriles, cuya cantidad está basada en el IMDA<sup>50</sup>.

A continuación, se muestra una tabla de anchos mínimos de calzadas relacionados con el IMDA y velocidad de diseño.

<sup>49</sup> Cp. Manual DG 2018:190

<sup>50</sup> Cp. Manual DG 2018:190

**Tabla 14 Anchos mínimos de calzada tangente**

clasificación	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Tipo Vehiculos/dia	>6000				6000-4001				4000-2001				2000-400				>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
Veloc. diseño 30 km/h																			6.0	6.0
40 km/h																6.6	6.6	6.6	6.0	
50 km/h											7.2	7.2			6.6	6.6	6.6	6.6	6.0	
60 km/h					7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.6	6.6	6.6	6.0		
70 km/h			7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.0		6.6	6.6		
80 km/h	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2		7.2				6.6	6.6		
90 km/h	7.2	7.2	7.2		7.2	7.2	7.2		7.2	7.2			7.2				6.6	6.6		
100 km/h	7.2	7.2	7.2		7.2	7.2	7.2		7.2				7.2				6.6	6.6		
110 km/h	7.2	7.2			7.2															
120 km/h	7.2	7.2			7.2															
130 km/h	7.2																			

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

**Bermas:** Son utilizadas como secciones de seguridad que tiene una orientación paralela a la calzada. Según el manual DG 2018 el ancho de la berma está en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía<sup>51</sup>.

**Tabla 15 Ancho de Berma**

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehiculos/dia	>6000				6000-4001				4000-2001				2000-400				>400			
características	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
Veloc. diseño 30 km/h																			0.5	0.5
40 km/h																1.2	1.2	0.9	0.5	
50 km/h											2.6	2.6			1.2	1.2	1.2	0.9	0.5	
60 km/h					3.0	3.0	2.6	2.6	3.0	3.0	2.6	2.6	2.0	2.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
70 km/h			3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	1.2		1.2	1.2		
80 km/h	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		2.0	2.0			1.2	1.2		
90 km/h	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0	3.0		3.0	3.0			2.0				1.2	1.2		
100 km/h	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0	3.0		3.0				2.0							
110 km/h	3.0	3.0			3.0															
120 km/h	3.0	3.0			3.0															
130 km/h	3.0																			

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

<sup>51</sup> Cp. Manual DG 2018:192

## Bombeo

El bombeo es la inclinación mínima que posee la calzada. Este depende del tipo de rodadura y niveles de precipitación<sup>52</sup>.

Tabla 16 Valores de bombeo de la calzada

Tipo de superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500 min/año	Precipitación <500 mm/año
Pavimento asfáltico	2.0	2.5
Tratamiento	2.5	2.5 – 3.0
Afirmado	3.0 – 3.5	3.0 – 4.0

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

## Peralte

Con fines de contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo se agrega un peralte a la calzada. Sin embargo, no siempre es necesario el peralte. Para velocidades de 40,60 y 80 cuyos radios serán 3.50m y para velocidades mayores a 100 cuyo radio es 7.50 no es necesario aplicarlo<sup>53</sup>.

El peralte máximo se obtiene bajo la siguiente ecuación.

### *Ecuación 10 Peralte máximo*

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

p : Peralte máximo

V : Velocidad de diseño

R : Radio mínimo absoluto

F : Coeficiente de fricción lateral

<sup>52</sup> Cp. Manual DG 2018:195

<sup>53</sup> Cp. Manual DG 2018:196

## Derecho de vía

El MTC la denominada también faja de dominio. El derecho de vía depende de la clasificación de la vía. En algunos casos se incrementan 5m del borde superior de los taludes, pie de terraplenes, borde de obras de drenaje, borde exterior de los caminos de servicio<sup>54</sup>.

**Tabla 17 Anchos mínimos de derecho de vía**

<b>Clasificación</b>	<b>Ancho mínimo (m)</b>
Autopista clase I	40.00
Autopista clase II	30.00
Carretera clase I	25.00
Carretera clase II	20.00
Carretera clase III	16.00

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018

## 2.2.17 LONGITUDES MÍNIMAS Y MÁXIMAS PARA CURVAS DE TRANSICIÓN

### LONGITUD MÍNIMA DE ESPIRAL

*Ecuación 10 longitud mínima de espiral*

$$L_{min} = 0.0178 \times V^3 / R$$

### LONGITUD MÁXIMA DE ESPIRAL

*Ecuación 11 longitud mínima de espiral*

$$L_{max} = \sqrt{24} \times R$$

Donde:

V: velocidad de diseño en km/h

R: radio de la curva horizontal

---

<sup>54</sup> Cp. Manual DG 2018:198

Las fórmulas mostradas anteriormente son solamente válidas para carreteras de tercera clase, como en este caso. En la **Tabla 18** se muestran las diferentes longitudes dependiendo de su radio, las cuales serán utilizadas en las alternativas.

**Tabla 18 Longitudes Máximas y Mínimas de espirales**

Radio Circular (m)	Espirales	
	L <sub>min</sub> (m)	L <sub>max</sub> (m)
75	30	42
76	29	43
77	29	43
78	29	43
79	28	44
80	28	44
81	27	44
82	27	44
83	27	45
84	26	45
85	26	45
86	26	45
87	26	46
88	25	46
89	25	46
90	25	46
91	24	47
92	24	47
93	24	47
94	24	47
95	23	48
96	23	48
97	23	48
98	23	48
99	22	49
100	22	49
110	20	51
120	19	54
130	17	56
140	16	58

Las curvas de transición no son necesarias cuando el radio circular sobrepasa un cierto valor. Este depende de la velocidad de diseño que se tiene. En la **Tabla 18** se muestra un cuadro con los radios en los que se puede prescindir de la curva de transición. En este caso, el radio máximo es de **150 metros**.

### **2.2.18 CAPACIDAD VIAL**

La capacidad vial se define como el número máximo de vehículos (peatones) que pasan por un tramo específico de una vía, calzada o pista durante un tiempo establecido respetando los distintos tipos de dispositivos de control y la infraestructura que presente la calzada o carril.

El tiempo específico o intervalo de tiempo que comúnmente se usa es de 15 minutos ya que en este lapso de tiempo es más probable encontrar un flujo vehicular estable.

Es necesario tener en cuenta que habrá ciertas condiciones que puedan alterar la capacidad vial como: condiciones del tránsito, condiciones de control y condiciones de infraestructura vial. Una distribución vehicular del tránsito en un tiempo y espacio dado, y una composición de los tipos de vehículos que circulan por dicha vía, son condiciones del tránsito que afectan a la capacidad.

Las condiciones de control están compuestas por todos los dispositivos de control de tránsito que se pueda encontrar en una vía. Cabe mencionar que las características de la vía y las regulaciones de circulación existente son factores que pueden influenciar para el cálculo de la capacidad vial.

### **2.2.19 FILOSOFÍA DE DISEÑO**

Manual de Carreteras. (2009), manifiesta que comúnmente se han definido filosofías de diseño que tienden a ser simplistas y que ignoran los aspectos mencionados anteriormente, estas filosofías de diseño persiguen una seguridad que deposita de manera excesiva sus argumentos en los modelos derivados de la dinámica de Newton.

La filosofía actual, se basa en la suposición de que cualquier diseño que se ajusta a las políticas establecidas para el Diseño Geométrico de la vía, es seguro y que aquellas que no, serían inseguras.

Este planteamiento que a menudo es asumido por los diseñadores, es aceptado por los tribunales cuando se trata de toma de decisiones sobre cuestiones de responsabilidad.

A pesar de que han transcurrido varias décadas de investigación de la compleja relación entre vehículo, carretera, conductor y seguridad de funcionamiento, esta temática no siempre es bien comprendida, existen numerosos investigadores que han estudiado las relaciones entre las tasas de accidentes y los elementos específicos del diseño geométrico.

Esta nueva filosofía deberá tomar en cuenta dos niveles fundamentales. El primero, debe estar relacionado con la planificación geométrica, aspecto que pocas veces es expuesto en los Manuales de Diseño Geométrico de Carreteras. El segundo nivel del diseño geométrico es el que trata sobre la seguridad operacional en detalle. Este es el nivel en el que se centran los manuales, poniendo la misma atención en la eficacia y la seguridad de los elementos de la carretera. Se propone que, en la nueva filosofía, la seguridad debe ser considerada como primordial. Sacrificar la seguridad en aras de la eficiencia y la economía no es una práctica aceptable.

Por lo tanto, una filosofía más integral, debe basarse en el concepto de reducir la probabilidad de errores al nivel más bajo posible y además debe tratar de reducir las consecuencias de estos errores que se producen. Para lograr este objetivo, los diseños deben comenzar con un claro entendimiento del propósito y funcionalidad de la vía, seguida de una apropiada selección de los elementos de diseño y su consecuente integración con la forma del terreno y su uso actual y

futuro. Una marca particular de la capacidad del Profesional en Diseño debe basarse en su capacidad de prever y optimizar los objetivos en conflicto que son inherentes a cualquier proyecto.

### **2.2.20 EVALUACIÓN DE DISEÑO GEOMETRICO**

Cárdenas G., J. (2002), menciona que una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad, comodidad, sea funcional, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Una vía será funcional de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una suficiente velocidad de operación.

La vía será cómoda en la medida en que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se lograra ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los tramos rectos.

La vía será estética al adaptarlas al paisaje, permitiendo generar visuales agradables a las perspectivas cambiantes, produciendo en el conductor un recorrido fácil.

La consistencia en el diseño geométrico se refiere a conformar su geometría de acuerdo con las expectativas del conductor. Una inconsistencia en el diseño puede describirse como una característica geométrica, o combinación de ellas, con rasgos inusuales que los conductores pueden abordar de manera insegura. Esta situación

puede llevar a errores en la selección de la velocidad o inapropiadas maniobras de manejo que pueden provocar accidentes. Existen métodos de evaluación de la consistencia del diseño basados en la velocidad de operación de los vehículos, las características del camino o la carga mental del conductor.

### **2.2.21 CRECIMIENTO DE TRÁNSITO**

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto. No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años. La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro. De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas.

### **2.2.22 VELOCIDAD DE DISEÑO**

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las

características del diseño utilizado. La velocidad directriz condiciona todas las características geométricas de la vía, su definición está íntimamente ligada al costo de construcción de cada carretera. Para una velocidad directriz alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento de los volúmenes de obra.

### **2.2.23 DISTANCIA DE VISIBILIDAD**

La distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante del camino, que es visible al conductor del vehículo. En el diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el vehículo (Distancia de Visibilidad de Parada), y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad inferior, en el mismo sentido (Distancia de Visibilidad de Paso). Estas dos situaciones influyen el diseño de la carretera en campo abierto, considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme.

### **2.2.24 DISTANCIA DE VELOCIDAD DE PARADA**

La distancia de Visibilidad de Parada, es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil ubicado en su trayectoria. Se considera obstáculo aquel de una altura igual o mayor a 0.15 m, estando situados los ojos del conductor a 1.07m sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

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

distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada  $\geq$  a 6% y para velocidades de diseño  $> 70$  km/h. En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será  $\geq$  a la distancia de visibilidad de parada.

#### **2.2.25 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES**

Obstrucciones a la visibilidad, localizadas en el interior de las curvas horizontales, tales como edificaciones, muros, árboles o bosques, barreras longitudinales, taludes en cortes y otros similares, deben ser tomados en cuenta para aplicarles el tratamiento de despeje que acompaña a un buen diseño. Los controles que se utilizan para un diseño apropiado son la distancia de visibilidad y la velocidad de diseño, elementos que deben ser bien estudiados y revisados para conciliarlos con las condiciones del sitio, ya sea para recomendar cambios de alineamientos o remoción de obstrucciones, según la solución que califique de ser más factible. La línea de vista es la cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada se mide a lo largo de la línea central del carril interior de la referida curva. Se requiere que la ordenada media desde el centro de la curva hasta la obstrucción, no obstaculice la visibilidad de parada requerida en sus valores alto y bajo, para satisfacer las necesidades del conductor.

## CAPÍTULO III – SISTEMA DE HIPÓTESIS

---

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis General

- **H<sub>i</sub>** La formulación del mejoramiento de diseño geométrico de la carretera que conecta los distritos de Morales a San Pedro de Cumbaza según los requerimientos mínimos del DG 2018 para el año 2018, es posible.
- **H<sub>0</sub>** La formulación del mejoramiento de diseño geométrico de la carretera que conecta los distritos de Morales a San Pedro de Cumbaza según los requerimientos mínimos del DG 2018 para el año 2018, no es posible.

#### 3.1.2 Hipótesis específicas

- **H<sub>i</sub>** El estado actual de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza, es ineficiente.
- **H<sub>i</sub>** Índice Medio Diario (IMD) de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza, es alto.
- **H<sub>i</sub>** La topografía de la carretera vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza, tiene pendientes altas.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Variable Independiente

DG 2018.

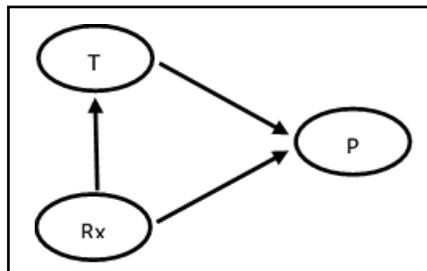
#### 3.2.2 Variable Dependiente

Diseño geométrico.

### 3.3 Tipo y diseño de investigación

Por su nivel de profundidad, es una investigación de **tipo descriptivo** porque se realizará un diagnóstico actual a la Carretera Vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza, rescatando las características, y a la vez es de tipo **propositivo**, porque se diseñará una propuesta siguiendo los requerimientos mínimos del DG 2018.

Siguiendo a Hernández, Fernández y Sampieri (2014) el diseño de este estudio es no experimental, ya que no se realizará una comprobación experimental.



Dónde:

**T:** Estudios teóricos.

**Rx:** Diagnóstico de la realidad de la Carretera Vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza.

**P:** Es la propuesta de mejoramiento del diseño geométrico de la Carretera Vecinal Morales – San Pedro de Cumbaza.

### 3.4 Población y muestra

**3.4.1 Población:** Morales – San Pedro de Cumbaza.

**3.4.2 Muestra:** Radios del diseño existentes de la carretera.

### **3.5 Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos**

#### **3.5.1 Técnicas de Recolección de datos**

La técnica que se empleará en la recolección de datos son Aforo de vehículos de campo y levantamientos topográficos.

#### **3.5.2 Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos que se usaran son: GPS estación Total, Nivel de Ingeniero, Wincha, Bastones, Prismas, Estadías, Trípodes, etc. que se emplearán en la recolección de datos de campo como: levantamientos topográficos y los elementos de curvas actuales, peraltes, sobreeanchos, cuyos datos serán procesados en una oficina técnica

#### **3.5.3 Procedimientos de Recolección de datos**

Los procedimientos que se seguirán en la recolección de datos son:

- Elaboración de los formatos para la recolección de datos de los vehículos.
- Validación y confiabilidad de recolección de datos.
- Aplicación de los registros de recolección de datos para recoger la información.
- Recolección de datos topográficos para verificación de los radios existentes.
- Procesamiento de los datos.
- Organización de los datos en cuadros.
- Representación de los datos mediante tablas y gráficos.
- Análisis e interpretación de los datos.

### **3.6 Procesamiento de la información**

La información será procesada en forma computarizada utilizando el paquete estadístico computacional EXCEL, sobre la base de datos. El procesamiento de la información permitirá elaborar la matriz de datos con la que se diseñará las tablas y gráficos.

La información topográfica de campo será procesada en el programa AutoCAD civil 3D.

## **CAPÍTULO IV – MÉTODO Y MATERIALES**

---

El presente trabajo de investigación corresponde al método de investigación descriptivo, por ello se puede prescindir de hipótesis, sin embargo, de acuerdo al protocolo de investigación las variables en estudio inicialmente fueron: Variables Independientes: parámetros de diseño para vehículos de carga pesada, topografía del lugar en estudio, estudios geotécnicos entre otros, y la Variable Dependiente: diseño geométrico planimétrico y altimétrico para caminos de carga pesada.

El trabajo se realizó en dos fases, una de comprobación de campo con observación directa y recopilación de información para: La propuesta de diseño geométrico, y análisis de los eventos de variabilidad, y otra de gabinete dedicada a la tabulación, procesamiento de información de campo, diseño geométrico de carretera y propuesta de valor.

### **4.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**

Consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

La investigación que se desarrolla es de nivel descriptiva porque trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada

Por ende, está presente investigación se adapta a dicha descripción puesto que busca una recolección de datos para poder procesar de manera clara y específica los resultados para poder conocer cada factor influyente.

### **Etapas**

- Examinar las características del problema escogido.
- Definir y formular sus hipótesis.
- Enunciar los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados.
- Elegir los temas y las fuentes apropiados.
- Seleccionar o elaborar técnicas para la recolección de datos.
- Establecer, a fin de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
- Verificar la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos.
- Realizar observaciones objetivas y exactas.
- Describir, analizar e interpretar los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

#### **4.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DISEÑO**

Se procederá a determinar el desarrollo de la carretera, por lo cual se iniciará mediante los estudios geotécnicos del suelo, con el objetivo de determinar las propiedades del terreno, evaluar las condiciones de vía, definir y diseñar el tipo de pavimento para la vía proyectada. La metodología empleada para llegar al diseño es mediante el uso de programas como el AutoCAD Civil 3D para el diseño geométrico de vías urbanas, según el reglamento ya establecido (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras).

### **4.3 PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS**

- Identificar los lugares que servirán de estaciones dentro de la intersección.
- Realizar reconocimiento visual de los parámetros que serán necesarios para ser tomados como datos de entrada.
- Obtener los equipos y materiales para realizar la toma de data.
- Tomar la data en campo.
- Determinar las variables del estudio de tráfico: Volumen, flujo, densidad, velocidad, capacidad y niveles de servicio.
- Procesar los datos en gabinete, mediante hojas de cálculo apoyado en Normativa, bibliografía y métodos normalizados como el HCM 2010, DG 2018, Bibliografía especializada, etc.
- Identificar la problemática hallada en la intersección.
- Analizar qué propuesta de mejora es conveniente a desarrollar en esta intersección.
- Recomendar y explicar el porqué de la propuesta descrita.

### **4.4 MATERIALES E INSTRUMENTOS**

A continuación, se describe los materiales e instrumentos que se utilizaron en la etapa de campo de la presente tesis fueron una estación total, GPS, eclímetro y una wincha topográfica.

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

---

### **5.1 RESULTADOS**

Para elaborar el diseño se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D Versión 2016. Este programa permite la creación de un perfil topográfico en el cual se pueda dibujar el eje de la carretera, Además contiene dentro de su programación los criterios del Green Book el cual nos permite verificar los radios mínimos, las longitudes máximas y mínimas, distancia de visibilidad, etc. El programa también muestra el perfil longitudinal de vía, dando la oportunidad de realizar el diseño de las curvas verticales. Y cuenta con una herramienta para el cálculo del diagrama de masas de todo el tramo diseñado. Debido a que no todos los criterios del Green book concuerdan con los del manual de diseño geométrico peruano, se corroboraran manualmente algunos parámetros.

#### **5.1.1 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO OBTENIDOS**

En base a las condicionantes se ha determinado los parámetros y elementos geométricos de diseño, considerados como referenciales, en todo caso se rigen los de mayor exigencia que se establezcan de la aplicación de los manuales de diseño indicados.

La velocidad de diseño estará determinada por el tipo de equipo de transporte, sus características particulares que determinan la velocidad máxima posible en cada instancia, bajando cargado, viajando cargado en plano o subiendo una rampa. Dicha velocidad, además del equipo está determinada también por la geometría y las consideraciones propias de seguridad asociadas a la vía.

### 5.1.2 ESTIMACIÓN DEL IMDA ACTUAL

Los procedimientos de campo estuvieron a cargo de encuestadores, coordinados por los especialistas de tráfico que verificaron las encuestas, anotando cualquier dato excepcional. Se realizó una estricta supervisión con el objetivo de verificar que la información alzada se registrase según los métodos y procedimientos establecidos y para solucionar posibles problemas durante la operación de campo.

El Conteo y Clasificación Vehicular de tráfico se realizó en 1 estación durante las 24 horas diarias por una semana.

Las Encuestas Origen Destino se realizaron en 1 estación.

Ilustración 6: Ubicación de Estaciones de Control



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Red Vial Nacional Longitudinal PE-3N

Se contrató a un técnico para la realización del conteo. Luego, se planificó la realización del conteo de una semana. El conteo fue iniciado el día 18 y finalizando 24 de mayo del año 2018. Para el conteo se tomó en cuenta los siguientes tipos de vehículos:

- Automóviles

- Camionetas
- Combi
- Microbús
- Camiones de 2 Ejes
- Camiones de 3 Ejes

No se tomaron en cuenta otros tipos de vehículos, puesto que no se encuentran disponibles en la zona de estudio. En la **Tabla 19** Se muestra un resumen de la cantidad de promedio de vehículos de la semana y el Índice Medio Diario Semanal (IMDS). Las tablas detalladas de conteo son presentadas en el apartado de **ANEXOS. (Véase ANEXO 1)**.

**Tabla 19 Resumen De conteo en la estación de San Pedro de Cumbaza**

IMDS ESTACIÓN DE SAN PEDRO DE CUMBAZA	
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD
AUTOMÓVILES	147
CAMIONETAS	79
COMBI	8
MICROBUS	1
CAMIÓN DE 2 EJES	10
CAMIÓN DE 3 EJES	1
<b>TOTAL</b>	<b>246</b>

**Elaboración Propia**

Para realizar la proyección del IMDA se debe multiplicar el IMDS por un factor de corrección estacional (FC), proveniente de la Unidad de Peaje más cercana a la zona de estudio. En este caso, La estación más cercana se encuentra en Corcona. En la **Tabla 20** Se muestran los valores del FC según el mes cuando fue tomado el IMDS.

**Tabla 20 Valores del Factor de Corrección Estacional en los diferentes meses del año**

ESTIMACION DE FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL										ESTACION	CORCONA
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1.178276	1.138916	1.11324	1.051469	1.033499	0.926456	0.937374	0.94295	0.968301	0.971935	0.928181	0.938618
1.100681	0.996518	1.015998	1.076312	1.055468	0.988711	0.990681	0.96417	0.961954	0.980645	0.944552	0.987785

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo anterior, el valor de FC a utilizar es **0.94295** que será redondeado a **0.943**, para evitar colocar decimales innecesarios. Cabe resaltar que los valores presentados en la **Tabla 20** Eran vigentes hasta el año 2010, sin embargo, no se espera que esto afecte significativamente a la corrección.

$$IMDA = IMDS * FC$$

$$232 = 246 * 0.943$$

Luego de realizar la corrección se obtuvo un IMDA igual a 232 vehículos/día. Con este valor de IMDA se puede realizar la proyección para iniciar con el diseño.

### 5.1.3 PROYECCIÓN PARA IMDA DE DISEÑO

Para la estimación de la tasa de crecimiento, se tomó en cuenta los criterios mostrados en el capítulo 5 (proyección de demanda) del plan Intermodal de transportes del Perú. Y los valores de los cuadros del apéndice 5.4 del mismo documento.

**Tabla 21 IMDA Resumen del Tramo**

CÓDIGO	INICIO	FIN	IMDA
E1	Pte. Cumbaza (Km.000)	San Pedro de Cumbaza (Km. 10+000)	232

Fuente: Elaboración propia

La Tabla siguiente, contienen el resumen del volumen clasificado diario de la estación de control vehicular.

Tabla 22 IMDA Morales- San Pedro de Cumbaza

GRUPO DE VEHICULOS	TIPO DE VEHICULOS	DIRECCION			% DEL I.M.D.A.
		PTE CUMBAZA - SAN PEDRO	SAN PEDRO - PTE - CUMBAZA	AMBOS	
LIGEROS	AUTO	65	74	138	59.84%
	CAMT	36	39	74	32.08%
	COMBI	3	4	7	3.09%
	MICROB	1	1	1	0.52%
OMNIBUS	BUS 2E	-	0	0	0.06%
	BUS 3E	-	-	-	0.00%
	BUS 4E	-	-	-	0.00%
CAMIONES	C2E	5	5	9	4.05%
	C3E	0	1	1	0.30%
	C4E	-	-	-	0.00%
ARTICULADOS	2S1	-	0	0	0.06%
	2S2	-	-	-	0.00%
	2S3	-	-	-	0.00%
	3S1/3S2	-	-	-	0.00%
	3S3	-	-	-	0.00%
	2T2	-	-	-	0.00%
	2T3	-	-	-	0.00%
	3T2	-	-	-	0.00%
3T3	-	-	-	0.00%	
TOTAL		109	122	231	100%

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los valores de la **Figura 2-3** El IMDA de Diseño sería el calculado para el año 2029; el cual es igual a 366 vehículos/día. Según el Manual de Diseño Geométrico: DG-2018, al tener un IMDA menor a 400 vehículos/día esta vía está clasificada como de **tercera clase**.

#### 5.1.4 PUNTOS CRÍTICOS

##### a) Sectores con Radios Menores a las establecidas por la norma:

El tramo en estudio, para la velocidad considerada presenta problemas desde el punto de vista Geométrico, por lo cual se recomienda mejorar las siguientes curvas horizontales para mejorar el tránsito de vehículos mayores:

**Tabla 23: Cuadro de radios menores de los establecidos por la norma**

N° PI	R	PC	Peralte (%)	sobreebancho	Cond.
14	20	1+496.61	4	0	No cumple
16	12	1+559.13	4	0	No cumple
18	16	1+652.96	4	0	No cumple
22	12	1+916.77	4	0	No cumple
23	12	1+933.59	4	0	No cumple
29	14	2+506.81	4	0	No cumple
30	18	2+538.47	4	0	No cumple
103	20	9+404.07	4	0	No cumple
106	12	9+441.02	4	0	No cumple
114	10	9+756.24	4	0	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

### **Geometría existente**

A lo largo de la carretera, el ancho de la calzada es de 5.00 m y bermas de 0.25, en las curvas no cuenta con sobreebancho teniendo como máximo peralte de 4% y un bombeo de 2.5%.

Tabla 24: Cuadro de deficiencias de diseño geométrico

DEFICIENCIAS GEOMETRICAS DEL TRAMO ACTUAL						
C N°	Long. min (m)	Radio (m)	PC	PI	PT	
0				0+000		
1	2.13	100	0+002.13	0+002.13	0+020.80	No cumple
2	9.00	130	0+029.80	0+044.07	0+058.22	No cumple
3	48.87	75	0+107.09	0+119.52	0+131.72	Si cumple
4	63.98	30	0+195.70	0+206.83	0+217.01	Si cumple
5	82.26	160	0+299.27	0+346.56	0+391.24	Si cumple
6	64.60	200	0+455.84	0+477.14	0+498.27	Si cumple
7	104.52	200	0+602.79	0+626.89	0+650.75	Si cumple
8	44.43	1000	0+695.18	0+722.09	0+748.98	Si cumple
9	41.54	400	0+790.52	0+811.15	0+831.75	No cumple
10	41.82	600	0+873.57	0+885.90	0+898.24	No cumple
11	72.74	400	0+970.98	1+008.26	1+045.42	Si cumple
12	105.76	35	1+151.18	1+176.60	1+195.15	Si cumple
13	226.030	40	1+421.18	1+436.29	1+450.08	Si cumple
14	44.00	20	1+480.61	1+496.61	1+507.60	No cumple
15	19.14	200	1+526.74	1+534.76	1+542.78	No cumple
16	16.35	12	1+559.13	1+581.24	1+584.89	No cumple
17	52.50	50	1+590.14	1+606.70	1+622.12	Si cumple
18	30.84	16	1+652.96	1+742.85	1+697.59	No cumple
19	46.80	55	1+702.27	1+722.36	1+740.38	Si cumple
20	32.46	300	1+772.84	1+785.72	1+798.58	No cumple
21	52.15	100	1+850.73	1+866.14	1+881.32	Si cumple
22	35.45	12	1+916.77	1+926.68	1+933.34	No cumple
23	0.25	12	1+933.59	1+948.08	1+954.69	No cumple
24	6.15	150	1+960.84	2+008.49	2+053.12	No cumple
25	53.63	60	2+106.75	2+119.58	2+132.03	Si cumple
26	20.03	260	2+152.06	2+223.07	2+290.70	No cumple
27	34.12	200	2+324.82	2+338.59	2+352.30	No cumple
28	27.29	600	2+380.29	2+405.52	2+430.73	No cumple
29	76.08	14	2+506.81	2+523.07	2+530.89	No cumple
30	7.58	18	2+538.47	2+545.02	2+551.04	No cumple
31	7.41	200	2+558.45	2+571.04	2+583.61	No cumple
32	175.24	350	2+758.85	2+847.70	2+932.88	Si cumple
33	34.94	70	2+967.82	2+997.51	3+023.98	No cumple
34	39.10	400	3+063.08	3+100.79	3+138.28	No cumple
35	27.03	150	3+165.31	3+183.66	3+201.84	No cumple
36	13.98	250	3+215.82	3+268.88	3+320.39	No cumple
37	33.32	200	3+353.71	3+390.49	3+426.46	No cumple
38	54.21	700	3+480.67	3+500.85	3+521.02	Si cumple
39	57.94	280	3+578.96	3+639.94	3+699.04	Si cumple
40	101.61	700	3+800.65	3+886.26	3+971.02	Si cumple

Elaboración Propia

**Tabla 25: Deficiencias Geométricas del tramo actual**

DEFICIENCIAS GEOMETRICAS DEL TRAMO ACTUAL						
C N°	Long. min (m)	Radio (m)	PC	PI	PT.	
41	49.32	70	4+020.34	4+043.51	4+065.09	Si cumple
42	19.19	250	4+084.28	4+128.92	4+172.63	No cumple
43	49.68	500	4+222.31	4+237.27	4+252.21	Si cumple
44	31.85	300	4+284.06	4+312.15	4+340.06	No cumple
45	20.71	450	4+360.77	4+405.83	4+450.60	No cumple
46	211.59	500	4+662.19	4+677.47	4+692.74	Si cumple
47	35.84	270	4+728.58	4+778.46	4+827.22	No cumple
48	38.37	160	4+865.59	4+903.36	4+939.78	No cumple
49	5.22	300	4+960.15	4+991.31	5+022.26	No cumple
50	78.79	130	5+101.05	5+141.21	5+141.28	Si cumple
51	148.26			5+289.54		Si cumple
52	86.25	160	5+375.79	5+407.09	5+437.60	Si cumple
53	32.26	380	5+469.86	5+527.08	5+583.44	No cumple
54	14.45	400	5+597.89	5+636.24	5+674.36	No cumple
55	65.61	70	5+739.97	5+750.85	5+761.56	Si cumple
56	23.49	60	5+785.05	5+821.07	5+849.93	No cumple
57	39.47	49	5+889.40	5+930.33	5+957.60	No cumple
58	0.93	74	5+958.53	5+991.04	6+019.80	No cumple
59	8.96	300	6+028.76	6+042.71	6+056.44	No cumple
60	25.78	100	6+082.22	6+103.57	6+124.29	No cumple
61	42.61	800	6+166.90	6+221.04	6+275.02	Si cumple
62	74.38	250	6+349.40	6+360.39	6+371.36	Si cumple
63	8.55	250	6+379.91	6+399.45	6+418.91	No cumple
64	148.60	2000	6+567.51	6+614.14	6+660.75	Si cumple
65	0.83	70	6+661.58	6+670.61	6+679.54	No cumple
66	35.19	150	6+714.73	6+771.45	6+796.90	No cumple
67	61.79	58	6+741.33	6+771.45	6+796.90	Si cumple
68	35.60	75	6+832.50	6+885.94	6+925.37	No cumple
69	51.65	600	6+977.02	6+998.45	7+019.87	Si cumple
70	11.71	450	7+031.58	7+069.16	7+106.57	No cumple
71	32.38	250	7+138.95	7+152.96	7+166.93	No cumple
72	18.64	200	7+185.57	7+200.31	7+215.00	No cumple
73	19.47	300	7+234.47	7+246.17	7+257.86	No cumple
74	36.59	25	7+294.45	7+309.16	7+321.04	No cumple
75	20.30	400	7+341.34	7+351.63	7+361.93	No cumple
76	14.98	1000	7+376.91	7+389.46	7+402.01	No cumple
77	55.08	65	7+457.09	7+519.30	7+556.34	No cumple
78	22.35	80	7+578.69	7+600.23	7+620.77	No cumple
79	28.31	58	7+649.08	7+692.60	7+723.76	No cumple
80	10.14	300	7+733.90	7+1748.68	7+763.44	Si cumple

**Elaboración Propia**

**Tabla 26: Deficiencias Geométricas del tramo actual**

DEFICIENCIAS GEOMETRICAS DEL TRAMO ACTUAL						
C N°	Long. min (m)	Radio (m)	PC	PI	PT.	
81	33.23	100	7+796.67	7+809.22	7+821.64	No cumple
82	23.86	100	7+845.50	7+863.80	7+881.71	No cumple
83	7.79	70	7+889.50	7+920.39	7+947.68	No cumple
84	92.46	300	8+040.14	8+071.95	8+103.52	Si cumple
85	42.00	200	8+145.52	8+155.27	8+165.01	Si cumple
86	13.79	200	8+178.80	8+188.30	8+197.78	No cumple
87	60.03	140	8+257.81	8+292.51	8+325.84	Si cumple
88	24.63	250	8+350.47	8+361.59	8+372.70	No cumple
89	40.42	120	8+413.12	8+433.01	8+452.54	No cumple
90	33.43	300	8+485.97	8+503.21	8+520.42	Si cumple
91	21.21	70	8+541.63	8+562.47	8+582.15	Si cumple
92	32.46	150	8+614.61	8+641.93	8+668.65	Si cumple
93	11.26	44	8+679.91	8+715.44	8+739.70	No cumple
94	14.03	90	8+753.73	8+778.25	8+801.61	No cumple
95	7.95	120	8+809.56	8+829.27	8+848.63	No cumple
96	52.11	58	8+900.74	8+946.05	8+977.67	Si cumple
97	23.93	200	9+001.60	9+013.17	9+024.73	No cumple
98	19.29	35	9+044.02	9+063.49	9+079.56	No cumple
99	39.37	100	9+118.93	9+127.72	9+136.46	No cumple
100	9.58	130	9+146.04	9+170.16	9+193.72	No cumple
101	18.14	300	9+211.86	9+222.48	9+233.08	No cumple
102	44.97	110	9+278.05	9+324.18	9+365.41	Si cumple
103	38.66	20	9+404.07	9+417.17	9+427.26	No cumple
104				9+427.26		Si cumple
105				9+441.02		No cumple
106		12	9+441.02	9+449.53	9+455.83	No cumple
107	7.63	60	9+463.46	9+470.96	9+478.39	Si cumple
108	5.10	120	9+483.49	9+497.73	9+511.83	No cumple
109				9+511.83		Si cumple
110				9+511.81		No cumple
111		200	9+511.81	9+520.01	9+528.24	No cumple
112	13.76	35	9+542.00	9+559.72	9+574.81	No cumple
113	98.33	120	9+673.14	9+703.78	9+733.14	Si cumple
114	23.10	10	9+756.24	9+763.95	9+769.38	No cumple
				10+000		No cumple

Elaboración Propia

### 5.1.5 Datos de diseño

**Tabla 27: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos**

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Dia)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
0	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
1	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
2	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
3	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
4	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
5	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
6	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
7	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
8	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
9	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
10	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
11	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
12	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
13	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
14	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
15	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
16	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
17	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00

Elaboración Propia

**Tabla 28: Diseño de Datos – Longitud Mínima**

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3*V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
0										
1		84							8.33	11.18
2									8.33	11.70
3									8.33	8.73
4									8.33	64.06
5									8.33	13.46
6									8.33	47.50
7									8.33	21.29
8	42			135.71			90.00	91.90	8.33	
9		84.00			84.13					14.11
10		84.00			192.86		90.00	92.82	8.33	
11	42			45.74						13.82
12									8.33	26.68
13					5.96				8.33	20.33
14	42			178.31					8.33	19.35
15		84.00			7.19				8.33	18.51
16	42			225.03					8.33	15.23
17									8.33	22.47

Elaboración Propia

**Tabla 29: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos**

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Día)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
18	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	50.00	2.50	12.00
19	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
20	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
21	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
22	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
23	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
24	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
25	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
26	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
27	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
28	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
29	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
30	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
31	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
32	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
33	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
34	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
35	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00

Elaboración Propia

**Tabla 30: Datos de Diseño – Longitud Mínima**

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3°V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
18									8.33	18.08
19									11.11	13.16
20									11.11	19.25
21									11.11	13.48
22									11.11	13.55
23									11.11	14.66
24									11.11	12.93
25	56			178.73			120	127.25		
26	56			121.95			120	122.37		
27	56			61.27					11.11	12.76
28									11.11	14.46
29									11.11	14.25
30									11.11	12.98
31	56			312.21			120	62.70		
32	56			66.40					11.11	16.98
33									11.11	14.07
34	56			95.76			120	80.35		
35	56			193.08					11.11	14.94

**Elaboración Propia**

**Cuadro 1: Datos de Diseño – Longitud Mínima**

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3°V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
36									11.11	24.52
37									11.11	22.60
38									11.11	67.29
39									11.11	53.32
40		111.00			4.30				11.11	43.50
41	56			61.37					11.11	14.72
42									11.11	19.40
43									11.11	90.50
44									11.11	16.62
45									11.11	16.97
46									11.11	49.68
47	56			100.47			120	121.82		
48		111.00			135.45				11.11	23.27
49									11.11	59.91
50									11.11	13.49
51									11.11	38.32
52									11.11	111.90
53									11.11	12.07

Elaboración Propia

**Tabla 31: Datos de Diseño – Parámetros Mínimos**

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Día)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
36	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	50.00	2.50	12.00
37	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
38	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
39	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
40	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
41	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
42	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
43	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
44	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
45	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
46	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
47	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
48	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
49	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
50	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
51	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
52	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
53	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00

Elaboración Propia

**Tabla 32: Datos de Diseño – Parámetros Mínimos**

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Día)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
54	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	50.00	2.50	12.00
55	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
56	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
57	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
58	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
59	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
60	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
61	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
62	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
63	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
64	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
65	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
66	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
67	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
68	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
69	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
70	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
71	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00

Elaboración Propia

**Tabla 33: Datos de Diseño – Longitudes Mínimas**

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3°V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
54									11.11	35.40
55									11.11	15.76
56									11.11	13.85
57									11.11	63.69
58									11.11	26.23
59				61.37					11.11	35.21
60									11.11	30.05
61									11.11	14.77
62									11.11	37.20
63									11.11	48.73
64									11.11	20.95
65	56			119.68			120.00	30.52		
66	56			22.75					11.11	16.35
67	56			61.57			120.00			
68	56			46.35			120.00			
69	56			45.72			120.00			
70	56			57.13			120.00			
71	56	111.00			78.29		120.00			

Elaboración Propia



## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

El trabajo realizado, tuvo como objetivo principal realizar la mejora del diseño geométrico del tramo MORALES - SAN PEDRO DE CUMBAZA, como parte del trabajo se busca que el nivel de servicio del tramo sea adecuado para el usuario.

Según el DG-2018, esta se clasificaría como **Carretera de Tercera Clase**, lo cual en el transcurso del trabajo simplifiqué cálculos y fórmulas para el diseño. Además, se encontró que el tipo de vehículo más común es el **automóvil** y el tipo más crítico es **el bus de 2 ejes** (con este vehículo se diseñó la vía). A pesar de la existencia de vehículos de carga de 2 ejes, sus dimensiones eran menores que la de los vehículos de 2 ejes.

De acuerdo al manual DG-2018 se eligió una velocidad de diseño de **30 y 40 Km/h**, este parámetro se definía según la topografía del terreno (accidentada) y el Índice Medio Diario Anual de la vía (carretera tercera clase). Además de la velocidad de diseño, con estos datos se halló la pendiente máxima de la vía, el máximo peralte en curvas, longitudes mínimas y máximas de las tangentes, el radio mínimo de curva y longitud mínima de curvas verticales convexas. Todos estos parámetros fueron tomados en cuenta al momento de realizar la fase del diseño geométrico de la carretera.

- a) Se realizó el estudio de tráfico para el cálculo del IMDA teniendo en cuenta el factor económico puesto que es una vía por la cual aún no transitan vehículos de alto tonelaje, 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 25.00 m, pendiente máxima de 10%.

- c)** El peralte máximo para curvas horizontales es igual a 12%, índices de curvatura de 0.60 y 2.10 para curvas verticales convexa y cóncava respectivamente.
- d)** El radio mínimo que se considero es de 25 m.
- e)** Índice Medio Diario Anual de la vía (carretera tercera clase). Además de la velocidad de diseño, con estos datos se halló la pendiente máxima de la vía, el máximo peralte en curvas, longitudes mínimas y máximas de las tangentes, el radio mínimo de curva y longitud mínima de curvas verticales convexas. Todos estos parámetros fueron tomados en cuenta al momento de realizar la fase del diseño geométrico de la carretera.
- f)** A partir del presente estudio se recomienda, para futuras investigaciones profundizar en el tema sobre la evaluación de características geométricas y su efecto en la seguridad vial.
- g)** Profundizar en futuras investigaciones la evaluación de las características geometrías respecto a los parámetros de pendientes máximas excepcionales respecto a la longitud de un tramo establecidos en el manual DG-2018.
- h)** El análisis económico refleja la viabilidad del proyecto, es por eso que estos nuevos parámetros de sección transversal son menores a los parámetros mínimos que tiene el Manual DG-2018, por ende, se refleja un ahorro en tiempo y costo en la construcción de la carretera.
- i)** La topografía es muy importante en todo tipo de construcciones civiles, por ende, es relevante hacer un estudio de la zona para la proyección de un diseño geométrico, así como también los otros estudios básicos que influyen en la propuesta indicada durante toda la investigación.
- j)** Para un correcto y óptimo trabajo de campo es recomendable realizar los estudios en una estación seca y aprovechar las condiciones climáticas para que este tipo de trabajo no tome demasiado tiempo.

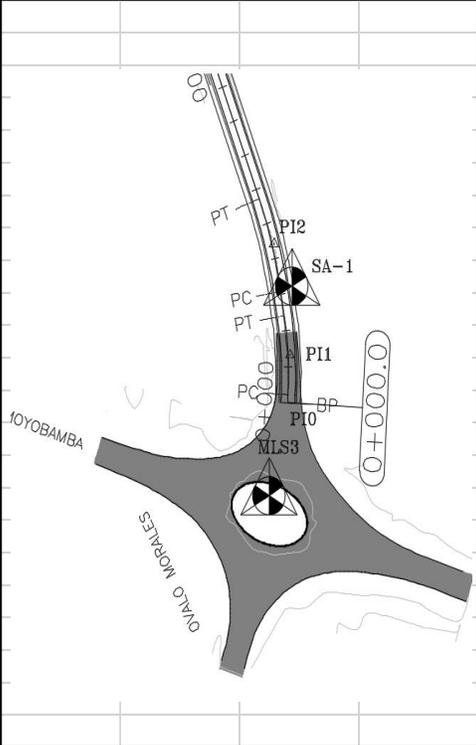
## CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

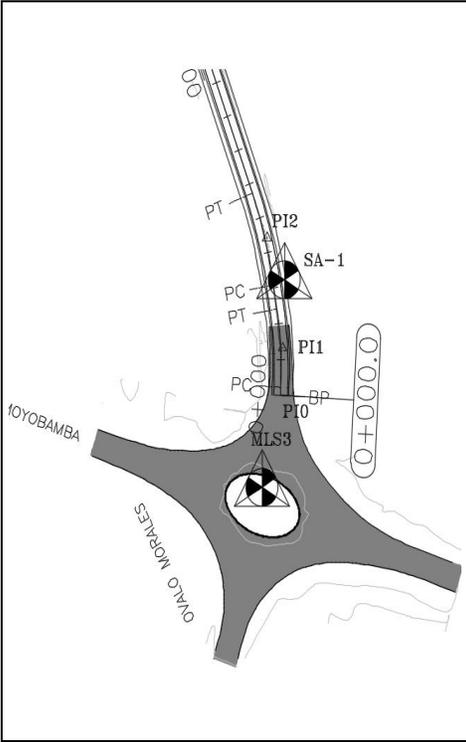
- BARRERA ARDILA, LM. (2012). Parámetros de Seguridad Vial Para el Diseño Geométrico de Carreteras. Universidad Pontificia Bolivariana – Bucaramanga, Colombia.
- CÁRDENAS, James 2015 Diseño Geométrico de Carreteras. Primera Edición. Lima: Macro EIRL.
- CORREA SALDAÑA, KY. (2017). Tesis “Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajamarca - Gavilán (km 173 - km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013”.
- Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural Del Ministerio del Ambiente (Perú). “Inventario y evaluación del patrimonio.
- GRISALES CÁRDENAS, J. (2000). Diseño Geométrico de Vías. 320 pp.
- GUERRA, Carlos. (1997) Carreteras, Ferrocarriles, Canales. Manual de Proyectos. IPID. Tercera edición. Lima Perú.
- J. Agudelo, “Diseño geométrico de vías,” Textos Univ., pp. XVII, 409 p. ST-Diseño geométrico de vías, 2012.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018)”. Lima. Octubre 2014.
- Ministerio de Transporte y comunicaciones (Perú). “Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje”. Lima. 2013.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). “Plan Intermodal de Transportes del Perú”. [Informe Final-Parte 2]. Lima. 2005.
- OCHOA PINEDA, EJ. (2009). Estudio de los Criterios de Diseño Geométrico de las Intersecciones a Nivel Según AASHTO. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

# CAPÍTULO VIII: ANEXOS

## Ficha técnica de control 1

FICHA TECNICA PUNTOS DE CONTROL GPS		CODIGO MLS3		
<b>1. DATOS GENERALES</b>				
OBRA:	PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA MORALES – SAN PEDRO DE CUMBAZA”			
TRAMO:	Tramo: (Pte. Cumbaza) – San Pedro de Cumbaza			
TESISTA:	<b>D.P.C.P.</b>			
				<b>fecha: 15/07/2018</b>
<b>2. UBICACIÓN</b>				
Itinerario:				
Descripción del hito:				
Hito de concreto de 30x30x40 cm existente del Proyecto				
Ubicado en el ovalo del distrito de Morales.				
<b>Croquis:</b>		<b>Fotografía:</b>		
				
<b>3. DATOS TÉCNICOS:</b>				
		Norte	Este	Altura Geoidal
COORDENADAS	WGS-84	9284039.753	346162.5784	284.225
U.T.M				

Ficha técnica de control 2

<p><b>FICHA TECNICA</b> <b>PUNTOS DE CONTROL GPS</b></p>		<p><b>CODIGO</b></p>															
<p><b>1. DATOS GENERALES</b></p> <p>PROPUESTA: DE DISEÑO                  OBRA: GEOMETRIC                  TRAMO: Tramo: (Pte. Cumbaza) – San Pedro de Cumbaza                  TESISTA: <b>D.P.C.P.</b></p> <p style="text-align: right;"><b>fecha: 15/07/2018</b></p>																	
<p><b>2. UBICACIÓN</b></p> <p>Itinerario:                  Descripción del hito:                  Hito de concreto de 30x30x40 cm existente del Proyecto                  Ubicado al lado derecho de la vía aprox. Km: 00+020.000</p>																	
<p><b>Croquis:</b></p> 	<p><b>Fotografía:</b></p> 																
<p><b>3. DATOS TÉCNICOS:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 20%;">Norte</th> <th style="width: 20%;">Este</th> <th style="width: 30%;">Altura Geoidal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>COORDENADAS</td> <td>WGS-84</td> <td>9284097.26</td> <td>346169.884</td> <td>283.451</td> </tr> <tr> <td>U.T.M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Norte	Este	Altura Geoidal	COORDENADAS	WGS-84	9284097.26	346169.884	283.451	U.T.M				
		Norte	Este	Altura Geoidal													
COORDENADAS	WGS-84	9284097.26	346169.884	283.451													
U.T.M																	

Ficha técnica de control 3

FICHA TECNICA  
PUNTOS DE CONTROL GPS

CODIGO  
SA-144

1. DATOS GENERALES

OBRA: PROPUESTA DE MEJORA DE DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA MORALES – SAN PEDRO DE CUMBAZA”  
 TRAMO: Tramo: (Pte. Cumbaza) – San Pedro de Cumbaza .  
 TESISTA: **D.P.C.P.**

fecha: 15/07/2018

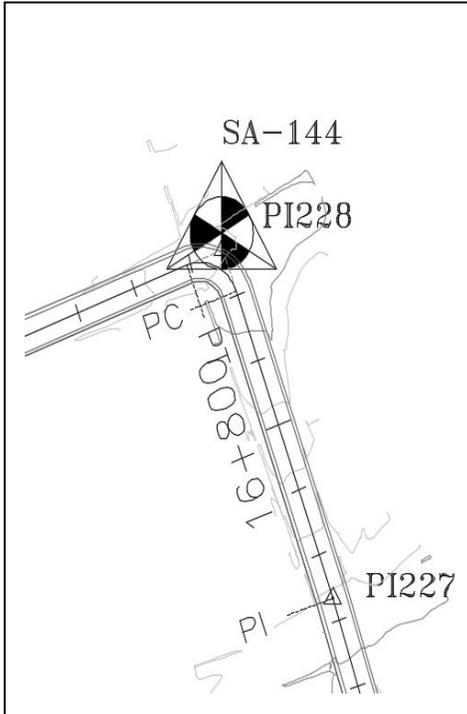
2. UBICACIÓN

Itinerario:

Descripción del hito:

Hito de concreto de radio 30 cm existente del Proyecto  
 Ubicado al lado izquierda de la vía - km 16+825.000

Croquis:



Fotografía:



3. DATOS TÉCNICOS:

		Norte	Este	Altura Geoidal
COORDENADAS	WGS-84	9293934.043	341137.2827	424.419
U.T.M				

**Ficha técnica de control 4**

**FICHA TECNICA  
PUNTOS DE CONTROL GPS**

**CODIGO  
SA-145**

**1. DATOS GENERALES**

**OBRA:** PROPUESTA DE MEJORA DE DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA MORALES – SAN PEDRO DE CUMBAZA

**TRAMO:** Tramo: (Pte. Cumbaza) – San Pedro de Cumbaza

**TESISTA:** **D.P.C.P.**

**fecha:** 15/07/2018

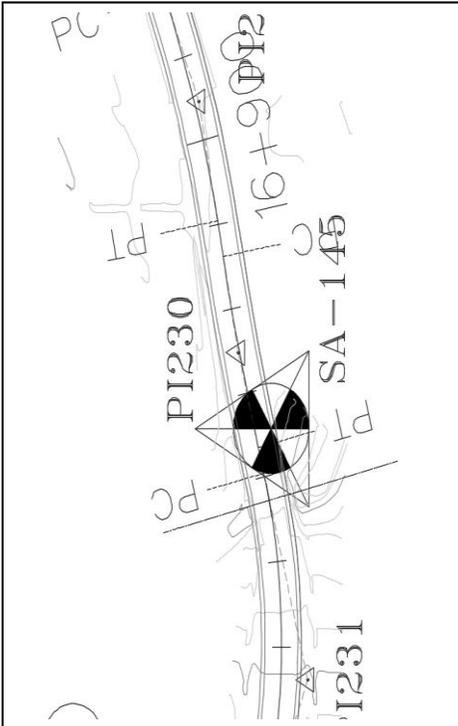
**2. UBICACIÓN**

Itinerario:

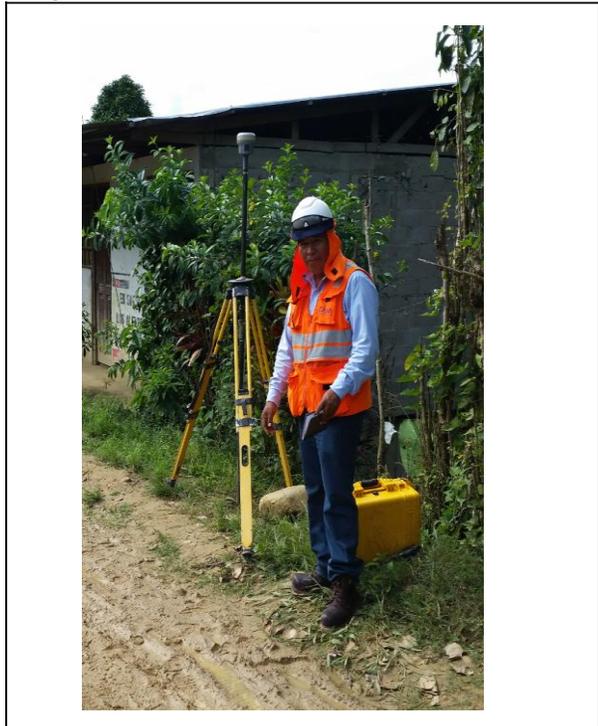
Descripción del hito:

Hito de concreto de radio 30 cm existente del Proyecto  
Ubicado al lado izquierdo de la vía - km 16+935.000

**Croquis:**



**Fotografía:**



**3. DATOS TÉCNICOS:**

		Norte	Este	Altura Geoidal
<b>COORDENADAS</b>	<b>WGS-84</b>	9293896.284	341032.8905	425.049
<b>U.T.M</b>				

**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS DE DISEÑO 1**

PI N°	S	Delta	Radio	Tang	Lc	Ext.	PI	TE	PC	PT	ET	Le1(m)	Le2(m)	%	SA(m)	NORTE	ESTE
0	I	00° 00' 00"	0.000	0.000	0.000	0.000	00+000.000		00+000.000	00+000.000				0.00	0.00	9,284,065.209	346,168.560
1	I	27° 45' 19"	85.000	5.596	11.176	2.556	00+043.636	00+007.542	00+037.542	00+048.718	00+078.718	30.00	30.00	3.10	1.00	9,284,108.828	346,169.762
2	D	23° 53' 34"	100.000	5.857	11.701	2.214	00+115.720	00+079.494	00+109.494	00+121.194	00+151.194	30.00	30.00	2.90	0.80	9,284,174.426	346,137.517
3	D	40° 20' 42"	55.000	4.373	8.729	3.594	00+210.980	00+175.561	00+205.561	00+214.290	00+244.290	30.00	30.00	3.60	1.40	9,284,270.361	346,133.690
4	D	33° 40' 54"	160.000	32.463	64.057	7.169	00+349.057	00+285.559	00+315.559	00+379.616	00+409.616	30.00	30.00	2.50	0.60	9,284,380.738	346,220.115
5	D	12° 27' 02"	200.000	6.733	13.460	1.186	00+485.754	00+448.920	00+478.920	00+492.380	00+522.380	30.00	30.00	2.30	0.50	9,284,424.483	346,352.721
6	D	11° 06' 05"	400.000	23.780	47.503	1.884	00+630.152	00+576.270	00+606.270	00+653.773	00+683.773	30.00	30.00	2.00	0.00	9,284,439.114	346,496.584
7	D	04° 11' 53"	700.000	10.646	21.290	0.470	00+814.863	00+774.204	00+804.204	00+825.494	00+855.494	30.00	30.00	2.00	0.00	9,284,422.045	346,680.766
8	I	11° 42' 04"	450.000	46.111	91.901	2.356	01+007.318		00+961.207	01+053.107				2.00	0.00	9,284,390.301	346,870.611
9	I	72° 13' 02"	35.000	7.155	14.115	8.322	01+178.451	01+137.236	01+167.236	01+181.351	01+211.351	30.00	30.00	4.00	2.00	9,284,396.908	347,041.939
10	I	10° 14' 16"	520.000	46.582	92.916	2.082	01+420.790		01+374.208	01+467.124				2.00	0.00	9,284,638.359	347,109.237
11	D	127° 55' 26"	25.000	7.090	13.817	31.952	01+590.416	01+512.860	01+554.860	01+568.677	01+610.677	42.00	42.00	12.00	2.80	9,284,807.497	347,125.037
12	I	109° 16' 19"	25.000	14.768	26.679	18.195	01+671.028	01+611.245	01+653.245	01+679.924		42.00		12.00	2.80	9,284,712.987	347,225.467
13	I	94° 43' 33"	25.000	10.766	20.332	11.908	01+713.033		01+685.881	01+706.213	01+748.213		42.00	12.00	2.80	9,284,775.419	347,253.248
14	D	92° 29' 06"	25.000	10.191	19.354	11.148	01+934.139	01+884.519	01+926.519	01+945.873		42.00		12.00	2.80	9,284,853.509	347,029.791
15	D	90° 32' 35"	25.000	9.701	18.507	10.524	01+978.297		01+953.059	01+971.566	02+013.566		42.00	12.00	2.80	9,284,907.876	347,051.478
16	I	21° 35' 42"	120.000	7.625	15.229	2.163	02+234.534	02+196.596	02+226.596	02+241.825	02+271.825	30.00	30.00	5.10	0.70	9,284,805.609	347,300.948
17	I	147° 45' 33"	25.000	12.059	22.472	65.039	02+602.150	02+485.217	02+527.217	02+549.689	02+591.689	42.00	42.00	12.00	2.80	9,284,801.139	347,669.185

Elaboración Propia

**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS DE DISEÑO 2**

PI N°	S	Delta	Radio	Tang	Lc	Ext.	PI	TE	PC	PT	ET	Le1(m)	Le2(m)	%	SA(m)	NORTE	ESTE
18	I	09° 10' 58"	300.000	9.043	18.080	0.966	02+761.234	02+722.133	02+752.133	02+770.213	02+800.213	30.00	30.00	2.20	0.40	9,284,956.899	347,428.751
19	I	20° 36' 23"	120.000	6.586	13.158	1.967	02+878.444	02+841.581	02+871.581	02+884.739	02+914.739	30.00	30.00	6.00	0.80	9,285,004.160	347,321.359
20	D	47° 02' 01"	60.000	9.710	19.253	5.435	02+998.266	02+956.916	02+986.916	03+006.169	03+036.169	30.00	30.00	7.80	1.40	9,285,010.770	347,201.150
21	I	09° 57' 55"	250.000	6.743	13.482	0.948	03+098.775	03+061.968	03+091.968	03+105.450	03+135.450	30.00	30.00	4.00	0.50	9,285,090.615	347,134.580
22	I	12° 28' 37"	200.000	6.779	13.553	1.191	03+184.571	03+147.691	03+177.691	03+191.243	03+221.243	30.00	30.00	4.60	0.50	9,285,146.096	347,068.963
23	D	21° 19' 25"	120.000	7.339	14.660	2.108	03+283.300	03+245.658	03+275.658	03+290.318	03+320.318	30.00	30.00	6.00	0.80	9,285,192.146	346,981.396
24	I	18° 55' 17"	130.000	6.471	12.932	1.793	03+391.256	03+354.552	03+384.552	03+397.483	03+427.483	30.00	30.00	5.80	0.80	9,285,274.170	346,910.250
25	D	26° 02' 18"	280.000	64.742	127.248	7.387	03+640.954		03+576.212	03+703.460				3.60	0.40	9,285,399.790	346,693.900
26	I	14° 01' 23"	500.000	61.494	122.374	3.767	03+886.905		03+825.411	03+947.785				2.20	0.00	9,285,605.980	346,555.760
27	D	34° 59' 59"	70.000	6.398	12.760	3.397	04+046.268	04+009.051	04+039.051	04+051.811	04+081.811	30.00	30.00	7.60	1.20	9,285,713.349	346,437.166
28	I	21° 13' 36"	120.000	7.237	14.457	2.089	04+149.960	04+112.423	04+142.423	04+156.880	04+186.880	30.00	30.00	6.00	0.80	9,285,816.078	346,413.744
29	D	12° 40' 32"	200.000	7.126	14.246	1.230	04+323.677	04+286.445	04+316.445	04+330.691	04+360.691	30.00	30.00	4.60	0.50	9,285,960.487	346,316.080
30	D	06° 12' 28"	300.000	6.489	12.976	0.771	04+422.652	04+386.120	04+416.120	04+429.095	04+459.095	30.00	30.00	3.40	0.40	9,286,052.844	346,279.895
31	I	23° 56' 53"	150.000	31.812	62.696	3.336	04+773.119		04+741.306	04+804.002				5.40	0.70	9,286,394.155	346,199.920
32	D	26° 54' 57"	100.000	8.509	16.977	2.823	04+909.415	04+870.406	04+900.406	04+917.383	04+947.383	30.00	30.00	6.60	0.90	9,286,503.552	346,117.077
33	I	12° 37' 26"	200.000	7.036	14.066	1.220	05+002.844	04+965.704	04+995.704	05+009.769	05+039.769	30.00	30.00	4.60	0.50	9,286,596.523	346,100.316
34	D	35° 24' 41"	130.000	41.503	80.346	6.464	05+147.028		05+105.525	05+185.871				5.80	0.80	9,286,729.590	346,044.262
35	I	25° 44' 50"	100.000	7.483	14.938	2.578	05+416.883	05+378.953	05+408.953	05+423.891	05+453.891	30.00	30.00	6.60	0.90	9,286,995.574	346,103.560

Elaboración Propia

**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS DE DISEÑO 3**

PI N°	S	Delta	Radio	Tang	Lc	Ext.	PI	TE	PC	PT	ET	Le1(m)	Le2(m)	%	SA(m)	NORTE	ESTE
36	D	15° 37' 04"	200.000	12.273	24.516	1.872	05+498.662	05+456.211	05+486.211	05+510.727	05+540.727	30.00	30.00	4.60	0.50	9,287,076.095	346,084.705
37	D	15° 04' 06"	200.000	11.311	22.599	1.742	05+610.474	05+569.000	05+599.000	05+621.599	05+651.599	30.00	30.00	4.60	0.50	9,287,188.192	346,089.478
38	D	79° 38' 13"	70.000	36.503	67.295	21.137	05+816.647	05+742.864	05+772.864	05+840.159	05+870.159	30.00	30.00	7.60	1.20	9,287,385.149	346,151.604
39	I	78° 16' 28"	50.000	29.503	53.307	14.463	05+937.710	05+881.458	05+911.458	05+964.766		30.00		8.00	1.60	9,287,367.573	346,291.841
40	I	51° 34' 00"	65.000	22.600	43.501	7.187	06+000.461		05+969.062	06+012.563	06+042.563		30.00	7.70	1.30	9,287,439.851	346,316.543
41	D	22° 16' 46"	115.000	7.369	14.718	2.208	06+111.634	06+073.934	06+103.934	06+118.651	06+148.651	30.00	30.00	6.20	0.80	9,287,537.235	346,254.030
42	I	05° 39' 39"	500.000	9.702	19.401	0.611	06+200.081	06+160.357	06+190.357	06+209.758	06+239.758	30.00	30.00	2.20	0.00	9,287,624.896	346,237.912
43	I	06° 09' 53"	1120.000	45.277	90.504	1.623	06+413.440	06+338.127	06+368.127	06+458.632	06+488.632	30.00	30.00	2.00	0.00	9,287,829.953	346,178.806
44	D	08° 54' 12"	300.000	8.311	16.618	0.908	06+672.223	06+633.859	06+663.859	06+680.477	06+710.477	30.00	30.00	3.40	0.40	9,288,069.589	346,080.799
45	D	48° 56' 06"	55.000	8.555	16.974	5.427	06+776.171	06+735.871	06+765.871	06+782.845	06+812.845	30.00	30.00	7.90	1.50	9,288,170.840	346,056.789
46	I	70° 14' 01"	65.000	26.123	49.678	14.464	06+893.683	06+832.594	06+862.594	06+912.271	06+942.271	30.00	30.00	7.70	1.30	9,288,269.343	346,127.296
47	D	07° 45' 20"	900.000	61.005	121.823	2.065	07+073.744		07+012.740	07+134.562				2.00	0.00	9,288,427.774	346,017.843
48	D	61° 02' 32"	50.000	11.849	23.270	8.042	07+314.884	07+270.011	07+300.011	07+323.281	07+353.281	30.00	30.00	8.00	1.60	9,288,643.020	345,908.720
49	I	85° 51' 26"	60.000	32.719	59.910	21.945	07+519.832	07+448.471	07+478.471	07+538.381	07+568.381	30.00	30.00	7.80	1.40	9,288,817.970	346,027.432
50	D	29° 18' 47"	85.000	6.758	13.487	2.859	07+606.405	07+569.075	07+599.075	07+612.561	07+642.561	30.00	30.00	7.10	1.10	9,288,885.766	345,941.591
51	I	78° 17' 17"	50.000	20.156	38.319	14.469	07+698.980	07+642.719	07+672.719	07+711.038	07+741.038	30.00	30.00	8.00	1.60	9,288,972.450	345,905.889
52	D	81° 18' 16"	100.000	62.627	111.903	31.808	07+910.336	07+809.157	07+839.157	07+951.060	07+981.060	30.00	30.00	6.60	0.90	9,288,930.673	345,684.231
53	D	10° 02' 34"	240.000	6.035	12.067	0.925	08+079.959	08+043.860	08+073.860	08+085.927	08+115.927	30.00	30.00	4.10	0.50	9,289,119.427	345,617.874

Elaboración Propia

**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS DE DISEÑO 4**

PI N°	S	Delta	Radio	Tang	Lc	Ext.	PI	TE	PC	PT	ET	Le1(m)	Le2(m)	%	SA(m)	NORTE	ESTE
54	I	31° 13' 28"	120.000	17.828	35.396	4.597	08+309.466	08+260.854	08+290.854	08+326.250	08+356.250	30.00	30.00	6.00	0.80	9,289,346.030	345,580.659
55	I	21° 50' 57"	120.000	7.892	15.761	2.215	08+442.415	08+404.200	08+434.200	08+449.961	08+479.961	30.00	30.00	6.00	0.80	9,289,448.436	345,493.038
56	I	38° 39' 14"	65.000	6.952	13.852	3.882	08+565.279	08+527.307	08+557.307	08+571.158	08+601.158	30.00	30.00	7.70	1.30	9,289,505.668	345,383.563
57	D	97° 36' 07"	55.000	35.956	63.691	28.501	08+720.586	08+642.018	08+672.018	08+735.709	08+765.709	30.00	30.00	7.90	1.50	9,289,475.489	345,229.083
58	I	46° 01' 28"	70.000	13.270	26.230	6.052	08+813.732	08+768.797	08+798.797	08+825.026	08+855.026	30.00	30.00	7.60	1.20	9,289,601.849	345,221.461
59	I	74° 43' 43"	50.000	18.372	35.213	12.909	08+955.048	08+901.343	08+931.343	08+966.556	08+996.556	30.00	30.00	8.00	1.60	9,289,696.036	345,111.273
60	D	68° 48' 32"	50.000	15.493	30.047	10.601	09+080.734	09+031.025	09+061.025	09+091.072	09+121.072	30.00	30.00	8.00	1.60	9,289,618.524	344,997.241
61	I	13° 30' 05"	190.000	7.390	14.772	1.326	09+185.157	09+147.647	09+177.647	09+192.419	09+222.419	30.00	30.00	4.80	0.60	9,289,683.146	344,903.578
62	I	48° 07' 30"	80.000	18.940	37.195	7.614	09+336.948	09+286.034	09+316.034	09+353.229	09+383.229	30.00	30.00	7.20	1.10	9,289,737.886	344,761.733
63	D	150° 21' 23"	30.000	31.647	48.726	87.273	09+523.009	09+390.081	09+420.081	09+468.807	09+498.807	30.00	30.00	4.80	2.50	9,289,651.245	344,591.858
64	I	58° 23' 09"	50.000	10.632	20.951	7.275	09+566.339	09+523.030	09+553.030	09+573.981	09+603.981	30.00	30.00	8.00	1.60	9,289,818.726	344,702.014
65	D	31° 47' 22"	55.000	15.662	30.516	2.186	09+709.318		09+693.656	09+724.172				7.90	1.50	9,289,953.388	344,639.071
66	I	78° 23' 22"	20.000	8.671	16.363	5.806	09+768.922	09+746.922	09+757.922	09+774.285	09+785.285	11.00	11.00	3.20	3.70	9,290,013.382	344,646.158
67	D	00° 24' 53"	0.000	0.000	0.000	0.000	09+835.856		09+835.856	09+835.856				0.00	0.00	9,290,036.227	344,577.277
68	I	00° 09' 47"	0.000	0.000	0.000	0.000	09+882.206		09+882.206	09+882.206				0.00	0.00	9,290,051.135	344,533.391
69	D	00° 24' 20"	0.000	0.000	0.000	0.000	09+927.925		09+927.925	09+927.925				0.00	0.00	9,290,065.718	344,490.059
70	I	00° 36' 15"	0.000	0.000	0.000	0.000	09+985.058		09+985.058	09+985.058				0.00	0.00	9,290,084.323	344,436.041
71	I	00° 00' 00"	0.000	0.000	0.000	0.000	10+063.351		10+063.351	10+063.351				0.00	0.00	9,290,109.038	344,361.751

Elaboración Propio

