Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG–2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

Línea de investigación:
Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor

Chipa Marquez, Alexis Claudio

Asesor

Mendez Gutierrez, Raul

ORCID: 0000-0001-5644-483X

Jurado

Rojas Leon, Gladys

Alvarado Perez, Karina Milagros

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima - Perú

2026

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	18%	2%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
	es.slideshare.net	

Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG–2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor:

Chipa Marquez, Alexis Claudio

Asesor:

Mendez Gutierrez, Raul ORCID:

0000-0001-5644-483X

Jurado:

Rojas Leon, Gladys

Alvarado Perez, Karina Milagros

Reyna Mandrujano, Samuel Carlos

Lima – Perú

2026

INDICE

RESUMEN 7
ABSTRACT 8
I. INTRODUCCIÓN 9
1.1. Descripción y formulación del problema 12
1.1.1. Descripción del problema 12
1.1.2. Formulación del problema 14
1.2. Antecedentes 15
1.2.1. Antecedentes nacionales 15
1.2.2. Antecedentes internacionales 18
1.3. Objetivos 21
1.3.1. Objetivo general 21
1.3.2. Objetivos específicos 21
1.4. Justificación 22
1.4.1. Justificación teórica 22
1.4.2. Justificación práctica 23
1.4.3. Justificación social 24
1.4.4. Justificación legal 26
1.5. Hipótesis 28
1.5.1. Hipótesis general 28
1.5.2. Hipótesis específica 28
II. MARCO TEÓRICO 29
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación 29
2.1.1. Clasificación de las carreteras 29
2.1.2. Diseño geométrico 32
2.1.3. Índice medio diario anual (IMDA) 39
2.1.4. Velocidad de diseño 41
2.1.5. Componentes de la infraestructura del camino 42
2.1.6. Estudio de suelos 45
III. MÉTODO 53
3.1. Tipo de investigación 53
3.2. Ámbito temporal y espacial 53
3.2.1. Ámbito temporal 53

3.2.2. Ámbito espacial ... *55*
3.3. Variables ... 56
3.4. Población y muestra ... 58
3.4.1. Población ... *58*
3.4.2. Muestra ... *59*
3.5. Instrumentos ... 59
3.5.1. Instrumentos para revisión documental y normativa ... *59*
3.5.2. Software especializado ... *60*
3.5.3. Equipos de campo, topografía y geotecnia ... *60*
3.5.4. Equipo de procesamiento de datos ... *61*
3.6. Procedimiento ... 62
3.6.1. Etapa de planificación: ... *62*
3.6.2. Etapa de recolección de datos: ... *63*
3.6.3. Etapa de procesamiento de datos: ... *65*
3.6.4. Etapa de evaluación de resultados: ... *66*
3.7. Análisis de datos ... 66
3.7.1. Análisis cuantitativo ... *66*
3.7.2. Análisis cualitativo ... *69*
3.7.3. Análisis comparativo y contrastación normativa ... *69*
3.7.4. Síntesis para la propuesta de diseño ... *70*
3.8. Consideraciones éticas ... 70
3.8.1. Respeto por las comunidades y el entorno ... *70*
3.8.2. Consideraciones ambientales ... *71*
3.8.3. Honestidad y transparencia de la información ... *71*
IV. RESULTADOS ... 73
4.1. Diagnóstico del estado actual: ... 73
4.1.1. Estado actual de la infraestructura vial ... *76*
4.1.2. Condiciones de transitabilidad ... *77*
4.1.3. Resultados del estudio de tráfico ... *77*
4.1.4. Condiciones de la subrasante ... *79*
4.1.5. Principales deficiencias identificadas ... *80*
4.1.6. Síntesis del diagnóstico ... *81*
4.2. Aplicación de los criterios DG-2018 ... 81
4.2.1. Clasificación de la vía y velocidad de diseño ... *81*

4.2.2. Alineamiento horizontal ... *82*
4.2.3. Alineamiento vertical ... *83*
4.2.4. Sección transversal ... *84*
4.2.5. Obras de drenaje y arte ... *87*
4.3. Comparativa cuantitativa ... 88
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS ... 92
5.1. Estado actual de la vía ... 92
5.1.1. Comparativa de Parámetros Geométricos ... *92*
5.1.2. Relación con antecedentes nacionales y patrón común: ... *94*
5.2. Demanda vehicular (IMDA) ... 95
5.2.1. Seguridad vial: ... *96*
5.2.2. Impacto socioeconómico: ... *96*
5.2.3. Sostenibilidad de la inversión: ... *97*
5.3. Propuesta de mejoramiento geométrico ... 97
5.3.1. Corrección de deficiencias detectadas ... *98*
5.3.2. Comparativa con proyectos similares ... *99*
5.3.3. Viabilidad de la propuesta ... *100*
5.4. Validación de hipótesis ... 102
5.4.1. Validación de la hipótesis general ... *102*
5.4.2. Validación de las hipótesis específicas ... *103*
5.4.3. Contrastación con antecedentes y estudios similares ... *104*
5.4.4. Implicancias sociales, económicas y ambientales ... *105*
5.5. Implicancias sociales, económicas y ambientales ... 106
5.5.1. Implicancias sociales ... *106*
5.5.2. Implicancias económicas ... *107*
5.5.3. Implicancias ambientales ... *108*
VI. CONCLUSIONES ... 110
VII. RECOMENDACIONES ... 112
VIII. REFERENCIAS ... 114
IX. ANEXOS ... 120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la orografía 31

Tabla 2 Longitud mínima de curva (L) 34

Tabla 3 Ángulos de inflexión máximos en curva horizontal 35

Tabla 4 Rangos de velocidad de Diseño 41

Tabla 5 Número de calicatas para exploración de suelos 45

Tabla 6 Número de ensayos MR y CBR 47

Tabla 7 Número de ensayos MR y CBR 51

Tabla 8 Operacionalización de las variables de investigación 56

Tabla 9 Software utilizados en la investigación 60

Tabla 10 Resume la metodología aplicada en campo: 64

Tabla 11 Resumen de resultados representativos del estudio de suelos 68

Tabla 12 Estado actual de la carretera AP-748 73

Tabla 13 Distribución porcentual del tráfico vehicular en las estaciones de conteo E-1 y E-2 77

Tabla 14 Proyección del IMDA con y sin proyecto en el horizonte 2025–2035 78

Tabla 15 Condición de la subrasante en el estado actual (calicatas representativas) 80

Tabla 16 Resultados comparativos del alineamiento horizontal 82

Tabla 17 Resultado comparativo del alineamiento vertical 83

Tabla 18 Resultados comparativos de las secciones transversales 85

Tabla 19 CBR, Mr actual, recomendación de tratamiento 86

Tabla 20 Resultado comparativo de las obras de drenaje y arte 87

Tabla 21 Comparativa de parámetros geométricos y operativos 89

Tabla 22 Estado actual de la vía 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección típica de la infraestructura del camino 43

Figura 2 Estado actual de la carretera en la progresiva 12+500 74

Figura 3 Tramos con curvas peligrosas y falta de sobreanchos 75

Figura 4 Drenaje insuficiente en el km 9+880, ausencia de cunetas y alcantarillas 76

RESUMEN

Objetivo: Proponer la mejora de la carretera AP-748 en función de los criterios de diseño geométrico del manual de carreteras DG - 2018 en el distrito de Sañayca, Aymaraes, Apurímac, basándose rigurosamente en los criterios del Manual de Carreteras DG-2018. La problemática central radica en las vías que son esenciales para la comunicación, transporte y acceso a la salud y educación, la carretera en estudio presenta graves deficiencias en su diseño geométrico lo que la convierte en un factor de alto riesgo para el desarrollo local. **Método**: Es de tipo aplicado-propositivo, con un enfoque mixto que combina la recolección y análisis de datos con técnicas cualitativas (observación directa, interacción con la comunidad), bajo un diseño no experimental transversal. **Resultados**: Del rediseño geométrico demuestran su viabilidad técnica y eficacia, proyectando una reducción del 40% en el tiempo de viaje y un incremento de entre 150% y 192% en la velocidad operativa, al elevar la velocidad de diseño a 40 km/h, suavizar alineamientos e incorporar curvas de transición y un robusto sistema de drenaje. **Conclusiones**: La intervención al cumplir con la normativa, no solo mitiga los puntos críticos de accidentalidad y mejora la resiliencia climática de la vía, sino que genera un profundo impacto socioeconómico. Al facilitar un transporte seguro y eficiente, la carretera se transforma de un obstáculo en una herramienta efectiva que potencia el acceso a oportunidades, valida el rol catalizador de la infraestructura vial y se erige como un requisito fundamental para el desarrollo sostenible de la comunidad.

Palabras clave: accesibilidad rural, diseño geométrico, infraestructura de transporte, mejoramiento de carretera, seguridad vial.

ABSTRACT

Objective: To propose improvements to the AP-748 road in the Sañayca district, Aymaraes, Apurímac, following the geometric design standards of the 2018 Road Design Manual (DG-2018). The problem lies in the fact that this road, essential for communication, transportation, and access to health and education services, has serious deficiencies in its geometric design, posing a significant risk to local development. **Methodology**: This is an applied, problem-solving study with a mixed-methods approach, combining data collection and analysis with qualitative techniques (direct observation and community engagement), using a non-experimental cross-sectional design. **Results**: The redesigned geometry demonstrates its technical feasibility and effectiveness, projecting a 40% reduction in travel time and a 150% to 192% increase in operating speed, achieved by raising the design speed to 40 km/h, smoothing the alignment, incorporating transition curves, and implementing a robust drainage system. **Conclusions**: By complying with regulations, this intervention not only mitigates accident hotspots and improves the road's resilience to climate impacts but also generates a significant socioeconomic impact. By facilitating safe and efficient transportation, the road transforms from an obstacle into a tool that enhances access to opportunities, validating the role of road infrastructure as a catalyst for development and establishing it as a fundamental requirement for the sustainable development of the community.

Keywords: rural accessibility, geometric design, transportation infrastructure, road improvement, road safety.

I. INTRODUCCIÓN

La sierra peruana es una región geográfica compleja y mixta, teniendo a la cordillera de los Andes como principal factor condicionante para las características climáticas, topográficas y socioeconómicas, esto influye directamente en la biodiversidad, la organización territorial, el acceso a comunidades y, por tanto, el desarrollo de infraestructura vial. En esta región se presentan montañas con altitudes mayores a los 6 000 m.s.n.m., cañones como el Apurímac y el Colca, valles profundos como el Mantaro y el Urubamba, mesetas como la del Collao y laderas empinadas. Esto hace que la ejecución de obras lineales sea un desafío, debido a las complejas condiciones topográficas y geológicas, la falta de mantenimiento regular, el limitado acceso a recursos técnicos y económicos, el deterioro acelerado por los factores climáticos, la mala calidad del diseño geométrico y construcción, el crecimiento desordenado de la red vial, la baja integración tecnológica para la ejecución y estudios viales hacen que los proyectos lineales sea un desafío.

Actualmente muchas vías departamentales y vecinales en la sierra peruana presentan una deficiente infraestructura, ya que muchas de estas vías no se encuentran pavimentadas, estando solo afirmadas o con tratamientos provisionales, dificultando el tránsito, especialmente en temporada de lluvias. Esto afecta a la conectividad y seguridad vial de las zonas afectadas y difícil acceso. La región de Apurímac no es ajena a esto, ya que la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Apurímac ha expresado su preocupación por el aumento de accidentes de tránsito, a causa de la imprudencia de los conductores y el estado de las vías, aunque se realizan esfuerzos de mantenimiento, algunas vías presentan deterioros significativos.

El desarrollo sostenible del país es la principal herramienta para el bienestar de la población, ya que se fomenta el crecimiento económico, la protección ambiental de manera equilibrada y sobre todo la inclusión social, con el fin de satisfacer las necesidades actuales sin

comprometer los recursos de las futuras generaciones. En ese sentido, el mejoramiento y mantenimiento de las carreteras rurales en la sierra peruana es un factor clave para el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades vulnerables de estas regiones. Estas zonas, que están caracterizadas por su difícil acceso geográfico, y su dependencia a las actividades agrícolas, ganaderas y mineras, se ven afectadas debido una infraestructura vial mal diseñada o en mal estado, generando pérdidas de oportunidades, afectando la calidad de vida de las comunidades y dificultando el acceso a los servicios básicos como la educación, salud y comercio.

El mejoramiento de las carreteras es mucho más que solo un desafío de la ingeniería; es una inversión estratégica en el bienestar de las comunidades, buscando las mismas oportunidades sin importar el lugar en donde vivan, priorizando el crecimiento económico que sea realmente sostenible. El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2018) y otros lineamientos de MTC, nos dan soluciones técnicas adecuadas para convertir las rutas en verdaderos hilos conductores del desarrollo. Estas mejoras viales no solo contribuirán a la mejora de las condiciones de vida de las comunidades locales, también fortalecerá a las comunidades para enfrentar a los retos del cambio climático y las fluctuaciones económicas nacionales y globales.

La importancia de este estudio es que tiene como objetivo abordar este problema que es crucial para el desarrollo de la región. El objetivo principal es brindar una solución técnica que respete las normas actuales, sino que también se tomará en cuenta el terreno, con sus particularidades y acondicionar el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2018) a las necesidades reales de la sierra peruana. El mejoramiento del eje geométrico de la carretera AP-748 no es solo para mejorar la transitabilidad y resolver la seguridad vial; también es para conectar las comunidades rurales con los centros de servicios y así dinamizar la economía y oportunidades; optimizando los tiempos de viaje y reduciendo los costos operativos del transporte. El acceso y

distribución de productos agrícolas y recursos naturales a los mercados será impulsada, aumentando la productividad local y regional. Por otro lado, socialmente la mejora de la conectividad entre la comunidad de Sañayca y sus caseríos, garantizará un mejor servicio de acceso a servicios esenciales como salud, educación y comercio. Ambientalmente, el mejoramiento del trazo adecuado buscando minimizar una intervención agresiva sobre el terreno siendo amigables con el terreno, se reducirá la erosión del suelo, se mejorará la eficiencia de drenaje superficial, optimizando el uso del terreno, contribuyendo así a una infraestructura más resiliente y sostenible.

Apurímac “el dios que habla” cumple un papel fundamental en la integración territorial a través de sus carreteras, estas conectan e integran la región, permitiendo a las comunidades y centros poblados acceder a centros de salud, colegios llevando de la mano el desarrollo económico. Sin embargo, muchas vías, presentan deficiencias en los radios de curvas que suelen ser muy cerradas en la sierra, pendientes altas y alineamientos deficientes, ya sea por el deterioro o el mal diseño de la carretera. Esto hace que transitar se complique, que los accidentes ocurran y el costo de los bienes y servicios aumente.

El presente estudio se enfoca en un tramo de la carretera AP-748, que conecta las localidades de Taqrapata y Pucaccasa, en el distrito de Sañayca, 15 kilómetros aproximadamente que conectan estas poblaciones estratégicas por su desarrollo agrícola y los recursos hídricos, importantes para la provincia de Aymaraes. La investigación tiene como propósito proponer el mejoramiento del eje vial de esta carretera, aplicando los criterios de diseño geométrico descritos en el Manual de Carreteras DG-2018, con el fin mejorar las condiciones de operaciones, reducir los riesgos relacionados a las fallas geométricas y promover el desarrollo socioeconómicos sostenible de estos dos distritos. La propuesta técnica busca la integración de los estándares actualizados de la ingeniería vial, adaptándose a las condiciones reales encontradas en la sierra

peruana.

Al tener al problema identificado, la investigación desarrolla una metodología aplicada de carácter técnico – descriptivo. En primer lugar, se realizó un levantamiento topográfico detallado a lo largo de los ocho kilómetros de la carretera AP-748, completando con un inventario vial detallado y estudios de suelo que permitieron caracterizar las condiciones físicas y funcionales del eje vial. Posteriormente, se realizó un procesamiento y análisis de los datos obtenidos en campo, contrastando los parámetros establecidos en el manual de carreteras DG-2018, El manual de suelos y pavimentos y el manual de inventarios viales del MTC. Con esta base, se realizó una propuesta técnica de mejoramiento, que incluye el rediseño geométrico de curvas, pendientes y plataformas, todo esto procesado con los softwares AutoCAD Civil 3D, Google Earth y Microsoft Office. Esta metodología permitió formular soluciones viables adaptándose a las necesidades y realidad de la zona por donde pasa la vía.

El documento se estructura en seis capítulos principales: la Introducción plantea el problema vial en la sierra peruana y justifica la mejora de la carretera AP-748; el Marco Teórico revisa clasificaciones viales, diseño geométrico y componentes de infraestructura; la sección de Método detalla el enfoque mixto, instrumentos y procedimientos de campo; los Resultados presentan el diagnóstico, la aplicación de normativas DG-2018 y la propuesta de mejoramiento; la Discusión valida las hipótesis y analiza impactos socioeconómicos; y las Conclusiones y Recomendaciones sintetizan los hallazgos y sugieren líneas de acción futura.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Aristóteles en su obra “Política”, en el libro I, afirma que el ser humano es un “animal

político" (o zoon politikon en griego), lo que implica que las personas están naturalmente inclinadas a vivir en sociedad y a formar comunidades. Las carreteras simbolizan la conexión que se tiene entre distintas poblaciones, donde estas buscan su desarrollo y bienestar social, en el interior de nuestro país para llegar a zonas rurales en su mayoría encontramos un estado crítico de las vías, donde por falta de un mejoramiento o mantenimiento de las vías, estas limitan el servicio de transportes, aumentando costos y disminuyendo la calidad de vida en las comunidades de nuestro país.

El problema central de la infraestructura vial en Argentina, y en Latinoamérica en general, es profundamente alarmante: la abrumadora mayoría de las personas desde peatones y ciclistas hasta motociclistas se desplazan por vías con una configuración geométrica deficiente. Las estimaciones indican que esto afecta al 88%, 86% y 67% de sus traslados, respectivamente. Lejos de ser una abstracción, esta falla se materializa en un diseño que, de manera crítica, no cumple con la normativa vigente. El corazón de la problemática late en detalles técnicos con consecuencias muy humanas: curvas horizontales demasiado cerradas y carriles excesivamente angostos que, en la práctica, no solo dificultan la movilidad, sino que incluso impiden el paso seguro de vehículos pesados, exponiendo a diario a los usuarios a un riesgo innecesario y evidenciando una desconexión entre la planificación y la realidad del transporte (Ministerio de Transporte Argentina, 2022).

El mal estado de las carreteras afecta la transitabilidad entre ciudades y centros poblados, la accesibilidad a centros de salud, colegios y el intercambio de productos, limitando el crecimiento económico. Por lo tanto, la calidad de servicio de transporte hace que los viajes sean más costosos y en muchas ocasiones sean peligrosos, no solo por el mal estado de las carreteras, también por el mal diseño geométrico de la vía, teniendo pendientes que pasan el 12%, calzadas menores de 3,00

m de ancho, falta de señalización vial adecuada y la inexistencia de obras de arte y drenaje haciendo que las carreteras se deterioren y ocasionen accidentes recurrentes de tránsito.

Estas situaciones generan quejas e incomodidad en las comunidades del distrito de Sañayca, donde en épocas de lluvia es casi imposible movilizarse por esta carretera por la inexistencia de un sistema de drenaje, dejando daños en la plataforma que cada temporada se va agravando más representado en la erosión de la vía, haciendo que la carretera sea peligrosa y costosa, generando un retraso y falta de servicios en las comunidades alejadas.

1.1.2. Formulación del problema

Problema general.

¿Cómo mejorar la carretera AP-748 en función a los criterios de diseño geométrico del manual de carreteras DG - 2018 en el distrito de Sañayca, provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac?

Problemas específicos.

a. ¿Cuál es el estado actual de la carretera AP-748 en relación con su inventario vial, estudios de suelos y pavimentos, y levantamiento topográfico?

b. ¿Cuál será la demanda vehicular de la carretera AP-748 a partir del cálculo del IMDA proyectado a 10 años, considerando el desarrollo socioeconómico de la zona de influencia?

c. ¿Qué propuesta de mejoramiento de la vía, basada en los criterios de diseño geométrico del Manual de Carreteras DG-2018, permitirá optimizar la seguridad, la eficiencia y la conectividad entre comunidades del distrito de Sañayca?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Rojas (2022) en su tesis titulada "Mejora del Diseño Geométrico de la Carretera que une los Centros Poblados Otuzco-Combayo, Provincia de Cajamarca - Cajamarca". El objetivo general es realizar el diseño geométrico de la carretera empleando el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, siendo una investigación tipo descriptivo, buscando estudiar el estado actual mediante registro, la población de estudio es la carreta C.P. Otuzco – C.P. Combayo. El tramo vial analizado, de topografía accidentada y clasificado como de Tercera Clase según su demanda, cuenta con una calzada de 6,00 metros de ancho. El proyecto incluyó el desarrollo del diseño geométrico, representado en planos de planta, perfil y secciones transversales, complementado con un plan de señalización. Estas mejoras están orientadas a incrementar los niveles de seguridad para los conductores.

Urcia (2024) en su tesis titulada "Evaluación de los parámetros geométricos de la carretera Iscoconga – Jesús de acuerdo con el manual de carreteras: DG – 2018". El objetivo general es evaluar las características geométricas de la carretera Iscoconga – Jesús de acuerdo con el Manual de carreteras: DG – 2018. El procedimiento metodológico se llevó a cabo in situ e incluyó el reconocimiento de la vía, un aforo vehicular de siete días de duración y un levantamiento topográfico respaldado por el establecimiento de puntos geodésicos, para culminar con el procesamiento y examen de los datos obtenidos. La investigación se centró en un tramo de 10,04 km de una vía asfaltada de Primera Clase, Tipo I, con una calzada de dos carriles, un IMDA de 3058 vehículos por día y 59 curvas horizontales. El análisis de sus características geométricas reveló que el 69% de la vía no se ajusta a los parámetros mínimos del Manual de Carreteras DG-2018. Por lo tanto, se concluye que los parámetros de diseño geométrico actuales de la carretera

afectan de manera negativa la seguridad vial.

Barrientos y Matamoros (2024). En su tesis titulada "Diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 y CU-1206 en el tramo: Huarocondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarocondo, provincia de Anta, departamento de Cusco", tuvieron como objetivo elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular en dicho tramo. El problema central fue la transitabilidad inadecuada de la vía. La metodología empleada fue Hipotético-Deductiva, de tipo Aplicativa Transversal, con enfoque Cuantitativo, No Correlacional y diseño No Experimental, tomando como población y muestra el tramo de 10 km que beneficia a 120 familias. Los procedimientos incluyeron estudios topográficos, de mecánica de suelos (donde se obtuvo un CBR de diseño del 12% clasificando la subrasante como Buena), hidrológicos y de costos, proponiendo finalmente una capa de afirmado de 0,15 m según el manual para caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

Herrera (2024). En su tesis titulada "Impacto del diseño geométrico en la velocidad de operación en las tangentes de la vía Departamental JU-110, tramo Chupuro - Vista Alegre", tiene como objetivo determinar la relación entre el diseño geométrico de la carretera y la velocidad de operación en las tangentes de la vía Departamental JU-110, donde busca responder a la pregunta de cómo el diseño geométrico de la carretera, específicamente la longitud de las tangentes y las pendientes, afecta la velocidad de operación en los vehículos de la vía. La investigación fue de tipo aplicada y se utilizó un enfoque cuantitativo. El diseño fue no experimental de corte transversal. Para la recolección de datos, se midieron variables como la velocidad de operación y los parámetros geométricos de la carretera. La investigación concluye que existe una relación significativa entre la geometría de la carretera y la velocidad de operación. Los hallazgos demuestran que la velocidad de operación aumenta en las tangentes de longitud mayor a 300

metros, lo que indica que el diseño geométrico influye directamente en el comportamiento de la velocidad vehicular.

Cisneros-Herrera et al. (2024) analizan en su investigación la implementación de Asociaciones Público-Privadas (APP) como mecanismo para cerrar la brecha infraestructural, valorada en 108,793 mil millones de USD. A través de un estudio empírico de 16 contratos de concesión vial operativos en Perú, firmados entre 2003 y 2014, se identifican los factores críticos de éxito (FCE) que determinan el resultado de estos proyectos. Partiendo de una revisión de literatura internacional, se seleccionan 17 FCE, de los cuales nueve como el apoyo político, un entorno macroeconómico estable y la presencia de consorcios privados sólidos se consideran factores discriminatorios siempre presentes en el contexto peruano y necesarios para el desarrollo de cualquier APP. Los ocho FCE restantes, denominados factores de impacto incluyendo un marco legal favorable para expropiaciones y licencias, una adecuada distribución de riesgos, una evaluación realista de costos y beneficios, y el apoyo comunitario no siempre estuvieron presentes y explican los problemas de renegociación, retrasos y sobrecostos observados. Se propone una metodología de evaluación basada en una fórmula de puntuación ponderada que asigna pesos a cada FCE de impacto según su frecuencia de ausencia en los proyectos históricos. La aplicación de este modelo a los 16 contratos revela que proyectos con puntuaciones inferiores a 0,5 —como IIRSA Sur T2, T3, T4 y Longitudinal de la Sierra T2, caracterizados por falta de transparencia en la licitación, problemas de expropiación y una incorrecta asignación de riesgos, debieron ser abandonados, lo cual coincide con su problemática ejecución. La tendencia ascendente en las puntuaciones de los contratos más recientes sugiere una curva de aprendizaje y una mejora en la gestión, subrayando la necesidad de incorporar sistemáticamente estos FCE en la evaluación previa de futuros proyectos para garantizar su éxito, sostenibilidad y contribución efectiva a la

competitividad nacional.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Choza (2022). En su tesis titulada "Diseño geométrico de una carretera con viaducto en Civil 3D e Infraworks. Variante de la A-2304 en Alcalá de los Gazules (Cádiz)", tiene como objetivo el diseño geométrico de una carretera convencional que resulte apto desde un punto de vista normativo, para lo cual se tendrá como continua referencia la Norma 3.1 – IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras (Ministerio de Fomento, 2016), Teniendo una metodología donde lleva a cabo un análisis comparativo de tres alternativas de trazado previamente modeladas en Infraworks, evaluando criterios clave como el impacto ambiental y el coste económico estimado. Una vez seleccionada la opción óptima, esta se exporta a Civil 3D para refinar su diseño según la categoría de la vía, la sección tipo adoptada y la normativa de trazado vigente en España (Norma 3.1-IC de Trazado), intentando conservar en la mayor medida posible la propuesta original. Tras definir la geometría definitiva, se elaboran informes de alineaciones y movimiento de tierras utilizando las funcionalidades de Civil 3D, se producen planos de planta, perfil longitudinal, sección tipo y perfiles transversales representativos, y se reexporta el modelo a Infraworks. En este último entorno, se realizan los ajustes necesarios para generar una visualización realista tanto de la carretera como de su entorno, minimizando cualquier alteración del diseño previamente validado en Civil 3D.

Loja (2022). En su tesis titulada "Diseño geométrico y diseño de la estructura de pavimentos de la vía de acceso a Yunquil desde la abscisa 0+000 km hasta la abscisa 4+250 km en el cantón Saraguro de la provincia de Loja", se propuso como objetivo general solucionar el crítico problema de acceso al sector Yunquil, donde la inexistencia de una vía adecuada obstaculiza el desarrollo socioeconómico de la comunidad, una necesidad expresada por los lugareños y

asumida por la Empresa Electro Generadora del Austro (ELECAUSTRO S.A.) dentro del marco de responsabilidad social de su “Proyecto Eólico Minas de Huascachaca”. Para abordar este problema, el estudio implementó una metodología secuencial y exhaustiva que se desglosó en tres fases principales: primero, se ejecutó un detallado estudio topográfico que proporcionó la base planimétrica y altimétrica del terreno; segundo, con esos datos, se desarrolló el diseño geométrico tanto horizontal como vertical del trazado vial a lo largo de los 4,25 km analizados; y tercero, en base a los ensayos de laboratorio de suelos, se diseñaron y evaluaron tres alternativas técnicas para la estructura del pavimento, asegurando su viabilidad y durabilidad. Las conclusiones del trabajo confirmaron el cumplimiento integral del objetivo, ya que se generó una propuesta técnica completa y fundamentada que no solo resuelve el problema de conectividad identificado, sino que también establece las especificaciones para su construcción, contribuyendo así al impulso de la economía local y cumpliendo con el compromiso de desarrollo adquirido con la comunidad.

Panta y Vera (2022). En el artículo titulado “Eficiencia en la producción agrícola: un análisis del efecto de la construcción de carreteras en zonas productivas del Ecuador”, tiene como objetivo el estudio tuvo como objetivo principal analizar el efecto de la construcción y rehabilitación de carreteras de acceso en la eficiencia de la producción agrícola en las provincias de El Oro y Manabí, en Ecuador. La investigación buscó determinar cómo los proyectos de infraestructura vial influyen en la productividad del sector agrícola, evaluando si las mejoras en las carreteras generan impactos económicos positivos para los agricultores. Se utilizó una metodología cuantitativa con un diseño no experimental, aplicando un modelo de "diferencias en diferencias" para estimar los efectos de los proyectos de construcción y rehabilitación de carreteras en la productividad agrícola de la zona. Los autores concluyeron que las intervenciones en infraestructura vial, como la construcción de carreteras, tienen un impacto positivo y significativo

en la productividad del sector agrícola. Específicamente, se demostró un aumento en la productividad de cultivos como el banano. Los hallazgos sugieren que las mejoras viales facilitan un mayor acceso a insumos, reducen la intermediación comercial y fomentan la inversión en el sector, lo que se traduce en nuevas oportunidades para los agricultores.

Piguave (2023). En su tesis titulada "Análisis de una propuesta para el diseño geométrico de un anillo vial perimetral en la ciudad de Jipijapa mediante herramientas digitales (Alternativa I)", tiene por objetivo proponer y desarrollar una alternativa para el diseño geométrico de un anillo vial perimetral en la ciudad de Jipijapa utilizando herramientas digitales, consistente en el uso de cartas topográficas. El problema de la investigación es el congestionamiento vehicular en Jipijapa es un problema importante debido a la falta de vías adecuadas que conecten con otras ciudades, lo que se ha vuelto insuficiente para la demanda de transporte actual. La falta de planificación y desarrollo adecuado de la infraestructura vial es una de las causas principales de esta congestión vehicular. La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, un método de diseño experimental y un tipo de investigación de campo. Se recopiló información a través de herramientas digitales como cartas topográficas, Google Earth, y software de diseño como Civil Cad, ArcMap, ArcGIS y Civil 3D, para analizar y evaluar el diseño propuesto. El estudio confirmó la necesidad de un anillo vial perimetral en Jipijapa para resolver la congestión del tráfico. El diseño propuesto, desarrollado con herramientas digitales como Civil 3D, es técnicamente viable y cumple con todas las normativas. Se concluye que este proyecto es una solución eficiente que tendrá un impacto positivo en la seguridad vial, la movilidad y el desarrollo económico de la ciudad.

Zhao et al. (2022) abordan la necesidad de adaptar las normativas vigentes desarrolladas para conductores humanos a las capacidades superiores de los vehículos autónomos. Estos vehículos, equipados con sensores, sistemas de procesamiento central y comunicación V2X,

presentan tiempos de reacción más cortos (aprox. 0,5 s), mayor precisión en la percepción del entorno y un comportamiento de conducción más predecible y ordenado. El estudio propone revisar parámetros clave como la velocidad de diseño (elevándose hasta 180 km/h), la distancia de visibilidad de frenado (reducida entre 25–30 m gracias a una desaceleración media de 3,4 m/s² y menor tiempo de reacción), y los radios mínimos de curvas horizontales y verticales, considerando tanto la seguridad como la comodidad de los pasajeros. Además, se sugiere eliminar restricciones innecesarias como la longitud máxima de tangentes o el radio máximo de curvas, ya que los factores humanos como la fatiga o la percepción errónea dejan de ser relevantes. También se recomienda ajustar el ancho de carriles y arcenes según la función del carril y el tipo de vehículo, promoviendo la separación de flujos para mejorar la eficiencia y reducir el uso de terreno. Los resultados indican que estos cambios no solo optimizan el diseño geométrico para vehículos autónomos, sino que también favorecen la economía constructiva y la adaptabilidad a entornos complejos, sentando las bases para futuras normativas de infraestructuras viarias inteligentes.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer la mejora de la carretera AP-748 en función a los criterios de diseño geométrico del manual de carreteras DG - 2018 en el distrito de Sañayca, Aymaraes, Apurímac.

1.3.2. Objetivos específicos

a. Diagnosticar las condiciones técnicas actuales de la carretera AP-748 mediante un levantamiento de inventario vial, topográfico y geotécnico, que permita identificar las deficiencias en su configuración geométrica, estado del pavimento y capacidad de soporte.

b. Proyectar la demanda vehicular para un horizonte de 10 años calculando el IMDA futuro,

mediante el análisis del desarrollo socioeconómico de la zona de influencia del distrito de Sañayca, sentando las bases para la clasificación vial y el dimensionamiento de la propuesta.

c. Formular la propuesta de mejoramiento vial aplicando los criterios de diseño geométrico del Manual de Carreteras DG-2018, para optimizar la seguridad, eficiencia y conectividad, en función de la clasificación obtenida y las deficiencias diagnosticadas.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

La presente investigación parte de las condiciones actuales de las carreteras provinciales y distritales en el departamento de Apurímac, ya que las municipalidades distritales en su mayoría llevan a cabo proyectos de apertura de carretera sin conocimiento técnico optando por financiar solo la maquinaria y hacer la apertura de carretera con la supervisión de algún personal de la entidad. En estos casos las autoridades no tienen claro que el diseño geométrico vial no es un simple requisito burocrático para obtener algún financiamiento de alguna entidad con capacidad presupuestal mayor; este es el resultado de años de experiencia acumuladas en obras ya ejecutadas, donde el principal objetivo siempre fue que las personas lleguen a salvo a sus destinos.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG–2018 fija parámetros que no son opcionales. Hablamos de radios de curva que puedan tomarse con confianza, pendientes que no pongan en aprietos a un camión cargado, sobreanchos que eviten maniobras peligrosas y superficies con visibilidad suficiente incluso en las madrugadas más frías de Sañayca. Las cifras no mienten, y la verdad es que son bastante impactantes. Diversos estudios han demostrado lo crucial que resulta esta normativa para salvar vidas y mejorar nuestras carreteras.

La Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA, 2023) nos revela una

estadística que debería hacernos reflexionar. Aproximadamente un tercio de los accidentes en zonas rurales están directamente relacionadas con fallas en el diseño. Es como construir una casa con cimientos débiles: tarde o temprano, las consecuencias se hacen evidentes. La tesis de Guevara y Norabuena (2019), se aplicó el Método Predictivo del HSM, incluyendo inspección vial y modelado de frecuencia de accidentes antes y después de la intervención, donde estimaron una disminución del 56% de accidentes en su tramo tras implementar las propuestas de mejora. De manera similar, y esto realmente refuerza el punto, Melendrez (2019) menciona "...que las carreteras correctamente diseñadas permiten desplazarse en menor tiempo, con mayor calidad, seguridad y así mitigar o reducir los accidentes de tránsito." Esta afirmación encapsula directamente la idea de que la optimización de la geometría (un "buen diseño geométrico") no solo incrementa la velocidad de operación ("desplazarse en menor tiempo") sino también su seguridad ("mayor seguridad y mitigar o reducir los accidentes de tránsito").

Esta investigación no solo busca la rectificación de la carretera AP-748, sino que aspira a contribuir al conocimiento sobre el impacto transformador del buen diseño vial en la cotidianidad de las comunidades.

1.4.2. Justificación práctica

Las necesidades de los habitantes de Sañayca están relacionadas con las vías que brindan conexiones con las demás comunidades de la provincia. La ruta AP-748, tiene un trazo irregular con deficiencia en su drenaje que se reflejan en el deterioro acelerado en la carretera que representa limitaciones significativas para el desarrollo de las comunidades. Esta situación se agrava por la velocidad promedio de tránsito, que puede llegar a los 30 km/h como máximo. Esta lentitud convierte emergencias médicas en verdaderas carreras contra el tiempo, la competitividad local de los agricultores y ganaderos de la zona se ve reducidas porque llegar al mercado les toma una

eternidad.

Estudios recientes, como la tesis de Herrera (2024) en Junín, revelaron que la geometría de la carretera en las longitudes de las tangentes influye a las velocidades operativas vehiculares en la ruta departamental JU-110, la tesis revela que la velocidad de operación aumenta en las tangentes de longitudes mayores a 300 metros, demostrando que el diseño geométrico influye directamente con las velocidades vehiculares. Barrientos y Matamoros (2024) se demostró que las intervenciones basadas en el diseño geométrico potencian la mejora de la transitabilidad vehicular, ya que se la conducción es más fluida y eficiente.

Según el Gobierno Regional de Apurímac (2024), se han firmado convenios con Provias Descentralizado para ejecutar proyectos de infraestructura vial que buscan mejorar la conectividad, facilitar el transporte y promover el desarrollo económico en la región, incluyendo obras de gran envergadura en Andahuaylas y Abancay. Donde en sus programas presupuestales programados y ejecutados en el año 2023 se tiene la meta "reducción del costo, tiempo e inseguridad en el sistema de transportes" donde se logró ejecutar el 80,94% del presupuesto asignado, demostrando que la región no deja de lado el desarrollo vial.

El objetivo es transformar esta infraestructura de lo que hoy es un obstáculo frustrante en un verdadero catalizador del desarrollo local. Se puede analizar que la AP-748 deje de ser esa carretera que separa y límite, para convertirse en el puente que conecte a Sañayca con sus oportunidades.

1.4.3. Justificación social

El enfoque social de la investigación está enfocado en las poblaciones asentadas en la ruta AP-748, dónde cuyos pobladores cada día afrontan obstáculos para acceder a los servicios de salud,

educación y comercio, estando todo esto directamente relacionado con las vías de acceso e interconexión entre los centros poblados.

El estado actual de esta carretera se ha convertido en un serio obstáculo para el crecimiento de las comunidades. Se puede analizar por un momento la preocupación de un padre que debe llevar a su hijo enfermo al hospital más cercano pero debido a una carretera en mal estado este demore en llegar al hospital, o la frustración de un joven que debe abandonar la escuela porque el camino a la escuela se vuelve inevitable durante la temporada de lluvias.

Un estudio realizado por Mejia y Miranda (2023) aborda el impacto directo de la infraestructura vial en el desarrollo de las comunidades, especialmente en entornos rurales. Investigaron “El efecto de la infraestructura vial sobre la educación rural” se menciona como la conectividad terrestre no solo optimiza el transporte de los usuarios y sus bienes, sino que también actúa como un catalizador fundamental para el desarrollo social, acceso a servicios básicos y el fomento de la equidad social.

Esta realidad es un duro golpe a la educación. Muchos niños y jóvenes han decidido abandonar la escuela, porque llegar a ella se les resulta complicado. No solo el tiempo perdido en el viaje, sino también las dificultades físicas y económicas que esto ocasiona a los escolares.

Según la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS, 2023) es una agencia de la ONU que trabaja en el impulso de proyectos de infraestructura, uno de sus ámbitos competentes es el transporte. Uno de sus ejes principales es la mejora de las carreteras, con el fin de garantizar que sean accesibles y seguras para todas las personas. De acuerdo con la UNOPS (2023), resulta fundamental asegurar a las comunidades vías transitables durante todo el año, ya que esto contribuye de manera directa a reducir la pobreza, disminuir las brechas de

desigualdad y fomentar el crecimiento económico en las poblaciones beneficiarias.

Por otro lado, Panta y Vera (2022) analizan cómo dos proyectos viales impactaron en la productividad del sector agrícola en Ecuador. Teniendo como resultado que el mejoramiento vial genera beneficios para los agricultores al facilitar el mayor acceso a insumos, ya que se reduce la intermediación comercial de sus productos e incentiva la inversión en el sector agrícola, mencionando el aumento en la productividad de cultivos como el banano. Demostrando que las mejoras en la infraestructura vial abren nuevas oportunidades para los productores.

Es por eso por lo que este proyecto va más allá de la infraestructura con un enfoque ingenieril. Se trata de devolver la esperanza a las comunidades, de transformar lo que hoy es una barrera en un puente hacia nuevas oportunidades. Buscamos que la carretera AP-748 sea recordada no como el camino que limitaba las posibilidades, sino como la vía que abrió las puertas al desarrollo y al bienestar de toda una región.

1.4.4. Justificación legal

Esta investigación se sustenta en el marco normativo peruano vigente, el cual establece las competencias, responsabilidades y estándares técnicos para los estudios y ejecuciones de infraestructura vial. Este marco no solo válido, sino que exige la realización de estudios técnicos para garantizar la seguridad de los usuarios y la optimización de los recursos públicos.

En primer lugar, la investigación se basa en cumplimiento según las disposiciones técnicas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) mediante el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG–2018, documento rector que fija los parámetros mínimos de seguridad, eficiencia para el diseño vial y estudios básicos a realizarse para la correcta planificación del estudio de una vía.

Este mandato técnico está respaldado por la Ley N.º 27181, “Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre” y sus modificatorias, que en su Artículo 10° establece que la infraestructura vial debe ser diseñada, construida y mantenida en condiciones tales que garantice la seguridad de los usuarios. El mejoramiento de la AP-748, en base al manual DG-2018, es directo cumplimiento de esta ley.

Asimismo, la distribución de competencias para ejecutar este tipo de proyectos se encuentra delimitada por la Ley N.º 27783, “Ley de Bases de la Descentralización”, y desarrollada por:

- La Ley N.º 27972, “Ley Orgánica de Municipalidades”, que asigna a los gobiernos locales la competencia para gestionar la infraestructura vial de su jurisdicción (Artículo 82º).
- La Ley N.º 27867, “Ley Orgánica de Gobiernos Regionales”, que transfiere a los gobiernos regionales la función de ejecutar proyectos de infraestructura vial de interés regional.
- El Decreto Supremo N.º 019-2011-MTC, que aprueba la “Matriz de Delimitación de Competencias...”, precisando los roles del gobierno nacional, regional y local en materia de transportes, y estableciendo que el MTC es el órgano rector y normativo.

Por lo tanto, esta tesis no solo representa una propuesta técnica con sustento sólido, sino también una aplicación práctica del marco legal peruano. Se encuentra alineada con el mandato de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) del MTC, que establece que todo proyecto vial debe fundamentarse en estudios técnicos. Asimismo, ofrece una herramienta viable para que el Gobierno Regional de Apurímac o la Municipalidad Distrital de Sañayca, en el ámbito de sus atribuciones, puedan ejecutar una inversión pública sostenible, segura y conforme a la normativa vigente.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Las características geométricas actuales de la carretera AP-748 cumplen con los parámetros de diseño del Manual de Carreteras DG – 2018.

1.5.2. Hipótesis específica

a. Los parámetros de diseño de la carretera AP-748, como las pendientes, el ancho de calzada y los radios de curva, cumplen con las especificaciones del Manual de Carreteras DG-2018 para su clasificación.

b. El IMDA de la carretera AP-748 corresponde a una clasificación vial que es consistente con sus características geométricas actuales.

c. El mejoramiento del eje geométrico no mejora la eficiencia operativa (velocidad promedio y transitabilidad) de la carretera AP-748.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Clasificación de las carreteras

La clasificación de las carreteras es fundamental en la planificación del territorio, el diseño y la gestión de la infraestructura vial, facilita establecer estándares técnicos que buscan garantizar la transitabilidad, seguridad y la jerarquía funcional en cada vía. En el caso del Perú se tiene el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018), este manual define parámetros que consideran principalmente el volumen de tránsito (Índice Medio Diario Anual – IMDA), la topografía del terreno y la función dentro del sistema nacional. A continuación, detallaremos las clasificaciones existentes a la fecha establecidas por el MTC.

2.1.1.1. Clasificación por demanda. De acuerdo con el MTC (2018), las carreteras se clasifican por la cantidad de flujo vehicular que se maneja en cada vía, esto se mide a través del Índice Medio Diario Anual (IMDA). En el rango superior se localizan las Autopistas de Primera Clase, diseñadas para un IMDA superior a 6000 vehículos por día, con calzadas separadas por un divisor central de al menos 6 metros, dos o más carriles de 3,60 m de ancho cada uno y pavimentación obligatoria. Le sigue las Autopistas de Segunda Clase, con flujos entre 4001 y 6000 vehículos/día, que también cuentan con calzadas divididas (aunque el separador puede reducirse hasta 1 metro, siempre que se instalen sistemas de contención), su carril es de 3,60 m y superficie pavimentada.

Para demandas medias están las Carreteras de Primera Clase (IMDA entre 2001 y 4000 vehículos/día), con dos carriles de 3,60 m de ancho y pavimentación; y las Carreteras de Segunda

Clase (IMDA entre 400 y 2000 vehículos/día), que mantienen dos carriles, pero con un ancho mínimo de 3,30 m y también pavimentadas. En el caso de las Carreteras de tercera clase (IMDA menor a 400 vehículos/día), el estándar permite carriles de 3,00 m e, excepcionalmente, hasta 2,50 m con justificación técnica. Estas vías suelen recurrir a soluciones de menor costo, como el uso de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas o afirmado; pero en el caso de ser pavimentadas, deben cumplir con las especificaciones geométricas establecidas para las carreteras de Segunda Clase.

Finalmente, las trochas carrozables corresponden a vías con IMDA generalmente inferior a 200 vehículos/día, que no cumplen con todos los requisitos geométricos de una carretera. Tienen un ancho mínimo de calzada de 4,00 m, con plazoletas de cruce cada 500 m, y su superficie de rodadura puede estar afirmada o sin afirmar.

Esta clasificación de las carreteras, además de ordenar las vías en nuestro país, facilita el establecimiento de prioridades de inversión y conservación, tomando en cuenta que las vías con mayor IMDA requieren parámetros geométricos más exigentes para garantizar seguridad y capacidad de operación. Sin embargo, la cantidad de vehículos no es el único factor determinante para el diseño, ya que la topografía del terreno es crucial, es por esto que se da lugar a la categorización por orografía.

2.1.1.2. Clasificación por orografía. De acuerdo con el MTC (2018), también se pueden clasificar dependiendo a la orografía predominante del terreno por donde pasa el trazo de la carretera, la clasificación por orografía se define en función a la pendiente transversal al eje de la vía y la pendiente longitudinal. Según los valores que se tenga en una vía, esta se puede clasificar en cuatro tipos de orografía, cuyos parámetros normativos se definen en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de la Orografía

Tipo	Nombre	Pendiente transversal (p)	Pendiente longitudinal (s)	Características
Tipo 1	Terreno plano	≤ 10 %	< 3 %	Movimiento de tierras mínimo. Diseño más sencillo. Buenas condiciones geométricas.
Tipo 2	Terreno ondulado	11-50 %	3-6 %	Movimiento de tierras moderado. Se requiere adaptar curvas, pendientes longitudinales moderadas.
Tipo 3	Terreno accidentado	51-100 %	6-8 %	Alta dificultad. Cortes, rellenos significativos. Diseño geométrico más complejo.
Tipo 4	Terreno escarpado	> 100 %	≥ 8 %	Terreno muy inclinado. Requiere ingeniería avanzada: muros, viaductos, taludes, etc. Condiciones más exigentes.

Nota. Adaptado del *Manual de Carreteras DG-2018* (p. 14), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.

Entender las características del terreno es esencial para poder dar soluciones de ingeniería acordes a las particularidades físicas del área de estudio. La clasificación por orografía es un criterio fundamental para el diseño y planificación de carreteras, pues permite anticipar el grado de complejidad técnica, los volúmenes de movimiento de tierras y las condiciones geométricas que serán necesarias para garantizar la funcionalidad y seguridad vial.

La relación entre la clasificación por orográfica y por diseño geométrico se refleja en la necesidad de adaptar a la cantidad de vehículos que transcurren, las pendientes, los radios de curva y las secciones de la vía a las características naturales del terreno, siempre adaptándose a las necesidades de cada lugar, ya que nuestro territorio es muy complejo.

2.1.1.3. Sistema nacional de carreteras (SINAC). El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú constituye el marco de gestión encargado de clasificar, organizar y administrar la red vial a nivel nacional, con la finalidad de asegurar la conectividad del territorio.

A. Red vial nacional. Comprende las vías de mayor jerarquía, constituidas por los ejes longitudinales y transversales más relevantes del ámbito nacional. Representa la columna vertebral del SINAC y actúa como receptor de las vías departamentales o regionales y de las vecinales o rurales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2007, art. 4).

B. Red vial departamental o regional. Está compuesta por las carreteras bajo la jurisdicción de los gobiernos regionales. Su función principal es conectar la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural, sirviendo de enlace intermedio entre ambos niveles (MTC, 2007, art. 4).

C. Red vial vecinal o rural: Reúne las carreteras de ámbito local. Su propósito es articular las capitales de provincia con los distritos, conectar distritos entre sí y vincular centros poblados con las redes nacional y regional. De esta manera, asegura la accesibilidad de las zonas rurales y de menor escala territorial (MTC, 2007, art. 4).

Este enfoque jerárquico no solo organiza las competencias de mantenimiento entre niveles de gobierno, sino que responde a la lógica de accesibilidad territorial y desarrollo económico regional.

2.1.2. Diseño geométrico

El diseño geométrico es una rama fundamental en la ingeniería vial, este se encarga de definir la forma y disposición tridimensional de las carreteras, autopistas y otras vías de transporte. No se reduce únicamente a dibujar un recorrido en el mapa, sino que integra diversos factores esenciales que buscan asegurar la seguridad, la eficiencia y la comodidad de los usuarios quienes

lo transitan.

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía. (MTC, 2018, p. 124).

2.1.2.1. Diseño geométrico en planta. El alineamiento horizontal se define principal es garantizar una operación vehicular continua y segura, permitiendo mantener la como la proyección del eje de la carretera sobre un plano horizontal, conformado por la sucesión coordinada de trazos rectos, curvas circulares y curvas de transición (MTC, 2018, p. 124). Su objetivo es la velocidad de diseño en la mayor longitud posible del camino.

La inclusión de curvas de transición es vital. Autores como Garber y Hoel (2018) destacan que su función trasciende lo geométrico, constituyéndose en un elemento crucial para la seguridad. Estas curvas facilitan una variación gradual de la fuerza centrífuga, introducen el peralte de manera progresiva y, fundamentalmente, proveen una adecuada guía visual al conductor, permitiéndole anticipar la curva y modificar su trayectoria de forma natural.

En síntesis, el diseño del alineamiento horizontal es un proceso de integración técnica que busca armonizar tres dimensiones: la física del movimiento vehicular, que demanda trazados suaves y armónicos; la geomorfología del terreno, que condiciona la ubicación de la vía en función a la topografía; y el factor humano, relacionado con la comodidad y percepción del usuario buscando garantizar vías más seguras. El resultado óptimo es un eje vial que no solo define el trazo físico de la carretera, sino que configura una ruta intuitiva, segura y eficiente. Es acá donde se define el éxito de un proyecto vial, logrando un equilibrio de exigencia técnica, garantizando la integración territorial con el desarrollo vial.

Consideraciones de diseño**:** El MTC (2018) indica que se debe considerar las siguientes consideraciones en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos, reemplazarlo por curvas de grandes radios.
- Cuando los ángulos de deflexión son pequeños, es decir, iguales o menores a 5°, los radios deben ser lo bastante amplios para asegurar una longitud mínima de curva (L), la cual se determina mediante la siguiente fórmula:

$$L > 30\ (10 - \Delta),\ \Delta < 5° \qquad (01)$$

Donde:

L: en metros.

Δ: en grados.

- No se usará nunca ángulos de deflexión de 59’ (minutos). La longitud mínima de curva (L) se determina de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 2

Longitud Mínima de Curva (L)

Carretera red nacional	L (m)
Autopistas	6 V
Carreteras de dos carriles	3 V

Nota. Adaptado del *Manual de carreteras: DG – 2018 (p. 125)*, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018. *V*: Velocidad de Diseño (km/h).

- No es necesario diseñar una curva horizontal cuando se trata de ángulos de

deflexión pequeños. La siguiente tabla presenta los valores máximos de ángulo de inflexión en los que no se requiere este tipo de curva.

Tabla 3

Ángulos de Inflexión Máximos en Curva Horizontal

Velocidad de diseño (km/h)	Deflexión máxima aceptable sin curva horizontal
30	2° 30’
40	2° 15’
50	1° 50’
60	1° 30’
70	1° 20’
80	1° 10

Nota. Adaptado del *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* (p. 126), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.

- La longitud mínima para curvas horizontales en carreteras principales (Lc mín.), deberá ser tres veces mayor que la velocidad de diseño expresado en km/h, es decir:

$$Lc_{min} = 3V \qquad (02)$$

- No se recomienda diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.
- Al concluir tramos rectos prolongados o segmentos con curvaturas suaves, las curvas horizontales que se incorporen deben enlazarse de manera progresiva y decreciente respecto a la anterior, con el fin de guiar adecuadamente al conductor. Asimismo, es indispensable prever la instalación de la señalización correspondiente.
- No es aconsejable colocar dos curvas seguidas si entre ellas existe un tramo recto. En su lugar, resulta mejor emplear una sola curva amplia o un arco circular que

forme una curva compuesta. Además, el tramo recto intermedio debe tener una longitud mayor a 500 m.

2.1.2.2. Diseño geométrico en perfil. El alineamiento vertical constituye la proyección del eje de la carretera sobre el plano vertical, integrando tramos rectos de pendiente uniforme (ascendentes o descendentes) enlazados mediante curvas verticales parabólicas (MTC, 2018). El objetivo principal de tener un buen diseño geométrico del perfil en una carretera es garantizar la operación vehicular continua y segura, manteniendo la velocidad de diseño y asegurando las distancias de visibilidad necesarias.

Autores como Garber y Hoel (2018) destacan que el diseño vertical trasciende lo técnico: es un equilibrio entre la topografía del terreno (que determina pendientes y radios) y la seguridad vial. Las curvas verticales, ya sean convexas o cóncavas, no solo suavizan la transición entre pendientes, sino que son esenciales para garantizar la visibilidad de parada y adelantamiento, especialmente en zonas de cambio de pendiente donde la visual es crítica.

Desde una perspectiva más integral, el perfil longitudinal agrupa múltiples variables. El ingeniero debe armonizar exigencias técnicas (visibilidad, drenaje, costos) con criterios operacionales (velocidad, comodidad) y ambientales (integración paisajística). Un diseño exitoso es el que, de manera imperceptible para el conductor, guía el vehículo superando desniveles con fluidez, garantizando siempre la seguridad y eficiencia en todo el recorrido.

De acuerdo con las especificaciones del DG (2018), el diseño de la rasante debe adaptarse a la topografía del terreno, en especial si hablamos de la sierra peruana, siguiendo los siguientes criterios fundamentales:

- En terrenos planos, se recomienda ubicar la rasante por encima del nivel natural del

suelo para garantizar un drenaje adecuado.

- En terrenos ondulados, la rasante idealmente debe seguir las suaves inflexiones del terreno, priorizando con ello la economía de la obra.
- En terrenos accidentados, el perfil debe adaptarse al relieve, evitando en lo posible la creación de tramos en contrapendiente que generen alargamientos innecesarios de la vía.
- En terrenos escarpados, el trazado del perfil longitudinal estará condicionado por la divisoria de aguas.

Asimismo, se definen los lineamientos generales para el diseño de la rasante. Es prioritario lograr un perfil compuesto por pendientes moderadas y variaciones graduales, coherentes con la categoría de la vía y la topografía existente. Se debe evitar la sucesión de dos curvas verticales del mismo sentido conectadas por una tangente corta, ya que en el caso de curvas convexas se generan sectores extensos con visibilidad restringida, y en las cóncavas, se produce una percepción visual distorsionada de la distancia y la curvatura. Finalmente, en tramos de bajada con pendientes pronunciadas y de gran longitud, es recomendable incorporar carriles de emergencia que faciliten maniobras de frenado seguro.

En el caso particular de la sierra peruana (Apurímac), el diseño del alineamiento vertical presenta retos significativos debido a la complejidad topográfica y geológica del terreno. Las pendientes naturales suelen ser pronunciadas, los suelos variables y las condiciones climáticas extremas (lluvias intensas y posibles deslizamientos), esto obliga al ingeniero realizar un diseño que priorice la estabilidad y el drenaje superficial. En estas zonas, la rasante debe buscar un equilibrio entre la reducción de movimientos de tierra y la seguridad vehicular, adoptando

pendientes máximas dentro de los límites normativos pero ajustadas a la realidad constructiva. Asimismo, es recomendable aplicar soluciones de flexibilidad geométrica (recomendado por profesionales con amplia experiencia), como el uso de curvas verticales más amplias y la implementación de obras de contención o de drenaje complementarias, que permitan mantener la continuidad operativa y minimizar los costos de mantenimiento en el tiempo.

2.1.2.3. Diseño geométrico de las secciones transversales. La sección transversal representa el corte vertical perpendicular al eje de la vía, definiendo la disposición, dimensiones y relación de todos sus componentes con el terreno natural (MTC, 2018). Este diseño es dinámico y variable a lo largo del trazado, ya que integra elementos como calzadas, bermas, cunetas y taludes, cuya configuración depende directamente de la función vial, la topografía y el contexto socioeconómico del área de influencia.

Autores como Garber y Hoel (2018) enfatizan que la sección transversal es la materialización física de los criterios de seguridad, capacidad y operación de la vía. El elemento central es la calzada, cuyo ancho y número de carriles determinan el nivel de servicio. Sin embargo, elementos complementarios como las bermas o los carriles de aceleración/desaceleración en accesos a centros comerciales, mencionados en la norma DG (2018) son cruciales para gestionar conflictos vehiculares y peatonales, especialmente en zonas urbanas o de alta concentración de actividades.

Desde una perspectiva integral, el diseño trasciende lo técnico: debe articularse con el alineamiento horizontal y vertical para formar un sistema coherente. Un diseño eficaz no solo distribuye espacio entre vehículos y usuarios vulnerables, sino que también responde a los desafíos como el drenaje superficial, la estabilidad de taludes y la integración segura de intersecciones o estructuras especiales (puentes, túneles). La sección transversal óptima es aquella que equilibra

capacidad, seguridad, costos e impacto ambiental, adaptándose flexiblemente a las condiciones particulares de cada tramo de la vía.

En la sierra apurimeña, el diseño de las secciones transversales enfrenta desafíos aún mayores debido a la topografía abrupta, los suelos inestables y la presencia de zonas con alta susceptibilidad a deslizamientos. Estas condiciones obligan a una planificación más precisa de las soluciones constructivas adaptadas al terreno del lugar, priorizando la estabilidad y la seguridad operativa. Además, la variabilidad climática y la erosión acelerada propias de la región exigen mantenimiento preventivo constante y la incorporación de medidas sostenibles, como sistemas de drenaje eficientes y coberturas vegetales, que permitan conservar la funcionalidad y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

2.1.3. Índice medio diario anual (IMDA)

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es un parámetro fundamental en la planificación y diseño geométrico de carreteras, pues representa el número promedio de vehículos que transitan diariamente por una vía a lo largo de un año. De acuerdo con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (MTC, 2018), el IMDA permite clasificar la jerarquía vial, dimensionar la sección transversal, establecer la velocidad de diseño y proyectar la vida útil de la infraestructura. Para su cálculo, se requieren los conteos vehiculares clasificados establecidos por el MTC, aplicando factores de corrección diarios, semanales y estacionales, con el fin de reflejar la variabilidad del tránsito a lo largo del tiempo, en una proyección de 10 años aproximadamente.

De acuerdo con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2018), el IMDA permite diferenciar las vías de acuerdo con su demanda de tránsito. Así, se establecen categorías que van desde carreteras de primera clase, con volúmenes elevados de vehículos diarios, hasta carreteras

de cuarta clase, destinadas a atender bajos volúmenes de tránsito en zonas rurales.

En el ámbito internacional, el IMDA es considerado una variable esencial para la planificación vial, ya que orienta tanto el diseño geométrico como las decisiones de inversión y mantenimiento (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018). Asimismo, permite comparar el nivel de servicio de distintas vías y proyectar el crecimiento del tránsito en horizontes de diseño de 10, 15 o 20 años.

El IMDA se calcula de la multiplicación del Índice medio diario semanal (IMDS) por el Factor de corrección estacional (FC):

$$IMDA = IMDS \times FC \qquad (03)$$

Donde:

$IMDA$: Índice medio diario anual 21 $IMDS$: índice medio diario semanal

FC: Factor de corrección estacional

El Factor de Corrección Estacional es un multiplicador clave que nos permite ajustar y ampliar una simple muestra de tráfico para reflejar con precisión cómo fluctúa el flujo vehicular mes a mes a lo largo del año. Este valor no es fijo; cambia dinámicamente según las realidades locales, como podría ser la temporada de siembra, el intenso transporte de cosechas, la celebración de festividades tradicionales y otros eventos estacionales que impactan directamente la circulación. Para garantizar que este factor sea confiable y esté estandarizado, es PROVIAS nacional la entidad encargada de estudiar, calcular y proporcionar oficialmente estos valores. La correcta aplicación de este factor es indispensable para dimensionar adecuadamente la estructura del pavimento y evitar tener errores de impacto de tráfico pesado en la vía a futuro.

2.1.4. Velocidad de diseño

Velocidad escogida para el diseño siendo la máxima que se podrá conducir para mantener la seguridad y comodidad para los usuarios, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables prevaleciendo las condiciones de diseño y tomando como prioridad la seguridad vial de los usuarios (MTC, 2018).

- La longitud mínima que debe tener un tramo de carretera es de 3,0 km cuando la velocidad de diseño se encuentra entre 20 y 50 km/h, y de 4,0 km cuando la velocidad varía entre 60 y 120 km/h.
- La diferencia de velocidad de diseño entre tramos adyacentes no debe ser mayor a 20 km/h.
- Sin embargo, en un tramo con longitud menor a lo especificado, la diferencia de velocidad de diseño no deberá ser mayor de 10 km/h.

Tabla 4

Rangos de Velocidad de Diseño

Clasificación	Orografía	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano						x	x	x	x	x	x
	Ondulado						x	x	x	x	x	
	Accidentado					x	x	x	x			
	Escarpado					x	x					
Autopista de segunda clase	Plano				x	x	x	x	x	x	x	
	Ondulado				x	x	x	x	x			
	Accidentado				x	x	x	x	x			

Clasificación	Orografía	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Carretera da primera clase	Escarpado				x	x	x					
	Plano				x	x	x	x	x			
	Ondulado				x	x	x					
	Accidentado				x	x	x					
Carretera de segunda clase	Escarpado			x	x	x						
	Plano				x	x	x	x	x			
	Ondulado				x	x	x					
	Accidentado			x	x	x						
Carretera de tercera clase	Escarpado		x	x	x							
	Plano		x	x	x	x	x	x				
	Ondulado		x	x	x	x	x					
	Accidentado	x	x	x								
	Escarpado	x										

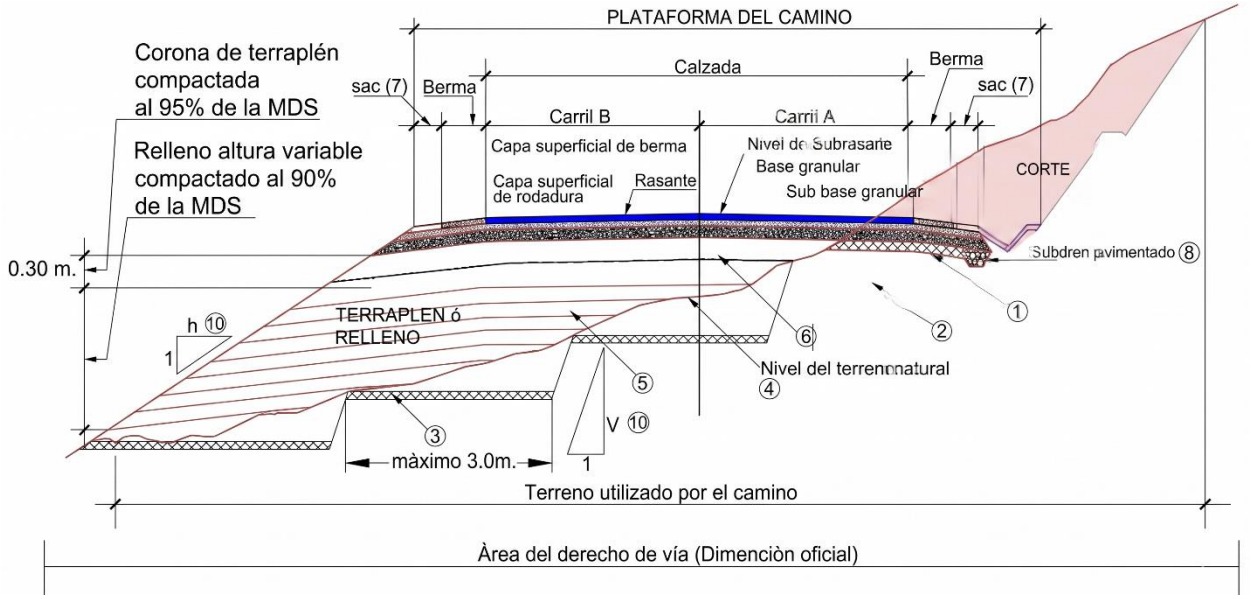
Nota. Adecuado del *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018* (p. 97), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.

2.1.5. Componentes de la infraestructura del camino

La Figura 1 presenta los componentes del camino que son definidos en los siguientes acápites.

Figura 1

Sección típica de la infraestructura del camino



Nota. Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos, Versión abril 2014, Pág. 23.

1) Zona destinada a la preparación del terreno que servirá de base para la infraestructura vial en sectores de corte, donde se realizará la escarificación hasta una profundidad de 150 mm. Posteriormente, se procederá a la conformación y nivelación según las pendientes transversales establecidas, y a la compactación al 95% de la densidad seca máxima, con un espesor compactado de 300 mm.

2) Cuando la excavación se realice en roca, el corte debe extenderse 150 mm por debajo del nivel superior de la subrasante. Las zonas excavadas en exceso deberán rellenarse con material seleccionado de subbase granular (CBR > 40%). La superficie final del corte en roca debe quedar nivelada, sin cavidades, sin puntas salientes, sin excedentes y libre de cualquier material perjudicial.

3) En las zonas de terraplén o relleno, la preparación del terreno de asiento de la infraestructura vial comprende labores de limpieza, escarificación y conformación hasta una profundidad mínima de 150 mm. Cuando los terraplenes se construyan sobre terrenos con pendiente natural cercana al 20%, será necesario realizar cortes escalonados que formen banquetas, a fin de garantizar la estabilidad del terraplén.

4) El terreno ubicado al menos a 0,60 m por debajo del nivel de la subrasante debe estar conformado por suelos estables y adecuados, con un CBR mínimo de 6%. Si se identifican suelos deficientes o inadecuados, estos deberán ser reemplazados, mejorados, estabilizados o sustituidos, según lo determine el proyectista, con el propósito de garantizar la estabilidad de la subrasante.

5) La conformación de la base y del cuerpo del terraplén o relleno se ejecutará en capas de un espesor máximo de 300 mm, las cuales deberán ser compactadas hasta alcanzar el 90% de la densidad seca máxima.

6) La corona del terraplén o relleno deberá contar con un espesor mínimo de 300 mm, conformado en dos capas de 150 mm cada una, las cuales deberán compactarse al 95% de la densidad seca máxima.

7) Sobre ancho de compactación.

8) Sub-dren de pavimento. En los sectores de la carretera donde el pavimento se asienta sobre una subrasante de suelo no permeable.

9) h Dependerá del tipo de material del terraplén o relleno.

10) v Dependerá del tipo de material de corte.

2.1.6. Estudio de suelos

Identificar las características y su clasificación de los suelos, es importante para saber qué tipo de material será el más adecuado, definiendo también el espesor y compactado del mismo, pues gracias a las características del suelo se determinará el correcto diseño de la estructura del pavimento.

2.1.6.1. Caracterización de la sub rasante

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante las calicatas de 1,5 m de profundidad como mínimo; el número mínimo de calicatas por kilómetro estará de acuerdo a la Tabla 5 (MTC, 2014, p. 28).

Tabla 5

Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1,50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1,50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1,50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1,50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1,50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 2 calicatas x km	

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1,50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 1 calicata x km	

Nota. Adecuado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos, Versión abril 2014, pág. 28. IMDA = Índice Medio Diario Anual; veh/día = vehículos por día.

Asimismo, se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de Módulo Resiliente (MR) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de MR; la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera (MTC, 2014, p. 29).

Tabla 6

Número de Ensayos MR y CBR

Tipo de Carretera	N° MR y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido

Tipo de Carretera	N° MR y CBR
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por MTC, 2014, p. 30. IMDA = Índice Medio Diario Anual; veh/día = vehículos por día; MR = Módulo Resiliente; CBR = California Bearing Ratio.

2.1.6.2. Ensayos de laboratorio para la caracterización de suelos. La caracterización geotécnica completa de los suelos obtenidos en las calicatas requiere de una serie de ensayos de laboratorio normalizados. Estos ensayos permiten cuantificar las propiedades índices y mecánicas fundamentales para el diseño de la infraestructura vial, en particular, para la estabilidad de terraplenes y el dimensionamiento de la estructura del pavimento (Das, 2019; MTC, 2014).

- **Granulometría:** Este ensayo, normado por el MTC (2014) y la ASTM D6913, determina la distribución del tamaño de las partículas de un suelo mediante tamizado (para fracciones gruesas) y el método del hidrómetro (para fracciones finas). Los resultados se expresan en una curva granulométrica que permite clasificar el suelo según sistemas unificados (SUCS) o AASHTO. La composición granulométrica incide directamente en propiedades como la permeabilidad, compresibilidad y resistencia al corte, siendo crítica para seleccionar materiales para subrasantes, rellenos y capas granulares (Das, 2019).

- **Límites de Atterberg:** Estos límites de consistencia, que incluyen el Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP = LL - LP), se determinan según los protocolos del MTC (2014) y la ASTM D4318. El LL representa el contenido de humedad que causa la transición entre el estado líquido y plástico, mientras que el LP marca el cambio del estado plástico al semisólido. El IP es un indicador clave de la plasticidad de un suelo; valores elevados denotan una alta sensibilidad al agua, lo que se traduce en un mayor potencial de expansión, contracción y pérdida de resistencia ante cambios de humedad, una consideración esencial para la estabilidad de la subrasante (Das, 2019).

- **Ensayo proctor modificado:** Estipulado en la MTC E 115-2000 (equivalente a la ASTM D1557), este ensayo determina la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca de un suelo compactado con una energía de compactación elevada. Proporciona la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo, parámetros que constituyen la referencia obligatoria para las especificaciones de compactación en obra. Alcanzar un porcentaje de compactación adecuado (e.g., 95% del Proctor Modificado para la subrasante) es crucial para garantizar la resistencia, reducir la deformabilidad y minimizar la permeabilidad del suelo de fundación (MTC, 2014).

- **Ensayo CBR (California Bearing Ratio):** Normado por la MTC E 132-2000 (ASTM D1883), el ensayo CBR mide la resistencia al cortante de un suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Expresa la capacidad soporte del material como un porcentaje de la resistencia que ofrece un material estándar. El valor CBR es el parámetro fundamental para el diseño empírico de espesores de pavimentos flexibles, según metodologías ampliamente aceptadas como la de la AASHTO (1993) o las propias cartas de diseño del MTC (2014). Un CBR bajo (< 5%) indica una subrasante pobre que requerirá

mayores espesores de base y subbase o incluso su estabilización. Adicionalmente, existen correlaciones empíricas entre el CBR y el Módulo Resiliente (MR), permitiendo su uso en metodologías de diseño mecanístico-empírico.

2.1.6.3. Registros de excavación. Los registros de excavación, como las calicatas, constituyen una herramienta fundamental para caracterizar geotécnicamente el terreno donde se apoyará la infraestructura vial. Según el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014), este proceso implica no solo la extracción metódica de muestras representativas de cada estrato, sino también su adecuada identificación con datos precisos de ubicación (coordenadas UTM), profundidad y descripción de propiedades y preservación en bolsas de polietileno para su análisis en laboratorio.

Autores como Das (2019) en Fundamentos de Ingeniería Geotécnica destacan que el verdadero valor de estos registros trasciende la recolección de muestras: reside en la documentación rigurosa de las características de cada estrato (espesor, gradación, compacidad), que permite interpretar el comportamiento del suelo ante las cargas del tránsito y las condiciones ambientales. Además, la extracción de muestras para ensayos de Módulo Resiliente (MR) o CBR cuya frecuencia depende de la categoría de la vía es indispensable para modelar la respuesta mecánica de la subrasante y diseñar pavimentos eficientes y duraderos.

Desde una perspectiva integral, los registros de excavación forman parte de la base para la toma de decisiones técnicas y económicas. Un registro bien elaborado no solo garantiza la representatividad de las muestras, sino que también evita imprevistos durante la construcción, optimizando el diseño de pavimentos y reduce costos al prever tratamientos o mejoras específicas del suelo. En esencia, documentar con precisión el subsuelo es fundamental para asegurar la estabilidad, durabilidad y seguridad de cualquier proyecto vial, ya que sin un estudio de suelos

bien realizado e identificado, la carretera ejecutada no tendrá la eficiencia y durabilidad que debería tener y se perderá en pocos años o hasta meses, generando una pérdida económica y causando deterioro en la vía, afectando directamente la conectividad y el desarrollo socioeconómico de los centros poblados que dependen de estas vías, es por esto que tener un mala información de los registros de excavación desencadenara una serie de errores a corto y largo plazo para la vía a mejorar.

Así mismo se extraerán muestras representativas de la sub rasante para realizar ensayos de Módulos de Resiliente (MR) o ensayos de CBR para correlacionarse con ecuaciones de MR, la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera (MTC, 2014, p. 29). En ese sentido, los manuales vigentes los estudios básicos dependiendo al IMDA proyectado, la Tabla 7 se detalla las frecuencias exigidas para cada caso.

Tabla 7

Número de Ensayos MR y CBR

Tipo de Carretera	N° MR y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido

Tipo de Carretera	N° MR y CBR
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido

Nota. Adecuado del manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos, Versión abril 2014, Pág. 30. IMDA = Índice Medio Diario Anual; veh/día = vehículos por día; MR = Módulo Resiliente; CBR = California Bearing Ratio.

Los registros de excavación, como las calicatas, constituyen la base para la caracterización geotécnica del terreno para los proyectos viales. Según el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014), estos registros no solo documentan las propiedades de los estratos del subsuelo, sino que también determinan la frecuencia de ensayos de laboratorio (como el CBR o Módulo Resiliente) necesarios para diseñar pavimentos seguros y duraderos. La normativa específica que la densidad de muestreo varía según la etapa del proyecto: en estudios de factibilidad o prefactibilidad, la frecuencia de ensayos se reduce a la mitad respecto a proyectos definitivos, mientras que en estudios a nivel de perfil se triplica la distancia entre muestreos, priorizando información secundaria cuando esté disponible.

A la fecha los estudios de factibilidad o prefactibilidad fueron modificados por el invierte.pe, actualmente se habla de ficha técnica simplificada y ficha técnica estándar, dependiendo del monto de inversión serán clasificados estos niveles de estudios.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada–propositiva, pues busca generar una solución técnica al problema identificado en la carretera AP-748 mediante el planteamiento de una propuesta de mejoramiento basada en los criterios del Manual de Carreteras DG–2018. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2021), la investigación aplicada tiene como propósito resolver necesidades concretas de una realidad específica, lo que se vincula directamente con los objetivos de esta tesis.

El estudio adopta un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). El componente cuantitativo se sustenta en la medición de variables físicas y técnicas, tales como el Índice Medio Diario Anual (IMDA), radios de curva, pendientes y resultados de ensayos de suelos. En paralelo, el componente cualitativo incorpora la observación directa de las condiciones de transitabilidad, la interacción con la comunidad y la valoración de aspectos perceptuales vinculados a la seguridad vial. Este enfoque integral permite comprender de manera holística la problemática y elaborar una propuesta técnica contextualizada.

Asimismo, el diseño metodológico es no experimental y de corte transversal, dado que no se manipulan variables independientes, sino que se describen y analizan tal como se presentan en un momento determinado. De acuerdo con Bernal (2016), este tipo de diseño resulta adecuado para estudios donde se requiere caracterizar fenómenos y proponer soluciones sin alterar las condiciones originales del objeto de estudio.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

El desarrollo de la presente investigación se enmarca en un período bien definido, comprendido entre febrero de 2024 y junio de 2025, estructurado en cuatro etapas metodológicas principales, en correspondencia con el procedimiento descrito en el ítem 3.6:

- Etapa de planificación (febrero – abril 2024): Incluyó la revisión bibliográfica, la elaboración de instrumentos de campo, la gestión de permisos ante la Municipalidad Distrital de Sañayca y la planificación logística de las campañas de campo.
- Etapa de recolección de datos (mayo – julio 2024): Se ejecutaron los levantamientos topográficos, inventarios viales, el estudio de tráfico (aforo vehicular de siete días) y las calicatas para los ensayos de suelos.
- Etapa de procesamiento y análisis (agosto – diciembre 2024): Se calcularon los valores del IMDA, se modeló el terreno en AutoCAD Civil 3D, se procesaron los resultados de laboratorio (CBR y granulometría) y se elaboró el diagnóstico contrastado con la normativa DG–2018.
- Etapa de evaluación y propuesta (enero – junio 2025): Se formuló el diseño geométrico de mejoramiento, se elaboraron los planos finales de ingeniería y se redactaron los capítulos de resultados, discusión y conclusiones.

Cabe precisar que, aunque el diseño metodológico es no experimental y transversal, la investigación incorpora proyecciones del Índice Medio Diario Anual (IMDA) al año 2035, lo que asegura la pertinencia de los resultados en el mediano plazo. Como señalan Bernal (2016) y Hernández-Sampieri y Mendoza (2021), la delimitación temporal de las fases metodológicas constituye un elemento esencial para garantizar la coherencia y validez de los resultados de una investigación aplicada.

3.2.2. Ámbito espacial

La investigación se desarrolla en el tramo de la carretera vecinal AP-748, ubicada en el distrito de Sañayca, provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac, Perú. El ámbito de estudio comprende 14,74 kilómetros de longitud, delimitados entre el sector de Huayllaripa (km 0+000) y el sector de Taqrapata (km 14+497).

Esta vía constituye un eje de conectividad estratégico para el desarrollo distrital, pues articula centros poblados y zonas de producción agropecuaria que históricamente han permanecido en situación de relativo aislamiento. La carretera facilita el transporte de productos agrícolas y ganaderos hacia mercados locales y provinciales, además de garantizar el acceso a servicios básicos como educación, salud y comercio.

Desde el punto de vista físico, el tramo se emplaza en un entorno de topografía accidentada a escarpada correspondiente a los Tipos 3 y 4 de la clasificación orográfica del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (MTC, 2018), con altitudes que oscilan entre los 3 961 y 3 990 m s. n. m. Estas condiciones representan un desafío significativo para el diseño geométrico y constituyen uno de los factores determinantes en la selección de la ruta como objeto de estudio.

La delimitación espacial precisa del tramo se presenta cartográficamente en la Figura 1 (ver Anexo A), donde se detalla la ubicación política, el trazo de la vía y su relación con la red vial circundante. Tal delimitación es fundamental para establecer los alcances y límites de la investigación, en línea con lo señalado por Hernández-Sampieri y Mendoza (2021), quienes destacan que la precisión en la definición espacial garantiza la validez y aplicabilidad de los resultados en contextos similares.

3.3. Variables

Para el desarrollo de la investigación, se han definido dos variables centrales que permitirán medir y analizar la problemática de estudio. La variable independiente corresponde a los 'Criterios de diseño geométrico del Manual de Carreteras DG-2018', entendidos como el conjunto de normas y parámetros técnicos que establece el ente rector para el diseño vial. La variable dependiente es la 'Propuesta de mejoramiento de la carretera AP-748', la cual constituye el producto final de la investigación y se evalúa en términos de su seguridad, eficiencia operativa y conectividad.

La relación entre ambas variables es de aplicación y efecto: la correcta aplicación de los criterios del manual (V.I.) determinará la calidad y viabilidad técnica de la propuesta de mejoramiento (V.D.). A continuación, se operacionalizan ambas variables detallando sus dimensiones, indicadores e instrumentos de medición.

Tabla 8

Operacionalización de las Variables de Investigación

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas/Instrumentos
Variable independiente: Criterios de diseño geométrico del Manual DG–2018 (MTC, 2018)	Diseño en planta	- Radios de curva horizontales - Longitud mínima de curvas - Ángulos de deflexión - Distancia de visibilidad de adelantamiento	Levantamiento topográfico, modelamiento en Civil 3D, comparación normativa

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas/Instrumentos
	Diseño en perfil	- Pendientes longitudinales (%) - Longitudes de rasante - Curvas verticales (convexas y cóncavas) - Distancias de visibilidad de parada	Levantamiento topográfico, procesamiento en software CAD
	Sección transversal	- Ancho de calzada (m) - Ancho de bermas - Sobreelevación/peralte - Taludes de corte y relleno	Inventario vial, levantamiento de campo, DG–2018
Variable dependiente: Propuesta de mejoramiento de la carretera AP-748	Seguridad vial	- Cumplimiento de parámetros normativos - Reducción de tramos con radios y pendientes fuera de norma - Incremento de distancias de visibilidad	Diagnóstico comparativo, planos de ingeniería, observación de campo
	Eficiencia operativa	- Velocidad de operación (km/h) - Reducción de tiempo de viaje (%) - Transitabilidad en temporada de lluvias	Aforo vehicular, simulaciones de tránsito, encuestas a usuarios

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas/Instrumentos
	Conectividad	- Accesibilidad a centros poblados - Reducción de aislamiento de comunidades - Integración con la red vial departamental	Observación directa, entrevistas, análisis cartográfico (SIG)

Nota. Adaptado del *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* (MTC, 2018). MTC = Ministerio de Transportes y Comunicaciones; DG = Diseño Geométrico; CAD = Diseño Asistido por Computadora; SIG = Sistemas de Información Geográfica.

En síntesis, la operacionalización de variables constituye la base metodológica que orienta el proceso de recolección, análisis y contrastación de resultados, asegurando la coherencia entre el marco teórico, los objetivos, las hipótesis y la propuesta técnica final. Tal como señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2021), la definición clara de variables e indicadores permite establecer un puente entre los constructos teóricos y la evidencia empírica, fortaleciendo la validez de la investigación.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio está constituida por la totalidad del tramo de la carretera vecinal AP-748, el cual se extiende a lo largo de 14,74 kilómetros, entre el sector de Huayllaripa (km 0+000) empalme con la vía vecinal AP-747 y Taqrapata (km 14+497), en el distrito de Sañayca,

Apurímac. Esta vía fue seleccionada por presentar deficiencias geométricas críticas y representativas de la problemática vial rural en topografía accidentada, tal como se identificó en el diagnóstico preliminar.

3.4.2. Muestra

Dado que la naturaleza de la investigación es un estudio de caso y el proyecto de mejoramiento debe ser integral, no se realizó un muestreo de sub-tramos. En su lugar, se llevó a cabo un censo de la población, estudiando la totalidad de los 14,74 km de la vía. Esto garantiza que el diagnóstico y la propuesta de rediseño abarquen todas las singularidades y puntos críticos del tramo, desde el inicio hasta el final, asegurando una solución técnica coherente y completa.

3.5. Instrumentos

Para la recolección, procesamiento y análisis de datos en todas las etapas de la investigación, se empleó un conjunto de instrumentos tecnológicos, de campo y documentales. Estos fueron seleccionados por su precisión, confiabilidad y estricta adecuación a los estándares de la ingeniería vial peruana. A continuación, se detallan clasificados por su función principal:

3.5.1. Instrumentos para revisión documental y normativa

- Revisión de documentos en línea: Se realizó una exhaustiva búsqueda y consulta en bases de datos digitales y repositorios institucionales para recopilar normativas, manuales, libros, artículos científicos y tesis relacionados con el diseño geométrico de carreteras y estudios de suelos. La principal fuente normativa fue el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del MTC, que rigió todos los parámetros de diseño.
- Plataformas: Navegadores de internet, repositorios universitarios, portal oficial del MTC,

Google Scholar.

3.5.2. Software especializado

Tabla 9

Software Utilizados en la Investigación

Software	Versión	Propósito o uso específico en la investigación
AutoCAD Civil 3D	2022	Modelamiento digital del terreno, diseño geométrico del alineamiento horizontal y vertical, generación de planos de planta, perfil y secciones transversales.
Microsoft Excel	2021	Procesamiento y análisis de datos numéricos (cálculo de IMDA, resultados de ensayos de laboratorio), creación de gráficos y tablas.
Microsoft Word	2021	Redacción y formato del documento de tesis.
Google Earth Pro	7.x.	Obtención de imágenes satelitales para el reconocimiento preliminar del área de estudio y contextualización geográfica.
DroneDeploy	5.48.1	Planificación de la ruta de vuelo del dron para el levantamiento fotogramétrico.
Pix4D	4.10	Procesamiento de las imágenes capturadas por el dron para generar la nube de puntos, el modelo digital de elevación (MDE) y las ortofotos.

Nota. IMDA = Índice Medio Diario Anual; MDE = Modelo Digital de Elevación.

3.5.3. Equipos de campo, topografía y geotecnia

- Drone Phantom 4 Pro: Utilizado para realizar el levantamiento topográfico mediante

fotogrametría, obteniendo ortofotos de alta resolución y un modelo digital del terreno para complementar los datos de la estación total.

- Estación Total Leica TS06 (5”): Para el levantamiento topográfico de alta precisión mediante poligonales, medición de ángulos y distancias.
- GPS Diferencial Trimble R8S: Para el georreferenciamiento de los puntos de control (base y vértices) a lo largo de la vía, obteniendo coordenadas UTM precisas (Este, Norte, Cota).
- Eclímetro CST: Para la medición directa de pendientes transversales y longitudinales en campo.
- Wincha metálica: Para mediciones de anchos de calzada, bermas y otras dimensiones de la sección transversal.
- Cámara fotográfica: Para el registro fotográfico sistemático del estado actual de la vía (técnica de observación fotográfica), documentando puntos críticos, estado del pavimento y obras de arte.
- Herramientas de calicata, moldes Proctor, prensa/rig CBR, tamices, balanza.

3.5.4. Equipo de procesamiento de datos

- Ordenador portátil HP Pavilion: Configurado con un procesador Intel Core i5, 8 GB de RAM y almacenamiento SSD, con la capacidad suficiente para operar el software AutoCAD Civil 3D 2022 y procesar modelos digitales sin inconvenientes.
- Impresora multifuncional Epson L575: Para la impresión de planos y formatos de campo
- En laboratorio se desarrollaron ensayos de granulometría (MTC E-107 / ASTM D422), límites

de Atterberg (MTC E-110 / ASTM D4318), Proctor modificado (MTC E-115 / ASTM C1557) y ensayo CBR (MTC E-132 / ASTM D1883).

3.6. Procedimiento

El desarrollo de la investigación se ejecutó de forma secuencial y sistemática, siguiendo las cuatro etapas metodológicas que se describen a continuación. Este flujo de trabajo garantiza la recolección de datos confiables y su procesamiento adecuado para la posterior formulación de la propuesta de mejoramiento.

3.6.1. Etapa de planificación:

En esta fase inicial se sentaron las bases técnicas y logísticas del proyecto. Siguiendo un procedimiento análogo al descrito por Piguave (2023), el levantamiento planimétrico preliminar consideró: la descarga del eje de la vía de un organismo nacional (SIGRID CENEPRED), identificación de ejes en Google Earth y exportación a KMZ para importarlos al GPS submétrico y la importación a Civil 3D para generación de progresivas preliminares. Esta secuencia acelera el modelado preliminar y permite orientar los trabajos de verificación topográfica en campo. Las actividades incluyeron:

- Revisión bibliográfica y normativa: Se realizó una exhaustiva recopilación de información en línea de manuales del MTC (MTC-2018, Manual de Suelos, Manual de Inventarios Viales), normas técnicas, y antecedentes nacionales e internacionales relevantes.
- Elaboración de Instrumentos: Se diseñaron y prepararon los formatos de campo estandarizados del MTC para el inventario vial, conteo vehicular y descripción de calicatas.
- Gestión de Permisos: Se coordinó con la Municipalidad Distrital de Sañayca y se consultó con

las autoridades comunales para obtener las autorizaciones necesarias para el acceso e ingreso a los terrenos.

- Reconocimiento preliminar: Se realizó una visita de campo con el GPS submétrico para identificar puntos críticos, accesos y definir la logística detallada para las actividades en campo.

3.6.2. Etapa de recolección de datos:

Esta fase se llevó a cabo in situ y comprendió la ejecución de los siguientes estudios de manera integrada:

3.6.2.1. Estudio de tráfico. Para caracterizar la demanda vehicular se instalaron dos estaciones de control en los sectores de Huayllaripa (E-2, km 00+000) y Taqrapata (E-1, km 14+497). El conteo vehicular clasificado se realizó durante cuatro días consecutivos, las 24 horas del día, incorporando un día no laborable, conforme a la Resolución Ministerial N.° 936-2023-MTC/01. Se registró el tránsito por tipo de vehículo (livianos, ómnibus, camiones de dos y más ejes).

Adicionalmente, se aplicaron encuestas origen–destino (O/D) en las mismas estaciones durante tres días, en jornadas completas de 24 horas, con el fin de identificar patrones de movilidad, motivos de viaje y distribución de carga y pasajeros, todo esto mediante las encuestas. También se efectuaron mediciones de velocidad operativa mediante pistola láser en tramos homogéneos de la vía, complementando el conteo vehicular. Toda la información fue ordenada y estructurada en las fichas oficiales del MTC que fueron llenadas por nuestros apoyos en las encuestas viales, todo esto acompañada de registros fotográficos y observaciones de campo, garantizando y contrastando los datos del posterior procesamiento en gabinete y la determinación

del IMDA.

Tabla 10

Resume de la Metodología Aplicada en Campo

Actividad	Estaciones	Duración	Horario	Instrumento
Conteo vehicular clasificado	E-1 (Taqrapata), E-2 (Huayllaripa)	4 días consecutivos	24 h/día	Fichas de clasificación vehicular
Encuestas Origen–Destino	E-1 y E-2	3 días consecutivos	24 h/día	Formularios O/D de pasajeros y carga
Medición de velocidades	Tramos homogéneos de la vía	2 días	Horas punta y valle	Cronometrado y fichas de velocidad
Registros complementarios	E-1 y E-2	Continuo	Durante aforos	Fichas de campo y fotografías

Nota. O/D = Origen-Destino.

3.6.2.2. Levantamiento topográfico. Se estableció una poligonal de apoyo con Estación Total Leica TS06 y GPS Diferencial Trimble R8S, consiguiendo precisión centimétrica. Se levantó el eje de la vía y una faja de 30 m a cada lado (ampliando a 50 m en curvas), registrando la topografía y elementos existentes. Vuelo con Dron: Se ejecutó un vuelo fotogramétrico con el Drone Phantom 4 Pro para generar un Modelo Digital del Terreno (MDT) y ortofotos que complementaran el levantamiento tradicional.

3.6.2.3. Inventario vial. Utilizando los formatos del MTC y apoyándose en los puntos topográficos, se registraron cada 100 metros parámetros como: estado de la superficie de rodadura, ancho de calzada y bermas, geometría de curvas, pendientes, estado de obras de drenaje y señalización. La observación fotográfica fue clave para documentar evidencias visuales.

3.6.2.4. Estudio de suelos. Se ejecutaron calicatas a lo largo del trazado con una separación promedio cercana a 1 km (progresivas documentadas en el Estudio de Mecánica de Suelos). Cada calicata alcanzó una profundidad promedio de 1.50 m, desde la cual se tomaron muestras alteradas e inalteradas para ensayos de laboratorio. En laboratorio se realizaron: granulometría, límites de Atterberg (LL, LP, IP), Proctor modificado (determinación de MDS y humedad óptima) y ensayos de CBR referidos al 95 % de la MDS, según las normas MTC/ASTM aplicables. Los registros estratigráficos, fichas de calicata y resultados de laboratorio se consignan en el Anexo correspondiente.

3.6.3. Etapa de procesamiento de datos:

Una vez recolectada la información en campo, se procedió a su procesamiento y análisis:

- Datos de Tráfico: Los datos del conteo vehicular y las encuestas se procesaron en Microsoft Excel para calcular el IMDA actual y proyectado a 10 años.
- Datos Topográficos: La información de la estación total y el GPS se descargó y procesó en AutoCAD Civil 3D 2022 para generar la superficie digital del terreno, el perfil longitudinal y las secciones transversales del estado actual.
- Fotogrametría: Las imágenes del dron se procesaron con software especializado para generar el MDT y las ortofotos, que se integraron al modelo en Civil 3D.
- Datos de Suelos: Las muestras se analizaron en laboratorio realizando ensayos de

granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR, según lo estipulado en el Manual de Suelos del MTC para vías de bajo volumen.

3.6.4. Etapa de evaluación de resultados:

En esta fase final se sintetizó toda la información para formular la propuesta técnica:

- Diagnóstico y Contrastación: Los parámetros geométricos del estado actual (radios, pendientes, anchos) se contrastaron de manera crítica con los valores mínimos y recomendados del Manual DG-2018, identificando las deficiencias.
- Diseño de la Propuesta: Utilizando la superficie digital en Civil 3D, se diseñó el nuevo eje geométrico, optimizando el alineamiento horizontal y vertical, definiendo la sección transversal típica (plataforma de 6.0 m) y ubicando las obras de drenaje (alcantarillas, badenes) necesarias. El diseño prioriza el eje existente para minimizar cortes y rellenos.
- Elaboración de Planos: Se generaron los planos finales de ingeniería: Plano de Planta, Perfil Longitudinal y Secciones Transversales Tipo, acotados bajo normas técnicas.
- Cuantificación de Mejoras: Se estimaron las mejoras en velocidad operativa, reducción de tiempo de viaje e incremento en los niveles de seguridad vial.

3.7. Análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos se condujo mediante una estrategia mixta, articulando técnicas cuantitativas y cualitativas para garantizar una interpretación integral y robusta de los resultados. El procesamiento se realizó utilizando software especializado, con el fin de transformar los datos crudos en información técnica válida y confiable para la toma de decisiones de diseño.

3.7.1. Análisis cuantitativo

Los datos numéricos fueron procesados empleando estadística descriptiva, con el objetivo de resumir las características principales de las variables medidas y contrastarlas con la normativa DG-2018. Este análisis incluyó:

3.7.1.1. Análisis cuantitativo del tránsito. Proyección de Demanda Vehicular: El volumen de tráfico (IMDA) se analizó en Microsoft Excel, proyectando la demanda a 10 años mediante una tasa de crecimiento del 7%, utilizando la fórmula:

$$IMDA_{2035} = IMDA_{2024} \times (1 + 0{,}07)^{10}$$

3.7.1.2. Análisis cuantitativo del estudio de suelos. En el análisis cuantitativo se procesaron los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos realizado en el tramo de la carretera AP-748. Para cada calicata, excavada a una profundidad promedio de 1.50 m, se registraron propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante ensayos de granulometría, límites de Atterberg (LL, LP, IP), Proctor modificado y CBR al 95 % de la MDS, siguiendo las normas MTC y ASTM correspondientes.

Los resultados evidenciaron una marcada variabilidad en la capacidad portante de la subrasante a lo largo de la vía. Los valores de CBR oscilaron entre 5 % en la calicata C-2 (Km 2+000, Huayllaripa), que representa un suelo de baja resistencia, y 65 % en la calicata C-12 (Km 12+000, Cerro Pucaccasa), que corresponde a una subrasante de excelente calidad. Esta dispersión refleja la heterogeneidad geotécnica del terreno, la cual debe considerarse en el diseño del mejoramiento vial.

Para efectos de diseño, los valores de CBR fueron transformados en Módulo Resiliente (Mr) utilizando la correlación propuesta en el Estudio de Mecánica de Suelos:

$$Mr(psi) = 2555 \times (CBR)^{0{,}64}$$

La conversión permitió expresar la resistencia en términos de rigidez (MPa), insumo necesario para el dimensionamiento de la estructura de pavimento. La Tabla 10 resume los valores representativos de cuatro calicatas, con su respectiva clasificación de subrasante y recomendaciones preliminares de tratamiento.

Tabla 11

Resumen de Resultados Representativos del Estudio de Suelos

Calicata	Progresiva	CBR (%) @95% MDS	Categoría subrasante	Mr (psi)	Mr (MPa)	Recomendación
C-2	Km 2+000	5	S1 (deficiente)	7 157	49,3	Reemplazo o estabilización
C-6	Km 6+000	43	S5 (excelente)	28 367	195,6	No requiere mejora
C-9	Km 9+000	40	S5 (excelente)	27 084	186,7	No requiere mejora
C-12	Km 12+000	65	S5 (excelente)	36 953	254,8	No requiere mejora

Nota. CBR = California Bearing Ratio; MDS = Máxima Densidad Seca; Mr = Módulo Resiliente.

De acuerdo con los rangos de clasificación de subrasante establecidos por el MTC, los sectores con CBR < 6 % se consideran deficientes (categoría S1) y requieren reemplazo de material o estabilización con aditivos; mientras que los tramos con CBR > 30 % se ubican en categoría S5, presentando condiciones muy favorables, por lo que no demandan intervención estructural adicional. Este análisis cuantitativo constituye un insumo fundamental para la propuesta de mejoramiento presentada en el Capítulo IV.

3.7.1.3. Análisis cuantitativo de la topografía/diseño. Cálculo de Medidas de Tendencia Central y Dispersión: Para parámetros como radios de curva, pendientes, y anchos de calzada, se calcularon promedios, valores mínimos, máximos y desviaciones estándar, donde fue aplicable. Esto permitió caracterizar el estado actual de la vía de manera objetiva.

Simulación y Modelado: En AutoCAD Civil 3D, el modelo digital del terreno permitió realizar análisis de visibilidad, calcular volúmenes de movimiento de tierras y simular el comportamiento del nuevo diseño geométrico, optimizando el alineamiento para cumplir con los parámetros de velocidad de diseño (40 km/h) y distancias de visibilidad.

3.7.2. Análisis cualitativo

- Evaluación de Transitabilidad y Condiciones de Vía: La información del inventario vial y la observación fotográfica se analizaron de forma cualitativa para categorizar el estado de la infraestructura (ejemplo: “bueno”, “regular”, “deficiente”) y documentar evidencia visual de puntos críticos, erosión, y fallas en el drenaje.
- Interpretación de Perfiles Estratigráficos: La descripción de las calicatas y los perfiles de suelos se interpretaron para entender la composición y comportamiento del terreno de fundación, complementando los datos cuantitativos del laboratorio.

3.7.3. Análisis comparativo y contrastación normativa

Este fue el núcleo del análisis. Consistió en la comparación sistemática de cada parámetro geométrico del estado actual con los valores mínimos, máximos o recomendados establecidos en el Manual de Carreteras DG-2018. Este contraste permitió:

- Identificar y cuantificar desviaciones (ejm: radio medido 15 m vs. radio mínimo normado 60 m).

- Priorizar los puntos críticos que requerían una intervención más urgente en la propuesta de rediseño.
- Validar técnicamente las hipótesis de incumplimiento de la normativa.

3.7.4. Síntesis para la propuesta de diseño

El análisis culminó con la síntesis de toda la información para fundamentar las decisiones de diseño:

- Los resultados del análisis de suelos determinan el tipo de pavimento (afirmado) y los espesores de la capa de rodadura.
- El análisis geométrico y de tráfico definió la clasificación vial (Trocha Carrozable) y la velocidad de diseño.
- El análisis comparativo direccionó el rediseño de curvas, pendientes y la sección transversal.

Los datos procesados y analizados fueron consolidados en tablas, gráficos y planos, los cuales se presentan en el capítulo de Resultados para su discusión.

3.8. Consideraciones éticas

El desarrollo de la presente investigación se rigió bajo estrictos principios éticos, reconociendo que el trabajo de campo en ingeniería vial involucra no solo aspectos técnicos, sino también la interacción con comunidades y el medio ambiente. Por ello, se adoptaron las siguientes consideraciones para garantizar la integridad, responsabilidad y sostenibilidad del estudio:

3.8.1. Respeto por las comunidades y el entorno

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo bajo un estricto marco de respeto hacia las

comunidades locales y su entorno. Previo al trabajo de campo, se gestionaron reuniones de coordinación y consentimiento informado con las autoridades de la Municipalidad Distrital de Sañayca y los representantes de las comunidades de Taqrapata, Pucaccasa y Huayllaripa. En estas reuniones se explicaron de manera clara y transparente los objetivos del estudio, las actividades a realizar y los potenciales beneficios del proyecto, absolviendo todas las dudas existentes. El equipo de trabajo actuó en todo momento con especial cuidado para minimizar las molestias durante las actividades de campo, evitando interferir con la vida diaria, las labores agrícolas y el tránsito local, y mostrando siempre respeto por las costumbres, propiedades privadas y espacios culturales de la población.

3.8.2. Consideraciones ambientales

Todas las actividades de campo, especialmente la ejecución de calicatas, se realizaron aplicando el principio de minimización de impacto ambiental. Las excavaciones y muestreos se efectuaron con el máximo cuidado para alterar lo menos posible el entorno natural, procediendo al rellenado y compactación responsable de cada calicata una vez completado el estudio, restaurando así las condiciones originales del terreno y previniendo riesgos de accidentes o procesos erosivos. Asimismo, se implementaron medidas de protección de recursos naturales, evitando la contaminación de fuentes de agua y la tala de vegetación nativa no justificada. El diseño de la propuesta de mejoramiento prioriza desde su concepción la integración armónica con el paisaje y la mitigación de impactos ambientales negativos.

3.8.3. Honestidad y transparencia de la información

La investigación se rigió por los principios de honestidad académica y transparencia metodológica. Todas las fuentes de información externas, incluyendo manuales, normas, artículos

científicos y tesis, fueron debidamente citadas y referenciadas conforme a las normas académicas vigentes, garantizando la atribución correcta del trabajo intelectual ajeno y evitando cualquier forma de plagio. El procesamiento y análisis de los datos recolectados se realizó con rigor e imparcialidad científica, sin alterar, omitir o manipular resultados para favorecer conclusiones preconcebidas. Todo el sustento técnico se basó en el uso de normativas vigentes del MTC, asegurando que la propuesta de mejoramiento se desarrollara dentro de los marcos éticos y normativos establecidos.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del estado actual:

El tramo de estudio corresponde a la carretera vecinal AP-748, ubicada en el distrito de Sañayca, provincia de Aymaraes, región Apurímac. Este tramo es de 14,74 km, desde el sector de Huayllaripa (km 0+000) hasta Taqrapata (km 14+497), con altitudes que varían entre 3 990 y 3 961 m s.n.m., en una topografía clasificada como accidentada a escarpada (Tipos 3 y 4 según el Manual de Carreteras DG-2018).

Los resultados del levantamiento topográfico, inventario vial y estudio de tráfico permitieron caracterizar el estado actual de la infraestructura, cuyos parámetros geométricos y operativos más relevantes se resumen en la Tabla 12.

Tabla 12

Estado Actual de la Carretera AP-748

Parámetro	Valor / descripción
Velocidad de Diseño	12 km/h (velocidad promedio actual)
Vehículo de Diseño	Vehículo liviano (N) – Camioneta Pickup, Camión 2 ejes
Orografía	Mixta (Tipo 2, 3 y 4): Ondulado, Accidentado y Escarpado
IMDA	37 vehículos (promedio entre E-1 y E-2)
Curva Horizontal	Radio mínimo: 15 m (curvas de volteo), 25 m (curvas horizontales)
Tangente	Intervalo de medición: 20 m en tramos rectos
Curva Vertical	30 (longitud mínima de curva vertical)
Pendiente Máxima	12,08%
Sobreancho	0,0 (no aplicable por ser trocha carrozable)
Peralte Máximo	10%

Parámetro	Valor / descripción
Ancho de Calzada	6,00 m (vía total); superficie de rodadura: 7,00 m
Berma	0,50 (solo lado derecho)
Taludes	Roca fija 10:1; Roca suelta 6:1; Suelos consolidados 4:1; Conglomerados 3:1

Nota. Datos obtenidos en los trabajos de campo (2024) y adaptados del *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* (MTC, 2018). IMDA = Índice Medio Diario Anual.

Como se aprecia en la Tabla 12, la vía presenta condiciones geométricas y operativas críticas. La Figura 2 nos muestra el estado actual de la carretera, identificando la erosión física que tiene la calzada de la vía, la Figura 3 ilustra uno de los puntos más críticos identificados: una curva con radio extremadamente cerrado.

Figura 2

Estado actual de la carretera en la progresiva 12+500



Nota. Fotografía tomada en la ruta AP-748.

La curva en el km 8+340, con un radio de 15 m, no cumple con el valor mínimo de 25 m

para una velocidad directriz de 30 km/h según el DG-2018, lo que genera un punto crítico de accidentabilidad

Figura 3

Tramos con curvas peligrosas y falta de sobreanchos



Nota. Fotografía tomada con drone en la progresiva 8+340 de la ruta AP-748.

Adicionalmente se encontró erosión generada por el comportamiento hidrológico en la zona, por la falta de alcantarillados, están buscando una salida aleatoria, dañando severamente la vía. Tenemos un ejemplo ilustrado en la Figura 4.

Figura 4

Drenaje insuficiente en el km 9+880, ausencia de cunetas y alcantarillas



Nota. Fotografía tomada con dron, elaboración propia.

4.1.1. Estado actual de la infraestructura vial

El inventario vial evidencia que la vía presenta un pavimento afirmado en malas condiciones, con tramos deteriorados y espesor insuficiente para soportar el tránsito. En temporada de lluvias, la transitabilidad se ve seriamente afectada por la formación de lodazales y erosión superficial, lo que dificulta el acceso de vehículos.

- Drenaje: no existen obras de drenaje transversal, lo cual genera escurrimientos superficiales y cruces de agua que han removido la capa de afirmado en varios puntos críticos.
- Obras de arte y puentes: se encuentran en estado deficiente, sin capacidad adecuada para la evacuación de aguas.

- Señalización y seguridad vial: insuficiente o inexistente, lo que compromete la orientación y seguridad de los conductores.
- Mantenimiento: no se registran antecedentes de rehabilitación, mantenimiento rutinario ni periódico en los últimos años

4.1.2. Condiciones de transitabilidad

El tiempo promedio de recorrido en el tramo es de 1 hora 13 minutos, con una velocidad promedio de 12 km/h, lo que refleja deficiencias geométricas y de rodadura. En épocas de lluvia, algunos sectores están prácticamente intransitables.

4.1.3. Resultados del estudio de tráfico

El estudio de tráfico permitió caracterizar cuantitativamente la demanda vehicular en el tramo de la carretera AP-748 (Huayllaripa – Taqrapata), mediante conteos vehiculares, encuestas origen–destino y control de velocidades.

4.1.3.1. Índice medio diario anual (IMDA). En la Estación E-1 Taqrapata se obtuvo un IMDA de 40 vehículos/día, mientras que en la Estación E-2 Huayllaripa el valor alcanzó los 33 vehículos/día. Estos valores reflejan un tránsito reducido, característico de carreteras vecinales rurales.

Tabla 13

Distribución Porcentual del Tráfico Vehicular en las Estaciones de Conteo E-1 y E-2

Tipo de vehículo	E-1 Taqrapata (%)	E-2 Huayllaripa (%)	Promedio (%)
Vehículos ligeros	68	70	69

Tipo de vehículo	E-1 Taqrapata (%)	E-2 Huayllaripa (%)	Promedio (%)
Camiones de dos ejes	22	20	21
Ómnibus interurbanos	10	10	10
Total	100	100	100

Nota. Datos obtenidos a partir de los conteos clasificados en campo (marzo de 2024) y procesados conforme a la metodología *del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018).

4.1.3.2. Composición vehicular. El tránsito está conformado principalmente por vehículos ligeros (69 % promedio), seguidos por camiones de dos ejes (21 %) y ómnibus interurbanos (10 %).

4.1.3.3. Proyección de demanda vehicular. Considerando una tasa de crecimiento promedio de 2,8 % anual para la región Apurímac, se proyectó el tránsito a un horizonte de 10 años (2025–2035).

- Sin proyecto (2035): el IMDA alcanzaría aproximadamente 222 vehículos/día.
- Con proyecto (2035): debido a la mejora en la transitabilidad, se estima un tránsito aproximado de 237 vehículos/día.

Tabla 14

Proyección del IMDA con y sin Proyecto en el Horizonte 2025–2035

Año	IMDA sin proyecto (veh/día)	IMDA con proyecto (veh/día)
2025	167	170
2026	172	176

Año	IMDA sin proyecto (veh/día)	IMDA con proyecto (veh/día)
2027	177	182
2028	182	189
2029	187	195
2030	193	202
2031	198	208
2032	204	215
2033	210	222
2034	216	229
2035	222	237

Nota. La proyección se elaboró considerando una tasa de crecimiento anual de 2,8 % para el tránsito regional (Apurímac), según la metodología del *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018). IMDA = Índice Medio Diario Anual.

4.1.3.4. Velocidades operativas. El control de velocidades evidenció una velocidad media de operación de 18 km/h, muy por debajo de los valores de diseño sugeridos en el Manual DG–2018 para vías de Tercera Clase. Esta condición confirma las limitaciones geométricas actuales del tramo.

4.1.4. Condiciones de la subrasante

El estudio de mecánica de suelos permitió identificar la heterogeneidad de la subrasante a lo largo del tramo. Se registraron valores de CBR desde 5 % en la calicata C-2 (Km 2+000, Huayllaripa) hasta 65 % en la calicata C-12 (Km 12+000, Cerro Pucaccasa), lo que evidencia zonas con capacidad portante deficiente y otras con excelente resistencia. Según SUCS, predominan los

suelos GM (33,3 %) y SM (26,7 %), mientras que bajo AASHTO la categoría más frecuente es A-1-a (40 %). Estas condiciones explican las fallas recurrentes observadas en tramos con subrasante débil y la buena conservación en sectores con mayor CBR.

Tabla 15

Condición de la Subrasante en el Estado Actual (Calicatas Representativas)

Calicata	Progresiva	CBR (%) @95% MDS	Categoría subrasante	Mr actual (MPa)	Observación
C-2	Km 2+000	5	S1 (deficiente)	49,3	Subrasante con baja resistencia, requiere reemplazo o estabilización.
C-5	Km 5+000	12	S2–S3 (regular)	84,7	Subrasante de resistencia intermedia, requiere estabilización.
C-12	Km 12+000	65	S5 (excelente)	254,8	Subrasante de muy buena calidad, no requiere intervención estructural.

Nota. CBR = California Bearing Ratio; MDS = Máxima Densidad Seca; Mr = Módulo Resiliente.

4.1.5. Principales deficiencias identificadas

- Superficie de rodadura deteriorada, con baches, erosiones y pérdida de afirmado.
- Ausencia de drenaje adecuado, ocasionando cruces de agua y socavaciones.
- Ancho insuficiente de la vía, que dificulta el cruce de vehículos pesados.

- Carencia de señalización y medidas de seguridad vial, incrementando la peligrosidad.
- Velocidades bajas y tiempos de viaje elevados, reflejo de un mal diseño geométrico y falta de mantenimiento.

4.1.6. Síntesis del diagnóstico

La carretera AP-748 presenta un estado de deficiente transitabilidad, caracterizado por una infraestructura deteriorada, condiciones geométricas inadecuadas y un mantenimiento prácticamente nulo. El tráfico actual, aunque bajo (IMDA < 200 veh/día), evidencia la necesidad de una intervención que mejore la seguridad, reduzca los tiempos de viaje y asegure la conectividad entre los centros poblados de Sañayca.

4.2. Aplicación de los criterios DG-2018

La aplicación de los criterios técnicos del manual de carreteras: diseño geométrico DG–2018 permitió rediseñar el eje vial de la carretera AP-748, corrigiendo las deficiencias identificadas en el diagnóstico y mejorando su geometría para mejorar la seguridad, eficiencia operativa y sostenibilidad de la infraestructura. A continuación, se detalla la aplicación de estos criterios en los principales componentes del diseño geométrico, contrastando el estado actual con la propuesta de mejoramiento.

4.2.1. Clasificación de la vía y velocidad de diseño

- Criterio DG-2018: Según el IMDA proyectado a 10 años (74 veh/día) y la orografía accidentada/escarpada (Tipo 3 y 4), la vía se clasifica como trocha carrozable. Para esta clasificación, la velocidad de diseño recomendada varía entre 30 km/h y 40 km/h.
- Diagnóstico real (Resumen ejecutivo): IMDA actual de 37 veh/día, velocidad de operación

promedio de 12 km/h, y tiempo de viaje de 1h 13min para 14,74 km.

- Intervención propuesta: Se estableció una velocidad de diseño de 40 km/h para el tramo completo, buscando optimizar la operación vehicular dentro de los límites seguros para la topografía existente. Este incremento permitirá reducir sustancialmente el tiempo de viaje.

4.2.2. Alineamiento horizontal

El diagnóstico identificó radios de curva inferiores a los mínimos permitidos (ej. radio de 15 m en km 8+340), ausencia de curvas de transición y tangentes cortas, generando puntos críticos de accidentalidad.

- Criterio DG-2018 aplicado: Para una velocidad de diseño de 40 km/h, el radio mínimo de curva horizontal es de 60 m. Se debe proveer curvas de transición (espirales) cuando el peralte exceda el bombeo normal de la calzada. La longitud mínima de la curva circular (Lc mín.) es de 3V = 120 m.

- Intervención propuesta: Se rediseñaron las 12 curvas horizontales críticas identificadas. Por ejemplo, la curva en el km 8+340, con un radio original de 15 m, fue reemplazada por una curva circular con un radio de 80 m (superior al mínimo de 60 m), acompañada de espirales de transición de entrada y salida de 35 m cada una. Esto permite una introducción progresiva del peralte máximo del 6,0% y mejora la guía visual.

Tabla 16

Resultados Comparativos del Alineamiento Horizontal

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento
Radio de Curva	15 m	80 m	Cumple

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento
Longitud de Curva	~30 m	150 m (Circular + Espirales)	Cumple
Peralte	~2% (por bombeo)	6,0%	Cumple

Nota. Los parámetros propuestos se basan en *el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018). DG = Diseño Geométrico; ~ = valor aproximado.

4.2.3. Alineamiento vertical

El perfil longitudinal existente presenta pendientes superiores al 12,08% (como en el km 5+120) y longitudes de curva vertical insuficientes, comprometiendo la visibilidad de parada y el drenaje.

- Criterio DG-2018 aplicado: Para la velocidad de diseño de 40 km/h, la pendiente longitudinal máxima permitida es del 10%. La longitud mínima de curva vertical (K) para garantizar la distancia de visibilidad de parada (45 m) es de 10 m para curvas convexas y 15 m para cóncavas.
- Intervención propuesta: Se suavizó la rasante, reduciendo la pendiente máxima al 9,5%. Se incorporaron curvas verticales parabólicas en todos los puntos de inflexión (PIV). En el km 5+120, se diseñó una curva vertical convexa con una longitud de 60 m, muy por encima del mínimo requerido, asegurando una distancia de visibilidad de parada superior a 65 m.

Tabla 17

Resultado Comparativo del Alineamiento Vertical

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento
Pendiente Máxima	12,08%	9,50%	Cumple

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento
Long. Curva Vertical Mínima	0 m (ausente)	60 m (ejemplo en km 5+120)	Cumple
Distancia de Visibilidad de Parada	< 20 m	> 65 m	Cumple

Nota. Los parámetros propuestos se basan en el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018). DG = Diseño Geométrico.

4.2.4. Sección transversal

La sección transversal existente era irregular, con un ancho de calzada variable (promedio 4,0 m) y ausencia de bermas y cunetas formalizadas, lo que impedía el cruce seguro de vehículos y exacerbaba los problemas de drenaje.

- Criterio DG-2018 aplicado: Para una trocha carrozable, el ancho mínimo de calzada es de 4,00 m, pero se deben construir plazoletas de cruce cada 500 m como máximo. El ancho de berma recomendado es de 1,00 m. Las cunetas deben tener una sección eficiente (triangular o trapezoidal) con pendiente transversal mínima del 4% para garantizar el drenaje superficial.
- Intervención propuesta: Se estandarizó una sección típica con un ancho de plataforma de 6,00 m, compuesta por:
    - Calzada: 4,00 m (2 carriles de 2,00 m).
    - Bermas: 2 x 1,00 m.
    - Taludes: 1:1,5 en cortes y 1:1,5 en rellenos, estabilizados con material local y revegetación.

- Cunetas laterales: Sección triangular de 0,40 m de base x 0,30 m de altura, con pendiente longitudinal mínima del 0,5% hacia las alcantarillas propuestas. Adicionalmente, se diseñaron 12 plazoletas de cruce cada 400-450 m, con un ancho de 6,00 m y una longitud de 20 m, permitiendo el cruce seguro de vehículos.

Tabla 18

Resultados Comparativos de las Secciones Transversales

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento
Ancho de Plataforma	4,0 – 5,0 m (variable)	6,0 m (estándar)	Cumple
Bermas	Inexistentes / <0,5 m	2 x 1,0 m	Cumple
Obras de Drenaje	Inexistentes	Cunetas + 42 alcantarillas TMC	Cumple
Plazoletas de Cruce	Inexistentes	12 unidades	Cumple

Nota. Los parámetros propuestos se basan en el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018). DG = Diseño Geométrico; TMC = Tubo Metálico Corrugado.

Para aplicar los criterios del DG–2018 en el dimensionamiento estructural, se consideró la capacidad portante de la subrasante, expresada mediante los valores de CBR obtenidos en el estudio de mecánica de suelos. Estos fueron transformados a Módulo Resiliente (Mr) utilizando la correlación:

$$Mr(psi) = 2555 \times (CBR)^{0,64}$$

Los resultados mostraron una variabilidad importante: desde 49 MPa en la calicata C-2 (CBR = 5 %) hasta 255 MPa en la calicata C-12 (CBR = 65 %).

En función de la clasificación por categorías del MTC, se identificaron:

- S1 (deficiente, CBR < 6 %): requiere reemplazo o estabilización (ejemplo: C-2).
- S2–S3 (regular, CBR 6–20 %): requiere estabilización mecánica o química (ejemplo: C-5).
- S5 (excelente, CBR > 30 %): no requiere mejoramiento estructural, basta con control de compactación y drenaje (ejemplos: C-6, C-9 y C-12).

La Tabla 19 presenta la relación entre los valores del CBR al 95% de la máxima densidad seca (MDS), Mr y el tratamiento recomendado por tramo representativo. Estos valores de la subeasante, identificaron condiciones deficientes (S1) hasta excelente (S5), lo cual constituye la base técnica del diseño del pavimento. Con la incorporación de estos parámetros geotécnicos, se definieron con precisión las secciones estructurales requeridas para la vía, con esto se dimensionaron los espesores óptimos de las capas granulares para garantizar la estabilidad del proyecto.

Tabla 19

Valores de CBR, Mr Actual y Recomendación de Tratamiento

Calicata	Progresiva	CBR (%) @95% MDS	Mr actual (MPa)	Categoría subrasante	Recomendación según DG-2018
C-2	Km 2+000	5	49,3	S1 (deficiente)	Reemplazo o estabilización con suelo-cemento
C-5	Km 5+000	12	84,7	S2–S3 (regular)	Estabilización con aditivos o mezcla granular
C-6	Km 6+000	43	195,6	S5 (excelente)	Solo control de compactación y drenaje

Calicata	Progresiva	CBR (%) @95% MDS	Mr actual (MPa)	Categoría subrasante	Recomendación según DG-2018
C-9	Km 9+000	40	186,7	S5 (excelente)	Solo control de compactación y drenaje
C-12	Km 12+000	65	254,8	S5 (excelente)	No requiere intervención estructural

Nota. CBR = California Bearing Ratio; Mr = Módulo Resiliente; MDS = Máxima Densidad Seca; DG = Diseño Geométrico.

4.2.5. Obras de drenaje y arte

La total ausencia de un sistema de drenaje formal fue la causa principal del deterioro acelerado de la plataforma.

- Criterio DG-2018 aplicado: El manual enfatiza la necesidad de obras de drenaje transversal (alcantarillas) y longitudinal (cunetas) para proteger la infraestructura vial y garantizar la transitabilidad en épocas de lluvia.
- Intervención propuesta: Con base en los estudios hidrológicos, se propuso la construcción de 42 alcantarillas tubulares de metal corrugado (TMC) y 07 badenes en puntos críticos de cruce de quebradas. Se diseñó un sistema de cunetas a lo largo de los 14,74 km para evacuar eficientemente las aguas superficiales.

Tabla 20

Resultado Comparativo de las Obras de Drenaje y Arte

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento
Alcantarillas	0	42	Cumple

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento
Badenes	0	7	Cumple
Cunetas	Existe en malas condiciones por tramos	14,74 km	Cumple

Nota. Los parámetros propuestos se basan en *el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018). DG = Diseño Geométrico.

La aplicación integral de los criterios del DG-2018 permitió transformar una trocha carrozable deficiente en una vía con geometría segura y eficiente. La optimización del alineamiento horizontal y vertical, junto con una sección transversal estandarizada y un sistema de drenaje robusto, no solo garantiza el cumplimiento normativo sino que se traduce directamente en beneficios tangibles: un incremento estimado de la velocidad de operación a 30-35 km/h, una reducción del tiempo de viaje en aproximadamente un 40% (de 73 min a ~44 min) y, lo más importante, una disminución significativa del riesgo de accidentes al eliminar puntos críticos y garantizar distancias de visibilidad y superficies de rodadura adecuadas. La propuesta técnica se alinea perfectamente con las metas físicas del proyecto de inversión (14,74 km de afirmado, 42 alcantarillas, 7 badenes), demostrando que es posible mejorar la infraestructura vial rural respetando la normativa y adaptándose a las difíciles condiciones de la sierra peruana.

4.3. Comparativa cuantitativa

La aplicación de los criterios técnicos del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG–2018 permitió rediseñar el eje vial de la carretera AP-748, corrigiendo las deficiencias identificadas en el diagnóstico y optimizando su geometría para mejorar la seguridad, eficiencia operativa y sostenibilidad de la infraestructura. A continuación, se presenta una comparación cuantitativa entre el estado actual y la propuesta de mejoramiento, contrastando los principales

parámetros geométricos y operativos:

Tabla 21

Comparativa de Parámetros Geométricos y Operativos

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento	Mejora
Velocidad de Diseño (km/h)	20 (implícito)	40	Cumple	100%
Velocidad de Operación Promedio (km/h)	12	30–35 (estimado)	Cumple	+150% – +192%
Longitud total del tramo (km)	14,4	14,74	—	—
Tiempo de viaje (min)	73	~44	Cumple	-40%
Radio mínimo de curva horizontal (m)	15 (km 8+340)	80	Cumple	433%
Pendiente longitudinal máxima (%)	12,08	9,5	Cumple	-21%
Ancho de plataforma (m)	4,0 – 5,0 (variable)	6,0 (estándar)	Cumple	+20% – +50%
Bermas (m)	Inexistentes / < 0,5	2 × 1,0	Cumple	+100% – +300%
Distancia de visibilidad de parada (m)	< 15	> 65	Cumple	333%
Alcantarillas (und)	0	42	Cumple	100%
Badenes (und)	0	7	Cumple	100%
Cunetas (km)	Inexistentes	14,74	Cumple	100%

Parámetro	Estado Actual	Propuesta DG-2018	Cumplimiento	Mejora
Plazoletas de cruce (und)	Inexistentes	12	Cumple	100%
IMDA proyectado (veh/día)	37 (2024) → 74 (2034)	37 (2024) → 74 (2034)	Cumple	—
Clasificación vial	Trocha carrozable	Trocha carrozable mejorada	Cumple	—

*Nota***.** Datos basados en los estudios de campo, levantamientos topográficos, inventario vial y la aplicación del *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018). DG = Diseño Geométrico; IMDA = Índice Medio Diario Anual; ~ = valor aproximado; und = unidades.

La aplicación sistemática de los criterios del Manual de Carreteras DG-2018 permitió una mejora significativa en todos los parámetros geométricos y operativos de la carretera AP-748:

- **Seguridad vial:** Se incrementó la velocidad de diseño en un 100%, lo que permitió adecuar radios de curva, distancias de visibilidad y peraltes, eliminando puntos críticos de accidentalidad.
- **Eficiencia operativa:** La velocidad de operación promedio se estima que se incrementará entre 150% y 192%, reduciendo el tiempo de viaje en aproximadamente 40% (de 73 a 44 minutos).
- **Infraestructura de drenaje:** Se incorporó un sistema completo de drenaje longitudinal y transversal (cunetas, alcantarillas y badenes), lo que mitigará el deterioro acelerado de la plataforma y garantizará la transitabilidad en épocas de lluvia.
- **Geometría transversal:** Se estandarizó la sección típica con un ancho de plataforma de

6,0 m, incluyendo bermas de 1,0 m a cada lado y plazoletas de cruce cada 400–450 m, facilitando el cruce seguro de vehículos.

Esta comparativa evidencia que la propuesta de mejoramiento no solo cumple con la normativa vigente, sino que se traduce en beneficios tangibles en términos de seguridad, eficiencia y durabilidad de la infraestructura vial, contribuyendo así al desarrollo socioeconómico sostenible del distrito de Sañayca.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Estado actual de la vía

El diagnóstico del estado actual de la carretera vecinal AP-748, sector Taqrapata – Cerro Pucaccasa – Puente Huayllaripa, revela una situación crítica y generalizada de incumplimiento de los parámetros geométricos mínimos establecidos en el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* (MTC, 2018). El análisis comparativo de los parámetros levantados *in situ* evidencia desviaciones significativas que comprometen la seguridad, la eficiencia operativa y la sostenibilidad de la infraestructura vial.

5.1.1. Comparativa de parámetros geométricos

Tabla 22

Estado Actual de la Vía

Parámetro	Estado Actual (Valor Medido)	Requerimiento DG-2018 para trocha carrozable (Vd=30-40 km/h)	Incumplimiento
Velocidad de Operación	12 km/h	30 - 40 km/h	Severo
Ancho de Plataforma	4,0 – 5,0 m (variable)	6,0 m (mínimo)	Severo
Ancho de Calzada (Afirmado)	7,00 m (superficie de rodadura)	4,00 m (mínimo) + plazoletas	Parcial (Falta plazoletas)
Radio Mínimo de Curva	15 m (curvas de volteo)	60 m (para Vd=40 km/h)	Crítico

Parámetro	Estado Actual (Valor Medido)	Requerimiento DG-2018 para trocha carrozable (Vd=30-40 km/h)	Incumplimiento
Pendiente Longitudinal Máxima	12,08%	10% (máximo para terreno escarpado)	Crítico
Bermas	0,50 m (solo lado derecho) / Inexistentes	1,00 m (recomendado)	Severo
Obras de Drenaje (Alcantarillas)	0 unidades	Requeridas según estudio hidrológico	Crítico (Ausencia total)
Señalización	Insuficiente o inexistente	Obligatoria en curvas, cambios de pendiente	Severo

Nota. Datos basados en el Resumen Ejecutivo (2024) y en el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (MTC, 2018). DG = Diseño Geométrico; Vd = Velocidad de diseño.**b)**

Repercusiones de las deficiencias:

Las deficiencias identificadas tienen un impacto directo y multidimensional:

Seguridad vial: La combinación de radios de curva extremadamente cerrados (15 m) y pendientes superiores al 12% genera puntos críticos de accidentalidad, donde la fuerza centrífuga y la falta de visibilidad hacen que los vehículos sean propensos a volcamientos o salidas de la vía. La ausencia total de obras de drenaje transversal (alcantarillas) provoca el cruce directo de agua sobre la plataforma, lavando el afirmado, generando socavaciones y creando superficies irregulares y lodazales en época de lluvias, aumentando exponencialmente el riesgo de accidentes. La velocidad de operación se reduce a 12 km/h no por limitación vehicular, sino como una respuesta adaptativa de los conductores a las peligrosas condiciones geométricas.

Conectividad y desarrollo socioeconómico: La transitabilidad se ve seriamente afectada, con un tiempo de recorrido de 1 hora y 13 minutos para un tramo de solo 14,74 km. Esto limita drásticamente el acceso a servicios esenciales (salud, educación), encarece el transporte de insumos y productos agropecuarios, y aísla a las comunidades, tal como se identificó en el análisis de efectos del problema central (Resumen Ejecutivo, 2024). La falta de conectividad eficiente actúa como una barrera para el desarrollo económico local, coincidiendo con lo expuesto por Panta y Vera (2022), quienes demostraron el impacto directo de la infraestructura vial en la productividad agrícola.

Costos de transporte y mantenimiento: La operación vehicular en estas condiciones genera un mayor desgaste de los vehículos (frenos, embragues, suspensiones) y un mayor consumo de combustible, incrementando los costos operativos del transporte. La ausencia de un mantenimiento periódico y la falta de un sistema de drenaje formal conducen a un deterioro acelerado de la plataforma, lo que implica que cualquier intervención futura requerirá mayores recursos para rehabilitar los daños estructurales acumulados, en lugar de solo realizar mantenimiento rutinario.

5.1.2. Relación con antecedentes nacionales y patrón común:

La situación descrita para la AP-748 no es aislada, sino que representa un patrón recurrente en la red vial rural de la sierra peruana, tal como lo documentan investigaciones previas:

Urcia (2024), en su evaluación de la carretera Iscoconga – Jesús, encontró que el 69% de los parámetros geométricos no cumplía con el DG-2018, afectando negativamente la seguridad vial. Al igual que en nuestro caso, los radios de curva y las pendientes fueron los principales puntos de incumplimiento.

Rojas (2022), en su estudio de mejora en Cajamarca, destacó la necesidad de intervenir carreteras con características similares: calzadas angostas, falta de señalización y geometría inadecuada para la topografía accidentada. Su trabajo subraya, al igual que este, que el rediseño geométrico basado en la normativa es fundamental para incrementar los niveles de seguridad.

Estos antecedentes confirman que el problema de la AP-748 es sistémico: la construcción histórica de vías sin criterios técnicos o el deterioro de las existentes sin un mantenimiento adecuado ha generado una red vasta con estándares inferiores a los mínimos requeridos para una operación segura y eficiente. Por lo tanto, esta investigación no solo diagnostica un caso específico, sino que contribuye a la evidencia sobre la crítica necesidad de intervenciones técnicas normadas en las carreteras rurales del Perú, especialmente en regiones topográficamente desafiantes como Apurímac.

5.2. Demanda vehicular (IMDA)

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es un indicador fundamental para la clasificación vial y la justificación técnica-económica de proyectos de infraestructura. En el caso de la carretera AP-748, el estudio de tráfico realizado in situ arrojó un IMDA actual de 37 vehículos/día, con variaciones entre los puntos de control E-1 (Taqrapata: 40 veh/día) y E-2 (Huayllaripa: 33 veh/día). Esta demanda se compone predominantemente de camionetas (70%), seguido de camiones de dos ejes (12-15%) y vehículos menores.

Considerando el desarrollo socioeconómico del distrito de Sañayca especialmente su potencial agrícola y ganadero y aplicando una tasa de crecimiento anual del 7% (consistente con zonas rurales en proceso de integración productiva, según referencias del MTC y PROVIAS Descentralizado), se proyecta el IMDA para el año 2035 mediante la fórmula:

$$IMDA_{2035} = IMDA_{2024} \times (1 + r)^n$$

Donde:

- r=0,07 (tasa de crecimiento anual),
- n=10 años,

$$IMDA_{2035} = 37 \times (1{,}07)^{10} \approx 74\ vehículos/día$$

De acuerdo con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, un IMDA de 74 vehículos/día clasifica a la vía AP-748 como Trocha Carrozable (IMDA < 200 veh/día). Esta clasificación implica:

- Velocidad de diseño entre 30–40 km/h,
- Ancho mínimo de calzada: 4,00 m,
- Requerimiento de plazoletas de cruce cada 500 m,
- Superficie de rodadura afirmada o sin afirmar.

Aunque el IMDA proyectado (74 veh/día) se mantiene dentro del rango de trocha carrozable, la justificación del mejoramiento geométrico trasciende el volumen de tráfico. Se fundamenta en:

5.2.1. Seguridad vial:

El estado actual de la vía presenta radios mínimos de 15 m, pendientes superiores al 12%, y ausencia de drenaje, lo que genera puntos críticos de accidentalidad. La mejora geométrica reduce el riesgo de accidentes y garantizar condiciones de operación seguras.

5.2.2. Impacto socioeconómico:

Como demuestran Panta y Vera (2022) en Ecuador, la mejora vial en zonas rurales tiene un efecto multiplicador en la productividad agrícola, reduciendo costos de transporte, facilitando el acceso a mercados y mejorando la competitividad de los productores locales. En Sañayca, una vía segura y eficiente permitirá: Reducción del tiempo de viaje en ≈40%, mayor frecuencia de transporte de productos, mejor acceso a servicios de salud y educación.

5.2.3. Sostenibilidad de la inversión:

Invertir en un diseño geométrico adecuado (aunque el IMDA sea bajo) es más rentable a largo plazo que realizar mantenimientos correctivos recurrentes. Un diseño normado prolonga la vida útil de la vía y reduce costos operativos.

La experiencia internacional, como el estudio de Panta y Vera (2022) en Ecuador, demuestra que inversiones en infraestructura vial en zonas rurales con bajo IMDA generan impactos económicos significativos, especialmente en sectores agrícolas, mediante la reducción de costos de transporte y mejora en el acceso a mercados. Por lo tanto, el IMDA proyectado no solo valida la clasificación vial, sino que también respalda la inversión en mejoramiento geométrico como un catalizador para el desarrollo sostenible de Sañayca.

5.3. Propuesta de mejoramiento geométrico

La propuesta de mejoramiento geométrico para la carretera AP-748 se desarrolla como respuesta directa a las severas deficiencias identificadas en el diagnóstico, las cuales incumplen sistemáticamente los criterios técnicos del Manual de Carreteras DG-2018. El rediseño se fundamenta en el levantamiento topográfico detallado y los estudios complementarios, buscando optimizar la infraestructura vial dentro del marco normativo y las particulares condiciones geográficas del distrito de Sañayca.

5.3.1. Corrección de deficiencias detectadas

La propuesta técnica corrige las deficiencias del estado actual mediante la aplicación estricta de los parámetros del DG-2018, traduciéndose en mejoras tangibles en seguridad, eficiencia operativa y transitabilidad. En la Seguridad vial**:**

a. **Curvas peligrosas:** Se reemplazaron los radios mínimos críticos (ej. 15 m en km 8+340) con curvas que cumplen el radio mínimo de 60 m para Vd=40 km/h (e incluso se propusieron radios de 80 m), incorporando espirales de transición para una introducción gradual del peralte (máx. 6%). Esto elimina puntos de volcamiento y mejora la guía visual.

b. **Visibilidad:** La implementación de curvas verticales parabólicas (ej. 60 m en km 5+120) garantiza una distancia de visibilidad de parada superior a 65 m, frente a los menos de 20 m actuales, permitiendo a los conductores anticipar y reaccionar a obstáculos.

c. **Drenaje:** La propuesta de 42 alcantarillas TMC y 7 badenes, junto con un sistema de cunetas revestidas a lo largo de los 14,74 km, mitiga radicalmente el problema de socavación y formación de lodazales, que era la principal causa del deterioro acelerado y la inseguridad en épocas de lluvia.

d. **Sección transversal:** La estandarización de una plataforma de 6,00 m (calzada de 4,00 m + bermas de 1,00 m c/u) y la construcción de 12 plazoletas de cruce cada 400-450 m permiten el cruce seguro de vehículos, eliminando el riesgo de colisiones frontales en una vía de carril único.

En la eficiencia operativa:

a. **Velocidad y tiempo de viaje:** Al suavizar el alineamiento (reducción de pendiente máxima

del 12,08% al 9,5%) y eliminar puntos críticos, la velocidad de operación promedio se estima que aumentará de 12 km/h a 30-35 km/h. Esto se traduce en una reducción del tiempo de viaje de aproximadamente 40% (de 73 min a ~44 min para recorrer los 14,74 km).

b. **Transitabilidad continua:** El sistema integral de drenaje asegura que la vía sea transitable durante y después de las lluvias, acabando con los periodos de incomunicación que afectan gravemente a las comunidades. La superficie de afirmado propuesta (0,20 m) está dimensionada para soportar el tráfico proyectado (74 veh/día en 2035) y el paso esporádico de ganado, garantizando una superficie de rodadura estable y duradera.

5.3.2. Comparativa con proyectos similares

La propuesta se alinea con las experiencias exitosas documentadas en antecedentes nacionales e internacionales, validando el enfoque de aplicar la normativa vigente para mejorar carreteras rurales en topografía compleja:

- Con Barrientos y Matamoros (2024) - Cusco: Ambos estudios coinciden en que la aplicación del DG-2018 es fundamental para mejorar la transitabilidad vehicular. Mientras que en Cusco se enfocaron en el diseño de la estructura de pavimento para un suelo con CBR=12%, nuestra propuesta complementa el diseño geométrico con un robusto sistema de drenaje, un aspecto crítico en la sierra de Apurímac que a menudo no es abordado con suficiente énfasis. Ambos casos demuestran que intervenciones basadas en estudios técnicos (suelos, topografía, tráfico) generan soluciones viables y eficaces.
- Con Loja (2022) - Ecuador: El proyecto ecuatoriano compartía el objetivo de conectar una comunidad rural aislada (Yunquil) para impulsar su desarrollo socioeconómico. Al igual

que en nuestro caso, utilizaron una metodología secuencial: topografía > diseño geométrico > diseño de pavimento. La viabilidad técnica de nuestra propuesta, respaldada por software especializado (Civil 3D) y levantamientos precisos, es comparable al rigor aplicado en el caso de Ecuador, confirmando que este enfoque es estándar y confiable para resolver problemas de conectividad.

- Con Piguave (2023) - Ecuador: Este estudio desarrolló el diseño geométrico de un anillo vial perimetral aplicando el software Google Earth, cartas topográficas del IGM y Autodesk Civil 3D, donde su metodología fue generar un trazado preliminar a partir de datos satelitales, exportarlos en formato KMZ y validarlos en Civil 3D mediante perfiles y secciones. Aunque se trata de un contexto urbano, el aporte metodológico es comparable a la presente investigación porque demuestra que el uso de información geoespacial libre, combinada con software especializado, permite optimizar la fase de diseño geométrico con recursos limitados. La diferencia principal radica en que, mientras el caso de Jipijapa prioriza la integración de datos digitales para un diseño preliminar, en la carretera AP-748 se enfatizó la verificación topográfica de campo y la aplicación estricta de la normativa DG-2018 del MTC. Esta comparación evidencia que, en distintos contextos geográficos, la integración de cartografía digital y CAD/GIS constituye una estrategia eficaz para garantizar la viabilidad técnica de proyectos viales.

5.3.3. Viabilidad de la propuesta

La viabilidad de la propuesta de mejoramiento se sustenta en tres pilares:

- **Viabilidad técnica:** El diseño es totalmente viable. Se basa en un levantamiento topográfico de alta precisión (Estación Total Leica, GPS Diferencial Trimble) y en estudios

de suelos e hidrología. Los parámetros adoptados (Vd=40 km/h, plataforma de 6,00 m, radios mínimos de 60 m) son conservadores y apropiados para la orografía mixta (Tipo 2,3,4) y la clasificación como trocha carrozable. El uso de software (AutoCAD Civil 3D) garantiza la consistencia y precisión del diseño. La construcción utiliza técnicas y materiales convencionales (afirmado, alcantarillas TMC, badenes), sin requerir tecnologías complejas o especializadas.

- **Viabilidad económica:** La propuesta es económicamente eficiente. Al priorizar el seguimiento del eje existente y optimizar el movimiento de tierras, se minimizan los costos de construcción. La inversión en un diseño geométrico adecuado y un sistema de drenaje robusto es preventiva; resulta significativamente más rentable a largo plazo que los costos recurrentes de mantenimiento correctivo y las pérdidas económicas por días de vía intransitable. El presupuesto del proyecto está justificado por el alto retorno social y económico que implica mejorar la conectividad de Sañayca.

- **Viabilidad social y ambiental:** La propuesta es socialmente urgente y ambientalmente responsable. Responde a una necesidad crítica expresada por la población: acceso seguro y confiable a salud, educación y mercados. Mejora la calidad de vida y reduce los costos de transporte para los productores agropecuarios, tal como demostró Panta y Vera (2022) en Ecuador. Ambientalmente, al mejorar el drenaje se reduce la erosión del suelo. El diseño evita intervenciones agresivas en el terreno siempre que fue posible y prioriza la estabilización de taludes con material local y revegetación, integrando la vía al paisaje de manera sostenible.

La propuesta de mejoramiento geométrico presentada no solo corrige técnicamente las deficiencias de la carretera AP-748, sino que se fundamenta como una intervención integral, viable

y estratégica. Está técnica y normativamente respaldada, es económicamente sostenible y está alineada con el desarrollo socioeconómico del distrito de Sañayca, transformando la vía de un obstáculo en un catalizador de progreso.

5.4.Validación de hipótesis

La presente investigación se formuló bajo un conjunto de hipótesis que buscaban contrastar el estado inicial de la carretera AP-748 con los estándares técnicos nacionales y evaluar el impacto de una propuesta de mejoramiento. A continuación, se procede a su validación sistemática.

5.4.1. Validación de la hipótesis general

- **Hipótesis general:** Las características geométricas actuales de la carretera AP-748 cumplen con los parámetros de diseño del Manual de Carreteras DG – 2018.

En conclusión, se rechaza la Hipótesis Nula (Ho) y se acepta plenamente la Hipótesis Alternativa (H1).

Sustentación: El diagnóstico detallado del estado actual (Capítulo 4.1 y 5.1) evidencia un incumplimiento generalizado y severo de los criterios establecidos en el Manual DG-2018 para una trocha carrozable. Los parámetros críticos se encuentran muy por debajo de los mínimos exigidos:

- **Radios de Curva:** Se registraron radios mínimos de 15 m (km 8+340), valor muy inferior al radio mínimo requerido de 60 m para la velocidad de diseño de 40 km/h adoptada.
- **Pendientes longitudinales:** Se identificaron pendientes de hasta 12,08%, superando el límite máximo permitido del 10% para terreno escarpado.
- **Sección transversal:** El ancho de plataforma variable (4,0 – 5,0 m) no cumple con el

estándar de 6,0 m, y la ausencia de bermas (o existencia de bermas <0,5 m) incumple la recomendación de 1,0 m.

- **Drenaje:** La ausencia total de obras de drenaje transversal (alcantarillas) contradice frontalmente los criterios obligatorios del manual para garantizar la integridad de la plataforma.

Por lo tanto, los resultados empíricos demuestran de manera contundente que la geometría actual de la AP-748 es subestándar y no cumple con la normativa peruana vigente.

5.4.2. Validación de las hipótesis específicas

Hipótesis específica 1: Parámetros de diseño (radios, pendientes, anchos)

Los parámetros de diseño de la carretera AP-748, como las pendientes, el ancho de calzada y los radios de curva, cumplen con las especificaciones del Manual de Carreteras DG-2018 para su clasificación.

Conclusión: Se acepta la hipótesis alternativa (H1). Como se detalló en la validación de la hipótesis general, cada parámetro geométrico crítico (radio, pendiente, ancho) incumple el manual. Este incumplimiento tiene una correlación directa con los problemas de seguridad identificados (puntos críticos de accidentalidad, volcamientos) y la baja transitabilidad (velocidad operativa de 12 km/h, tiempos de viaje excesivos).

Hipótesis específica 2: Consistencia del IMDA y la clasificación vial

El IMDA de la carretera AP-748 corresponde a una clasificación vial que es consistente con sus características geométricas actuales.

En conclusión, se acepta la Hipótesis Alternativa (H1), pero con una matización. El IMDA

proyectado (74 veh/día) clasifica correctamente a la vía como Trocha Carrozable. La inconsistencia radica en que las características geométricas existentes son incluso peores que las requeridas para esta categoría de bajo volumen. Es decir, la geometría actual no es apta ni siquiera para el bajo tráfico que soporta, lo que exige un rediseño para adecuar la vía, como mínimo, a los estándares de su propia clasificación (Trocha Carrozable mejorada), garantizando así seguridad y eficiencia básicas.

Hipótesis específica 3: Mejora de la eficiencia operativa

El mejoramiento del eje geométrico no mejora la eficiencia operativa (velocidad promedio y transitabilidad) de la carretera AP-748.

En conclusión, se acepta la Hipótesis alternativa (H1). La propuesta de mejoramiento, basada en el rediseño geométrico conforme al DG-2018, demuestra una mejora cuantitativa sustancial:

- **Velocidad de operación:** Se estima un aumento del 150% al 192%, de 12 km/h a 30-35 km/h.
- **Tiempo de viaje:** Se proyecta una reducción de aproximadamente 40%, de 73 minutos a 44 minutos. Estas mejoras se derivan directamente de la corrección de las deficiencias geométricas: radios ampliados, pendientes suavizadas y una plataforma estandarizada y drenada, que permiten una operación vehicular más fluida, segura y eficiente.

5.4.3. Contrastación con antecedentes y estudios similares

Los hallazgos de esta investigación son consistentes y se ven respaldados por estudios previos, lo que valida la metodología aplicada y las conclusiones obtenidas:

- **Urcia (2024)** encontró que el 69% de los parámetros geométricos de la carretera Iscoconga-Jesús no cumplía con el DG-2018, afectando negativamente la seguridad, coincidiendo plenamente con los resultados de esta tesis respecto al estado inicial de la AP-748.

- **Rojas (2022)** y **Barrientos y Matamoros (2024)** demostraron en sus respectivas investigaciones en Cajamarca y Cusco que la aplicación de los criterios del DG-2018 en carreteras rurales con problemas similares es fundamental para mejorar los niveles de seguridad y transitabilidad, confirmando la validez del enfoque de rediseño adoptado en esta propuesta.

- **Herrera (2024)** estableció una relación directa entre la geometría de la vía (longitud de tangentes) y la velocidad de operación, sustentando el principio de que un mejor diseño geométrico (como el propuesto para la AP-748) se traduce en ganancias de eficiencia operativa, tal como se proyecta en esta investigación.

5.4.4. Implicancias sociales, económicas y ambientales

La validación de las hipótesis no solo tiene relevancia técnica, sino que conlleva implicancias profundas:

- **Sociales:** La mejora de la seguridad vial reducirá directamente el riesgo de accidentes y fatalidades para los usuarios de la carretera. La reducción del tiempo de viaje mejorará el acceso a servicios esenciales (salud, educación) y fortalecerá la cohesión social entre las comunidades de Sañayca.

- **Económicas:** La reducción de los costos operativos del transporte (combustible, mantenimiento vehicular) y la mejora en la conectividad dinamizarán la economía local,

facilitando el comercio de productos agropecuarios, tal como lo documentaron Panta y Vera (2022) en el contexto ecuatoriano.

- **Ambientales:** La propuesta, al priorizar el seguimiento del eje existente y la estabilización de taludes con material local, minimiza el impacto ambiental. El sistema de drenaje propuesto mitigará la erosión del suelo, contribuyendo a la sostenibilidad de la infraestructura y su entorno.

El análisis integral confirma que la carretera AP-748 presenta un estado geométrico crítico que incumple la normativa nacional (MTC, 2018), validando la hipótesis general y las específicas. La propuesta de mejoramiento geométrico, técnicamente viable y respaldada por experiencias previas exitosas, no solo corrige estas deficiencias, sino que se erige como una herramienta catalizadora para el desarrollo socioeconómico sostenible del distrito de Sañayca, transformando la vía de un obstáculo en una oportunidad de progreso.

5.5. Implicancias sociales, económicas y ambientales

La propuesta de mejoramiento geométrico de la carretera AP-748, al adecuar la infraestructura vial a los estándares técnicos del Manual de Carreteras DG-2018, trasciende el ámbito puramente ingenieril y se erige como un proyecto de inversión pública con impactos multidimensionales significativos para el distrito de Sañayca. A continuación, se analizan sus implicancias sociales, económicas y ambientales, derivadas directamente de los resultados técnicos presentados en los capítulos anteriores.

5.5.1. Implicancias sociales

La intervención propuesta aborda críticos problemas de exclusión y vulnerabilidad social generados por la desconexión física, actuando como un catalizador para la mejora de la calidad de

vida de la población:

- Acceso a servicios básicos y reducción de la brecha social: La reducción estimada del 40% en el tiempo de viaje (de 73 a ~44 minutos) transforma radicalmente la accesibilidad a servicios esenciales. Se mitigará el abandono escolar vinculado a la dificultad del desplazamiento (Mejía y Miranda, 2023) y se garantizará un acceso oportuno a centros de salud, reduciendo los riesgos asociados a emergencias médicas. Esto contribuye directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente al ODS 3 (Salud y Bienestar) y ODS 4 (Educación de Calidad).

- Fortalecimiento de la cohesión social y cultural: Una vía segura y transitable todo el año facilita la interacción entre los centros poblados de Taqrapata, Pucaccasa y Huayllaripa, fortaleciendo los lazos comunitarios, el acceso a eventos culturales y la integración social del distrito de Sañayca.

- Seguridad vial y reducción de la siniestralidad: La eliminación de puntos críticos de accidentalidad (como la curva de radio 15 m en el km 8+340) y la garantía de distancias de visibilidad de parada superiores a 65 m, implican una reducción directa del riesgo de accidentes, lesiones y fatalidades. Esto se alinea con los hallazgos de Guevara y Norabuena (2019), quienes estimaron una disminución del 56% en accidentes tras implementar mejoras geométricas.

5.5.2. Implicancias económicas

El mejoramiento vial se configura como una inversión estratégica con un alto retorno económico para la población local y la región, actuando sobre los costos logísticos y la productividad:

- Reducción de costos logísticos y operativos: El incremento de la velocidad de operación (de 12 km/h a 30-35 km/h) se traduce en una disminución inmediata de los costos de transporte. Esto incluye ahorros en combustible, menor desgaste de vehículos (frenos, neumáticos, suspensiones) y optimización de la flota vehicular. Para los productores agropecuarios, esto significa una reducción en el costo final de sus productos, aumentando su competitividad en los mercados de Aymaraes.

- Dinamización de las cadenas de valor agropecuarias: Como demostraron Panta y Vera (2022) en Ecuador, la mejora vial en zonas rurales tiene un efecto positivo y significativo en la eficiencia productiva agrícola. La conectividad confiable permitirá:

    - Reducir la intermediación**:** Los productores podrán acceder directamente a mercados más grandes y obtener mejores precios.

    - Acceso a insumos: Facilita y abarata el transporte de fertilizantes, semillas y herramientas.

    - Incentivar la inversión: La previsibilidad en la comercialización motiva la inversión en mejores técnicas de cultivo y ganadería.

- Sostenibilidad de la inversión pública: La propuesta, al incluir un sistema robusto de drenaje (42 alcantarillas, 7 badenes, cunetas revestidas), es preventiva y económicamente eficiente a largo plazo. Evita el ciclo de deterioro acelerado y los costosos mantenimientos correctivos recurrentes, garantizando una mayor vida útil de la infraestructura y optimizando el uso de los recursos públicos.

5.5.3. Implicancias ambientales

El diseño propuesto incorpora principios de ingeniería sostenible, minimizando los impactos negativos y potenciando efectos positivos en el medio ambiente:

- Mitigación de la erosión y protección de suelos: El sistema de drenaje formal (cunetas y alcantarillas) es la principal medida de protección ambiental. Controla eficientemente el escurrimiento superficial, evitando la erosión hídrica de los taludes y la socavación de la plataforma vial, que eran problemas críticos en el estado actual. Esto contribuye a la conservación de los suelos agrícolas aledaños.

- Optimización del uso de recursos y minimización de huella: El diseño geométrico se ha optimizado para minimizar los movimientos de tierra, priorizando el seguimiento del eje existente. Esto reduce la alteración del terreno natural, la generación de desmontes y la afectación directa al paisaje. El uso de materiales locales para la estabilización de taludes y la propuesta de revegetación further integran la obra en su entorno.

- Adaptación al cambio climático: Una infraestructura resiliente, con drenaje capaz de manejar eventos climáticos extremos (lluvias intensas), es crucial para la adaptación al cambio climático. La vía mejorada garantizará la conectividad incluso durante fenómenos climáticos adversos, que se prevé sean más frecuentes e intensos, asegurando que las comunidades no queden aisladas en situaciones de emergencia.

VI. CONCLUSIONES

6.1 Incumplimiento normativo y condición crítica de la carretera. El diagnóstico técnico demuestra un incumplimiento generalizado de los parámetros del Manual DG-2018: radios de curva mínimos observados de 15 m (ej. km 8+340) frente al radio mínimo requerido (≈60 m para Vd=40 km/h), pendientes de hasta 12,08% (mayores al 10% permitido) y anchos de plataforma de 4,0–5,0 m (vs 6,0 m exigidos); además existe ausencia de obras transversales de drenaje. Estas deficiencias configuran un riesgo operativo y estructural importante que justifica la intervención propuesta.

6.2 Clasificación por demanda no exime la necesidad de rediseño. Aunque el IMDA proyectado para el horizonte (2024→2034) aumenta de 37 a 74 vehículos/día clasificando la vía como trocha carrozable/trocha carrozable mejorada, la geometría actual es incluso inferior a lo requerido para esa categoría. Por tanto, la baja demanda no es argumento suficiente para mantener el trazado actual; es necesario el rediseño para garantizar seguridad mínima y transitabilidad.

6.3 Viabilidad técnica y ganancias operativas del rediseño según DG-2018. La aplicación de los criterios del DG-2018 (aumento de la velocidad de diseño a 40 km/h, corrección de radios y pendientes, estandarización de sección transversal a 6,0 m, incorporación de curvas de transición y un sistema de drenaje longitudinal/transversal) demuestra viabilidad técnica. Las estimaciones muestran una reducción del tiempo de viaje ≈ 40% y un incremento en la velocidad operativa entre 150% y 192%, con mejoras concretas en radios (ej.: km 8+340 de 15 m → 80 m) y en drenaje (cunetas y alcantarillas incluidas). Estas mejoras traducen la normativa en beneficios operativos medibles.

6.4 Validación de hipótesis y efectos socioeconómicos y ambientales. La contrastación empírica rechaza la hipótesis de cumplimiento (Ho) y acepta que la geometría existente no cumple con DG-2018; asimismo se confirma que el mejoramiento propuesto mejora significativamente la eficiencia operativa y la seguridad (H1). Además, la intervención tiene implicancias positivas en acceso a servicios (salud, educación), reducción de costos operativos del transporte y mayor resiliencia frente a eventos climáticos (menor erosión y mejor drenaje).

6.5 Viabilidad práctica condicionada a estudios complementarios y gestión. Técnicamente la propuesta es aplicable y recomendable como obra pública de mejora; sin embargo, su ejecución requiere acompañamiento técnico (estudios dinámicos de vehículo-vía, análisis geotécnico y de ciclo de vida, monitoreo del drenaje y plan de mantenimiento) y una estrategia de implementación por fases para optimizar costos y mitigar riesgos geotécnicos y ambientales. Estas medidas son condición necesaria para asegurar sostenibilidad y retorno social de la inversión.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Estudios de comportamiento dinámico vehicular. Profundizar en el análisis de la interacción vehículo-vía en condiciones reales de operación, especialmente en curvas y pendientes críticas, utilizando simulaciones computacionales o ensayos con vehículos instrumentados. Esto permitiría ajustar los parámetros de diseño para entornos específicos de la sierra peruana.

7.2 Análisis de ciclo de vida y sostenibilidad. Evaluar económicamente el ciclo de vida de la infraestructura propuesta, considerando costos de construcción, mantenimiento y externalidades ambientales. Incorporar criterios de economía circular, como el uso de materiales locales y técnicas de estabilización de suelos de bajo impacto.

7.3 Integración de tecnologías de monitoreo inteligente. Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real (sensores de humedad, cámaras, estaciones meteorológicas) para evaluar el desempeño de las obras de drenaje y el comportamiento del pavimento en épocas de lluvia. Esto facilitaría el mantenimiento predictivo y la gestión adaptativa de la vía.

7.4 Enfoque en vulnerabilidades ante cambio climático. Desarrollar modelos hidrológicos y geotécnicos avanzados para prever el impacto de eventos climáticos extremos en la infraestructura vial. Incluir el diseño de estructuras de drenaje resilientes y la estabilización de taludes con técnicas bioingenieriles.

7.5 Evaluación de accesibilidad multimodal. Incorporar criterios de diseño para modos no motorizados (peatones, ciclistas) y transporte rural colectivo, asegurando que la vía sea inclusiva y segura para todos los usuarios, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

7.6 Replicabilidad en contextos similares. Documentar y sistematizar la metodología aplicada en esta investigación para su adaptación en otras carreteras rurales de topografía accidentada en el Perú y Latinoamérica, considerando variaciones en suelos, clima y demanda vehicular.

VIII. REFERENCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993. AASHTO.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (7.ª ed.). AASHTO.

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2016). *ASTM D1883*: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. ASTM International.

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2017). *ASTM D4318: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. ASTM International.

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2018). *ASTM D1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort*. ASTM International.

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2018). *ASTM D6913*: Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis*. ASTM International.

Barrientos Palomino, N. M., y Matamoros Huaman, S. (2024). Diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarocondo (KM 0+000) -Munaypata (km 10+000), distrito de Huarocondo, provincia de Anta, departamento de Cusco [Tesis de pregrado, Universidad Continental].

Bernal, C. A. (2016). Metodología de la investigación (4.ª ed.). Pearson Educación.

Choza Hidalgo, J. I. (2022). Diseño geométrico de una carretera con viaducto en Civil 3D e Infraworks. Variante de la A-2304 en Alcalá de los Gazules (Cádiz). Universidad de Sevilla.

Cisneros-Herrera, D., Lara-Galera, A., De Albornoz, V. A. C., y Muñoz-Medina, B. (2024). Driving Peru's Road Infrastructure: An Analysis of Public–Private Partnerships, Challenges, and Critical Success Factors. Buildings, 14(1), 230. https://doi.org/10.3390/buildings14010230

Das, B. M. (2019). Fundamentos de ingeniería geotécnica (9a ed.). Cengage Learning. https://www.cengage.com/latin-america/p/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica

Decreto Supremo N.° 019-2011-MTC. Decreto Supremo que aprueba la Matriz de Delimitación de Competencias y Asignación de Funciones de los Gobiernos Regionales y Locales en los subsectores de Transportes y Comunicaciones. (13 de mayo de 2011). [https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/344789-019-2011-mtc]

Federal Highway Administration. (2023). *Focus on reducing rural roadway departures*. U.S. Department of Transportation. https://highways.dot.gov/safety/rwd/forrrwd

Garber, N. J., y Hoel, L. A. (2018). Traffic and highway engineering (5th ed.). Cengage Learning.

Gobierno Regional de Apurímac. (2024). Acuerdo del Consejo Regional N° 045-2024-GR.APURIMAC/CR. [https://app.regionapurimac.gob.pe/transparencia/wp-content/uploads/2024/05/ACUERDO%20DEL%20CONSEJO%20REGIONAL%20N%C2%B0045-2024-GR.APURIMACCR.pdf]

Guevara Delgado, P. J. M., y Norabuena Ita, J. D. (2019). Análisis y propuesta de mejora de la

seguridad vial en la carretera Panamericana Norte, tramo variante de Pasamayo del km 55 al km 70 aplicando la metodología del manual de seguridad vial (Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Repositorio institucional. http://hdl.handle.net/10757/626485

Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2021). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.ª ed.). McGraw Hill.

Herrera Colonio, G. G. (2024). Impacto del diseño geométrico en la velocidad de operación en las tangentes de la vía Departamental JU-110, tramo Chupuro - Vista Alegre [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma].

Ley N.° 27181. Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre. (21 de noviembre de 2012). [https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/9868-27181]

Ley N.° 27783. Ley de Bases de la Descentralización. (23 de agosto de 2023). [https://www.mef.gob.pe/es/normatividad/por-temas/descentralizacion/6833-ley-n-27783-3/file]

Ley N.° 27867. Ley Orgánica de Gobiernos Regionales. (18 de agosto de 2021). [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2089900/Ley%20N%C2%B0%2027867%20Ley%20Org%C3%A1nica%20de%20Gobiernos%20Regionales.pdf.pdf?v=1629296173]

Ley N.° 27972. Ley Orgánica de Municipalidades. (24 de noviembre de 2023). [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/programacion_formulacion_presupuestal2012/Anexos/ley27972.pdf]

Loja Suconota, M. A. (2022). Diseño geométrico y diseño de la estructura de pavimentos de la vía de acceso a Yunquil desde la abscisa 0+000.00 km hasta la abscisa 4+250.00 km" en el cantón Saraguro de la provincia de Loja". Universidad de Cuenca.

Mejia Peñalva, M. A., y Miranda Figueroa, J. F. (2023). El efecto de la infraestructura vial sobre la educación rural [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad del Pacífico].

Melendez Muñoz, M. Á. (2019). Análisis técnico del diseño geométrico de la carretera nacional PE-3N, con relación al manual de carreteras DG-2018, tramo: KM. 136+000 – KM. 141+000. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

Ministerio de Fomento. (2016). Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. Gobierno de España.

Ministerio de Transporte Argentina. (*2022). Infraestructura vial: Factor de riesgo de la seguridad vial.* https://www.argentina.gob.ar/seguridadvial/observatoriovialnacional/infraestructura-vial-factor-de-riesgo-de-la-seguridad-vial

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2007). Reglamento de jerarquización vial: Decreto Supremo N° 017-2007-MTC. Diario Oficial El Peruano. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/Regl.%20de%20Jerarquizaci%C3%B3n%20Vial.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección: Suelos y pavimentos (R.D. N° 10-2014-MTC/14). Diario Oficial El Peruano. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mtc%20normas/arch_pdf/man_7%20sggp-2014.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2018). Manual de carreteras: Diseño geométrico DG - 2018. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html.

Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos [UNOPS]. (2023). Guía para el desarrollo de infraestructura de transporte inclusiva. https://content.unops.org/publications/Guidelines-for-developing-inclusive-transport-infrastructure_ES.pdf

Panta, G. V., y Vera, D. C. (2022). Eficiencia en la producción agrícola: un análisis del efecto de la construcción de carreteras en zonas productivas del Ecuador. Ciencia UNEMI, 15(39), 37-52. https://dialnet.unirioja.es/descarga/a5.2rticulo/8536664.pdf

Piguave, X. E. (2023). Análisis de una propuesta para el diseño geométrico de un anillo vial perimetral en la ciudad de Jipijapa mediante herramientas digitales (Alternativa I) [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional UNESUM. https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5832

Resolución Ministerial N.° 936-2023-MTC/01. Resolución Ministerial que dispone la difusión de la “Ficha Técnica Estándar e Instructivo para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras Interurbanas”. (25 de julio de 2023). [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4906500/RM%20N%C2%B0%20936-2023-MTC/01.pdf?v=1690385296]

Rojas Bocanegra, P. M. (2022). Mejora del diseño geométrico de la carretera que une los centros poblados Otuzco - Combayo, Provincia de Cajamarca- Cajamarca.

Urcia Miranda, J. P. (2024). Evaluación de los parámetros geométricos de la carretera Iscoconga

– Jesús de acuerdo con el manual de carreteras: DG – 2018. Universidad Nacional de Cajamarca

Zhao, Y., Ying, X., y Li, J. (2022). Research on Geometric Design Standards for Freeways under a Fully Autonomous Driving Environment. Applied Sciences, 12(14), 7109. https://doi.org/10.3390/app12147109

IX. ANEXOS

Anexo A. ESTUDIO DE TRAFICO

1. MATRIZ O-D DE PASAJEROS

CUADRO MATRIZ ORIGEN DESTINO DE PASAJEROS E-1		ORIGEN DEPARTAMENTO	APURIMAC											
		ORIGEN PROVINCIA	ABANCAY	ANDAHUAYLAS		AYMARAES								GRAU
ORIGEN DEPARTAMENTO	ORIGEN PROVINCIA	ORIGEN LOCAL	ABANCAY	ANDAHUAYLAS	PAMPACHIRI	CHALLHUANCA	HUARQUIZA	MINA	OCCARAYA	PUCACCASA	SAÑAYCA	TAQRAPATA	HUAYLLARIPA	TURPAY
APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY											3.3%	
	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS											3.3%	
		PAMPACHIRI				5.5%					1.1%			
	AYMARAES	CHALLHUANCA			6.6%				2.2%	4.4%			4.4%	
		HUARQUIZA											1.1%	
		MINA									4.4%			
		OCCARAYA				2.2%					5.5%			
		PUCACCASA				4.4%					1.1%			
		SAÑAYCA			2.2%	1.1%		6.6%	5.5%	1.1%		2.2%	8.8%	1.1%
		TAQRAPATA									2.2%			
		HUAYLLARIPA	2.2%	3.3%		3.3%	1.1%				7.7%			
	GRAU	TURPAY									2.2%			
TOTAL			100%											

CUADRO MATRIZ ORIGEN DESTINO DE PASAJEROS E-2		ORIGEN DEPARTAMENTO	APURIMAC											
		ORIGEN PROVINCIA	ABANCAY	ANDAHUAYLAS		AYMARAES								GRAU
ORIGEN DEPARTAMENTO	ORIGEN PROVINCIA	ORIGEN LOCAL	ABANCAY	ANDAHUAYLAS	PAMPACHIRI	CHALLHUANCA	HUARQUIZA	MINA	OCCARAYA	PUCACCASA	SAÑAYCA	TAQRAPATA	HUAYLLARIPA	TURPAY
APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY											1.4%	
	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS											2.8%	
		PAMPACHIRI				8.3%					2.8%			
	AYMARAES	CHALLHUANCA			6.9%				2.8%	5.6%			5.6%	
		HUARQUIZA											1.4%	
		MINA									2.8%			
		OCCARAYA									5.6%			
		PUCACCASA				4.2%					1.4%			
		SAÑAYCA			2.8%			5.6%	6.9%	1.4%		1.4%	9.7%	2.8%
		TAQRAPATA									1.4%			
		HUAYLLARIPA	1.4%	2.8%		1.4%	1.4%				6.9%			
	GRAU	TURPAY									2.8%			
TOTAL			100%											

2. MATRIZ O-D DE CARGA

CUADRO MATRIZ ORIGEN DESTINO DE CARGAS E-1		ORIGEN DEPARTAMENTO	APURIMAC											
		ORIGEN PROVINCIA	ABANCAY	ANDAHUAYLAS		AYMARAES								GRAU
ORIGEN DEPARTAMENTO	ORIGEN PROVINCIA	ORIGEN LOCAL	ABANCAY	ANDAHUAYLAS	PAMPACHIRI	CHALLHUANCA	HUARQUIZA	MINA	OCCARAYA	PUCACCASA	SAÑAYCA	TAQRAPATA	HUAYLLARIPA	TURPAY
APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY												
	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS												
		PAMPACHIRI												
	AYMARAES	CHALLHUANCA											10.0%	
		HUARQUIZA												
		MINA												
		OCCARAYA											10.0%	
		PUCACCASA												
		SAÑAYCA											40.0%	
		TAQRAPATA												
		HUAYLLARIPA				10.0%			10.0%		20.0%			
	GRAU	TURPAY												
TOTAL			100%											

CUADRO MATRIZ ORIGEN DESTINO DE CARGAS E-2		ORIGEN DEPARTAMENTO	APURIMAC											
		ORIGEN PROVINCIA	ABANCAY	ANDAHUAYLAS		AYMARAES								GRAU
ORIGEN DEPARTAMENTO	ORIGEN PROVINCIA	ORIGEN LOCAL	ABANCAY	ANDAHUAYLAS	PAMPACHIRI	CHALLHUANCA	HUARQUIZA	MINA	OCCARAYA	PUCACCASA	SAÑAYCA	TAQRAPATA	HUAYLLARIPA	TURPAY
APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY												
	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS												
		PAMPACHIRI												
	AYMARAES	CHALLHUANCA												
		HUARQUIZA												
		MINA												
		OCCARAYA												
		PUCACCASA												
		SAÑAYCA											50.0%	
		TAQRAPATA												
		HUAYLLARIPA									50.0%			
	GRAU	TURPAY												
TOTAL			100%											

3. CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES (EE)

HOJA P1. EJES EQUIVALENTES

Número de Calzadas	1	Nro de Sentidos	2	Nro de Carriles - Sentido	1
FD	0.5	FC	1	Tipo de pavimento	

TRÁFICO TOTAL

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11
Automovil	730	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095
Station Wagon	1,460	1,825	1,825	2,190	2,190	2,190	2,190	2,190	2,555	2,555	2,555	2,555
Camioneta (Pickup/Panel)	10,220	12,410	13,140	13,505	13,870	14,965	15,330	16,060	16,790	17,885	18,250	18,980
C.Rural (Combi)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Micro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 2E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 3E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2E	2,190	2,555	3,285	3,285	3,285	3,285	3,650	3,650	4,015	4,015	4,015	4,380
Camión 3E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T2S3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.4 EJES EQUIVALENTES

ANÁLISIS DE 10 AÑOS					
Tipo de Vehículo	Factor Equivalencia	FD	FC	Factor de Presión Neumático	Ejes Equivalentes
Automovil	0.0	0.5	1.0	1.0	6
Station Wagon	0.0	0.5	1.0	1.0	12
Camioneta (Pickup/Panel)	0.0	0.5	1.0	1.0	86
C.Rural (Combi)	1.1	0.5	1.0	1.0	-
Micro	4.6	0.5	1.0	1.0	-
Bus 2E	4.6	0.5	1.0	1.1	-
Bus 3E	4.7	0.5	1.0	1.1	-
Bus 4E	5.0	0.5	1.0	1.1	-
Camión 2E	4.6	0.5	1.0	1.1	99,899
Camión 3E	4.7	0.5	1.0	1.1	-
Camión 4E	5.0	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	8.1	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T2S3)	8.8	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	8.2	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T3S3)	8.9	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C2R2)	11.3	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C2R3)	11.4	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C3R2)	11.4	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C3R3)	11.5	0.5	1.0	1.1	-
				E.E totales	100,003

DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES (EE)

HOJA P1. EJES EQUIVALENTES

Número de Calzadas	1	Nro de Sentidos	2	Nro de Carriles - Sentido	1
FD	0.5	FC	1	Tipo de pavimento	

TRÁFICO TOTAL

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11
Automovil	1,095	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460
Station Wagon	1,095	1,460	1,460	1,460	1,825	1,825	1,825	1,825	1,825	1,825	2,190	2,190
Camioneta (Pickup/Panel)	8,395	10,220	10,585	10,950	11,680	12,410	12,775	13,140	13,870	14,600	15,330	15,695
C.Rural (Combi)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Micro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 2E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 3E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2E	1,460	1,825	1,825	2,190	2,190	2,190	2,190	2,190	2,555	2,555	2,555	2,555
Camión 3E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T2S3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.4 EJES EQUIVALENTES

ANÁLISIS DE 10 AÑOS

Tipo de Vehículo	Factor Equivalencia	FC	FD	Factor de Presión Neumático	Ejes Equivalentes
Automovil	0.0	0.5	1.0	1.0	8
Station Wagon	0.0	0.5	1.0	1.0	10
Camioneta (Pickup/Panel)	0.0	0.5	1.0	1.0	71
C.Rural (Combi)	1.1	0.5	1.0	1.0	-
Micro	4.6	0.5	1.0	1.0	-
Bus 2E	4.6	0.5	1.0	1.1	-
Bus 3E	4.7	0.5	1.0	1.1	-
Bus 4E	5.0	0.5	1.0	1.1	-
Camión 2E	4.6	0.5	1.0	1.1	62,899
Camión 3E	4.7	0.5	1.0	1.1	-
Camión 4E	5.0	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	8.1	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T2S3)	8.8	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	8.2	0.5	1.0	1.1	-
Semitrayler (T3S3)	8.9	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C2R2)	11.3	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C2R3)	11.4	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C3R2)	11.4	0.5	1.0	1.1	-
Trayler (C3R3)	11.5	0.5	1.0	1.1	-
				E.E totales	62,988

Anexo B. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

1. FORMATO N° 01 Datos Generales

INVENTARIO VIAL
FORMATO Nº 1.0 - Datos Generales

1.0 Datos Generales:
Tesis:

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

Ubicación Política:

Distritos(s):	SAÑAYCA
Provincias(s):	AYMARAES
Departamentos:	Apurímac

Ubicación Geográfica:
Inicio:

Progresiva:	00+000	
Cota:	3990	m.s.n.m.
Coordenadas	676296.03 m E	8411733.08 m S

Fin:

Progresiva:	14+497	
Cota:	3961	m.s.n.m.
Coordenadas	675830.33 m E	8419978.42 m S

Clasificación del Camino (ruta):	VECINAL		
Tiempo promedio de recorrido vehicular en el tramo:	01:20	Horas	
Velocidad promedio:	12	km/h	
Última Rehabilitación:	No cuenta	IMD	-
Último Mantenimiento Rutinario:	No cuenta		
Último Mantenimiento Periodico:	No cuenta	IMD	

Cruce de centros poblados:

Progresiva	*Nombre*	*Fotos Panoramicas*

2. FORMATO N° 02 Topografía

INVENTARIO VIAL
FORMATO Nº 2.0 - Topografía

Tipo de terreno				Plano:P	Ondulado: O		Acciden tado:A	Escarpado:E
Progresiva				Tipo de Terreno	Pendiente %		Ancho Superf. Rodadura c/50m	Observaciones/comentarios
Entrada		Salida						
Del KM	Al KM	Del KM	Al KM		Mín.	Max.		
00+000	00+500	00+500	00+000	Ondulado	3%	6%	3.00	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3m
00+500	01+000	01+000	00+500	Ondulado	3%	6%	3.60	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.6m
01+000	01+500	01+500	01+000	Ondulado	3%	6%	3.00	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3m
01+500	02+000	02+000	01+500	Ondulado	3%	6%	4.40	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 4.4m
02+000	02+500	02+500	02+000	Ondulado	3%	6%	3.20	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.2m
02+500	03+000	03+000	02+500	Plano	<3%	<3%	4.00	Se aprecia una topografía del tipo Plano con una pendiente mínima de <3% y una pendiente máxima de <3% y con un ancho de superficie de rodadura de 4m
03+000	03+500	03+500	03+000	Ondulado	3%	6%	3.60	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.6m
03+500	04+000	04+000	03+500	Accidentad o	6%	8%	3.10	Se aprecia una topografía del tipo Accidentado con una pendiente mínima de 0.06 y una pendiente máxima de 0.08 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.1m
04+000	04+500	04+500	04+000	Ondulado	3%	6%	3.20	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.2m
04+500	05+000	05+000	04+500	Ondulado	3%	6%	3.50	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.5m
05+000	05+500	05+500	05+000	Ondulado	3%	6%	3.60	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.6m
05+500	06+000	06+000	05+500	Ondulado	3%	6%	3.10	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.1m
06+000	06+500	06+500	06+000	Ondulado	3%	6%	3.10	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.1m
06+500	07+000	07+000	06+500	Ondulado	3%	6%	3.10	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de

								0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.1m
07+000	07+500	07+500	07+000	Ondulado	3%	6%	3.40	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.4m
07+500	08+000	08+000	07+500	Ondulado	3%	6%	3.40	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.4m
08+000	08+500	08+500	08+000	Ondulado	3%	6%	3.20	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.2m
08+500	09+000	09+000	08+500	Ondulado	3%	6%	5.00	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 5m
09+000	09+500	09+500	09+000	Ondulado	3%	6%	3.80	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.8m
09+500	10+000	10+000	09+500	Ondulado	3%	6%	6.20	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 6.2m
10+000	10+500	10+500	10+000	Ondulado	3%	6%	3.60	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.6m
10+500	11+000	11+000	10+500	Ondulado	3%	6%	3.70	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.7m
11+000	11+500	11+500	11+000	Ondulado	3%	6%	3.50	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.5m
11+500	12+000	12+000	11+500	Ondulado	3%	6%	3.80	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.8m
12+000	12+500	12+500	12+000	Ondulado	3%	6%	3.60	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 3.6m
12+500	13+000	13+000	12+500	Ondulado	3%	6%	6.00	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 6m
13+000	13+500	13+500	13+000	Ondulado	3%	6%	4.00	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 4m
13+500	14+000	14+000	13+500	Ondulado	3%	6%	4.00	Se aprecia una topografía del tipo Ondulado con una pendiente mínima de 0.03 y una pendiente máxima de 0.06 y con un ancho de superficie de rodadura de 4m
14+000	14+497	14+497	14+000	Plano	<3%	<3%	3.10	Se aprecia una topografía del tipo Plano con una pendiente mínima de <3% y una pendiente máxima de <3% y con un ancho de superficie de rodadura de 3.1m

3. FORMATO N° 04 Canteras y fuentes de Agua

INVENTARIO VIAL FORMATO Nº 4.0 - Cantera, Fuente de Agua y Depósitos de Material Excedente							
Progresiva	**Lado**	**Acceso (m)**	**Cantera**	**Fuente de agua**	**D:M:E**	**Propietario**	**Observaciones/Comentarios**
01+200	D	12		x		Comunal	Apto para uso de recursos en obra
01+940	I	0	X			Comunal	Propuesta tentativa
02+050	D	0		X		Comunal	No apto para uso de recursos en obra
03+720	D	0		X		Comunal	No apto para uso de recursos en obra
03+900	D	0		X		Comunal	Apto para uso de recursos en obra
04+100	D	0		X		Comunal	No apto para uso de recursos en obra
06+170	D	0		X		Comunal	Laguna
06+400	D	0		X		Comunal	No apto para uso de recursos en obra
06+950	D	0		X		Comunal	Laguna
10+420	D	0		X		Comunal	No apto para uso de recursos en obra
10+480	D	0	X			Comunal	Propuesta tentativa
11+020	D	0		X		Comunal	No apto para uso de recursos en obra
11+100	D	0		X		Comunal	No apto para uso de recursos en obra
N:8420174.701 E:675801.838				X		Comunal	Apto para uso de recursos en obra
LAT: -14.237373 LONG: -73.364304			X			Comunal	Propuesta tentativa
LAT: -14.24971 LONG: -73.378319			X			Comunal	Propuesta tentativa

4. FORMATO N° 05 A Obras de Arte

INVENTARIO VIAL
FORMATO Nº 5.A. - Obras de Arte

Clase	Tipo		Material	CONDICION FUNCIONAL
Puente Definitivo: 01	Gavión:1	Baily: 8	Concreto:1	Bueno:1 (Limpio)
Puente Provisional: 02	Losas:2	Pórtico:9	Concreto Ciclópeo:2	Regular:2 (Parcialmente obstruida)
Puente Peatonal: 03	Losas con viga:3	Otro:10	Concreto Reforzado:3	Malo: 3 (Totalmente Obstruida)
Pontón Definitivo: 04	Arco:4		Mampostería: 4	
Pontón Estructural Artesanal: 05	Reticulado:5		Piedra:5	
Túnel:13	Colgante:6		Acero: 6	
Muro:14	Atirantado:7		Otros:7	

Progresiva	Clase	Tipo	Material	Condición Funcional	Observaciones/Comentarios
01+200	04	3	2	1	Pontón definitivo tipo losa con viga de concreto ciclópeo en buenas condiciones para el tránsito actual, de dimensiones; 8.5 metros de largo, 4.6 metros de ancho y 4 metros de galibo.

5. FORMATO N°07 Puntos Críticos

INVENTARIO VIAL FORMATO Nº 7 - PUNTOS CRÍTICOS		
Clase:	Fallas Constructivas: 15	Problemas Hidrológicos: 17A
	Fallas Geológicas: 16	Geografía de la zona: 17B
	Fallas Geotécnicas: 17	Zonas de alto deterioro: 17 C
		Zonas de riesgo probable: 17 D

Progresiva	Clases de Daños	Lado	Observaciones/Comentarios
01+450	17C	I	El terreno presenta humedad alta e inestabilidad de taludes
01+870	16	D	El terreno presenta deslizamiento de piedras.
02+040	16	D	El terreno presenta deslizamiento de piedras.
02+130	17C	D	El terreno presenta humedad alta e inestabilidad de taludes
02+350	17C	I	El terreno presenta humedad alta e inestabilidad de taludes
02+480	17C	D	El terreno presenta humedad alta e inestabilidad de taludes
02+570	17C	I	El terreno presenta humedad alta e inestabilidad de taludes
02+620	17C	I	El terreno presenta humedad alta e inestabilidad de taludes
02+630	17C	I	El terreno presenta humedad alta e inestabilidad de taludes

Anexo C. ESTUDIO DE SUELOS

1. ESTRATIGRAFIA DE SUELOS

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-1

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"			**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
				FECHA:	2025
CALICATA:	C-1			**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	1+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 75697.888m	**UBICACIÓN:** HUAYLLARIPA	
			N 8412477.085m	**COTA:** 3,961.32 msnm.	

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20 – 0.40 – 0.60 – 0.80 – 1.00 – 1.20 – 1.40 – 1.50	M-1	GM-GP	A-1-a		Grava mal graduada con limo y arena, densa, con partículas redondeadas y angulares, color gris.



C-1



C-1

NOTA:			
NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-2

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"			**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
				FECHA:	2025
CALICATA:	C-2			**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	2+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 675976.002m	**UBICACIÓN:** HUAYLLARIPA	
			N 8413220.281m	**COTA:** 4,023.11 msnm.	

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 1.50	M-1	SM	A-4		Arena limosa, humeda, medianamente densa, color marron



C-2



C-2

NOTA:			
NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-3

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-3	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	3+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 676419.391m
			N 8413964.587m
UBICACIÓN:	HUAYLLARIPA		
COTA:	4,023.11 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20 – 0.40 – 0.60 – 0.80 – 1.00 – 1.20 – 1.40 – 1.50	M-1	SM	A-4		Arena limosa, humeda, medianamente densa, color marron



C-3



C-3

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-4

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-4	**N.F. :**	N.P.

PROGRESIVA (km):	4+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 676785.758m	**UBICACIÓN:** HUAYLLARIPA
			N 8414685.436m	**COTA:** 4,099.50 msnm.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 1.50	M-1	SM	A-4		**Arena limosa, humeda, medianamente densa, color blanco, es un material volcanico; conocido como tufo volcanico**



C-4



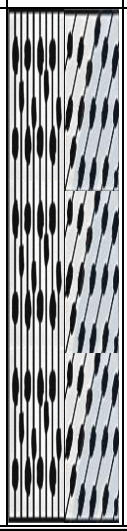
C-4

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-5

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-5	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	5+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 676812.665m
			N 8415189.898m
UBICACIÓN:	HUAYLLARIPA		
COTA:	4,228.30 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 1.50	M-1	GC-GM	A-2-4		**Grava arcillosa con arena, densa, con partículas angulosas a sub angulosas T.M. 4", color café oscuro.**



C-5



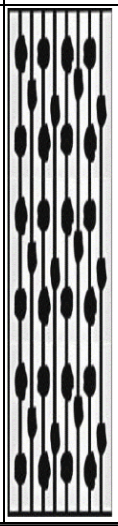
C-5

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-6

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"			**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
				FECHA:	2025
CALICATA:	C-6			**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	6+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 677341.809m	**UBICACIÓN:** HUAYLLARIPA	
			N 8415862.590m	**COTA:** 4,321.0 msnm.	

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 1.50	M-1	GM	A-1		**Grava mal graduada con limo y arena, densa, con partículas redondeadas, color amarillo.**



C-6

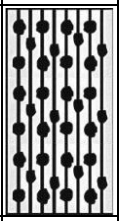


C-6

NOTA:			
NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-7

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-7	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	7+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 677245.348m
			N 8416620.765m
UBICACIÓN: HUAYLLARIPA			
COTA: 4,345.20 msnm.			

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.60	M-1	GM	A-1-a		Grava limosa con particulas angulares se mi redonceadas de color chocolate.
0.80 – 1.50		ROCA	ROCA	ROCA	



C-7



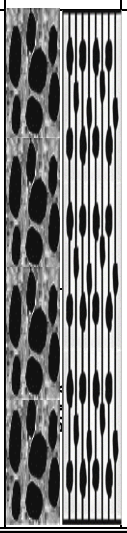
C-7

NOTA:			
NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-8

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-8	**N.F. :**	N.P.

PROGRESIVA (km):	8+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 677310.885m	**UBICACIÓN:** HUAYLLARIPA
			N 8416873.321m	**COTA:** 4,404.40 msnm.

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20 – 0.40 – 0.60 – 0.80 – 1.00 – 1.20 – 1.40 – 1.50	M-1	GP-GM	A-1-a		**Gravas mal graduadas mezclas de grava y arena y finos y gravas limosas , con pocos finos o sin finos de color amarillo.**



C-8



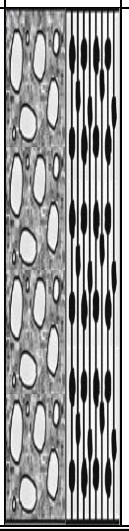
C-8

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-9

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-9	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	9+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 677535.354m
			N 8417219.377m
UBICACIÓN:	CERRO PUCACCASA		
COTA:	4,389.27 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 1.50	M-1	GW-GM	A-1-a		**Gravas bien graduadas mezclas de grava y de arena , con pocos finos o sin finos, con partículas redondeadas de color de la foto.**



C-9



C-9

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-10

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-10	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	10+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 676979.610m
			N 8417412.578m
UBICACIÓN:	CERRO PUCACCASA		
COTA:	4,330.45 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20 – 0.40 – 0.60 – 0.80 – 1.00 – 1.20 – 1.40 – 1.50	M-1	GM-GC	A-1-b		**Grava mal graduada con limo y arena, densa, con partículas redondeadas, partículas angulosas a sub angulosas, , con presencia de bolones de tamaño maximo de 25 cms.en un 35 %.**



C-10



C-10

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-11

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-11	**N.F. :**	S.P. a 1.30m
PROGRESIVA (km):	11+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 676635.142m
			N 8417969.946m
UBICACIÓN:	TAQRAPATA		
COTA:	4,245.8 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20 – 0.40 – 0.60 – 0.80 – 1.00 – 1.20 – 1.40 – 1.50	M-1	SM	A-2-4		**Arena limosa, humeda, medianamente densa, con presencia de nivel freatico a 1.30m**



C-11



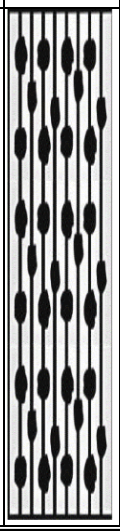
C-11

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-12

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-12	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	12+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 675901.394m
			N 8418667.873m
UBICACIÓN:	TAQRAPATA		
COTA:	4,180.32 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 1.50	M-1	GM	A-1-a		**Gravas limosas , mezcla de grava-arena-arcilla de color amarillento.con porcentaje de gravas al 32%.**



C-12



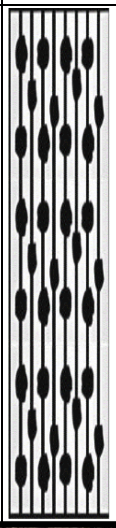
C-12

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-13

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-13	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	13+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 675733.207m
			N 8418921.606m
UBICACIÓN:	TAQRAPATA		
COTA:	4,101.20 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20 – 0.40 – 0.60 – 0.80 – 1.00 – 1.20 – 1.40 – 1.50	M-1	GM	A-1-b		**Gravas limosas , mezcla de grava-arena-arcilla de color amarillento.con porcentaje de gravas al 15%.**



C-13



C-13

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-14

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-14	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	14+000	**COORDENADAS (UTM):**	E 675793.692m
			N 8419506.949m
UBICACIÓN:	TAQRAPATA		
COTA:	3,984.50 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20					suelo arcilla gravoso con arena y grava
0.20 – 0.60		GM	A-1-b		Grava mal graduada con limo y arena, densa, con partículas redondeadas, color amarillo.
0.60 – 1.50	M-1	GC-GM	A-1-b		Grava arcillosa con arena, densa, con partículas angulosas a sub angulosas.



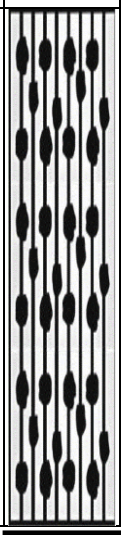
C-14

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

REGISTRO DE EXCAVACION (ASTM D 2488 - 09a)
CALICATA C-15

TESIS:	"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG– 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"	**RESP. :**	BACH. ALEXIS CLAUDIO CHIPA MARQUEZ
		FECHA:	2025
CALICATA:	C-15	**N.F. :**	N.P.
PROGRESIVA (km):	14+500	**COORDENADAS (UTM):**	E 675829.116m
			N 8419977.145m
UBICACIÓN:	TAQRAPATA		
COTA:	3,981.23 msnm.		

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
0.05 – 0.20 – 0.40 – 0.60 – 0.80 – 1.00 – 1.20 – 1.40 – 1.50	M-1	GM	A-4		Gravas limosas, mezclas de grava -arena y limo en porcentaje de grava al 30%.



C-15

NOTA:

NP=	No Presenta	ENSAYO PDC	
S/M=	Sin Muestra	ENSAYO DE PERMEABILIDAD	
TM=	Tamaño Maximo	ENSAYO DENSIDAD NATURAL	
NF=	Nivel Freatico	CONTENIDO DE HUMEDAD	X
		CBR	

2. GRANULOMETRIA, PROCTOR Y CBR

C-2:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación:
Progresiva: **Km 2+000**
Lugar: **Huayllaripa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-2**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Fecha: **17-07-25**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO

Muestra inicial	4330.7 gr	Fraccion seca < N° 4	455.0 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (Pulg.)	**TAMIZ (mm)**	**PESO RET. (gr.)**	**%RET.**	**%RET. ACUM**	**%PASA**
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	52.75	1.22	1.22	98.78
3/4"	19.050	151.67	3.50	4.72	95.28
1/2"	12.700	145.90	3.37	8.09	91.91
3/8"	9.525	128.59	2.97	11.06	88.94
N°4	4.750	420.38	9.71	20.77	79.23
N°10	2.000	15.00	2.61	23.38	76.62
N°20	0.850	41.00	7.14	30.52	69.48
N°40	0.425	55.00	9.58	40.09	59.91
N°50	0.297	15.00	2.61	42.71	57.29
N°100	0.149	68.00	11.84	54.55	45.45
N°200	0.075	29.00	5.05	59.60	40.40
Cazuela		232.0	40.40	100.00	
TOTAL		1354.28	100.00	407.75	

D60 = 0.429
D30 = NO TIENE
D10 = NO TIENE

Cu = NO TIENE

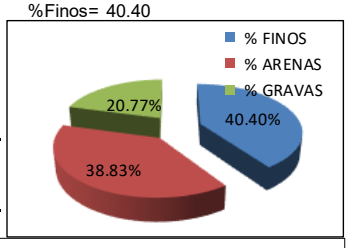
Cc = NO TIENE

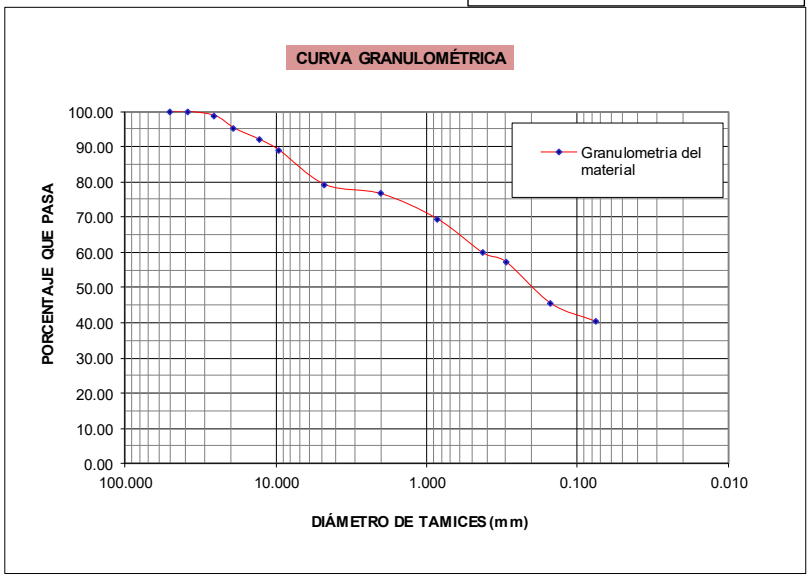
%Finos= 40.40

IG= 0

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS

% FINOS	40.40%
% ARENAS	38.83%
% GRAVAS	20.77%





PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación: Progresiva: Km 2+000
Lugar: **Huayllaripa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-2** Fecha: **17-07-25**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Nº Golpes / capa:	56	**Nº Capas:**	5	**Peso del Martillo:**	10 Lbs.	**Vol.**	1,009.50
Dimensiones del Molde		**Diametro:**	10.10	**Altura:**	12.6		

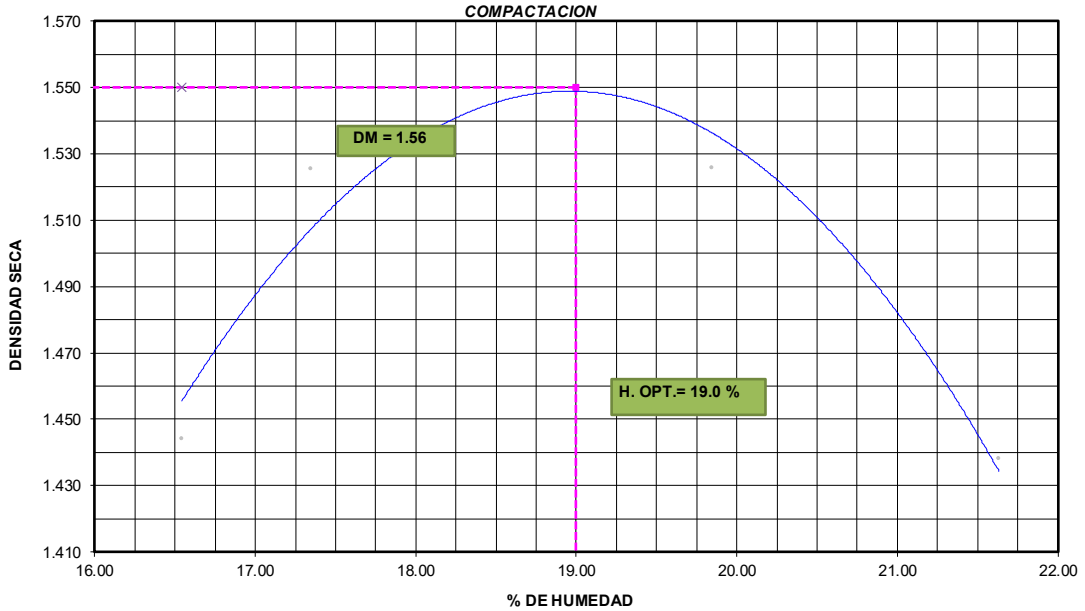
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	**1**	**2**	**3**	**4**
Nº TARA	**40**	**49**	**20**	**37**
PESO DEL TARRO (grs)	22.74	22.57	24.49	23.17
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	114.74	119.57	114.90	124.71
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	101.68	105.23	99.93	106.65
PESO DEL AGUA (grs)	13.06	14.34	14.97	18.06
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	78.9	82.7	75.4	83.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	16.54	17.35	19.84	21.63
% PROMEDIO	16.54	17.35	19.84	21.63

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.54	17.35	19.84	21.63
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	6010	6118	6157	6077
PESO DEL MOLDE (grs)	4311	4311	4311	4311
PESO DEL SUELO (grs)	1699	1807	1846	1766
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm3)	1.683	1.790	1.829	1.749
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.444	1.525	1.526	1.438
			Densidad Máxima (grs/cm3)	**1.55**
			Humedad Optima%	**19.00**



VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883 (2)

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG-2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación:
Progresiva: **Km 2+000** Calicata : **C-2** Fecha: **17-07-25**
Lugar: **Huayllaripa** Profundidad: ***1.50m***
Distrito: **Sañayca** Muestreo: ***Solicitante***
Provincia: **Aymaraes** Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marc***
Region: **Apurímac**

Nº GOLPES POR CAPA	56 golpes	25 golpes	12 golpes
CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)	18.28	18.33	18.43
DENSIDAD SECA g/cc	1.57	1.52	1.50

EXPANSION			
Tiempo	Deformación Acumulada		
(Hora)	(%)		
96.00	0.003	0.003	0.007

PENETRACION

Penetración	**Presión Patron**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**
(pulg.)	(lb/pulg2)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)
0.10	1000	213.67	21.37	92.33	9.23	51.33	5.13
0.20	1500	342.67	22.84	278.33	18.56	184.33	12.29

CONTENIDO DE HUMEDAD % DESPUES DE SATURAR (w)	21.86	21.52	22.54
CONTENIDO DE HUMEDAD % ABSORBIDO(w)	3.58	3.19	4.11

C.B .R.	MDS (100%)	MDS (98%)	MDS (95%)
C.B.R. 0.1" de Penetración	21.50	14.00	5.00
C.B.R. 0.2" de Penetración	23.00	21.00	12.00

C-6:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación:
Progresiva: **Km 6+000**
Lugar: **Huayllaripa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-6**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Fecha: **17-07-25**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO

Muestra inicial	8317.6 gr	Fraccion seca < N° 4	541.5 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (Pulg.)	**TAMIZ (mm)**	**PESO RET. (gr.)**	**%RET.**	**%RET. ACUM**	**%PASA**
2"	50.800	591.94	7.12	7.12	100.00
11/2"	38.100	798.45	9.60	16.72	83.28
1"	25.400	782.27	9.41	26.12	73.88
3/4"	19.050	349.26	4.20	30.32	69.68
1/2"	12.700	472.03	5.68	36.00	64.00
3/8"	9.525	322.62	3.88	39.87	60.13
N°4	4.750	894.57	10.76	50.63	49.37
N°10	2.000	91.00	8.30	58.93	41.07
Nº20	0.850	83.00	7.57	66.49	33.51
N°40	0.425	80.00	7.29	73.79	26.21
N°50	0.297	19.00	1.73	75.52	24.48
N°100	0.149	61.00	5.56	81.08	18.92
N°200	0.075	43.00	3.92	85.00	15.00
Cazuela		164.5	15.00	100.00	
TOTAL		4752.64	100.00	787.46	

D60 = 6.331
D30 = 0.646
D10 = NO TIENE

Cu = NO TIENE

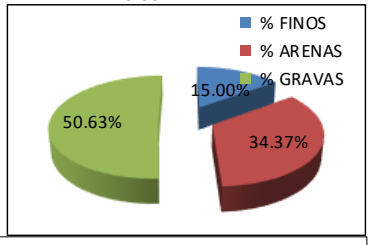
Cc = NO TIENE

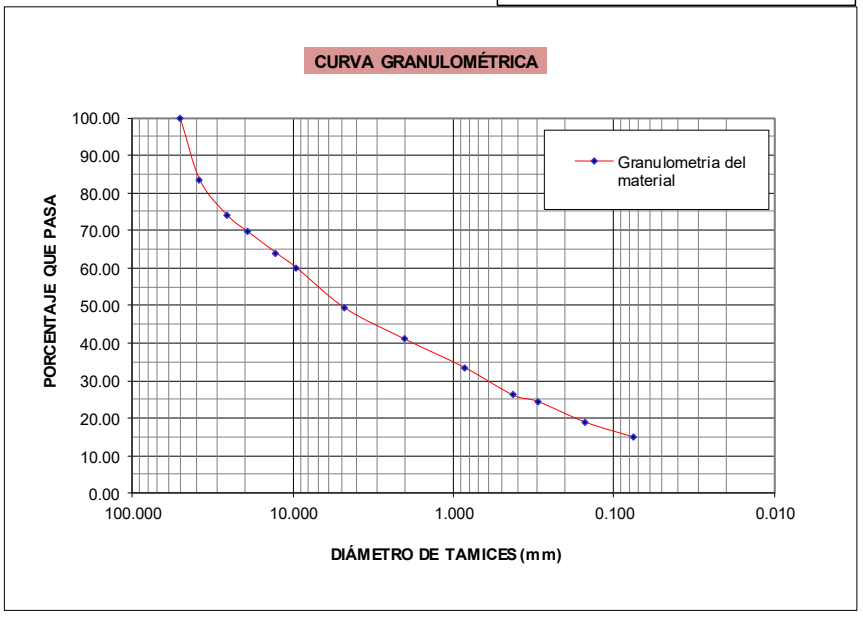
%Finos= 15.00

IG= 0

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS

% FINOS	15.00%
% ARENAS	34.37%
% GRAVAS	50.63%





PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación: Progresiva: Km 6+000
Lugar: **Huayllaripa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-6** Fecha: **17-07-25**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Nº Golpes / capa:	56	**Nº Capas:**	5	**Peso del Martillo:**	10 Lbs.	**Vol.**	2,104.92
Dimensiones del Molde		**Diametro:**	15.20	**Altura:**	11.6		

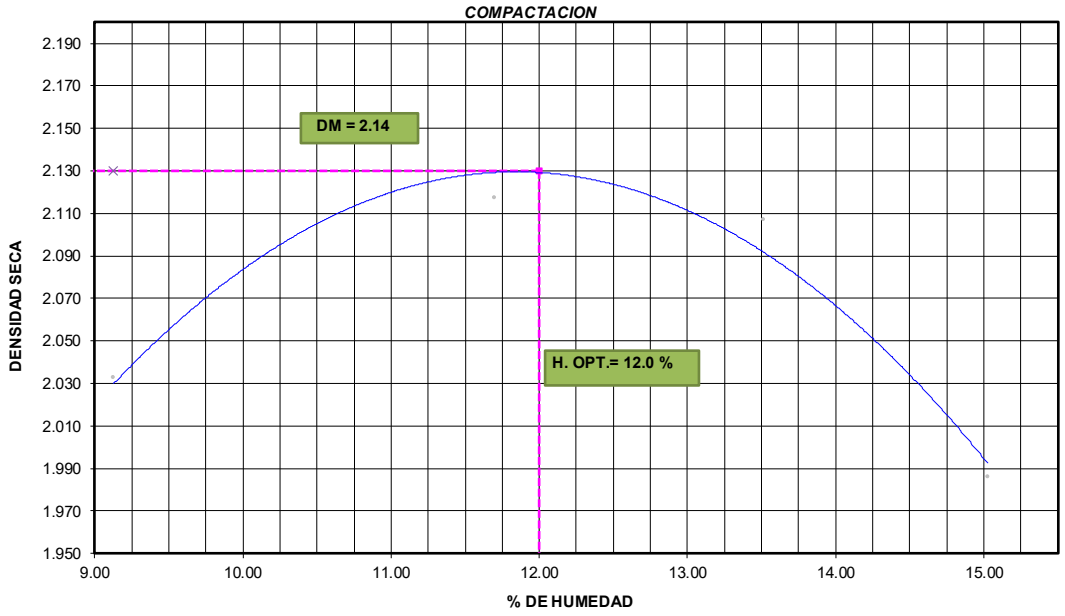
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	**1**		**2**		**3**		**4**	
Nº TARA	**32**		**76**		**74**		**40**	
PESO DEL TARRO (grs)	23.37		22.93		22.57		24.02	
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	143.42		159.87		132.01		156.30	
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	133.38		145.53		118.98		139.02	
PESO DEL AGUA (grs)	10.04		14.34		13.03		17.28	
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	110.0		122.6		96.4		115.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	9.13		11.70		13.52		15.03	
% PROMEDIO	9.13		11.70		13.52		15.03	

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.13	11.70	13.52	15.03
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10360	11604	10726	11435
PESO DEL MOLDE (grs)	5691	6626	5691	6626
PESO DEL SUELO (grs)	4669	4978	5035	4809
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm3)	2.218	2.365	2.392	2.285
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	2.033	2.117	2.107	1.986
			Densidad Máxima (grs/cm3)	**2.13**
			Humedad Optima%	**12.00**



VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883 (2)

Proyecto: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG-2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación:
Progresiva: **Km 6+000** Calicata : **C-6** Fecha: **17-07-25**
Lugar: **Huayllaripa** Profundidad: ***1.50m***
Distrito: **Sañayca** Muestreo: ***Solicitante***
Provincia: **Aymaraes** Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Mar***
Region: **Apurímac**

Nº GOLPES POR CAPA	56 golpes	25 golpes	12 golpes
CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)	12.60	12.62	12.49
DENSIDAD SECA g/cc	2.12	2.01	1.91

EXPANSION			
Tiempo	Deformación Acumulada		
(Hora)	(%)		
96.00	0.004	0.005	0.007

PENETRACION

Penetración	**Presión Patron**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**
(pulg.)	(lb/pulg2)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)
0.10	1000	458.00	45.80	441.33	44.13	213.33	21.33
0.20	1500	779.33	51.96	692.00	46.13	308.67	20.58

CONTENIDO DE HUMEDAD % DESPUES DE SATURAR (w)	14.90	14.15	15.44
CONTENIDO DE HUMEDAD % ABSORBIDO(w)	2.30	1.52	2.95

C.B .R.	MDS (100%)	MDS (98%)	MDS (95%)
C.B.R. 0.1" de Penetración	46.00	46.00	43.00
C.B.R. 0.2" de Penetración	52.00	51.00	45.00

C-9:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación:
Progresiva: **Km 9+000**
Lugar: **Cerro Pucaccasa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-9**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Fecha: **17-07-25**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO

Muestra inicial	8641.2 gr	Fraccion seca < N° 4	1182.0 gr	Peso Recipiente	0.0 gr

TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	%RET.	%RET. ACUM	%PASA
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.100	180.19	2.09	2.09	97.91
1"	25.400	228.17	2.64	4.73	95.27
3/4"	19.050	336.87	3.90	8.62	91.38
1/2"	12.700	852.96	9.87	18.50	81.50
3/8"	9.525	782.45	9.05	27.55	72.45
N°4	4.750	1410.17	16.32	43.87	56.13
N°10	2.000	292.00	13.87	57.74	42.26
N°20	0.850	267.00	12.68	70.41	29.59
N°40	0.425	201.00	9.55	79.96	20.04
N°50	0.297	42.00	1.99	81.95	18.05
N°100	0.149	153.00	7.27	89.22	10.78
N°200	0.075	56.00	2.66	91.88	8.12
Cazuela		171.0	8.12	100.00	
TOTAL		4972.82	100.00	704.06	

D60 = 5.129
D30 = 0.888
D10 = 0.127

Cu = 40.293

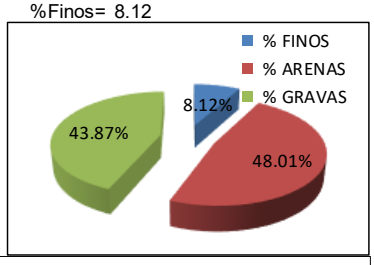
Cc = 1.207

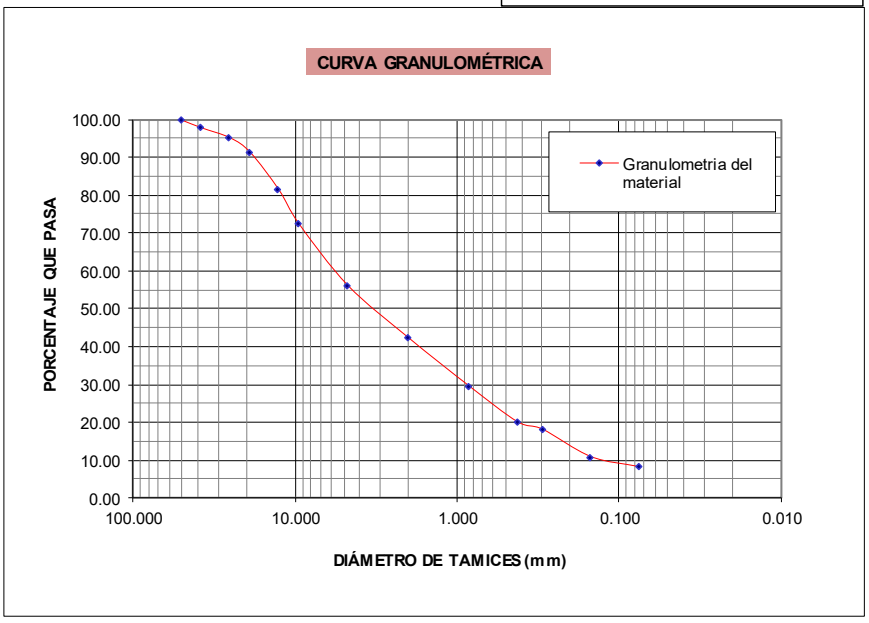
%Finos= 8.12

IG= 1

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS

% FINOS	8.12%
% ARENAS	48.01%
% GRAVAS	43.87%





PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación: Progresiva: Km 9+000
Lugar: **Cerro Pucaccasa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-9** Fecha: **17-07-25**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Nº Golpes / capa:	56	**Nº Capas:**	5	**Peso del Martillo:**	10 Lbs.	**Vol.**	2,104.92
Dimensiones del Molde		**Diametro:**	15.20	**Altura:**	11.6		

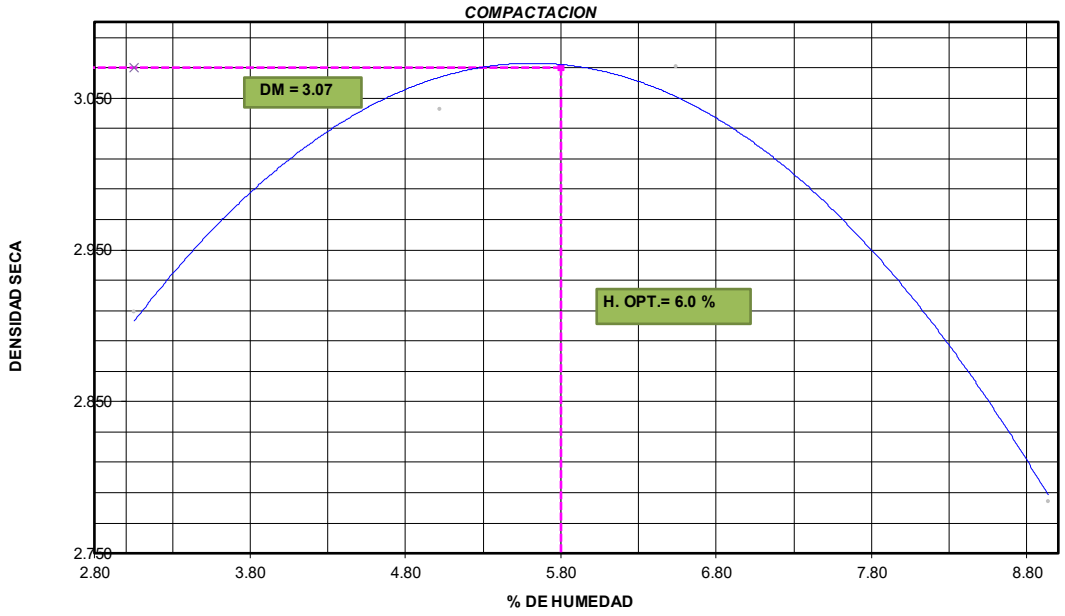
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	**1**		**2**		**3**		**4**	
Nº TARA	**23**		**60**		**11**		**27**	
PESO DEL TARRO (grs)	25.10		23.01		24.34		24.00	
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	231.91		228.63		248.52		561.60	
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	225.78		218.80		234.76		517.50	
PESO DEL AGUA (grs)	6.13		9.83		13.76		44.10	
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	200.7		195.8		210.4		493.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	3.05		5.02		6.54		8.94	
% PROMEDIO	3.05		5.02		6.54		8.94	

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	3.05	5.02	6.54	8.94
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	12002	13352	12577	13020
PESO DEL MOLDE (grs)	5691	6626	5691	6636
PESO DEL SUELO (grs)	6311	6726	6886	6384
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm3)	2.998	3.195	3.271	3.033
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	2.909	3.043	3.071	2.784
			Densidad Máxima (grs/cm3)	**3.07**
			Humedad Optima%	**5.80**



VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883 (2)

Proyecto: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG-2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación:
Progresiva: **Km 9+000** Calicata : **C-9** Fecha: **17-07-25**
Lugar: **Cerro Pucaccasa** Profundidad: ***1.50m***
Distrito: **Sañayca** Muestreo: ***Solicitante***
Provincia: **Aymaraes** Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Mar***
Region: **Apurímac**

Nº GOLPES POR CAPA	56 golpes	25 golpes	12 golpes
CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)	6.23	6.47	6.39
DENSIDAD SECA g/cc	3.07	2.90	2.87

EXPANSION			
Tiempo	Deformación Acumulada		
(Hora)	(%)		
96.00	0.000	0.002	0.003

PENETRACION

Penetración	**Presión Patron**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**
(pulg.)	(lb/pulg2)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)
0.10	1000	684.33	68.43	357.00	35.70	280.33	28.03
0.20	1500	1232.67	82.18	625.00	41.67	490.33	32.69

CONTENIDO DE HUMEDAD % DESPUES DE SATURAR (w)	7.10	7.45	7.60
CONTENIDO DE HUMEDAD % ABSORBIDO(w)	0.87	0.98	1.21

C.B .R.	MDS (100%)	MDS (98%)	MDS (95%)
C.B.R. 0.1" de Penetración	69.00	58.00	40.00
C.B.R. 0.2" de Penetración	82.00	70.00	48.00

C-12:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Tesis: "PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"

Ubicación:
Progresiva: **Km 12+000**
Lugar: **Cerro Pucaccasa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-12**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Fecha: **17-07-25**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO

Muestra inicial	8009.5 gr	Fraccion seca < N° 4	812.0 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (Pulg.)	**TAMIZ (mm)**	**PESO RET. (gr.)**	**%RET.**	**%RET. ACUM**	**%PASA**
2"	50.800	1753.35	21.89	21.89	100.00
11/2"	38.100	436.21	5.45	27.34	72.66
1"	25.400	647.71	8.09	35.42	64.58
3/4"	19.050	703.42	8.78	44.21	55.79
1/2"	12.700	659.04	8.23	52.43	47.57
3/8"	9.525	344.63	4.30	56.74	43.26
N°4	4.750	700.59	8.75	65.48	34.52
N°10	2.000	159.00	6.76	72.24	27.76
Nº20	0.850	94.00	4.00	76.24	23.76
N°40	0.425	69.00	2.93	79.17	20.83
N°50	0.297	15.00	0.64	79.81	20.19
N°100	0.149	65.00	2.76	82.57	17.43
N°200	0.075	53.00	2.25	84.82	15.18
Cazuela		357.0	15.18	100.00	
TOTAL		6056.95	100.00	935.11	

D60 = 22.091
D30 = 2.912
D10 = NO TIENE

Cu = NO TIENE

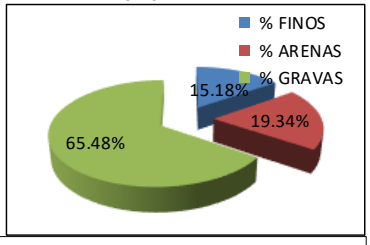
Cc = NO TIENE

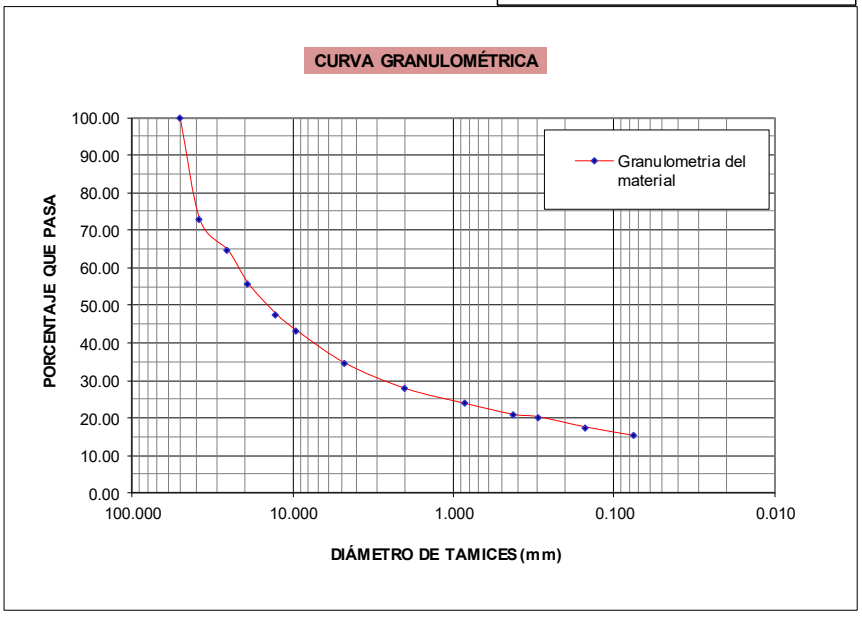
%Finos= 15.18

IG= 0

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS

% FINOS	15.18%
% ARENAS	19.34%
% GRAVAS	65.48%





PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Tesis: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación: Progresiva: Km 12+000
Lugar: **Cerro Pucaccasa**
Distrito: **Sañayca**
Provincia: **Aymaraes**
Region: **Apurímac**

Calicata : **C-12** Fecha: **17-07-25**
Profundidad: ***1.50m***
Muestreo: ***Solicitante***
Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Marquez***

Nº Golpes / capa:	56	**Nº Capas:**	5	**Peso del Martillo:**	10 Lbs.	**Vol.**	2,104.92
Dimensiones del Molde		**Diametro:**	15.20	**Altura:**	11.6		

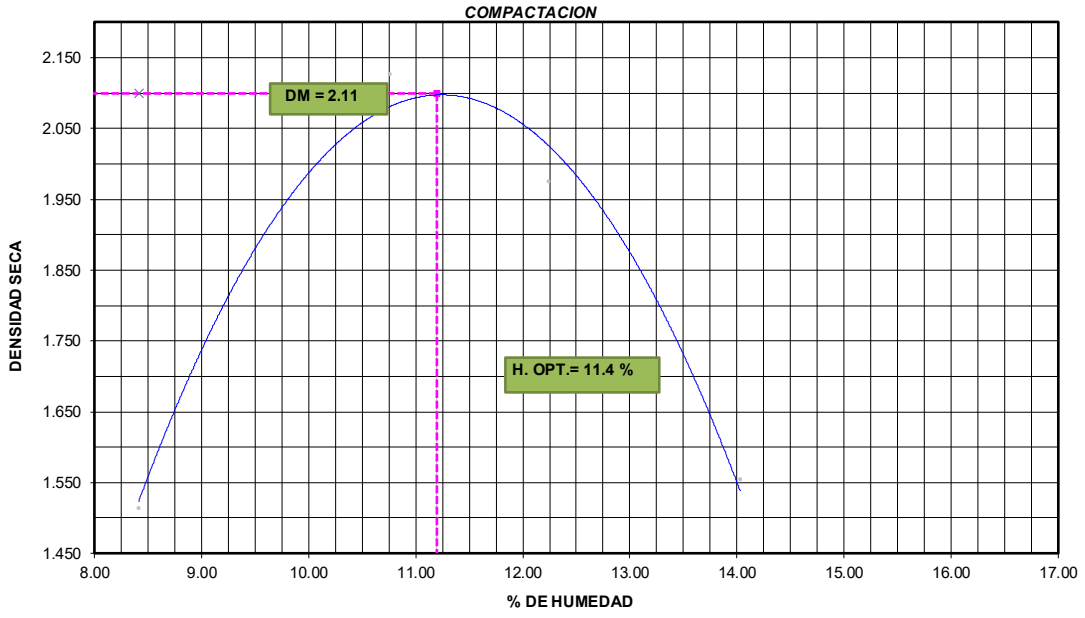
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	**1**		**2**		**3**		**4**	
Nº TARA	**28**		**53**		**4**		**23**	
PESO DEL TARRO (grs)	24.79		22.38		24.19		24.00	
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	163.89		168.92		151.23		156.30	
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	153.10		154.68		137.37		140.02	
PESO DEL AGUA (grs)	10.79		14.24		13.86		16.28	
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	128.3		132.3		113.2		116.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8.41		10.76		12.25		14.03	
% PROMEDIO	8.41		10.76		12.25		14.03	

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.41	10.76	12.25	14.03
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10079	11584	11290	10356
PESO DEL MOLDE (grs)	6626	6626	6626	6626
PESO DEL SUELO (grs)	3453	4958	4664	3730
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm3)	1.640	2.355	2.216	1.772
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.513	2.127	1.974	1.554
			Densidad Máxima (grs/cm3)	**2.10**
			Humedad Optima%	**11.20**



VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883 (2)

Proyecto: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG-2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC"**

Ubicación:
Progresiva: **Km 12+000** Calicata : **C-12** Fecha: **17-07-25**
Lugar: **Cerro Pucaccasa** Profundidad: ***1.50m***
Distrito: **Sañayca** Muestreo: ***Solicitante***
Provincia: **Aymaraes** Realizado por: ***Bach. Alexis Claudio Chipa Mar***
Region: **Apurímac**

Nº GOLPES POR CAPA	56 golpes	25 golpes	12 golpes
CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)	10.99	11.20	10.97
DENSIDAD SECA g/cc	2.11	2.03	1.94

EXPANSION			
Tiempo	Deformación Acumulada		
(Hora)	(%)		
96.00	0.001	0.001	0.001

PENETRACION

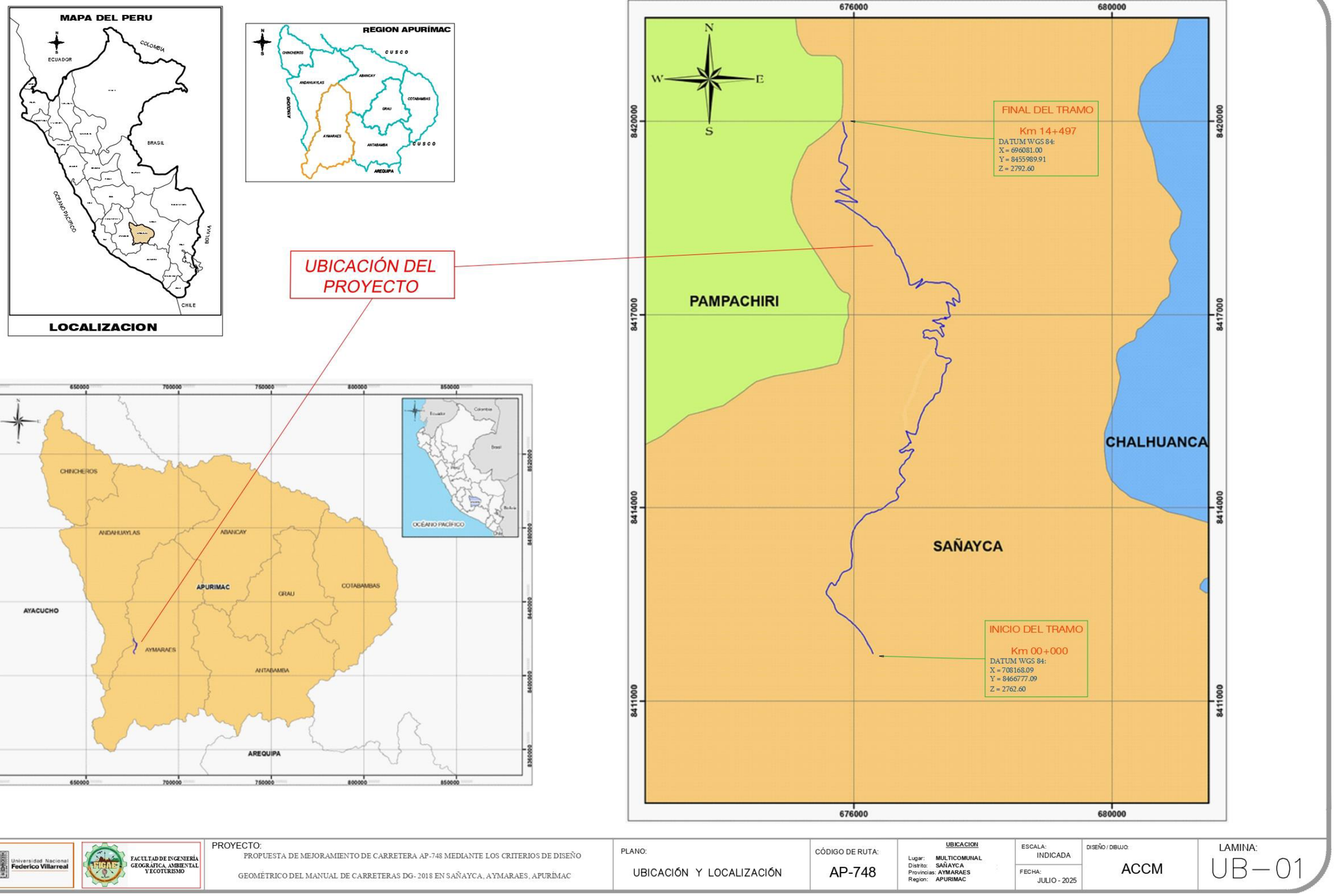
Penetración	**Presión Patron**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**	**Presión Corregida**	**C.B.R.**
(pulg.)	(lb/pulg2)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)	(lb/pulg2)	(%)
0.10	1000	1047.67	104.77	751.67	75.17	297.67	29.77
0.20	1500	1764.00	117.60	1359.00	90.60	494.67	32.98

CONTENIDO DE HUMEDAD % DESPUES DE SATURAR (w)	11.33	12.46	12.48
CONTENIDO DE HUMEDAD % ABSORBIDO(w)	0.34	1.26	1.51

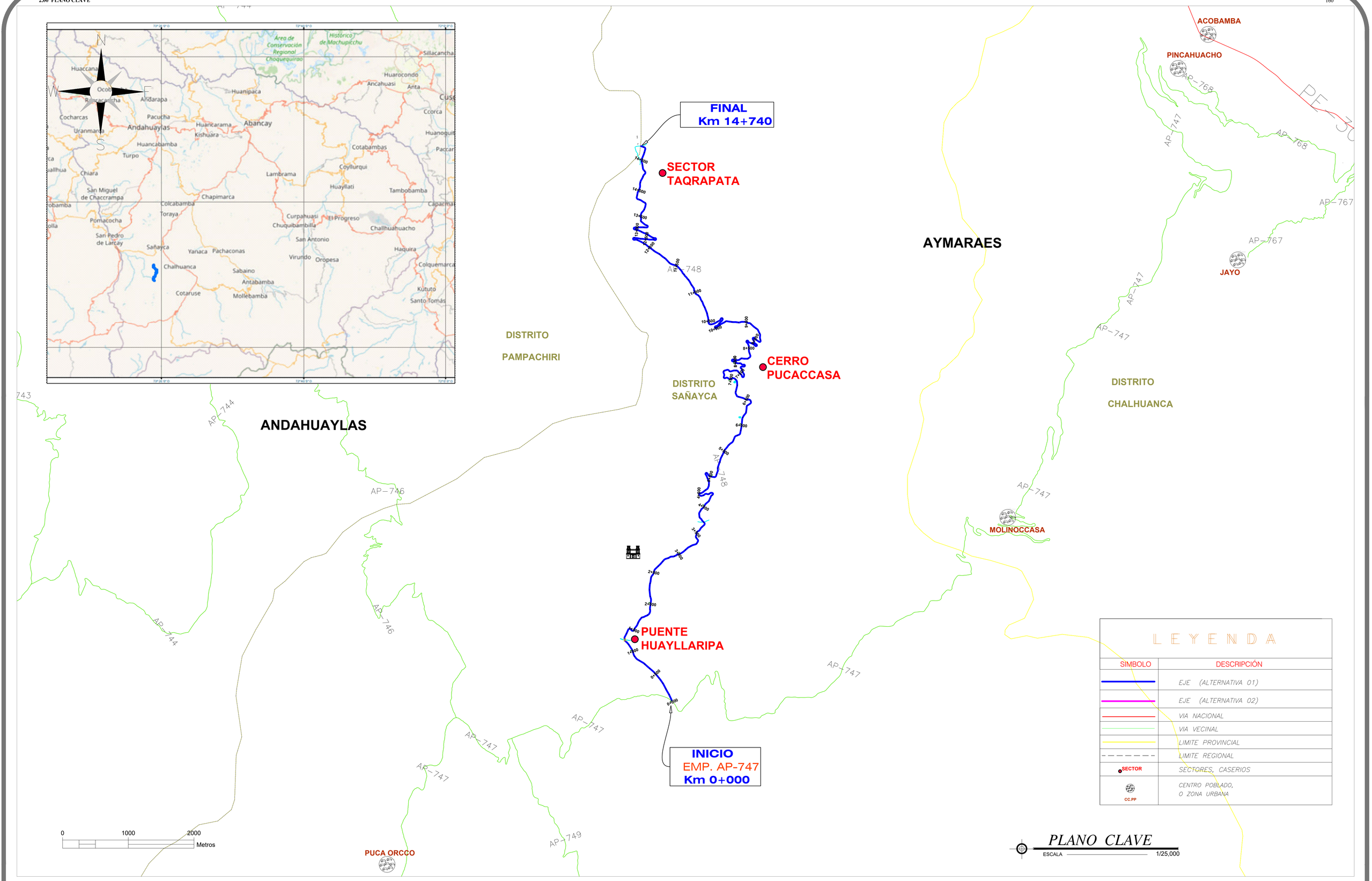
C.B .R.	MDS (100%)	MDS (98%)	MDS (95%)
C.B.R. 0.1" de Penetración	105.00	92.00	65.00
C.B.R. 0.2" de Penetración	118.00	107.00	79.00

Anexo B. PLANOS TOPOGRÁFICOS

1.00 PLANO DE UBICACION



Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACION Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA / FECHA: JULIO - 2025	DISEÑO / DIBUJO: ACCM	LAMINA: UB – 01



LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE (ALTERNATIVA 01)
	EJE (ALTERNATIVA 02)
	VIA NACIONAL
	VIA VECINAL
	LIMITE PROVINCIAL
	LIMITE REGIONAL
SECTOR	SECTORES, CASERIOS
CC.PP	CENTRO POBLADO, O ZONA URBANA

PLANO CLAVE

ESCALA 1/25,000

Universidad Nacional Federico Villarreal

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PROYECTO:

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

PLANO:

PLANO CLAVE
Km : 0+000 A 14+497

CÓDIGO DE RUTA:

AP-748

UBICACIÓN

Lugar: MULTICOMUNAL
Distrito: SAÑAYCA
Provincias: AYAMARAES
Region: APURIMAC

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

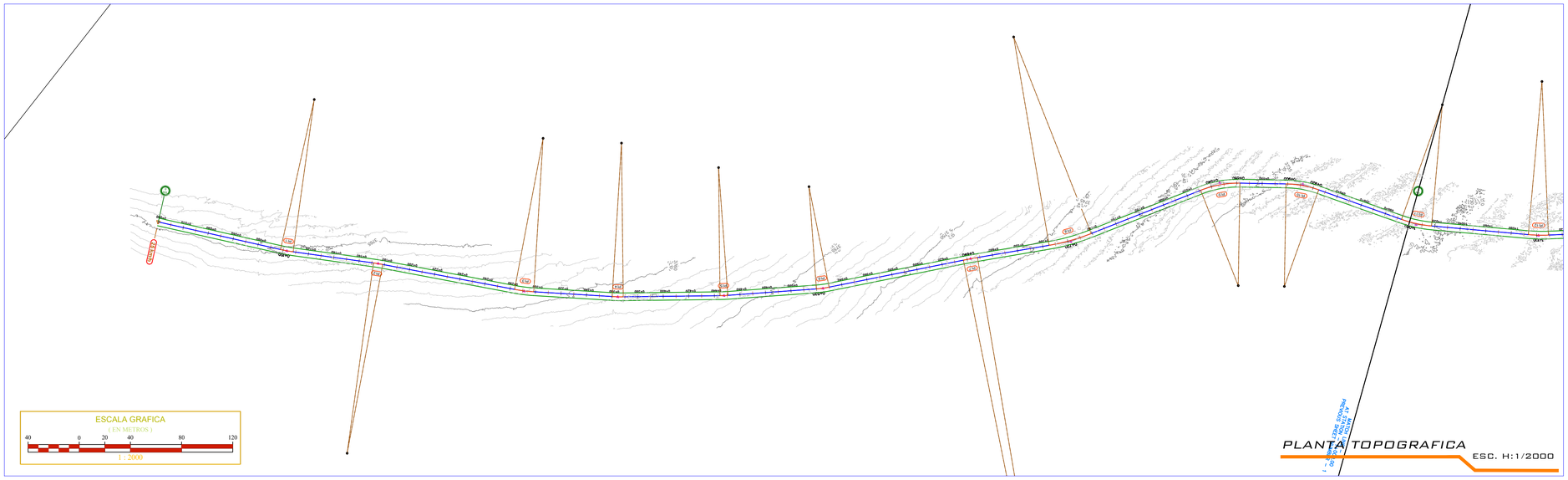
JULIO- 2025

DISEÑO/DIBUJO:

ACCM

LAMINA:

PC-01



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL												
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:1	N27° 53' 36"W	4°47'18"	120.00	5.02	10.03	10.03	0.10	0.10	0+097.94	0+102.96	0+107.97	8411829.61	676251.76
PI:2	N28° 53' 37"W	2°47'16"	150.00	3.65	7.30	7.30	0.04	0.04	0+171.35	0+175.00	0+178.64	8411891.82	676215.42
PI:3	N31° 06' 21"W	7°12'42"	120.00	7.56	15.10	15.09	0.24	0.24	0+283.57	0+291.14	0+298.68	8411994.84	676161.80
PI:4	N36° 46' 41"W	4°07'59"	120.00	4.33	8.66	8.65	0.08	0.08	0+360.08	0+364.41	0+368.74	8412055.09	676120.06
PI:5	N40° 35' 46"W	3°30'11"	100.00	3.06	6.11	6.11	0.05	0.05	0+444.39	0+447.45	0+450.51	8412119.77	676067.97
PI:6	N45° 56' 37"W	7°11'30"	80.00	5.03	10.04	10.03	0.16	0.16	0+519.91	0+524.93	0+529.95	8412177.04	676015.78
PI:7	N48° 41' 52"W	1°41'01"	380.00	5.58	11.17	11.17	0.04	0.04	0+637.00	0+642.58	0+648.16	8412253.39	675926.26
PI:8	N53° 47' 25"W	11°52'07"	165.00	17.15	34.18	34.12	0.89	0.88	0+705.00	0+722.16	0+739.18	8412306.78	675867.25
PI:9	N48° 28' 38"W	22°29'39"	80.00	15.91	31.41	31.21	1.57	1.54	0+831.17	0+847.08	0+862.58	8412369.83	675759.26
PI:10	N27° 54' 11"W	18°39'15"	80.00	13.14	26.05	25.93	1.07	1.06	0+898.64	0+911.78	0+924.69	8412421.67	675719.87
PI:11	N25° 50' 06"W	14°31'05"	95.00	12.10	24.07	24.01	0.77	0.76	0+993.42	1+005.52	1+017.49	8412510.75	675689.93
PI:12	N36° 50' 55"W	7°30'34"	120.00	7.88	15.73	15.72	0.26	0.26	1+093.44	1+101.32	1+109.17	8412591.11	675637.56
PI:13	N46° 15' 34"W	11°18'43"	60.00	5.94	11.85	11.83	0.29	0.29	1+142.47	1+148.41	1+154.31	8412626.88	675606.89
PI:14	N32° 19' 10"W	39°11'30"	25.00	8.90	17.10	16.77	1.54	1.45	1+170.49	1+179.39	1+187.59	8412646.02	675582.48
PI:15	N7° 28' 34"E	40°23'58"	40.00	14.72	28.20	27.62	2.62	2.46	1+212.42	1+227.14	1+240.63	8412693.27	675571.81
PI:16	N25° 41' 03"E	3°58'59"	180.00	6.26	12.51	12.51	0.11	0.11	1+286.51	1+292.77	1+299.02	8412752.48	675602.86

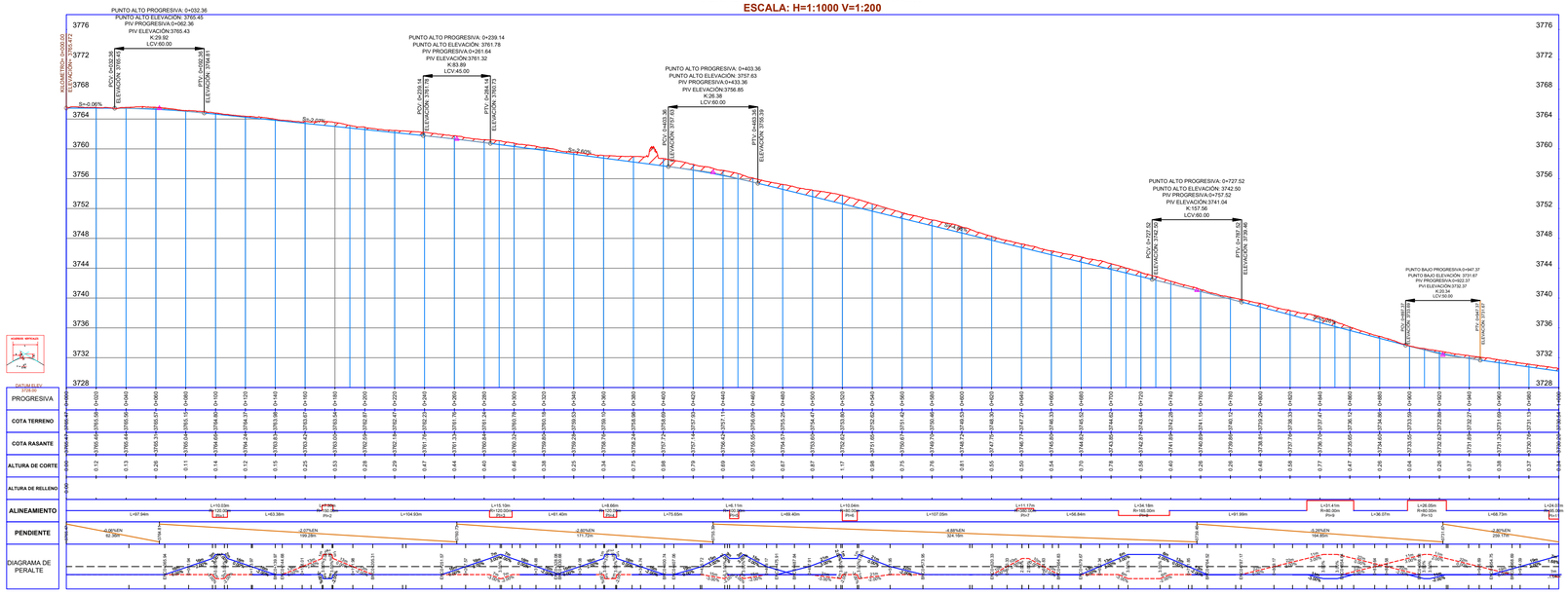
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXCEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.210 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

PERFIL LONGITUDINAL 0+000.00 - 1+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



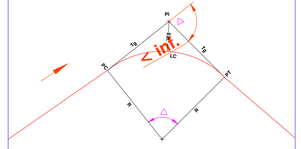
PERFIL LONGITUDINAL KM: 00+000 - 01+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

LEYENDA

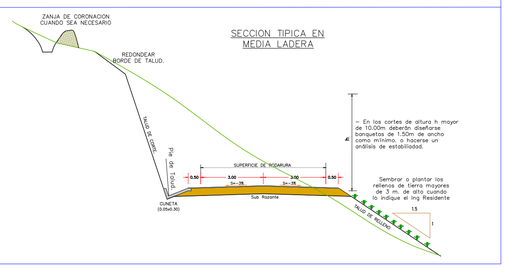
- BMs — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

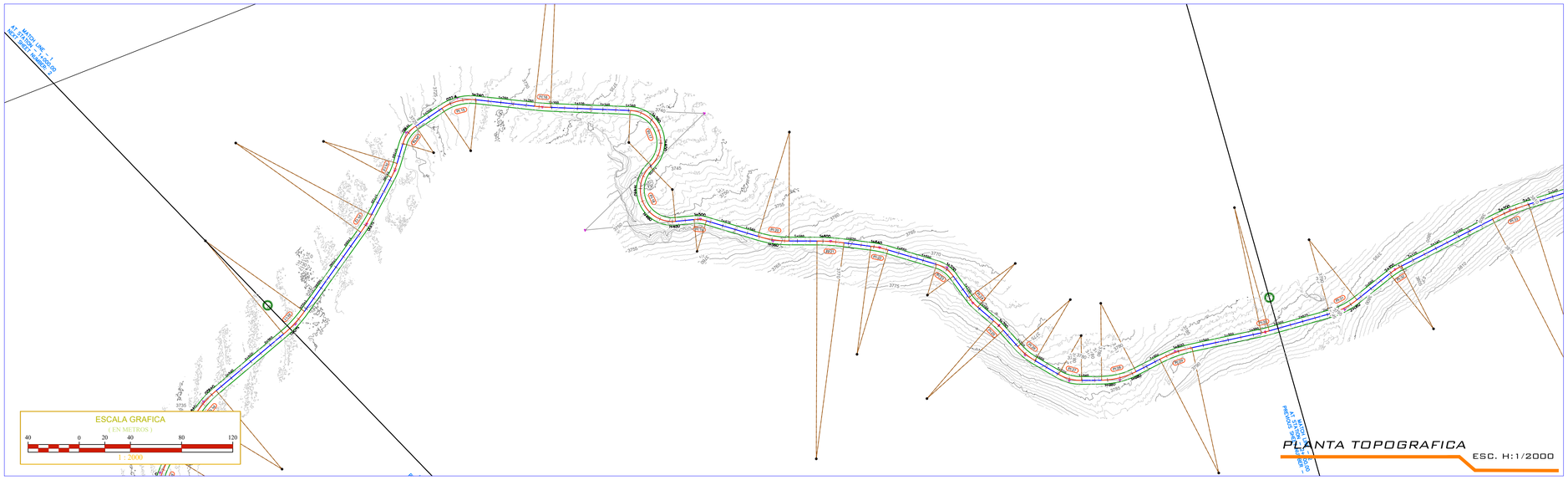


R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 00+000 A 01+000	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYAMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA / FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-01



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:17	S89° 38' 02"E	133°20'48"	25.00	57.98	58.18	45.91	38.14	15.10	1+361.24	1+419.21	1+419.42	8412868.28	675653.67
PI:18	N86° 28' 45"E	141°07'12"	25.00	70.83	61.58	47.15	50.12	16.68	1+420.78	1+491.61	1+482.35	8412748.43	675704.45
PI:19	N27° 03' 16"E	22°16'14"	25.00	4.92	9.72	9.66	0.48	0.47	1+496.98	1+501.90	1+506.70	8412835.34	675729.24
PI:20	N29° 54' 43"E	16°33'21"	85.00	12.37	24.56	24.48	0.89	0.89	1+548.87	1+561.24	1+573.43	8412882.08	675766.00
PI:21	N25° 11' 46"E	7°07'26"	170.00	10.58	21.14	21.12	0.33	0.33	1+595.33	1+605.92	1+616.47	8412923.77	675782.54
PI:22	N33° 23' 02"E	9°15'06"	85.00	6.88	13.72	13.71	0.28	0.28	1+637.64	1+644.52	1+651.37	8412957.64	675801.12
PI:23	N56° 39' 45"E	37°18'20"	25.00	8.44	16.28	15.99	1.39	1.31	1+690.96	1+699.39	1+707.23	8413000.89	675834.93
PI:24	N68° 41' 40"E	13°14'31"	45.00	5.22	10.40	10.38	0.30	0.30	1+727.77	1+732.99	1+738.17	8413009.56	675868.02
PI:25	N65° 51' 29"E	7°34'10"	80.00	5.29	10.57	10.56	0.17	0.17	1+754.47	1+759.77	1+765.04	8413022.12	675891.71
PI:26	N60° 38' 58"E	17°59'11"	55.00	8.70	17.27	17.20	0.68	0.68	1+782.15	1+790.86	1+799.42	8413032.94	675920.87
PI:27	N36° 12' 46"E	30°53'14"	35.00	9.67	18.87	18.64	1.31	1.26	1+820.84	1+830.51	1+839.71	8413057.64	675952.09
PI:28	N7° 25' 04"E	26°42'10"	60.00	14.24	27.96	27.71	1.67	1.62	1+855.35	1+869.59	1+883.32	8413094.62	675966.11
PI:29	N1° 43' 01"E	15°18'04"	100.00	13.43	26.71	26.63	0.90	0.89	1+904.33	1+917.76	1+931.04	8413143.05	675961.08
PI:30	N7° 30' 45"E	3°42'35"	100.00	3.24	6.47	6.47	0.05	0.05	1+986.37	1+989.60	1+992.84	8413214.09	675972.80
PI:31	N5° 43' 30"W	22°45'56"	60.00	12.08	23.84	23.68	1.20	1.18	2+042.14	2+054.22	2+065.98	8413278.38	675979.17
PI:32	N11° 26' 29"W	11°19'57"	55.00	5.46	10.88	10.86	0.27	0.27	2+098.74	2+104.20	2+109.62	8413326.46	675964.37

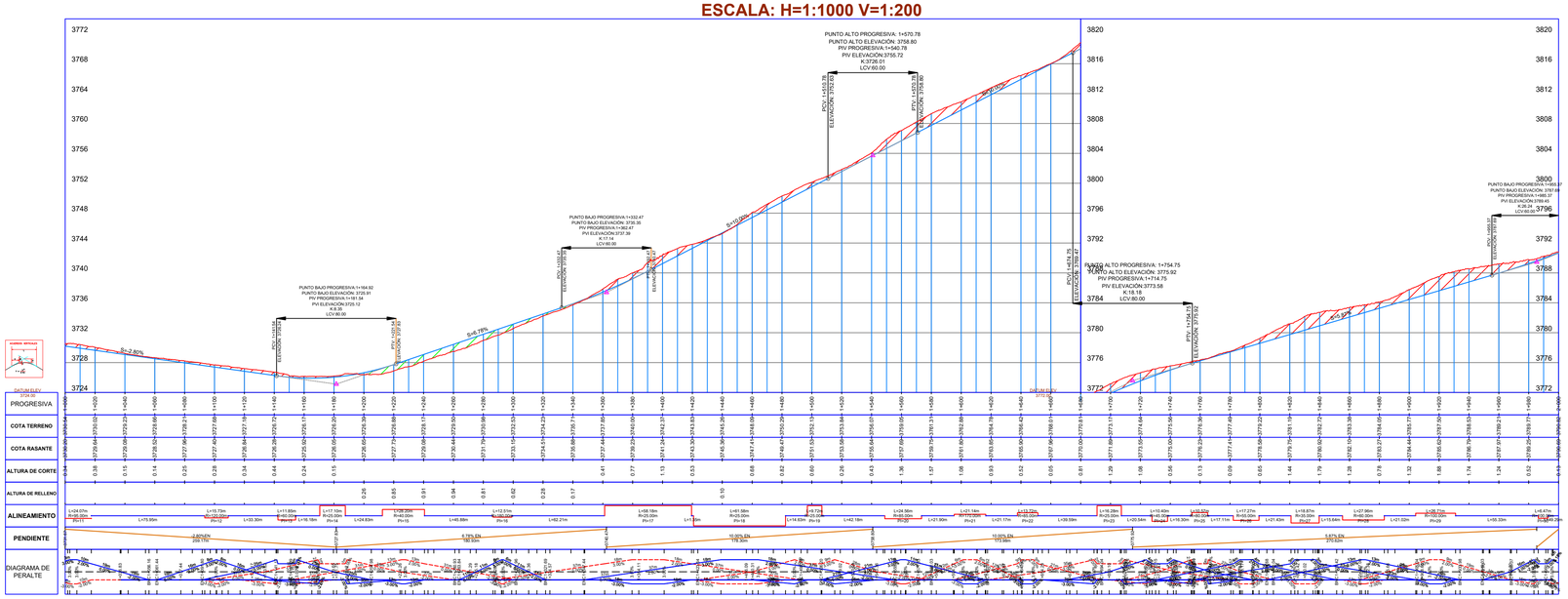
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXCEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.210 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

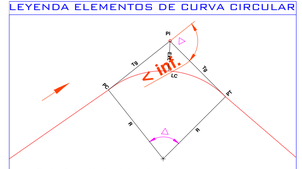
PERFIL LONGITUDINAL 1+000.00 - 2+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



LEYENDA

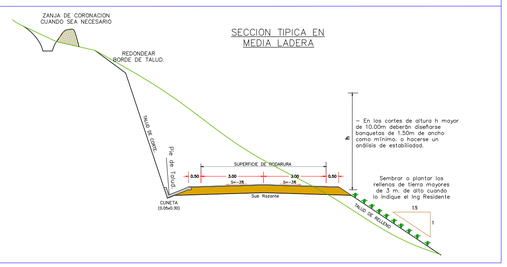
- Posición de BM.
- Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



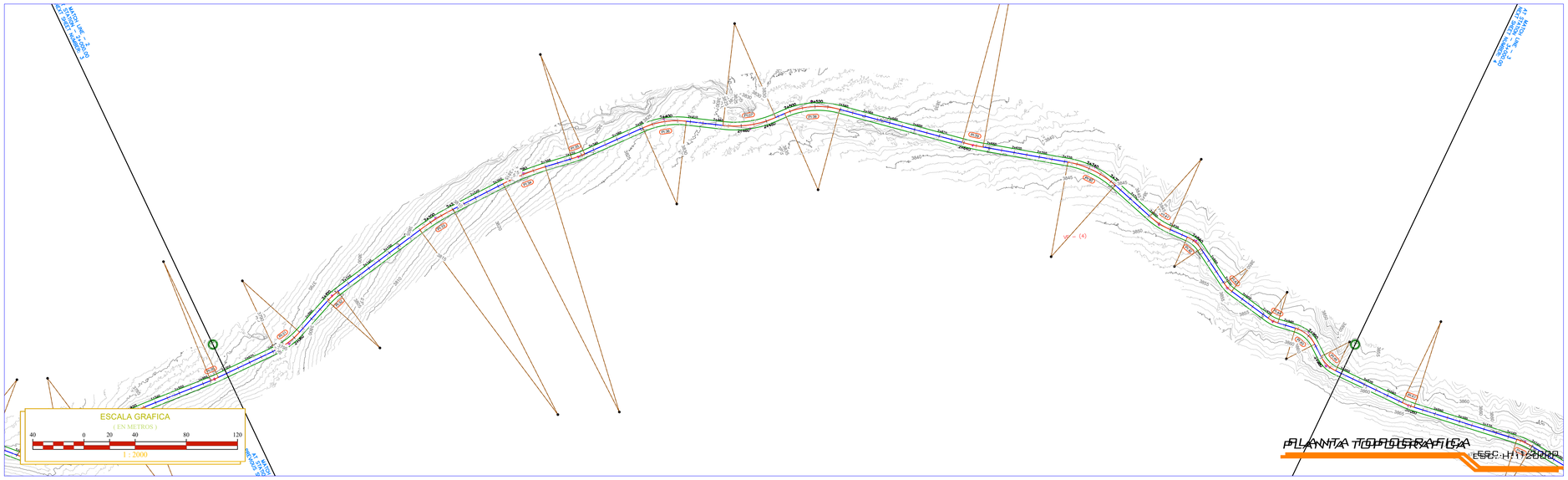
R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
△ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 01+000 - 02+000
ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 01+000 A 02+000	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYAMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA / FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-02



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL													
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:33	N0° 53' 32"W	9°45'57"	180.00	15.38	30.68	30.64	0.66	0.65	2+189.81	2+205.19	2+220.49	8413426.97	675954.21
PI:34	N9° 06' 17"E	10°13'41"	200.00	17.90	35.70	35.66	0.80	0.80	2+264.21	2+282.11	2+299.91	8413503.78	675959.56
PI:35	N10° 35' 35"E	7°15'04"	85.00	5.39	10.76	10.75	0.17	0.17	2+321.50	2+326.88	2+332.25	8413547.28	675970.58
PI:36	N22° 15' 14"E	30°34'22"	65.00	17.77	34.68	34.27	2.38	2.30	2+382.07	2+399.84	2+416.76	8413619.71	675979.44
PI:37	N22° 26' 12"E	30°08'26"	80.00	21.54	42.08	41.60	2.85	2.75	2+445.70	2+467.24	2+487.79	8413673.83	676021.02
PI:38	N26° 44' 53"E	38°41'48"	65.00	22.82	43.90	43.07	3.89	3.67	2+495.58	2+518.40	2+539.48	8413725.55	676027.74
PI:39	N43° 35' 17"E	5°00'59"	190.00	8.32	16.64	16.63	0.18	0.18	2+638.75	2+647.08	2+655.39	8413815.99	676121.71
PI:40	N57° 01' 41"E	31°53'48"	75.00	21.43	41.75	41.22	3.00	2.89	2+722.69	2+744.12	2+764.44	8413889.15	676185.49
PI:41	N63° 55' 00"E	18°07'09"	60.00	9.57	18.97	18.90	0.76	0.75	2+800.82	2+810.39	2+819.79	8413908.87	676249.91
PI:42	N71° 04' 46"E	32°26'40"	25.00	7.27	14.16	13.97	1.04	1.00	2+834.46	2+841.74	2+848.62	8413927.01	676275.68
PI:43	N77° 18' 21"E	19°59'30"	25.00	4.41	8.72	8.68	0.39	0.38	2+881.16	2+885.57	2+889.89	8413929.09	676319.86
PI:44	N57° 29' 52"E	19°37'28"	25.00	4.32	8.56	8.52	0.37	0.37	2+925.13	2+929.45	2+933.69	8413946.06	676360.43
PI:45	N70° 45' 23"E	46°08'30"	25.00	10.65	20.13	19.59	2.17	2.00	2+947.98	2+958.62	2+968.11	8413965.75	676382.06
PI:46	N75° 11' 00"E	37°17'17"	25.00	8.43	16.27	15.98	1.38	1.31	2+978.86	2+987.29	2+995.13	8413963.76	676411.83
PI:47	N52° 28' 20"E	8°08'03"	70.00	4.98	9.94	9.93	0.18	0.18	3+052.85	3+057.83	3+062.79	8414002.98	676471.17
PI:48	N55° 12' 48"E	13°37'00"	55.00	6.57	13.07	13.04	0.39	0.39	3+146.86	3+153.43	3+159.93	8414066.45	676542.68

DATOS DE DISEÑO

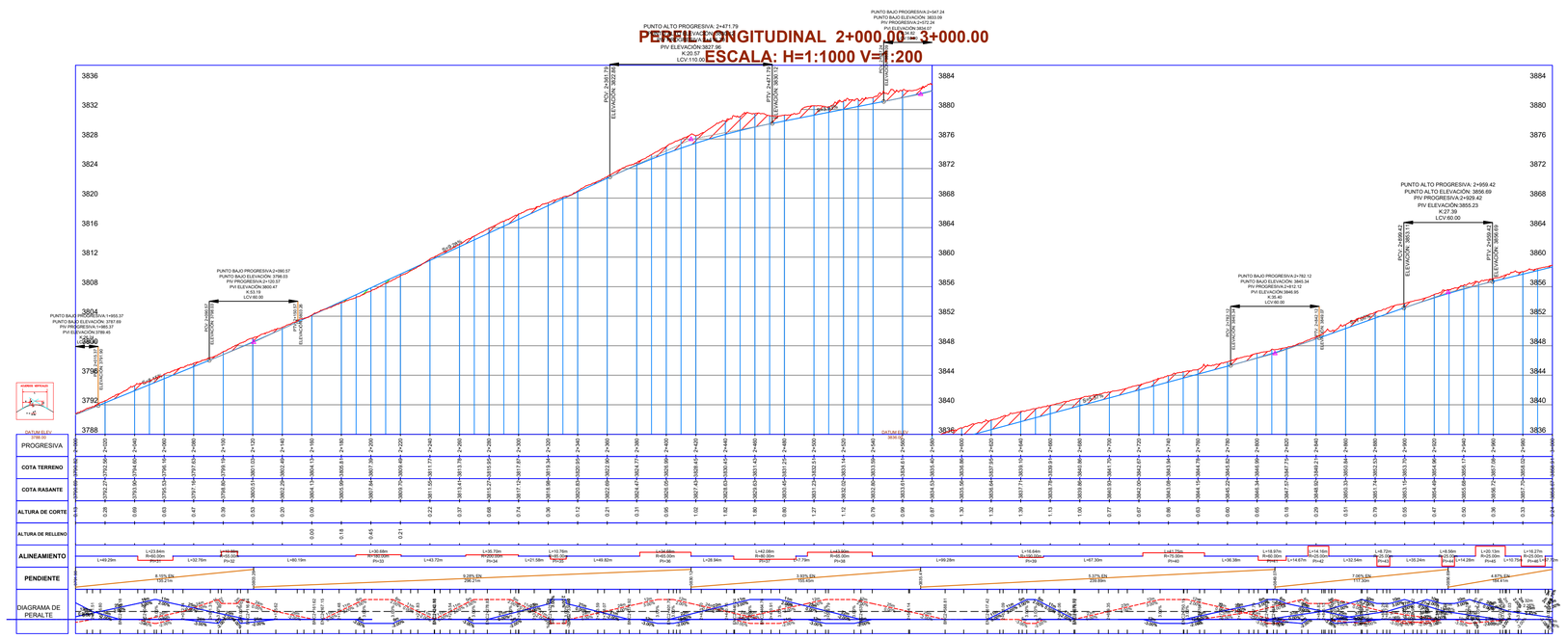
INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.210 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

PERFIL LONGITUDINAL 2+000.00 - 3+000.00

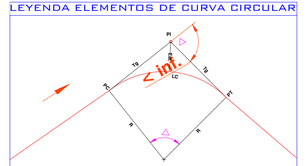
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



LEYENDA

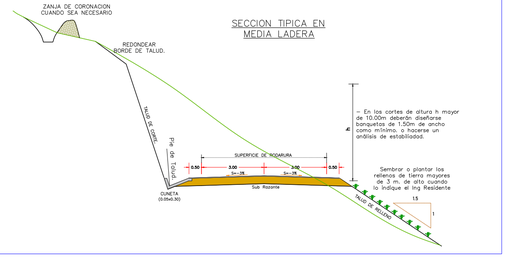
- Posición de BM.
- Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



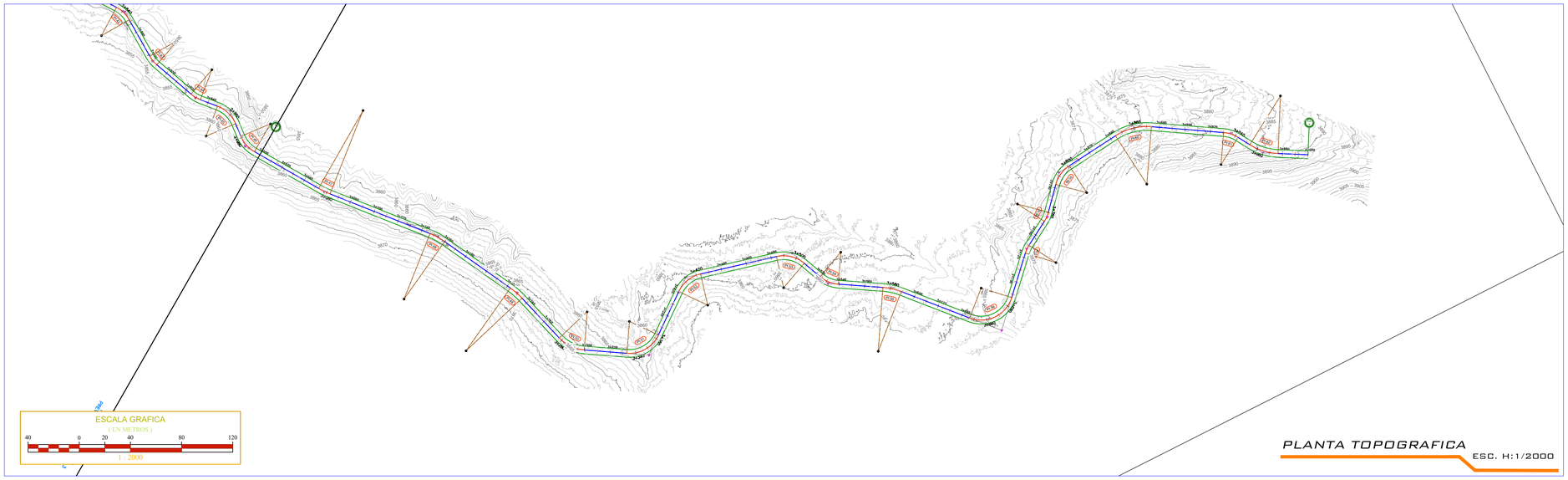
R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 02+000 - 03+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL													
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:49	N67° 47' 37"E	11°32'38"	60.00	6.06	12.09	12.07	0.31	0.30	3+222.81	3+228.87	3+234.90	8414101.88	676609.36
PI:50	N52° 25' 28"E	42°16'57"	30.00	11.60	22.14	21.64	2.16	2.02	3+277.47	3+289.07	3+299.61	8414118.92	676667.14
PI:51	N3° 23' 16"W	69°20'31"	25.00	17.29	30.26	28.44	5.40	4.44	3+333.06	3+350.35	3+363.32	8414172.20	676699.51
PI:52	N12° 06' 37"W	51°53'50"	25.00	12.17	22.64	21.88	2.80	2.52	3+400.81	3+412.97	3+423.45	8414224.91	676658.24
PI:53	N40° 23' 01"E	53°05'26"	25.00	12.49	23.17	22.35	2.95	2.64	3+484.30	3+496.79	3+507.47	8414307.94	676678.69
PI:54	N48° 56' 02"E	35°59'25"	25.00	8.12	15.70	15.45	1.29	1.22	3+523.72	3+531.84	3+539.42	8414322.38	676712.60
PI:55	N39° 24' 22"E	16°56'05"	50.00	7.44	14.78	14.72	0.55	0.55	3+574.27	3+581.72	3+589.05	8414365.62	676738.52
PI:56	N0° 52' 58"E	93°58'54"	25.00	26.80	41.01	36.56	11.65	7.95	3+646.31	3+673.11	3+687.31	8414427.00	676806.39
PI:57	N38° 18' 42"W	15°35'35"	25.00	3.42	6.80	6.78	0.23	0.23	3+723.57	3+726.99	3+730.37	8414473.09	676758.48
PI:58	N39° 23' 48"W	17°45'46"	25.00	3.91	7.75	7.72	0.30	0.30	3+752.58	3+756.48	3+760.33	8414498.53	676743.48
PI:59	N27° 15' 05"W	42°03'12"	25.00	9.61	18.35	17.94	1.78	1.66	3+782.84	3+792.45	3+801.19	8414522.51	676716.59
PI:60	N12° 34' 43"E	37°36'24"	45.00	15.32	29.54	29.01	2.54	2.40	3+844.24	3+859.56	3+873.77	8414590.09	676709.22
PI:61	N45° 07' 50"E	27°29'49"	25.00	6.12	12.00	11.88	0.74	0.72	3+930.36	3+936.48	3+942.36	8414656.70	676749.85
PI:62	N44° 00' 27"E	29°44'34"	45.00	11.95	23.36	23.10	1.56	1.51	3+953.22	3+965.17	3+976.58	8414671.65	676774.61

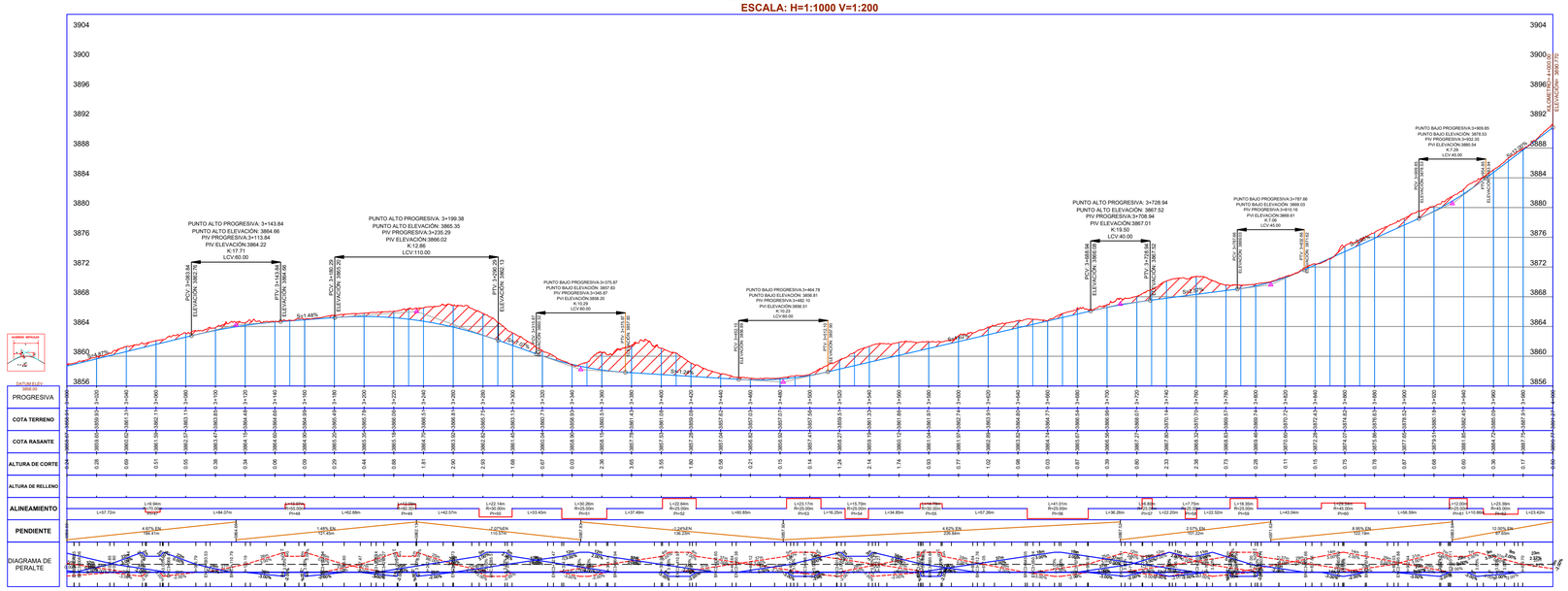
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.210 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

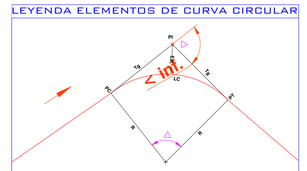
PERFIL LONGITUDINAL 3+000.00 - 4+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



LEYENDA

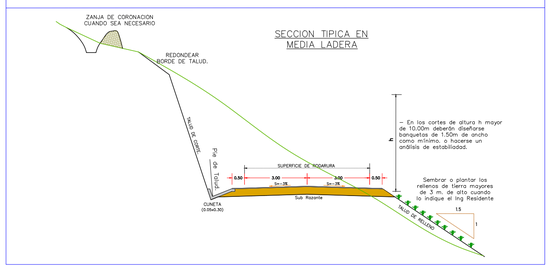
- Posición de BM.
- C-1 Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI1 Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



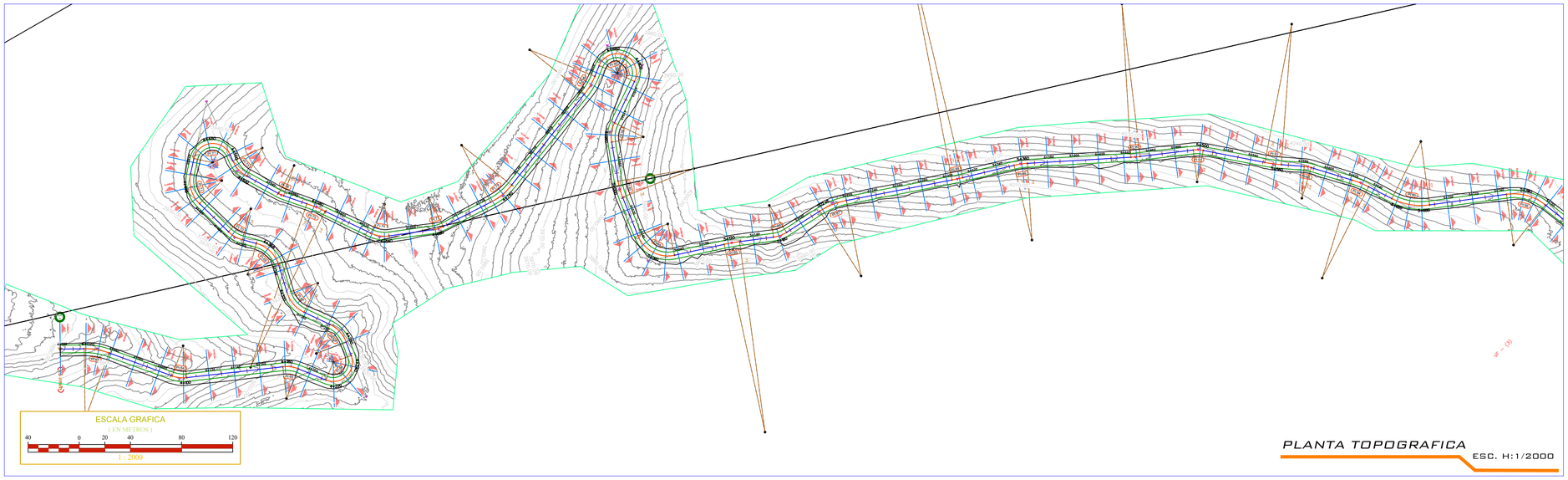
R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 03+000 - 04+000
ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 03+000 A 04+000	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYAMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-04



PLANTA TOPOGRAFICA ESC. H:1/2000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL											
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI.63	N39° 29' 16"E	20°42'11"	55.00	10.05	19.87	19.77	0.91	0.90	4+018.74	4+028.78	4+038.61	8414727.69	676805.85
PI.64	N36° 38' 45"E	26°23'13"	25.00	5.86	11.51	11.41	0.68	0.66	4+091.01	4+096.87	4+102.53	8414771.74	676858.05
PI.65	N37° 40' 50"E	28°27'23"	25.00	6.34	12.42	12.29	0.79	0.77	4+178.21	4+184.55	4+190.62	8414852.36	676893.03
PI.66	N14° 19' 00"W	132°27'02"	15.00	34.05	34.68	27.45	22.21	8.95	4+213.84	4+247.89	4+248.52	8414891.61	676943.09
PI.67	S77° 20' 29"W	44°14'02"	25.00	10.16	19.30	18.82	1.99	1.84	4+259.57	4+269.73	4+278.87	8414900.69	676888.58
PI.68	S78° 58' 42"W	47°30'29"	25.00	11.00	20.73	20.14	2.31	2.12	4+301.30	4+312.30	4+322.03	8414875.82	676852.77
PI.69	S73° 49' 41"W	57°48'31"	25.00	13.80	25.22	24.17	3.56	3.11	4+344.73	4+358.53	4+369.96	8414886.29	676806.43
PI.70	S59° 27' 33"W	29°04'14"	25.00	6.48	12.68	12.55	0.83	0.80	4+381.14	4+387.62	4+393.82	8414864.01	676784.21
PI.71	N76° 48' 25"W	58°23'50"	25.00	13.97	25.48	24.39	3.64	3.18	4+425.42	4+439.39	4+450.90	8414849.66	676734.18
PI.72	N24° 07' 55"E	143°28'51"	15.00	45.46	37.56	28.49	32.87	10.30	4+463.01	4+508.48	4+500.58	8414897.90	676681.34
PI.73	N77° 12' 22"E	37°19'57"	25.00	8.45	16.29	16.00	1.39	1.32	4+505.87	4+514.32	4+522.16	8414891.84	676740.23
PI.74	N53° 43' 20"E	9°38'07"	25.00	2.11	4.20	4.20	0.09	0.09	4+550.57	4+552.68	4+554.78	8414912.18	676773.47
PI.75	N52° 09' 48"E	6°31'02"	135.00	7.69	15.36	15.35	0.22	0.22	4+573.98	4+581.67	4+589.34	8414931.23	676795.32
PI.76	N38° 38' 10"E	33°34'17"	25.00	7.54	14.65	14.44	1.11	1.07	4+628.94	4+636.48	4+643.59	8414962.35	676840.47
PI.77	N12° 18' 05"E	19°05'52"	25.00	4.21	8.33	8.29	0.35	0.35	4+678.53	4+682.73	4+686.86	8415005.68	676857.84
PI.78	N9° 20' 20"W	24°10'58"	50.00	10.71	21.10	20.95	1.13	1.11	4+728.43	4+739.14	4+749.54	8415062.11	676860.56
PI.79	N29° 41' 58"W	16°32'19"	55.00	7.99	15.88	15.82	0.58	0.57	4+840.90	4+848.90	4+856.78	8415164.57	676820.34
PI.80	N10° 29' 02"E	96°54'20"	15.00	16.93	25.37	22.45	7.62	5.05	4+865.79	4+882.72	4+891.16	8415191.32	676799.46
PI.81	S77° 40' 09"E	86°47'18"	15.00	14.18	22.72	20.61	5.64	4.10	4+891.44	4+905.62	4+914.16	8415207.51	676826.35

DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

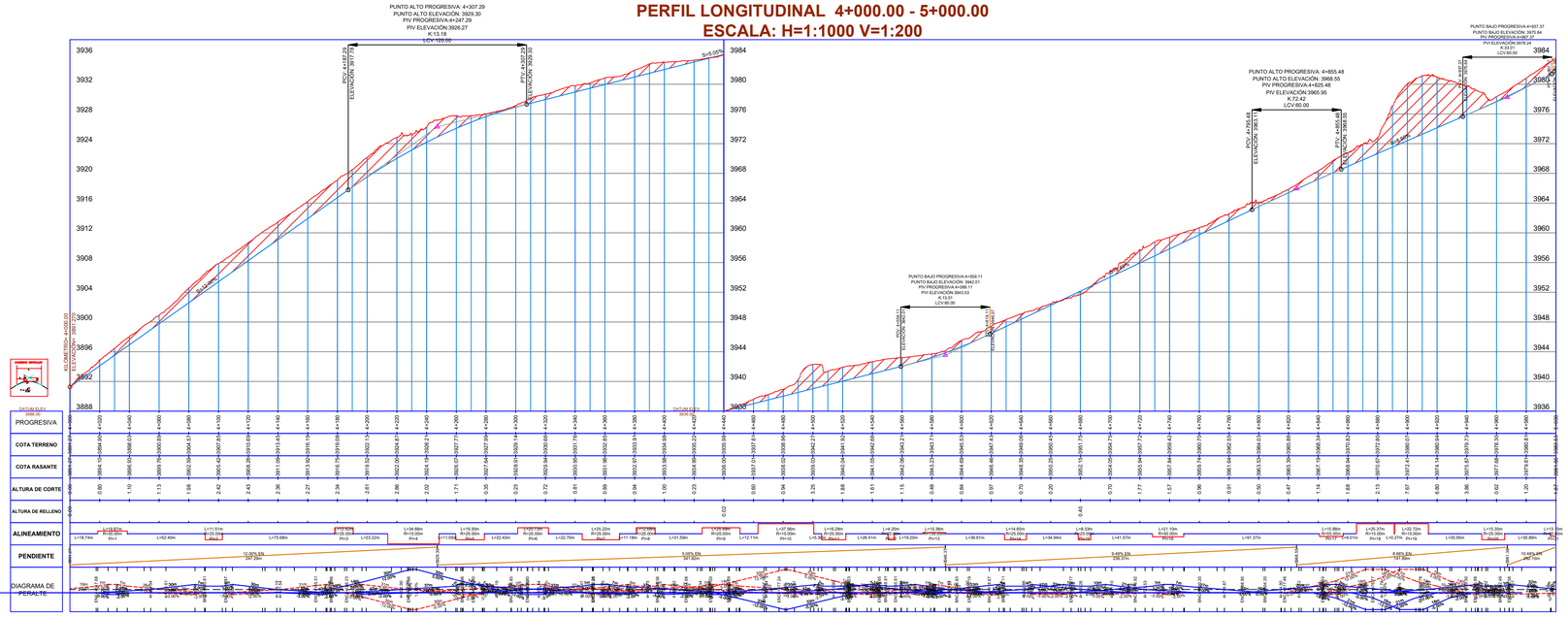
TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

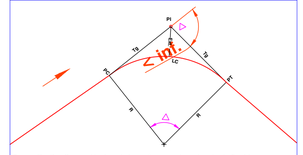
LEYENDA

- BMs — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI.1 — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

PERFIL LONGITUDINAL 4+000.00 - 5+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200

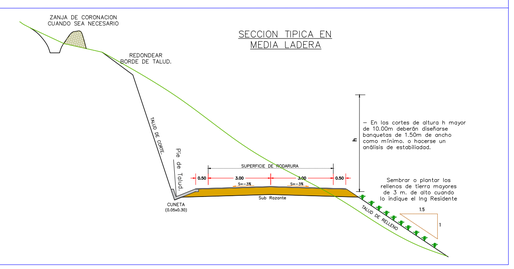


LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de incio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 04+000 - 05+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PROYECTO:
PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

PLANO:
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
Km : 04+000 A 05+000

CÓDIGO DE RUTA:
AP-748

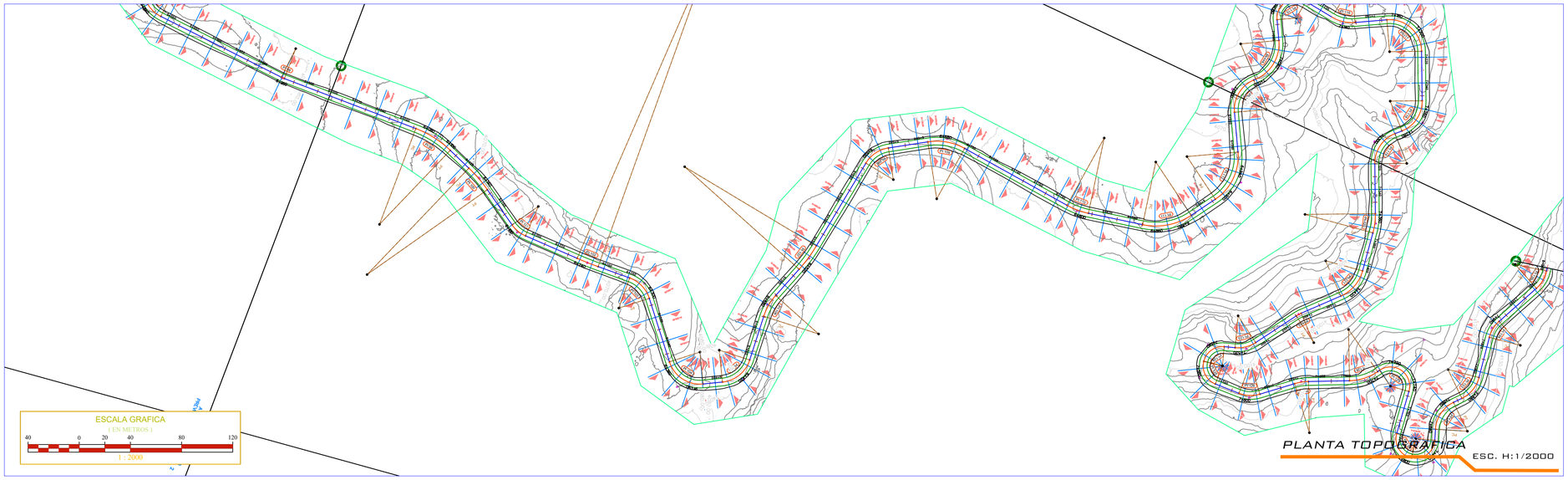
UBICACIÓN
Lugar: MULTICOMUNAL
Distrito: SAÑAYCA
Provincias: AYAMARAES
Region: APURIMAC

ESCALA: INDICADA

FECHA: JULIO- 2025

DISEÑO/DIBUJO:
ACCM

LAMINA:
PP-05



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:82	S51° 52' 01"E	35°11'03"	25.00	7.93	15.35	15.11	1.23	1.17	4+950.10	4+958.03	4+965.46	8415159.54	676859.04
PI:83	S75° 42' 57"E	12°30'49"	60.00	6.58	13.10	13.08	0.36	0.36	4+996.35	5+002.93	5+009.45	8415143.61	676901.55
PI:84	N57° 48' 25"E	80°26'28"	25.00	21.14	35.10	32.29	7.74	5.91	5+041.91	5+063.05	5+077.01	8415135.21	676961.14
PI:85	N19° 55' 17"E	4°40'12"	150.00	6.12	12.23	12.22	0.12	0.12	5+116.69	5+122.81	5+128.92	8415199.02	676981.37
PI:86	N9° 48' 21"E	24°54'03"	25.00	5.52	10.87	10.78	0.60	0.59	5+155.73	5+161.25	5+166.60	8415234.60	676995.93
PI:87	N8° 07' 12"E	21°31'45"	60.00	11.41	22.55	22.41	1.07	1.06	5+197.44	5+208.84	5+219.98	8415282.32	676993.73
PI:88	N17° 39' 14"E	2°27'42"	200.00	4.30	8.59	8.59	0.05	0.05	5+304.07	5+308.36	5+312.66	8415376.74	677026.03
PI:89	N21° 28' 03"E	10°05'20"	60.00	5.30	10.56	10.55	0.23	0.23	5+353.90	5+359.20	5+364.47	8415425.50	677040.40
PI:90	N24° 47' 13"E	3°26'59"	120.00	3.61	7.23	7.22	0.05	0.05	5+445.50	5+449.11	5+452.72	8415505.98	677080.55
PI:91	N31° 59' 17"E	17°51'07"	25.00	3.93	7.79	7.76	0.31	0.30	5+494.59	5+498.52	5+502.38	8415551.44	677099.90
PI:92	N37° 30' 44"E	6°48'14"	110.00	6.54	13.06	13.06	0.19	0.19	5+551.40	5+557.94	5+564.46	8415596.39	677138.86
PI:93	N40° 26' 57"E	12°40'40"	25.00	2.78	5.53	5.52	0.15	0.15	5+582.42	5+585.19	5+587.95	8415618.97	677154.15
PI:94	N51° 48' 00"E	10°01'26"	80.00	7.02	14.00	13.98	0.31	0.31	5+621.27	5+628.28	5+635.26	8415648.49	677185.57
PI:95	N39° 25' 09"E	34°47'07"	50.00	15.66	30.36	29.89	2.40	2.29	5+655.69	5+671.35	5+686.05	8415672.09	677221.65
PI:96	N45° 07' 08"E	46°11'04"	40.00	17.06	32.24	31.38	3.48	3.21	5+746.75	5+763.81	5+778.99	8415758.69	677256.68
PI:97	N39° 47' 17"E	56°50'45"	25.00	13.53	24.80	23.80	3.43	3.01	5+829.19	5+842.72	5+853.99	8415788.67	677331.69
PI:98	N8° 23' 12"E	5°57'25"	25.00	1.30	2.60	2.60	0.03	0.03	5+959.49	5+960.79	5+962.09	8415906.65	677355.40
PI:99	N16° 53' 01"E	22°57'03"	80.00	16.24	32.05	31.83	1.63	1.60	6+072.00	6+088.24	6+104.05	8416033.53	677367.41
PI:100	N33° 53' 45"E	11°04'26"	115.00	11.15	22.23	22.19	0.54	0.54	6+124.17	6+135.31	6+146.39	8416075.34	677389.98

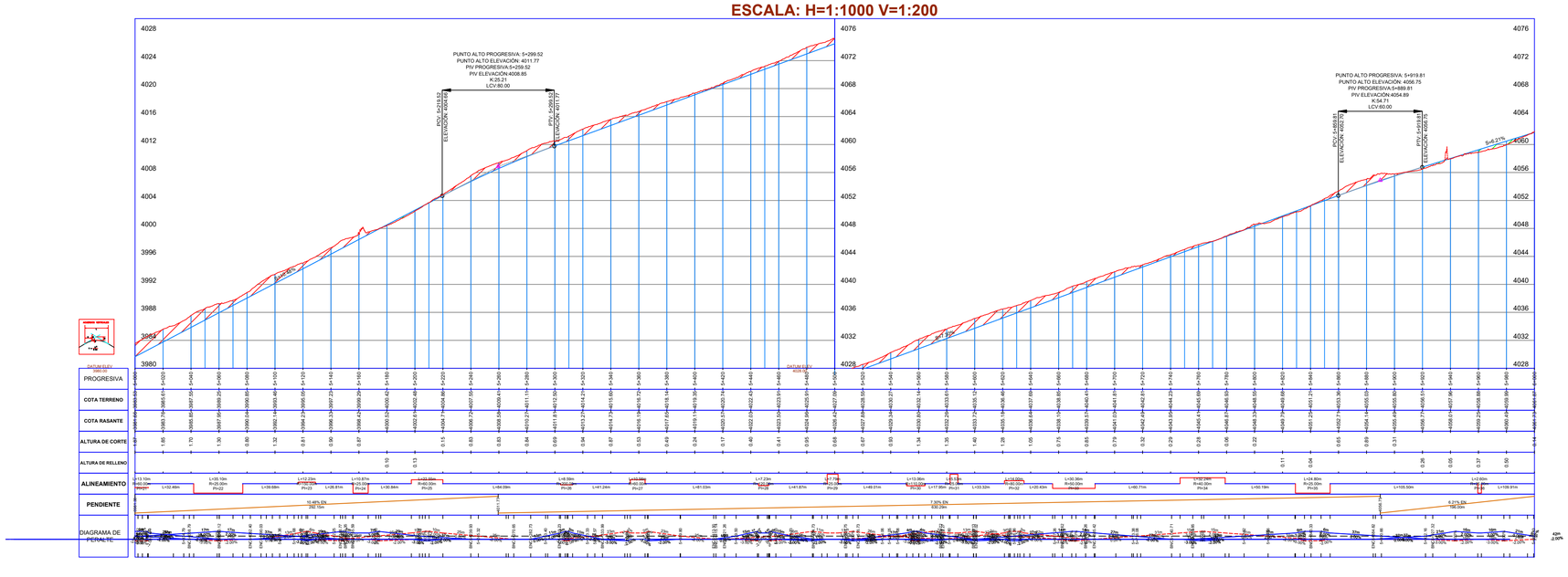
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

PERFIL LONGITUDINAL 5+000.00 - 6+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



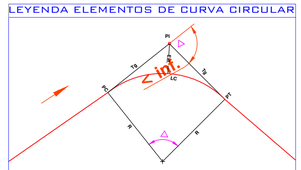
PERFIL LONGITUDINAL KM: 05+000 - 06+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

LEYENDA

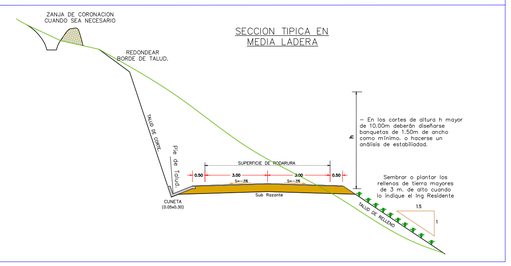
- Posición de BM.
- Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

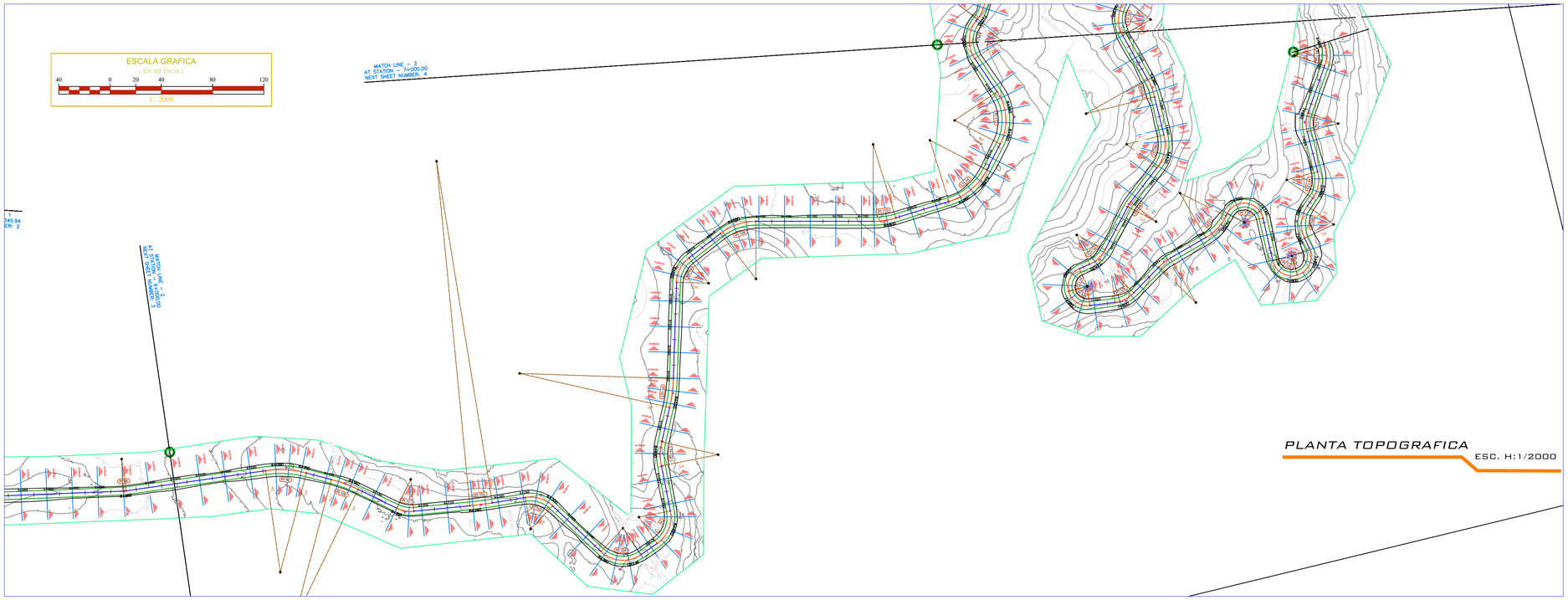


R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de incio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 05+000 A 06+000	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYAMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-06



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL												
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:101	N23° 45' 56"E	31°20'05"	25.00	7.01	13.67	13.50	0.96	0.93	6+180.00	6+187.01	6+193.67	8416115.32	677422.86
PI:102	N6° 13' 28"E	3°44'51"	270.00	8.83	17.66	17.66	0.14	0.14	6+237.66	6+246.50	6+255.32	8416174.56	677431.29
PI:103	N30° 39' 25"E	52°36'44"	25.00	12.36	22.96	22.16	2.89	2.59	6+281.47	6+293.83	6+304.42	8416221.76	677434.88
PI:104	N17° 54' 03"E	78°07'27"	25.00	20.29	34.09	31.51	7.20	5.59	6+356.40	6+376.68	6+390.48	8416267.89	677505.82
PI:105	N54° 20' 27"W	66°21'34"	25.00	16.35	28.95	27.36	4.87	4.08	6+405.66	6+422.00	6+434.61	8416316.21	677487.11
PI:106	N75° 33' 24"W	23°55'39"	45.00	9.54	18.79	18.66	1.00	0.98	6+470.47	6+480.00	6+489.26	8416318.88	677425.44
PI:107	N69° 00' 59"W	10°50'48"	120.00	11.39	22.72	22.68	0.54	0.54	6+516.81	6+528.20	6+539.53	8416340.44	677382.02
PI:108	N49° 19' 53"W	50°12'59"	25.00	11.72	21.91	21.22	2.61	2.36	6+614.80	6+626.51	6+636.71	8416366.83	677287.24
PI:109	N5° 17' 42"W	37°51'23"	45.00	15.43	29.73	29.19	2.57	2.43	6+667.94	6+683.37	6+697.67	8416420.07	677263.29
PI:110	N5° 03' 17"E	17°09'24"	60.00	9.05	17.97	17.90	0.68	0.67	6+789.13	6+798.18	6+807.09	8416532.74	677290.62
PI:111	N26° 18' 04"W	45°33'19"	50.00	21.00	39.75	38.72	4.23	3.90	6+850.39	6+871.38	6+890.14	8416605.94	677286.11
PI:112	N79° 44' 34"W	61°19'41"	40.00	23.72	42.82	40.80	6.50	5.59	6+912.78	6+936.49	6+955.59	8416650.06	677235.22
PI:113	N74° 31' 02"W	71°46'45"	25.00	18.09	31.32	29.31	5.86	4.75	6+986.79	7+004.88	7+018.11	8416624.60	677166.80
PI:114	N74° 31' 14"W	71°47'10"	30.00	21.71	37.59	35.18	7.03	5.70	7+019.87	7+041.58	7+057.46	8416657.08	677140.85
PI:115	N47° 24' 18"W	126°01'03"	15.00	29.45	32.99	26.73	18.05	8.19	7+073.79	7+103.24	7+106.78	8416633.54	677077.60
PI:116	N2° 19' 10"W	35°50'48"	30.00	9.70	18.77	18.46	1.53	1.46	7+130.47	7+140.18	7+149.24	8416694.07	677094.51
PI:117	N26° 49' 47"E	94°08'42"	25.00	26.88	41.08	36.61	11.71	7.97	7+174.20	7+201.08	7+215.28	8416751.81	677073.22
PI:118	S71° 32' 03"E	69°07'38"	25.00	17.22	30.16	28.37	5.36	4.41	7+253.88	7+271.11	7+284.05	8416774.74	677152.67
PI:119	S71° 29' 16"E	69°02'04"	25.00	17.19	30.12	28.33	5.34	4.40	7+289.84	7+307.03	7+319.96	8416742.61	677176.86

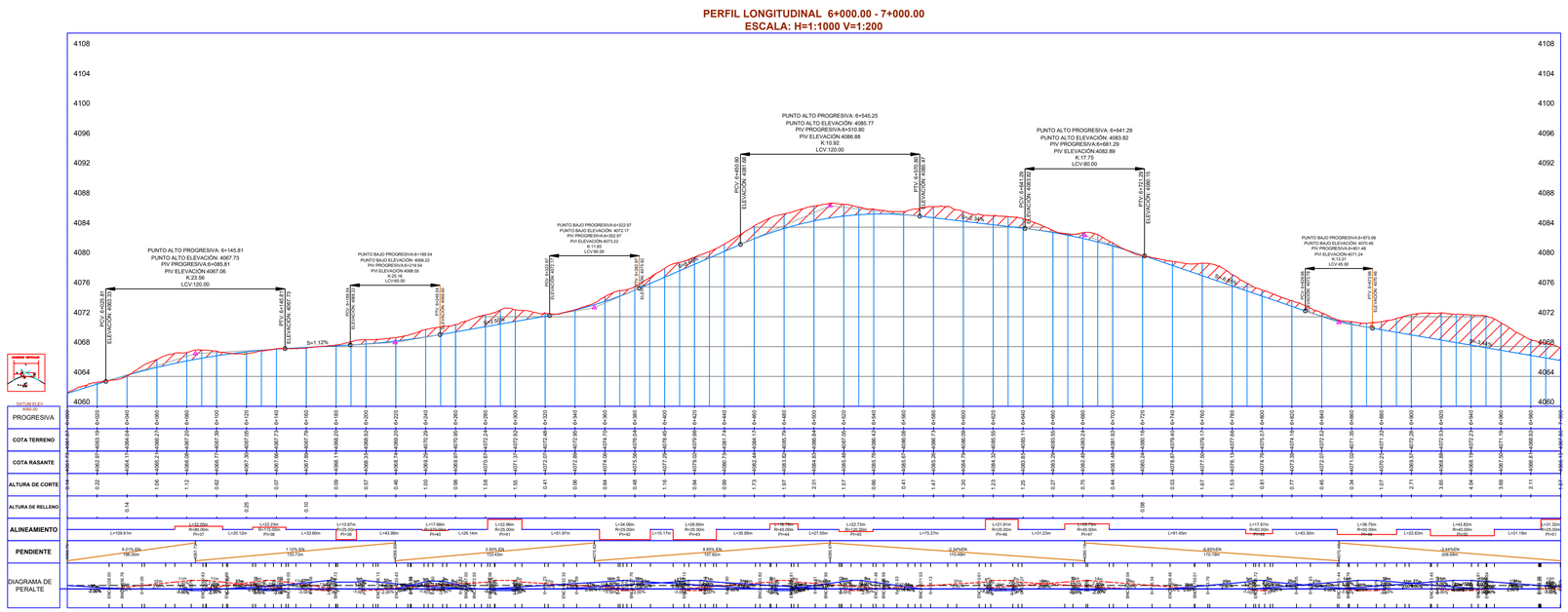
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

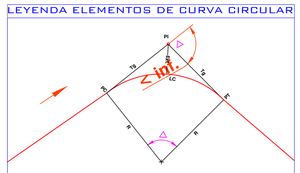
TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

PERFIL LONGITUDINAL 6+000.00 - 7+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

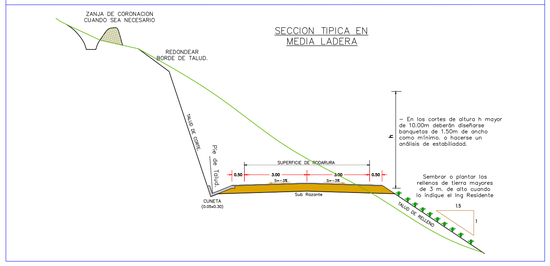


R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

LEYENDA

- BM1 — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 06+000 - 07+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PROYECTO:
PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

PLANO:
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
Km : 06+000 A 07+000

CÓDIGO DE RUTA:
AP-748

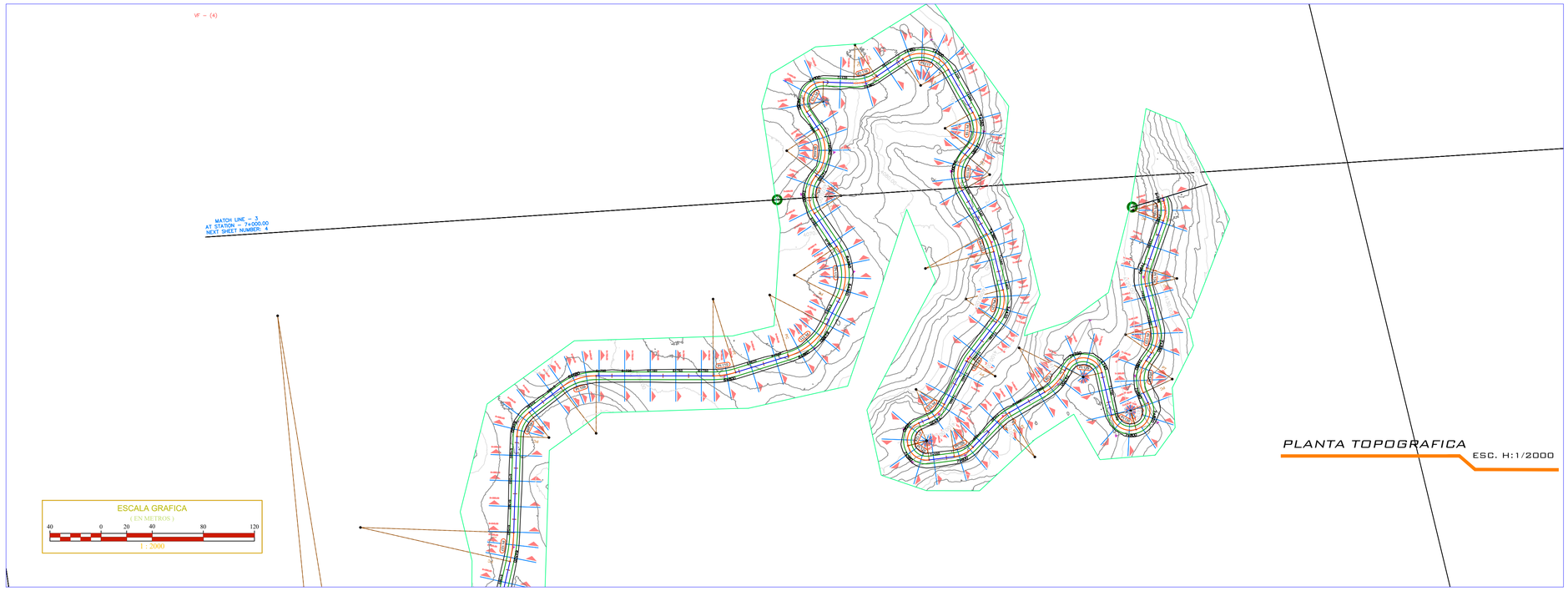
UBICACIÓN
Lugar: MULTICOMUNAL
Distrito: SAÑAYCA
Provincias: AYAMARAES
Region: APURIMAC

ESCALA:
INDICADA

FECHA:
JULIO- 2025

DISEÑO/DIBUJO:
ACCM

LAMINA:
PP-07



PLANTA TOPOGRAFICA

ESC. H:1/2000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:120	N81° 54' 04"E	15°48'44"	55.00	7.64	15.18	15.13	0.53	0.52	7+358.90	7+366.54	7+374.08	8416760.20	677238.16
PI:121	S64° 31' 21"E	51°20'26"	30.00	14.42	26.88	25.99	3.29	2.96	7+404.80	7+419.22	7+431.68	8416760.37	677290.93
PI:122	S43° 45' 14"E	9°48'12"	25.00	2.14	4.28	4.27	0.09	0.09	7+465.56	7+467.70	7+469.83	8416721.09	677322.57
PI:123	S29° 21' 34"E	38°35'33"	25.00	8.75	16.84	16.52	1.49	1.40	7+507.81	7+516.56	7+524.65	8416688.81	677339.26
PI:124	S50° 41' 57"E	81°16'20"	15.00	12.87	21.28	19.54	4.77	3.62	7+533.19	7+546.06	7+554.46	8416659.11	677364.53
PI:125	N47° 23' 58"E	82°31'51"	15.00	13.16	21.61	19.79	4.96	3.73	7+554.69	7+567.86	7+576.30	8416659.72	677390.79
PI:126	N13° 01' 22"W	38°18'50"	25.00	8.68	16.72	16.41	1.47	1.38	7+596.12	7+604.81	7+612.84	8416701.15	677395.24
PI:127	N24° 19' 53"W	15°41'48"	40.00	5.51	10.96	10.92	0.38	0.37	7+641.15	7+646.67	7+652.11	8416737.13	677372.60
PI:128	N33° 14' 04"W	33°30'10"	40.00	12.04	23.39	23.06	1.77	1.70	7+684.24	7+696.28	7+707.63	8416784.77	677358.51
PI:129	N20° 23' 00"E	140°44'18"	15.00	42.05	36.85	28.26	29.65	9.96	7+709.50	7+751.55	7+746.34	8416820.75	677315.65
PI:130	N43° 19' 34"E	94°51'09"	15.00	16.33	24.83	22.09	7.17	4.85	7+780.56	7+796.89	7+805.39	8416819.54	677408.24
PI:131	N52° 57' 07"W	97°42'14"	15.00	17.17	25.58	22.59	7.80	5.13	7+805.81	7+822.97	7+831.38	8416853.36	677405.81
PI:132	N71° 28' 07"W	60°40'13"	25.00	14.63	26.47	25.25	3.97	3.42	7+839.98	7+854.61	7+866.45	8416845.09	677366.28
PI:133	N66° 00' 27"W	49°44'53"	25.00	11.59	21.71	21.03	2.56	2.32	7+873.72	7+885.31	7+895.43	8416870.32	677344.25
PI:134	N73° 55' 12"W	33°55'24"	25.00	7.62	14.80	14.59	1.14	1.09	7+927.83	7+935.46	7+942.63	8416869.52	677292.64
PI:135	N75° 06' 20"W	36°17'41"	25.00	8.19	15.84	15.57	1.31	1.24	7+981.59	7+989.78	7+997.42	8416899.39	677246.72

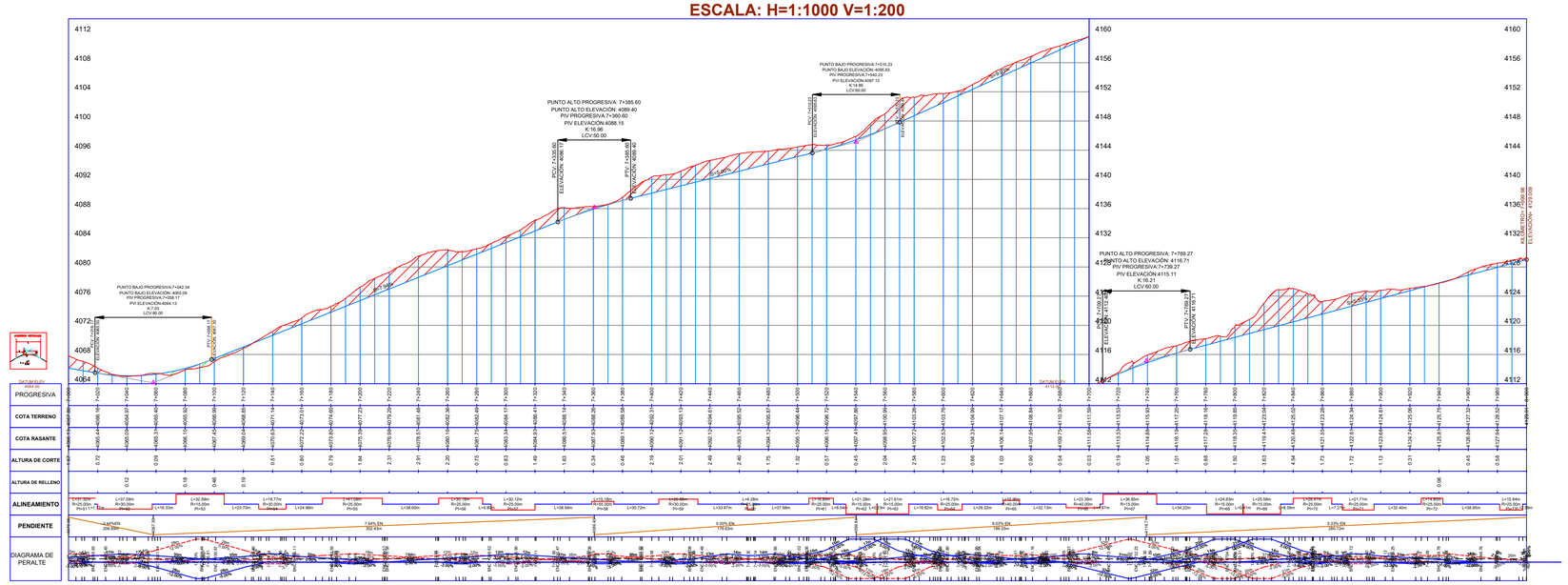
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

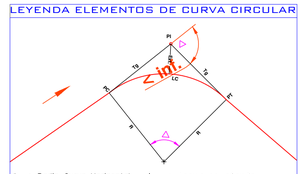
PERFIL LONGITUDINAL 7+000.00 - 8+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 07+000 - 08+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

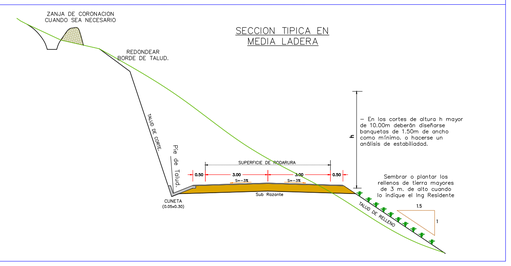


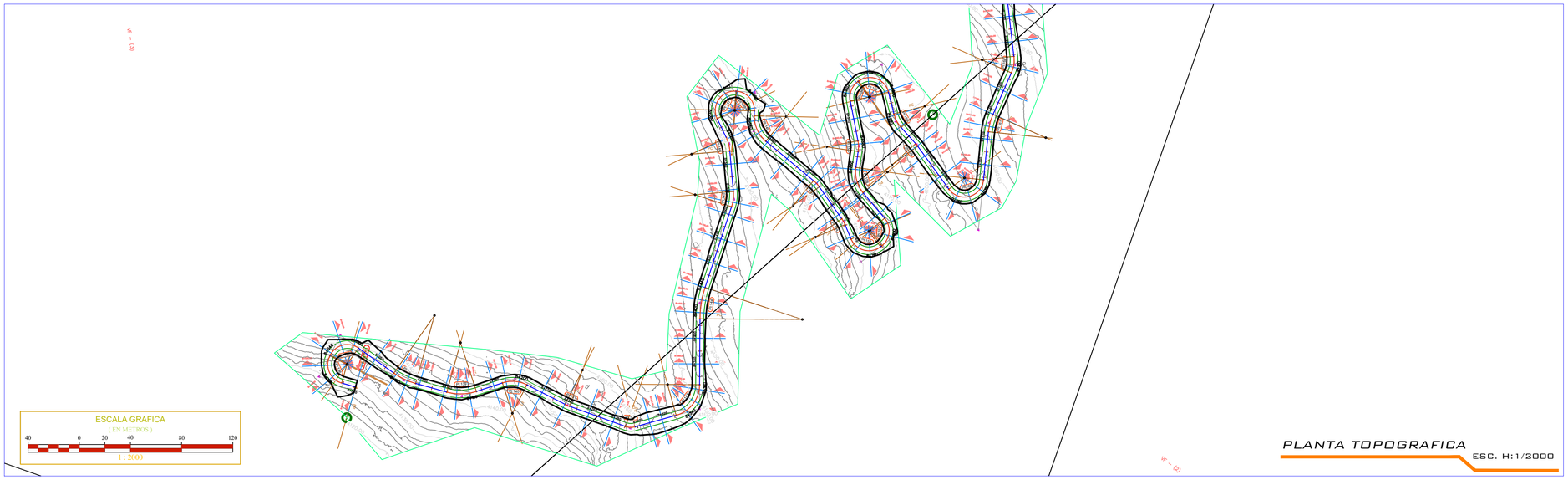
R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de incio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

LEYENDA

- BMs — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

SECCION TIPICA ESC. 1/200





CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL													
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI.136	N42° 38' 57"W	101°12'28"	15.00	18.26	26.50	23.18	8.63	5.48	8+011.21	8+029.47	8+037.70	8416897.10	677206.54
PI.137	N56° 56' 58"E	97°59'21"	15.00	17.25	25.65	22.64	7.86	5.16	8+038.40	8+055.65	8+064.06	8416932.97	677211.55
PI.138	S83° 54' 46"E	19°42'48"	55.00	9.56	18.92	18.83	0.82	0.81	8+097.93	8+107.49	8+116.85	8416916.30	677269.90
PI.139	N69° 26' 44"E	33°34'13"	40.00	12.07	23.44	23.10	1.78	1.70	8+142.17	8+154.24	8+165.61	8416919.39	677316.73
PI.140	N75° 11' 19"E	45°03'24"	25.00	10.37	19.66	19.16	2.07	1.91	8+187.02	8+197.39	8+206.68	8416945.98	677351.59
PI.141	S85° 50' 48"E	7°07'39"	30.00	1.87	3.73	3.73	0.06	0.06	8+240.25	8+242.11	8+243.98	8416939.83	677396.98
PI.142	N72° 51' 57"E	35°26'50"	12.00	3.84	7.42	7.31	0.60	0.57	8+290.57	8+294.41	8+298.00	8416939.29	677449.28
PI.143	N18° 07' 03"E	74°02'57"	25.00	18.86	32.31	30.11	6.31	5.04	8+331.46	8+350.31	8+363.77	8416971.38	677495.36
PI.144	N9° 59' 40"W	17°49'30"	80.00	12.55	24.89	24.79	0.98	0.97	8+415.17	8+427.71	8+440.06	8417049.72	677468.53
PI.145	N12° 38' 15"W	23°06'40"	30.00	6.13	12.10	12.02	0.62	0.61	8+506.41	8+512.54	8+518.51	8417134.74	677466.92
PI.146	N34° 32' 01"W	20°40'51"	30.00	5.47	10.83	10.77	0.50	0.49	8+550.35	8+555.82	8+561.18	8417174.37	677449.12
PI.147	N14° 58' 54"E	119°42'41"	15.00	25.83	31.34	25.94	14.87	7.47	8+577.48	8+603.31	8+608.82	8417208.10	677415.53
PI.148	S61° 36' 29"E	87°06'32"	15.00	14.26	22.81	20.67	5.70	4.13	8+609.36	8+623.62	8+632.17	8417218.73	677454.75
PI.149	S43° 51' 50"E	51°37'13"	25.00	12.09	22.52	21.77	2.77	2.49	8+636.08	8+648.17	8+658.61	8417189.95	677464.13
PI.150	S62° 03' 36"E	15°13'42"	25.00	3.34	6.64	6.63	0.22	0.22	8+706.98	8+710.32	8+713.63	8417167.79	677523.96
PI.151	S48° 21' 23"E	12°10'44"	25.00	2.67	5.31	5.30	0.14	0.14	8+744.00	8+746.67	8+749.32	8417146.63	677553.57
PI.152	N85° 08' 53"E	105°10'11"	15.00	19.61	27.53	23.83	9.69	5.89	8+761.53	8+781.14	8+789.06	8417121.11	677576.76
PI.153	N13° 28' 22"W	92°04'20"	15.00	15.55	24.10	21.59	6.61	4.59	8+790.26	8+805.81	8+814.36	8417151.75	677596.33
PI.154	N35° 15' 01"W	48°31'01"	25.00	11.27	21.17	20.54	2.42	2.21	8+840.40	8+851.66	8+861.57	8417178.57	677550.78
PI.155	N20° 32' 07"W	19°05'13"	25.00	4.20	8.33	8.29	0.35	0.35	8+874.13	8+878.33	8+882.46	8417206.09	677545.44
PI.156	N2° 37' 01"E	65°23'29"	15.00	9.63	17.12	16.21	2.82	2.38	8+914.30	8+923.92	8+931.41	8417245.61	677522.55
PI.157	S89° 01' 06"E	111°20'17"	15.00	21.96	29.15	24.77	11.60	6.54	8+932.06	8+954.02	8+961.20	8417271.91	677541.18
PI.158	S47° 17' 21"E	27°52'48"	25.00	6.21	12.16	12.05	0.76	0.74	8+978.74	8+984.95	8+990.91	8417233.73	677566.31
PI.159	S58° 14' 06"E	5°59'19"	25.00	1.31	2.61	2.61	0.03	0.03	9+007.85	9+009.16	9+010.47	8417221.95	677587.75
PI.160	N55° 41' 32"E	138°08'05"	15.00	39.21	36.16	28.02	26.98	9.64	9+051.90	9+091.11	9+088.06	8417175.23	677655.07

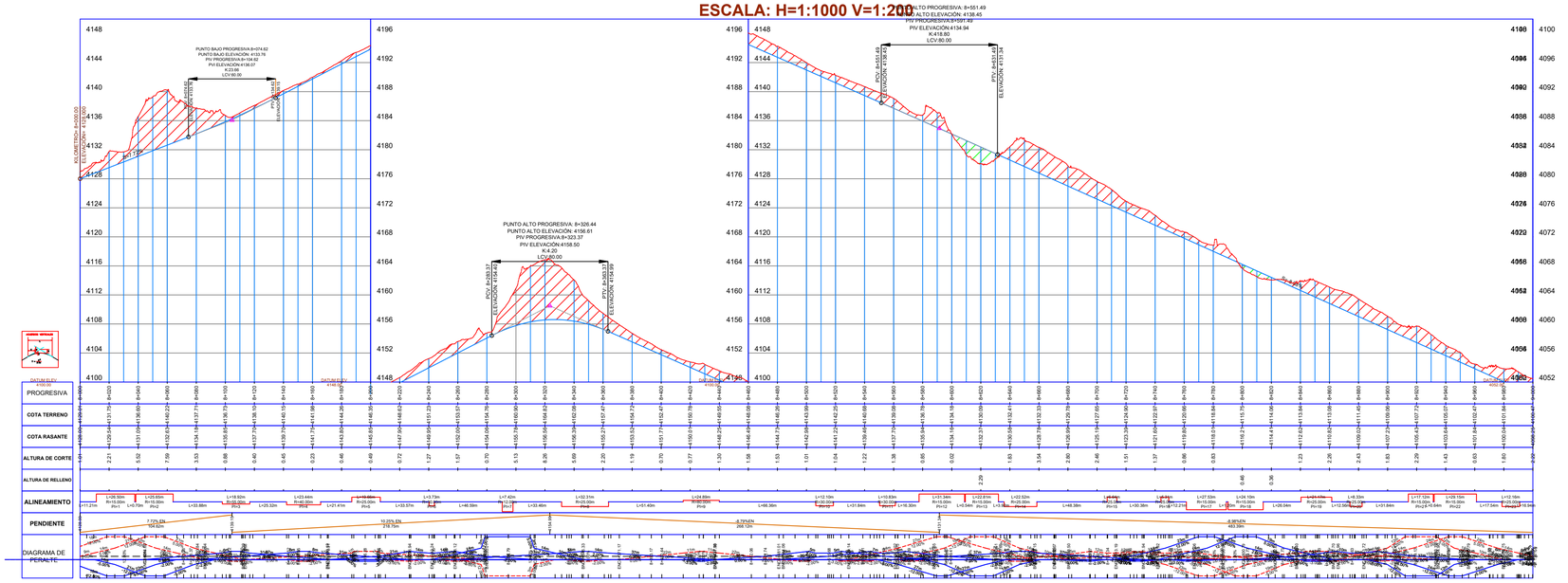
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

PERFIL LONGITUDINAL 8+000.00 - 9+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200

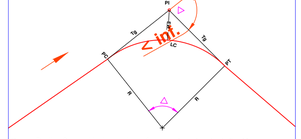


PERFIL LONGITUDINAL KM: 08+000 - 09+000
ESC. H:1/2000
V : 1/200

LEYENDA

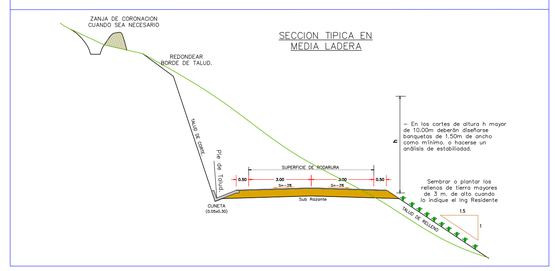
- Posición de BM.
- P-1 Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

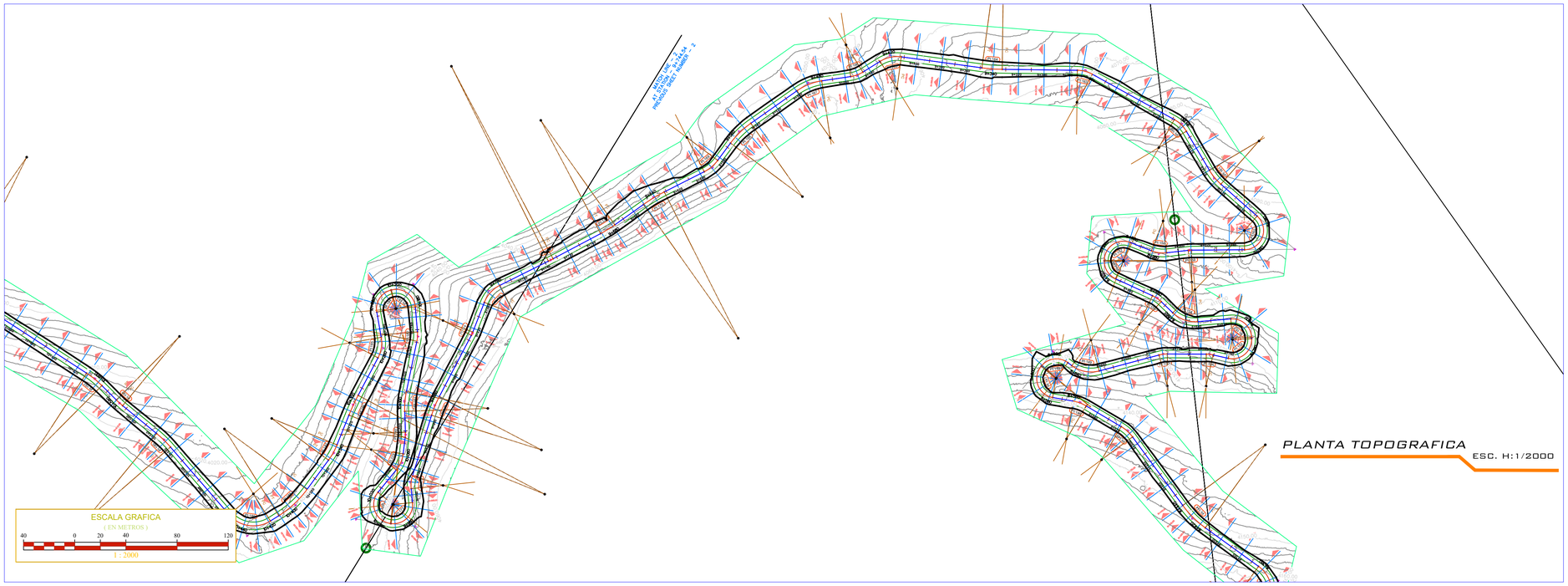
LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200





CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:161	N4° 25' 13"W	17°54'35"	45.00	7.09	14.07	14.01	0.56	0.55	9+125.77	9+132.86	9+139.84	8417256.97	677635.64
PI:162	N10° 39' 28"W	30°23'05"	25.00	6.79	13.26	13.10	0.91	0.87	9+175.33	9+182.12	9+188.59	8417306.19	677639.54
PI:163	N39° 57' 49"W	28°13'37"	25.00	6.29	12.32	12.19	0.78	0.75	9+261.69	9+267.98	9+274.01	8417383.75	677601.97
PI:164	N50° 33' 48"W	7°01'40"	130.00	7.98	15.95	15.94	0.24	0.24	9+332.74	9+340.72	9+348.68	8417426.57	677542.85
PI:165	N66° 49' 05"W	39°32'15"	25.00	8.99	17.25	16.91	1.57	1.47	9+412.27	9+421.25	9+429.52	8417481.46	677483.89
PI:166	N74° 55' 48"W	23°18'48"	25.00	5.16	10.17	10.10	0.53	0.52	9+445.40	9+450.55	9+455.57	8417483.25	677453.93
PI:167	N76° 36' 21"W	26°39'53"	45.00	10.66	20.94	20.75	1.25	1.21	9+478.52	9+489.18	9+499.46	8417500.68	677419.30
PI:168	S80° 57' 54"W	18°11'38"	70.00	11.21	22.23	22.13	0.89	0.88	9+543.63	9+554.84	9+565.86	8417500.75	677353.25
PI:169	S85° 07' 13"W	26°30'17"	30.00	7.07	13.88	13.75	0.82	0.80	9+582.69	9+589.76	9+596.57	8417489.83	677319.89
PI:170	N85° 53' 13"W	8°31'10"	128.00	9.53	19.03	19.02	0.35	0.35	9+631.57	9+641.10	9+650.60	8417497.34	677268.84
PI:171	N86° 24' 03"W	7°29'32"	100.00	6.55	13.08	13.07	0.21	0.21	9+678.00	9+684.55	9+691.08	8417497.23	677225.36
PI:172	N81° 57' 58"W	1°22'37"	170.00	2.04	4.09	4.09	0.01	0.01	9+733.13	9+735.17	9+737.21	8417503.70	677175.14
PI:173	S77° 35' 46"W	42°15'08"	25.00	9.66	18.44	18.02	1.80	1.68	9+779.57	9+789.23	9+798.01	8417511.90	677121.70
PI:174	S59° 38' 43"W	6°21'01"	25.00	1.39	2.77	2.77	0.04	0.04	9+822.91	9+824.30	9+825.68	8417492.04	677091.74
PI:175	S57° 46' 07"W	10°06'13"	90.00	7.96	15.87	15.85	0.35	0.35	9+879.56	9+887.51	9+895.43	8417483.17	677035.50
PI:176	S41° 01' 48"W	23°22'32"	25.00	5.17	10.20	10.13	0.53	0.52	9+945.03	9+950.20	9+955.23	8417425.17	676985.59
PI:177	S80° 54' 29"W	103°08'02"	15.00	18.90	27.00	23.50	9.13	5.68	9+966.12	9+985.02	9+993.12	8417394.69	676968.45
PI:178	N13° 26' 52"E	121°56'44"	15.00	27.03	31.93	26.23	15.91	7.72	9+993.62	10+020.65	10+025.55	8417426.05	676934.20
PI:179	N58° 21' 45"E	32°06'58"	25.00	7.20	14.01	13.83	1.02	0.98	10+048.06	10+055.25	10+062.07	8417441.28	676988.85
PI:180	N37° 45' 22"E	9°09'49"	25.00	1.99	3.97	3.97	0.08	0.08	10+074.94	10+076.93	10+078.91	8417457.59	677003.70
PI:181	N40° 05' 26"E	13°45'56"	65.00	7.85	15.62	15.58	0.47	0.47	10+095.27	10+103.11	10+110.89	8417479.51	677018.04
PI:182	N38° 39' 29"E	16°37'49"	25.00	3.65	7.26	7.23	0.27	0.26	10+151.01	10+154.66	10+158.27	8417514.74	677055.78
PI:183	N19° 29' 57"W	99°41'05"	15.00	17.78	26.10	22.93	8.26	5.33	10+177.79	10+195.57	10+203.89	8417550.09	677076.48
PI:184	S67° 57' 30"W	85°24'00"	15.00	13.84	22.36	20.34	5.41	3.98	10+204.31	10+218.15	10+226.66	8417561.39	677046.50
PI:185	S44° 10' 29"W	37°49'57"	25.00	8.57	16.51	16.21	1.43	1.35	10+246.70	10+255.27	10+263.21	8417523.00	677028.39

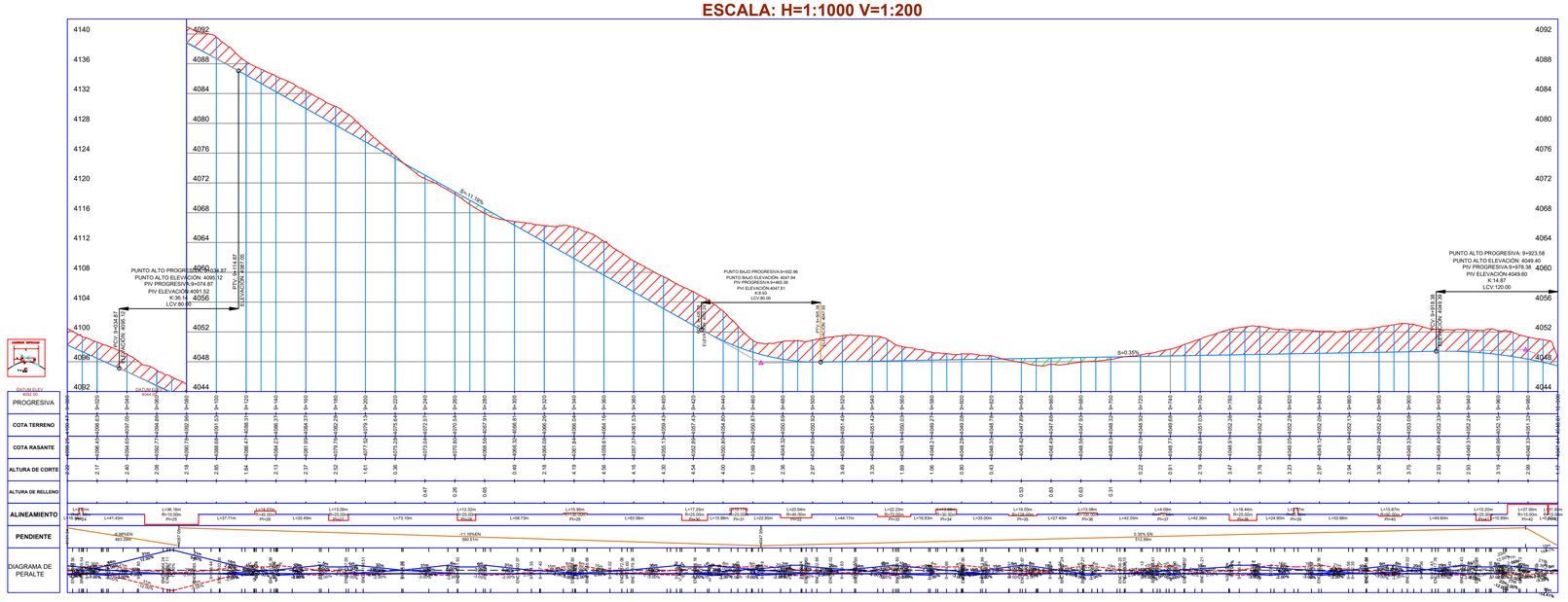
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

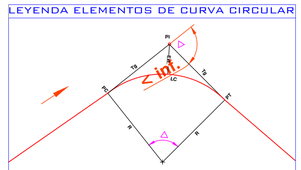
TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

PERFIL LONGITUDINAL 9+000.00 - 10+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

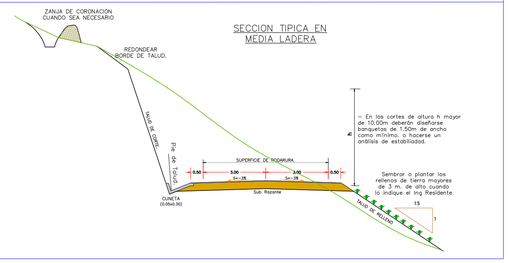


R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

LEYENDA

- BMs — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

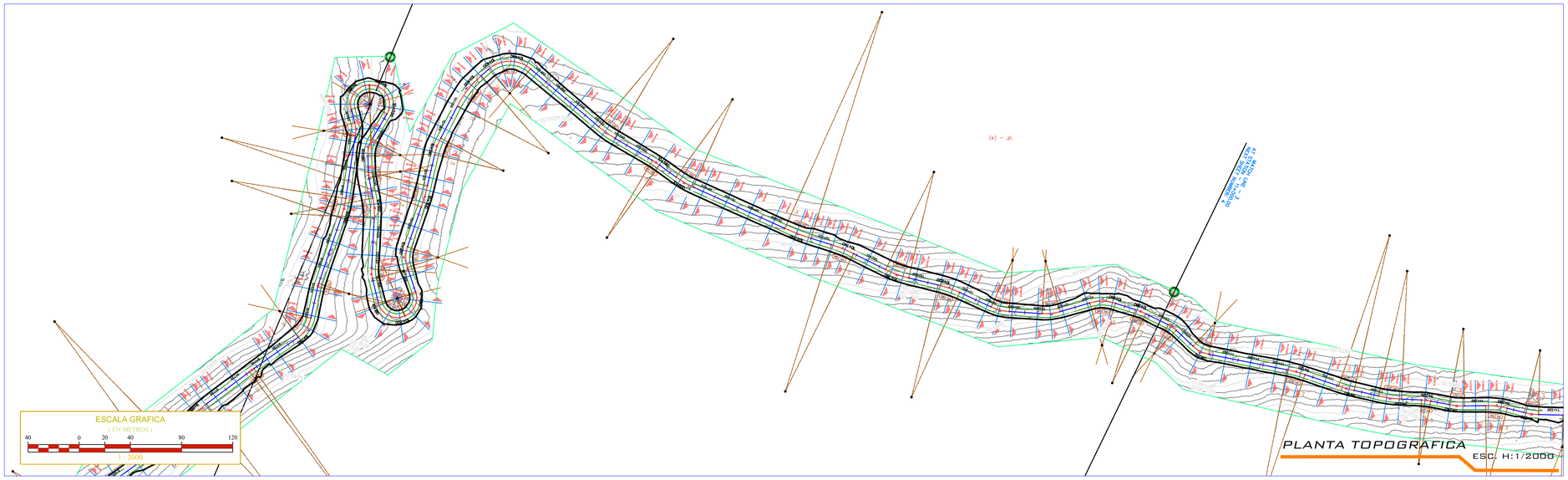
SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 09+000 - 10+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 09+000 A 10+000	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYAMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA / FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-10



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI.186	S60° 08' 41"W	5°53'33"	165.00	8.49	16.97	16.96	0.22	0.22	10+296.36	10+304.85	10+313.33	8417500.28	676983.62
PI.187	S64° 18' 42"W	14°13'35"	55.00	6.86	13.66	13.62	0.43	0.42	10+338.44	10+345.30	10+352.09	8417478.36	676949.60
PI.188	S82° 14' 52"W	21°38'44"	80.00	15.29	30.22	30.04	1.45	1.42	10+380.50	10+395.80	10+410.73	8417462.25	676901.67
PI.189	N46° 20' 35"W	81°10'22"	25.00	21.42	35.42	32.53	7.92	6.01	10+418.53	10+439.95	10+453.95	8417464.63	676857.22
PI.190	N10° 34' 52"W	9°38'57"	90.00	7.60	15.16	15.14	0.32	0.32	10+524.11	10+531.71	10+539.27	8417563.30	676847.27
PI.191	N12° 41' 19"W	5°26'03"	70.00	3.32	6.64	6.64	0.08	0.08	10+573.52	10+576.84	10+580.16	8417606.85	676835.27
PI.192	N15° 52' 02"W	11°47'28"	75.00	7.74	15.43	15.41	0.40	0.40	10+596.12	10+603.86	10+611.55	8417633.47	676830.59
PI.193	N25° 08' 33"W	6°45'34"	185.00	10.93	21.83	21.81	0.32	0.32	10+690.13	10+701.06	10+711.96	8417723.79	676794.53
PI.194	N24° 03' 48"W	8°55'06"	120.00	9.36	18.68	18.66	0.36	0.36	10+728.75	10+738.11	10+747.43	8417756.36	676776.83
PI.195	N26° 04' 31"W	12°56'33"	85.00	9.64	19.20	19.16	0.55	0.54	10+775.42	10+785.06	10+794.62	8417800.63	676761.06
PI.196	N26° 54' 18"W	11°17'00"	90.00	8.89	17.72	17.70	0.44	0.44	10+818.40	10+827.29	10+836.12	8417836.29	676738.30
PI.197	N31° 47' 10"W	21°02'44"	40.00	7.43	14.69	14.61	0.68	0.67	10+863.19	10+870.62	10+877.89	8417876.73	676722.56
PI.198	N52° 18' 13"W	19°59'22"	41.00	7.23	14.30	14.23	0.63	0.62	10+903.68	10+910.91	10+917.98	8417906.65	676695.34
PI.199	N45° 19' 09"W	33°57'31"	34.40	10.50	20.39	20.09	1.57	1.50	10+941.94	10+952.44	10+962.33	8417926.02	676658.43
PI.200	N24° 12' 48"W	8°15'11"	60.00	4.33	8.64	8.64	0.16	0.16	10+978.84	10+983.17	10+987.48	8417953.61	676643.55
PI.201	N11° 23' 36"W	17°23'13"	25.00	3.82	7.59	7.56	0.29	0.29	11+006.95	11+010.77	11+014.54	8417979.55	676634.07
PI.202	N18° 45' 13"W	32°06'28"	25.00	7.19	14.01	13.83	1.01	0.97	11+032.76	11+039.95	11+046.77	8418008.75	676632.69
PI.203	N31° 02' 10"W	7°32'35"	110.00	7.25	14.48	14.47	0.24	0.24	11+109.13	11+116.38	11+123.61	8418071.82	676588.84
PI.204	N30° 10' 41"W	5°49'37"	124.00	6.31	12.61	12.61	0.16	0.16	11+151.41	11+157.72	11+164.02	8418108.58	676569.90
PI.205	N38° 15' 44"W	10°20'28"	100.00	9.05	18.05	18.02	0.41	0.41	11+183.61	11+192.65	11+201.65	8418137.86	676550.82
PI.206	N39° 16' 57"W	8°18'01"	50.00	3.63	7.24	7.24	0.13	0.13	11+217.38	11+221.00	11+224.62	8418158.49	676531.29
PI.207	N40° 54' 40"W	11°33'26"	60.00	6.07	12.10	12.08	0.31	0.30	11+239.09	11+245.16	11+251.19	8418178.25	676517.39
PI.208	N39° 11' 50"W	14°59'06"	65.00	8.55	17.00	16.95	0.56	0.55	11+267.89	11+276.44	11+284.89	8418199.74	676494.59
PI.209	N38° 10' 44"W	12°56'53"	50.00	5.67	11.30	11.28	0.32	0.32	11+298.64	11+304.32	11+309.94	8418223.54	676479.89
PI.210	N34° 40' 43"W	19°56'54"	25.00	4.40	8.70	8.66	0.38	0.38	11+328.89	11+333.28	11+337.59	8418244.18	676459.50

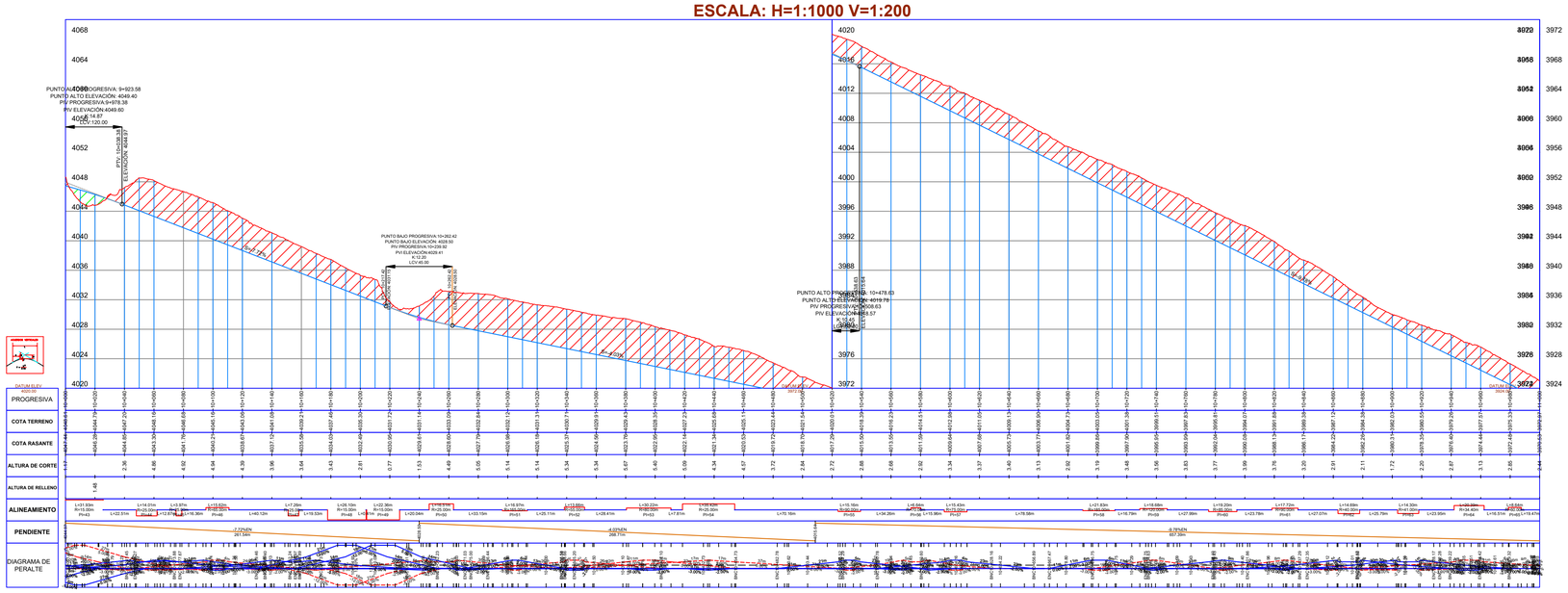
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts.
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

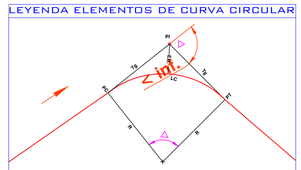
PERFIL LONGITUDINAL 10+000.00 - 11+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 10+000 - 11+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

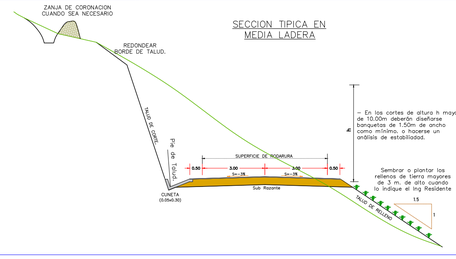


R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

LEYENDA

- BMs — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

SECCION TIPICA ESC. 1/200



Universidad Nacional Federico Villarreal

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PROYECTO:
PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC

PLANO:
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
Km : 10+000 A 11+000

CÓDIGO DE RUTA:
AP-748

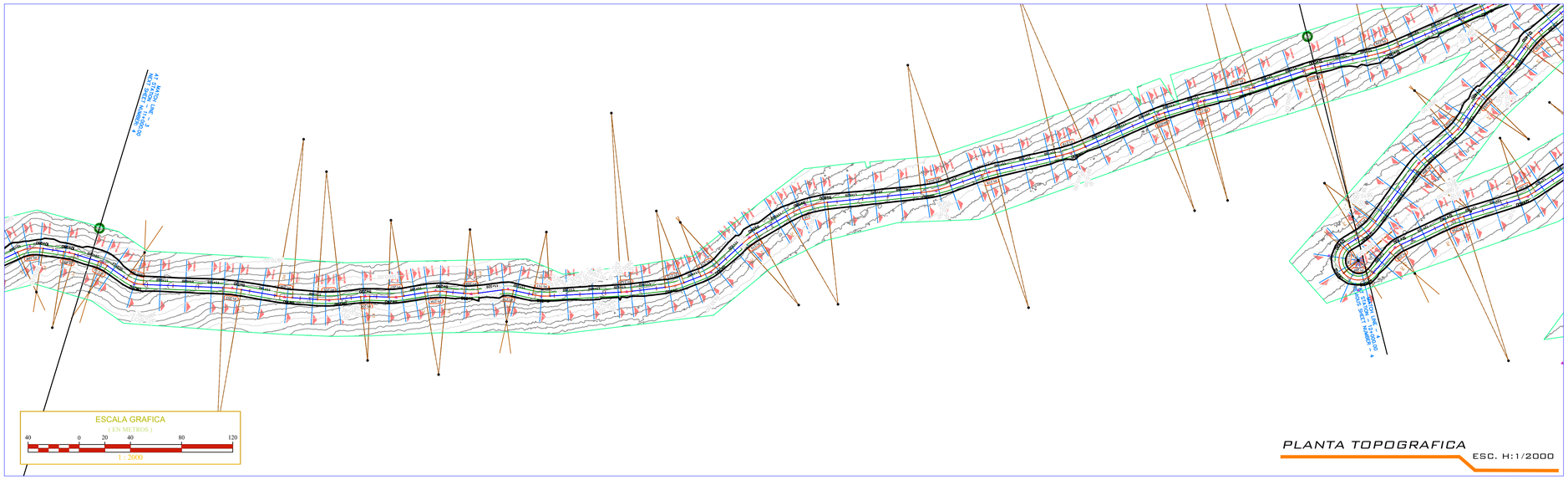
UBICACIÓN
Lugar: **MULTICOMUNAL**
Distrito: **SAÑAYCA**
Provincias: **AYAMARAES**
Region: **APURIMAC**

ESCALA:
INDICADA

FECHA:
JULIO- 2025

DISEÑO/DIBUJO:
ACCM

LAMINA:
PP-11



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-211	N32° 27' 42"W	15°30'53"	50.00	6.81	13.54	13.50	0.46	0.46	11+352.92	11+359.73	11+366.46	8418268.28	676448.41
PI-212	N41° 59' 54"W	3°33'32"	140.00	4.35	8.70	8.69	0.07	0.07	11+422.20	11+426.55	11+430.90	8418319.37	676405.21
PI-213	N50° 58' 18"W	14°23'16"	60.00	7.57	15.07	15.03	0.48	0.47	11+456.93	11+464.50	11+472.00	8418346.77	676378.95
PI-214	N68° 44' 43"W	21°09'33"	45.00	8.40	16.62	16.52	0.78	0.76	11+486.26	11+494.66	11+502.87	8418362.72	676353.26
PI-215	N73° 21' 40"W	11°55'38"	65.00	6.79	13.53	13.51	0.35	0.35	11+528.10	11+534.89	11+541.63	8418370.21	676313.54
PI-216	N55° 14' 07"W	24°19'28"	80.00	17.24	33.96	33.71	1.84	1.80	11+568.45	11+585.69	11+602.41	8418389.75	676266.60
PI-217	N49° 53' 02"W	13°37'19"	100.00	11.94	23.77	23.72	0.71	0.71	11+676.04	11+687.99	11+699.82	8418464.86	676196.38
PI-218	N53° 27' 18"W	6°28'48"	110.00	6.23	12.44	12.43	0.18	0.18	11+725.33	11+731.55	11+737.77	8418488.85	676159.88
PI-219	N55° 31' 26"W	10°37'05"	130.00	12.08	24.09	24.06	0.56	0.56	11+785.29	11+797.37	11+809.38	8418530.97	676109.29
PI-220	N57° 34' 33"W	6°30'51"	80.00	4.55	9.10	9.09	0.13	0.13	11+867.74	11+872.29	11+876.83	8418567.52	676043.81
PI-221	N52° 32' 51"W	3°32'33"	80.00	2.47	4.95	4.95	0.04	0.04	11+903.84	11+906.31	11+908.79	8418587.37	676016.16
PI-222	N53° 05' 48"W	4°38'26"	245.00	9.93	19.84	19.84	0.20	0.20	11+928.94	11+938.87	11+948.78	8418607.96	675990.94
PI-223	N52° 21' 56"W	6°06'10"	120.00	6.40	12.78	12.78	0.17	0.17	11+991.20	11+997.59	12+003.98	8418641.29	675942.58
PI-224	N54° 59' 34"W	11°21'27"	130.00	12.93	25.77	25.73	0.64	0.64	12+042.13	12+055.06	12+067.90	8418678.76	675899.00
PI-225	N62° 31' 09"W	3°41'43"	155.00	5.00	10.00	10.00	0.08	0.08	12+138.35	12+143.35	12+148.35	8418722.05	675821.95
PI-226	N79° 39' 31"W	30°34'59"	25.00	6.84	13.34	13.19	0.92	0.89	12+207.70	12+214.53	12+221.04	8418752.85	675757.77
PI-227	N34° 38' 02"W	120°37'56"	15.00	26.31	31.58	26.06	15.29	7.57	12+250.10	12+276.42	12+281.69	8418747.48	675695.79
PI-228	N61° 06' 45"E	70°51'39"	15.00	10.67	18.55	17.39	3.41	2.78	12+282.34	12+293.01	12+300.89	8418781.40	675712.10
PI-229	S80° 32' 45"E	5°49'21"	25.00	1.27	2.54	2.54	0.03	0.03	12+349.69	12+350.96	12+352.23	8418774.48	675772.45
PI-230	S84° 20' 39"E	13°25'11"	65.00	7.65	15.22	15.19	0.45	0.45	12+392.80	12+400.45	12+408.03	8418763.88	675820.79
PI-231	S86° 46' 45"E	8°32'59"	55.00	4.11	8.21	8.20	0.15	0.15	12+420.75	12+424.86	12+428.96	8418764.33	675845.27
PI-232	S87° 47' 04"E	10°33'36"	50.00	4.62	9.22	9.20	0.21	0.21	12+458.05	12+462.67	12+467.26	8418759.40	675882.77
PI-233	S85° 32' 11"E	15°03'22"	45.00	5.95	11.83	11.79	0.39	0.39	12+485.82	12+491.77	12+497.64	8418760.55	675911.85
PI-234	S84° 18' 43"E	12°36'26"	55.00	6.08	12.10	12.08	0.33	0.33	12+526.15	12+532.22	12+538.25	8418752.53	675951.49
PI-235	S79° 50' 00"E	21°33'51"	50.00	9.52	18.82	18.71	0.90	0.88	12+588.55	12+598.07	12+607.37	8418753.24	676017.39

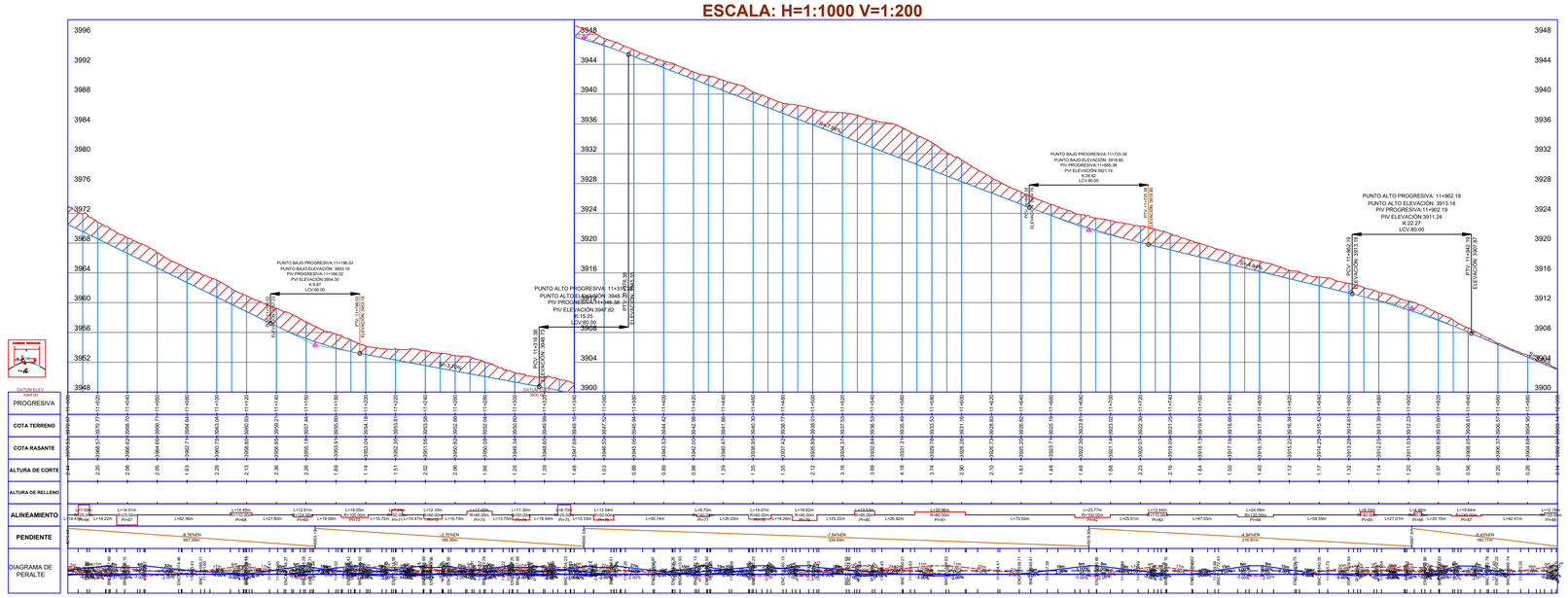
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

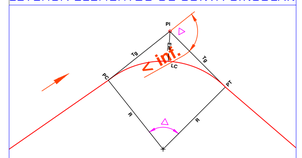
PERFIL LONGITUDINAL 11+000.00 - 12+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



LEYENDA

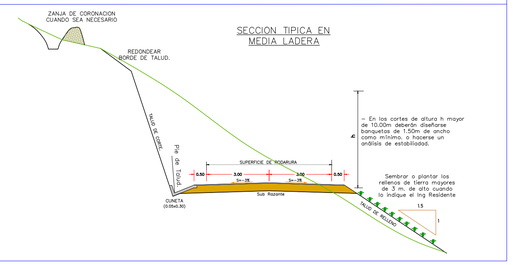
- Posición de BM.
- C-1 Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



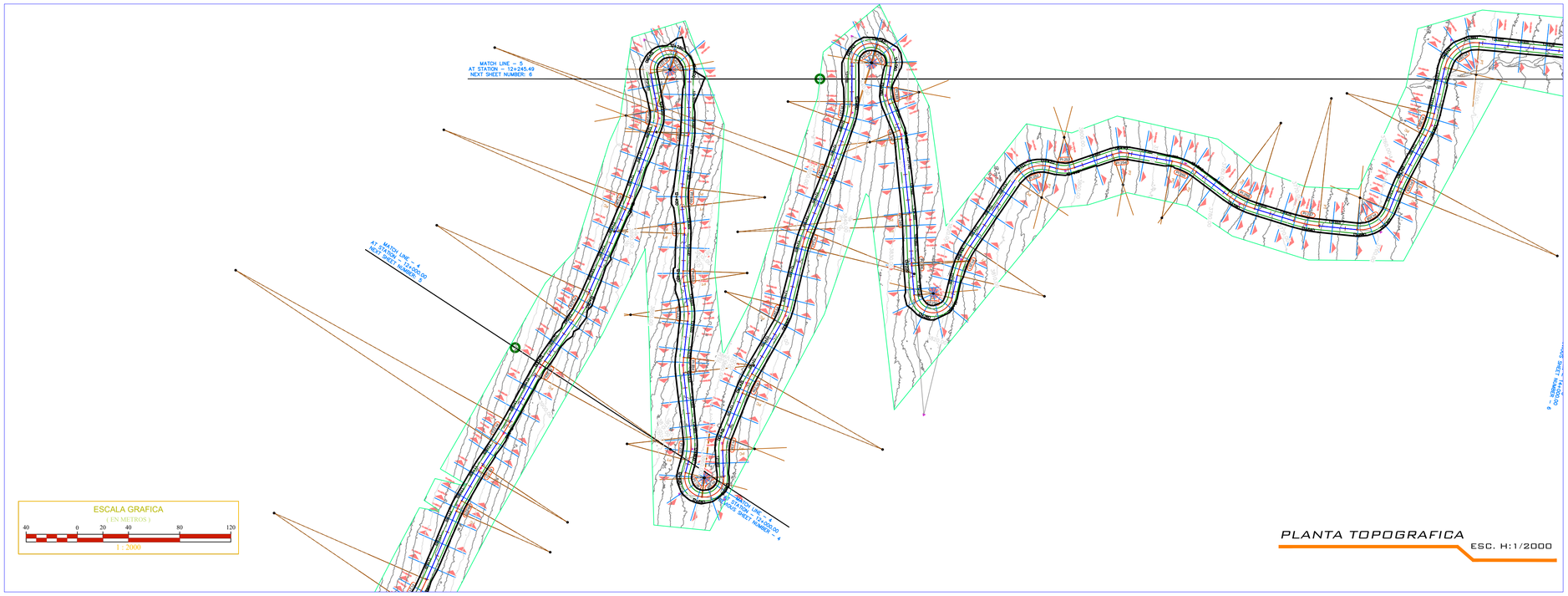
R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 11+000 - 12+000
ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 11+000 A 12+000	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN: Lugar: MULTICOMUNAL; Distrito: SAÑAYCA; Provincias: AYAMARAES; Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA; FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-12



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL												
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:236	N61° 36' 08"E	98°41'35"	15.00	17.47	25.84	22.76	8.02	5.23	12+616.94	12+634.41	12+642.78	8418740.17	676051.53
PI:237	N37° 12' 25"W	98°55'31"	15.00	17.54	25.90	22.80	8.08	5.25	12+643.23	12+660.77	12+669.13	8418774.82	676059.06
PI:238	N74° 36' 33"W	24°07'14"	25.00	5.34	10.52	10.45	0.56	0.55	12+690.20	12+695.54	12+700.72	8418777.37	676015.19
PI:239	N58° 27' 51"W	8°10'10"	118.00	8.43	16.82	16.81	0.30	0.30	12+737.53	12+745.96	12+754.36	8418800.69	675970.30
PI:240	N62° 32' 03"W	16°18'33"	50.00	7.16	14.23	14.18	0.51	0.51	12+799.62	12+806.78	12+813.85	8418836.13	675920.83
PI:241	N66° 41' 22"W	7°59'55"	90.00	6.29	12.56	12.55	0.22	0.22	12+862.31	12+868.60	12+874.88	8418856.61	675862.40
PI:242	N63° 43' 57"W	2°05'04"	280.00	5.09	10.19	10.19	0.05	0.05	12+917.64	12+922.73	12+927.82	8418881.45	675814.29
PI:243	N74° 35' 23"W	19°37'47"	50.00	8.65	17.13	17.05	0.74	0.73	12+965.22	12+973.87	12+982.35	8418903.25	675768.03
PI:244	N30° 34' 54"W	107°38'45"	15.00	20.51	28.18	24.22	10.41	6.15	13+012.69	13+033.20	13+040.87	8418909.05	675708.81
PI:245	N64° 27' 34"E	82°26'10"	15.00	13.14	21.58	19.77	4.94	3.72	13+041.55	13+054.69	13+063.13	8418940.59	675722.35
PI:246	N89° 44' 21"E	31°52'35"	25.00	7.14	13.91	13.73	1.00	0.96	13+079.17	13+086.31	13+093.08	8418930.78	675757.32
PI:247	N51° 41' 26"E	15°46'45"	25.00	3.46	6.88	6.86	0.24	0.24	13+115.12	13+118.58	13+122.01	8418939.88	675788.67
PI:248	S88° 22' 55"E	4°04'34"	135.00	4.80	9.60	9.60	0.09	0.09	13+180.87	13+185.67	13+190.47	8418940.38	675855.80
PI:249	S87° 42' 31"E	2°43'46"	50.00	1.19	2.38	2.38	0.01	0.01	13+219.19	13+220.38	13+221.57	8418938.16	675890.45
PI:250	N10° 01' 22"E	161°48'30"	15.00	93.69	42.36	29.62	79.88	12.63	13+244.51	13+338.20	13+286.87	8418936.26	676008.25
PI:251	N60° 36' 46"W	20°32'14"	70.00	12.68	25.09	24.96	1.14	1.12	13+305.10	13+317.78	13+330.19	8418977.07	675890.51
PI:252	N15° 03' 51"W	70°33'35"	25.00	17.69	30.79	28.88	5.62	4.59	13+392.83	13+410.52	13+423.62	8419036.42	675818.91
PI:253	N3° 24' 07"E	33°37'40"	25.00	7.55	14.67	14.46	1.12	1.07	13+428.77	13+436.33	13+443.44	8419064.95	675829.41
PI:254	N1° 12' 42"E	29°14'51"	25.00	6.52	12.76	12.62	0.84	0.81	13+474.83	13+481.35	13+487.59	8419109.17	675818.87
PI:255	N29° 07' 17"E	26°34'19"	45.00	10.63	20.87	20.68	1.24	1.20	13+522.12	13+532.74	13+542.98	8419158.88	675832.97
PI:256	N32° 33' 12"E	19°42'30"	70.00	12.16	24.08	23.96	1.05	1.03	13+573.06	13+585.22	13+597.14	8419197.91	675868.62
PI:257	N16° 58' 32"E	11°26'48"	100.00	10.02	19.98	19.95	0.50	0.50	13+629.21	13+639.23	13+649.19	8419247.96	675889.55
PI:258	N25° 33' 18"W	73°36'52"	25.00	18.71	32.12	29.96	6.22	4.98	13+679.13	13+697.83	13+711.25	8419305.50	675901.00
PI:259	N59° 12' 23"W	6°18'42"	135.00	7.44	14.87	14.86	0.21	0.20	13+727.08	13+734.52	13+741.95	8419324.98	675863.81
PI:260	N63° 41' 30"W	15°16'57"	70.00	9.39	18.67	18.62	0.63	0.62	13+775.53	13+784.92	13+794.20	8419353.13	675821.99

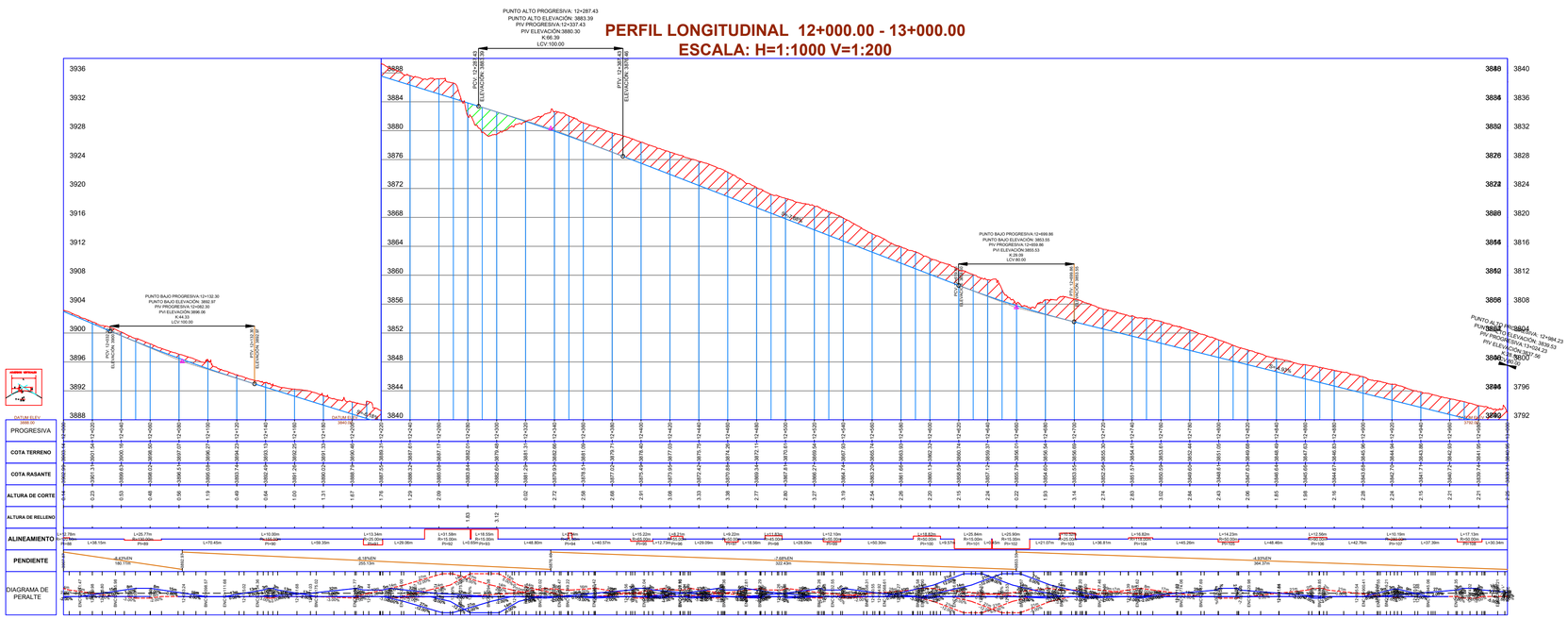
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

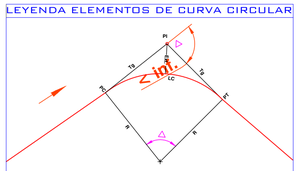
PERFIL LONGITUDINAL 12+000.00 - 13+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 12+000 - 13+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

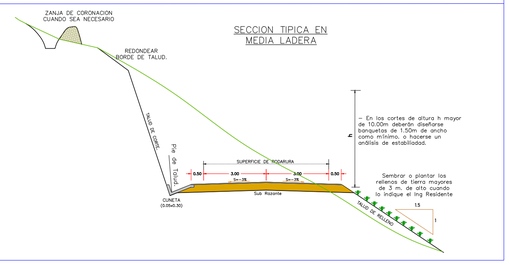


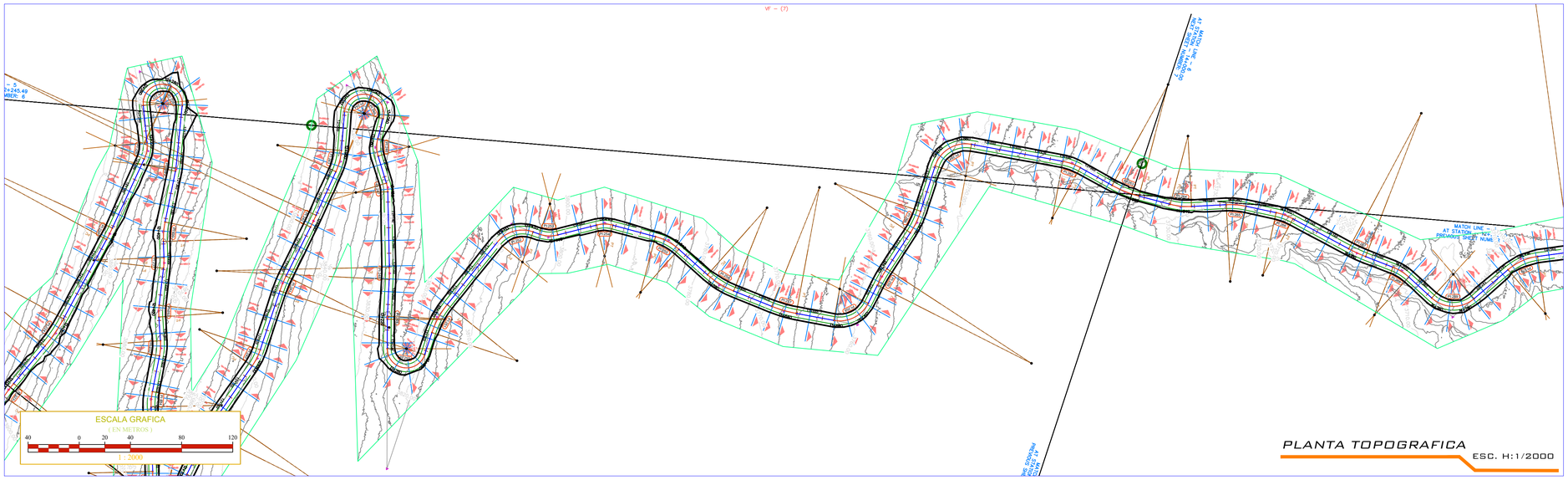
R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
△ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Incio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

LEYENDA

- BMx — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI(1) — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

SECCION TIPICA ESC. 1/200





CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:236	N61° 36' 08"E	98°41'35"	15.00	17.47	25.84	22.76	8.02	5.23	12+616.94	12+634.41	12+642.78	8418740.17	676051.53
PI:237	N37° 12' 25"W	98°55'31"	15.00	17.54	25.90	22.80	8.08	5.25	12+643.23	12+660.77	12+669.13	8418774.82	676059.06
PI:238	N74° 36' 33"W	24°07'14"	25.00	5.34	10.52	10.45	0.56	0.55	12+690.20	12+695.54	12+700.72	8418777.37	676015.19
PI:239	N58° 27' 51"W	8°10'10"	118.00	8.43	16.82	16.81	0.30	0.30	12+737.53	12+745.96	12+754.36	8418800.69	675970.30
PI:240	N62° 32' 03"W	16°18'33"	50.00	7.16	14.23	14.18	0.51	0.51	12+799.62	12+806.78	12+813.85	8418836.13	675920.83
PI:241	N66° 41' 22"W	7°50'55"	90.00	6.29	12.56	12.55	0.22	0.22	12+862.31	12+868.60	12+874.88	8418856.61	675862.40
PI:242	N63° 43' 57"W	2°05'04"	280.00	5.09	10.19	10.19	0.05	0.05	12+917.64	12+922.73	12+927.82	8418881.45	675814.29
PI:243	N74° 35' 23"W	19°37'47"	50.00	8.65	17.13	17.05	0.74	0.73	12+965.22	12+973.87	12+982.35	8418903.25	675768.03
PI:244	N30° 34' 54"W	107°38'45"	15.00	20.51	28.18	24.22	10.41	6.15	13+012.69	13+033.20	13+040.87	8418909.05	675708.81
PI:245	N64° 27' 34"E	82°26'10"	15.00	13.14	21.58	19.77	4.94	3.72	13+041.55	13+054.69	13+063.13	8418940.59	675722.35
PI:246	N89° 44' 21"E	31°52'35"	25.00	7.14	13.91	13.73	1.00	0.96	13+079.17	13+086.31	13+093.08	8418930.78	675757.32
PI:247	N81° 41' 26"E	15°46'45"	25.00	3.46	6.88	6.86	0.24	0.24	13+115.12	13+118.58	13+122.01	8418939.88	675788.67
PI:248	S88° 22' 55"E	4°04'34"	135.00	4.80	9.60	9.60	0.09	0.09	13+180.87	13+185.67	13+190.47	8418940.38	675855.80
PI:249	S87° 42' 31"E	2°43'46"	50.00	1.19	2.38	2.38	0.01	0.01	13+219.19	13+220.38	13+221.57	8418938.16	675890.45
PI:250	N10° 01' 22"E	161°48'30"	15.00	93.69	42.36	29.62	79.88	12.63	13+244.51	13+338.20	13+286.87	8418936.26	676008.25
PI:251	N60° 36' 46"W	20°32'14"	70.00	12.68	25.09	24.96	1.14	1.12	13+305.10	13+317.78	13+330.19	8418977.07	675890.51
PI:252	N15° 03' 51"W	70°33'36"	25.00	17.69	30.79	28.88	5.62	4.59	13+392.83	13+410.52	13+423.62	8419036.42	675818.91
PI:253	N3° 24' 07"E	33°37'40"	25.00	7.55	14.67	14.46	1.12	1.07	13+428.77	13+436.33	13+443.44	8419064.95	675829.41
PI:254	N1° 12' 42"E	29°14'51"	25.00	6.52	12.76	12.62	0.84	0.81	13+474.83	13+481.35	13+487.59	8419109.17	675818.87
PI:255	N29° 07' 17"E	26°34'19"	45.00	10.63	20.87	20.68	1.24	1.20	13+522.12	13+532.74	13+542.98	8419158.88	675832.97
PI:256	N32° 33' 12"E	19°42'30"	70.00	12.18	24.08	23.96	1.05	1.03	13+573.06	13+585.22	13+597.14	8419197.91	675868.62
PI:257	N16° 58' 32"E	11°26'48"	100.00	10.02	19.98	19.95	0.50	0.50	13+629.21	13+639.23	13+649.19	8419247.96	675889.55
PI:258	N25° 33' 18"W	73°36'52"	25.00	18.71	32.12	29.96	6.22	4.98	13+679.13	13+697.83	13+711.25	8419305.50	675901.00
PI:259	N59° 12' 23"W	6°18'42"	135.00	7.44	14.87	14.86	0.21	0.20	13+727.08	13+734.52	13+741.95	8419324.98	675863.81
PI:260	N63° 41' 30"W	15°16'57"	70.00	9.39	18.67	18.62	0.63	0.62	13+775.53	13+784.92	13+794.20	8419353.13	675821.99

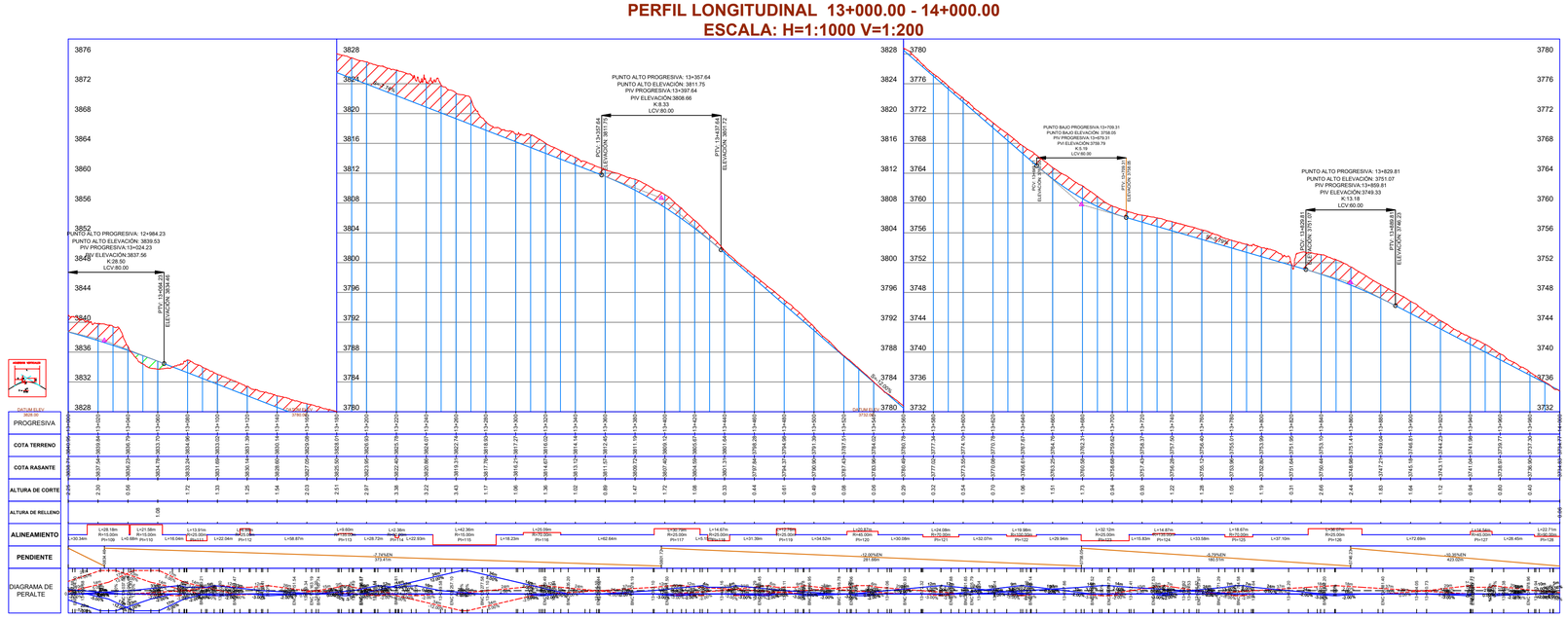
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

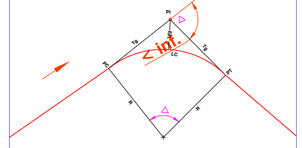
TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

PERFIL LONGITUDINAL 13+000.00 - 14+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



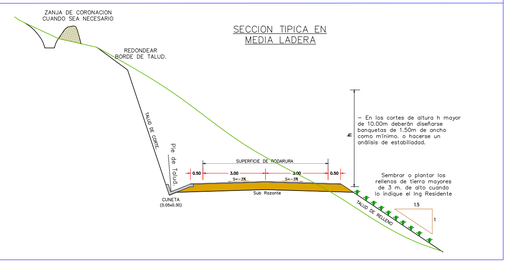
LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



LEYENDA

- BM-1 — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI-1 — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

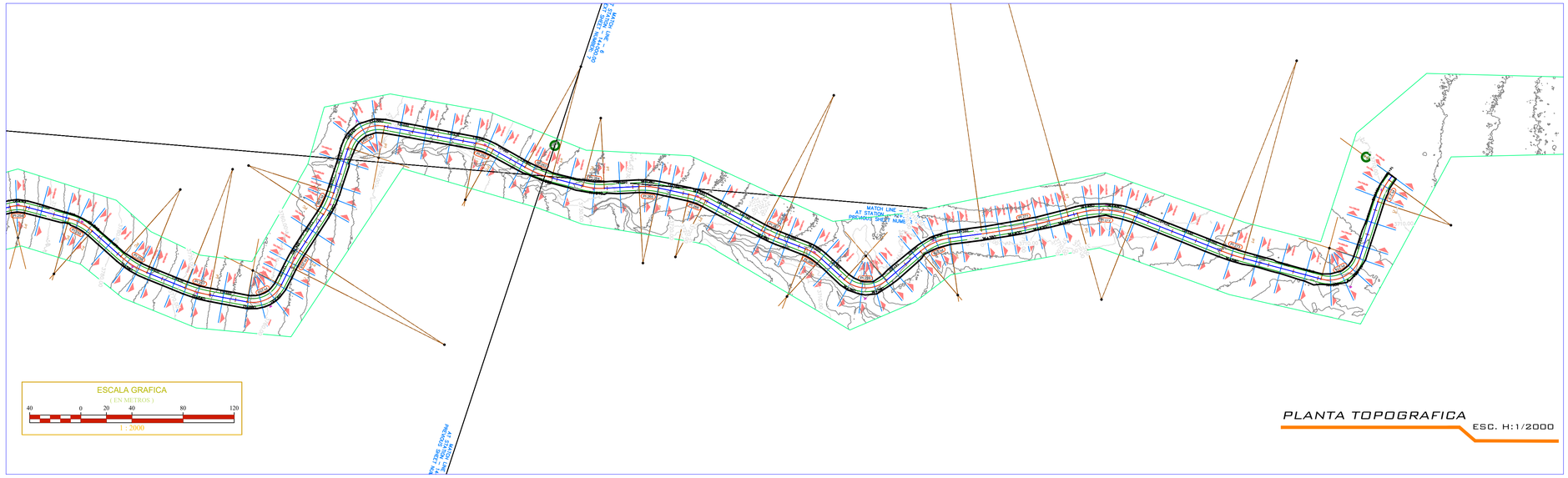
SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 13+000 - 14+000

ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 13+000 A 14+000	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYAMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA / FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-14



PLANTA TOPOGRAFICA ESC. H:1/2000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:261	N29° 59' 42"W	82°40'34"	25.00	21.99	36.07	33.02	8.30	6.23	13+831.31	13+853.30	13+867.38	8419375.05	675757.10
PI:262	N20° 35' 55"E	18°30'41"	45.00	7.33	14.54	14.48	0.59	0.59	13+940.07	13+947.40	13+954.61	8419475.07	675777.17
PI:263	N22° 37' 31"E	14°27'28"	90.00	11.42	22.71	22.65	0.72	0.72	13+983.05	13+994.47	14+005.76	8419516.01	675800.66
PI:264	N6° 38' 26"E	17°30'43"	55.00	8.47	16.81	16.74	0.65	0.64	14+030.96	14+039.43	14+047.77	8419559.47	675812.63
PI:265	N5° 20' 58"E	14°55'48"	60.00	7.86	15.63	15.59	0.51	0.51	14+074.95	14+082.82	14+090.59	8419602.96	675811.02
PI:266	N20° 54' 24"E	16°11'04"	50.00	7.11	14.12	14.08	0.50	0.50	14+114.49	14+121.60	14+128.61	8419640.86	675819.64
PI:267	N25° 31' 29"E	6°56'53"	120.00	7.29	14.55	14.54	0.22	0.22	14+178.04	14+185.33	14+192.59	8419696.68	675850.59
PI:268	N32° 35' 21"E	21°04'38"	40.00	7.44	14.71	14.63	0.69	0.67	14+215.52	14+222.96	14+230.23	8419731.58	675864.72
PI:269	N1° 44' 46"E	82°45'48"	25.00	22.03	36.11	33.05	8.32	6.24	14+254.47	14+276.50	14+290.58	8419770.78	675901.44
PI:270	N23° 17' 48"W	32°40'39"	45.00	13.19	25.66	25.32	1.89	1.82	14+325.46	14+338.66	14+351.13	8419824.76	675856.72
PI:271	N10° 54' 24"W	7°53'52"	500.00	34.52	68.92	68.87	1.19	1.19	14+376.34	14+410.86	14+445.26	8419897.14	675847.89
PI:272	N3° 46' 15"E	37°19'10"	70.00	23.64	45.59	44.79	3.88	3.68	14+452.75	14+476.39	14+498.34	8419960.59	675831.06
PI:273	N19° 07' 41"E	6°40'18"	160.00	9.33	18.63	18.62	0.27	0.27	14+571.29	14+580.62	14+589.92	8420058.47	675871.53
PI:274	N27° 45' 31"W	87°06'06"	25.00	23.77	38.01	34.45	9.49	6.88	14+652.59	14+676.36	14+690.60	8420150.62	675897.59
PI:275	N62° 11' 28"W	18°14'12"	60.00	9.63	19.10	19.02	0.77	0.76	14+736.88	14+746.51	14+755.98	8420176.15	675822.11

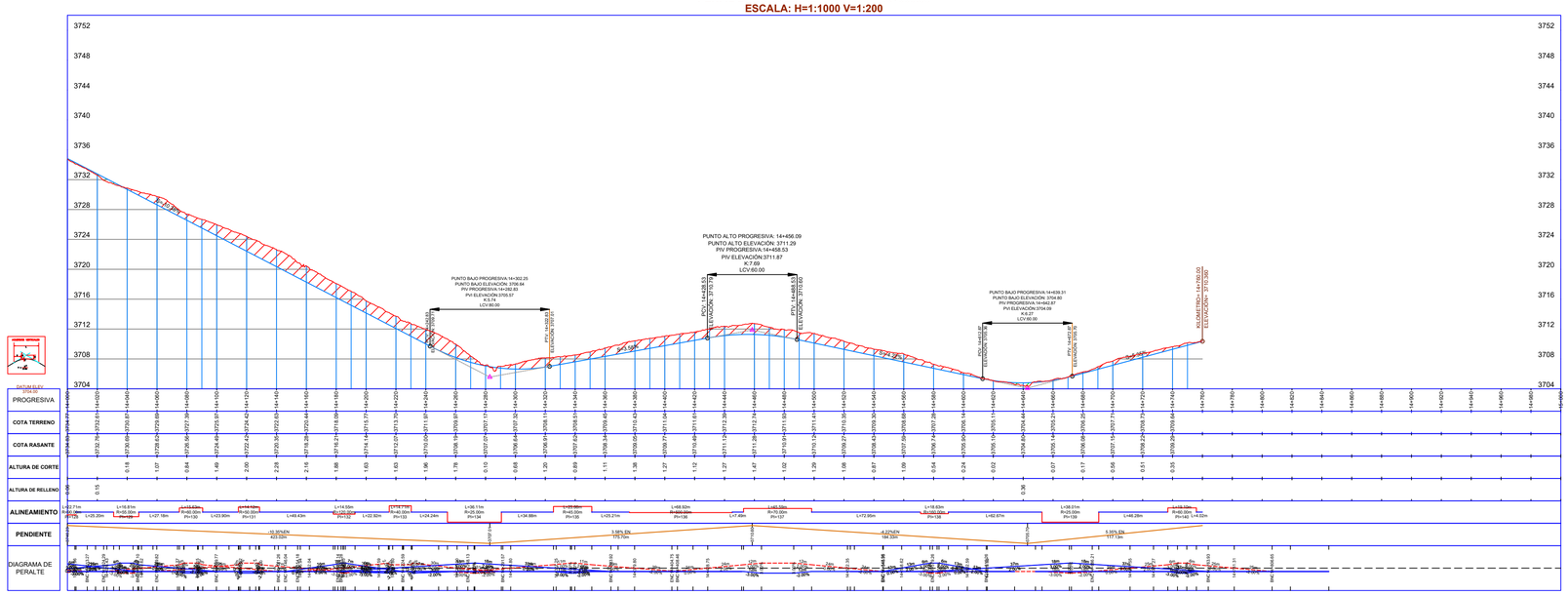
DATOS DE DISEÑO

INDICE MEDIO DIARIO	: MENOR DE 100 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 30 Km/H
PENDIENTE MINIMA	: 3 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 15.00 mts.
RADIO MINIMO EXEPCIONAL (curva de volteo)	: 15.00 mts.
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts.
ANCHO DE BERMA	: 0.50 mts.
BOMBEO %	: 3.00 %
PERALTE MINIMO	: 3.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	: 4.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 10.00 %
ESPESOR DE AFIRMADO	: 0.150 mts
CUNETAS	: 0.50 x 0.30 mts.
SOBREANCHO	: 0 mts.

TIPO DE TERRENO

ADJUNTO EN METRADO DE EXPLANACIONES

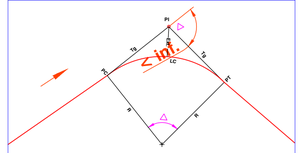
PERFIL LONGITUDINAL 14+000.00 - 15+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



LEYENDA

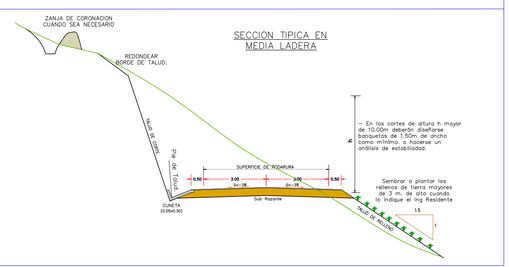
- BMs — Posición de BM.
- C-1 — Posición de Calicatas.
- Inicio/Fin de tramo en estudio.
- 20 — Estacado @ 20m.
- Estacado @ 10m.
- PI(1) — Posicion de Punto de Intersección.
- Alcantarilla
- Baden
- Plazoleta de cruce
- Eje de Carretera
- Cuneta de Evacuacion
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Botadero
- Cantera
- Campamento
- Norte Magnetico
- Poste
- Casas

LEYENDA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



R : Radio Curva Horizontal
Tg : Tangente Circular
Ext : External
LC : Longitud de Curva
Δ : Angulo de Inflexión
PC : Punto de Inicio de Curva
PI : Punto de Intersección
PT : Punto de Termino de Curva

SECCION TIPICA ESC. 1/200



PERFIL LONGITUDINAL KM: 14+000 - 14+740
ESC. H:1/2000
V : 1/200

Universidad Nacional Federico Villarreal / FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA AP-748 MEDIANTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS DG- 2018 EN SAÑAYCA, AYMARAES, APURÍMAC	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km : 14+000 A 14+740	CÓDIGO DE RUTA: AP-748	UBICACIÓN Lugar: MULTICOMUNAL Distrito: SAÑAYCA Provincias: AYAMARAES Region: APURIMAC	ESCALA: INDICADA / FECHA: JULIO- 2025	DISEÑO/DIBUJO: ACCM	LAMINA: PP-15