



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa,  
distrito de Lucma, Gran Chimú – La Libertad

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

VASQUEZ RAMIREZ, Mayume Elizabeth (ORCID: 0000-0002-8294-2565)

VILLEGAS ALVARADO, Benji Brian (ORCID: 0000-0003-2295-5548)

**ASESOR:**

Mg. HORNA ARAUJO, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

VASQUEZ RAMIREZ MAYUME ELIZABETH

Con tanta felicidad, cariño y amor dedico este proyecto de tesis: a los mejores padres que Dios me pudo dar Domingo Vásquez Cueva y Estela Ramírez Cruz, este logro es suyo, porque me brindaron todo el amor del mundo, valores y principios, que me ayudaron a mi formación y a terminar este gran logro, a mis hermanos, a un ángel que desde el cielo me protege y me da fuerzas a seguir, gracias a todos por ser parte de este gran logro.

VILLEGAS ALVARADO BENJI BRIAN

El resultado de este proyecto de tesis va dedicado a mi madre; Isabel Alvarado García y a mi nana: Mercedes Girón Girón, por su apoyo incondicional para realizarme como profesional con principios y valores propios de ellas, los cuales me han fortalecido durante mi formación.

A Dios por brindarme ese apoyo espiritual que hace que cumpla con mis objetivos y metas propuestas; y por protegerme en cada momento. Y todos mis amigos y amigas que me apoyaron con un granito de arena en mi realización como profesional.

## **Agradecimiento**

VASQUEZ RAMIREZ MAYUME ELIZABETH

Por el logro de esta gran meta en primer lugar doy gracias a Dios por permitirme culminar todo este largo camino, a mis amados padres: Domingo Vásquez Cueva y Estela Ramírez Cruz, gracias por el apoyo incondicional, moral y económico, que sin ellos esto no hubiera sido posible, con su ejemplo y sus enseñanzas este logro se hizo realidad.

Gracias a una persona especial que estuvo en todo este tiempo a mi lado, en cada momento me incentivaba a seguir y seguir, gracias a sus conocimientos y ayuda incondicional, gracias a mis hermanos por el cariño y consejos, gracias a todos por formar parte de esta meta.

VILLEGAS ALVARADO BENJI BRIAN

Agradezco a Dios por permitirme finalizar mi formación profesional, a mi madre y nana: Alvarado García Isabel y Girón Girón Mercedes, gracias por su apoyo incondicional, que sin ellas no hubiera logrado llegar hasta esta recta final de mi carrera profesional. Gracias a mis hermanos por sus consejos, cariño y aliento que me brindan día a día.

Página del jurado

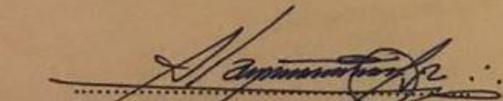
 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

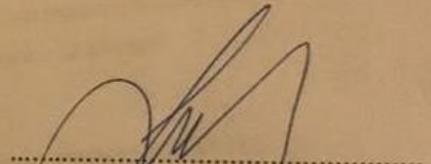
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a): VILLEGAS ALVARADO BENJI BRIAN cuyo título es:

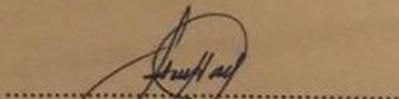
"DISEÑO DE LA CARRETERA LUCMA – ALTO TAMBILLO, CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, DISTRITO DE LUCMA, GRAN CHIMU – LA LIBERTAD"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ...15... (número) quince (letras).

Trujillo ..18..de..diciembre..del 20..19

  
.....  
Dr. Valdivieso Velarde Alan Yordan  
PRESIDENTE

  
.....  
Mg. Leopoldo Marcos Gutiérrez Vargas  
SECRETARIO

  
.....  
Mg. Horna Araujo Luis Alberto  
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Página del jurado

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código: F01-PP-FE-02.03
		Versión: 01
		Fecha: 10-06-2019
		Página: 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a): VASQUEZ RAMÍREZ MAYUMÉ ELIZABETH cuya título es:

"DISEÑO DE LA CARRETERA LUCMA – ALTO TAMBILLO, CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, DISTRITO DE LUCMA, GRAN CHIMU – LA LIBERTAD"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante otorgándole el calificativo de: 15 (número) quince (letras).

Tiempo 18 de diciembre del 2019

  
Dr. Valdelino Valverde  
PRESIDENTE

  
Mg Leopoldo Morales Gutiérrez Vargas  
SECRETARIO

  
Mg Norma Arcojo Luis Alberto  
VOCAL

Fecha:	Dirección de Investigación:	Área:	Representante de la Dirección y el Comité de Investigación y Control:	Aprobó:	Revisado:
--------	-----------------------------	-------	---	---------	-----------

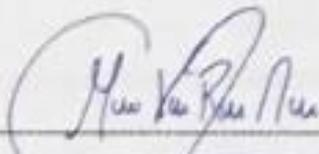
## Declaratoria de autenticidad

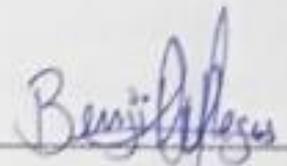
### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Benji Brian Villegas Alvarado y Mayume Elizabeth Vásquez Ramírez, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N°: 70239990, 47628805 respectivamente, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, diciembre del 2019

  
Vásquez Ramírez Mayume Elizabeth

  
Benji Brian Villegas Alvarado

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	vi
Índice .....	vii
Índice de cuadros .....	ix
Índice de figuras .....	xiii
Resumen .....	xv
Abstract .....	xvi
I INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Realidad problemática .....	1
1.1.1 Aspectos generales del área de estudio .....	2
1.2 Trabajos previos .....	5
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	9
1.3.1 Carretera .....	9
1.3.2 Criterios técnicos para el diseño de una carretera .....	10
1.4 Formulación del problema.....	14
1.5 Justificación del estudio .....	14
1.6 Hipótesis .....	15
1.7 Objetivos .....	15
1.7.2 Objetivos específicos .....	15
II. MÉTODO .....	15
2.1 Diseño de investigación .....	15
2.2 Variables, operacionalización .....	15
2.2.1 Variable .....	15
2.2.2 Definición conceptual.....	16
2.2.3 Definición Operacional.....	16
2.2.4 Operacionalización de la variable.....	16
2.3 Población y muestra .....	17
2.3.1 Población .....	17
2.3.2 Muestra .....	17
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	17
2.4.1 Técnicas .....	17
2.4.2 Instrumentos .....	17

2.5	Métodos de análisis de datos.....	18
2.6	Aspectos éticos.....	18
III.	RESULTADOS .....	19
3.1	Estudio topográfico.....	19
3.1.1	Generalidades .....	19
3.1.2	Ubicación.....	19
3.1.3	Reconocimiento de la Zona .....	20
3.1.4	Metodología de trabajo:.....	20
3.1.5	Procedimiento de la metodología .....	21
3.1.6	Trabajo de gabinete .....	22
3.2	Estudio de mecánica. de suelos y cantera. ....	23
3.2.1	Descripción del proyecto .....	23
3.2.2	Descripción de los trabajos.....	23
3.2.3	Estudio de cantera.....	28
3.3	Estudio hidrológico.....	30
3.3.1	Hidrología.....	30
3.3.2	Información Hidrometeorológica y Cartográfica .....	31
3.3.3	Hidráulica y drenaje.....	41
3.4	Diseño geométrico de la carretera.....	53
3.4.1	Clasificación de las carreteras .....	53
3.4.2	Estudio de tráfico.....	53
3.4.3	Parámetros básicos para el diseño .....	60
3.4.4	Diseño geométrico en planta .....	63
3.4.5	Diseño geométrico en perfil .....	66
3.4.6	Diseño geométrico de la sección transversal.....	69
3.4.7	Resumen y consideraciones de diseño en zona rural.....	71
3.4.8	Diseño del pavimento (Tratamiento superficial bicapa).....	71
3.4.9	Señalización.....	73
IV	DISCUSIÓN.....	75
V	CONCLUSIONES.....	77
VI	RECOMENDACIONES .....	78
VII	REFERENCIAS.....	79
VIII	ANEXOS.....	81
	Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	81
	Reporte turnitin .....	83
	Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV .....	84
	Autorización de la versión final del trabajo de investigación .....	86

## Índice de cuadros

Cuadro 01: Ubicación geográfica.....	2
Cuadro 02: Vías de acceso hacia los caseríos del proyecto.....	4
Cuadro 03: Operacionalización de la variable. ....	16
Cuadro 04: Coordenadas de la zona beneficiada.....	19
Cuadro 05: Coordenadas UTM de la poligonal de apoyo.....	21
Cuadro 06: Ubicación de Calicatas.....	24
Cuadro 07: Resumen de resultados de calicatas.....	27
Cuadro 08: Resultados de la clasificación mecánica de suelos.....	27
Cuadro 09: Detalle de cantera.....	28
Cuadro 10: Características de cantera.....	28
Cuadro 11: Estación pluviométrica de gran Chimú - Lucma.....	32
Cuadro 12: Registro de máximas precipitaciones en 24 horas.....	34
Cuadro 13: Análisis estadísticos de caudales máximos (HIDROESTA).....	36
Cuadro 14: Caudales máximo (HIDROESTA).....	36
Cuadro 15: Precipitaciones máximas: diferentes duraciones (D) y periodos (T).....	38
Cuadro 16: Datos para la regresión.....	38
Cuadro 17: Resultados de curvas intensidad _duración _ frecuencia.....	39
Cuadro 18: Cálculo de Periodo de retorno. (T) .....	40
Cuadro 19: Valores máximos de riesgo admisible de obras de drenaje. (MHHD) .....	40
Cuadro 20: Características de las microcuencas.....	42
Cuadro 21: Cálculo de caudales de cunetas.....	43
Cuadro 22: Dimensiones mínimas para cunetas.....	44
Cuadro 23: Tabla de rugosidad de Manning.....	44

Cuadro 24: Ubicación de alcantarillas de paso.....	45
Cuadro 25: Selección de la función distribución .....	46
Cuadro 26: Parámetros de diseño para hallar la intensidad máxima .....	46
Cuadro 27: Criterios de diseño.....	46
Cuadro 28: Tiempo de concentración.....	47
Cuadro 29: Caudal e intensidad máxima de diseño.....	47
Cuadro 30: Cálculo del caudal y diámetros de tuberías. ....	48
Cuadro 31: Cálculo de las velocidades con los diámetros adoptados.....	49
Cuadro 32: Cálculo del diámetro medio de los elementos de protección.....	49
Cuadro 33: Parámetros hidrológicos de aliviaderos.....	49
Cuadro 34: Cálculo del caudal hidrológico de aliviaderos.....	50
Cuadro 35: Cálculo hidráulico de alcantarillas de alivio .....	52
Cuadro 36: F <sub>Ce</sub> (estación de peaje Chicama).....	54
Cuadro 37: Resumen de conteo vehicular.....	55
Cuadro 38: IMDA de la estación en campo Lucma.....	56
Cuadro 39: IMDA actual por tipo de vehículo.....	57
Cuadro 40: Proyección de tráfico normal.....	57
Cuadro 41: Tráfico generado.....	58
Cuadro 42: Índice medio diario 2019 – 2030.....	58
Cuadro 43: Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.....	59
Cuadro 44: Relación de cargas por eje.....	59
Cuadro 45: Cálculo de ejes equivalentes (EE).....	60
Cuadro 46: Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño (EE día-carril).....	60
Cuadro 47: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.....	60
Cuadro 48: Velocidad directriz.....	61

Cuadro 49: Determinación de la fricción transversal máxima en curvas .....	61
Cuadro 50: Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos y valores límites de fricción.....	62
Cuadro 51: Ancho mínimos de calzada en tangente.....	62
Cuadro 52: Distancia de visibilidad de parada con pendientes .....	62
Cuadro 53: Distancia mínima de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles en dos sentidos.....	63
Cuadro 54: Longitudes en tramos en tangente .....	63
Cuadro 55: Longitud mínima de curva de transición .....	65
Cuadro 56: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de tercera clase.....	65
Cuadro 57: Longitud de Curvas de Transición de la Carretera Proyectada .....	65
Cuadro 58: Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado.....	66
Cuadro 59: Pendientes máximas según su velocidad de diseño .....	67
Cuadro 60: Valores del índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase.....	69
Cuadro 61: Valores del índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase.....	69
Cuadro 62: Ancho de berma .....	69
Cuadro 63: Valores del bombeo de la calzada .....	70
Cuadro 64: Valores de radio a partir de los no es necesario peralte .....	70
Cuadro 65: Valores de peralte máximo .....	70
Cuadro 66: Valores referenciales para taludes en corte; (*): Requerimiento de banquetes y/o estudio de estabilidad.....	71
Cuadro 67: Taludes referenciales en zonas de relleno .....	71
Cuadro 68: Cuadro Resumen de Consideraciones Geométricas .....	71
Cuadro 69: Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn en el carril de diseño. ....	71
Cuadro 70: Categorías de sub rasante .....	72

Cuadro 71: CBR de diseño al 95%.....	72
Cuadro 72: Valor relativo de soporte, CBR en base granular .....	72
Cuadro 73: Señalización vertical .....	74

## Índice de figuras

Figura 1: Ubicación del proyecto.....	3
Figura 2: Temperaturas máximas y mínimas.....	4
Figura 3: Desarrollo de la carretera.....	23
Figura 4: Número de ensayos de CBR.....	24
Figura 5: Ubicación Geográfica de la Estación de Lucma .....	31
Figura 6: Carta Lucma (16-f) Google Earth. ....	32
Figura 7: Diagrama de precipitación media mensual (mm). ....	33
Figura 8: Histograma de precipitación máxima en 24 horas.....	35
Figura 9: Distribución que mejor se ajusta, calculado en HIDROESTA. ....	37
Figura 10: Resumen de datos de la regresión en Excel.....	39
Figura 11: Curvas intensidad - duración - frecuencia: para lluvia máxima.....	40
Figura 12: Coeficiente de escorrentía. ....	41
Figura 13: Calculo hidráulico de cuneta.....	45
Figura 14: Valores de coeficientes de rugosidad (n) Manning.....	47
Figura 15: Diámetros y espesores de tuberías comerciales para alcantarilla.....	48
Figura 16: Cálculo hidráulico de la alcantarilla de alivio (36”) con mayor caudal hidrológico. ....	51
Figura 17: Conteo vehicular.....	55
Figura 18: Clasificación del vehículo de diseño.....	60
Figura 19: Determinación de peralte .....	61
Figura 20: Elementos de curva circular .....	64
Figura 21: Curva de vuelta.....	66
Figura 22: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas.....	68
Figura 23: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.....	68

Figura 24: Catálogo de estructura de pavimento flexible alternativa de superficie de rodadura..... 72

## Resumen

Esta tesis consiste en los estudios básicos relacionados a la ingeniería civil, consta como objetivo principal realizar el diseño de la carretera Lucma – Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa. Su metodología es descriptiva, y se emplea como método de recopilación de datos, ensayos de laboratorio y la observación in situ; asimismo se emplea como instrumentos, guías de observación, cuadros de tránsito vehicular, instrumentos de laboratorio, equipos de oficina y programas. A modo de resultado en el estudio topográfico se obtuvo una orografía accidentada tipo III con una pendiente longitudinal máxima del 8.00% y mínima de 1.87%. De acuerdo al estudio mecánica de suelos nos definió que es un suelo de arenas limosas arcillosas (SM-SC; según la clasificación SUCS – A-4, A-6, A-2-4; según la clasificación AASHTO) y con un CBR de la sub-rasante al 95% de 13.17 % de su máxima densidad seca; y un CBR de cantera al 100% de 124.00% de su máxima densidad seca. Del estudio hidrológico se determinó un caudal máximo de 0.147 m<sup>3</sup>/s para el diseño de cuentas triangulares de 0.50m x 0.30m;

14 alcantarillas de alivio de 36” de diámetro y 1 alcantarilla de paso 80” de diámetro. Del estudio geométrico se determinó una velocidad de diseño de 30 km/h, radios mínimos de 30 m y máximo de 250 m en curvas horizontales, pendientes entre 1.87% a 8.00%, pendientes transversales entre 51% y 100%, un ancho de calzada de 6m con un bombeo de 2.5%, una pendiente del 4% en bermas; una relación de talud en terraplenes de 1:1.5, una relación de talud de corte de 1:1.2, un IMDa de 74 veh/día en ambos sentidos y un volumen de repeticiones acumuladas de EE (8.2ton) de  $2.33 \times 10^5$ . Y finalmente, se obtuvo como diseño de pavimento una sub base de 20 cm, 25 cm de base y 5 cm de capa estructural con tratamiento superficial.

**Palabras Clave:** Diseño de carretera en sierra, tratamiento superficial bicapa, obras de drenaje.

## Abstract

This thesis consists of the basic studies related to civil engineering, the main objective is to carry out the design of the Lucma - Alto Tambillo road with bilayer surface treatment. Its methodology is descriptive, and is used as a method of data collection, laboratory tests and on-site observation; It is also used as instruments, observation guides, vehicle traffic tables, laboratory instruments, office equipment and programs. As a result of the topographic study, a rugged orography type III was obtained with a maximum longitudinal slope of 8.00% and a minimum of 1.87%. According to the mechanical study of soils we defined that it is a soil of silty clay sand (SM-SC; according to the SUCS classification - A-4, A-6, A-2-4; according to the AASHTO classification) and with a CBR of the sub-grade to 95 % of 13.17% of its maximum dry density; and a CBR of 100% quarry of 124.00% of its maximum dry density. A maximum flow rate of 0.147 m<sup>3</sup> / s was determined from the hydrological study for the design of triangular beads of 0.50m x 0.30m; 14 relief sewers 36" in diameter and 1 passage sewer 80" in diameter. From the geometric study a design speed of 30 km / h was determined, minimum radii of 30 m and maximum of 250 m in horizontal curves, slopes between 1.87% to 8.00%, transverse slopes between 51% and 100%, a roadway width of 6m with a pumping of 2.5%, a slope of 4% in berms; an embankment slope ratio of 1: 1.5, a cutter slope ratio of 1: 1.2, an IMDa of 74 vehicles / day in both directions and a cumulative repetition volume of EE (8.2ton) of 2.33x10<sup>5</sup>. And finally, a sub base of 20 cm, 25 cm of base and 5 cm of structural layer with surface treatment was obtained as a pavement design.

**Keywords:** Sierra road design, bilayer surface treatment, drainage works.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Realidad problemática**

Las carreteras son las infraestructuras de conectividad más importantes en nuestro país. Además de su objetivo principal de permitir el traslado de la población, son un activo utilizado tanto por el sector público como el privado para reducir gastos de transacción; sobre todo para los mercados regionales, que gracias a ellas consiguen mayor incorporación con los centros económicos de la costa. Así, en conjunto, la economía de un país aumenta siempre y cuando, sus carreteras sean diseñadas de manera eficiente y de calidad; caso contrario la deficiencia de carreteras produce un impacto negativo en la economía; como incremento de precios, baja competitividad en los productos, aumento en el costo de transporte entre otros.

El transporte juega un rol crucial para el desarrollo de los centros poblados, es un factor fundamental en la determinación de costos para los diferentes servicios y bienes que se comercializan en un mercado cada vez más competitivo e inestable. Su función en la industria es de suma importancia para el intercambio de materias primas, productos terminados para diversas industrias, insumos, etc.

El tramo que comprende el presente proyecto inicia por el distrito de Lucma hasta el cruce de Alto Tambillo de la provincia de Gran Chimú, están ubicados al norte de la sierra del departamento de La Libertad.

Su fuente de ingreso se basa en la actividad agropecuaria y artesanía de textiles; tales como: cultivo de tubérculos (papa y palto; productos que hacen destacar a este centro poblado y caseríos a nivel nacional por su delicioso sabor, tamaño y color); cereales (maíz y trigo amarillo duro); verduras y frutas (alfalfa, uva negra granadilla); con respecto a la actividad pecuaria los habitantes se dedican a la cría de ganado bovino, ovino, porcino, caprino y aves.

En el año 2019 la carretera de acceso entre estos pueblos presenta una superficie de rodadura en mal estado con un ancho de rodadura de 4.5 metros y se caracteriza por ser estrecha; así mismo presenta una topografía ondulada con pendientes y curvas que no cumplen con los requisitos establecidos por las normas vigentes del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Su sistema de drenaje es escaso, motivo por el cual, en épocas de lluvias, las precipitaciones discurren a lo largo de la superficie de rodadura causando erosión de forma pronunciada que afecta a las producciones agrícola. Además, no cuenta con una adecuada señalización que ayude a prevenir accidentes.

La carretera en estudio es muy transitada por vehículos pesados, ya que este tramo conecta a zonas mineras, además es muy transitada por sus habitantes y pobladores de las zonas aledañas; su condición actual dificulta la comercialización de productos agropecuarios, artesanal y ganadero que produce la zona; razón por la cual existen motivos suficientes para mejorar las condiciones técnicas de la carretera y así poder mejorar la calidad de vida de sus habitantes, por lo que decidimos realizar la investigación del diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran Chimú – La Libertad.

### 1.1.1 Aspectos generales del área de estudio

- Ubicación Política:

País : Perú  
 Región : La Libertad  
 Departamento : La Libertad  
 Provincia : Gran Chimú  
 Distrito : Lucma

- Ubicación Geográfica:

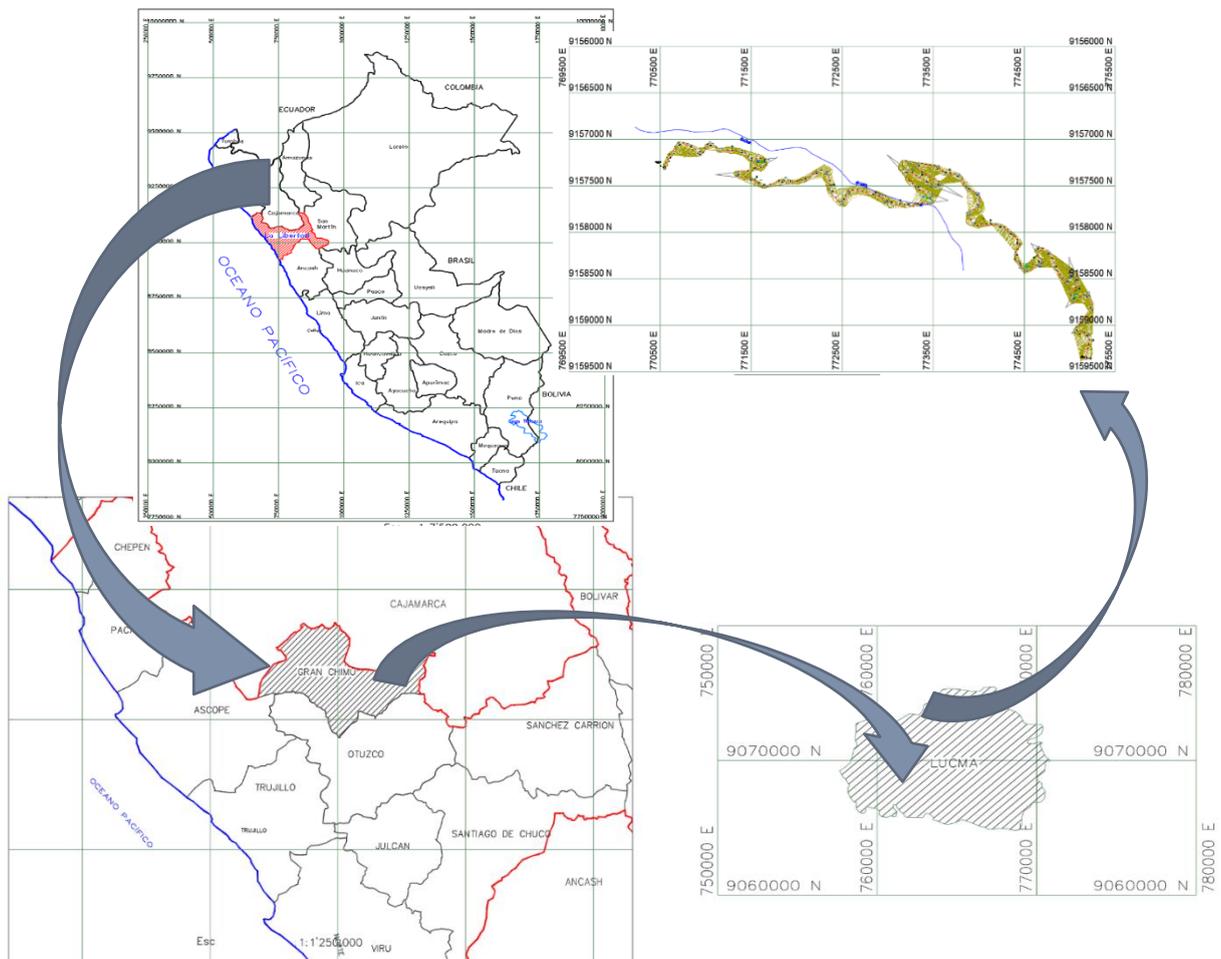
El proyecto se encuentra ubicado en la Provincia de Gran Chimú, distrito de Lucma hasta el cruce de Alto Tambillo.

Cuadro 01: Ubicación geográfica

DESCRIPCIÓN	TRAMO	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
LUCMA	Km 00 + 000.00	9154695.04	770549.41
ALTO TAMBILLO	Km 10 + 200.00	9152648.99	775178.5

Fuente: Elaboración propia

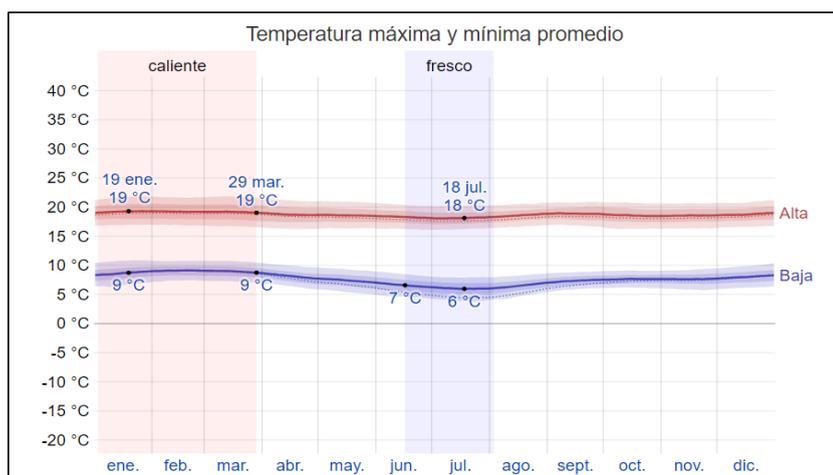
Figura 1: Ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia

- Límites:  
Norte: Cajamarca.  
Sur: Otuzco  
Este: Ascope  
Oeste: Sayapullo
- Clima:  
Según SENAMHI: Los veranos son cortos, cómodos y nublados, los inviernos son cortos, fríos, secos y mayormente despejados. Durante el año tiene una temperatura que varía de 6°C a 19°C y rara vez baja a menos de 4°C o sube a más de 22° C.

Figura 2: Temperaturas máximas y mínimas



Fuente: SENAMHI.

- Aspectos demográficos, sociales y económicos:

Los habitantes viven en la zona sierra, muchos de ellos son dueños de pequeñas porciones de terrenos que lo utilizan para sus sembríos, cría de ganado y otros.

Tiene una población : 5 407 (población 2017, INEI)

Tasa de crecimiento anual : 1.2%

Tasa de natalidad : 17.9

Tasa de mortalidad : 9.442

Esperanza de vida : 75 años

- Vías de acceso:

El proyecto se encuentra situado en la provincia de Gran Chimú, distrito de Lucma; entre Lucma y el Cruce Alto Tambillo.

Cuadro 02: Vías de acceso hacia los caseríos del proyecto

Tramo		Frecuencia	Tipo de vía	Medio de transporte	Duración de viaje (Min.)	Distancia (Km.)
Desde	Hasta					
Trujillo	Sausal	Diario	Asfaltada	Auto, Bus, Camión, Pick Up	65min.	58.80 km
Sausal	Chuquillanqui	Diario	Asfaltada	Auto, Bus, Camión, Pick Up	75min.	54.80 km
Chuquillanqui	Lucma	Diario	Trocha	Bus, Camión, Pick Up	61min.	29.40 km
					201min.	143 km

Fuente: Elaboración propia

- **Infraestructura de servicios:**  
En la zona del proyecto los pueblos cuentan con servicios de infraestructura como: alumbrado público, locales comunales, plazas o plazuela.  
El distrito de Lucma cuenta con veredas, muchas calles y pasajes están pavimentadas y otras sin pavimentar.
- **Servicios públicos existentes:**  
**Servicio de agua potable**  
En la actualidad en el distrito de Lucma cuenta con el servicio de agua potable; los caseríos de Lucma algunos carecen de agua potable. Las fuentes más cercanas de agua son de manantiales.  
**Servicio de alcantarillado**  
El distrito de Lucma dispone del servicio de disposición sanitaria de excretas; Sin embargo, algunos caseríos carecen de este servicio, los pobladores que viven a alejados del distrito de Lucma realizan sus deposiciones en lugares libres.  
**Servicio de energía eléctrica**  
Las viviendas del distrito de Lucma cuentan con alumbrado, el 100% de los pobladores cuentan con el servicio de energía eléctrica.
- **Otros servicios:**  
**Centro de salud**  
El distrito de Lucma cuenta con un centro de salud para los pobladores de Lucma y de Alto Tambillo, ahí son atendidos de cualquier dolencia que esté a disposición del centro de salud, mientras que cuando no hay solución lo llevan a la provincia de Otuzco para darle la atención debida.  
**Centro de educativos**  
El distrito de Lucma cuenta con institución educativa inicial, primaria, y secundaria, para la educación de los habitantes, así se desarrollen su conocimiento y cumplan con su derecho de educación.

## 1.2 Trabajos previos

**Suárez y Vera (2015)**, en su tesis “Estudio y diseño de la vía el Salado – Manantial de Guangala del Cantón Santa Elena”, tuvo como objetivo general, realizar el estudio y diseño de la vía el Salado – Manantial de Guangala del Cantón Santa Elena, utilizando las normativas y especificaciones del MTOP, la metodología AASHTO 93, para el respectivo diseño y las Normas Ecuatorianas Viales NEVI 2012 para la evaluación de la

vía en estudio. Realizó la extracción de 4 muestras diferentes a lo largo de la vía para su respectiva evaluación, en el estudio de mecánica de suelos, obtuvo como resultados: arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media (CL), gravas arcillosas (CG), limos inorgánicos, suelos arenosos finos (MH), gravas bien graduadas (GW), limos limpios, arenas finas limosas o arcillosas (ML), clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos “S.U.C.S”, con respecto al estudio vehicular, se realizó el conteo diario de vehículos durante una semana, obteniendo como resultado

940 vehículos considerados para ambos sentidos de circulación en un tiempo proyectado de 20 años. Según el MTOP, clasifica la vía en estudio como una carretera tipo III y su velocidad de diseño de 60 km/h, una distancia de seguridad entre dos vehículos de 16 m, una distancia de visibilidad de parada de 39 m, una distancia de visibilidad de adelantamiento o rebasamiento de 317,42 m. Respecto a su diseño geométrico obtuvo como resultados; un radio mínimo de 55 m y uno mayor de 135 m en curvas horizontales; una externa mínima de 0.75 m y un valor máximo de 9.69 m, un peralte en el alineamiento horizontal de 8%, un sobre ancho en curvas circulares de 0.86 m y un gradiente de 7%; y obtuvo finalmente una sección transversal típica compuesta por dos carriles de 3.35 m cada uno, bermas de 1 m con una pendiente de 4.5%, una relación de talud en terraplenes de 1:1.5; una relación de talud de corte de 1:1.2 y un peralte máximo del 12%.

Para el diseño del pavimento flexible, obtuvo como resultado un CBR promedio de 7.4%, para la carpeta de la sub base se utilizó material de préstamo extraído de la cantera del Río Salanguillo y una carpeta de material Clase I para la base. Finalmente concluyó que el diseño geométrico de la vía se realizó cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas y especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, por lo cual se diseñó una infraestructura vial que garantiza el correcto alineamiento horizontal y vertical. Para el correcto funcionamiento de la carretera se planteó en la progresiva 2+300 la colocación de una alcantarilla circular de hormigón de 12 m de longitud y una estructura de pavimento flexible formada por los siguientes espesores: 50 cm de sub-base, 22.5 cm de base y 7.5 cm de pavimento flexible.

**Cóndor (2016)**, en su tesis “Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera valle Yacus, provincia de Jauja – Región de Junín 2015”, tuvo como objetivo general determinar si la aplicación de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas; en la evaluación del estudio de mecánica de suelos tuvo como resultados: arenas limo-arcillosas (SM-SC), con

índice de plasticidad de 12.21%, limos inorgánicos (A-4), arcillas (A-7), con presencia de material orgánica, con un índice de plasticidad de 3.43% y 26.34% respectivamente; y con un CBR promedio de 8.86% al 95% de su máxima densidad seca. Referente al estudio de tráfico obtuvo un IMDa de 20 veh/día de entrada y salida; y un volumen de tráfico de 172,078 EE. Y finalmente tuvo como resultado una estructura de 20 cm de sub-base, 15 cm de base y 1.5 cm de espesor de emulsión asfáltica para el diseño de la superficie de rodadura.

**Molina (2014)**, en su tesis “Diseño en bicapa asfáltica de la carretera Yaurisque – Paruro, provincia de Paruro – Cusco KM 0 + 000 al 25 + 884”, tuvo como objetivo general realizar el diseño en bicapa asfáltica de la carretera Yaurisque – Paruro, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población beneficiaria y dar por concluido el tramo que uno los dos centros poblados mencionados en el título. Referente al estudio de tráfico obtuvo como resultado un IMDa de 549 veh/día y un volumen de tráfico de  $1.01 \times 10^5$  EE. Realizó la extracción de 5 muestras diferentes a lo largo de la carretera para su respectivo estudio de mecánica de suelo, en la C-1 determino un suelo con presencia de gravas limosas mezcladas con arenas limosas (GM) y grava mal graduadas mezcladas con arenas (GP), con un IP de 3.04%, un CBR de 14.65% al 95% de su máxima densidad seca; en la C-2 determino un suelo con presencia de grava arcillosa (GC) y arenas arcillosas (SC), con un IP de 7.40%, un CBR de 10.99% de su máxima densidad seca; en la C-3 determino un suelo con presencia de grava arcillosa (GC) y arenas arcillosas (SC), con un IP de 6.45%, un CBR de 18.70% de su máxima densidad seca; en la C-4 determino un suelo con presencia de grava arcillosa (GC), con un IP de 6.64%, un CBR de 16.42% de su máxima densidad seca y la C-5, determino un suelo con presencia de grava arcillosa (GC) y arenas arcillosas (SC), con un IP de 5.65% y un CBR de 12.60% de su máxima densidad seca. En su estudio hidrológico determino un caudal máximo de 0.215 m<sup>3</sup>/s para el diseño de cunetas triangulares de dimensiones 0.90 m de ancho por 0.30m de alto. Y finalmente concluyo que su carpeta de rodadura de dos capas de 3 cm la primera capa y 2 cm de espesor con tratamiento superficial, 15 cm de base granular y 15 cm de sub-base granular.

**Rodríguez (2017)**, en su tesis “Mejoramiento de la carretera Mochumi San Sebastián – sector Collique – fundo Dionisio – El Salitral (3.17KM) en distrito de Mochumi – Lambayeque”, tiene como objetivo general realizar el diseño de la carretera Mochumi – San Sebastián – Sector Collique – Fundo Dionisio – El Salitral (3.17km), del Distrito de

Mochumi, con el fin de brindar una mejor calidad socioeconómica de la zona, formada por una infraestructura adecuada que asegura la circulación fija del tráfico de los vehículos de transporte de carga, así mismo de los pasajeros en tiempo de lluvia. Como resultados se obtuvo los siguientes parámetros de diseño: Un camino vecinal de tránsito bajo, una velocidad directriz de 50 km/h, un radio mínimo de curvas horizontales de 70 m, longitud mínima de curvas verticales de 40 m, ancho superficie de rodadura de 4 m, un ancho de berma de 0.75 m, un bombeo de superficie de rodadura a nivel de afirmado de 2%, un peralte de curvas variables de 8% máximo, pendientes máximas de 10%, taludes de corte, suelos limo arcillosos de relación 1:1; taludes de relleno, suelos diversos compactados de relación 1:1.5 y se determinó el caudal hidrológico máximo de 0.187 m<sup>3</sup>/s para el diseño de cunetas de sección triangular de 0.20 m x 0.50 m y seis alcantarillas de paso TMC de 48” de diámetro. Se obtuvo un IMDa de entrada y salida de 199 veh/día y 191 veh/día respectivamente para una proyección de 20 años, con respecto al estudio de mecánica de suelos se realizó el análisis de 6 calicatas; y obtuvo como resultado en la C1-C6 (ML – limo de baja plasticidad); C2-C3-C4 (CL-ML – arcilla de baja plasticidad y limo de baja plasticidad); C5 (CL – arcilla de baja plasticidad), según la clasificación SUCS. Se concluyó finalmente los siguientes espesores de pavimento: un espesor de 15 cm de sub-base, 15 cm de base y una superficie de rodadura de 2” que cumple con las normas vigentes: sección suelos y pavimentos del manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” aprobado mediante R.D N° 05-2013-MTC/14, Manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito y el manual de diseño geométrico para carreteras DG-2001, aprobada por R.D N° 143-2001- MTC.

**Choctalin y Guevara (2017)**, en su tesis “Diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, distrito de Santo Tomas – provincia de Luya – Amazonas”, se propuso como objetivo general realizar el diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, distrito de Santo Tomas - provincia de Luya - Amazonas”, con la finalidad de proponer un diseño que cumplan con los parámetros establecidos por la normativa del manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” aprobado mediante R.D N° 05-2013- MTC/14, manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito y el manual de diseño geométrico para carreteras DG-2001, aprobada por R.D N° 143-2001- MTC. Según el estudio de mecánica de suelos la carretera presentó la siguiente estratigrafía; arcilla inorgánica de baja plasticidad (SC), arena arcillosa con limos (SC) y gravas de baja plasticidad (SM). Como resultados generales obtuvo los siguientes

parámetros de diseño: una topografía accidentada con una pendiente máxima del 10% y mínimas de 0.5%, un CBR de 11% de la sub rasante, velocidad directriz de 30 km/h, un radio mínimo de curvas horizontales de 50 m, longitud mínima de curvas verticales de 30 m, ancho superficie de rodadura de 4 m, un ancho de berma de 0.75 m, un bombeo de superficie de rodadura a nivel de afirmado de 2%, un peralte de curvas variables de 8% máximo. Se concluyó finalmente los siguientes espesores de pavimento: un espesor de 20 cm de sub-base, 15 cm de base y una superficie de rodadura de 2”.

**Miñano (2017)**, en su tesis “Diseño de la carretera cruce Huamanmarca – Loma Linda, distrito de Mache, provincia de Otuzco, departamento de La Libertad”, se tiene como objetivo principal que se planteo es: diseñar la carretera cruce Huamanmarca-Loma Linda-distrito de Mache-provincia de Otuzco departamento de La Libertad, para reducir el tiempo de transporte hacia sus centros de trabajo, estudios, centro médico, etc. Obtuvo como resultados del estudio de mecánica de suelos, a lo largo de la carretera el 60% pertenece a un suelo arcilloso y el otro restante pertenece a un suelo arcilloso. El contenido de humedad oscila entre el 21.54% al 40.06, el CBR al 100% oscila entre el 9.88% al 11.83%, con respecto a la topografía su trabajo de investigación presento una orografía de tipo III, con pendientes entre 1.52% a 7.52% y pendientes transversales entre el rango de 51% y 100%; una velocidad directriz de 30 km/h, un ancho de superficie de calzada de 6m y dimensiones de 1 m x 0.50 m de cunetas para ambos lados. Finalmente se concluyó una carpeta de rodadura con material de préstamo “GW” (Grava bien graduada) que cumple con los parámetros.

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1 Carretera

Es un camino para el tránsito de diferentes vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente transversal, pendiente longitudinal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (*Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018, p.258*)

Una carretera es un camino para el tránsito vehicular con la comodidad y seguridad de dicho proyecto. Su diseño está comprendido por un derecho de vía, que es una franja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la vía y los elementos

de diseño de la carretera como: calzada o también llamados carriles, bermas, taludes, sistema de drenajes, elementos complementarios, etc. Cumpliendo con las normas vigentes para su correcto diseño. (*Blázquez, 2011, p.75*)

a. Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con índice medio diario anual menores a 400 veh/día, con dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. Estas carreteras están constituidas por la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micropavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (*Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de carreteras: diseño geométrico, 2018, p.259*)

### 1.3.2 Criterios técnicos para el diseño de una carretera

#### 1.3.2.1 Estudio topográfico:

El estudio topográfico es el que se encarga de medir pequeñas extensiones de la superficie terrestre, mediante la ubicación de dos o más puntos sobre la corteza terrestre. El método a utilizar para la representación de la superficie terrestre dependerá de la extensión y finalidad del trabajo. (*Leonardo Casanova Mater, 2002*).

En la elaboración de un proyecto de ingeniería el estudio topográfico juega un rol muy importante, ya que este se puede realizar una vez que se tenga los datos topográficos que representan fielmente la morfología de un terreno sobre el cual se va a construir la obra, tal como se hace en los proyectos de carreteras, caminos, vías férreas, y todo tipo de obra de construcción.

#### 1.3.2.2 Estudio geométrico

El estudio geométrico de la vía permite realizar un trazo adecuado de la carretera, para el alineamiento horizontal y vertical, para lo cual es necesario conocer los requisitos exigidos por las normativas del MTC. (*Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de carreteras: diseño geométrico, 2018, p.256*)

#### 1.3.2.3 Estudio suelos

El EMS, también llamado estudio geotécnico, consiste en el análisis físico, mecánico y químico del suelo. Todas las estructuras como edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, canales o presas, deben cimentarse sobre la superficie del suelo.

El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en muchas zonas del mundo, el único material disponible localmente. Cuando el ingeniero emplea el suelo como material de construcción, debe seleccionar el tipo adecuado de suelo, así como el método de colocación y, luego, controlar su colocación en obra, es por ello que el EMS es uno de los estudios más importantes para la planificación, diseño y ejecución de un proyecto de construcción. (*Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2015,85*).

#### 1.3.2.4 Estudio hidrológico

El estudio hidrológico comprende en el cálculo de parámetros morfométricos a partir de diferentes metodologías.

Conocer las cuencas y sus características son requisitos importantes antes de ejecutar diferente tipo de obras.

La hidrología es importante para el desarrollo de nuevas obras de infraestructura vial o en obras de urbanización. Su objetivo principal es conocer la afección de las avenidas y el grado de inundación que puedan sufrir las zonas urbanas, zonas rurales y zonas industriales, por motivos de inundación y de seguridad de los habitantes. (*Julián Rojo Hernández, 2012, p.179*).

#### 1.3.2.5 Pavimentos

Un pavimento está formado por capas superpuestas, que son diseñadas y construidas de manera horizontal, que su diseño va a depender del periodo de diseño, las cargas producidas por el tráfico vehicular y las características físico- químicas de la sub rasante.

Los pavimentos se clasifican de la siguiente manera:

- Pavimentos flexibles o asfálticos: está conformado por una capa de material bituminoso o asfáltico, apoyado sobre dos capas granulares compactadas, denominadas base y sub base.
- Pavimentos semirrígidos o semiflexibles: está constituido por una carpeta rigidizada de manera artificial, mediante el uso de aditivos que en su mayoría de los casos son; emulsión asfáltica, enzimas, químicos, cal y cementos; y se utiliza para tráficos mayores a 1, 000,000 EE.

- Pavimentos rígidos: está conformado por una losa de concreto simple u armado, que está apoyada sobre una o dos capas de material granular, dependiente de los esfuerzos que estará expuesta.

#### 1.3.2.5.1 Materiales para pavimento

- Afirmado: Es una capa compuesta de material granular compactada ya sea natural o procesada que debe cumplir con los parámetros establecidos en la sección 301 de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras. (ver anexo 5).
- Subbase granular: material granular que debe cumplir con los parámetros establecidos en la sección 402 de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (ver anexo 6).
- Base granular: material granular que debe cumplir con los parámetros establecidos en la sección 403 de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (ver anexo 7).
- Pavimentos asfálticos en frío: en las capas asfálticas encontramos los tratamientos superficiales bicapa; que se usan para proveer una superficie económica, para cualquier tipo de clima, para un tráfico liviano a mediano; también provee una barrera impermeable que evita el ingreso de humedad a las capas inferiores; provee una superficie resistente al desplazamiento.

Se incluyen en la categoría de tratamiento superficial a los siguientes tipos:

- ✓ Riego o tratamiento anti polvo: se define como la aplicación de un ligante asfáltico sobre la superficie de una vía, con la finalidad de eliminar la polución del mismo y aumentar la transitabilidad de vehículos. Entre sus características encontramos que; protege la base de agentes atmosféricos, principalmente del agua, elimina el polvo de la superficie de rodadura, mejora la cohesión entre el recebo y la piedra, y es de bajo costo. El ligante más apropiado son las emulsiones asfálticas (CRL o CSE) que suelen diluirse en agua, y su dosificación va a depender del tipo y estado de la base.
- ✓ Sello negro: es la aplicación de un ligante bituminoso sobre un pavimento asfáltico antiguo con la finalidad de mejorar su impermeabilidad o rejuvenecer los que presentan síntomas de disgregación por desgaste. Los ligantes a emplear deben ser fluidos y de baja concentración, en su mayoría son emulsiones asfálticas de tipo quiebre lento en dilución (CRR o CRM). En general se recomienda su aplicación en forma diluida en agua de proporción 1:1 en cantidades que oscilan entre

0.45 a 1.00 litro por metro cuadrado de material diluido, que va a depender del estado y absorción que presenta la superficie.

- ✓ Riego de liga: es la aplicación de un ligante bituminoso sobre un pavimento asfáltico existente, buscando obtener una perfecta unión entre ambas capas. Se debe tener en cuenta la dosificación del ligante, porque su exceso produce exudación e, incluso, inestabilidad de las capas superiores. Las emulsiones asfálticas recomendables son la CRR, CRM o CRL; sin embargo, la aplicación de emulsiones fluidas de baja concentración de ligante y de rompimiento lento o rápido, de fácil aplicación en frío, son las más adecuadas.
- ✓ Riego de imprimación: es la aplicación de un asfalto líquido sobre una superficie con la capacidad de absorción, usualmente se utiliza para preparar la base no tratada donde se va a sobreponer la carpeta de asfalto. Entre sus propiedades debe destacar la baja viscosidad con la finalidad de su fácil aplicación y que penetre por capilaridad e impregne la superficie; además debe ser de curado medio para favorecer el proceso de penetración. Se recomienda que sobre bases granulares, con un cierto porcentaje de porosidad el empleo de emulsiones de rompimiento lento de tipo CRL o CSE diluida con agua hasta una concentración de ligante de 30-40%, para mejorar la penetración se recomienda un ligero riego con agua. En el caso que la superficie sea cerrada, se recomienda el uso de asfaltos cortados tipo MC-30, que por el elevado contenido y tipo de fluidificante penetrará por capilaridad en la base estabilizada.
- ✓ Lechada asfáltica, es la aplicación de agregados finos bien graduados como el filler mineral, emulsiones asfálticas de rompimiento lento y agua aplicada sobre un pavimento asfáltico como tratamiento superficial, con la finalidad de proporcionar un mejoramiento en la resistencia al desplazamiento e impermeabilización. Las emulsiones asfálticas recomendables para lechadas asfálticas son la CRL y CSE.
- ✓ Sello asfáltico: son tratamientos delgados utilizados para mejorar e impermeabilizar la textura superficial de un pavimento asfáltico. Después del riego del ligante se extiende una capa de arena, gravilla o polvo de roca. Su objetivo principal del uso de este ligante es de fijar los áridos superficiales impidiendo su desplazamiento bajo los efectos del tránsito y de proteger del envejecimiento de las capas inferiores. Las emulsiones asfálticas recomendables para este tipo de ligante son de rompimiento rápido (CRR).
- ✓ Membrana de curado: es un riego de curado con la aplicación de un ligante bituminoso sobre una base, tipo grava-cemento o suelo cemento, en donde al formarse una

película continua de ligante, se impide o retarda la evacuación de agua de la mezcla, lo que favorece el curado de la capa estabilizada, e impide la formación de posibles fisuras. Las emulsiones asfálticas recomendables son las de tipo CRL y CSE.

✓ Tratamiento superficial simple: es la aplicación uniformemente distribuida de ligante bituminoso seguido de una aplicación de árido de tamaño tan uniforme.

Tratamiento superficial doble: consiste en dos riegos alternados y uniformemente distribuidos de ligante bituminoso y árido sobre una superficie acondicionada previamente. El tamaño medio del árido de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. El espesor total es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del árido de la primera aplicación.

#### 1.4 Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de la carretera Lucma – Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa mejorará las condiciones de transitabilidad de la carretera?

#### 1.5 Justificación del estudio

**Justificación técnica:** Contar con una carretera que cumpla con los parámetros propuestos por la DG-2018 y el Manual de carreteras-suelos, geología, geotecnia y pavimentos, es de suma importancia ya que permite el desarrollo de actividad agrícola, ganadera, del sector salud y educación, es decir una mejora en la calidad de vida de los habitantes. Por ello el diseño de la carretera del tramo Lucma y Alto Tambillo, traerá un gran impacto positivo en la zona de estudio. **Justificación metodológica:** Se basa en cumplir los parámetros establecidos por las normas del MTC, para realizar un diseño geométrico factible, óptimo y sostenible. Así mismo realizar los estudios básicos de ingeniería tales como: levantamiento topográfico, EMS, estudio hidrológico e hidráulico; diseño geométrico y estructural del pavimento.

**Justificación teórica:** Esta investigación se basa en proponer un diseño geométrico y estructural eficiente, óptimo y sostenible con la finalidad de aportar con los beneficios socioeconómicos que ocasiona una carretera.

La inversión en vías de transporte es de suma importancia para el desarrollo de una zona, además de satisfacer la comercialización de productos agropecuarios, agrícolas, ganaderos y artesanales entre los pueblos aledaños o a diferentes partes del país.

**Justificación práctica:** El diseño de la carretera del tramo Lucma y alto Tambillo causará un impacto positivo en los habitantes y pobladores de las zonas aledañas que se dedican a

la producción de productos agropecuarios, ganaderos y artesanales; así mismo permitirá la reducción de costos y tiempo de transporte. Además, mejorará la calidad de vida y salud logrando un incremento en el desarrollo socioeconómico de la zona de estudio.

## 1.6 Hipótesis

El diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa mejora considerablemente las condiciones de transitabilidad.

## 1.7 Objetivos

### 1.7.1 Objetivo general

Realizar el diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa.

### 1.7.2 Objetivos específicos

- Realizar el estudio Topográfico.
- Realizar el estudio de Mecánica de Suelos.
- Elaborar el estudio hidrológico.
- Realizar el diseño Geométrico y estructural del pavimento.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de investigación

Tipo de investigación: Descriptivo

En la presente investigación, cuyo esquema citado por Hernández & Baptista (2010), es:

M -----> O

Dónde:

M: Representa la zona donde se efectuarán los estudios del proyecto y la población beneficiada.

O: Representa la información obtenida del proyecto.

### 2.2 Variables, operacionalización

#### 2.2.1 Variable

Diseño de la carretera Lucma – Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran Chimú – La Libertad.

### 2.2.2 Definición conceptual

El diseño de una vía sirve para la circulación de vehículos motorizados que tengan como mínimo dos ejes, tiene características geométricas, técnicas estructurales para su trazo, como: curvas de nivel, pendiente longitudinal, bombeo o pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura, etc. que estén bajo preceptos de reglamentos y normas técnicas vigentes del MTC.

### 2.2.3 Definición Operacional

El diseño de una carretera consiste en realizar estudios de ingeniería como: levantamiento topográfico del terreno, EMS, estudio hidrológico para el diseño de obras de arte, diseño geométrico y estructural del pavimento.

### 2.2.4 Operacionalización de la variable

Cuadro 03: Operacionalización de la variable.

VARIABLES	DIMENSIONES	DIFINICIÓN CONCEPTUAL	DIFINICIÓN OPERACIONAL	INDICACIONES	Unidad	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo, con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran Chimú – La Libertad	Levantamiento topográfico	Conjunto de trazos que definen un plano en especial (Querol, 2013)	Diferentes procedimientos para calcular, alturas, distancias y ángulos.	Distancia	(m)	Intervalo
				Área de estudio	(m <sup>2</sup> )	Intervalo
				Ángulos	(°, ', ")	Intervalo
				Elevación	(msnm)	Intervalo
	Estudio de mecánica de suelos	Análisis de la estructura de un terreno con la finalidad de conocer sus características físicas y mecánicas del suelo (Juárez 1973)	Métodos para obtener la extracción de muestras y ensayos de laboratorio	Granulometría	(%)	Razón
				Contenido de Humedad	(%)	
				Límites de Atterberg	(%)	
				Densidad Seca Máxima	(kg/m <sup>3</sup> )	
				CBR	(%)	
	Estudio hidrológico	Reconocimiento del recurso hídrico y su distribución a lo largo de la corteza terrestre (Chow, 1994)	Conjunto de fórmula empíricas con la finalidad de calcular los caudales máximos. y mínimos.	Precipitaciones	(mm)	Razón
				Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	
				Área de cuenca	(m <sup>2</sup> )	
	Diseño Geométrico y estructural	Técnica que consiste en realizar un trazo y diseño de una carretera bajo la aplicación de normativas establecidas por el MTC. (Ugarte, 2013)	Parámetros establecidos en la norma DG-2018 Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos	Radio mínimo	(m)	Razón
				Pendiente	(%)	Intervalo
				Peralte	(%)	Razón
Ancho de calzada				(m)		
Ancho de berma				(m)		
Velocidad de diseño				(km/h)		
Sub base				(cm)	Razón	
Base	(cm)					

Fuente: Elaboración propia.

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

La población será toda el área geográfica de estudio de la vía.

### 2.3.2 Muestra

La población será toda el área geográfica de estudio de la vía.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.4.1 Técnicas

Para este estudio se usará la técnica de la observación para:

- Exploración de la zona de estudio.
- Levantamiento Topográfico.
- EMS.
- Selección de información y estadística.
- Método de investigación y determinación de documentos técnicos.

### 2.4.2 Instrumentos

#### 2.4.2.1 Equipo Topográfico.

Eclímetro. GPS.

Estación Total. Prismas. Winchas.

#### 2.4.2.2 Equipos de Laboratorio de Mecánica de Suelos.

Tamices. Horno.

Balanza electrónica. Espátulas.

Bandejas.

#### 2.4.2.3 Equipo de Oficina.

Computadora. Impresora.

Cámara fotográfica.

#### 2.4.2.4 Fuentes.

Libros y tesis publicadas

Reglamento Nacional de Edificaciones

Manual de carreteras (DG, 2018)

#### 2.4.2.5 Informantes.

Municipalidad Distrital de Lucma.

Los habitantes del distrito de Lucma.

### 2.5 Métodos de análisis de datos

Para hacer el diseño de una carretera se usarán software como:

Civil 3D, nos servirá para hacer el cálculo y diseño de infraestructura; cuyas funciones principales son; importación de puntos realizados en el levantamiento topográfico, creación de superficie de terreno, generar ejes, línea rasante, reportes de volúmenes, creación del perfil longitudinal, creación de secciones transversales.

AutoCAD, se utilizará para diseños de planos como: plano en planta, estructuras, ubicación, cortes y elevaciones, detalles, etc. en 2d y 3d.

Microsoft Excel, se usará el Excel para simplificar los cálculos. Global mapper, se usa para modelar superficies.

Google earth, permite visualizar, explorar el mundo.

H Canales, es un programa que nos permite determinar características hidráulicas para diseñar canales, estructuras hidráulicas

Microsoft Word, sirve para escribir y procesar documentos que puede ser académico u profesional de manera sencilla.

### 2.6 Aspectos éticos

Este proyecto de investigación está elaborado bajo los valores éticos y morales, con empeño y dedicación, siempre salvaguardando el medio ambiente y usando criterios para la resolución de problemas en el campo de la Ingeniería, beneficiando así a los habitantes de interés común de los caseríos de Lucma y Alto Tambillo.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Estudio topográfico.

Consiste en realizar la descripción de un terreno en específico, es decir se realiza un escrutinio de una superficie, incluyendo todas las características naturales y construcciones hechas por el ser humano.

En un proyecto vial es necesario realizar la topografía de la vía, ya que nos permite conocer el relieve, distancias horizontales, áreas superficiales, orografía ángulos, elevaciones y direcciones.

##### 3.1.1 Generalidades

Para diseño de la vía con tratamiento superficial bicapa del tramo Lucma y Alto Tambillo, se realizó el estudio topográfico con la finalidad de representar geoméricamente la zona; además, con el procesamiento de los puntos topográficos se obtuvo la orografía de la zona.

Para obtener los puntos topográficos del terreno se utilizó un GPS navegador, una estación total y tres prismas.

##### 3.1.2 Ubicación

Departamento: La Libertad  
Provincia: Gran Chimú  
Distrito: Lucma  
Tramo: Lucma – Alto Tambillo

Se obtuvo los puntos del distrito de Lucma y el cruce de Alto Tambillo que el proyecto involucra; así como también los puntos de la franja de la vía.

Cuadro 04: Coordenadas de la zona beneficiada

PUNTOS	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m.
	ESTE	NORTE	
LUCMA (INICIO)	9154695.04	770549.41	2181.00 m.s.n.m
ALTO TAMBILLO (FINAL)	9152648.99	775178.50	2883.00 m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3 Reconocimiento de la Zona

La longitud de la carretera de estudio entre el distrito de Lucma y el cruce Alto Tambillo es de 10 + 200 km con un ancho de vía de 4.50 metros. La topografía de la trocha carrozable es accidentada con elevaciones entre los 2181 m.s.n.m – 2883 m.s.n.m.

El reconocimiento de la zona se realizó a pie, observándose a lo largo del tramo lo siguiente:

Un terreno accidentado características propias de la serranía peruana, con tramos de abundante vegetación y taludes empinados.

De acuerdo a lo explorado en campo, la vía no cuenta con un adecuado sistema de evacuación de aguas pluviales que mitiguen el exceso de agua producto de las precipitaciones pluviales.

### 3.1.4 Metodología de trabajo:

- Brigada
  - 01 Topógrafo
  - 01 Asistente
  - 03 Ayudantes
  - 02 Tesistas
- Equipos
  - GPS Navegador GARMIN (GPSMAP 76CSx)
  - Estación Total Topcon modelo ES105 con trípode
  - Tres primas
  - Una cámara fotográfica Nixon
  - 03 radio de comunicación
  - 01 camioneta
- Materiales
  - 03 Lapiceros
  - 01 wincha de 50 metros
  - Pintura esmalte

01 machete

Estacas de madera (20 cm)

### 3.1.5 Procedimiento de la metodología

#### 3.1.5.1 Levantamiento de la zona de estudio

Para el levantamiento topográfico se realizó teniendo como base una poligonal abierta. Los puntos tomados de la vía en estudio fueron, ambos lados de la carretera, eje, y un punto paralelo a 50 metros aproximadamente de cada lado de la trocha, puntos que serán tomados a cada 10 metros en zonas de curva y puntos cada 20 metros en tramos en tangente; iniciando desde la progresiva 0+000 hasta 10+200. El levantamiento topográfico tuvo una duración de 5 días calendarios.

#### 3.1.5.2 Puntos de georreferenciación

Para la georreferenciación de la red de apoyo planimétrico se utilizó las coordenadas UTM WGS84. La georreferenciación relativa se realizó a través de la E-01 y posteriormente se establecieron los 15 BM's necesarios, los mismos que fueron nivelados mediante circuitos cerrados.

Cuadro 05: Coordenadas UTM de la poligonal de apoyo

DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
E-1	9154763.087	770581.270	2181.000
BM-1	9154762.441	770592.920	2187.00
BM-2	9154836.571	770927.608	2222.00
BM-3	9154875.768	771329.610	2254.00
BM-4	9154771.877	771653.059	2298.50
BM-5	9154553.194	772028.680	2389.50
BM-6	9154351.663	772541.812	2442.00
BM-7	9154422.771	772853.012	2453.50
BM-8	9154765.930	773148.933	2537.00
BM-9	9154426.990	773979.249	2659.50
BM-10	9154151.477	774065.526	2706.00

BM-11	9153697.036	774386.489	2756.50
BM-12	9153609.282	775016.893	2874.00
BM-13	9153373.664	775072.104	2921.00
BM-14	9153319.490	775200.360	2969.50
MB-15	9152902.777	775242.675	3018.00

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.5.3 Toma de detalles y rellenos topográficos

Durante el recorrido del tramo de los 10 + 200 km, se consideró depositar el material excedente producto del movimiento de tierra en cuatro lugares descampados de un volumen total de 118,963.28 m<sup>3</sup>, que durante la ejecución del proyecto recibirá su tratamiento adecuado y posteriormente puede ser utilizado como zona agrícola.

### 3.1.5.4 Códigos en el levantamiento topográfico

En la base del levantamiento topográfico se consideraron los siguientes códigos:

PR: Punto de referencia

E: Estación

TN: Terreno natural EJE: Eje de la carretera BM: Punto de referencia ALCAN: Alcantarilla

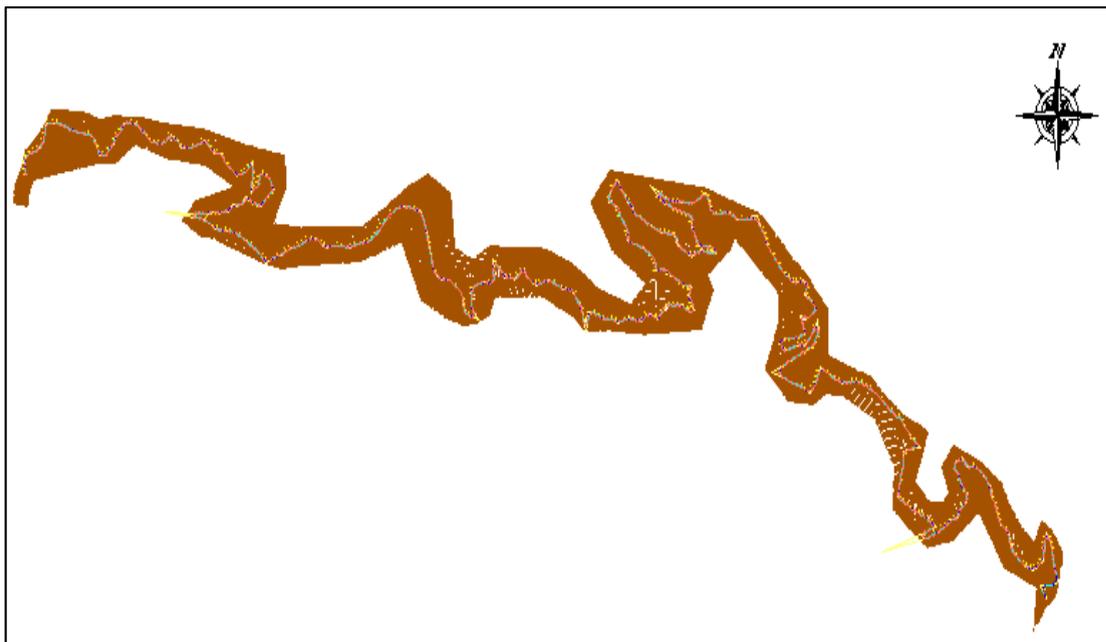
### 3.1.6 Trabajo de gabinete

#### 3.1.6.1 Procesamiento de data y dibujo de planos

La data obtenida producto del levantamiento topográfico del terreno, primero se exportó como una extensión CSV para luego ser importada al software de apoyo Civil 3D; con los datos que se obtuvieron se determinó la ubicación del proyecto, encontrándose en las coordenadas (9154695.04E – 770549.41N “Lucma”; 9152648.99E – 775178.50N “Alto Tambillo”) y finalmente se procedió a procesar las curvas de nivel para obtener su poligonal respectiva.

Se elaboró los planos correspondientes al desarrollo del estudio.

Figura 3: Desarrollo de la carretera



Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Estudio de mecánica de suelos y cantera.

#### 3.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto se ubica en el distrito de Lucma –Alto Tambillo, provincia de Gran Chimú, la distancia del tramo de la carretera es de 10+200 km, de ahí se extrajo las distintas muestras de estratos de suelo para realizar los análisis de suelo.

#### 3.2.2 Descripción de los trabajos.

Se elaboró la excavación de 2 calicatas en lo largo del tramo de la carretera, con dimensiones de 1.00 m x 1.00m de área, con profundidad de 1.50 m y también se realizó 03 calicatas de 1.00 m x 1.00m de área, profundidad de 3.00 m para la obtener muestras para el CBR; se verifico los tipos de estratos y los espesores del suelo.

También, se realizó la excavación de una calicata de 1.00 x 1.00 de área a una profundidad de 3.00m en la cantera “Huaranchal” recogiendo muestras a 1.50m y 3.00m de profundidad para el estudio del material de cantera.

##### 3.2.2.1 Determinación del Número de Calicatas.

El número de calicatas se realizó a 1.50 m de profundidad mínima una por cada 2 kilómetro de acuerdo a la sectorización de estratos.

Cuadro 06: Ubicación de Calicatas

CALICATA		UBICACIÓN	PROFUNDIDAD DE ESTRATO
Nº	ESTRATO		
C - 1	E - 1	KM 1 + 000	1,50 m
C - 3	E - 3	KM 3 + 000	1,50 m
C - 5	E - 5	KM 5+ 000	1,50 m
C - 7	E - 7	KM 7 + 000	1,50 m
C - 9	E - 9	KM 9 + 000	1,50 m
C - X	E - X	CANTERA HUARANCHAL	1,50 m

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2.2 Determinación del Número de Ensayo de CBR.

Se realizó los ensayos de CBR de acuerdo a lo siguiente:

Figura 4: Número de ensayos de CBR

#### Número de Calicatas para Exploración de Suelos

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

Fuente: Manual de carretas “Suelo Geología, Geotecnia y Pavimentos”

### 3.2.2.3 Tipos de Ensayos

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la universidad Cesar Vallejo, de acuerdo a las normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M):

Análisis. Granulométrico por tamizado MTC E 107-2000. ASTM D-422.

Humedad natural MTC E 108-2000 ASTM D-2216.

Límites de Atterberg:

LL: MTC E 110 - 2000 - ASTM D 4318. LP: MTC E 111 - 2000 ASTM. D4318

IP: MTC E 111 - 2000 ASTM D 4318

Método SUCS ASTM D 2487

Método AASTHO M-145

Proctor Modificado MTC E 115-200 ASTM D -1557

CBR MTC E 132 - 2000 ASTM D-1883

### 3.2.2.4 Descripción de Calicatas

Calicata N° 01 ubicada en las coordenadas: 751258.69E, 9134359.06N; tiene 2 estratos:

E-01/0.00 – 0.30 m. Suelo de Cultivo.

E-02/0.30 – 1.30 Arena Limosa / regular a malo, con un porcentaje de finos de 39.13 %.

Clasificado según SUCS como suelo arena limosa SM y en el sistema AASHTO suelos limosos A-4 (0) y con un contenido de humedad de 6.92%.

Calicata N°03 ubicada en las coordenadas: 751326.32E, 9134827.12N; tiene 2 estratos:

E-01/0.00 – 0.30 m. Suelo de Cultivo.

E-02/0.30 – 1.30 Arena Limosa / regular a malo, con un porcentaje de finos de 40.80 %.

Clasificado según SUCS como suelo arena limosa SM y según AASHTO suelo limosos A-4 (0) y con un contenido de humedad de 6.96%.

Calicata N°05 ubicada en las coordenadas: 750973.01E, 9135669.58N; tiene 2 estratos:

E-01/0.00 – 0.30 m. Suelo de Cultivo.

E-02/0.30 – 1.30 m. Arena Limo – Arcillosa, suelos limosos /regular a malo con un % de finos de 40.34%

Clasificado según SUCS como un suelo SM-SC y según AASHTO como un suelo A-4 (0) y con un contenido de humedad de 6.62 %.

Calicata N°07 ubicada en las coordenadas: 751802.72E, 9136359.39N; tiene 2 estratos:

E-01/0.00 – 0.30 m. Suelo de Cultivo.

E-02/0.30 – 1.30 Arena arcillosa, suelos arcillosos / regular a malo, con un porcentaje de finos de 39.28 %.

Clasificado según SUCS como suelo arena arcillosa SC y según AASHTO suelos arcillosos A-6 (1) y con un contenido de humedad de 6.76%.

Calicata N°09 ubicada en las coordenadas: 752997.96E, 9136812.76N; tiene 2 estratos:

E-01/0.00 – 0.30 m. Suelo de Cultivo.

E-02/0.30 – 1.30 m. Arena Limo – Arcillosa, grava y arena limo o arcillosa /excelente a bueno con un porcentaje de finos de 34.34%

Clasificado según SUCS como un suelo SM-SC y según AASHTO como un suelo A-2-4 (0) y con un contenido de humedad de 06.68 %.

### 3.2.2.5 Resumen de propiedades físicas y mecánicas de cada calicata.

En la tabla indicamos los porcentajes que pasan la malla N°200, la clasificación de los suelos en el sistema SUCS, la clasificación en el sistema AASHTO, el contenido de humedad de cada calicata y CBR.

Cuadro 07: Resumen de resultados de calicatas

Calicata		Ubicación	Prof. de estrato	Propiedades Físicas						
Nº	ESTR			% CH	% Finos	% Arena	% Grava	% LL	% LP	% IP
C - 1	E - 1	Km 01+000	1.50 m	6.92	39.13	48.76	12.11	24	22	2
C - 3	E - 1	km 03+000	1.50 m	6.96	40.80	47.31	11.88	24	23	1
C - 5	E - 1	km 05+000	1.50 m	6.62	40.34	46.29	13.37	19	13	6
C - 7	E - 1	km 07+000	1.50 m	6.76	39.28	47.24	13.48	25	12	13
C - 9	E - 1	km 09+000	1.50 m	6.68	34.34	53.20	12.46	21	17	4
C - X	E - X	CANTERA HUARANCHAL	1.50 m	0.63	2.75	12.43	84.82	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración propio.

Cuadro 08: Resultados de la clasificación mecánica de suelos

CALICATA		UBICACIÓN	PROF. DE	CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
Nº	EST.		ESTRATO	SUCS	AASH TO	MDS (g/cm3)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
C - 1	E - 1	km 00+500	1.50 m	Arena Limosa (SM)	A-4 (0)	1.792	8.55	18.65	15.8
C - 3	E - 1	km 02+500	1.50 m	Arena Limosa (SM)	A-4 (0)				
C - 5	E - 1	km 04+500	1.50 m	Arcilla grava arcillosa (SM-SC)	A-4 (0)	1.782	9.05	15.54	13.17
C - 7	E - 1	km 06+500	1.50 m	Arena arcillosa (SC)	A-6 (1)	-	-	-	-
C - 9	E - 1	km 08+500	1.50 m	Arcilla grava arcillosa (SM-SC)	A-2-4 (0)	1.782	8.95	18.35	14.91
C - X	E - X	CANTERA HUARANCHAL	1.50 m	Grava bien graduada (GW)	A-1-a = (0)	2.13	4.36	124	88.67

Fuente: Elaboración propio.

### 3.2.3 Estudio de cantera

#### 3.2.3.1 Identificación de cantera

Cantera: “Huaranchal”

Detalle de Cantera.

Los detalles de identificación en el recorrido de la visita técnica, se especifican en la tabla siguiente:

Cuadro 09: Detalle de cantera.

N°	Cantera	Ubicación	Lado	Acceso	Largo	Ancho	Prof.	Pot.	Uso	Observación
		km			(m)	(m)	(m)	(m3)		
01	Huaranchal	-01.000	Der.	A – 2m	80	20	100	160000.	Relleno, afirmado granular Triturada	Acceso directo, construir acceso de Acuerdo a explotación

Fuente: Elaboración propio.

#### 3.2.3.2 Evaluación de las características de la cantera

En la evaluación de cantera se obtuvo condiciones necesarias para obtener un material adecuado para subbase y base que cumplen con sección 402 y 403 de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras.

Cuadro 10: Características de cantera

N°	Tamices	Unidad	Cantera
	ASTM		
0.01	GRANULOMETRÍA		
	3"	%	100.00
	2 1/2"	%	100.00
	2"	%	93.29
	1 1/2"	%	87.42
	1"	%	75.90
	3/4"	%	53.36
	1/2"	%	40.38
	3/8"	%	29.27

	1/4"	%	22.29
	N° 04	%	15.18
	N° 08	%	12.19
	N° 10	%	9.19
	N° 16	%	8.15
	N° 20	%	7.58
	N° 30	%	7.04
	N° 40	%	6.60
	N° 50	%	5.09
	N° 60	%	3.81
	N° 80	%	3.50
	N° 100	%	3.19
	N° 200	%	2.75
	< N° 200	%	0.00
	Total		
0.02	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.63
0.03	LÍMITES DE CONSISTENCIA	%	
	L.L	%	NP
	L.P	%	NP
	I.P	%	NP
0.04	CLASEIFICACIÓN DE MUESTRA		
	SUCS		GW
	AASHTO		A- 1-a (0)
0.06	CBR		
	MDS -100%	Gr/cm3	2.126
	MDS -95%	Gr/cm4	2.020
	CONT. DE HUMEDAD	%	4.36
	CBR AL 100%	%	124.00
	CBR AL 95% de máxima densidad seca	%	88.67

Fuente: Elaboración propio.

### 3.3 Estudio hidrológico.

#### 3.3.1 Hidrología

La hidrología es la ciencia que estudia el comportamiento del agua y sus manifestaciones en la atmósfera, sobre y debajo de la superficie terrestre, estudian así mismo sus propiedades y sus interrelaciones naturales. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. (German Monsalve Sáenz, p. 25,2019)

Se denomina hidrografía al estudio de todas las masas de agua de la tierra y en sentido más estricto, a la medida, recopilación y representación de los datos relativos al fondo del océano, las costas, las mareas y las corrientes, de manera que estas puedan plasmar sobre una carta hidrográfica. (David R. Maidment y Larry W. Mays, p.19, 2010)

La hidrología es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución del agua, espacial y temporal, también se encarga de estudiar sus propiedades del agua presente en la atmósfera, incluyendo la corteza terrestre. (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje p.13, 2014)

##### 3.3.1.1 Generalidades

El área en estudio de Lucma - Alto Tambillo se produce precipitaciones constantes en la época de invierno, las que originan escorrentías y desbordes de quebradas, el área pertenece a la cuenca hidrográfica del Río Lucma, tiene una altitud de 2181 m.s.n.m. El presente estudio hidrológico nos ayudó a determinar los caudales de diseño que sirve para el diseño de estructuras hidráulicas y de drenaje de acuerdo a las precipitaciones máximas registradas.

##### 3.3.1.2 Estudios hidrológicos

Los estudios hidrológicos son necesarios para obtener características de diseño de obras viales, conocer el comportamiento de un arroyo, río o de un lago, es muy importante conocer y determinar las áreas más afectadas por los eventos hidrometeorológicos extremos.

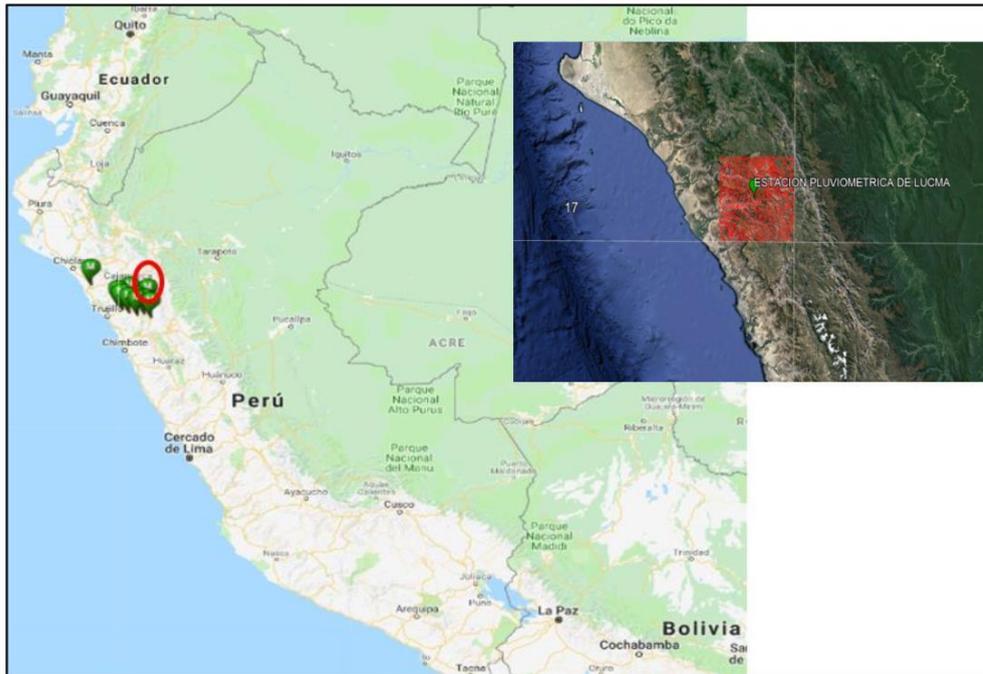
El estudio hidrológico realizado, está enfocado en el análisis pluvial, que los datos tomados son de la estación de Lucma.

### 3.3.2 Información Hidrometeorológica y Cartográfica

Hidrometeorológica:

La institución que nos brinda la información hidrometeorológica es el SENAMHI.

Figura 5: Ubicación Geográfica de la Estación de Lucma



Fuente: SENAMHI

La estación que se encuentra más cerca al área en estudio es: la estación de Lucma, donde de ella descargamos las precipitaciones desde el año 1989 hasta el año 2014. (Ver cuadro N°11).

#### **Cartográfica:**

Sobre las curvas de nivel de la base cartográfica se ha realizado, el estudio de los parámetros de las microcuencas del área en estudio, de las cuales nos dará información de las características de las microcuencas: puntos, perímetros y áreas.

La carta que nos brinda esta información cartográfica de la zona de Lucma, lleva el mismo nombre del lugar, con código 16-f que nos brinda el MINEDU en su página web, donde están las cartas nacionales del Perú.

Figura 6: Carta Lucma (16-f) Google Earth.



Fuente: Ministerio de educación (MINEDU).

### 3.3.2.1 Información pluviométrica

De la estación Meteorológica Lucma descargamos todos los datos pluviométricos que guarda la información de las precipitaciones del área, que nos brinda SENAMHI.

#### ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE GRAN CHIMU - LUCMA

Departamento: LA LIBERTAD

Provincia: GRAN CHUIMU

Distrito: LUCMA

Latitud: 7° 38' .36" Longitud: 78° 33' 4.87" W

Altitud: 2181m.s.n.m.

Cuadro 11: ESTACION PLUVIOMÉTRICA DE GRAN CHIMU - LUCMA

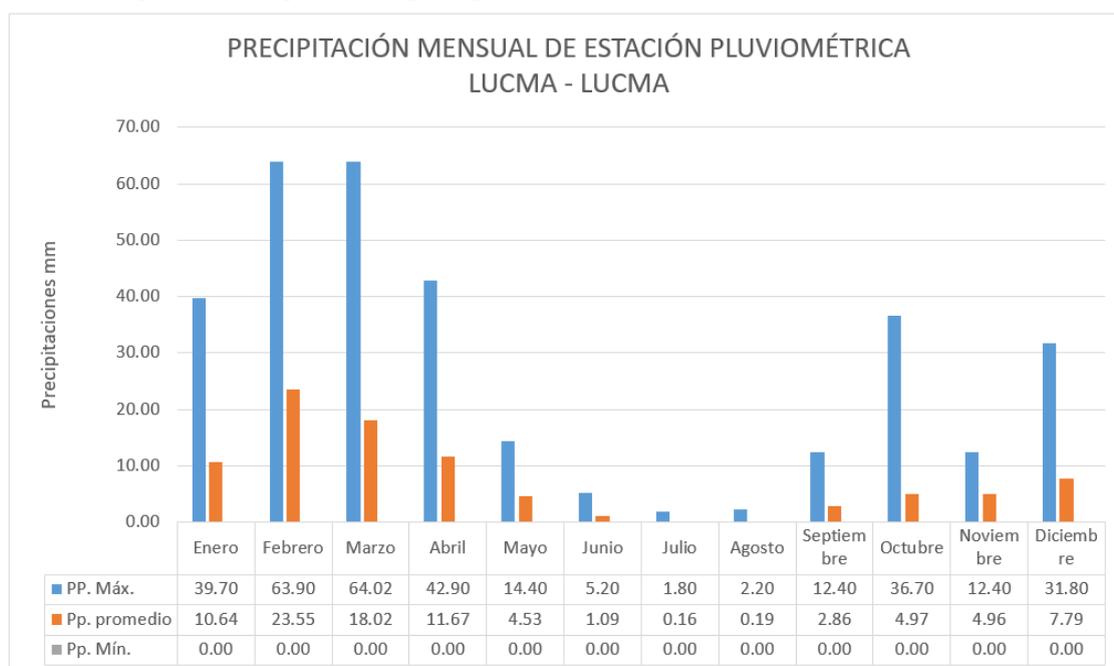
N°	Año	Ene ro	Febre ro	Mar zo	Abri l	Ma yo	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octub re	Noviem bre	Diciem bre	Máximo	
1	1989	6.00	21.40	13.20	5.10	1.60	1.40	0.00	1.30	4.60	15.30	0.01	0.00	21.40	FEB
2	1990	3.10	10.80	6.80	2.70	0.01	1.20	0.00	0.00	0.90	4.10	12.40	3.20	12.40	NO V
3	1991	1.20	5.90	20.80	7.20	4.40	0.00	0.00	0.00	0.01	5.10	2.20	4.20	20.80	MA R
4	1992	7.90	8.60	13.00	42.90	5.60	5.20	0.01	0.01	4.70	1.20	1.30	1.30	42.90	AB R
5	1993	11.30	37.20	28.10	13.10	2.30	0.01	0.01	0.01	8.20	3.30	9.40	5.70	37.20	FEB
6	1994	23.60	24.10	24.20	15.20	1.80	3.00	0.01	0.00	1.30	1.50	8.80	7.20	24.20	MA R
7	1995	8.20	16.50	7.60	4.10	3.20	2.80	0.80	0.00	0.80	4.00	4.30	11.20	16.50	FEB
8	1996	5.70	35.60	25.10	7.20	0.60	0.00	0.00	0.00	1.80	3.70	2.10	1.90	35.60	FEB
9	1997	4.20	8.70	11.10	21.20	1.30	1.10	0.00	0.00	2.80	3.10	6.30	31.80	31.80	DIC

10	1998	39.70	49.60	64.40	12.40	8.20	31.10	0.00	0.00	1.40	4.40	2.20	4.50	64.40	MAR
11	1999	16.60	53.30	7.80	9.70	14.40	0.60	1.80	0.00	2.40	2.60	1.60	9.40	53.30	FEB
12	2000	12.40	20.50	22.60	16.50	10.40	0.01	0.00	2.20	12.20	1.30	3.20	11.10	22.60	MAR
13	2001	19.40	15.10	47.90	12.40	4.30	2.40	0.00	0.00	5.10	5.70	3.40	2.60	47.90	MAR
14	2002	1.80	63.80	16.40	18.90	0.90	1.00	0.01	0.00	1.90	5.50	7.40	3.70	63.80	FEB
15	2003	5.50	24.70	5.80	10.50	3.90	0.90	0.01	0.00	0.01	1.80	9.60	28.20	28.20	DIC
16	2004	5.10	16.10	6.20	7.70	12.10	0.01	0.01	0.01	0.01	36.70	2.90	4.80	36.70	OC T
17	2005	9.20	14.10	15.70	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.30	2.10	9.40	15.70	MAR
18	2006	10.80	63.90	19.40	12.10	0.01	2.40	0.01	0.01	1.10	0.08	10.70	13.30	63.90	FEB
19	2007	7.00	13.00	14.40	9.00	12.60	0.00	0.01	0.30	0.30	5.30	10.40	7.60	14.40	FEB
20	2008	16.70	48.00	21.60	14.50	2.20	2.30	0.60	0.80	0.90	6.70	4.90	2.10	48.00	FEB
21	2009	24.40	16.30	24.40	9.40	1.10	0.01	0.80	0.40	0.01	4.50	11.10	4.80	24.40	EN E
22	2010	12.20	49.70	8.70	11.20	7.20	0.20	0.01	0.00	12.40	1.70	4.90	3.50	49.70	FEB
23	2011	11.20	9.80	10.30	15.10	0.80	1.10	0.01	0.01	2.60	1.20	1.70	6.40	15.10	AB R
24	2012	18.60	21.70	25.30	15.80	3.60	5.10	0.00	0.01	2.30	13.90	4.70	7.30	25.30	MAR
25	2013	8.60	12.20	27.90	2.90	3.20	0.01	0.00	0.01	0.00	7.10	0.00	1.50	27.90	MAR
26	2014	7.30	11.20	14.40	5.20	12.90	0.00	0.00	0.00	4.10	0.00	2.80	7.40	14.40	MAR
	<b>MAX</b>	<b>39.70</b>	<b>63.90</b>	<b>64.40</b>	<b>42.90</b>	<b>14.40</b>	<b>31.10</b>	<b>1.80</b>	<b>2.20</b>	<b>12.40</b>	<b>36.70</b>	<b>12.40</b>	<b>31.80</b>	<b>64.40</b>	<b>MAR</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>11.45</b>	<b>25.84</b>	<b>19.35</b>	<b>11.91</b>	<b>4.26</b>	<b>2.38</b>	<b>0.16</b>	<b>0.20</b>	<b>2.76</b>	<b>5.58</b>	<b>5.02</b>	<b>7.47</b>		
	<b>MINIMO</b>	<b>1.20</b>	<b>5.90</b>	<b>5.80</b>	<b>2.70</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)

Fuente: Elaboración propia - según datos del SENAMHI.

Figura 7: Diagrama de precipitación media mensual (mm).



Fuente: Elaboración propia

La precipitación media mensual del diagrama nos dio a conocer la presencia de las lluvias anualmente, verificando que desde el mes de septiembre a el mes de junio las precipitaciones son más abundantes y también nos muestra los meses de menor precipitaciones, llegando a cero los meses de julio y agosto.

La máxima precipitación pluvial anual que tiene la estación pluviométrica Lucma en el área en estudio del proyecto es de 64.40 mm como promedio anualmente.

### 3.3.2.2 Precipitaciones Máximas en 24 horas

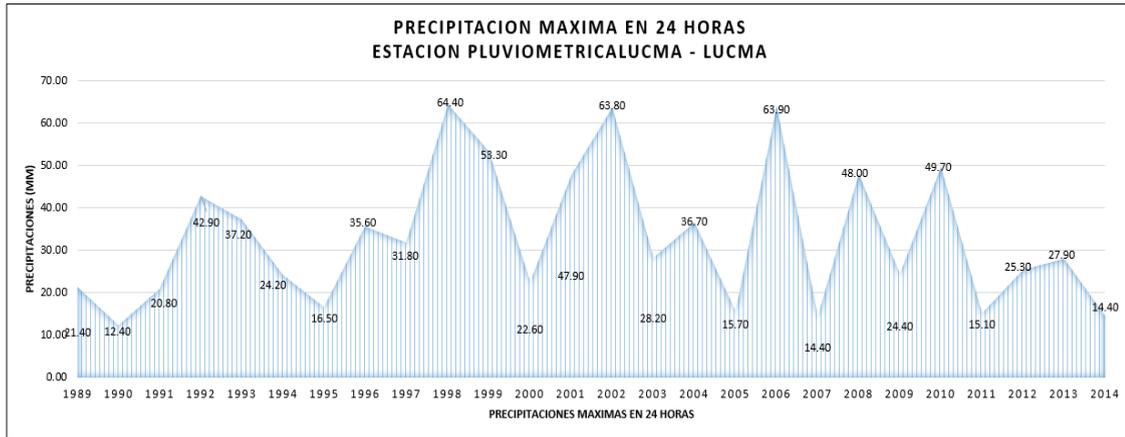
Se realizó el estudio de la estación pluviométrica Lucma, que es la estación más cercana al área en estudio, de la cual nos dio el siguiente registro:

Cuadro 12: Registro de máximas precipitaciones en 24 horas

Año	Máximo	
1989	FEB	21.40
1990	NOV	12.40
1991	MARZ	20.80
1992	ABR	42.90
1993	FEB	37.20
1994	MARZ	24.20
1995	FEB	16.50
1996	FEB	35.60
1997	DIC	31.80
1998	MARZ	64.40
1999	FEB	53.30
2000	MARZ	22.60
2001	MARZ	47.90
2002	FEB	63.80
2003	DIC	28.20
2004	OCT	36.70
2005	MARZ	15.70
2006	FEB	63.90
2007	FEB	14.40
2008	FEB	48.00
2009	ENE	24.40
2010	FEB	49.70
2011	ABR	15.10
2012	MARZ	25.30
2013	MARZ	27.90
2014	MARZ	14.40
	MAX	64.40
	PROMEDIO	33.02
	MINIMO	12.40

Fuente: Elaboración propia, según datos del SENAMHI

Figura 8: Histograma de precipitación máxima en 24 horas



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2.3 Análisis estadístico de datos hidrológicos

Los análisis de frecuencias o también llamados de frecuencias de las precipitaciones, caudales máximos o intensidades, se realizó mediante 8 ecuaciones llamadas distribuciones de probabilidades que nos brinda el MTC, donde se tomó la ecuación de mejor ajuste.

#### Distribución Gumbel.

También llamada doble exponencial, su función es:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Se tiene las relaciones con método de momentos:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}; \beta = \mu - 0.45\sigma$$

Dónde:

$\alpha$  = Parámetro de concentración.

$\beta$  = Parámetro de localización.

Para este análisis estadístico de caudales máximo utilizamos el software HIDROESTA, se eligió el resultado que más se ajusta, el cual es la distribución GUMBEL.

Cuadro 13: Análisis estadísticos de caudales máximos (HIDROESTA)

T(AÑOS)	NORMAL	LOG NORMAL 2P	LOG NORMAL 3P	GAMMA 2P	GAMMA 3P	LOG PEARSON TIPO III	GUMBEL	LOG. GUMBEL	DISEÑO
500	81.64	No se ajusta	93.63	159.76	92.57	No se ajusta	108.7	No se ajusta	108.7
200	76.25		85.01	138.13	84.65		95.93		95.93
100	71.79		78.26	121.53	78.31		86.25		86.25
50	66.93		71.25	104.76	71.59		76.53		76.53
25	61.52		63.87	87.82	64.41		66.74		66.74
20	59.63		61.39	82.32	61.97		63.56		63.56
10	53.14		53.24	65.07	53.89		53.55		53.55
5	45.28		44.1	47.46	44.67		43.1		43.1
2	30.26		28.62	23.05	28.74		27.33		27.33

Fuente: Elaboración propia

Pruebas de Bondad de Ajuste:

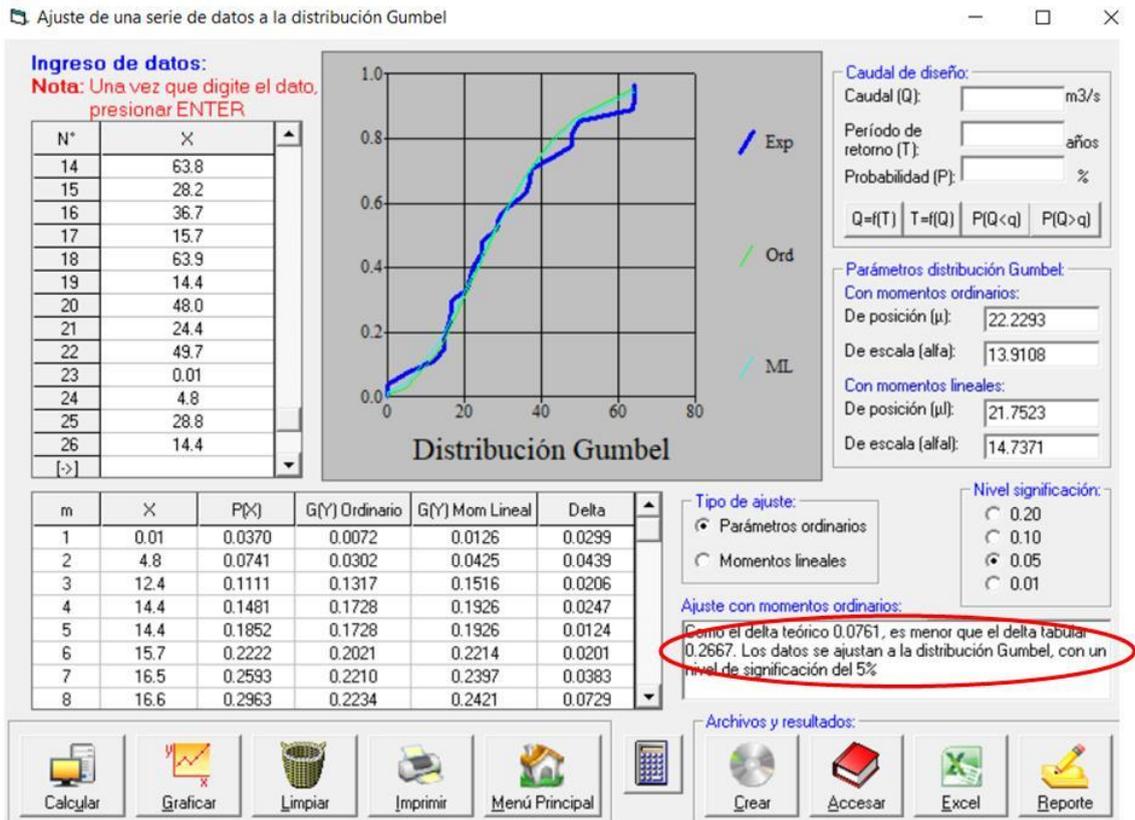
Esta prueba de bondad de ajuste nos permitió definir la distribución que mejor se adapte en el resultado de datos obtenidos.

Cuadro 14: Caudales máximo (HIDROESTA)

RESULTADO DE LA BONDAD DE AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES		
DISTRIBUCIÓN	ESTACIÓN LUCMA	
	AJUST. RELATIVO	AJUST. ABSOLUTO
NORMAL	0.1102	0.2667
LOG. NOR. 2P	No se ajusta	No se ajusta
LOG. NOR. 3P	0.0822	0.2667
GAMMA 2P	0.1774	0.2667
GAMMA 3P	0.08098	0.2667
LOG. PERSO.	No se ajusta	No se ajusta
GUMBEL	0.076	0.2667
LOG. GUMBEL	No se ajusta	No se ajusta
Mejor Ajuste	GUMBEL	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Distribución que mejor se ajusta, calculado en HIDROESTA.



Fuente: Hidroesta.

Definición de la intensidad de precipitación máxima:

Por la fórmula de FREDERICH BELL (1969), se define las intensidades máximas, en 24 horas, se determina de la siguiente manera:

$$P_D^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54 D^{0.25} - 0.50) * P_{60}^{10}$$

Dónde:

D = duración en minutos.

T = período de retorno en años.

$P_D^T$  = precipitación en D con un periodo de retorno T.

$P_{60}^{10}$  = precipitación en 1 hora con un periodo de retorno de 10 años (60 min).

Cuadro 15: Precipitaciones máximas: diferentes duraciones (D) y periodos (T)

T (AÑOS)	Pp. Máx. 24 horas	Duración (D) en minutos					
		5	10	15	20	30	60
500	108.7	8.44	12.64	15.45	17.62	20.97	27.53
200	95.93	7.55	11.30	13.82	15.77	18.76	24.63
100	86.25	6.88	10.30	12.59	14.36	17.09	22.44
50	76.53	6.21	9.29	11.36	12.96	15.41	20.24
25	66.74	5.53	8.28	10.12	11.55	13.74	18.04
20	63.56	5.32	7.96	9.73	11.10	13.20	17.34
10	53.55	4.64	6.95	8.50	9.69	11.53	15.04
5	43.1	3.97	5.94	7.26	8.29	9.86	12.94
2	27.33	3.08	4.61	5.63	6.43	7.65	10.04

Fuente: Elaboración propia.

Se ejecutó la regresión, para identificar la relación: intensidad, periodo y duración.

Cuadro 16: Datos para la regresión.

T(AÑOS)	Pp. Máx. 24 horas	Duración (D) en minutos					
		5	10	15	20	30	60
500.00	108.70	101.30	75.82	61.80	52.87	41.94	27.53
200.00	95.93	90.62	67.83	55.28	47.30	37.52	24.63
100.00	86.25	82.54	61.78	50.35	43.08	34.17	22.44
50.00	76.53	74.46	55.73	45.42	38.87	30.83	20.24
25.00	66.74	66.38	49.68	40.50	34.65	27.48	18.04
20.00	63.56	63.78	47.74	38.91	33.29	26.41	17.34
10.00	53.55	55.70	41.69	33.98	29.07	23.06	15.04
5.00	43.10	47.62	35.64	29.05	24.86	19.72	12.94
2.00	27.33	36.94	27.65	22.54	19.28	15.29	10.04

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Resumen de datos de la regresión en Excel

Estadísticas de la regresión								
Coefficiente de correl:	0.9936802							
Coefficiente de determ	0.98740034							
R <sup>2</sup> ajustado	0.986896354							
Error típico	0.025088016							
Observaciones	53							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad			Suma de cuadrados	F	Valor crítico de F		
Regresión	2	2.466249857	1.233124928	1959.180541	3.22828E-48			
Residuos	50	0.031470426	0.000629409					
Total	52	2.497720283						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	1.948752229	0.014685302	132.7008584	2.2421E-65	1.919255859	1.978248452	1.919255859	1.978248452
2.698970004	0.181084722	0.004835813	37.44659381	3.02572E-38	0.171371706	0.190797738	0.171371706	0.190797738
0.698970004	-0.532052937	0.010223046	-52.04446039	3.24363E-45	-0.552586531	-0.511519344	-0.552586531	-0.511519344
Log K =	1.948752229							
⇒ K =	88.86939603							
<b>K =</b>	<b>88.87</b>							
<b>m =</b>	<b>0.18</b>							
<b>n =</b>	<b>0.53</b>							

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.4. Curvas de intensidad – duración – frecuencia.

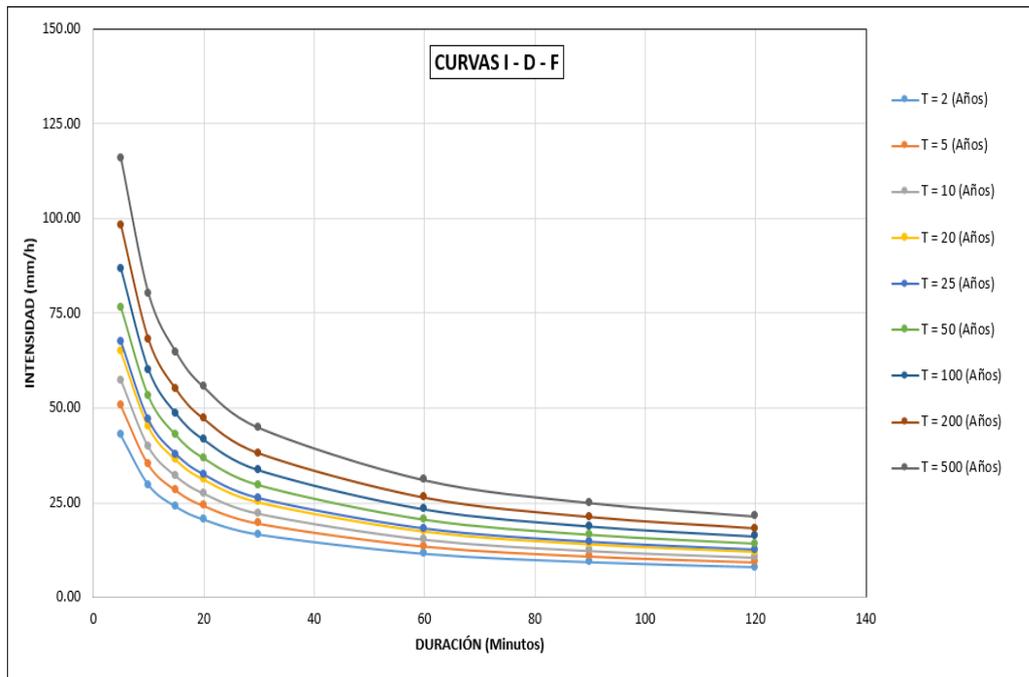
Se determinó las curvas de intensidad – duración - frecuencia, para hallar la relación de diseño, que guardan relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y la frecuencia con la que se presenta. Referidos a el periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia de la misma.

Cuadro 17: Resultados de curvas intensidad - duración – frecuencia

Duración t (min.)	Período de Retorno T (años)								
	2	5	10	20	25	50	100	200	500
5	42.90	50.60	57.32	64.94	67.60	76.58	86.76	98.28	115.91
10	29.71	35.04	39.70	44.97	46.81	53.04	60.08	68.07	80.27
15	23.97	28.26	32.02	36.28	37.76	42.78	48.46	54.91	64.75
20	20.58	24.27	27.49	31.15	32.42	36.73	41.61	47.14	55.59
30	16.60	19.57	22.18	25.12	26.15	29.63	33.56	38.02	44.84
60	11.50	13.56	15.36	17.40	18.11	20.52	23.25	26.33	31.06
90	9.27	10.94	12.39	14.03	14.61	16.55	18.75	21.24	25.05
120	7.96	9.39	10.64	12.05	12.54	14.21	16.10	18.24	21.51

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11: Curvas intensidad - duración - frecuencia: para lluvia máxima



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.5. Selección del periodo de retorno

Se determinó el periodo de retorno utilizando la siguiente fórmula:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)$$

Cuadro 18: Cálculo de Periodo de retorno. (T)

TIPO DE OBRA DE ARTE	n (Vida útil considerada)	R en % (riesgo admisible)	T en años (periodo de retorno)	T considerado (años)
Alcantarillas de quebradas importantes y badenes	25 años	0.30	70.57	70.00
Alcantarillas de quebradas menores	15 años	0.35	35.31	35.00
Drenaje de plataformas y sub drenes (aliviadero)	15 años	0.40	29.86	30.00
Cunetas				10.00

Fuente: Manual de. carreteras. hidrología - hidráulica y drenaje

Cuadro 19: Valores máximos de riesgo admisible de obras de drenaje. (MHHD) (ver anexo 8).

Para este proyecto se consideró 35%, porcentajes que corresponde a alcantarillas de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas.

### 3.3.2.6. Cálculos de caudales

Se utilizó el método racional para determinar los caudales máximos de las microcuencas. Se definió con la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 CIA \text{ Donde:}$$

Q: Cálculo de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad máxima

A: Área de cuenca (km<sup>2</sup>)

Según las características del área de estudio, el coeficiente de escorrentía que se definió es de 0.35 (señalado en la figura N° 12), este coeficiente está de acuerdo a diferentes factores, como es la topografía, el uso del suelo y la vegetación.

Figura 12: Coeficiente de escorrentía.

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Manual. de carreteras hidrología - hidráulica y drenaje.

### 3.3.3. Hidráulica y drenaje

Se definió las microcuencas hidrológicas mediante el programa de Civil Metric 3D, Google Earth y Global Mapper, donde nos resultó una sola microcuenca.

### 3.3.3.1. Drenaje Superficial.

El drenaje superficial se realiza de dos maneras, tenemos al drenaje transversal y el drenaje longitudinal. Sirve para la evacuación de las aguas originadas por las lluvias y las quebradas en la carretera.

Drenaje transversal.

Se consideró 1 alcantarilla porque en la carretera hay una subcuenta que procede de la cuenca de Lucma.

Cuadro 20: Características de las microcuencas

Cuenca	Progresiva (Km)	Obra de arte	Tc (min)	T (años)	I máx. (mm/h)	A (Km <sup>2</sup> )	COEF. ESCORRENTÍA	Q máx. (m <sup>3</sup> /s)
1	04+230	Alcantarilla	10.00	35.00	49.74	2.40	0.35	11.61

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.2. Diseño de Cunetas.

Las cunetas se realizan en ambos lados o en un lado de la carretera, su objetivo es evacuar las aguas pluviales, se diseñaron de forma triangular.

El valor de talud interior y exterior de cuneta fue de 1:2 por tener una velocidad directriz menor a 70 Km/h y un IMDA inferior a 750 veh/día.

Cuadro 21: Cálculo de caudales de cunetas

OBRA DE ARTE	PROGRESIVA (Km)		PERIODO T (AÑOS)	PRECIPITACIÓN MÁX. (mm)	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS			TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (M. Kirpich)	INTENSIDAD (MM/H)	C	Q= C*I*A*/3.60 (m3/S)
					ÁREA (Km2)	LONG. (m)	PENDIENTE (m/m)				
CUNETAS 01	Km 00+ 000	Km 00+ 860	10	53.55	0.086	0.86	0.092	0.0435	15.0400	0.35	0.126
CUNETAS 02	Km 00+ 860	Km 01+ 400	10	53.55	0.054	0.54	0.092	0.0303	15.0400	0.35	0.079
CUNETAS 03	Km 01+ 400	Km 02+ 060	10	53.55	0.066	0.66	0.092	0.0354	15.0400	0.35	0.097
CUNETAS 04	Km 02+ 060	Km 02+ 360	10	53.55	0.030	0.30	0.092	0.0193	15.0400	0.35	0.044
CUNETAS 05	Km 02+ 360	Km 03+ 860	10	53.55	0.150	1.50	0.092	0.0666	15.0400	0.35	0.147
CUNETAS 06	Km 03+ 860	Km 04+ 880	10	53.55	0.102	1.02	0.092	0.0495	15.0400	0.35	0.149
CUNETAS 07	Km 04+ 880	Km 05+ 180	10	53.55	0.030	0.30	0.084	0.0200	15.0400	0.35	0.044
CUNETAS 08	Km 05+ 180	Km 05+ 820	10	53.55	0.064	0.64	0.084	0.0358	15.0400	0.35	0.094
CUNETAS 09	Km 05+ 820	Km 06+ 500	10	53.55	0.068	0.68	0.006	0.1065	15.0400	0.35	0.099
CUNETAS 10	Km 06+ 500	Km 07+ 680	10	53.55	0.118	1.18	0.088	0.0565	15.0400	0.35	0.173
CUNETAS 11	Km 07+ 680	Km 07+ 820	10	53.55	0.014	0.14	0.037	0.0152	15.0400	0.35	0.020
CUNETAS 12	Km 07+ 820	Km 07+ 880	10	53.55	0.006	0.06	0.080	0.0059	15.0400	0.35	0.009
CUNETAS 13	Km 07+ 880	Km 08+ 700	10	53.55	0.082	0.82	0.007	0.1162	15.0400	0.35	0.120
CUNETAS 14	Km 08+ 700	Km 08+ 920	10	53.55	0.022	0.22	0.017	0.0289	15.0400	0.35	0.032
CUNETAS 15	Km 08+ 920	Km 09+ 320	10	53.55	0.040	0.40	0.017	0.0457	15.0400	0.35	0.058
CUNETAS 16	Km 09+ 320	Km 10+ 200	10	53.55	0.088	0.88	0.073	0.0484	15.0400	0.35	0.129

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.3 Cálculo hidráulico

Para el cálculo hidráulico se usó la ecuación de Manning, cuya expresión es:

$$Q = \frac{(A \times (Rh)^{\frac{2}{3}} \times S^{1/2})}{n}$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

A: Área de Sección (m<sup>2</sup>)

P: Perímetro mojado (m)

Rh: A/P Radio Hidráulico (m)

S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

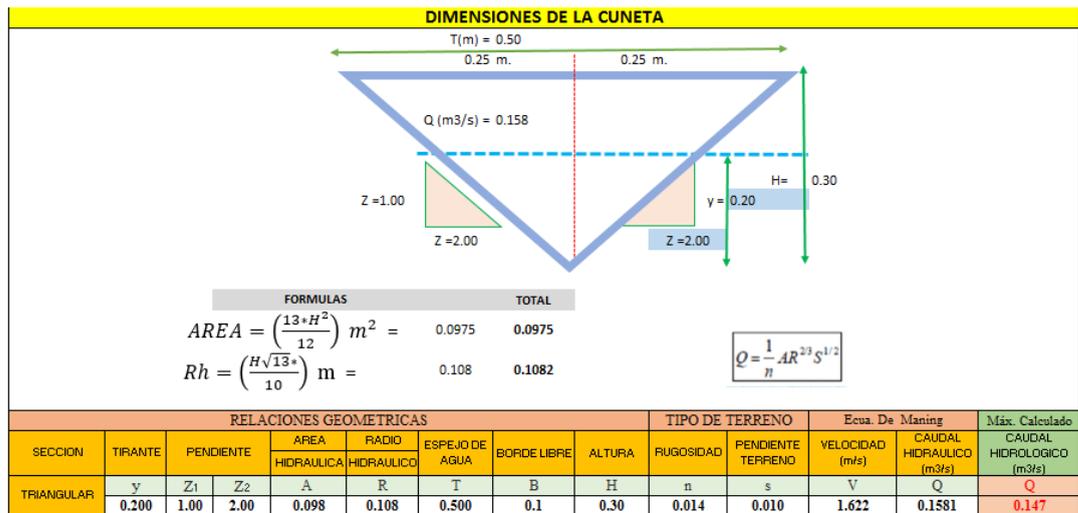
Las dimensiones mínimas de las cunetas, se diseñaron según el manual de hidrología, hidráulica y drenaje, dadas en función de las precipitaciones del tipo de región; las dimensiones usadas fueron de 0.20m de profundidad más 0.1m de borde libre y un ancho de .50m.

Cuadro 22: Dimensiones mínimas para cunetas (ver anexo 9).

El coeficiente de rugosidad de Robert Manning que se usó para el cálculo de cunetas fue de 0.014.

Cuadro 23: Tabla de rugosidad de Manning (ver anexo 10).

Figura 13: Calculo hidráulico de cuneta



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo obtenido, el caudal hidrológico máximo de cunetas (0.147 m3/seg) es menor al caudal calculado mediante la expresión de Manning (0.158 m3/seg), condición óptima que debe cumplir.

### 3.3.3.4 Diseño de alcantarillas de paso

Las alcantarillas son obras de gran importancia para el drenaje de carreteras, su función principal es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que intercepten en la vía, sus dimensiones están en función al caudal de agua y el arrastre de material donde se intercepta con la carretera, el diseño de alcantarillas de paso tiene sección circular TMC (tubería metálica corrugada).

En este proyecto se diseñó una alcantarilla de paso.

Cuadro 24: Ubicación de alcantarillas de paso

Cuenca	Progresiva (Km)	Obra de arte
1	04+230	Alcantarilla

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25: Selección de la función distribución

RESULTADO DE LA BONDAD DE AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES		
DISTRIBUCIÓN	ESTACIÓN LUCMA	
	AJUST. RELATIVO	AJUST. ABSOLUTO
NORMAL	0.1102	0.2667
LOG. NOR. 2P	No se ajusta	No se ajusta
LOG. NOR. 3P	0.0822	0.2667
GAMMA 2P	0.1774	0.2667
GAMMA 3P	0.08098	0.2667
LOG. PERSO.	No se ajusta	No se ajusta
GUMBEL	0.076	0.2667
LOG. GUMBEL	No se ajusta	No se ajusta
Mejor Ajuste	GUMBEL	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26: Parámetros de diseño para hallar la intensidad máxima (la obtención de k, m, n.)

Parámetros para hallar la intensidad máxima.	
Log K =	1.948752229
⇒ K =	88.86939603
<b>K =</b>	<b>88.87</b>
<b>m =</b>	<b>0.18</b>
<b>n =</b>	<b>0.53</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 27: Criterios de diseño

TIPO DE OBRA DE ARTE	T CONSIDERADO (años)
Alcantarillas de paso	35.00
Alcantarillas de alivio (aliviadero)	30.00
Cunetas	10.00

Fuente: Manual de carreteras hidrología, hidráulica y drenaje.

Cuadro 28: Tiempo de concentración

MICRO CUENCA	PROGRESIVA	OBRA DE ARTE	L. MICROCUENCA (m)	S (m/m)	Tc (min) M. Kirpich	Tc (min)
1	04+230	Alcantarilla	1553	0.195	10.462	10.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 29: Caudal e intensidad máxima de diseño

Cuenca	Progresiva (Km)	Obra de arte	Tc (min)	T (años)	I máx. (mm/h)	A (Km2)	COEF. ESCORRENTÍA	Q máx. (m3/s)
1	04+230	Alcantarilla	10.00	35.00	49.74	2.40	0.35	11.61

Fuente: Elaboración propia

Diseño hidráulico de alcantarillas de paso.

Para el cálculo hidráulico se usó la ecuación de Manning, cuya expresión es:

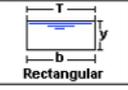
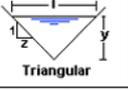
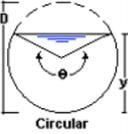
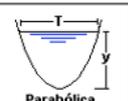
$$Q = \frac{(A \times (Rh)^{\frac{2}{3}} \times S^{1/2})}{n}$$

Figura 14: Valores de coeficientes de rugosidad (n) Manning

TIPO DE CANAL	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.020
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza tupida	0.050	0.080	0.120
Río en planicies de cauce recto sin zonas con piedras y malezas	0.025	0.030	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.040	0.600

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC

Se utilizó las siguientes fórmulas para el calculo

Tipo de sección	Área A (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2}) D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Se obtuvieron los siguientes resultados para el cálculo de alcantarillas

Cuadro 30: Cálculo del caudal y diámetros de tuberías.

Microcuenca	Progresiva	Obra proyectada	Q (m <sup>3</sup> /s)	S (m/m)	n	Rh (m)	V (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	P mojado (m)	Radio (m)	D (m)	D (pulg)	D mín. (pulg)
1	04+230	Alcantarilla	11.61	0.02	0.02	0.56	5.16	2.24	3.949	0.94	1.88	74.24	80

Fuente: Elaboración propia

Con los diámetros adoptados se vuelve a calcular la velocidad del flujo de agua, se determinó alcantarilla con diámetro 80”.

Figura 15: Diámetros y espesores de tuberías comerciales para alcantarilla

DIÁMETRO		DESARROLLO	SECCIÓN	PERÍMETRO	ESPESOR	H <sub>c</sub>	AR <sub>c</sub> <sup>2/3</sup>
mm.	plg.	pl	(m <sup>2</sup> )	(m)	(mm.)	(m)	
600	24	6	0,283	1,885	2,00	0,563	0,086
800	32	8	0,503	2,513	2,00	0,750	0,185
900	36	9	0,636	2,827	2,00	0,844	0,253
1000	40	10	0,785	3,142	2,50	0,938	0,335
1200	48	12	1,131	3,770	2,50	1,126	0,545
1500	60	15	1,767	4,712	3,00	1,407	0,988
1800	72	18	2,545	5,655	3,50	1,688	1,607
2000	80	20	3,142	6,283	3,50	1,876	2,129

Fuente: Prodac bekaert

Cuadro 31: Cálculo de las velocidades con los diámetros adoptados

Microcuenca	Progresiva	Obra proyectada	Q (m3/s)	S (m/m)	n	Rh (m)	V (m/s)	A (m2)	P mojado (m)	Radio (m)	D (m)	D (pulg)	D mín. (pulg)
1	04+230	Alcantarilla	11.61	0.02	0.02	0.56	5.16	2.24	3.949	0.94	1.88	74.24	80

Fuente: Elaboración propia

Se determinó el cálculo del diámetro medio de los elementos de protección en la salida de las alcantarillas para evitar erosiones o socavones, mediante la fórmula de Laushey que está en función a la velocidad del flujo.

$$d_{50} = \frac{V^2}{(3.1g)}$$

Cuadro 32: Cálculo del diámetro medio de los elementos de protección

Cuenca	Progresiva	Obra proyectada	V (m/s)
1	04+230	Alcantarilla	5.433

Fuente: Elaboración propia

Una medida de disipar energía hidráulica es construir aliviaderos de entrada y salida de la alcantarilla en forma escalonada.

### 3.3.3.5 Consideraciones de aliviadero o alcantarillas de alivio

Cuadro 33: Parámetros hidrológicos de aliviaderos

OBRA DE ARTE	PROGRESIVA (Km)	PERIODO T (AÑOS)	PRECIPITACIÓN (MM)	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS		
				ÁREA (Km2)	LONG. (m)	PENDIENTE (m/m)
ALIVIADERO 1	Km 00+ 860	30	68.7	0.02	0.2	0.24
ALIVIADERO 2	Km 01+ 400	30	68.7	0.032	0.32	0.128
ALIVIADERO 3	Km 02+ 060	30	68.7	0.0268	0.268	0.146
ALIVIADERO 4	Km 02+ 360	30	68.7	0.0344	0.344	0.288

ALIVIADERO 5	Km 03+ 860	30	68.7	0.0225	0.225	0.231
ALIVIADERO 6	Km 04+ 880	30	68.7	0.0157	0.157	0.414
ALIVIADERO 7	Km 05+ 180	30	68.7	0.0176	0.176	0.426
ALIVIADERO 8	Km 05+ 820	30	68.7	0.0514	0.514	0.062
ALIVIADERO 9	Km 06+ 500	30	68.7	0.0678	0.678	0.142
ALIVIADERO 10	Km 07+ 680	30	68.7	0.082	0.82	0.126
ALIVIADERO 11	Km 07+ 880	30	68.7	0.105	1.05	0.424
ALIVIADERO 12	Km 08+ 700	30	68.7	0.0367	0.367	0.09
ALIVIADERO 13	Km 08+ 920	30	68.7	0.0867	0.867	0.215
ALIVIADERO 14	Km 09+ 320	30	68.7	0.0653	0.653	0.127

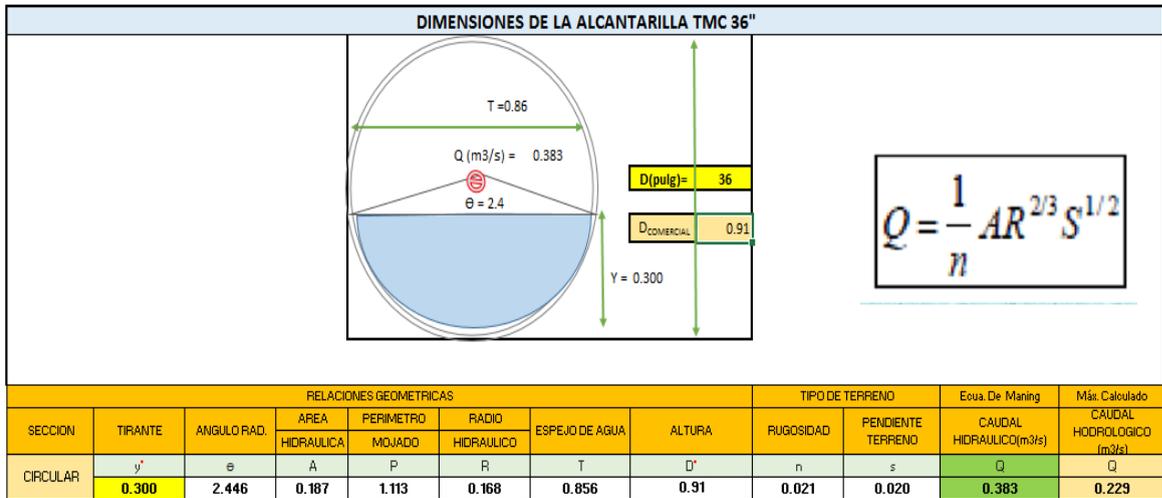
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34: Cálculo del caudal hidrológico de aliviaderos

OBRA DE ARTE	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS			TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (M. Kirpich)	INTENSIDAD (MM/H)	C	Q= C*I*A*/3.60 (m3/S)
	AREA (Km2)	LONG. (m)	PENDIENTE (m/m)				
ALIVIADERO 1	0.02	0.2	0.24	0.01	22.509	0.35	0.044
ALIVIADERO 2	0.032	0.32	0.128	0.018	22.509	0.35	0.07
ALIVIADERO 3	0.027	0.268	0.146	0.015	22.509	0.35	0.059
ALIVIADERO 4	0.034	0.344	0.288	0.014	22.509	0.35	0.075
ALIVIADERO 5	0.023	0.225	0.231	0.011	22.509	0.35	0.049
ALIVIADERO 6	0.016	0.157	0.414	0.007	22.509	0.35	0.034
ALIVIADERO 7	0.018	0.176	0.426	0.007	22.509	0.35	0.039
ALIVIADERO 8	0.051	0.514	0.062	0.034	22.509	0.35	0.112
ALIVIADERO 9	0.068	0.678	0.142	0.031	22.509	0.35	0.148
ALIVIADERO 10	0.082	0.82	0.126	0.037	22.509	0.35	0.179
ALIVIADERO 11	0.105	1.05	0.424	0.028	22.509	0.35	0.229
ALIVIADERO 12	0.037	0.367	0.09	0.023	22.509	0.35	0.08
ALIVIADERO 13	0.087	0.867	0.215	0.032	22.509	0.35	0.19
ALIVIADERO 14	0.065	0.653	0.127	0.031	22.509	0.35	0.143

Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Cálculo hidráulico de la alcantarilla de alivio (36") con mayor caudal hidrológico.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 35: Cálculo hidráulico de alcantarillas de alivio

Relaciones geométricas de las alcantarillas de alivio										Tipo de terreno		Ecu. de Manning	Máx. calculado
Progresiva del Aliviadero	Tirante	Diámetro (Pulg.)	Diámetro Comercial (M)	Ángulo Rad.	Área	Perímetro	Radio	Espejo de agua	Altura	Rugosidad	Pendiente Terreno	Caudal Hidráulico (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Hidrológico (m <sup>3</sup> /s)
					Hidráulica	Mojado	Hidráulico						
	Y	D"	D (com.)	Θ	A	P	R	T	D	N	s	Q	Q
Km 00+ 860	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.91	0.021	0.020	0.801	0.044
Km 01+ 400	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.070
Km 02+ 060	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.058
Km 02+ 360	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.075
Km 03+ 860	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.049
Km 04+ 880	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.034
Km 05+ 180	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.038
Km 05+ 820	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.112
Km 06+ 500	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.148
Km 07+ 680	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.179
Km 07+ 880	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.229
Km 08+ 700	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.080
Km 08+ 920	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.189
Km 09+ 320	0.45	36	0.91	3.120	0.321	1.419	0.226	0.910	0.910	0.021	0.020	0.801	0.142

Fuente: Elaboración propia

Los diámetros de aliviaderos o alcantarillas de alivio se generalizaron de 36 pulgadas, teniendo un buen desempeño según el cálculo; en el diseño se consideró que el caudal hidráulico sea mayor que el caudal hidrológico para un óptimo diseño.

### 3.4 Diseño geométrico de la carretera

#### 3.4.1 Clasificación de las carreteras

##### 3.4.1.1 Clasificación por demanda

Según la demanda de la carretera en diseño, se clasifico como una carretera de tercera clase con un IMDA menor a 400 veh/día; y un ancho de calzada de 6 metros, que corresponde a dos carriles de 3 metros cada uno.

##### 3.4.1.2 Clasificación por su orografía

Según su orografía este proyecto, se clasifico como un terreno accidentado (tipo 3), donde la carretera presenta pendientes transversales al eje de la vía entre 51 % y el 100 %, y sus pendientes longitudinales se encuentran entre el 6 % y 8 %, causa por la cual presenta dificultades en el trazo.

#### 3.4.2 Estudio de tráfico

##### 3.4.2.1 Generalidades

El IMDA, es el promedio aritmético del conteo diario de vehículos que circulan en un determinado lugar por un año, para el presente proyecto, se determinó que las categorías de vehículos M y N, transitan en tramo Lucma – Alto Tambillo

El presente proyecto tiene una longitud de 10 + 200 Km; la tasa de crecimiento vehicular se tomó el 3% según el INEI y que esta entre el rango 2% al 6% recomendado por el MTC; se diseñó el transito proyectado para un periodo de vida útil de 10 años.

##### 3.4.2.2 Conteo y clasificación vehicular

Para calcular el IMDA se realizó por conteo; se tomó datos de entrada y salida de vehículos en el kilómetro 0 + 000 (Lucma), con la finalidad de obtener el mayor volumen de tráfico. Se observó que el tráfico está compuesto de vehículos como: Autos, Station Wagon, Camioneta Pick Up, Combi, ómnibus B2, camión 2E.

### 3.4.2.3 Metodología

El estudio de tráfico se desarrolló de acuerdo a los parámetros establecidos en el manual de diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. El conteo se realizó en el Km 00+000 (Lucma), contándose la entrada y salida de vehículos durante las 24 horas del día por un lapso de siete días, del 22 al 28 de noviembre del 2019.

### 3.4.2.4 Determinación del índice medio diario (IMD)

El IMD un procedimiento que se utiliza para determinar el volumen de vehículos que transitan en un determinado lugar, además también sirve para determinar las características de diseño de la vía; se designó como el número de vehículos que transitan en un año dividido en 365 días que tiene el año.

### 3.4.2.5 Determinación del factor de corrección estacional (FCe)

Para determinar el factor de corrección estacional se toma como referencia una estación de peaje próximo al proyecto, con la finalidad de realizar la corrección correspondiente al volumen de tráfico la cual está en función a varios indicadores como, el clima, estaciones del año y cosechas.

Se consideró el FCe de la estación de peaje de Chicama del mes de abril (ver anexos) por el ser peaje más próximo al proyecto, estos datos son determinados por el MTC para los vehículos ligeros y pesados, a continuación, se muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 36: FCe (estación de peaje Chicama)

FCe Vehículos ligeros	1.01040906
FCe Vehículos pesados	1.07183728

Fuente: tablas de MTC (2000 -2010)

### 3.4.2.6 Resultados del conteo vehicular

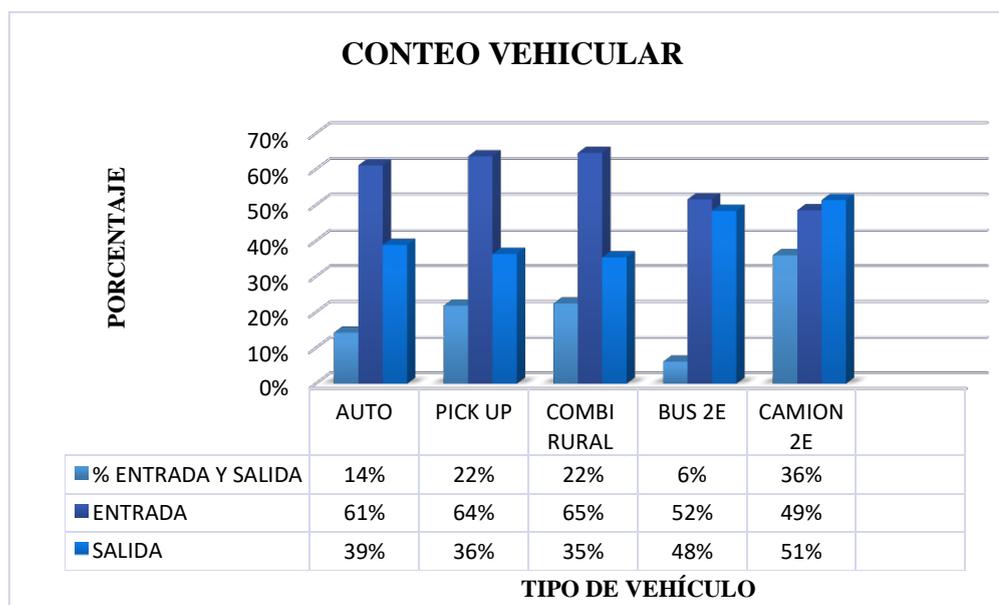
La cantidad registrada producto del conteo diario para el proyecto es de 503 vehículos en una semana, siendo la unidad con mayor incidencia los camiones 2E con un porcentaje de 36% con 177 veh/semanal.

Cuadro 37: Resumen de conteo vehicular

TRÁFICO VEHICULAR				
TIPO	ENTRADA	SALIDA	TOTAL	PORCENTAJE
VEHÍCULOS LIVIANOS				
AUTO	44	28	72	14%
PICK UP	70	40	110	22%
COMBI RURAL	73	40	113	22%
VEHÍCULOS PESADOS				
BUS 2E	16	15	31	6%
CAMION 2E	86	91	177	36%
			503	100%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Conteo vehicular



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.7 IMDA de estación

La cantidad de vehículos obtenidos por el conteo en campo se analizaron en una hoja de cálculo, reemplazándose en la siguiente expresión:

$$\text{IMDA} = \text{IMDs} * \text{FCe}$$

FCe: Factor de Corrección estacional.

Donde:

El volumen de los días laborales: (lunes a viernes)

Volumen clasificado de sábado : V<sub>sab</sub>

Volumen clasificado de domingo : V<sub>dom</sub>

Cantidad: Siete días de la semana

Cuadro 38: IMDA de la estación en campo Lucma

TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO					
TIPO DE VEHÍCULO	TOTAL SEMANAL	IMDs	FCe	IMDA	DISTRIBUCIÓN (%)
AUTOS	72	10	1.0104091	10	14%
PICK UP	110	16	1.0104091	16	22%
PICK UP	113	16	1.0104091	16	22%
BUS 2E	31	5	1.0718373	5	6%
CAMION 2E	177	27	1.0718373	27	36%
		74		74	100%

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que IMDA fue de 74 Vehículos/día.

Cuadro 39: IMDA actual por tipo de vehículo

TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO		
Tipo de Vehículo	IMDA	Distribución (%)
AUTOS	10	14%
PICK UP	16	22%
COMBI RURAL	16	22%
BUS 2E	5	6%
CAMION 2E	27	36%
IMDA	74	100%

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.2.8 Proyección de tráfico

Para realizar la proyección de tráfico se utilizó como fuente el INEI, la cual plantea criterios de crecimiento socioeconómicos entre el 2% y 6%; además nos brinda información sobre la tasa de crecimiento anual de la población que es el  $r=2.5\%$  y la tasa de crecimiento anual del PBI que es el  $r=4.10\%$ ; estos valores están dados para caminos de bajo volumen de tránsito, para el análisis se utilizó la siguiente expresión:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Cuadro 40: Proyección de tráfico normal

PROYECCIONES DE TRÁFICO NORMAL												
Tipo de vehículo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nº años		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tráfico normal	74	74	74	80	81	84	86	90	91	94	98	99
AUTOS	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	13	13
PICK UP	16	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	20
COMBI	16	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	20
BUS 2E	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7
CAMION 2E	27	27	27	29	30	31	32	34	35	36	38	39

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.9 Tráfico generado.

El diseño para el tráfico generado se realizó para una proyección de 10 años, teniendo en cuenta el crecimiento de la población, su actividad económica y el crecimiento del tránsito vehicular.

Para obtener el tráfico generado se multiplico el tráfico normal por el factor de crecimiento anual del tránsito vehicular, resultado que se redondeó a la mayor cifra entera.

Cuadro 41: Tráfico generado

PROYECCIONES DE TRÁFICO GENERADO												
Tipo de vehículo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
N° años		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TRÁFICO GENERADO	0	0	11	11	11	13	13	13	14	14	14	14
AUTOS			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PICK UP			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
COMBI RURAL			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
BUS 2E			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAMION			4	4	4	4	4	4	5	5	5	5

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.10 Tráfico total

El tráfico total se obtiene sumando el tráfico generado y el tráfico normal dando como resultado un total de 113 veh/día para el año 2030.

Cuadro 42: Índice medio diario 2019 – 2030

PROYECCIÓN DEL TRÁFICO TOTAL												
Tipo de vehículo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
N° años		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AUTOS	10	10	12	13	13	13	14	14	14	14	15	15
PICK UP	16	16	18	19	19	21	21	22	22	23	23	23
COMBI RURAL	16	16	18	19	19	21	21	22	22	23	23	23
BUS 2E	5	5	6	7	7	7	7	7	7	7	8	8
CAMION 2E	27	27	31	33	34	35	36	38	40	41	43	44
IMDA TOTAL	74	74	85	91	92	97	99	103	105	108	112	113

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.11 Cálculo de ejes equivalentes

Para obtener el cálculo del ESAL de diseño se tomó el índice medio diario del tráfico vehicular proyectado para el 2019. Para determinar los ejes equivalentes (EE), se tomó el camión 2E (8.20 toneladas) de diseño mediante la siguiente tabla:

Cuadro 43: Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos (ver anexo 11).

Para calcular los ejes equivalentes, se excluyeron los vehículos livianos por tener baja incidencia en la repercusión de cargas en el pavimento. Se obtuvo el siguiente cuadro de EE, usando las fórmulas expresadas en la tabla anterior:

Cuadro 44: Relación de cargas por eje

Tipo de Vehículo	CARGA DE EJES DELANTEROS		CARGA DE EJES POSTERIORES		Eje Equivalente (EE8.2 tn)
	P (Ton.)	EE	P (Ton.)	EE	
Bus 2E	7	1.265367	10	2.211794	3.477160
Camión 2E	7	1.265367	11	2.211794	3.477160
Camión 3E	7	1.265367	16	1.260585	2.525952

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el número de repeticiones de EE, se hizo el uso de la siguiente expresión:

$$N_{rep} \text{ de EE } 8.2 \text{ ton} = \Sigma[(EE \text{ día-carril}) * (365 \text{ días del año}) * (\text{factor de crecimiento acumulado})]$$

$$EE \text{ día-carril} = (EE) * (\text{Factor direccional}) * (\text{Factor carril})$$

$$EE = (N^{\circ} \text{ de vehículos según tipo}) * (\text{Factor de carga}) * (\text{factor de presión de llantas}).$$

Cuadro 45: Cálculo de ejes equivalentes (EE)

Tipo de Vehículo	IMD proyectado	Factor carga	Factor de presión	EE
BUS 2E	5	3.477160	1.00	17.39
CAMIÓN 2E	27	3.477160	1.00	93.88
				111.27

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 46: Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño (EE día-carril)

Tipo de Vehículo	EE	Fd	Fc	EE día-carril
BUS 2E	17.4	0.5	1	8.692900788
CAMIÓN 2E	93.9	0.5	1	46.94166425
				55.63456504

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 47: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2tn

EE día-carril	Días del año	FCa	Nrep de EE8.2 ton
55.635	365	11.46	232792.6
			2.33E+05

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.2.12 Clasificación de vehículo

Según la DG-2018, se determinó el camión (C2) como vehículo de diseño, ya que guarda los parámetros y características exigidas por este proyecto.

Figura 18: Clasificación del vehículo de diseño (ver anexo 12).

#### 3.4.3 Parámetros básicos para el diseño

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

Para el año 2019 se obtuvo un IMDA de 74 vehículos, siendo 42 vehículos livianos y 32 vehículos pesados.

### 3.4.3.2 Velocidad de diseño

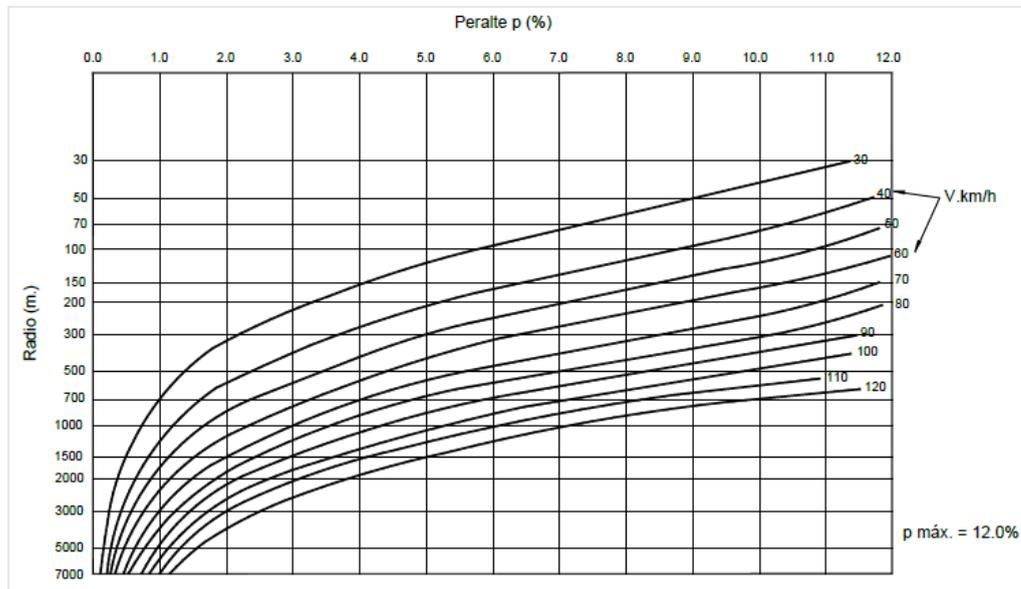
La velocidad de diseño está en función de la orografía de la zona o su demanda de acuerdo a la DG-2018; para este proyecto se utilizó una velocidad de diseño de 30 km/h, según el siguiente cuadro:

Cuadro 48: Velocidad directriz (ver anexo 13).

### 3.4.3.3 Radios mínimos

Para determinar la relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño se utilizó la siguiente figura:

Figura 19: Determinación de peralte



Fuente: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” DG – 2018, Pág.131.

Para determinar la fricción transversal máxima en curvas se utilizó el siguiente cuadro:

Cuadro 49: Determinación de la fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de diseño km/h	F máx.
30 (ó menos)	0.17

Fuente: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” DG – 2018, Pág.132.

Cuadro 50: Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos y valores límites de fricción (ver anexo 14).

Se determinó el uso de un radio mínimo de 30 metros y 250 metros como radio máximo en las curvas horizontales.

#### 3.4.3.4 Anchos mínimos de calzada en tangente

Para determinar el ancho de la calzada en tangente, de acuerdo al servicio requerido al finalizar el periodo de diseño, tomando como base el nivel de la orografía del proyecto.

En conclusión, se determinó el ancho y el número de carriles para tener una capacidad y nivel de servicio adecuado.

Cuadro 51: Ancho mínimos de calzada en tangente (ver anexo 15).

Se determinó un ancho de calzada de 6.00 metros lineales en tramos de tangentes.

#### 3.4.3.5 Distancia de visibilidad

La longitud continúa prolongada hacia delante de una carretera es importante para que un conductor pueda realizar con seguridad las diversas maniobras donde sea vea obligado a efectuarlo.

Para el diseño de la carretera se tomó en cuenta las distancias de visibilidad de paso o adelantamiento y distancias de visibilidad de parada, que se aplicaran en una rasante de pendiente uniforme y en el alineamiento de forma recta.

#### 3.4.3.6 Distancia de visibilidad de parada.

Es longitud mínima que requiere un vehículo que viaja a una velocidad de diseño, para que se detenga frente a cualquier eventualidad que se presente en la vía.

Para calcular la distancia de para se tiene que tener en cuenta el tiempo de reacción más la percepción y la distancia que recorre el vehículo hasta su frenado en su totalidad.

A lo largo de la vía se tiene que tener una visibilidad mayor a los siguientes valores dados por la tabla 205.1 de la DG-2018

Cuadro 52: Distancia de visibilidad de parada con pendientes (ver anexo 16).

De acuerdo al capítulo 3 de AASHTO, la distancia de reacción de frenado es determinado en 2.5 segundos y la velocidad de desaceleración de 3.4 m/s<sup>2</sup>.

#### 3.4.3.7 Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento.

Es la distancia mínima que necesita un conductor para sobrepasar a otro que viaja a una menor velocidad con facilidad y seguridad, sin ocasionar un cambio de velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se visualiza al iniciar la maniobra.

Para que inicia la maniobra de sobrepaso, los vehículos que viajan en el mismo sentido deben tener una velocidad de 15 km/h y el que viaja en sentido contrario debe tener una velocidad de diseño.

La DG-2018, recomienda se procure diseñar distancias mayores a lo establecido en el siguiente cuadro

Cuadro 53: Distancia mínima de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles en dos sentidos (ver anexo 17).

#### 3.4.4 Diseño geométrico en planta

##### 3.4.4.1 Generalidades

El alineamiento horizontal, está formado por curvas circulares, de curvatura variable y alineamientos rectos, que permiten una transición moderada al pasar de un alineamiento recto a curvas circulares o viceversa. Además, se debe mantener la operación sin interrumpir la velocidad de diseño, tratando de conservar la mayor longitud de carretera.

Para el diseño se consideró los tramos en tangente, el diseño de las Curvas circulares y el diseño de las Curvas de transición.

##### 3.4.4.2 Tramos en tangente

La siguiente figura muestra las longitudes mínimas admisibles y máximas que son deseable en tramos en tangente, y están en función a la velocidad de diseño:

Cuadro 54: Longitudes en tramos en tangente

V (km/h)	L mín.-s (m)	L mín.-o (m)	L-máx. (m)
30	42	84	500

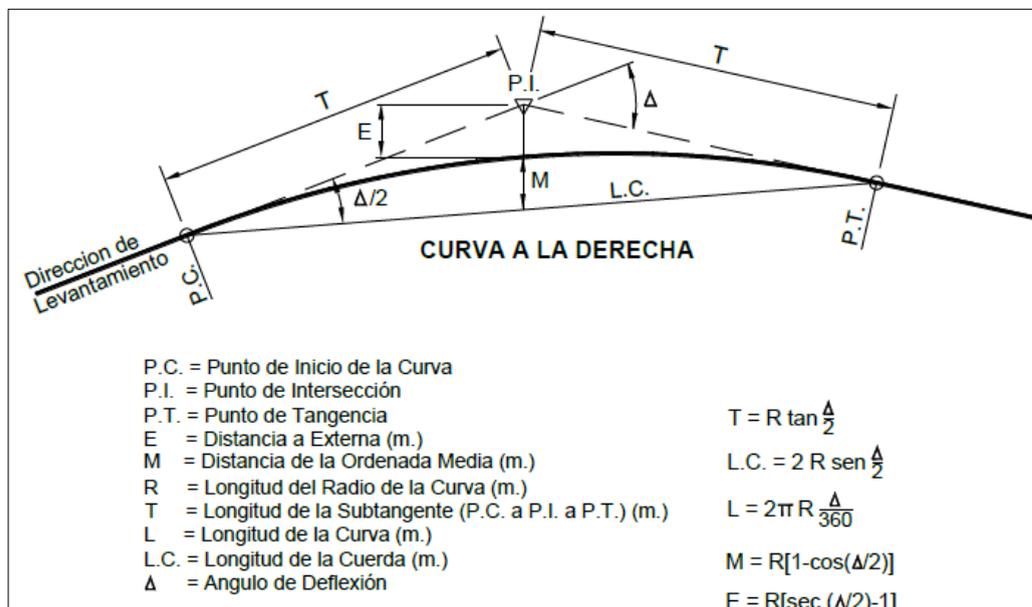
Fuente: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” DG – 2018, Pág.127

Dónde: L(mín.s): Longitud mínima (m) para trazos en “s” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario, L(mín.o): Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamientos rectos entre alineamiento con radios de curvatura del mismo sentido, L(máx.): Longitud máxima deseable (m), V: velocidad de diseño (km/h).

### 3.4.4.3 Curvas circulares

Las curvas horizontales circulares son las que llevan un solo radio como arco de circunferencia y unen dos tangentes consecutivas, conformando una proyección horizontal en las curvas reales o espaciales.

Figura 20: Elementos de curva circular



Fuente: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” DG – 2018, Pág.128

### 3.4.4.4 Curvas de transición

Las curvas de transición representan lineamientos helicoidales que tienen como finalidad evitar la discontinuidad en la curvatura del trazo, además deben garantizar la misma holgura, seguridad y estética que el resto de elementos del trazo.

Para tener una mejor longitud de transición, es necesario modificar de forma gradual los elementos de diseño en las longitudes de curva provistos de peralte y sobre ancho. La siguiente figura muestra la longitud de transición mínima que debe tener una curva de transición:

Cuadro 55: Longitud mínima de curva de transición

Velocidad km/h	Radio mín.- m	J m/s <sup>3</sup>	Peralte máx. %	A mín. m <sup>2</sup>	Longitud de transición (L)	
					Calculada (m)	Redondeada (m)
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30

Fuente: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” DG – 2018, Pág.140

Para carretera de tercera clase solo se empleará en las curvas de volteo la longitud de transición por presentar menores radios según la siguiente la figura:

Cuadro 56: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de tercera clase (ver anexo 18).

Para determinar la longitud de las curvas de transición se emplearon las siguientes formulas citadas por la DG-2018, en nuestro caso la velocidad de diseño es de 30 km/h.

$$L_{mín} = 0.0178 \frac{V^3}{R} ; L_{máx} = (24R)^{0.5}$$

Cuadro 57: Longitud de Curvas de Transición de la Carretera Proyectada

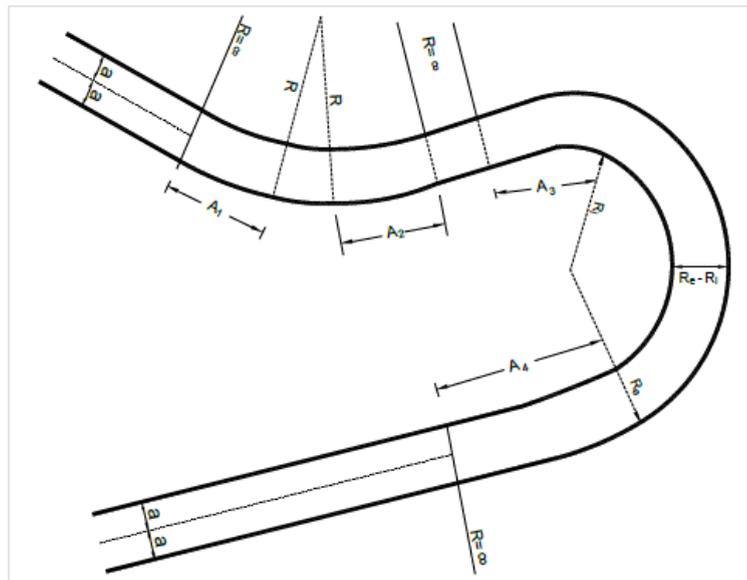
Velocidad (km/h)	Radio mín. (m)	Longitud de transición (L)		
		L.mín (m)	L.máx (m)	Adoptada en el diseño (m)
30	30	13.73143	28.98	25

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.4.5 Curvas de vuelta

Son las que se proyectan en una ladera y en zonas accidentadas, con la finalidad de obtener una cota mayor, se debe tener en cuenta de no sobrepasar las pendientes máximas de diseño; además no es posible diseñar mediante alineamientos alternos. La orientación de la curva de vuelta terminará definida por los dos arcos de radio interior " $R_i$ " y radio exterior " $R_e$ ".

Figura 21: Curva de vuelta



Fuente: Manual de Carreteras "Diseño Geométrico", DG – 2018, Pág.151

En el diseño se consideró las curvas de volteo de radios mínimos normales de 8m y radios máximos de 19m. Radios mínimos y máximos para el camión C2.

Cuadro 58: Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado (ver anexo 19).

### 3.4.5 Diseño geométrico en perfil

#### 3.4.5.1 Generalidades

El alineamiento vertical está formado por curvas parabólicas, delineadas por rectas que representan el inicio de las tangentes; por lo tanto, como las pendientes en el desarrollo del diseño son variables, cuando sea positiva el alineamiento se incrementando con las cotas y si es negativa el alineamiento va disminuyendo con

las cotas. En el alineamiento vertical se debe mantener la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de la vía.

En general, la orografía de la carretera nos determinara los elementos de las curvas, si es cóncava o convexa; y la velocidad de diseño controlara la distancia de visibilidad.

#### 3.4.5.2 Pendiente

##### Pendiente mínima

En todo el tramo de la carretera debe existir un pendiente como mínima del 0.5%, con la finalidad de obtener un adecuado drenaje de las aguas superficiales.

##### Pendiente máxima

En el caso de una carretera de tercera clase y que supera una altitud de 3000 msnm, las pendientes están obligadas a ser reducidas en 1%, si el terreno es accidentado o escarpado.

La DG-2018, en su tabla 303.01, determina las siguientes pendientes máximas para los diferentes tipos de vía:

Cuadro 59: Pendientes máximas según su velocidad de diseño (ver anexo 20).

La pendiente máxima usada en este proyecto es de 8.00%.

#### 3.4.5.3 Curvas verticales

Se determinó realizar curvas verticales cuando la diferencia entre la pendiente de entrada y salida sea mayor al 2%.

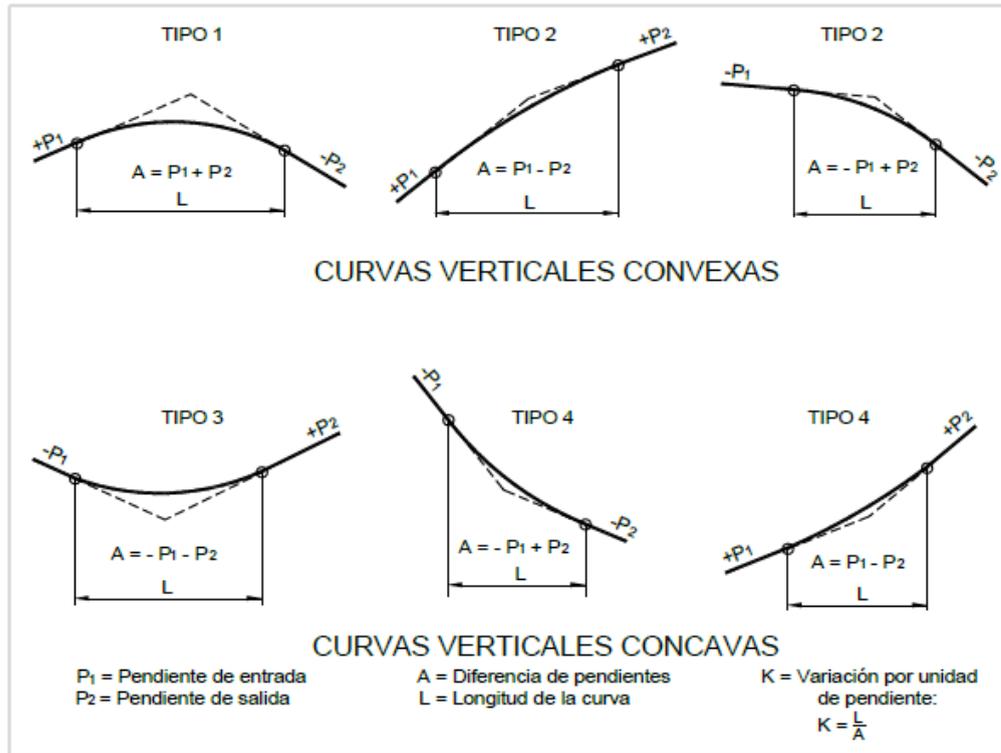
Las curvas verticales parabólicas, son delimitadas por su parámetro de curvatura K, que determina la longitud en metros de la curva en el plano horizontal, con 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = \frac{L}{A}$$

##### Tipos de curvas verticales

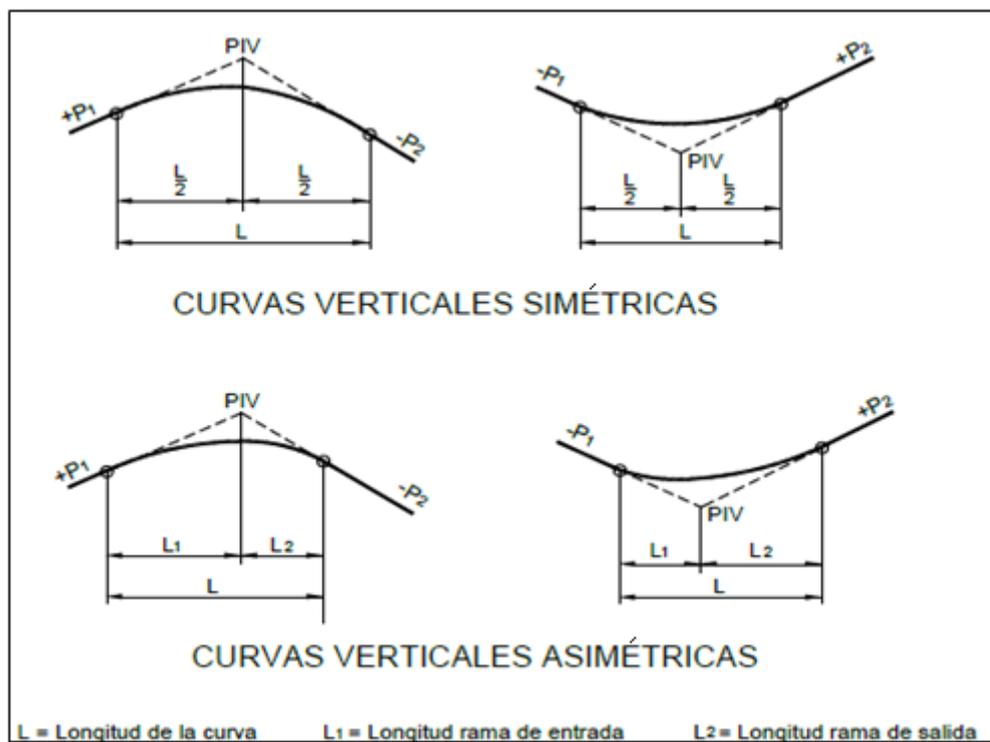
De acuerdo a su forma las curvas verticales se pueden clasificar como; convexas y cóncavas; y sus ramas determinan su simetría y asimetría.

Figura 22: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Fuente: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” figura 303.02, DG – 2018, Pág.175

Figura 23: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.



Fuente: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” figura 303.03, DG – 2018, Pág.175

La DG-2018, en su tabla 303.02, determina los valores del índice K para curvas verticales convexas en carreteras de tercera clase, controlados por la velocidad de parada y la velocidad de paso, estos valores son mínimos y se recomienda ser respetados.

Cuadro 60: Valores del índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase. (ver anexo 21).

La DG-2018, en su tabla 303.03, determina los valores del índice K para curvas verticales cóncavas en carreteras de tercera clase, controlados por la velocidad de parada, estos valores son mínimos y se recomienda ser respetados.

Cuadro 61: Valores del índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase. (ver anexo 22).

### 3.4.6 Diseño geométrico de la sección transversal

#### 3.4.6.1 Generalidades

Se debe tener en cuenta la zona destinada a la calzada, y que estas deben cumplir con los parámetros exigidos por la DG-2018, en este alineamiento horizontal encontramos las bermas, taludes, cunetas y otros elementos complementarios.

#### 3.4.6.2 Bermas

Son franjas longitudinales, adyacentes y paralelas a la calzada, que tienen como finalidad confinar la superficie de rodadura y tiene la función brindar seguridad para el estacionamiento de los vehículos en caso fortuito. De acuerdo a la tabla 304.02 de la DG-2018, determina el ancho de berma a utilizarse de acuerdo a la orografía y demanda de la carretera:

Cuadro 62: Ancho de berma (ver anexo 23).

De acuerdo al DG-2018 se determinó un ancho mínimo de berma de 0.50 metros.

La DG-2018, determina que, para carreteras de tercer orden, en los tramos de tangente las bermas deben seguir la inclinación del pavimento, para este proyecto se utilizó una inclinación de 4.0%.

#### 3.4.6.3 Bombeo

Es la inclinación transversal que se da a la calzada con la finalidad de evacuar las precipitaciones pluviales. El bombeo va a depender del tipo de carretera y los niveles de precipitaciones.

La DG-2018, en su tabla 304.03, determina parámetros que debe tener el bombeo en la calzada, siendo la siguiente:

Cuadro 63: Valores del bombeo de la calzada (ver anexo 24).

La superficie de rodadura tendrá un bombeo del 2.5% para evacuar las aguas superficiales.

#### 3.4.6.4 Peralte

Es importante determinar el peralte en las curvas, ya que está destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo en movimiento.

Las curvas horizontales obligatoriamente deben estar peraltadas, con excepción de los parámetros establecidos por la tabla 304.04 de la DG-2018:

Cuadro 64: Valores de radio a partir de los no es necesario peralte (ver anexo 25).

La tabla 304.05 de la DG-2018, determina los peraltes máximos para cada clase de carretera.

Cuadro 65: Valores de peralte máximo (ver anexo 26).

El proyecto considera un valor de peralte máximo de 12%.

#### 3.4.6.5 Taludes

Los taludes varían de acuerdo a las características geométricas del terreno; sus parámetros como la altura, inclinación y otros detalles complementarios de diseño, se determinan en función al estudio de mecánica de suelos, con la finalidad de determinar las condiciones de estabilidad.

La DG-2018, en su tabla 304.10, determina parámetros referenciales de taludes en zona de corte:

Cuadro 66: Valores referenciales para taludes en corte; (\*): Requerimiento de banquetes y/o estudio de estabilidad (ver anexo 27).

La DG-2018, en su tabla 304.11, determina los valores en zonas de relleno, que varían en función de las características del material que está formado.

Cuadro 67: Taludes referenciales en zonas de relleno (ver anexo 28).

Para el proyecto se utilizará un talud de corte de 1:1.2 (H: V) y un talud de relleno de 1:1.5 (H: V)

#### 3.4.6.6 Cunetas

Son canales ubicados lateralmente a lo largo de la vía, que tienen como función evacuar el agua superficial que escurren de la calzada, taludes y áreas alrededor. Su sección es triangular sin revestir por la coyuntura de diseño, su pendiente es de 0.5% por ser sin revestir y sus dimensiones se determinan de acuerdo con la pendiente, intensidad de precipitación, área de drenaje y la compostura de suelo.

Las cunetas cuya sección triangular es 0.50m de alto medido desde el vértice por 1.20 de tirante, tendrá un talud interior de 1:2 y un talud exterior de 1.5:1

#### 3.4.7 Resumen y consideraciones de diseño en zona rural

Cuadro 68: Cuadro Resumen de Consideraciones Geométricas (ver anexo 29).

#### 3.4.8. Diseño del pavimento (Tratamiento superficial bicapa)

##### 3.4.8.1. Generalidades

La carretera en estudio presento un IMDa 74 veh/día en ambos sentidos y su número de repeticiones acumuladas de EE (8.2ton) fue de  $2.33 \times 10^5$ , que está entre los rangos  $150,000 < EE \leq 300,000$ , y según el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos pertenece a un tipo de tráfico (Tp1).

Cuadro 69: Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn en el carril de diseño. (ver anexo 30).

Según el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, en su cuadro 12.4, brinda parámetros para identificar la clase de sub rasante con respecto al análisis del CBR:

Cuadro 70: Categorías de sub rasante (ver anexo 31).

### 3.4.8.2. Datos del CBR mediante el estudio de suelos

Según el análisis del estudio de mecánica de suelos, se obtuvo un CBR de mínimo de 13.17% al 95% de su máxima densidad seca, clasificándola según el cuadro anterior como una sub rasante buena que está entre los parámetros del 10% y 20%. A continuación, se muestra el porcentaje de CBR de las calicatas analizadas:

Cuadro 71: CBR de diseño al 95%.

Número de Calicatas	CBR diseño al 95%
C – 01	15.8
C – 03	13.17
C – 05	14.91

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al análisis del CBR para la cantera se obtuvo un porcentaje del 124.00% al 100% de su máxima densidad seca, porcentaje que es óptimo para el uso como sub base y base granular según las secciones 402 y 403 de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras.

Cuadro 72: Valor relativo de soporte, CBR en base granular (ver anexo 32).

### 3.4.8.3. Espesor del pavimento (tratamiento superficial bicapa)

Para el cálculo del espesor del pavimento (tratamiento superficial bicapa) se tomó el catálogo de estructuras de pavimento flexible alternativa de superficie de rodadura: tratamiento superficial bicapa para un periodo de diseño de 10 años.

Según el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en su figura N° 12-3, estable espesores estándares con respecto al porcentaje del CBR, siendo las siguientes:

Figura 24: Catálogo de estructura de pavimento flexible alternativa de superficie de rodadura.

<p>&gt; 10% CBR &lt; 20%</p>	<p>&gt; 11,150psi (76.9MPa)  &lt; 17,380psi (119.8MPa)</p>	<p>T.S.B.</p>	<p>T.S.B.</p>	<p>T.S.B.</p>
--------------------------------------	--	---------------	---------------	---------------

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Pág.179

Finalmente se obtuvo una estructura de 20 cm de subbase, 25 cm de base que corresponden a un tráfico Tp1 y 5 cm de capa estructural con tratamiento superficial bicapa.

### 3.4.9. Señalización

#### 3.4.9.1 Señales verticales

El siguiente proyecto tendrá señales verticales instaladas a un lado de la vía con la finalidad de reglamentar el tránsito, mediante palabras o símbolos que son establecidos por el Ministerio de transporte y comunicaciones; a continuación, se describen las señales verticales que se utilizarán:

Señales reguladoras o reglamentarias; son las señales de tránsito que tienen como finalidad notificar a los conductores que transitan sobre una vía sobre las obligaciones, prohibiciones y restricciones, que deben tener en cuenta para transitar con seguridad y comodidad. En el proyecto se utilizará la siguiente descripción:

- (R-16) Señal de prohibido adelantar
- (R-30) Señal velocidad máxima (30km/h)

Las señales de prevención; en el presente proyecto se instalarán hasta una distancia no mayor de 30 metros antes de una curva, además debe tener una distancia no mínima de 30 metros entre otra señal de tránsito y a una distancia de lectura de 60 metros. Se utilizará las siguientes descripciones:

- (P-1A) Señal pronunciada curva a la derecha
- (P-1B) Señal pronunciada curva a la izquierda
- (P-2A) Señal curva a la derecha
- (P-2B) Señal curva a la izquierda
- (P-5-1) Señal de camino sinuoso a la derecha
- (P-5-1A) Señal camino sinuoso a la izquierda
- (P-5-2A) Señal curva en “U” a la derecha
- (P-5-2B) Señal curva en “U” a la izquierda
- (P-35) Señal fuerte pendiente en descenso
- (P-35C) Señal fuerte pendiente en ascenso

Las señales de información, en este proyecto brindara información sobre las distancias a los centros poblados, kilometraje de la carretera, nombre de los lugares, zonas turísticas de existir y servicios; y se utilizaran las siguientes descripciones:

- (I-2A) Señal de hitos de kilométricos
- Señal localización (Lucma, cruce Alto Tambillo)

Según el manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, nos brinda parámetros sobre las dimensiones de las señales informativas de acuerdo a una velocidad menor o igual a 50 km/h, parámetro que se encuentra de acuerdo a la velocidad de diseño del proyecto. Las dimensiones son las siguientes:

Las señales verticales serán ubicadas a una distancia mínima de 1.20 y 3 metros como máximo entre el borde de la calzada y la señal. Su altura mínima será de 1.50 metros con respecto al nivel de la carpeta de rodadura.

Cuadro 73: Señalización vertical (ver anexo 33).

#### IV. DISCUSIÓN

1. El estudio topográfico consiste en una serie de procedimientos que permiten llevar a cabo una representación real de la superficie, ubicación, elevaciones de un terreno determinado, y son plasmados en planos a escalas adecuadas, estos planos se orientan a reproducir la geometría en planta, perfiles longitudinales de la vía, así como las correspondientes secciones transversales, puntos y progresivas. En el presente estudio se encontró una orografía accidentada tipo III con una pendiente longitudinal máxima de 8.00% y mínima de 1.87%; y pendientes transversales entre el rango de 51% y 100%, resultados que coinciden con Miñano (2017), que en su tesis **Diseño de la carretera cruce Huamanmarca – Loma Linda, distrito de Mache, provincia de Otuzco, departamento de La Libertad**, concluyó que su estudio presento una orografía de tipo III, con pendientes longitudinales entre 1.52% a 7.52% y pendientes transversales entre el rango de 51% y 100%.
2. En el resultado de mecánica de suelos se encontró un terreno conformado por arenas limosas arcillosas (SM-SC, según la clasificación SUCS) y A-4, A-6, A-2-4(0), es decir, suelo regular a malo (según la clasificación AASHTO), con un CBR de la subrasante al 95% de 13.17% de su máxima densidad seca, y un CBR de la cantera al 100% de 124.00% de su máxima densidad seca; resultados que guardan similitud con Choctalin y Guevara (2017) que en su tesis **Diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, distrito de Santo Tomas – provincia de Luya – Amazonas**, encontró arcillas inorgánicas de baja plasticidad (SC), arenas arcillosas con limos (SC) y gravas de baja plasticidad (SM); con un CBR de 11% de la sub rasante.
3. El estudio hidrológico y obras de arte consiste en determinar los caudales de diseño para la elaboración de cunetas, alcantarillas, badenes u otras estructuras necesarias para evacuar el exceso de agua proveniente de las lluvias y aumento de flujo de las cuencas. En el presente estudio hidrológico se determinó el caudal hidrológico máximo de 0.147 m<sup>3</sup>/s para el diseño de cunetas triangulares de dimensiones de 0.50m de ancho por 0.30m de alto, con una pendiente de 1%. Se diseñó catorce alcantarillas de alivio de TMC (tubería metálica corrugada) de 36” de diámetro; y una alcantarilla de paso de TMC de 80” de diámetro; resultados que tienen diferencia con Rodríguez (2017) que en su tesis **Mejoramiento de la carretera**

**Mochumi San Sebastián – Sector Collique – Fundo Dionisio – El Salitral (3.17KM) en Distrito de Mochumi – Lambayeque**, determinó un caudal hidrológico máximo de 0.187 m<sup>3</sup>/s para el diseño de cunetas de sección triangular de 0.20 m x 0.50 m y seis alcantarillas de paso TMC de 48” de diámetro.

4. En el resultado del diseño geométrico de la vía se determinó una velocidad de diseño de 30 km/h; radios mínimos en curvas horizontales de 25 m; una pendiente longitudinal máxima de 8.00% y mínima de 1.87%; en curvas de volteos radios mínimos exteriores de 19 m y 8 m en los radios interiores; una radio mínimo de 30 metros y 250 metros de radio máximo en curvas horizontales, un ancho de calzada de 6 metros con un bombeo de 2.5%, una pendiente del 4% en bermas; una relación de talud en terraplenes de 1:1.5; una relación de talud de corte de 1:1.2, un peralte máximo del 12%; una longitud mínima de 15 m de derecho de vía; que en comparación con el proyecto de investigación **Estudio y diseño de la vía el Salado – Manantial de Guangala del Cantón Santa Elena**”, tuvo como objetivo general, **realizar el estudio y diseño de la vía el Salado – Manantial de Guangala del Cantón Santa Elena** de Suárez y Vera (2015), se diferencia que en el diseño geométrico de la vía obtuvieron como resultados una sección típica compuesta por dos carriles de 3.35 m cada uno, bermas de 1 m con una pendiente de 4.5%, una relación de talud en terraplenes de 1:1.5; una relación de talud de corte de 1:1.2, un peralte máximo del 12%, una velocidad de diseño de 60 km/h un radio mínimo de 55 m y uno mayor de 135 m en las curvas horizontales.
5. En el resultado del diseño estructural de la vía se determinó un IMDa de 74 veh/día en ambos sentidos y un volumen de repeticiones acumuladas de EE (8.2ton) de  $2.33 \times 10^5$ , que dio origen a una estructura de espesor de subbase de 20 cm, 25 cm de base y 5 cm de capa estructural con tratamiento superficial; que en comparación con el proyecto de investigación **Diseño en bicapa asfáltica de la carretera Yaurisque – Paruro, provincia de Paruro – Cusco KM 0 + 000 al 25 + 884** de Molina (2014) se diferencia que su estudio de tráfico obtuvo un IMDa de 549 veh/día y un volumen de tráfico de  $1.01 \times 10^5$  EE que dio origen a una estructura de 15 cm de base granular, 15 cm de subbase granular y; dos capas, de 3cm (primera capa) y 2 cm (segunda capa) de espesor del pavimento con tratamiento superficial.

## V. CONCLUSIONES

1. Del estudio topográfico, se obtuvo que el terreno presenta una orografía accidentada tipo III con una pendiente longitudinal máxima de 8.00% y mínima de 1.87%; y pendientes transversales entre el rango de 51% y 100%.
2. Del estudio de mecánica de suelos, se encontró un terreno conformado por arenas limosas arcillosas (SM-SC, según la clasificación SUCS) y A-4, A-6, A-2-4, es decir, suelo regular a malo (según la clasificación AASHTO), con un CBR de la subrasante al 95% de 13.17% de su máxima densidad seca, y un CBR de la cantera al 100% de 124.00% de su máxima densidad seca.
3. Del estudio hidrológico, se obtuvo el caudal hidrológico máximo de 0.147 m<sup>3</sup>/s para el diseño de cunetas triangulares de dimensiones de 0.50m de ancho por 0.30m de alto, con una pendiente de 1%. Se diseñó catorce alcantarillas de alivio de TMC (tubería metálica corrugada) de 36" de diámetro; y una alcantarilla de paso de TMC de 80" de diámetro.
4. Del diseño geométrico de la vía, se determinó una velocidad de diseño de 30 km/h; radios mínimos de 30 m y un radio máximo de 250 m en las curvas horizontales y un peralte máximo de 12%. La pendiente longitudinal máxima es de 8.00%. En curvas de volteo se establecieron radios mínimos exteriores de 19 m y 8 m en los radios interiores. El ancho de calzada es de 6 metros con un bombeo de 2.5%, con una pendiente del 4% en bermas y una longitud mínima de 15m de derecho de vía. La relación de talud en terraplenes es de 1:1.5 y la relación de talud de corte de 1:1.2. El índice medio diario anual es de 74 vehículos en ambos sentidos; con un número de repeticiones acumuladas de EE (8.2ton) de  $2.33 \times 10^5$ . El espesor de subbase es de 20 cm, 25 cm de base y 5 cm de capa estructural con tratamiento superficial bicapa.

## **VI RECOMENDACIONES**

1. Desarrollar el diseño bajo criterios y normas peruanas establecidas en el manual de carreteras DG-2018 del MTC, manual de especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras y manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos; los datos, guías, manuales de diseño deberán ser obtenidas de fuentes confiables.
2. Identificar el tipo de material que se utilizará para la subbase y base, estas deben cumplir con los requisitos mínimos por las secciones 402 y 403 de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras.
3. Debe realizarse el proyecto, ya que de ello depende las limitaciones y problemas que afrontan a diario los pobladores de la zona, además de mejorar la calidad de vida, desarrollo socioeconómico y sociocultural.

## VII REFERENCIAS

BLAZQUEZ, Luis. Manual de Carreteras. New York: McGraw-Hill Book Co. Segunda parte, 2011. 458 pp.

CASANOVA, Leonardo. Topografía plana, Primera Edición, Venezuela, 2002. 283pp.

ISBN: 980-11-0672-7

CONDOR, Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera valle Yacus, provincia de Jauja – Región de Junín 2015. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Junín: Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería. 2016.

CHOCTALIN, Diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, distrito de Santo Tomas – provincia de Luya – Amazonas. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2017.

ESCOBAR, Carlos y DUQUE, Gonzalo. Mecánica de suelos, Colombia, 2002. 1215pp.

MAIDMENT, David y MAYS, Larry. Hidrología aplicada, Primera Edición, Bogotá, 584pp.

ISBN: 958-60-0171-7

MINISTERIO de transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima: 2011.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Lima: 2018.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos” Sección Suelos y Pavimentos. Lima: abril 2014.

MIÑAÑO, Diseño de la carretera cruce Huamanmarca – Loma Linda, Distrito de Mache, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2017.

MOLINA, Diseño en bicapa asfáltica de la carretera Yaurisque – Paruro, provincia de Paruro – Cusco KM 0 + 000 al 25 + 884. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ingeniería. 2014.

RODRIGUEZ, Alan. Mejoramiento de la carretera Mochumi San Sebastián – Sector Collique – Fundo Dionisio – El Salitral (3.17 KM). Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil. 2017.

ROJO, Julián. Estudio hidrológico e hidráulico para diseño de puente, Colombia, 2012. 250pp.

SUAREZ, Clara y VERA Marcelo. Estudio y diseño de la vía el Salado – Manantial de Guangala Santa Elena. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2015.

## VIII ANEXOS

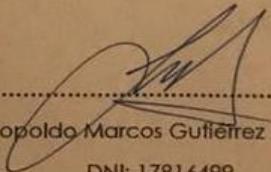
### Acta de aprobación de originalidad de tesis

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Leopoldo Marcos Gutiérrez Vargas, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, filial Trujillo, revisor de la tesis titulada "Diseño de la carretera Lucma – Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran Chimú – La Libertad", del estudiante BENJI BRIAN VILLEGAS ALVARADO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 3.0% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo 04 de Febrero de 2020

  
.....  
Leopoldo Marcos Gutiérrez Vargas  
DNI: 17816499

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## Acta de aprobación de originalidad de tesis

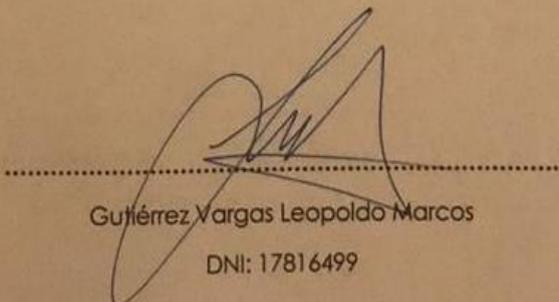
 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 10
		Fecha : 10-06-2019
		Página : 1 de 1

Yo, Gutiérrez Vargas Leopoldo Marcos, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo de Trujillo, revisor (a) de la tesis titulada:

"DISEÑO DE LA CARRETERA LUCMA - ALTO TAMBILLO CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, DISTRITO DE LUCMA, GRAN CHIMU - LA LIBERTAD", de la estudiante VASQUEZ RAMIREZ MAYUME ELIZABETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de .39.% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO.....04..... de ..Febrero.....20..20.....

  
.....  
Gutiérrez Vargas Leopoldo Marcos

DNI: 17816499

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## Reporte turnitin

Mayume

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	16%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	transparencia.mtc.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	edoc.pub Fuente de Internet	<1%

**Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"**

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS**

**1. DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Villegas, Alvarado, Benji Brian  
D.N.I. : 70239990  
Domicilio : Las Gavotas Mz. N Lote 1 Urb. Los Pinos  
Teléfono : Fijo : Móvil : 935022843  
E-mail : benja94alvarado@gmail.com

**2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS**

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA  
Escuela : INGENIERÍA CIVIL  
Carrera : INGENIERÍA CIVIL  
Título : INGENIERO CIVIL

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

**3. DATOS DE LA TESIS**

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Vasquez Ramirez, Mayra Elizabeth  
Villegas Alvarado, Benji Brian

Título de la tesis:

Diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran Chimú - La Libertad

Año de publicación : 2020

**4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:**

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha : 04/02/2020

Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Vasquez Ramirez Mayume Elizabeth  
D.N.I. : 47.62.8805  
Domicilio : Matache Alto Ma L - lote 5  
Teléfono : Fijo Móvil : 933.104.521  
E-mail : mayumi.vasquez@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA  
Escuela : INGENIERÍA CIVIL  
Carrera : INGENIERÍA CIVIL  
Título : INGENIERA CIVIL

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Vasquez Ramirez Mayume Elizabeth  
Villagas Alvarado Benji Brian

Título de la tesis:

Diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo  
con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran  
Chimu - La Libertad

Año de publicación : 2020

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN  
ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte,  
a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha :

04/02/2020

**Autorización de la versión final del trabajo de investigación**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE:

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

- Vasquez Ramirez, Mayumi Elizabeth
- Villegas Alvarado, Benji Brian

INFORME TITULADO:

Diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo

con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran  
Chimu - Le Libertad

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 18/12/19

NOTA O MENCIÓN: Quince

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Alan Valdivieso Velarde