



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**"DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE
LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020"**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Gonzalo Junior Requejo Chilcón

Asesorado por:

Mg. Ing. Roger Antonio Anaya Morales

Sustentado:

Miércoles 03 de Agosto del 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**"DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE
LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020"**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Aprobado por:

Mg. Ing. Wesley Amado Salazar Bravo

PRESIDENTE

Mg. Ing. Domingo Jorge Luis Dávila Vidarte

SECRETARIO

Ing. Jorge Luis Martínez Santos

VOCAL

Mg. Ing. Roger Antonio Anaya Morales

ASESOR



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 025- 2 02 2 - F ICSA - D

Siendo las 10:00am horas del día 03 de agosto del 2022, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/rqq-phaf-nao>, los miembros de jurado de la Tesis titulada: "DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE AÑO 2020.", con código de proyecto: IC-2020-014, designados por Decreto Directoral Virtual N° 004-2020-UNPRG-FICSA-UI, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

MSC. ING. WESLEY SALAZAR BRAVO
MG. ING. DOMINGO JORGE LUIS DÁVILA VIDARTE
ING. JORGE LUIS MARTÍNEZ SANTOS

PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

Asesorado por el Docente: **MG. ING. ROGER ANTONIO ANAYA MORALES**

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL No 073-2022-UIFICSA la Tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller: **REQUEJO CHILCON GONZALO JUNIOR**, tuvo una duración de 50.00 minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado, se procedió a la calificación respectiva:

REQUEJO CHILCON GONZALO JUNIOR 16 DIECISÉIS BUENO

Por lo que queda **APTO** para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y de Arquitectura, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11.20 a.m horas, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
PRESIDENTE

MG. ING. DOMINGO JORGE LUIS DÁVILA VIDARTE
SECRETARIO

ING. JORGE LUIS MARTÍNEZ SANTOS
VOCAL

MG. ING. ROGER ANTONIO ANAYA MORALES
ASESOR



DR. ING. SERGIO BRAVO IDROGO
DECANO

Dedicatoria

A mis padres, Jorge Requejo y María Fátima. Gracias por su apoyo y paciencia para con este primer gran paso en la vida profesional, a ustedes les entrego mi trabajo en ofrenda al amor que me demuestran día a día.

A Malena Carrillo que como una segunda madre supo brindarme todo su apoyo y cariño en todo momento, partiendo como estudiante, egresado y ahora como tesista.

Resumen

El proyecto titulado formalmente como “DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020” caracteriza a una vía de tercera clase de 8.910 kilómetros, la cual pertenece a la red vial departamental LA-102. En este tramo de carretera la topografía es accidentada y muy accidentada, se ubica al norte del territorio peruano, específicamente en Lambayeque. El investigador Gonzalo Requejo proporciona los diseños detallados de 8.910 kilómetros de vía, incluyendo los estudios de; Planeación como los Geográfico y Económico; los estudios de Ingeniería Básica como los de Tráfico, Topografía, Mecánica de Suelos y Canteras, Hidrología y Geológicos; los diseños como Geométrico, Pavimento, Hidráulica, Mezclas de concreto y de Seguridad Vial; la Evaluación de Impacto Ambiental, Costos y Presupuestos.

Abstract

To: Pedro Ruiz Gallo National University – Peru.

The project formally entitled “DESIGN OF THE EL SAUCE - EL BANCO ROAD, DISTRICT OF SALAS, PROVINCE OF LAMBAYEQUE, DEPARTMENT OF LAMBAYEQUE – YEAR 2020”, 8.910 km third class road in mountainous terrain in Northern Peru – Lambayeque.

Gonzalo Requejo provide the detailed design for the 8.910 km of road, including the following studies:

Traffic study

Topographical study

Soils and materials study

Hydrological study and drainage

Geological study

Geometric design

Pavement design

Works of drainage

Signage and road safety

Social and environmental impact assessment

Tabla de Contenidos

Capítulo 1: Generalidades

1.1. Presentación	001
1.2. Antecedentes.....	001
1.3. Problema	002
1.4. Hipótesis	002
1.5. Justificación e Importancia	002
1.6. Objetivos.....	002

Capítulo 2: Estudios de Planeación

2.1. Estudio Geográfico	004
2.2. Estudio Económico	013

Capítulo 3: Estudios de Ingeniería Básica

3.1. Estudio de Tráfico	020
3.2. Estudio Topográfico.....	053
3.3. Estudio de Mecánica de Suelos	066
3.4. Estudio de Canteras y Fuentes de Agua	079
3.5. Estudio Hidrológico	097
3.6. Estudio de Estabilidad de Taludes	110

Capítulo 4: Diseños

4.1. Diseño Geométrico.....	115
4.2. Diseño de Pavimento.....	136
4.3. Diseño de Obras de Arte y Drenaje	142
4.4. Diseño de Mezcla de Concreto	152
4.5. Diseño de Seguridad Vial	165

Capítulo 5: Evaluación de Impacto Ambiental

5.1. Generalidades.....	176
-------------------------	-----

5.2. Descripción del Medio Ambiente	176
5.3. Identificación de Impactos Ambientales	177
5.4. Evaluación de Impactos Ambientales.....	178

Capítulo 6: Estudio Económico

6.1. Análisis de Gastos Generales.....	183
6.2. Presupuesto de Obra	188

Capítulo 7: Cronograma de Obra

7.1. Cronograma de Obra	190
-------------------------------	-----

Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones.....	191
8.2. Recomendaciones	192

Capítulo 9: Referencias

9.1. Tesis	194
9.2. Bibliografías	194
9.3. Manuales	195

Capítulo 10: Planos

10.1. Ubicación Geográfica del Proyecto
10.2. Clave
10.3. Planta y Perfil del Proyecto
10.4. Secciones Transversales
10.5. Secciones Típicas
10.6. Ubicación de Calicatas
10.7. Depósitos de Materiales Excedentes
10.8. Canteras y Fuentes de Agua
10.9. Obras de Drenaje
10.10. Señalización y Seguridad Vial

Anexos

Anexo A. Estudio de Planeación

Anexo B. Estudio de Tráfico

Anexo C. Estudio Topográfico

Anexo D. Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo E. Estudio de Canteras y Fuentes de Agua

Anexo F. Estudio Hidrológico

Anexo G. Diseño Geométrico

Anexo H. Diseño de Obras de Arte y Drenaje

Anexo I. Diseño de Mezcla de Concreto

Anexo J. Diseño de Seguridad Vial

Anexo K. Evaluación de Impacto Ambiental

Anexo L. Estudio Económico

Anexo M. Especificaciones Técnicas

Índice de Figuras

Figura 1.1. Estado actual de la trocha en estudio	001
Figura 2.1.1. Mapa de la región Lambayeque	004
Figura 2.1.2. Zona de Estudio – Distrito de Salas, Provincia de Lambayeque	005
Figura 2.1.3. Zona de estudio - Mapa Vial - Red Departamental - Lambayeque – 2017	006
Figura 2.1.4. Caserío El Sauce, Distrito de Salas.....	007
Figura 2.1.5. Caserío El Banco, Distrito de Salas	007
Figura 2.1.6. Valles áridos – Caserío El Sauce.....	008
Figura 2.1.7. Zona boscosa y agrícola – Caserío El Banco	008
Figura 2.1.8. Mapa de Precipitaciones Total Promedio Anual de la Región Lambayeque	009
Figura 2.1.9. Mapa de Temperaturas Promedio Anual de la región Lambayeque.....	010
Figura 2.1.10. Recorrido desde la ciudad de Chiclayo hasta el punto de inicio del proyecto	011
Figura 2.2.1. Caserío El Sauce, de población actual de 140 habitantes	014
Figura 2.2.2. Caserío El Banco, de población actual de 173 habitantes.....	014
Figura 3.1.1. Ubicación Geográfica del Proyecto de Carretera	020
Figura 3.1.2. Ubicación de las Estaciones de Control.....	023
Figura 3.1.3. Variación Diaria Vehicular – Estación E1	029
Figura 3.1.4. Índice Medio Diario Anual (IMDa) según clasificación vehicular – Estación E1	031
Figura 3.1.5. Variación horaria del Índice Medio Diario Anual (IMDA) – Estación E1.....	032
Figura 3.1.6. Variación Diaria Vehicular – Estación E2	034
Figura 3.1.7. Índice Medio Diario Anual (IMDa) según clasificación vehicular – Estación E2	036
Figura 3.1.8. Variación horaria del Índice Media Diario Anual (IMDA) – Estación E2	036
Figura 3.2.1. Ubicación de la zona de estudio.....	054
Figura 3.2.2. Cartas Nacionales del Perú – Cartas 13d y 13e	055
Figura 3.2.3. Reconocimiento del terreno – A 2 kilómetros del Caserío El Banco	056
Figura 3.2.4. Levantamiento de perfil longitudinal – Uso de Nivel Abney	057
Figura 3.2.5. Uso del Eclímetro o Nivel de Abney	057
Figura 3.2.6. Puntos Geodésicos en la Localidad de Salas	059
Figura 3.2.7. Vista del Cerro El Niño.....	060

Figura 3.2.8. Punto Geodésico SLS1	060
Figura 3.2.9. Vista del Reservorio de Agua Potable Cerro Morrupe	061
Figura 3.2.10. Levantamiento de eje Preliminar	062
Figura 3.2.11. Equipos a utilizar en el levantamiento topográfico.....	063
Figura 3.2.12. Ejemplo de la caracterización de un punto de terreno	064
Figura 3.3.1. Sistema de clasificación SUCS	067
Figura 3.3.2. Sistema de clasificación AASHTO	068
Figura 3.3.3. Ubicación de Calicatas para diseño de la Vía – Calicatas N° 01, N° 02, N° 03 y N° 04	070
Figura 3.3.4. Ubicación de Calicatas para diseño de la Vía – Calicatas N° 05, N° 06, N° 07, N° 08 y N° 09 ...	070
Figura 3.3.5. Ubicación de Calicatas para ubicación de Alcantarillas – Calicatas N° 11, N° 12 y N° 13	071
Figura 3.3.6. Perfil Estratigráfico – Calicata C – 1 hasta la calicata C – 5	078
Figura 3.3.7. Perfil Estratigráfico – Calicata C – 5 hasta la calicata C – 9	078
Figura 3.4.1. Curva Granulométrica de Mezcla Afirmado – Agregado.....	087
Figura 3.5.1. Precipitación de lluvia mensual promedio	098
Figura 3.5.2. Principales Estaciones cercanas a la Zona de Estudio	099
Figura 3.5.3. Máxima Precipitación Anual - Estación Jayanca.....	100
Figura 3.5.4. Máxima Precipitación Anual - Estación Cueva Blanca.....	100
Figura 3.5.5. Máxima Precipitación Anual - Estación Puchaca.....	100
Figura 3.5.6. Micro Cuencas Identificadas en la Zona de Estudio	101
Figura 3.6.1. Corte y relleno en ladera empinada	111
Figura 3.6.2. Sección típica a media ladera	112
Figura 3.6.3. Balance entre corte y relleno	113
Figura 3.6.4. Totalmente en corte a media ladera	113
Figura 3.6.5. En corte cerrado.....	114
Figura 4.1.1. Giro Mínimo para Vehículo B2 – C2	116
Figura 4.1.2. Distancia de Velocidad de Parada	118
Figura 4.1.3. Elementos de una Curva Vertical Convexa.....	124
Figura 4.1.4. Elementos de una Curva Vertical Cóncava	125
Figura 4.1.5. Coincidencia Curva Horizontal y Curva Vertical Convexa.....	126

Figura 4.1.6. Coincidencia Curva Horizontal y Curva Vertical cóncava	126
Figura 4.1.7. Peralte de 4% en Talud de Corte	131
Figura 4.1.8. Elementos de Talud de Corte	132
Figura 4.1.9. Elementos de Talud de Relleno	133
Figura 4.1.10. Banquetas.....	133
Figura 4.1.11. Elementos de Banqueta	134
Figura 4.1.12. Sección típica de cuneta triangular	135
Figura 4.2.1. Determinación de espesor de capa de revestimiento granular	140
Figura 4.3.1. Elevación típica de Alcantarilla rectangular tipo marco	145
Figura 4.3.2. Elevación típica de Alcantarilla circular tipo TMC	145
Figura 4.3.3. Sección Típica de Alcantarilla de Alivio	147
Figura 4.3.4. Sección típica de cuneta triangular	148
Figura 4.3.5. Cuneta Revestida.....	150
Figura 4.5.1. Ejemplos de señales	165
Figura 4.5.2. Ubicación longitudinal y distancias de lectura	166
Figura 4.5.3. Ejemplo de ubicación lateral	167
Figura 4.5.4. Ejemplo de orientación de la señal	168
Figura 4.5.5. Retrorreflexión	168
Figura 4.5.6. Señales de prohibición de maniobras y giros	169
Figura 4.5.7. Señales de restricción.....	170
Figura 4.5.8. Señales preventivas – curvatura horizontal	171
Figura 4.5.9. Señales preventivas – pendiente longitudinal	172
Figura 4.5.10. Señales preventivas por caracterización de la superficie de rodadura	172
Figura 4.5.11. Señales preventivas por características operativas de la vía	173
Figura 4.5.12. Ejemplos de señales de dirección.....	173
Figura 4.5.13. Ejemplo de señales de identificación	174
Figura 4.5.14. Postes de kilometraje (I-2A)	174
Figura 5.1. Parámetros Ambientales del Método Betelle – Columbus	179
Figura 5.2. Valor de Importancia.....	181

Índice de Tablas

Tabla 2.1.1. Acceso a la zona del proyecto	012
Tabla 2.2.1. Población y superficie territorial actual del distrito de Salas.....	013
Tabla 2.2.2. Población directamente beneficiada con la Proyección de la Vía en Estudio.....	013
Tabla 2.2.3. Población indirectamente beneficiada con la proyección de la vía en estudio	015
Tabla 2.2.4. Tipos de cultivo y superficie sembrada en el Distrito de Salas	016
Tabla 2.2.5. Población de ganado vacuno, porcino, ovino y caprino en el distrito de Salas	017
Tabla 2.2.6. Población de aves de corral por tipo de crianza familiar, en el distrito de Salas.....	017
Tabla 2.2.7. Población de conejos y cuyes, en el distrito de Salas	017
Tabla 2.2.8. Centros educativos en los centros poblados cercanos a la zona del proyecto	018
Tabla 3.1.1. Clasificación Vehicular	022
Tabla 3.1.2. Ubicación de las Estaciones de Control	023
Tabla 3.1.3. Factores de corrección estacional promedio para vehículos ligeros (2000 - 2010)	025
Tabla 3.1.4. Factores de corrección estacional promedio para vehículos pesados (2000 - 2010)	026
Tabla 3.1.5. Factores de Corrección Estacionaria Año 2000 – 2010.....	027
Tabla 3.1.6. Volumen y Clasificación Vehicular, según día de Conteo – Estación E1	028
Tabla 3.1.7. Volumen Vehicular Diario, según tipo de vehículo – Estación E1.....	030
Tabla 3.1.8. Volumen y Clasificación Vehicular, IMD (veh/día) – Estación E1.....	030
Tabla 3.1.9. Volumen y Clasificación Vehicular, según día de Conteo – Estación E2	033
Tabla 3.1.10. Volumen Vehicular Diario, según tipo de vehículo – Estación E2.....	034
Tabla 3.1.11. Volumen y Clasificación Vehicular, IMD (veh/día) – Estación E2.....	035
Tabla 3.1.12. Resumen de Índice Medio Diario Anual (IMDA)	037
Tabla 3.1.13. Elasticidad Vehicular.....	038
Tabla 3.1.14. Población estimada, según departamento, 2000 – 2017	039
Tabla 3.1.15. Perú: Producto Bruto Interno Per cápita, según departamento, 2001 – 2012.....	040
Tabla 3.1.16. Perú: Producto Bruto Interno por años, según departamento, 2007 – 2017.....	040
Tabla 3.1.17. Indicadores Macroeconómicos Promedio	041
Tabla 3.1.18. Tasa Promedio de Crecimiento Adoptadas	041
Tabla 3.1.19. Proyección del tráfico Normal 2021-2031, Tramo El Sauce – El Banco (Estación E1).....	042

Tabla 3.1.20. Proyección del tráfico Normal 2021-2031, Tramo El Banco – Km 9+000 (Estación E2)	042
Tabla 3.1.21. Proyección del tráfico Generado 2018-2040, Tramo El Sauce – El Banco (Estación E1)	043
Tabla 3.1.22. Proyección del tráfico Generado 2018-2040, Tramo El Banco – Km 9+000 (Estación E2).....	043
Tabla 3.1.23. Proyección del tráfico Total 2018-2040, Tramo El Sauce – El Banco (Estación E1)	044
Tabla 3.1.24. Proyección del tráfico Generado 2018-2040, Tramo El Banco – Km 9+000 (Estación E2).....	045
Tabla 3.1.25. Proyección de la demanda vehicular para el periodo 2020 – 2030	045
Tabla 3.1.26. Factores de Distribución Direccional y de Carril	046
Tabla 3.1.27. Factores de Crecimiento Acumulado (Fca).....	047
Tabla 3.1.28. Configuración de Ejes	048
Tabla 3.1.29. Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)	049
Tabla 3.1.30. Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2	050
Tabla 3.1.31. Factor de ajuste por presión de neumático (Fp) para ejes equivalentes (EE)	050
Tabla 3.1.32. Resumen de Índice Medio Diario Anual (IMDA) proyectado a 10 años	051
Tabla 3.1.33. Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2tn.....	052
Tabla 3.2.1. Perfil Longitudinal con Eclímetro.....	058
Tabla 3.2.2. Descripción monográfica – SLS1.....	059
Tabla 3.2.3. Descripción monográfica – SLS2.....	061
Tabla 3.2.4. Levantamiento topográfico con Estación Total.....	063
Tabla 3.3.1. Número de calicatas para exploración de suelos	068
Tabla 3.3.2. Ubicación de Calicatas	069
Tabla 3.3.3. Zonas donde se proyectarán Alcantarillas de Paso	072
Tabla 3.3.4. Zonas donde se presentan características similares	072
Tabla 3.3.5. Número de ensayos CBR	073
Tabla 3.3.6. Zonas donde se presentan características similares	073
Tabla 3.3.7. Resumen de los ensayos realizados	074
Tabla 3.3.8. Resultados del Laboratorio de Mecánica de Suelos	075
Tabla 3.3.9. Resultados del Laboratorio de Pavimentos	076
Tabla 3.3.10. Clasificación de Suelos de la Vía en Estudio	076
Tabla 3.4.1. Ubicación de la Cantera Hualanga y la Cantera Morrupe	080

Tabla 3.4.2. Coordenadas geográficas de ubicación de la Cantera Hualanga	080
Tabla 3.4.3. Coordenadas geográficas de ubicación de la Cantera Morrupe.....	081
Tabla 3.4.4. Coordenadas geográficas de ubicación de las calicatas de la Cantera Hualanga	082
Tabla 3.4.5. Coordenadas geográficas de ubicación de las calicatas de la Cantera Morrupe	082
Tabla 3.4.6. Taludes de Corte.....	083
Tabla 3.4.7. Resumen de los ensayos realizados	084
Tabla 3.4.8. Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Hualanga.....	085
Tabla 3.4.9. Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Morrupe (Calicata C – 1).....	085
Tabla 3.4.10. Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Morrupe (Calicata C – 2).....	086
Tabla 3.4.11. Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Morrupe (Calicata C – 3).....	086
Tabla 3.4.12. Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Mezcla combinada	087
Tabla 3.4.13. Resultados de los ensayos de Laboratorio (LEM, LMS y LP). Cantera Hualanga.....	088
Tabla 3.4.14. Resultados de los ensayos de Laboratorio (LEMS W&C EIRL). Cantera Morrupe.....	090
Tabla 3.4.15. Resultados de los ensayos de Laboratorio (LEMS W&C EIRL). Mezcla	090
Tabla 3.4.16. Ubicación de la Cantera Salitral.....	091
Tabla 3.4.17. Coordenadas geográficas de ubicación de la Cantera Salitral	091
Tabla 3.4.18. Coordenadas geográficas de ubicación de las calicatas de la Cantera Salitral	092
Tabla 3.4.19. Resumen de los ensayos realizados – Cantera Salitral	093
Tabla 3.4.20. Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Salitral.....	094
Tabla 3.4.21. Ubicación de Fuentes de Agua	095
Tabla 3.4.22. Resultados del Análisis Químico de Agua	096
Tabla 3.5.1. Características de las Micro Cuencas.....	101
Tabla 3.5.2. Periodos de Retorno para diseños de Obras de Drenaje.....	102
Tabla 3.5.3. Periodos de Retorno para diseños de Obras de Drenaje por Tipo de Estructuras	102
Tabla 3.5.4. Valores críticos α para la prueba Smirnov – Kolmogorov	104
Tabla 3.5.5. Cálculo de Precipitaciones Máximas	105
Tabla 3.5.6. Valores del factor “n” adimensional para distintas superficies.....	106
Tabla 3.5.7. Resultados del Cálculo de Tiempo de Concentración	107
Tabla 3.5.8. Coeficiente de escorrentía para uso en el método racional.....	108

Tabla 3.5.9. Cálculo de la Precipitación Máximo.....	109
Tabla 3.6.1. Taludes de corte	110
Tabla 3.6.2. Taludes de relleno	111
Tabla 4.1.1. Datos básicos de los vehículos de tipo M	115
Tabla 4.1.2. Rangos de la Velocidad de Diseño.....	116
Tabla 4.1.3. Velocidades recomendadas por condiciones topográficas	117
Tabla 4.1.4. Distancia de visibilidad de parada con pendiente (m).....	118
Tabla 4.1.5. Radios mínimos y Peraltes máximos	119
Tabla 4.1.6. Radios que permiten prescindir de la curva de transición	121
Tabla 4.1.7. Sobreancho de la calzada en curvas circulares (m)	122
Tabla 4.1.8. Pendientes máximas.....	123
Tabla 4.1.9. Valores del Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa	124
Tabla 4.1.10. Valores del Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava	125
Tabla 4.1.11. Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (m).....	127
Tabla 4.1.12. Ancho de bermas.....	128
Tabla 4.1.13. Valores del bombeo de la calzada	129
Tabla 4.1.14. Valores de peralte máximo.....	129
Tabla 4.1.15. Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente.....	130
Tabla 4.1.16. Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido	131
Tabla 4.1.17. Valores referenciales para taludes en corte (Relación V:H)	132
Tabla 4.1.18. Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes).....	132
Tabla 4.1.19. Dimensiones mínimas de las cunetas.....	134
Tabla 4.2.1. Tipos de Tráfico Pesado.....	137
Tabla 4.2.2. Categorías de Subrasante	138
Tabla 4.2.3. Catálogo de capas de revestimiento granular - Tráfico T1.....	140
Tabla 4.3.1. Velocidad máxima del agua – Concreto y otros	142
Tabla 4.3.2. Velocidad máxima del agua – Alcantarilla TMC.....	143
Tabla 4.3.3. Periodos de Retorno para diseños de Obras de Drenaje.....	143
Tabla 4.3.4. Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) – Metálico.....	146

Tabla 4.3.5. Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) – No Metálico	148
Tabla 4.3.6. Inclinationes máximas del talud interior (V:H) de la cuneta	149
Tabla 4.3.7. Dimensiones mínimas.....	150
Tabla 4.4.1. Valores de asentamiento recomendados para diversas clases de construcción.....	152
Tabla 4.4.2. Contenido de aire atrapado	153
Tabla 4.4.3. Volumen unitario de agua	154
Tabla 4.4.4. Relación agua/cemento.....	154
Tabla 4.4.5. Volumen de agregado grueso, seco y compactado.....	155
Tabla 4.4.6. Características de agregados de la cantera Salitral	157
Tabla 4.4.7. Resistencia a la compresión requerida.....	157
Tabla 4.4.8. Contenido de aire atrapado	158
Tabla 4.4.9. Volumen unitario de agua	159
Tabla 4.4.10. Relación agua/cemento por resistencia	160
Tabla 4.4.11. Volumen de agregado grueso, seco y compactado.....	161
Tabla 4.4.12. Resumen de valores de los elementos en el diseño de mezcla	162
Tabla 4.4.13. Aporte de agua de los agregados	163
Tabla 4.4.14. Diseño de mezcla, para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	163
Tabla 4.4.15. Diseño de mezcla, para una resistencia de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	164
Tabla 4.4.16. Diseño de mezcla, para una resistencia de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$	164
Tabla 5.1. Factores Ambientales	177

CAPÍTULO 1. Generalidades

1. Presentación

El proyecto “DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020”, abarca un área donde diferentes caseríos se ven beneficiados, todas pertenecientes al distrito de Salas.

La conexión optimizada y el futuro avance de tres caseríos a través de ocho kilómetros novecientos diez metros de distancia (8.910 km) de vía a nivel de afirmado es el beneficio obtenido por la ejecución del presente proyecto.

2. Antecedentes

Representantes de la localidad de San Mateo (Penachí, Salas) de la mano con la municipalidad distrital de Salas, Motupe y Chóchope por los años 50's ejecutaron los primeros estudios para la creación de la vía.

Figura 1.1

Estado actual de la trocha en estudio



Nota: Elaboración propia.

A nivel de trocha carrozable es el nivel actual de la zona en estudio.

Desde el año 2008, el Gobierno Regional viene realizando trabajos de mantenimiento vial en la zona alto andina, habiéndose trazado una trocha carrozable bien definida en los distritos de Incahuasi, Cañaris y la zona alto andina de Salas, disminuyendo de este modo el tiempo de recorrido.

3. Problema

Por qué realizar el “DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020”.

4. Hipótesis

El “DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020”, sirve de punto de apoyo para un futuro Expediente Técnico.

5. Justificación e Importancia

¿Por qué? Porque el proyecto “DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020”, no tiene existencia a la fecha.

¿Para qué? Para que el proyecto “DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020”, tenga existencia y en su posterior desarrollo permitir que los caseríos El Sauce, El Banco, entre otros, tengan acceso directo al distrito de Salas y por ende a la carretera Fernando Belaúnde Terry en condiciones hábiles todo el año, de manera óptima y segura.

6. Objetivos

6.1. *Objetivo general*

Elaborar el Proyecto “DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020”.

6.2. *Objetivos específicos*

- ✓ Realizar el Estudio de Planeación
- ✓ Realizar el Estudio de Tráfico
- ✓ Realizar el Estudio Topográfico
- ✓ Realizar el Estudio de Mecánica de Suelos
- ✓ Realizar el Estudio de Canteras y Fuentes de Agua

- ✓ Realizar el Estudio Hidrológico
- ✓ Realizar el Estudio de Estabilidad de Taludes
- ✓ Realizar el Diseño Geométrico
- ✓ Realizar el Diseño de Pavimento
- ✓ Realizar el Diseño de Obras de Arte y Drenaje
- ✓ Realizar el Diseño de Mezcla de Concreto
- ✓ Realizar el Diseño de Seguridad Vial
- ✓ Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental
- ✓ Realizar el Estudio Económico
- ✓ Realizar la Programación de Obra
- ✓ Realizar las Especificaciones Técnicas

CAPÍTULO 2. Estudios de Planeación

2.1. Estudio Geográfico

1. Localización geográfica

La vía de estudio se ubica en Salas (Lambayeque-Lambayeque), en la sierra al noreste de la ciudad con el mismo nombre y presenta una superficie de 991.8 km².

Al sur-este de Lambayeque (provincia) encontramos a Salas (distrito). Su extensión abarca las regiones de chala alta, quechua, yunga marítima y yunga fluvial. A continuación, se muestra un mapa de la región Lambayeque.

Figura 2.1.1

Mapa de la región Lambayeque



Nota. Adaptada de File: Perú – Lambayeque Departamento, de Wikipedia, 2010, (www.wikipedia.org).

A continuación, se muestra los límites distritales donde se desarrolla la zona del presente proyecto.

- ✓ Por el Norte con el dto. de Huarmaca (Huacabamba-Piura); noreste dto. de Pomahuaca (Jaén-Cajamarca).
- ✓ Por el Este con el dto. de Cañaris e Incahuasi.
- ✓ Por el Sur con el dto. de Jayanca (Lambayeque).
- ✓ Por el Oeste con el dto. de Motupe, Chochope y Olmos al Noreste

A continuación, se visualiza la zona de vía en estudio en el mapa polít. de Lambayeque.

Figura 2.1.2

Zona de Estudio – Distrito de Salas, Provincia de Lambayeque



Nota. Adaptada de File: Perú – Lambayeque Departamento, de Wikipedia, 2010, (www.wikipedia.org).

Se ha elaborado un mapa donde se detalla la ubicación geográfica de la vía estudio, el mismo que se encuentra en el “Capítulo 10 - Planos”.

2. Ubicación

La zona de estudio conecta esencialmente los caseríos El Sauce y El Banco con una extensión de 9 Km (nueve kilómetros), la vía pertenece a la red departamental LA-102. Empalme PE - 1N J Carretera Fernando Belaunde Terry (El Lindero) – Salas – El Sauce – El Banco.

La presente vía en estudio atraviesa tres Caseríos. En el Km 0+000 encontramos al caserío El Sauce – Salas a unos 649 m.s.n.m, avanzando cuesta arriba en el Km 3+780 encontramos al caserío El Banco – Salas a unos 958 m.s.n.m, en el Km 5+190 la entrada al caserío La Shita – Salas a unos 1,088 m.s.n.m y en el punto final en el Km 8+910 el camino al centro poblado Kerguer – Salas a unos 1,558 m.s.n.m.

A continuación, se muestra la zona de estudio en el mapa vial - red departamental - Lambayeque 2017.

Figura 2.1.3

Zona de estudio - Mapa Vial - Red Departamental - Lambayeque - 2017



Nota. Adaptada de Mapa Vial Lambayeque, de MTC, 2017, (www.pvn.gob.pe/conservacion/mapas/).

El sistema UTM WGS-84 referencian la vía en estudio. El Km 0+000, punto inicial del proyecto, ubicado en el caserío el Sauce (Salas), contempla las sigs. características.

- ✓ Zona : 17 S
- ✓ UTM Este : 660 739.4849 m E
- ✓ UTM Norte : 9 309 346.3955 m N
- ✓ Altitud : 659 m.s.n.m

El Km 8+910, punto final del proyecto, ubicado en el caserío el Banco (Salas), contempla las sigs. características.

- ✓ Zona : 17 S
- ✓ UTM Este : 661 166.5250 m E
- ✓ UTM Norte : 9 312 626.3845 m N
- ✓ Altitud : 1 460 m.s.n.m

A continuación, se muestra una fotografía de la entrada al caserío El Sauce en Salas.

Figura 2.1.4

Caserío El Sauce, Distrito de Salas



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se visualiza una fotografía de la I.E. N° 10216 – El Banco en Salas.

Figura 2.1.5

Caserío El Banco, Distrito de Salas



Nota: Elaboración propia.

3. Relieve de la zona

A lo largo de la vía en estudio encontramos dos zonas de relieve. Partiendo en el Km 0+000 en el caserío El Sauce (659 m.s.n.m) podemos notar la primera zona, valles áridos accidentados, pero también zonas productivas con la caña de azúcar como principal cultivo.

A continuación, se muestra una fotografía que revela los valles áridos accidentados cerca al caserío El Sauce.

Figura 2.1.6

Valles áridos – Caserío El Sauce



Nota: Elaboración propia.

En el Km 5+000 en el caserío El Banco (969 m.s.n.m) notamos la segunda zona, colinas con áreas boscosas escarpadas, aquí podemos encontrar mayores áreas de cultivo como: caña de azúcar, maíz, etc.

A continuación, se muestra una fotografía que revela colinas boscosas y agrícolas cerca al caserío El Banco.

Figura 2.1.7

Zona boscosa y agrícola – Caserío El Banco



Nota: Elaboración propia.

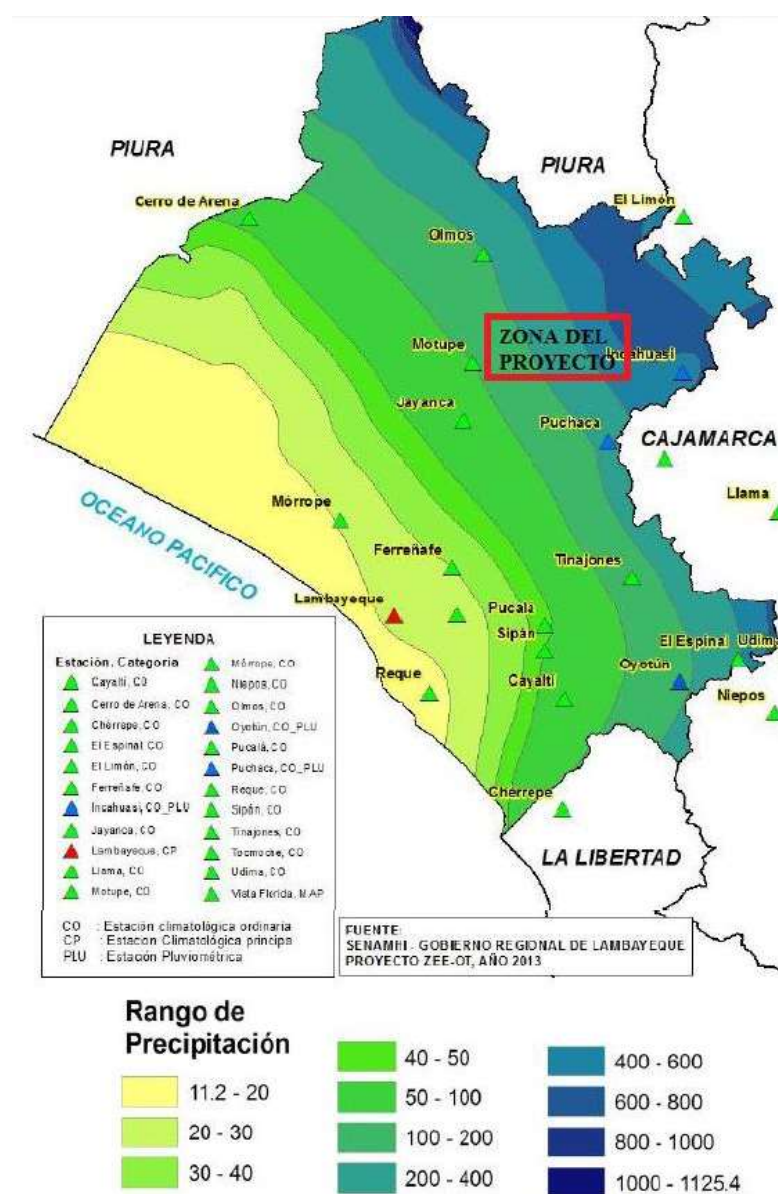
4. Meteorología y climatología

4.1. Clima

En la Yunga marítima, específicamente es sus zonas bajas y partes de la costa encontramos un clima cálido templado; así mismo en sus partes altas encontramos un clima frío templado.

Figura 2.1.8

Mapa de Precipitaciones Total Promedio Anual de la Región Lambayeque



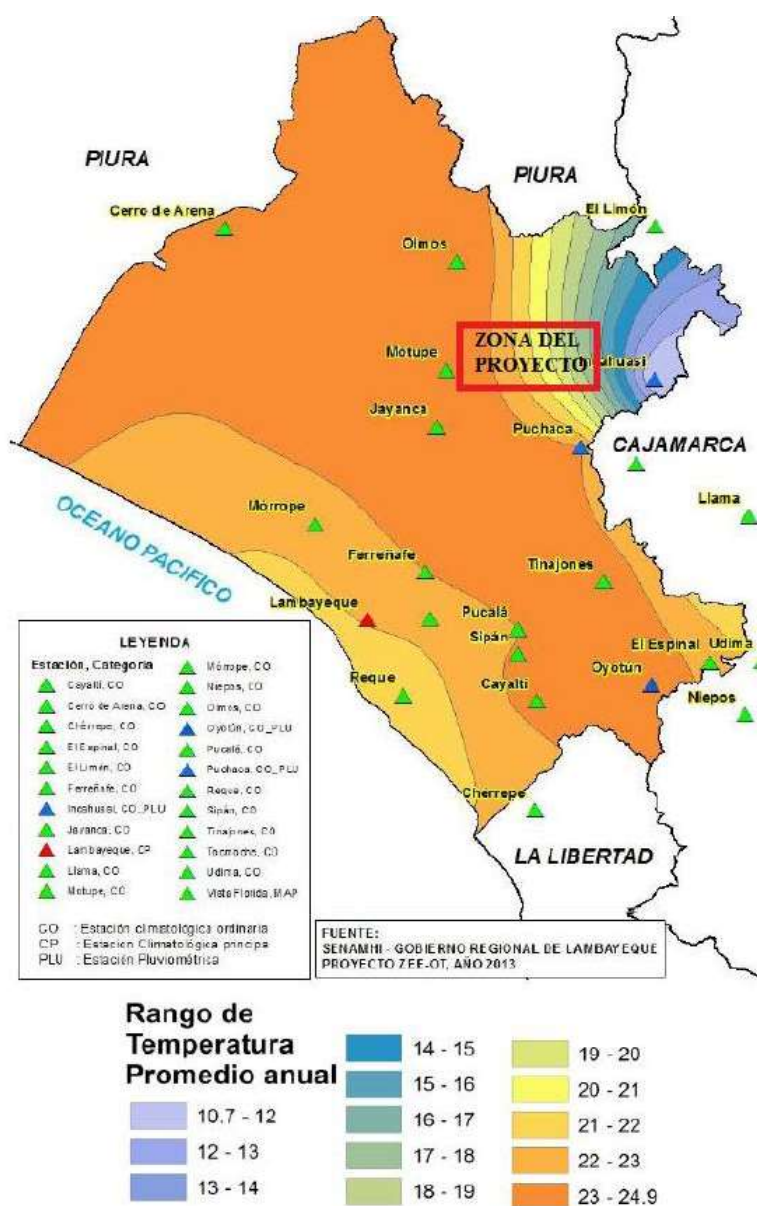
Nota. Adaptada de Mapa Climático del Perú, del SENAMHI, 2020, (www.senamhi.gob.pe).

4.2. Lluvias

Las precipitaciones en la región Lambayeque, específicamente en la zona del presente proyecto (Salas) fluctúa entre 50 a 100 mm, recordando que 1 mm de lluvia es equivalente a 1 L/m², esto corresponde a un valor total medio anual. La cordillera andina es uno de los principales factores de la variabilidad pluvial, la cual recorre los distr. de Salas, Cañaris e Incahuasi.

Figura 2.1.9

Mapa de Temperaturas Promedio Anual de la región Lambayeque



Nota. Adaptada de Mapa Climático del Perú, del SENAMHI, 2020, (www.senamhi.gob.pe).

4.3. Temperatura

En la zona de la vía en estudio tanto verano como invierno son cálidos, nublados y seco en todo el año, con cifras que varían de 19° C a 34° C.

5. Zonas sísmicas

La vía en estudio se ubica en Salas (Lambayeque-Lambayeque), zona 3 del mapa de zonas sísmicas, por lo que presenta un “z” (aceleración máxima horizontal) igual a 0.35, ubicándose en una zona sísmica de alta intensidad.

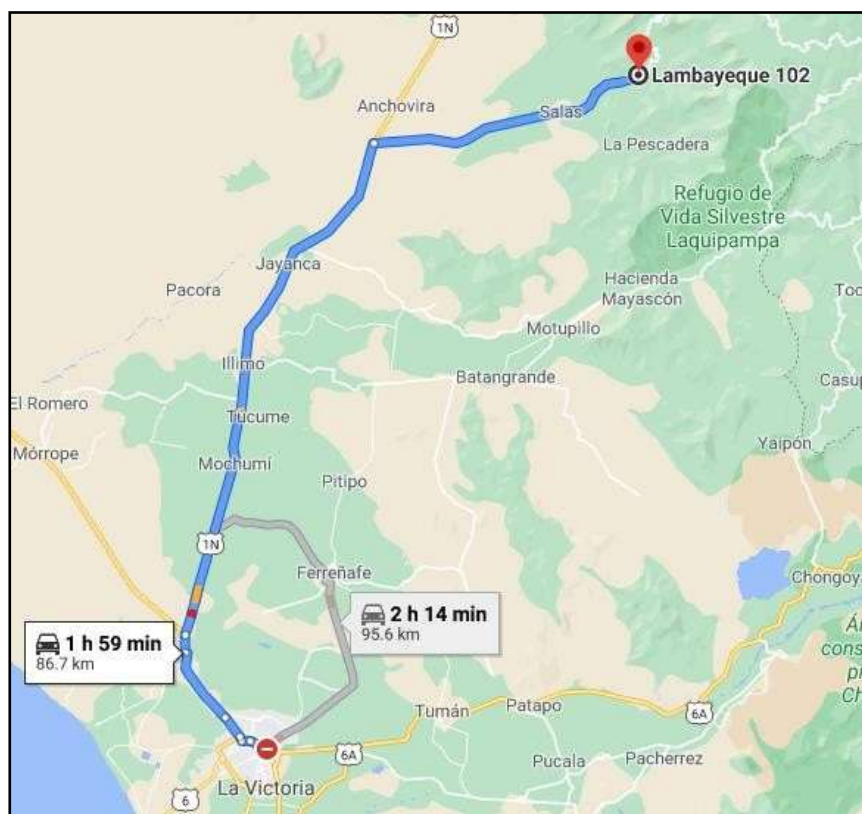
6. Acceso a la zona de estudio

Partiremos desde Lima (capital); para dirigirse a Chiclayo (Chiclayo-Lambayeque) se realiza por vía terrestre con la Panamericana Norte con unos 769 Km de separación y 12h 30' de viaje, o por vía aérea reduciendo el tiempo de viaje a 1h 25'.

A continuación, se visualiza en un mapa del recorrido desde Chiclayo a la zona de estudio.

Figura 2.1.10

Recorrido desde la ciudad de Chiclayo hasta el punto de inicio del proyecto



Nota. Adaptada de Mapa Google Maps, de Google Maps, 2020, (www.google.com/maps).

En Chiclayo nos dirigimos a Lambayeque recorriendo la P.N. tomaremos la ctra. F.B.T. hasta el puente Salas (Emp. PE – 1NJ – El Lindero) en este cruce nos dirigiremos al centro poblado Salas (Emp. LA – 102 – Salas), luego tras recorrer 8 km cuesta arriba, se llega al Caserío El Sauce.

A continuación, se muestra los diferentes tramos a recorrer antes de llegar a la zona de estudio.

Tabla 2.1.1

Acceso a la zona del proyecto

Red Vial	Tramo		Distancia (km)	Situación actual del Pavimento
Nacional: PE – 1N Panamericana Norte	Lima	Chiclayo	769	Asfaltada
	Chiclayo	Lambayeque	11.7	Asfaltada
Nacional: PE – 1NJ Fernando Belaunde Terry	Lambayeque (Peaje Mocce)	Puente Salas	50.1	Asfaltada
Departamental: Emp. LA – 102 (Salas)	Puente Salas	Salas	16.9	Asfaltada
	Localidad de Salas	Caserío El Sauce	8.5	Afirmado/ Subrasante
	Caserío El Sauce	Caserío El Banco	8.9	Afirmado/ Subrasante

Nota: Elaboración propia.

Nueve (9) Km aprox. es la longitud de nuestra zona de estudio, con cuarenta (40) min de viaje que nos toma recorrerla.

2.2. Estudio Económico

1. Población Beneficiada

Salas (distrito) asciende a 12,998 habitantes según “INEI Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda” considerando 9,748 habitantes rurales (75%).

En el apartado de Anexo, se presenta una tabla en donde se muestra el Censo Salas 2017. A continuación, se muestra la inf. mencionada.

Tabla 2.2.1

Población y superficie territorial actual del distrito de Salas

Población Urbana	3,250 (25%)
Población Rural	9,748 (75%)
Superficie Territorial : 991.8 km²	

Nota. Adaptada de Censos Nacionales, de INEI, 2017, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

1.1 Población beneficiada directamente

Pobladores que tengan acceso directo a la vía caserío El Sauce – caserío El Banco, son beneficiados de forma inmediata con el mejoramiento de la misma.

A continuación, se muestra la población de cada caserío que tiene acceso directo a la vía en el año base de 2017 y con una tasa de 1.5% de crecimiento se muestra la población futura de dichos caseríos.

Tabla 2.2.2

Población Actual y Futura, directamente beneficiada con la Proyección de la Vía en Estudio

Distrito	Población Directamente Beneficiada		
	Centro Poblado	Población Actual 2017	Población Futura 2030
Salas	El Sauce	140	169
	El Banco	173	209
	Shita Alta	128	155

Nota. Adaptada de Censos Nacionales, de INEI, 2017, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

A continuación, se visualiza una fotografía del caserío El Sauce y del caserío El Banco.

Figura 2.2.1

Caserío El Sauce, de población actual de 140 habitantes



Nota: Elaboración propia.

Figura 2.2.2

Caserío El Banco, de población actual de 173 habitantes



Nota: Elaboración propia.

1.2. Población beneficiada indirectamente

Se benefician los usuarios que para llegar a vías departamentales o trochas carrozables hagan uso o pasen por la zona de estudio, como pobladores de Kerguer al dirigirse a Salas usan la vía en estudio.

A continuación, se muestra la población de cada caserío que tiene acceso no directo a la vía en el año base de 2017 y con una tasa de 1.5% de crecimiento se muestra la población futura de dichos caseríos.

Tabla 2.2.3

Población Actual y Futura, indirectamente beneficiada con la proyección de la vía en estudio

Distrito	Población Indirectamente Beneficiada		
	Centro Poblado	Población Actual en el año 2017	Población Futura en el año 2030
Salas	Salas	3008	3490
	Algarrobo Grande	240	278
	La Ramada	249	288
	Kerguer	193	81
	Suruchima	25	29
	Marko	43	49
	Hualanga	52	58
	Sacchapampa	100	116
	Penachí	572	253
	Yaque	135	156

Nota. Adaptada de Censos Nacionales, de INEI, 2017, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

La obtención del N° de habitantes en un periodo de años se estima con la siguiente expresión.

$$P_f = P_o * (1 + r\%)^n$$

2. Actividad Económica de la Zona

2.1. Agricultura

Con las mejoras en técnicas agrícolas para el cultivo se ha mejorado significativamente la producción de cultivos como el café, la caña de azúcar, el bambú entre otros en los caseríos de El Sauce, El Banco y demás, es por ello que un mejoramiento de la vía existente facilita el traslado de los mismos beneficiando a los campesinos de la zona.

A continuación, se muestra los distintos cultivos y su área (ha) presentes en la región de Salas.

Tabla 2.2.4

Tipos de cultivo y superficie sembrada en el Distrito de Salas

Cultivo	Superficie cultivada en hectáreas	
Gramíneas	Avena grano	7.09
	Cebada	3.37
	Maíz amarillo duro	746.21
	Maíz amiláceo	195.18
	Maíz choclo	19.03
	Quinua	0.72
	Trigo	124.56
Menestras	Arveja grano seco	92.36
	Frijol grano seco	37.59
	Haba grano seco	23.88
	Lenteja grano seco	73.86
	Pallar grano seco	2.5
	Zarandaja grano seco	67.79
Tubérculos y raíces	Arracacha	0.25
	Camote	8.20
	Papa amarilla	0.75
	Papa blanca	9.29
	Yuca	44.68
Forrajeros Transitorios	Maíz chala	0.35
Agroindustrial	Caña de azúcar para alcohol	800
	Caña de azúcar para fruta	500
	Café orgánico e inorgánico	1500
	Bambú	200

Nota. Adaptada de IV Censo Nacional Agropecuario, de INEI, 2017, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

2.2. Ganadería

Para el traslado del ganado de forma segura e inmediata los pobladores de la parte alta de la zona dedicados a la act. económica de la ganadería les es de mucha ayuda el mejoramiento de la vía.

Tabla 2.2.5

Población de ganado vacuno, porcino, ovino y caprino en el distrito de Salas

Número de cabezas			
Vacuno	Porcino	Ovino	Caprinos
5,034	2,089	6,478	2,257

Nota. Adaptada de IV Censo Nacional Agropecuario, de INEI, 2012, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

Los pobladores de la zona en estudio crían bestias menores tales como las aves de corral, conejos y cuyes para su consumo diario y no para el comercio, ya que consideran poco rentable dicha actividad.

Tabla 2.2.6

Población de aves de corral por tipo de crianza familiar, en el distrito de Salas

Número de cabezas				
Pollo de engorde	Gallina	Gallo	Pavo	Pato
7,409	11,959	3,040	4,563	3,229

Nota. Adaptada de IV Censo Nacional Agropecuario, de INEI, 2012, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

Tabla 2.2.7

Población de conejos y cuyes, en el distrito de Salas

Número de cabezas	
Conejos	Cuyes
116	5,187

Nota. Adaptada de IV Censo Nacional Agropecuario, de INEI, 2012, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

2.3. Comercio

Es la que se realiza en mayor medida en los caseríos de EL Sauce y El Banco, realizando intercambios de bienes y servicios puesto que dichas acciones son unas de las principales que se realiza en lugares de mayor densidad poblacional. Venta de meds. y elementos para constr. son los más destacados en lo que respecta a comercio, además de hospedaje como servicios, entre otros.

2.4. Turismo

Es muy conocido a nivel nacional el servicio del curanderismo y un punto muy famoso es la localidad de Salas, actividad muy relevante en el área y que atrae el turismo, generando un mayor flujo de ingresos a los pobladores.

El curandero es la persona que cura enfermedades utilizando principalmente hiervas, interviniendo también elementos mágicos. El curandero se encuentra en zonas y lugares en las que no existe forma alguna de servicio médico moderno, y por sus costos está al alcance de todos, es así que los pobladores naturales de la zona recurren a este servicio a primera instancia.

3. Infraestructura de servicio

En los caseríos El Sauce, El Banco, Shita Alta y demás pertenecientes a Salas existen infraestructuras como instituciones educativas, puestos de salud, comisarías, etc.

A continuación, se muestra los C.E. y el área al que corresponden cercanos a la vía en estudio.

Tabla 2.2.8

Centros educativos en los centros poblados cercanos a la zona del proyecto

Nivel educativo	Centro Poblado	Número y/o nombre de la Institución	Área
Inicial	El Banco	132	Rural
	Kerguer	220	Rural
	Penachí	227	Rural
Primaria	El Banco	10216	Rural
	Kerguer	10060 – Kerguer	Rural

	Penachí	10063 – Cruz de Yanahuanca	Rural
	La Shita	10983	Rural
	El Sauce	11208	Rural
	El Sauce	11260	Rural
Secundaria	Penachí	10063 Cruz de Yanahuanca	Rural
	Shita Baja	10212	Rural

Nota. Adaptada de Censos Nacionales, de INEI, 2017, (<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>).

CAPÍTULO 3. Estudios de Ingeniería Básica

3.1. Estudio de Tráfico

1. Generalidades

Utilizando tramos homogéneos se realiza un conteo vehicular, cuantificando y clasificando por tipo de vehículos que transcurren por una carretera, de esta manera conocer el volumen diario de los mismos y obtener datos base para el diseño de la vía.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo principal. Determinar el volumen vehicular y la composición de la misma.

1.1.2. Objetivos específicos. Los objetivos específicos son:

- ✓ Análisis volumétrico.
- ✓ Resultados del Conteo vehicular.
- ✓ Proyección del Tráfico.
- ✓ Cálculo de los Ejes Equivalentes.

1.2. Ubicación

La vía en estudio comprendido en los caseríos El Sauce – El Banco se ubica geográficamente en Salas (Lambayeque-Lambayeque), se inicia en el caserío El Sauce a 8 Km de la ciudad de Salas (empalme con la ruta LA - 102) y termina a 5 Km del Caserío El Banco.

Figura 3.1.1

Ubicación Geográfica del Proyecto de Carretera



Nota. Adaptada del Mapa Vial Lambayeque, del MTC, 2017, (<https://www.pvn.gob.pe/conservacion/mapas/>)

1.3. Tramos homogéneos

Para el presente estudio, la carretera se dividió en 02 tramos homogéneos de la siguiente forma.

- ✓ Tramo 1: El Sauce - El Banco
- ✓ Tramo 2: El Banco - Km 9+000

1.3.1. Tramo 1: El Sauce - El Banco. Este tramo presenta anchos irregulares de entre 5.50 hasta 3.50 metros con caminos ondulados y accidentados.

A lo largo de la vía de estudio observamos en puntos cóncavos unas especies de encharcamientos producidos por la escorrentía superficial estancada por la falta de elem. de drenaje, además de la carencia de bombeo transversal, ocasionando deterioro en la plataforma de la calzada.

El segmento empieza en el Km 0+000 en el caserío El Sauce extendiéndose hasta el caserío El Banco en una pendiente pronunciada en ascenso de hasta 12% en pequeños sectores, el suelo es limoso de baja plasticidad y arcilloso.

1.3.2. Tramo 2: El Banco - Km 9+000. Este tramo presenta anchos irregulares de entre 5.50 hasta 3.50 metros con caminos ondulados y accidentados.

A lo largo de la vía de estudio observamos en puntos cóncavos unas especies de encharcamientos producidos por la escorrentía superficial estancada por la falta de elem. de drenaje, además de la carencia de bombeo transversal, ocasionando deterioro en la plataforma de la calzada.

El segmento empieza en el Km 4+000 en el caserío El Banco extendiéndose hasta el fin de la vía en estudio Km 9+000 con una inclinación ascendente de hasta 12% en pequeños sectores, el suelo es limoso de baja plasticidad.

1.4. Clasificación por tipo de vehículo

Agrupar los vehículos que pasan en la vía en estudio de acuerdo a su categoría expresados en el IMDA. Solo se presentarán algunos, los que se tendrán en cuenta en el siguiente proyecto.

A continuación, se visualiza la clas. de vehículos a considerar en la presente vía estudio.

Tabla 3.1.1

Clasificación Vehicular

Categoría	Clase o combinación especial	Descripción
L: Vehículos automotores con menos de 4 ruedas.		
L1		Vehículos de 2 ruedas de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
L2		Vehículos de 3 ruedas de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
L3		Vehículos de 2 ruedas de más de 50 cm ³ o velocidad mayor a 50 km/h.
L4		Vehículos de 3 ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm ³ o una velocidad mayor de 50 km/h.
L5		Vehículos de 3 ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm ³ o una velocidad mayor de 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular (PBV) no exceda de 1 tonelada.
M: Vehículos automotores de 4 ruedas a más, diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.		
M1		De hasta 9 asientos (incluido el conductor).
M2	C1	De más de 9 asientos (incluido el conductor) y PBV de hasta 5 toneladas.
M2	C2	De más de 9 asientos (incluido el conductor) y PBV de hasta 5 toneladas.
N: Vehículos automotores de 4 ruedas o más, diseñados y contruidos para el transporte de mercancías		
N1		De PBV de 3.5 toneladas o menos.
N2		De PBV mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas..

Nota. Adaptada de Clasificación Vehicular, del MTC, 2006, Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares.

2. Estudio Volumétrico

La vía en estudio presenta tramos con características parecidas y otros con características distintas, se debe agrupar los tramos similares en un solo estudio llamado tramo homogéneo, en tal sentido se tiene tramos con diferencias significativas.

2.1. Tramos homogéneos

Se ha considerado los siguientes tramos homogéneos en la carretera:

- ✓ Tramo homogéneo 1: El Sauce – El Banco
- ✓ Tramo homogéneo 2: El Banco – Km 9+000

2.2. Estaciones de control

Se ubica dos lugares seguros y céntricos en cada tramo, donde se instala una estación de vigilancia vehicular en cada una “E-1 El Sauce” y “E-2 El Banco”.

A continuación, se visualiza la ubicación de la estación de control “E-1 El Sauce” y “E-2 El Banco”.

Figura 3.1.2

Ubicación de las Estaciones de Control



Nota. Adaptada del Mapa Vial Lambayeque, del MTC, 2017, (<https://www.pvn.gob.pe/conservacion/mapas/>).

A continuación, se muestra las características de la estación de control “E-1 El Sauce” y “E-2 El Banco”.

Tabla 3.1.2

Ubicación de las Estaciones de Control

Código	Estación		Periodo de Control	Horario de Control	Objetivo de Control
	Nombre	Ubicación			

E1	El Sauce	A la salida del Caserío El Sauce – Km 0+000	Del 07 al 13 de Marzo	24	Conteo y clasificación
E2	El Banco	A unos 5 Km del Caserío El Banco	Del 07 al 13 de Marzo	24	Conteo y clasificación

Nota: Elaboración propia.

2.3. Características generales del conteo

Las cualidades básicas del conteo vehicular de la est. “E-1 El Sauce” y “E-2 El Banco” son.

- ✓ Existen dos tipos de días representativos, de lunes a viernes se denominan laborales y los sábados y domingos se denominan no laborales, en total tenemos siete días donde se realizaron los conteos en cada una de las estaciones.
- ✓ El comportamiento del flujo vehicular se debe identificar de la manera más clara posible, para esto es necesario tener un muestreo durante las 24 h del día.
- ✓ Con el objeto de evaluar posibles intensidades de flujo extraordinarios, es necesario que los conteos sean cerrados cada hora.
- ✓ La clasificación vehicular utilizada en el presente proyecto fue el siguiente: Autos; Station Wagon; Camioneta Pick Up, Camioneta Rural; Micro M3.

2.4. Metodología del conteo

Tanto tráfico como tránsito refieren al desplazamiento de bienes y/o personas, pero el primero hace mención a los medios de transportes que utilizan para dicha acción, mientras que el segundo especifica origen y destino.

Con respecto a la metodología se recolecta datos en campo, se procesa en gabinete, se analiza el resultado obtenido y se procesa con una corrección estacional.

2.4.1. Recolección de datos en campo (Tráfico). A continuación, se presenta dos formas de donde podemos conseguir datos, la referencial y directa.

2.4.1.1. Fuentes Referenciales. Hacen referencia a los peajes más cercanos al área de estudio, estos muestran inf. oficial del MTC donde podemos rescatar el IMD y los factores de corrección.

2.4.1.2. Fuentes Directas. Hacen referencia a la recaudación con cifras en campo por medio de conteos, estas se realizan con un trabajo de gabinete previo.

Es esencial previa labor de campo un recon. de la vía en los tramos designados, así poder identificar “in situ” las est. que se usan como puntos de conteo.

Una vez reconocido la vía en estudio y prestos a la ejecución del conteo, se debe realizar en gabinete formatos que ayuden al conteo vehicular.

Durante el periodo del 07 al 13 de octubre del 2019, se realizó el conteo (24 horas del día).

2.4.2. Procesamiento de la Inf. Con ayuda de hojas de cálculo se ha procesado la inf. esto corresponde a la etapa de gabinete para su presentación mediante gráficos.

2.4.3. Análisis de la Inf. El objeto de conocer el tráfico, número y tipos de vehículos es la obtención del IMDA el cual se estima mediante la siguiente expresión.

$$IMDa = IMDs * FCm$$

$$IMDs = \frac{\sum Vl + \sum Vs + \sum d7}{7}$$

El IMDA se obtiene corrigiendo el volumen promedio clasificado de la semana por un factor de corrección, para esto se ha tomado datos publicado por el MEF en “Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad interurbana, a nivel de perfil”.

A continuación, se muestra factores de corrección estacional en el peaje Mocce del 2000 al 2010 para vehículos ligeros.

Tabla 3.1.3

Factores de corrección estacional promedio para vehículos ligeros (2000 - 2010)

CÓDIGO PEAJE	P039 MOCCE
Enero	0.988368
Febrero	0.962589
Marzo	1.015888

Abril	1.097568
Mayo	1.088704
Junio	1.041461
Julio	1.020978
Agosto	0.914061
Septiembre	1.042163
Octubre	1.045342
Noviembre	1.020761
Diciembre	0.906705

Nota. Adaptada de Factores de corrección promedio para vehículos ligeros, del MEF, 2015, Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad interurbana, a nivel de perfil.

A continuación, se muestra factores de corrección estacional en el peaje Mocce del 2000 al 2010 para vehículos pesados.

Tabla 3.1.4

Factores de corrección estacional promedio para vehículos pesados (2000 - 2010)

CÓDIGO PEAJE	P039 MOCCE
Enero	0.999739
Febrero	1.029667
Marzo	1.110047
Abril	1.122763
Mayo	1.035493
Junio	0.963260
Julio	0.993512
Agosto	0.915971
Septiembre	1.082418
Octubre	1.019173
Noviembre	1.003934
Diciembre	0.917786

Nota. Adaptada de Factores de corrección promedio para vehículos pesados, del MEF, 2015, Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad interurbana, a nivel de perfil.

2.4.4. Factores de Corrección Estacional. Durante cada año hay distintas épocas, diferenciadas entre sí por tiempo de cosecha, lluvias, fechas festivas, vacaciones, etc. de esta manera cada mes tendrá distinto tráfico vehicular.

Mocce peaje más próx. a la vía en estudio es usado para extraer el factor corrección de estación correspondiente a años anteriores, es distinto tanto para veh. de peso ligero como pesados.

$$FC_m = \frac{\text{IMD anual}}{\text{IMD del mes en estudio}}$$

A continuación, se visualiza el Fc estacionaria de la unidad de peaje Mocce, elaborados por el MTC, cuyos factores de corrección son utilizados para el proyecto.

Tabla 3.1.5

Factores de Corrección Estacionaria Año 2000 – 2010

MES	LIGEROS	PESADOS
Enero	0.988368	0.999739
Febrero	0.962589	1.029667
Marzo	1.015888	1.110047
Abril	1.097568	1.122763
Mayo	1.088704	1.035493
Junio	1.041461	0.963260
Julio	1.020978	0.993512
Agosto	0.911461	0.915971
Septiembre	1.042163	1.082418
Octubre	1.045342	1.019173
Noviembre	1.020761	1.003934
Diciembre	0.906705	0.917786

Nota: Elaboración propia.

En base a los datos detallados se establece como factores de corrección del mes de julio los siguientes valores.

✓ FCEL = 1.020978; para vehículos ligeros

✓ FCEP = 0.993512; para vehículos pesados

3. Conteo Vehicular – Resultados

Se muestra conteo y categorización vehicular por día; la variación diaria por tipo; el tráfico vehicular promedio semanal y el IMD anual; y la variación horaria del IMDA.

3.1. Tramo homogéneo el sauce – el banco

La estación de conteo y clasificador vehicular El Sauce – E1, fue ubicada a la salida del Caserío El Sauce al comienzo de la vía estudio en el Km 0+000. El conteo se realiza en siete días, de lunes a viernes.

3.1.1. Conteo y clasificación vehicular por día. A continuación, se muestra el número y clasificación vehicular de lunes a viernes en la estación de conteo El Sauce – E1.

Así mismo, se mostrará en la sección de “Anexo B” las cifras recolectadas en el conteo de la Estación 1.

Tabla 3.1.6

Volumen y Clasificación Vehicular, según día de Conteo – Estación E1

DÍA	TRAMO	VEHÍCULOS LIGEROS	VEHÍCULOS PESADOS	TOTAL
Lunes 07/10/19	Entrada	21	2	23
	Salida	16	1	17
	Total	37	3	40
Martes 08/10/19	Entrada	19	2	21
	Salida	16	2	18
	Total	35	4	39
Miércoles 09/10/19	Entrada	19	2	21
	Salida	17	1	18
	Total	36	3	39
Jueves 10/10/19	Entrada	20	1	21
	Salida	16	1	17
	Total	36	2	38

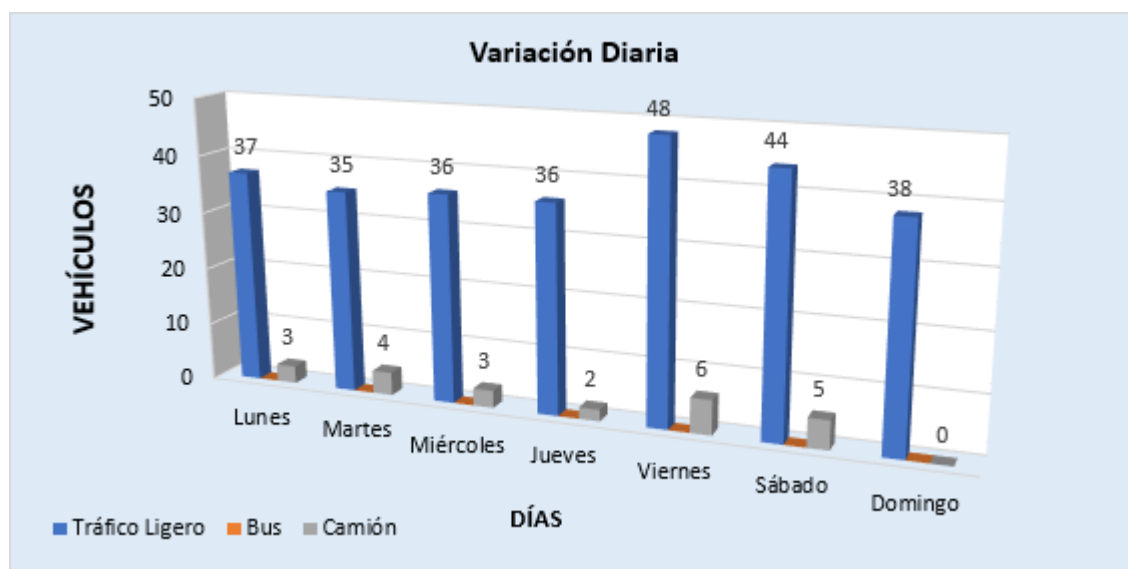
Viernes 11/10/19	Entrada	24	3	27
	Salida	24	3	27
	Total	48	6	54
Sábado 12/10/19	Entrada	20	2	22
	Salida	24	3	27
	Total	44	5	49
Domingo 13/10/19	Entrada	18	0	18
	Salida	20	0	20
	Total	38	0	38

Nota: Elaboración propia.

3.1.2. Variación diaria por tipo de vehículo. A continuación, se muestra una comparación entre la cantidad de vehículos ligeros con los pesados de lunes a viernes en est. de conteo El Sauce – E1.

Figura 3.1.3

Variación Diaria Vehicular – Estación E1



Nota: Elaboración propia.

De la figura podemos notar lo siguiente.

- ✓ El mayor número de veh. por día se presenta en viernes y sábado, con 54 y 49 respectivamente.

- ✓ El día viernes presenta 54 vehículos, de los cuales 48 son veh. de carácter ligero y 6 son vehículos pesados.
- ✓ El día sábado presenta 49 vehículos, de los cuales 44 son veh. de carácter ligero y 5 son vehículos pesados.

A continuación, se visualiza el total de vehículos transitados por día y separados por ligeros y pesados.

Tabla 3.1.7

Volumen Vehicular Diario, según tipo de vehículo – Estación E1

DÍA	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO		TOTAL
		BUS	CAMIÓN	
Lunes	37	0	3	40
Martes	35	0	4	39
Miércoles	36	0	3	39
Jueves	36	0	2	38
Viernes	48	0	6	54
Sábado	44	0	5	49
Domingo	38	0	0	38

Nota: Elaboración propia.

3.1.3. Tráfico vehicular promedio semanal y IMD anual. A continuación, se muestra el promedio del tráfico semanal y el IMD anual, multiplicando el IMD semanal por el FC estacional antes mencionado, en la estación de conteo El Sauce – E1.

Tabla 3.1.8

Volumen y Clasificación Vehicular, IMD (veh/día) – Estación E1

DÍA	TRAMO	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
IMDs	Entrada	20	2	22
	Salida	19	2	21
	Total	39	3	42

IMDa	Entrada	21	2	22
	Salida	19	2	21
	Total	40	3	43
IMDa (Valor Entero)	Entrada	20	2	22
	Salida	19	2	21
	Total	39	4	43
Porcentaje	%	90.70	9.30	100.00

Nota: Elaboración propia.

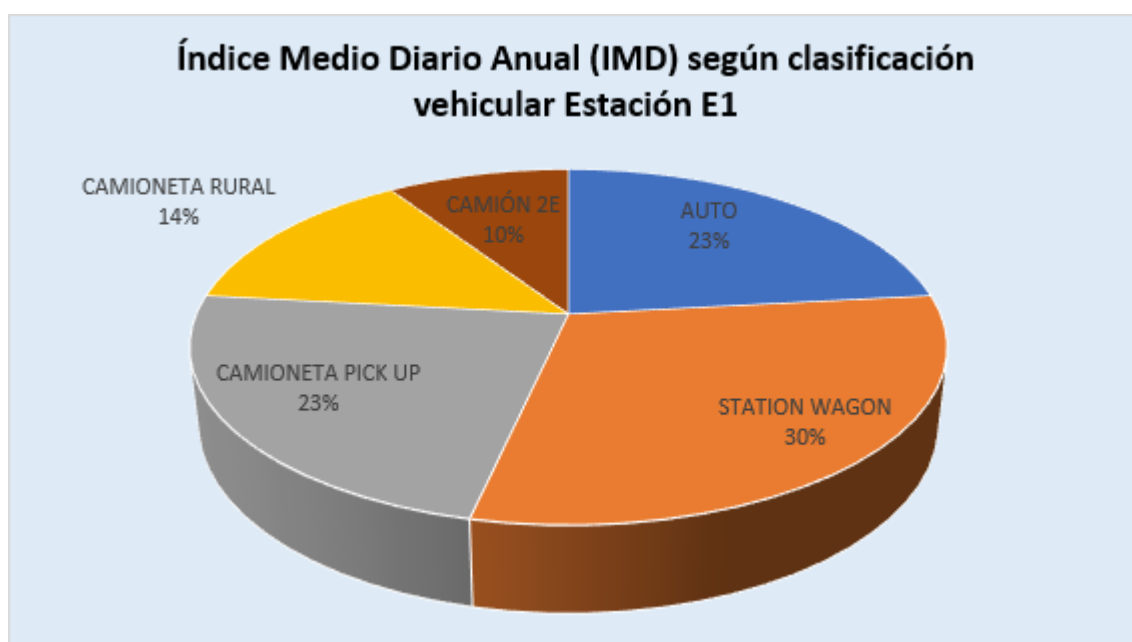
De la figura podemos notar lo siguiente.

- ✓ En el tramo El Sauce – E1, el IMDA es 43 veh/día.
- ✓ El flujo de veh. de carácter ligero representan el 90.70%.
- ✓ El flujo de vehículos pesados (camión 2E) representan el 9.3%.

A continuación, se muestra de manera gráfica los porcentajes de vehículos transitados según su clasificación.

Figura 3.1.4

Índice Medio Diario Anual (IMDa) según clasificación vehicular – Estación E1



Nota: Elaboración propia.

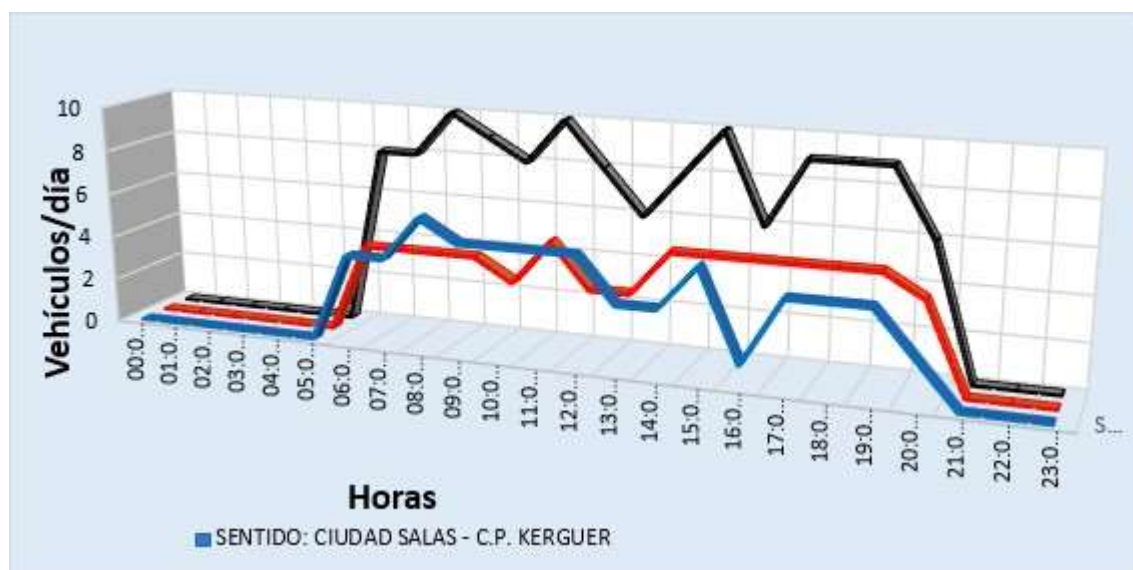
De la figura podemos notar lo siguiente.

- ✓ El 23% de los vehículos corresponde a automóviles.
- ✓ El 30% de los vehículos corresponde a Station Wagon.
- ✓ El 23% de los vehículos corresponde a camionetas Pick Up.
- ✓ El 14% de los vehículos corresponde a camionetas rurales.
- ✓ El 10% de los vehículos corresponde a vehículos pesados.

3.1.4. Variación horaria del Índice Medio Diario Anual. A continuación, se muestra el número de vehículos que transitan con respecto a cada hora del día, en la estación de conteo El Sauce – E1.

Figura 3.1.5

Variación horaria del Índice Medio Diario Anual (IMDA) – Estación E1



Nota: Elaboración propia.

De la figura podemos notar lo siguiente.

- ✓ El flujo del tráfico vehicular se activa a partir de las 6:00 am y termina a las 9:00 pm.
- ✓ El número de vehículos que circulan por día fluctúa entre 2 a 5.

3.2. Tramo homogéneo el banco – km 9+000

La estación de conteo y clasificador vehicular El Banco – E2, fue ubicada a la salida del Caserío El Banco en el Km 5+000 con intersección a la entrada del caserío La Shita Alta. El conteo se realiza en siete días, de lunes a viernes.

3.2.1. Conteo y clasificación vehicular por día. A continuación, se muestra el número y clasificación vehicular de lunes a viernes en la estación de conteo El Banco – E2.

Así mismo, se mostrará en la sección de “Anexo B” las cifras recabadas en el conteo de la Estación 2.

Tabla 3.1.9

Volumen y Clasificación Vehicular, según día de Conteo – Estación E2

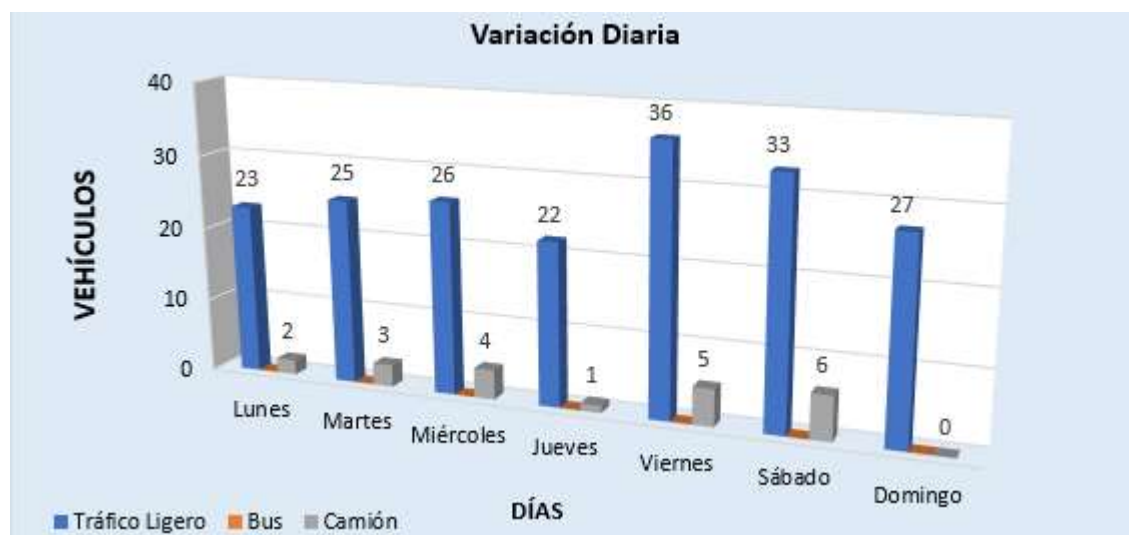
DÍA	TRAMO	VEHÍCULOS LIGEROS	VEHÍCULOS PESADOS	TOTAL
Lunes 07/10/19	Entrada	12	1	13
	Salida	11	1	12
	Total	23	2	25
Martes 08/10/19	Entrada	12	2	14
	Salida	13	1	14
	Total	25	3	28
Miércoles 09/10/19	Entrada	13	2	15
	Salida	13	2	15
	Total	26	4	30
Jueves 10/10/19	Entrada	11	0	11
	Salida	11	1	12
	Total	22	1	23
Viernes 11/10/19	Entrada	18	2	20
	Salida	18	3	21
	Total	36	5	41
Sábado 12/10/19	Entrada	16	3	19
	Salida	17	3	20
	Total	33	6	39
Domingo 13/10/19	Entrada	12	0	12
	Salida	15	0	15
	Total	27	0	27

Nota: Elaboración propia.

3.2.2. Variación diaria por tipo de vehículo. A continuación, se muestra una comparación entre la cantidad de vehículos ligeros con los pesados de lunes a viernes en la estación de conteo El Banco – E2.

Figura 3.1.6

Variación Diaria Vehicular – Estación E2



Nota: Elaboración propia.

De la figura podemos notar lo siguiente.

- ✓ El mayor número de veh. por día se presenta en viernes y sábado, con 41 y 39 respectivamente.
- ✓ El día viernes presenta 41 vehículos, de los cuales 48 son veh. de carácter ligero y 6 son vehículos pesados.
- ✓ El día sábado presenta 39 vehículos, de los cuales 33 son veh. de carácter ligero y 6 son vehículos pesados.

A continuación, se visualiza el total de vehículos transitados por día y separados por ligeros y pesados.

Tabla 3.1.10

Volumen Vehicular Diario, según tipo de vehículo – Estación E2

DÍA	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO		TOTAL
		BUS	CAMIÓN	

Lunes	23	0	2	25
Martes	25	0	3	28
Miércoles	26	0	4	30
Jueves	22	0	1	23
Viernes	36	0	5	41
Sábado	33	0	6	39
Domingo	27	0	0	27

Nota: Elaboración propia.

3.2.3. Tráfico vehicular promedio semanal y IMD anual. A continuación, se muestra el promedio del tráfico semanal y el IMD anual, multiplicando el IMD semanal por el FC estacional antes mencionado, en la estación de conteo El Banco – E2.

Tabla 3.1.11

Volumen y Clasificación Vehicular, IMD (veh/día) – Estación E2

DÍA	TRAMO	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
IMDs	Entrada	13	1	14
	Salida	14	2	16
	Total	27	3	30
IMDa	Entrada	14	1	15
	Salida	14	2	16
	Total	28	3	31
IMDa (Valor Entero)	Entrada	13	1	14
	Salida	15	2	17
	Total	28	3	31
Porcentaje	%	90.32	9.68	100.00

Nota: Elaboración propia.

De la figura podemos notar lo siguiente.

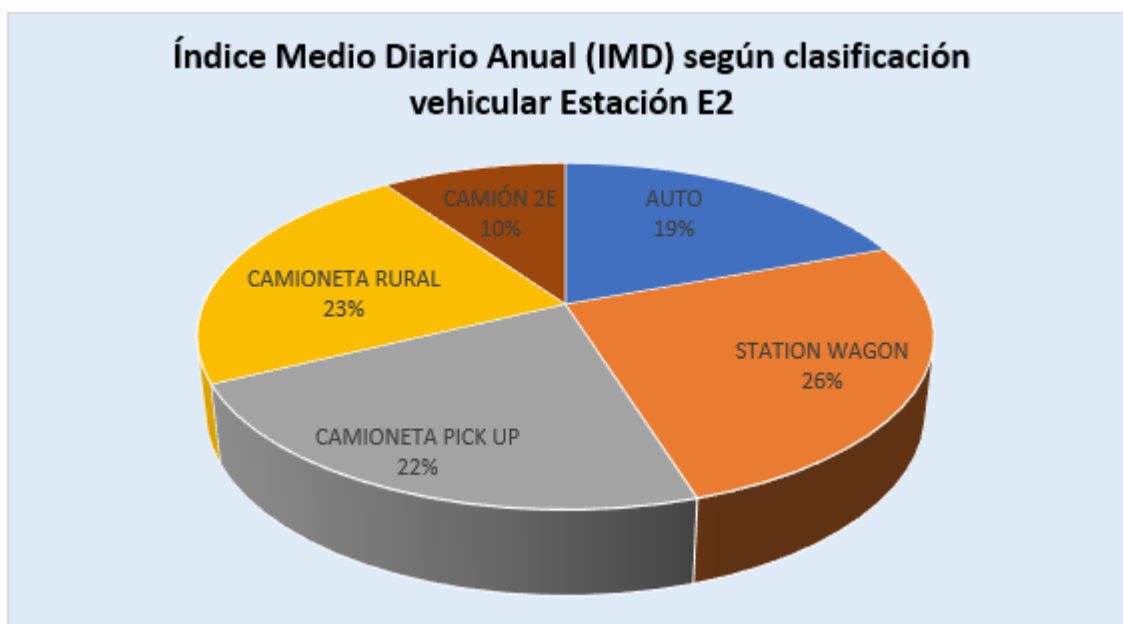
- ✓ En el tramo El Banco – E2, el IMDA es 31 veh/día.
- ✓ El flujo de veh. de carácter ligero representan el 90.32%.

- ✓ El flujo de vehículos pesados (camión 2E) representan el 9.68%.

A continuación, se muestra de manera gráfica los porcentajes de vehículos transitados según su clasificación.

Figura 3.1.7

Índice Medio Diario Anual (IMDa) según clasificación vehicular – Estación E2



Nota: Elaboración propia.

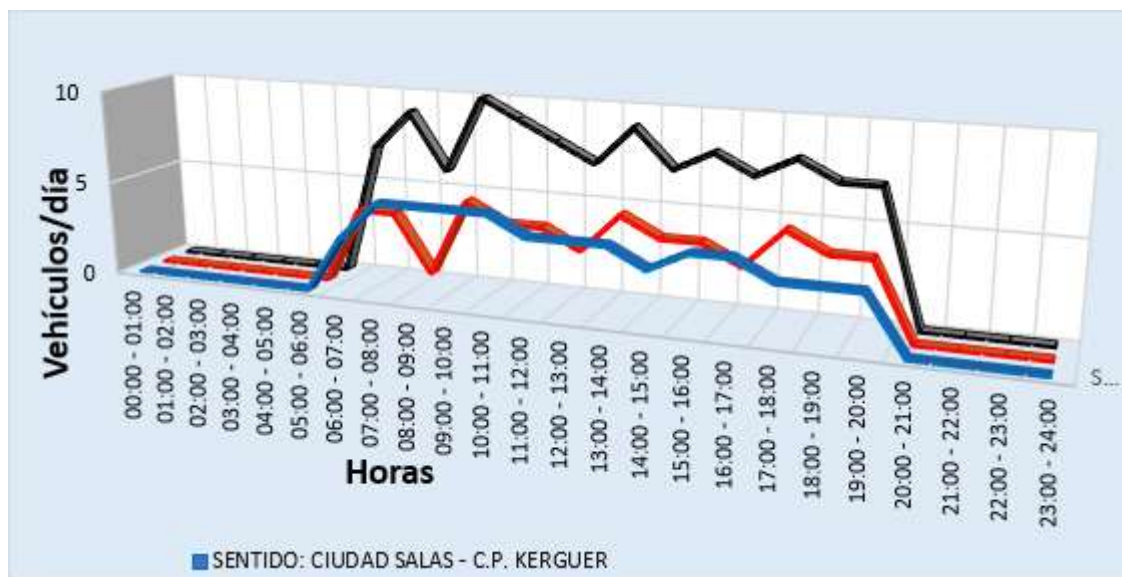
De la figura podemos notar lo siguiente.

- ✓ El 19% de los vehículos corresponde a automóviles.
- ✓ El 26% de los vehículos corresponde a Station Wagon.
- ✓ El 22% de los vehículos corresponde a camionetas Pick Up.
- ✓ El 23% de los vehículos corresponde a camionetas rurales.
- ✓ El 10% de los vehículos corresponde a vehículos pesados.

3.2.4. Variación horaria del Índice Medio Diario Anual. A continuación, se muestra el número de vehículos que transitan con respecto a cada hora del día, en la estación de conteo El Banco – E2.

Figura 3.1.8

Variación horaria del Índice Medio Diario Anual (IMDa) – Estación E2



Nota: Elaboración propia.

De la figura podemos notar lo siguiente.

- ✓ El flujo del tráfico vehicular se activa a partir de las 6:00 am y termina a las 9:00 pm.
- ✓ El número de vehículos que circulan por día fluctúa entre 2 a 5.

3.3. Resumen de estudio de tráfico

A continuación, se muestra el IMDA de la estación de control “El Sauce – E1” y “El Banco – E2”.

Tabla 3.1.12

Resumen de Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Tipo de Vehículo	El Sauce – El Banco		El Banco – Km 9+000	
	IMDA	%	IMDA	%
Automóvil	10	23.26	06	19.35
Station Wagon	13	30.23	08	25.81
Camioneta Pick Up	10	23.26	07	22.58
Camioneta rural	06	13.95	07	22.58
Microbus M3	00	00.00	00	00.00
Omnibus 02 ejes	00	00.00	00	00.00
Camión 02 ejes ligero	04	9.30	03	9.68

Camión 02 ejes pesado	00	00.00	00	00.00
IMDA (Total)	43	100	31	100

Nota: Elaboración propia.

Podemos observar que, el mayor volumen de tráfico vehicular se presenta en el tramo El Sauce – El Banco llegando a 43 vehículos por día.

4. Proyección del Tráfico

Haciendo uso de “Tasas de crecimiento de las variables macroeconómicas de Lambayeque” se determina la proyección del tráfico, con los resultados del conteo del mismo.

4.1. Metodología

A continuación, se visualiza la expresión mediante se estima el tráfico proyectado a un periodo de años.

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

Las tasas de crecimiento de vehículos de carácter ligero, ómnibus y de carga de carácter anual se obtienen mediante las siguientes expresiones.

$$r_{VL} = (1 + r_{pob})(1 + r_{per\acute{c}apita} * E_{VL}) - 1$$

$$r_O = r_{PBI} * E_O$$

$$r_{VC} = r_{PBI} * E_{VC}$$

A continuación, se muestra la elasticidad vehicular para vehículos ligeros como autos y pesados como camión articulado.

Tabla 3.1.13

Elasticidad Vehicular

Vehículo	Elasticidad área de estudio
Ligero (Auto, Camioneta) y Transporte público	1.00
Pesados (Camión, Articulado)	1.20

Nota. Adaptada de Elasticidad vehicular de vehículos ligeros y pesados, del MTC, 2005, Estudio de Plan Intermodal de Transportes del Perú – Consorcio BCEOM-GMI-WSA.

4.1.1. Variables Macroeconómicas. Se ha utilizado los documentos de “Población estimada, según departamento, 2000 - 2017” y “Cuentas Nacionales del Perú, Producto Bruto Interno Por Departamentos 2001-2012” ambas publicadas por INEI, para extraer la r_{pob} de la región de Lambayeque y la $r_{percápita}$ respectivamente, de esta manera poder utilizarlas en la proyección del tráfico normal para los vehículos de peso ligero.

Tabla 3.1.14

Población estimada, según departamento, 2000 – 2017

AÑO	POBLACIÓN
2 000	1,084,317
2 001	1,099,245
2 002	1,113,080
2 003	1,126,116
2 004	1,138,651
2 005	1,150,982
2 006	1,163,003
2 007	1,174,519
2 008	1,196,655
2 009	1,207,589
2 010	1,218,492
2 011	1,229,260
2 012	1,239,882
2 013	1,250,349
2 014	1,260,650
2 015	1,270,794
2 016	1,280,788
2 017	1,196,655

Nota. Adaptada de Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, del INEI, 2018, Población estimada Lambayeque 2000-2017.

Tabla 3.1.15

Perú: Producto Bruto Interno Per cápita, según departamento, 2001 – 2012

AÑO	PBI PER CÁPITA
2 001	2,941
2 002	3,046
2 003	3,132
2 004	2,959
2 005	3,164
2 006	3,300
2 007	3,615
2 008	3,882
2 009	3,971
2 010	4,257
2 011	4,458
2 012	4,803

Nota. Adaptada de Producto Bruto Interno por Departamentos 2001 – 2012, del INEI, 2013, Cuentas Nacionales del Perú.

Posteriormente, se ha utilizado el documento “Producto Bruto Interno Por Departamentos 2018” publicado por INEI, para extraer la r_{PBI} de Lambayeque, de esta manera poder utilizarlas en la proyección del tráfico normal para los vehículos de carga (camiones, semi trailers y trailers) incluido los ómnibus.

Tabla 3.1.16

Perú: Producto Bruto Interno por años, según departamento, 2007 – 2017

AÑO	PBI PER CÁPITA
2 007	6,880,023
2 008	7,512,522
2 009	7,910,362
2 010	8,449,884
2 011	8,937,792

2 012	9,782,672
2 013	10,138,533
2 014	10,354,938
2 015	10,809,529
2 016	11,080,412
2 017	11,371,483

Nota. Adaptada de Producto Bruto Interno total y por habitante 1994-2019, del INEI, 2019, Cuentas Nacionales del Perú.

Tomando como base la información recaudada se calculó las *tasas_{cre}* de Lambayeque, mostradas en los siguientes cuadros.

Tabla 3.1.17

Indicadores Macroeconómicos Promedio

REGIÓN	Tasa de crecimiento anual poblacional	Tasa de crecimiento anual de PBI per cápita.	Tasa de crecimiento anual del PBI.
LAMBAYEQUE	0.71	3.37	1.99

Nota: Elaboración propia.

Aplicando las variables de carácter macroeconómico tales como la r_{pob} , $r_{percápita}$ y r_{PBI} de la región de Lambayeque, con la elasticidad vehicular correspondiente a vehículos ligeros y de carga, se obtuvieron R_{VL} , R_{VC} y R_O .

A continuación, se muestra la R_{VL} , R_{VC} y R_O anual adoptadas para los vehículos de peso ligero, de carga y ómnibus respectivamente.

Tabla 3.1.18

Tasa Promedio de Crecimiento Adoptadas

PERIODO	Autos, Station Wagon, Camioneta Pick Up Rural	Ómnibus	Camiones, Traylers y Semi Traylers
2021 - 2031	4.32%	1.99%	2.39%

Nota: Elaboración propia.

4.2. Tráfico normal, generado y total

El tráfico que ha sido contabilizado antes de que se concrete el proyecto es conocido como tráfico normal.

El tráfico que aparezca después de que se concrete el proyecto es conocido como tráfico generado.

4.2.1. Tráfico normal. A continuación, se muestra la proyección 2021 al 2031 de los tramos homogéneos El Sauce – El Banco y El Banco – Km 9+000 de las est. E1 y E2 respectivamente.

Tabla 3.1.19

Proyección del tráfico Normal 2021-2031, Tramo El Sauce – El Banco (Estación E1)

IMDa	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
2 021	44	4	48
2 022	47	4	51
2 023	51	4	55
2 024	54	5	59
2 025	58	5	63
2 026	61	5	66
2 027	65	5	70
2 028	70	5	75
2 029	73	5	78
2 030	78	5	83
2 031	83	5	88

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3.1.20

Proyección del tráfico Normal 2021-2031, Tramo El Banco – Km 9+000 (Estación E2)

IMDa	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
2 021	32	3	35
2 022	33	3	36
2 023	36	3	39

2 024	39	3	42
2 025	41	3	44
2 026	43	4	47
2 027	47	4	51
2 028	49	4	53
2 029	52	4	56
2 030	56	4	60
2 031	60	4	64

Nota: Elaboración propia.

4.2.2. Tráfico Generado. A continuación, se muestra la proyección 2021 al 2031 de los tramos homogéneos El Sauce – El Banco y El Banco – Km 9+000 de las est. E1 y E2 respectivamente.

Tabla 3.1.21

Proyección del tráfico Generado 2018-2040, Tramo El Sauce – El Banco (Estación E1)

IMDa	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
2 021	7	1	8
2 022	8	1	9
2 023	8	1	9
2 024	8	1	9
2 025	8	1	9
2 026	11	1	12
2 027	11	1	12
2 028	12	1	13
2 029	12	1	13
2 030	12	1	13
2 031	12	1	13

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3.1.22

Proyección del tráfico Generado 2018-2040, Tramo El Banco – Km 9+000 (Estación E2)

IMDa	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
2 021	5	0	5
2 022	5	0	5
2 023	7	0	7
2 024	7	0	7
2 025	7	1	8
2 026	8	1	9
2 027	8	1	9
2 028	8	1	9
2 029	8	1	9
2 030	9	1	10
2 031	9	1	10

Nota: Elaboración propia.

4.2.3. Tráfico total. A continuación, se muestra la proyección del tráfico total 2021 al 2031 de los tramos homogéneos El Sauce – El Banco y El Banco – Km 9+000 de las est. E1 y E2 respectivamente.

Tabla 3.1.23

Proyección del tráfico Total 2018-2040, Tramo El Sauce – El Banco (Estación E1)

IMDa	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
2 021	54	5	59
2 022	59	5	64
2 023	62	6	68
2 024	66	6	72
2 025	69	6	75
2 026	76	6	82
2 027	81	6	87
2 028	85	6	91
2 029	90	6	96
2 030	95	6	101

2 031	101	6	107
--------------	------------	----------	------------

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3.1.24

Proyección del tráfico Generado 2018-2040, Tramo El Banco – Km 9+000 (Estación E2)

IMDa	TRÁFICO LIGERO	TRÁFICO PESADO	TOTAL
2 021	38	3	41
2 022	41	3	44
2 023	46	3	49
2 024	48	3	51
2 025	50	5	55
2 026	55	5	60
2 027	57	5	62
2 028	60	5	65
2 029	64	5	69
2 030	69	5	74
2 031	73	5	78

Nota: Elaboración propia.

4.3. Resumen de tráfico proyectado

El tráfico asignado proyectado total en el periodo 2020 – 2031 para los dos tramos homogéneos, es el siguiente.

Tabla 3.1.25

Proyección de la demanda vehicular para el periodo 2020 – 2030

TRAMO	AÑO						
	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2031
El Sauce – El Banco	59	64	68	72	75	101	107
El Banco – Km 9+000	41	44	49	51	55	74	78

Nota: Elaboración propia.

5. Cálculo de los Ejes Equivalentes (EEs)

5.1. Conocimiento de la demanda para estudios

Para la proyección del tráfico y el diseño estructural del pavimento en un periodo establecido en el análisis, se tiene la necesidad del conocimiento del Tráfico. En adición a los estudios de tráfico que muestra el IMDa del tramo en estudio, se tiene la carga aplicada al pav. por los vehículos pesados en relación a los ejes de los mismos y a la presión que generan los neumáticos de estos vehículos pesados (MTC, 2013).

5.2. Factor direccional y factor carril

La relación de vehículos de características pesadas que transitan en uno sentido del tráfico con respecto al total de tránsito circulante en ambas direcciones es denominada el factor de distribución direccional, que normalmente corresponde a la mitad (0.50). El tránsito mayormente se concentra en un determinado carril, recibiendo este el mayor número de EE, dejando con menor porcentaje al otro carril, esta relación se denomina factor de distribución carril (MTC, 2013).

A continuación, se visualiza F_d y F_c según el número de calzadas y el número de sentidos.

Tabla 3.1.26

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentidos	Factor Direccional (F_d)	Factor Carril (F_c)	Factor Ponderado $F_d * F_c$ para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Reproducida de Factores de distribuciones direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño, del MTC, 2013, Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.

Al ser la proyección de nuestro proyecto 1 calzada, con dos sentidos y 1 carril por cada sentido; el $F_d = 0.50$ y $F_c = 1.00$.

5.3. Cálculos de tasas de crecimiento y proyección

La tasa anual de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio – económico. Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6% (MTC, 2013, p. 73).

El cálculo del tránsito proyectado a un año “n” se puede estimar con una progresión geométrica.

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

Podemos estimar el Fca teniendo como datos el periodo de diseño en años (n) y la tasa anual expresado en % (r).

Tabla 3.1.27

Factores de Crecimiento Acumulado (Fca). Para el cálculo de número de repeticiones de EE

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77

Nota. Reproducida de Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de Número de Repeticiones de EE, del MTC, 2013, Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.

A continuación, se visualiza el F_{ca} que se obtiene de manera manual mediante la siguiente expresión.

$$F_{ca} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Con un $n = 10$ años y un $r = 2.39\%$ nos proporciona un Factor de Crecimiento Acumulado F_{ca} = 11.1489.

5.4. Número de repeticiones de ejes equivalentes

Sólo se tiene en consideración la demanda de vehículos de carácter pesado tales como la de ómnibus y las de camiones (MTC, 2013).

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento (MTC, 2013, p. 78).

Tabla 3.1.28

Configuración de Ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumático	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1 RS ^a	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1 RD ^b	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1 RS + 1 RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2 RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1 RS + 2 RD	10	

Nota. Reproducida de Configuración de Ejes, del MTC, 2013, Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.

^a. RS: Rueda Simple

^b. RD: Rueda Doble

Se han determinado correlaciones entre las cargas y el tipo de eje de vehículos pesados, tales como buses y camiones, para determinar los Ejes Equivalentes de los mismos (MTC, 2013).

Tabla 3.1.29

Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2tn}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Eje Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$

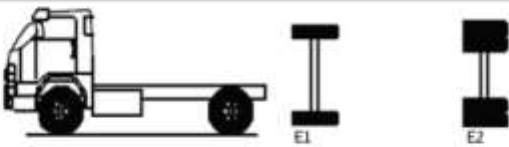
Nota. Reproducida de Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, del MTC, 2013, Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.

La medición de la demanda, estará basada en muestreos significativos del tránsito cuando no se cuenta con estaciones de pesaje que pueden generar censos de cargas por tipo de ejes. La investigación más extendida en la práctica del Perú, se orienta a la estratificación muestral de la carga por tipo de vehículo. Para ello la muestra del tráfico usuario se concentra en el tráfico pesado con la finalidad de obtener una información detallada promedio, pesando la carga real por tipo de vehículo muestreado, por tipos de ejes que lo conforman y por carga efectiva que lleva el eje. De esta manera con las mediciones obtenidas por tipo de vehículos pesados se calculará el factor vehículo pesado de cada uno de los tipos de vehículos del camino, este factor resulta del promedio de EE que caracteriza cada tipo de vehículo pesado identificado para el camino (MTC, 2013, p. 80).

A continuación, se explica un ejemplo para obtener un Fvp de un vehículo pesado como lo es un camión C2.

Tabla 3.1.30

Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C2								12.30
	$EE_{E1} = [P / 6.8]^4$	$EE_{E2} = [P / 8.2]^4$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	10						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	10						
Factor E.E.	1.265	2.212						
Total Factor Camión C2								3.477

Nota. Reproducida de Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2, del MTC, 2013, Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.

Del conteo volumétrico se registró únicamente Camiones 2E como vehículos pesados, es así que para el presente proyecto utilizaremos como Factor vehículo pesado 3.477, propio de un Camión C2.

Los neumáticos producen una presión sobre el pavimento semirrígido o flexible, esto se traduce en un deterioro, de manera tal que para el cálculo de EE la presión de neumáticos produce un ajuste (MTC, 2013).

A continuación, se visualiza F_p (psi) según el espesor de rodadura (mm).

Tabla 3.1.31

Factor de ajuste por presión de neumático (F_p) para ejes equivalentes (EE)

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi $PCN = 0.90 * [\text{Presión de inflado del neumático}] \text{ (psi)}$						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91

Nota. Reproducida de Factor de ajuste por presión de neumático (F_p) para ejes Equivalentes (EE), del MTC, 2013, Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.

Se tiene proyectado diseñar una capa granular para afirmado de 20 cm y con 80 psi, eso nos da un Factor de presión de neumático $F_p = 1.00$. Cualquier cambio en el apartado de Diseño de Pavimento de la capa de rodadura, se hará las modificaciones respectivas en este apartado.

La suma de todos los N_{rep} de EE para los distintos tipos de vehículos de carácter pesado se estima con la sig. expresión.

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [EE_{día-carril} * F_{ca} * 365]$$

Para cada tipo de vehículo pesado se debe de aplicar la siguiente expresión en EEs.

$$EE_{día-carril} = IMD_{pi} * F_d * F_c * F_{vpi} * F_{pi}$$

Nuestro conteo de IMD arrojó 6 camiones C2 en la estación E1 y 5 camiones C2 en la estación E2, como se aprecia a continuación:

Tabla 3.1.32

Resumen de Índice Medio Diario Anual (IMDA) proyectado a 10 años

Tipo de Vehículo	El Sauce – El Banco		El Banco – Km 9+000	
	IMDA	%	IMDA	%
Automóvil	26	24.30	16	20.51
Station Wagon	33	30.84	21	26.92
Camioneta Pick Up	26	24.30	18	23.08
Camioneta rural	16	14.95	18	23.08
Microbus M3	00	0.00	00	0.00
Omnibus 02 ejes	00	0.00	00	0.00
Camión 02 ejes ligero	06	5.61	05	6.41
Camión 02 ejes pesado	00	0.00	00	0.00
IMDA (Total)	107	100.00	78	100.00

Nota: Elaboración propia.

Siguiendo con el cálculo de EEs y reemplazando los valores de Factor direccional (1.00), Factor carril diseño (0.50), Factor vehículo pesado C2 (3.477) y Factor de presión de neumáticos (1.00), tenemos.

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} * F_d * F_c * F_{vpi} * F_{pi}$$

$$EE_{\text{día-carril}} = 11 * 0.50 * 1.00 * 3.477 * 1.00$$

$$EE_{\text{día-carril}} = 19.1235$$

Para obtener el Nrep de EE de 8.2 tn multiplicamos los EE del C2 por su Fca y por 365 días del año, tenemos.

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum[EE_{\text{día-carril}} * F_{ca} * 365]$$

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = 19.1235 * 11.15 * 365$$

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = 77,820.19$$

5.5. Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño

A continuación, se muestra tipos de tráfico en carretas no pavimentadas con relación a rangos de EE.

Tabla 3.1.33

Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos

Tipos de Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P0}	< 25,000 EE
T_{P1}	> 25,000 EE ≤ 78,000 EE
T_{P2}	> 79,000 EE ≤ 150,000 EE
T_{P3}	> 160,000 EE ≤ 310,000 EE

Nota. Reproducida de Número de Repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t en el carril de diseño, del MTC, 2013, Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.

Como nuestro Nrep de EE en el periodo de diseño, es mayor a 25,000 EE y menor a 78,000 EE, eso nos clasifica como un **Tráfico Pesado 1 (Tp1)**.

3.2. Estudio Topográfico

1. Generalidades

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general. Llevar coordenadas y alturas de todo el terreno a través de la vía en estudio a un sistema geo referencial de manera tal se trabaje el diseño del mismo.

1.1.2. Objetivos específicos. Entre los objetivos específicos tenemos:

- ✓ Estudio de Reconocimiento
- ✓ Levantamiento del Eje Preliminar
- ✓ Diseño del Eje Definitivo

1.2. Sistema de referencia

Sistema UTM usadas en la digitalización de la vía en estudio, sistema plano conformado por dos de sus ejes, con elevación producido por el tercero (triortogonal).

El Perú se encuentra en las zonas 17 (zona de la vía en estudio), 18, 19 y en las bandas M, L K, esto se tendrá en cuenta en el referenciación geográfico de la vía en estudio.

Existen varios tipos de estación que el IGN presenta según su orden, basta con una estación de orden B o superior para poder enlazarse horizontalmente, pero es necesario dos estaciones de orden C para enlazarse a su red geodésica. De la misma forma es de requerimiento 2 estaciones para poder enlazarse verticalmente.

Los ptos. de georreferenciación no deben estar separados entre sí más de 10 km y no estar a más de 500 m de la vía.

1.3. Metodología

Al ejecutar trabajos topográficos encontramos dos acciones esenciales, los trabajos de campo y los de gabinete.

1.3.1. Trabajos de campo. Son acciones que se realizan para el razonamiento de la zona y para obtener datos de la misma a través de un levantamiento de carácter topográfico, es así que se usan elementos como Brújula, GPS, Nivel, Estación Total, entre otros.

1.3.2. Trabajo en gabinete. Luego de adquirir datos del terreno es necesario plasmarlos en conceptos planimétricos y altimétricos para su posterior diseño o mejoramiento del trazo original, usando programas informáticos como Autocad Civil 3D, Google Earth Pro, Excel, entre otros.

A continuación, se muestra la localización de la vía en estudio en un mapa político de Lambayeque.

Figura 3.2.1

Ubicación de la zona de estudio, en el mapa físico político del departamento de Lambayeque



Nota. Adaptada de Departamento de Lambayeque, de IGN, 2014, (www.ign.gob.pe).

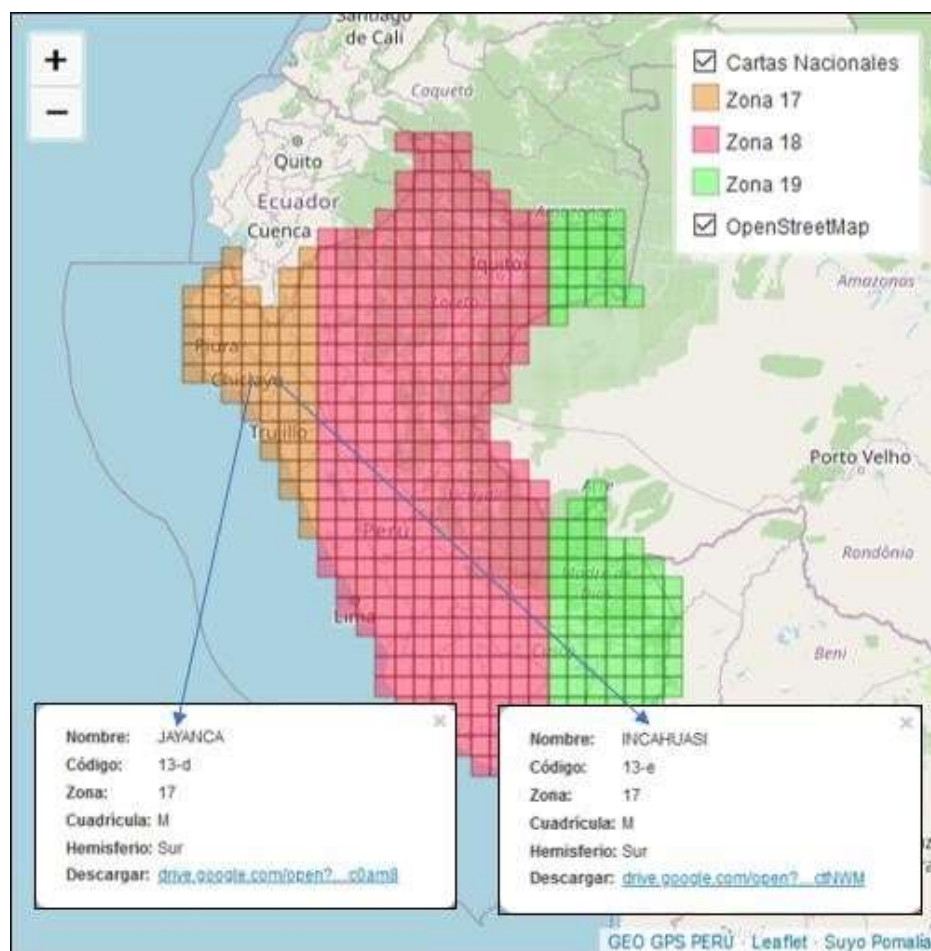
2. Estudio de Reconocimiento

Como ayuda en el entendimiento de la zona podemos usar las Cartas Nacionales, estas nos presentan datos como curvas de nivel, ríos, cotas, y más datos que podemos usar como puntos de referencia. Para nuestra zona de estudio podemos usar las cartas 13d y 13e.

A continuación, se muestra las cartas nacionales brindadas por el IGN y tomadas para el estudio de la vía

Figura 3.2.2

Cartas Nacionales del Perú – Cartas 13d y 13e



Nota. Adaptada de Cartas nacionales del Perú, de IGN, 2015, (www.geogpsperu.com).

En la vía en estudio se ha utilizado como punto de control, la carta nacional de Jayanca (13-d), la cual contiene la zona en estudio; así mismo, se ha utilizado la carta nacional de Incahuasi (13-e), como punto de control de la cantera Hualanga.

Cuando se estudia una zona en la proyección de una carretera, puede presentarse varias rutas posibles que conecten los puntos inicial y final de la vía, es por esto que a través del reconocimiento de campo se selecciona la mejor de todas ellas.

A continuación, se visualiza una fotografía de la vía en estudio mostrando la condición de la misma y las viviendas típicas de la zona.

Figura 3.2.3

Reconocimiento del terreno – A 2 kilómetros del Caserío El Banco



Nota. Elaboración propia.

2.1. Selección de rutas

A continuación, se muestran características que una ruta debe satisfacer para ser elegida sobre otra ruta.

- ✓ La que presente el menor movimiento de tierras, tiene menor costo en su construcción.
- ✓ La que en sus obras de arte proporciones ahorro en su costo de construcción.
- ✓ La que no atraviese propiedad privada en su trazado, en amplias áreas.
- ✓ La que no perjudique en grandes medidas el equilibrio ecológico.
- ✓ La que en su trazo conecte la mayor cantidad de caseríos.

2.2. Perfil con nivel Abney

Es necesario conocer las diferencias altimétricas entre puntos, sus pendientes y distancias parciales, para esto se hace uso de planos en donde se reflejen dichas diferencias, conocidos como perfiles longitudinales.

Para determinar si la ruta estudiada es apta para seguir los futuros diseños es necesario conocer si los desniveles o pendientes no excedan el permisible, para tal sentido se realiza un estudio con el nivel de Abney.

Figura 3.2.4

Levantamiento de perfil longitudinal – Uso de Nivel Abney



Nota. Elaboración propia.

2.2.1. Instrumentos empleados. Para realizar un reconocimiento de campo se deberá contar con los siguientes instrumentos.

- ✓ 1 Navegador Garmin Map64
- ✓ 1 Cita métrica de 50m
- ✓ 1 Cámara fotográfica
- ✓ 1 Eclímetro

Figura 3.2.5

Uso del Eclímetro o Nivel de Abney



Nota. Elaboración propia.

2.2.2. Datum recolectado. Se realizó lecturas con el eclímetro de toda la trocha del proyecto, para determinar las inclinaciones que esta presenta. Por norma, la máxima pendiente recomendable es de 12%.

A continuación, se visualiza algunos valores de la información obtenida. Así mismo, se mostrará en la sección de “Anexo C”, la información adquirida en el levantamiento.

Tabla 3.2.1

Perfil Longitudinal con Eclímetro

Punto	Tramo	Distancia (m)	Ángulo de inclinación	Pendiente (%)	Distancia Horizontal (m)	Distancia Vertical (m)
1						
2	1 – 2	28	+ 6° 40' 0''	11.69	27.81	3.25
3	2 – 3	50	+ 7° 30' 0''	13.17	49.57	6.53
4	3 – 4	22	+ 3° 50' 0''	6.70	21.95	1.47
5	4 – 5	54	+ 0° 50' 0''	1.45	53.99	0.79
6	5 – 6	33	+ 3° 30' 0''	6.12	32.94	2.01
7	6 – 7	31	3° 0' 0''	5.24	30.96	1.62
8	7 – 8	34	6° 0' 0''	10.51	33.81	3.55
9	8 – 9	74	1° 30' 0''	2.62	73.97	1.94
10	9 – 10	64	1° 50' 0''	3.20	63.97	2.05
11	10 – 11	50	0° 0' 0''	0.00	50.00	0.00
12	11 – 12	50	3° 20' 0''	5.82	49.92	2.91
13	12 – 13	56	3° 40' 0''	6.41	55.89	3.58
14	13 – 14	41	3° 40' 0''	6.41	40.92	2.62

Nota. Elaboración propia.

Después de procesar los datos obtenidos, concluimos que la trocha presenta pequeñas zonas donde la pendiente es de un máximo de 12%, mismas zonas se tendrán cuidado en el diseño geométrico. En general la trocha existente es apta para realizar un levantamiento de un eje preliminar y posteriormente realizar un diseño de un eje definitivo.

3. Levantamiento del Eje Preliminar

3.1. Puntos geodésicos

En la localidad de Salas se encontró 2 puntos geodésicos, los cuales fueron tomados como base para los trabajos topográficos.

A continuación, se visualiza los sitios geodésicos a utilizar como centros de control presentes en la localidad de Salas.

Figura 3.2.6

Puntos Geodésicos en la Localidad de Salas

DISTRITO	LOCALIDAD	ORDEN	CODIGO	UBICACION
SALAS-LAMBAYEQUE-LAMBAYEQUE - PERU	SALAS	C	SLS1	CERRO EL NIÑO
SALAS-LAMBAYEQUE-LAMBAYEQUE - PERU	ASENTAMIENTO HUANO LOS PEREGRINOS	C	SLS2	RESERVORIO DE AGUA POTABLE CERRO MORRUPE

Nota. Reproducida de Puntos Geodésicos, de IGN, 2015, (www.gob.pe).

3.1.1. Punto Geodésico SLS1 – Cerro El Niño. Está ubicada en la localidad de Salas-Lambayeque-Lambayeque en el cerro El Niño, a un costado de una Iglesia.

La descripción monográfica del punto geodésico SLS1, se muestra en la siguiente tabla. Así mismo, se mostrará en la sección de “Anexo C”, la información adquirida por el IGN.

Tabla 3.2.2

Descripción monográfica – SLS1

Características	Punto Geodésico SLS1 - Salas
Ubicación	Cerro El Niño
Latitud (S) WGS – 84	06° 16' 25.50''
longitud (O) WGS – 84	79° 36' 29.43''
Norte (Y) WGS – 84	9 306 330.08
Este (X) WGS – 84	653 968.78
Altura Elipsoidal	180.55

Zona UTM

17 Sur

Orden

C

Nota. Elaboración propia.**Figura 3.2.7***Vista del Cerro El Niño**Nota.* Elaboración propia.**Figura 3.2.8***Punto Geodésico SLS1**Nota.* Elaboración propia.

3.1.2. Punto Geodésico SLS2 – Reservoirio de Agua Potable Cerro Morrupe. Está ubicada en la localidad de Salas-Lambayeque-Lambayeque en el reservorio de agua en el Cerro Morrupe.

La descripción monográfica del punto geodésico SLS2, se muestra en la siguiente tabla. Así mismo, se mostrará en la sección de “Anexo C”, la información adquirida por el IGN.

Tabla 3.2.3*Descripción monográfica – SLS2*

Características	Punto Geodésico SLS2 - Salas
Ubicación	Reservorio de agua potable Cerro Morrupe
Latitud (S) WGS – 84	06° 16' 17.43''
longitud (O) WGS – 84	79° 35' 54.40''
Norte (Y) WGS – 84	9 306 574.90
Este (X) WGS – 84	655 046.24
Altura Elipsoidal	222.14
Zona UTM	17 Sur
Orden	C

Nota. Elaboración propia.**Figura 3.2.9***Vista del Reservorio de Agua Potable Cerro Morrupe**Nota.* Elaboración propia.

3.2. Levantamiento topográfico

Tomando como sitios de control los puntos geodésicos brindados por el IGN se ubicó la estación total en uno de ellos y tomando como vista atrás el siguiente, de esta manera el equipo tomó medidas y realizó una corrección interna. Teniendo coordenadas corregidas, empezó el levantamiento topográfico.

Se tomaron S.T. de 18 m aproximadamente en la medida que fue posible, por la zona accidentada algunos sectores presentaron secciones transversales de difícil acceso. Se tomó la topografía detallada de la trocha, futuras ubicaciones de badenes y alcantarillas, taludes positivos y negativos de la trocha existente.

Figura 3.2.10

Levantamiento de eje Preliminar



Nota. Elaboración propia.

3.2.1. Instrumentos empleados. Los elementos a utilizar serán de tipo manual para las labores topográficas.

- ✓ 1 Cinta métrica de 10 m.
- ✓ 1 Libreta de topografía
- ✓ Pintura, estacas y jalones

Los equipos a utilizar, serán para las labores topográficas y de estudio de suelos.

- ✓ 1 Trípode
- ✓ 2 Jalones telescópico de 2.50 m con nivel y funda
- ✓ 2 Prisma reflector
- ✓ 2 Estuche porta prismas
- ✓ 1 Navegador Garmin Map64
- ✓ 1 Cámara digital.

✓ 1 Estación Total

Estación total: La medición se realizará en coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator). El equipo a utilizar y existente en el mercado es la Estación Total Topcon GPT – 3200 N, con precisión con prisma de (2+2ppm x D) mm.

Figura 3.2.11

Equipos a utilizar en el levantamiento topográfico



Nota. Adaptada de Equipos Topográficos, de RMS Geoespacial, 2015, (www.rmsgeoespacial.com).

3.2.2. Datum recolectado. Tomando como referencia los puntos geodésicos antes mencionados, se inicia el levantamiento topográfico.

La persona que dirige el levantamiento señala los puntos en los que se colocará el instrumento como estación, procurando que se localice en sitios altos desde los cuales se domine el terreno vecino y próximos al eje probable de la carretera; indica los puntos en que se colocarán las miras, que son aquellos en que cambia la inclinación el terreno, los de cruce de los arroyos, ríos, canales, edificaciones, otras carreteras y en general todo lo que debe figurar en el plano. Hace además un croquis del levantamiento.

A continuación, se muestra algunas cifras obtenidas del levantamiento ejecutado en la presente vía estudiada.

Tabla 3.2.4

Levantamiento topográfico con Estación Total

Punto	Descripción	Norte (X)	Este (Y)	Altura (Z)
1	E1	9 309 652.84	660 480.54	674.93

2	VA	9 309 617.95	660 473.79	669.06
3	TN	9 309 649.95	660 504.08	674.69
4	TN	9 309 655.16	660 501.47	676.03
5	TN	9 309 657.36	660 500.04	677.23
6	TN	9 309 659.71	660 498.87	677.27
7	TN	9 309 663.65	660 497.10	677.41
8	TN	9 309 666.14	660 494.81	678.78
9	TN	9 309 669.59	660 492.93	680.41
10	E2	9 309 671.57	660 513.44	679.60
11	TN	9 309 658.66	660 519.02	675.77
12	TN	9 309 662.16	660 517.40	676.68
13	TN	9 309 667.45	660 513.04	679.25
14	TN	9 309 669.23	660 510.61	679.16

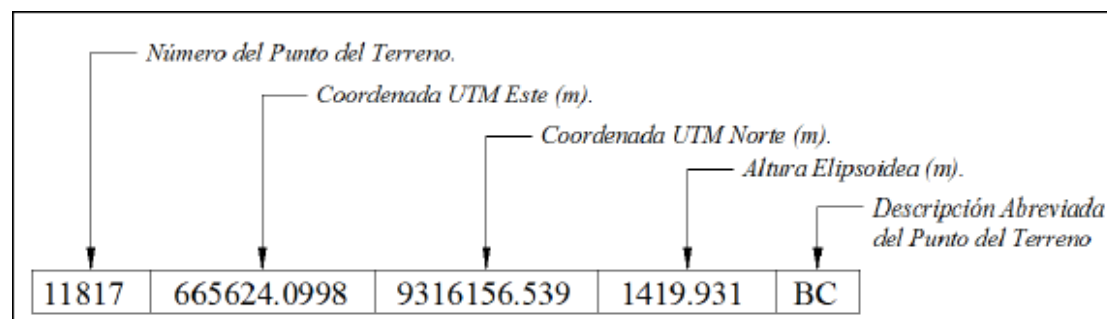
Nota. Elaboración propia.

Del campo se ha extraído una cantidad de 4,145 puntos de la vía en estudio y 172 cambios de estaciones.

A continuación, se muestra un ejemplo de un punto tomado en campo, el cual debe contener aparte de sus coordenadas y altura, su descripción y numeración de punto tomado.

Figura 3.2.12

Ejemplo de la caracterización de un punto de terreno, mediante el sistema de coordenadas UTM – WGS 84



Nota. Elaboración propia.

Las alt. a lo largo de la vía en estudio que abarcan desde 674 m.s.n.m en el caserío El Sauce hasta los 1,486 m.s.n.m en el caserío El Banco son nominadas alturas elipsoideas.

4. Diseño del Eje Definitivo

Este diseño se presenta en la sección de Diseño Geométrico, el cual mostrará todas las características y limitaciones bajo el “Manual de Diseño Geométrico – 2018” brindado por MTC.

3.3. Estudio de Mecánica de Suelos

1. Generalidades

El suelo en donde se asientan diversas obras de ingeniería es el que soporta los esfuerzos generados por los mismos, por lo que la estabilidad, comportamiento funcional y estético de estas obras dependen del buen desempeño del suelo en donde se apoyan.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general. Obtener inf. del tipo de tierra que estructura la subrasante de la vía en estudio mediante ensayos y clasificación del mismo.

1.1.2. Objetivos específicos. Entre los objetivos específicos tenemos.

- ✓ Trabajo de Campo, el cual comprende: la exploración de la tierra de fundación, toma de especímenes y, el método de evaluación de los mismos.
- ✓ Etapa de Gabinete, el cual comprende: los ensayos a realizar, los resultados obtenidos, la clasificación de los suelos estudiados.
- ✓ Perfil Estratigráfico.

1.2. Sistemas de clasificación de suelos

Al ejecutar un estudio de suelos en una zona nos damos cuenta que estos muestran propiedades semejantes o diferentes con una zona adjunta, estas propiedades únicas para cada estrato nos hacen clasificarlas y agruparlas, de manera tal que podemos compararlas entre sí desarrollando un sistema de clasificación de suelos.

1.2.1. Sistema AASHTO. Los datos resultantes de los análisis en los ensayos granulometría, límite líquido e índice de plasticidad son usados para clasificar suelos según este sistema. Adicional a esto se realiza una evaluación mediante un “índice de grupo”. Este se utiliza como un parámetro de calidad del suelo analizado, para su uso como elemento de terraplén, subrasante, subbase o base. El valor obtenido se presenta como un número entero y si es negativo se informa como “cero” (MTC, 2016).

1.2.2. Sistema unificado de clasificación (SUCS). Se clasifican en tres grandes agrupaciones, tierras de partícula gruesa (grava y arena), fino (limos y arcillas) y sumamente orgánico (turberas), las especificaciones de cada uno se realizan por medio del tamizado en el ensayo de Granulometría y el resultado del ensayo del Límite Líquido. La clasif. de grano grueso son las Arenas (S) y las Gravas (G), estas a su vez se dividen cada una en cuatro sub categorías, las cuales son: SW, SP, SM, SC, GW, GP, GM y GC respectivamente. Los de grano fino se subdividen en limos (M) y arcillas (C), según su límite líquido y su índice de plasticidad (MTC, 2016).

Figura 3.3.1

Sistema de clasificación SUCS

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material es mayor que el tamiz N°200	GRAVAS (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N°4)	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA (Más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material es menor que el tamiz N°200	LIMOS Y ARCILLAS (Límite líquido es menor de 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (Límite líquido es mayor de 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS

Nota. Reproducida de Signos convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS, de MTC, 2013, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

Figura 3.3.2

Sistema de clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL		Materiales Granulares (menos del 35% pasa el tamiz #200)							Materiales Limo-arcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)				
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	a-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	#40	≤ 30	≤ 50	> 51	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	#200	≤ 15	≤ 25	< 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 36	> 36	> 36	> 36	> 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido		...	...	≤ 40	> 41	≤ 40	> 41	≤ 40	> 41	≤ 40	> 41	> 41 (IP<LL-30)	> 41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad		≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 11	> 11	≤ 10	≤ 10	> 11	> 11	> 11	> 11
ÍNDICE DE GRUPO		0	0	0	0	≤ 4	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20
TIPOLOGÍA		Cantos, gravas y arena		Arena fina	Grava y arena limo arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD		Excelente a bueno							Regular a malo				

Nota. Reproducida de Clasificación de los Suelos – Método AASHTO, de MTC, 2013, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

2. Trabajos de Campo

Para reconocer el tipo de partículas en la vía estudio es útil primero una inspección del campo, posteriormente una expl. de los suelos.

2.1. Exploración del terreno de fundación

La indagación de las partículas se realiza mediante sondeos de 1.5 m de profundidad. Los pozos de exploración deben ser tan grandes como para que sea posible bajar y observar las distintas secciones de tierra, según esto se procederá a la extracción de muestras por clase de suelo identificado (MTC, 2013).

Tabla 3.3.1

Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDa ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicatas x km

Nota. Reproducida de Número de Calicatas para Exploración de Suelos, de MTC, 2013, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

Por el análisis del tráfico se conoce que la vía en estudio presenta un IMDA ≤ 201 veh/día por lo tanto se realiza 1 sondeo por km a 1.5 m con línea superior la subrasante.

2.2. Toma de muestras

Los estratos tomados en las calicatas serán representativas y se toman por cada capa distinta, estas son Alteradas o Inalteradas, las alteradas son las que no guardan los mismos elementos con los que fueron encontrados y las inalteradas son las de caso contrario (MTC, 2013).

Cada muestra extraída debe de representar el tipo de suelo observado y tener la información suficiente para su identificación.

- ✓ Nombre del proyecto
- ✓ Localización de la calicata (UTM – WGS84)
- ✓ N° de calicata
- ✓ N° de muestra y profundidad

A continuación, se visualiza la ubicación de los sondeos donde se han tomado los estratos a ensayar, siendo un total de 9 calicatas a través de la vía estudio.

Tabla 3.3.2

Ubicación de Calicatas

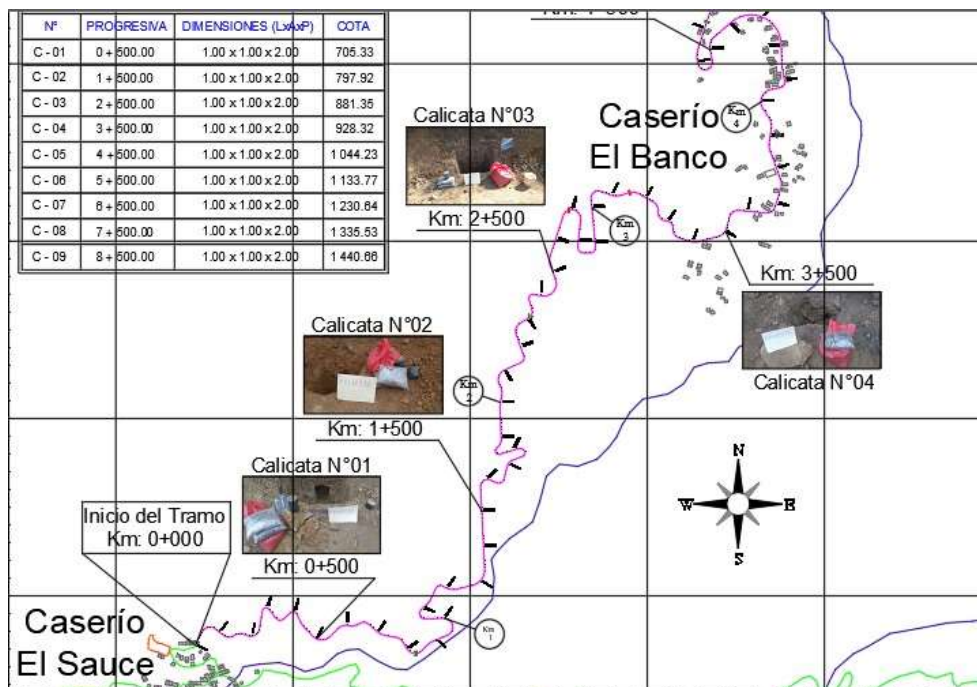
Código	Kilómetro	Este	Norte
C – 01	0+500.00	661 067.56	9 309 378.96
C – 02	1+500.00	661 534.17	9 309 737.84
C – 03	2+500.00	661 734.75	9 310 412.13
C – 04	3+500.00	662 221.15	9 310 527.28
C – 05	4+500.00	662 179.25	9 311 038.90
C – 06	5+500.00	662 127.23	9 311 453.65
C – 07	6+500.00	661 390.61	9 311 557.47
C – 08	7+500.00	661 552.21	9 312 170.24
C – 09	8+500.00	661 434.72	9 312 779.98

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se muestra imágenes de la Ubicación de Calicatas para diseño de la vía.

Figura 3.3.3

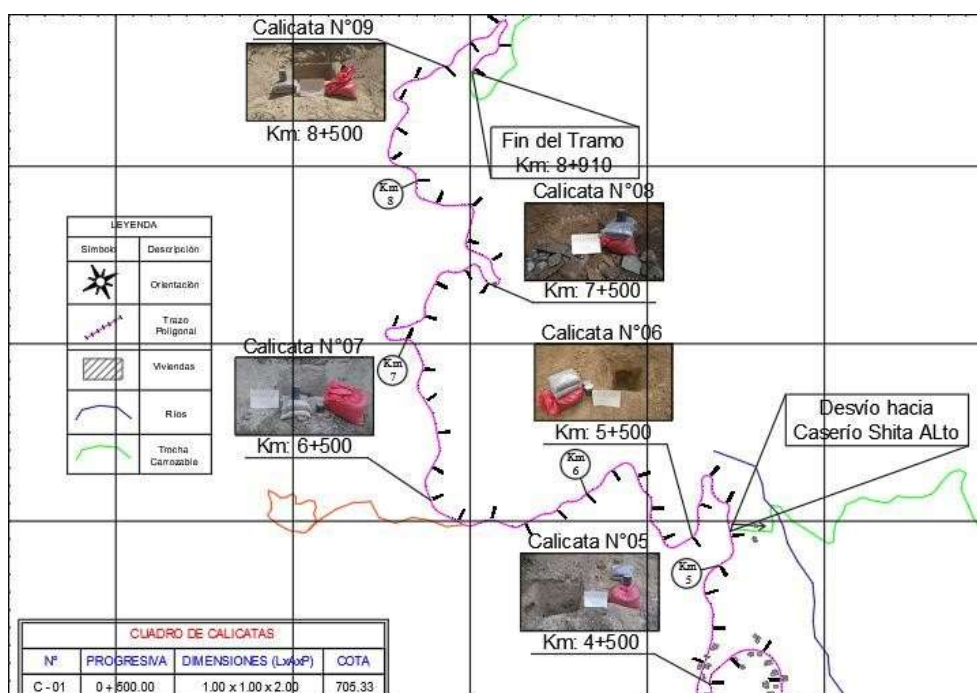
Ubicación de Calicatas para diseño de la Vía – Calicatas N° 01, N° 02, N° 03 y N° 04



Nota. Elaboración propia.

Figura 3.3.4

Ubicación de Calicatas para diseño de la Vía – Calicatas N° 05, N° 06, N° 07, N° 08 y N° 09



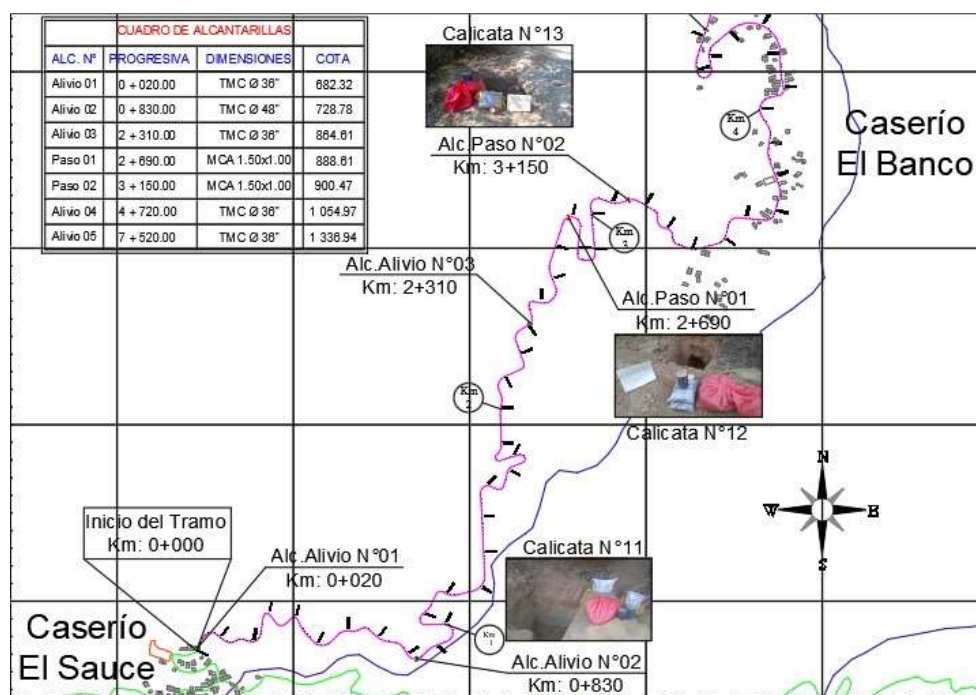
Nota. Elaboración propia.

Se ha elaborado un mapa donde se detallan la ubicación de las calicatas elaboradas y posteriormente ensayadas, el mismo que se encuentra en el “Capítulo 10 - Planos”.

A continuación, se muestra imágenes de la Ubicación de Calicatas para ubicación de alcantarillas.

Figura 3.3.5

Ubicación de Calicatas para ubicación de Alcantarillas – Calicatas N° 11, N° 12 y N° 13



Nota. Elaboración propia.

2.3. Método de evaluación

Se ha realizado ensayos en los lab. UNPRG para adquirir las cualidades de las muestras de tierra, sin embargo, existen las pruebas in situ como segundo método.

3. Etapa de Gabinete

3.1. Ensayos realizados

Se deben realizar una serie de ensayos establecidos para poder determinar las características de las muestras obtenidas de los diferentes estratos.

3.1.1. Ensayos Estándar

✓ Análisis Granulométrico ASTM D 421 MTC E 107

✓	Cont. de Humedad	ASTM D 2216	MTC E 108
✓	Límites de Atterberg	ASTM D 4318	MTC E 110, 111

3.1.2. Ensayos Especiales

✓	Corte Directo	ASTM D 3080	MTC E 123
✓	Gravedad Específica	ASTM D 854	MTC E 113
✓	Proctor Modificado	ASTM D 1557	MTC E 115
✓	CBR	ASTM D 1883	MTC E 132

El ensayo E 123 se realiza en zonas donde se proyecta diseñar alcantarillas. Se identificaron tres (03) zonas específicas, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 3.3.3

Zonas donde se proyectarán Alcantarillas de Paso

Progresiva de Obra Proyectada	Calicata a ensayar
0 + 830.00	C – 11
2 + 690.00	C – 12
3 + 150.00	C – 13

Nota. Elaboración propia.

El ensayo de E 113 se realiza en zonas cuyas cualidades sean similares. Se identificaron cinco (05) zonas específicas, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 3.3.4

Zonas donde se presentan características similares

Progresiva	Calicata a ensayar	Tipo de Suelo
1 + 500.00	C – 02	ML – CL
2 + 500.00	C – 03	SM
4 + 500.00	C – 05	CL
5 + 500.00	C – 06	SP
6 + 500.00	C – 07	CL – ML

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se muestra el N° de ensayos CBR a ejecutar según el tipo de carretera.

Tabla 3.3.5

Número de ensayos CBR

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDa entre 4000 – 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1 km se realizará 1 CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDa entre 2000 – 401 veh/día, de una calzada de dos carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará 1 CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDa entre 400 – 201 veh/día, de una calzada de dos carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 2 km se realizará 1 CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDa \leq 200 veh/día, de una calzada	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 km se realizará 1 CBR

Nota. Reproducida de Número de Ensayos Mr y CBR, de MTC, 2013, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

Por el análisis del tráfico se conoce que la vía en estudio presenta un IMDa \leq 200 veh/día por lo tanto se realiza 1 ensayo CBR por cada 3 km. Sin embargo, debido al cambio de las cualidades del suelo se consideró ejecutar ensayos adicionales que cubran dichos cambios.

Los ensayos de E 115 y E 132 se realiza en zonas cuyas cualidades sean similares. Se identificaron seis (06) zonas específicas, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 3.3.6

Zonas donde se presentan características similares

Progresiva	Calicata a ensayar	Tipo de Suelo
1 + 500.00	C – 02	ML – CL
3 + 500.00	C – 04	SM
4 + 500.00	C – 05	CL
5 + 500.00	C – 06	SP
6 + 500.00	C – 07	CL – ML
8 + 500.00	C – 09	ML

Nota. Elaboración propia.

La teoría de todos los ensayos descritos anteriormente, se detallan en el apartado de “Anexo D.1” y “Anexo D.2”.

3.1.3. Resumen de los Ensayos realizados. Se efectuaron los ensayos estándar y los ensayos especiales, siguiendo las normas establecidas por el ASTM. En la siguiente tabla se muestra los ensayos realizados y su cantidad correspondiente.

Tabla 3.3.7

Resumen de los ensayos realizados

Item	Ensayo	Cantidad	Datos obtenidos
MTC EM 107	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	18	Curva Granulométrica, Coeficiente de Uniformidad, Coeficiente de Curvatura.
MTC EM 108	Determinación del Contenido de Humedad	18	Humedad Natural
MTC EM 110	Determinación del Límite Líquido de los Suelos	18	Límite Líquido
MTC EM 111	Determinación del Límite Plástico de los Suelos e Índice de Plasticidad	18	Límite Plástico, Índice de Plasticidad, Índice de Grupo
NTP 339.152	Método de Ensayo Normalizado para la determinación del contenido de Sales Solubles en Suelos y Agua Subterránea	18	Contenido de Sales
MTC EM 113	Método de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos de Suelos mediante Picnómetro de Agua	10	Gravedad Específica, Densidad de sólidos
MTC EM 115	Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)	06	Máxima Densidad Seca, Óptimo Contenido de Humedad
MTC EM 123	Corte Directo (Consolidado Drenado)	03	Ángulos de Fricción Interna, Cohesión del Suelo, Carga Última
MTC EM 132	CBR de Suelos (Laboratorio)	06	CBR del Suelo al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) a una penetración de 0.1”

Nota. Elaboración propia.

Las hojas de cómputo para los ensayos ejecutados en los lab. se detallan en el apartado de “Anexo D”.

3.2. Resultados obtenidos

A continuación, se muestra las cifras resultantes en los distintos ensayos ejecutados en el Lab.

Tabla 3.3.8

Resultados del Laboratorio de Mecánica de Suelos

Calicata	Muestra	Contenido de Humedad (%)	Contenido de Sales (%)	Gravedad Específico (g/cm ³)	L.L	L.P	I.P
C - 01	E - 01	11.30	0.06	-	35	26	9
	E - 02	7.90	0.10	-	36	26	10
C - 02	E - 01	9.30	0.15	2.40	38	22	16
	E - 02	9.50	0.16	2.40	32	21	11
C - 03	E - 01	3.20	0.19	2.60	25	21	4
	E - 02	2.40	0.17	2.60	24	23	1
C - 04	E - 01	5.70	0.16	-	26	22	4
	E - 02	4.10	0.16	-	24	23	1
C - 05	E - 01	8.90	0.09	2.40	37	19	18
	E - 02	8.30	0.04	2.30	35	19	16
C - 06	E - 01	2.70	0.06	2.60	25	21	4
	E - 02	3.00	0.03	2.60	26	22	4
C - 07	E - 01	13.20	0.15	2.20	41	23	18
	E - 02	12.30	0.24	2.20	41	25	16
C - 08	E - 01	10.50	0.06	-	25	20	5
	E - 02	1.90	0.26	-	31	19	12
C - 09	E - 01	14.50	0.16	-	35	24	11
	E - 02	12.00	0.08	-	37	27	10

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se muestra los datos resultantes en los distintos ensayos ejecutados en el laboratorio de pavimento.

Tabla 3.3.9*Resultados del Laboratorio de Pavimentos*

Calicata	Muestra	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)	C.B.R al 95%: 0.1" (%)	SUCS	AASHTO
C - 02	Fondo	1.97	12.30	6.09	CL	A - 6
					CL	A - 6
C - 04	Fondo	2.08	9.90	18.60	SM	A - 1 - b
					SM	A - 2 - 4
C - 05	Fondo	2.08	11.00	7.04	CL	A - 6
					CL	A - 6
C - 06	Fondo	2.02	10.20	13.83	SM	A - 2 - 4
					SM	A - 1 - b
C - 07	Fondo	1.79	13.20	6.20	CL	A - 7 - 6
					CL	A - 7 - 6
C - 09	Fondo	1.88	13.20	6.13	ML	A - 4
					ML	A - 4

Nota. Elaboración propia.

Tras adquirir los datos resultantes de CBR al 100% de la MDS y a una penetración de 0.1" de las tierras estudiadas, podemos concluir que en ningún suelo se realiza un "Mejoramiento de Subrasante", puesto que todos presentan un CBR mayor al de 6%.

3.3. Clasificación de suelos

Tras realizar los ensayos Estándar se obtiene información suficiente para poder clasificar el suelo estudiado. Los sistemas tomados en el siguiente proyecto corresponden al SUCS y AASHTO.

Tabla 3.3.10*Clasificación de Suelos de la Vía en Estudio*

POZO O CALICATA	ESTRATO O MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
C - 01	E - 01	0.20 m - 0.60 m	ML	A - 4

	E - 02	0.60 m - 2.00 m	ML	A - 4
C - 02	E - 01	0.20 m - 0.55 m	CL	A - 6
	E - 02	0.55 m - 2.00 m	CL	A - 6
C - 03	E - 01	0.20 m - 0.60 m	SM	A - 1 - b
	E - 02	0.60 m - 2.00 m	SM	A - 1 - b
C - 04	E - 01	0.10 m - 0.50 m	SM	A - 1 - b
	E - 02	0.50 m - 2.00 m	SM	A - 2 - 4
C - 05	E - 01	0.15 m - 0.80 m	CL	A - 6
	E - 02	0.80 m - 2.00 m	CL	A - 6
C - 06	E - 01	0.20 m - 0.75 m	SM	A - 2 - 4
	E - 02	0.75 m - 2.00 m	SM	A - 1 - b
C - 07	E - 01	0.15 m - 0.60 m	CL	A - 7 - 6
	E - 02	0.60 m - 2.00 m	CL	A - 7 - 6
C - 08	E - 01	0.20 m - 0.50 m	SP	A - 1 - b
	E - 02	0.50 m - 2.00 m	CL	A - 6
C - 09	E - 01	0.10 m - 0.60 m	ML	A - 4
	E - 02	0.60 m - 2.00 m	ML	A - 4

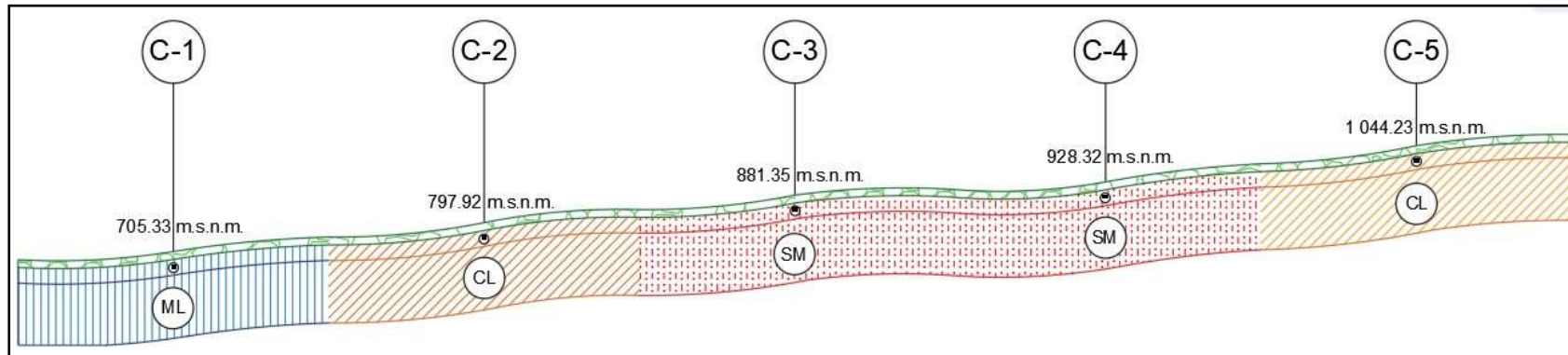
Nota. Elaboración propia.

4. Perfil Estratigráfico

Para la mejor visualización del tipo de suelo que conforma la zona en estudio, se realiza en Perfil Estratigráfico, el cual agrupa de forma consecutiva el tipo de suelo de cada pozo de exploración y los estratos encontrados en cada uno. A continuación, se realiza una Estratigrafía de los suelos estudiados a lo largo de la vía, con la clasificación de los mismos antes mencionados.

Figura 3.3.6

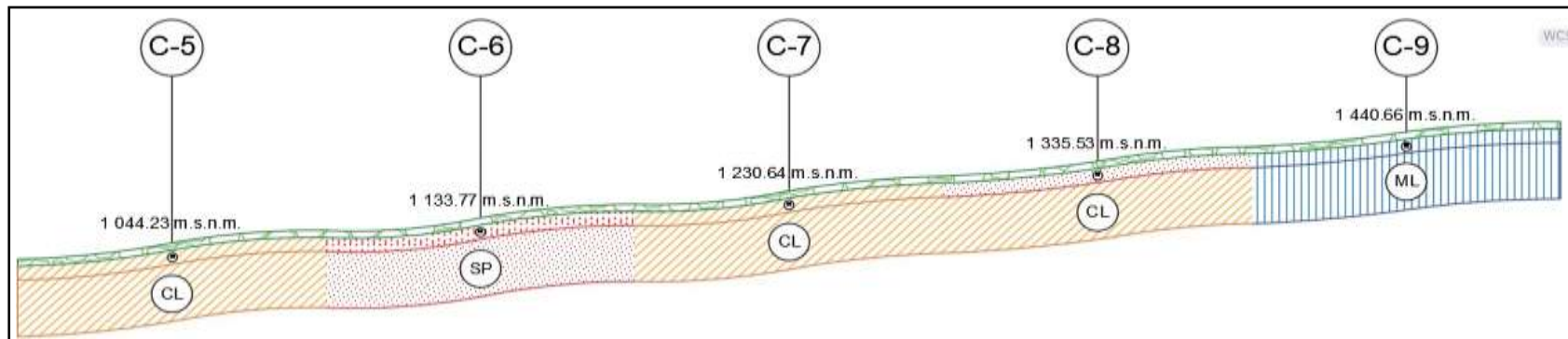
Perfil Estratigráfico – Calicata C – 1 hasta la calicata C – 5



Nota. Elaboración propia.

Figura 3.3.7

Perfil Estratigráfico – Calicata C – 5 hasta la calicata C – 9



Nota. Elaboración propia.

3.4. Estudio de Canteras y Fuentes de Agua

1. Generalidades

Uno de los intereses del ing. Civil en conjunto con el Geólogo es el de localizar y seleccionar el material adecuado como son las rocas, gravas, arenas y tierras granulares para la construcción de vías y su mantenimiento.

1.1. *Objetivo*

1.1.1. Objetivo general. Obtener inf. del tipo de suelo que forman las canteras donde se extraerán materiales y conocer la calidad de las fuentes de agua para la vía en estudio mediante ensayos y clasificación del mismo.

1.1.2. Objetivos específicos. Entre los objetivos específicos tenemos.

- ✓ Estudio de Canteras para suelo granular, el cual comprende: Trabajos de campo, tales como ubicación, muestreo, ubicación y transporte; Etapa de gabinete, tales como ensayos de laboratorio y resultados.
- ✓ Estudio de Canteras para agregados, el cual comprende: Trabajos de campo, tales como ubicación, muestreo, ubicación y transporte; Etapa de gabinete, tales como ensayos de laboratorio y resultados.
- ✓ Análisis de Fuentes de agua, el cual comprende: Acciones de campo, tales como ubicación, muestreo, ubicación y transporte; Etapa de gabinete, tales como ensayos de laboratorio y resultados.

1.2. *Importancia*

Para resistir las cargas producidas por el tráfico en la vía en estudio, las precipitaciones de la zona y el desgaste a través del tiempo, la plataforma de una vía debe cumplir una serie de cualidades, las mismas que el terreno original muchas veces no presenta. Es entonces que se utiliza materiales extraídas de otras zonas ajenas a la vía en estudio, llamadas canteras y fuentes de agua, las cuales deben ser aptas tanto en calidad como en cantidad (MTC, 2013).

2. Estudio de Canteras para Suelo Granular

La finalidad del estudio de estos afloramientos de material es conocer si son competentes para la obra a emplear, esto se logra con la realización de ensayos de lab. los cuales estiman sus características (MTC, 2013).

2.1. Trabajos de campo

2.1.1. Ubicación. Se tendrá presente la distancia de la cantera a la obra, priorizando las más cercanas, siempre y cuando cumplan con la calidad y cantidad solicitadas para dicha obra (MTC, 2013).

Tabla 3.4.1

Ubicación de la Cantera Hualanga y la Cantera Morrupe

CANTERA	LUGAR	ACCESO AL PUNTO MAS CERCANO (m)
Cantera Hualanga	Hualanga (Salas/Lambayeque)	A 12 Km del Km 9+000
Cantera Morrupe	Morrupe (Salas/Lambayeque)	A 07 Km del Km 0+000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3.4.2

Coordenadas geográficas de ubicación de la Cantera Hualanga

PUNTO	ESTE	NORTE
1	667 133	9 314 857
2	667 152	9 314 863
3	667 156	9 314 880
4	667 152	9 314 895
5	667 142	9 314 912
6	667 128	9 314 917
7	667 108	9 314 926
8	667 085	9 314 935
9	667 061	9 314 937
10	667 033	9 314 932

11	667 015	9 314 922
12	667 023	9 314 896
13	667 034	9 314 881
14	667 050	9 314 867
15	667 070	9 314 866
16	667 085	9 314 871
17	667 105	9 314 864
18	667 107	9 314 863

Nota. Reproducida de Coordenadas Cantera Hualanga, de Carlos López – María Carlos – Vásquez Vásquez, 2018, ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA: CENTRO POBLADO DE CHÓCHOPE – CENTRO POBLADO DE PENACHÍ, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE.

Tabla 3.4.3

Coordenadas geográficas de ubicación de la Cantera Morrupe

PUNTO	ESTE	NORTE
1	656 813	9 305 298
2	656 808	9 305 325
3	656 799	9 305 330
4	656 772	9 305 327
5	656 757	9 305 313
6	656 765	9 305 286
7	656 790	9 305 274

Nota. Elaboración propia.

Se ha hecho planos donde muestra la localización de las canteras, fuentes de recursos hídricos a emplear y los DME en el apartado de “Capítulo 10 - Planos”.

2.1.2. Muestreo. La tipificación de los suelos extraídos de canteras se tomaron capas representativas y alteradas, para posteriormente ejecutar un análisis de Lab.

Para el muestreo de suelos se aplican las normas establecidas por el MTC las cuales son MTC E 101, MTC E 103, MTC E 104, estas detallan la selección de calicatas, su muestreo y el adecuado

transporte. Existe una equivalencia para estas normas las cuales han sido extraídas de la norma T 86-90 y la ASTM D 420-69 (MTC, 2013).

- ✓ Selección de las excavaciones (calicatas).
- ✓ Muestreo de suelos y rocas MTC E 101. Referencia normativa, ASTM D 420.
- ✓ Conservación y transporte de muestras de suelos MTC E 104. Referencia normativa, ASTM D 4220 – 95

Se realizarán sondeos a razón de 3 calicatas por cada hectárea de terreno de cantera, cada sondeo estará a una equidistancia del próximo y la profundidad del mismo será tal que refleje su real potencia del yacimiento (MTC, 2013).

Tabla 3.4.4

Coordenadas geográficas de ubicación de las calicatas de la Cantera Hualanga

PUNTO	ESTE	NORTE
1	666 742.18	9 316 407.66
2	666 786.06	9 316 404.48
3	666 829.48	9 316 391.06

Nota. Reproducida de Coordenadas Calicatas Cantera Hualanga, de Carlos López – María Carlos – Vásquez Vásquez, 2018, ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA: CENTRO POBLADO DE CHÓCHOPE – CENTRO POBLADO DE PENACHÍ, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE.

Tabla 3.4.5

Coordenadas geográficas de ubicación de las calicatas de la Cantera Morrupe

PUNTO	ESTE	NORTE
1	656 800.60	9 305 309.70
2	656 777.33	9 305 313.19
3	656 781.83	9 305 289.71

Nota. Elaboración propia.

2.1.3. Explotación y Transporte. Se muestra algunas relaciones de talud de corte con relación a la clase de terreno y a la altura que este presenta, estos son reflejados en la naturaleza del mismo a su estabilidad determinado por un estudio geotécnico (MTC, 2013).

Tabla 3.4.6

Taludes de Corte

Clase de Terreno	Talud (V : H)		
	V ≤ 5 m	5 m < V ≤ 10 M	V > 10 m
Roca Fija	10 : 1	10 : 1 (*)	(**)
Roca Suelta	6 : 1 – 4 : 1	4 : 1 – 2 : 1 (*)	(**)
Conglomerados Cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos Consolidados Compactados	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados Comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra Compacta	2 : 1 – 1 : 1	(*)	(**)
Tierra Suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas Sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 2	(*)	(**)

Nota. Reproducida de Taludes de Corte, de MTC, 2013, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

(*) Requiere banquetas o análisis de estabilidad

(**) Requiere análisis de estabilidad

Después de extraídos los materiales de cantera deben ser trasladados, para esto se debe humedecer y cubrir con lona para evitar la propagación de partículas a las poblaciones aledañas o afectar a los trabajadores, del mismo modo se debe cubrir con lonas impermeables los montículos de material explorado y almacenados en cantera (MTC, 2013).

2.2. Etapa de gabinete

2.2.1. Ensayos de Laboratorio. El MTC nos brinda una serie de ensayos de laboratorio, los cuales nos muestra las especificaciones técnicas generales para obras viales.

- ✓ Reducción de muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo MTC E 103. Referencia normativa ASTM C 702.
- ✓ Preparación de muestras representativas (cuarteo), siguiendo la práctica de la norma ASTM C 702.

2.2.1.1. Ensayos Estándar. Material de Sub-base y Base.

✓	Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D 422	MTC E 107
✓	Contenido de Humedad	ASTM D 2216	MTC E 108
✓	Límites de Atterberg	ASTM D 4318	MTC E 110, 111

2.2.1.2. Ensayos Especiales. Material de Sub-base y Base.

✓	Proctor Modificado	ASTM D – 1557	MTC E 115
✓	California Bearing Ratio (CBR)	ASTM D – 1883	MTC E 132
✓	Ensayo de Abrasión Los Ángeles	ASTM C – 131	MTC E 207

2.2.1.3. Resumen de los Ensayos realizados. Se efectuaron los ensayos estándar y los ensayos especiales siguiendo las normas establecidas por el ASTM. A continuación, se muestra los ensayos realizados y su cantidad correspondiente.

Tabla 3.4.7

Resumen de los ensayos realizados

Ítem	Ensayo	Cantidad		Datos Obtenidos
		Hualanga	Morrupe	
MTC EM 107	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	01	04	Curva Granulométrica, Coeficiente de Uniformidad, Coeficiente de Curvatura.
MTC EM 108	Determinación del Contenido de Humedad	01	03	Humedad Natural
MTC EM 110	Determinación del Límite Líquido de los Suelos	01	04	Límite Líquido
MTC EM 111	Determinación del Límite Plástico de los Suelos e Índice de Plasticidad	01	04	Límite Plástico, Índice de Plasticidad, Índice de Grupo
MTC EM 115	Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)	01	04	Máxima Densidad Seca, Óptimo Contenido de Humedad
MTC EM 132	CBR de Suelos (Laboratorio)	01	04	CBR del Suelo al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) a una penetración de 0.1"
MTC EM 207	Abrasión de los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½")	01	04	Resistencia a la abrasión, en porcentaje de desgaste (%)

Nota. Elaboración propia.

La teoría de todos los ensayos descritos anteriormente se detalla en el apartado de “Anexo E.1”.

Los ensayos a las partículas de la Cantera Hualanga y Morrupe fueron ejecutados en los laboratorios de la UNPRG y LEMS W&C EIRL, respectivamente.

Las hojas de cálculo de los diferentes ensayos mencionados se detallan en el apartado de “Anexo E.2”.

2.2.2. Resultados obtenidos. A continuación, se muestra los datos resultantes en los diversos ensayos ejecutados en el laboratorio de la UNPRG.

Tabla 3.4.8

Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Hualanga

ENSAYOS	CANTERA HUALANGA	ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
Granulometría	Gradación A	Franja Granulométrico	Cumple en gran parte
Límite Líquido	25%	35% máx.	Cumple
Abrasión	19.46%	50% máx.	Cumple
CBR (100% de la MDS)	54.01%	40% (mín.)	Cumple

Nota. Reproducida de Resultados Ensayos Cantera Hualanga, de Carlos López – María Carlos – Vásquez Vásquez, 2018, ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA: CENTRO POBLADO DE CHÓCHOPE – CENTRO POBLADO DE PENACHÍ, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE.

Observando los datos resultantes anteriores podemos concluir que, Cantera Hualanga es apta para ser utilizada como material granular en la conformación de afirmado en el presente proyecto.

A continuación, se visualiza los datos resultantes en los diversos ensayos ejecutados en el laboratorio LEMS W&C EIRL.

Tabla 3.4.9

Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Morrupe (Calicata C – 1)

ENSAYOS	CANTERA MORRUPE	ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
Granulometría	Sin Gradación	Franja Granulométrico	No se ajusta a ninguna gradación
Límite Líquido	31.15 %	35% máx.	Cumple

Abrasión	19.10 %	50% máx.	Cumple
CBR (100% de la MDS)	20.32 %	40% (mín.)	No Cumple

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3.4.10

Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Morrupe (Calicata C – 2)

ENSAYOS	CANTERA MORRUPE	ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
Granulometría	Sin Gradación	Franja Granulométrico	No se ajusta a ninguna gradación
Límite Líquido	27.85 %	35% máx.	Cumple
Abrasión	26.30 %	50% máx.	Cumple
CBR (100% de la MDS)	9.44 %	40% (mín.)	No Cumple

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3.4.11

Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Morrupe (Calicata C – 3)

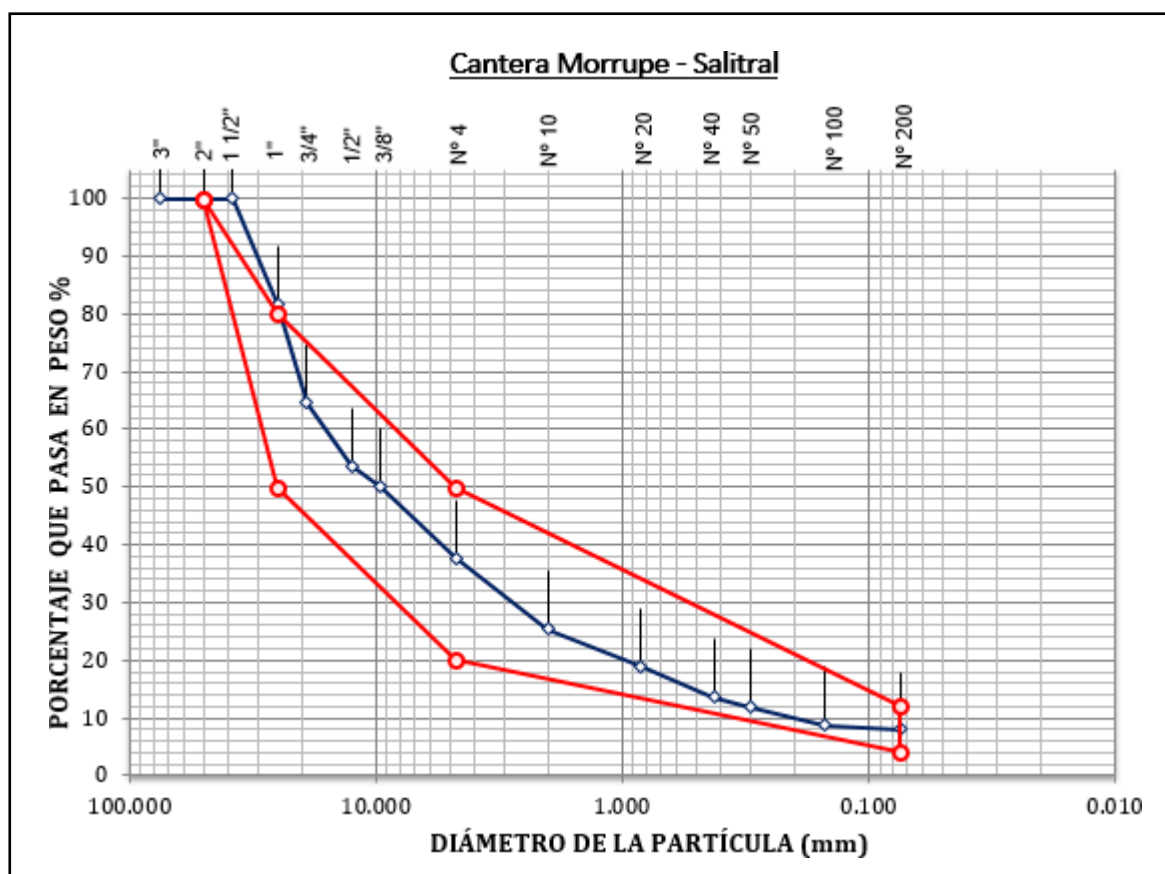
ENSAYOS	CANTERA MORRUPE	ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
Granulometría	Sin Gradación	Franja Granulométrico	No se ajusta a ninguna gradación
Límite Líquido	30.12 %	35% máx.	Cumple
Abrasión	20.29 %	50% máx.	Cumple
CBR (100% de la MDS)	24.61 %	40% (mín.)	No Cumple

Nota. Elaboración propia.

Observando los datos resultantes anteriores podemos concluir que, Cantera Morrupe no es apta para ser utilizada como material granular en la conformación de afirmado en el presente proyecto. Se optó por realizar un diseño de mezcla con agregados de la cantera Salitral, con 50% de la misma y 50% de material de la cantera Morrupe como proporción.

Figura 3.4.1

Curva Granulométrica de Mezcla Afirmado – Agregado



Nota. Elaboración propia.

La presente gradación de Mezcla se ajusta a la exigencia requerida para suelos con fines de Afirmado, expuesta en el “Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”. Así tenemos:

Tabla 3.4.12

Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Mezcla combinada

ENSAYOS	CANTERA MORRUPE - SALITRAL	ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
Granulometría	Afirmado	Franja Granulométrico	Se Ajusta
Límite Líquido	25.33 %	35% máx.	Cumple
Abrasión	21.76 %	50% máx.	Cumple
CBR (100% de la MDS)	48.19 %	40% (mín.)	Cumple

Nota. Elaboración propia.

Observando los resultados anteriores podemos concluir que, el material de la Cantera Morrupe combinado con el material de la Cantera Salitral en proporción de 50% es apto para ser utilizada como material granular en la conformación de afirmado en el presente proyecto.

2.3. Cantera Hualanga

2.3.1. Rendimiento y Cubicación. Es la magnitud de suelo que se puede explotar de manera tal que cubra con lo exigido y tenga una reserva en caso se necesite un mayor volumen, es por eso que debe estar en un orden de 1.5 veces el volumen requerido (MTC, 2013).

En la extracción del suelo de cantera se encuentra con partículas no deseadas para la vía en estudio, como el desbroce u over (partículas > 3"). El volumen mínimo proporcionado de la cantera Hualanga es de 15,690 m³.

2.3.2. Evaluación de Cantera. Ubicada a 13 km del punto final de la vía en estudio en el Km 8+910, la cantera Hualanga está conformada por grava mal graduada y arena. La grava presenta un TM 1" (68.80%), la arena es gruesa a fina (27.40%) y las partículas finas que son menores al tamiz N°200 son de baja plasticidad (3.80%), la tierra presenta un color gris a marrón y es clasificado como A-1-a (0).

✓ Propietario	: M.D. de Salas
✓ Potencia útil	: Mínimo 15,690 m ³
✓ Espesor	: Variable, mayor a 5 m
✓ Acceso	: A 13 km del km 9 + 000
✓ Tiempo explotación	: Todo el año
✓ Tipo de explotación	: Maquinaria convencional
✓ Uso	: Sub base granular y base granular
✓ Origen	: Material de cerro

Tabla 3.4.13

Resultados de los ensayos de Laboratorio (LEM, LMS y LP). Cantera Hualanga

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTERA
------------------------	---------

	HUALANGA
Límite Líquido (%)	25
Límite Plástico (%)	23
Índice de Plasticidad (%)	2
Contenido de Humedad (%)	5.06
Peso Específico (g/cm ³)	-
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)
Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	1.99
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.30
Capacidad de Soporte (CBR) 100% MDS	54.01%
Desgaste a la Abrasión (%)	19.46
Volumen Útil (m ³)	110 121

Nota. Reproducida de Resumen de los Resultados de Ensayos Cantera Hualanga, de Carlos López – María Carlos – Vásquez Vásquez, 2018, ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA: CENTRO POBLADO DE CHÓCHOPE – CENTRO POBLADO DE PENACHÍ, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE.

2.4. Cantera Morrupe

2.4.1. Rendimiento y Cubicación. Es la magnitud de suelo que se puede explotar de manera tal que cubra con lo exigido y tenga una reserva en caso se necesite un mayor volumen, es por eso que debe estar en un orden de 1.5 veces el volumen requerido (MTC, 2013).

En la extracción del suelo de cantera se encuentra con partículas no deseadas para la vía en estudio, como el desbroce u over (partículas > 3"). El volumen mínimo proporcionado de la cantera Morrupe es de 164,375 m³.

2.4.2. Evaluación de Cantera. Ubicada a 7 km del punto inicial de la vía en estudio en el Km 0+000, la cantera Morrupe está conformada por arenas limoarcillosa, grava mal graduada. Moderada cantidad de grava (27%), considerable cantidad de arena (57.6%), la tierra presenta un color marrón claro y catalogado como A-2-4 (0).

- ✓ Propietario : M.D. de Salas
- ✓ Potencia útil : Mínimo 164 375 m³
- ✓ Espesor : Variable, mayor a 5 m

- ✓ Acceso : A 7 km del km 0 + 000
- ✓ Tiempo Explotación : Todo el año
- ✓ Tipo de Explotación : Maquinaria convencional
- ✓ Uso : Afirmado
- ✓ Origen : Material de cerro

Tabla 3.4.14

Resultados de los ensayos de Laboratorio (LEMS W&C EIRL). Cantera Morrupe

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTERA MORRUPE		
	Calicata C - 1	Calicata C - 2	Calicata C - 3
Límite Líquido (%)	31.15	27.85	30.12
Límite Plástico (%)	23.77	20.24	20.64
Índice de Plasticidad (%)	7.38	7.61	9.48
Contenido de Humedad (%)	3.10	1.58	2.09
Peso Específico (g/cm ³)	-	-	-
Clasificación AASHTO	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 4 (0)
Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	2.10	1.97	2.08
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.39	11.98	10.19
Capacidad de Soporte (CBR) 100% MDS	20.32	9.44	24.61
Desgaste a la Abrasión (%)	19.10	26.3	20.29
Volumen Útil (m ³)		26 568	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3.4.15

Resultados de los ensayos de Laboratorio (LEMS W&C EIRL). Mezcla

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTERA Morrupe - Salitral
Límite Líquido (%)	25.33
Límite Plástico (%)	20.96
Índice de Plasticidad (%)	4.37
Contenido de Humedad (%)	-

Peso Específico (g/cm ³)	-
Clasificación AASHTO	A – 1 – a (0)
Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	2.01
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.24
Capacidad de Soporte (CBR) 100% MDS	48.20
Desgaste a la Abrasión (%)	21.80
Volumen Útil (m ³)	26 568

Nota. Elaboración propia.

3. Estudio de Canteras para Agregados

Dar a conocer aspectos como la cantidad de material de la cantera, sus dimensiones y la forma en la que se extraen los agregados es parte del estudio afloramiento rocosos (MTC, 2013).

3.1. Trabajos de campo

3.1.1. Ubicación. Se debe conocer los accesos a la cantera, el recorrido desde el inicio de la obra a la entrada de la misma, precisando los km a recorrer, el estado del tramo a recorrer y los límites de la fuente de agregados (MTC, 2013).

Tabla 3.4.16

Ubicación de la Cantera Salitral

LUGAR	CANTERA / FUENTE DE AGUA	ACCESO AL PUNTO MAS CERCANO (m)
Salitral (Motupe/Lambayeque)	Cantera Salitral	A 4.1 Km de Motupe

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3.4.17

Coordenadas geográficas de ubicación de la Cantera Salitral

PUNTO	ESTE	NORTE
1	641 626	9 322 992
2	641 665	9 323 034
3	641 713	9 323 055
4	641 763	9 323 045

5	641 816	9 323 053
6	641 873	9 323 084
7	641 894	9 323 128
8	641 931	9 323 115
9	641 929	9 323 053
10	641 868	9 323 011
11	641 800	9 322 981
12	641 753	9 322 974
13	641 690	9 322 964

Nota. Elaboración propia.

3.1.2. Muestreo. Se seguirán las esp. descritas en el apartado 2.1.2. Muestreo (Estudio de canteras para suelo granular).

Para tener un buen estudio de la fuente rocosa se realiza 3 calicatas a lo largo del área de la cantera.

Tabla 3.4.18

Coordenadas geográficas de ubicación de las calicatas de la Cantera Salitral

PUNTO	ESTE	NORTE
1	641 697	9 323 003
2	641 809	9 323 020
3	641 903	9 323 076

Nota. Elaboración propia.

3.1.3. Explotación y transporte. Se seguirán las especificaciones descritas en el apartado 2.1.3. Explotación y Transporte (Estudio de canteras para suelo granular).

3.2. Etapa de gabinete

3.2.1. Ensayos de Laboratorio. Se seguirán las especificaciones descritas en el apartado 2.2.1. Ensayos de Laboratorio (Estudio de canteras para suelo granular).

3.2.1.1. Ensayos para Agregados. Se efectuaron los siguientes ensayos.

✓ Contenido de Humedad

ASTM D 2216 MTC E 108

✓	Peso Unitario y vacíos de los Agregados	NTP 400.017	MTC E 203
✓	Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos	NTP 400.012	MTC E 204
✓	Gravedad Específica y Absorción del Agregados Finos	NTP 400.022	MTC E 205
✓	Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos	NTP 400.021	MTC E 206

3.2.1.2. Resumen de los Ensayos realizados. Se efectuaron en agregados, con normas establecidas por las NTP. En la siguiente tabla se muestran y su cantidad correspondiente.

Tabla 3.4.19

Resumen de los ensayos realizados – Cantera Salitral

Ítem	Ensayo	Cantidad	Datos obtenidos
MTC EM 108	Determinación del Contenido de Humedad	06	Humedad Natural del Ag. Fino Humedad Natural del Ag. Grueso
MTC EM 203	Peso Unitario y vacíos de los Agregados	06	Peso Unitario suelto Peso Unitario compactado
MTC EM 204	Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos	06	Curva Granulométrica, Módulo de Fineza (A.F.), Tamaño Máximo Nominal (A.G.)
MTC EM 205	Gravedad Específica y Absorción del Agregados Finos	03	Peso Específico Aparente Ag. Fino Peso Específico Ag. Fino Absorción Ag. Fino
MTC EM 206	Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos	03	Peso Específico Aparente Ag. Grueso Peso Específico Ag. Grueso Absorción Ag. Grueso

Nota. Elaboración propia.

La teoría de todos los ensayos descritos anteriormente se detalla en el apartado de “Anexo E.1”.

Los ensayos realizados al material de la Cantera Salitral fueron ejecutados en el Lab. de la UNPRG.

Las hojas de cálculo de los diferentes ensayos mencionados se detallan en el apartado de “Anexo E.2”.

3.2.2 Resultados Obtenidos. A continuación, se muestra los datos resultantes en los diversos ensayos ejecutados en el laboratorio de la UNPRG.

Tabla 3.4.20

Resultados de los Ensayos Estándar y Especiales – Cantera Salitral

ENSAYOS	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
Granulometría Módulo de Finura (Agregado Fino)	3.313 (Grueso)	3.182 (Grueso)	3.278 (Grueso)
Granulometría Tamaño Máximo Nominal (Agregado Grueso)	1 ½"	1 ½"	1 ½"
Peso Volumétrico Suelto (Agregado Fino)	1482 kg/m3	1311 kg/m3	1441 kg/m3
Peso Volumétrico Compactado (Agregado Fino)	1709 kg/m3	1581 kg/m3	1619 kg/m3
Peso Volumétrico Suelto (Agregado Grueso)	1506 kg/m3	1372 kg/m3	1469 kg/m3
Peso Volumétrico Compactado (Agregado Grueso)	1629 kg/m3	1491 kg/m3	1581 kg/m3
Peso Específico (Agregado Fino)	2.79 g/cm3	2.66 g/cm3	2.72 g/cm3
Peso Específico (Agregado Grueso)	2.64 g/cm3	2.60 g/cm3	2.65 g/cm3

Nota. Elaboración propia.

Con los datos resultantes realizamos un promedio de las cualidades y ejecutar un diseño de mezcla para las distintas resistencias que se requieren.

3.3. Cantera Salitral

3.3.1. Rendimiento y Cubicación. Es la magnitud de roca que se puede explotar de manera tal que cubra con lo exigido y tenga una reserva en caso se necesite un mayor volumen, es por eso que debe estar en un orden de 1.5 veces el volumen requerido (MTC, 2013).

3.3.2. Evaluación Cantera. Ubicada a 3 km de la ciudad de Motupe, está conformada por agregados gruesos y finos.

- ✓ Propietario : M.D. de Motupe
- ✓ Potencia útil : Mínimo 49 844 m3

- ✓ Espesor : Variable, menor a 5 m
- ✓ Acceso : A 3 Km de Motupe
- ✓ Tiempo Explotación : Todo el año
- ✓ Tipo de Explotación : Maquinaria convencional
- ✓ Uso : Agregado grueso y fino
- ✓ Origen : Lecho de Río

4. Estudio de Fuentes de Agua

4.1. Ubicación

A continuación, se visualiza la localización de las distintas F.A. y su acceso al punto más cercano en la vía estudio.

Tabla 3.4.21

Ubicación de Fuentes de Agua

LUGAR	CANTERA / FUENTE DE AGUA	ACCESO AL PUNTO MAS CERCANO (m)
El Sauce (Salas/Lamabayaque)	Quebrada El Sauce	A 150 m del Km 0+000
La Ramada (Salas/Lamabayaque)	Río Chochope	A 14 Km del Km 8+910

Nota. Elaboración propia.

Se ha hecho planos donde muestra la localización de las canteras, fuentes de recursos hídricos a emplear y los DME en el apartado de “Capítulo 10 - Planos”.

4.2. Muestreo

Se debe tomar la muestra mediante un envase nuevo, de manera que esta sea representativa de la fuente estudiada, un buen muestreo ofrecerá resultados de calidad. El envase debe ser de plástico o vidrio con cierre y con una capacidad de 1 000 ml (1 L) como mínimo (MTC, 2013).

Los materiales necesarios para el muestreo son los sig.

- ✓ Envases para el muestreo
- ✓ Planillas de registro, cuaderno y lápiz.

- ✓ GPS de frecuencia simple.

4.3. Acondicionamiento y transporte

Debido a que ciertas especies químicas como los nitratos, nitritos y los sulfatos (en menos medida) pueden sufrir reacciones por acción microbiana, se debe acondicionar con conservadores de frío a los envases y transportarlos de forma rápida al laboratorio, procurando que no estén al contacto de la luz solar. Si no se dispone de un recipiente tipo conservador con hielo se debe procurar transportar en el interior de un vehículo con aire acondicionado (MTC, 2013).

4.4. Ensayos de laboratorio

A continuación, se muestra los distintos ensayos solicitados al Lab. de la Fac. de Agronomía.

- ✓ Contenido de sulfatos NTP 339.088, NTP 339.074, ASTM D – 516, MTC E 716
- ✓ Contenido de cloruros NTP 339.088, NTP 339.076, ASTM D – 512, MTC E 716
- ✓ pH NTP 339.088, NTP 339.073, ASTM D – 5907, MTC E 716
- ✓ Sólidos en suspensión NTP 339.088, ASTM D – 5907, MTC E 716

4.5. Resultados

Los resultados de los ensayos encargados fueron:

Tabla 3.4.22

Resultados del Análisis Químico de Agua

ENSAYOS	Quebrada El Sauce	Río Chochope
Sales Totales	595.2	512.0
pH (ppm)	7.9	7.5
Cloruros (ppm)	345	512
Sulfatos (ppm)	210	279

Nota. Elaboración propia.

3.5. Estudio Hidrológico

1. Generalidades

Las lluvias causan daños al pavimento de la misma forma que las aguas provenientes del sub-suelo, es por ello que se debe de contar con un buen sist. de drenaje, el cual evacue dichas aguas y mantengan en buen estado la carretera. La presencia de agua en la carretera genera una serie de problemas en la misma como, por ejemplo; las cunetas pueden ser obstruidas por el arrastre de sólidos que no encuentra evacuación, el pavimento puede emblandecerse por la filtración de agua en la misma, zonas inundadas por el pase de escorrentías de agua que no encontraron una obra de drenaje que las redirija evitando el deterioro del pavimento (MTC, 2015).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo principal. La obtención de caudales producidos por la precipitación del área de la vía para el diseño de obras de drenaje.

1.1.2. Objetivos específicos. Entre los objetivos específicos tenemos.

- ✓ Información Hidrológica, el cual comprende: Precipitaciones, Áreas de proyecto y Periodos de Retorno.
- ✓ Análisis estadísticos de los datos Hidrológicos, comprende: Modelos de distribución y Pruebas de bondad de ajuste.
- ✓ Cálculo de Caudales, comprende el cálculo de: Tiempos de concentración, Precipitación e intensidad de lluvia y el Análisis de caudales extremos o de Diseño.

1.2. Descripción general de la zona de estudio

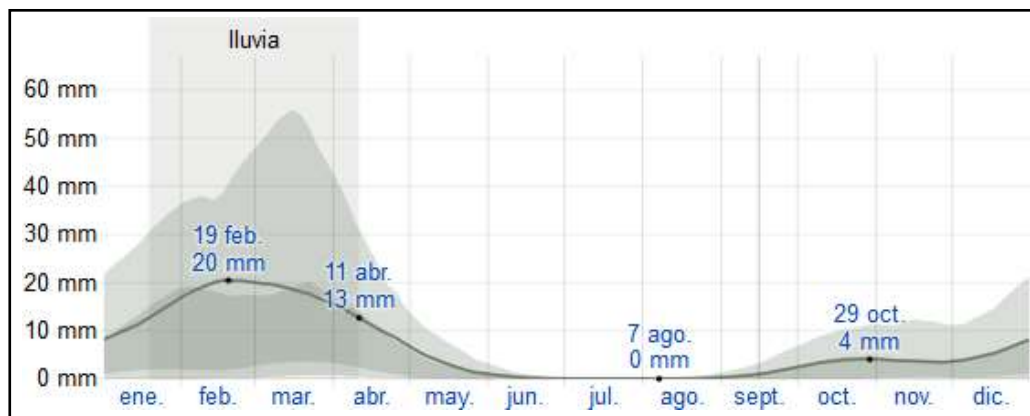
1.2.1. Relieve. El área de estudio contempla un relieve accidentado y/o escarpado, cuyo diseño vial se desarrolla en corte a media ladera y total, puesto que se ubica en la sierra de Lambayeque al Noreste de Salas, alcanzando alturas de hasta 1,450 m.s.n.m.

1.2.2. Clima y Precipitaciones. Entre enero y abril se presenta la temporada más mojada (unos 4 meses aproximadamente), con una probabilidad de más del 6 % sea un día mojado (de por lo menos 13 mm), siendo marzo el de mayor probabilidad de lluvia.

Entre mayo - diciembre se da la temporada más seca (unos 8 meses aproximadamente), siendo junio el de menor probabilidad de lluvia.

Figura 3.5.1

Precipitación de lluvia mensual promedio



Nota. Reproducida de Precipitación Salas, de Weatherspark, 2015, (www.weatherspark.com).

1.2.3. Vegetación. Principalmente se observan cultivos como caña de azúcar, maíz y café, arbustos y pastos que crecen esencialmente en temporadas de lluvias.

- ✓ Más de 6000 Has de montes y bosques.
- ✓ Aliso, pucho, paltaquero, lanche, luto, shimir, la macha, sauce, higuerón, tara, entre otros.

2. Información Hidrológica

El ente rector de la información hidrometeorológica es el SENAMHI, el cual proporciona datos hidrológicos y meteorológicos útiles para el estudio de la vía (MTC, 2015).

2.1. Precipitaciones

Para el diseño de obras de drenaje es esencial tener conocimiento de datos como precipitaciones, caudales, entre otros, esta información la obtendremos de Estaciones Hidrológicas, pero no siempre un proyecto estará cerca de una de estas estaciones, entonces lo que se procede hacer es recolectar datos de las estaciones cercanas al área estudiada.

Las estaciones identificadas a la zona de estudio son las siguientes.

- ✓ Jayanca (La Viña). Departamento de Lambayeque, provincia de Lambayeque, distrito de Jayanca.

- ✓ Cueva Blanca. Departamento de Lambayeque, provincia de Lambayeque, distrito de Incahuasi.
- ✓ Puchaca. Departamento de Lambayeque, provincia de Lambayeque, distrito de Incahuasi.

Figura 3.5.2

Principales Estaciones cercanas a la Zona de Estudio



Nota. Adaptada de Estaciones meteorológicas Perú, de SENAMHI, 2015, (www.senamhi.gob.pe).

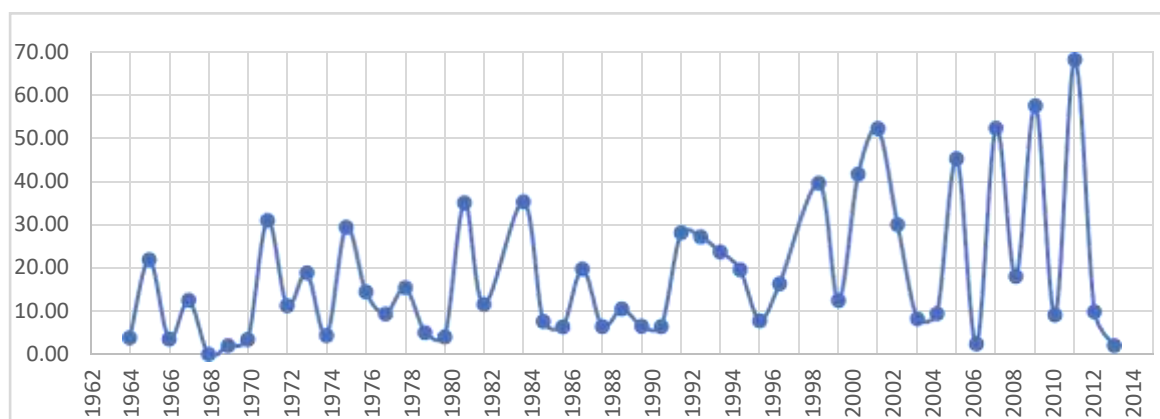
Se requiere un registro de 25 años como mínimo para una predicción de eventos futuros en el estudio hidrológico, de esta manera obtener datos representativos, de calidad y consistencia (MTC, 2015).

2.2. Máximas precipitaciones anuales

A continuación, se presenta datos de las estaciones de Jayanca (La Viña), Cueva Blanca y de Puchaca para los periodos de 1964 – 2014. Los valores se muestran en el apartado de “Anexo F”.

Figura 3.5.3

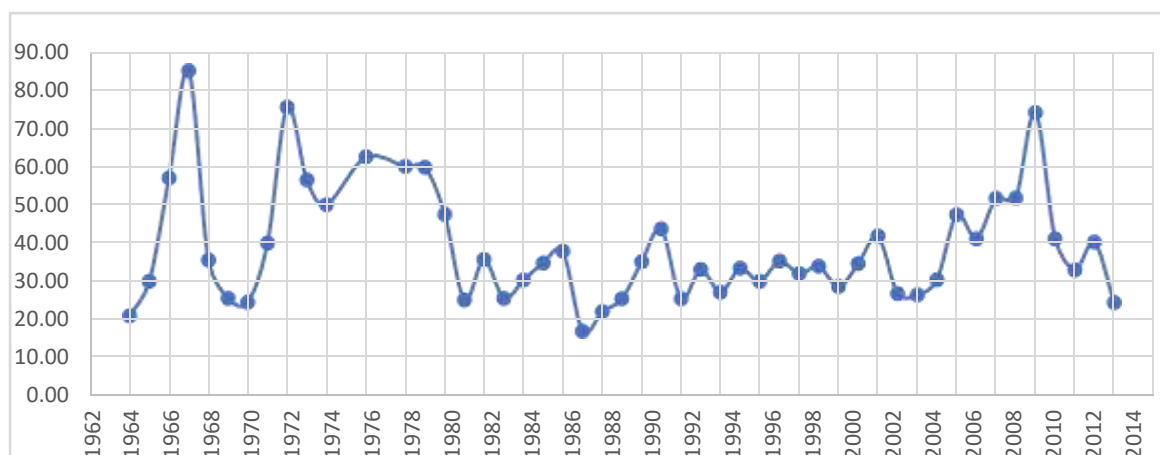
Máxima Precipitación Anual - Estación Jayanca



Nota. Reproducida de Máxima precipitación anual – Estación Jayanca, de SENAMHI, 2015, (www.senamhi.gob.pe).

Figura 3.5.4

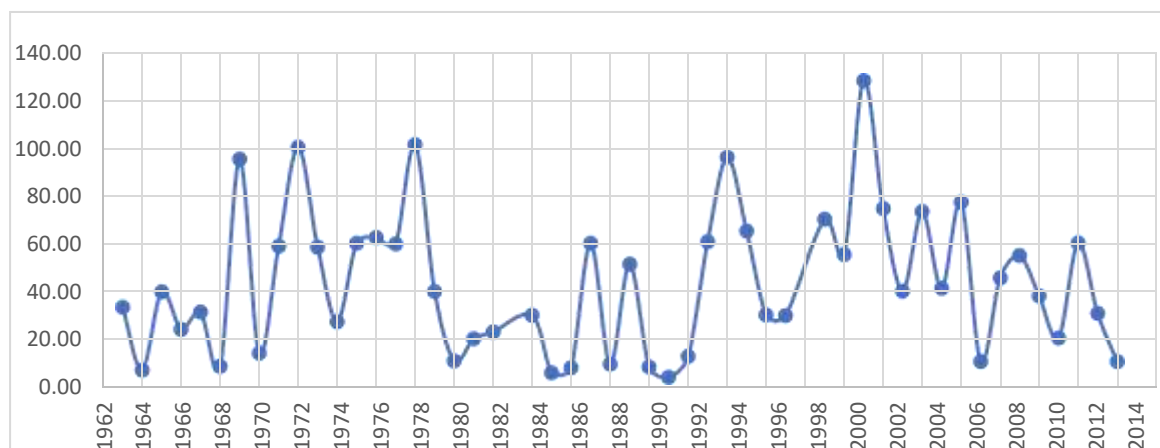
Máxima Precipitación Anual - Estación Cueva Blanca



Nota. Reproducida de Máxima precipitación anual – Estación Cueva Blanca, de SENAMHI, 2015, (www.senamhi.gob.pe).

Figura 3.5.5

Máxima Precipitación Anual - Estación Puchaca



Nota. Reproducida de Máxima precipitación anual – Estación Puchaca, de SENAMHI, 2015, (www.senamhi.gob.pe).

2.3. Área del proyecto

Es importante tener conocimiento del área de una cuenca así como su forma y relieve ya que son factores que modifican el caudal y este a su vez incide en las características hidráulicas de las estructuras de drenaje (MTC, 2015).

A continuación, se muestra las cualidades de micro cuencas detectadas en la zona de la vía en estudio.

Tabla 3.5.1

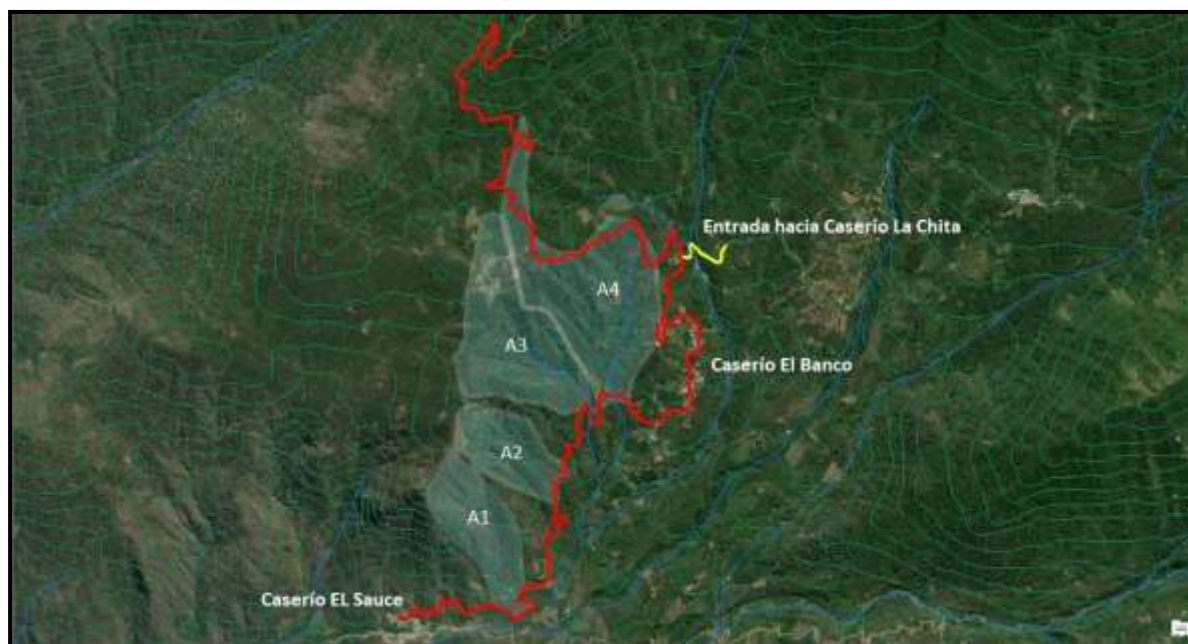
Características de las Micro Cuencas

Micro Cuenca	Longitud (km)	Cota de Punto (m)	Cota de "Desfogue" (m)	Desnivel (m)	Área (ha)
A1	1.074	1201.21	717.12	484.09	29.60
A2	0.706	1205.41	806.63	398.78	20.24
A3	1.253	1247.68	899.61	348.07	47.23
A4	1.776	1354.37	899.52	454.85	63.13

Nota. Elaboración propia.

Figura 3.5.6

Micro Cuencas Identificadas en la Zona de Estudio



Nota. Elaboración propia.

2.4. Periodo de retorno

Tiempo “T” (años) tal que el punto máximo de una creciente es igualada o superada de manera repetitiva. A partir de ella se estima el caudal con el que se diseña las obras de drenaje, y esta guarda un peligro en que sea superada en dicho tiempo de retorno (MTC, 2015).

A continuación, se muestra “T” en distintos tipos de obra que suelen necesitarse en el diseño de una vía.

Tabla 3.5.2

Periodos de Retorno para diseños de Obras de Drenaje en carreteras de Bajo Volumen de Tránsito

Tipo de Obra	Periodo de Retorno (años)
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de Paso y badenes	50
Alcantarillas de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

Nota. Reproducida de Periodos de Retorno para diseño de obras de drenaje en Carreteras de Bajo volumen de Tránsito, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

A continuación, se visualiza periodos de retorno aplicados en alcantarillas y puentes según la densidad de tráfico y el sistema empleado respectivamente.

Tabla 3.5.3

Periodos de Retorno para diseños de Obras de Drenaje por Tipo de Estructuras

Tipo de Estructuras	Periodo de Retorno (años)
Alcantarillas de Carreteras	
Volúmenes de Tráfico Bajo	5 – 10
Volúmenes de Tráfico Intermedio	10 – 25
Volúmenes de Tráfico Alto	50 – 100
Puentes de Carreteras	
Sistema Secundario	10 – 50
Sistema Primario	50 – 100

Nota. Reproducida de Periodos de Retorno, de Te Chow - R. Maidment - W. Mays, 2008, Hidrología Aplicada.

A continuación, se visualiza periodos de retorno que se emplean en estruc. de drenaje en la vía de estudio.

- ✓ Para cuentas : 10 años
- ✓ Para alc. de alivio : 20 años
- ✓ Para alc. paso y badenes : 50 años

3. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos

3.1. Modelos de distribución

Estiman precipitaciones, intensidades o caudales para distintos tiempos de retorno, estos pueden ser discretos o continuos (MTC, 2015).

3.1.1. Distribución normal. La función de densidad de probabilidad normal se define como.

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{S} \right)^2}$$

3.1.2. Distribución log. normal de 2 parámetros. La función de distribución de probabilidad es.

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi} * x} * e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{S} \right)^2}$$

3.1.3. Distribución valor extremo tipo I o Gumbell. La función de distribución de probabilidad la siguiente expresión.

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_x$$

$$\beta = \bar{X} - 0.45 * S_x$$

3.2. Pruebas de bondad de ajuste

En una distribución elegida podemos determinar si un conjunto de datos es una muestra independiente, mediante pruebas de hipótesis conocidas como pruebas de bondad de

ajuste, las más conocidas son la χ^2 y la Smirnov – Kolmogorov, este último se describe a continuación (MTC, 2015, p. 30).

3.2.1. Prueba de Smirnov Kolmogorov. “La prueba requiere que el valor $\Delta_{teórico}$ calculado con la expresión anterior sea menor que el valor tabulado Δ_{S-K} para un nivel de probabilidad requerido” (MTC, 2015, p. 32).

$$\Delta_{teórico} = \text{máx}[P(x) - P_o(x)]$$

Tabla 3.5.4

Valores críticos α para la prueba Smirnov – Kolmogorov

Tamaño de la Muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Nota. Reproducida de Valores críticos α para la prueba Smirnov – Kolmogorov, de MTC, 2015, Manual de Carreteras – Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Aplicando S-K a la información pluviométrica que tenemos nos indica que la información es confiable debido a la gran cantidad de datos.

En el “Anexo F” se presentan Excel de los datos pluviométricos, los análisis de confiabilidad de dichos datos y el cálculo de lluvias máximas.

A continuación, se visualiza la obtención de las lluvias máximas tras comprobar su confiabilidad con S-K.

Tabla 3.5.5

Cálculo de Precipitaciones Máximas

Modelos de Distribución	Tiempo de Retorno				Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov - Kolmogorov		
	10	20	25	50	o de Datos	o S - K	Consistencia de Datos
Gumbel	43.15	53.83	55.89	65.34	0.123	0.212	OK!
Log. Normal 2 Parámetros	-	-	-	-	0.083	0.212	OK!
Pearson Tipo 3	42.60	48.55	50.40	55.38	-	-	-

Nota. Elaboración propia.

4. Cálculo de Caudal

4.1. Tiempo de concentración

En el momento que cae una gota en la parte más alejada de una cuenca se mide el tiempo que necesita la gota para llegar a la parte final de la misma, dicho tiempo es el de concentración y varía por la forma y topografía de la cuenca.

La intensidad de una tormenta con su duración presentan una relación inversa (a menor duración aumenta la intensidad), entonces el t_c viene siendo una duración crítica. En el cálculo del t_c tenemos en cuenta cualidades de la cuenca como su geometría (habrá mayor t_c en una cuenca alargada), su pendiente (t_c en una pendiente alta), el tipo de su suelo (como recubrimiento vegetal), o la longitud del cauce mayor de la divisoria (MTC, 2015).

Se considera 10 minutos como t_c mínimo y en cuencas urbanas el t_c se define a partir de la expresión.

$$t_c = t_{cs} + t_t$$

Donde:

- ✓ t_c : Es el tiempo de concentración
- ✓ t_{cs} : Es el tiempo de concentración sobre las superficies naturales
- ✓ t_t : Es el tiempo de traslado a través de los colectores

4.1.1. Fórmula de Kirpich. Se debe multiplicar t_c por 0.4 y 0.2 al tratarse de una superficie de concreto o asfalto y si es un canal de concreto respectivamente, al tratarse de cunetas no se realiza ningún ajuste (MTC, 2015).

$$T_c = 0.0195 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

4.1.2. Fórmula de Chow. Si el área de la cuenca a analizar el t_c es inferior o igual a 3,000 km², es oportuno usar esta fórmula (MTC, 2015).

$$T_c = 0.01 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$$

4.1.3. Fórmula de Rowe. Si el área de la cuenca a analizar el t_c es superior o igual a 3,000 km², es oportuno usar esta fórmula (MTC, 2015).

$$T_c = \left(\frac{0.87 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

4.1.4. Fórmula de Hathaway. Si el cálculo del caudal es referido a cunetas se recomienda usar esta fórmula (MTC, 2015).

$$T_c = 0.606 * \frac{(L * n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

A continuación, se muestra factores de “n” para distintos tipos de superficie en la cuenca.

Tabla 3.5.6

Valores del factor “n” adimensional para distintas superficies

Tipo de Superficie	Valor de “n”
Suelos suaves impermeables	0.02
Suelos libre de piedras	0.1
Suelos con poco pasto o cultivos	0.2
Suelos cubierto con pasto	0.4
Suelos cubiertos con árboles	0.6
Suelos con árboles y gran densidad de campo	0.8

Nota. Reproducida de Valores del factor “n” adimensional para distintas superficies, de Te Chow - R. Maidment - W. Mays, 2008, Hidrología Aplicada.

A continuación, se visualiza los datos resultantes del t_c conseguidos en las distintas micro cuencas encontradas.

Tabla 3.5.7

Resultados del Cálculo de Tiempo de Concentración

Micro Cuenca	Características de Micro Cuencas				Método Rowe	Método Kirpich	Método Hathaway
	Longitud (km)	Cota de Pto. (m)	Cota de Desf. (m)	Desnivel (m)	t_c (min)	t_c (min)	t_c (min)
M.C. 1	1.074	1201.21	717.12	484.09	5.69	5.71	4.24
M.C. 2	0.706	1205.41	806.63	398.78	3.77	3.79	3.31
M.C. 3	1.253	1247.68	899.61	348.07	7.72	7.75	5.11
M.C. 4	1.776	1354.37	899.52	454.85	10.42	10.45	6.12

Nota. Elaboración propia.

Todos los cálculos de Tiempo de concentración, se presentan en el apartado de “Anexo E”.

4.2. Precipitación e intensidad de lluvia

Las P_{24h} que se han obtenido sirven como base para estimar la Intensidad usando las expresiones mostradas.

4.2.1. Modelo Frederick Bell. A continuación, se muestra la expresión que consiente obtener la P_t^T o la lluvia máxima.

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

$$P_{60}^{10} = 0.3862 * P_{24h}$$

Luego

$$I = \frac{P_t^T * 60}{t_c}$$

4.2.2. Modelo del US Soil Conservation Service. A continuación, se muestra la expresión que permite obtener la I (mm/h) llamada intensidad de lluvias.

$$I = \frac{0.451733 * P_{máx}}{T_c^{0.4998}}$$

Todos los cálculos de $P_{máx}$ (mm) e I (mm/h), se presentan en el apartado de “Anexo F”.

4.3. Análisis de caudales extremos o de diseño

4.3.1. Método Racional. A continuación, se muestra la expresión para estimar el Q_m (m3/s) aplicado a cuencas de hasta 2 km².

$$Q_m = \frac{C * I * A}{36}$$

A continuación, se visualiza las distintas var. para la obtención del Q_m (m3/s) con el método racional.

4.3.2. Coeficiente de Escorrentía. Valor adimensional representada con “c”, depende de la topografía y coberturas vegetales de la cuenca.

A continuación, se muestra valores de “c” para distintos periodos de retorno y características de superficie.

Tabla 3.5.8

Coeficiente de escorrentía para uso en el método racional

Característica de la Superficie	Periodo de Retorno						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas de Cultivos							
Planos, 0 – 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 – 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Planos, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Planos, 0 – 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 – 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota. Reproducida de Coeficiente de escorrentía para Método Racional, de MTC, 2015, Manual de Carreteras – Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

A continuación, se visualiza los datos resultante del Q_m en un tiempo de retorno 50 años.

Tabla 3.5.9

Cálculo de la Precipitación Máximo por el Método de Frederich Bell y S.C.S. para un tiempo de Retorno de 50 años

Obra a Proyectar	Micro Cuenca	Coef. de Escorrentía	Frederich Bell Intensidad (cm/h)	S.C.S. Intensidad (cm/h)	Área (ha)	Frederich Bell Caudal (m3/s)	S.C.S. Caudal (m3/s)
Alc. de Paso	M.C. 1	0.40	6.04	4.38	29.60	1.99	1.44
Alc. de Paso	M.C. 2	0.40	6.04	4.38	20.24	1.36	0.99
Alc. de Paso	M.C. 3	0.40	6.04	4.38	47.23	3.17	2.30
Alc. de Paso	M.C. 4	0.40	6.04	4.38	63.13	4.24	3.07

Nota. Elaboración propia.

Todas las cifras resultantes del Q_m (m3/s) se presentan en el apartado de “Anexo F”.

3.6. Estudio de Estabilidad de Taludes

1. Generalidades

Se debe localizar problemas geológicos vigentes, o bien anunciar la total ausencia de estos, que pueden afectar al proyecto, estas fallas abarcan desde filtración de agua de lluvia hacia el subsuelo, afloramiento de agua subterránea, zonas donde exista peligro de caída de rocas sobre la vía, todos estos problemas ocasionados por la inestabilidad de taludes (MTC, 2008).

2. Estabilidad de Taludes

Se debe localizar taludes críticos o susceptibles a un desequilibrio, realizando una inspección general de los mismos sobre la vía. La inclinación de estos se presenta mediante la relación H:V (MTC, 2008).

A continuación, se visualiza taludes de corte recomendados en cada clase de terreno y la altura de sus inclinaciones.

Tabla 3.6.1

Taludes de corte

Clase de terreno	Talud (V : H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Suelos consolidados compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra compacta	2 : 1 – 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 Hasta 1 : 3	(*)	(**)

Nota. Reproducida de Taludes de Corte, de MTC, 2013, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

* Requiere banquetta o análisis de estabilidad

** Requiere análisis de estabilidad

Del mismo modo se presenta a continuación, los taludes de rell. recomendados para $c^*/\text{mat.}$ y de la altura que estos alcancen.

Tabla 3.6.2

Taludes de relleno

Materiales	Talud (V : H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arena compactada	1 : 2	(*)	(**)

Nota. Reproducida de Taludes de Relleno, de MTC, 2013, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

* Requiere banquetta o análisis de estabilidad

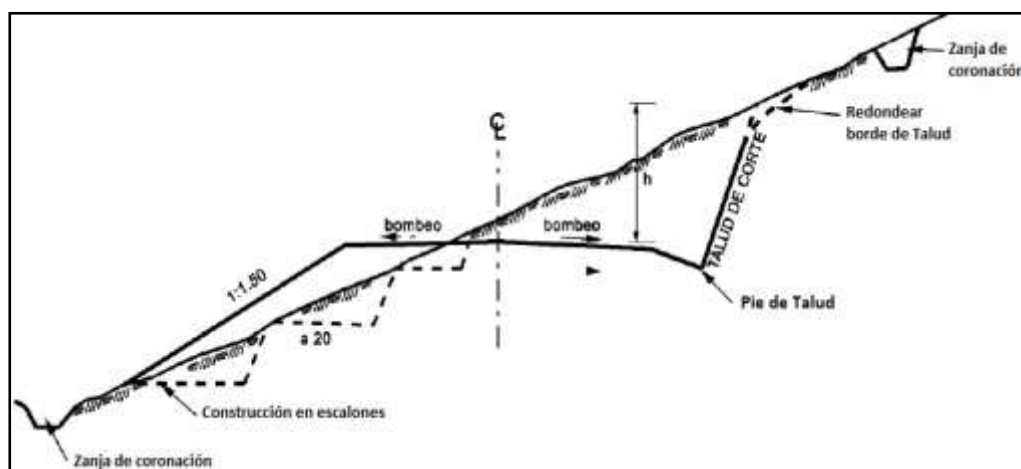
** Requiere análisis de estabilidad

2.1. Métodos físicos

2.1.1. Corte y Relleno en Ladera empinada. En rellenos se realizan tajos tipo escalones en laderas de unos 2 m, de esta forma se facilita la compactación del material y se evita deslizamientos (MTC, 2008).

Figura 3.6.1

Corte y relleno en ladera empinada



Nota. Reproducida de Corte y Relleno en Ladera Empinada, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

En el caso de cortes se emplea banquetas cada 7 metros de altura, los cuales tendrán acceso a equipos livianos de mantenimiento.

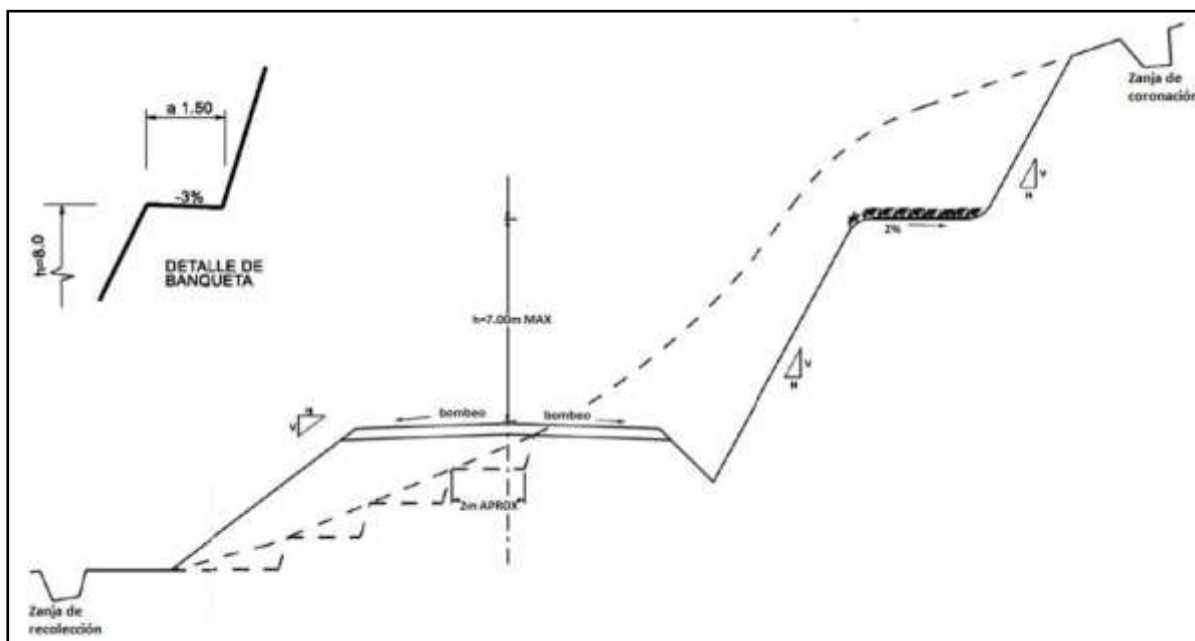
2.2. Métodos de Revegetación

Para aumentar la estabilidad es oportuno la vegetación en los mismos, ya que la presencia de raíces aumenta su estabilidad, se debe considerar plantas por su resistencia, rápido crecimiento, cobertura densa y raíces profundas (MTC, 2008).

2.2.1. Sección típica a media ladera. Se implementa revegetación en la primera banqueta a 7 metros de altura, las banquetas siguientes son a 10 metros de la primera.

Figura 3.6.2

Sección típica a media ladera



Nota. Reproducida de Sección Típica a media ladera, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

La pendiente que tendrá la banqueta será de 3% como máximo o usar la pendiente de la vía si esta es menor a 3%.

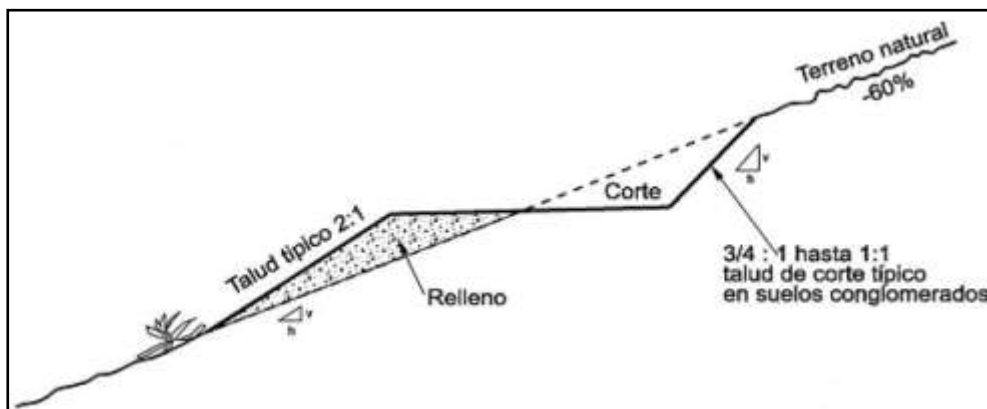
El ancho que tendrá será de 1.5 m como mínimo cuando no haya disponibilidad de equipo mecánico o usar un ancho de 3 m cuando exista la presencia de estos, en ambos casos la vegetación será en todo el ancho propuesto.

2.3. Opciones de diseño de secciones típicas

2.3.1. Balance entre corte y relleno

Figura 3.6.3

Balance entre corte y relleno

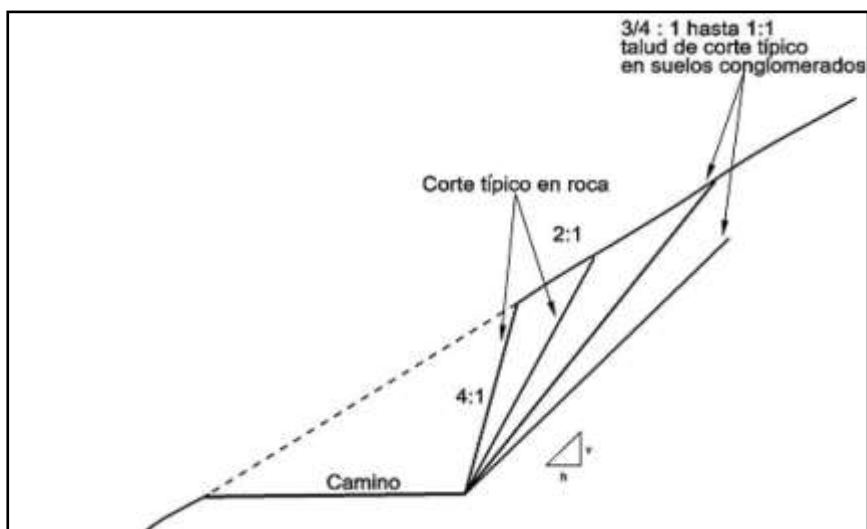


Nota. Reproducida de Balance entre corte y relleno, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

2.3.2. Totalmente en corte a media ladera

Figura 3.6.4

Totalmente en corte a media ladera

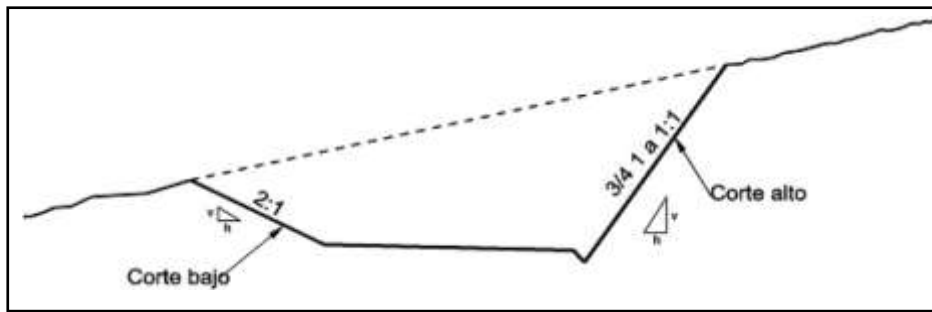


Nota. Reproducida de Totalmente corte a media ladera, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

2.3.3. En corte cerrado

Figura 3.6.5

En corte cerrado



Nota. Reproducida de Corte cerrado, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

CAPÍTULO 4. Diseños

4.1. Diseño Geométrico

1. Clasificación de la Carretera

1.1. Clasificación según su función

RED VIAL TERCIARIA O LOCAL

“Sistema Vecinal, compuesta por caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones o caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblacionales” (MTC, 2018, p. 12).

1.2. Clasificación por demanda

CARRETERAS DE TERCERA CLASE

“Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzadas de dos carriles de 3.00 m de ancho mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente” (MTC, 2018, p. 12).

1.3. Clasificación por orografía

TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3)

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51 y el 100 % y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 6 y 8 %, por lo que requiere importantes movimientos de tierra y presenta dificultades en el trazo” (MTC, 2018, p. 14).

2. Criterios y Controles Básicos para el Diseño Geométrico

2.1. Vehículos de diseño

Se ha optado el “Ómnibus de dos ejes (B2)” como vehículo de diseño, cuyo radio mínimo de giro es de 12.80 m.

A continuación, se visualiza cifras básicas de vehículos de tipo M en el dimensionamiento de carreteras.

Tabla 4.1.1

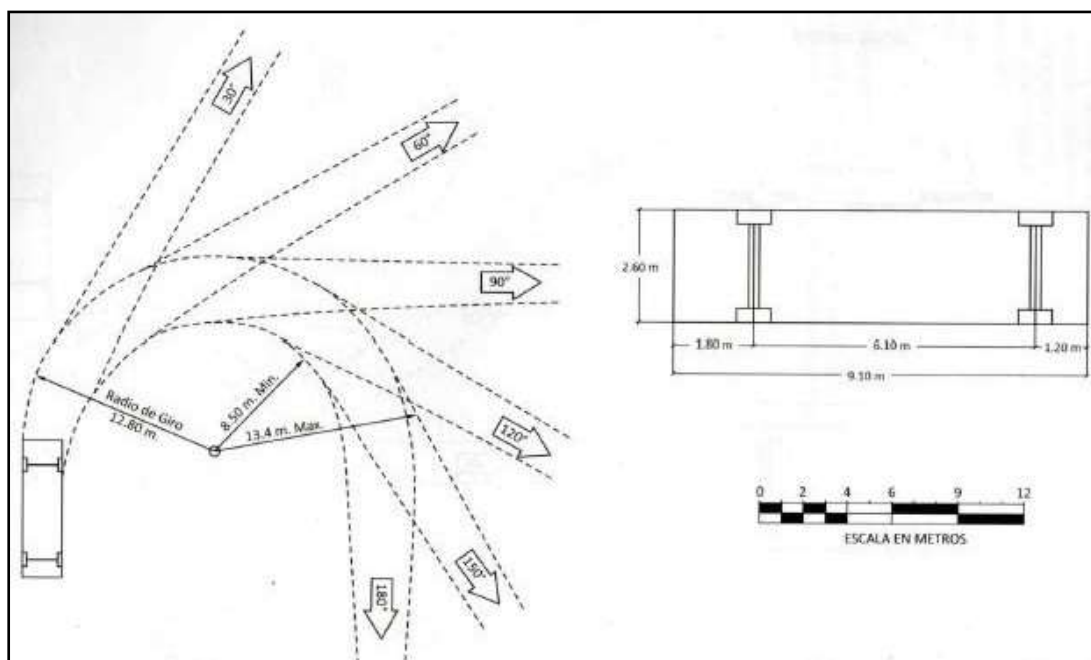
Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras. Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80

Nota. Reproducida de Datos básicos de los vehículos de tipo M, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

Figura 4.1.1

Giro Mínimo para Vehículo B2 – C2



Nota. Reproducida de Giro Mínimo para Vehículo B2-C2, de MTC, 2001, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2001.

2.2. Velocidad de diseño

A continuación, se visualiza velocidades de diseño para diferente categorización de carreteras y su respectiva orografía.

Tabla 4.1.2

Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

Clasificación	Orografía	Velocidad de Diseño de un tramo Homogéneo VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Nota. Reproducida de Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

El presente es una vía de bajo volumen de tránsito el trazo se realizará apegándose a las inflexiones del terreno y su velocidad directriz será la más baja por la orografía accidentada (MTC, 2008).

Tabla 4.1.3

Velocidades recomendadas por condiciones topográficas

Terreno	Velocidad directriz (km/h)
Plano y ondulado	Máximo 90
Accidentado	Máximo 50
Muy accidentado	$V < 30$

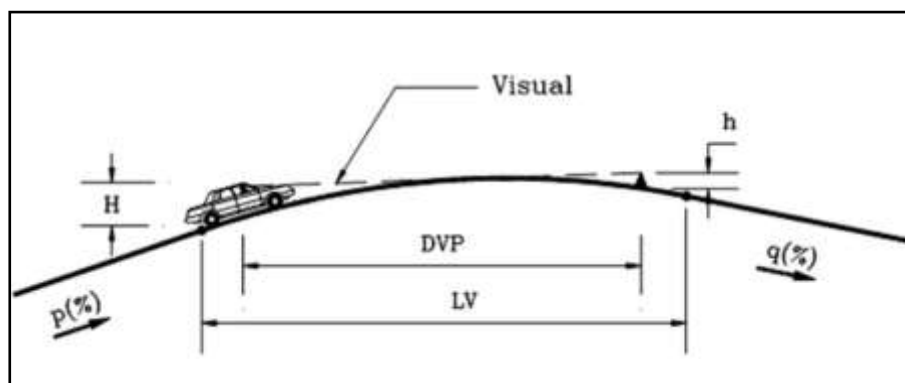
Nota. Reproducida de Velocidades recomendadas por condiciones topográficas, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Por tablas se debe designar 30 km/h como velocidad de diseño, pero al tratarse de IMDA < 210 y por aspectos económicos se ha optado por un valor de 20 km/h.

2.3. Distancia de visibilidad

“La distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar” (MTC, 2018, p. 103).

2.3.1. Distancia de Visibilidad de Parada. Extensión que requiere un automotor a pisar el freno al divisar un objeto hasta detenerse, cuando va viajando a la velocidad directriz.

Figura 4.1.2*Distancia de Velocidad de Parada*

Nota. Reproducida de Distancia d velocidad de Parada, de Agudelo Ospina, 2002, Diseño Geométrico de Vías.

Se define que el objeto divisado tiene una $h \geq 0.15$ m y los ojos del conductor a una $H = 1.07$ m sobre la rasante (MTC, 2018).

A continuación, se visualiza Dvp en m, con respecto a la Vd en km/h y sus pendientes en %.

Tabla 4.1.4*Distancia de visibilidad de parada con pendiente (m)*

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58

Nota. Reproducida de Distancia de velocidad de Parada, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con base a la información antepuesta, con una $V_d = 20$ km/h y pendientes que en su gran mayoría son del rango de 9%, optaremos por una $D_p = 20$ m.

2.3.2. Distancia de Visibilidad de Paso o Adelantamiento

Es la mínima distancia que debe ser visible a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro vehículo que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido

contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso (MTC, 2018, p. 106).

En el presente proyecto no se ha considerado distancia de visibilidad de paso por presentar una orografía muy accidentada.

3. Diseño Geométrico en Planta

“El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección” (MTC, 2008, p. 19).

3.1. Tramos en tangente

Las longitudes mín. y máx. en tramos rectos (en tangente) entre curvas son (MTC, 2018).

$$L_{\text{mín.S}}: 1.39 \cdot V = 1.39 \cdot 20 = 27.80 \text{ m}$$

$$L_{\text{mín.O}}: 2.78 \cdot V = 2.78 \cdot 20 = 55.60 \text{ m}$$

$$L_{\text{máx}}: 16.70 \cdot V = 16.70 \cdot 20 = 334 \text{ m}$$

3.2. Curvas circulares

3.2.1. Longitud de Curva mínimo. “Si la velocidad directriz es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5°, se considera como longitud de curva mínima deseada, la longitud obtenida con la siguiente expresión” (MTC, 2008, p. 22).

$$L = 3 \cdot V = 3 \cdot 20 = 60 \text{ m}$$

3.2.2. Radios mínimos. “El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada” (MTC, 2018).

A continuación, se visualiza valores de R mínimos (m) en relación al peralte máximo (%) y al valor límite de fricción que pueden presentar con una Vd (km/h).

Tabla 4.1.5

Radios mínimos y Peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{m\acute{a}x}$	Cálculo radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135

Nota. Reproducida de Radios mínimos y Peraltes máximos, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con la $V_d = 20$ km/h, tenemos un $e = 4.0$, un valor límite de $f_{m\acute{a}x} = 0.18$ y un $R_{m\acute{i}n} = 15$ m.

Salvo algunas excepciones se optó por un $R_{m\acute{i}n} = 10$ m.

Se considera un $e = 2.5\%$ en todas las curvas en vías con $IMDA < 200$ y una $v < 30$ km/h.

3.3. Curvas de transición

En los tramos de tangente la sección del pavimento presenta una inclinación para el desfogue del agua llamado bombeo, en cambio en las curvas horizontales encontramos una pendiente mayor por efecto de la fuerza centrífuga llamado peralte, para pasar del bombeo al peralte se debe realizar de forma progresiva en una dist. suficiente, dicho tramo se denomina curva de transición (MTC, 2018).

3.3.1. Longitud. “En el caso de carreteras de tercera clase y cuando se use curva de transición, la longitud de la espiral no será menor que $L_{m\acute{i}n}$ ni mayor que $L_{m\acute{a}x}$, según las siguientes fórmulas” (MTC, 2008, p. 21).

$$L_{m\acute{i}n} = 0.0178 * \frac{V^3}{R}$$

$$L_{m\acute{a}x} = (24 * R)^{0.5}$$

Luego.

$$L_{\min} = 0.0178 * \frac{V^3}{R} = 0.0178 * \frac{20^3}{15} = 9.49m$$

$$L_{\max} = (24 * R)^{0.5} = (24 * 15)^{0.5} = 18.97m$$

Cuando se tenga que hacer uso de curvas de transición se hará hasta un radio mínimo $R = 15$ m. Salvo algunas excepciones, por las que la condición de orografía solo nos permitía un radio $R = 10$ m.

3.3.2. Radios que permiten prescindir de la curva de transición. “En el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando el radio de las curvas horizontales sea superior al señalado en la siguiente Tabla, se podrá prescindir de curvas de transición” (MTC, 2008, p. 21).

Tabla 4.1.6

Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño (km/h)	Radio (m)
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Nota. Reproducida de Necesidad de Curvas de Transición, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con una $V = 20$ km/h optamos por un radio límite desde el cual podemos no necesitar curvas de transición $R = 24$ m.

3.4. Sobreancho

“En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos. Se considera apropiado un valor mínimo de 0.50 m de sobreancho para justificar su adopción” (MTC, 2008, p. 30).

3.4.1. Valores del sobreancho. A continuación, se muestra opciones de sobreancho (m) con respecto a la Vd (km/h) y al R de curvatura (m) que estén cursando.

Tabla 4.1.7

Sobreancho de la calzada en curvas circulares (m)

Velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)											
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76
60									1.41	1.19	1.03	0.83

Nota. Reproducida de Sobreanchos de la Calzada en Curvas Circulares, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

En este proyecto se ha considerado colocar los valores de sobreancho a criterio personal, con un mínimo de 0.50 m, debido a que la topografía accidentada y las curvas sinuosas no nos lo permite, si fuera el caso nos generaría un exceso de movimientos de tierra elevando demasiado el costo del proyecto.

En la sección de “Anexos G”, se presenta los cálculos de Sobreancho del presente proyecto.

En la sección de “Capítulo 10”, se visualiza los planos propios al D.G. en sus distintas vistas.

4. Diseño Geométrico en Perfil

“En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes” (MTC, 2018, p. 169).

Para eliminar el cambio brusco del quiebre existente entre dos tramos en tangente, se usa curvas verticales para transitar las dos pendientes de magnitud distintas (MTC, 2018).

4.1. Pendiente

4.1.1. Pendiente mínima. “Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales” (MTC, 2018, p. 170).

Este proyecto presenta un trazo con una pendiente mín. de 0.5%, asegurando el drenaje de lluvias.

4.1.2. Pendiente máxima. “Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura” (MTC, 2008, p. 33).

A continuación, se visualiza cifras de inclinaciones para distintas Vd y la orografía del suelo.

Tabla 4.1.8

Pendientes máximas

Orografía tipo Velocidad de Diseño	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Nota. Reproducida de Pendientes Máximas, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con base a la información antepuesta, con una Vd = 20 km/h y con un Terreno escarpado, optamos por permitir en nuestro diseño Pendientes Máximas del orden de 12 por ciento.

4.2. Curvas verticales

“Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás” (MTC, 2018, p. 174).

$$L = K * A$$

4.2.1. Longitud de las curvas convexas. A continuación, se muestra la relación del índice K con la D_{VP} para distintas velocidades de diseño.

Tabla 4.1.9

Valores del Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase

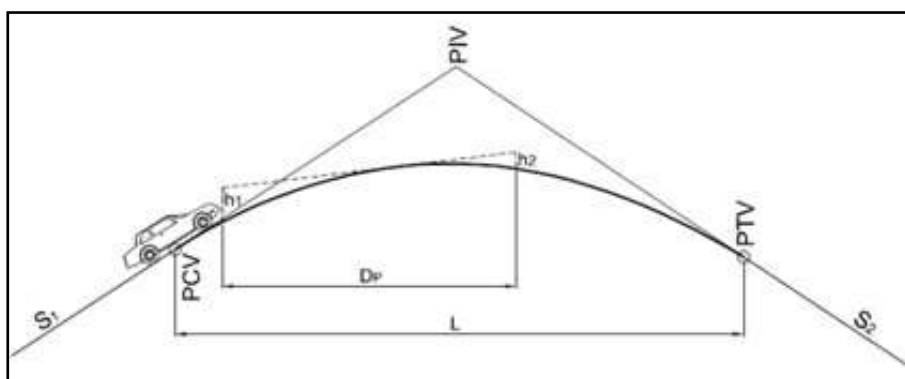
Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

Nota. Reproducida de Índice K para el cálculo de la Longitud de Curva Vertical Convexa, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con una $V = 20$ km/h adoptamos un índice de curvatura $K = 0.6$ y una $D_p = 20$ m.

Figura 4.1.3

Elementos de una Curva Vertical Convexa



Nota. Reproducida de Elementos de la Curva Vertical Simétrica, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

4.2.2. Longitud de las curvas cóncavas. A continuación, se muestra la relación del índice K con la D_{VP} para distintas velocidades de diseño.

Tabla 4.1.10

Valores del Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase

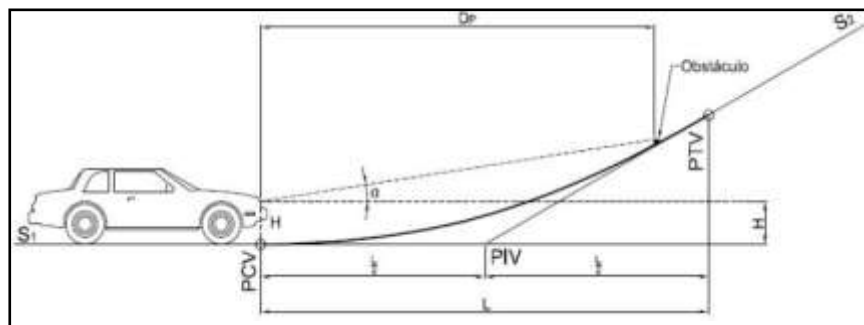
Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Nota. Reproducida de Índice K para el cálculo de la Longitud de Curva Vertical Cóncava, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con una $V = 20$ km/h adoptamos un índice de curvatura $K = 3$ y una $D_p = 20$ m.

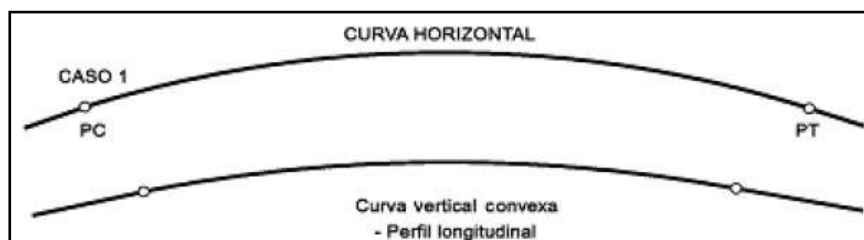
Figura 4.1.4

Elementos de una Curva Vertical Cóncava



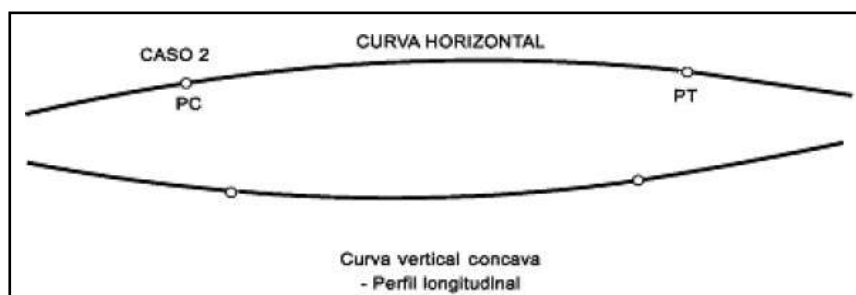
Nota. Reproducida de Elementos de la Curva Vertical Cóncava, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

4.2.3. Coordinación entre el diseño horizontal y el diseño vertical. “La superposición de la curvatura vertical y horizontal generalmente da como resultado una carretera más segura y agradable. Cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal pueden conllevar una serie de depresiones no visibles al conductor” (MTC, 2008, p. 34).

Figura 4.1.5*Coincidencia Curva Horizontal y Curva Vertical Convexa*

Nota. Reproducida de Coordinación de los Alineamientos Horizontal y Vertical, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

“No es conveniente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical. Esta condición puede resultar insegura. La curva horizontal debe ser más larga que la curva vertical en ambas direcciones” (MTC, 2008, p. 34).

Figura 4.1.6*Coincidencia Curva Horizontal y Curva Vertical cóncava*

Nota. Reproducida de Coordinación de los Alineamientos Horizontal y Vertical, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

En el apartado de “Capítulo 10” referente a Planos, se presenta los planos del DG vista en Planta y Perfil.

5. Diseño Geométrico de la Sección Transversal

“Para dimensionar la sección transversal, se tendrá en cuenta que las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, sólo requerirán de una calzada de circulación vehicular con dos carriles, uno para cada sentido” (MTC, 2008, p. 36).

5.1. Calzada o superficie de rodadura

Dependiendo de la proyección en tráfico una vía está compuesta por uno o más carriles cuya superficie es llamada calzada (MTC, 2008).

En este proyecto se diseña una calzada con dos carriles.

5.1.1. Ancho en tangente. Está relacionada con la velocidad de diseño y el tráfico proyectado, modificando de esta manera la sección transversal (MTC, 2018).

A continuación, se visualiza cifras mín. de ancho calzada (m), según la Vd (km/h) y el tráfico proyectado (IMDA).

Tabla 4.1.11

Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (m)

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

Nota. Reproducida de Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con base a la información anterior, una Vd = 20 km/h y un volumen de tráfico IMDa < 100, obtenemos un 2B = 5.50 m en tangente. Pero para el presente proyecto optaremos por un 2B = 6.00 m. Esto quiere decir que, el ancho de carril será B = 3.00 m.

5.1.2. Ancho en curva. Se tiene que adicionar al 2B en tangente el sobre-ancho para curvas descrito anteriormente.

5.2. Bermas

“Se define como berma a la franja longitudinal paralela y adyacente a la calzada de la carretera que se utiliza como zona de seguridad para paradas de vehículos en emergencia y de confinamiento del pavimento” (MTC, 2018, p. 192).

5.2.1. Ancho de las bermas. “A cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías” (MTC, 2008, p. 36).

Tabla 4.1.12

Ancho de bermas

Clasificación	Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	4000 - 2001				2000 - 400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30 km/h											0.50	0.50
40 km/h								1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h			2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	

Nota. Reproducida de Ancho de Bermas, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

Con base a la información antepuesta, una $V = 20$ km/h, un relieve del tipo 3 y siendo una vía $IMD < 400$, se adoptará un ancho de berma $B = 0.50$.

5.2.2. Pendiente de las bermas

En los tramos en tangente, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma. La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%. La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en el sentido contrario al peralte igual a 4 %, de modo que escurra hacia la cuneta (MTC, 2008, p. 37).

5.3. Bombeo

“En los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua” (MTC, 2018, p. 195).

En los tramos de tangente el bombe será 1.5% a 3%, en curvas transicionará al peralte (MTC, 2018).

A continuación, se visualiza cifras de bombeo (%) según la clase de vía y la precipitación (mm/año).

Tabla 4.1.13

Valores del bombeo de la calzada

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

Nota. Reproducida de Valores del Bombeo de la Calzada, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

Con base a la información antepuesta, proyectando una vía de afirmado y teniendo lluvias menor a 500 mm/año, adoptaremos $B = 3.0 \%$.

5.4. Peralte

“Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarestar la fuerza centrífuga del vehículo” (MTC, 2018, p. 195).

A continuación, se muestra valores de peralte (%) según la zona que atraviesa.

Tabla 4.1.14

Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0 %	4.0 %
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0 %	6.0 %
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0 %	8.0 %

Nota. Reproducida de Valores de Peralte máximo, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

Con base a la información anterior y dado que nuestra carretera atraviesa una zona rural con un terreno accidentado, tenemos como un peralte máximo $p = 6.0 \%$. Para el presente proyecto utilizaremos un peralte $p = 4.0 \%$.

5.4.1. Transición del peralte. A continuación, se muestra la expresión a obtener el $ip_{m\acute{a}x}$ y $L_{m\acute{i}n}$ para transicionar el peralte.

$$ip_{m\acute{a}x} = 1.8 - 0.01 * V = 1.8 - 0.01 * 20 = 1.6$$

$$L_{m\acute{i}n} = \frac{p_f - p}{ip_{m\acute{a}x}} * B = \frac{4\% - (-3\%)}{1.6\%} * 3 = 13.13 \text{ m}$$

Así pues tenemos un Longitud mínima de transición $L_{m\acute{i}n} = 13.13 \text{ m}$.

5.4.2. Transición del bombeo al peralte. “Al pasar de una sección en tangente a otra en curva la pendiente cambia desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición” (MTC, 2018, p. 197).

A continuación, se muestra la porción del “p” a procesar en tangente (%) según el “p” máximo que se ha tomado por diseño.

Tabla 4.1.15

Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente

P < 4.5 %	4.5 % < p < 7 %	p > 7 %
0.5 p	0.7 p	0.8 p

Nota. Reproducida de Proporción del Peralte a desarrollar en tangente, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

Con base a la información anterior y un $p = 4.0\%$, tenemos una proporción del $0.5 * p$ a desarrollar en tangente.

“En curvas de corta longitud o escaso desarrollo, se deberá verificar que el peralte total requerido se mantenga en una longitud al menos igual a $V/3.6$, expresado en metros (m)” (MTC, 2018, p. 197).

5.4.3. Desarrollo de peralte entre curvas sucesivas. “Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos cruvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla” (MTC, 2018, p. 198).

Tabla 4.1.16

Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

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

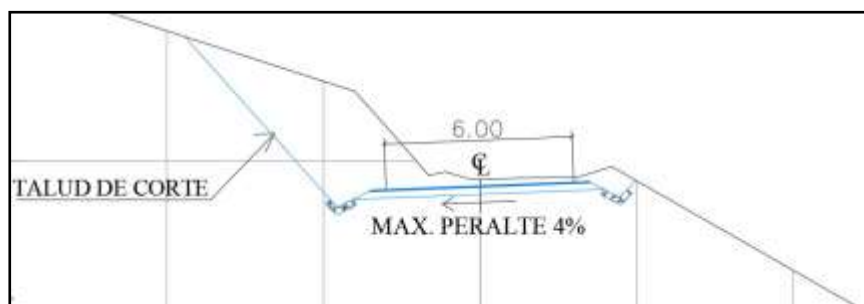
Nota. Reproducida de Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

Con base a la información anterior y con una $V_d = 20$ km/h, tomaremos como tramo mín. en tangente entre curvas del mismo sentido el valor de 40 m.

En la siguiente Figura se aprecia el Peralte máximo de 4%.

Figura 4.1.7

Peralte de 4% en Talud de Corte



Nota: Elaboración propia.

5.5. Taludes

“Es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de superficie del terreno y la línea teórica horizontal” (MTC, 2018, p. 202).

Se diseñarán secciones típicas, según el tipo del estrato de suelo en que se esté curzando.

5.5.1. Taludes de corte. A continuación, se muestra cifras referenciales de talu de corte según la clase de terreno.

Tabla 4.1.17

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

Clase de Terreno	Talud (V : H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Tierra compacta	2 : 1 – 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 3	(*)	(**)

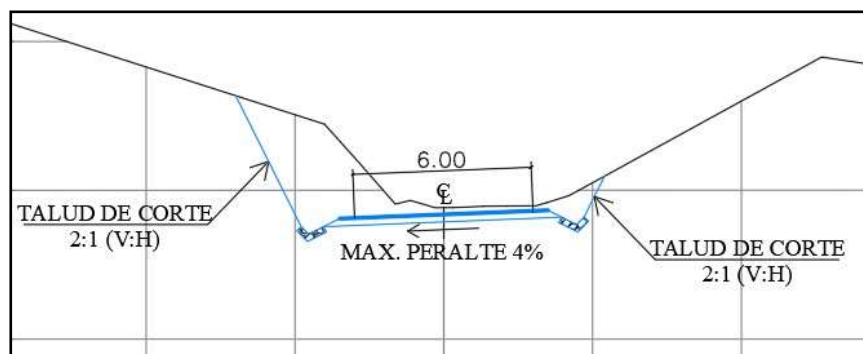
Nota. Reproducida de Taludes de Corte, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Por la presente orografía y el tipo de suelo, se ha optado por un talud de 2:1 (V:H).

En la siguiente figura se aprecia el talud de corte y el uso de banquetas.

Figura 4.1.8

Elementos de Talud de Corte



Nota: Elaboración propia.

5.5.2. Taludes de relleno. A continuación, se muestra cifras referenciales de talud de relleno según el material a utilizar.

Tabla 4.1.18

Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V : H)		
	< 5	5 - 10	> 10

Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arena compactada	1 : 2	(*)	(**)

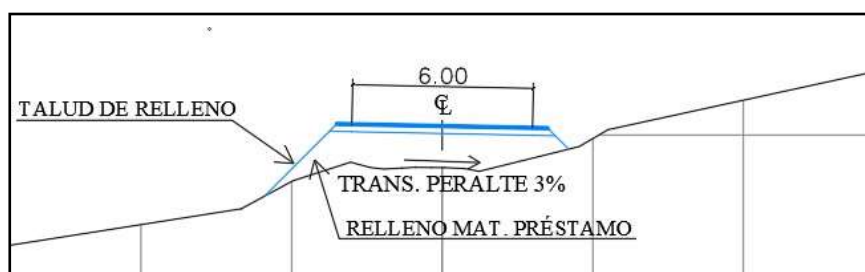
Nota. Reproducida de Taludes de Relleno, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Por el tipo de suelo a utilizar se ha optado por un talud de 1:1.5 (V:H).

En la siguiente Figura se aprecia el talud de relleno con material de préstamo.

Figura 4.1.9

Elementos de Talud de Relleno

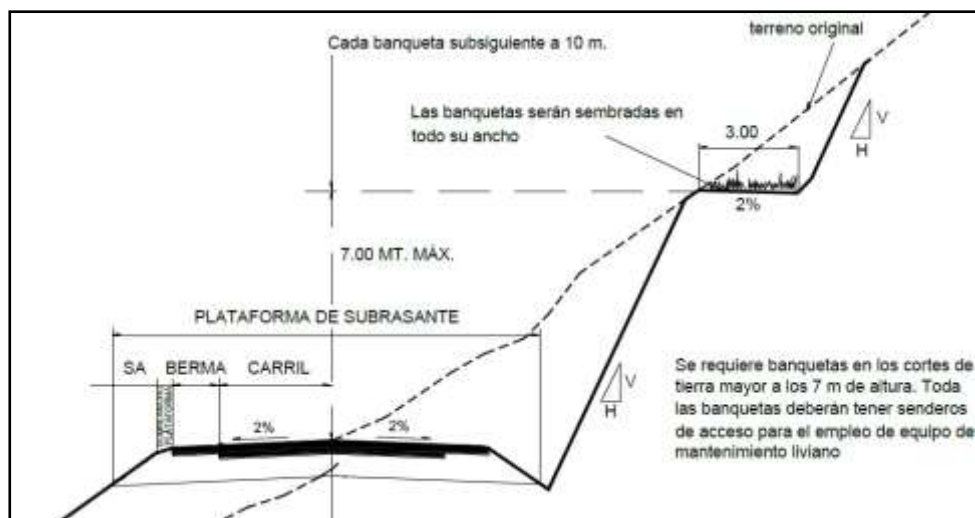


Nota: Elaboración propia.

5.5.3. Banquetas. A continuación, se visualiza características de estas, que se usan en cortes mayores a 7 metros.

Figura 4.1.10

Banquetas

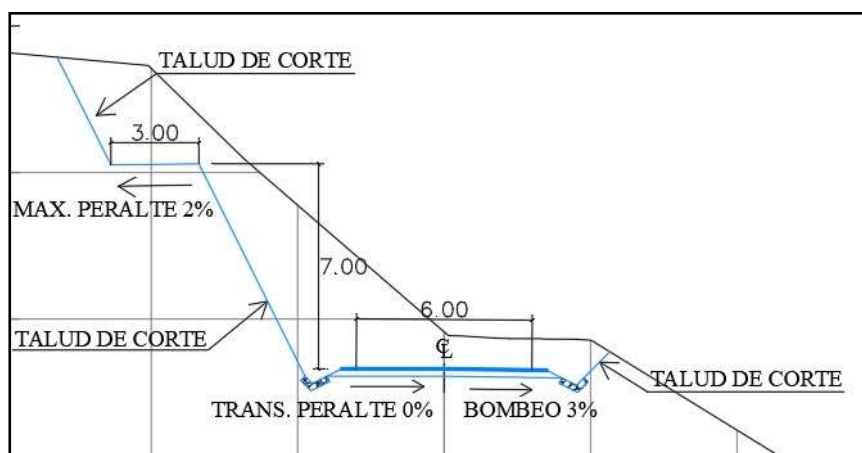


Nota. Reproducida de Corte y Relleno en ladera empinada, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

A continuación, se visualiza una banqueta de la presente vía con sus respectivos elementos que la conforman.

Figura 4.1.11

Elementos de Banqueta



Nota: Elaboración propia.

En el apartado de “Capítulo 10” referente a Planos, se presentan los correspondientes al Diseño de Secciones Transversales y las Secciones Típicas.

5.6. Cunetas

“Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento” (MTC, 2018, p. 208).

5.6.1. Sección transversal adoptado. Se adopta figura triangular al pie de cada talud de corte y con las siguientes dimensiones mínimas.

Tabla 4.1.19

Dimensiones mínimas de las cunetas

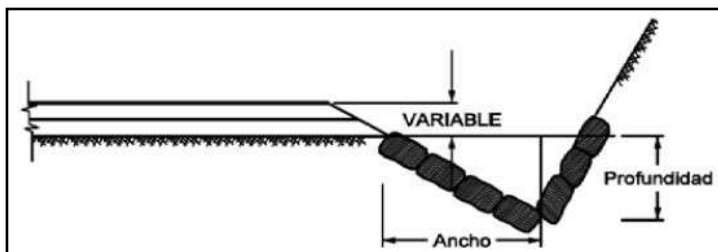
Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

Nota. Reproducida de Dimensiones mínimas de las Cunetas, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

A continuación, se visualiza la forma típica de cuneta triangular mostrando la anchura y depresión.

Figura 4.1.12

Sección típica de cuneta triangular



Nota. Reproducida de Cuneta revestida, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

El talud interior (Z1) es de 1:2 (V:H), con una profundidad $d = 0.25$ m y un talud exterior (Z2) de acuerdo al terreno, que por lo general será de 1:1 (H:V).

5.6.2. Revestimiento Cunetas. Se reviste usando roca y lechada cemento si la tierra es arenoso limoso y con una pendiente mayor de 4%.

5.6.3. Desagüe de las Cunetas. Las cunetas reciben el agua evacuadas del pavimento por medio del bombeo, estas tendrán que drenar el agua hasta las Alc. de Alivio, cuyo diseño se muestra en el apartado de Diseño Hidráulico.

4.2. Diseño de Pavimento

1. Generalidades

El tránsito proyectado genera cargas, estas se traducen en el pavimento como abrasión, así como las precipitaciones que desgastan la superficie de rodadura, es por ello que el diseño del pavimento es importante porque este es el encargado de recibir estos desgastes y transmitirlos a la subrasante.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo principal. Es determinar la estructura del pavimento óptimo a nivel de afirmado.

1.1.2. Objetivos específicos. Entre los objetivos específicos tenemos.

- ✓ N° de repeticiones de EE.
- ✓ CBR de suelo de subrasante.
- ✓ Cálculo de espesor de Pavimento.

1.2. Clasificación

Este proyecto tiene un pavimento a nivel de afirmado, con materiales extraídos de canteras y compuestos por piedra, arena y finos, estos elementos son dosificados por zarandeo mecánico (MTC, 2008).

1.2.1. Afirmado con grava natural o zarandeada. En la presente vía se proyectará una superficie de afirmado con gravas zarandeadas, cuyo revestimiento se extraerá de las canteras del cerro Morrupe y de la cantera Hualanga, con dosificación detallada en el apartado de “Especificaciones de la Capa de Afirmado”.

2. Capa de Revestimiento Granular

En el diseño de todo pavimento influye dos factores, el primero es el tráfico proyectado que genera las cargas expresado en EE de los vehículos pesados, el segundo factor es el suelo que soporta dicha abrasión expresada en el CBR propio de cada suelo (MTC, 2008).

2.1. Tráfico

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 tn. El resto de vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no tienen en cuenta en su cálculo (MTC, 2008, p. 94).

A continuación, se muestra tipos de tráfico pesado clasificados según su IMDA, el número de vehículos que circulan y el N° de repeticiones de EE.

Tabla 4.2.1

Tipos de Tráfico Pesado

Clase	T0	T1	T2	T3
IMDa (Total vehículos ambos sentidos)	< 15	16 – 50	51 – 100	101 – 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	< 6	6 – 15	16 – 28	29 – 56
N° Rep. EE (carril de diseño)	< 2.5×10^4	2.6×10^4 – 7.8×10^4	7.9×10^4 – 1.5×10^5	1.6×10^5 – 3.1×10^5

Nota. Reproducida de Tipos de tráfico pesado, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

En el apartado de “Estudio de Tráfico” se determinó que nuestro NrepEE en el periodo de diseño es 77,820.19, mayor a 25,000 EE y menor a 78,000 EE, eso nos clasifica como un **Tráfico Pesado 1 (Tp1)**.

2.2. Subrasante

Se consideran como agregados en para la coronación de la subrasante partículas con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor se procede a eliminar esa capa de material inadecuado y se colocará uno con CBR mayor a 6%; para su estabilización.

A continuación, se muestra el CBR correspondiente a la categoría de Subrasante, así tenemos que una subrasante inadecuada presenta un CBR < 3%.

Tabla 4.2.2

Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S_0 : Subrasante inadecuado	$CBR < 3\%$
S_1 : Subrasante pobre	$3\% \leq CBR < 6\%$
S_2 : Subrasante regular	$6\% \leq CBR < 10\%$
S_3 : Subrasante buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
S_4 : Subrasante muy buena	$20\% \leq CBR < 30\%$
S_5 : Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Nota. Reproducida de Categorías de Subrasante, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Los datos resultantes del laboratorio de pavimentos en las 6 muestras analizadas a lo largo de la zona de estudio, nos arroja CBR mayor al 6% en cada sector homogéneo considerado.

En su mayoría por Categorías de Subrasante, la subrasante del área de estudio se clasifica como Regular ($6\% \leq CBR < 10\%$) y en unos sectores la subrasante se clasifica como Buena ($10\% \leq CBR < 20\%$).

- ✓ Km 0 + 000 – Km 2 + 000 : Subrasante Regular 6.09 ($6\% \leq CBR < 10\%$)
- ✓ Km 2 + 000 – Km 4 + 000 : Subrasante Buena 18.60 ($30\% \leq CBR$)
- ✓ Km 4 + 000 – Km 5 + 000 : Subrasante Regular 7.04 ($6\% \leq CBR < 10\%$)
- ✓ Km 5 + 000 – Km 6 + 000 : Subrasante Buena 11.83 ($10\% \leq CBR < 20\%$)
- ✓ Km 6 + 000 – Km 8 + 910 : Subrasante Regular 6.13 ($6\% \leq CBR < 10\%$)

En la vía en estudio no se ha detectado napa freática, sin embargo, se tiene presente que tiene que estar por debajo de la subrasante en las siguientes alturas.

- ✓ Subrasante muy buena y buena a 0.60 m
- ✓ Subrasante regular a 0.80 m
- ✓ Subrasante pobre a 1.00 m
- ✓ Subrasante muy pobre a 1.20 m

2.3. Cálculo del espesor de pavimento

Para cálculo del espesor de la capa de afirmado (mm) se usa una fórmula que relaciona el valor del CBR y la proyección de EE del tráfico (MTC, 2008).

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2] * \log_{10}(N_{rep}/120)$$

Reemplazando datos en la fórmula, tenemos 5 sectores:

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2] * \log_{10}(N_{rep}/120)$$

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} 6.09) + 58 * (\log_{10} 6.09)^2] * \log_{10} \left(\frac{77,820.19}{120} \right) = 250.69 \text{ mm}$$

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} 18.60) + 58 * (\log_{10} 18.60)^2] * \log_{10} \left(\frac{77,820.19}{120} \right) = 125.44 \text{ mm}$$

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} 7.04) + 58 * (\log_{10} 7.04)^2] * \log_{10} \left(\frac{77,820.19}{120} \right) = 230.09 \text{ mm}$$

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} 11.83) + 58 * (\log_{10} 11.83)^2] * \log_{10} \left(\frac{77,820.19}{120} \right) = 166.96 \text{ mm}$$

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} 6.13) + 58 * (\log_{10} 6.13)^2] * \log_{10} \left(\frac{77,820.19}{120} \right) = 249.73 \text{ mm}$$

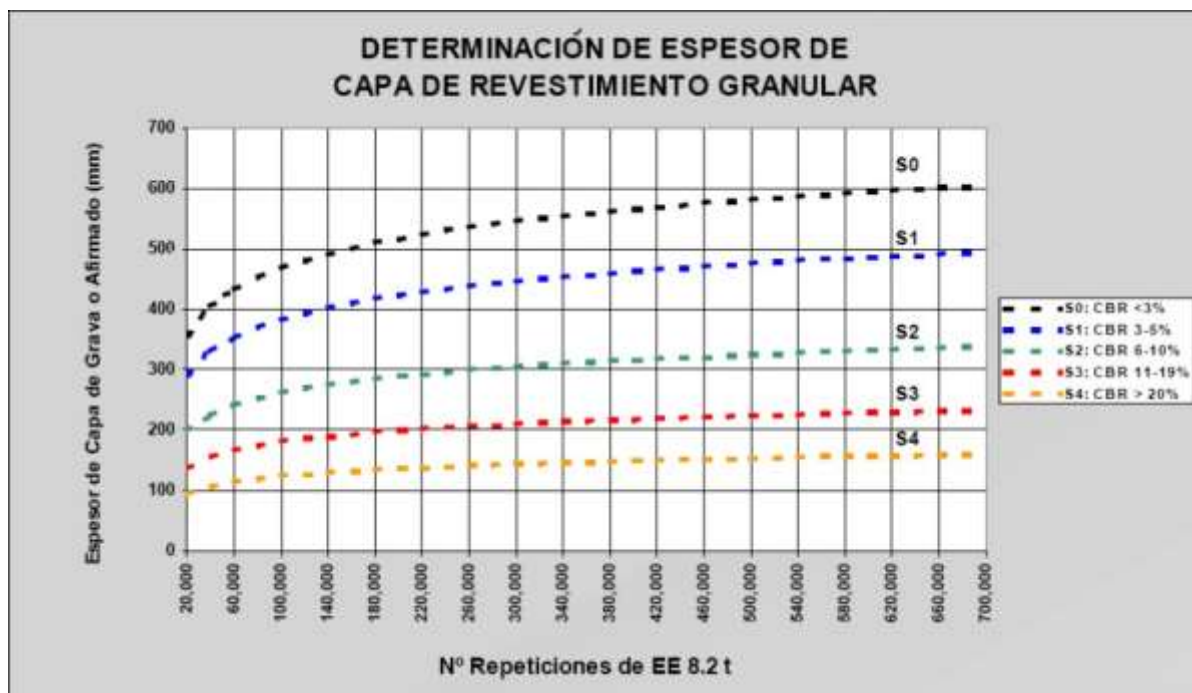
Dando un resultado variable entre 125.44 mm y 250.69 mm de espesor de afirmado, pero la capa de afirmado será > 150 mm. Por lo tanto, se tomará los siguientes espesores por áreas de estudio:

- ✓ Km 0 + 000 – Km 2 + 000 : 250 mm (6% ≤ CBR < 10%)
- ✓ Km 2 + 000 – Km 4 + 000 : 150 mm (10% ≤ CBR < 20%)
- ✓ Km 4 + 000 – Km 5 + 000 : 250 mm (6% ≤ CBR < 10%)
- ✓ Km 5 + 000 – Km 6 + 000 : 200 mm (10% ≤ CBR < 20%)
- ✓ Km 6 + 000 – Km 8 + 910 : 250 mm (6% ≤ CBR < 10%)

A continuación, se visualiza una forma para estimar el espesor de manera gráfica con ayuda de la siguiente figura.

Figura 4.2.1

Determinación de espesor de capa de revestimiento granular



Nota. Reproducida de Determinación de espesor de Capa de revestimiento granular, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Considerando un CBR S2 (6 – 10%) y un valor de N° de Repeticiones de EE 8.2t entre 60,000 y 100,000, podemos obtener un valor aproximado de 250 mm, como espesor de nuestra capa granular a nivel de afirmado.

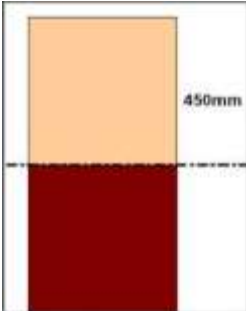
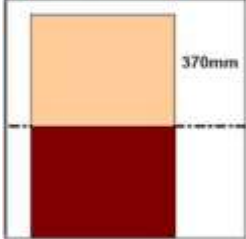
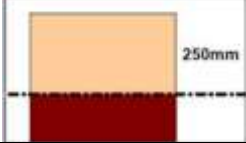
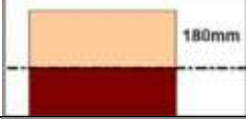


2.4. Catálogo estructural de superficie de rodadura

Tenemos también un catálogo que relaciona las clases de tráfico con el tipo de subrasante, y así poder determinar el espesor de afirmado a adoptar.

Tabla 4.2.3

Catálogo de capas de revestimiento granular - Tráfico T1

<p>Tipo de Subrasante</p>	<p>Clase Tráfico: T1 IMDa: 16 – 50 vehículos Carril de diseño: 6 – 15 vehículos pesados Número de repeticiones: 3.2E+04 – 7.9E+05</p>
----------------------------------	--

<p>S0 Subrasante Muy Pobre CBR < 3%</p>	
<p>S1 Subrasante Pobre CBR 3% - 5%</p>	
<p>S2 Subrasante Regular CBR 6% - 10%</p>	
<p>S3 Subrasante Buena CBR 11% - 19%</p>	
<p>S4 CBR ≥ 20%</p>	
	<p>Nivel superior de la subrasante perfilado y compactado al 95% de la MDS</p> <p>Subrasante</p> <p>Capa de afirmado</p>

Nota. Reproducida de Catálogo de capas de revestimiento granular – Tráfico T1, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Con una SR S2 regular (CBR 6% - 10%) y una clase de tráfico T1 (IMDa 16 a 50 vehículos), tenemos por catálogo un espesor de 25 cm.

Por lo tanto, se ha decidido tomar como espesor de afirmado 25 cm de suelo granular.

4.3. Diseño de Obras de Arte y Drenaje

1. Aspectos Generales

El fluido elemental descendiente de precipitaciones que intercepta la vía puede dañar a la misma si no se tiene elementos de drenaje que la evacuen, tenemos así a drenajes transversales como las alcantarillas y a los drenajes longitudinales a las cunetas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo principal. Obtener la adecuada sección hidráulica para el vaciado de las aguas captadas en lluvias y cursos de aguas.

1.1.2. Objetivos específicos. Los objetivos específicos son los siguientes:

- ✓ Cálculo de la sección hidráulica de alc. de paso y alivio.
- ✓ Cálculo de la sección hidráulica en cunetas.

1.2. Parámetros previos

1.2.1. Velocidad Máxima del Agua. Al realizar una evacuación de aguas mediante cunetas o alcantarillas son transportadas a una velocidad que puede ocasionar daños por erosión si no es controlada (MTC, 2018).

A continuación, se muestra la velocidad (m/s) del agua de carácter máxima para cada tipo de superficie.

Tabla 4.3.1

Velocidad máxima del agua – Concreto y otros

Tipo de Superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50
Concreto	4.50 – 6.00

Nota. Reproducida de Velocidad máxima del agua, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

A continuación, se muestra la Vd (m/s) del agua de carácter máxima para cada tipo de alcantarilla TMC.

Tabla 4.3.2

Velocidad máxima del agua – Alcantarilla TMC

LUZ (m)	ÁREA (m ²)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ALTURA DE RELLENO		CAUDAL 80% máx. tubo lleno (m ³ /s)	VELOCIDAD (m/s)
				Mínimo (m)	Máximo (m)		
0.6	0.28	1.8	36.98	0.3	26	0.54	2.14
0.9	0.64	2.0	56.14	0.3	19	1.59	2.80
1.2	1.13	2.5	90.96	0.3	18	2.93	3.00
1.5	1.77	3.0	133.60	0.3	17.5	4.75	3.00

Nota. Adaptada de Propiedades de alcantarillas de TMC, de SIDERPERU, 2008, Alcantarilla TMC Minimultiplate SP MP 68.

A continuación, se muestra la Vd (m/s) de carácter máximo para cada estructura de la presente vía.

- ✓ Cunetas (mampostería de piedra con lechada de cemento) : 4.50 m/s
- ✓ Alcantarillas de paso MCA (marco de concreto armado) : 6.00 m/s
- ✓ Alcantarillas de alivio TMC36" (tubería metal corrugado) : 2.80 m/s
- ✓ Alcantarillas de alivio TMC48" (tubería metal corrugado) : 3.00 m/s

1.2.2. Periodo de Retorno. A continuación, se muestra el "T" (años) en distintas estructuras de drenaje en la presente vía.

Tabla 4.3.3

Periodos de Retorno para diseños de Obras de Drenaje en carreteras de Bajo Volumen de Tránsito

Tipo de Obra	Periodo de Retorno (años)
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de Paso y badenes	50
Alcantarillas de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

Nota. Reproducida de Periodos de Retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de Bajo volumen de Tránsito, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

A continuación, se muestra el “T” (años) de carácter máximo para cada estructura de la presente vía.

- ✓ Para cuentas : 10 años
- ✓ Para alc. de Alivio/Paso : 20 años
- ✓ Para alc. paso y badenes : 50 años

En el apartado de “Anexo H”, se presenta el cálculo obtenido para determinar el “Q” (m/s) de diseño cuyos aportes son por ladera, vía y por micro cuencas.

2. Alcantarillas (Drenaje Transversal)

2.1. Aspectos generales

Una estructura de drenaje transversal, como las alcantarillas de alivio que capta las aguas provenientes de cunetas y las deriva transversalmente fuera de la vía o como las alcantarillas de paso que evacúan las aguas de escorrentías siguiendo su cauce natural.

La ubicación, teniendo en cuenta el cauce natural y su pendiente; la pendiente de la alcantarilla, si se diseña con demasiada pendiente puede producir problemas de erosión y con poca pendiente puede producir problemas de sedimentación (MTC, 2018).

2.2. Tipos de alcantarilla

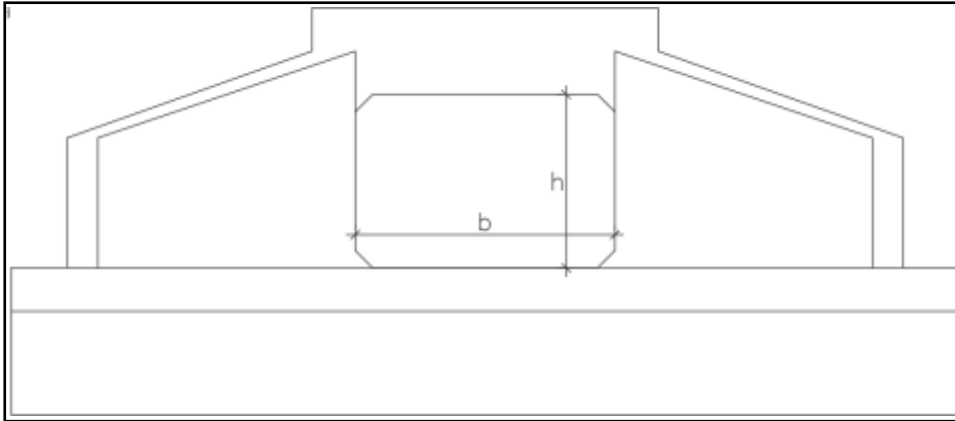
Entre los más usuales tenemos las tuberías de marco de concreto armado, las tuberías de metálicas de acero corrugado y las de polietileno con densidad elevada.

También podemos encontrar diversas secciones como cuadradas y rectangulares, en el caso de marcos de concreto armado, o circulares, parabólicas y abovedadas, en el caso de metal corrugado (MTC, 2018).

A continuación, se muestran elevaciones típicas de alcantarillas de marco de concreto armado y de acero corrugado.

Figura 4.3.1

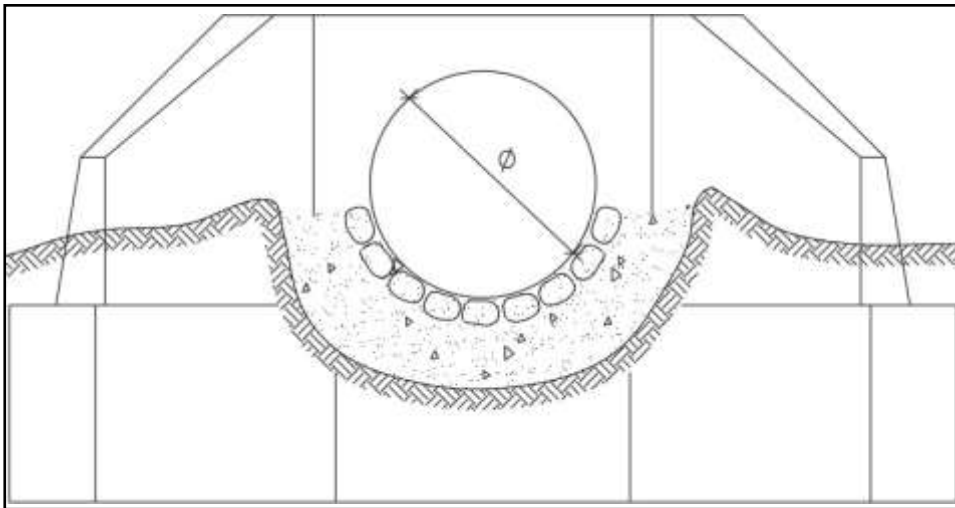
Elevación típica de Alcantarilla rectangular tipo marco



Nota. Elaboración propia.

Figura 4.3.2

Elevación típica de Alcantarilla circular tipo TMC



Nota. Elaboración propia.

El presente proyecto opta por tuberías TMC en las Alc. de alivio y para las de paso se optó por un diseño tipo caja de concreto.

2.3. Diseño hidráulico

Se debe obtener un área de alc. que contenga la escorrentía que cursa su interior sin causar daños en sí misma.

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$Q = v * A$$

$$R = \frac{A}{P}$$

A continuación, se muestra cifras de “n” de Manning en tuberías metálicos y no metálicos.

Tabla 4.3.4

Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) – Metálico

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO	
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce pulido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero			
		Soldado	0.010	0.012	0.014
		Con remaches	0.013	0.016	0.017
		c. Metal corrugado			
		Sub – dren	0.017	0.019	0.021
		Dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2. NO METÁLICOS	a. Concreto			
		Tubo recto y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
		Tubo con curvas, conexiones	0.011	0.013	0.014
		Afinado	0.011	0.012	0.014
		Tubo de alcantarillado con Cámaras, entradas	0.013	0.015	0.017
		Tubo con moldaje de acero	0.012	0.013	0.014
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.012	0.014	0.016
		Tubo con moldaje madera en bruto	0.015	0.017	0.020
		b. Madera			
		Duelas	0.010	0.012	0.014
		Laminada y tratada	0.015	0.017	0.020
		c. Albañilería de piedra	0.018	0.025	0.030

Nota. Reproducida de Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n), de MTC, 2015, Manual de Carreteras – Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

La velocidad (m/s) del agua de carácter mínimo debe ser 0.25, de lo contrario se produce sedimentación en su interior reduciendo su área o capacidad hidráulica.

A continuación, se muestra el material para las distintas obras de drenaje y el coeficiente de Manning a optar.

- ✓ Alcantarillas de paso de concreto armado, coeficiente de Manning $n = 0.011$
- ✓ Alcantarillas de alivio de acero corrugado, coeficiente de Manning $n = 0.024$

En el apartado de “Anexo H”, se visualiza los datos resultantes realizados para estimar la mejor sección hidráulica de las alc. de paso y alivio.

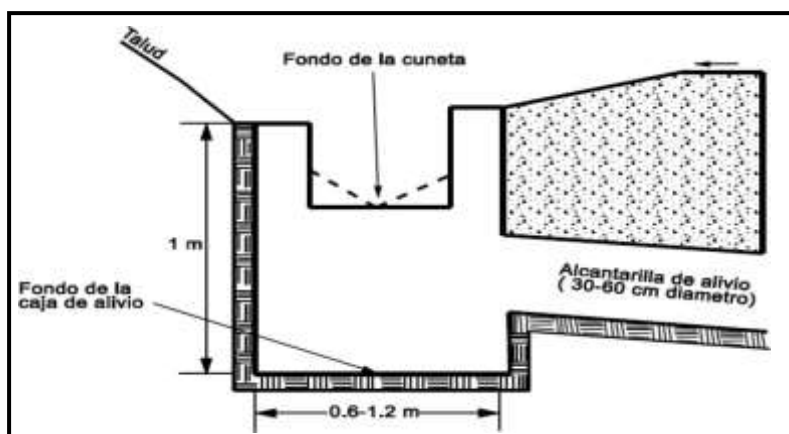
2.4. Consideraciones para el diseño

2.4.1. Borde libre. Las alc. no deben ser planteadas a sección llena, es decir con la capacidad al 100% de la estructura, se diseña siempre dejando un borde libre de un 25% en altura, diámetro o flecha de la alc. diseñada. Se debe tener en cuenta que no sea menor a 0.10 m.

A continuación, se muestra una sección típica de una alcantarilla de alivio en la vía en estudio.

Figura 4.3.3

Sección Típica de Alcantarilla de Alivio



Nota. Reproducida de Detalles de Alcantarillas, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

En la presente vía se trabajará con un borde libre del 25%, para todas las obras de arte.

2.4.2. Dimensiones Mínimas. A continuación, se muestra la dimensión de carácter mínimo para obras de evacuación de agua tal que permita su limpieza y conservación.

- ✓ Para alcantarillas de paso la dimensión mínima es de 1.00 m.
- ✓ Para alcantarillas de alivio la dimensión mínima es de 0.90 m.

En la presente vía se optó por un diseño de marco de concreto rectangular para las alc. de paso, con un ancho $b = 1.50$ y una altura $h = 1.00$; y un diseño de metal corrugado tipo TMC para las alc. de alivio, con un diámetro $\theta = 0.90$ m y de $\theta = 1.20$ m.

3. Cunetas (Drenaje Longitudinal)

3.1. Aspectos generales

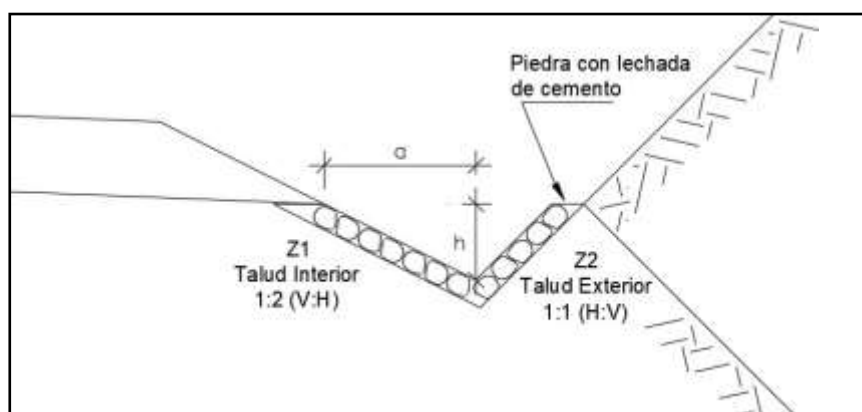
Las alc. de alivio o de paso captan aguas evacuadas por las cunetas, que son estructuras de drenaje abiertos, estos pueden ser revestidos o no y son ubicados en la sección final del talud de corte a cada lado de la vía (MTC, 2018).

3.2. Tipos de cuneta

Las formas más comunes de cunetas son las triangulares, rectangulares o trapezoidales, presentan un ancho “a” y una altura “h” visualizados a continuación en la sección típica.

Figura 4.3.4

Sección típica de cuneta triangular



Nota. Elaboración propia.

En la presente vía se optó por un área triangular para las cunetas.

3.3. Diseño hidráulico

Se rige por dos límites.

- ✓ Caudal que transita con la cuneta llena
- ✓ Caudal que produce la velocidad máxima admisible

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

$$Q = A * v$$

Tabla 4.3.5

Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) – No Metálico

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
B. CANALES REVESTIDOS	a. Madera			
	sin tratamiento	0.010	0.012	0.014
	tratada	0.011	0.012	0.015
	planchas	0.012	0.015	0.018
	b. Concreto			
	afinado con plana	0.011	0.013	0.015
	afinado con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
	sin afinar	0.014	0.017	0.020
	excavado en roca de buena calidad	0.017	0.020	
	excavado en roca descompuesta	0.022	0.027	
	c. Albañilería			
	piedra con mortero	0.017	0.025	0.030
	piedra sola	0.023	0.032	0.035

Nota. Reproducida de Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning, de MTC, 2015, Manual de Carreteras – Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

En base a la tabla anterior, se optará como “n” de Manning para las cunetas de piedra con concreto el valor de $n = 0.025$.

En el apartado de “Anexo H”, se presentan los cálculos ejecutados para estimar la mejor sección hidráulica de las cunetas proyectadas.

3.4. Consideraciones para el diseño

3.4.1. Talud Exterior e Interior.

A continuación, se muestra cifras de talud interior para cunetas según la Vd y del IMDA.

Tabla 4.3.6

Inclinaciones máximas del talud interior (V:H) de la cuneta

V.D. (km/h)	I.M.D.A. (veh/día)	
	< 750	> 750
< 70	1 : 02	
	1 : 03	1 : 03
> 70	1 : 03	1 : 04

Nota. Reproducida de Inclinaciones máximas del talud interior de cunetas, de MTC, 2018, Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018.

En la presente vía se optó por un diseño de piedra con lechada de cemento para las cunetas, con un talud $Z1 = 2$ y un talud $Z1 = 1$. En el apartado de Diseño Geométrico, se detalla más a fondo.

3.4.2. Dimensiones mínimas. A continuación, se visualiza los datos de profundidad (m) y ancho (m) en cuneta triangular con respecto a los escenarios climáticos de la región estudiada.

Tabla 4.3.7

Dimensiones mínimas

Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca (< 400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (de 400 a < 1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (de 1600 a < 3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (> 3000 mm/año)	0.30	1.20

Nota. Reproducida de Dimensiones mínimas de las cunetas, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

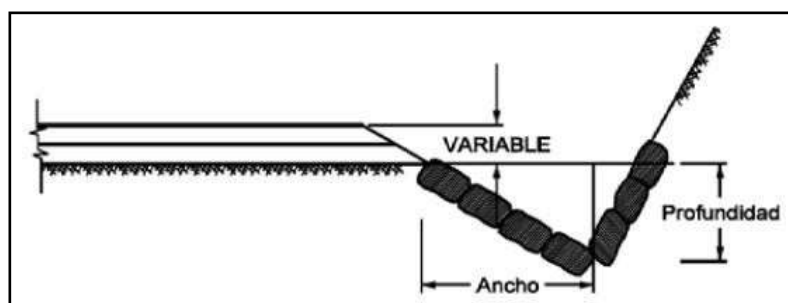
En la vía se optó por un diseño de piedra con lechada de cemento para las cunetas, ancho = 0.50 y altura $d = 0.25$. La altura de cuneta debe ser menor a 0.60 m.

3.4.3. Desagüe de las cunetas. Como se ha mencionado, la descarga de la escorrentía se hará por medio de las alc. de alivio.

3.4.4. Revestimiento de las cunetas. Serán de C° o mampostería de piedra para evitar la erosión producido de aguas que evacuan y evitar filtraciones que dañen el pavimento, se considera un espesor de 0.075 m y una $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 4.3.5

Cuneta Revestida



Nota. Reproducida de Cuneta revestida, de MTC, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

En el capítulo 10 “Planos”, se presentan varios donde se detallan las obras de arte proyectadas, tales como alc. de paso, alivio y de cunetas.

4.4. Diseño de Mezcla de Concreto

1. Generalidades

El diseño trata de la correcta proporción de grava, arena, cemento, agua y aditivos, esta mezcla en estado fresco debe ser manejable y en estado endurecido debe ser resistente.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General. Obtener proporciones óptimas de elementos que constituyen un C° con las resistencias que se usan en la presente vía.

1.1.2. Objetivos Específicos. Los objetivos específicos son los siguientes:

- ✓ Estudio del método ACI para el diseño de concreto
- ✓ Diseño de concreto para las siguientes resistencias: 210 kg/cm², 175 kg/cm² y 100 kg/cm².

1.2. Tipos de concreto

1.2.1. Concreto Fresco. Cuando se tienen las correctas proporciones de los elementos del concreto se procede a mezclar, produciendo una mezcla manejable para ser vertida en los encofrados.

1.2.2. Concreto Endurecido. Una vez vertida la mezcla en el encofrado, empieza a ganar resistencia tomando la forma del molde, acción correspondiente al fraguado.

En el apartado “Anexo I”, se presenta a detalle las propiedades de los distintos componentes del concreto, como son los agregados, el cemento, agua y aditivos.

2. Método A.C.I. para el Diseño de Mezcla de Concreto

Consiste en calcular en peso y volumen las dosificaciones de los materiales para la elaboración del concreto, tales como grava, arena, cemento y agua.

2.1. Elección del asentamiento

A continuación, se visualiza cifras de asentamiento (cm) para distintos tipos de obras, cuando se compacta con vibrador (en caso contrario sumar 2.5 cm a las cifras mostradas).

Tabla 4.4.1

Valores de asentamiento recomendados para diversas clases de construcción

Asentamiento (cm)	Consistencia (tipo de concreto)	Grado de trabajabilidad	Tipo de estructura y condiciones de colocación
0 – 2.0	Muy seca	Muy pequeño	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibraciones de formales
2.0 – 3.5	Seca	Pequeño	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3.5 – 5.0	Semi seca	Pequeño	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibradores normales.
5.0 – 10.0	Media	Medio	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración.
10.0 – 15.0	Húmedo	Alto	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración.

Nota. Reproducida de Valores de Asentamiento recomendados para diversas clases de construcción, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

2.2. Contenido de aire atrapado

A continuación, se muestra el porcentaje de aire atrapado (%) según el TMN del AG.

recordamos que el aire atrapado favorece el manejo y cohesión de mezcla.

Tabla 4.4.2

Contenido de aire atrapado

TMN del A.G.		Porcentaje promedio aproximado de aire atrapado	Porcentaje promedio total de aire recomendado para los siguientes grados de exposición		
in	mm		Suave	Mediano	Severo
3/8	9.51	3.0	4.5	6.0	7.5
1/2	12.50	2.5	4.0	5.5	7.0
3/4	19.10	2.0	3.5	5.0	6.0
1	25.40	1.5	3.0	4.5	6.0
1 1/2	38.10	1.0	2.5	4.5	5.5
2	50.80	0.5	2.0	4.0	5.0
3	76.10	0.3	1.5	3.5	4.5
6	152.40	0.2	1.0	3.0	4.0

Nota. Reproducida de Contenido de Aire atrapado, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

2.3. Volumen unitario de agua

A continuación, se muestra el vol. unit. del agua (l/m³) según el asentamiento de la mezcla y el TMN del AG. recordando que el agua tiene la función de manejabilidad y adherencia en la mezcla.

Tabla 4.4.3

Volumen unitario de agua

Condición del contenido del aire	Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los TMN del agregado indicado							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido	1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con aire incluido	1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Nota. Reproducida de Volumen unitario de Agua, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

2.4. Relación agua cemento (a/c)

A continuación, se muestran las relaciones agua/cemento según la resistencia deseada del concreto y si la mezcla presenta o no aire incorporado, recordando que esta relación determina la resistencia, durabilidad y permeabilidad del concreto.

Tabla 4.4.4

Relación agua/cemento

F'cr (kg/cm ²)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53

300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Nota. Reproducida de Relación agua/cemento, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

2.5. Cálculo del contenido de cemento

En la obtención se usa la siguiente expresión que relaciona el agua y a/c, cuyas cifras se han calculado anteriormente.

$$c = \frac{a}{a/c}$$

2.6. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

A continuación, se visualiza el vol. de AG. (seco y compacto) por unidad de concreto (b/b_0) según el TMN del AG. y el módulo de finura del AF.

Tabla 4.4.5

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino ($\frac{b}{b_0}$)

TMN del A.G.		Módulo de Finura			
in	mm	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	9.51	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	12.50	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	19.10	0.66	0.64	0.62	0.60
1	25.40	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	38.10	0.76	0.74	0.72	0.70
2	50.80	0.78	0.76	0.74	0.72
3	76.10	0.81	0.79	0.77	0.75
6	152.40	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Reproducida de Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/b_0), de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

Teniendo el valor del volumen de AG. por unidad del C°, se calcula el peso total de AG. en un metro cúbico.

$$B = \left(\frac{b}{b_0}\right) * b_0$$

El vol. del AF. lo obtenemos restando de la unidad los volúmenes conocidos (AG, agua, cemento y aire).

$$V_{AgregadoFino} = 1 - \left(\frac{W_{AgregadoGrueso}}{Pe_{AG}} + \frac{W_{cemento}}{Pe_{cemento}} + \frac{W_{agua}}{Pe_{agua}} + \frac{\%Aire}{100} \right)$$

Luego se calcula el peso del AF. por unidad del concreto, esto se obtiene multiplicando el volumen del AF. por el Pe. del mismo.

$$W_{AgregadoGrueso} = Pe_{AF} * V_{AgregadoFino}$$

2.7. Ajuste de la cantidad de agua de mezclado debido a la humedad de los agregados

Hasta ahora se ha considerado los materiales secos, pero esto en obra nunca es así, se asume un estado saturado superficialmente seco. Es por eso que se hace un ajuste por humedad.

$$A = M(H \pm Abs)$$

A continuación, se visualiza la humedad (%) del material pétreo obtenida mediante la siguiente expresión.

$$H = \frac{M_h - M}{M}$$

A continuación, se muestra la absorción (%) del material pétreo obtenida mediante la siguiente expresión.

$$Abs = \frac{M_{SSS} - M}{M}$$

Luego de determinar el aporte de agua a la mezcla, tanto del AF. como del AG. se calcula el agua efectiva.

3. Diseño de Mezcla de Concreto – Método ACI para $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ Y $F'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$

3.1. Datos generales

- ✓ Peso específico del cemento : $P_{\text{cimento}} = 3.15 \text{ g/cm}^3$
- ✓ Peso específico del agua : $P_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Resistencia a la compresión : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Slump : 4"

Tabla 4.4.6

Características de agregados de la cantera Salitral

Agregados	Fino	Grueso
Peso unitario suelto kg/m ³	1482	1506
Peso unitario compactado kg/m ³	1709	1629
Peso específico kg/m ³	2790	2640
Módulo de fineza	3.31	...
Tamaño Máximo Nominal in	...	1 1/2
% Abs	1.20	3.24
% w	6.24	2.66

Nota. Elaboración propia.

3.2. Calculo $f'cr$ (resistencia promedio requerida)

A continuación, se visualiza cifras de $F'cr$ requerida cuando se solicite un valor de $F'c$ específica.

Tabla 4.4.7

Resistencia a la compresión requerida

Resistencia a la compresión $F'c$ (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión requerida $F'cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210	$F'c + 70$

210 – 350

 $F'c + 84$

> 350

 $F'c + 98$

Nota. Reproducida de Resistencia a la compresión requerida, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

Por lo tanto, la resistencia a la compresión requerida de nuestros tres valores, son las siguientes:

$$\checkmark \quad f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad : f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

$$\checkmark \quad f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad : f'cr = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$\checkmark \quad f'c = 100 \text{ kg/cm}^2 \quad : f'cr = 170 \text{ kg/cm}^2$$

3.3. Contenido de aire atrapado

Para el contenido de aire atrapado necesitamos conocer el TMN del AG. Los ensayos realizados a los agregados de la cantera Salitral nos arrojan un valor de 1 1/2" para el TMN del AG. y haciendo uso de la siguiente tabla, podemos calcular la cantidad de aire atrapado en porcentaje para un m3 de muestra.

Tabla 4.4.8

Contenido de aire atrapado

TMN del A.G.		Porcentaje promedio aproximado de aire atrapado	Porcentaje promedio total de aire recomendado para los siguientes grados de exposición		
in	mm		Suave	Mediano	Severo
3/8	9.51	3.0	4.5	6.0	7.5
1/2	12.50	2.5	4.0	5.5	7.0
3/4	19.10	2.0	3.5	5.0	6.0
1	25.40	1.5	3.0	4.5	6.0
1 1/2	38.10	1.0	2.5	4.5	5.5
2	50.80	0.5	2.0	4.0	5.0
3	76.10	0.3	1.5	3.5	4.5
6	152.40	0.2	1.0	3.0	4.0

Nota. Reproducida de Contenido de Aire atrapado, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

Por lo tanto, en el siguiente diseño de mezcla usaremos un valor de 1.0% de contenido de aire atrapado, para todos los diseños de mezcla.

3.4. Contenido de agua

Para el contenido de agua necesitamos conocer el TMN del AG. y el slump a utilizar en el diseño de mezcla. Los ensayos ejecutados a los agregados de la cantera Salitral nos arrojan un valor de 1 1/2" para el TMN del AG, así mismo utilizaremos un slump de 4" y haciendo uso de la siguiente tabla, podemos calcular el valor del contenido de agua en litros para un m³ de mezcla.

Tabla 4.4.9

Volumen unitario de agua

Condición del contenido del aire	Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los TMN del agregado indicado							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido	1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con aire incluido	1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Nota. Reproducida de Volumen Unitario de Agua, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

Por lo tanto, en el siguiente diseño de mezcla usaremos un valor de 181 l/m³ de contenido de agua.

3.5. Relación agua cemento (a/c)

Para la relación a/c necesitamos conocer la F'cr de la mezcla y la inclusión o no de aire en el diseño de mezcla. Las F'c requeridas fueron calculadas, no se incorporará aire y haciendo uso de la sgt. tabla podemos obtener la cifra de la relación de a/c.

Tabla 4.4.10

Relación agua/cemento por resistencia

F'cr (kg/cm ²)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Nota. Reproducida de Relación agua/cemento por resistencia, de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

A continuación, se muestra relaciones agua/cemento para las distintas F'c requeridas del diseño de mezcla.

$$✓ \quad f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2 \quad : a/c = 0.5584$$

$$✓ \quad f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2 \quad : a/c = 0.6280$$

$$✓ \quad f'_{cr} = 170 \text{ kg/cm}^2 \quad : a/c = 0.7600$$

3.6. Cálculo del contenido de cemento

Para contenido de cemento necesitamos conocer la relación a/c y el contenido de agua en el diseño de mezcla. Las relaciones a/c fueron calculadas, así como también la cantidad de agua requerido para el diseño de mezcla y haciendo uso de la siguiente expresión, podemos obtener el contenido de cemento.

$$c = \frac{a}{a/c}$$

Por lo tanto, en el siguiente diseño de mezcla usaremos los siguientes contenidos de cemento, para las distintas resistencias a la compresión:

$$✓ \quad f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2 \quad : c = 324.14 \text{ kg/m}^3$$

$$✓ \quad f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2 \quad : c = 288.22 \text{ kg/m}^3$$

$$\checkmark \quad f'_{cr} = 170 \text{ kg/cm}^2 \quad : c = 238.16 \text{ kg/m}^3$$

3.7. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Para el peso del AG. necesitamos conocer el TMN del AG. el módulo de fineza del AF. y el Pusc. del AG. Los ensayos realizados a los agregados de la cantera Salitral nos arrojan un valor de 1 1/2" para el TMN del AG. así mismo tenemos un valor de 3.33 para el valor del módulo de fineza del AF. tenemos que el Pusc. del Ag. es de 1629 kg/m³ y haciendo uso de la siguiente tabla, podemos obtener la masa del AG. por unidad de volumen de concreto.

Tabla 4.4.11

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino ($\frac{b}{b_0}$)

TMN del A.G.		Módulo de Finura			
in	mm	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	9.51	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	12.50	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	19.10	0.66	0.64	0.62	0.60
1	25.40	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	38.10	0.76	0.74	0.72	0.70
2	50.80	0.78	0.76	0.74	0.72
3	76.10	0.81	0.79	0.77	0.75
6	152.40	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Reproducida de Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/b_0), de Morales Morales (ICG), 2020, Diseño en Concreto Armado.

Por lo tanto, en el siguiente diseño de mezcla usaremos un valor de 0.70, para el valor de

$$\left(\frac{b}{b_0}\right).$$

Ahora podremos obtener el valor del peso del AG. por unidad de concreto, multiplicando la relación $\frac{b}{b_0}$ con el valor del Pusc. del AG. así tenemos:

$$W_{AG} = P_{usc} AG * \frac{b}{b_0} = 1629 \text{ kg/m}^3 * 0.70 = 1140 \text{ kg/m}^3$$

3.8. Volumen absoluto

Luego de obtener el peso del AG. por unidad de C°, se debe calcular el peso del AF. por unidad de C°. Para esto se estima el volumen por unidad de C° de todos los elementos calculados.

El vol. del AF. lo obtenemos restando de la unidad los volúmenes conocidos (Ag, agua, cemento y aire).

$$V_{AgregadoFino} = 1 - \left(\frac{W_{AgregadoGrueso}}{Pe_{AG}} + \frac{W_{cemento}}{Pe_{cemento}} + \frac{W_{agua}}{Pe_{agua}} + \frac{\%Aire}{100} \right)$$

Luego se calcula el peso del AF. por unidad del concreto, esto se obtiene multiplicando el volumen del AF. por el Pe. del mismo.

$$W_{AgregadoGrueso} = Pe_{AF} * V_{AgregadoFino}$$

A continuación, se muestra las cifras de peso por unidad de C° (kg/m³) y volumen por unidad de C° de los materiales utilizados en el diseño de mezcla, para las distintas F'c requeridas.

Tabla 4.4.12

Resumen de valores de los elementos en el diseño de mezcla

Elementos	Peso específico (kg/m³)	Peso por unidad de concreto (kg/m³)			Volumen por unidad de concreto		
		210 kg/cm²	175 kg/cm²	100 kg/cm²	210 kg/cm²	175 kg/cm²	100 kg/cm²
Cemento	3,150	324	288	238	0.1029	0.0915	0.0756
Agua	1,000		181 l/m³			0.1810	
Agregado grueso	2,640		1,140			0.4319	
Agregado fino	2,790	765	797	841	0.2742	0.2856	0.3015
Aire	-	-	-	-	0.0100	0.0100	0.0100

Nota. Elaboración propia.

3.9. Corrección por humedad de los agregados

Para obtener la corrección se necesita saber el contenido de humedad natural del AG. y del AF, así como también el grado de absorción de los mismos. En la siguiente tabla se resume las cifras resultantes del contenido de humedad y grado de absorción.

Tabla 4.4.13

Aporte de agua de los agregados

Elementos	w %	Peso seco (kg/m ³)			Abs %	Aporte de agua		
		210 kg/cm ²	175 kg/cm ²	100 kg/cm ²		210 kg/cm ²	175 kg/cm ²	100 kg/cm ²
Agregado grueso	2.66		1,171		3.24		-6.790	
Agregado fino	6.24	813	846	894	1.20	40.958	42.662	45.036
Total de aporte de agua a la mezcla						34.168	35.872	38.246

Nota. Elaboración propia.

Luego se calcula el agua efectiva, para las diferentes resistencias a la compresión, tenemos:

- ✓ $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$: Agua = 147 L/m³
- ✓ $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$: Agua = 145 L/m³
- ✓ $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$: Agua = 143 L/m³

3.10. Proporcionamiento del diseño:

Una vez calculada el agua efectiva, podremos resumir todos los valores al diseño de mezcla, según las diferentes resistencias requeridas. En las siguientes tablas se resumen los diseños de mezcla.

Tabla 4.4.14

Diseño de mezcla, para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
324 kg/m ³	813 kg/m ³	1,171 kg/m ³	147 L/m ³
1.00	2.51	3.61	19.25

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4.4.15*Diseño de mezcla, para una resistencia de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$*

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
288 kg/m ³	846 kg/m ³	1,171 kg/m ³	145 L/m ³
1.00	2.94	4.06	21.40

Nota. Elaboración propia.**Tabla 4.4.16***Diseño de mezcla, para una resistencia de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$*

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
238 kg/m ³	894 kg/m ³	1,171 kg/m ³	143 L/m ³
1.00	3.75	4.92	25.47

Nota. Elaboración propia.

4.5. Diseño de Seguridad Vial

1. Disposiciones Generales

“Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos” (MTC, 2016, p. 13).

1.1. Mensaje

“Toda señal debe transmitir un mensaje inequívoco al usuario del sistema vial, lo que se logra a través de símbolos y/o leyendas. Estas últimas se componen de palabras y/o números” (MTC, 2016, p. 13).

1.2. Forma y color

Una placa rectangular con el menor lado en la horizontal y con los márgenes de color negro, inscrito una forma circular de color rojo, será la forma de las señales reguladoras. Una placa romboidal con una diagonal en el eje vertical y con los márgenes de color negro, dejando un offset, será la forma de las señales preventivas. Una placa rectangular con el mayor lado en la horizontal y con los márgenes de color oscuro, será la forma de las señales informativas (MTC, 2016).

Figura 4.5.1

Ejemplos de señales



Nota. Adaptada de Ejemplos de Señales, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

A continuación, se muestra el color de fondo que se usa para las señales verticales.

1.3. Tamaño

Las mínimas dimensiones de cada señal de reglamentación y prevención, se detallan en el “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras”.

1.4. Ubicación

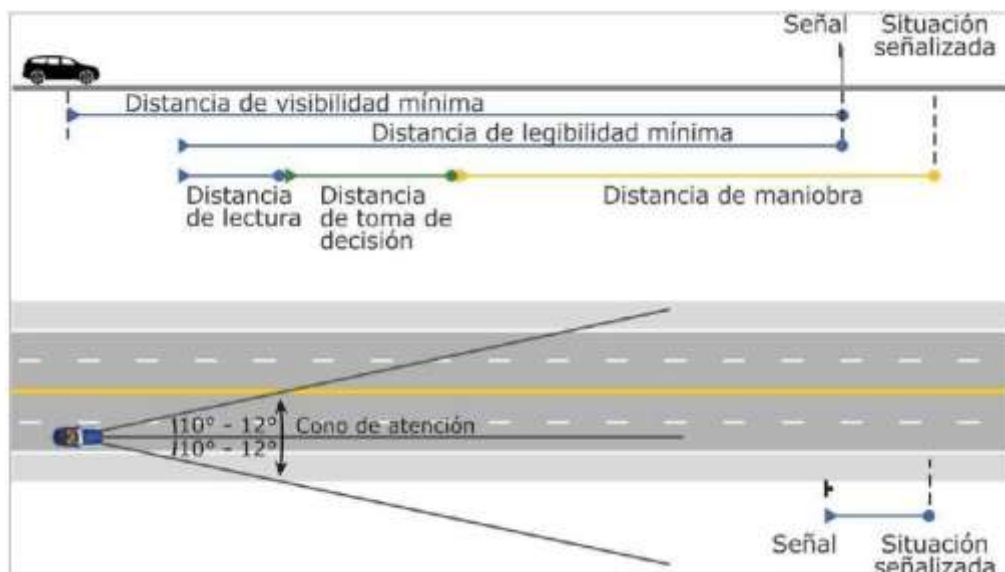
1.4.1. Ubicación longitudinal. La distancia con la que una señal debe colocarse es tal que debe ser observada y percatada su presencia, debe ser claramente leída y tomada la acción de maniobra, todo esto con la velocidad máxima permitida en la vía (MTC, 2016).

El asiento longitudinal de la señal presentada en la siguiente imagen está de acuerdo a las sigs. distancias.

- ✓ Dist. de visibilidad mínima.
- ✓ Dist. de legibilidad mínima.
- ✓ Dist. de lectura.
- ✓ Dist. de toma decisión.
- ✓ Dist. de maniobra.

Figura 4.5.2

Ubicación longitudinal y distancias de lectura



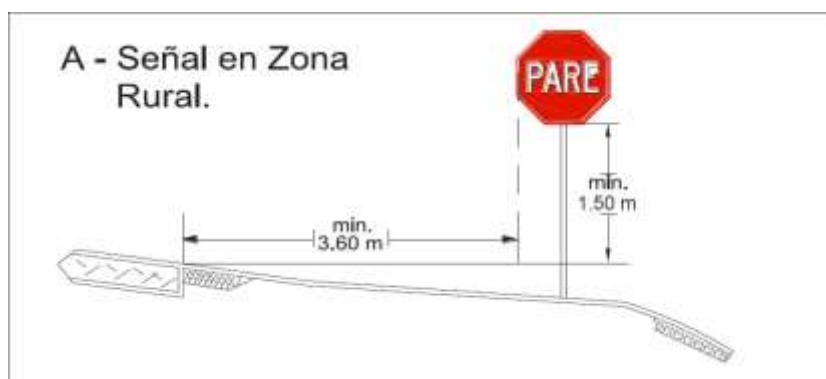
Nota. Adaptada de Ubicación Longitudinal y Distancias de Lectura, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

1.4.2. Ubicación lateral. “La ubicación lateral de las señales debe ser al lado derecho de la vía, fuera de las bermas y dentro del cono de atención del usuario” (MTC, 2016, p. 20).

1.4.3. Altura. “La altura de la señal debe asegurar su visibilidad. En zonas rurales, la altura mínima permisible será de 1.50 m, entre el borde inferior de la señal y la proyección imaginaria del nivel de la superficie de rodadura (calzada)” (MTC, 2016, p. 23).

Figura 4.5.3

Ejemplo de ubicación lateral



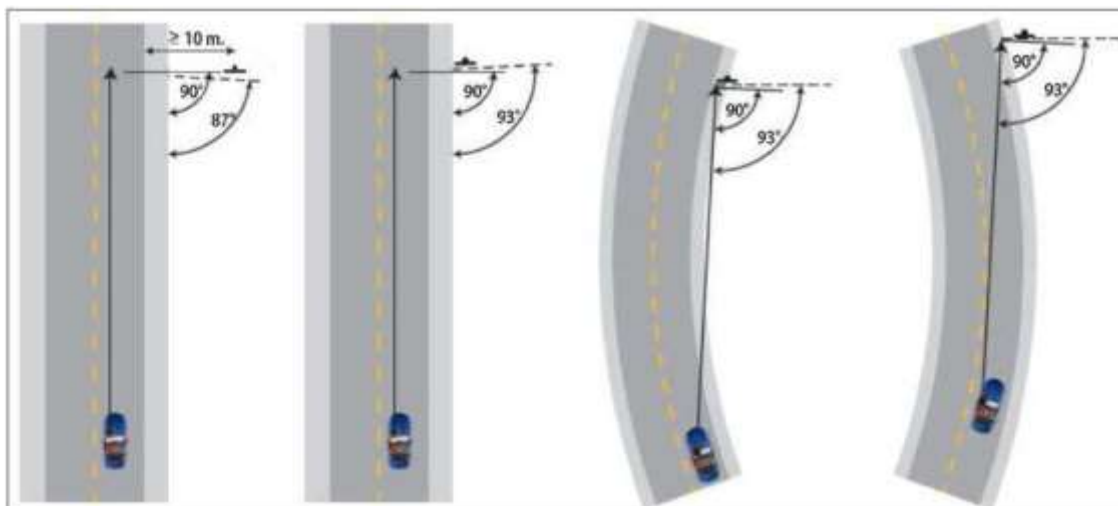
Nota. Adaptada de Ejemplo de ubicación Lateral, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

1.4.4. Orientación.

Cuando un haz de luz incide perpendicularmente en la cara de una señal, se produce el fenómeno denominado reflexión especular que deteriora su nitidez. Para minimizar dicho efecto, se debe orientar la señal levemente hacia afuera, de modo tal que la cara de ésta y una línea paralela al eje de la calzada, formen un ángulo menor o mayor a 90° como se muestra en la siguiente imagen. Cuando la señal está ubicada a 10 m o más de la línea del carril más próximo, la señal deberá ser orientada hacia la vía (MTC, 2016, p. 24).

Figura 4.5.4

Ejemplo de orientación de la señal



Nota. Adaptada de Ejemplo de la Orientación de la Señal, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

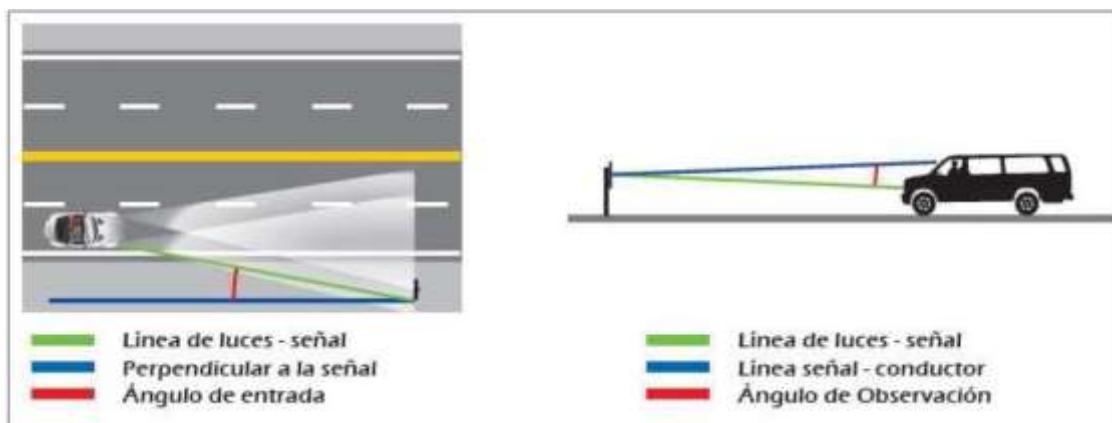
1.5. Visibilidad y retrorreflexión

La retrorreflexión es una propiedad de la señal que debe mantenerse en igualdad de condiciones durante la noche o en condiciones de baja luminosidad por efecto de las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que refleja retorna hacia la fuente luminosa (MTC, 2016, p. 18).

Se debe precisar que todas las características de una señal vertical deben estar hechos de material retrorreflectante.

Figura 4.5.5

Retrorreflexión



Nota. Adaptada de Retrorreflexión, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

1.5.1. Sistema de soporte.

Se debe asegurar que el sistema soporte cargas de viento y actividad sísmica. Los sistemas de soporte serán pintados con franjas blancas y negras, cuyo ancho será de 0.50 m en zonas rurales, para señales reglamentarias y preventivas. Son pintados de gris los pórticos, los soportes laterales de doble poste, los pastorales, a excepción de los postes de acero galvanizado (MTC, 2016, p. 24).

2. Señales Reguladoras o de Reglamentación

“Tienen por objeto notificar a los usuarios, las limitaciones, restricciones, prohibiciones y/o autorizaciones existentes que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación a las disposiciones contenidas en el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente” (MTC, 2016, p. 25).

2.1. Señales de prohibición

Se usan para prohibir o limitar el tránsito de ciertos tipos de vehículos o determinadas maniobras. Se representa mediante un círculo blanco con orla roja, cruzado por una diagonal también roja, descendente desde la izquierda formando un ángulo de 45° con la horizontal. La señal (R-28) NO ESTACIONAR NI DETENERSE es una excepción en la cual hay dos diagonales (MTC, 2016, p. 26).

- ✓ (R-12) SEÑAL DE PROHIBIDO CAMBIAR DE CARRIL
- ✓ (R-16) SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR

Figura 4.5.6

Señales de prohibición de maniobras y giros



Nota. Adaptada de Señales de Prohibición de Maniobras y Giros, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

2.2. Señales de restricción

Se usan para restringir o limitar el tránsito vehicular debido a características particulares de la vía. En general, están compuestas por un círculo de fondo blanco y orla roja en el que se inscribe el símbolo que representa la restricción o limitación (MTC, 2016, p. 29).

- ✓ (R-11) SEÑAL DE CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS
- ✓ (R-30) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 40 Km/h
- ✓ (R-30F) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA EN CURVA 40 Km/h
- ✓ (R-33) SEÑAL LARGO MÁXIMO PERMITIDO
- ✓ (R-36) SEÑAL ANCHO MÁXIMO PERMITIDO

Figura 4.5.7

Señales de restricción



Nota. Adaptada de Señales de Restricción, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

3. Señales de Prevención

“Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal” (MTC, 2016, p. 32).

3.1. Por características geométricas horizontales de la vía














“Señalan la proximidad de una o más curvas horizontales en la vía que requieran un cambio de velocidad para circular con seguridad” (MTC, 2016, p. 36).

- ✓ (P-1A) SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA
- ✓ (P-1B) SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA
- ✓ (P-2A) SEÑAL CURVA A LA DERECHA

- ✓ (P-2B) SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
- ✓ (P-3A) SEÑAL CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA
- ✓ (P-3B) SEÑAL CURVA Y CONTRACURVA PRONUNICADA A LA IZQUIERDA
- ✓ (P-4A) SEÑAL CURVA Y CONTRACURVA A LA DERECHA
- ✓ (P-4B) SEÑAL CURVA Y CONTRACURVA A LA IZQUIERDA
- ✓ (P-5-1) CAMINO SINUOSO A LA DERECHA
- ✓ (P-5-1A) 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-61) SEÑAL DELINEADOR DE CURVA HORIZONTAL – “CHEVRON”

Figura 4.5.8

Señales preventivas – curvatura horizontal

					
P-1A	P-1B	P-2A	P-2B	P-3A	P-3B
					
P-4A	P-4B	P-5-1	P-5-1A	P-5-2A	P-5-2B
					
P-61					

Nota. Adaptada de Señales Preventivas – curvatura horizontal, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

3.2. Por características geométricas verticales de la vía

“Señalan la proximidad de pendientes longitudinales por condiciones geométricas adversas de la vía, que afectan la velocidad de operación y capacidad de frenado” (MTC, 2016, p. 36).

- ✓ (P-35) SEÑAL FUERTE PENDIENTE EN DESCENSO

- ✓ (P-35C) SEÑAL FUERTE PENDIENTE EN ASCENSO

Figura 4.5.9

Señales preventivas – pendiente longitudinal



Nota. Adaptada de Señales Preventivas – pendiente longitudinal, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

3.3. Señales preventivas por características de la superficie de rodadura

“Previenen a los conductores de la proximidad de irregularidades sucesivas en la superficie de rodadura de la vía, las cuales pueden causar daños o desplazamientos que afecten el control de los vehículos” (MTC, 2016, p. 37).

- ✓ (P-31) SEÑAL FINAL DE VÍA PAVIMENTADA

- ✓ (P-34) SEÑAL PROXIMIDAD DE BADÉN

Figura 4.5.10

Señales preventivas por caracterización de la superficie de rodadura



Nota. Adaptada de Señales Preventivas por características de la superficie de rodadura, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

3.4. Por características operativas de la vía

“Previenen a los conductores de particularidades de la vía, sobre sus características operativas, las cuales pueden condicionar y afectar la normal circulación de los vehículos” (MTC, 2016, p. 39).

- ✓ (P-25) SEÑAL DOS SENTIDOS DE TRANSITO

- ✓ (P-48) SEÑAL ZONA DE PRESENCIA DE PEATONES

- ✓ (P-49) SEÑAL ZONA ESCOLAR
- ✓ (P-53) SEÑAL ANIMALES EN LA VÍA
- ✓ (P-56) SEÑAL ZONA URBANA

Figura 4.5.11

Señales preventivas por características operativas de la vía



Nota. Adaptada de Señales Preventivas por características operativas de la vía, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

4. Señales de Información

“Informa los principales puntos notables, lugares de interés turístico, arqueológicos e históricos existentes en la vía y su área de influencia y orientarlos y/o guiarlos para llegar a sus destinos y a los principales servicios generales” (MTC, 2016, p. 41).

4.1. Señales de dirección

“Tienen por finalidad informar sobre los destinos, así como de los códigos y nombres de las vías que conducen a ellos, al tomar una salida o realizar un giro. Podrán indicar la distancia aproximada al destino” (MTC, 2016, p. 50).

Figura 4.5.12

Ejemplos de señales de dirección



Nota. Adaptada de Ejemplos de señales de dirección, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

4.2. Señales de identificación vial

“Tienen como función individualizar la vía, indicando su nombre, símbolo, código y/o numeración, tanto en zonas rurales y urbanas” (MTC, 2016, p. 54).

- ✓ (I-1D) SEÑAL SÍMBOLO QUE IDENTIFICA LA RED VÍAL VECINAL O RURAL DEL “SINAC”
- ✓ (I-2A) SEÑAL POSTES DE KILOMETRAJE

Figura 4.5.13

Ejemplo de señales de identificación



Nota. Adaptada de Ejemplos de señales de Identificación, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

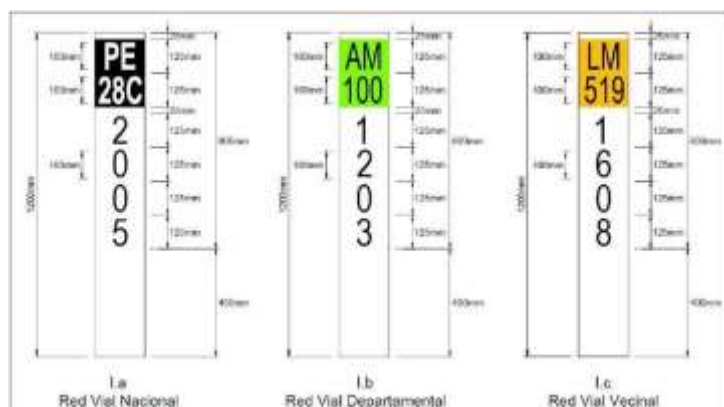
5. Postes de Kilometraje (Señal de Información)

En zonas rurales, los postes kilométricos tienen por finalidad indicar la distancia con respecto al punto de origen de la vía (Km 0 + 000), de acuerdo a lo establecido en el

Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), vigente (MTC, 2016, p. 56).

Figura 4.5.14

Postes de kilometraje (I-2A)



Nota. Adaptada de Ejemplos de señales de Identificación, de MTC, 2016, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

5.1. Especificaciones de inscripción

5.1.1. Código de Ruta:

- ✓ Letras: En bajo relieve de 12 mm de profundidad
 - Red Vial Nacional: color blanco
 - Red Vial Departamental: color negro
 - Red Vial Vecinal: color negro
- ✓ Fondo:
 - Red Vial Nacional: Color negro
 - Red Vial Departamental: color verde
 - Red Vial Vecinal: color naranja
- ✓ Altura: 100 mm
- ✓ Serie: E

5.1.2. Número de Kilómetro

- ✓ Letra: Color negro
- ✓ Fondo: Color blanco, en bajo relieve de 12 mm de profundidad
- ✓ Altura: 100 mm
- ✓ Serie A

En el Capítulo 10 “Planos”, se presenta un detalle de todas las señales de seguridad vial proyectadas a lo largo del tramo en estudio.

Asimismo, se presenta en el apartado de “Anexo J” un detalle de posicionamiento de kilometraje de todas las señales de seguridad vial.

CAPÍTULO 5. Evaluación de Impacto Ambiental

1. Generalidades

En toda obra de construcción habrá influencias de la misma sobre el medio ambiente, es oportuno estudiar el impacto que trae y las mitigaciones a realizar sobre dichos impactos.

2. Descripción del Medio Ambiente

2.1. Medio físico

2.1.1. Agua. La vía en estudio se encuentra entra la cuenca hidrográfica Tierra Blanca y el río Salas, además presenta pequeñas escorrentías que se generan durante los momentos de lluvias.

2.1.2. Aire. En las partidas de extracción de material en canteras, el traslado del mismo y la explanación de la subrasante pueden contaminar el aire acortando su calidad, además de impactar de forma negativa en los obreros y habitantes de la zona.

2.1.3. Suelos. La zona de estudio, es en gran parte sierra con orografía accidentada y áreas agrícolas de los pobladores de la zona, el tipo de suelo que presenta es entre Arcilla de baja plasticidad y Arena Limosa.

2.2. Medio biótico

2.2.1. Flora. Con las mejoras en técnicas agrícolas para el cultivo se ha mejorado significativamente la producción de cultivos como el café, la caña de azúcar, el bambú entre otros en los caseríos de El Sauce, El Banco y demás, es por ello que un mejoramiento de la vía existente facilita el traslado de los mismos beneficiando a los campesinos de la zona.

2.2.2. Fauna. En esta zona habita; mascotas como caninos y felinos, chanchos, caballos, aves de corral como gallinas, pavos, patos, palomas de castilla, etc., aves como pava aliblanca, mamíferos como pequeños osos y zorritos, insectos, etc.

2.3. Medio socio económico

2.3.1. Población. Aproximadamente 591 pobladores son beneficiados con la ejecución de la vía en estudio, con un crecimiento del 1.5%.

2.3.2. Actividades Económicas.

Constituida por acción pecuaria con la crianza de ganado porcino, vacuno, entre otros y cultivos como caña de azúcar, yuca, cacao, entre otros.

3. Identificación de Impactos Ambientales

Relaciona las acciones que son las partidas principales de la ejecución de la vía que pueden dañar el medio y los componentes del mismo.

3.1. Acciones y factores

- ✓ Movimiento de maquinaria
- ✓ Corte en material suelto
- ✓ Corte en roca fija
- ✓ Transporte de materiales
- ✓ Perfilado y compactación de subrasante
- ✓ Eliminación de material excedente

A continuación, se muestra los factores ambientales afectados por las acciones antes mencionadas, agrupados en medio físico, medio biótico y medio socioeconómico.

Tabla 5.1

Factores Ambientales

Medio Físico		Medio Biótico		Medio Socioeconómico	
Agua	Aire	Suelo	Flora	Fauna	
Sustancias tóxicas	Emisión de partículas	Cambio de uso	Árboles, arbustos, hierbas	Biodiversidad	Oportunidades de empleo
	Ruido	Contaminación		Efecto barrera	Calidad de empleo
	Emisión de gases				Salud
					Seguridad

Nota: Elaboración propia.

3.2. Método de identificación

Se utiliza una matriz de convergencia, la cual nos permite reunir las actividades desarrolladas en el proyecto, los factores ambientales afectados y evaluarlos para cada kilómetro.

En el apartado de “Anexo K”, se presenta a detalle la Matriz de Identificación.

4. Evaluación de Impactos Ambientales

4.1. Método de evaluación

Está basada en la unión de los métodos MET. BATELLE - COLUMBUS y la Cromática.

Una vez identificado las actividades de la obra y los factores ambientales que se ven afectados por estos a través de una Matriz de Identificación, se procede a valorar el grado de impacto de la actividad en el factor ambiental a través de una Matriz de Caracterización, por último, se evalúa el valor de importancia del factor ambiental afectado a través de una Matriz de Valorización.

A continuación, se muestra la expresión mediante se obtiene el valor de importancia del I.

$$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde:

- ✓ Intensidad (IN) : Es la magnitud con la que una acción afecta a un factor ambiental.
- ✓ Momento (MO) : Es la velocidad con la que se manifiesta el impacto sobre el factor ambiental producido por la acción.
- ✓ Persistencia (PE) : Es la duración del impacto ocasionado por la acción sobre el factor ambiental, hasta que dicho factor retorne a su estado inicial.
- ✓ Reversibilidad (RV) : Una vez afectado el factor ambiental, existe una probabilidad de que sea mitigado, dicha posibilidad es la reversibilidad.
- ✓ Sinergia (SI) : Mide si los efectos producidos por las acciones en conjunto actuando de manera simultánea es mayor que los efectos producidos por las acciones actuando de manera separada.
- ✓ Acumulación (AC) : Mide el incremento del impacto sobre el factor a través del tiempo.
- ✓ Efecto (EF) : Mide si el impacto generado por una acción sobre un factor ambiental se produce de manera directa o indirecta.

- ✓ Recuperabilidad (MC) : Es el grado de mitigación generado por mano humana sobre el factor ambiental afectado una vez pasado la acción.

A continuación, se muestra los rangos de importancia en un impacto, teniendo así impactos irrelevantes, moderados, severos y críticos.

- ✓ Impacto Irrelevante : < 25
- ✓ Impacto Moderado : 25 – 50
- ✓ Impacto Severo : 50 – 75
- ✓ Impacto Crítico : > 75

4.2. Ponderación de la importancia relativa de los factores

El medio ambiente presenta una serie de factores y que estos tienen un grado de importancia mayor o menor que el otro, se asigna una importancia relativa a cada factor ambiental.

Teniendo una serie de factores que representan un todo sobre el medio ambiente y se considerando que el total de factores representa un total de 1000 unidades de importancia (UIP), se le asigna a cada factor un UIP relativo de acuerdo a su grado de importancia.

Figura 5.1

Parámetros Ambientales del Método Betelle – Columbus

Ecología (240)	Contaminación (402)	Aspectos (153)	Aspectos de interés (205)
Especies y poblaciones Terrestres (14) Pastizales y praderas (14) Cosechas (14) Vegetación natural (14) Especies dafinas (14) Aves de caza continentales Acuáticas (14) Pesquerías comerciales (14) Vegetación natural (14) Especies dafinas (14) Pesca deportiva (14) Aves acuáticas 140	Contaminación del agua (20) Pérdidas en las cuencas hidrográficas (25) DBO (18) Coliformes fecales (22) Carbono inorgánico (25) Nitrogeno inorgánico (28) Fosfato inorgánico (18) pH (28) Variaciones en el flujo de la corriente (28) Temperatura (25) Sólidos disueltos totales (14) Sustancias tóxicas (20) Turbidez 318	Suelo (08) Material geológico superficial (16) Relieve y caracteres topográficos (10) Extensión y alineación 32	Valores educativos y científicos (13) Arqueológico (13) Ecológico (11) Geológico 48
Hábitat y comunidades Terrestres (12) Cadenas alimentarias (12) Uso del suelo (12) Especies raras y en peligro (14) Diversidad de especies Acuáticas (12) Cadenas alimentarias (12) Especies raras y en peligro (12) Características fluviales (14) Diversidad de especies 100	Contaminación atmosférica (05) Monóxido de carbono (05) Hidrocarburos (10) Óxidos de nitrógeno (12) Partículas sólidas (05) Oxidantes fotoquímicos (10) Óxidos de azufre (05) Otros 52	Aire (03) Olor y visibilidad (02) Sonidos 5 Agua (10) Presencia de agua (16) Interfase agua-tierra (06) Olor y materiales flotantes (110) Área de superficie de agua (10) Margenes naturales o naturales 52	Valores históricos (11) Arquitectura y estilos (11) Acontecimientos (11) Personajes (11) Religiosos y culturales (11) "Frontera del oeste" 55 Culturas (14) Indios (07) Grupos étnicos (07) Grupos religiosos 28
Ecosistemas Sólo descriptivo	Contaminación del suelo (14) Uso del suelo (14) Erosión 28 Contaminación por ruido (04) Ruido 4	Biota (05) Animales domésticos (05) Animales salvajes (09) Diversidad de tipos de vegetación (05) Variedad dentro de los tipos de vegetación 24	Sensaciones (11) Admiración (11) Aislamiento, soledad (04) Misterio (11) Integración con la naturaleza 37
		Objetos artesanales (10) Objetos artesanales 10	Estilos de vida (patrones culturales) (13) Oportunidades de empleo (13) Vivienda (11) Interacciones sociales 37
		Composición (15) Efectos de composición (15) Elementos singulares 30	

Nota. Reproducida de Parámetros Ambientales del Método Betelle - Columbus, de Fernández Vitor, 1997, Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Conesa).

Figura 5.2

Valor de Importancia

NATURALEZA		INTENSIDAD (I) (Grado de destrucción)	
Impacto Beneficioso	+	Baja	1
Impacto Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
Extensión (EX) (Área de influencia)		Momento (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI) (Regularidad de la manifestación)		Acumulación (AC) (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	
Sinérgico	2	1	
Muy sinérgico	4	Acumulativo	4
Efecto (EF) (Relación causa - efecto)		Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	
Directo	4	1	
		Periódico	
		2	
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		Importancia	
Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Nota. Reproducida de Valor de Importancia, de Fernández Vitoria, 1997, Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Conesa).

4.3. Interpretación de resultados

- ✓ En el Ruido, del factor aire con una importancia abs. de -630 y una relativa de 18 (3.9%).
- ✓ En el Cambio de Uso, del factor suelo con una importancia abs. de -738 y relativa de 72 (15.8%).
- ✓ En el Efecto Barrera, del factor fauna con una importancia abs. de -828 y relativa de 81 (17.8%).

- ✓ En el Socio – Económico, del factor Oportunidad de Empleo con una importancia abs. de +504 y relativa de 46.

En general podemos decir que la vía ambientalmente es negativo Moderado; por lo tanto, se deberán implementar y ejecutar medidas de mitigación para disolver las labores más importantes identificadas en la evaluación.

En el apartado de “Anexo K”, se presenta a detalle la MatrizIdentificación, MatrizCaracterización, MatrizImportancia y MatrizValoración.

CAPÍTULO 6. Estudio Económico

Los Metrados y los Análisis de Precios Unitarios, serán presentados en el “Anexo L”.

6.1. Análisis de Gastos Generales

1. Gastos Generales Fijos

1.00.00	CAMPAMENTO					
1.01.00	Alojamiento Ingenieros y Administrativos	m2	120.00	519.00	62,280.00	
1.02.00	Alojamiento Técnicos y Ayudantes	m2	180.00	519.00	93,420.00	
1.03.00	Alojamiento Maquinarias	m2	200.00	519.00	103,800.00	
1.04.00	Oficinas	m2	160.00	865.00	138,400.00	
1.05.00	Campamento en planta	m2	30.00	400.00	12,000.00	
1.06.00	Laboratorios	m2	100.00	400.00	40,000.00	
1.07.00	Almacenes y Depósitos	m2	300.00	400.00	120,000.00	
TOTAL					569,900.00	
MONTO ASIGNADA A LA OBRA				0.25	142,475.00	
ARMADO Y DESARMADO				0.10	56,990.00	
MANTENIMIENTO				0.10	56,990.00	
TOTAL CAMPAMENTO					256,455.00	
2.00.00	GASTOS ADMINISTRATIVOS					
2.01.00	Costo de Preparación de Oferta Licitación	est	1.00	4,000.00	4,000.00	
2.02.00	Gastos Legales	est	1.00	5,000.00	5,000.00	
2.03.00	Gastos de Inspección de Obra	est	1.00	4,000.00	4,000.00	
2.04.00	Gastos Varios	est	1.00	4,000.00	4,000.00	
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS					17,000.00	
3.00.00	SEGUROS (VER ITEM A.5)					
3.01.00	Seguro complementario de trabajo de riesgo				21,467.57	
3.02.00	Seguros de vida				5,254.17	

3.03.00	Seguros contra todo riesgo					9,070.44
3.04.00	Costo por emisión de póliza					1,073.77
TOTAL SEGUROS						36,865.95

4.00.00	LIQUIDACIÓN DE OBRA					
4.01.00	Ingeniero Residente	mes	1.00	8,000.00		8,000.00
4.02.00	Contador - Administrador	mes	1.00	4,000.00		4,000.00
4.03.00	Secretaría	mes	1.00	1,250.00		1,250.00
4.04.00	Copias, planos y documentos	mes	1.00	4,000.00		4,000.00
4.05.00	Comunicaciones	mes	1.00	4,000.00		4,000.00
4.06.00	Útiles de oficina	mes	1.00	2,000.00		2,000.00
TOTAL LIQUIDACIÓN DE OBRA						23,250.00

5.00.00	IMPUESTOS					
5.01.00	Laboratorios (1.8‰ presupuesto sin IGV)	%	0.0018	10,608,704.7		19,095.67
TOTAL IMPUESTOS						19,095.67

TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS						315,800.67
-------------------------------------	--	--	--	--	--	-------------------

2. Gastos Generales Variables

1.00.00	PERSONAL TÉCNICO ADMINISTRATIVO					
1.01.00	Ingeniero Jefe de Obra	mes	1.00	6.00	8,000.00	48,000.00
1.02.00	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	mes	1.00	5.00	6,000.00	30,000.00
1.03.00	Especialista Impacto Ambiental y Seguridad	mes	1.00	3.00	6,000.00	18,000.00
1.04.00	Asistente Técnico	mes	1.00	6.00	2,500.00	15,000.00
1.05.00	Técnico Laboratorio de Ensayo de Materiales	mes	1.00	5.00	2,000.00	10,000.00
1.06.00	Técnico en Enfermería	mes	1.00	6.00	1,350.00	8,100.00
1.07.00	Maestro Capataz General	mes	1.00	6.00	3,000.00	18,000.00

1.08.00	Topógrafo	mes	1.00	6.00	2,000.00	12,000.00
1.09.00	Ayudante de topografía	mes	5.00	6.00	1,200.00	36,000.00
1.10.00	Conserje	mes	1.00	6.00	900.00	5,400.00
1.11.00	Guardianes	mes	3.00	6.00	1,000.00	18,000.00
1.12.00	Contador - Administrador	mes	1.00	6.00	4,000.00	24,000.00
1.13.00	Inspector de Seguridad	mes	1.00	6.00	3,000.00	18,000.00
1.14.00	Secretaria	mes	1.00	6.00	1,250.00	7,500.00
1.15.00	Almacenero general	mes	2.00	6.00	1,500.00	18,000.00
1.16.00	Dibujante en AutoCAD	mes	1.00	3.00	2,000.00	6,000.00
TOTAL PERSONAL TÉCNICO ADMINISTRATIVO						292,000.00
2.00.00	PASAJES (ver hoja anexa de cálculo)					
2.01.00	Transporte terrestre del personal profesional	est	1.00		7,000.00	7,000.00
2.02.00	Transporte terrestre de personal técnico	est	1.00		60,000.00	60,000.00
TOTAL PASAJES						67,000.00
3.00.00	ALIMENTACIÓN (ver hoja anexa de cálculo)					
3.01.00	Personal profesional	mes	1.00	1.00	9,750.00	9,750.00
3.02.00	Personal técnico	mes	1.00	1.00	152,250.00	152,250.00
3.03.00	Personal asistente y auxiliar	mes	1.00	1.00	24,750.00	24,750.00
TOTAL ALIMENTACIÓN						186,750.00
4.00.00	EQUIPOS NO INCLUIDOS EN LOS COSTOS DIRECTOS					
4.01.00	Equipos de laboratorio ensayo de materiales	mes	1.00	6.00	4,000.00	24,000.00
4.02.00	Equipos de radio comunicación	mes	1.00	6.00	1,000.00	6,000.00
4.03.00	Equipos de ingeniería y topografía	mes	1.00	6.00	4,500.00	27,000.00
4.04.00	Grupo electrógeno	mes	1.00	6.00	2,500.00	15,000.00
4.05.00	Equipos de cómputo y oficina	mes	4.00	6.00	700.00	16,800.00
4.06.00	Camionetas pick up doble cabina 4 x 4	mes	1.00	6.00	8,000.00	48,000.00
4.07.00	Movilidad para el personal	mes	2.00	6.00	10,350.00	124,200.00

9.00.00	GASTOS FINANCIEROS (ver hoja de cálculo anexa)						
9.01.00	Garantía de adelanto para materiales	mes	1.00	1.00	43,364.28	43,364.28	
9.02.00	Carta fianza de fiel cumplimiento del contrato	mes	1.00	1.00	10,841.07	10,841.07	
9.03.00	Carta fianza de adelanto en efectivo	mes	1.00	1.00	21,682.14	21,682.14	
9.04.00	Carta fianza de beneficios sociales (ley 20024)	mes	1.00	1.00	2,710.27	2,710.27	
TOTAL GASTOS FINANCIEROS						78,597.75	
TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES						1,000,347.75	

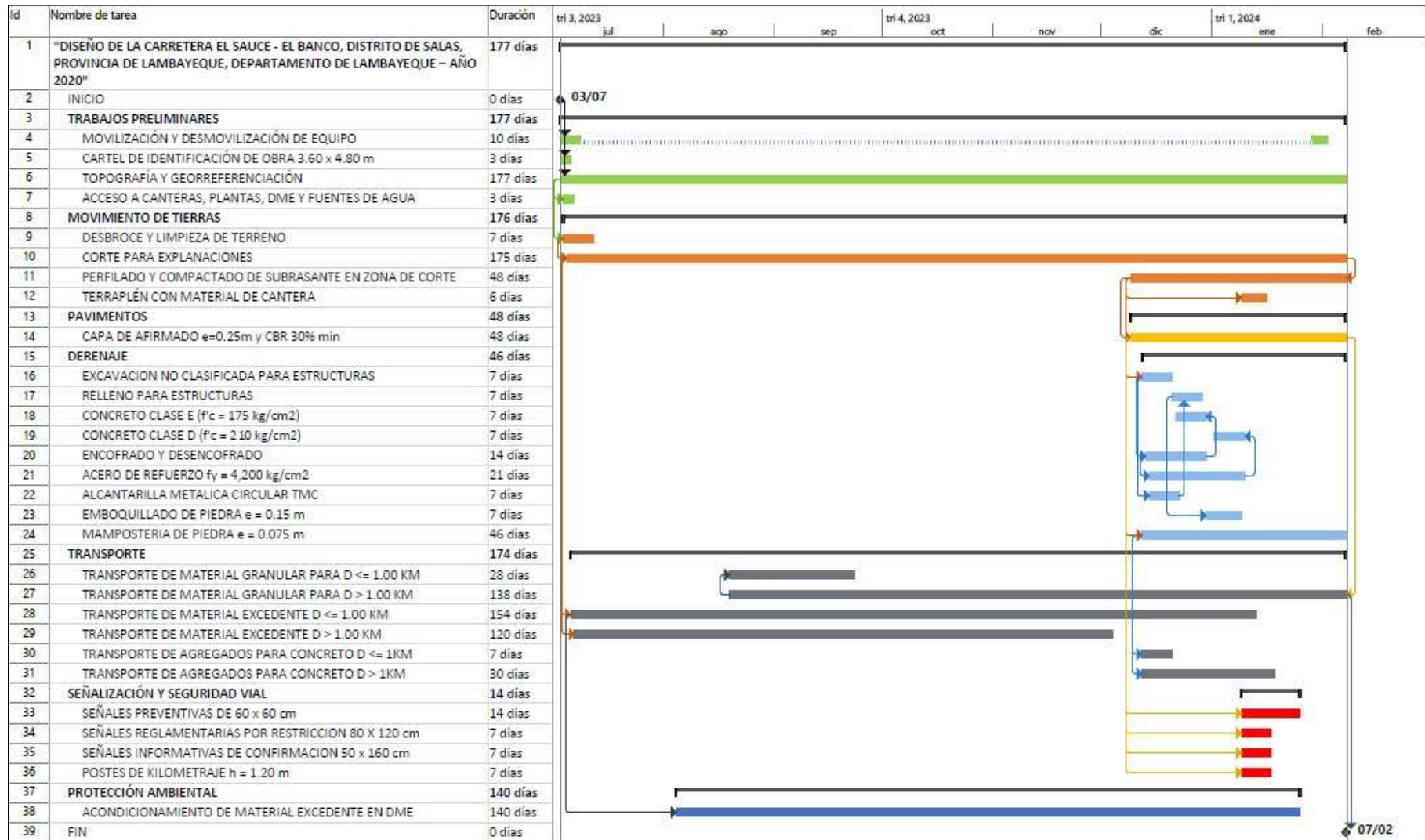
6.2. Presupuesto

PRESUPUESTO DE LA OBRA "DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – AÑO 2020"

01	TRABAJOS PRELIMINARES				235,734.17
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 3.60 M X 4.80 M	und	3.00	1,361.12	4,083.36
01.02	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO	glb	1.00	211,111.00	211,111.00
01.03	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	km	8.91	1,363.70	12,150.57
01.04	ACCESO A CANTERAS, PLANTAS, DME Y FUENTES DE AGUA	km	0.82	10,230.78	8,389.24
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				4,231,475.93
02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO	ha	7.13	3,906.73	27,854.98
02.02	CORTE PARA EXPLANACIONES	m3	418,747.74	9.22	3,860,854.16
02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE EN ZONA DE CORTE	m2	88,298.10	3.19	281,670.94
02.04	TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	m3	1,223.63	49.88	61,034.66
03	PAVIMENTOS				911,679.39
03.01	CAPA DE AFIRMADO e=0.25m, CBR 30% min	m3	16,805.15	54.25	911,679.39
04	DERENAJE				356,271.04
04.01	ALCANTARILLAS - MUROS				122,781.96
04.01.01	ALCANTARILLA DE CONCRETO TIPO CAJA MARCO 1.50x1.00m				55,219.73
04.01.01.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	265.08	21.26	5,635.60
04.01.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	89.03	54.31	4,835.22
04.01.01.03	CONCRETO f'c = 100 kg/cm2	m3	4.81	262.76	1,263.88
04.01.01.04	CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	37.97	367.84	13,966.88
04.01.01.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	95.13	75.79	7,209.90
04.01.01.06	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m3	12.68	287.31	3,643.09
04.01.01.07	ACERO DE REFUERZO fy = 4,200 kg/cm2	kg	3,962.88	4.71	18,665.16
04.01.02	ALCANTARILLA DE ACERO TIPO TMC				66,975.94
04.01.02.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	287.11	21.26	6,103.96
04.01.02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	71.73	54.31	3,895.66
04.01.02.03	CONCRETO f'c = 100 kg/cm2	m3	7.28	262.76	1,912.89
04.01.02.04	CONCRETO f'c = 175 kg/cm2	m3	54.73	317.46	17,374.59
04.01.02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	154.20	75.79	11,686.82
04.01.02.06	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m3	6.65	287.31	1,910.61
04.01.02.07	ALCANTARILLA METALICA CIRCULAR TMC Ø = 36"	m	44.55	466.86	20,798.61
04.01.02.08	MATERIAL IMPERMEABLE	m3	44.38	31.54	1,399.75
04.01.02.09	CAMA DE ARENA h = 0.15 m	m2	70.87	12.47	883.75
04.01.02.10	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE POLIESTER DE 150 g/m2	m2	210.27	4.80	1,009.30

04.02	CUNETAS				221,964.64
04.02.01	MAMPOSTERIA DE PIEDRA f'c = 140 kg/cm ²	m3	1,402.00	158.32	221,964.64
05	TRANSPORTE				3,552,808.51
05.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D <= 1.00 KM	m3k	18,122.73	4.16	75,390.56
05.02	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D > 1.00 KM	m3k	269,838.21	3.16	852,688.74
05.03	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D <= 1.00 KM	m3k	399,508.77	4.16	1,661,956.50
05.04	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D > 1.00 KM	m3k	430,141.60	2.07	890,393.11
05.05	TRANSPORTE DE AGREGADOS PARA CONCRETO D <= 1KM	m3k	1,534.28	4.84	7,425.92
05.06	TRANSPORTE DE AGREGADOS PARA CONCRETO D > 1KM	m3k	18,664.85	3.48	64,953.68
06	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				87,406.78
06.01	SEÑALES PREVENTIVAS DE 60 x 60 cm	und	141.00	544.18	76,729.38
06.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS POR RESTRICCIÓN 80 X 120 cm	und	11.00	590.75	6,498.25
06.03	SEÑALES INFORMATIVAS DE CONFIRMACIÓN 50 x 160 cm	m2	3.20	795.01	2,544.03
06.04	POSTES DE KILOMETRAJE L = 1.20 m	und	9.00	181.68	1,635.12
07	PROTECCIÓN AMBIENTAL				1,245,500.81
07.01	PROGRAMA DE CIERRE DE OBRA				1,115,337.81
07.01.01	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME	m3	419,299.93	2.66	1,115,337.81
07.02	PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO SOCIO AMBIENTAL				130,163.00
07.02.01	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORAS Y CORRECTIVAS	glb	1.00	130,163.00	130,163.00
	Costo Directo				10,608,704.71
	Gastos Generales	12.41%			1,316,148.42
	Utilidad	10.00%			<u>1,060,870.47</u>
	Subtotal				12,985,723.60
	IGV	18.00%			<u>2,337,430.25</u>
	Total Presupuesto				15,323,153.85
	SON: QUINCE MILLONES TRESCIENTOS VEINTITRÉS MIL CIENTO CINCUENTA Y TRES Y 85/100 SOLES				

CAPÍTULO 7. Cronograma de Obra



Capítulo 8. Conclusiones y Recomendaciones

1. Conclusiones

1.1. Mediante el estudio de mecánica de suelos, se determina que el terreno predominante de la sub rasante de la vía en estudio, es de naturaleza areno limosa y arcillosa de baja a mediana plasticidad (IP máx de 18). Con el análisis de capacidad de soporte del suelo, se obtuvo un valor de CBR máximo de 18.60% y un valor mínimo de 6.09%, al 95% de la MDS.

1.2. De las calicatas realizadas en todo el tramo del proyecto de estudio se observó que existe tramos característicos que se pueden diferenciar una uniformidad en el tipo de suelo, existiendo de tal manera suelos arcillosos y suelos areno limosos. Los suelos arcillosos los encontramos en los tramos del km: 0+000 al km: 2+000, del km: 4+000 al km: 5+000 y del km: 6+000 al km: 8+910. Los suelos areno limosos los encontramos en los tramos del km: 2+000 al km 4+000, del km: 5+000 al km: 6+000.

1.3. El estudio de canteras se ha realizado en tres lugares conocidos localmente como son la Cantera Morrupe, la Cantera Hualanga y la Cantera Salitral, concluyendo lo siguiente:

- El material utilizado para terraplenes, relleno de estructuras de drenaje; será extraído y procesado de la cantera Morrupe.
- El material utilizado para afirmado y terraplén en los últimos kilómetros; será extraído y procesado de la cantera Hualanga.
- El material utilizado para estructuras de concreto como agregado fino y grueso, así como emboquillado para alcantarillas; será extraído y procesado de la cantera Salitral.

1.4. La cantidad de material extraído y procesado de la cantera Hualanga requerida para Afirmado es de 16,907 m³; el material de la cantera Morrupe requerido para Terraplenes y Rellenos es de 1,370 m³; y el material de la cantera Salitral requerido para uso de concreto es de 131 m³.

1.5. La zona del proyecto se presenta temporadas de lluvia, las cuales se ven perjudicada en la transitabilidad de la carretera, además se encuentra la presencia de cursos de agua que transcurren sobre la carretera.

1.6. Según el estudio de impacto ambiental durante la fase de construcción del proyecto se presenta impactos positivos y negativos los cuales se presentan a continuación como son:

Medio Socio - Económico:

- Oportunidades de Empleo (I= 504) factor ambiental más afectado positivamente.
- Seguridad (I= - 90) factor ambiental más afectados negativamente.
- Este medio presenta un mayor porcentaje de Impactos Moderados (73.33%).

Medio Biótico:

- Flora (I= - 720), Afectación y pérdida de cobertura vegetal
- Fauna: Efecto barrera (I= -828), Afectación de Aves, micro fauna e insectos.
- Este medio presenta un total porcentaje de Impactos Moderados (100.00%).

Medio Abiótico:

- Suelo: Cambio de Uso (I= - 738), Procesamiento del material extraído de cantera, mejorando sus propiedades.
- Agua: Sustancias tóxicas (I= - 128), Afectación por derrames de grasas, aceite o combustibles.
- Aire: Ruido (I= -630), Afectación por el uso constante de maquinaria pesada y equipos.
- Este medio presenta un mayor porcentaje de Impactos Moderados (80.85%).

Se concluye lo siguiente, la partida más negativa del proyecto es Efecto barrera con un índice relativo de 81 (17.8%) y la partida más positiva del proyecto es Oportunidades de Empleo con un Índice relativo de 46 (10%).

2. Recomendaciones

2.1. Se recomienda, verificar los valores de CBR in situ, se obtendrá el valor real del CBR con las condiciones reales del terreno.

2.2. Dado la uniformidad de suelo presentados en los tramos indicados, se recomienda analizar la tesis para poder optar con el estudio de 5 calicatas en lugar de 9, con el fin de disminuir tanto en los costos del presupuesto y tiempo de ejecución.

2.3. Cuando se realice la extracción y procesamiento de los materiales granulares de la cantera Morrupe, Hualanga y Salitral se utilice la maquinaria adecuada para el zarandeo y chancado, esto con la finalidad que el material utilizado quede libre de cualquier material orgánica presente como raíces y arbusto para que pueda cumplir con las características requeridas en sus respectivos usos.

2.4. Se recomienda que el acopio de materiales para afirmado, terraplenes, rellenos y agregados de las canteras expuestas, se efectúe teniendo en cuenta el clima de la zona de trabajo; además que se tenga los insumos y la maquinaria disponible en el Mercado antes de cualquier ejecución, con el fin de que estos materiales lleguen a tiempo y no atrasen la producción diaria.

2.5. En el momento de ejecución de las obras de arte y drenaje como cunetas, se recomienda instalar canales naturales que funcionen como drenes para evacuar las aguas que discurren sobre la carretera y no perjudiquen durante los trabajos de encofrado y vaciado de concreto.

2.6. Antes de la ejecución del proyecto de la carretera se recomienda dar charlas sociales y ambientales dirigidas a la población de los diferentes centros poblados que están influenciados en el tramo de estudio, con la finalidad de que tomen conciencia de todos los impactos negativos que se genera por los trabajos a realizar, y los impactos positivos dado que esto cambiara su estilo vida durante el tiempo de vida útil de la carretera.

2.7. Además, cumplir con la reforestación de las áreas afectadas por la explotación de canteras; con el sembrado de plantas nativas, porque en la mayor parte de las obras ejecutadas no se cumple

Capítulo 9. Referencias

1. Tesis

Carlos, Miguel & Santa María, Mariano & Vásquez, Damián (2018). *ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA: CENTRO POBLADO DE CHÓCHOPE – CENTRO POBLADO DE PENACHÍ, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Anastacio, Jesús & Vásquez, Oscar (2018). *ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL LA-100 TRAMO MORRIPÓN – COLAYA (KM+14.00 – KM+38.00), UBICADO EN LOS DISTRITOS DE MOTUPE Y SALAS PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

(2015). *ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CRUCE VILLALOBOS – LA PALMA, DISTRITO DE CAJARURO – PROVINCIA DE UTCUBAMBA – DEPARTAMENTO DE AMAZONAS* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Alvarado López, Geiner (2011). *ESTUDIO DE LA CARRETERA KM 803+200 PANAMERICANA NORTE – PLAYA NAYLAMP* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

2. Bibliografías

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *LAMBAYEQUE – RESULTADOS DEFINITIVOS*.

Ministerio de Economía y Finanzas (2015). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE VIALIDAD INTERURBANA, A NIVEL DE PERFIL*.

Municipalidad distrital de Salas (2020). *PLAN DE DESARROLLO CONCENTRADO 2013 – 2021 DISTRITO DE SALAS*.

SIDERPERU (2019). *ALCANTARILLA TMC MINIMULTIPLATE SP MP 68*.

Ing. Morales Morales, Roberto. *DISEÑO EN CONCRETO ARMADO*. Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).

3. Manuales

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2018). *MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2013). *MANUAL DE CARRETERAS: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2008). *MANUAL DE CARRETERAS: HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2013). *MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS – SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2016). *MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2008). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2012). *GLOSARIO DE PARTIDAS APLICABLES A OBRAS DE REHABILITACIÓN MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, LIMA, PERÚ*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2008). *MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, LIMA, PERÚ*.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CONSTANCIA DE SIMILITUD VIRTUAL
Nº CSV_ 2022_064

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, MANIFIESTA:

Que, el Bachiller: **GONZALO JUNIOR REQUEJO CHILCON** de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL, ha cumplido con presentar la SIMILITUD DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS (TURNITIN); emitido por el patrocinador: **MG. ING. ROGER ANTONIO ANAYA MORALES**, como requisito indispensable para la veracidad de la misma; según detalle:

TITULO DE LA TESIS: "DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE - AÑO 2020"
CON CODIGO DE PROYECTO IC-2020-014.

INDICE DE SIMILITUD: 08 % (Verificable.)

Se expide la presente y, se adjunta el formato Turnitin emitido por el Asesor para la tramitación del Título Profesional; dispuesto en la Directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG.

Lambayeque, 20 de agosto del 2022.

Atentamente,

DR. ING. JUAN ELIAS VILLEGAS CUBAS
DIRECTOR - UIFCSA



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”.

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Roger Antonio Anaya Morales, **Asesor de Tesis** del Bach. Gonzalo Requejo

Chilcón **DE LA TESIS TITULADA:**

DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS,
PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE - AÑO 2020.

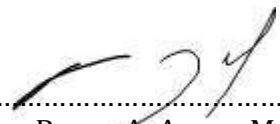
Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 08% verificable en el reporte de similitud del programa TURNITIN.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyo 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 Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Se expide la presente según lo dispuesto en la Resolución N° 659-2020-R, de fecha 8 de setiembre de 2020 formativa para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG:

Lambayeque, 31 de marzo del 2022

ATENTAMENTE,


.....
Mg. Ing. Roger A. Anaya Morales
DNI. 16710275

Se Adjunta Recibo digita Turnitin y Reporte de Similitudes



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Gonzalo Requejo Chilcon
Título del ejercicio: TESIS REQUEJO
Título de la entrega: DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO D...
Nombre del archivo: Borrador4.docx
Tamaño del archivo: 22.2M
Total páginas: 192
Total de palabras: 31,433
Total de caracteres: 157,664
Fecha de entrega: 25-mar.-2022 04:35p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1793044196

Carrito de herramientas

1. Presentación

El presente "DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SAN ANTONIO DE LA LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE - ARE" 2022, abarca un área donde existen caminos al vecindario, todos pertenecientes al distrito de San Antonio de la Lambayeque y el futuro acceso de los caminos a la zona de El Sauce. La presente es una obra de ingeniería civil que se realizó en el distrito de San Antonio de la Lambayeque, departamento de Lambayeque, Perú, en el mes de marzo del 2022, con el fin de mejorar la infraestructura vial y facilitar el acceso a la zona de El Sauce.

2. Antecedentes

El presente trabajo se realizó en la localidad de San Antonio de la Lambayeque, distrito de San Antonio de la Lambayeque, departamento de Lambayeque, Perú, en el mes de marzo del 2022, con el fin de mejorar la infraestructura vial y facilitar el acceso a la zona de El Sauce.

Página 1 de 1

Estado actual del proyecto en la zona



Foto: Presentación zona

A nivel de diseño conceptual se han realizado los estudios de campo.

Desde el año 2018, el Gobierno Regional de Lambayeque ha estado trabajando en la mejora de la infraestructura vial, habiéndose iniciado una obra de construcción de la carretera que conecta la zona de El Sauce con la zona de El Banco, distrito de San Antonio de la Lambayeque, departamento de Lambayeque, Perú, en el mes de marzo del 2022.

DISEÑO DE LA CARRETERA EL SAUCE - EL BANCO, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE - AÑO 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.unprg.edu.pe:8080

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

5

transparencia.mtc.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

6

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

9	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
14	ensayosociologicos.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
15	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
16	1library.co Fuente de Internet	<1 %
17	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
18	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
20	tesis.ucsm.edu.pe	

