**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Carrera de Ingeniería Civil**

# Propuesta de diseño geométrico y señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Paucará.

Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil

**David Crispín Quispe**
**(0000-0002-9839-2430)**

**Demecio De la Cruz Cueva**
**(0000-0002-6406-333X)**

**Isaac Sem Saenz Paulino**
(**0000-0001-7048-2867)**

**Asesor:**

**Dr. MATIAS LEON JOSE CARLOS**
**(0000-0003-3876-1457)**

**Lima – Perú**

**2021**

# Índice General


1. RESUMEN DEL PROYECTO 8
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 9
2.1. Formulación del problema 12
2.2. Justificación del problema 12
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 15
3.1. Objetivo general 15
3.2. Objetivos específicos 15
4. ALCANCE Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO 15
4.1. Alcances del proyecto 15
4.2. Limitaciones del proyecto 15
5. EVALUCIÓN DEL PROYECTO 16
5.1. Restricciones y limitaciones del proyecto 16
5.2. Estudio en los aspectos de salud pública y seguridad y ambiental 16
6. MARCO TEÓRICO 19
6.1. Antecedentes 19
6.2. Componentes principales del diseño geométrico de una carretera 22
6.2.1. Vehículo de diseño 22
6.2.2. Velocidad de diseño 22
6.2.3. Distancia de Visibilidad 23
6.2.3.1. Distancia de visibilidad de parada 23
6.2.3.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento 24
6.3. Alineamiento Horizontal 25
6.3.1. Radio mínimo 25
6.3.2. Curvas de transición 26
6.3.3. Sobreanchos 27
6.4. Alineamiento vertical 28
6.4.1. Pendiente mínima y máxima 28
6.4.2. Sección Transversal 29
6.4.2.1. Calzada 29
6.4.2.2. Bombeo 29
6.4.2.3. Berma 30
6.5. Señalización y seguridad vial 30
6.5.1. Señales de tránsito verticales 30
6.5.1.1. Señales reglamentarias 31

6.5.1.2. Señales preventivas 31
6.5.1.3. Señales informativas 31
6.5.2. Señales de tránsito horizontal 32
7. REVISIÓN DE LA NORMATIVA REAL VIGENTE Y ESTANDARES NACIONALES E INTERNACIONALES 33
8. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 35
8.1. Ubicación del lugar 35
8.2. Terreno Natural 36
8.3. Diseño geométrico de la carretera 37
8.4. Evaluación de la vía existente 38
8.5. Criterios y parámetros básicos de diseño 38
8.5.1. Clasificación de carretera 38
8.5.1.1. Por su demanda 38
8.5.1.2. Por su orografía 43
8.5.2. Vehículo de diseño 45
8.5.3. Velocidad de diseño 46
8.5.4. Radio mínimo 47
8.6. Diseño del alineamiento horizontal 48
8.6.1. Diseño de Radios Mayores al Mínimo 48
8.6.2. Distancia de visibilidad 50
8.6.2.1. Distancia de visibilidad de parada 50
8.6.2.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento 51
8.6.3. Longitud de tramos en tangente 51
8.6.4. Sobreancho 55
8.7. Diseño del alineamiento vertical 57
8.7.1. Pendiente mínima y máxima 57
8.8. Diseño del alineamiento transversal 57
8.8.1. Calzada 58
8.8.2. Bermas 58
8.8.3. Derecho de vía 59
8.8.4. Taludes 60
9. DISEÑO DE PAVIMENTO 61
9.1. Características generales del aforo 61
9.2. Cálculo de Índice Promedio Diario Anual (IMD) 61
9.3. Obtención de los factores de corrección mensual (FCm) 62
9.4. Cálculo de los valores de ejes equivalentes de carga (ESAL) 64

9.5. Cálculo de factor de distribución direccional y carril 66
9.6. Cálculo de factor de presión de inflado 66
9.7. Cálculo de factor de vehículo pesado 67
9.8. Cálculo de factor de crecimiento acumulado 68
9.9. Cálculo de $W_{18}$ 68
9.10. Número estructural requerido 68
9.10.1. Confiabilidad (%R) 68
9.10.2. Desviación estándar global (So) 69
9.10.3. Pérdida de Serviciabilidad ($\Delta \boldsymbol{PSI}$) 69
9.10.4. Módulo resiliente 70
9.10.5. Cálculo de número estructural requerido (SNr) 70
9.10.6. Cálculo de número estructural propuesto (SNp) 72
10. CONDICIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN 74
10.1. Señalización existente 74
10.2. Características físicas de la vía 75
10.3. Información de accidentes 76
11. PROPUESTA DE PLAN DE SEÑALIZACIÓN VIAL 77
11.1. Señalización vertical 77
11.1.1. Señales reglamentarias 77
11.1.2. Señales preventivas 79
11.1.3. Señales informativas 81
11.2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL 82
11.2.1. Señalización en el pavimento 83
11.2.2. Señalizaciones elevadas en el pavimento 85
12. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA 90
13. PRESUPUESTO Y LISTA DE INSUMOS 91
14. ANALISIS DE LOS RESULTADO 93
15. CONCLUSIONES 94
16. RECOMENDACIONES 96
17. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97
18. ANEXOS 99

## Índice de Figuras

**Figura 1.** Tasa de fallecidos en accidentes de tránsito por cada 100 000 habitantes por departamento. ..... 12
**Figura 2.** Carretera en estudio (color morado). **Fuente**: (Provias Nacional, 2018) ..... 13
**Figura 3.** Accidente en el tramo La Mejorada-Paucará, Km 11+850**. Fuente:** Andina. ..... 13
**Figura 4.** Proyección de la población de Paucará al 2025. **Fuente: (**INEI, 2017) ..... 14
**Figura 5.** Distribución del Sobreancho en sectores circulares. **Fuente**: (DG, 2018) ..... 28
**Figura 6.** Señal reguladora en zona rural. **Fuente**: (MTC, 2016). ..... 31
**Figura 7.** Señal de advertencia con velocidad de curva. **Fuente**: (MTC, 2016) ..... 31
**Figura 8.** Señal informativa de ruta o destino. **Fuente**: (MTC, 2016) ..... 32
**Figura 9.** Señales de tránsito horizontales. **Fuente**: (MTC, 2016) ..... 32
**Figura 10.** Ruta: Emp. PE 3SM La Mejorada-Paucará. **Fuente**: (MTC, 2014)..... 36
**Figura 11.** Plano topográfico Ruta: Emp. PE 3SM La Mejorada-Paucará. **Fuente**: propia (Infrawork) ..... 36
**Figura 12.** Características de la vía existente. **Fuente**: propia..... 38
**Figura 13.** Aforo vehicular. **Fuente**: propia..... 39
**Figura 14.** Volumen de tráfico vehicular. **Fuente**: Elaboración propia ..... 40
**Figura 15.** Clasificación vehicular en porcentajes. **Fuente**: Elaboración propia..... 40
**Figura 16.** Volumen de tráfico vehicular. **Fuente**: Elaboración propia..... 41
**Figura 17.** Clasificación vehicular en porcentajes. **Fuente**: Elaboración propia..... 42
**Figura 18.** Volumen de tráfico vehicular. **Fuente**: Elaboración propia ..... 43
**Figura 19.** Clasificación vehicular en porcentajes. **Fuente**: Elaboración propia..... 43
**Figura 20**. Orografía existente. **Fuente**: propia..... 44
**Figura 21.** Plano topográfico Ruta: Emp. PE 3SM La Mejorada-Paucará. **Fuente**: propia..... 44
**Figura 22.** Pendiente transversal del terreno. **Fuente**: propia..... 45
**Figura 23**. vehículo de diseño. **Fuente:** Antezana..... 45
**Figura 24.** Vehículo de diseño ocupando el 90% de la calzada. **Fuente:** propia ..... 46
**Figura 25.** Dimensiones del vehículo de diseño. ..... 46
**Figura 26.** Curvatura de radio mínimo (25m). **Fuente:** elaboración propia ..... 48
**Figura 27**. Líneas de visibilidad de adelantamiento en curva horizontal. **Fuente.** Expediente Técnico definitivo Huancavelica-Lircay. ..... 51
**Figura 28**. Abaco radio curva horizontal VS distancia de visibilidad. **Fuente.** Expediente Técnico definitivo Huancavelica-Lircay. ..... 51
**Figura 29.** Sobreancho en curva 53. **Fuente:** elaboración propia. ..... 56
**Figura 30.** Sobreancho en curva 88. **Fuente:** elaboración propia..... 57
**Figura 31**. Presencia de talud en la vía de estudio. **Fuente**. propia..... 61
**Figura 32.** Registro de flujo vehicular en la Unidad de Peaje Chacapampa-de la carretera Huancayo-Huancavelica (Ruta 3S) ..... 63
**Figura 33.** Espesores del paquete de pavimento de la carretera de estudio**. Fuente:** elaboración propia ..... 73
**Figura 34.** Falta de señales preventivas. **Fuente:** propia ..... 74
**Figura 35.** Falta de guardavías en curvas peligrosas. **Fuente:** propia..... 75
**Figura 36.** Terreno físico de la vía de estudio. **Fuente:** propia ..... 75
**Figura 37.** Curvas peligrosas cerradas de la vía. **Fuente:** propia ..... 76
**Figura 38.** Accidente registrado en la vía de estudio. **Fuente.** propia..... 76
**Figura 39.** Curva cerrada peligrosa. **Fuente.** propia ..... 77
**Figura 40.** Señalización horizontal en zona rural. ..... 83

## Índice de Tablas

**Tabla 1**. Longitud de infraestructura vial, según jerarquía y superficie de rodadura 2019. ..9
**Tabla 2**. Índice de competitividad regional de Huancavelica. .....10
**Tabla 3.** Tipología de transporte público y privado en el departamento de Huancavelica. .11
**Tabla 4**. Posibles impactos, según las acciones realizadas en el proyecto.....18
**Tabla 5.** La tasa de accidentes para diferentes grados de curva.....21
**Tabla 6.** Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros). .....24
**Tabla 7.** Distancia de visibilidad de paso (Da) .....25
**Tabla 8.** Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.....26
**Tabla 9**. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo .....27
**Tabla 10.** Pendientes máximas (%).....28
**Tabla 11.** Anchos mínimos de calzada en tangente. .....29
**Tabla 12.** Valores del bombeo de la calzada.....29
**Tabla 13.** Ancho de bermas, según la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.....30
**Tabla 14.** Criterios de clasificación en función de la demanda de una carretera peruana. ..33
**Tabla 15.** Criterios de clasificación en función de la orografía predominante del terreno de una carretera peruana. .....34
**Tabla 16.** Criterios de clasificación en función de la demanda y ortografía de una carretera colombiana y chilena. .....34
**Tabla 17.** Aforo vehicular-martes. .....39
**Tabla 18.** Aforo vehicular- miércoles. .....41
**Tabla 19.** Aforo vehicular- sábado.....42
**Tabla 20.** Velocidad de diseño.....47
**Tabla 21.** Radio mínimo y peralte máximo.....48
**Tabla 22.** Radio mínimo y peralte máximo.....49
**Tabla 23.** Distancia de visibilidad de parada de diseño. .....50
**Tabla 24.** longitud de tramos en tangente. .....52
**Tabla 25.** Longitud de tramos en tangente correspondientes al diseño extraídos del Civil 3D.....52
**Tabla 26.** Sobreancho en curvas. .....55
**Tabla 27.** Anchos mínimos de calzada.....58
**Tabla 28.** Valores de bombeo de la calzada.....58
**Tabla 29.** Ancho de berma. .....59
**Tabla 30.** Pendiente transversal de bermas. .....59
**Tabla 31.** Anchos mínimos de derecho de vía. .....60
**Tabla 32.** Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V).....60
**Tabla 33.** Factor de corrección del mes de noviembre-Promedio de años 2010-2016 .....63
**Tabla 34.** Cálculo de Índice Medio Diario Anual (IMDa) del Tramo en Estudio. .....63
**Tabla 35.** Tasa de crecimiento de vehículos pesados PBI, (MTC, 2017). .....65
**Tabla 36.** Indice Medio Diario Anual (IMDa). .....65

**Tabla 37.** Factores de distribución de dirección y carril para determinar el tránsito en el carril de diseño. ....66
**Tabla 38.** Factores de ajuste por presión de neumático (Fp) para ejes equivalentes (EE)...66
**Tabla 39.** Relación de Carga por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos. ....67
**Tabla 40.** Cálculo de los ejes equivalentes (EEi). ....67
**Tabla 41.** Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico. ....68
**Tabla 42.** Índice de serviciabilidad inicial (Pi), Índice de serviciabilidad final (Pt), diferencial de serviciabilidad (PSI), según rango de tráfico. ....69
**Tabla 43.** Valores del módulo de resiliente para cada tramo ....70
**Tabla 44.** Resumen de los parámetros del SNr. ....70
**Tabla 45.** Número estructural requerido para cada tramo. ....70
**Tabla 46.** Coeficiente de capa base y subbase en pavimento flexible en función a la calidad del drenaje previsto. ....72
**Tabla 47**. Resumen de los parámetros del SNp ....72
**Tabla 48.** Cálculo del número estructural propuesto del diseño (SNp). ....73
**Tabla 49.** Señales reglamentarias a usarse en la carretera de estudio. ....77
**Tabla 50.** Señales preventivas a usarse en la carretera de estudio. ....79
**Tabla 51.** Señales preventivas a usarse en la carretera de estudio. ....81
**Tabla 52.** Demarcaciones a usarse en la carretera de estudio. ....83
**Tabla 53.** Señalizaciones elevadas en la carretera de estudio. ....85

## 1. RESUMEN DEL PROYECTO

La infraestructura vial es uno de los factores básicos para el progreso y desarrollo económico sostenible de un país. Sin embargo, en el Perú, la red de infraestructura vial de comunicación e intercambio es deficiente. De ello, se puede destacar que a nivel departamental solo el 13% del total de carreteras se encuentra pavimentada, donde menos de la mitad tienen un buen diseño geométrico y seguridad vial. Por ello, el presente trabajo de investigación tiene por objetivo principal **"proponer el diseño geométrico y señalización vial para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Paucará en el departamento de Huancavelica"** bajo las recomendaciones y los parámetros de los manuales de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018) y Seguridad Vial.

Los principales conceptos del manual DG-2018 y levantamiento de información in situ de la carretera en estudio (5km), han sumado una base teórica sólida y práctica para tomar los mejores criterios y soluciones de diseño geométrico. La vía actual, es una carretera trocha carrozable pavimentada bajo sin ningún criterio y recomendación del Manuel DG-2018, pero acorde al estudio de tráfico realizado sería una carretera de tercera clase diseñada en 30KPH, con una calzada de 6.00m y radios de giro mayores a 25m mejores con que se movilizan actualmente. En cuanto a la seguridad vial, se opta por implementar sistemas de señalización reglamentarias, informativas y preventivas. Asimismo, demarcaciones elevadas en el pavimento como; tachas, guardavías metálicos, chevrones, tachas reflectivas y marcas en el pavimento para prevenir los accidentes de tránsito.

Finalmente, a partir del diseño geométrico y del sistema de señalización propuesto, se logra promover un crecimiento vehicular en un 12% como mínimo y elevar el confort para el conductor respecto a su comodidad en visibilidad horizontal, vertical, lo cual conlleva a una seguridad vial. De la misma forma, se realizó una propuesta de señalización para mitigar los accidentes de tránsito que comúnmente suscitan en la carretera que reducirían los tiempos y costos de viaje. En general, contribuiría a la rentabilidad del proyecto impulsando el desarrollo de las actividades económicas en el ámbito de la agricultura, ganadería, turismo, entre otros de la región.

**Palabras claves**: Diseño geométrico, Seguridad vial, Demanda vehicular, Calzada.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La infraestructura vial es uno de los factores básicos para el progreso y desarrollo económico (Cortez, 2018) Asimismo, para que un país adquiera niveles de competitividad adecuados, tenga sostenibilidad en su crecimiento económico, avance en la inclusión social e interacción interna como externa (MTC, 2020). De acuerdo con Macea et al (2015), la funcionalidad que debe ofrecer la red vial de carreteras es crucial para la seguridad y comodidad de los usuarios para evitar sobrecostos de operación en el transporte de personas y bienes.

El Perú de acuerdo con el Sistema Nacional de Carreteras (2019) tiene alrededor de 169,000 km de carreteras conformados por redes nacionales, departamentales y vecinales. Como se aprecia en la Tabla 1, sólo el 16 % está pavimentada y el 84% restante se encuentran constituidas por trochas carrozables, afirmados y pavimentación no estructural como otta seal e slurry seal. Por ende, la falta de vías pavimentadas con un óptimo diseño geométrico en el Perú se debe principalmente a los escasos esfuerzos de las diferentes autoridades nacionales, regionales y distritales de no contar con un plan nacional de infraestructura vial (Fuentes, 2019). Asimismo, el 89.9% de las carreteras a nivel departamental no están pavimentadas como es el caso del departamento de Huancavelica.

**Tabla 1**. Longitud de infraestructura vial, según jerarquía y superficie de rodadura 2019.

| SUPERFICIE DE RODADURA | SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (KM) | | | | | | TOTAL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nacional | | Departmental | | Vecinal | | | |
| **TOTAL** | **28,866.5** | **16.5%** | **32,199** | **18.4%** | **113,933.1** | **65.1%** | **174,988.5** | **100.0%** |
| **1. RED VIAL EXISTENTE** | **271,060.9** | **16.1%** | **27,505.6** | **16.3%** | **113,792.7** | **67.6%** | **168,359.2** | **96.2%** |
| Pavimentada | 21,649 | 80% | 3,623.1 | 13% | 1,906.2 | 2% | 27,178.3 | 16% |
| No Pavimentada | 5,411.9 | 20% | 23,882.5 | 87% | 111,886.6 | 98% | 141,180.9 | 84% |
| **PROYECTADA** | **1,805.5** | **26.5%** | **4,693.4** | **71.3%** | **140.4** | **2.1%** | **6,639.32** | **3.8%** |

**Fuente**: GTT (Grupo Técnico de Trabajo)- oficina de estadística.

El departamento de Huancavelica se encuentra ubicado en la sierra sur del Perú contando con 7 provincias y 100 distritos, abarcando una superficie total de 22, 131.47 km2. Es uno de los departamentos con una elevada tasa de pobreza, con serias limitaciones de transporte y problemas en vías de comunicación terrestre (Provias Rural-Municipalidad provincial y distrital de Huancavelica, 2003). El Gobierno Regional de Huancavelica (2019) sostiene que en el sector de transporte cuenta con una Red Vial Departamental de 88.30% no pavimentada con niveles bajos de servicio. De acuerdo al MCT (2019) ha identificado 32 brechas en materia de transporte y comunicaciones que resolver. Además, en cuanto a su red vial pavimentada o afirmada se ubica en el puesto 12 de las 25 regiones del Perú con un 37.60%, donde menos de la mitad no cuenta con un buen diseño geométrico para un flujo seguro de transporte, como se aprecia en la Tabla 2.

**Tabla 2**. Índice de competitividad regional de Huancavelica.

| **Infraestructura** | **valor** | **puesto (de 25)** |
|---|---|---|
| Acceso a electricidad, agua y desagüe | 36.60% | 24 |
| Precio de la electricidad | 20.2 | 23 |
| Red vial pavimentada o afirmada | 37.60% | 12 |
| Continuidad en la provisión de agua | 20.4 | 5 |
| Acceso a telefonía e internet móvil | 28.10% | 24 |
| Densidad de transporte aéreo nacional | 0 | 23 |

**Fuente**: Instituto Peruano de Economía (IPN), 2019.

En cuanto a la tipología de transporte en la provincia de Acobamba del departamento de Huancavelica, cuenta con el transporte público, privado y de carga (ver Tabla 3). En la ruta de estudio (PE-3SM), el servicio de transporte de pasajeros entre Acobamba, Huancayo, Lima y Huanta (Ayacucho) es continuo, debido a la salida diaria de buses interprovinciales como las empresas Libertadores, Antezana y Huarivilca, asimismo de la salida de autos colectivos y privados (PERH, 2017). mientras, en el transporte de carga pesada, el flujo de vehículos se produce semanalmente por 20 a 30 camiones de más de dos ejes que transportan mercaderías desde Lima y Huancayo hasta Paucará y Acobamba, sin embargo, esta se produce en la ruta HV-105 debido a que las dimensiones transversales de la carretera en estudio son muy angostas y no cumplen con los estándares mínimos que recomienda el manual de diseño geométrico. (PVPP, 2019).

**Tabla 3.** Tipología de transporte público y privado en el departamento de Huancavelica.

| Transporte privado | Transporte público | | Transporte de carga | |
|---|---|---|---|---|
| vehículo ligero | local | interprovincial | liviano | pesado |
| automóvil | camioneta rural | buses de 2 ejes a más | camión de 2 ejes | camión de 3 ejes a más |
| pickup 4x4 | station wagon (colectivos) | | | |

**Fuente:** Plan vial provincial participativo de Acobamba (PVPP), 2010-2019.

Según Ottone et al. (2012) Paucará es uno de los distritos con mayor crecimiento económico en la región Huancavelica, debido a que se desarrollan las mayores transacciones comerciales gracias a su ubicación geográfica central con las ciudades de Huancayo, Huancavelica y Ayacucho. La agricultura es su actividad clave de economía, conformada por 10 cadenas productivas como las papas nativas, cebada, haba, tarwi, carne de ovinos, productos lácteos y carne de cuyes (GRH, 2014). Sin embargo, el factor limitador de la vía en estudio es el elevado costo de flete debido a las pésimas condiciones del sistema vial, lo que involucra un mayor consumo de combustible e incremento del tiempo de viaje.

La ruta Nacional PE 3SM actualmente se encuentra en bajas condiciones de serviciabilidad debido a que presenta una topografía accidentada con pendientes transversales mayores al 60%. Donde los suelos se caracterizan por ser colapsables y blandos (arcilla, limo) y el clima lluvioso con una precipitación promedio de 700 mm (MINAGRI, 2019), lo cual genera huaycos, deslizamientos y derrumbes. Uno de los últimos hechos registrados fue en el tramo Izcuchaca de la Red Vial Nacional:PE-3S que tuvo lugar a la erosión de plataforma en su talud inferior debido a las constantes lluvias que afectaron el sector, afectando la reducción de la superficie de rodadura (Portal, MTC., 2020).

De la misma manera, se ha evidenciado una falta de interés al mejoramiento del diseño geométrico y seguridad vial actual, las cuales generan proyectos deficientes y ejecución de obras falibles (Cardenas,2013). Estas situaciones no son tomadas en cuenta en las administraciones regionales y municipales que no hacen nada para remediarlas, debido a intereses políticos. A causa de ello, genera inseguridad vial que involucra un incremento de accidentes y fallecidos, evidenciados principalmente en las regiones de Madre de Dios, Huancavelica, Moquegua y Ancash (ver Figura 1) (El Peruano, 2017).

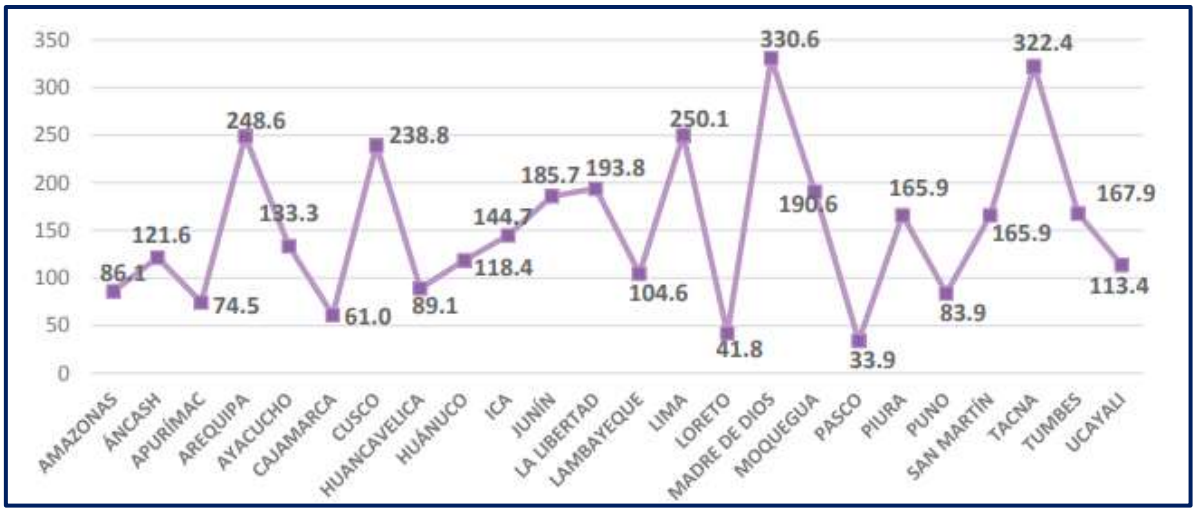



**Figura 1.** Tasa de fallecidos en accidentes de tránsito por cada 100 000 habitantes por departamento.

**Fuente:** (Policía Nacional del Perú –Dirección de Estadística 2015).

## 2.1. Formulación del problema

¿La propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización en la carretera La Mejorada-Paucará permitirá incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial para el beneficio de la población?

## 2.2. Justificación del problema

El diseño geométrico en óptimas condiciones debe cumplir con los parámetros necesarios recomendado por los profesionales especialistas del tema para evitar accidentes vehiculares y brindar confort al usuario (Agudelo, 2002). Asimismo, una red vial conectada y eficiente incrementa la competitividad local facilitando intercambios comerciales y mejorando la economía nacional. Por otro lado, la conectividad de las áreas rurales ejerce un efecto significativo sobre la productividad laboral (Webb, 2013). Por el contrario, un déficit de infraestructura principalmente en transporte, puede llevar a un ahogamiento de la economía productiva.

Sin embargo; el tramo La Mejorada – Paucará perteneciente a la ruta PE 3SM (ver Figura 2) cuenta con una extensión de 60 km de trayecto, con 30 curvas cerradas de las cuales 5 curvas son de alto riesgo, contando con una calzada de 3.50 m de doble sentido (PEDP Acobamba, 2015). No obstante, en el tramo de estudio (Figura 2), se han registrado 12 quebradas que perjudican constantemente la vía en épocas de invierno, por

ello, la carpeta asfáltica del pavimento se deteriora periódicamente (Provias Nacional, 2012). En consecuencia, 20 buses interprovinciales y 30 camiones de carga se quedan varados hasta por 3 días cada año (ASIS Huancavelica, 2005).

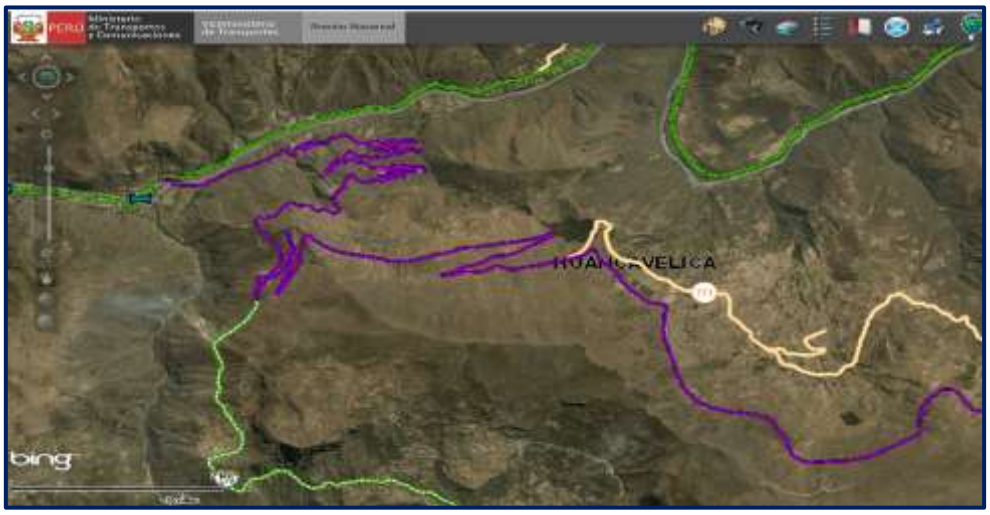



**Figura 2.** Carretera en estudio (color morado). **Fuente**: (Provias Nacional, 2018)

El tiempo que tarda un vehículo en trasladarse desde Paucará al distrito La Mejorada es entre 3 a 4 horas a una rapidez de 35 km/h aproximadamente. En el trayecto se han registrado retrasos de viajes por caídas de huaycos y deslizamientos. Además, se evidenció 50 des barrancos de buses interprovinciales cada año a causa de una deficiente visibilidad horizontal por la presencia de curvas cerradas con radios menores a 15m, como se muestra en la Figura 3 (SUTRAN, 2013). Debido a ello, se justifica la necesidad de un diseño geométrico e implementación del sistema de señalización en la carretera La Mejorada-Paucará.

**Figura 3.** Accidente en el tramo La Mejorada-Paucará, Km 11+850**. Fuente:** Andina.

La Seguridad Vial es una característica propia de una vía, con el objetivo de disminuir las tasas de accidentes de tránsito y reducir el número de víctimas mortales, heridos graves, y pérdidas materiales (MTC, 2016). No obstante, la vía en cuestión presenta ineficiencia de seguridad vial debido a que no cumple con los estándares del manual de seguridad vial (Gabriel, R., 2014). Asimismo, la neblina afecta directamente a la visibilidad del conductor (Perú21, 2013).

Se estima que la población que transite por el tramo en estudio se incremente en un 15% (30 mil personas) para el 2025 debido al crecimiento poblacional con una tasa del 2.2%, como muestra la Figura 4 (INEI, 2017). Consecuentemente, se evidencia un aumento de la necesidad de adquisición de alimentos, lo que implica una mayor demanda de comercio (ONU, 2017). Asimismo, el incremento del parque automotor por la demanda de pasajeros (MTC, 2018).

Por lo tanto, la propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización vial reducirá los problemas de tráfico y accidentes de vehículos de pasajeros y carga, beneficiando a 29 mil (37%) de habitantes aproximadamente de la provincia de Acobamba (INEI, 2017). En efecto, se reducirán los tiempos de traslado lo que llevaría incrementar la capacidad de tránsito vehicular para satisfacer la demanda de traslado de personas y carga comercial como una reducción de contaminación de CO2.

**Figura 4.** Proyección de la población de Paucará al 2025. **Fuente: (**INEI, 2017)

## 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Objetivo general

Proponer el diseño geométrico y de señalización vial para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Paucará en el departamento de Huancavelica.

### 3.2. Objetivos específicos

Determinar los parámetros de diseño geométrico de acuerdo con la normativa vigente DG 2018, de diseño de carreteras del MTC.

Elaborar el diseño geométrico del tramo La Mejorada-Paucará para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial.

Realizar una propuesta del sistema de señalización vial en el tramo La Mejorada-Paucará bajo los criterios del manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras y seguridad vial.

## 4. ALCANCE Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

### 4.1. Alcances del proyecto

La presente investigación consiste en una propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización vial del tramo La Mejorada-Paucará con una longitud de 5 km (tramo de análisis progresiva 7km-12km) para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial lo cual incluye estudio de tráfico, diseño geométrico, prototipo de modelación con el software civil 3D, juego de planos, presupuesto, análisis de costos y cronograma de ejecución. Por otro lado, no se consideran obras hidráulicas, estudio de suelos mediante calicatas in situ, estudios hidrológicos y geológicos.

### 4.2. Limitaciones del proyecto

En cuanto al marco limitante del trabajo de investigación se considera limitado el levantamiento topográfico de la carretera de estudio con equipos topográficos, GPS satelital debido a que presentan elevados costos.

## 5. EVALUCIÓN DEL PROYECTO

### 5.1. Restricciones y limitaciones del proyecto

Una limitante al proyecto se debe a la ubicación de los lotes de la población sobre el derecho de vía. Sin embargo, para ello se debe realizar expropiaciones de acuerdo a la Ley N°27117. Esta Ley consiste en la transferencia forzosa del derecho de propiedad privada, autorizada únicamente por ley expresa del Congreso.

Se aprovechará materiales para reducir los costos del proyecto. Para ello, se hará uso de la Ley Nº28221, donde indica que las Municipalidades Distritales y las Municipalidades Provinciales en su jurisdicción, tienen la potestad para autorizar la extracción de materiales que acarrean y depositan las aguas en los alvéolos o cauces de los ríos y para el cobro de los derechos que correspondan, establecido en el inciso 9 del artículo 69° de la Ley N°27972.

### 5.2. Estudio en los aspectos de salud pública y seguridad y ambiental

**Salud pública y seguridad**

La salud pública debe ser la más adecuada para los trabajadores en las diferentes etapas del proyecto. Por ello, es necesario lo siguiente:

- Se impartirán charlas de capacitación a todo el personal (ingenieros y obreros) sobre temas de seguridad, higiene y primeros auxilios.
- La disponibilidad de los implementos de primeros auxilios y socorro es de obligatoriedad y deberá contar como mínimo, con los medicamentos para tratamiento de primeros auxilios (botiquines), cuerdas, cables, camillas, equipo de radio, vendajes y tablillas. Además, se contará con atención medica “tópico” en caso de emergencia. Asimismo, la Posta Médica más cercana está a 45 minutos (La Mejorada).
- El equipo de protección personal, deberá reunir condiciones mínimas de calidad, resistencia, durabilidad y comodidad, de tal forma, que contribuyan a mantener y proteger la buena salud de la población laboral contratada para la ejecución de las obras.
- Es necesario el uso de botas y recubrimientos del cuerpo y mascaras especiales para no inhalar emisiones de sólidos en suspensión.

- Si se presentan ruidos en la fase constructiva (mayores de 90 decibeles), se emplearán tapones u orejeras (trabajadores, técnicos e ingenieros), asegurándose que los equipos mecánicos del sistema operen relativamente suaves.
- Dentro de los procesos de capacitación escrito, radial que debería llevarse a cabo a través de los municipios están las campañas de sensibilización sobre perjuicios de la contaminación y seguridad personal; la sensibilización a la opinión pública vía medios informativos, de los índices de accidentalidad y sus efectos; campañas de educación vial y deberes y derechos del usuario de transporte público.

**Impacto ambiental**

El D.S. N° 041-2002-MTC, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su Art. 73º establece que la Dirección General de Asuntos Socio Ambientales es la encargada de velar por el cumplimiento de las normas de conservación del medio ambiente con el fin de garantizar el adecuado manejo de los recursos naturales durante el desarrollo y ejecución de las obras de infraestructura de transporte.

La evaluación de los impactos ambientales, constituyen la base para plantear medidas que permitan minimizar los impactos ambientales negativos y potenciar los impactos positivos para la protección y conservación del medio ambiente. Esta evaluación se plantea durante las etapas preliminares, construcción, operación y mantenimiento y cierre. Por lo cual, se ha considerado la naturaleza del entorno, la opinión de la población existente en los lugares aledaños y la información de base recopilada, con la finalidad de conocer las estrechas relaciones entre el ambiente y el proyecto.

**Los principales impactos potenciales se presentan a continuación:**

**Etapa preliminar**

- Movilización de equipos y maquinarias
- Remoción de suelos
- Instalaciones de campamento

**Etapa de construcción**

- Operación del campamento, patio de maquinarias
- Remoción de material rocoso y suelo

- Operación de maquinarias y equipos
- Extracción y transporte de material de cantera
- Traslado y colocación de base y subbase
- Emisión de sustancia toxicas a la atmosfera (CO2, O2)
- Colocación del asfaltado

**Etapa de abandono**

- Demolición y limpieza de las instalaciones auxiliares
- Transporte de materiales
- Reacondicionamiento de áreas afectadas

**Etapa de operación**

- Reparación de daños accidentales
- Aumento del tránsito vehicular
- Revisión periódica de las instalaciones

Asimismo, será necesario plantear estrategias para la conservación del ambiente, guardando armonía con el entorno socioeconómico y potenciando el desarrollo de los centros poblados que se encuentren en el área de influencia del proyecto. Por ello, en la tabla 54 se identifican los posibles impactos ambientales, según las fases del proyecto.

**Tabla 4**. Posibles impactos, según las acciones realizadas en el proyecto

| Medio | Alteración | Acciones del Proyecto |
|---|---|---|
| Suelos | -Destrucción directa y compactación<br><br>-Aumento erosión | -Movimiento de tierras<br><br>-Movimiento de maquinaria pesada y vías de acceso.<br><br>-Depósitos y áreas de servicio |
| Vegetación y Paisaje | -Destrucción de la vegetación<br><br>-Cambios en la estructura paisajística<br><br>-Denudación de superficies | -Movimiento de tierra y acciones que producen cambios en la vegetación actual |
| Geología y Geomorfología | -Trabajos de excavación y alteración de los suelos existentes<br><br>-Deslizamientos superficiales | -Movimiento de tierras<br><br>- Movimiento de maquinarias |

| | | |
|---|---|---|
| Aire | -Emisión de sustancias tóxicas a la atmosfera (CO2, O2) | -Movimiento de maquinaria pesada y vías de acceso. |
| Ruido | -Niveles sonoros altos | -Procesos de transporte, carga y descarga de materiales. |
| Socio económico | -Cambios en la estructura demográfica<br><br>-Menor costo y tiempo de transporte. | -Incremento de la mano de obra.<br><br>-Incremento de la comunicación.<br><br>-Aumento de accesibilidad de las poblaciones aledañas. |

**Fuente:** Elaboración propia

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Antecedentes

El diseño geométrico es la parte esencial de una carretera en cuanto a su funcionalidad, seguridad, diseño geométrico, estética y operacionalidad (García et al, 2013). Lo cual está sujeta a factores externos como la climatología, orografía, geología, la demanda de tráfico y a factores internos propios de la vía y su diseño (como las velocidades óptimas y las características geométricas de la misma) (Pérez et al, 2013). El diseño geométrico consistente y la seguridad vial tienen que formar una unidad para garantizar una circulación con confort (Roaul, 2009), mediante un nivel óptimo de seguridad en el recorrido (Barrera, 2012).

Desde 1995 las carreteras empezaron a tener impactos negativos debido al rápido incremento del volumen de tráfico los cuales, ocasionan y generan problemas de accidentes de tránsito en la interacción entre factores como: los seres humanos, la carretera y vehículos (Lynam et al, 1997). Por ejemplo, de acuerdo con Organización Mundial de Salud (OMS, 2017), aproximadamente un total de 1,3 millones de personas por cada año muren en las carreteras del mundo entero, y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no mortales.

Por lo tanto, de acuerdo con la OMS (2017) el sistema de seguridad vial viene reclamando la atención de los profesionales y estudiantes, gobiernos nacionales y locales para mejorar el sistema de transporte que garantice la seguridad y comodidad para todos

los usuarios de las carreteras. En tal sentido, Torregrosa et al. (2013) propusieron un nuevo modelo de consistencia de diseño geométrico basado en perfiles de velocidad de operación para la evaluación de seguridad vial que ayude a reducir los accidentes de tránsito (muertes en las carreteras) en España, esta metodología consta de la recopilación de datos velocidad real "velocidad de diseño" con GPS.

La capacidad de moverse para acceder a bienes y servicios urbanos se ve afectada por la falta de seguridad vial, en efecto, un buen plan de señalización tiene un impacto importante en el cumplimiento del derecho a la movilidad de la ciudadanía (Dextre & Cebollada, 2014). El principal objetivo de la seguridad vial es llevar cabo las acciones necesarias y suficientes para lograr que la circulación por las vías tanto urbanas como rurales se realicen sin accidentes (Roaul, 2009). Sin embargo, la seguridad vial también implica modelos de movilidad que muestren una relación directa con la forma de desarrollo del territorio y de los medios de transporte que transiten.

Mientras tanto, las metodologías en toda Europa abordan explícitamente en las directrices del diseño horizontal para carreteras rurales de dos carriles para promover perfiles de velocidad de funcionamiento suaves y, a su vez, un funcionamiento seguro (AAD 1988). Además, de acuerdo con Lam et al. (2001) existen tres criterios para mejorar la tasa de accidentes; el diseño de elementos sea consistente, exista armonía entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación, especialmente en condición crítica cuando el pavimento esté mojado; y por último que el diseño geométrico garantice o promueva la comodidad y seguridad para el conductor.

Por otro lado, el vehículo de diseño también tiene gran impacto en el ancho de carril de tránsito y el espacio libre para obstrucciones verticales, y los otros parámetros como; las curvas horizontales, velocidad de diseño, ancho de carril, los ángulos de intersección de las carreteras, la disposición para adelantar entre otros está incluidos dentro de los estándares del diseño geométrico de carretera, de modo que todos ellos garantizan la comodidad y seguridad vial (Cox, R.,1998).

Los parámetros de diseño tiene implicancia en el diseño geométrico de una carretera, de modo que, esto implica tareas tales como crear la alineación de la carretera y trazar el perfil de la alineación utilizando rumbos o coordenadas (este y norte),

estaciones y elevaciones de puntos a lo largo de la ruta propuesta; cálculo de distancias visuales, radios de curvas horizontales y longitudes de curvas verticales; cálculo de las cantidades de movimiento de tierras y muchos otros análisis" con fines de encontrar la alineación óptima y satisfacer los estándares y restricciones de diseño (Raji et al., 2017).

Finalmente, se obtiene ábacos propuestos por los autores anteriores. Por ejemplo, la siguiente tabla describe que la tasa de accidente es proporcional al grado de curva a pesar de la presencia de estrictos dispositivos de advertencia de tráfico en sitios curvos. Por otro lado, la consistencia del diseño horizontal definido por la velocidad de operación y los accidentes esperados se puede medir de acuerdo a la figura 1, por ejemplo, el riesgo de accidentes en curvas con ángulos de deflexión mayores a 10° presenta un mal diseño causando accidentes de tránsito.

**Tabla 5.** La tasa de accidentes para diferentes grados de curva.

| Grado de clases de curva | Tasa media de accidentes | t. calc. | t. crit. | Consideración |
|---|---|---|---|---|
| 0° | 1.87 | | | |
| 1°-5° | 3.66 | 4 | 1.96 | diseño bueno |
| 5°-10° | 8.05 | 7.03 | 1.96 | diseño justo |
| 10°-15° | 17.55 | 6.06 | 1.99 | mal diseño |
| 15°-26.9° | 26.41 | 3.44 | 1.99 | mal diseño |

**Fuente:** Posible procedimiento de diseño para promover la consistencia del diseño en el diseño geométrico de carreteras en caminos rurales de dos carriles AAD, T. (1988).

Además, algunos de los elementos primarios del diseño geométrico que pueden afectar la seguridad vial son calzada, pendiente y curvatura horizontal. A continuación, se detalla la relación entre algunas características de estos elementos y los accidentes de tráfico, incluidos los estudios realizados en diferentes países (Lynam et al. (1997).

| Elementos del diseño geométrico | Características |
|---|---|
| Calzada | Aumento de ancho de calzada, disminuye los accidentes de tránsito. |
| Grado (Pendiente) | La pendiente vertical aumenta, la tasa de accidentes también aumenta. Por otro lado, done las secciones de pendiente alta terminan en curvas horizontales de radio bajo, el número de accidentes es elevado |

| | |
|---|---|
| Sobreancho | A medida que aumenta el ancho, disminuye el número de accidentes. |
| Curva horizontal | A medida que se reduce el radio, aumenta el número de accidentes que ocurren dentro de las curvas horizontales. Similar, si aumenta el nivel de curvatura de la curva horizontal, aumenta el número de accidentes. |

Los diseñadores de carreteras creen que las carreteras construidas según los estándares son seguras, sin embargo, las guías o normas son falibles de la verdad. Por ello, el diseño geométrico de carreteras debería diseñarse mediante el concepto de seguridad sustantiva que demanda tres elementos de acción: ser experto en la seguridad vial y las decisiones de diseño deben ser tomadas por autoridades y reeditado periódicamente (Lynam et al., 1997)

## 6.2. Componentes principales del diseño geométrico de una carretera

Se realizará el diseño geométrico correspondiente a 5+000 km de la carretera La Mejorada-Pucará que comprende del kilómetro 7+000-12+000, a continuación, se desarrollará lo siguiente:

### *6.2.1. Vehículo de diseño*

Uno de los parámetros que influye en el diseño geométrico son las características físicas de los vehículos que circularan en la vía a diseñar; es decir, se toma en cuenta el vehículo más grande.

Según, es importante definir el peso, dimensiones y características de operación del vehículo de diseño "hipotético" para establecer lineamientos del diseño geométrico de la carretera, calles e intersecciones.

### *6.2.2. Velocidad de diseño*

La máxima velocidad ejerce las condiciones de diseño para un tramo en específico de modo que garantice la seguridad y el confort de circulación de los vehículos.

Los elementos geométricos como; alineamiento horizontal, de perfil y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, peraltes, anchos de carriles y bermas, sobreanchos, entre otros. dependen de la velocidad de diseño y varían con un cambio de ella.

### *6.2.3. Distancia de Visibilidad*

En general la distancia de visibilidad en una carretera es una longitud de espacio abierto que contribuye a la seguridad y comodidad para que el conductor pueda ejecutar una maniobra de para o adelanto. Para que se precise una distancia de visibilidad mínima depende mucho de la velocidad del vehículo y el tipo de maniobra.

#### *6.2.3.1. Distancia de visibilidad de parada*

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. Según el manual DG-2018, la distancia de visibilidad de parada se puede obtener de dos maneras, empleando la ecuación o de la gráfica mostradas en la siguiente:

- El cálculo de distancia visibilidad de parada para vías con pendiente superior a 3% tanto en ascenso como descenso está dada por la siguiente formula:

$$Dp = 0.27Vtp + \frac{V^2}{254((\frac{\alpha}{9.81} \pm i)}$$

Dónde:

d: distancia de frenado en metros

V: velocidad de diseño en km/h

a: deceleración en m/s2 (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

i: Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i: Subidas respecto al sentido de circulación

-i: Bajadas respecto al sentido de circulación.

Se considera obstáculo aquél de una altura ≥ a 0.15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1.07 m sobre la rasante de circulación. La distancia de parada se puede determinar a partir de la siguiente **tabla 8**.

**Tabla 6.** Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros).

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

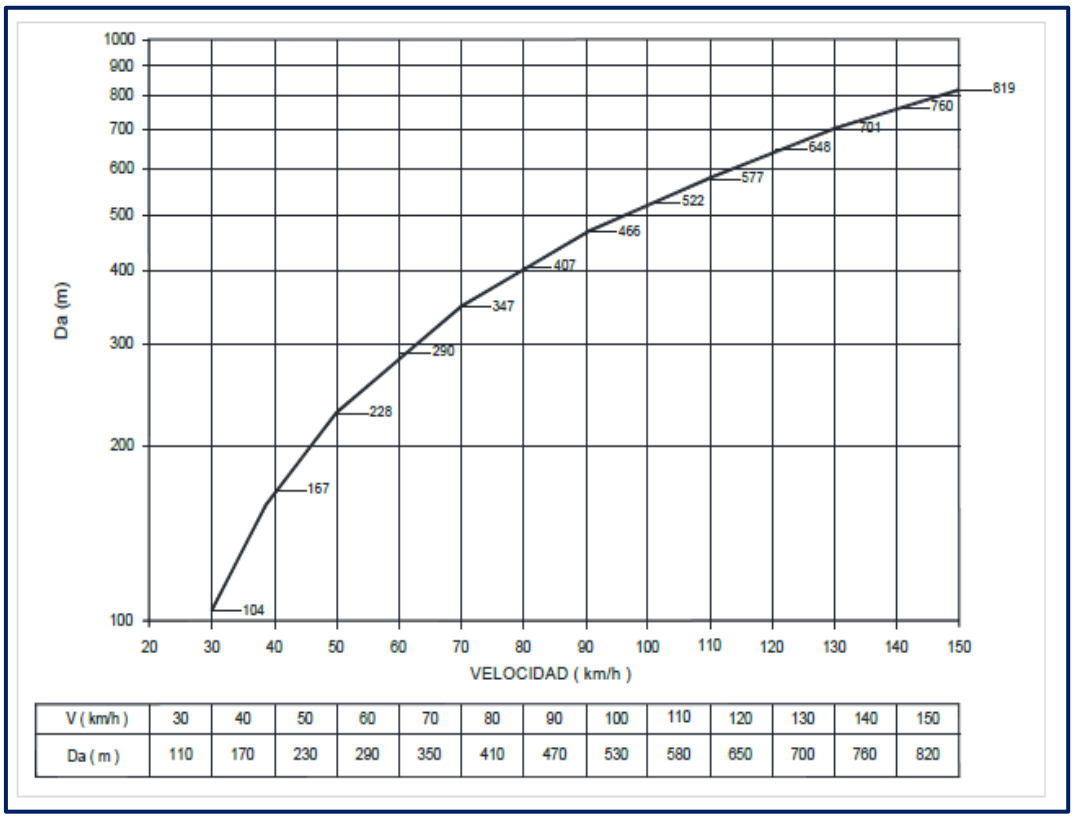
Nota: La distancia de reacción de frenado calculado en tiempo 2.5 segundos, velocidad de desaceleración de 3.4 m/s2., de acuerdo a lo indicado en el capítulo 3 de AASHTO.

#### *6.2.3.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento*

Es la distancia mínima que debe estar disponible a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a velocidad menor con comodidad y seguridad, sin provocar aumento en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Esta condición se da cuando los dos vehículos viajan a una velocidad 25km/h en el mismo sentido y el tercero que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

El Manual DG-2018 sugiere mínimas distancias de visibilidad que se obtienen del siguiente gráfico, de acuerdo con la velocidad de diseño.

**Tabla 7.** Distancia de visibilidad de paso (Da)




| V ( km/h ) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Da ( m ) | 110 | 170 | 230 | 290 | 350 | 410 | 470 | 530 | 580 | 650 | 700 | 760 | 820 |

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de carreteras, 2018.

## 6.3. Alineamiento Horizontal

### *6.3.1. Radio mínimo*

Se establece el radio mínimo en una curva circular para asegurar la vida de las personas que viajan en el vehículo con la velocidad de diseño y considerando el peralte máximo.

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

Donde:

$R_{mín}$: Radio mínimo

V: Velocidad de diseño

$P_{máx}$: Peralte máximo asociado a V.

$f_{máx}$: coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

La **tabla 10** muestra los valores de fricción que generan los vehículos en una curva recomendados por el DG 2018.

**Tabla 8.** Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

| Ubicación de la vía | Velocidad de diseño | Þ máx. (%) | ƒ máx. | Radio calculado (m) | Radio redondeado (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| Área urbana | 30 | 4.00 | 0.17 | 33.7 | 35 |
| | 40 | 4.00 | 0.17 | 60.0 | 60 |
| | 50 | 4.00 | 0.16 | 98.4 | 100 |
| | 60 | 4.00 | 0.15 | 149.2 | 150 |
| | 70 | 4.00 | 0.14 | 214.3 | 215 |
| | 80 | 4.00 | 0.14 | 280.0 | 280 |
| | 90 | 4.00 | 0.13 | 375.2 | 375 |
| | 100 | 4.00 | 0.12 | 492.10 | 495 |
| | 110 | 4.00 | 0.11 | 635.2 | 635 |
| | 120 | 4.00 | 0.09 | 872.2 | 875 |
| | 130 | 4.00 | 0.08 | 1,108.9 | 1,110 |
| Área rural (con peligro de hielo) | 30 | 6.00 | 0.17 | 30.8 | 30 |
| | 40 | 6.00 | 0.17 | 54.8 | 55 |
| | 50 | 6.00 | 0.16 | 89.5 | 90 |
| | 60 | 6.00 | 0.15 | 135.0 | 135 |
| | 70 | 6.00 | 0.14 | 192.9 | 195 |
| | 80 | 6.00 | 0.14 | 252.9 | 255 |
| | 90 | 6.00 | 0.13 | 335.9 | 335 |
| | 100 | 6.00 | 0.12 | 437.4 | 440 |
| | 110 | 6.00 | 0.11 | 560.4 | 560 |
| | 120 | 6.00 | 0.09 | 755.9 | 755 |
| | 130 | 6.00 | 0.08 | 950.5 | 950 |
| Área rural (plano u ondulada) | 30 | 8.00 | 0.17 | 28.3 | 30 |
| | 40 | 8.00 | 0.17 | 50.4 | 50 |
| | 50 | 8.00 | 0.16 | 82.0 | 85 |
| | 60 | 8.00 | 0.15 | 123.2 | 125 |
| | 70 | 8.00 | 0.14 | 175.4 | 175 |
| | 80 | 8.00 | 0.14 | 229.1 | 230 |
| | 90 | 8.00 | 0.13 | 303.7 | 305 |
| | 100 | 8.00 | 0.12 | 393.7 | 395 |
| | 110 | 8.00 | 0.11 | 501.5 | 500 |
| | 120 | 8.00 | 0.09 | 667.0 | 670 |
| | 130 | 8.00 | 0.08 | 831.7 | 835 |
| Área rural (accidentada o escarpada) | 30 | 12.00 | 0.17 | 24.4 | 25 |
| | 40 | 12.00 | 0.17 | 43.4 | 45 |
| | 50 | 12.00 | 0.16 | 70.3 | 70 |
| | 60 | 12.00 | 0.15 | 105.0 | 105 |
| | 70 | 12.00 | 0.14 | 148.4 | 150 |
| | 80 | 12.00 | 0.14 | 193.8 | 195 |
| | 90 | 12.00 | 0.13 | 255.1 | 255 |
| | 100 | 12.00 | 0.12 | 328.1 | 330 |
| | 110 | 12.00 | 0.11 | 414.2 | 415 |
| | 120 | 12.00 | 0.09 | 539.9 | 540 |
| | 130 | 12.00 | 0.08 | 665.4 | 665 |

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de carreteras, 2018.

### *6.3.2. Curvas de transición*

Se realiza una curva progresiva desde el tramo tangente hasta la curva circular, de tal manera que el vehículo no sienta un cambio brusco al pasar de un tramo recto a la curva. Además, conforme se desarrolla la curva de transición es desarrollada el peralte progresivamente. A continuación, se muestra la ecuación que gobierna la longitud mínima de una curva de transición.

$$L_{mín} = \frac{V}{46.656\, j}\left[\frac{V^2}{R} - 1.27\, p\right]$$

Donde:

V: velocidad de diseño

R: radio de la curva circular

J: variación uniforme de la aceleración

P: peralte correspondiente a V y R en porcentaje.

Además, el manual recomienda valores para la tasa de desaceleración de acuerdo a la velocidad de diseño como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 9**. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

| V (km/h) | V < 80 | 80 < V < 100 | 100 < V < 120 | V >120 |
|---|---|---|---|---|
| J ($m/s^3$) | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Jmáx ($m/s^3$) | 0.7 | 0.8 | 0.5 | 0.4 |

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de carreteras, 2018.

### *6.3.3. Sobreanchos*

Los sobreanchos están ubicados en las curvas y sirven para que un vehículo permanezca en su carril y no tenga problemas de choques frontales con los vehículos que circulas en el carril con dirección opuesta. Para su diseño se requieren parámetros como la longitud del vehículo más largo obtenido del aforo vehicular, también se requiere el peralte de la curva debido a la velocidad de diseño. A continuación, se muestra la ecuación que determina el sobre ancho en una curva que varía linealmente.

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

Donde:

Sa: Sobreancho (m)

n: Número de carriles

$R_c$: Radio de curvatura circular (m)

L: Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

**Figura 5.** Distribución del Sobreancho en sectores circulares. **Fuente**: (DG, 2018)

## 6.4. Alineamiento vertical

### *6.4.1. Pendiente mínima y máxima*

El manual presenta opciones de pendientes mínimas, siendo 0.5% una pendiente mínima para que por una vía pueda fluir el agua y no perjudique al pavimento. Sin embargo, la pendiente puede ser 0% si el bombeo es 2.5%.

La pendiente máxima en perfil será de 10% para una carretera de tercera clase y podrán ser reducidas en 1% si la vía se ubica a una altura mayor a los 3000 msnm y presenta un terreno con orografía accidentada o escarpada (ver tabla 12). Los valores podrán ser distintos si son sustentados técnica y económicamente.

**Tabla 10.** Pendientes máximas (%).

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

**Fuente**: (DG, 2018)

### *6.4.2. Sección Transversal*

#### *6.4.2.1. Calzada*

La calzada en una carretera es el ancho de la superficie de rodadura y varía de acuerdo a su uso y terreno donde será aplicado. El manual DG 2018 designa el ancho de calzada para definir el nivel de servicio y capacidad de una vía. La tabla **13** muestra anchos recomendados que depende del estudio de tráfico.

**Tabla 11.** Anchos mínimos de calzada en tangente.

| Clasificación | Autopista | | | | | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tráfico vehículos/día | > 6,000 | | | | 6,000 – 4,001 | | | | 4,000-2.001 | | | | 2,000-400 | | | | < 400 | | | |
| Tipo | Primera Clase | | | | Segunda Clase | | | | Primera Clase | | | | Segunda Clase | | | | Tercera Clase | | | |
| Orografía | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Velocidad de diseño: 30km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5.00 | 6.00 |
| 40 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | 6.60 | 6.60 | 6.60 | 5.00 | |
| 50 km/h | | | | | | | | | | | 7.20 | 7.20 | | | 6.60 | 6.60 | 6.60 | 6.60 | 5.00 | |
| 60 km/h | | | | | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 6.60 | 6.60 | 6.60 | 6.60 | | |
| 70 km/h | | | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 6.60 | | 6.60 | 6.60 | | |
| 80 km/h | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | 7.20 | | 7.20 | 7.20 | | | 6.60 | 6.60 | | |
| 90 km/h | 7.20 | 7.20 | 7.20 | | 7.20 | 7.20 | 7.20 | | 7.20 | 7.20 | | | 7.20 | | | | 6.60 | 6.60 | | |
| 100 km/h | 7.20 | 7.20 | 7.20 | | 7.20 | 7.20 | 7.20 | | 7.20 | | | | 7.20 | | | | | | | |
| 110 km/h | 7.20 | 7,20 | | | 7.20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 km/h | 7.20 | 7.20 | | | 7.20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 km/h | 7.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de carreteras, 2018.

#### *6.4.2.2. Bombeo*

Se define a la inclinación transversal mínima de una carretera con la finalidad de dejar drenar el agua hacia los lados de la vía en cuestión, en el Perú gran parte de las carreteras tienen bombeo y el agua debido a las fuertes e intensas precipitaciones caen hacia las cunetas. Sin embargo, el manual recomienda valores para el bombeo como se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 12.** Valores del bombeo de la calzada

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

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de carreteras, 2018.

Por ejemplo, para lugares con precipitaciones mayores a 500 mm/año y donde el diseño mande pavimento asfaltico pertenecerá un bombeo de 2.5%.

#### *6.4.2.3. Berma*

Es una franja paralela a la calzada para mejorar las condiciones de funcionamiento del tráfico y de seguridad para maniobras de emergencia (DG, 2018). De acuerdo con el Instituto Nacional de Vías (2008) deben tener un ancho constante, libre de obstáculos y estar compactadas homogéneamente en toda su sección. Por lo tanto, en la tabla 15 se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

**Tabla 13.** Ancho de bermas, según la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

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

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

## 6.5. Señalización y seguridad vial

### *6.5.1. Señales de tránsito verticales*

Son placas metálicas adheridas a estructuras como postes o tubos instalados al costado de las carreteras, con la función de reglamentar, advertir de peligros o informar acerca de rutas, direcciones, destinos y lugares de interés. Su implementación es esencial en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales y en lugares donde los peligros no son de por sí evidentes (MTC, 2016).

*6.5.1.1. Señales reglamentarias*

Indican a los usuarios las limitaciones y prohibiciones existentes en una vía. Generalmente son de forma circular, de color blanco con borde rojo y utilizan un símbolo de color negro a excepción de señales como pare, no entre y ceda el paso (ver figura 7).

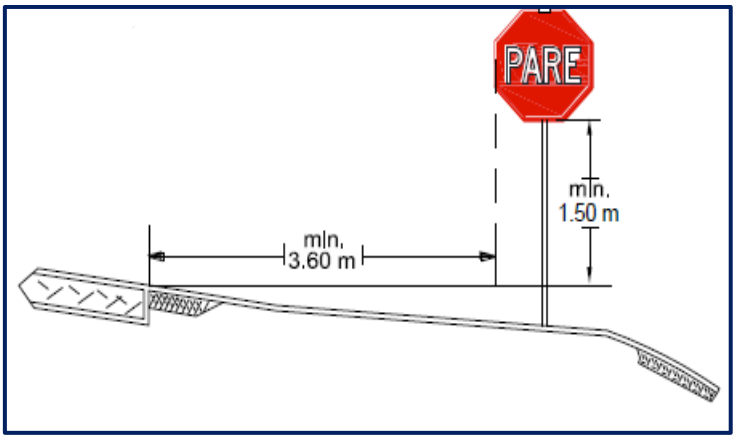



**Figura 6.** Señal reguladora en zona rural. **Fuente**: (MTC, 2016).

*6.5.1.2. Señales preventivas*

Tienen el propósito de advertir al usuario de la vía sobre la existencia de un peligro o situación de riesgo. Caracterizados por tener forma romboidal y fondo amarillo con letras y símbolos de color negro (ver figura 8).

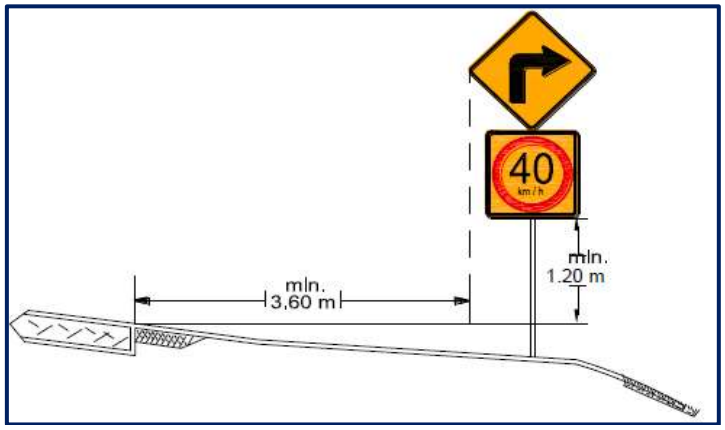



**Figura 7.** Señal de advertencia con velocidad de curva. **Fuente**: (MTC, 2016)

*6.5.1.3. Señales informativas*

Tienen por finalidad guiar y proporcionar información a los usuarios conductores sobre cuestiones relacionadas con la ruta, destino (señales rectangulares con fondo verde, símbolo y texto en color blanco) o servicios de interés (poseen fondo de color azul, símbolo negro con texto y cuadrado interior en color blanco). Por lo general, proporcionan información relativa a distancias de centros poblados y de servicios al usuario como

kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, entre otros. (ver figura 9).

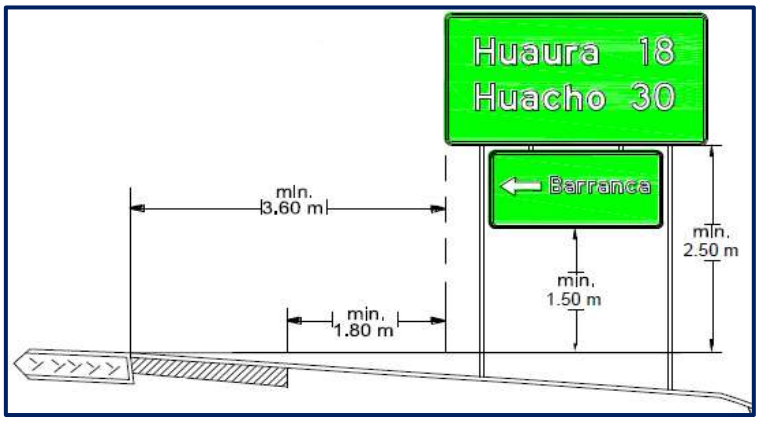



**Figura 8.** Señal informativa de ruta o destino. **Fuente**: (MTC, 2016)

### *6.5.2. Señales de tránsito horizontal*

Empleadas para regular la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, tales como líneas horizontales y transversales (flechas, símbolos y letras) que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes. Las líneas longitudinales y marcas deben ser blancas o amarillas para delimitar carriles y calzadas (ver figura 10). Por lo que es necesario que una vía rural tenga marcas planas en el pavimento como:

Línea de borde de calzada o superficie de rodadura

Línea de carril

Línea central

**Figura 9.** Señales de tránsito horizontales. **Fuente**: (MTC, 2016)

## 7. REVISIÓN DE LA NORMATIVA REAL VIGENTE Y ESTANDARES NACIONALES E INTERNACIONALES

El máximo volumen vehicular en un periodo de tiempo es uno de los parámetros importantes que determina el tipo de carreteras en el diseño geométrico. En otras palabras, conocido como el Índice Medio Diario Anual (IMDA), que representa la cantidad promedio de vehículos por una hora, que pasa por cierta sección de una carretera, además comprende el tiempo de vida útil del diseño de la carretera. Por consiguiente, El Manual del Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018 considera que la clasificación de las carreteras está en función de la demanda existente (Ver tabla 5).

**Tabla 14.** Criterios de clasificación en función de la demanda de una carretera peruana.

| CLASIFICACIÓN | ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) EN VEHÍCULOS/DÍA | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|---|
| Autopistas de Primera Clase | Mayor a 6000 | Calzadas divididas por un separador central mínimo de 6.00 m |
| Autopistas de Segunda Clase | Entre 6000 y 4001 | Calzadas divididas por un separador central de 6.00m hasta 1.00 m |
| Carreteras de Primera Clase | Entre 4000 y 2001 | Una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo |
| Carreteras de Segunda Clase | Entre 2000 y 400 | Una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. |
| Carreteras de Tercera Clase | Menores a 400 | Una calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo |
| Trochas Carrozables | Menores a 200 | Una calzada de 4.00 m de ancho como mínimo |

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de carreteras, 2018.

### Según condiciones orográficas

Acorde al Manual de DG-2018, una carretera peruana puede clasificarse en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazo (Ver tabla 6).

**Tabla 15.** Criterios de clasificación en función de la orografía predominante del terreno de una carretera peruana.

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

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de carreteras, 2018.

A comparación del manual DG-2018 peruana, los manuales extranjeros también tienen sus propios criterios para clasificar una carretera, como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 16.** Criterios de clasificación en función de la demanda y ortografía de una carretera colombiana y chilena.

| | **Por su funcionalidad** | **Características** | **Por su orografía** | **Características** |
|---|---|---|---|---|
| Manual Colombiano | Primarias | Troncales transversales y accesos a capitales de Departamento | Terreno Plano | Pendiente transversal al eje menor a 5° |
| | Secundarias Terciarias | Vías que unen cabeceras municipales. Conectan con una carretera primaria | Terreno Ondulado | Pendiente transversal al eje entre 6° y 13° |
| | | | Terreno Montañoso | Pendiente transversal al eje entre 13° y 40 |
| | Terciarias | Vías que unen cabeceras municipales con veredas o verdeas entre sí | Terreno Escarpado | Pendiente transversal al eje mayor a 40° |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Manual Chileno | Autopista | Asocian longitudes de viaje considerables | Terreno Escarpado Terreno Llano | Pendiente transversal al eje mayor a 40° Amplias extensiones libres de obstáculos naturales |
| | Automutas | Sirven de tránsito interurbano | | |
| | Carreteras primearías | Recorridos de corta distancia con importante porcentaje de tránsito | Terreno Ondulado | Terreno con frecuentes cambios de cota |
| | Caminos colectores | Tránsito de medina y corta distancia | | |
| | Caminos locales | Conectan a los caminos colectores | Terreno Montañoso | Constituido por cordones montañosos o "cuestas". Existen desniveles considerables |
| | Caminos de desarrollo | Conectan zonas aisladas | | |

**Fuente:** elaboración propia

## 8. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### 8.1. Ubicación del lugar

El área de estudio se localiza en:

Departamento: Huancavelica

Provincia: Huancavelica-Acobamba.

Distrito: La mejorada, Acoria y Paucará.

Centro poblados: Patococha, Pumaranra, Checco Cruz.

Ruta: Emp. PE 3SM La Mejorada-Paucará

La figura 11 muestra la ubicación y el ámbito por donde recorre la vía a diseñar. La línea verde es la ruta original completa y el tramo encerrado en el círculo corresponde al Tramo en estudio.

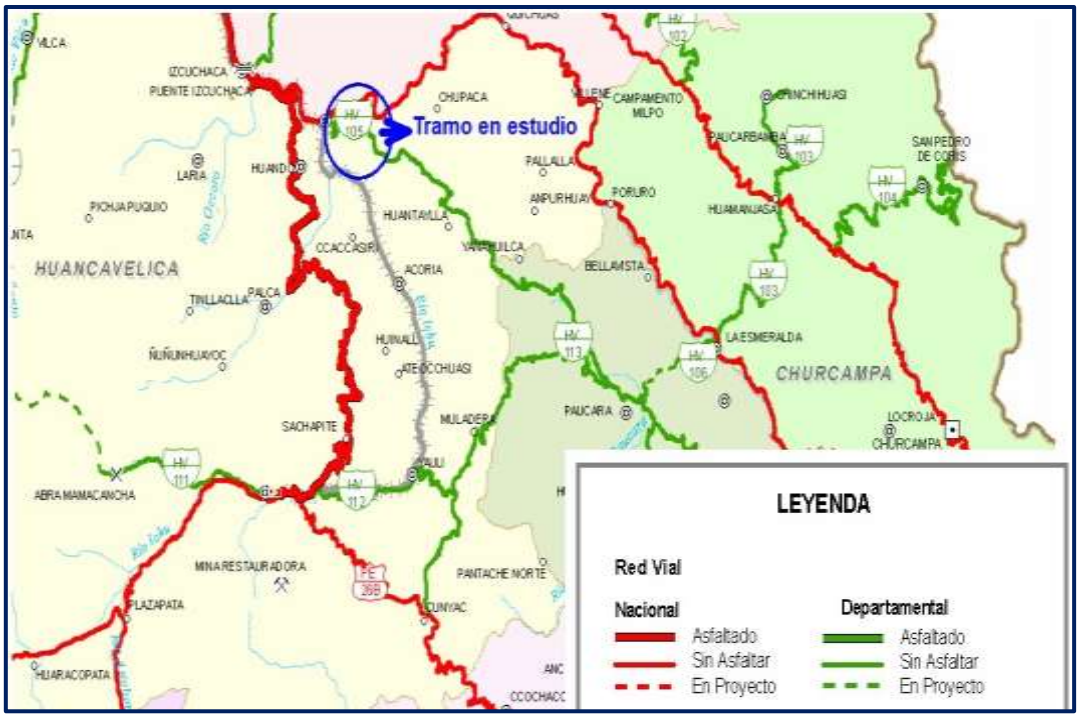



**Figura 10.** Ruta: Emp. PE 3SM La Mejorada-Paucará. **Fuente**: (MTC, 2014)

## 8.2. Terreno Natural

El Plano de Topografía y Evaluación de la Vía Existente muestra la topografía extraída del software Global Mapper, el cual permite obtener las curvas de nivel interpoladas a partir de la elevación de imágenes satelitales. La figura 12 muestra la ubicación y el ámbito por donde recorre la vía a diseñar, realizado con el software Infrawork. La figura 11 muestra la realidad panorámica de la vía existente.

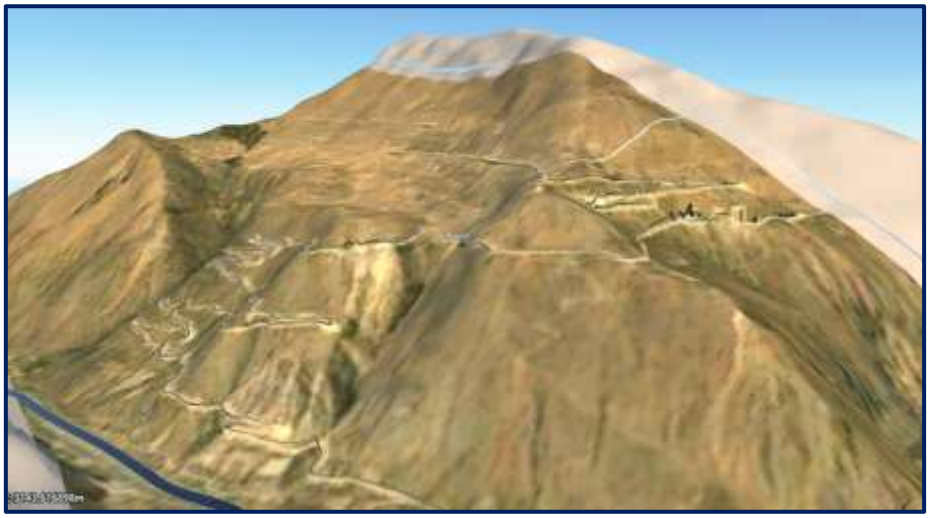
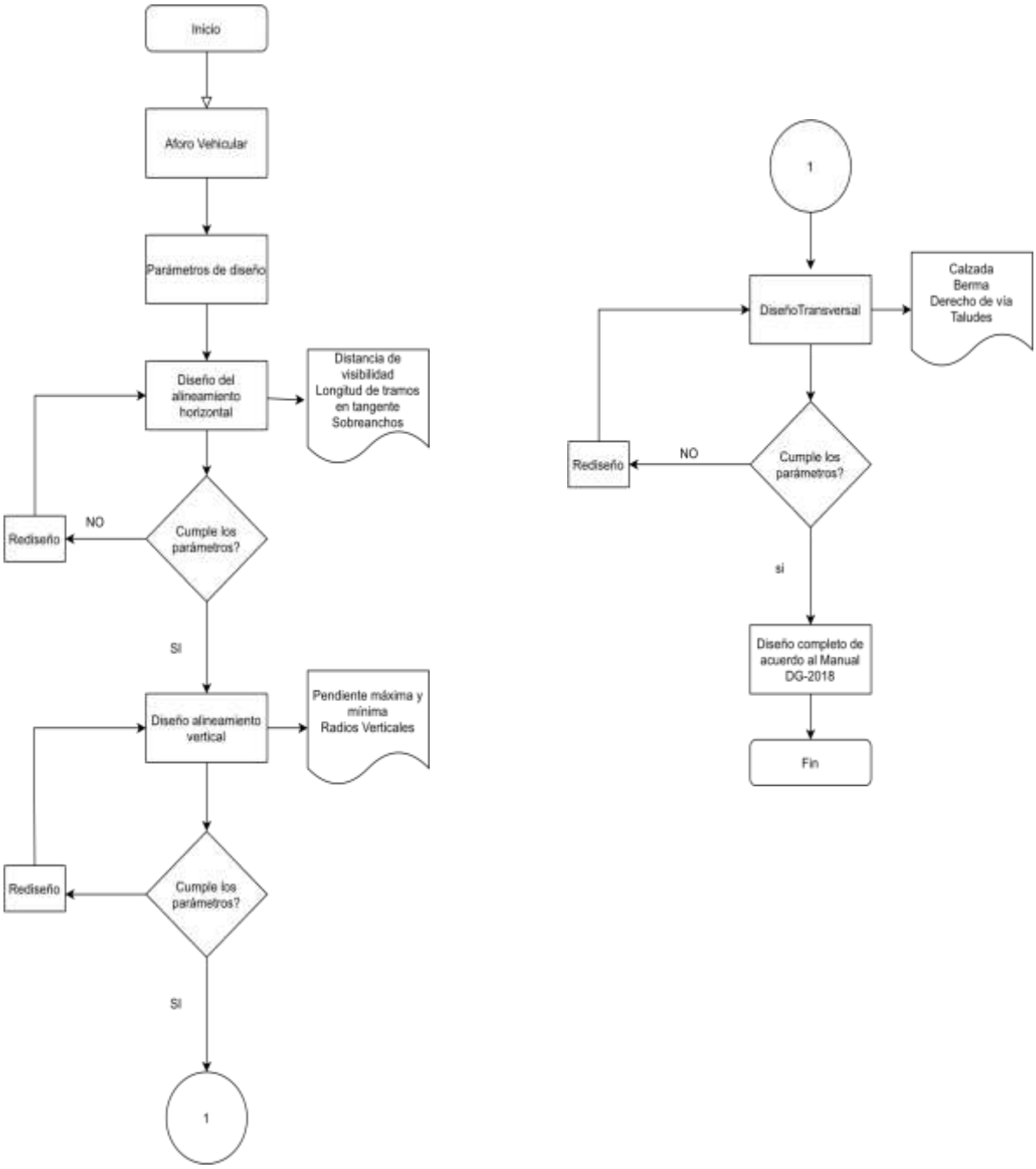


**Figura 11.** Plano topográfico Ruta: Emp. PE 3SM La Mejorada-Paucará. **Fuente**: propia (Infrawork)

### 8.3. Diseño geométrico de la carretera

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que describe los pasos del diseño geométrico de la carretera de estudio.



## 8.4. Evaluación de la vía existente

La figura 12, describe las características que presenta la vía existente en estudio:

Clasificación: trocha pavimentada

Ancho de calzada: 3.50m

Tipo de pavimento: pavimento flexible de 8 cm de espesor

Radio mínimo: <15 m

**Figura 12.** Características de la vía existente. **Fuente**: propia

## 8.5. Criterios y parámetros básicos de diseño

Los criterios, pautas, recomendaciones y requisitos mínimos que el diseño geométrico requiere de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico (DG-2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se desarrollará en el presente ítem. Arbitrariamente, se compara ciertas consideraciones con manuales o normas extranjeras.

### *8.5.1. Clasificación de carretera*

#### *8.5.1.1. Por su demanda*

Es importante conocer la demanda de flujo vehicular existente en el tramo de estudio, para catalogar si la carretera es de primera, segunda o tercera clase. Para ello se realizó el aforo vehicular de la red vial en mención los días martes, miércoles y sábado del presente año. La tablas y figuras muestran el resultado del conteo

vehicular de la vía de estudio, mostrando que el vehículo de mayor dimensión es un ómnibus interprovincial de tres ejes.

**Figura 13.** Aforo vehicular. **Fuente**: propia

**Tabla 17.** Aforo vehicular-martes.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PUNTO DEL CONTROL: Puente La Mejorada | | | | | | SENTIDO: Un carril por 2 sentidos | | | |
| | UBICACIÓN: La Mejorada - Huancavelica | | | | | | FECHA: 24/11/2020 | | | |
| | DISTRITO: La Mejorada | | | | | | CLIMA: Cálido | | | |
| | SUPERVISOR: | | | | | | AFORADOR: Crispin Quispe David | | | |
| HORA | SENTIDO | Auto | Moto lineal | Camioneta | Cumbi Rural | BUS | | CAMION | | |
| | | | | | | 2E | 3E | 2E | 3E | |
| DIAGRA. VEH. | | | | | | | | | | |
| HORA | SENTIDO | Auto colectivo | Moto | PICK UP | PANEL | MICROBUS | OMNIBUS INTERPROVINCIAL | CAMION DE 2 EJES | CAMION DE 3 EJES | Total |
| 09:00 a 10:00 | un carril / 2 sentido | 25 | 11 | 9 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 | 52 |
| 10:00 a 11:00 | un carril / 2 sentido | 14 | 6 | 5 | 1 | 1 | 0 | 5 | 1 | 33 |
| 11:00 a 12:00 | un carril / 2 sentido | 6 | 0 | 4 | 3 | 1 | 0 | 4 | 0 | 18 |
| 12:00 a 01:00 | un carril / 2 sentido | 17 | 5 | 2 | 5 | 1 | 0 | 4 | 2 | 36 |
| 01:00 a 02:00 | un carril / 2 sentido | 15 | 2 | 4 | 4 | 1 | 0 | 2 | 3 | 31 |
| 02:00 a 03:00 | un carril / 2 sentido | 20 | 1 | 5 | 5 | 1 | 0 | 3 | 2 | 37 |
| 03:00 a 04:00 | un carril / 2 sentido | 24 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 42 |
| 04:00 a 05:00 | un carril / 2 sentido | 23 | 4 | 7 | 4 | 2 | 1 | 5 | 1 | 47 |
| 05:00 a 06:00 | un carril / 2 sentido | 12 | 2 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 30 |
| 06:00 a 07:00 | un carril / 2 sentido | 10 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 4 | 2 | 28 |
| Total | | 166 | 38 | 46 | 32 | 10 | 6 | 39 | 17 | 354 |

**Fuente**: Elaboración propia

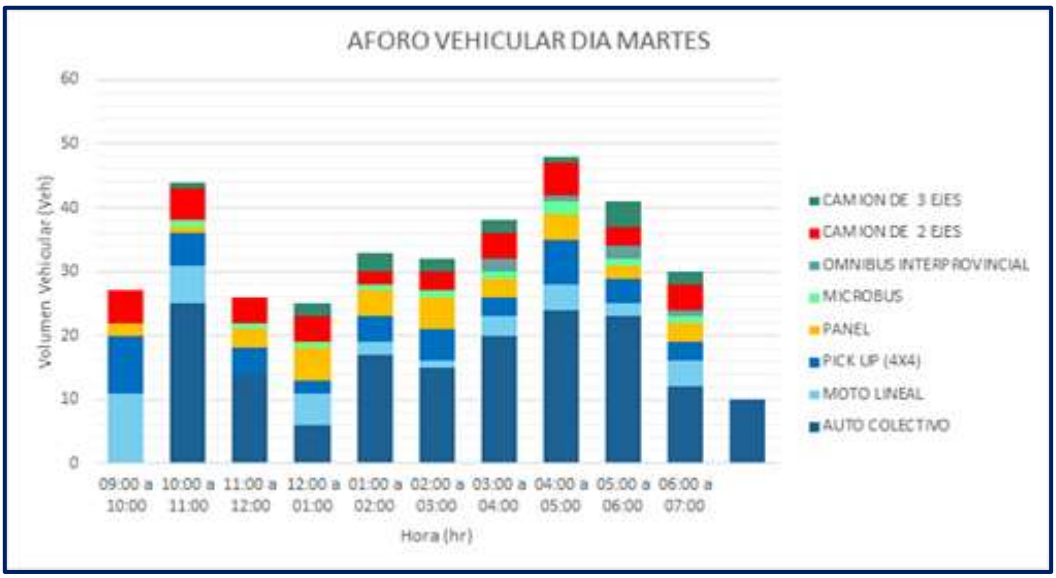



**Figura 14.** Volumen de tráfico vehicular. **Fuente**: Elaboración propia

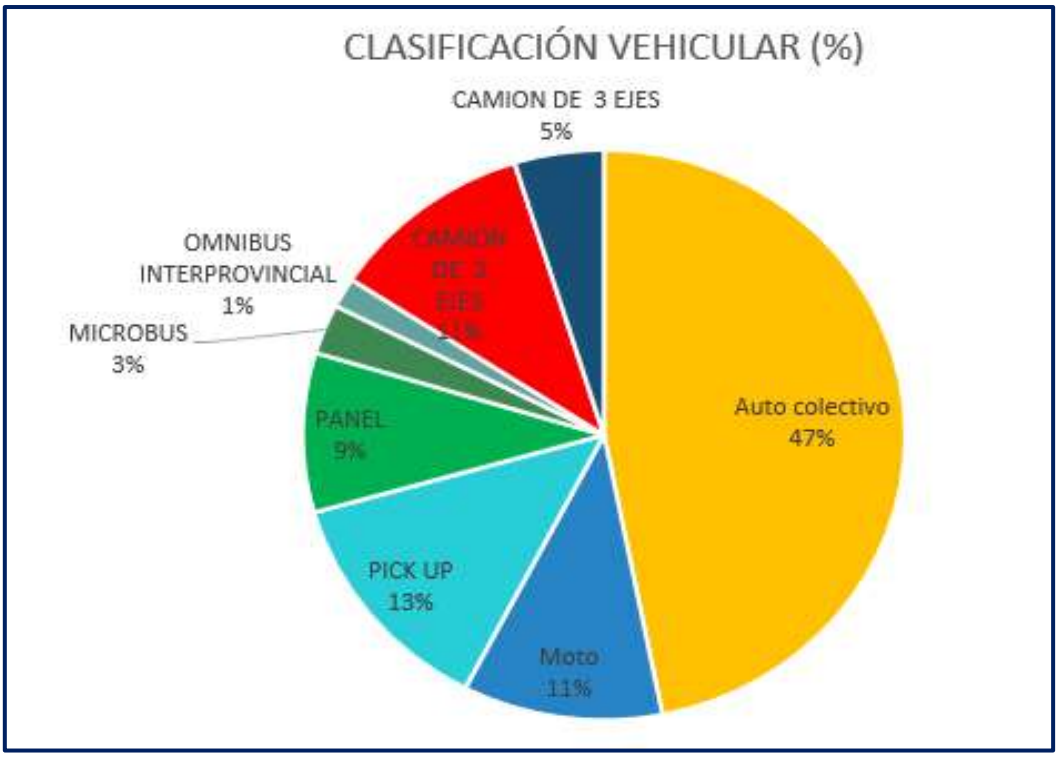



**Figura 15.** Clasificación vehicular en porcentajes. **Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 18.** Aforo vehicular- miércoles.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PUNTO DEL CONTROL: Puente La Mejorada | | | | | | SENTIDO: Un carril por 2 sentidos | | | |
| | UBICACIÓN: La Mejorada - Huancavelica | | | | | | FECHA: 25/11/2020 | | | |
| | DISTRITO: La Mejorada | | | | | | CLIMA: Cálido | | | |
| | SUPERVISOR: | | | | | | AFORADOR: De la Cruz Cueva Demecio | | | |
| HORA | SENTIDO | Auto | Moto lineal | Camioneta | Cumbi Rural | BUS | | CAMION | | |
| | | | | | | 2E | 3E | 2E | 3E | |
| DIAGRA. VEH. | | | | | | | | | | |
| FECHA | intervalo | Auto colectivo | Moto | PICK UP | PANEL | MICROBUS | OMNIBUS INTERPROVINCIAL | CAMION DE 2 EJES | CAMION DE 3 EJES | Total |
| 09:00 a 10:00 | n carril / 2 sentid | 23 | 11 | 10 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 50 |
| 10:00 a 11:00 | n carril / 2 sentid | 14 | 6 | 5 | 1 | 1 | 0 | 5 | 1 | 33 |
| 11:00 a 12:00 | n carril / 2 sentid | 6 | 0 | 4 | 3 | 1 | 0 | 4 | 0 | 18 |
| 12:00 a 01:00 | n carril / 2 sentid | 17 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 4 | 2 | 31 |
| 01:00 a 02:00 | n carril / 2 sentid | 15 | 2 | 4 | 4 | 1 | 0 | 2 | 3 | 31 |
| 02:00 a 03:00 | n carril / 2 sentid | 20 | 1 | 5 | 5 | 1 | 0 | 3 | 2 | 37 |
| 03:00 a 04:00 | n carril / 2 sentid | 24 | 3 | 3 | 6 | 1 | 2 | 4 | 2 | 45 |
| 04:00 a 05:00 | n carril / 2 sentid | 18 | 4 | 7 | 3 | 1 | 1 | 5 | 1 | 40 |
| 05:00 a 06:00 | n carril / 2 sentid | 12 | 2 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 33 |
| 06:00 a 07:00 | n carril / 2 sentid | 9 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 26 |
| Total | | 158 | 38 | 47 | 32 | 9 | 6 | 37 | 17 | 344 |

**Fuente**: Elaboración propia

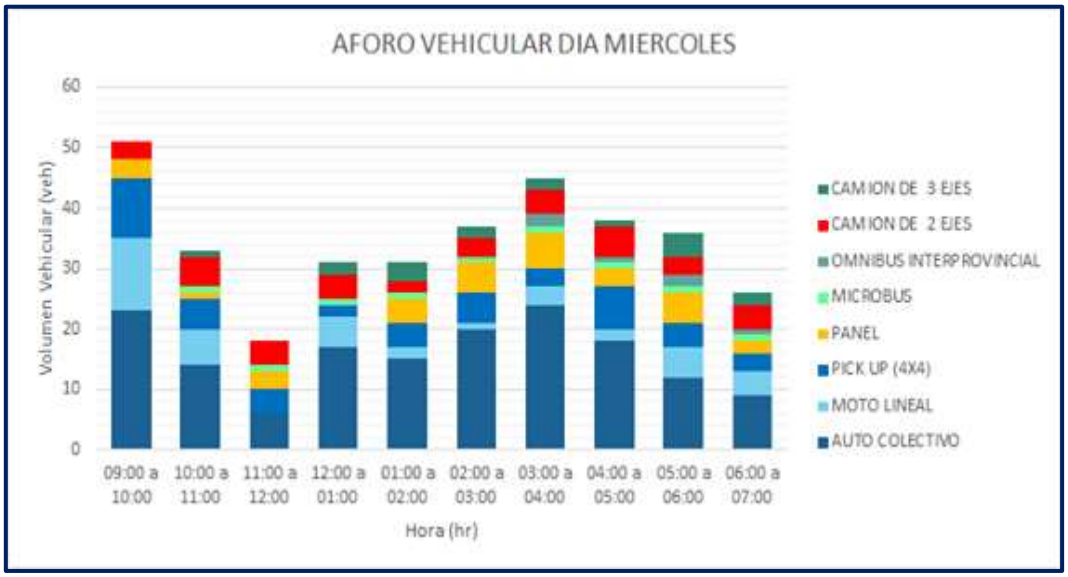



**Figura 16.** Volumen de tráfico vehicular. **Fuente**: Elaboración propia

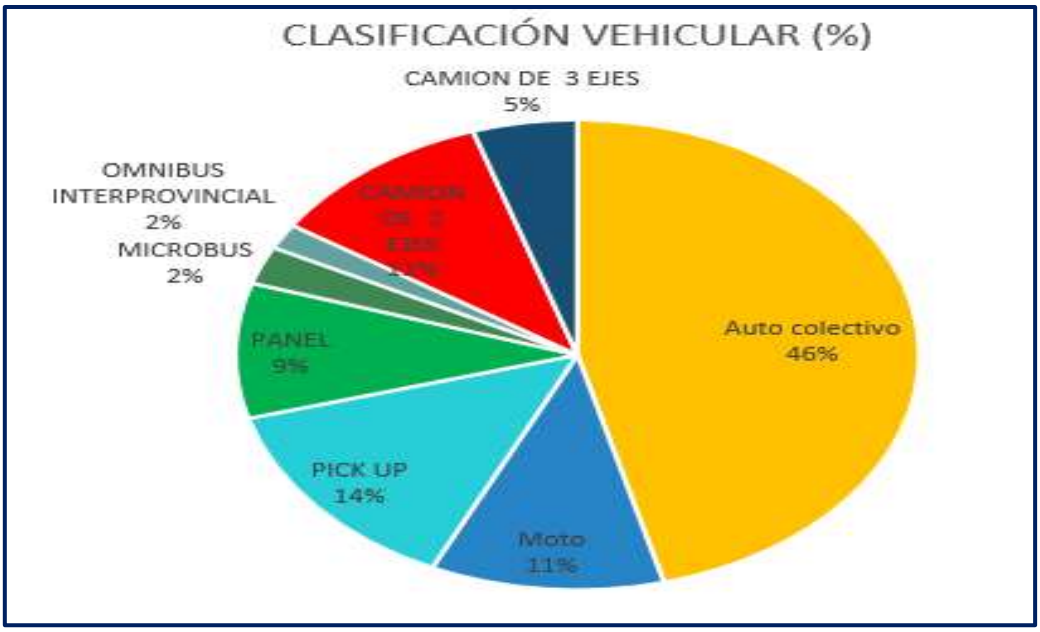



**Figura 17.** Clasificación vehicular en porcentajes. **Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 19.** Aforo vehicular- sábado.

**FORMATO DE AFORO VEHICULAR**

| | |
|---|---|
| PUNTO DEL CONTROL: Puente La Mejorada | SENTIDO: Un carril por 2 sentidos |
| UBICACIÓN: La Mejorada - Huancavelica | FECHA: 28/11/2020 |
| DISTRITO: La Mejorada | CLIMA: Cálido |
| SUPERVISOR: | AFORADOR: Saenz Paulino Isaac |

| HORA | SENTIDO | Auto | Moto lineal | Camioneta | Cumbi Rural | BUS 2E | BUS 3E | CAMION 2E | CAMION 3E | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DIAGRA. VEH. | | | | | | | | | | |
| FECHA | intervalo | AUTO COLECTIVO | MOTO LINEAL | PICK UP (4X4) | PANEL | MICROBUS | OMNIBUS INTERPROVINCIAL | CAMION DE 2 EJES | CAMION DE 3 EJES | Total |
| 09:00 a 10:00 | un carril / 2 sentido | 20 | 12 | 8 | 1 | 1 | 0 | 5 | 0 | 47 |
| 10:00 a 11:00 | un carril / 2 sentido | 14 | 6 | 5 | 2 | 0 | 0 | 5 | 3 | 35 |
| 11:00 a 12:00 | un carril / 2 sentido | 8 | 0 | 4 | 3 | 1 | 0 | 4 | 0 | 20 |
| 12:00 a 01:00 | un carril / 2 sentido | 15 | 5 | 7 | 5 | 0 | 0 | 4 | 2 | 38 |
| 01:00 a 02:00 | un carril / 2 sentido | 15 | 2 | 4 | 4 | 1 | 0 | 2 | 3 | 31 |
| 02:00 a 03:00 | un carril / 2 sentido | 20 | 1 | 3 | 5 | 1 | 0 | 3 | 3 | 36 |
| 03:00 a 04:00 | un carril / 2 sentido | 15 | 3 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 | 34 |
| 04:00 a 05:00 | un carril / 2 sentido | 19 | 2 | 7 | 4 | 1 | 1 | 5 | 2 | 41 |
| 05:00 a 06:00 | un carril / 2 sentido | 11 | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 32 |
| 06:00 a 07:00 | un carril / 2 sentido | 18 | 4 | 6 | 3 | 1 | 1 | 5 | 6 | 44 |
| Total | | 155 | 40 | 53 | 32 | 8 | 6 | 40 | 24 | 358 |

**Fuente**: Elaboración propia

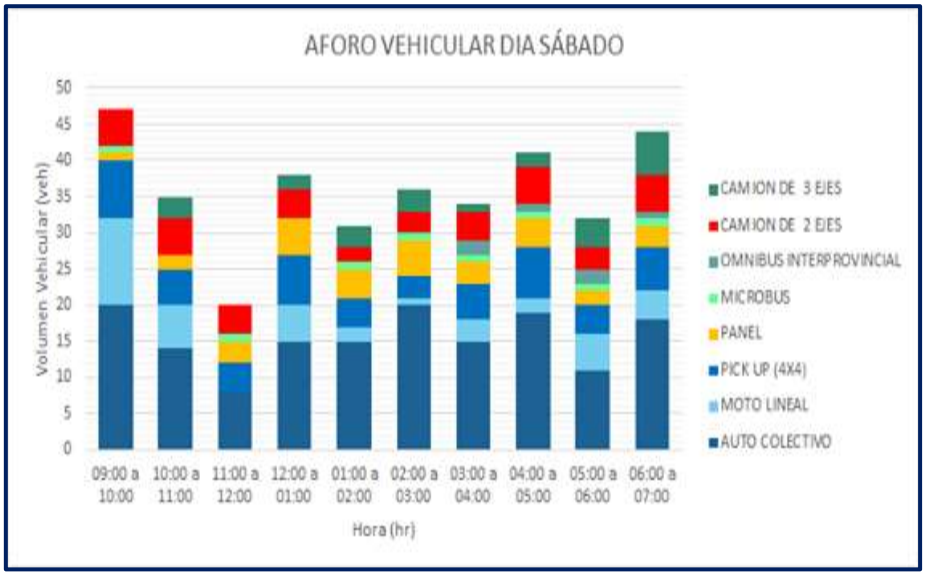



**Figura 18.** Volumen de tráfico vehicular. **Fuente**: Elaboración propia

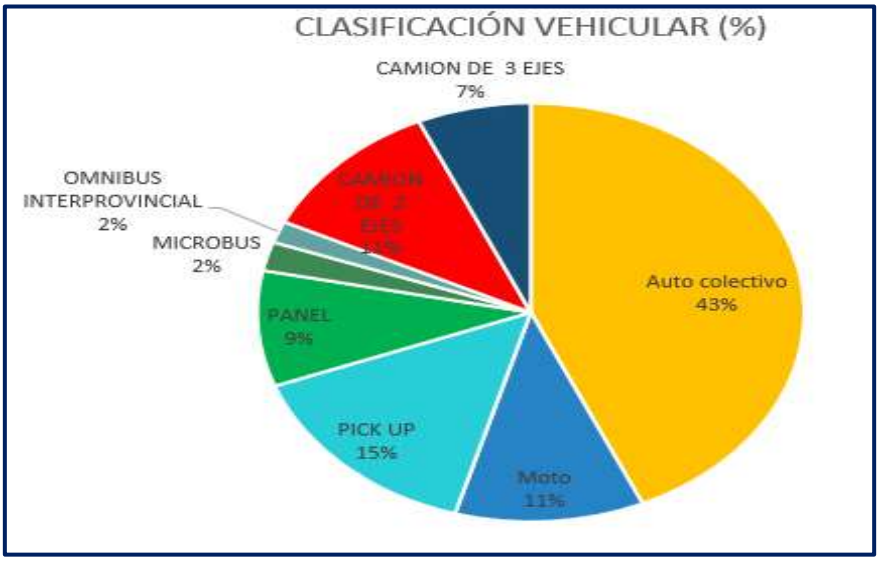



**Figura 19.** Clasificación vehicular en porcentajes. **Fuente**: Elaboración propia

### *8.5.1.2. Por su orografía*

El levantamiento del perfil topográfico de la zona en estudio se extrajo con el software Global Mapper y Google Earth.

El Plano de Topografía y Evaluación de la Vía Existente presenta el levantamiento topográfico correspondiente al tramo de diseño, donde se indican las pendientes transversales a la vía existente cada cierto tramo. De ellas, se escoge la que determina el

tipo de terreno en el que se encuentra la carretera, es decir, la pendiente transversal más crítica.

La figura 16 muestra la mayor pendiente transversal del terreno a lo largo de la carretera a diseñar. El valor es de 63.6% (correspondiente a la red vial nacional PE 3SM) el cual clasifica a la orografía como terreno accidentado.

**Figura 20**. Orografía existente. **Fuente**: propia

La siguiente figura 22, se aprecia el tramo de análisis perteneciente a los 5 km en cuestión.

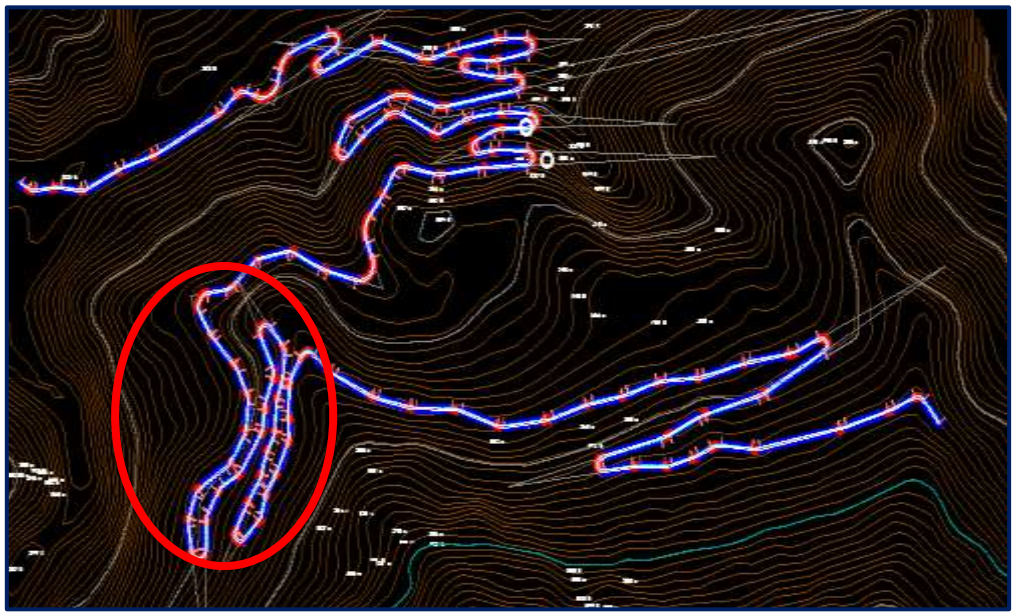


**Figura 21.** Plano topográfico Ruta: Emp. PE 3SM La Mejorada-Paucará. **Fuente**: propia

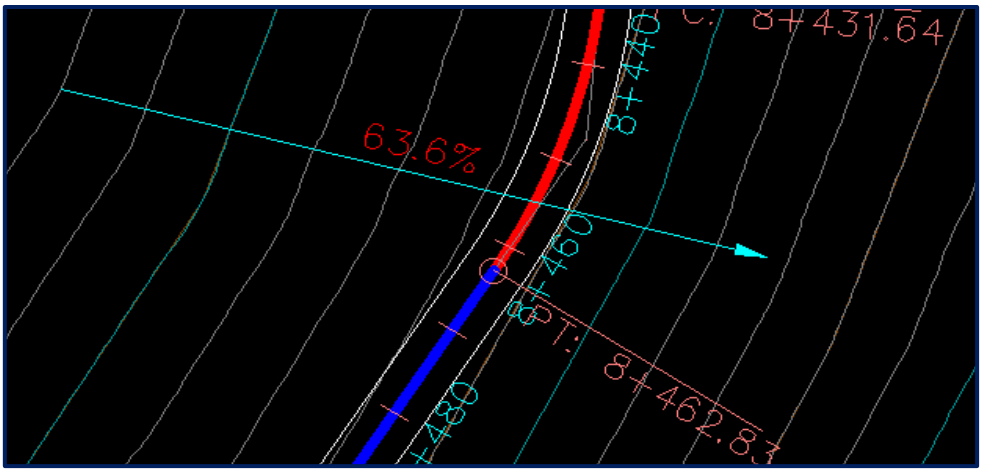



**Figura 22.** Pendiente transversal del terreno. **Fuente**: propia

### *8.5.2. Vehículo de diseño*

El vehículo de diseño se determina a partir del Aforo Vehicular (IMDA), de tal forma que adopte una geometría que garantice la seguridad y comodidad de circulación de los vehículos. Por lo dicho, en el presente proyecto, el vehículo de diseño "vehículo más grande" que transita por el tramo es un Bus Interprovincial 3E, cuya longitud máxima es de 14 metros de longitud (Ver figura 12 y 13).

**Figura 23**. vehículo de diseño. **Fuente:** Antezana

**Figura 24.** Vehículo de diseño ocupando el 90% de la calzada. **Fuente:** propia

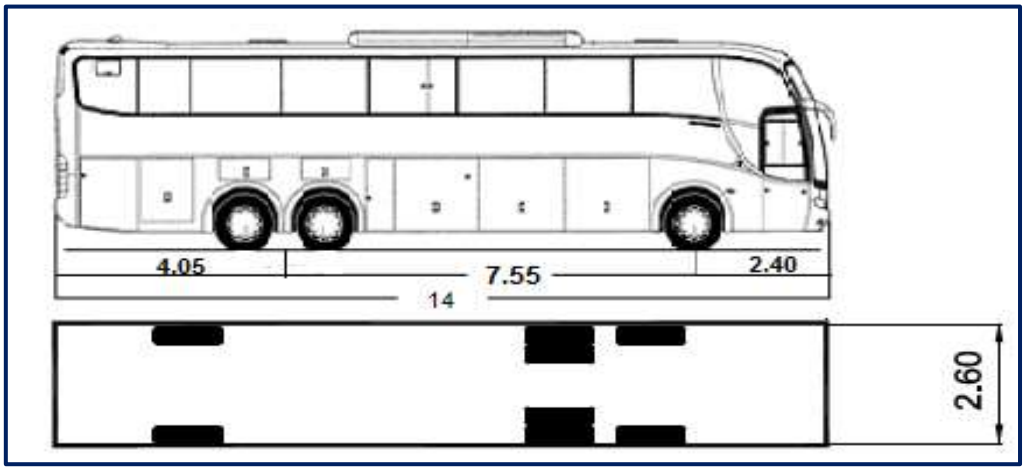



**Figura 25.** Dimensiones del vehículo de diseño.

### *8.5.3. Velocidad de diseño*

La velocidad de diseño se elige de acuerdo a la clasificación por demanda y orografía de la carretera a diseñar como lo indica el Manual DG-2018. La tabla 14 muestra el rango de velocidades para las distintas clases de carreteras. La carretera en estudio corresponde a una carretera de tercera clase según la clasificación de demanda y terreno accidentado acorde a la orografía. En tal sentido, la velocidad de diseño del presente proyecto se encuentra en el rango de 30km/h y 50km/h.

**Tabla 20.** 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 | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | |
| Autopista de segunda clase | Plano | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | |
| Carretera de primera clase | Plano | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | |
| Carretera de segunda clase | Plano | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | |
| Carretera de tercera clase | Plano | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | |

**Fuente:** DG 2018.

Se define entonces una velocidad de 30 Km/h (que se adapta al terreno debido a que las curvas son muy cerradas). Si optamos por una mayor velocidad de diseño, ello requiere de una mayor infraestructura que involucra mayores costos de inversión (muros de contención, mayor movimiento de tierra), lo que tendría que ser justificada a partir de la demanda. En base a la búsqueda de un buen balance de la oferta y la demanda, no es factible definir 40Km/h como la velocidad de diseño, debido a que la demanda actual no es lo suficientemente alta para ser justificable y sobre todo por la complejidad del terreno en cuestión.

### *8.5.4. Radio mínimo*

Definido la velocidad de diseño, se puede obtener el radio mínimo de curvatura a partir de los parámetros (V, Pmáx, fmáx) establecidos en el manual DG 2018.

$$R_{mín} = \frac{V^2}{127(\text{Pmáx} + \text{fmáx})}$$

V= 30 km/h

Pmáx = 12% = 0.12

fmáx= 0.17

$$R_{mín} = \frac{30^2}{127(0.12 + 0.17)} = 24.44m \equiv 25m$$

**Tabla 21.** Radio mínimo y peralte máximo.

| Ubicación de la vía | Velocidad de diseño | Þ máx. (%) | ƒ máx. | Radio calculado (m) | Radio redondeado (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| Área rural (accidentada o escarpada) | 30 | 12.00 | 0.17 | 24.4 | 25 |
| | 40 | 12.00 | 0.17 | 43.4 | 45 |
| | 50 | 12.00 | 0.16 | 70.3 | 70 |
| | 60 | 12.00 | 0.15 | 105.0 | 105 |
| | 70 | 12.00 | 0.14 | 148.4 | 150 |
| | 80 | 12.00 | 0.14 | 193.8 | 195 |
| | 90 | 12.00 | 0.13 | 255.1 | 255 |
| | 100 | 12.00 | 0.12 | 328.1 | 330 |
| | 110 | 12.00 | 0.11 | 414.2 | 415 |
| | 120 | 12.00 | 0.09 | 539.9 | 540 |
| | 130 | 12.00 | 0.08 | 665.4 | 665 |

**Fuente:** DG 2018.

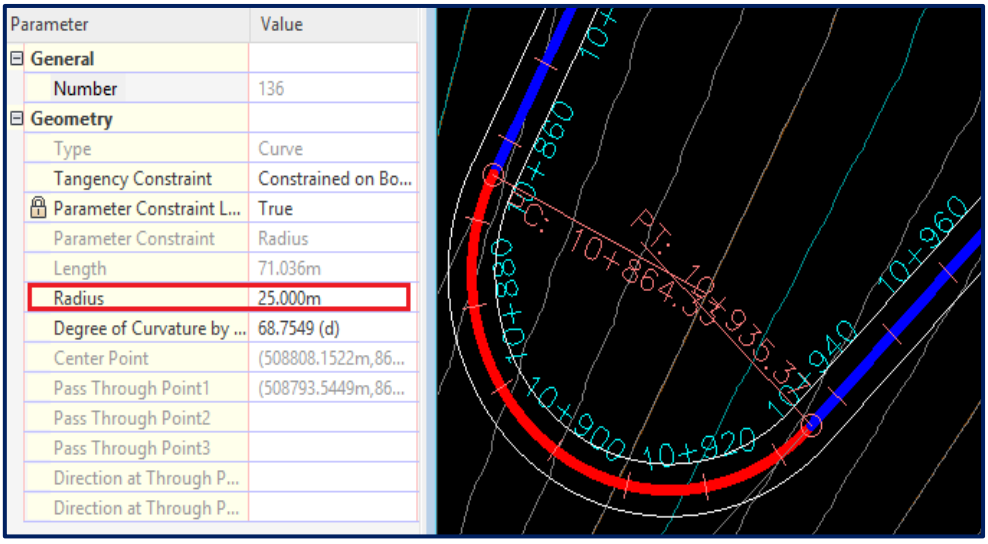



**Figura 26.** Curvatura de radio mínimo (25m). **Fuente:** elaboración propia

## 8.6. Diseño del alineamiento horizontal

El Plano de Planta y Perfil muestra el diseño geométrico horizontal que corresponde a una velocidad de diseño de 30 Kph.

### *8.6.1. Diseño de Radios Mayores al Mínimo*

Las curvas topográficas han sido ajustadas de forma que el trazo se aproxime a la geometría del terreno, para evitar generar grandes cantidades de corte o relleno. El diseño

de la vía presenta 36 curvas horizontales pertenecientes a los 5 km de análisis desde la curva C40 hasta C76 (Tabla 21), teniendo como mínimo curvaturas de 25 y curvaturas máximas de 230 metros radio respectivamente. La tabla 21 muestra los radios asignados a cada curva horizontal extraídos del civil 3D.

**Tabla 22.** Radio mínimo y peralte máximo.

| CURVA N° | RADIO (m) | | CURVA N° | RADIO (m) |
|---|---|---|---|---|
| C1 | 60 | | C51 | 47 |
| C2 | 170 | | C52 | 73 |
| C3 | 60 | | C53 | 33 |
| C4 | 220 | | C54 | 70 |
| C5 | 180 | | C55 | 60 |
| C6 | 120 | | C56 | 65 |
| C7 | 40 | | C57 | 65 |
| C8 | 75 | | C58 | 130 |
| C9 | 95 | | C59 | 60 |
| C10 | 28 | | C60 | 26 |
| C11 | 25 | | C61 | 40 |
| C12 | 50 | | C62 | 146 |
| C13 | 90 | | C63 | 115 |
| C14 | 320 | | C64 | 75 |
| C15 | 80 | | C65 | 135 |
| C16 | 25 | | C66 | 115 |
| C17 | 150 | | C67 | 320 |
| C18 | 25 | | C68 | 25 |
| C19 | 109 | | C69 | 60 |
| C20 | 27 | | C70 | 95 |
| C21 | 100 | | C71 | 186 |
| C22 | 136 | | C72 | 65 |
| C23 | 50 | | C73 | 236 |
| C24 | 30 | | C74 | 90 |
| C25 | 152 | | C75 | 35 |
| C26 | 60 | | C76 | 120 |
| C27 | 50 | | C77 | 145 |
| C28 | 105 | | C78 | 150 |
| C29 | 157 | | C79 | 120 |
| C30 | 25 | | C80 | 80 |
| C31 | 110 | | C81 | 200 |
| C32 | 25 | | C82 | 220 |
| C33 | 157 | | C83 | 220 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| C34 | 26 | C84 | 130 |
| C35 | 265 | C85 | 160 |
| C36 | 90 | C86 | 280 |
| C37 | 50 | C87 | 170 |
| C38 | 220 | C88 | 25 |
| C39 | 100 | C89 | 135 |
| C40 | 60 | C90 | 170 |
| C41 | 147 | C91 | 190 |
| C42 | 50 | C92 | 27 |
| C43 | 53 | C93 | 235 |
| C44 | 60 | C94 | 120 |
| C45 | 50 | C95 | 185 |
| C46 | 147 | C96 | 80 |
| C47 | 120 | C97 | 120 |
| C48 | 75 | C98 | 320 |
| C49 | 65 | C99 | 230 |
| C50 | 70 | C100 | 30 |

**Fuente:** Elaboración propia.

### *8.6.2. Distancia de visibilidad*

#### *8.6.2.1. Distancia de visibilidad de parada*

Para el diseño de la carretera con una velocidad de diseño de 30 km/h, se ha determinado que la distancia de visibilidad de parada es de 35m cuando la pendiente es de bajada con 9% de inclinación, por el contrario, cuando la pendiente sea en subida con 9% de inclinación la distancia de visibilidad de parada es de 29m.

**Tabla 23.** Distancia de visibilidad de parada de diseño.

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

**Fuente:** DG 2018.

*8.6.2.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento*

Establecida la velocidad de diseño de la carretera, se ha determinado que la distancia de visibilidad de adelantamiento es de 100-110m, según se puede observar en la figura 27 y utilizando el ábaco de la figura 28.

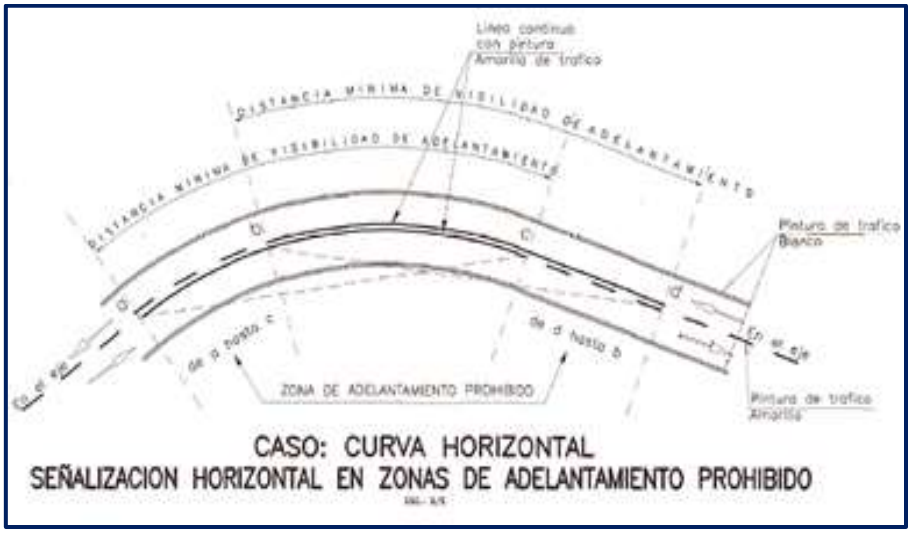



**Figura 27**. Líneas de visibilidad de adelantamiento en curva horizontal. **Fuente.** Expediente Técnico definitivo Huancavelica-Lircay.

La siguiente figura 28, presenta una relación entre radio curva horizontal y distancia de visibilidad. Por ejemplo, para un radio de 100m corresponde una distancia de visibilidad de 120m

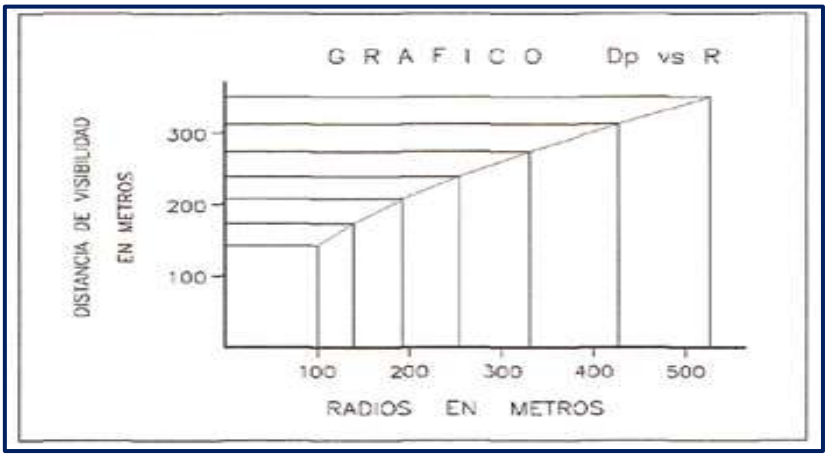



**Figura 28**. Abaco radio curva horizontal VS distancia de visibilidad. **Fuente.** Expediente Técnico definitivo Huancavelica-Lircay.

## *8.6.3. Longitud de tramos en tangente*

De acuerdo al manual DG 2018 y a la velocidad de diseño establecida, la tabla 24 muestra las longitudes mínimas y máximas admisibles de los tramos en tangente.

**Tabla 24.** longitud de tramos en tangente.

| V (km/h) | L mín.s (m) | L mín.o (m) | L máx (m) |
|---|---|---|---|
| 30 | 42 | 84 | 500 |
| 40 | 56 | 111 | 668 |
| 50 | 69 | 139 | 835 |
| 60 | 83 | 167 | 1002 |
| 70 | 97 | 194 | 1169 |
| 80 | 111 | 222 | 1336 |
| 90 | 125 | 250 | 1503 |
| 100 | 139 | 278 | 1670 |
| 110 | 153 | 306 | 1837 |
| 120 | 167 | 333 | 2004 |
| 130 | 180 | 362 | 2171 |

Dónde:

L mín. S: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

L mín. 0: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

L máx.: Longitud máxima deseable (m).

V: Velocidad de diseño (km/h)

La siguiente tabla 25 representa las longitudes de tramos en tangente que cumplen las longitudes mínimas correspondiente a los 5 km de análisis (42m en tramos entre curvas en S y 84m en tramos entre curvas en O) para cada tipo de curva establecida en el diseño de la carretera. El trazo establecido se ajusta a la carretera existente.

**Tabla 25.** Longitud de tramos en tangente correspondientes al diseño extraídos del Civil 3D.

| TRAMO EN TANGENTE | CURVA N° | TIPO DE CURVA | LONGITUD (m) | SENTIDO | VERIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|
| **L1** | **C1** | S | ´´´´´´´´ | I | |
| **L2** | **C2** | S | 73 | D | CUMPLE |
| **L3** | **C3** | S | 86 | I | CUMPLE |
| **L4** | **C4** | S | 148 | D | CUMPLE |
| **L5** | **C5** | S | 133 | I | CUMPLE |
| **L6** | **C6** | O | 295 | I | CUMPLE |
| **L7** | **C7** | S | 72 | D | CUMPLE |
| **L8** | **C8** | S | 42 | I | CUMPLE |
| **L9** | **C9** | S | 45 | D | CUMPLE |
| **L10** | **C10** | O | 170 | D | CUMPLE |
| **L11** | **C11** | S | 90 | I | CUMPLE |
| **L12** | **C12** | S | 248 | D | CUMPLE |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **L13** | **C13** | S | 177 | I | CUMPLE |
| **L14** | **C14** | S | 75 | D | CUMPLE |
| **L15** | **C15** | O | 170 | D | CUMPLE |
| **L16** | **C16** | O | 97 | D | CUMPLE |
| **L17** | **C17** | O | 137 | D | CUMPLE |
| **L18** | **C18** | S | 88 | I | CUMPLE |
| **L19** | **C19** | O | 139 | I | CUMPLE |
| **L20** | **C20** | S | 44 | D | CUMPLE |
| **L21** | **C21** | O | 318 | D | CUMPLE |
| **L22** | **C22** | S | 121 | I | CUMPLE |
| **L23** | **C23** | O | 173 | I | CUMPLE |
| **L24** | **C24** | O | 91 | I | CUMPLE |
| **L25** | **C25** | S | 84 | D | CUMPLE |
| **L26** | **C26** | O | 115 | D | CUMPLE |
| **L27** | **C27** | S | 152 | I | CUMPLE |
| **L28** | **C28** | S | 111 | D | CUMPLE |
| **L29** | **C29** | O | 128 | D | CUMPLE |
| **L30** | **C30** | O | 100 | D | CUMPLE |
| **L31** | **C31** | S | 122 | I | CUMPLE |
| **L32** | **C32** | O | 86 | I | CUMPLE |
| **L33** | **C33** | S | 57 | D | CUMPLE |
| **L34** | **C34** | O | 126 | D | CUMPLE |
| **L35** | **C35** | S | 188 | I | CUMPLE |
| **L36** | **C36** | S | 166 | D | CUMPLE |
| **L37** | **C37** | S | 129 | I | CUMPLE |
| **L38** | **C38** | S | 86 | D | CUMPLE |
| **L39** | **C39** | S | 64 | I | CUMPLE |
| **L40** | **C40** | S | 59 | D | CUMPLE |
| **L41** | **C41** | O | 133 | D | CUMPLE |
| **L42** | **C42** | S | 130 | I | CUMPLE |
| **L43** | **C43** | O | 125 | I | CUMPLE |
| **L44** | **C44** | S | 118 | D | CUMPLE |
| **L45** | **C45** | S | 82 | I | CUMPLE |
| **L46** | **C46** | O | 90 | I | CUMPLE |
| **L47** | **C47** | S | 117 | D | CUMPLE |
| **L48** | **C48** | O | 84 | D | CUMPLE |
| **L49** | **C49** | O | 91 | D | CUMPLE |
| **L50** | **C50** | O | 108 | D | CUMPLE |
| **L51** | **C51** | S | 143 | I | CUMPLE |
| **L52** | **C52** | O | 84 | I | CUMPLE |
| **L53** | **C53** | O | 90 | I | CUMPLE |
| **L54** | **C54** | S | 100 | D | CUMPLE |
| **L55** | **C55** | O | 88 | D | CUMPLE |
| **L56** | **C56** | S | 73 | I | CUMPLE |
| **L57** | **C57** | O | 155 | I | CUMPLE |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **L58** | **C58** | S | 57 | D | CUMPLE |
| **L59** | **C59** | S | 80 | I | CUMPLE |
| **L60** | **C60** | S | 128 | D | CUMPLE |
| **L61** | **C61** | O | 88 | D | CUMPLE |
| **L62** | **C62** | O | 86 | D | CUMPLE |
| **L63** | **C63** | S | 47 | I | CUMPLE |
| **L64** | **C64** | S | 90 | D | CUMPLE |
| **L65** | **C65** | S | 45 | I | CUMPLE |
| **L66** | **C66** | S | 61 | D | CUMPLE |
| **L67** | **C67** | S | 86 | I | CUMPLE |
| **L68** | **C68** | O | 89 | I | CUMPLE |
| **L69** | **C69** | O | 89 | I | CUMPLE |
| **L70** | **C70** | S | 68 | D | CUMPLE |
| **L71** | **C71** | S | 60 | I | CUMPLE |
| **L72** | **C72** | O | 99 | I | CUMPLE |
| **L73** | **C73** | S | 54 | D | CUMPLE |
| **L74** | **C74** | 0 | 88 | D | CUMPLE |
| **L75** | **C75** | 0 | 83 | D | CUMPLE |
| **L76** | **C76** | S | 89 | I | CUMPLE |
| **L77** | **C77** | O | 175 | I | CUMPLE |
| **L78** | **C78** | O | 144 | I | CUMPLE |
| **L79** | **C79** | S | 156 | D | CUMPLE |
| **L80** | **C80** | S | 164 | I | CUMPLE |
| **L81** | **C81** | O | 178 | D | CUMPLE |
| **L82** | **C82** | S | 151 | D | CUMPLE |
| **L83** | **C83** | S | 130 | I | CUMPLE |
| **L84** | **C84** | S | 135 | D | CUMPLE |
| **L85** | **C85** | S | 141 | I | CUMPLE |
| **L86** | **C86** | S | 181 | D | CUMPLE |
| **L87** | **C87** | S | 168 | I | CUMPLE |
| **L88** | **C88** | S | 98 | D | CUMPLE |
| **L89** | **C89** | O | 299 | D | CUMPLE |
| **L90** | **C90** | S | 240 | I | CUMPLE |
| **L91** | **C91** | S | 146 | D | CUMPLE |
| **L92** | **C92** | S | 271 | I | CUMPLE |
| **L93** | **C93** | S | 126 | D | CUMPLE |
| **L94** | **C94** | S | 106 | I | CUMPLE |
| **L95** | **C95** | O | 91 | D | CUMPLE |
| **L96** | **C96** | S | 62 | D | CUMPLE |
| **L97** | **C97** | S | 136 | I | CUMPLE |
| **L98** | **C98** | O | 358 | I | CUMPLE |
| **L99** | **C99** | O | 192 | I | CUMPLE |
| **L100** | **C100** | S | 197 | D | CUMPLE |

**Fuente:** Elaboración propia

### *8.6.4. Sobreancho*

Parámetros a tener en cuenta:

- Número de carriles (n): 2
- Vehículo de diseño: ómnibus interprovincial 3 ejes B3-1
- Distancia entre eje posterior y parte frontal del vehículo de diseño (L): 9.95m
- Velocidad de diseño (V): 30 Km/h

Utilizando la siguiente formula:

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

la siguiente tabla 26 muestra los cálculos de Sobreancho pertenecientes a cada curva del diseño geométrico propuesto perteneciente a los 5km de análisis, donde se observa las dimensiones a incrementar desde 0.5-5m que serán utilizados en el modelamiento del diseño geométrico

**Tabla 26.** Sobreancho en curvas.

| CURVA N° | RADIO (m) | SOBREANCHO (m) | CURVA N° | RADIO (m) | SOBREANCHO (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **C1** | 60 | 2.049 | **C51** | 47 | 2.568 |
| **C2** | 170 | 0.813 | **C52** | 73 | 1.714 |
| **C3** | 60 | 2.049 | **C53** | 33 | 3.594 |
| **C4** | 220 | 0.653 | **C54** | 70 | 1.78 |
| **C5** | 180 | 0.774 | **C55** | 60 | 2.049 |
| **C6** | 120 | 1.1 | **C56** | 65 | 1.904 |
| **C7** | 40 | 2.989 | **C57** | 65 | 1.904 |
| **C8** | 75 | 1.672 | **C58** | 130 | 1.026 |
| **C9** | 95 | 1.353 | **C59** | 60 | 2.049 |
| **C10** | 28 | 4.222 | **C60** | 26 | 4.547 |
| **C11** | 25 | 4.731 | **C61** | 40 | 2.989 |
| **C12** | 50 | 2.424 | **C62** | 146 | 0.927 |
| **C13** | 90 | 1.42 | **C63** | 115 | 1.142 |
| **C14** | 320 | 0.477 | **C64** | 75 | 1.672 |
| **C15** | 80 | 1.578 | **C65** | 135 | 0.993 |
| **C16** | 25 | 4.731 | **C66** | 115 | 1.142 |
| **C17** | 150 | 0.906 | **C67** | 320 | 0.477 |
| **C18** | 25 | 4.731 | **C68** | 25 | 4.731 |
| **C19** | 109 | 1.198 | **C69** | 60 | 2.049 |
| **C20** | 27 | 4.378 | **C70** | 95 | 1.353 |
| **C21** | 100 | 1.292 | **C71** | 186 | 0.753 |
| **C22** | 136 | 0.986 | **C72** | 65 | 1.904 |
| **C23** | 50 | 2.424 | **C73** | 236 | 0.615 |
| **C24** | 30 | 3.944 | **C74** | 90 | 1.42 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **C25** | 152 | 0.895 | **C75** | 35 | 3.395 |
| **C26** | 60 | 2.049 | **C76** | 120 | 1.1 |
| **C27** | 50 | 2.424 | **C77** | 145 | 0.933 |
| **C28** | 105 | 1.238 | **C78** | 150 | 0.906 |
| **C29** | 157 | 0.871 | **C79** | 120 | 1.1 |
| **C30** | 25 | 4.731 | **C80** | 80 | 1.578 |
| **C31** | 110 | 1.188 | **C81** | 200 | 0.707 |
| **C32** | 25 | 4.731 | **C82** | 220 | 0.653 |
| **C33** | 157 | 0.871 | **C83** | 220 | 0.653 |
| **C34** | 26 | 4.547 | **C84** | 130 | 1.026 |
| **C35** | 265 | 0.558 | **C85** | 160 | 0.857 |
| **C36** | 90 | 1.42 | **C86** | 280 | 0.533 |
| **C37** | 50 | 2.424 | **C87** | 170 | 0.813 |
| **C38** | 220 | 0.653 | **C88** | 25 | 4.731 |
| **C39** | 100 | 1.292 | **C89** | 135 | 0.993 |
| **C40** | 60 | 2.049 | **C90** | 170 | 0.813 |
| **C41** | 147 | 0.922 | **C91** | 190 | 0.739 |
| **C42** | 50 | 2.424 | **C92** | 27 | 4.378 |
| **C43** | 53 | 2.297 | **C93** | 235 | 0.617 |
| **C44** | 60 | 2.049 | **C94** | 120 | 1.1 |
| **C45** | 50 | 2.424 | **C95** | 185 | 0.756 |
| **C46** | 147 | 0.922 | **C96** | 80 | 1.578 |
| **C47** | 120 | 1.1 | **C97** | 120 | 1.1 |
| **C48** | 75 | 1.672 | **C98** | 320 | 0.477 |
| **C49** | 65 | 1.904 | **C99** | 230 | 0.628 |
| **C50** | 70 | 1.78 | **C100** | 30 | 3.944 |

**Fuente:** Elaboración propia.

Las siguientes figuras muestran los sobreanchos aplicados en el modelamiento de la carretera, en las curvas 53 y 88 con sobreanchos de 3.5m y 4.7m respectivamente.

**Figura 29.** Sobreancho en curva 53. **Fuente:** elaboración propia.

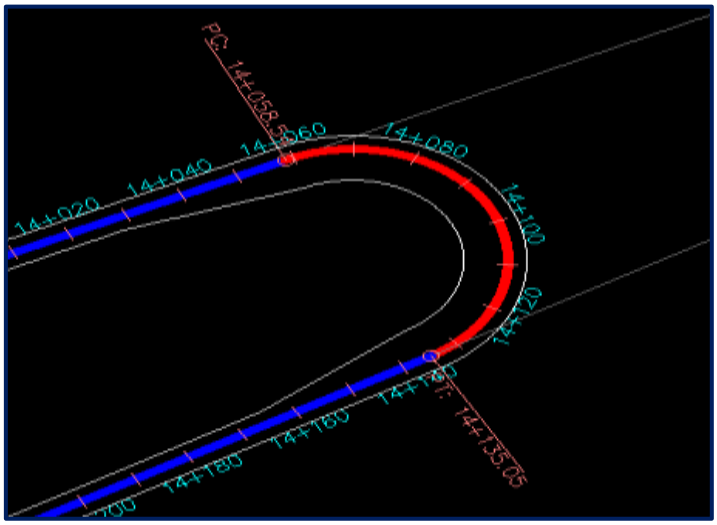



**Figura 30.** Sobreancho en curva 88. **Fuente:** elaboración propia

## 8.7. Diseño del alineamiento vertical

El perfil de la carretera ha sido diseñado de modo que la rasante se adapte en lo posible al terreno. El diseño geométrico correspondiente tiene una velocidad de diseño de 30 k/h.

### *8.7.1. Pendiente mínima y máxima*

Se ha tomado como pendiente óptima al bombeo de la calzada de 0.5% (debido a la existencia de bermas a ambos lados de la calzada), para asegurar un drenaje estable de las aguas superficiales. Para una carretera de tercera clase la pendiente máxima permisible es de 10%, de modo que la carretera diseñada se ubica en una zona de altitud superior a los 3000 msnm con un terreno accidentado, la pendiente máxima se ha reducido en 1%.

## 8.8. Diseño del alineamiento transversal

En el plano de sección transversal muestra el diseño transversal de la carretera en un tramo recto, teniendo en cuenta las características como la jerarquía vial, la velocidad del proyecto, condiciones del suelo y seguridad vial. La superficie de rodadura es el elemento de mayor importancia, cuyas dimensiones establecidas deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto. Además, comprende el dimensionamiento de las bermas, cunetas, taludes de corte y relleno y el derecho de vía.

### *8.8.1. Calzada*

El ancho de calzada designado es de 6m. Al tratarse de una plataforma de calzada única, con un carril por sentido, el ancho de cada uno de estos es de 3 m.

**Tabla 27.** Anchos mínimos de calzada.

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

**Fuente:** DG 2018.

Por otro lado, el drenaje de las aguas superficiales provenientes de las lluvias sobre la superficie de rodadura, se define una inclinación transversal mínima para su respectiva evacuación. Al depender de la superficie de rodadura y de los niveles de precipitación pluvial en la zona, el bombeo recomendado para el proyecto es de 2.5%.

**Tabla 28.** Valores de bombeo de la calzada.

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

**Fuente:** DG 2018.

### *8.8.2. Bermas*

Se ha establecido el ancho mínimo de las bermas a lo largo de la carretera en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía., siendo la velocidad de diseño de 30 Km/h, el ancho establecido es de 0.50 m.

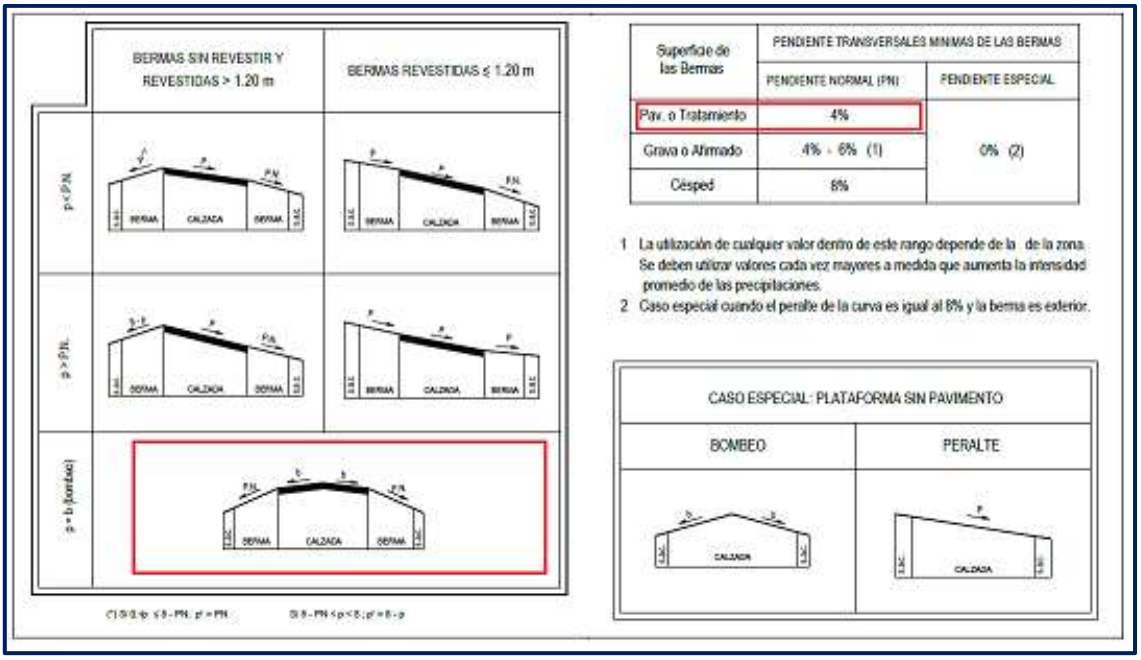
**Tabla 29.** Ancho de berma.

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

**Fuente:** DG 2018.

Con fines de economizar el proyecto y sea menos costoso, se ha establecido que las bermas estarán constituidas a nivel de afirmado con una inclinación de 4%.

**Tabla 30.** Pendiente transversal de bermas.




**Fuente:** DG 2018.

### *8.8.3. Derecho de vía*

Es el espacio de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento y zonas de seguridad para el usuario. Teniendo en

consideración la instalación de los dispositivos auxiliares y obras básicas requeridas para el funcionamiento de la vía (DG,2018). Por lo tanto, al tratarse de una carretera de tercera clase, se establece un derecho de vía de 16m.

**Tabla 31.** Anchos mínimos de derecho de vía.

| Clasificación | Anchos mínimos (m) |
|---|---|
| Autopistas Primera Clase | 40 |
| Autopistas Segunda Clase | 30 |
| Carretera Primera Clase | 25 |
| Carretera Segunda Clase | 20 |
| Carretera Tercera Clase | 16 |

**Fuente:** DG 2018.

### *8.8.4. Taludes*

Para definir los taludes de corte y relleno, ya sea en material suelto o roca, a lo largo de la carretera, es necesario tomar en cuenta las características y recomendaciones que brinda el estudio geológico y geotécnico previo. Por lo tanto, la carretera en estudio está constituido con un material gravoso, por lo cual, los taludes de corte están en una relación de 1:1.

**Tabla 32.** Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V).

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

**Fuente:** DG 2018.

En la siguiente figura de aprecia un talud con altura entre 5-10m presente en el tramo de estudio.

**Figura 31**. Presencia de talud en la vía de estudio. **Fuente**. propia

## 9. DISEÑO DE PAVIMENTO

### 9.1. Características generales del aforo

Consideraciones generales del aforo vehicular en la estación 1 (E-1):

- El aforo vehicular se realizó los 3 días de la semana (martes, miércoles y sábado), durante 8 horas del día (09:00 am hasta 06:00pm).
- El intervalo de tiempo del aforo vehicular fue de 1 hora, debido al bajo volumen tránsito vehicular.
- La estación o punto de aforo se ubicó justo en la entrada a la ruta EMP 3S La Mejorada-Panucara.
- Se elaboró los formatos de aforo sugerido por el MTC el cual contempla la información correspondiente de la hora, fecha, tipo de vehículo por ejes.

### 9.2. Cálculo de Índice Promedio Diario Anual (IMD)

El volumen de tráfico del Índice Medio Diario (IMD) de la carretera en estudio corresponde a la siguiente formula:

$$\mathrm{IMD} = \mathrm{IMDs} * \mathrm{FCm}$$

$$\mathrm{IMDs} = \left[\frac{(\sum \mathrm{Vl} + \mathrm{Vs} + \mathrm{Vd})}{7}\right]$$

Donde:

IMDs: Volumen clasificado promedio de la semana.
Vl: Volumen clasificado día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes).
Vnl: Volumen clasificado día no laborables (días sábado (Vs), domingo (Vd).
FCm: Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

EL aforo vehicular en el tramo en estudio se realizó por 3 días (martes, miércoles y sábado), los cuales, para el cálculo de IMDs no son suficientes, pero en base a un criterio de promedio del volumen de tráfico vehicular se pudo asumir que, el aforo vehicular del día martes sería aproximadamente al día lunes, mientras el aforo del día miércoles representaría el aforo de los días laborales restantes y el aforo del día sábado al día domingo respectivamente.
Entonces:

$$\text{IMDs} = \left[\frac{2(\text{IMD martes})(1.2) + 3(\text{IMDmiercoles})(1.2) + 2(\text{IMDsábado})(1.3)}{7}\right]$$

Donde:
IMD martes: Índice Medio Diario del día martes
IMD miércoles: Índice Medio Diario del día miércoles
IMD sábado: Índice Medio Diario del día sábado

### 9.3. Obtención de los factores de corrección mensual (FCm)

El factor de corrección mensual o estacional, fue determinado a partir de una serie de registro de tráfico anual por una unidad de peaje, con el propósito de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico a causa de factores recreacionales, climatológicas, las épocas de cosecha, las festividades, las vacaciones escolares, viajes diversos, entre otros, que se producen durante el año.

Para el cálculo del factor de corrección mensual (FCm), la información se obtuvo del documento de Provias Nacional - FICHA TÉCNICA ESTÁNDAR PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN CARRETERAS INTERURBANAS del MTC periodo 2010 hasta 2016, de la estación de peaje ubicado en la carretera Mariscal Castilla, Huancayo-Huancavelica, siendo este el más cercano a la vía en estudio (Ver figura 30).

**Figura 32.** Registro de flujo vehicular en la Unidad de Peaje Chacapampa-de la carretera Huancayo-Huancavelica (Ruta 3S)

$$\text{FCm} = \frac{\text{IMD anual}}{\text{IMD del mes del Estudio dela Unidad Peaje}}$$

Donde:
FCm: factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo

IMD: Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje.

IMD mes del Estudio: Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje.

La tabla 33, muestra el factor de corrección mensual (FCm), y se asume el mismo Factor y Corrección para ambos sentidos.

**Tabla 33.** Factor de corrección del mes de noviembre-Promedio de años 2010-2016

| PUNTO DE CONTROL | UNIDAD DE PEAJE | CÓDIGO | MES | F.C VEH. LIGEROS | F.C VEH PESADO |
|---|---|---|---|---|---|
| LA MEJORADA-PAUCARA | CHACAPAMPA | E1 | Promedio Noviembre 2010-2016 | 1.0968 | 0.9523 |

**Fuente:** Ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas (MTC, 2017).

La tabla 34, representa la estimación de Índice Medio diario anual (IMDa) para el cálculo de Ejes Equivalentes de Carga (ESAL).

**Tabla 34.** Cálculo de Índice Medio Diario Anual (IMDa) del Tramo en Estudio.

| | Vehiculos Ligeros | | | | Vehiculos Pesados | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Auto | Moto lineal | Camioneta | Cumbi Rural | BUS | | CAMION | | Total |
| | | | | | 2E | 3E | 2E | 3E | |
| Día | Auto colectivo | Moto | PICK UP | PANEL | MICROBUS | OMNIBUS INTERPROVINCIAL | CAMION DE 2 EJES | CAMION DE 3 EJES | |
| L-M | 99 | 21 | 46 | 26 | 3 | 6 | 28 | 17 | 246 |
| M-J-V | 102 | 24 | 47 | 26 | 2 | 6 | 28 | 14 | 249 |
| S-D | 111 | 12 | 49 | 29 | 2 | 6 | 22 | 24 | 255 |
| $IMDs = \left[\frac{2(IMD\ martes)(1.2) + 3(IMDmiercoles)(1.2) + 2(IMDsábado)(1.3)}{7}\right]$ | | | | | | | | | |
| IMDs | 128 | 24 | 59 | 34 | 3 | 8 | 33 | 22 | 311 |
| | 245 | | | | 66 | | | | 311 |
| FCm | 1.0968 | | | | 0.9523 | | | | |
| IMD | 141 | 27 | 65 | 38 | 3 | 8 | 32 | 21 | 335 |
| Total IMD | 271 | | | | 64 | | | | 335 |

**Fuente:** Elaboración propia.

### 9.4. Cálculo de los valores de ejes equivalentes de carga (ESAL)

Para determinar la cantidad aproximada de la carga equivalentes a 8.2 ton (18 000 lbs) que circulará durante la vida útil del pavimento, se emplea la siguiente ecuación dado por AASHTO.

$$W_{18} = \sum EEi * Fca * 365$$

Donde:

$W_{18}$: Número acumulado de ejes simples equivalentes a 8.2 ton para el periodo de diseño.

EEi: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño, se determinar con la siguiente fórmula.

$$EEi = IMDi * Fd * Fc * Fvp * Fp$$

Donde:

IMDi: Índice medio diario anualizado por tipo de vehículo pesado (conteo).

Fd: Factor de distribución direccional.

Fc: Factor de distribución por carril.

Fvp: Factor vehículo pesado.

Fp: Factor de presión de inflado.

Finalmente, Fca: Factor de crecimiento acumulado, viene dada por la siguiente ecuación.

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

Donde;

- r: Tasa anual de crecimiento de tráfico
- n: Periodo de diseño.
-

A continuación, se detallan datos para el cálculo de ESAL:

- ✓ **Tasa de crecimiento anual de tráfico (r):** 2.33%, se obtuve de ficha técnica de estándar para carreteras en el sector de transporte-MTC (Ver figura 33).

**Tabla 35.** Tasa de crecimiento de vehículos pesados PBI, (MTC, 2017).

| Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados | |
|---|---|
| | PBI |
| Amazonas | 3.42% |
| Ancash | 1.05% |
| Apurímac | 6.65% |
| Arequipa. | 3.37% |
| Ayacucho | 3.60% |
| Cajamarca. | 1.29% |
| Cusco. | 4.43% |
| Huancavelica. | 2.33% |
| Huánuco. | 3.85% |
| Ica. | 3.54% |
| Junín. | 3.90% |
| La Libertad | 2.83% |

- ✓ **Presión de contacto (Fp):** 80 psi
- ✓ **Periodo de diseño (n):** 10 años

**IMDa:** para cada tipo de vehículo pesado (Ver tabla 36)

**Tabla 36.** Indice Medio Diario Anual (IMDa).

| Tipo de Vehículo | IMDa |
|---|---|
| C2 | 46 |
| C3 | 23 |
| B2 | 12 |
| B3-1 | 8 |

La carretera tendrá una calzada y un carril por sentido.

## 9.5. Cálculo de factor de distribución direccional y carril

**Tabla 37.** Factores de distribución de dirección y carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado FdxFc para carril de diseño |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 calzada (para IMDa total de la calzada) | 1 sentido | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 1 sentido | 2 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| | 1 sentido | 3 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| | 1 sentido | 4 | 1.00 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 calzadas con separador central (Para IMDa total de las dos calazadas) | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentido | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentido | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

**Fuente:** Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993

De la tabla anterior, se obtuvo el factor direccional y Factor de carril; 0.50 y 1.00 respectivamente.

## 9.6. Cálculo de factor de presión de inflado

**Tabla 38.** Factores de ajuste por presión de neumático (Fp) para ejes equivalentes (EE).

| **Espesor de capa de rodadura (mm)** | **Presión de Contacto con el Neumático (PCN) en PSI PCN = 0.90*(Presión de inflado del neumático) (pai)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| **50** | 1.00 | 1.30 | 1.80 | 2.13 | 2.91 | 3.59 | 4.37 |
| **60** | 1.00 | 1.33 | 1.72 | 2.18 | 2.69 | 3.27 | 3.92 |
| **70** | 1.00 | 1.30 | 1.65 | 2.05 | 2.49 | 2.99 | 3.53 |
| **80** | 1.00 | 1.28 | 1.59 | 1.94 | 2.32 | 2.74 | 3.20 |
| **90** | 1.00 | 1.25 | 1.53 | 1.84 | 2.17 | 2.52 | 2.91 |
| **100** | 1.00 | 1.23 | 1.48 | 1.75 | 2.04 | 2.35 | 2.68 |
| **110** | 1.00 | 1.21 | 1.43 | 1.66 | 1.91 | 2.17 | 2.44 |
| **120** | 1.00 | 1.19 | 1.38 | 1.59 | 1.80 | 2.02 | 2.25 |
| **130** | 1.00 | 1.17 | 1.34 | 1.52 | 1.70 | 1.89 | 2.09 |
| **140** | 1.00 | 1.15 | 1.30 | 1.46 | 1.62 | 1.78 | 1.94 |
| **150** | 1.00 | 1.13 | 1.26 | 1.39 | 1.52 | 1.66 | 1.79 |
| **160** | 1.00 | 1.12 | 1.24 | 1.36 | 1.47 | 1.59 | 1.71 |
| **170** | 1.00 | 1.11 | 1.21 | 1.31 | 1.41 | 1.51 | 1.61 |
| **180** | 1.00 | 1.09 | 1.18 | 1.27 | 1.36 | 1.45 | 1.53 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **190** | 1.00 | 1.08 | 1.16 | 1.24 | 1.31 | 1.39 | 1.46 |
| **200** | 1.00 | 1.08 | 1.15 | 1.22 | 1.28 | 1.35 | 1.41 |

**Fuente:** Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993

Dada la presión de inflado de neumático de 80psi, se tiene un factor de ajuste por presión de neumático (Fp) igual a 1.00.

### 9.7. Cálculo de factor de vehículo pesado

El factor de vehículo pesado para cada tipo de vehículo se determinar a para de las siguientes expresiones presentadas en el cuadro.

**Tabla 39.** Relación de Carga por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos.

| Tipo de Eje | Eje Equivalente (EE 8.2 ton) |
|---|---|
| Eje simple de ruedas simples (EEs1) | $EES1 = [P/6.6]^{4.0}$ |
| Eje simple de ruedas dobles (EEs2) | $EES2 = [P/8.2]^{4.0}$ |
| Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE TA1) | $EETA1 = [P/14.8]^{4.0}$ |
| Eje Tandem (2 eje ruedas dobles) (EE TA2) | $EETA2 = [P/15.1]^{4.0}$ |
| ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1) | $EETR1 = [P/20.7]^{3.9}$ |
| Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2) | $EETR2 = [P/21.8]^{3.9}$ |
| P= peso real por eje en toneladas | |

**Fuente:** Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993

El tipo de vehículos de estándares normalizados, el Índice Medio Diario Anual (IMDa), las cargas de estándares normalizadas y los factores de ajuste; direccional, carril, vehículo pesado y presión de neumático, de los cuales se obtiene el cálculo de los ejes equivalentes (EEi).

**Tabla 40.** Cálculo de los ejes equivalentes (EEi).

| TIPO DE VEHÍCULOS | IMDA | Carga de Vehículos por Eje. | Fd | Fc | Fvp | Fp | EEi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **C2** | 46 | 7<br>11 | 0.50 | 1.00 | $\left[\left(\frac{7}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{11}{8.2}\right)^4\right]$ | 1.00 | **103.584** |
| **C3** | 23 | 7<br>18 | 0.50 | 1.00 | $\left[\left(\frac{7}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{18}{15.1}\right)^4\right]$ | 1.00 | **37.773** |
| **B2** | 12 | 7<br>11 | 0.50 | 1.00 | $\left[\left(\frac{7}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{11}{8.2}\right)^4\right]$ | 1.00 | **27.022** |
| **B3-1** | 8 | 7 | 0.50 | 1.00 | | 1.00 | **10.525** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 16 | | | $\left[\left(\frac{7}{6.6}\right)^4+\left(\frac{16}{14.8}\right)^4\right]$ | | |
| | | | | | | | **178.904** |

**Fuente:** Elaboración propia

### 9.8. Cálculo de factor de crecimiento acumulado

$$Fca = \frac{(1+0.0233)^{10}-1}{0.0233}$$
$$Fca = 11.12$$

### 9.9. Cálculo de $W_{18}$

$$W_{18} = 178.904x11.12 * 365$$
$$\therefore W_{18} = 7.26x10^5\ ESALs$$

### 9.10. Número estructural requerido

#### *9.10.1. Confiabilidad (%R)*

El valor de confiabilidad se determina a partir del tráfico previsto.

**Tabla 41.** Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico.

| Tipo de Caminos | Tráfico | Ejes Equivalentes Acumulados | | Nivel de Confiabilidad |
|---|---|---|---|---|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | TPO | 100000 | 150000 | 65% |
| | TP1 | 150001 | 300000 | 70% |
| | TP2 | 300001 | 500000 | 75% |
| | TP3 | 500001 | 750000 | 80% |
| | TP4 | 750001 | 1000000 | 80% |
| Resto de caminos | TP5 | 1000001 | 1500000 | 85% |
| | TP6 | 1500001 | 3000000 | 85% |
| | TP7 | 3000001 | 5000000 | 85% |
| | TP8 | 5000001 | 7500000 | 90% |
| | TP9 | 7500001 | 10000000 | 90% |
| | TP10 | 10000001 | 12500000 | 90% |
| | TP11 | 12500001 | 15000000 | 90% |
| | TP12 | 15000001 | 20000000 | 95% |
| | TP13 | 20000001 | 25000000 | 95% |
| | TP4 | 25000001 | 30000000 | 95% |
| | TP15 | >30000000 | | 95% |

**Fuente:** Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos - 1993

### *9.10.2. Desviación estándar global (So)*

La Guía AASHTO 1993 recomienda adoptar valores de So entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles, en tal sentido, para el presente diseño se tomará un valor promedio.

$$So = 0.45$$

### *9.10.3. Pérdida de Serviciabilidad ($\Delta PSI$)*

La diferencia entre índices de servicio inicial y final, se obtiene en función a tráfico previsto.

**Tabla 42.** Índice de serviciabilidad inicial (Pi), Índice de serviciabilidad final (Pt), diferencial de serviciabilidad (PSI), según rango de tráfico.

| Tipo de Caminos | Tráfico | Ejes Equivalentes Acumulados | | Índice de Nivel de Serviciabilidad Inicial (Pi) | Índice de Nivel de Serviciabilidad Inicial (Pt) | Deferencia de Serviciabilidad (PSI) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | TP1 | 150001 | 300000 | 3.80 | 2.00 | 1.80 |
| | TP2 | 300001 | 500000 | 3.80 | 2.00 | 1.80 |
| | TP3 | 500001 | 750000 | 3.80 | 2.00 | 1.80 |
| | TP4 | 750001 | 1000000 | 3.80 | 2.00 | 1.80 |
| Resto de caminos | TP5 | 1000001 | 1500000 | 4.00 | 2.50 | 1.50 |
| | TP6 | 1500001 | 3000000 | 4.00 | 2.50 | 1.50 |
| | TP7 | 3000001 | 5000000 | 4.00 | 2.50 | 1.50 |
| | TP8 | 5000001 | 7500000 | 4.00 | 2.50 | 1.50 |
| | TP9 | 7500001 | 10000000 | 4.00 | 2.50 | 1.50 |
| | TP10 | 10000001 | 12500000 | 4.00 | 2.50 | 1.50 |
| | TP11 | 12500001 | 15000000 | 4.00 | 2.50 | 1.50 |
| | TP12 | 15000001 | 20000000 | 4.20 | 3.00 | 1.20 |
| | TP13 | 20000001 | 25000000 | 4.20 | 3.00 | 1.20 |
| | TP4 | 25000001 | 30000000 | 4.20 | 3.00 | 1.20 |
| | TP15 | >30000000 | | 4.20 | 3.00 | 1.20 |

**Fuente:** Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993

### *9.10.4. Módulo resiliente*

El módulo resiliente para cada tramo se determina con la siguiente ecuación:

$$M_R = 2\,555\ (CBR)^{0.64} (Ksi)$$

Los valores de CBR fueron extraídos del expediente técnico Huancavelica-Lircay, la cual es una Vía Nacional paralela al tramo de estudio en el departamento de Huancavelica.

**Tabla 43.** Valores del módulo de resiliente para cada tramo

| Tramos | CBR (%) | $M_R$ (psi) | $M_R$ (Ksi) |
|---|---|---|---|
| 1 | 29.0 | 22045.8 | 22.0 |
| 2 | 29.5 | 22288.3 | 22.3 |
| 3 | 29.0 | 22045.8 | 22.0 |
| 4 | 30.0 | 22529.3 | 22.5 |
| 5 | 30.5 | 22768.9 | 22.8 |

**Fuente:** Elaboración propia

### *9.10.5. Cálculo de número estructural requerido (SNr)*

A través del nomograma presentado por AASHTO 93, se determinan el número estructural requerido para cada tramo. Para ello, en la tabla 44, se muestra el resumen de los parámetros a utilizar.

**Tabla 44.** Resumen de los parámetros del SNr.

| **Parámetros de diseño (SN)** | |
|---|---|
| Numero de ejes equivalentes total (W18) | $\mathbf{0.726x10^6}$ |
| Periodo de diseño (años) | **10** |
| Serviciabilidad inicial (pi) | **3.80** |
| Serviciabilidad final (pf) | **2.00** |
| Factor de confiabilidad (R%) | **80%** |
| Desviación estándar (Zr) | **-0.841** |
| Desviación estándar total (so) | **0.45** |
| Módulo de reacción de la subrasante-k(Mpa/m) | Ver Tabla 2 |

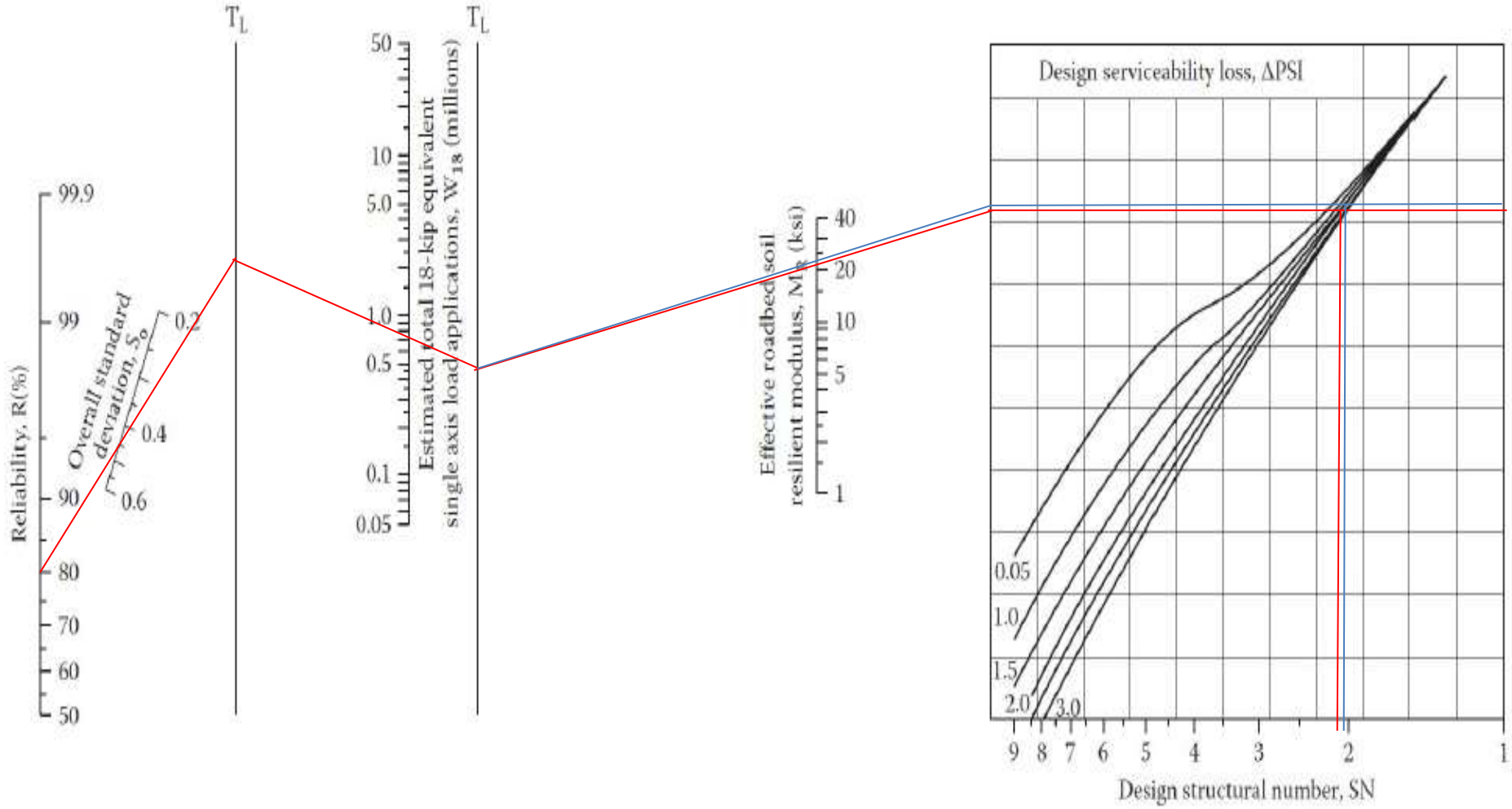
**Fuente:** Elaboración propia

Mientras, la tabla 3 muestra el resultado del número estructural requerido, determinado del siguiente monograma establecido por AASHTO 1993.

**Tabla 45.** Número estructural requerido para cada tramo.

| **Tramos** | **NSreq** |
|---|---|
| 1 | 2.12 |
| 2 | 2.05 |
| 3 | 2.12 |
| 4 | 2.04 |
| 5 | 2.03 |

**Fuente:** Elaboración propia


T_L
T_L
Reliability, R(%)
99.9
99
90
80
70
60
50
Overall standard deviation, S_o
0.2
0.4
0.6
Estimated total 18-kip equivalent single axis load applications, W_18 (millions)
50
10
5.0
1.0
0.5
0.1
0.05
Effective roadbed soil resilient modulus, M_R (ksi)
40
20
10
5
1
Design serviceability loss, ΔPSI
0.05
1.0
1.5
2.0
3.0
9 8 7 6 5 4 3 2 1
Design structural number, SN

### *9.10.6. Cálculo de número estructural propuesto (SNp)*

El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural propuesto (SNp), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto, que deberá ser mayor al SNr.

$$SNprop = a1D1 + a2D2m2 + a3D3m3$$

AASHTO 1993 proporciona valores recomendados para m2 y m3 (bases y subbases granulares sin estabilizar) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un ano que estará expuesto el pavimento a lluvias o también en función del tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento (ver tabla inferior).

**Tabla 46.** Coeficiente de capa base y subbase en pavimento flexible en función a la calidad del drenaje previsto.

| Calidad de Drenaje | Tiempo que tarda el agua en ser evacuada | % de tiempo que la estructura del pavimento está Expuesta a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | <1 | 1-5 | 5-25 | >25 |
| **Excelente** | **2 horas** | 1.40-1.35 | 1.35-1.30 | 1.30-1. 20 | 1.20 |
| **Bueno** | **1 día** | 1.35-1.25 | 1.25-1.25 | 1.15-1.00 | 2.00 |
| **Regular** | **1semana** | 1.25-1.15 | 1.15-1.05 | 1.05-0.80 | 0.80 |
| **Pobre** | **1 mes** | 1.15-1.05 | 1.05-0.80 | 0.80-0.60 | 0.60 |
| **Muy Pobre** | **Agua no drena** | 1.05-0.95 | 0.95-0.75 | 0.75-0.40 | 0.40 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 47**. Resumen de los parámetros del SNp

| **Parámetros de diseño SNp** | | |
|---|---|---|
| Modulo elástico de concreto asfaltico (Psi) | **450000** | **a1=0.45 (1/plg)** |
| Base Granular CBR (%) | **>80** | **a2=0.133 (1/plg)** |
| Subbase Granular CBR (%) | **>40** | **a3=0.109 (1/plg)** |
| Coeficiente de drenaje (cd) | **m2=m3=1.20** | |

**Fuente:** Elaboración propia con Guía AASHTO 1993 y MTC.

Por lo tanto, teniendo en consideración que el número estructural requerido debe ser menor que el número estructural propuesto (SNr<SNp), se determinó los espesores de Carpeta Asfáltica, Base Granular y Subbase Granular (Ver Tabla 48).

**Tabla 48.** Cálculo del número estructural propuesto del diseño (SNp).

| Tramos | a1 (1/plg) | a2 (1/plg) | a3 (1/plg) | m2=m3 | D1 (plg) | D2 (plg) | D3 (plg) | SNp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.45 | 0.133 | 0.109 | 1.20 | 3 | 6 | 6 | 3.0934 |
| 2 | 0.45 | 0.133 | 0.109 | 1.20 | 3 | 6 | 6 | 3.0934 |
| 3 | 0.45 | 0.133 | 0.109 | 1.20 | 3 | 6 | 6 | 3.0934 |
| 4 | 0.45 | 0.133 | 0.109 | 1.20 | 3 | 6 | 6 | 3.0934 |
| 5 | 0.45 | 0.133 | 0.109 | 1.20 | 3 | 6 | 6 | 3.0934 |

**Fuente:** elaboración propia

| SNp | SNr | SNp>SNr |
|---|---|---|
| 3.0934 | 2.12 | sí cumple |
| 3.0934 | 2.05 | sí cumple |
| 3.0934 | 2.12 | sí cumple |
| 3.0934 | 2.04 | sí cumple |
| 3.0934 | 2.03 | sí cumple |

Finalmente, de los resultados de la tabla anterior se puede definir que en los cinco tramos de la carretera se puede apreciar los mismos espesores del paquete de pavimento, siendo las mínimas consideraciones acorde al Manual de suelos y pavimentos del MTC.

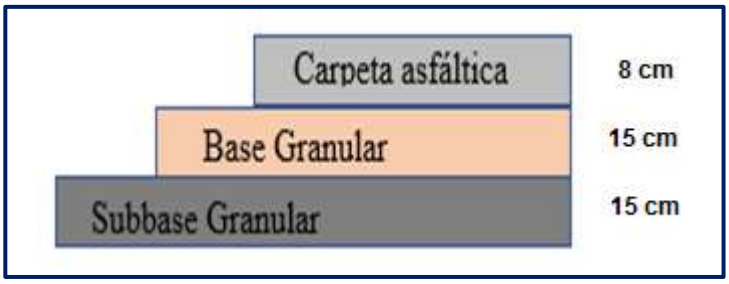



**Figura 33.** Espesores del paquete de pavimento de la carretera de estudio**. Fuente:** elaboración propia

## 10. CONDICIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN

Para la gestión de un plan integral de seguridad vial es fundamental “inducirla y gestionarla” a fin de que los gobierno regionales y municipales puedan desarrollar sus propios planes viales, cuyo diseño, aplicación, implementación y evaluación es de acuerdo a las características particulares de cada proyecto. Teniendo como objetivo fundamental disminuir la tasa de mortalidad, heridos de gravedad y accidentes en las carreteras. En el análisis de la vía de estudio, se han establecido los elementos y dispositivos de señalización visibles en su totalidad de modo que el tránsito vehicular se desarrolle de forma segura.

### 10.1. Señalización existente

La señalización existente en la vía es muy escasa y no presentan una buena visibilidad, debido a que no están ubicadas en lugares adecuados sobre la carretera. Por lo tanto, los elementos de señalización y seguridad vial a colocar son diseñados de acuerdo a las características de cada tramo proyectado según el Manual de Seguridad Vial 2017.

**Figura 34.** Falta de señales preventivas. **Fuente:** propia

**Figura 35.** Falta de guardavías en curvas peligrosas. **Fuente:** propia

## 10.2. Características físicas de la vía

La carretera de estudio conecta los pueblos La Mejorada y Paucará, en su recorrido presenta un terreno accidentado con pendiente transversal mayor a 60%, además, presenta curvas peligrosas dentro de las cuales la C11, C16, C18, C30, C32, C60, C68 y C88 son curvaturas de radio mínimo, como se aprecian en las siguientes imágenes.

**Figura 36.** Terreno físico de la vía de estudio. **Fuente:** propia

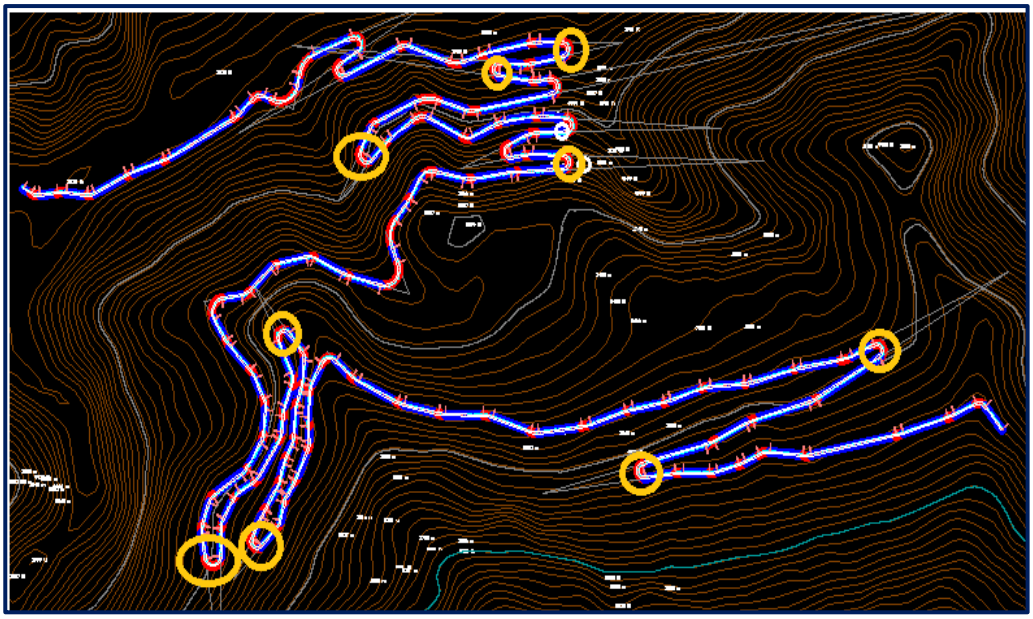


**Figura 37.** Curvas peligrosas cerradas de la vía. **Fuente:** propia

### 10.3. Información de accidentes

En la siguiente figura se aprecian la inhabilitación de la carretera debido al deslizamiento del talud a causa de las intensas lluvias y la falta de estabilización del terreno

**Figura 38.** Accidente registrado en la vía de estudio. **Fuente.** propia

En la siguiente figura se aprecian una curva cerrada sin ningún tipo de señalización, lo cual ha generado un desbarranco de vehículos interprovinciales trayendo a consecuencia accidentes fatales (INDECI, 2019).

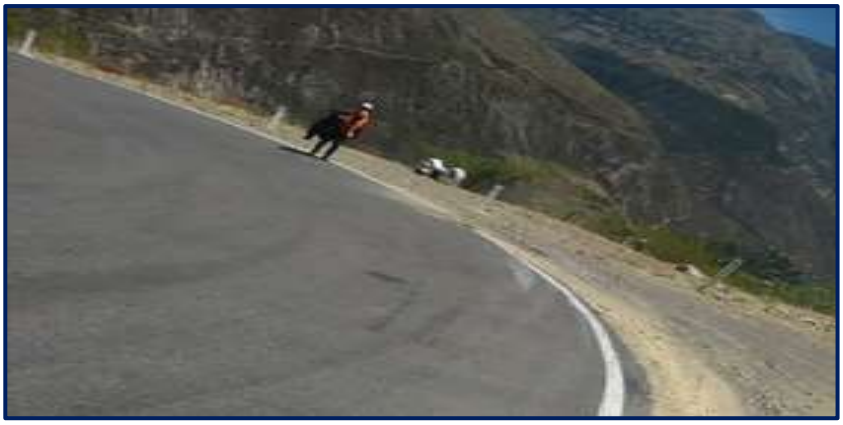


**Figura 39.** Curva cerrada peligrosa. **Fuente.** propia

## 11. PROPUESTA DE PLAN DE SEÑALIZACIÓN VIAL

### 11.1. Señalización vertical

Dispositivos que estarán instalados sobre la carretera con el objetivo principal de reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos. Serán implementadas en ciertos tramos de la carretera, donde se requiera regulaciones especiales de manera efectiva, notificando a los usuarios ciertas prohibiciones, restricciones y obligaciones en el uso de la vía.

#### *11.1.1. Señales reglamentarias*

**Tabla 49.** Señales reglamentarias a usarse en la carretera de estudio.

| Tipos de señales | Forma /Color / Código | Ubicación |
|---|---|---|
| **Señales reglamentarias** | Velocidad máxima (R.30) | En tramos rectos sobre la carretera proyectada. |
| | Prohibido adelantar (R-16) | En zonas donde la distancia de visibilidad de adelantamiento no ha sido alcanzada |

**Fuente:** Elaboración propia.

| CARRETERA ACTUAL | SEÑALES REGLAMENTARIAS A COLOCARSE |
|---|---|
| | **Velocidad máxima permitida** |
| | **Prohibido adelantar** |
| | **Prohibido adelantar** |

**Tocar bocina en curvas peligrosas**

### *11.1.2. Señales preventivas*

**Tabla 50.** Señales preventivas a usarse en la carretera de estudio.

| Tipos de señales | Forma /Color / Código | Ubicación |
|---|---|---|
| | Curva a la derecha (P-2A) Curva a la izquierda (P-2B) | A 50 m antes de que empiecen las curvas. |

| | | |
|---|---|---|
| **Señales preventivas** | <br>Fuerte pendiente en descenso (P-35)<br> <br>Fuerte pendiente en descenso (P-35C) | En zonas donde la pendiente de subida y bajada sea muy pronunciada. |
| | <br>Zona de derrumbe (P-42) | En zonas donde la excavación haya sido en roca suelta |

**Fuente:** Elaboración propia.

**CARRETERA ACTUAL**

**SEÑALES PREVENTIVAS A COLOCARSE**

**Curva cerrada a la derecha**

**Curva cerrada a la izquierda**

**Curva pronunciada**

### *11.1.3. Señales informativas*

**Tabla 51.** Señales preventivas a usarse en la carretera de estudio.

| Tipos de señales | Forma /Color / Código | Ubicación |
|---|---|---|
| | Señales de destino (I-5) | En las zonas donde la vía pase cerca a zonas urbanas como La Mejorada y Paucará |

| | | |
|---|---|---|
| **Señales informativas** | <br>Señales de identificación (I-1C) | Para identificar la red vial departamental o regional |

**Fuente:** Elaboración propia.

**CARRETERA ACTUAL**

**SEÑALES INFORMATIVAS A COLOCARSE**

**Señales informativas**

## 11.2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

La señalización horizontal involucra las demarcaciones en la superficie de rodadura como las líneas horizontales, transversales, símbolos, flechas y letras. Estas demarcaciones tienen que ser uniformes respecto a sus dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado, de modo, que cumplan la función de transmitir instrucciones y mensajes (advertir y guiar a los usuarios de la vía) de forma efectiva.

### *11.2.1. Señalización en el pavimento*

Serán empleadas para delimitar carriles y calzadas sobre la carretera, para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar, adheridas con un material retrorreflectante para que sean claramente visibles durante la noche y en condiciones climáticas de elevada precipitación.

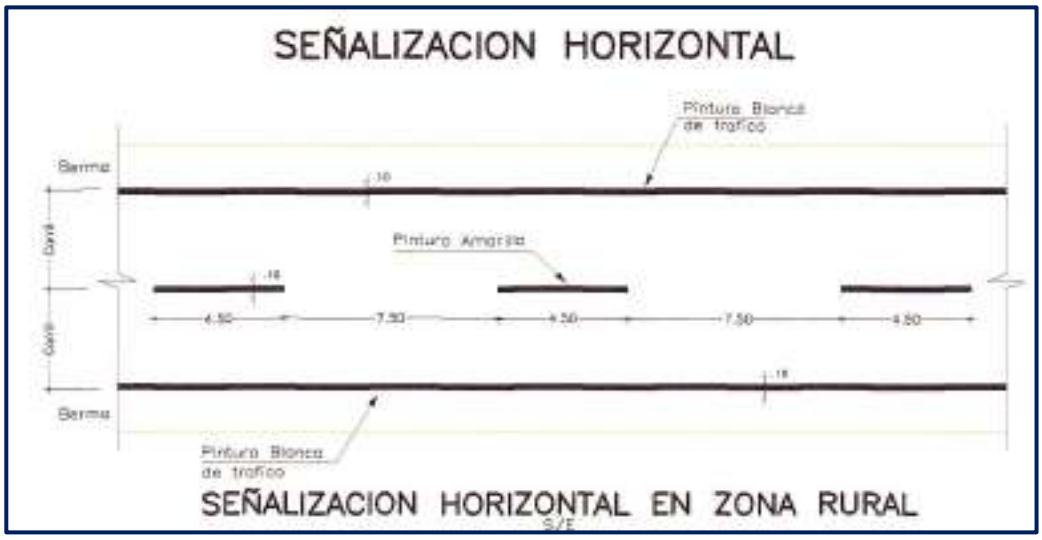
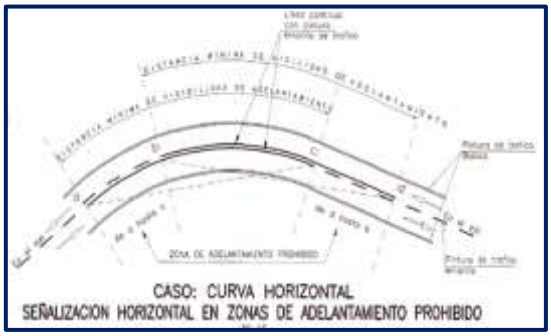



**Figura 40.** Señalización horizontal en zona rural.

**Tabla 52.** Demarcaciones a usarse en la carretera de estudio.

| Tipo de demarcación | Color | Propósito y función |
|---|---|---|
| Líneas de borde | Blanco | Líneas continuas longitudinales de 10 cm de ancho cuya finalidad es demarcar el borde de la calzada y facilitar la conducción del vehículo. |
| Líneas discontinuas centrales | Amarillo | Línea discontinua en el eje de la vía de 10 cm de ancho, con la finalidad de separar el flujo de tránsito en ambos |

| | | |
|---|---|---|
| | | sentidos, que permiten adelantamiento. Los segmentos son de 4.5m separados en 7.5m. |
| Líneas combinadas o mixtas | Amarillo   | Línea continua y otra discontinua paralela a 10 cm que permite ocupar el otro carril para el adelantamiento vehicular en ciertos tramos de la carretera. |

**Fuente:** Elaboración propia

**CARRETERA ACTUAL**

**DEMARCACIONES A USARSE EN LA CARRETERA**

**Líneas discontinuas centrales, para la separación de carriles.**

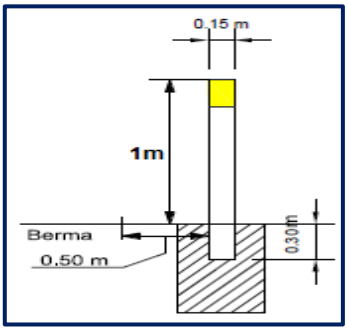
**Líneas centrales mixtas**

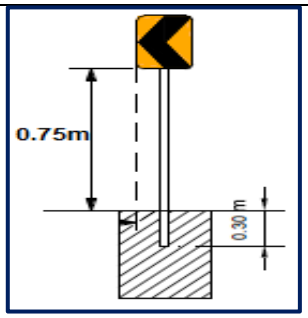
### *11.2.2. Señalizaciones elevadas en el pavimento*

Serán colocadas de forma longitudinal y transversal en el pavimento, clasificados en delineadores de piso y delineadores elevados. El siguiente cuadro muestra el tipo de delineadores que son empleados en la carretera de estudio.

**Tabla 53.** Señalizaciones elevadas en la carretera de estudio.

| Tipo de delineador | Características físicas | Función y propósito |
|---|---|---|
| **Delineadores de piso** | Tachas bidireccionales retrorreflectantes | -Elementos de guía óptica que se emplean como complemento a las demarcaciones continuas, instaladas a lado derecho de éstas a 5cm.<br><br>-En caso de líneas discontinuas, las tachas se colocan al centro de la brecha.<br><br>-Serán colocadas longitudinalmente sobre la carretera, tanto en curvas horizontales y verticales. |
| | Guardavías metálicos | Serán colocadas en curvas horizontales y verticales, principalmente sobre las curvaturas |

| | | |
|---|---|---|
| | | donde el radio sea el mínimo establecido. |
| | Postes delineadores<br> <br>Dimensiones de colocación<br>  <br> | -Serán colocadas en el lado exterior de curvas horizontales y en tramos rectos muy extensos.<br><br>-Tendrán 1m de altura de sección rectangular, de color blanco con una franja amarilla de 15cm en la parte superior. |
| **Delineadores elevados** | Delineador de curva horizontal<br> <br>Dimensiones de colocación | Serán colocadas en las curas pronunciadas, en forma perpendicular a la visual del Conductor.<br><br>Tendrán 0.75m de altura de sección rectangular, de color amarillo con una franja negra en la parte superior. |

| | | |
|---|---|---|
| |  | |
| | Hitos kilométricos<br> | Serán colocados cada 1000 m, con una sección rectangular de 1.20 m de altura, de color blanco con una franja negra de 15 cm. |

**Fuente:** Elaboración propia

**CARRETERA ACTUAL**

**SEÑALIZACIONES ELEVADAS A COLOCAR**

**Curva a la izquierda**

**Guardavías y delineador de curvas**

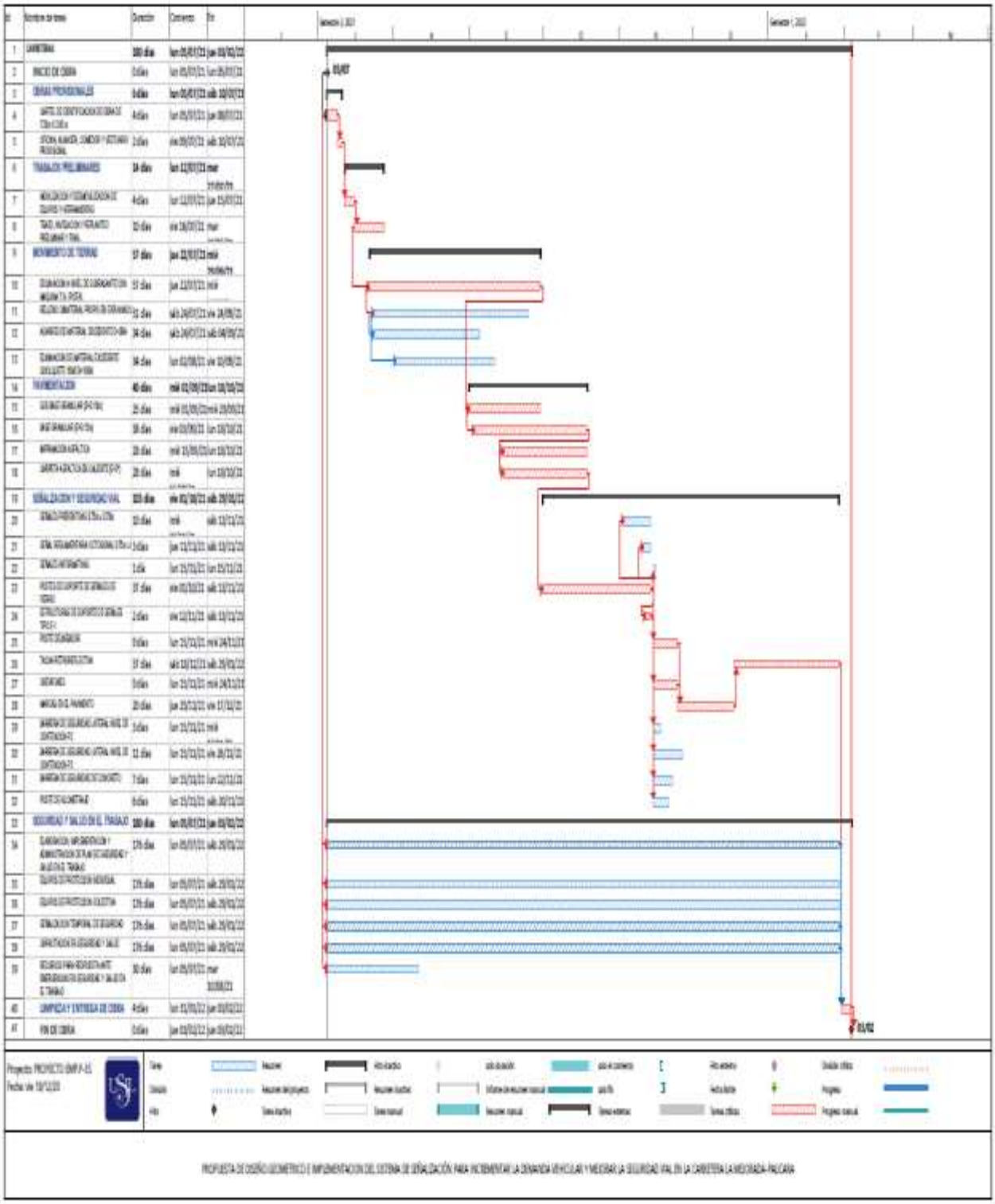
**Postes delineadores**

**Tachas reflectivas**

,

**Guardavías en abismos**

## 12. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA



# 13. PRESUPUESTO Y LISTA DE INSUMOS

| | | |
|---|---|---|
| Presupuesto | **1401001** | **PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE SEÑALIZACION PARA INCREMENTAR LA DEMANDA VEHICULAR Y MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL** |
| Subpresupuesto | **001** | **CARRETERA** |
| Cliente | **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA** | Costo al **10/12/2020** |
| Lugar | **HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - IZCUCHACA** | |

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/ | Parcial S/ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | **CARRETERA** | | | | **7,070,318.18** |
| 01.01 | **OBRAS PROVISIONALES** | | | | **12,772.0552** |
| 01.01.01 | CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 2.40x4.60 m (INCLUIDO GIGANTOGRAFÍA) | und | 2.00 | 1,071.86360 | 2,143.72720 |
| 01.01.02 | OFICINA, ALMACEN, COMEDOR Y VESTUARIO PROVISIONAL | mes | 6.00 | 1,771.38800 | 10,628.32800 |
| 01.02 | **TRABAJOS PRELIMINARES** | | | | **10,234.9686** |
| 01.02.01 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | glb | 1.00 | 5,161.62000 | 5,161.62000 |
| 01.02.02 | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR Y FINAL | m2 | 5,007.50 | 1.01315 | 5,073.34863 |
| 01.03 | **MOVIMIENTO DE TIERRAS** | | | | **5,732,183.0245** |
| 01.03.01 | EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINA T.N. (PISTA) | m3 | 56,147.48 | 20.71584 | 1,163,142.21208 |
| 01.03.02 | RELLENO C/MATERIAL PROPIO EN EXPLANACIONES PISTAS C/ EQUIPO | m3 | 20,360.78 | 82.41939 | 1,678,123.06752 |
| 01.03.03 | ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE D=30M | m3 | 44,733.37 | 28.27933 | 1,265,029.73224 |
| 01.03.04 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUETE 10 M3 D=10 KM | m3 | 44,733.37 | 36.34620 | 1,625,888.01269 |
| 01.04 | **PAVIMENTACION** | | | | **970,166.7971** |
| 01.04.01 | SUB BASE GRANULAR (E=0.15m) | m3 | 5,357.88 | 45.98875 | 246,402.20385 |
| 01.04.02 | BASE GRANULAR (E=0.15m) | m3 | 5,257.88 | 73.19068 | 384,827.81256 |
| 01.04.04 | IMPRIMACION ASFALTICA | m2 | 35,052.50 | 7.65681 | 268,390.33253 |
| 01.04.05 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE (E=3") | m2 | 2,628.94 | 26.83456 | 70,546.44817 |
| 01.05 | **SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL** | | | | **292,121.3393** |
| 01.05.01 | SEÑALES PREVENTIVAS 75X75 cm | und | 56.00 | 258.13830 | 14,455.74480 |
| 01.05.02 | SEÑALES REGLAMENTARIAS OCTOGONAL 0.75m x 0.75m | und | 17.00 | 238.00830 | 4,046.14110 |
| 01.05.03 | SEÑALES INFORMATIVAS 1.00x2.20 m | und | 3.12 | 343.12731 | 1,070.55721 |
| 01.05.04 | POSTES DE SOPORTE DE SEÑALES DE FIERRO | und | 73.00 | 103.81000 | 7,578.13000 |
| 01.05.05 | ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE SEÑALES TIPO E-1 | und | 2.00 | 793.61165 | 1,587.22330 |
| 01.05.06 | POSTES DELINEADORES | und | 214.00 | 87.89400 | 18,809.31600 |
| 01.05.07 | TACHAS RETROREFLECTIVAS | und | 1,803.00 | 12.13585 | 21,880.93755 |
| 01.05.08 | CHEVRONES | und | 53.00 | 283.87192 | 15,045.21176 |
| 01.05.09 | MARCAS EN EL PAVIMENTO | m2 | 1,539.67 | 20.04923 | 30,869.19795 |
| 01.05.10 | BARRERA DE SEGURIDAD LATERAL NIVEL DE CONTENCION P2 | m | 100.00 | 261.09020 | 26,109.02000 |
| 01.05.11 | BARRERA DE SEGURIDAD LATERAL NIVEL DE CONTENCION P3 | m | 440.00 | 261.09020 | 114,879.68800 |
| 01.05.12 | BARRERA DE SEGURIDAD DE CONCRETO | m | 80.00 | 441.19170 | 35,295.33600 |
| 01.05.13 | POSTES DE KILOMETRAJE | und | 6.00 | 82.47261 | 494.83566 |
| 01.06 | **SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO** | | | | **52,840.0000** |
| 01.06.01 | ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DE PLAN DE SGEURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | glb | 1.00 | 7,860.00000 | 7,860.00000 |
| 01.06.02 | EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP's) | glb | 1.00 | 8,760.00000 | 8,760.00000 |
| 01.06.03 | EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA (EPC) | glb | 1.00 | 8,760.00000 | 8,760.00000 |
| 01.06.04 | SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD | glb | 1.00 | 7,850.00000 | 7,850.00000 |
| 01.06.05 | CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD | glb | 1.00 | 11,946.00000 | 11,946.00000 |
| 01.06.06 | RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIA EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO | glb | 1.00 | 7,664.00000 | 7,664.00000 |
| | **Costo Directo** | | | | **7,070,318.18480** |
| | **Gastos Generales (10%)** | | | | **707,031.81848** |
| | **Utilidad (10%)** | | | | **707,031.81848** |
| | **Sub Total** | | | | **8,484,381.82176** |
| | **I.G.V (18%)** | | | | **1,527,188.72792** |
| | **Total Presuesto** | | | | **10,011,570.54968** |

**SON : DIEZ MILLONES ONCE MIL QUINIENTOS SETENTA Y 54968/100000 SOLES**

| INDICE UNIFICADO | DESCRIPCION | Und. | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/7,070,317.23 |
|---|---|---|---|---|---|
| 47 | OPERARIO | hh | 2,431.28 | 19.24 | 46,777.74 |
| 47 | OFICIAL | hh | 879.07 | 15.24 | 13,396.98 |
| 47 | PEON | hh | 16,110.22 | 13.77 | 221,837.74 |
| 47 | MANO DE OBRA -SEÑALIZACION | hh | 73.00 | 76.85 | 5,610.05 |
| 47 | OPERADOR ELECTROMECANICO | hh | 113.33 | 19.24 | 2,180.53 |
| 47 | MANO DE OBRA -INSTALACION DE POSTES DE FIERRO | hh | 73.00 | 54.76 | 3,997.48 |
| 47 | MANO DE OBRA -FABRICACION DE POSTES DE FIERRO PARA SEÑALIZA | hh | 73.00 | 49.05 | 3,580.65 |
| 47 | MANO DE OBRA -EXCAVACION MANUAL | m3 | 27.00 | 42.41 | 1,145.07 |
| 47 | MANO DE OBRA -ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 125.28 | 53.85 | 6,746.33 |
| 47 | MANO DE OBRA -COLOCACION DE CONCRETO | m3 | 4.32 | 349.00 | 1,507.68 |
| 47 | MANO DE OBRA -PINTADO DE POSTES DELINEADORES | hh | 214.00 | 29.02 | 6,210.28 |
| 47 | MANO DE OBRA -FABRICACION DE CHEVRONES | m3 | 53.00 | 41.07 | 2,176.71 |
| 47 | MANO DE OBRA -COLOCACION DE CHEVRONES | und | 53.00 | 76.85 | 4,073.05 |
| 47 | MANO DE OBRA -EXCAVACIONMANUAL PARA CHEVRONES | m3 | 3.39 | 42.41 | 143.85 |
| 47 | MANO DE OBRA -COLOCACION DE CONCRETO EN CHEVRONES | m3 | 3.35 | 269.35 | 902.21 |
| 47 | MANO DE OBRA -INCADO DE POSTES DE BARRERAS | und | 140.40 | 62.54 | 8,780.62 |
| 47 | MANO DE OBRA -ANCLAJE BARRERAS DE SEGURIDAD | m | 80.00 | 23.71 | 1,896.80 |
| 47 | MANO DE OBRA -EXCAVACION BARRERAS DE SEGURIDAD | m3 | 8.80 | 41.41 | 364.41 |
| 47 | MANO DE OBRA -ENCOF Y DESEN BARRERAS DE SEGURIDAD | m2 | 176.97 | 53.85 | 9,529.73 |
| 47 | MANO DE OBRA -COLOCACION DE CONCRETO F'C=280 kg/cm2 | m3 | 21.52 | 419.26 | 9,022.48 |
| 47 | MANO DE OBRA -COLOCACION DE CONCRETO F'C=175 kg/cm2 | m3 | 8.80 | 349.73 | 3,077.62 |
| 47 | MANO DE OBRA -COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO | kg | 2,492.80 | 4.54 | 11,317.31 |
| 47 | MANO DE OBRA -COLOCACION DE JUNTAS PARA MURO | m2 | 8.97 | 9.70 | 86.99 |
| 47 | MANO DE OBRA -PINTADO POSTES KILOMETRICOS | und | 6.00 | 29.02 | 174.12 |
| 47 | MANO DE OBRA -EXCAVACION MANUAL POSTES KILOMETRICOS | m3 | 0.75 | 42.41 | 31.81 |
| 47 | MANO DE OBRA -ENCOF Y DESEN POSTES KILOMETRICOS | m2 | 0.33 | 53.85 | 17.90 |
| 47 | MANO DE OBRA -CONCRETO POSTES KILOMETRICOS | m2 | 0.18 | 53.85 | 9.85 |
| 47 | MANO DE OBRA -CONCRETO F´C 140 kg/cm2 POSTES KILOMETRICOS | m3 | 0.69 | 269.35 | 184.88 |
| 47 | MANO DE OBRA -ACERO DE REFUERZO POSTES KILOMETRICOS | kg | 16.80 | 4.54 | 76.27 |
| 47 | TOPOGRAFO | hh | 50.08 | 19.24 | 963.44 |
| 29 | COLOCACION DE SEÑAL INFORMATICA | und | 2.00 | 319.95 | 638.88 |
| 13 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | gal | 14,021.00 | 8.02 | 112,448.42 |
| 13 | MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUESTA EN OBRA | m3 | 173.51 | 334.75 | 58,082.49 |
| 02 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16 | kg | 1.44 | 2.03 | 2.92 |
| 02 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3" | kg | 1.44 | 4.15 | 5.98 |
| 02 | CLAVOS CON CABEZA PROMEDIO P/COSTRUCCION | kg | 150.23 | 3.85 | 578.37 |
| 05 | PIEDRA MEDIANA | m3 | 0.50 | 45.00 | 22.50 |
| 05 | HORMIGON | m3 | 1.95 | 45.00 | 87.84 |
| 05 | MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE | m3 | 6,429.46 | 21.75 | 139,840.67 |
| 05 | MATERIAL GRANULAR PARA BASE | m3 | 6,309.46 | 36.46 | 230,042.77 |
| 39 | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | 1,274.06 | 6.50 | 8,281.36 |
| 21 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | 7.70 | 19.66 | 151.38 |
| 29 | TIZA BLANCA | kg | 150.23 | 2.12 | 318.48 |
| 02 | TUBO DE ALUMINIO DE 3" | m | 18.00 | 12.24 | 220.32 |
| 02 | PERNOS DE 5/8 " X 14" | und | 10.00 | 6.57 | 65.70 |
| 29 | ADITIVO ADHESIVO EPOXICO | gal | 5.14 | 32.27 | 165.74 |
| 29 | ADHESIVO EPOXICO PARA TACHAS | gal | 59.50 | 17.95 | 1,068.01 |
| 43 | MADERA TORNILLO | p2 | 12.40 | 6.20 | 76.88 |
| 03 | ESTACA DE FIERRO CORR DE Ø3/8"(L=0.50m.)12 USOS | und | 50.08 | 0.90 | 45.07 |
| 54 | PINTURA IMPRIMANTE | gal | 5.59 | 17.87 | 99.85 |
| 54 | PINTURA ESMALTE | gal | 5.97 | 34.67 | 206.90 |
| 54 | PINTURA PARA TRAFICO | gal | 153.97 | 38.48 | 5,924.65 |
| 54 | MICROESFERAS DE VIDRIO | kg | 538.88 | 3.25 | 1,751.37 |
| 54 | PINTURA ANTICORROSIVA GRIS | gal | 0.38 | 31.09 | 11.81 |
| 54 | SOLVENTE XILOL | gal | 17.47 | 28.92 | 505.29 |
| 29 | GIGANTOGRAFIA PARA CARTEL DE OBRA | und | 2.00 | 500.00 | 1,000.00 |
| 02 | BARRERA DE CONTENCION CERTIFICADA NIVEL P2 | m | 540.00 | 191.72 | 103,528.80 |
| 30 | MICROMEDIDOR DE Ø 1/2" | und | 538.88 | 3.15 | 1,697.49 |
| 29 | EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL | glb | 1.00 | 8,760.00 | 8,760.00 |
| 29 | EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA | glb | 1.00 | 8,760.00 | 8,760.00 |
| 29 | LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD | p2 | 666.54 | 10.24 | 6,825.38 |
| 29 | SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD | glb | 1.00 | 7,850.00 | 7,850.00 |
| 29 | CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD | glb | 1.00 | 11,946.00 | 11,946.00 |
| 29 | ALMACEN-ALQUILER CASA | und | 6.00 | 580.00 | 3,480.00 |
| 29 | COMEDOR Y VESTUARIO-ALQUILER CASA | und | 6.00 | 580.00 | 3,480.00 |
| 29 | OFICINA-ALQUILER CASA | und | 6.00 | 580.00 | 3,480.00 |
| 02 | PLANCHA DE ACERO 16mm X 1.22m X 2.40m | pza | 0.03 | 900.00 | 25.38 |
| 02 | PLATINA DE ACERO LIVIANO DE 3/16" X 3" | m2 | 0.03 | 477.00 | 14.31 |
| 02 | PLANCHA DE ACERO 1.5mm X 1.22m X 2.40m | pza | 2.18 | 86.76 | 189.38 |
| 29 | ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DE PLAN DE SGE | glb | 1.00 | 7,860.00 | 7,860.00 |
| 29 | TINTA XEROGRAFICA NEGRA | gal | 2.75 | 1,100.00 | 3,026.98 |
| 29 | TINTA XEROGRAFICA ROJA | gal | 0.14 | 1,100.00 | 155.21 |
| 29 | RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y S | glb | 1.00 | 7,664.00 | 7,664.00 |
| 04 | AGREGADO FINO ZARANDEADO | m3 | 199.80 | 27.14 | 5,422.55 |
| 29 | TACHAS DELINEADORAS BIDIRECCIONALES | und | 1,803.00 | 3.71 | 6,689.13 |
| 37 | ESTACION TOTAL | día | 6.26 | 19.00 | 118.93 |
| 37 | MIRAS | día | 6.26 | 2.20 | 13.77 |
| 37 | JALONES | día | 6.26 | 2.20 | 13.77 |
| 37 | ESTACION TOTAL | hm | 1.00 | 19.00 | 19.00 |
| 37 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | | 11,797.81 |
| 48 | SOLDADURA ELECTRICA TRIFASICA 400A | hm | 188.16 | 11.08 | 2,084.81 |
| 49 | RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton | hm | 241.16 | 190.00 | 45,820.63 |
| 49 | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 tonROD | hm | 1,611.24 | 185.00 | 298,078.68 |
| 49 | COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP | hm | 1.00 | 8.70 | 8.70 |
| 48 | MAQUINA PARA PINTAR MARCAS EN EL PAVIMENTO | hm | 154.97 | 58.80 | 9,112.06 |
| 49 | COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP | hm | 224.34 | 90.00 | 20,190.24 |
| 49 | COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM | hm | 1.00 | 90.00 | 90.00 |
| 49 | CARGADOR FRONTAL SOBRE LLANTAS 160-195 HP 3.5 yd3 | hm | 7,681.37 | 235.00 | 1,805,122.35 |
| 49 | MINI CARGADOR | hm | 224.34 | 99.00 | 22,209.26 |
| 49 | EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP | hm | 1,069.61 | 300.00 | 320,882.85 |
| 49 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP 14.9 tn | hm | 1,069.61 | 265.00 | 283,446.51 |
| 49 | MOTONIVELADORA DE 125 HP | hm | 1,594.41 | 240.00 | 382,658.61 |
| 49 | CAMION VOLQUETE DE 15 m3 | hm | 3,596.56 | 265.00 | 953,089.18 |
| 48 | CAMION CISTERNA 122 HP 2,000 Gal (INC AGUA Y ROC) Y ROCIADO)CAMIO | hm | 2,175.88 | 165.00 | 359,020.93 |
| 48 | CAMION BARANDA (3TN) | hm | 108.00 | 80.56 | 8,700.48 |
| 48 | CAMION VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3 | hm | 8,141.69 | 170.00 | 1,384,086.98 |
| 49 | MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP 11 p3 | hm | 4.00 | 19.50 | 78.00 |
| 49 | PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 10' | hm | 245.16 | 185.00 | 45,354.83 |

## 14. ANALISIS DE RESULTADOS

Se realiza en análisis final del aporte generado por el diseño geométrico propuesto en base a la normativa actual, para elevar el nivel de servicio y seguridad de la vía en cuestión.

En este trabajo de investigación se realizó el diseño geométrico transversal y horizontal, respecto a los parámetros viales, se propone un ancho de calzada 1.7 veces mayor al actual. La calzada actual es de 3.50 m y la de diseño es 6 m. Asimismo, las curvas actuales tienen radios menores a 15 m, tal que la de diseño es como mínimo 25 m. Además, la carretera de diseño poseerá sobre anchos desde 0.50 m hasta 5 m. También, se propone una berma de 0.50 m. En los capítulos 2.2, 2.3 y 2.4, se definió los parámetros de diseño geométrico en base al manual propuesto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Realizado el aforo vehicular en el mismo sitio de estudio, se encontró un índice Promedio Diario Anual (IMDA) de 250 vehículos por día para los tres días aforados. Siendo la capacidad máxima de la carretera propuesta de 390 vehículos por día, correspondiente a una carretera de tercera clase. Ello significa que se espera que el volumen vehicular se incremente en un 19% (55 vehículos por día). Manteniendo las proporciones vehiculares constantes del aforo in situ, y esperando el incremento de ómnibus y vehículos pesados, se espera un incremento de 12 ómnibus (10%), 28 camiones de dos ejes (62%), 15 camiones de tres ejes (28%) vehículos por día para alcanzar la capacidad máxima de volumen vehicular. En el capítulo 2.2.1, se define la clasificación de carreteras en función del IMDA.

Realizado la visita el sitio propuesto, se evidenció la ausencia de señalización, debido a ello, respecto a señales verticales reglamentarias más destacables se propone los de prohibido adelantamiento y velocidad máxima. Para las preventivas están las señales en que indican curvas y zonas de derrumbe. Respecto a las señales horizontales están las de zona de adelantamiento y las de marcas elevadas en el pavimento. Los guardavías, chevrones y tachas reflectivas son cruciales en la implementación de señalizaciones en una vía y en especial importancia en carreteras rurales con orografía accidentada. En el capítulo 2.3, se indica sobre las señalizaciones y seguridad vial, basadas en sus respectivos manuales reglamentarios.

Mediante el análisis de resultados, se determinó los parámetros de diseño geométrico para una carretera de tercera clase aplicado a la carretera en cuestión, basado en el manual DG 2018 del Ministerio de Trasportes y Comunicaciones. Asimismo, con el diseño propuesto se logra promover un crecimiento vehicular en un 19% como mínimo y elevar el confort para el conductor respecto a su comodidad en visibilidad horizontal, vertical, lo cual conlleva a una seguridad vial. También, se realizó una propuesta de señalización para mitigar los accidentes que comúnmente suscitan en la carretera en análisis.

## 15. CONCLUSIONES

El volumen del tráfico vehicular de la vía en cuestión, expresado en Índice Medio Diario Anual (IMDA) es de 467 veh/día (81 % de vehículos ligeros y 19% de vehículos pesados), esto debido a que actualmente la carretera en estudio presenta; curvas horizontales cerradas, ancho de carril mínimo de 3.50 m y pendiente de la sección transversal mayores a 15°, los cuales perjudican el tiempo de viaje en los vehículos de carga pesada. Por ende, mediante la propuesta de mejoramiento se llegará a incrementar la demanda vehicular y reducir el tiempo viaje en la Ruta PE 3SM.

De acuerdo al manual (DG-2018) de la tabla 204.01 del capítulo II, el rango de velocidad de diseño en función a la clasificación de la vía por demanda y orografía, se determinó una velocidad de diseño de 30 km/h en los dos sentidos de la carretera.

El trazo vial propuesto perteneciente a la carretera La Mejorada-Paucará (Ruta PE 3SM) es una mejor alternativa para mejorar el trazo ya existente, lo cual incluye priorizar el ensanchamiento de la plataforma de rodadura y adicionalmente el diseño del paquete estructural de pavimento a nivel de carpeta asfáltica en caliente con vida útil de 10 años. A causa, de que la carretera actual no cumple con los criterios, recomendaciones y parámetros acorde al manual vigente del diseño geométrico de carretera (DG-2018).

La deficiente seguridad vial se mejorará con la implementación del sistema de señalización propuesta en el presente trabajo, las cuales se colocaron en puntos estratégicos acorde a los parámetros mínimos establecidos en el manual (Seguridad Vial). Asimismo, se colocaron barreras de contención en las curvas peligrosas; barreras de concreto armado y acero (longitud 110 metro en promedio) para reducir los posibles accidentes debido al factor

humano, vehículo y carretera. Por otro lado, en curvas con pendientes en sección transversal menores al 60% (pendientes no accidentadas y buena visibilidad horizontal de adelantamiento) se colocaron chevrones y postes delineadores de seguridad por su precio accesible.

El volumen total aproximado de corte del material es 28,073 m3, mientras 15,270 m3 de relleno. De estas cantidades se busca compensar entre material excavado y de rellenado a partir de los diagramas de masa. Estos permitirían calcular costos de transporte, así como ubicación estratégica de canteras y depósitos de material excedente (DMEs), el cual no es objetivo del presente trabajo.

El sistema de señalización proyectado se basó en los criterios del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, tanto como el diseño geométrico de la carretera en recomendaciones y criterios del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

El presupuesto a todo costo del tramo de análisis (5 Km) es aproximadamente 10 millones de soles, lo que incluye (obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, pavimentación, señalización y seguridad vial, seguridad y salud en el trabajo).

Finalmente, este proyecto "Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización en la carretera La Mejorada-Paucará" contribuiría a fortalecer la competitividad económica de los sectores o pueblos cercanos a la vía (en aproximado 29 mil habitantes) mediante actividades productivas como la producción, distribución y comercialización de papas nativas, maíz, cebada, entre otros productos. Asimismo, en el campo de la ganadería la producción de textiles y/o carne de res y cordero, también en cuanto al turismo. Por lo que, estas actividades son esenciales para el desarrollo económico del país.

## 16. RECOMENDACIONES

El estudio de tráfico vehicular en la carretera en cuestión debería aforarse mínimo una semana para que el volumen proyectado de los ejes equivales sean lo suficientemente representativos a la realidad.

Contar con hojas de diseño programable como: hoja Excel en macros, plantillas para el diseño geométrico y programas para implementar las señalizaciones de seguridad vial en civil 3D de manera automática, para reducir el tiempo de futuros diseños definitivos de la carretera.

Se debería proponer tres alternativas de solución para el nuevo trazo de la carretera, con el objetivo de elegir el que genere un menor costo posible para la ejecución del proyecto.

La información en la generación de las curvas de nivel mediante el uso de software Global Mapper pueden ser útiles. Sin embargo, tiene un error de ±3.0m, por ende, es necesario realizar levantamiento topográfico del lugar con estación total, drone, GPS satelital y realizar los estudios respectivos de cartografía para minimizar los errores en el diseño.

Para tener resultados más exactos y próximos a la realidad, se debería realizar los estudios que estuvieron fuera del alcance del presente trabajo de investigación, las cuales componen; las obras hidráulicas, estudio de suelos mediante calicatas in situ, estudios hidrológicos y geológicos.

Según, Hauer E. (1999), "los diseñadores viales creen que las carreteras construidas según los estándares del diseño son seguras", sin embargo, las guías o normas son falibles de la verdad, esto significa que, los caminos diseñados según los estándares no son confiables, además, intentan representar a los usuarios de la carretera mediante ciertos parámetros fijos y fallan. Por ello, los diseñadores deben tener base sólida en temas del diseño geométrico de la carretera y seguridad vial aplicando criterios de acuerdo a las condiciones del lugar del proyecto y en base a sus experiencias.

.

La evaluación económica a partir del costo total del proyecto y sus características físicas resultaría sumamente importante, de modo que se concluya si el proyecto es viable o no para la inversión pública. Queda como sugerencia que sea un próximo tema de tesis de pre grado.

## 17. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AAD, T. (1988). Possible design procedure to promote design consistency in highway geometric design on two-lane rural roads. Transportation Research Record, 1195, 111.

ASIS Huancavelica (2005). Análisis de situación de salud. Huancavelica, Perú.

Barrera L. (2012). Parámetros de seguridad vial para el diseño geométrico de carreteras. Universidad Pontificia Bolivariana-Bucaramanga, Colombia.

Camacho-Torregrosa, F. J., Pérez-Zuriaga, A. M., Campoy-Ungría, J. M., & García-García, A. (2013). New geometric design consistency model based on operating speed profiles for road safety evaluation. Accident Analysis & Prevention, 61, 33-42.

Corrales, M. Lomeña, M., y Álvarez, L. (2010). La acción del Banco en el desarrollo de carreteras principales. Banco Interamericano de Desarrollo. Oficina de Evaluación y Supervisión.

Cortéz, R. A. (2018). ¿Qué tan competitivos son los países miembros de la Alianza del Pacífico en Infraestructura de transporte? EAN, 85, 143-162. Obtenido de https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2055

Cox, R. (1998). A review of the effect of increases in vehicle size on Australian geometric road design standards. In Proc., 5th Int. symp. on heavy vehicle weights and dimensions (Vol. 3).

Dextre J., Cebollada, A. (2014). Notas en torno a la seguridad vial. Una revisión desde las ciencias sociales.

D.G (2018). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. MTC.

El peruano (2017). Plan estratégico nacional de seguridad vial 2017-2021

Fuentes, V. (2019). Hablemos sobre Infraestructura de Caminos en el Perú. Instituto Peruano de Economía, Lima. Obtenido de: https://www.ipe.org.pe/portal/infraestructura-de-caminos-en-el-peru/

García A., Camacho Torregrosa F., Pérez Zurriaga A., Moreno Chou A., Llorca García A., (2013). Nuevos procesos de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras. Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC). Goya, 23 - 3º, 28001 Madrid.

Gissela Ottone C., Willy Ruiz A., Alejandro Arrieta D. (2012). Paucará. De lo rural a lo urbano

Gobierno Regional De Huancavelica (2014). Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial.

Hauer, E. (1999). Safety in geometric design standards. University of Toronto, Department of Civil Engineering.

Instituto Peruano de Economía (2019). Índice de Competitividad Regional - INCORE 2019. Lima, Perú.

Jhon, A. (2002). Diseño geométrico de vías. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.PEDP Acobamba (2015).

M.D.C.A.C.C (2016). Manual de Dispositivo de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Perú.

Macea-Mercado L.F., Morales L., Márquez Diaz, L.G. (2015). A Pavement Management System Based on New Technologies for Developing Countries. Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XVII (número 2).

MTC (2020). Diagnóstico de la situación de las brechas de infraestructura o de acceso a servicios. (Programa Multianual de Inversiones 2021-2023) Lima, enero 2020.

Iyinam, A. F., Iyinam, S., & Ergun, M. (1997). Analysis of relationship between highway safety and road geometric design elements: Turkish case. Technical University of Istanbul, Faculty of Civil Engineering, Turkey.

ONU (2017). Tendencias y desafíos globales que inciden en el futuro de la alimentación y la agricultura: Motivos de esperanza y preocupación.

Organización Mundial de Salud-OMS (2017). Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020.

Plan Estratégico Regional de Huancavelica (2017). Plan estratégico regional para el desarrollo del sector alpaquero 2007-2017.

Plan estratégico de desarrollo provincial concertado y participativo de Acobamba – Hvca. Municipalidad Anta.

Raoul L. (2009). Evaluación de la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado de la carretera. Facultad de construcciones-Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Perotti, D y Sánchez, R. (2011). La brecha en infraestructura en América Latina y el Caribe. CEPAL. Serie Recursos Naturales e Infraestructura.

Provias Nacional (2012). Plan de acción 2012 – Modificado, carretera Huancavelica.

Raji, S. A., Zava, A., Jirgba, K., & Osunkunle, A. B. (2017). Geometric Design of a Highway Using Autocad Civil 3d. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 4(6).

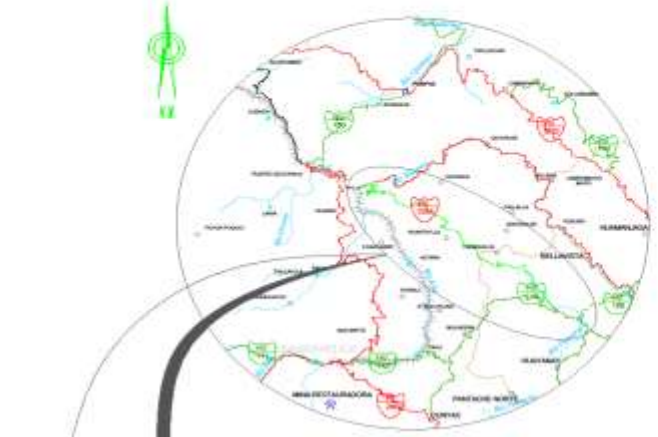
## 18. ANEXOS

1) **Juego de planos**
   - **a)** Plano de ubicación
   - **b)** Plano vista en planta, elevaciones y secciones
   - **c)** Planos de señalizaciones
   - **d)** Planos de detalles

2) **Cronograma de ejecución**
   - a) Diagrama de Gantt
   - b) Diagrama de Ruta Crítica

3) **Presupuesto y análisis de costos**
   - a) Hoja de presupuesto
   - b) Análisis de precios unitarios
   - c) Listado de insumos

4) **Metrado de las señalizaciones en el tramo de estudio**
   - a) Señales preventivas
   - b) Señales reglamentarias
   - c) Señales informativas
   - d) Postes delineadores
   - e) Tachas reflectivas
   - f) Chevrones
   - g) Postes de kilometraje
   - h) Barreras de seguridad de concreto
   - i) Barreras de seguridad de contención
   - j) Marcas en el pavimento

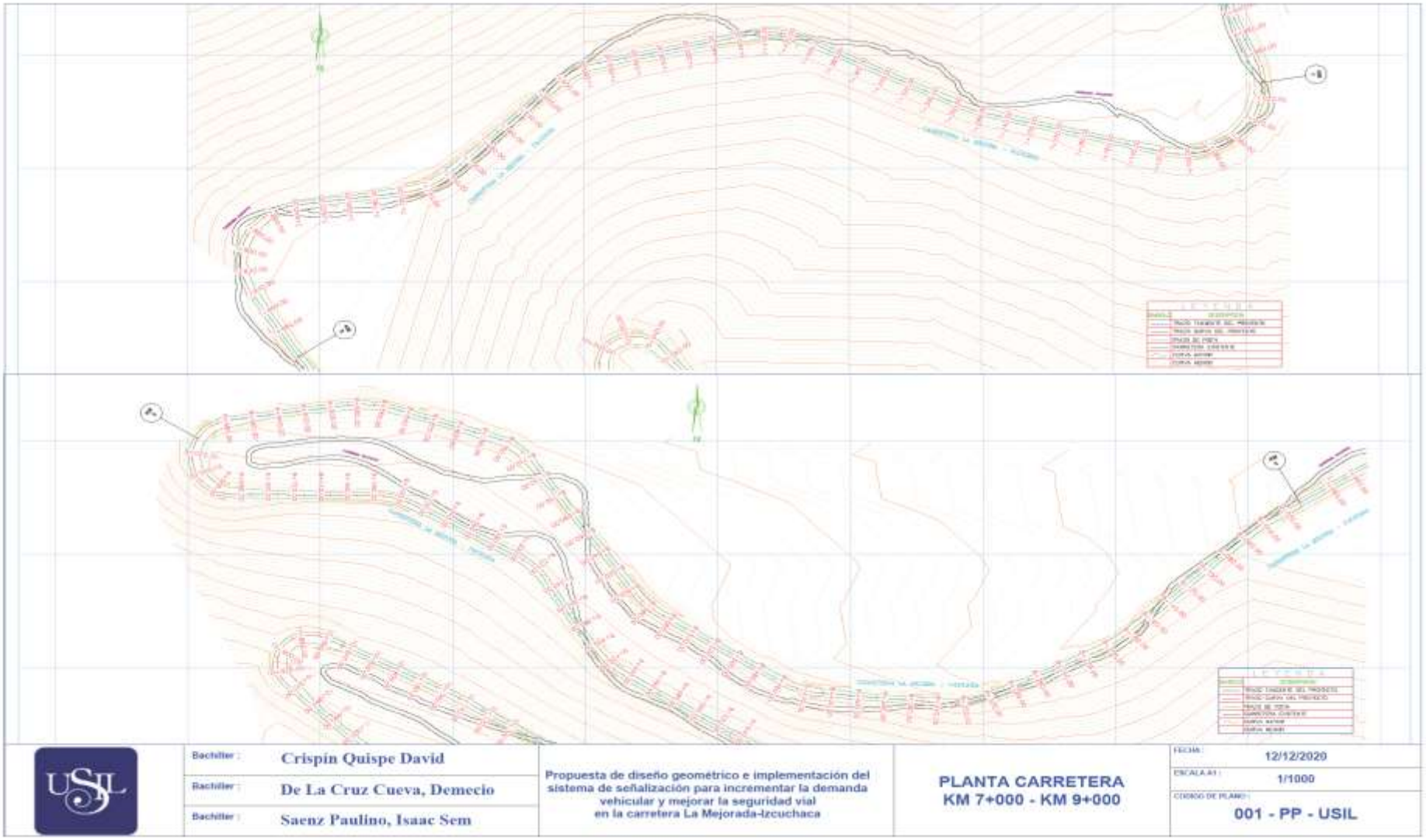


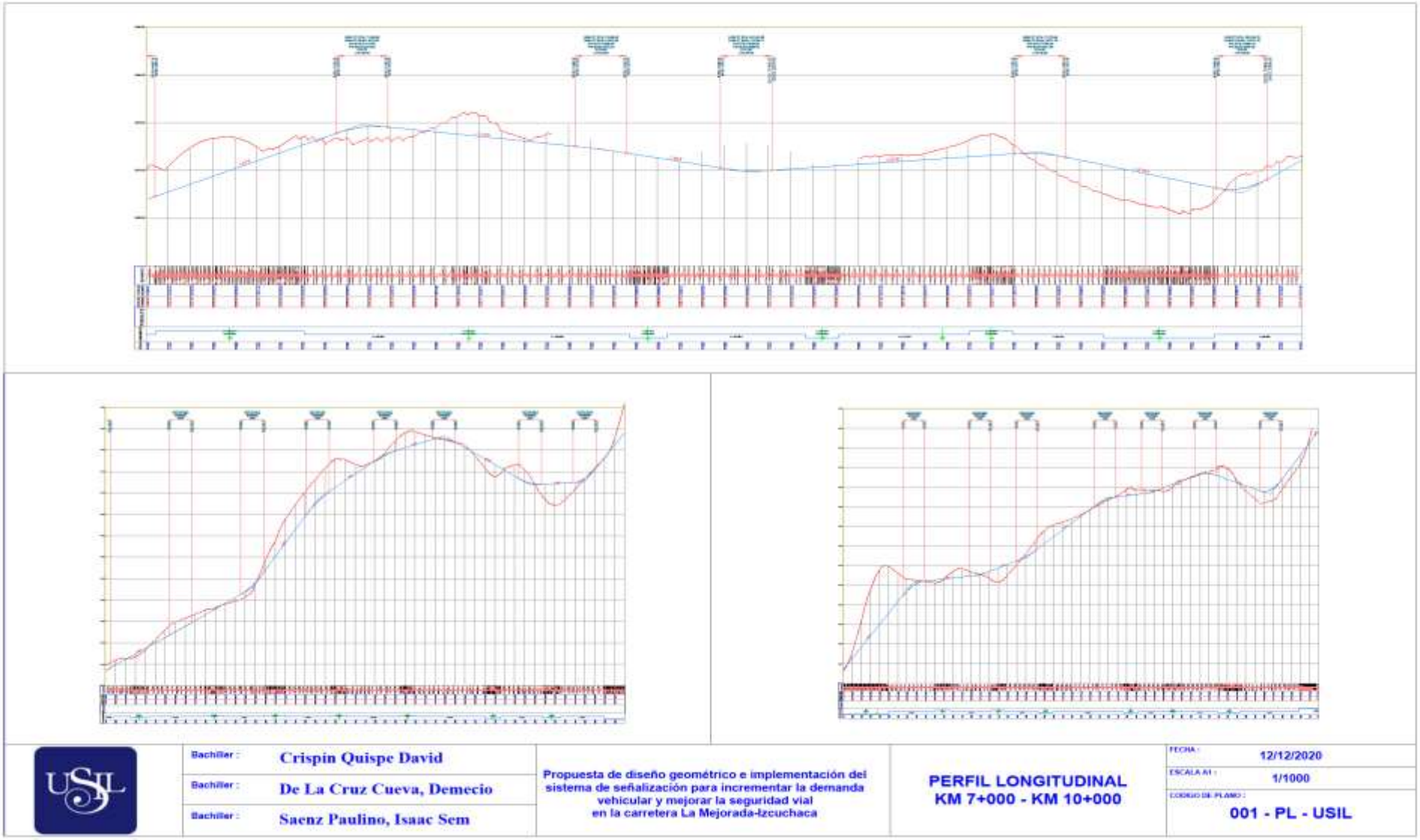
UBICACION A NIVEL REGIONAL

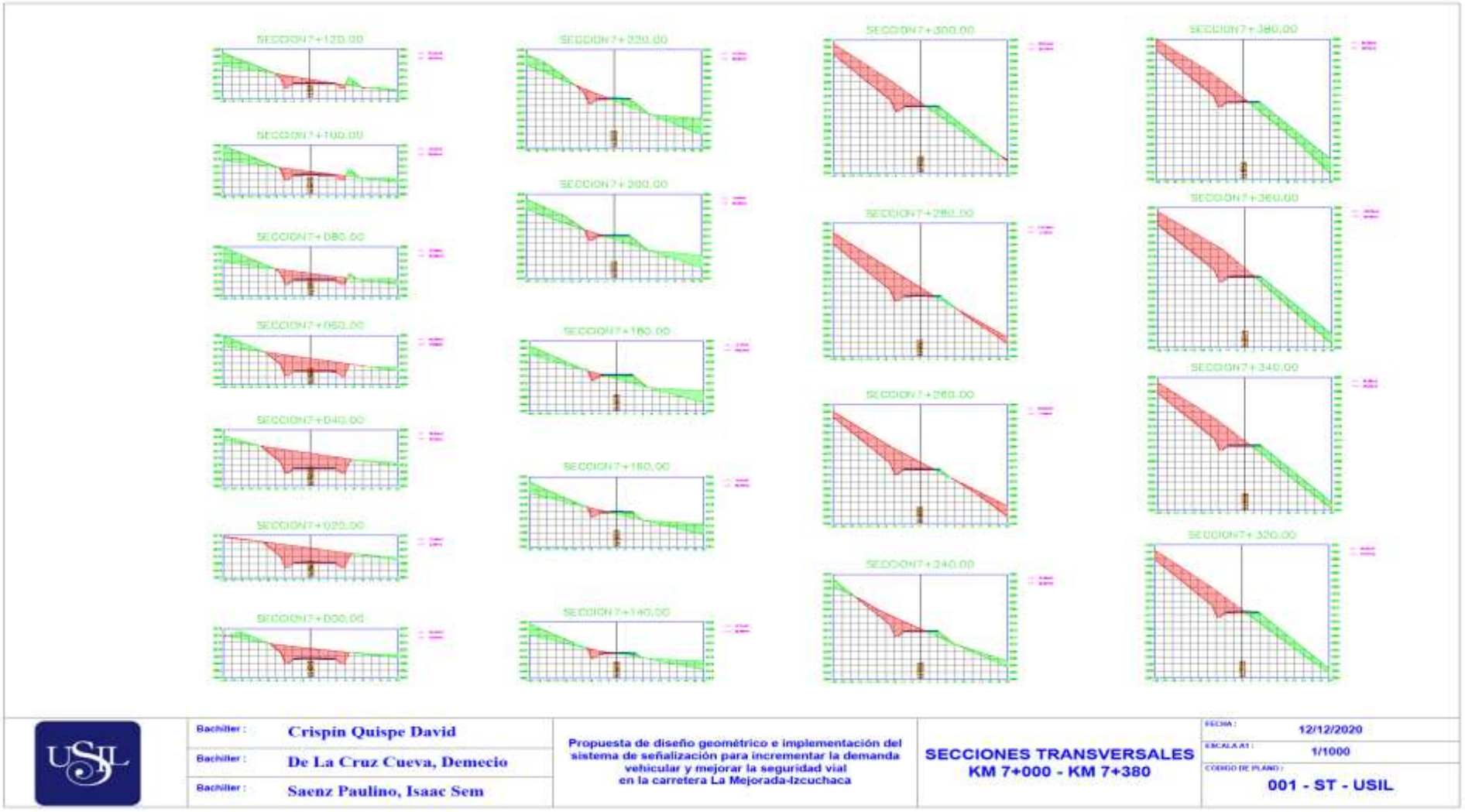
PLANO CLAVE

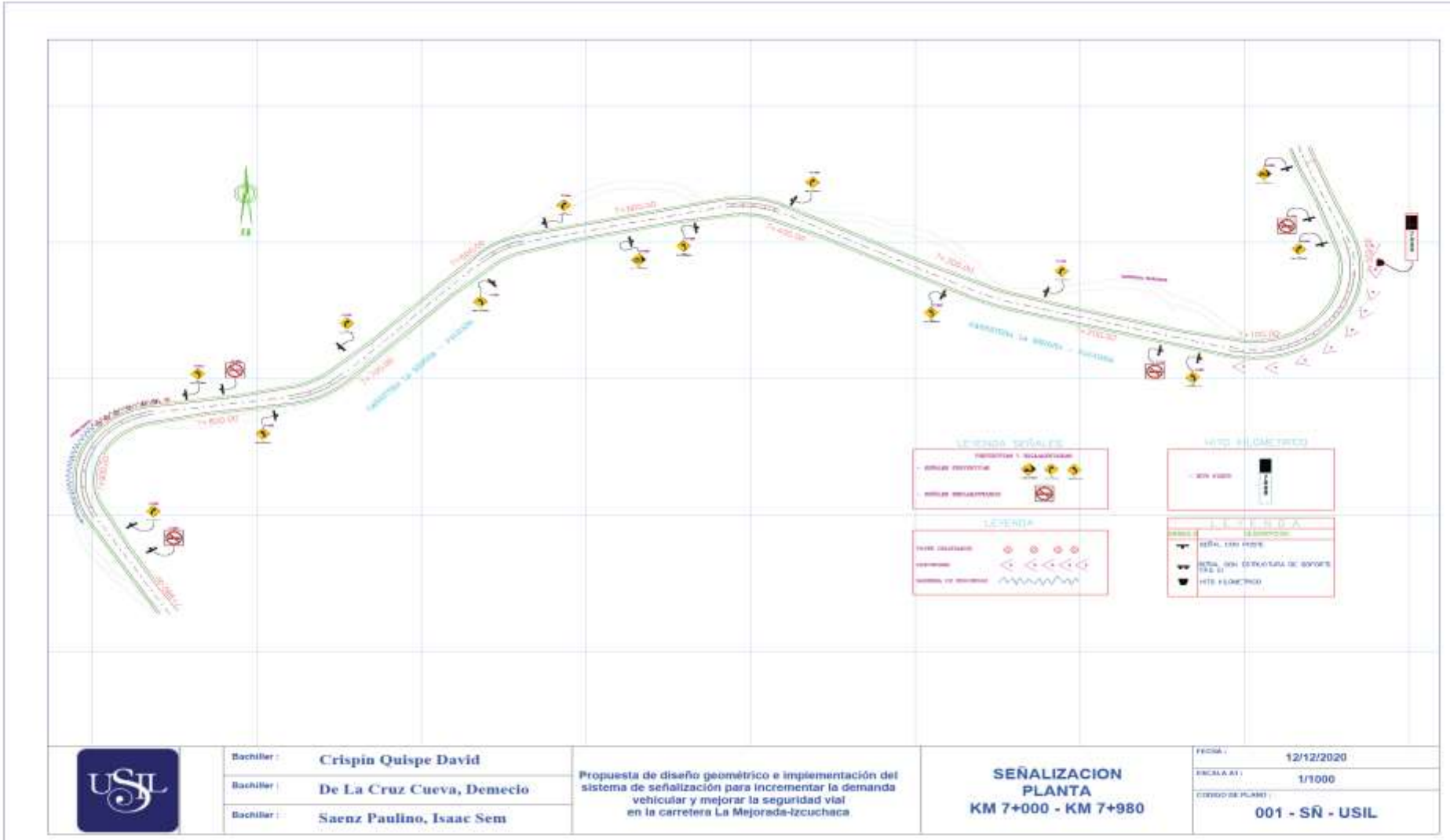
ESC. 1/50,000

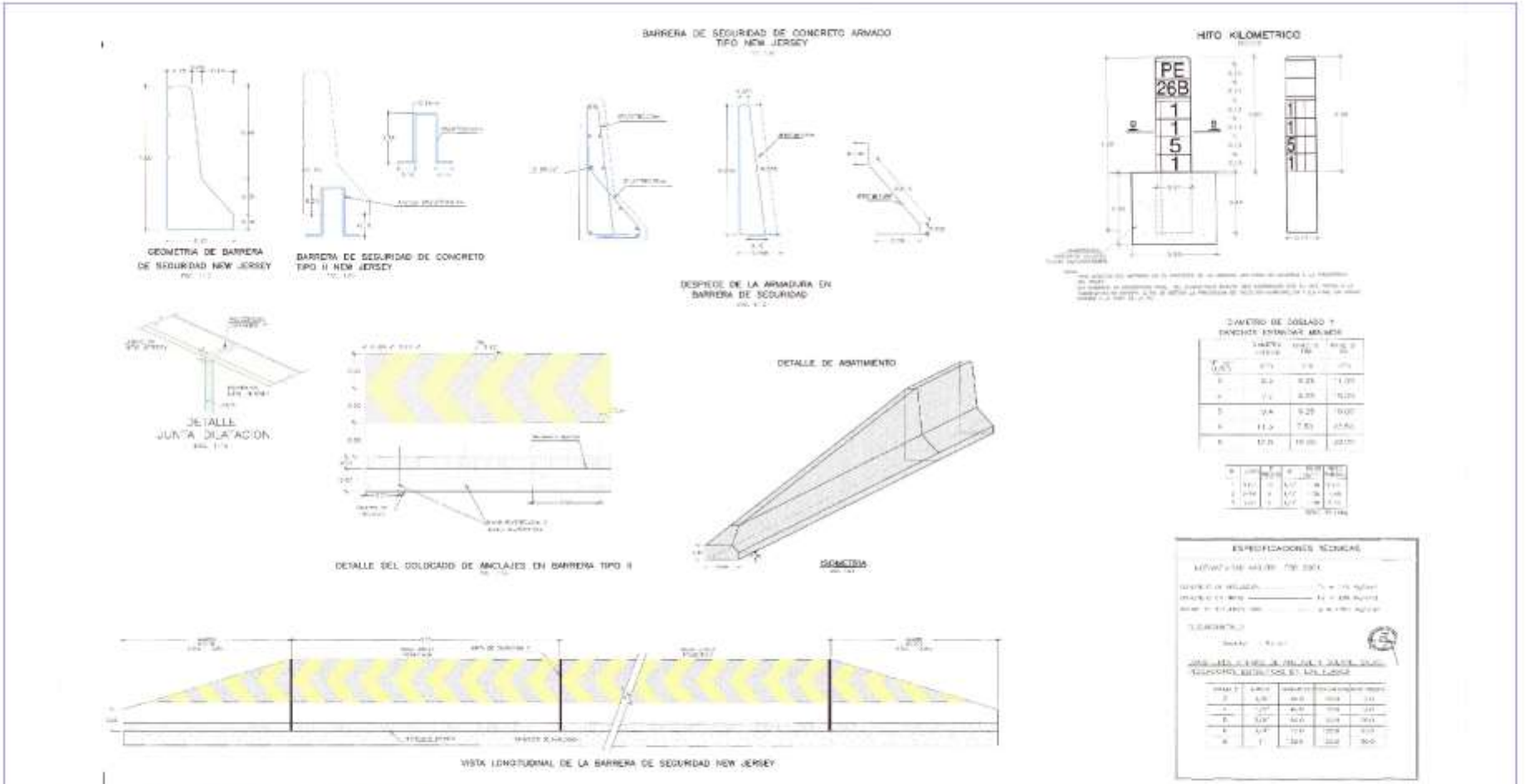
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| USIL | BACHILLER: Crispin Quispe David<br>BACHILLER: De La Cruz Cueva, Demecio<br>BACHILLER: Saenz Paulino, Isaac Sem | Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca | PLANO DE UBICACION | FECHA: 12/12/2020<br>ESCALA: INDICADA<br>PU - USIL |


Bachiller : Crispin Quispe David
Bachiller : De La Cruz Cueva, Demecio
Bachiller : Saenz Paulino, Isaac Sem
Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca
PLANTA CARRETERA
KM 7+000 - KM 9+000
FECHA : 12/12/2020
ESCALA A1 : 1/1000
CODIGO DE PLANO :
001 - PP - USIL

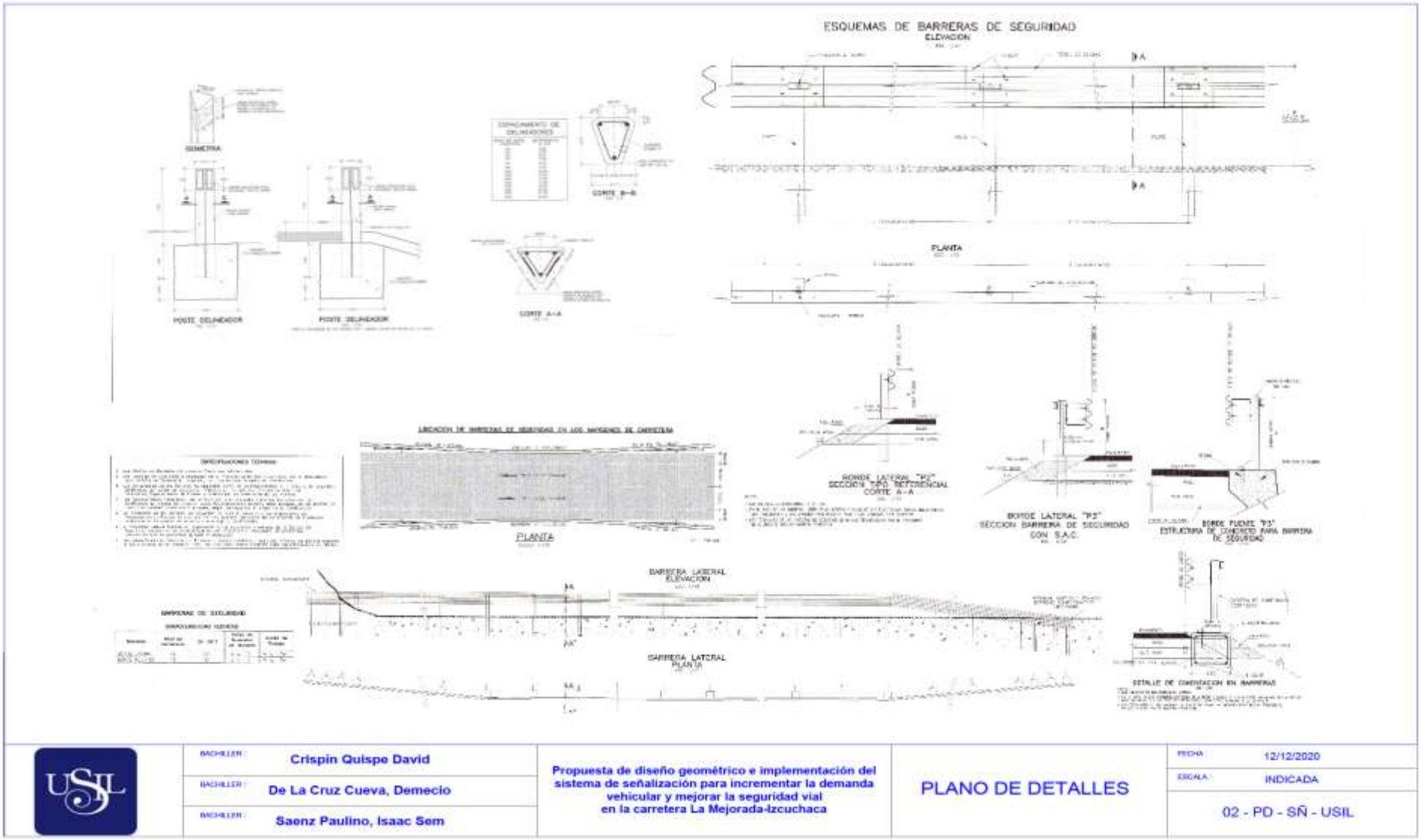

Bachiller : Crispin Quispe David
Bachiller : De La Cruz Cueva, Demecio
Bachiller : Saenz Paulino, Isaac Sem
Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca
PERFIL LONGITUDINAL
KM 7+000 - KM 10+000
FECHA : 12/12/2020
ESCALA A1 : 1/1000
CODIGO DE PLANO :
001 - PL - USIL


SECCION 7+120.00
SECCION 7+100.00
SECCION 7+080.00
SECCION 7+060.00
SECCION 7+040.00
SECCION 7+020.00
SECCION 7+000.00
SECCION 7+220.00
SECCION 7+200.00
SECCION 7+180.00
SECCION 7+160.00
SECCION 7+140.00
SECCION 7+300.00
SECCION 7+280.00
SECCION 7+260.00
SECCION 7+240.00
SECCION 7+380.00
SECCION 7+360.00
SECCION 7+340.00
SECCION 7+320.00
Bachiller : Crispin Quispe David
Bachiller : De La Cruz Cueva, Demecio
Bachiller : Saenz Paulino, Isaac Sem
Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca
SECCIONES TRANSVERSALES
KM 7+000 - KM 7+380
FECHA : 12/12/2020
ESCALA A1 : 1/1000
CODIGO DE PLANO :
001 - ST - USIL

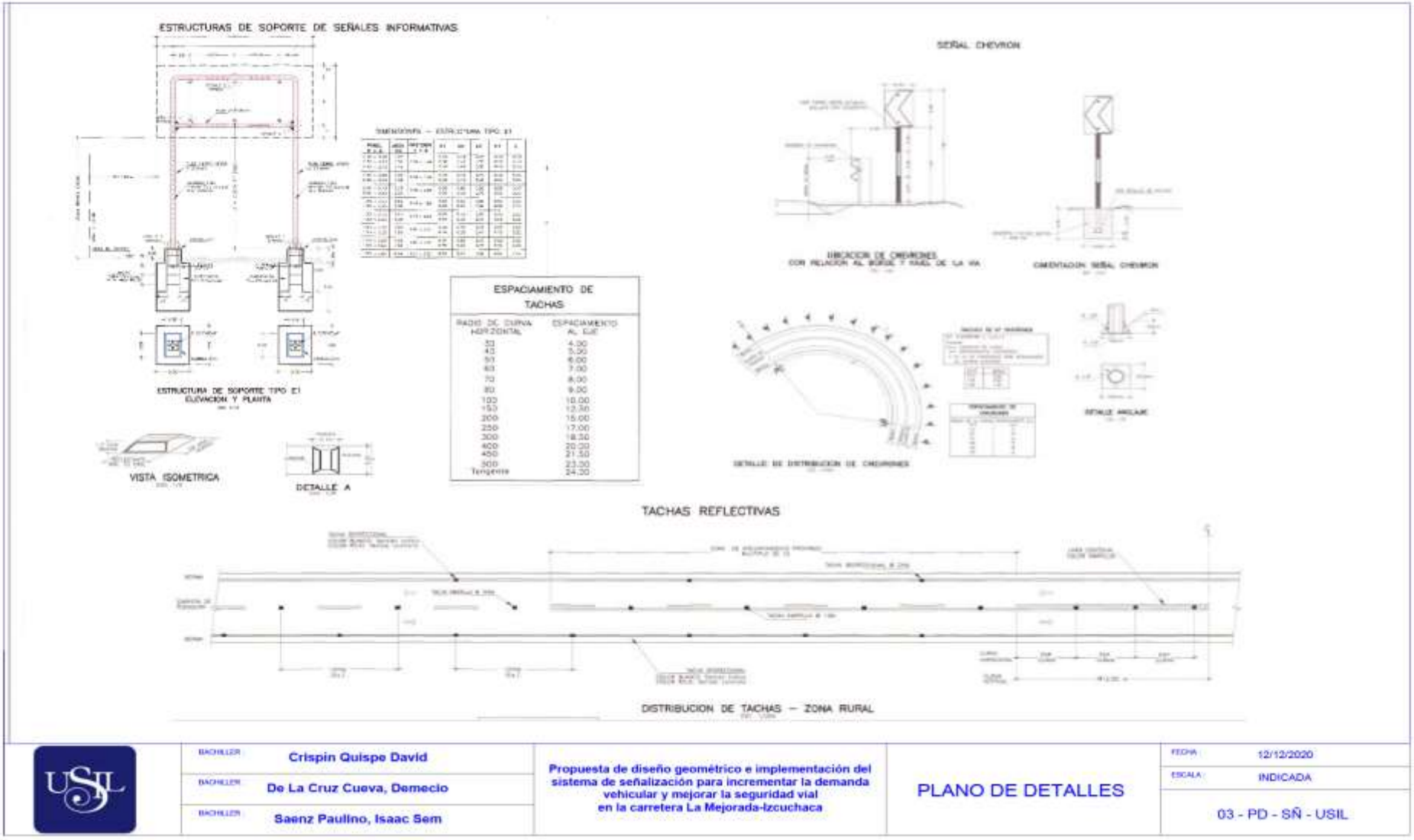

Bachiller : Crispin Quispe David
Bachiller : De La Cruz Cueva, Demecio
Bachiller : Saenz Paulino, Isaac Sem
Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca
SEÑALIZACION
PLANTA
KM 7+000 - KM 7+980
FECHA : 12/12/2020
ESCALA A1 : 1/1000
CODIGO DE PLANO : 001 - SÑ - USIL




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| USIL | BACHILLER: Crispin Quispe David<br>BACHILLER: De La Cruz Cueva, Demecio<br>BACHILLER: Saenz Paulino, Isaac Sem | Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca | PLANO DE DETALLES | FECHA: 12/12/2020<br>ESCALA: INDICADA<br>01 - PD - SÑ - USIL |




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| USIL | BACHILLER: Crispin Quispe David<br>BACHILLER: De La Cruz Cueva, Demecio<br>BACHILLER: Saenz Paulino, Isaac Sem | Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca | PLANO DE DETALLES | FECHA: 12/12/2020<br>ESCALA: INDICADA<br>02 - PD - SÑ - USIL |




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| USIL | BACHILLER: Crispin Quispe David<br>BACHILLER: De La Cruz Cueva, Demecio<br>BACHILLER: Saenz Paulino, Isaac Sem | Propuesta de diseño geométrico e implementación del sistema de señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la carretera La Mejorada-Izcuchaca | PLANO DE DETALLES | FECHA: 12/12/2020<br>ESCALA: INDICADA<br>03 - PD - SÑ - USIL |

## Metrado de señales preventivas

| PROGRESIVA (km) | SEÑAL (CODIGO) | LADO | ZONA | 801.E | 804.A2 | FIGURA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | SEÑALES PREVENTIVAS 0.75m x 0.75m (u) | POSTE DE SOPORTE DE SEÑALES DE FIERRO (u) | |
| 06+980.00 | | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+500.00 | | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 07+060.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+130.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 07+230.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+290.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 07+400.00 | P-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+460.00 | P-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 07+560.00 | P-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+610.00 | P-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 07+720.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+760.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 07+840.00 | P-5-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+940.00 | P-5-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 08+280.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 08+460.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 08+560.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 08+600.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 08+720.00 | P-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08+780.00 | P-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 08+840.00 | P-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 08+900.00 | P-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 08+980.00 | P-5-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 09+080.00 | P-35 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 09+170.00 | P-35C | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+080.00 | P-5-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+170.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 09+210.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+290.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 09+350.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+390.00 | P-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 09+450.00 | P-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+570.00 | P-5-1 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 09+850.00 | P-5-1A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+900.00 | P-35 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 10+140.00 | P-35C | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+950.00 | P-5-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 10+070.00 | P-5-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 10+100.00 | | DER | **R** | 1 | 1 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10+600.00 | | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 10+130.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 10+190.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 10+240.00 | P-5-1A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 10+670.00 | P-5-1 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 10+820.00 | P-35 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 11+020.00 | P-35C | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 10+830.00 | P-5-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 10+960.00 | P-5-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 11+100.00 | P-5-1 | DER | **R** | 1 | 1 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11+260.00 | P-5-1A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 11+330.00 | P-2B | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 11+390.00 | P-2A | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 11+530.00 | P-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 11+590.00 | P-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 11+650.00 | P-5-2A | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 11+750.00 | P-5-2B | IZQ | **R** | 1 | 1 | |

## Metrado de señales informativas

| PROGRESIVA (km) | SEÑAL (CÓDIGO) | MENSAJE | LADO | CANTIDAD SEÑALES (u) | DIMENSIONES | | 803.C | 804.B1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | LARGO (m) | ALTO (m) | SEÑALES INFORMATIVAS (m2) | ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE SEÑALES TIPO E-1 (u) |
| 06+750.00 | I-18 | | DER/IZQ | **1** | 1.6 | 0.6 | 0.96 | 1 |
| 09+040.00 | | | DER | **1** | 2.4 | 0.9 | 2.16 | 1 |

## Metrado de señales reglamentarias

| PROGRESIVA (km) | SEÑAL (CÓDIGO) | LADO | ZONA | 802.D | 804.A2 | FIGURA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | SEÑAL REGLAMENTARIA OCTOGONAL 0.75m x 0.75m (u) | POSTE DE SOPORTE DE SEÑALES DE FIERRO (u) | |
| 07+380.00 | R-30 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+800.00 | R-16 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+830.00 | R-29 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 07+970.00 | R-30 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 07+975.00 | R-16 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 07+980.00 | R-29 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 08+940.00 | R-29 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 08+950.00 | R-16 | DER | **R** | 1 | 1 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 09+120.00 | R-29 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+125.00 | R-16 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 09+920.00 | R-16 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 10+080.00 | R-16 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 10+800.00 | R-29 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 10+980.00 | R-29 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 11+640.00 | R-29 | DER | **R** | 1 | 1 | |
| 11+750.00 | R-29 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |
| 11+740.00 | R-30 | IZQ | **R** | 1 | 1 | |

## Metrado de postes delineadores

| CURVA N° | PROGRESIVA | | LADO | RADIO (m) | LONGITUD (m) | ESPAC. (m) | UBICACIÓN | | 805.A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | INICIO (km) | FINAL (km) | | | | | IZQ. | DER. | POSTE DELINEADOR (u) |
| 40 | 06+980.00 | 07+120.00 | DER | **60** | **140.00** | **7** | | 20 | 20.00 |
| 44 | 07+700.00 | 07+800.00 | DER | **60** | **100.00** | **7** | | 15 | 15.00 |
| 48 | 08+280.00 | 08+360.00 | DER | **75** | **80.00** | **8** | | 10 | 10.00 |
| TANG | 08+360.00 | 08+420.00 | DER | **0** | **60.00** | **10** | | 6 | 6.00 |
| 49 | 08+420.00 | 08+460.00 | DER | **75** | **40.00** | **7** | | 6 | 6.00 |
| TANG | 08+460.00 | 08+560.00 | DER | **0** | **100.00** | **10** | | 10 | 10.00 |
| 50 | 08+560.00 | 08+610.00 | DER | **70** | **50.00** | **8** | | 7 | 7.00 |
| TANG | 08+610.00 | 08+720.00 | DER | **0** | **110.00** | **10** | | 11 | 11.00 |
| 56 | 09+390.00 | 09+440.00 | IZQ | **65** | **50.00** | **7** | 8 | | 8.00 |
| TANG | 09+440.00 | 09+580.00 | IZQ | **0** | **140.00** | **10** | 14 | | 14.00 |
| 57 | 09+580.00 | 09+620.00 | IZQ | **65** | **40.00** | **7** | 6 | | 6.00 |
| TANG | 09+620.00 | 09+670.00 | IZQ | **0** | **50.00** | **10** | 5 | | 5.00 |
| 58 | 09+670.00 | 09+720.00 | IZQ | **130** | **50.00** | **10** | 5 | | 5.00 |
| TANG | 09+720.00 | 09+780.00 | IZQ | **0** | **60.00** | **10** | 6 | | 6.00 |
| 59 | 09+780.00 | 09+840.00 | IZQ | **60** | **60** | **7** | 9 | | 9.00 |
| 63,64,65,67 | 10+440.00 | 10+680.00 | DER | **115** | **240** | **10** | | 24 | 24.00 |
| TANG | 10+680.00 | 10+880.00 | DER | **0** | **200** | **10** | | 20 | 20.00 |
| 69 | 11+000.00 | 11+060.00 | DER | **60** | **60** | **7** | | 9 | 9.00 |
| TANG | 11+060.00 | 11+110.00 | IZQ | **0** | **50** | **10** | 5 | | 5.00 |
| 70 | 11+110.00 | 11+160.00 | IZQ | **95** | **50** | **9** | 6 | | 6.00 |
| 72 | 11+320.00 | 11+400.00 | IZQ | **65** | **80** | **7** | 12 | | 12.00 |

## Metrado de tachas reflectivas

| CURVA N° | PROGRESIVA | | RADIO (m) | LONGITUD (m) | ESPAC. (m) | UBICACIÓN | | | 805.B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | INICIO (km) | FINAL (km) | | | | IZQ. | CENTRO | DER. | TACHA REFLECTIVA (u) |
| | | | | | | BLANCO/ROJO | AMARILLA | BLANCO/ROJO | |
| 40 | 07+000.00 | 07+140.00 | **60** | **140.00** | **10.00** | 14 | 14 | 14 | 42.00 |
| TANG | 07+140.00 | 07+410.00 | **0** | **270.00** | **12.00** | 23 | 23 | 23 | 69.00 |
| 42 | 07+410.00 | 07+450.00 | **50** | **40.00** | **4.00** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 07+450.00 | 07+570.00 | **0** | **120.00** | **12.00** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| 43 | 07+570.00 | 07+610.00 | **53** | **40.00** | **4.00** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 07+610.00 | 07+710.00 | **0** | **100.00** | **12.00** | 9 | 9 | 9 | 27.00 |
| 44 | 07+710.00 | 07+760.00 | **60** | **50.00** | **4.00** | 13 | 13 | 13 | 39.00 |
| TANG | 07+760.00 | 07+840.00 | **0** | **80.00** | **12.00** | 7 | 7 | 7 | 21.00 |
| 45 | 07+840.00 | 07+940.00 | **50** | **100.00** | **8.00** | 13 | 13 | 13 | 39.00 |
| TANG | 07+940.00 | 08+730.00 | **0** | **790.00** | **12.00** | 66 | 66 | 66 | 198.00 |
| 51 | 08+730.00 | 08+780.00 | **47** | **50.00** | **4.00** | 13 | 13 | 13 | 39.00 |
| TANG | 08+780.00 | 08+850.00 | **0** | **70.00** | **12.00** | 6 | 6 | 6 | 18.00 |
| 52 | 08+850.00 | 08+890.00 | **73** | **40.00** | **4.00** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 08+890.00 | 08+980.00 | **0** | **90.00** | **12.00** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| 53 | 08+980.00 | 09+080.00 | **33** | **100.00** | **8.00** | 13 | 13 | 13 | 39.00 |
| TANG | 09+080.00 | 09+180.00 | **0** | **100.00** | **12.00** | 9 | 9 | 9 | 27.00 |
| 54 | 09+180.00 | 09+220.00 | **70** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TANG | 09+220.00 | 09+300.00 | **0** | **80.00** | **12** | 7 | 7 | 7 | 21.00 |
| 55 | 09+300.00 | 09+330.00 | **60** | **30.00** | **4** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| TANG | 09+330.00 | 09+410.00 | **0** | **80.00** | **12** | 7 | 7 | 7 | 21.00 |
| 56 | 09+410.00 | 09+440.00 | **65** | **30.00** | **4** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| TANG | 09+440.00 | 09+580.00 | **0** | **140.00** | **12** | 12 | 12 | 12 | 36.00 |
| 57 | 09+580.00 | 09+630.00 | **65** | **50.00** | **8** | 7 | 7 | 7 | 21.00 |
| TANG | 09+630.00 | 09+680.00 | **0** | **50.00** | **12** | 5 | 5 | 5 | 15.00 |
| 58 | 09+680.00 | 09+720.00 | **130** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 09+720.00 | 09+800.00 | **0** | **80.00** | **12** | 7 | 7 | 7 | 21.00 |
| 59 | 09+800.00 | 09+840.00 | **60** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 09+840.00 | 09+970.00 | **0** | **130.00** | **12** | 11 | 11 | 11 | 33.00 |
| 60 | 09+970.00 | 10+050.00 | **26** | **80.00** | **4** | 20 | 20 | 20 | 60.00 |
| TANG | 10+050.00 | 10+140.00 | **0** | **90.00** | **12** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| 61 | 10+140.00 | 10+180.00 | **40** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 10+180.00 | 10+260.00 | **0** | **80.00** | **12** | 7 | 7 | 7 | 21.00 |
| 62 | 10+260.00 | 10+300.00 | **146** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 10+300.00 | 10+330.00 | **0** | **30.00** | **8** | 4 | 4 | 4 | 12.00 |
| 63 | 10+330.00 | 10+360.00 | **115** | **30.00** | **4** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| TANG | 10+360.00 | 10+450.00 | **0** | **90.00** | **12** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| 64 | 10+450.00 | 10+480.00 | **75** | **30.00** | **4** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| TANG | 10+480.00 | 10+530.00 | **0** | **50.00** | **12** | 5 | 5 | 5 | 15.00 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 65 | 10+530.00 | 10+560.00 | **135** | **30.00** | **4** | 8 | 8 | 8 | 24.00 |
| TANG | 10+560.00 | 10+630.00 | **0** | **70.00** | **12** | 6 | 6 | 6 | 18.00 |
| 66 | 10+630.00 | 10+670.00 | **115** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 10+670.00 | 10+840.00 | **0** | **170.00** | **12** | 15 | 15 | 15 | 45.00 |
| 68 | 10+840.00 | 10+940.00 | **25** | **100.00** | **4** | 25 | 25 | 25 | 75.00 |
| TANG | 10+940.00 | 11+020.00 | **0** | **80.00** | **12** | 7 | 7 | 7 | 21.00 |
| 69 | 11+020.00 | 11+060.00 | **60** | **40.00** | **12** | 4 | 4 | 4 | 12.00 |
| TANG | 11+060.00 | 11+120.00 | **0** | **60.00** | **4** | 15 | 15 | 15 | 45.00 |
| 70 | 11+120.00 | 11+160.00 | **95** | **40.00** | **7** | 6 | 6 | 6 | 18.00 |
| TANG | 11+160.00 | 11+340.00 | **0** | **180.00** | **12** | 15 | 15 | 15 | 45.00 |
| 72 | 11+340.00 | 11+380.00 | **65** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 11+380.00 | 11+540.00 | **0** | **160.00** | **12** | 14 | 14 | 14 | 42.00 |
| 74 | 11+540.00 | 11+580.00 | **90** | **40.00** | **4** | 10 | 10 | 10 | 30.00 |
| TANG | 11+580.00 | 11+660.00 | **0** | **80.00** | **7** | 12 | 12 | 12 | 36.00 |
| 75 | 11+660.00 | 11+740.00 | **35** | **80.00** | **4** | 20 | 20 | 20 | 60.00 |

## Metrado de chevrones

| CURVA N° | PROGRESIVA | | LADO | RADIO (m) | LONGITUD (m) | ESPAC. (m) | UBICACIÓN | | 805.C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | INICIO (km) | FINAL (km) | | | | | IZQ. | DER. | CHEVRONES (u) |
| 43 | 07+540.00 | 07+640.00 | DER | **53** | **100.00** | **10** | | 10 | 10.00 |
| 45 | 07+820.00 | 07+960.00 | DER | **50** | **140.00** | **10** | | 14 | 14.00 |
| 51 | 08+720.00 | 08+920.00 | DER | **47** | **200.00** | **10** | | 20 | 20.00 |
| 54 | 09+140.00 | 09+240.00 | IZQ | **70** | **100.00** | **12** | 9 | | 9.00 |

## Metrado de postes de kilometraje

| UBICACION (km) | INSCRIPCION | LADO | 803.A |
|---|---|---|---|
| | | | POSTE DE KILOMETRAJE (u) |
| 07+000.00 | KM07 | DER | 1 |
| 08+000.00 | KM08 | IZQ | 1 |
| 09+000.00 | KM09 | DER | 1 |
| 10+000.00 | KM10 | IZQ | 1 |
| 11+000.00 | KM11 | DER | 1 |
| 12+000.00 | KM12 | IZQ | 1 |

## Metrado de barreras de seguridad de concreto

| UBICACIÓN | | LADO | TIPO | LONGITUD BARRERA (m) | 821.A |
|---|---|---|---|---|---|
| INICIO (km) | FINAL (km) | | | | BARRERA DE SEGURIDAD DE CONCRETO (m) |
| 11+520.00 | 11+600.00 | IZQ | R | **80.00** | 80.00 |

## Metrado de barreras de seguridad de contención

| UBICACIÓN | | LADO | TIPO | LONGITUD BARRERA | 820.A | 820.B |
|---|---|---|---|---|---|---|
| INICIO (km) | FINAL (km) | | | (m) | BARRERA DE SEGURIDAD LATERAL NIVEL DE CONTENCION P2 (m) | BARRERA DE SEGURIDAD LATERAL NIVEL DE CONTENCION P3 (m) |
| 07+540.00 | 07+640.00 | DER | P3 | **100.00** | | 100.00 |
| 07+820.00 | 07+960.00 | DER | P3 | **140.00** | | 140.00 |
| 08+720.00 | 08+920.00 | DER | P3 | **200.00** | | 200.00 |
| 09+140.00 | 09+240.00 | IZQ | P2 | **100.00** | 100.00 | |

## Metrado de líneas en el pavimento

| LINEAS BLANCAS (BORDES) | | | LÍNEAS AMARILLAS (CENTRO) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lineas Continuas | | | Líneas Discontinuas | | | Líneas Continuas | | | |
| Inicio (km) | Final (km) | Área ($m^2$) | Inicio (km) | Final (km) | Área ($m^2$) | Inicio (km) | Final (km) | Lado | Área ($m^2$) |
| | | | | | | 07+000.00 | 07+160.00 | D | 16.00 |
| | | | | | | 07+040.00 | 07+190.00 | I | 15.00 |
| 07+000.00 | 08+000.00 | 200.00 | 07+190.00 | 07+380.00 | 7.00 | | | | 0.00 |
| | | | | | | 07+380.00 | 07+970.00 | D | 59.00 |
| | | | | | | 07+420.00 | 08+000.00 | I | 58.00 |
| | | | 08+000.00 | 08+700.00 | 23.67 | | | | |
| 08+000.00 | 09+000.00 | 200.00 | | | | 08+700.00 | 09+000.00 | D | 30.00 |
| | | | | | | 08+720.00 | 09+000.00 | I | 28.00 |
| | | | | | | 09+000.00 | 09+350.00 | D | 35.00 |
| | | | | | | 09+000.00 | 09+360.00 | I | 36.00 |
| 09+000.00 | 10+000.00 | 200.00 | 09+360.00 | 09+940.00 | 19.67 | | | | |
| | | | | | | 09+940.00 | 10+000.00 | D | 6.00 |
| | | | | | | 09+960.00 | 10+000.00 | I | 4.00 |
| | | | | | | 10+000.00 | 10+070.00 | D | 7.00 |
| | | | | | | 10+000.00 | 10+100.00 | I | 10.00 |
| | | | 10+100.00 | 10+300.00 | 7.00 | | | | |
| | | | | | | 10+300.00 | 10+360.00 | D | 6.00 |
| | | | | | | 10+310.00 | 10+370.00 | I | 6.00 |
| 10+000.00 | 11+000.00 | 200.00 | 10+370.00 | 10+440.00 | 2.67 | | | | |
| | | | | | | 10+440.00 | 10+670.00 | D | 23.00 |
| | | | | | | 10+450.00 | 10+680.00 | I | 23.00 |
| | | | 10+680.00 | 10+820.00 | 5.00 | | | | |
| | | | | | | 10+820.00 | 11+000.00 | D | 18.00 |
| | | | | | | 10+830.00 | 11+000.00 | I | 17.00 |
| | | | | | | 11+000.00 | 11+170.00 | D | 17.00 |
| | | | | | | 11+000.00 | 11+180.00 | I | 18.00 |
| 11+000.00 | 12+000.00 | 200.00 | 11+180.00 | 11+520.00 | 11.67 | | | | |
| | | | | | | 11+520.00 | 11+580.00 | D | 6.00 |
| | | | | | | 11+530.00 | 11+780.00 | I | 25.00 |
| | | 1000.00 | | | 76.67 | | | | 463.00 |