



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE MEJORA DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE EL DISEÑO VIAL CON SECCIÓN TIPO TÚNEL, APLICADO A LA CARRETERA CENTRAL TRAMO: PUENTE LOS ÁNGELES – RICARDO PALMA - 2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Walter Jesus Barrenechea Curo

Asesor:

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Diaz Garcia

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi esposa
y al amor incondicional que me brinda en cada
paso que doy en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todas las personas que trabajaron conmigo, ayudándome y motivándome. Agradezco profundamente a Dios, por guiarme en el sendero correcto de la vida, cada día en el transcurso de mi camino e iluminándome en todo lo que realizo.

A mi madre, por ser mi ejemplo para seguir adelante en el convivir diario, por los valores y el amor brindado en mi formación gracias por eso y por muchos más

A mi asesor el Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García por brindarme la atención y tiempo necesario para poder lograr mis objetivos, gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | 11 |
| RESUMEN | 12 |
| ABSTRACT..... | 13 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1.1 Descripción de la Empresa | 14 |
| 1.2 Realidad problemática | 15 |
| 1.3 Formulación del Problema | 17 |
| 1.3.1 Problema General | 18 |
| 1.3.2 Problema Específico | 18 |
| 1.4 Antecedentes | 18 |
| 1.4.1 Antecedentes Internacionales | 20 |
| 1.4.2 Antecedentes Nacionales..... | 20 |
| 1.5 Justificación..... | 21 |
| 1.5.1 Justificación Aplicativa | 23 |
| 1.5.2 Justificación Teórica..... | 23 |
| 1.6 Objetivo | 23 |
| 1.6.1 Objetivo General | 23 |
| 1.6.2 Objetivos Específicos | 24 |

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 25 |
| 2.1. Bases Teóricas | 25 |
| 2.1.1 Velocidad de Diseño | 25 |
| 2.1.2 Distancia de Visibilidad | 26 |
| 2.1.2.1 Distancia de Visibilidad Parada | 26 |
| 2.1.2.2 Distancia de Visibilidad de Adelantamiento | 26 |
| 2.1.3 Facilidades para peatones | 27 |
| 2.1.4 Valores estéticos y ecológicos:..... | 27 |
| 2.1.5 Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Secciones Transversales: | 28 |
| 2.1.5.1 Tramos Tangentes | 28 |
| 2.1.5.2 Curvas Circulares..... | 28 |
| 2.1.5.3 Radios Mínimos..... | 29 |
| 2.1.5.4 Peralte | 30 |
| 2.1.5.5 Sobreancho | 30 |
| 2.1.5.6 Pendiente..... | 31 |
| 2.1.5.7 Curvas Verticales..... | 33 |
| 2.1.6 Diseño Geométrico de la Sección transversal | 34 |
| 2.1.6.1 Calzada | 35 |
| 2.1.6.2 Berma | 35 |
| 2.1.6.3 Bombeo | 35 |
| 2.1.7 Separadores | 36 |
| 2.1.8 Gábildo | 37 |
| CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA | 38 |
| 3.1. Descripción del proyecto | 38 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Clasificación por su Demanda | 45 |
| 3.3. Vehículo de diseño | 47 |
| 3.4. Velocidad de Diseño..... | 48 |
| 3.5. Visibilidad..... | 48 |
| 3.6. Valores estéticos y ecológicos | 49 |
| 3.7. Tramo en Tangente | 49 |
| 3.8. Radio Mínimo..... | 50 |
| 3.9. Peralte | 50 |
| 3.10. Sobreancho | 51 |
| 3.11. Pendiente..... | 52 |
| 3.12. Calzada | 54 |
| 3.13. Berma..... | 54 |
| 3.14. Bombeo..... | 55 |
| 3.15. Separador | 55 |
| 3.16. Gábildo | 61 |
| 3.17. Componentes de seguridad Vial | 67 |
| 3.18. Alternativas de diseño de Pavimentos | 83 |
| 3.19. Resumen de las Características del diseño del Eje 01 | 84 |
| 3.19. Resumen de las Características del diseño del Eje 02 | 86 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS..... | 88 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 94 |
| CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES..... | 95 |
| CAPÍTULO VII. REFERENCIAS..... | 96 |
| CAPÍTULO VIII. ANEXOS | 98 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N° 01 Pendientes Máximas..... | 32 |
| Tabla N° 02 Cantidad de Elementos..... | 40 |
| Tabla N° 03 Longitud de Elementos | 41 |
| Tabla N° 04 Cuadro de Coordenadas | 41 |
| Tabla N° 05 Estaciones de conteo de Tráfico..... | 45 |
| Tabla N° 06 Tráfico Desviado..... | 46 |
| Tabla N° 07 Tráfico Generado | 46 |
| Tabla N° 08 Tráfico Proyectado | 46 |
| Tabla N° 09 Tráfico Generado | 47 |
| Tabla N° 10 Radios máximos y mínimos y ángulos para semirremolque simple T2S1 | 48 |
| Tabla N° 11 Radios Distancia de visibilidad de parada (metros)..... | 48 |
| Tabla N° 12 Longitudes de tramos en tangente..... | 49 |
| Tabla N° 13 Longitud de radios y peralte mínimos y máximos | 50 |
| Tabla N° 14 Radio mínimos en contraperalte vías pavimentadas | 50 |
| Tabla N° 15 Anchos mínimos de calzada tangente | 54 |
| Tabla N° 16 Ancho de bermas..... | 54 |
| Tabla N° 17 Porcentajes de bombeo según el tipo de carpeta asfáltica..... | 55 |
| Tabla N° 18 Separador Central EJE 01 | 56 |
| Tabla N° 19 Separador Central EJE 02 | 56 |
| Tabla N° 20 Ubicación de Evacuaciones Peatonales | 68 |
| Tabla N° 21 Túnel de Conexión Vehicular | 71 |
| Tabla N° 22 Ubicación de las plazoletas | 74 |
| Tabla N° 23 Ubicación de Auxilio Peatonal..... | 78 |

| | |
|---|----|
| Tabla N° 24 Pavimento según Tramos | 83 |
| Tabla N° 25 Características Técnicas de Diseño Eje 01..... | 84 |
| Tabla N° 26 Características Técnicas de Diseño Eje 02..... | 86 |
| Tabla N° 27 Puente Los Ángeles – Ricardo Palma, Situación “sin proyecto” Pavimento Rígido | 88 |
| Tabla N° 28 Puente Los Ángeles – Ricardo Palma, Situación “con proyecto” Pavimento Rígido | 89 |
| Tabla N° 29 Dimensiones y Cantidades de Elementos | 90 |
| Tabla N° 30 Longitud del proyecto | 91 |
| Tabla N° 31 Progresivas de longitud del tramo en estudio | 92 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N° 1 Organigrama Empresa Cataluña Ingenieros S.A.C. | 15 |
| Figura N° 2: Plano de las Provincias de Lima y Callao | 17 |
| Figura N° 3: La Carretera Central | 19 |
| Figura N° 4: La Carretera Central | 27 |
| Figura N° 5: Simbología de la Curva Circular. | 29 |
| Figura N° 06: Curva mínima convexa en relación a la visibilidad de parada | 34 |
| Figura N° 07: Casos de Bombeo | 36 |
| Figura N° 08: Sección típica del túnel..... | 37 |
| Figura N° 09: Imagen satelital de la zona de influencia del proyecto | 38 |
| Figura N° 10: Mapa vial de acceso..... | 39 |
| Figura N° 11: Esquema de elementos..... | 42 |
| Figura N° 12: Plano: RP-OB-2.2DGT-04-001-024..... | 43 |
| Figura N° 13: Mapa vial de acceso..... | 44 |
| Figura N° 14: Vehículo de Diseño T2S1 | 47 |
| Figura N° 15: Pendientes y rampas máximas | 53 |
| Figura N° 16: Separador Central en Accesos (Eje 01 y Eje 02)..... | 57 |
| Figura N° 17: Separador Central en Viaductos (Eje 01 y Eje 02)..... | 58 |
| Figura N° 18: Separador Central de Túneles (Eje 01 y Eje 02)..... | 59 |
| Figura N° 19: Separador Central En Intercambio Vial Salida (Eje 01 y Eje 02) | 60 |
| Figura N° 20: Gálibo para vías férreas de dos carriles en 5.415 m. | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura N° 21: Gálibo para vías férreas de un carril en 5.415 m. | 62 |
| Figura N° 22: Secciones Típica Tipo Acceso..... | 63 |
| Figura N° 23: Secciones Típica Tipo Viaducto..... | 64 |
| Figura N° 24: Secciones Típica Túnel en Roca..... | 65 |
| Figura N° 25: Secciones Típica Túnel en Material Suelto | 66 |
| Figura N° 26: Esquema de Evacuación de Peatones | 67 |
| Figura N° 27: Esquema de Evacuación de Vehículos en Túneles..... | 69 |
| Figura N° 28: Esquema de Evacuación de Vehículos en Túneles..... | 70 |
| Figura N° 29: Plazoletas de estacionamiento de emergencia. | 73 |
| Figura N° 30: Pares de plazoletas ubicados en la zona de conexión vehicular. | 73 |
| Figura N° 31: Dimensiones Del Módulo De Auxilio Peatonal | 76 |
| Figura N° 32: Ejemplo de módulos o refugio de auxilio peatonal en el túnel..... | 76 |
| Figura N° 33: Ejemplo de postes SOS exterior al túnel | 77 |
| Figura N° 34 Esquema Final..... | 91 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación N°01 Cálculo de distancia de visibilidad de parada | 26 |
| Ecuación N°02 Radios mínimos de curvatura Horizontal | 29 |
| Ecuación N°03 Peralte máximo..... | 30 |
| Ecuación N°04 Sobreancho en la curva..... | 30 |
| Ecuación N°05 Sobreancho para Vehículos | 31 |
| Ecuación N°06 Longitud de curva vertical convexas mayores a D_p | 33 |
| Ecuación N°07 Longitud de curva vertical convexas menores a D_p | 33 |
| Ecuación N°08 Cálculo de Sobreancho | 51 |
| Ecuación N°09 Ancho de Carril en Curva..... | 51 |

RESUMEN

El presente trabajo presenta la propuesta de todos los aspectos relacionados con el diseño geométrico para así identificar si las características geológicas de la zona comprendida entre el Puente Los Ángeles y Ricardo Palma pueden determinar un menor riesgo vial. El diseño Geométrico del presente proyecto se desarrolló con los cálculos y análisis enfocados en la parte de transporte y diseño vial para ajustar la vía proyectada en sección de Túnel de doble eje a la geología del lugar, satisfaciendo estándares de seguridad, servicio y funcionamiento.

Esta investigación tiene como objetivo la elaboración de la Seguridad Vial del proyecto, el cual se establece en base a las consideraciones técnicas y la normativa vigente del Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC). Los resultados obtenidos establecen una relación positiva entre la implementación de este diseño geométrico innovador según las características geológicas en el tramo ya planteado, por ello presentan una afinidad en los resultados con diversas investigaciones relacionadas con las variables de investigación; ya que se constituyen como ejes decisivos en la disminución del riesgo de la seguridad vial.

La limitación que se ha tenido para desarrollar el presente trabajo en primer lugar es el tema económico para poder realizar prospecciones geológicas con sondajes a gran profundidad, no obstante, la propuesta de diseño geométrico presentada se centra en la definición de los diseños en planta, perfil y sección transversal.

PALABRAS CLAVE: Diseño Geométrico, Estudio Geológico, Seguridad Vial, Carretera Central.

ABSTRACT

The present study reviews all aspects related to geometric design in order to identify if the geological characteristics of the area between the Los Angeles Bridge and Ricardo Palma can determine a lower road risk. The Geometric design of this project was developed with the calculations and analyzes focused on the transport and road design part to adjust the projected road in the double-axis Tunnel section to the geology of the place, satisfying standards of safety, service and operation.

The objective of this research is to prepare the Road Safety of the project, which is established based on technical considerations and the current regulations of the Ministry of Transport and Communications (MTC). The results obtained establish a positive relationship between the implementation of this innovative geometric design according to the geological characteristics in the section already proposed, for this reason they present an affinity in the results with various investigations related to the research variables; since they are constituted as decisive axes in reducing the risk of road safety.

The limitation that has been had to develop the present work in the first place is the economic issue to be able to carry out geological prospecting with deep drilling, however, the geometric design proposal presented focuses on the definition of the designs in plan, profile and cross section.

Keywords: Geometric design, Geological Survey, road safety, Central Highway.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la Empresa

Cataluña Ingenieros S.A.C. (CISAC) es una CATALUÑA INGENIEROS SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA, es una empresa dedicada al rubro de consultoría de obras de infraestructura, está orientada a ofrecer servicios de calidad basados en nuestros valores y compromiso con el desarrollo del país, comprometidos en Asegurar la Satisfacción de las necesidades de nuestros clientes con servicios de calidad, brindando un buen servicio con personal calificado, óptima tecnología y cumpliendo con los requisitos legales.

Misión

Brindar servicios de consultoría satisfaciendo a nuestros clientes, contando con la infraestructura necesaria y un staff de profesionales comprometidos con las políticas de la empresa, contribuyendo con el desarrollo social y sostenible de nuestro país y de nuestros colaboradores.

Visión

Ser una de las empresas líder a nivel nacional e internacional, con responsabilidad y generando confianza. Consolidando nuestra imagen en servicios de consultoría de obras de infraestructura a nivel de estudios y supervisión.

Organigrama

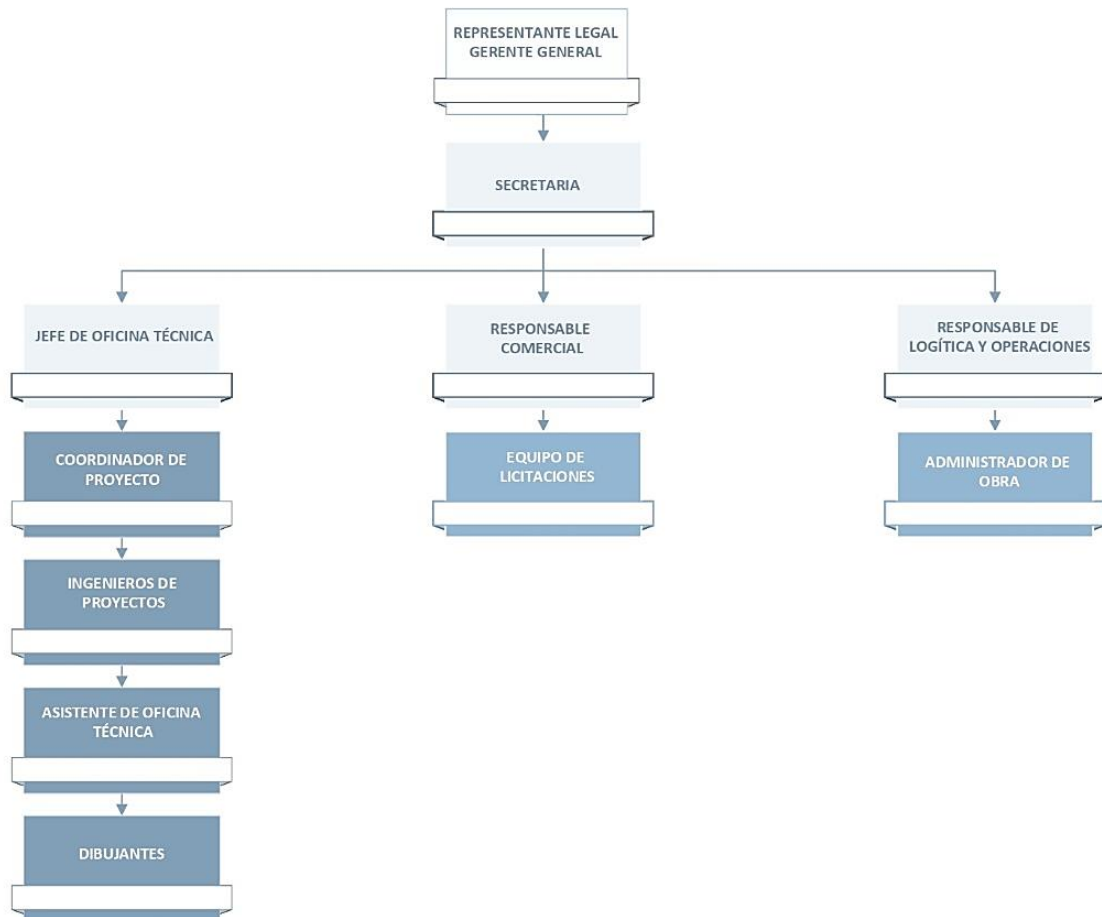


Figura N° 1 Organigrama Empresa Cataluña Ingenieros S.A.C.

Fuente: Empresa Cataluña Ingenieros S.A.C.

1.2 Realidad problemática

La Ciudad de Lima se encuentra entre las más pobladas del mundo, motivo por el cual concentra gran parte la economía del país como la industria, finanzas y comercio formal e informal pero sobre todo concentración de población que día a día necesita de alimentos provenientes de todas las regiones para alimentar a sus más de 8 millones de habitantes.

Los accidentes de tránsito son considerados como una epidemia de magnitud mundial por la OMS, cada año se producen en todo el mundo aproximadamente 1,24 millones de muertes por accidentes de tránsito cuya cifra es elevada e inaceptable. Cada año mueren cerca de 1,3 millones de personas en las carreteras del mundo entero, y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no mortales. Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte en todos los grupos etarios, y la primera entre personas de entre 15 y 29 años. (Organización Mundial de la Salud, 2019).

El Manual de Seguridad Vial (2017) cuenta con estudios realizados atribuyendo a tres elementos principales que contribuyen la ocurrencia del accidente de tránsito:

- 1) El factor Vial y el entorno en un 28%
- 2) El factor humano en un 94%
- 3) El factor vehículo en un 8%

La carretera central por su ubicación estratégica es el principal protagonista para la conexión de las regiones del centro del país, así como del oriente. Pero este protagonismo a deteriorado prematuramente y rebasado la capacidad de la carretera en sus tramos iniciales debido a la expansión urbana dándole uso de tránsito no solo interprovincial sino también de interurbano y urbano produciendo no solo falencias técnicas al diseño sino también de seguridad vial, confort a los conductores y serviciabilidad a los usuarios.

De plantear un nuevo trazo vial para el tramo comprendido en el estudio no solo aliviará los peligros viales existentes en una zona urbana que no está diseñada para soportar una carga vehicular pesada sino que también solucionará el problema de los usuarios que no tienen como origen las ciudades que por necesidad la cruzan, evitando zonas de alta concentración de accidentes, congestión, contaminación ambiental y deterioro a vial con diseño de tráfico menor.



Figura N° 2: Plano de las Provincias de Lima y Callao

Fuente: Empresa Cataluña Ingenieros S.A.C.

El nuevo diseño planteando debe de tener sinergia con la geología local dado que es un factor primordial a tener en cuenta en las propuestas de trazo. La zona presenta una geología escarpada motivo por el cual no podemos pensar en un diseño convencional que conlleve a bajar el nivel de serviciabilidad, sino una propuesta que potencialice los factores técnicos establecidos en la norma peruana para diseños viales.

Asimismo con una propuesta técnica de alto nivel de simplicidad para los conductores se elevará el nivel de seguridad vial para los peatones, y con una buena implementación de señalización los usuarios de la carretera sentirán la seguridad de evitar zonas de congestionamiento, zonas de accidentes de tráfico y se elevará el nivel de servicio de la vía.

1.3 Formulación del Problema

Las condiciones de transitabilidad mejoran cuando se aplican diseños geométricos viales acordes a la normativa técnica vigente DG 2018, aspecto que debe ser aplicado a las tres etapas del diseño geométrico: diseño horizontal o en planta, diseño en perfil longitudinal, y diseño en secciones transversales.

Es en esta última etapa del diseño geométrico que se tiene que evaluar los tipos de secciones transversales, siendo más empleados el corte en media ladera, corte cerrado, relleno, media ladera, y sección abovedada tipo túnel.

La sección tipo túnel requiere de un análisis no solo geométrico si no también estudios geológicos y geotécnicos que permitan asegurar la factibilidad de poder ejecutar un proceso constructivo en función al perfil geológico a lo largo del tramo con sección en túnel.

1.3.1 Problema General

¿Cuál es el resultado de la propuesta del diseño Vial que podría mejorar la transitabilidad en la Carretera Central, tramo: Autopista Pte. Los Ángeles - Ricardo Palma?

1.3.2 Problema Específico

- **Problema Específico 1**

¿Cuáles son las características de diseño vial y cómo estás impactan en la transitabilidad de la vía?

- **Problema Específico 2**

¿Es posible proyectar las características viales considerando la demanda proyectada para un periodo de evaluación?

- **Problema Específico 3**

¿Cómo el diseño geométrico de la vía contribuye en la mejora de la transitabilidad?

1.4 Antecedentes

El diario El Comercio señala en su edición de 22 de enero de 2017 lo siguiente:

“En 1953, José María Arguedas describió así a la vía que conecta Lima con la sierra central del país. Una ruta que hoy recibe siete mil vehículos diarios, pero que, antes de ser colapsada por camiones o bloqueada por constantes deslizamientos, era un simple camino rural recorrido por mulas y otros animales de carga”

Años antes en principios de los 20 y mediados de los 30, el presidente actual de los años mencionados Augusto B. Leguía, promovió la iniciativa de la construcción del actual panamericano norte y adicionando a su propuesta una ruta que conectaría la ciudad de Lima al centro del país. Sin embargo, solo se pudo concretar el primer tramo llegando así solo hasta el actual San Juan de Lurigancho.

El asfaltado de la carretera central recién llegó en el segundo gobierno de Belaunde, dándole una mejor capacidad de carga y nivel de servicio; a pesar de ellos las lluvias eventuales en los meses de enero a marzo generaban derrumbes, huacos y paralizaciones a la vía las cuales se presentan hasta la actualidad.



Figura N° 3: La Carretera Central

Fuente: Alayo, F. (22 de enero de 2017). *La 'explosiva' ruta hacia el centro*. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/explosiva-ruta-centro-160380?foto=2>

1.4.1 Antecedentes Internacionales

Parrado & García. (2017), con su investigación Propuesta de un Diseño Geométrico Vial para el mejoramiento de la movilidad de un Sector Periférico del Occidente de Bogotá determinaron que la propuesta de un diseño vial tipo variante para los municipios de Funza y Mosquera solucionaría las falencias que tiene el flujo vehicular, mejorando así el nivel de servicio con una vía de alta velocidad entre 100 Km/h y 120 Km/h que en consecuencia brindaba una mayor seguridad vial y confort a las usuarios que transitaban por dicha ruta.

García, Pérez & Camacho. (2012), Realizaron un estudio sobre Introducción al Diseño Geométrico de Carreteras: Concepción y Planteamiento determinaron que un diseño afable, fácil de comprender para los conductores mejora potencialmente la seguridad vial, siendo este el elemento primordial que enlaza los diversos criterios de diseño. Los parámetros deben de estar proyectados a las reacciones de los usuarios frente a los diseños planteados para obtener una mejora en el diseño basado en la confianza de los usuarios.

1.4.2 Antecedentes Nacionales

Choctalin & Guevara. (2016), estudiaron el diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, agua santa, distrito de Santo Tomas - provincia de Luya – Amazonas, de los estudios realizados se obtuvo según los criterios de diseño de la DG-2014 que corresponde a una carretera tercera clase fundamentalmente por dos criterios. La topografía escarpada y la cantidad de usuarios proyectados a la vía, logrando así una interconexión entre las poblaciones aledañas y mejorando las proyecciones de desarrollo.

Reinoso (2013) investigó el análisis de las características geométricas de la ruta pe-06 a en el departamento de Lambayeque con propuesta de solución al empalme pe-1n en el área metropolitana de Chiclayo determino en su objetivo general planteado al inicio de la investigación se concluye que: - Se contrasta la hipótesis de investigación y se prueba que es válida, ya que el determinar los criterios de diseño para la vía en estudio en comparación con los criterios del año 2001, permitió contar con propuestas de

mejoramiento del trazo con el objetivo de optimizar el servicio de transporte y la seguridad vial, incluyendo la solución al empalme con la Panamericana Norte, disminuyendo el tráfico hacia Lambayeque y los problemas urbanos que se presentaban.

Tarazona. (2008) realizó un estudio sobre el Diseño Geométrico de la Carretera Sayánacotama don Datos de campo Tomados con Gps donde llegaron a la conclusión que los parámetros y elementos básicos de diseño, fueron tomados en su mayoría del Manual de diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito-2005, aplicable a caminos de IMD menor a 400 vehículo por día (veh./día). En esta categoría se encuentran el 87% de la red vial, cuyos valores representan el límite inferior de tolerancia de diseño. En la elaboración de proyectos de infraestructura vial es importante que éste tenga un sustento técnico que demuestre su vialidad (SNIP), por ende es necesario determinar las características técnicas de la vía, que están en función de la clasificación de la carretera e IMD proyectado y el tipo de orografía.

1.5 Justificación

La investigación es necesaria para los responsables en decisiones para mejorar la Seguridad Vial en nuestro país tiene una pertinencia aplicativa, ya que con dicho estudio se podrá tomar medidas que beneficien a esta población. Los datos antes señalados demuestran que la situación de seguridad vial en el Perú con costos mayor al 2% del PBI nacional está cobrando gran magnitud, se evidencia que la seguridad vial se ha convertido en un problema social, económica y ambiental; ya que cada año va en aumento por ello es un problema de interés nacional. (Castillo, 2013).

Y por esta razón es por la que nace esta iniciativa de plantear un nuevo trazo en sección de aproximadamente 14,7 kilómetros de los cuales 13,27 kilómetros son en sección tipo túnel gemelo, evaluando todos los aspectos técnicos, económicos y sociales para poder así unir las provincias de Lima con Huarochirí

Para calcular la viabilidad económica de las alternativas del proyecto se evaluará los beneficios obtenidos por los usuarios de la vía como tiempo, nivel de confort, contaminación ambiental, entre otros contra el monto de inversión y mantenimiento.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) señala la propuesta de la iniciativa implementando un proyecto para fortalecer la articulación de la cadena logística y minimizar el riesgo vial de las principales vías de transporte del país; así mismo permitirá reducir el tiempo de viaje, disminuirá los accidentes además de crear un tráfico adicional en la carretera, permitirá la modernización y mejor infraestructura, y fomentará el desarrollo económico de la zona de influencia del proyecto.

Otros beneficios que generaría este proyecto están la reducción en los costos de operación de vehículos, la reducción de los costos de mantenimiento, descongestión vehicular en Chosica, disminución de la contaminación ambiental en la ciudad y la generación de nuevas actividades comerciales en la ciudad al ser más amigable por la disminución de la congestión vehicular.

Es conveniente realizar investigaciones que ayuden a disminuir la incidencia de los factores: Humano, Vehículo y Vial-entorno, principalmente de esta última, como una tarea y aporte de la Ingeniería de Transportes, por el cual hemos sido formados. Muchos de los accidentes se atribuyen a los conductores (Factor Humano) cuando podrían ser a la infraestructura vial por presentar deficiencias y a quienes los administran, siendo muy necesario plantear un Enfoque Integral de la Seguridad Vial donde incluya un nuevo factor fundamental. (Huamanchao, 2017).

1. Factor Humano
2. Vehículo
3. Infraestructura
4. Instituciones

1.5.1 Justificación Aplicativa

Según Bernal, 2010, la justificación práctica, se debe de hacer cuando el desarrollo de la investigación ayuda a resolver un problema o por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo.

La propuesta de mejora de transitabilidad mediante diseño vial con sección tipo túnel, en el tramo de carretera Puente Los Ángeles – Ricardo Palma, se realiza porque existe la necesidad de mejorar el nivel de desempeño de la capacidad de circulación del tránsito vehicular, con el uso de las teorías y normas de diseño geométrico de carreteras.

1.5.2 Justificación Teórica

La justificación teórica se hace cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados, hacer epistemología del conocimiento existente o cuando se busca mostrar las soluciones de un modelo.

La propuesta de mejora de transitabilidad mediante diseño vial con sección tipo túnel, en el tramo de carretera Puente Los Ángeles – Ricardo Palma se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el diseño geométrico vial en zonas donde las condiciones de terreno y geología permiten definir una sección transversal tipo túnel, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta, para ser incorporado como conocimiento a la carrera de ingeniería civil.

1.6 Objetivo

1.6.1 Objetivo General

Determinar la propuesta de diseño geométrico vial acorde con la característica de la demanda de transitabilidad en la Carretera central tramo: Autopista Pte. Los Ángeles - Ricardo Palma.

1.6.2 Objetivos Específicos

- **Objetivos Específicos 1**

Determinar los parámetros de diseño geométrico vial que influyen en la transitabilidad y seguridad vial.

- **Objetivos Específicos 2**

Determinar la demanda proyectada que la vía soportará para un periodo de 20 y 100 años.

- **Objetivos Específicos 3**

Determinar las características geométricas que debe tener la vía para contar con condiciones óptimas de transitabilidad y seguridad vial.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

El diseño vial de un túnel, no solo se basa en los parámetros geométricos; sino también en la topografía de los terrenos como lo mencionan diversos autores llegando a la conclusión de que ambos elementos son indispensables para su diseño.

Según Scipión, 1999, cuando al proyectar un camino, se encuentra un macizo montañoso (Cerro), puede resultar más económico, que hacer un desarrollo o buscar que pasar por el pie, perforar la montaña con un túnel, logrando una importante reducción de la longitud a recorrerse. Se ejecuta un túnel como razón primordial, el acortar el trazado y obtener una economía en la construcción o explotación de la vía.

2.1.1. Velocidad de Diseño:

Según el Manual De Carreteras Diseño Geométrico (DG) - 2018 indica que la velocidad de diseño se define de la siguiente manera:

Es el valor máximo que se puede alcanzar en un tramo de vía para garantizar de los parámetros de seguridad diseñados. Dicho valor no debe contar con mucha variación entre los tramos dado que debe ser consecuente a las velocidades frecuentes de los conductores, para así poder otorgarles tranquilidad y confort en el manejo. (p.96)

Añadido a lo antes señalado, el Manual de Carreteras, Túneles, Muros y Obras Complementarias del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Edición junio de 2014).

La velocidad máxima de circulación dentro del túnel será la que corresponde a la velocidad del proyecto de la carretera reducida en 20 km/h.

2.1.2. Distancia de Visibilidad:

De igual manera el manual (DG) indica que es la longitud de un tramo libre de carretera que tiene un conductor para efectuar diversas maniobras según sea el requerimiento. (p.103)

2.1.2.1. Distancia de Visibilidad de Parada

Es la distancia mínima necesaria que requiere un vehículo cuando viaja a la velocidad de diseño para detenerse frente a un objeto inmóvil, la cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$Dp = 0.278 + V + t_p + 0.039 \frac{V^2}{a}$$

Ecuación N°01 Cálculo de distancia de visibilidad de parada

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de Diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción más reacción (s)

a : deceleración en m/s²

(Fuente: *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*)

2.1.2.2. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento

Es la longitud que necesita un conductor para sobrepasar a otro que se dirigen hacia el mismo sentido, cumpliendo así con todos los parámetros de seguridad y consistencia. Siendo la diferencia de velocidades entre conductores 15K m/h como mínimo, lo cual no modificara la circulación de un tercer vehículo en sentido opuesto.

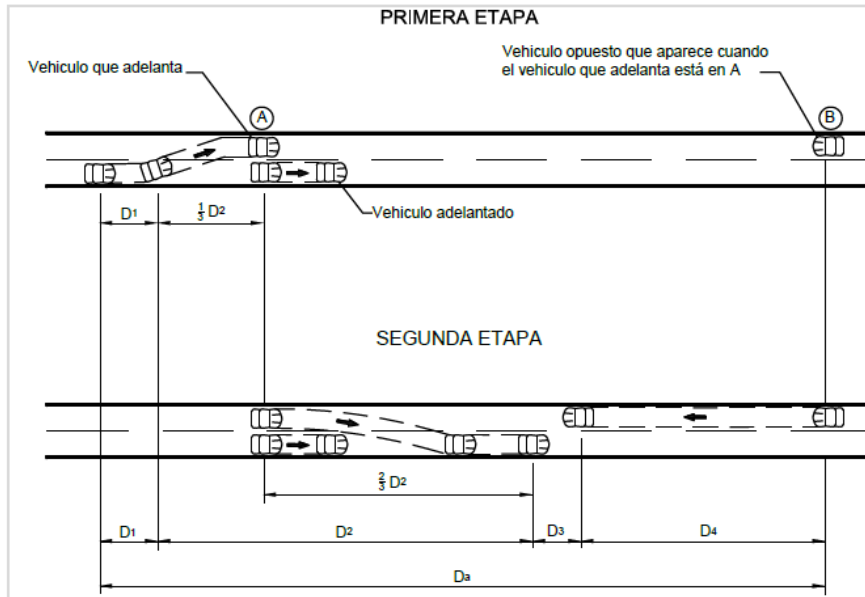


Figura N° 4: La Carretera Central

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (pp. 96-107). Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

2.1.3. Facilidades para peatones:

Son elementos que se utilizan para mejorar el nivel de servicio de la vía para con los peatones. Asimismo contribuyen con la seguridad vial de los transeúntes, estas pueden ser mejoradas, proyectadas y obras auxiliares.

2.1.4. Valores estéticos y ecológicos:

En el diseño de una vía no solo se tendrá en cuenta la incorporación al paisaje, sino también el aprovechamiento de las vistas naturales de la zona. En ese sentido los parámetros de diseño tienen que estar en armonía con el entorno para lograr valores estéticos y ecológicos.

2.1.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Secciones Transversales:

Los componentes de diseño de una infraestructura vial como (planta, perfil y sección transversal), deben ser compatibles para asegurar el flujo ininterrumpido de los vehículos, para conservar la velocidad estimada en la vía según con los parámetros diseñados. Esto se logra desarrollando el proyecto con adecuados elementos técnicos como velocidad de diseño, peralte, curvaturas verticales y horizontales entre otras. Entonces se entiende que inicio de un diseño vial, nace cuando se determina dentro de las condiciones técnicas y económicas la velocidad para cada tramo de la vía.

2.1.5.1. Tramos Tangentes

Según el Manual De Carreteras Diseño Geométrico (DG-2018), son los tramos en línea recta mínimos y máximos deseables de una vía estos se calculan en función a la velocidad de diseño (V), el cual se presenta en la siguiente ecuación:

$$L_{mín.s} = 1.39 V$$

$$L_{mín.o} = 2.78 V$$

$$L_{máx} = 16.70 V$$

$L_{mín.s}$: Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineación recta entre alineación con radios de curvatura en dirección opuesto).

$L_{mín.o}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineación con radios de curvatura de la misma dirección).

$L_{máx}$: Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

2.1.5.2. Curvas Circulares

El Manual DG-2018 define longitudes de arco que sirve como conexión para dos tramos tangentes, estas curvas proyectan horizontalmente las curvas reales. (p. 127)

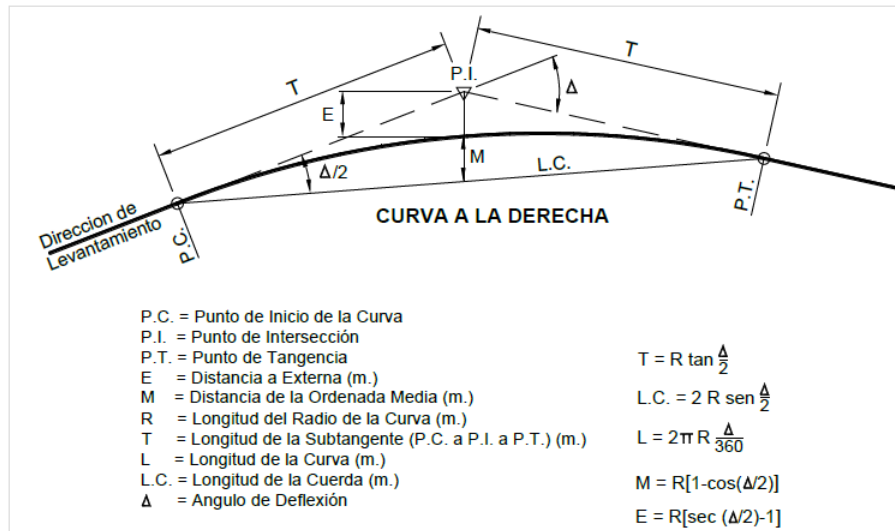


Figura N° 5: Simbología de la Curva Circular

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (pp. 125-128). Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

2.1.5.3. Radios Mínimos

Es el menor que puede desarrollarse con la velocidad de diseño y la tasa de peralte máxima cumpliendo los parámetros de serviciabilidad y seguridad óptimos. El cual puede calcularse con la siguiente ecuación:

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

Ecuación N°02 Radios mínimos de curvatura Horizontal

Dónde:

$R_{\text{mín}}$: Longitud Mínima para Radio de Curvatura

V : Velocidad de Diseño

$P_{\text{máx}}$: Máximo valor de Peralte asociado

$f_{\text{máx}}$: Máximo valor de coeficiente de fricción

2.1.5.4. Peralte

Es la inclinación necesaria de una vía para contrarrestar las fuerzas ejercidas sobre un vehículo en giro. La actual norma de seguridad indica una ecuación para así lograr calcular el peralte.

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

Ecuación N°03 Peralte máximo.

Dónde:

- p : Valor máximo de peralte
 V : Velocidad de Diseño
 R : Longitud Mínima de Radio
 f : Máximo valor de coeficiente de fricción lateral

(Fuente: *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*)

2.1.5.5. Sobreebancho

La norma DG-2018 Sobreebancho se calcula con la siguiente ecuación:

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

Ecuación N°04 Sobreebancho en la curva

Donde:

- n : Cantidad de carriles
 R : Radio
 L : Longitud de separación entre el eje posterior y frontal
 V : Velocidad de diseño

A continuación se presenta la ecuación para anchos de carril en curva para vehículos en general

$$\text{Ancho de Carril en Curva} = u + R - \sqrt{R^2 - \sum L^2}$$

Ecuación N°05 Sobreechancho para Vehículos

Donde:

u : Media de la Calzada en tangente

R : Radio

Li : Longitud de separación entre ejes del vehículo de diseño entre ejes correlativos (o conjuntos de ejes en tándem) y puntos de articulación.

2.1.5.6. Pendiente

De acuerdo a la norma (DG-2018) menciona que 0.5% como pendiente mínima asegura un adecuado drenaje en las calzadas. En la siguiente tabla se observa los valores de las pendientes en función a la velocidad de diseño, carga vehicular, orografía entre otros.

Tabla N° 01

Pendientes Máximas

| Demanda Vehículos/día Características Tipo de orografía | Autopistas | | | | | | | | Carretera 4.000-2.001 | | | | Carretera 2.000-400 | | | | Carretera < 400 | | | |
|--|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|--------------------|------|-------|-------|
| | > 6.000 | | | | 6.000 - 4001 | | | | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Tercera clase | | | |
| | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Tercera clase | | | |
| | 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 | 10,0 |
| 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 | | |
| 90km/h | 4,50 | 4,50 | 5,00 | | 5,00 | 5,00 | 6,00 | | 5,00 | 5,00 | | | 6,00 | | | | 6,00 | 6,00 | | |
| 100km/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: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018), p. 171.

2.1.5.7. Curvas verticales

De acuerdo a la norma DG-2018:

- **Para calcular la visibilidad de parada (Dp)**

En el caso $D_p < L$;

$$L = \frac{VD_p^2}{100(\sqrt[2]{2h_1} + \sqrt[2]{2h_2})^2}$$

Ecuación N°06 Longitud de curva vertical convexas mayores a Dp.

En el caso $D_p > L$;

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

Ecuación N°07 Longitud de curva vertical convexas menores a Dp.

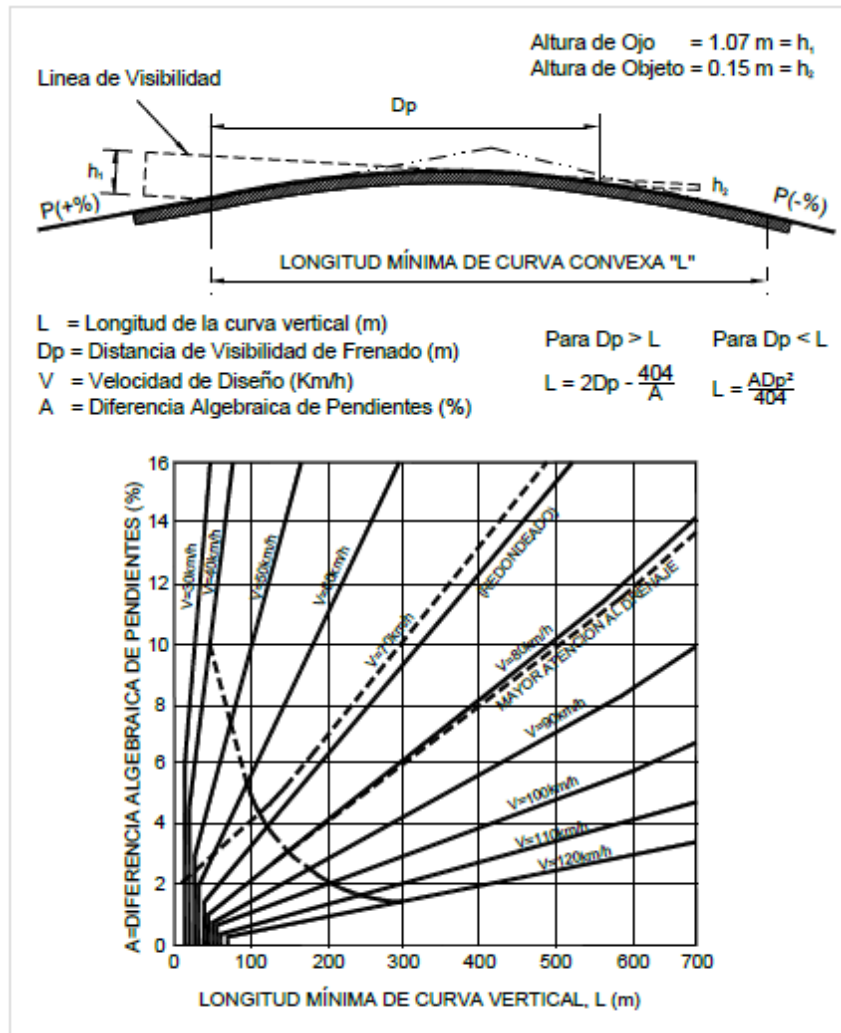


Figura N° 06: Curva mínima convexa en relación a la visibilidad de parada

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (pp. 174-178). Recuperado de <https://portal.mtc.gob.pe/>

2.1.6. Diseño Geométrico de la Sección transversal

Consiste en el diseño de la sección en relación a la topografía del terreno en la cual se desarrolla el proyecto vial. Es fundamental para la descripción de los elementos como pendiente, curvas entre otras desde la relación del plano vertical y horizontal.

Las secciones transversales son particulares para cada caso, dado que estas son producto de la relación de diversos elementos cuyos parámetros lo determinan la orografía del terreno y el trazo del proyecto vial.

La calzada es por lejos el elemento de mayor importancia en la sección dado que este nos permitirá definir el nivel de serviciabilidad de la vial, adicionalmente también son importantes los elementos como cunetas, bermas, taludes entre otros elementos complementarios.

2.1.6.1. Calzada

Es el elemento cuya función la de circulación. La cantidad de carriles se determina en función a la carga del tráfico, acorde al Tráfico Medio Diario Anual contemplado en los parámetros de diseño, el nivel de servicio que se desea obtener. Los anchos establecidos en la DG se usan 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m según corresponda.

2.1.6.2. Bermas

Es el ensanchamiento de la calzada que sirve para confinar la capa de rodadura y como parada en casos de emergencia. (DG-2018)

Según la norma peruana se determinan en función a la clasificación de la vía, el Tráfico de vehículos/día, características de la vía, su orografía y velocidad de diseño.

2.1.6.3. Bombeo

Es la inclinación mínima en las calzadas en curvas en contraperalte o tangente. Su función es retirar los líquidos en la calzada. Se calculan en función al tipo de calzada y del nivel de precipitaciones en la zona.

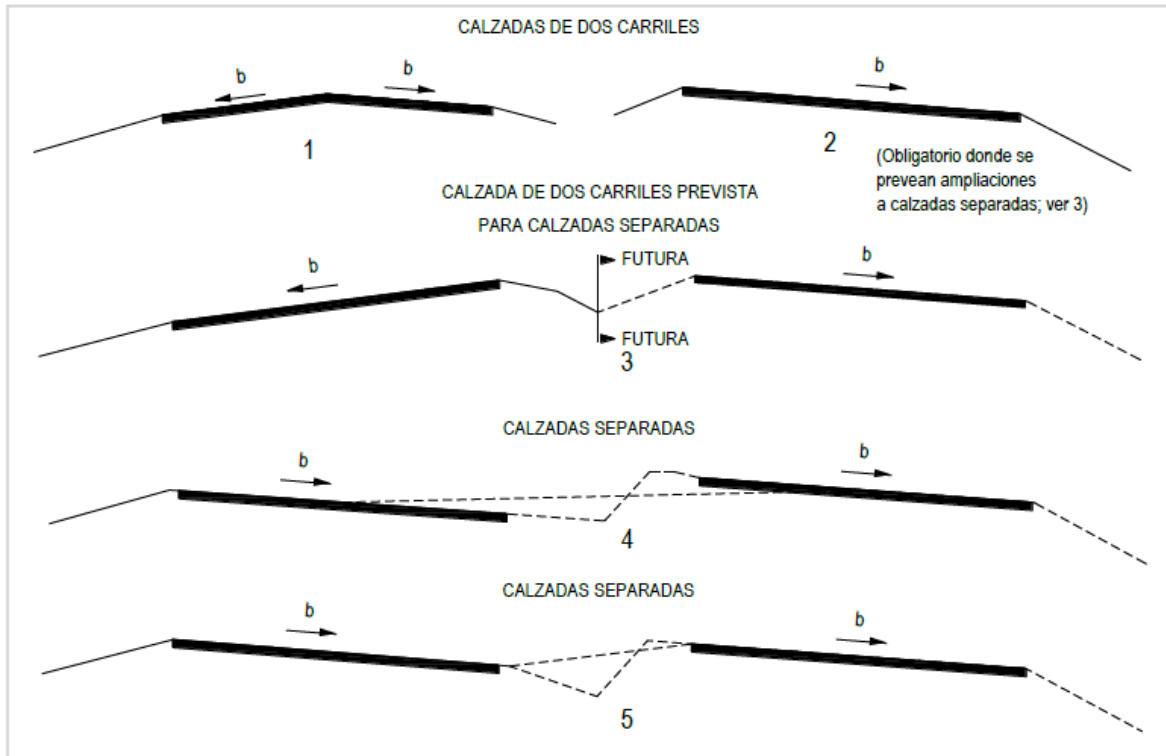


Figura N° 07: Casos de Bombeo

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (pp. 195-196). Recuperado de <https://portal.mtc.gob.pe/>

2.1.7. Separadores

Son elementos que se encuentran entre los ejes de la vía, pueden separar direcciones opuestas como también direcciones del mismo sentido.

Aparte de cumplir una función de separación entre ejes, también se utilizan para instalar deslumbramiento o como zonas de paradas de emergencia en casos de emergencia

Las dimensiones de separación pueden ser constantes en zonas tangentes u orografías onduladas, pero en zonas escarpadas puede variar según la topografía, asimismo para carreteras de primera clase la separación mínima establecida es de 6.00m.

2.1.8. Gálbo

En infraestructuras viales como puentes viales, peatonales o ferroviario se determina el gálbo como la distancia entre la parte inferior de la superestructura y la superficie de rodadura.

Como se muestra en la siguiente imagen el gálbo para túneles se determina como la distancia entre la superficie de rodadura y la proyección de la distancia de la calzada incluidos los carriles y bermas sobre el clave de la sección de túnel.

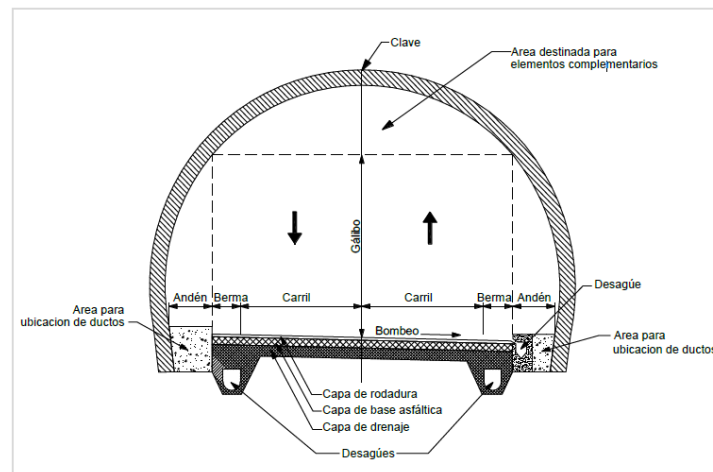


Figura N° 08: Sección típica del túnel

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (p.200)*. Recuperado de <https://portal.mtc.gob.pe/>

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1 Descripción del proyecto

El proyecto tiene como área de influencia el departamento de Lima en las provincias de Lima y Huarochirí, comprendido desde el puente Los Ángeles a Ricardo Palma. Ver anexo A.



Figura N° 09: Imagen satelital de la zona de influencia del proyecto

Fuente: Elaboración propia, vinculada de Google earth-Pro

El tiempo de acceso a la zona del proyecto es aproximadamente 1 hora saliendo de la ciudad de Lima, recorriendo el primer tramo de la carretera central hasta llegar a la ciudad de Chosica. La carretera se encuentra asfaltada y en buen estado.

Nuestro proyecto inicia en el empalme con el proyecto de la autopista Ramiro Priale (progresiva 28+967.071), motivo por el cual en el tramo inicial el proyecto se presenta la continuidad de criterios de diseño técnico.

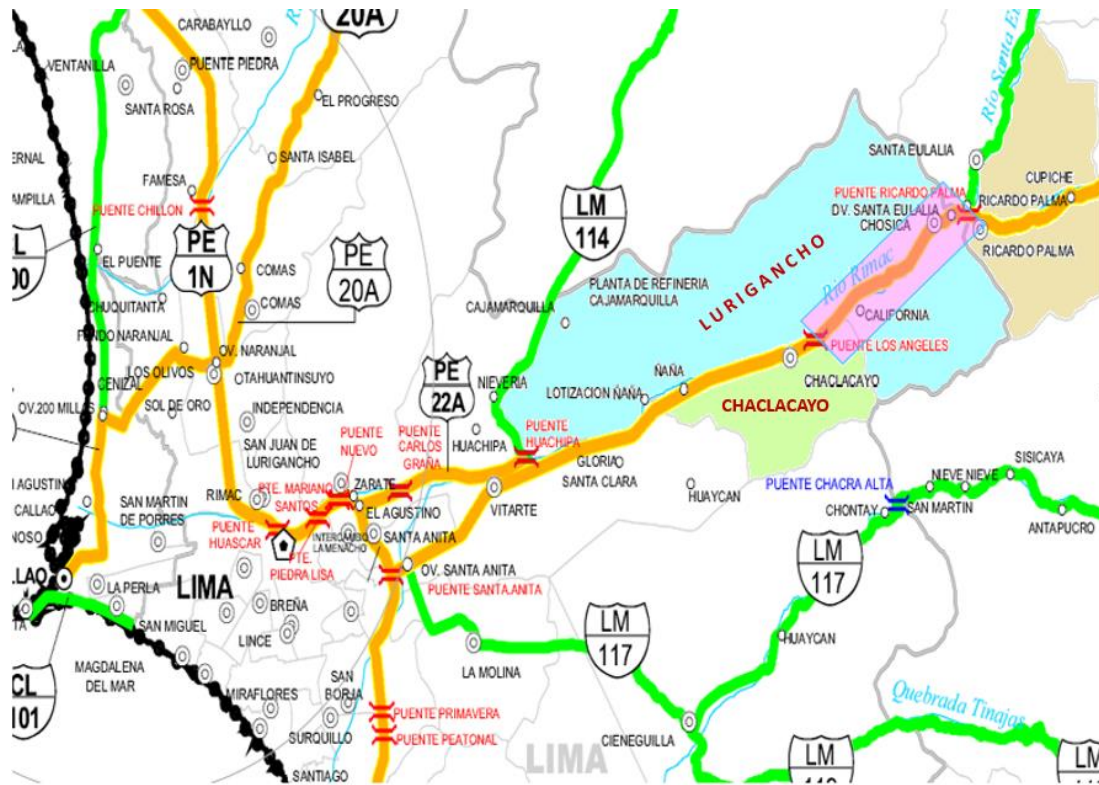


Figura N° 10: Mapa vial de acceso

Fuente: Elaboración propia.

Nuestro alineamiento Eje 01 seguirá la ruta para darle continuidad a la autopista Ramiro Priale, proyectando Viaducto, túnel e intercambio vial.

La infraestructura vial conlleva a una gran importancia para el desarrollo económico del país. Siendo las vías terrestres que interconectan los puntos de producción y consumo cuyo estado de conservación determinan un alto porcentaje del nivel de costo del transporte, los cuales a su vez influyen sobre los flujos de comercio nacional e internacional del país.

La vía proyectada será una variante, que evitará pasar por las zonas urbanas como son Chosica y Ricardo Palma, que por la gran demanda de tránsito vehicular de la vía existente Carretera Central (PE-22) esta no abastece ocasionando gran congestionamiento. Otro factor importante a considerar es en la época de lluvias (enero a marzo), la vía existente sufre interrupciones debido a la caída de huacos. Con la vía proyectada se evitará el congestionamiento vehicular y las interrupciones debido a la caída de huacos.

El diseño Geométrico del presente proyecto se desarrolló con los cálculos y análisis enfocados en la parte de transporte y diseño vial para ajustar la vía proyectada a la topografía del lugar, satisfaciendo estándares de seguridad, servicio y funcionamiento.

La clasificación se dio con los criterios de acuerdo a la necesidad operacional y funcional, conforme a la topografía y de acuerdo al estudio de tráfico. Como estructuras del proyecto desarrollado este consta de los siguientes componentes:

Tabla N° 02

Cantidad de Elementos

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | LONGITUD (m) |
|--|----------|--------------|
| Túneles Principales (Eje 01 Y Eje 02) | 2.00 | 26 485.60 |
| Túnel De Conexión Vehicular | 27.00 | 959.87 |
| Túnel De Conexión Peatonal | 32.00 | 634.56 |
| Plazoletas Pares | 42.00 | 1 624.92 |
| Chimeneas | 11.00 | 1 116.48 |
| Viaducto (2 Ejes) | 2.00 | 829.00 |
| Portales (2 Entrada Y 2 Salida) | 4.00 | 41.00 |
| Accesos (2 Entrada Y 2 Salida, Eje 01 Y Eje 02 Respectivamente) | 4.00 | 1 926.57 |
| Ramales (2 Entrada Y 4 Salida) | 6.00 | 3 186.26 |
| Puente Km 43+250 (Ramal 01 Salida) | 1.00 | 57.00 |
| Alcantarillas | 7.00 | 108.68 |
| Canales | 6.00 | 404.15 |
| Cunetas | 13.00 | 2 831.03 |

Como longitud total del proyecto considerando los componentes antes mencionados se tiene 35.55 km según el siguiente detalle:

Tabla N° 03

Longitud de Elementos

| COMPONENTES | LONGITUD (m) |
|--|--------------|
| Túnel Eje 01 | 13,215.60 |
| Túnel Eje 02 | 13,270.00 |
| Túneles de Servicio, Túneles de Conexiones | 3,080.98 |
| Viaductos (2) | 829.00 |
| Portales (2 Entrada y 2 Salida) | 41.00 |
| Accesos (2 Entrada y 2 Salida) | 1,926.57 |
| Ramales (2 Entrada y 4 Salida) | 3,186.26 |
| Total | 35,549.41 |

La longitud del tramo en estudio para el eje 01 es de 14.72 km y para el eje 02 es de 14.56 km cuyas progresivas son:

Tabla N° 04

Cuadro de Coordenadas

| EJES | Progresiva | INICIO | | | FINAL | | | LONG. (m) | |
|--------|------------|-------------|--------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------------------|--------------|-----------|
| | | Este (m) | Norte (m) | Elevación (m.s.n.m.) | Este (m) | Norte (m) | Elevación (m.s.n.m.) | | |
| EJE 01 | 28+967.07 | 310279.369 | 8676861.431 | 725.09 | 43+689.24 | 323109.233 | 8681654.512 | 1085.52 | 14,722.17 |
| EJE 02 | 29+140.00 | 310454.981 | 8676875.782 | 725.60 | 43+700.00 | 323109.233 | 8681654.512 | 1085.53 | 14,560.00 |

En la siguiente figura se puede apreciar el esquema estructural del proyecto.

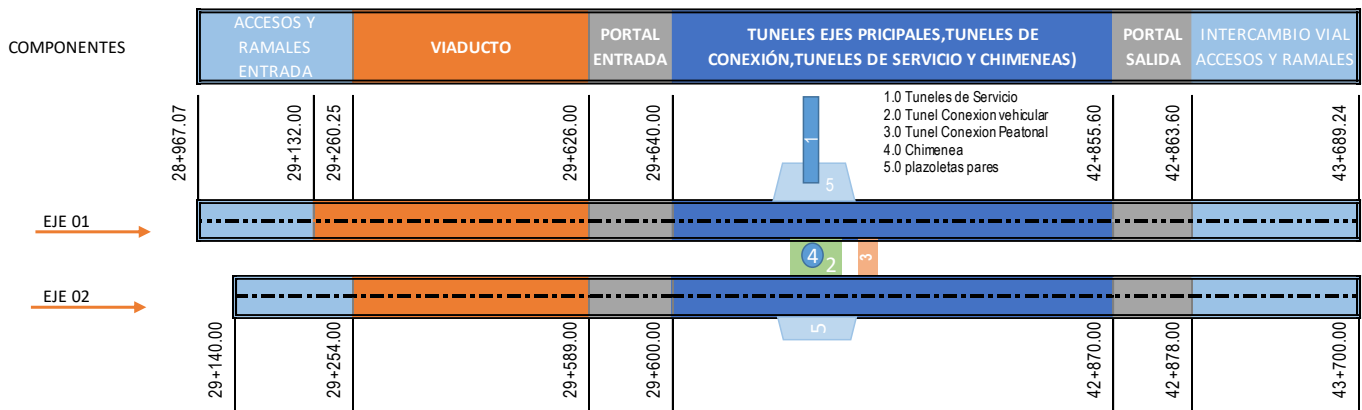


Figura N° 11: Esquema de elementos

Fuente: Elaboración propia.

Después de un arduo análisis se tomo como punto inicial del proyecto el fin de la vía Autopista Ramiro Priale, para homogenizar proyecto se tomo como referencia sus parámetros técnicos y geotécnicos para el empalme entre estos dos proyectos.

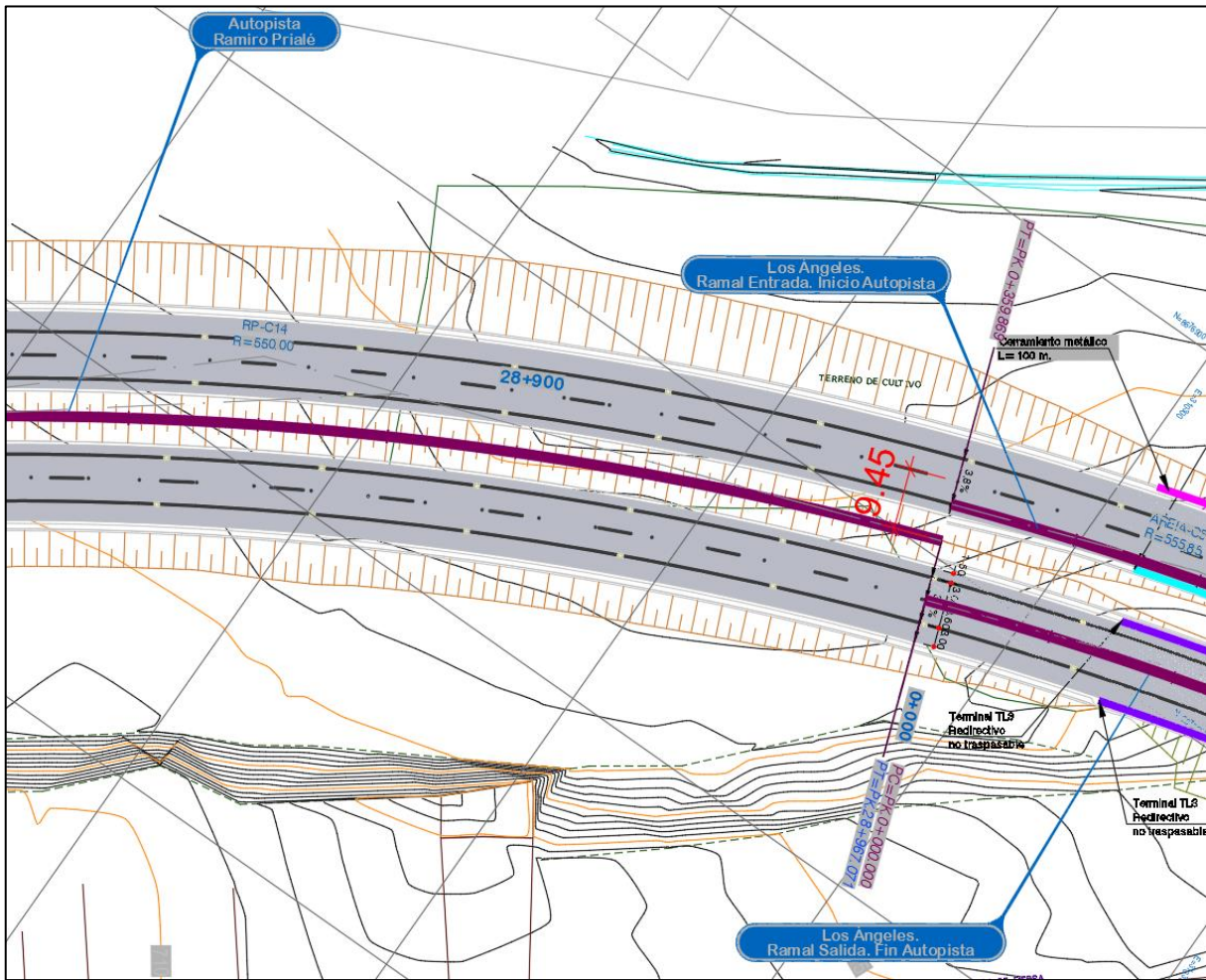


Figura N° 12: Plano: RP-OB-2.2DGT-04-001-024

Fuente: Proyecto Vías Nuevas De Lima Tramo Ramiro Priale.

El túnel empieza en la progresiva 29+640 y termina en la 42+855.60 respecto al Eje 01 (Longitud = 13,215.60 m), y respecto al Eje 02 en la progresiva 29+600 al 42+870 (Longitud = 13,270.00 m). El tipo de sostenimiento es de tres tipos: Tipo Roca II, Tipo Roca III y en suelo. La ubicación y el sustento del tipo de sostenimiento según la geología y geotecnia de la zona. A continuación se muestra la distribución por tipo de sostenimiento. Ver Anexo A.



Figura N° 13: Mapa vial de acceso

Fuente: Elaboración propia, vinculada de Ortofoto

3.2 Clasificación por su Demanda

El Objetivo del Estudio de tráfico es cuantificar, clasificar y determinar el volumen diario de los vehículos que transitan por la Carretera Central, tramo: Puente Los Ángeles - Ricardo Palma. Asimismo, habiéndose calculado los resultados del tráfico vehicular, se podrá determinar los elementos básicos y necesarios para hallar el nuevo flujo vehicular de la autopista. Además, servirá de base para el análisis económico, específicamente para el cálculo de los costos de operación y de mantenimiento vehicular y los ahorros por reducción en el tiempo de viajes de los usuarios y el ahorro en el costo de accidentes atribuibles a la mejoría de la vía

Los trabajos de campo fueron realizados por personal calificado para poder detallar cualquier eventualidad en el proceso de validación de datos, se mantuvo una constante supervisión mediante especialistas para validar la confiabilidad de los datos obtenidos.

El Conteo y Clasificación Vehicular de tráfico se realizó según lo establecido en los términos de referencia, en 4 estaciones durante las 24 horas diarias por una semana. Ver Anexo E1, E2, E3 y E4.

Tabla N° 05

Estaciones de Conteo de Tráfico

| ESTACIÓN | TIPO DE CONTEO | Fecha de Inicio | Fecha Final | Días |
|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|------|
| E1 Pte. Los Ángeles | Lineal | 06/05/2019 | 12/05/2019 | 7 |
| E2 Jr. Túpac Amaru | Lineal | 06/05/2019 | 12/05/2019 | 7 |
| E3 Jr. Huacho | Lineal | 06/05/2019 | 12/05/2019 | 7 |
| E4 Pte. Ricardo Palma | Lineal | 06/05/2019 | 12/05/2019 | 7 |

Tabla N° 06

Tráfico Desviado

| Tráfico Total Desviado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Tasa de Crecimiento Vehículo Livianos | | 4.72% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Crecimiento Vehículo Omnibus | | 4.13% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Crecimiento Vehículo Pesados | | 5.50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tráfico Generado | | 5.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vehículo | Tasa Gener | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2059 | 2079 | 2099 | 2119 |
| Vehículos Livianos | 4.72% | 3,550 | 3,717 | 3,892 | 4,077 | 4,269 | 4,470 | 4,682 | 4,903 | 5,133 | 5,377 | 5,631 | 5,896 | 6,174 | 6,466 | 6,771 | 7,091 | 7,425 | 7,776 | 8,141 | 8,527 | 8,928 | 9,351 | 9,791 | 10,253 | 22,459 | 56,493 | 142,102 | 357,430 |
| Vehículos Omnibus | 4.13% | 723 | 752 | 784 | 817 | 849 | 885 | 921 | 960 | 999 | 1,040 | 1,083 | 1,129 | 1,175 | 1,224 | 1,275 | 1,327 | 1,382 | 1,439 | 1,497 | 1,559 | 1,624 | 1,691 | 1,761 | 1,834 | 3,649 | 8,197 | 18,416 | 41,374 |
| Vehículos Pesados | 5.50% | 2,963 | 3,123 | 3,297 | 3,478 | 3,669 | 3,873 | 4,084 | 4,309 | 4,547 | 4,796 | 5,061 | 5,338 | 5,633 | 5,940 | 6,270 | 6,614 | 6,978 | 7,360 | 7,766 | 8,192 | 8,645 | 9,119 | 9,619 | 10,151 | 25,221 | 73,589 | 214,712 | 626,475 |
| TOTAL | | 7236 | 7592 | 7973 | 8372 | 8787 | 9228 | 9687 | 10172 | 10679 | 11213 | 11775 | 12363 | 12982 | 13630 | 14316 | 15032 | 15785 | 16575 | 17404 | 18278 | 19197 | 20161 | 21171 | 22238 | 51329 | 138279 | 375230 | 1025279 |

Nota. Consorcio los Ángeles (2020, p. 78)

Tabla N° 07

Tráfico Generado

| Tráfico Generado Proyectado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Tasa de Crecimiento Vehículo Livianos | | 4.72% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Crecimiento Vehículo Omnibus | | 4.13% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Crecimiento Vehículo Pesados | | 5.50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tráfico Generado | | 5.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vehículo | Tasa Gener | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2059 | 2079 | 2099 | 2119 |
| Vehículos Livianos | 5.00% | | | | | 214 | 225 | 234 | 245 | 257 | 269 | 281 | 296 | 308 | 323 | 339 | 354 | 371 | 390 | 408 | 426 | 446 | 467 | 489 | 513 | 1,123 | 2,824 | 7,105 | 17,871 |
| Vehículos Omnibus | 5.00% | | | | | 43 | 44 | 46 | 49 | 50 | 51 | 55 | 56 | 58 | 62 | 63 | 66 | 69 | 72 | 75 | 78 | 81 | 85 | 89 | 91 | 182 | 410 | 921 | 2,069 |
| Vehículos Pesados | 5.00% | | | | | 184 | 192 | 204 | 214 | 227 | 240 | 253 | 266 | 282 | 298 | 315 | 331 | 349 | 369 | 389 | 410 | 433 | 456 | 481 | 508 | 1,262 | 3,679 | 10,736 | 31,322 |
| TOTAL | | 0 | 0 | 0 | 0 | 441 | 461 | 484 | 508 | 534 | 560 | 589 | 618 | 648 | 683 | 717 | 751 | 789 | 831 | 872 | 914 | 960 | 1008 | 1059 | 1112 | 2567 | 6913 | 18762 | 51262 |

Nota. Consorcio los Ángeles (2020, p. 78)

Tabla N° 08

Tráfico Proyectado

| Tráfico Total Proyectado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Tasa de Crecimiento Vehículo Livianos | | 4.72% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Crecimiento Vehículo Omnibus | | 4.13% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Crecimiento Vehículo Pesados | | 5.50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tráfico Generado | | 5.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vehículo | Tasa Gener | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2059 | 2079 | 2099 | 2119 |
| Vehículos Livianos | | | | | | 4,483 | 4,695 | 4,916 | 5,148 | 5,390 | 5,646 | 5,912 | 6,192 | 6,482 | 6,789 | 7,110 | 7,445 | 7,796 | 8,166 | 8,549 | 8,953 | 9,374 | 9,818 | 10,280 | 10,766 | 23,582 | 59,317 | 149,207 | 375,301 |
| Vehículos Omnibus | | | | | | 892 | 929 | 967 | 1,009 | 1,049 | 1,091 | 1,138 | 1,185 | 1,233 | 1,286 | 1,338 | 1,393 | 1,451 | 1,511 | 1,572 | 1,637 | 1,705 | 1,776 | 1,850 | 1,925 | 3,831 | 8,607 | 19,337 | 43,443 |
| Vehículos Pesados | | | | | | 3,853 | 4,065 | 4,288 | 4,523 | 4,774 | 5,036 | 5,314 | 5,604 | 5,915 | 6,238 | 6,585 | 6,945 | 7,327 | 7,729 | 8,155 | 8,602 | 9,078 | 9,575 | 10,100 | 10,659 | 26,483 | 77,268 | 225,448 | 657,797 |
| TOTAL | | 0 | 0 | 0 | 0 | 9228 | 9689 | 10171 | 10680 | 11213 | 11773 | 12364 | 12981 | 13630 | 14313 | 15033 | 15783 | 16574 | 17406 | 18276 | 19192 | 20157 | 21169 | 22230 | 23350 | 53896 | 145192 | 393992 | 1076541 |

Nota. Consorcio los Ángeles (2020, p. 78)

Según la tabla anterior del estudio de tráfico se proyecta que el IMDA proyectado a 20 años a partir del año 2019 es 21,169.00 veh. /día (año 2039) y el IMD proyectado a 100 años a partir del año 2019 es de 1,076,541 veh/día (año 2119). Por tanto, para IMDA mayor a 6,000.00 veh. /día le corresponde una clasificación de: autopista de primera clase.

Tabla N° 09

Tráfico Generado

| CLASIFICACIÓN | |
|------------------|----------------------------|
| Por su Función | Red Vial Nacional – Pe-22 |
| Por su Demanda | Autopista de Primera Clase |
| Por su Orografía | Tipo 4 |

Dado lo anterior la vía se clasifica por su demanda como “Autopista de Primera Clase” con un IMDA mayor a 6000 veh/día.

3.3 Vehículo de diseño

Luego analizando el tipo de tráfico y los tipos de vehículos, se considera como vehículo de diseño el tipo T2S1, cuyas características son las siguientes:

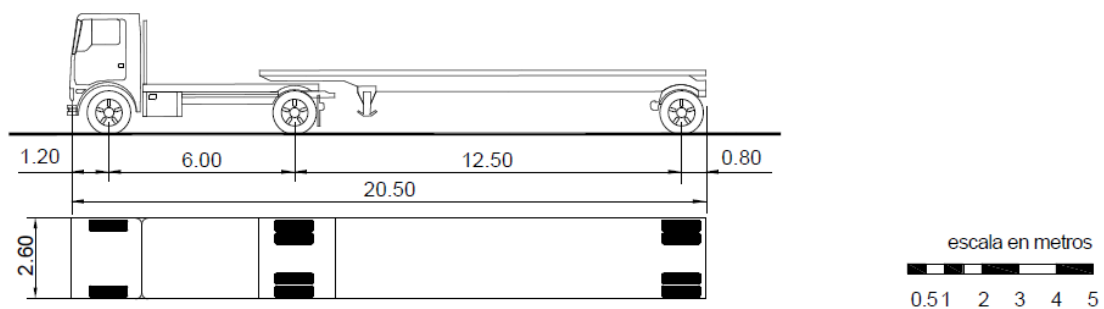


Figura N° 14: Vehículo de Diseño T2S1

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico* (p.64). Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Tabla N° 10

Radios máximos y mínimos y ángulos para semirremolque simple T2S1

| Ángulo trayectoria | Radio máximo de Exterior Vehículo (E) | Radio mínimo de interior Vehículo (I) | Ángulo máx. de dirección | Ángulo máx. articulación |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 30° | 14,08 m | 8,73 m | 17,6° | 15,1° |
| 60° | 14,20 m | 6,89 m | 23,2° | 29,23° |
| 90° | 14,24 m | 5,41 m | 25,0° | 41,1° |
| 120° | 14,26 m | 4,19 m | 25,7° | 50,8° |
| 150° | 14,26 m | 3,14 m | 25,9° | 58,5° |
| 180° | 14,27 m | 2,22 m | 25,9° | 65,4° |

Fuente: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018), p. 63.

Es importante recalcar que estos vehículos que lo consideramos como rígidos tienen exigencias de geometría mayor a los vehículos acoplados como carretas, remolques, etc.

3.4 Velocidad de Diseño

De acuerdo a la norma DG-2018 se ha considerado que prácticamente todo el tramo es un túnel, se ha elegido como velocidad de diseño 80 km/hr.

3.5 Visibilidad

Tabla N° 11

Radios Distancia de visibilidad de parada (metros)

| Velocidad de diseño <i>Km/h</i> | Pendiente nula o en bajada | | | | Pendiente en subida | | |
|------------------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|
| | 0% | 3% | 6% | 9% | 3% | 6% | 9% |
| 80 | 130 | 136 | 144 | 154 | 123 | 118 | 114 |

Fuente: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018), p. 105.

En nuestro caso tenemos pendientes menores o iguales a 5% por lo que consideramos en este proyecto como distancia de visibilidad de parada 140 m.

3.6 Valores estéticos y ecológicos

En la zona del túnel, no se afecta los valores estéticos ni ecológicos del lugar, ya que la infraestructura vial se ubica al interior del terreno natural.

En la zona de accesos y ramales (Entrada y salida), se afectarán las características naturales existentes debido a la construcción de terraplenes, cortes para la conformación de la plataforma de la vía proyectada.

En la zona del viaducto se modificarán las características naturales existente, debido a la construcción del puente elevado propiamente dicho, así como también la construcción de sus defensas ribereñas.

3.7 Tramo en Tangente

De acuerdo a la norma DG-2018

Tabla N° 12

Longitudes de tramos en tangente

| V (km/h) | L mín.s (m) | L mín.o (m) | L máx (m) |
|----------|-------------|-------------|-----------|
| 80 | 111 | 222 | 1336 |

Dónde:

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

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

L máx : Longitud máxima deseable

V : Velocidad de diseño

En nuestro caso tenemos:

- L_{min.s}: 111 m.
- L_{min.o}: 222 m.
- L_{máx}: 1,336 m.

3.8 Radio mínimo

El manual DG-2018 indica un 4% de peralte máximo para una autopista como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 13

Longitud de radios y peralte mínimos y máximos.

| Ubicación de la vía | Velocidad de diseño | P máx. (%) | f máx. | Radio calculado (m) | Radio redondeado (m) |
|---------------------|---------------------|------------|--------|---------------------|----------------------|
| Área urbana | 80 | 4,00 | 0,14 | 280,0 | 280 |

En nuestro caso corresponde 280 m.

3.9 Peralte

El manual DG-2018 para una velocidad de diseño igual a 80 Km/h tenemos los valores de peralte que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 14

Radio mínimos en contraperalte vías pavimentadas

| Vs Km/h | Radio mínimo en contraperalte | |
|------------|-------------------------------|-----------|
| | P = -2.0% | P = -2.5% |
| 80 | 1100 | 1200 |

3.10 Sobreancho

El manual DG-2018 formula la siguiente ecuación del sobreancho.

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

Ecuación N°08 Cálculo de Sobreancho

Donde:

N : Cantidad de carriles

R : Radio

L : Distancia entre el eje posterior y parte frontal

V : Velocidad de diseño

En general el cálculo de sobreancho de carril en curva para todo vehículo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Ancho del carril en curva} = u + R - \sqrt{R^2 - \sum L^2}$$

Ecuación N°09 Ancho de Carril en Curva

Donde:

u : Ancho del Carril en tangente

R : Radio

Li : distancia entre ejes del vehículo de diseño entre conjuntos de ejes en tándem y puntos de articulación.

Para el eje 01 tenemos:

| RADIO | P % | SOBREANCHO PERU ($S_a \geq 0.4m$) | | | |
|--------|--------|-------------------------------------|---------------------|------|---------|
| | | w = Sobreancho | factor de reduccion | | Elegido |
| 559.45 | 3.4 | 0.43 | 0.05 | 0.02 | 0.1 |
| 2500 | 0.0 | 0.18 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |
| 1185 | 2.5 | 0.28 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |
| 4985 | 0.0 | 0.12 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |
| 1215 | 0.0 | 0.27 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |
| 985 | 2.7 | 0.31 | 0.05 | 0.02 | 0.1 |
| 1030 | 2.6 | 0.30 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |

Para el eje 02 tenemos:

| RADIO | P % | SOBREANCHO PERU ($S_a \geq 0.4m$) | | | |
|--------|--------|-------------------------------------|---------------------|------|---------|
| | | w = Sobreancho | factor de reduccion | | Elegido |
| 540.55 | 3.4 | 0.44 | 0.05 | 0.02 | 0.1 |
| 1215 | 0.0 | 0.27 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |
| 5015 | 0.0 | 0.12 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |
| 1185 | 2.5 | 0.28 | 0.05 | 0.01 | 0.1 |
| 1015 | 2.7 | 0.30 | 0.05 | 0.02 | 0.1 |
| 1000 | 2.7 | 0.30 | 0.05 | 0.02 | 0.1 |

3.11 Pendiente

De acuerdo a la norma DG-2018 para nuestro caso tomaremos como pendiente mínima 0.50% y tomaremos como pendiente máxima 5% para zona fuera del túnel.

Luego para la zona de túnel, el Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias indica tomar en cuenta lo siguiente:

PENDIENTES Y RAMPAS MÁXIMAS

| Longitud túnel (m) | <50 | 50-150 | 150-300 | 300-500 | 500-1000 | >1000 |
|----------------------|-----|--------|---------|---------|----------|-------|
| Rampa máxima (%) | 6 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Pendiente máxima (%) | 8 | 8 | 5 | 4 | 4 | 4 |

Figura N° 15 Pendiente y rampas máximas

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras, Túneles, Muros y Obras Complementarias del Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/p_recientes/5800.pdf

Para nuestro caso se está presentando como pendiente máxima 2.45% tanto para rampa como para pendiente considerando que el túnel contará con un sistema de ventilación artificial.

3.12 Calzada

De acuerdo a la norma DG-2018:

Tabla N° 15

Anchos mínimos de calzada tangente

| Clasificación | Autopista | | | | | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | |
|------------------------------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|---|---------------|------|---|---|---------------|------|---|---|
| | > 6.000 | | | | 6.000 - 4001 | | | | 4.000-2.001 | | | | 2.000-400 | | | | < 400 | | | |
| Tráfico vehículos/día | Primera Clase | | | | Segunda Clase | | | | Primera Clase | | | | Segunda Clase | | | | Tercera Clase | | | |
| Tipo Orografía | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Velocidad de diseño: 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 | | |

3.13 Berma

De acuerdo a la norma DG-2018:

Tabla N° 16

Ancho de bermas

| Clasificación | Autopista | | | | | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | |
|------------------------------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|---|---------------|------|---|---|---------------|------|---|---|
| | > 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: 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 | | |

3.14 Bombeo

De acuerdo a la norma DG-2018:

Tabla N° 17

Porcentajes de bombeo según el tipo de carpeta asfáltica

| Tipo de Superficie | Bombeo (%) | |
|---|---------------------------|---------------------------|
| | Precipitación <500 mm/año | Precipitación >500 mm/año |
| Pavimento asfáltico y/o concreto Portland | 2,0 | 2,5 |

Por tanto, el bombeo asumido será de 2%.

3.15 Separador

Según la norma DG-2018, el separador mínimo será de 6.0m. Para la zona de entrada por continuidad con el proyecto Vías Nuevas De Lima Tramo Ramiro Priale, que están separados 8.7 m, se está considerando la misma separación. Para la zona en túneles estos estarán separados a 19.80m de acuerdo a recomendaciones de geotecnia y por proceso constructivo. En la zona del Intercambio Vial Salida del Túnel el separador central varía de 19.80m a 0 .00m, debido al empalme con la vía existente (Carretera Central PE-22), que no tiene separador central, y además disminuye de 4 carriles a 2 carriles. En esta zona se está proyectando barreras de seguridad tipo 5 y un amortiguador en la zona de confluencia. En la siguiente tabla Nro. 17 se muestran los sectores con los anchos de separación (distancia entre de berma y berma) y las consideraciones de protección (seguridad).

Tabla N° 18

Separador Central EJE 01

| EJE 01 | | | |
|--|-----------------|-------------------|--|
| TRAMO | LONGITUD | SEPARACION | OBSERVACION |
| Accesos: Km 28+967.071+ al Km 29+132 | 164.93 | 8.70m | No requieren barrera de seguridad |
| Viaducto: Km 29+132 al Km al 29+626 | 494.00 | De 8.70 a 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Portal Entrada: Km 29+626 al Km 29+640 | 14.00 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Túnel en roca: Km 29+640 al Km 42+640 | 13000.00 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Túnel en suelo: Km 42+640+000 al Km 42+855.6 | 215.60 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Portal De Salida: Km 42+855.6 al Km 42+863.60 | 8.00 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Intercambio Vial Salida Del Túnel: Km 42+863.60 al Km 43+689.241 | 825.64 | De 19.80 a 0.0m | Barrera de seguridad 200m con 1 amortiguador en la zona de confluencia |

Tabla N° 19

Separador Central EJE 02

| EJE 02 | | | |
|---|-----------------|-------------------|--|
| TRAMO | LONGITUD | SEPARACION | OBSERVACION |
| Accesos: km 29+140.00+ al Km 29+254 | 114.000 | 8.70m | No requieren barrera de seguridad |
| Viaducto: Km 29+254 al Km al 29+589 | 335.000 | De 8.70 a 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Portal Entrada: Km 29+589 al Km 29+600 | 11.000 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Túnel en roca: Km 29+600+000 al Km 42+640 | 13,040.000 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Túnel en suelo: Km 42+640+000 al Km 42+870 | 230.000 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Portal De Salida: Km 42+870 al Km 42+878 | 8.000 | 19.80m | No requieren barrera de seguridad |
| Intercambio Vial Salida Del Túnel: Km 42+878 al Km 43+700 | 822.000 | De 19.80 a 0.0m | Barrera de seguridad 200m con 1 amortiguador en la zona de confluencia |

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.1 y C.1

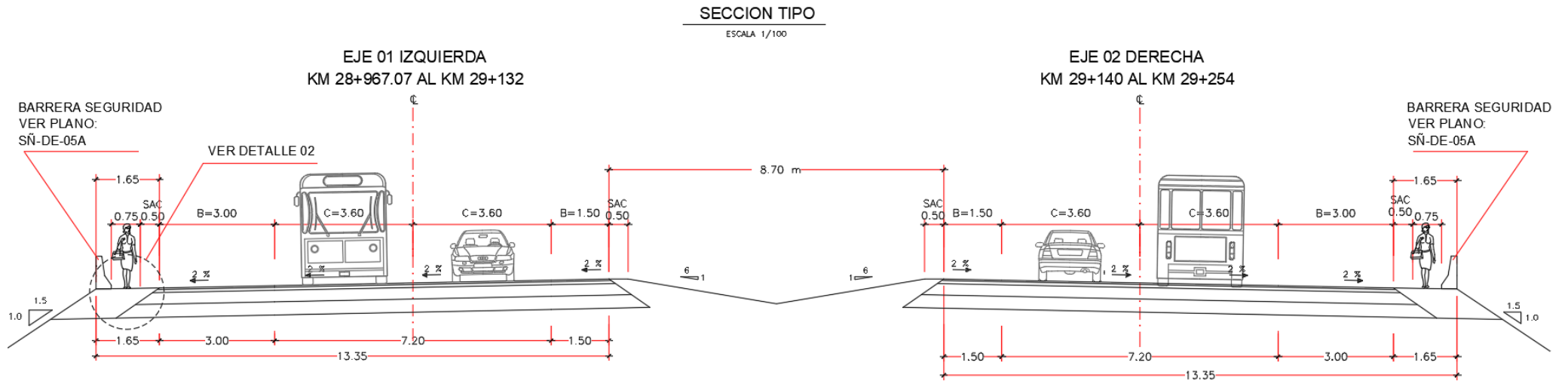


Figura N° 16: Separador Central en Accesos (Eje 01 y Eje 02)

Fuente: Elaboración propia.

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.1 y C.1

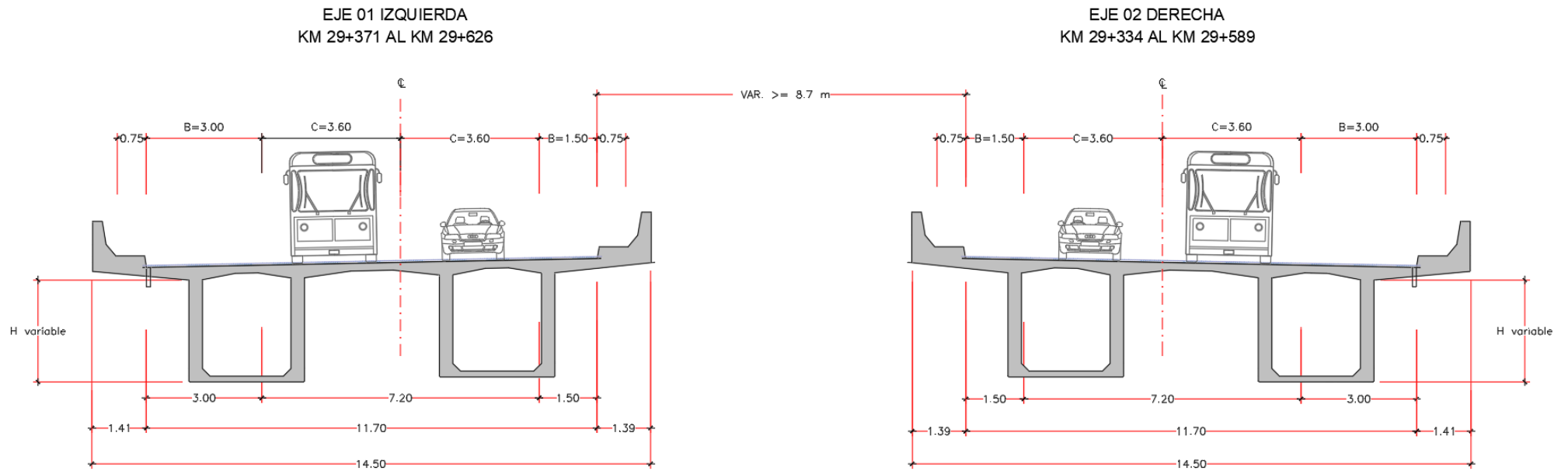


Figura N° 17: Separador Central en Viaductos (Eje 01 y Eje 02)

Fuente: Elaboración propia.

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.2 al B.15 y C.2 al C.14.

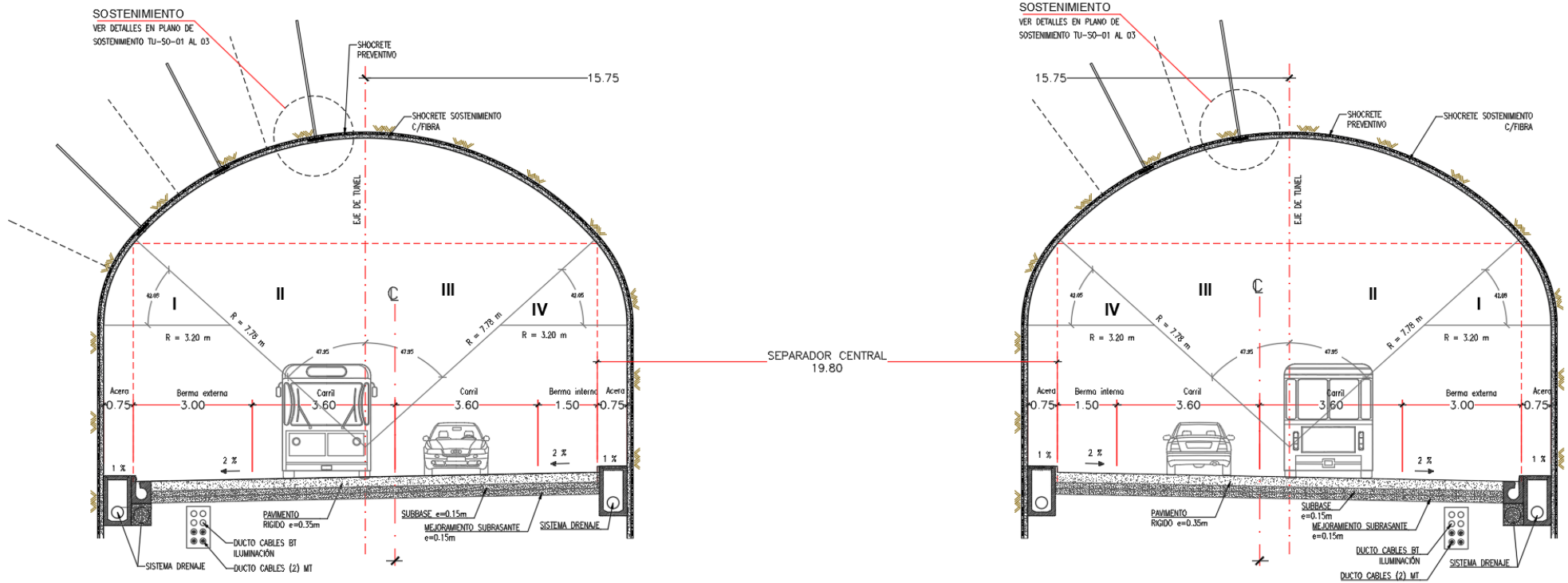


Figura N° 18: Separador Central de Túneles (Eje 01 y Eje 02)

Fuente: Elaboración propia.

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.15 y C.14

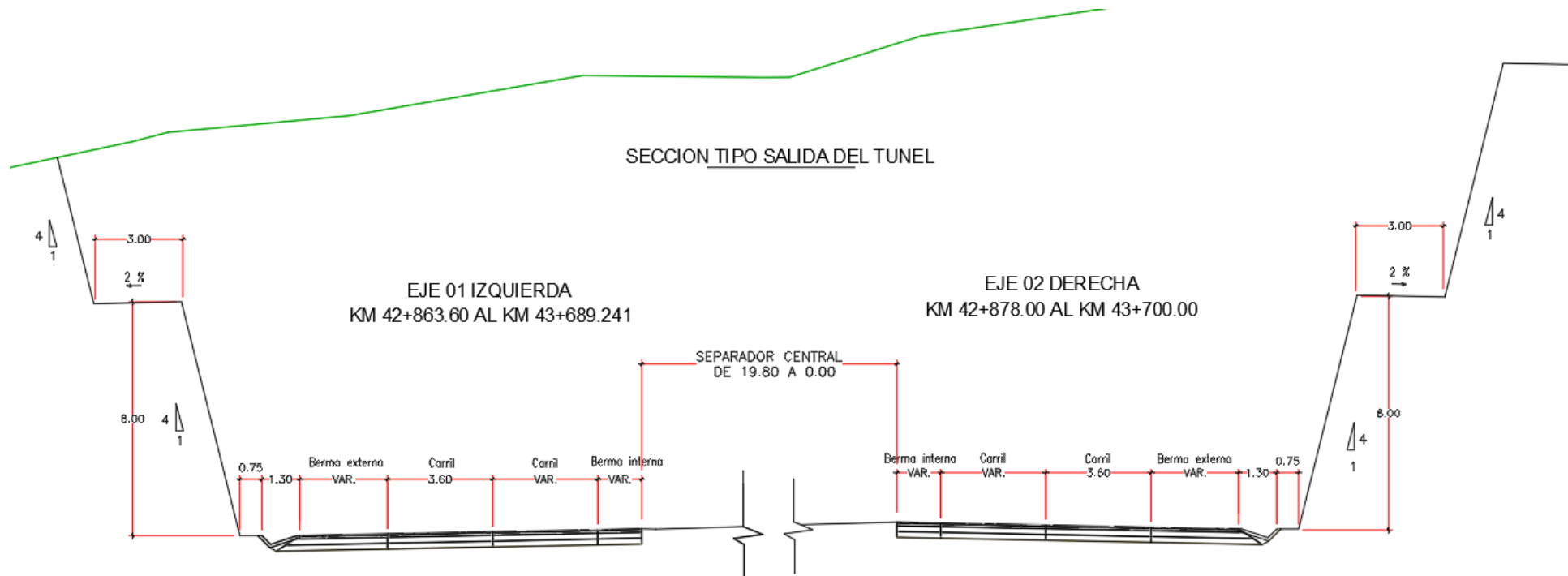


Figura N° 19: Separador Central En Intercambio Vial Salida (Eje 01 y Eje 02)

Fuente: Elaboración propia.

3.16 Gálbo

Según: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, (año 2018) considera como mínimo 5.5m para obras viales como carreteras, férreas y túneles.

Manual De Carreteras Túneles Muros Y Obras Complementarias (año 2018), para el gálbo hace referencia a: “Normas y Especificaciones Técnicas Para El Diseño De Vías Férreas En El Perú”.

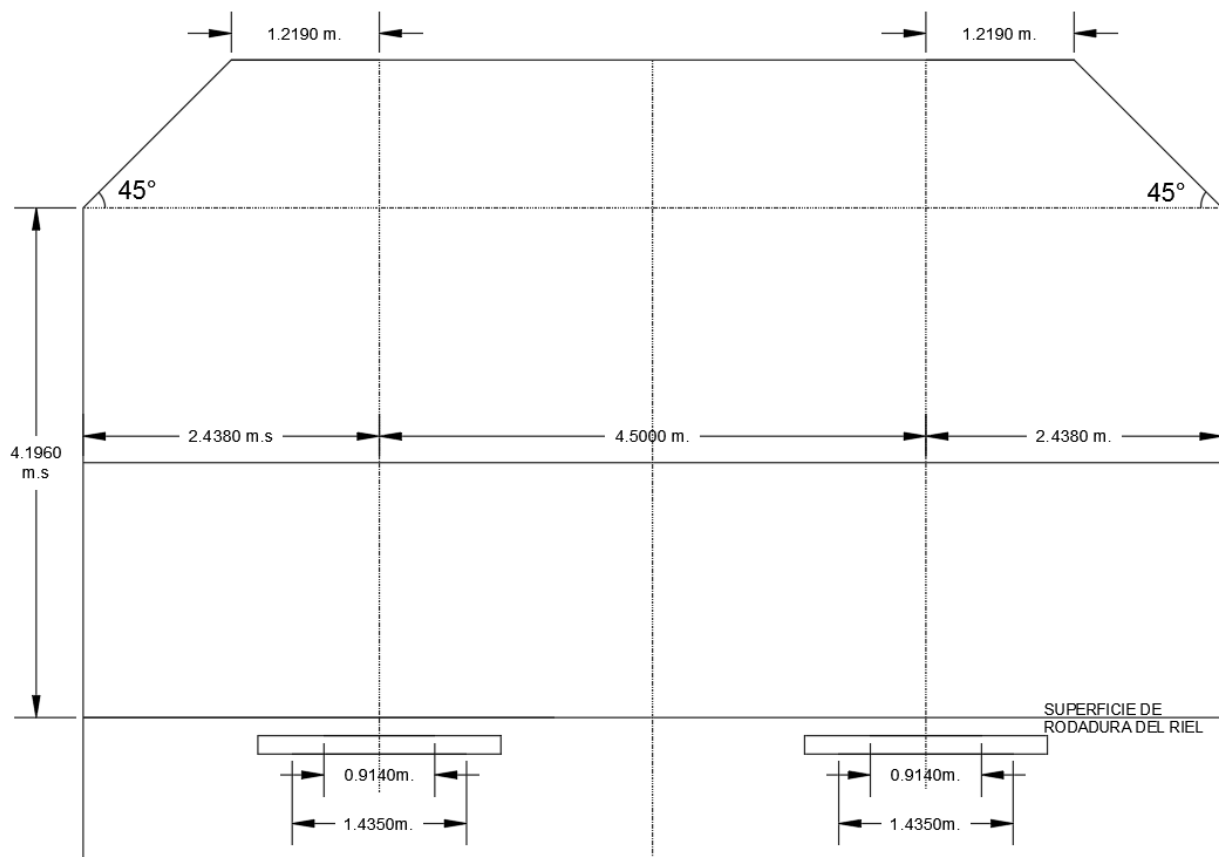


Figura N° 20: Gálbo para vías férreas de dos carriles en 5.415 m.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (1978). *Normas y Especificaciones Técnicas Para el Diseño de Vías Férreas en el Perú* (p.56)

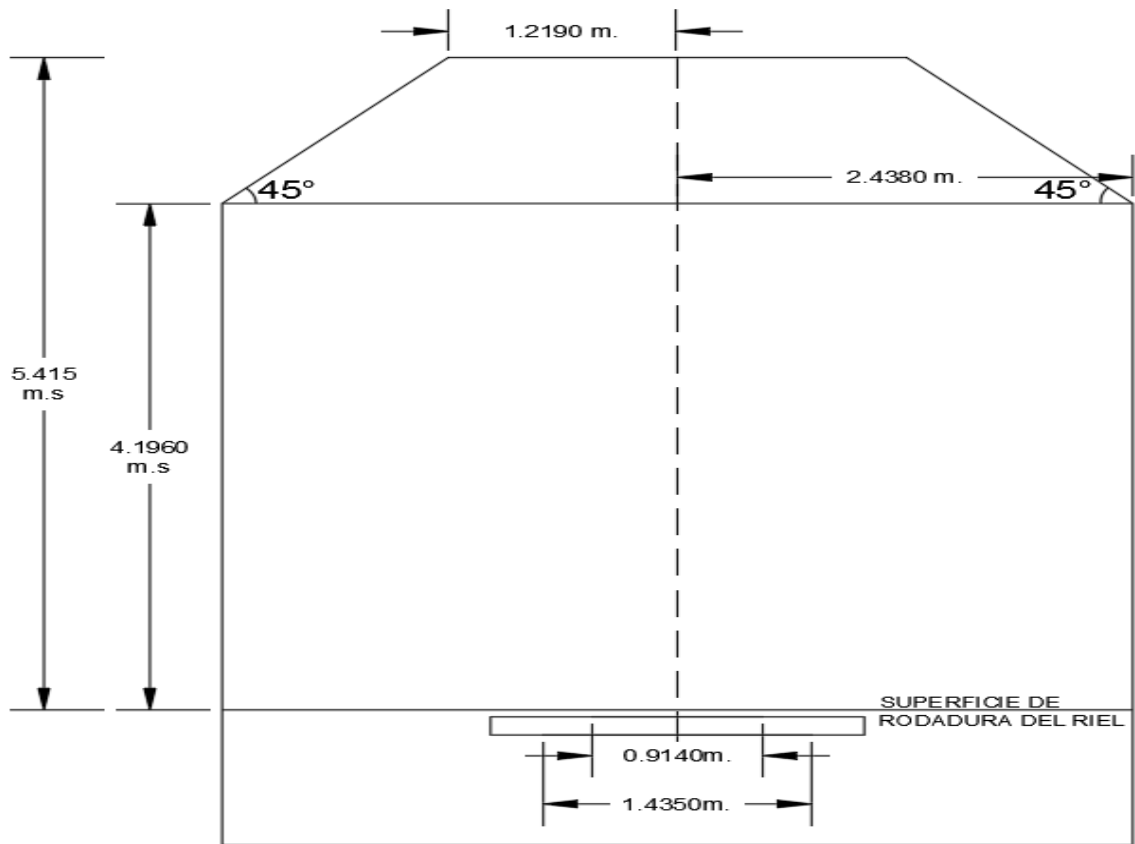


Figura N° 21: Gálibo para vías férreas de un carril en 5.415 m.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (1978). *Normas y Especificaciones Técnicas Para el Diseño de Vías Férreas en el Perú* (p.309486).

Por tanto, según las premisas anteriores asumiremos la altura mayor. El gálibo mínimo de nuestro proyecto será 5.50m

A continuación, se muestra las secciones típicas adoptadas para el Eje 01 y Eje 02 considerando los ítems anteriormente mencionados como son: Calzada, Berma, Separador y Gálibo.

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.1 y C.1

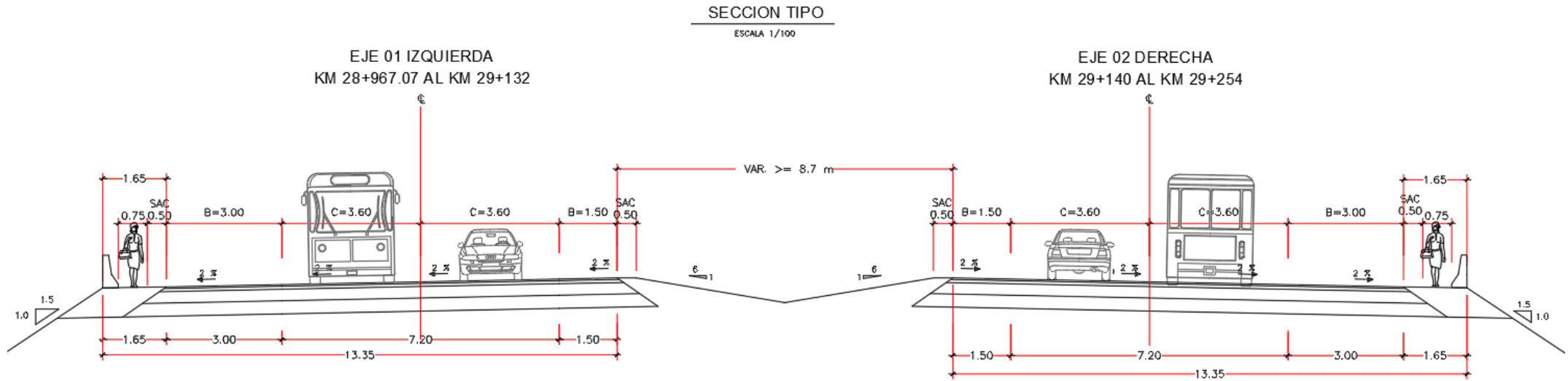


Figura N° 22: Secciones Típica Tipo Acceso

Fuente: Creación Propia

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.1 y C.1

SECCION TIPO EN ZONA
VIADUCTOS

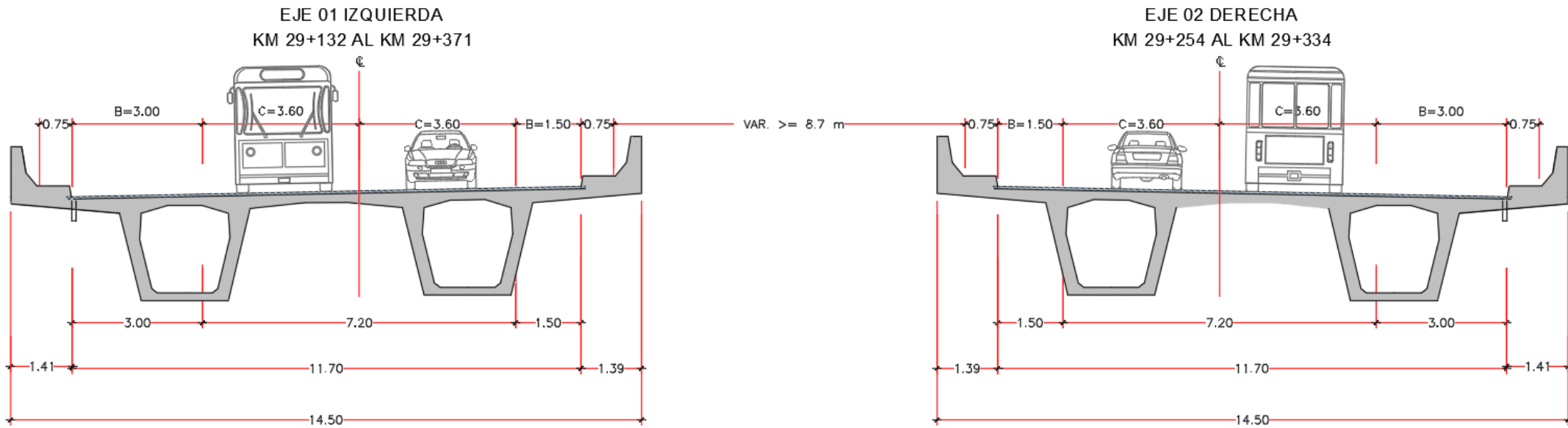


Figura N° 23: Secciones Típica Tipo Viaducto

Fuente: Creación Propia

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.2 al B.15 y C.2 al C.14 y para el tipo de roca ver anexo D.1 al D.4.

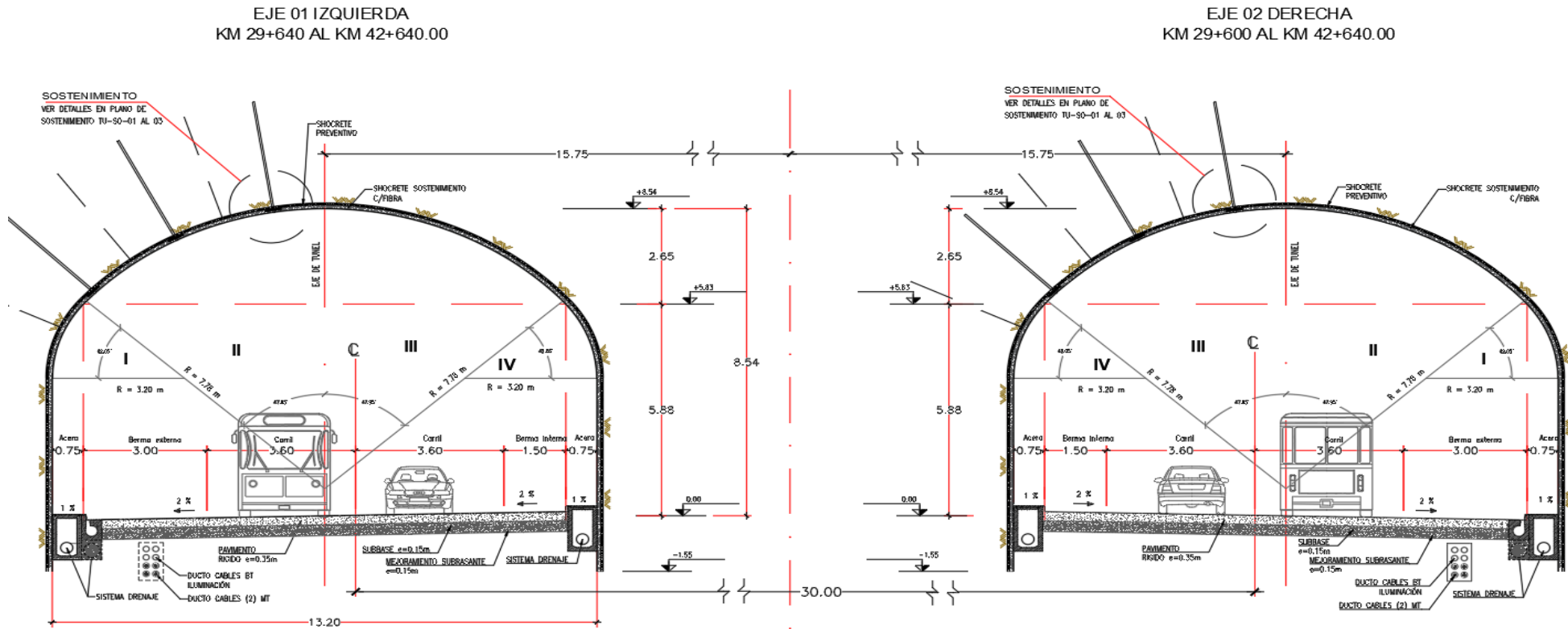


Figura N° 24: Secciones Típica Túnel en Roca

Fuente: Creación Propia

Para detalle en planta y perfil ver anexo B.15 y C.14

SECCION TIPO TUNELES

ESCALA 1/100

EJE 01 IZQUIERDA
KM 42+640 AL KM 42+855.60

EJE 02 DERECHA
KM 42+640 AL KM 42+870.00

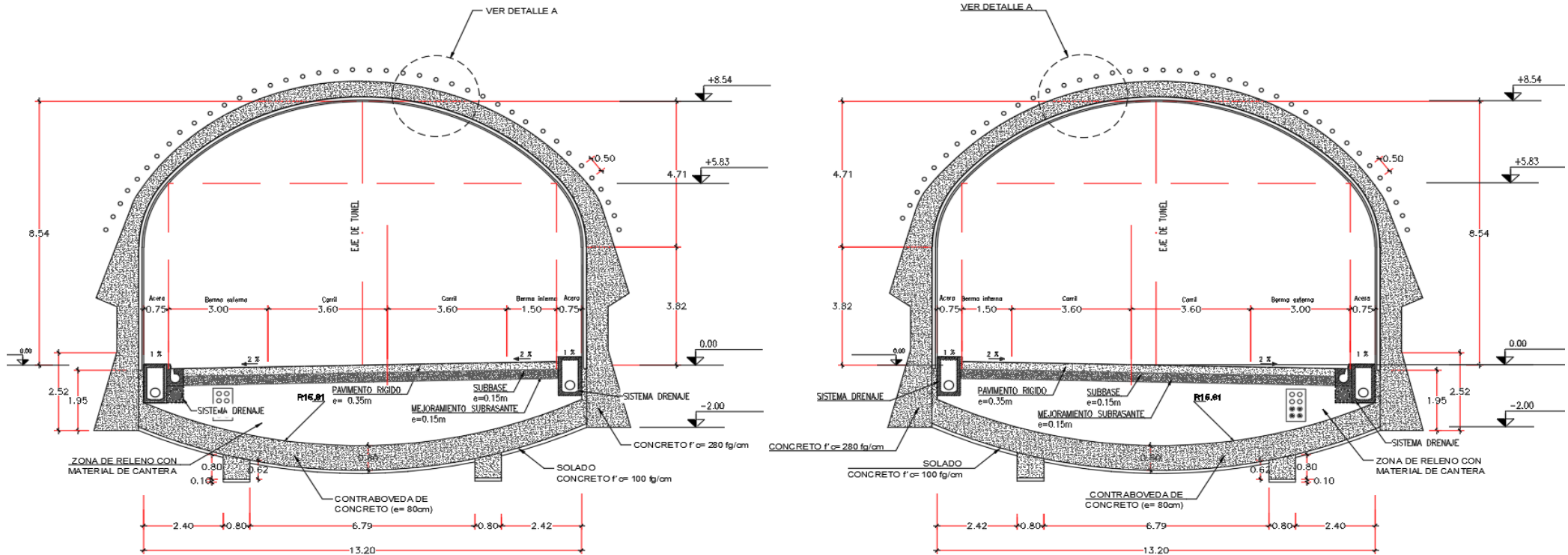


Figura N° 25: Secciones Típica Túnel en Material Suelto

Fuente: Creación Propia

Por tanto, según las premisas anteriores asumiremos la altura mayor. El gálibo mínimo de nuestro proyecto será 5.50m.

A continuación, se muestra las secciones típicas adoptadas para el Eje 01 y Eje 02 considerando los ítems anteriormente mencionados como son: Calzada, Berma, Separador y Gálibo.

3.17 Componentes de seguridad Vial

Según las normas de seguridad vigentes, los túneles con una longitud mayor a 500m deben de presentar como mínimo los siguientes componentes de seguridad:

a) Evacuación de Peatones

Manual De Carreteras Túneles, Muros y Obras Complementarias del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) se ha proyectado implemetar las evacuaciones peatonales con un distanciamiento maximo de 500m, los cuales presentar puertas cortafuego como se presenta en la figura siguiente:

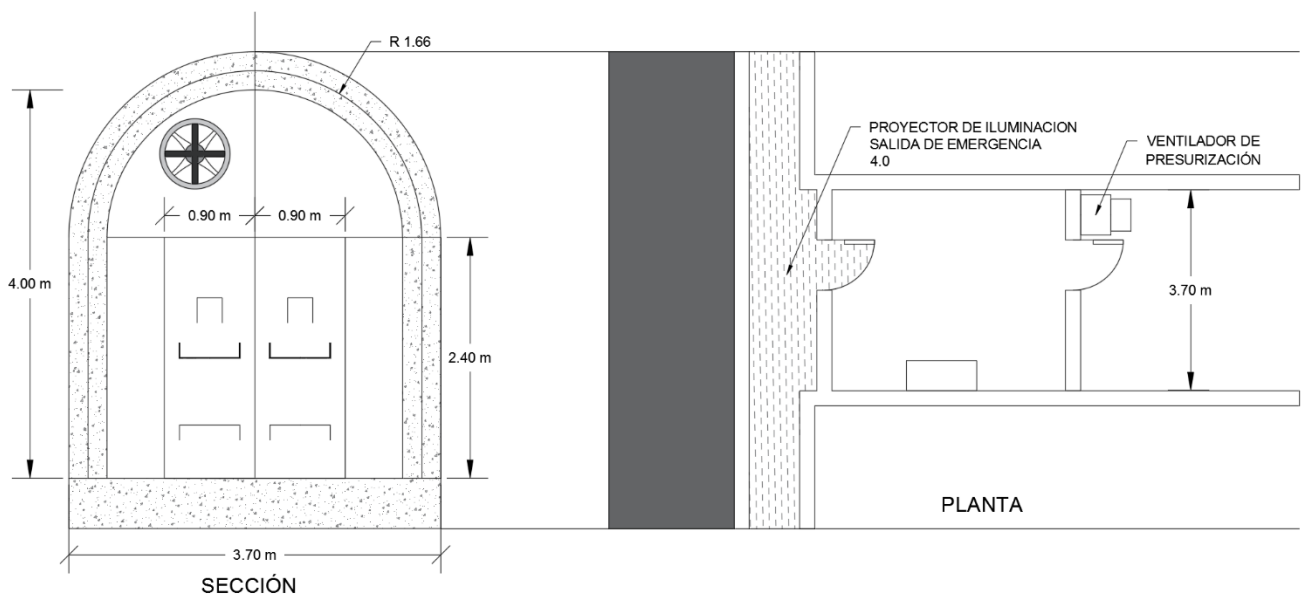


Figura N° 26: Esquema de Evacuación de Peatones

Fuente: Creación Propia

Las evacuaciones peatonales (Túnel de conexión peatonal) conectarán a los dos túneles a través de una galería. En caso de que ocurra un incendio los peatones podrán evacuar hacia el otro túnel gemelo, contará con un sistema cortafuegos para evitar que las llamas se propaguen dentro de la galería. La ubicación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 20

Ubicación de Evacuaciones Peatonales

| Número | Túnel de conexión peatonal | |
|--------|----------------------------|--|
| | Progresiva (Eje 01) | Distancia entre túneles de conexión peatonales |
| 1 | 29+930 | 0.00 |
| 2 | 30+430 | 500.00 |
| 3 | 30+940 | 510.00 |
| 4 | 31+420 | 480.00 |
| 5 | 31+906 | 486.00 |
| 6 | 32+170 | 264.00 |
| 7 | 32+670 | 500.00 |
| 8 | 33+170 | 500.00 |
| 9 | 33+670 | 500.00 |
| 10 | 34+165 | 495.00 |
| 11 | 34+270 | 105.00 |
| 12 | 34+930 | 660.00 |
| 13 | 35+105 | 175.00 |
| 14 | 35+560 | 455.00 |
| 15 | 35+970 | 410.00 |
| 16 | 36+060 | 90.00 |
| 17 | 36+410 | 350.00 |
| 18 | 36+975 | 565.00 |
| 19 | 37+250 | 275.00 |
| 20 | 37+580 | 330.00 |
| 21 | 38+050 | 470.00 |
| 22 | 38+555 | 505.00 |
| 23 | 38+885 | 330.00 |
| 24 | 39+385 | 500.00 |

| Túnel de conexión peatonal | | |
|----------------------------|---------------------|--|
| Número | Progresiva (Eje 01) | Distancia entre túneles de conexión peatonales |
| 25 | 39+825 | 440.00 |
| 26 | 40+330 | 505.00 |
| 27 | 40+470 | 140.00 |
| 28 | 40+980 | 510.00 |
| 29 | 41+460 | 480.00 |
| 30 | 41+700 | 240.00 |
| 31 | 42+005 | 305.00 |
| 32 | 42+475 | 470.00 |

b) Evacuación de Vehículos en caso de emergencia (Túnel de Conexión)

La congestión vehicular dentro de un túnel es uno de los mayores peligros que pueden existir dentro de este, motivo por el cual el flujo vehicular es vital para salvaguardar a los usuarios. Es este sentido se proyectó desvíos vehiculares cada 1.000m en ambos sentidos para garantizar la seguridad vial. (Manual De Carreteras Túneles, Muros y Obras Complementarias del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

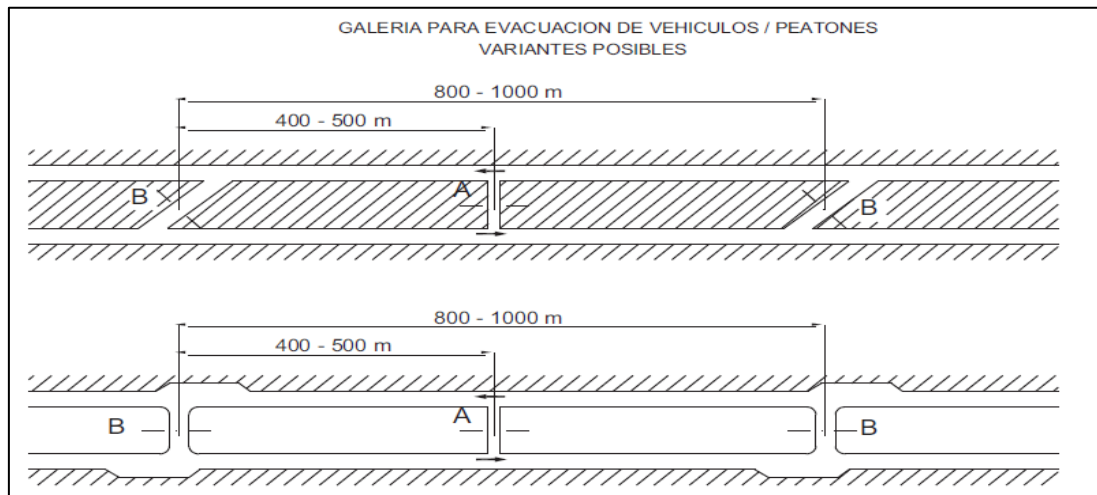


Figura N° 27: Esquema de Evacuación de Vehículos en Túneles

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras, Túneles, Muros y Obras Complementarias del Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/p_recientes/5800.pdf

Para facilitar la evacuación en menor tiempo posible se consideró la salida de emergencia en dirección al sentido del tráfico, ubicándose esta salida en dirección al sentido del tráfico cada 1,000 metros en promedio. Para el otro túnel gemelo también se consideró la evacuación en dirección al sentido del tráfico, colocándose igualmente cada 1,000 metros. El traslape de la distribución de los túneles de conexión vehicular para ambos sentidos de tráfico estarían a 500m, por tal las distancias entre túnel de conexión es de 500 metros en promedio.

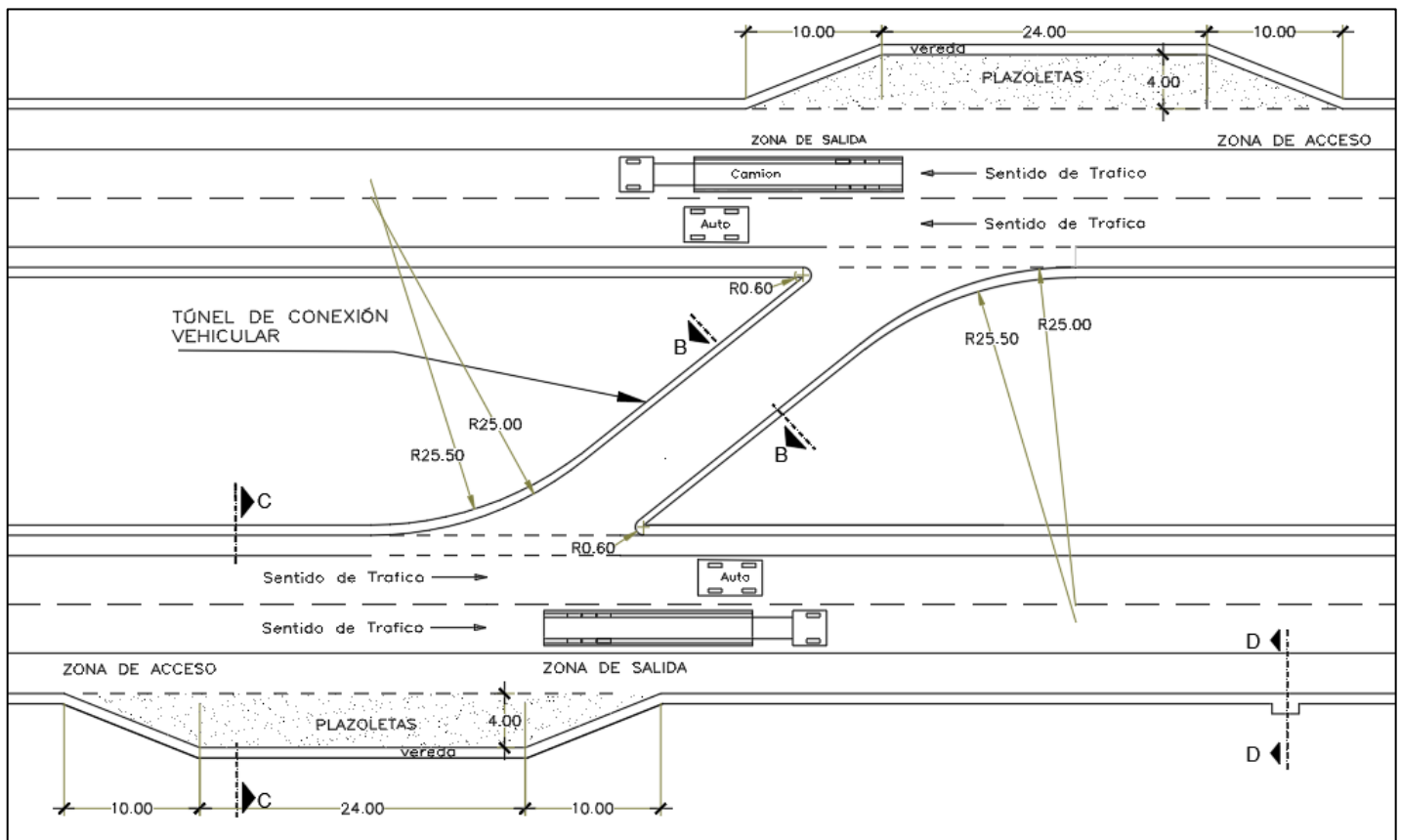


Figura N° 28: Esquema de Evacuación de Vehículos en Túneles

Fuente: Elaboración Propia

La ubicación de los túneles de conexión vehicular se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 21

Túnel de Conexión Vehicular

| TUNEL DE CONEXIÓN VEHICULAR | | |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| TUNEL CONEXIÓN VEHICULAR | PROGRESIVA (EJE 01) | DISTANCIA ENTRE TUNELES CONEXIÓN |
| 1 | 30+000 | - |
| 2 | 30+500 | 500.00 |
| 3 | 31+000 | 500.00 |
| 4 | 31+460 | 460.00 |
| 5 | 32+200 | 740.00 |
| 6 | 32+700 | 500.00 |
| 7 | 33+200 | 500.00 |
| 8 | 33+800 | 600.00 |
| 9 | 34+300 | 500.00 |
| 10 | 34+760 | 460.00 |
| 11 | 35+150 | 390.00 |
| 12 | 35+600 | 450.00 |
| 13 | 36+100 | 500.00 |
| 14 | 36+450 | 350.00 |
| 15 | 37+000 | 550.00 |
| 16 | 37+280 | 280.00 |
| 17 | 37+650 | 370.00 |

| TUNEL DE CONEXIÓN VEHICULAR | | |
|-------------------------------------|----------------------------|---|
| TUNEL CONEXIÓN VEHICULAR | PROGRESIVA (EJE 01) | DISTANCIA ENTRE TUNELES CONEXIÓN |
| 18 | 38+100 | 450.00 |
| 19 | 38+600 | 500.00 |
| 20 | 38+950 | 350.00 |
| 21 | 39+450 | 500.00 |
| 22 | 39+850 | 400.00 |
| 23 | 40+480 | 630.00 |
| 24 | 41+000 | 520.00 |
| 25 | 41+750 | 750.00 |
| 26 | 42+050 | 300.00 |
| 27 | 42+550 | 500.00 |

c) Zona de Estacionamiento de Emergencia Vehicular (Plazoleta).

Las plazoletas serán de 4.0m de ancho, servirán como estacionamiento de emergencia en caso un vehículo se malogre, también para facilitar el giro de los vehículos pesados en la zona de conexión entre ambos túneles (túnel de conexión vehicular) y para el estacionamiento al ingreso de las subestaciones eléctricas.

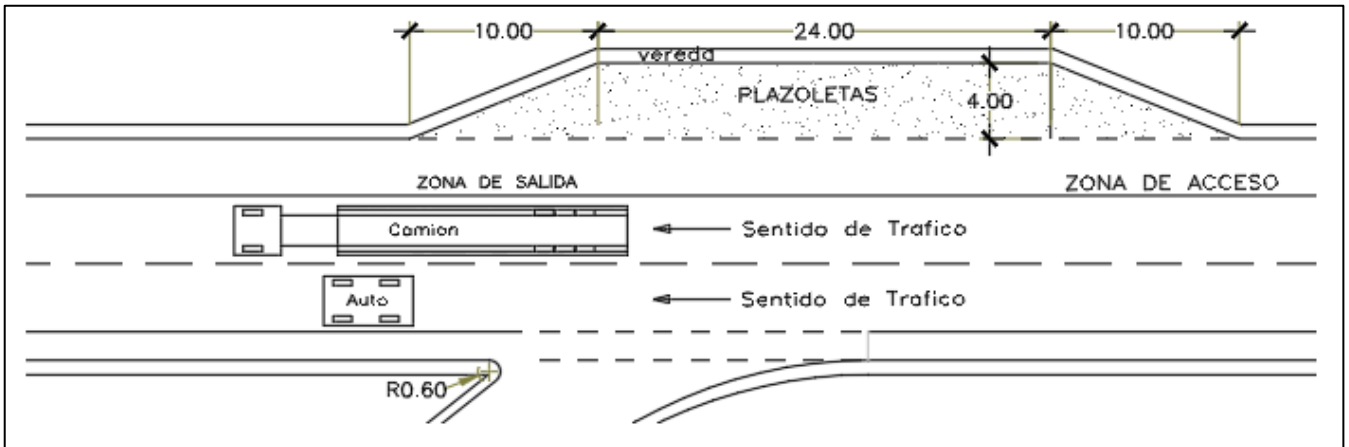


Figura N° 29: Plazoletas de estacionamiento de emergencia.

Fuente: Elaboración Propia

La ubicación de las plazoletas se muestra en la siguiente tabla:

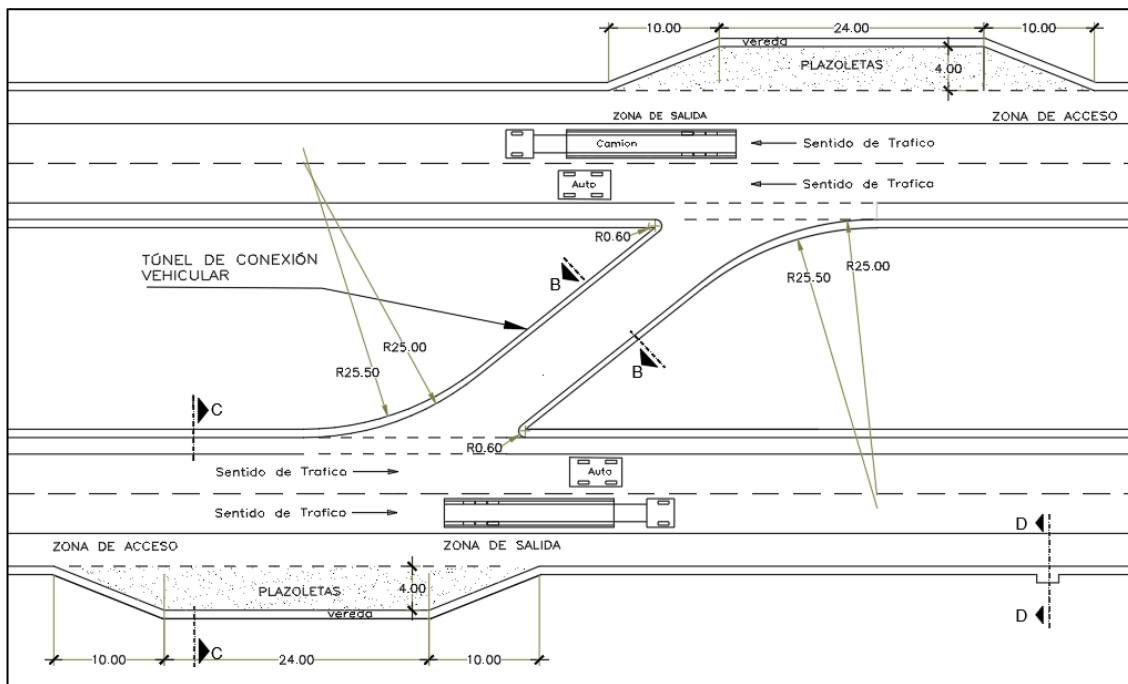


Figura N° 30: Pares de plazoletas ubicados en la zona de conexión vehicular.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 22

Ubicación de las plazoletas

| PLAZOLETAS | | |
|-------------------|--------------------------------|---|
| PLAZOLETAS | PROGRESIVA (EJE 01) | DISTANCIA ENTRE PLAZOLETAS |
| 1 | 29+700 | 0.00 |
| 2 | 30+000 | 300.00 |
| 3 | 30+200 | 200.00 |
| 4 | 30+500 | 300.00 |
| 5 | 30+900 | 400.00 |
| 6 | 31+000 | 100.00 |
| 7 | 31+460 | 460.00 |
| 8 | 32+000 | 540.00 |
| 9 | 32+200 | 200.00 |
| 10 | 32+700 | 500.00 |
| 11 | 33+000 | 300.00 |
| 12 | 33+200 | 200.00 |
| 13 | 33+800 | 600.00 |
| 14 | 33+900 | 100.00 |
| 15 | 34+300 | 400.00 |
| 16 | 34+760 | 460.00 |
| 17 | 34+900 | 140.00 |
| 18 | 35+150 | 250.00 |
| 19 | 35+600 | 450.00 |
| 20 | 35+900 | 300.00 |
| 21 | 36+100 | 200.00 |
| 22 | 36+450 | 350.00 |
| 23 | 36+900 | 450.00 |
| 24 | 37+000 | 100.00 |
| 25 | 37+280 | 280.00 |
| 26 | 37+650 | 370.00 |
| 27 | 37+900 | 250.00 |
| 28 | 38+100 | 200.00 |
| 29 | 38+600 | 500.00 |
| 30 | 38+950 | 350.00 |
| 31 | 39+100 | 150.00 |
| 32 | 39+450 | 350.00 |

| PLAZOLETAS | | |
|-------------------|--------------------------------|---|
| PLAZOLETAS | PROGRESIVA (EJE 01) | DISTANCIA ENTRE PLAZOLETAS |
| 33 | 39+850 | 400.00 |
| 34 | 40+100 | 250.00 |
| 35 | 40+480 | 380.00 |
| 36 | 40+900 | 420.00 |
| 37 | 41+000 | 100.00 |
| 38 | 41+750 | 750.00 |
| 39 | 41+900 | 150.00 |
| 40 | 42+050 | 150.00 |
| 41 | 42+550 | 500.00 |
| 42 | 42+600 | 50.00 |

d) Módulo o Refugio de Auxilio Peatonal

De acuerdo al Manual De Carreteras - Túneles, Muros y Obras Complementarias se proyectan estos cada 150m, estas instalaciones contarán con: sistema SOS, dos extintores. Las dimensiones están de acuerdo a la figura siguiente.

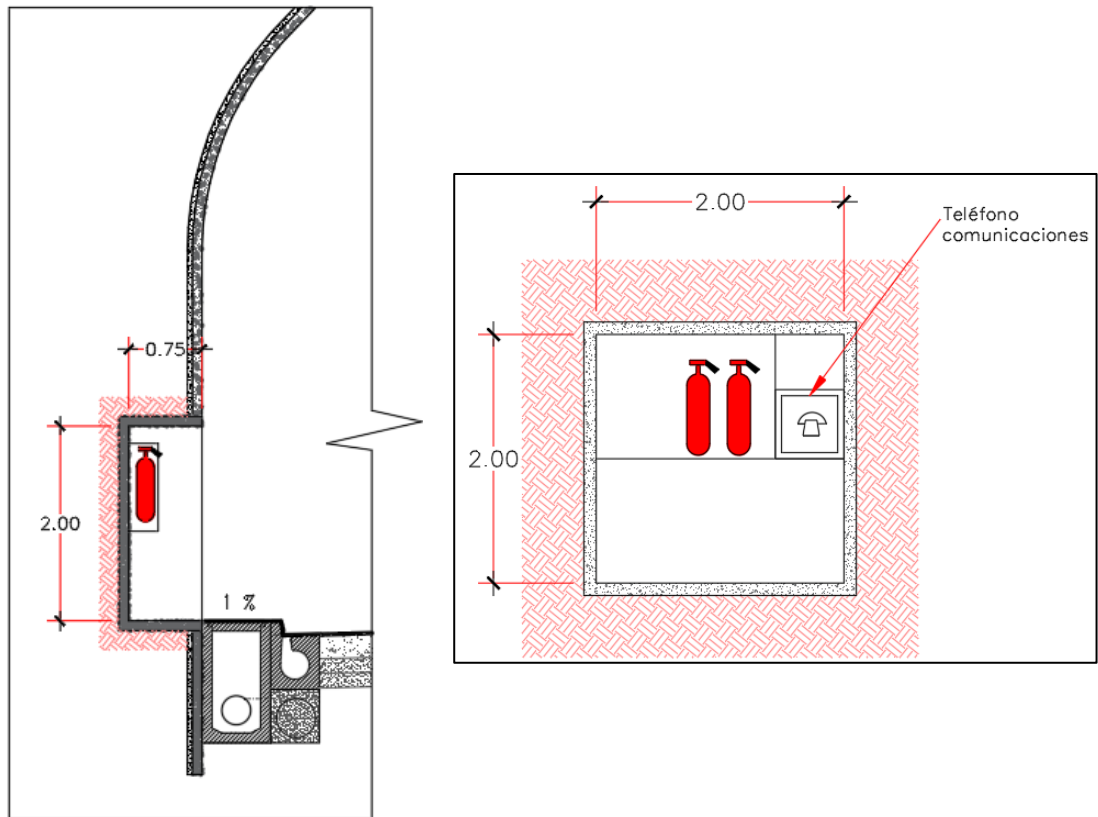


Figura N° 31: Dimensiones Del Módulo De Auxilio Peatonal

Fuente: Elaboración Propia

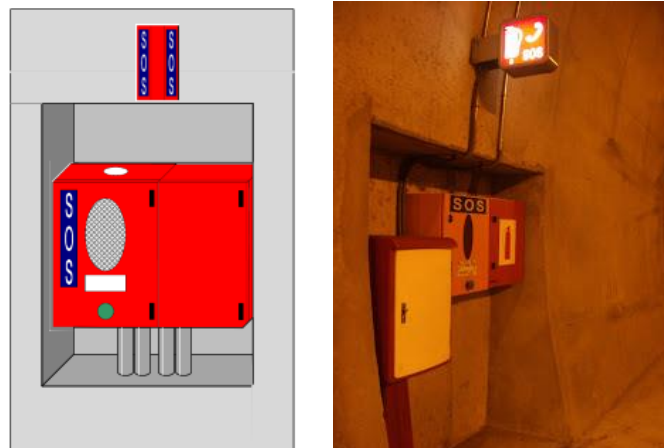


Figura N° 32: Ejemplo de módulos o refugio de auxilio peatonal en el túnel.

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 33: Ejemplo de postes SOS exterior al túnel

Fuente: Elaboración Propia

La ubicación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 23

Ubicación de Auxilio Peatonal

UBICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE AUXILIO PEATONAL

| Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios |
|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|
| 1 | 29+710 | 0 | 34 | 34+165 | 135 | 67 | 38+620 | 135 |
| 2 | 29+845 | 135 | 35 | 34+300 | 135 | 68 | 38+755 | 135 |
| 3 | 29+980 | 135 | 36 | 34+435 | 135 | 69 | 38+890 | 135 |
| 4 | 30+115 | 135 | 37 | 34+570 | 135 | 70 | 39+025 | 135 |
| 5 | 30+250 | 135 | 38 | 34+705 | 135 | 71 | 39+160 | 135 |
| 6 | 30+385 | 135 | 39 | 34+840 | 135 | 72 | 39+295 | 135 |
| 7 | 30+520 | 135 | 40 | 34+975 | 135 | 73 | 39+430 | 135 |
| 8 | 30+655 | 135 | 41 | 35+110 | 135 | 74 | 39+565 | 135 |
| 9 | 30+790 | 135 | 42 | 35+245 | 135 | 75 | 39+700 | 135 |
| 10 | 30+925 | 135 | 43 | 35+380 | 135 | 76 | 39+835 | 135 |
| 11 | 31+060 | 135 | 44 | 35+515 | 135 | 77 | 39+970 | 135 |
| 12 | 31+195 | 135 | 45 | 35+650 | 135 | 78 | 40+105 | 135 |
| 13 | 31+330 | 135 | 46 | 35+785 | 135 | 79 | 40+240 | 135 |
| 14 | 31+465 | 135 | 47 | 35+920 | 135 | 80 | 40+375 | 135 |
| 15 | 31+600 | 135 | 48 | 36+055 | 135 | 81 | 40+510 | 135 |

UBICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE AUXILIO PEATONAL

| Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios |
|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|
| 16 | 31+735 | 135 | 49 | 36+190 | 135 | 82 | 40+645 | 135 |
| 17 | 31+870 | 135 | 50 | 36+325 | 135 | 83 | 40+780 | 135 |
| 18 | 32+005 | 135 | 51 | 36+460 | 135 | 84 | 40+915 | 135 |
| 19 | 32+140 | 135 | 52 | 36+595 | 135 | 85 | 41+050 | 135 |
| 20 | 32+275 | 135 | 53 | 36+730 | 135 | 86 | 41+185 | 135 |
| 21 | 32+410 | 135 | 54 | 36+865 | 135 | 87 | 41+320 | 135 |
| 22 | 32+545 | 135 | 55 | 37+000 | 135 | 88 | 41+455 | 135 |
| 23 | 32+680 | 135 | 56 | 37+135 | 135 | 89 | 41+590 | 135 |
| 24 | 32+815 | 135 | 57 | 37+270 | 135 | 90 | 41+725 | 135 |
| 25 | 32+950 | 135 | 58 | 37+405 | 135 | 91 | 41+860 | 135 |
| 26 | 33+085 | 135 | 59 | 37+540 | 135 | 92 | 41+995 | 135 |
| 27 | 33+220 | 135 | 60 | 37+675 | 135 | 93 | 42+130 | 135 |
| 28 | 33+355 | 135 | 61 | 37+810 | 135 | 94 | 42+265 | 135 |
| 29 | 33+490 | 135 | 62 | 37+945 | 135 | 95 | 42+400 | 135 |
| 30 | 33+625 | 135 | 63 | 38+080 | 135 | 96 | 42+535 | 135 |

UBICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE AUXILIO PEATONAL

| Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios |
|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|
| 31 | 33+760 | 135 | 64 | 38+215 | 135 | 97 | 42+670 | 135 |
| 32 | 33+895 | 135 | 65 | 38+350 | 135 | 98 | 42+805 | 135 |
| 33 | 34+030 | 135 | 66 | 38+485 | 135 | | | |

UBICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE AUXILIO PEATONAL

| Nro | Ubicación (Eje 02) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios |
|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|
| 99 | 29+652 | 0 | 132 | 34+107 | 135 | 165 | 38+562 | 135 |
| 100 | 29+787 | 135 | 133 | 34+242 | 135 | 166 | 38+697 | 135 |
| 101 | 29+922 | 135 | 134 | 34+377 | 135 | 167 | 38+832 | 135 |
| 102 | 30+057 | 135 | 135 | 34+512 | 135 | 168 | 38+967 | 135 |
| 103 | 30+192 | 135 | 136 | 34+647 | 135 | 169 | 39+102 | 135 |
| 104 | 30+327 | 135 | 137 | 34+782 | 135 | 170 | 39+237 | 135 |
| 105 | 30+462 | 135 | 138 | 34+917 | 135 | 171 | 39+372 | 135 |
| 106 | 30+597 | 135 | 139 | 35+052 | 135 | 172 | 39+507 | 135 |
| 107 | 30+732 | 135 | 140 | 35+187 | 135 | 173 | 39+642 | 135 |

UBICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE AUXILIO PEATONAL

| Nro | Ubicación (Eje 02) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios |
|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|
| 108 | 30+867 | 135 | 141 | 35+322 | 135 | 174 | 39+777 | 135 |
| 109 | 31+002 | 135 | 142 | 35+457 | 135 | 175 | 39+912 | 135 |
| 110 | 31+137 | 135 | 143 | 35+592 | 135 | 176 | 40+047 | 135 |
| 111 | 31+272 | 135 | 144 | 35+727 | 135 | 177 | 40+182 | 135 |
| 112 | 31+407 | 135 | 145 | 35+862 | 135 | 178 | 40+317 | 135 |
| 113 | 31+542 | 135 | 146 | 35+997 | 135 | 179 | 40+452 | 135 |
| 114 | 31+677 | 135 | 147 | 36+132 | 135 | 180 | 40+587 | 135 |
| 115 | 31+812 | 135 | 148 | 36+267 | 135 | 181 | 40+722 | 135 |
| 116 | 31+947 | 135 | 149 | 36+402 | 135 | 182 | 40+857 | 135 |
| 117 | 32+082 | 135 | 150 | 36+537 | 135 | 183 | 40+992 | 135 |
| 118 | 32+217 | 135 | 151 | 36+672 | 135 | 184 | 41+127 | 135 |
| 119 | 32+352 | 135 | 152 | 36+807 | 135 | 185 | 41+262 | 135 |
| 120 | 32+487 | 135 | 153 | 36+942 | 135 | 186 | 41+397 | 135 |
| 121 | 32+622 | 135 | 154 | 37+077 | 135 | 187 | 41+532 | 135 |
| 122 | 32+757 | 135 | 155 | 37+212 | 135 | 188 | 41+667 | 135 |

UBICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE AUXILIO PEATONAL

| Nro | Ubicación (Eje 02) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios | Nro | Ubicación (Eje 01) | Distancias Entre Refugios |
|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|-----|--------------------|---------------------------|
| 123 | 32+892 | 135 | 156 | 37+347 | 135 | 189 | 41+802 | 135 |
| 124 | 33+027 | 135 | 157 | 37+482 | 135 | 190 | 41+937 | 135 |
| 125 | 33+162 | 135 | 158 | 37+617 | 135 | 191 | 42+072 | 135 |
| 126 | 33+297 | 135 | 159 | 37+752 | 135 | 192 | 42+207 | 135 |
| 127 | 33+432 | 135 | 160 | 37+887 | 135 | 193 | 42+342 | 135 |
| 128 | 33+567 | 135 | 161 | 38+022 | 135 | 194 | 42+477 | 135 |
| 129 | 33+702 | 135 | 162 | 38+157 | 135 | 195 | 42+612 | 135 |
| 130 | 33+837 | 135 | 163 | 38+292 | 135 | 196 | 42+747 | 135 |
| 131 | 33+972 | 135 | 164 | 38+427 | 135 | | | |

3.18. Alternativas de diseño de Pavimentos

Desarrollando el diseño de pavimentos en función al IMDA se considera diseños de pavimentos para 2 alternativas distribuyéndose tal como se muestra a continuación:

Tabla N° 24

Pavimento según Tramos

| EJE 01 | | |
|--|-----------------------|-----------------------|
| TRAMO | ALTERNATIVA 01 | ALTERNATIVA 02 |
| Accesos: km 28+967.071+ al Km 29+132 | Flexible | Flexible |
| Viaducto: Km 29+132 al Km al 29+626 | Rígido | Rígido |
| Portal Entrada: Km 29+626 al Km 29+640 | Rígido | Rígido |
| Túnel en roca: Km 29+640 al Km 42+640 | Rígido | Rígido |
| Túnel en suelo: Km 42+640 al Km 42+855.6 | Rígido | Rígido |
| Portal De Salida: Km 42+855.6 al Km 42+863.60 | Rígido | Rígido |
| Intercambio Vial Salida Del Túnel: Km 42+863.60 al Km 43+689.241 | Flexible | Rígido |
| EJE 02 | | |
| TRAMO | ALTERNATIVA 01 | ALTERNATIVA 02 |
| Accesos: km 29+140.00+ al Km 29+254 | Flexible | Flexible |
| Viaducto: Km 29+254 al Km al 29+589 | Rígido | Rígido |
| Portal Entrada: Km 29+589 al Km 29+600 | Rígido | Rígido |
| Túnel en roca: Km 29+600 al Km 42+640 | Rígido | Rígido |
| Túnel en Suelo : Km 42+640 al Km 42+870 | Rígido | Rígido |
| Portal De Salida: Km 42+870 al Km 42+878 | Rígido | Rígido |
| Intercambio Vial Salida Del Túnel: Km 42+878 al Km 43+700 | Flexible | Rígido |

3.19. Resumen de las Características del diseño del Eje 01

Tabla N° 25

Características Técnicas de Diseño Eje 01

| Descripción | Accesos: km | Viaducto: Km | Portal Entrada: Km | Túnel en roca: Km | Túnel en suelo: Km | Portal De Salida: Km | Intercambio Vial | |
|---------------------|---|---|---|---|---|--|--|--|
| | 28+967.071 al Km 29+132 | 29+132 al Km al 29+626 | 29+626 al Km 29+640 | 29+640 al Km 42+640 | 42+640 al Km 42+855.6 | 42+855.6 al Km 42+863.60 | Salida Del Túnel: Km 42+863.60 al Km 43+689.241 | |
| Longitud(m) | 164.929 | 494.000 | 14.000 | 13,000.000 | 215.600 | 8.000 | 825.641 | |
| Clasificación Vial | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | |
| Orografía | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | |
| Velocidad Directriz | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | |
| Radio Mínimo | 250m | 250m | 250m | 250m | 250m | 250m | 250m | |
| Ancho de Calzada | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 a 3.60 m | |
| Berma | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.50 a 0.00 y 3.00 a 0.50 m berma interna y externa respectivamente |
| | Bombeo | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | |

| Descripción | Accesos: km | Viaducto: Km | Portal Entrada: Km | Túnel en roca: Km | Túnel en suelo: Km | Portal De Salida: Km | Intercambio Vial |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| | 28+967.071 al Km | 29+132 al Km al | 29+626 al Km | 29+640 al Km | 42+640 al Km 42+855.6 | 42+855.6 al Km | Salida Del Túnel: |
| | 29+132 | 29+626 | 29+640 | 42+640 | | 42+863.60 | Km 42+863.60 al Km 43+689.241 |
| Sobreanchos | De acuerdo a la DG- 2018 | De acuerdo a la DG-2018 | De acuerdo a la DG- 2018 | De acuerdo a la DG- 2018 | De acuerdo a la DG- 2018 | De acuerdo a la DG- 2018 | De acuerdo a la DG- 2018 |
| Pendiente Mínima | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% |
| Pendiente Máxima | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 2.45% | 2.45% | 5.00% | 5.00% |
| Peralte Máximo | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% |
| Pavimento Proyectado | Concreto Asfáltico espesor = 12 cm | Pavimento Rígido espesor = 5 cm | Pavimento Rígido espesor = 35 cm | Pavimento Rígido espesor = 35 cm | Pavimento Rígido espesor = 35 cm | Pavimento Rígido espesor =35 cm | Concreto Asfaltico espesor = 12 cm |
| Base Granular | 20 cm | - | - | - | - | - | 20 cm |
| Sub base | 20 cm | - | 15 cm | 15 cm | 15 cm | 15 cm | 20 cm |
| Mejoramiento Subrasante | - | - | 15 cm | 15 cm | 15 cm | 15 cm | - |
| Cunetas | - | - | - | - | - | - | - |
| Alcantarillas | - | - | - | - | - | - | - |

3.20. Resumen de las Características del diseño del Eje 02

Tabla N° 25

Características Técnicas de Diseño Eje 02

| Descripción | Accesos: km | Viaducto: Km | Portal Entrada: Km | Túnel en roca: Km | Túnel en suelo : Km | Portal De Salida: Km | Intercambio Vial |
|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | 29+140.00+ al Km | 29+254 al Km al | 29+589 al Km | 29+600 al Km 42+640 | 42+640 al Km 42+870 | 42+870 al Km 42+878 | Salida Del Túnel: Km |
| | 29+254 | 29+589 | 29+600 | | | | 42+878 al Km 43+700 |
| Longitud(m) | 114.000 | 335.000 | 11.000 | 13 040.000 | 230.000 | 8.000 | 822.000 |
| Clasificación Vial | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional | Red Vial Nacional |
| Orografía | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) | Escarpado (Tipo 4) |
| Velocidad Directriz | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h | 80 Km./h |
| Radio Mínimo | 250m | 250m | 250m | 250m | 250m | 250m | 250m |
| Ancho de Calzada | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 m | 7.20 a 3.60 m |
| Berma | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 y 3.0m berma interna y berma externa respectivamente | 1.5 a 0.0 y 3.0m a 0.50m berma interna y berma externa respectivamente |
| Bombeo | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% |

| Descripción | Accesos: km | | Viaducto: Km | | Portal Entrada: Km | | Túnel en roca: Km | | Túnel en suelo : Km | | Portal De Salida: Km | | Intercambio Vial | |
|-------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|-----------|
| | 29+140.00+ al Km | | 29+254 al Km al | | 29+589 al Km | | 29+600 al Km 42+640 | | 42+640 al Km 42+870 | | 42+870 al Km 42+878 | | Salida Del Túnel: Km | |
| | 29+254 | | 29+589 | | 29+600 | | | | | | | | 42+878 al Km 43+700 | |
| Sobreanchos | De acuerdo a la DG-2018 | | De acuerdo a la DG-2018 | | De acuerdo a la DG-2018 | | De acuerdo a la DG-2018 | | De acuerdo a la DG-2018 | | De acuerdo a la DG-2018 | | De acuerdo a la DG-2018 | |
| Pendiente Mínima | 0.50% | | 0.50% | | 0.50% | | 0.50% | | 0.50% | | 0.50% | | 0.50% | |
| Pendiente Máxima | 5.00% | | 5.00% | | 5.00% | | 2.45% | | 2.45% | | 5.00% | | 5.00% | |
| Peralte Máximo | 4% | | 4% | | 4% | | 4% | | 4% | | 4% | | 4% | |
| Pavimento proyectado | Concreto | Asfáltico | Pavimento | Rígido | Pavimento | Rígido | Pavimento | Rígido | Pavimento | Rígido | Pavimento | Rígido | Concreto | Asfáltico |
| | espesor = 12 cm | | espesor = 5 cm | | espesor = 35 cm | | espesor = 35 cm | | espesor = 35 cm | | espesor = 35 cm | | espesor = 12 cm | |
| Base Granular | 20 cm | | - | | - | | - | | - | | - | | 20 cm | |
| Sub base | 20 cm | | - | | 15 cm | | 15 cm | | 15 cm | | 15 cm | | 20 cm | |
| Mejoramiento Subrasante | - | | - | | 15 cm | | 15 cm | | 15 cm | | 15 cm | | - | |
| Cunetas | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | |
| Alcantarillas | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | |

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Como consecuencia de la necesidad de implementar una nueva vía con mejores parámetros de seguridad vial. Se propone un nuevo trazo de 14.7km. de los cuales 13.27km. son en doble sección tipo túnel, la cual cruza las ciudades de Chaclacayo, Chosica y Ricardo Palma, minimizando los factores de riesgos viales y aumentando los niveles de serviciabilidad del usuario.

A continuación se describe los parámetros de la vía existente en comparación con la vía proyectada, los resultados obtenidos en la presente propuesta de diseño se describen y muestran en las siguientes tablas y figuras.

Tabla N° 27

Puente Los Ángeles – Ricardo Palma, Situación “sin proyecto” Pavimento Rígido

| NOMBRE DEL TRAMO | Tramo N°1 | Tramo N°1 | Tramo N°1 | Tramo N°1 |
|--|-----------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| GENERAL | | | | |
| Año comienzo | | 2019 | | |
| Periodo de análisis | | 35 años | | |
| DEFINICION | | | | |
| Ruta | | PE-22 | | |
| Longitud | 1.85 Km | 3.86 Km | 1.63 Km | 8.12 Km |
| Ancho calzada | 14.0 m | 14.0 m | 7.0 m | 7.0m |
| Ancho Bermas | 0.5 m | 0.5 m | - | - |
| Dirección de Flujo | | Ambos Sentidos | | |
| Ultimo tratamiento superficial (año) | | 2013 | | |
| Clase de Superficie | | Asfáltica | | |
| Adecuación Estructura | | Regular | | |
| Calidad de la Compactación (3) | | Buena | | |
| Calidad de Rodadura | | Mala | | |
| Estado superficial | | Regular | | |
| Textura Superficial (6) [Good, Fair, Slippery] | | Regular | | |
| Tipo velocidad/ capacidad | | Carretera de 4 carriles | Carretera de 2 carriles | |
| Modelo de Tránsito | | Interurbano | | |
| Zona Climática | | Sub Tropical cálido | | |
| Tipo de carretera | | Primaria | | |
| GEOMETRIA | | | | |
| Subidas + Bajadas (m/Km.) | 25.210 | 24.689 | 16.589 | 27.183 |

| NOMBRE DEL TRAMO | Tramo N°1 | Tramo N°1 | Tramo N°1 | Tramo N°1 |
|---------------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| Número de Subidas + Bajadas (No./Km.) | 1.081 | 0.777 | 1.84 | 0.370 |
| Sobre elevación - Peralte (%) | | 6% | | |
| Curvatura horizontal promedio (°/Km.) | 24.879 | 46.691 | 14.563 | 74.016 |
| Velocidad Limite (Km./h) | | 22 | | 30 |
| Altitud promedio (m) | 720 | 809 | 851 | 962 |
| PAVIMENTO (Firme) | | | | |
| Tipo de pavimento | Mezcla Asfáltica sobre Base Granular | | | |
| Tipo de Material (15) | Mezcla asfáltica compactada en caliente | | | |
| Espesor más reciente (mm) | | 50 | | |
| Espesor anterior (mm) | | 100 | | |

Tabla N° 28

Puente Los Ángeles – Ricardo Palma, Situación “con proyecto” Pavimento Rígido

| NOMBRE DEL TRAMO | EJE 1 (IZQUIERDO) | EJE 2 (DERECHO) |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Progresiva | 28+967 - 43+700 | 29+140 - 43+700 |
| GENERAL | | |
| Año de evaluación | 2024 | |
| Periodo de análisis | 35 | |
| Clase de Superficie | Concreto | |
| Tiempo de ejecución (años)* | 5 | |
| DISEÑO | | |
| Tipo velocidad/ capacidad | Carretera de 2 carriles | |
| Tipo de carretera | Primaria | |
| Nuevo Tipo de pavimento | JPCP con pasajuntas | |
| Longitud (Km.) | 14.733 | 14.560 |
| Ancho después de los trabajos (m) | 7.20 | |
| PAVIMENTO | | |
| Capa superficial | Concreto | |
| Espesor (mm) | 350 | |
| Tipo de base | Granular | |
| Espesor (mm) | 150 | |
| Tipo de subrasante | Granular | |
| Módulo de reacción. K (Mpa/m) | 105.18 | |
| Sellado de juntas | Silicón | |

La infraestructura vial conlleva a una gran importancia para el desarrollo económico del país. Siendo las vías terrestres que interconectan los puntos de producción y consumo cuyo estado de conservación determinan un alto porcentaje del nivel de costo del transporte, los cuales a su vez influyen sobre los flujos de comercio nacional e internacional del país.

La vía proyectada será una variante, que evitará pasar por las zonas urbanas como son Chosica y Ricardo Palma, que por la gran demanda de tránsito vehicular de la vía existente Carretera Central (PE-22) esta no abastece ocasionando gran congestión. Otro factor importante a considerar es en la época de lluvias (enero a marzo), la vía existente sufre interrupciones debido a la caída de huacos. Con la vía proyectada se evitarán el congestión vehicular y las interrupciones debido a la calidad de huacos.

El diseño Geométrico del presente proyecto se desarrolló con los cálculos y análisis enfocados en la parte de transporte y diseño vial para ajustar la vía proyectada a la topografía del lugar, satisfaciendo estándares de seguridad, de servicio y de funcionamiento.

La clasificación se dio con los criterios de acuerdo a la necesidad operacional o funcional, conforme a la topografía y de acuerdo al estudio de tráfico. Como estructuras del proyecto desarrollado este consta de los siguientes componentes:

Tabla N° 29

Dimensiones y Cantidades de Elementos

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | LONGITUD (m) |
|---|----------|--------------|
| Túneles Principales (Eje 01 Y Eje 02) | 2.00 | 26 485.60 |
| Túneles De Servicio (4 Tuneles) | 4.00 | 1 486.55 |
| Túnel De Conexión Vehicular | 27.00 | 959.87 |
| Túnel De Conexión Peatonal | 32.00 | 634.56 |
| Plazoletas Pares | 42.00 | 1 624.92 |
| Sub Estaciones Y Pasajes De Subestaciones | 15.00 | 396.00 |
| Chimeneas | 11.00 | 1 116.48 |
| Viaducto (2 Ejes) | 2.00 | 829.00 |

| | | |
|---|-------|----------|
| Portales (2 Entrada Y 2 Salida) | 4.00 | 41.00 |
| Accesos (2 Entrada Y 2 Salida, Eje 01 Y Eje 02 Respectivamente) | 4.00 | 1 926.57 |
| Ramales (2 Entrada Y 4 Salida) | 6.00 | 3 186.26 |
| Defensas Ribereñas (Ambas Margenes Del Rio) | 1.00 | 936.22 |
| Puente Km 43+250 (Ramal 01 Salida) | 1.00 | 57.00 |
| Muros De Concreto Armado | 2.00 | 652.40 |
| Alcantarillas | 7.00 | 108.68 |
| Canales | 6.00 | 404.15 |
| Cunetas | 13.00 | 2 831.03 |
| Bordillos | 1.00 | 200.00 |
| Dique | 1.00 | - |
| Reservorio | 1.00 | - |

Nota. Consorcio los Ángeles (2020, p. 78)

Como longitud total del proyecto considerando todos los componentes antes mencionados se tiene 35.55 km según el siguiente detalle:

Tabla N° 30

Longitud del proyecto

| COMPONENTES | LONGITUD (m) |
|--|------------------|
| Eje 01 | 13,215.60 |
| Eje 02 | 13,270.00 |
| Túnel de Servicio, Túneles de Conexiones | 3,080.98 |
| Viaducto (2) | 829.00 |
| Portales (2 Entrada y 2 Salida) | 41.00 |
| Accesos (2 Entrada y 2 Salida) | 1,926.57 |
| Ramales (2 Entrada y 4 Salida) | 3, 186.26 |
| Total | 35 549.41 |

La longitud del tramo en estudio para el eje 01 es de 14.72 km y para el eje 02 es de 14.56 km cuyas progresivas son:

Tabla N° 31

Progresivas de longitud del tramo en estudio

| EJES | PROG.INICIO | PROG.FINAL | LONG. (m) |
|--------|-------------|------------|-----------|
| EJE 01 | 28+967.07 | 43+689.24 | 14,722.17 |
| EJE 02 | 29+140.00 | 43+700.00 | 14,560.00 |

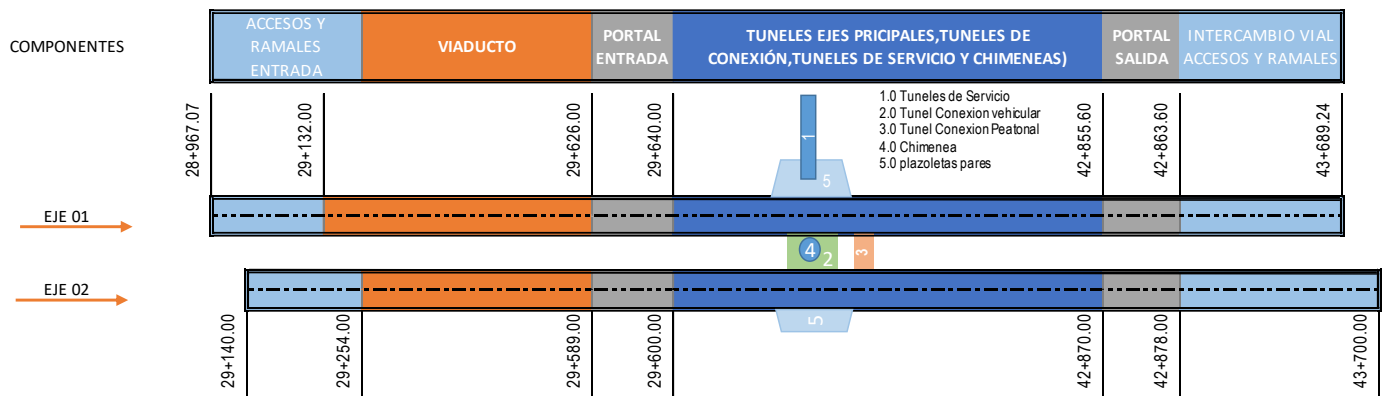


Figura N° 34 Esquema Final

Fuente: Elaboración Propia

La carretera Central en su tramo Puente Los Ángeles – Ricardo Palma posee un nivel de tráfico que actualmente ocasiona problemas de congestión y accidentes de tránsito, debido a que el nivel de servicio o capacidad de la vía no es suficiente para brindar adecuadas condiciones de seguridad y transitabilidad a los usuarios (vehículos); en este sentido, con la finalidad de mejorar dichas condiciones se propone un nuevo diseño geométrico que considera un nivel de demanda proyectado para un horizonte de 20 años.

Al realizarse el estudio de la demanda y los estudios de topografía, se determina que la carretera necesaria para atender el nivel de tráfico corresponde a una autopista, conforme a las normas peruanas de diseño de carreteras, aspecto que es la primera condición que permite determinar los parámetros de diseño vial, tales como velocidad de diseño, radios de curvas, pendientes, peraltes, sección transversal en zonas rectas y en curva, en tramos con secciones abiertas y con secciones tipo túnel.

La ejecución de la propuesta de mejora de transitabilidad debe partir de un correcto diseño geométrico y de la elaboración de planos en planta, perfil y secciones transversales, los mismos que han sido generados utilizando el software Civil 3D.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión 1

El diseño geométrico vial de la carretera Central, en el tramo: Puente Los Ángeles – Ricardo Palma, ha permitido determinar los parámetros de la geometría en planta, tales como radio mínimo, peralte en zonas curvas, curva de enlace tipo clotoide, transición de peralte, ; asimismo, en el diseño de perfil longitudinal se ha determinado la pendiente longitudinal, longitud de curva vertical, distancias de visibilidad de parada y adelantamiento, curvas verticales, y, en el diseño de secciones transversales se propone la geometría en función de las condiciones establecidas en la norma DG-2018 y características del vehículo de diseño. Todos estos parámetros de diseño se han definido considerando las condiciones de seguridad vial y que aseguran una adecuada y segura transitabilidad.

Conclusión 2

La demanda de tráfico se ha definido para la situación actual así como para la situación futura, considerando tasas de crecimiento por tipo de vehículo y los conteos de tráfico, lo que ha permitido el Índice Medio Diario Anual IMDA medido en vehículos por día. La estimación de la demanda es clave para definir la nuestra clasificación de la carretera dado que en la actualidad la carretera central en el tramo Puente Los Ángeles – Ricardo Palma posee un diseño geométrico para un tráfico IMDA igual a 2000 vehículos por día, sin embargo, la realidad y la estimación de la demanda indica que el IMDA proyectado a 20 años es 21,169 vehículos por día, siendo necesario diseñar una geometría para una carretera tipo autopista con tipo de orografía 4.

Conclusión 3

Luego de definir los parámetros de diseño, los cuales cumplen con la norma peruana de diseño geométrico de carreteras, se ha diseñado la geometría de la carretera utilizando el software Civil 3D los cuales permiten visualizar los planos en planta, perfil y secciones transversales, que se adjuntan al presente documento.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda verificar la factibilidad de ejecutar la carretera en el tramo Puente Los Ángeles – Ricardo Palma, a través de estudios hidrogeológicos con la finalidad de proyectar el procedimiento constructivo óptimo, aspecto que no ha sido abordado en la presente tesis por no ser objetivo.

Asimismo, se recomienda realizar una evaluación económica utilizando metodologías como costo-beneficio, valor actual presente, entre otros, con la finalidad de verificar la rentabilidad financiera del proyecto, con la finalidad de determinar a cuánto asciende dicha rentabilidad, en comparación con la situación actual.

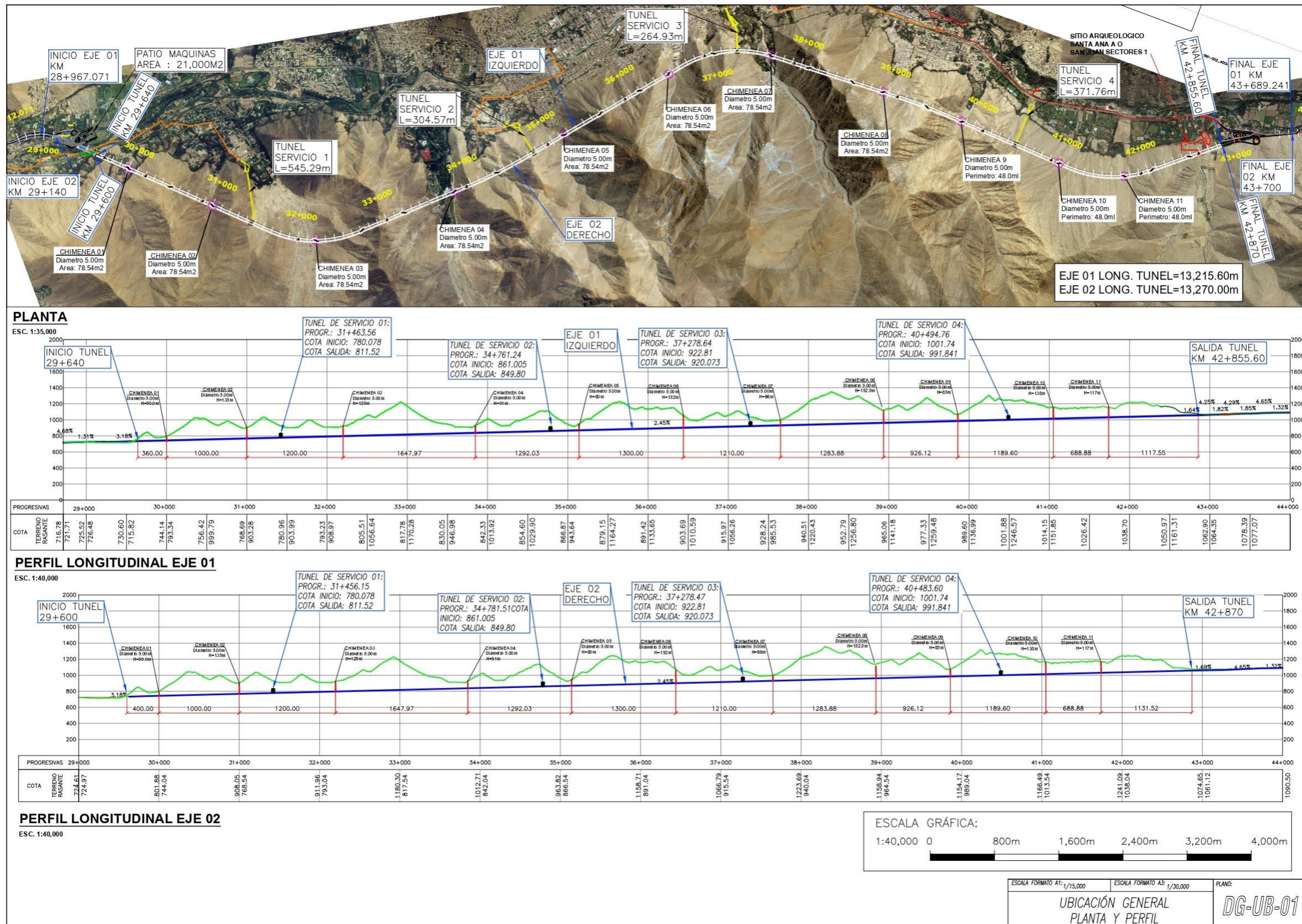
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS

- Alayo, F. (22 de enero de 2017). La 'explosiva' ruta hacia el centro. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/explosiva-ruta-centro-160380?foto=2>
- Arias, F (2006, p. 134). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. (5º.ed.) Caracas - Venezuela: Episteme.
- Bernal, A. (2010) *Metodología de la Investigación*. Colombia: Person.
- Castillo, H. (2013). *Análisis de Riesgo de Seguridad Vial en la Nueva Carretera Costanera en el Tramo Pueblo Nuevo (Ciudad de Ilo)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Choctalin, E & Guevara, J (2016) Diseño de la Carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, Distrito De Santo Tomas -Provincia De Luya –Amazonas (Tesis de Licenciatura. Universidad Cesar Vallejo, Amazonas, Perú.
- Consortio Los Ángeles. (2020). Estudio de Factibilidad para la Construcción y Mejoramiento de la Carretera Central Tramo: Autopista Puente Los Ángeles – Ricardo Palma. Lima, Perú.
- García, A., Pérez, A & Camacho, F. (2012). Introducción al diseño geométrico de carreteras: concepción y planteamiento. Universidad Politecnica de Valencia, España.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta. Ed.). McGraw-Hill Education.
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de Investigación en Ciencias sociales*. México: Mc Graw-Hill. Universidas Politecnica de Valencia
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) (2018). *El Manual de Seguridad Vial*, Lima, Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual_de_Seguridad_Vial_2017.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras, Túneles, Muros y Obras Complementarias del Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/p_recientes/5800.pdf

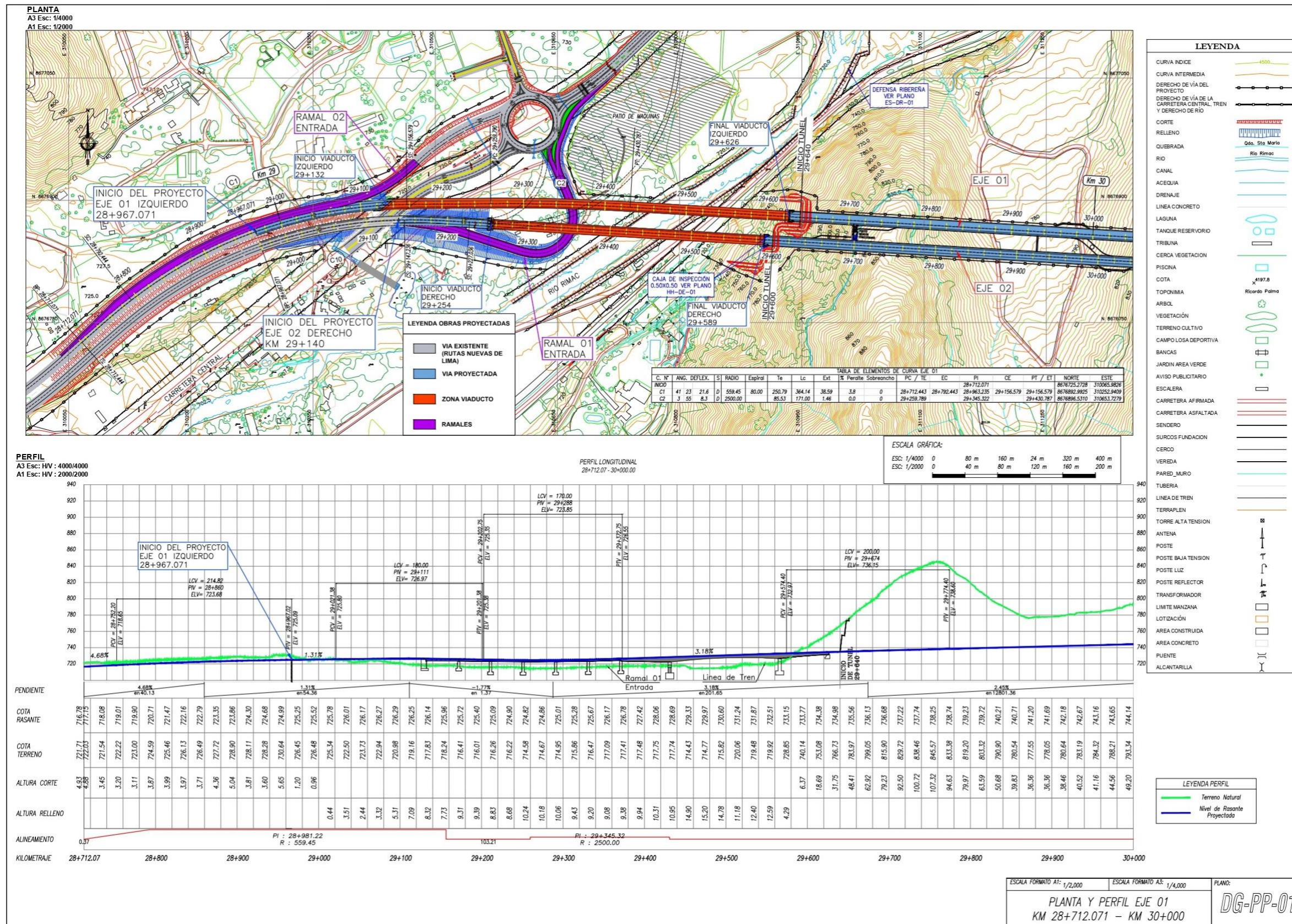
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019) *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial*. Francia. Recuperado de http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_SPA.pdf
- Parrado, A & García, A. (2017). *Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia
- Pinedapro, L. (05 de Febrero del 2013). *Investigación pura o básica*. 06 de Febrero del 2016, de SlideShare Sitio web: <http://es.slideshare.net/pinedapro/investigacion-pura-o-basica>
- Reynoso, V. (2013). *Análisis de las Características Geométricas de la Ruta Pe-06 A en el Departamento de Lambayeque con Propuesta de Solución al Empalme Pe-1n en el Área Metropolitana de Chiclayo* (tesis pregrado). Universidad San Martín de Porres, Chiclayo, Perú.
- Scipión, E (1999) *Diseño de Carreteras* Recuperado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-de-diseno-de-carreteras.pdf>
- Tarazona, C. (2008) *Diseño Geométrico de la Carretera Sayánacotama con Datos de Campo Tomados con Gps*. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4208>

CAPÍTULO VIII. ANEXOS

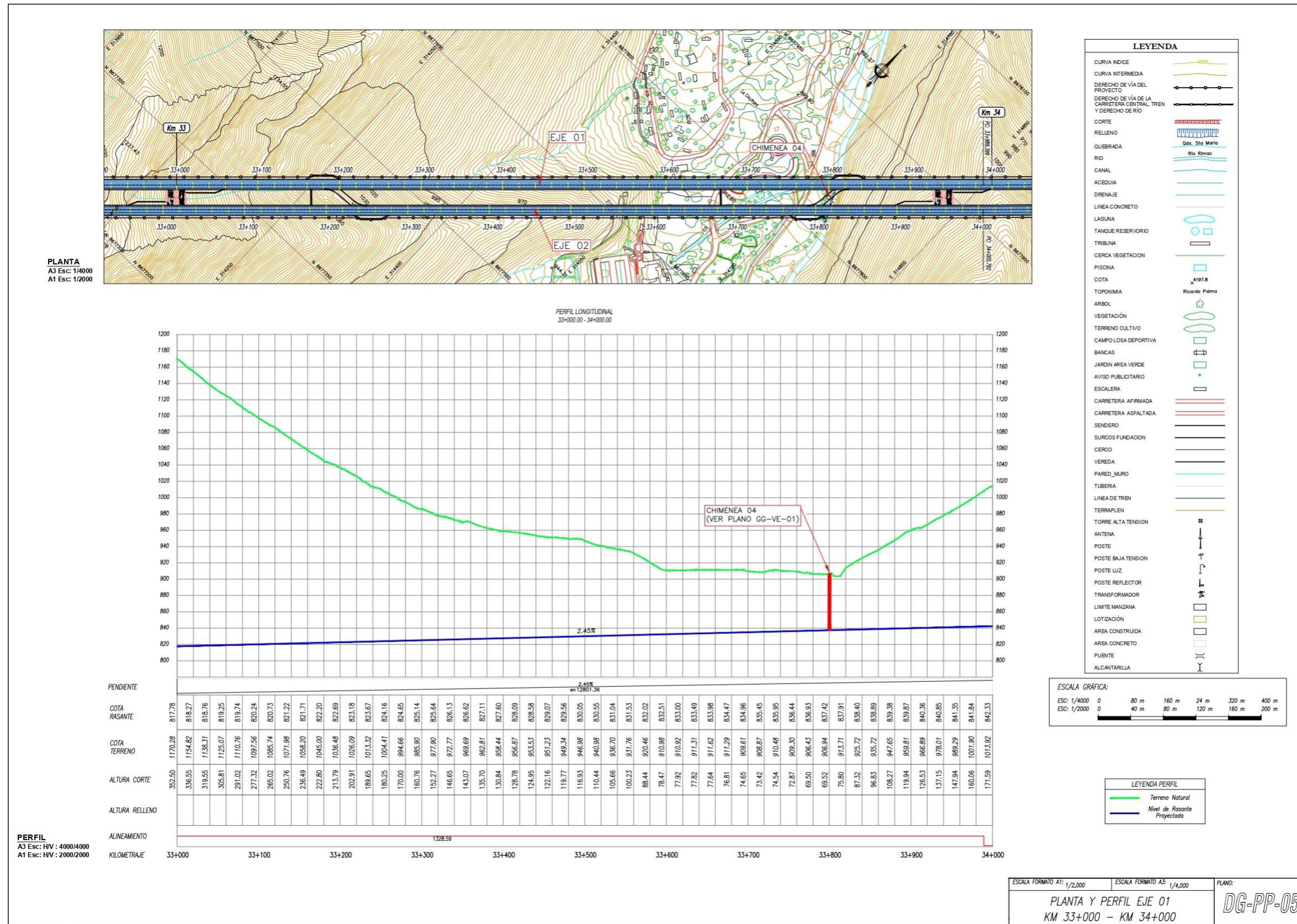
Anexo A. Plano general planta y perfil



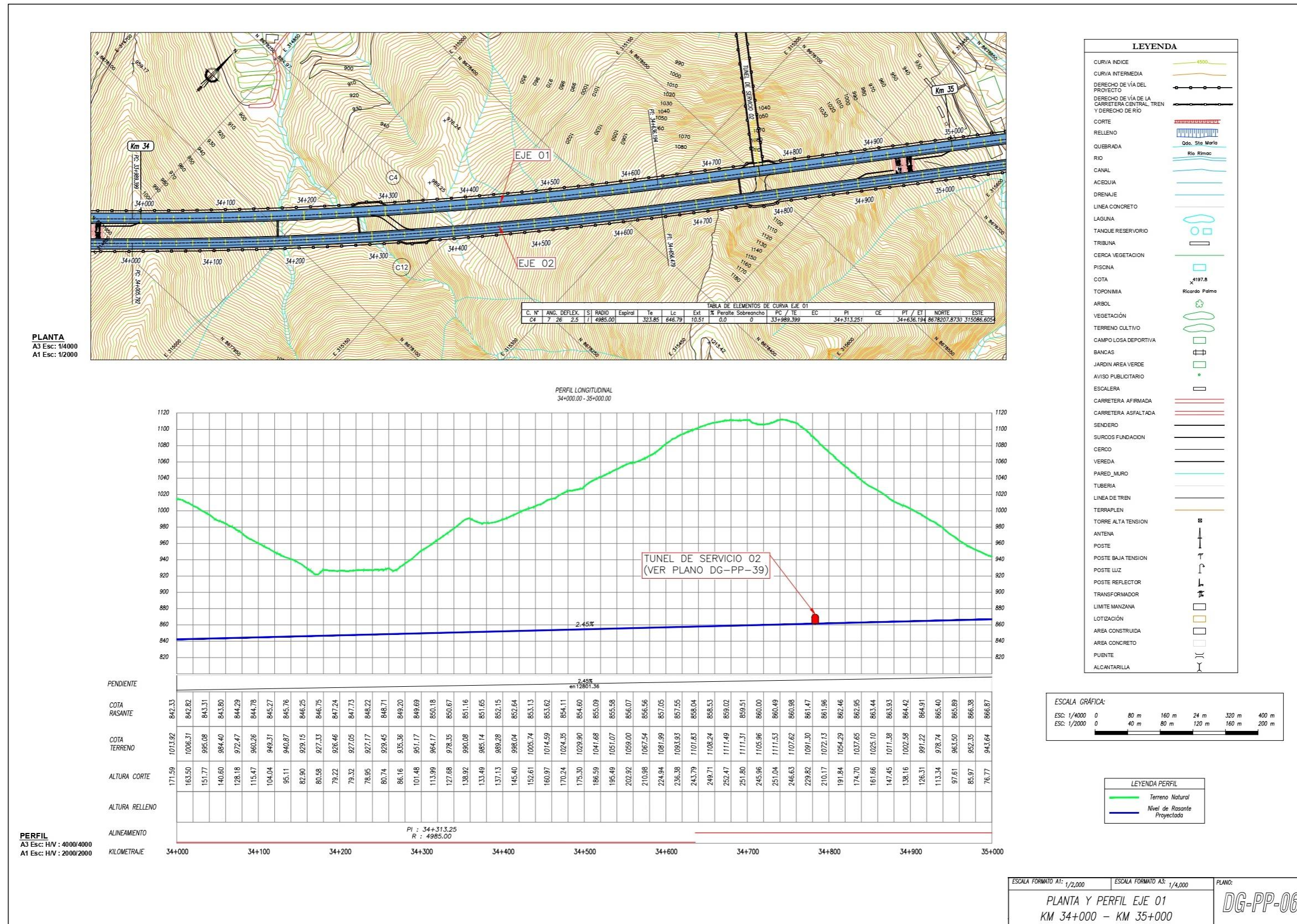
Anexo B.1 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 28 + 712.071 al 30 + 000.00



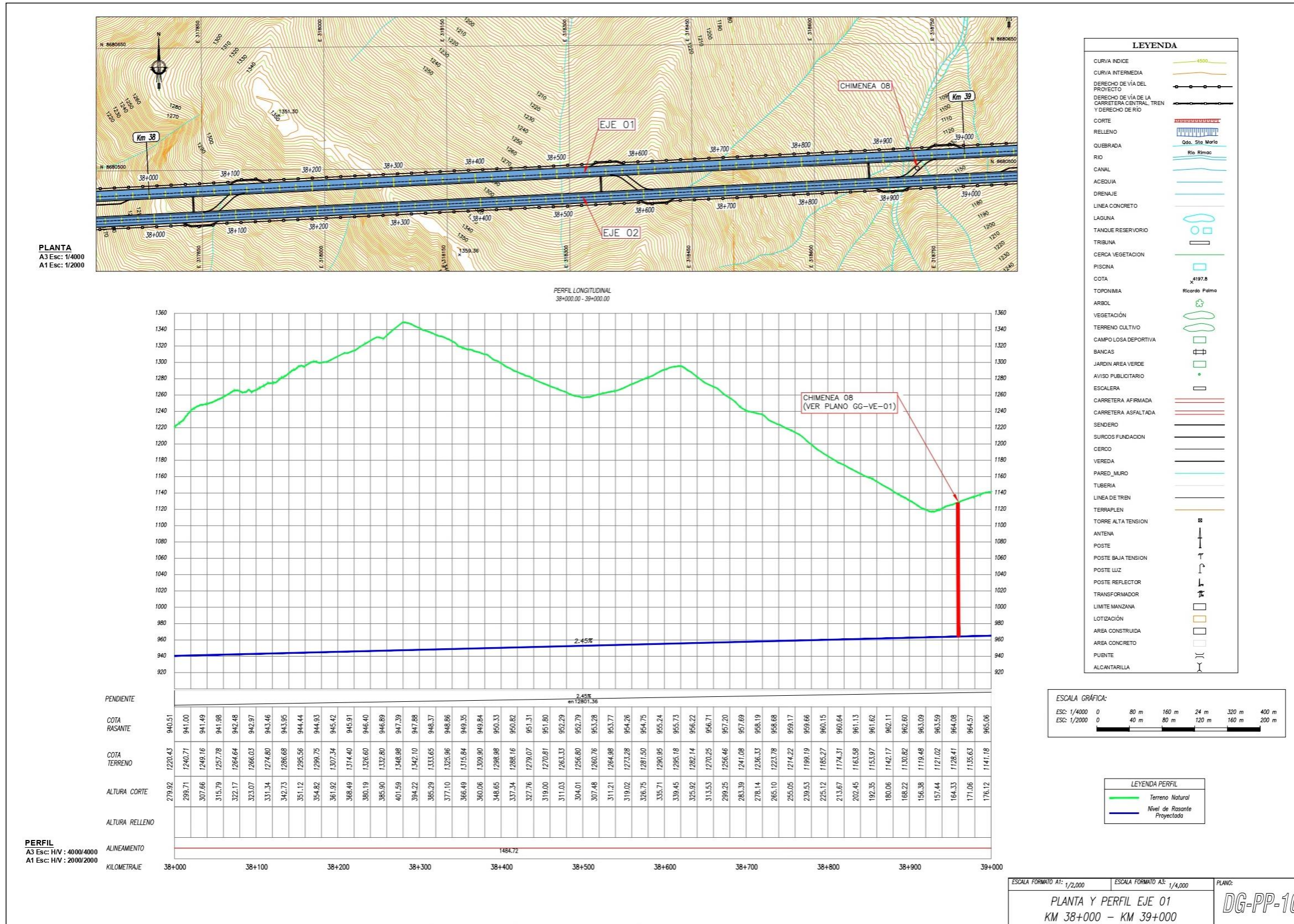
Anexo B.5 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 33 + 000.00 al 34 + 000.00



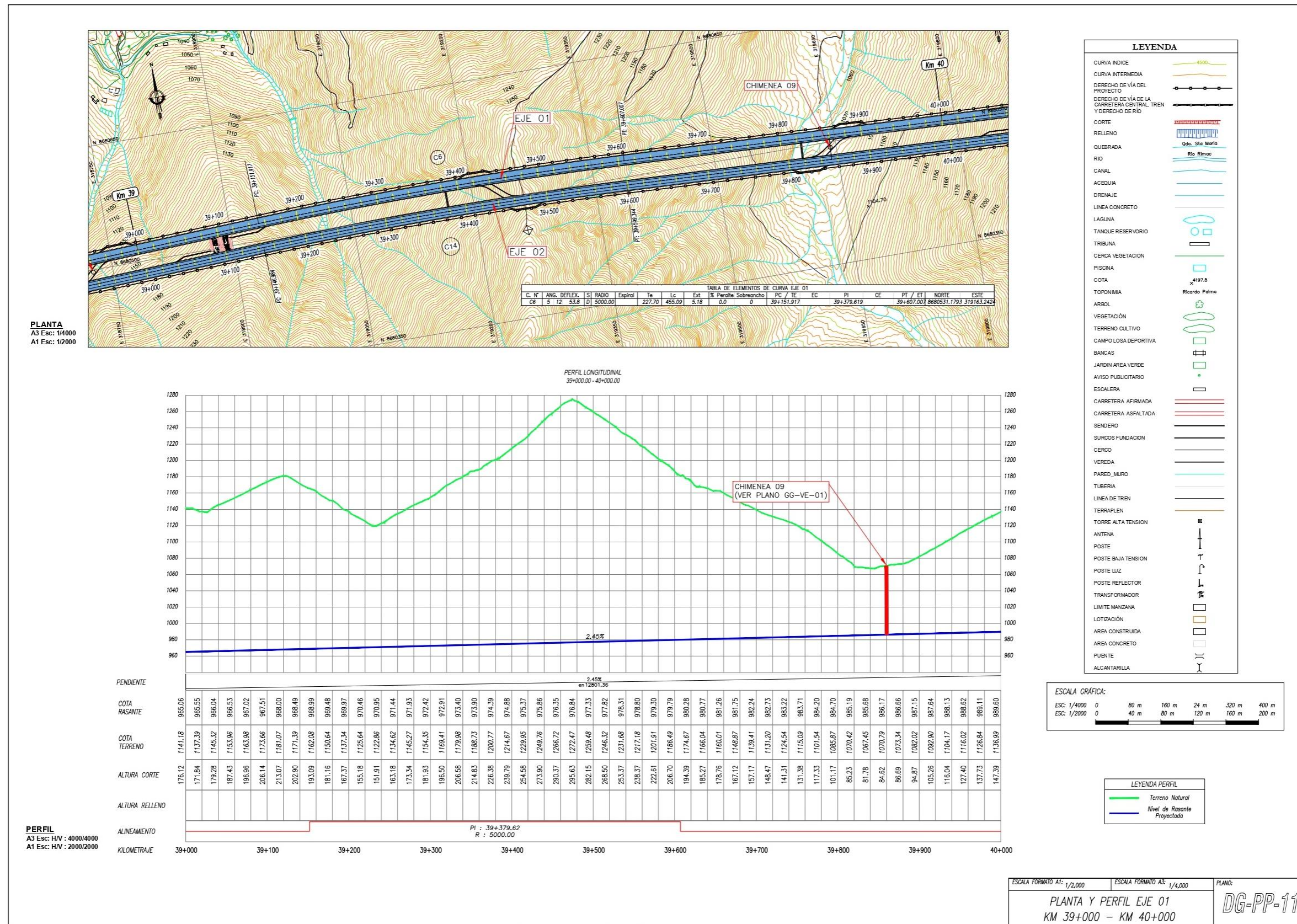
Anexo B.6 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 34 + 000.00 al 35 + 000.00



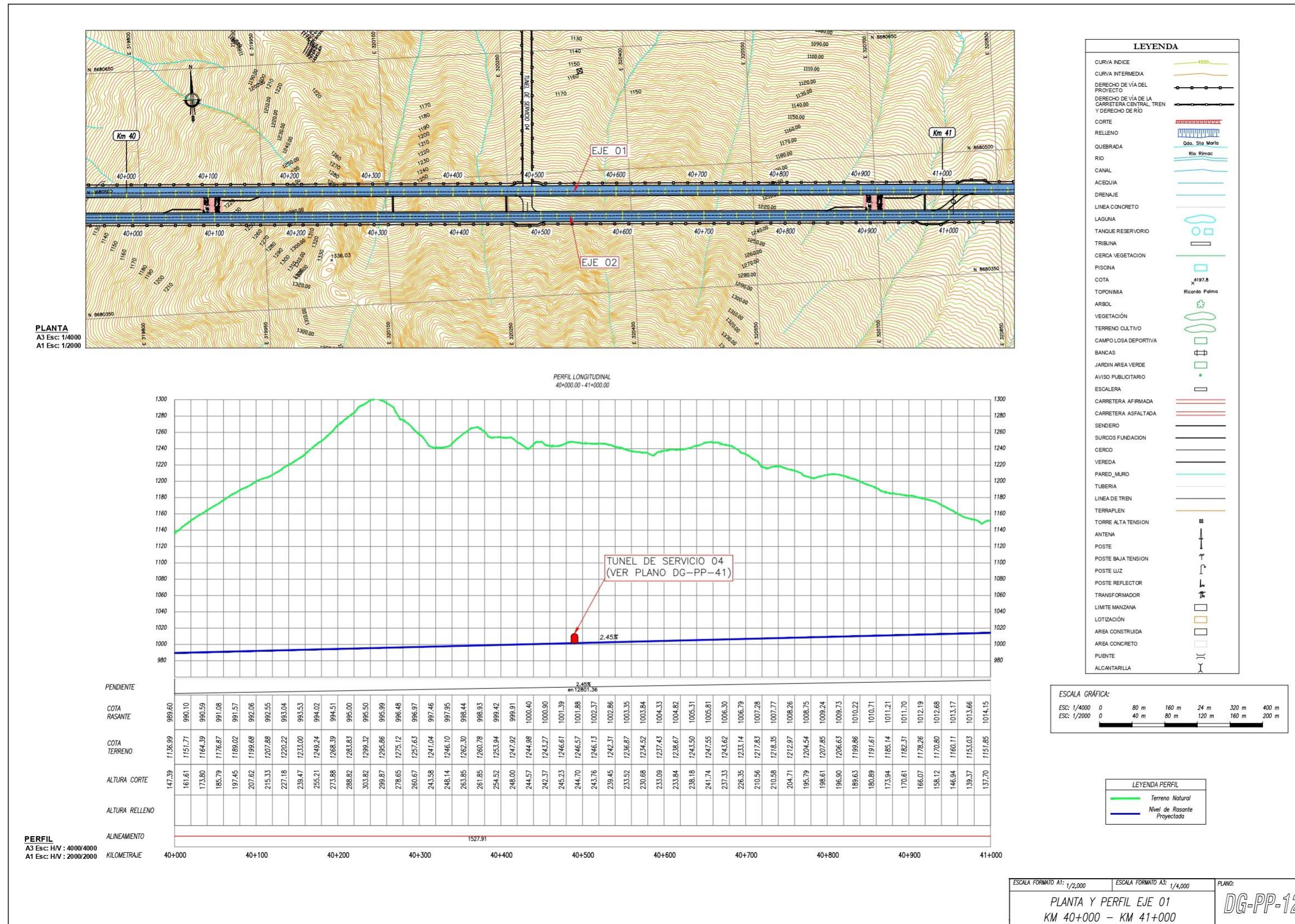
Anexo B.10 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 38 + 000.00 al 39 + 000.00



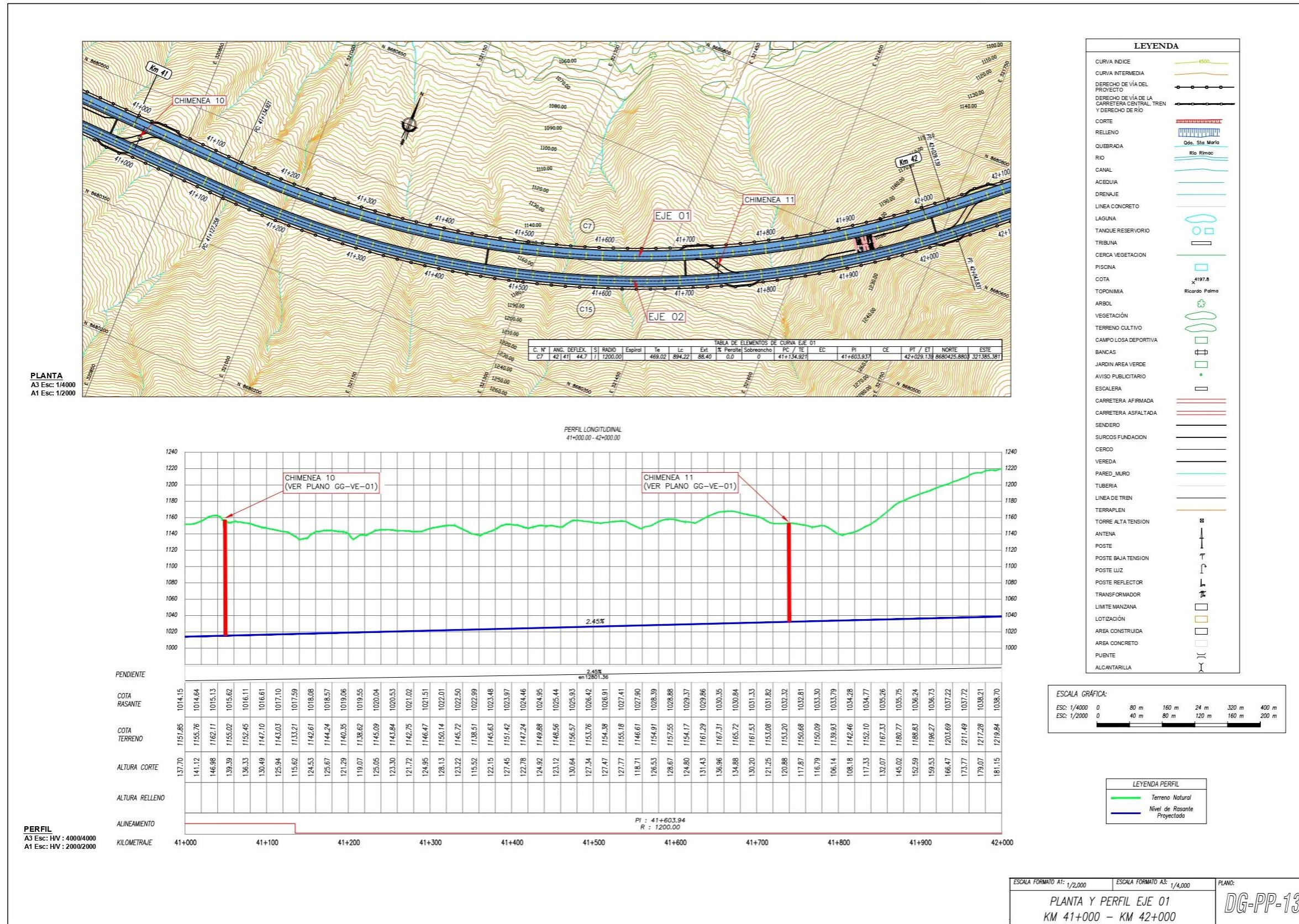
Anexo B.11 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 39 + 000.00 al 40 + 000.00



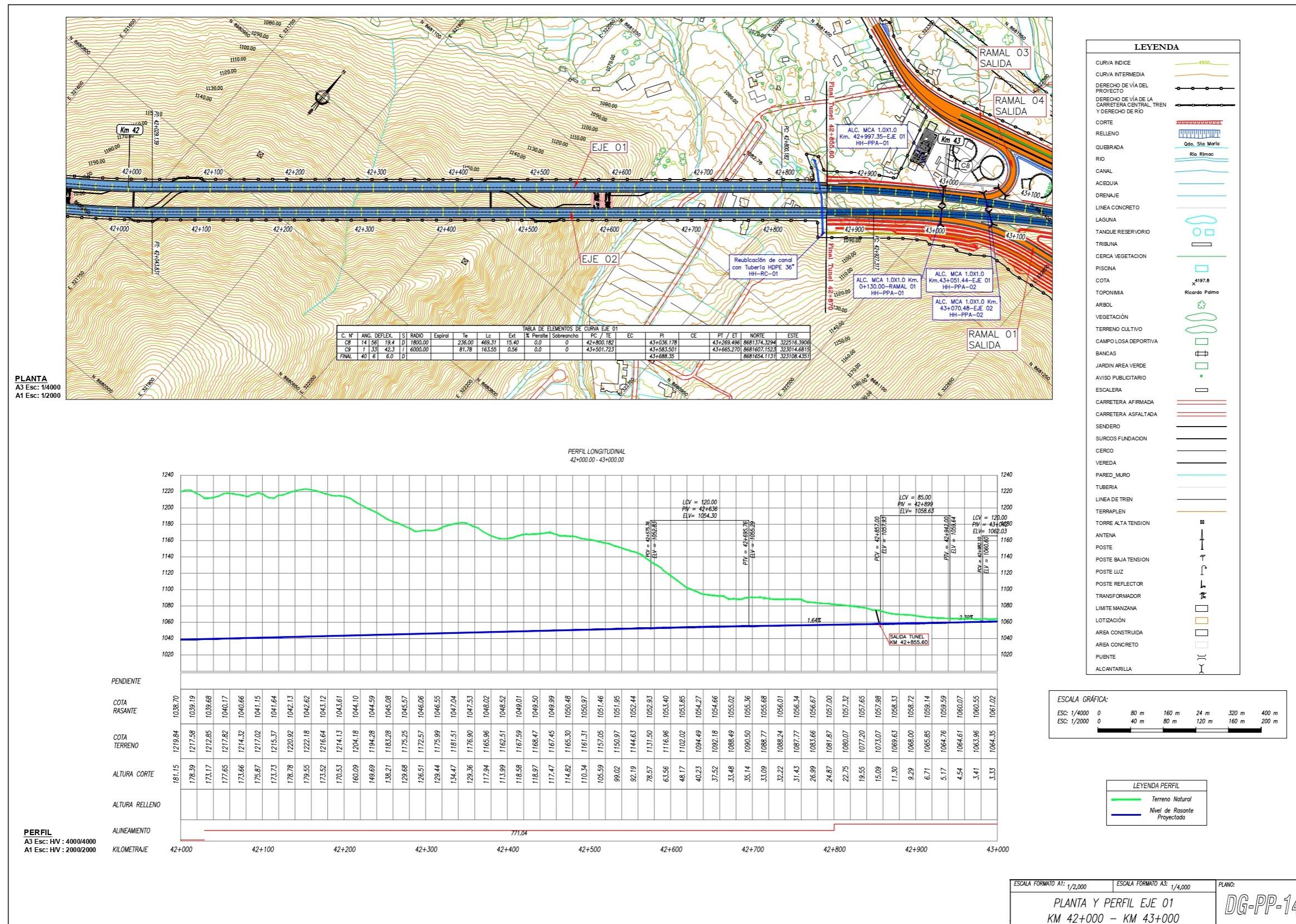
Anexo B.12 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 40 + 000.00 al 41 + 000.00



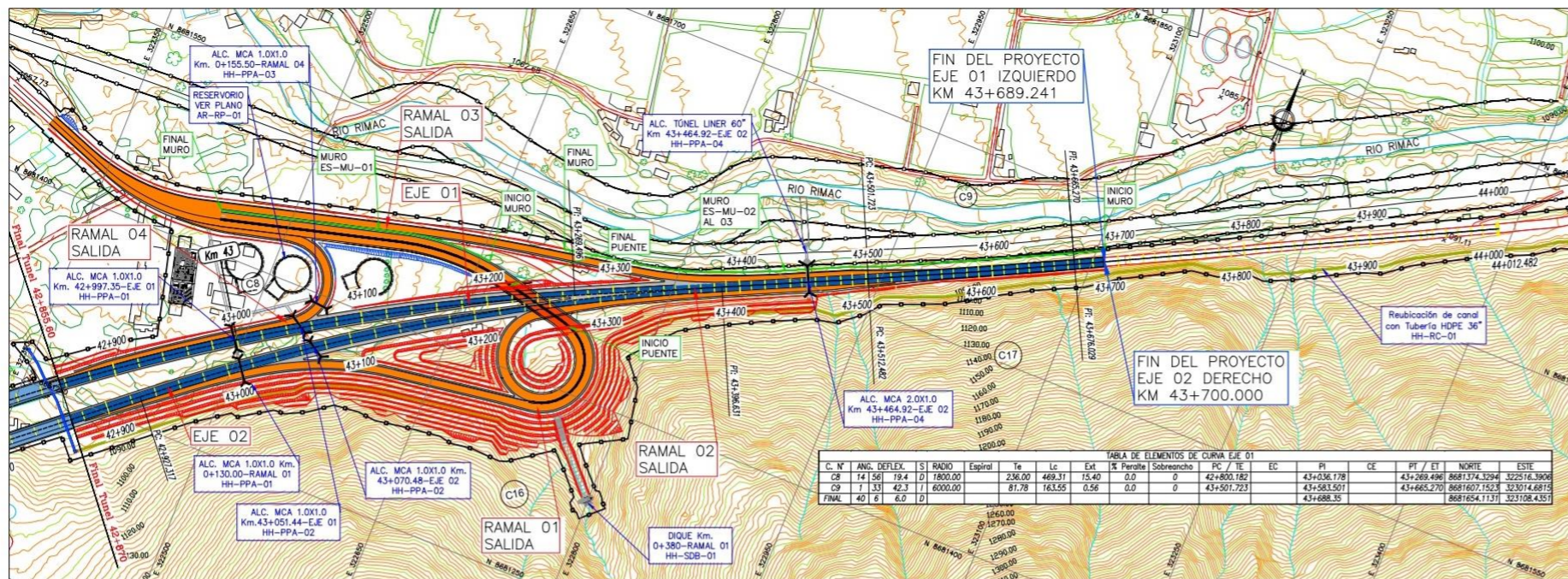
Anexo B.13 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 41 + 000.00 al 42 + 000.00



Anexo B.14 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 42 + 000.00 al 43 + 000.00



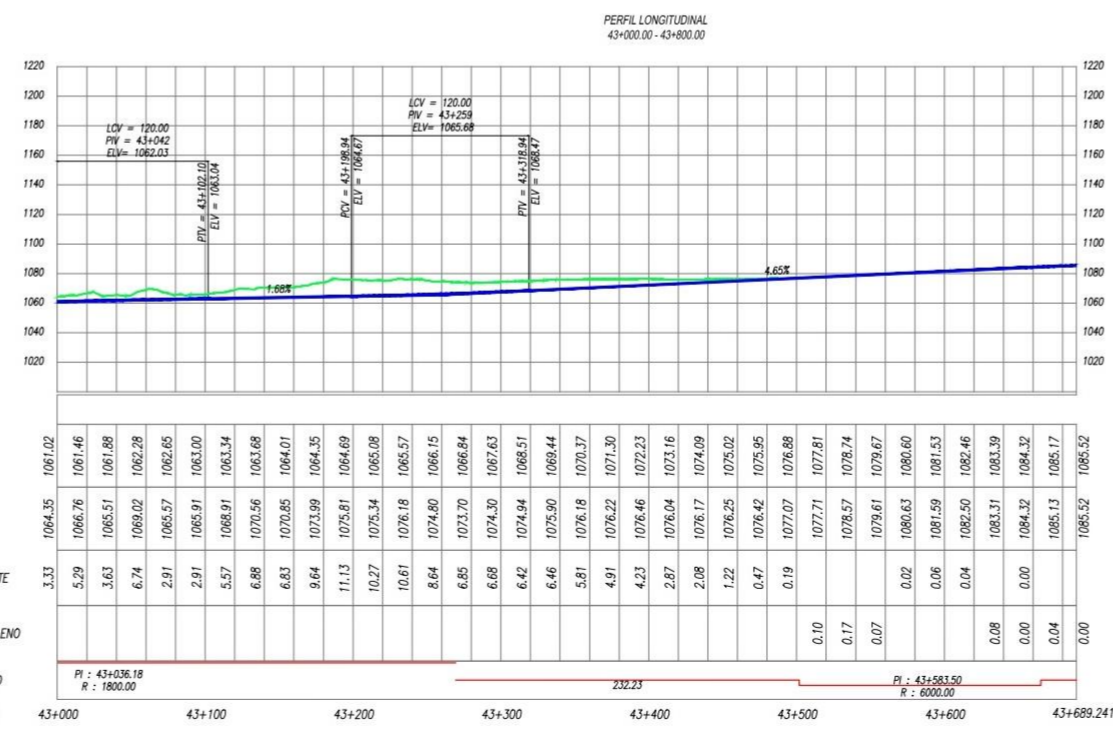
Anexo B.15 Plano planta – perfil Eje 01 Progresiva 43 + 000.00 al 43 + 689.241



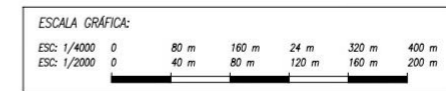
LEYENDA

- CURVA INDICE
- CURVA INTERMEDIA
- DERECHO DE VÍA DEL PROYECTO
- DERECHO DE VÍA DE LA CARRETERA CENTRAL, TREN Y DERECHO DE RÍO
- CORTE
- RELLENO
- QUEBRADA
- RÍO
- CANAL
- ACEDÜA
- DRENAJE
- LÍNEA CONCRETO
- LAGUNA
- TANQUE RESERVORIO
- TRIBUNA
- CERCA VEGETACION
- PISCINA
- COTA
- TOPONIMIA
- ARBOL
- VEGETACION
- TERRENO CULTIVO
- CAMPO LOSA DEPORTIVA
- BANCAS
- JARDIN AREA VERDE
- AVISO PUBLICITARIO
- ESCALERA
- CARRETERA AFIRMADA
- CARRETERA ASFALTADA
- SENDERO
- SURCOS FUNDACION
- CERCO
- VEREDA
- PARED MURO
- TUBERIA
- LÍNEA DE TREN
- TERRAPLEN
- TORRE ALTA TENSION
- ANTENA
- POSTE
- POSTE BAJA TENSION
- POSTE LUZ
- POSTE REFLECTOR
- TRANSFORMADOR
- LIMITE MANZANA
- LOTIZACION
- AREA CONSTRUIDA
- AREA CONCRETO
- PUENTE
- ALCANTARILLA

PLANTA
A3 Esc: 1/4000
A1 Esc: 1/2000



PERFIL
A3 Esc: HV: 4000/4000
A1 Esc: HV: 2000/2000



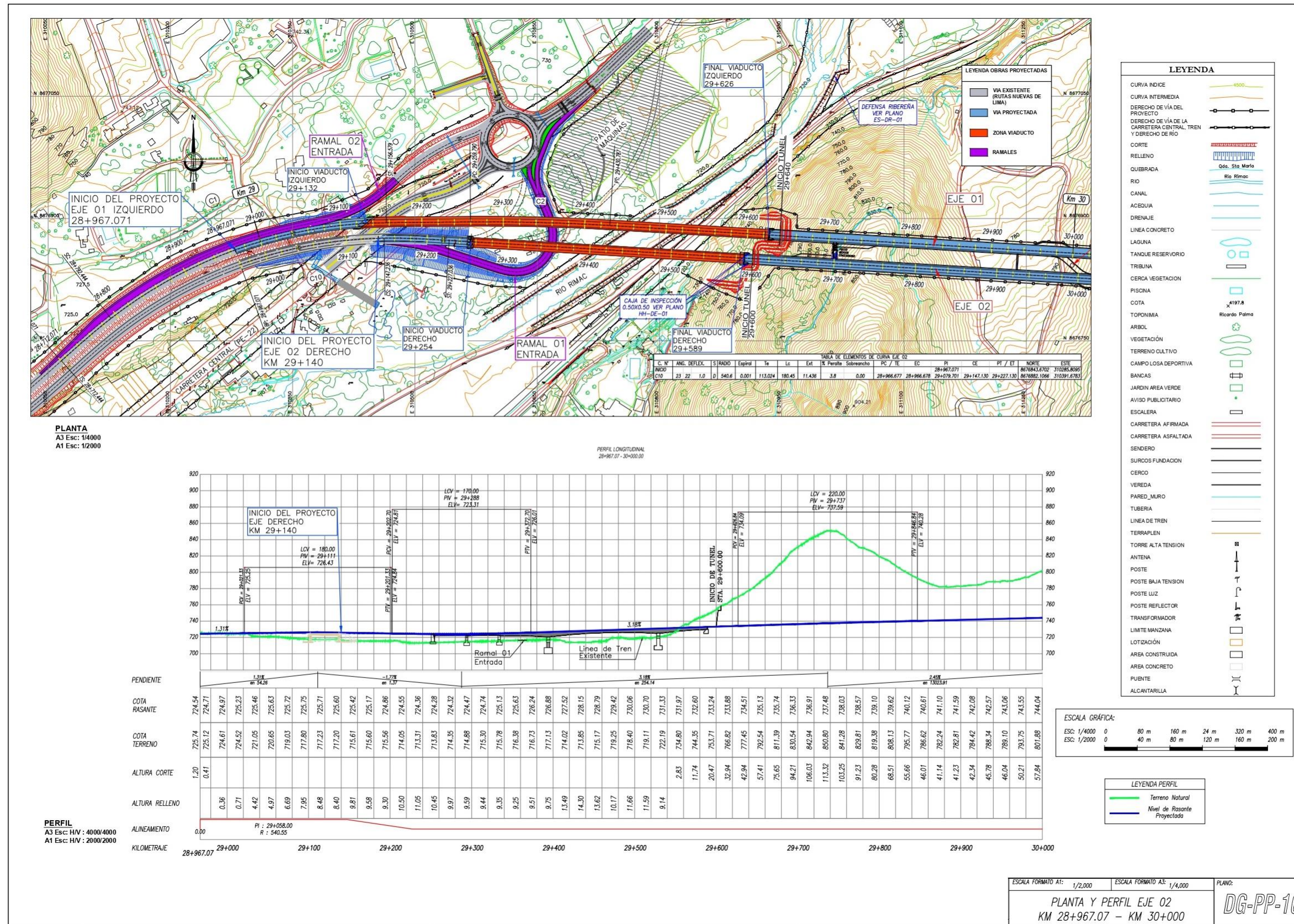
LEYENDA PERFIL

- Terreno Natural
- Nivel de Rasante Propuesta

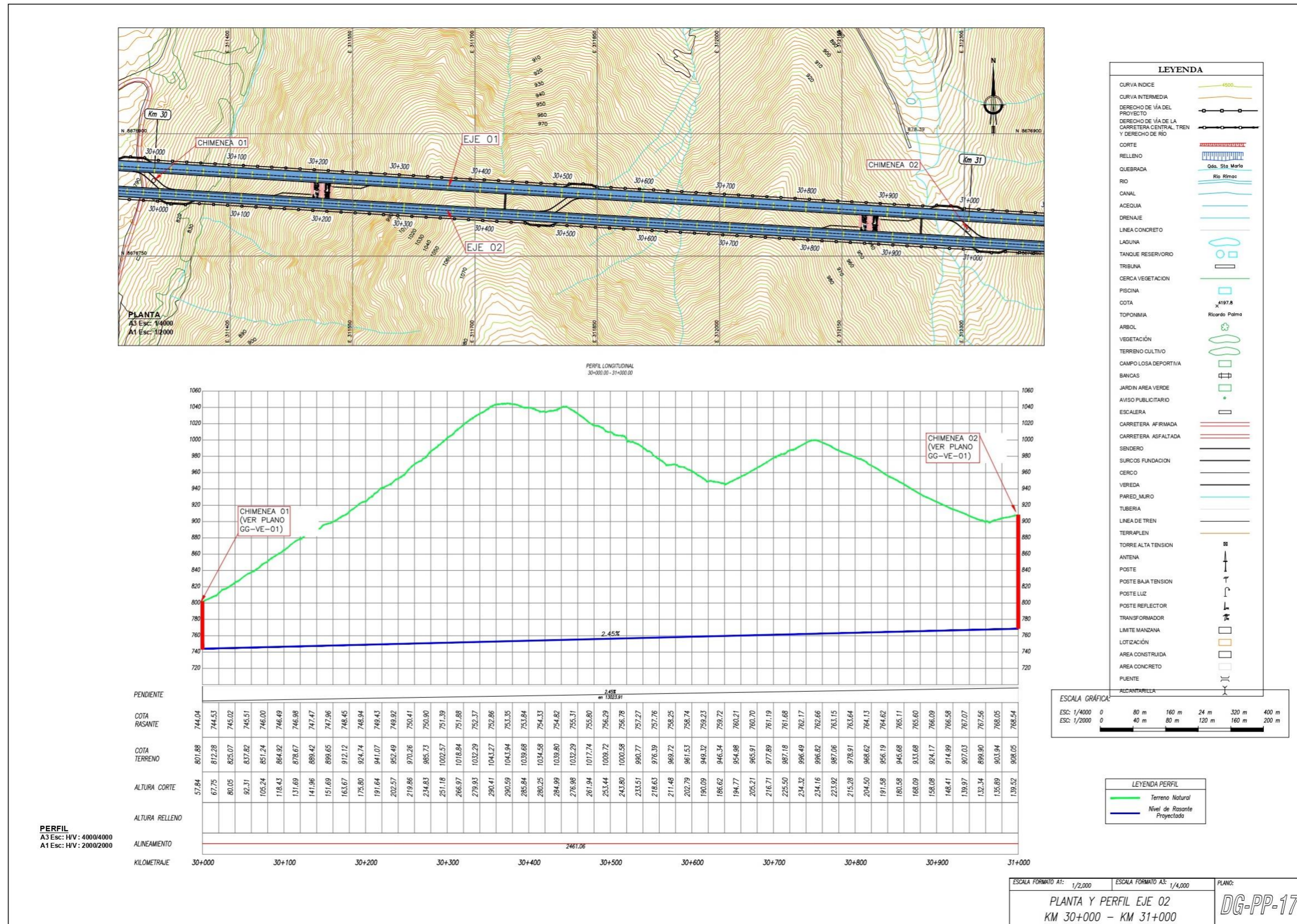
ESCALA FORMATO A1: 1/2,000 ESCALA FORMATO A3: 1/4,000 PLANO: **DG-PP-15**

PLANTA Y PERFIL EJE 01
KM 43+000 - KM 43+689.241

Anexo C.1 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 28 + 967.07 al 30 + 000.00

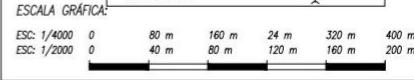


Anexo C.2 Plano planta – perfil Eje 02 Progressiva 30 + 000.00 al 31 + 000.00



LEYENDA

- CURVA INDICE
- CURVA INTERMEDIA
- DERECHO DE VÍA DEL PROYECTO
- DERECHO DE VÍA DE LA CARRETERA CENTRAL, TREN Y DERECHO DE RÍO
- CORTE
- RELLENO
- QUEBRADA
- RÍO
- CANAL
- ACEQUIA
- DRENAJE
- LÍNEA CONCRETO
- LAGUNA
- TANQUE RESERVORIO
- TRIBUNA
- CERCA VEGETACIÓN
- PISCINA
- COTA
- TOPONIMIA
- ÁRBOL
- VEGETACIÓN
- TERRENO CULTIVO
- CAMPO LOSA DEPORTIVA
- BANCAS
- JARDÍN ÁREA VERDE
- AVISO PUBLICITARIO
- ESCALERA
- CARRERA AFIRMADA
- CARRERA ASFALTADA
- SENDERO
- SURCOS FUNDACION
- CERCO
- VEREDA
- PARED_MURO
- TUBERIA
- LÍNEA DE TREN
- TERRAPLEN
- TORRE ALTA TENSION
- ANTENA
- POSTE
- POSTE BAJA TENSION
- POSTE LUZ
- POSTE REFLECTOR
- TRANSFORMADOR
- LÍMITE MANZANA
- LOTIZACIÓN
- ÁREA CONSTRUIDA
- ÁREA CONCRETO
- PUNTE
- ALCANTARILLA



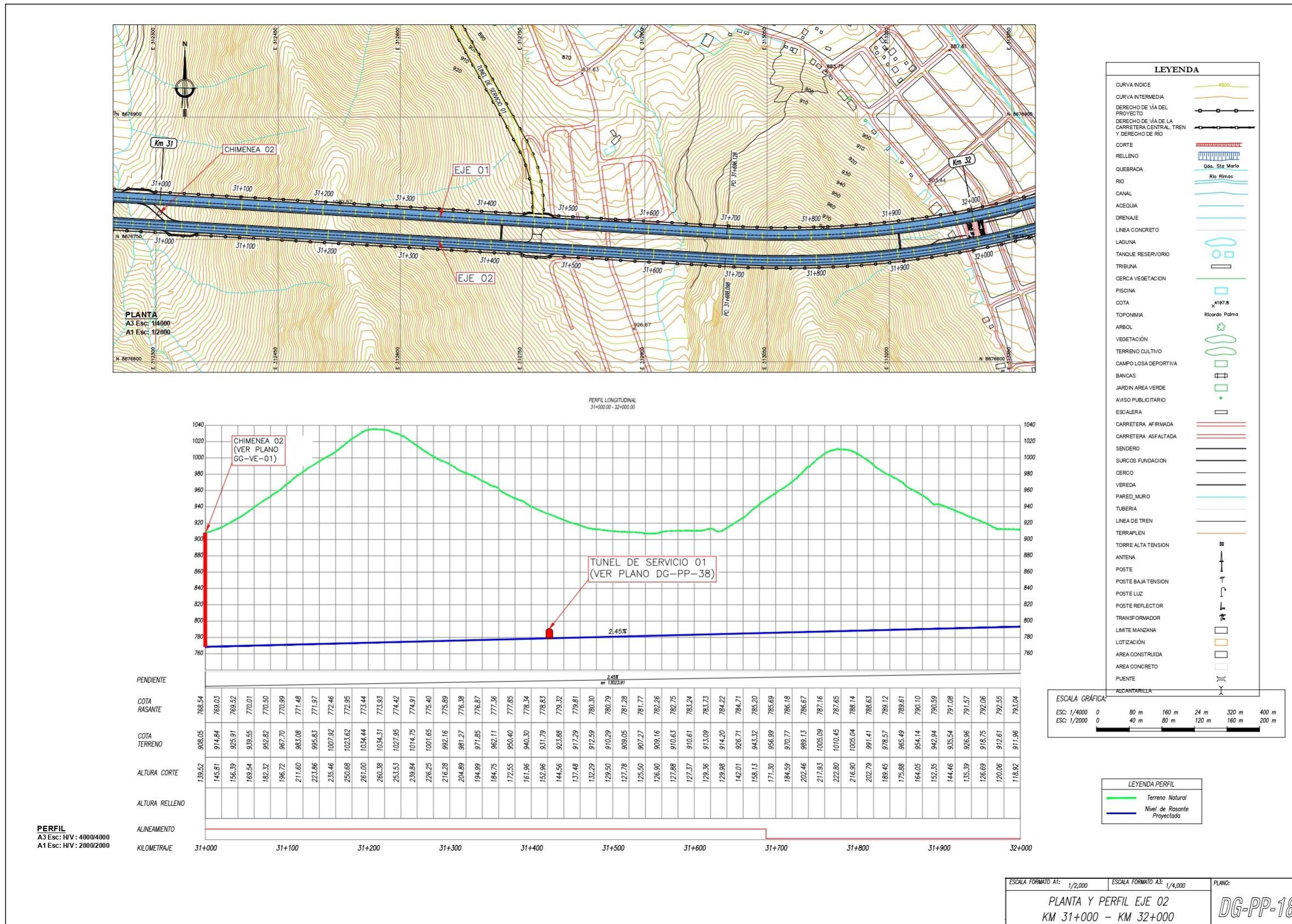
LEYENDA PERFIL

- Terreno Natural
- Nivel de Rasante Projectada

ESCALA FORMATO A1: 1/2,000 ESCALA FORMATO A3: 1/4,000 PLANO: **DG-PP-17**

PLANTA Y PERFIL EJE 02
KM 30+000 – KM 31+000

Anexo C.3 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 31 + 000.00 al 32 + 000.00



LEYENDA

- CURVA INDICE
- CURVA INTERMEDIA
- DERECHO DE VÍA DEL PROYECTO
- DERECHO DE VÍA DE LA CARRETERA CENTRAL, TREN Y DERECHO DE RÍO
- CORTE
- RELLENO
- QUEBRADA
- RÍO
- CANAL
- ACEQUIA
- DRENAJE
- LÍNEA CONCRETO
- LAGUNA
- TANQUE RESERVIORIO
- TRIBUNA
- CERCA VEGETACIÓN
- PISCINA
- COTA
- TOPONIMIA
- ARBOL
- VEGETACIÓN
- TERRENO CULTIVO
- CAMPO LOSA DEPORTIVA
- BANCAS
- JARDIN AREA VERDE
- AVISO PUBLICITARIO
- ESCALERA
- CARRERA AFIRMADA
- CARRERA ASFALTADA
- SENDERO
- SURCOS FUNDACION
- CERCO
- VEREDA
- PARED_MURO
- TUBERIA
- LÍNEA DE TREN
- TERRAPLEN
- TORRE ALTA TENSION
- ANTENA
- POSTE
- POSTE BAJA TENSION
- POSTE LUZ
- POSTE REFLECTOR
- TRANSFORMADOR
- LÍMITE MANZANA
- LOTIZACIÓN
- AREA CONSTRUIDA
- AREA CONCRETO
- PUENTE
- ALCANTARILLA

ESCALA GRÁFICA

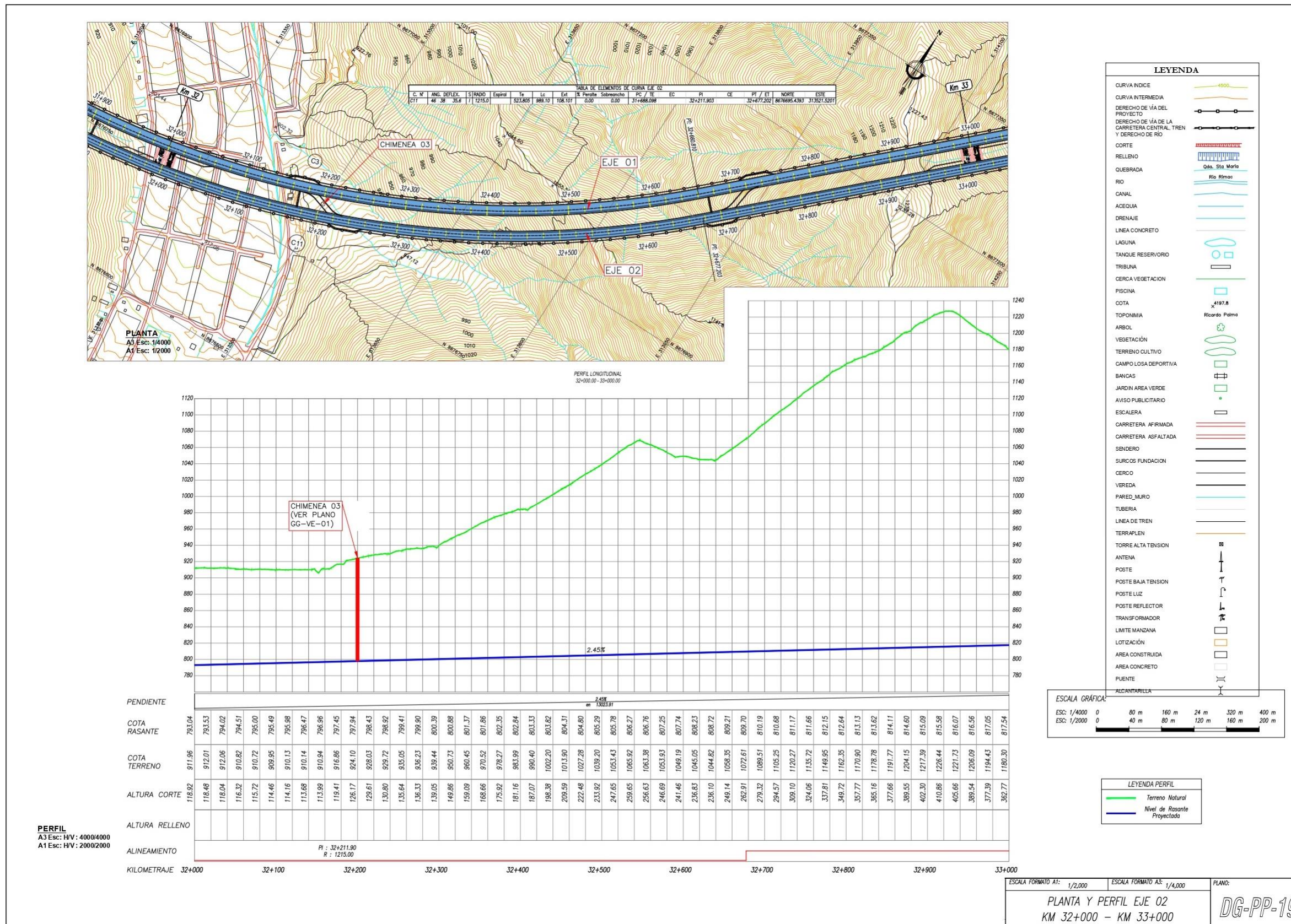
ESC: 1/4000 0 80 m 160 m 24 m 320 m 400 m
 ESC: 1/2000 0 40 m 80 m 120 m 160 m 200 m

LEYENDA PERFIL

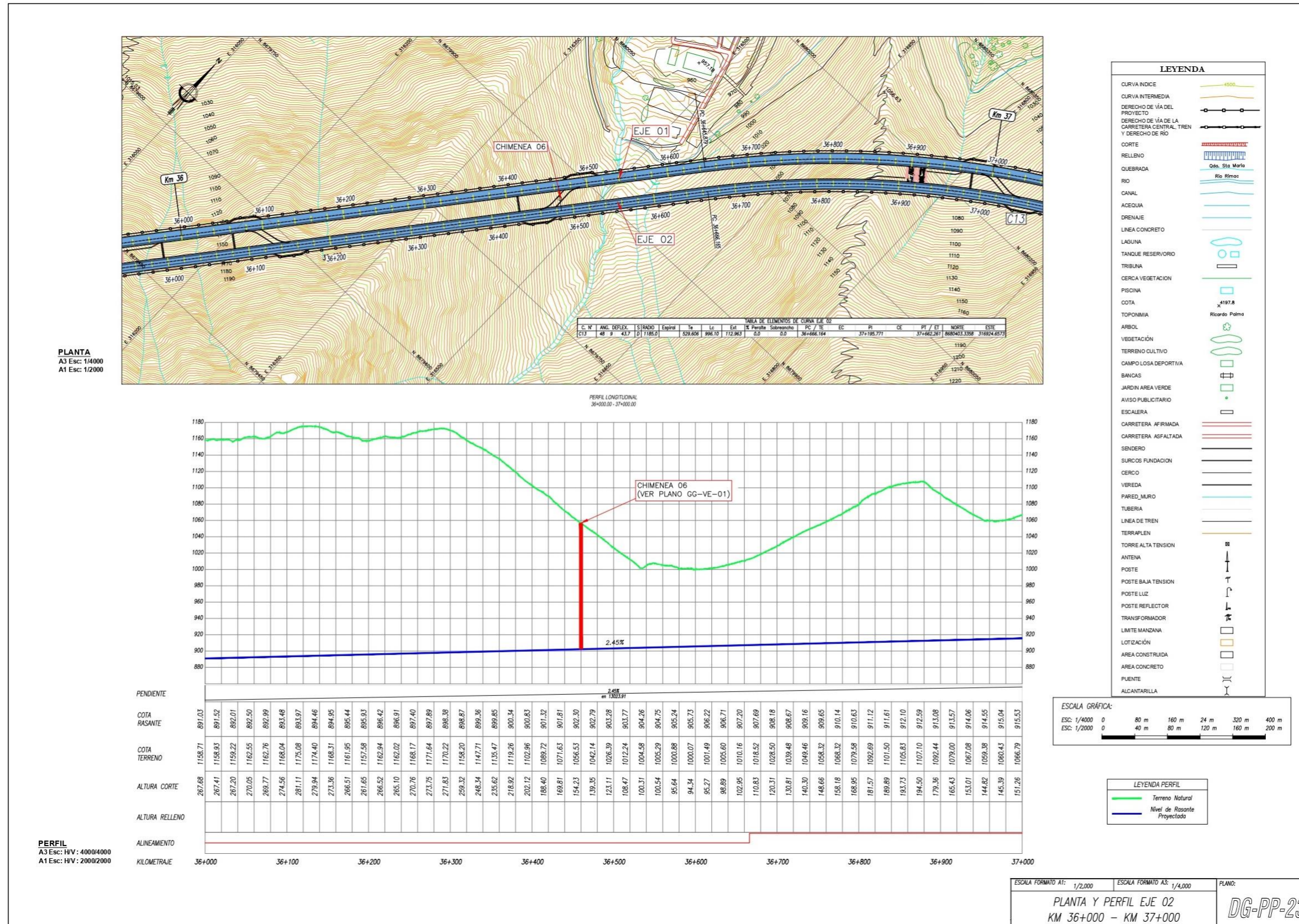
- Terreno Natural
- Nivel de Rasante Proyecto

ESCALA FORMATO A1: 1/2,000 ESCALA FORMATO A3: 1/4,000 PLANO:
PLANTA Y PERFIL EJE 02
 KM 31+000 – KM 32+000 **DG-PP-18**

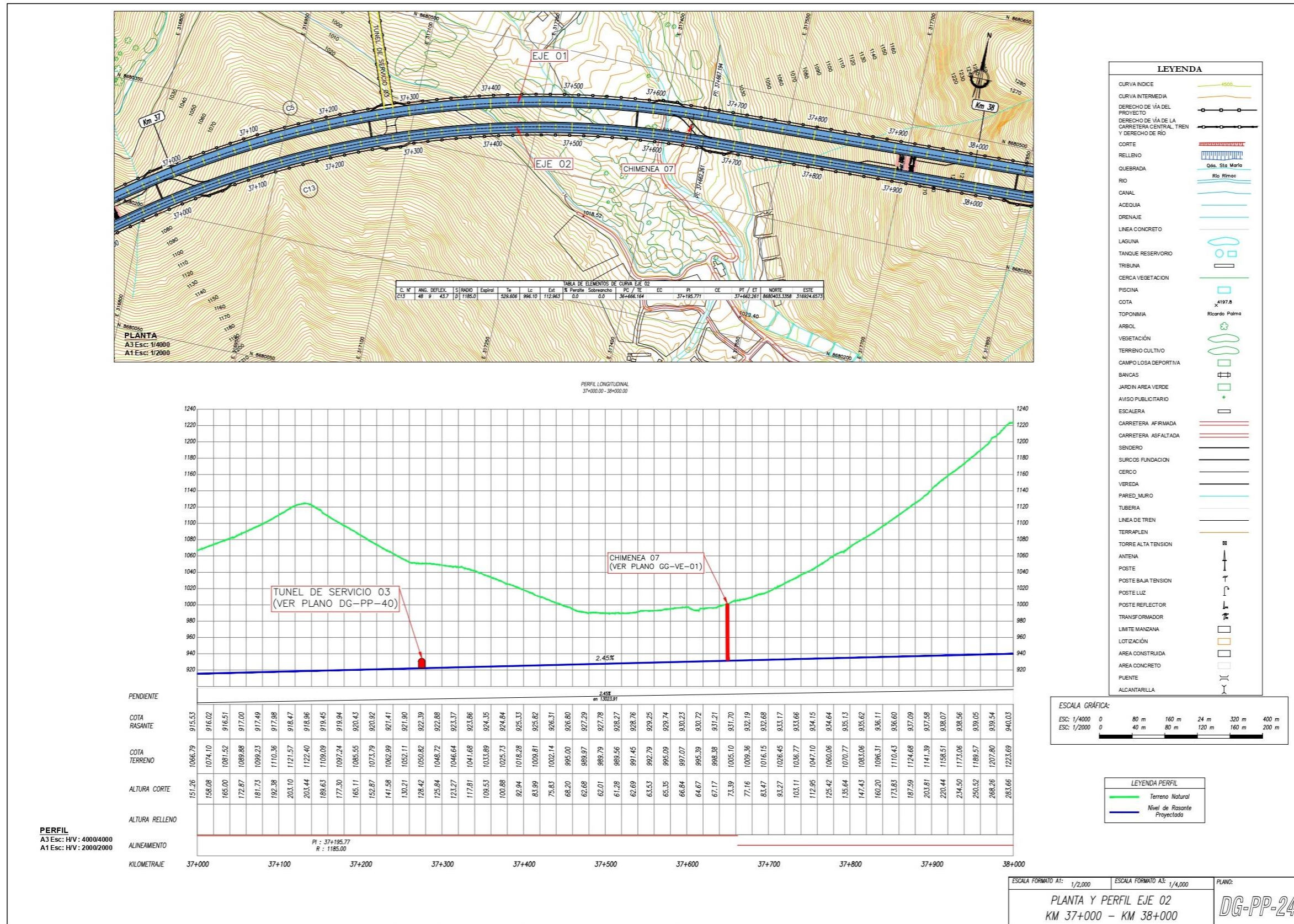
Anexo C.4 Plano planta – perfil Eje 02 Progressiva 32 + 000.00 al 33 + 000.00



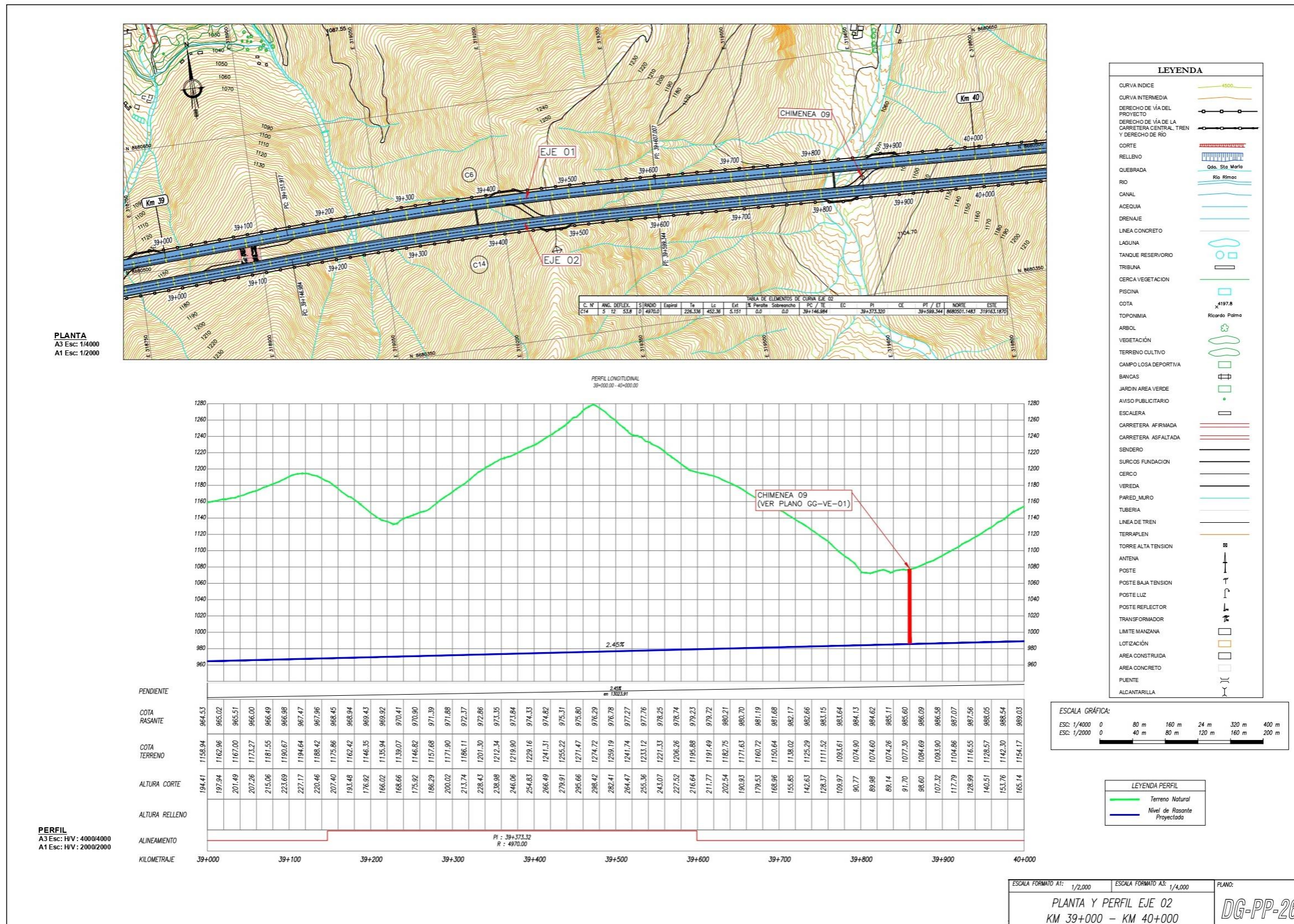
Anexo C.7 Plano planta – perfil Eje 02 Progressiva 36 + 000.00 al 37 + 000.00



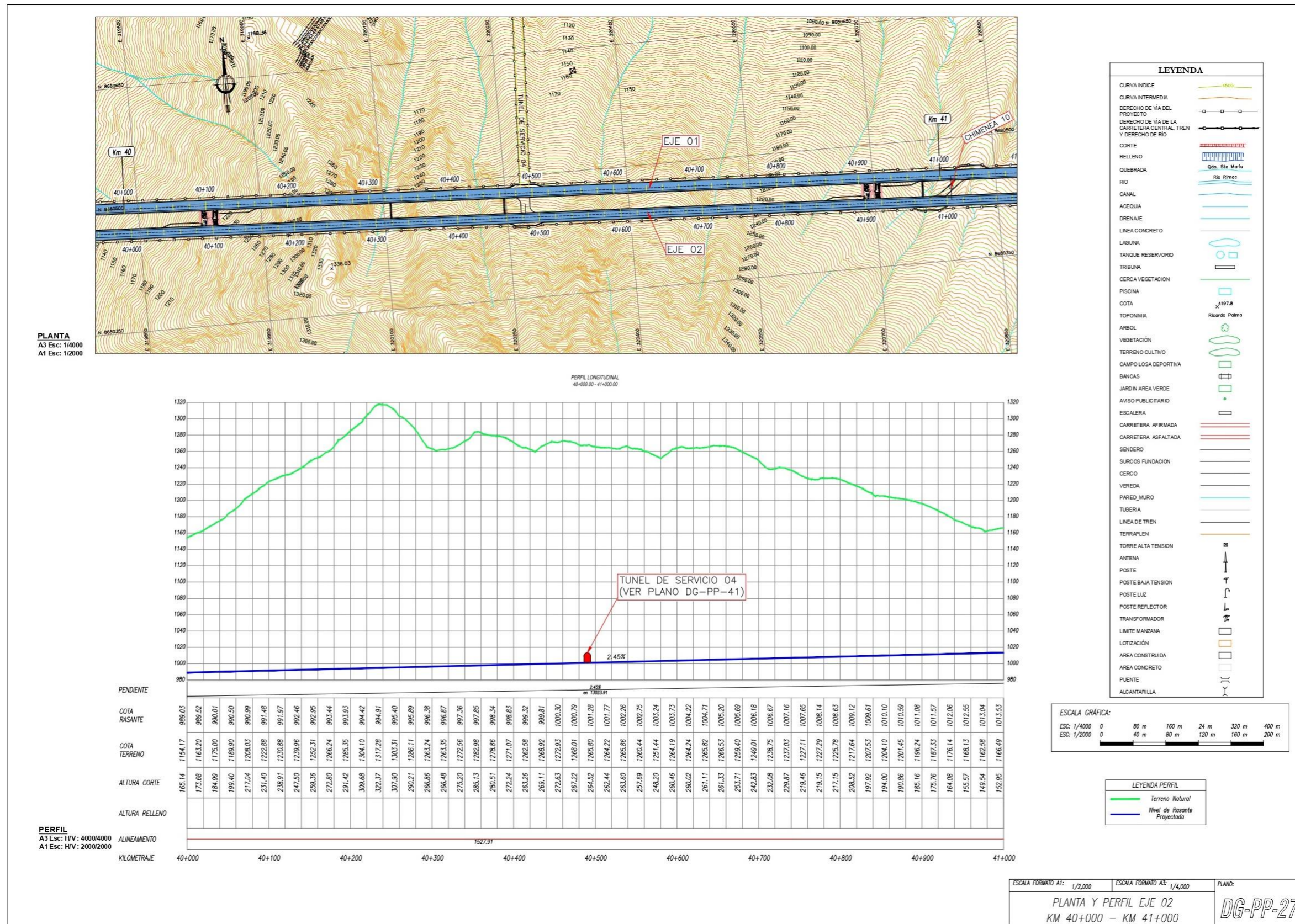
Anexo C.8 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 37 + 000.00 al 38 + 000.00



Anexo C.10 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 39 + 000.00 al 40 + 000.00

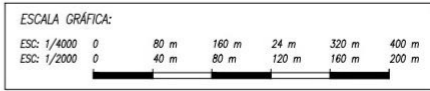


Anexo C.11 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 40 + 000.00 al 41 + 000.00



LEYENDA

- CURVA INDICE
- CURVA INTERMEDIA
- DERECHO DE VÍA DEL PROYECTO
- DERECHO DE VÍA DE LA CARRETERA CENTRAL, TREN Y DERECHO DE RIO
- CORTE
- RELLENO
- QUEBRADA
- RIO
- CANAL
- ACEQUIA
- DRENAJE
- LINEA CONCRETO
- LAGUNA
- TANQUE RESERVORIO
- TRIBUNA
- CERCA VEGETACION
- PISCINA
- COTA
- TOPONIMIA
- ARBOL
- VEGETACION
- TERRENO CULTIVO
- CAMPO LOSA DEPORTIVA
- BANCAS
- JARDIN AREA VERDE
- AVISO PUBLICITARIO
- ESCALERA
- CARRETERA AFIRMADA
- CARRETERA ASFALTADA
- SENDERO
- SURCOS FUNDACION
- CERCO
- VEREDA
- PARED_MURO
- TUBERIA
- LINEA DE TREN
- TERRAPLEN
- TORRE ALTA TENSION
- ANTENA
- POSTE
- POSTE BAJA TENSION
- POSTE LUZ
- POSTE REFLECTOR
- TRANSFORMADOR
- LIMITE MANZANA
- LOTIZACION
- AREA CONSTRUIDA
- AREA CONCRETO
- PUNTE
- ALCANTARILLA

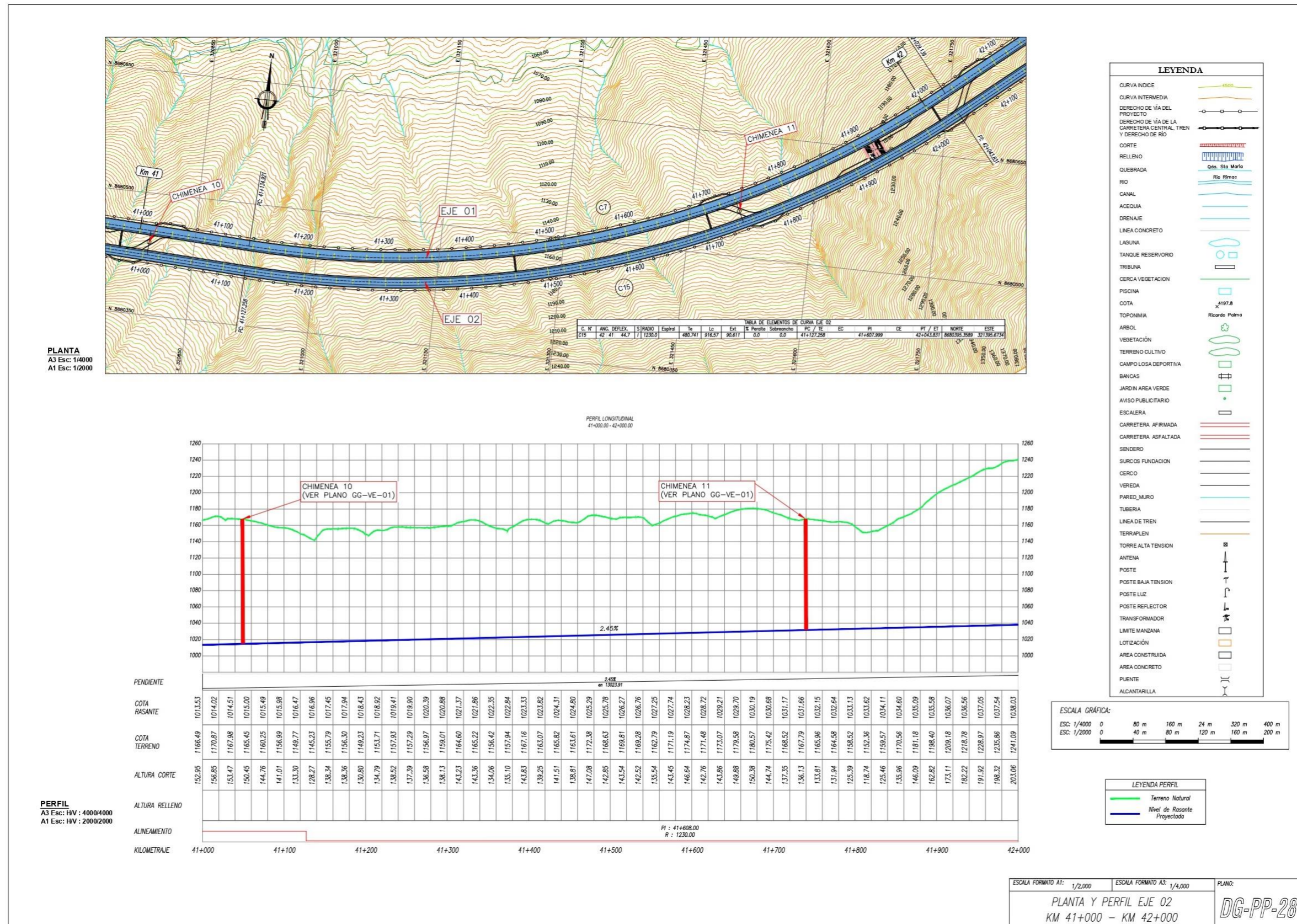


LEYENDA PERFIL

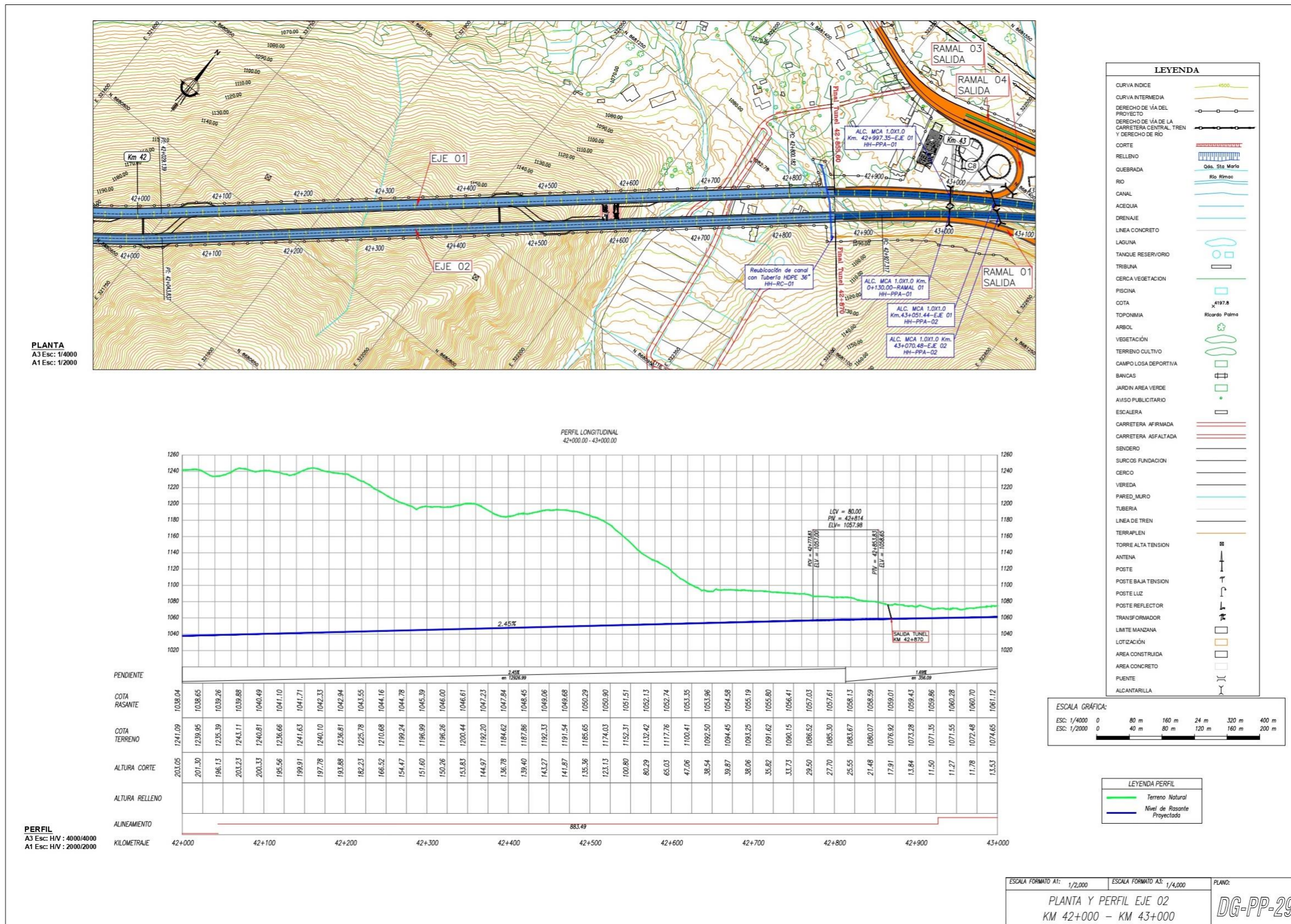
- Terreno Natural
- Nivel de Rasante
- Proyectado

ESCALA FORMATO A1: 1/2,000 | ESCALA FORMATO A3: 1/4,000 | PLANO:
PLANTA Y PERFIL EJE 02
 KM 40+000 – KM 41+000 | **DG-PP-27**

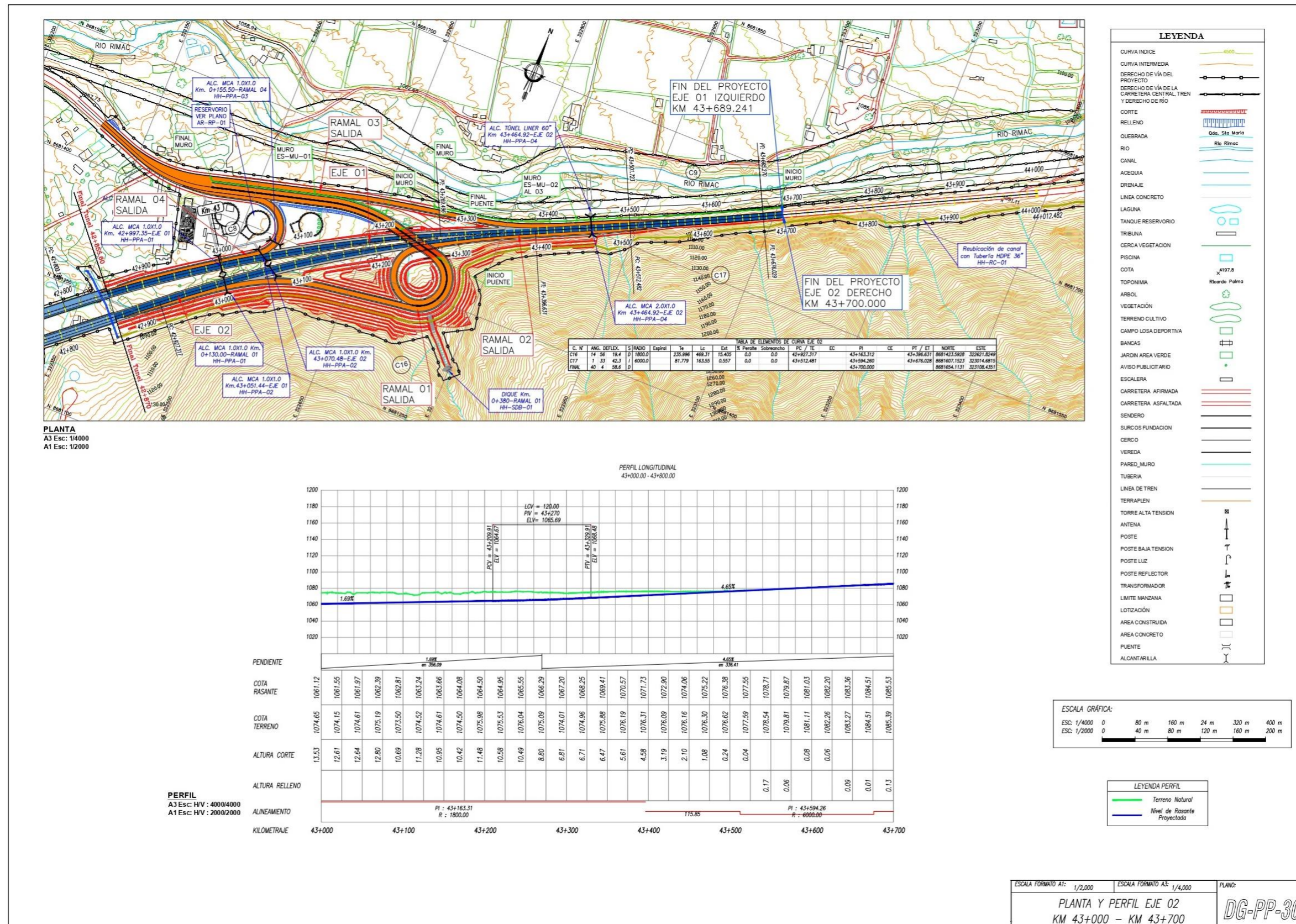
Anexo C.12 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 41 + 000.00 al 42 + 000.00



Anexo C.13 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 42 + 000.00 al 43 + 000.00



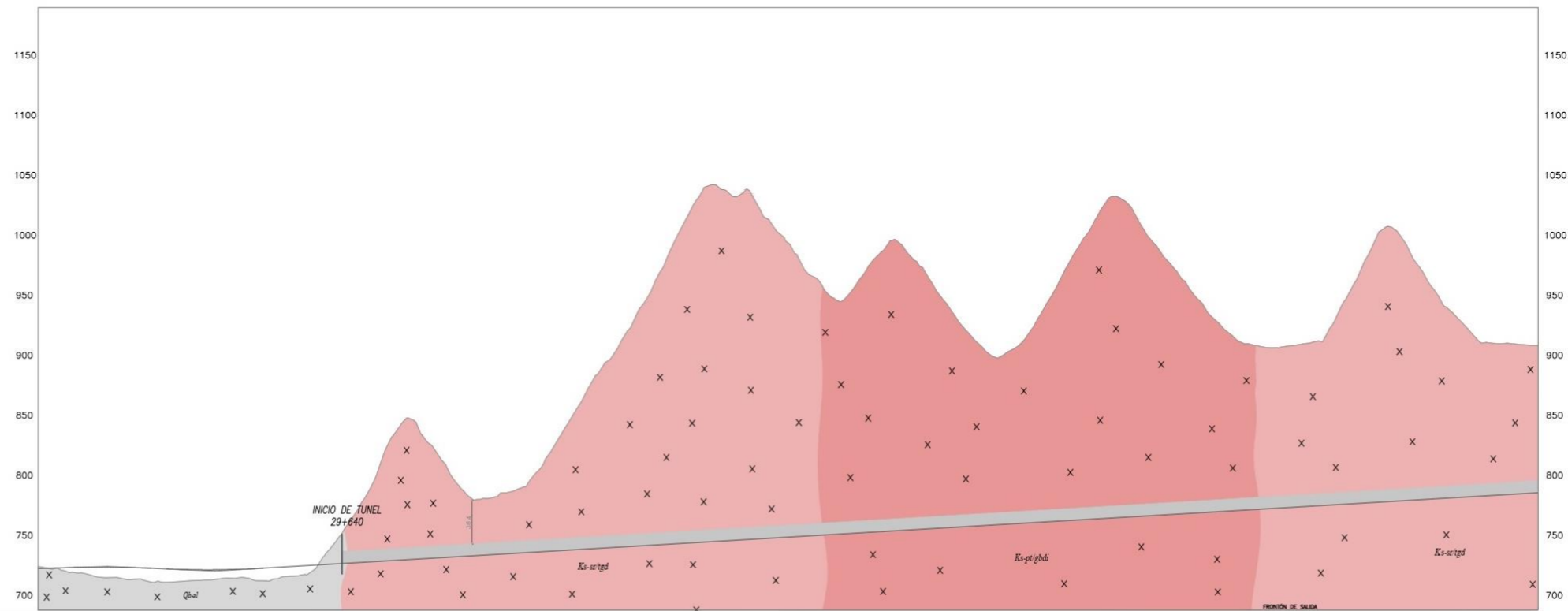
Anexo C.14 Plano planta – perfil Eje 02 Progresiva 43 + 000.00 al 43 + 700.00



Anexo D.1 Plano Perfil Geológico I



PLANTA
ESC: 1/5000



PERFIL
ESC: H=1/5000; V=1/2000

| | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| LONGITUD (m) | 600.00 m | 400.00 m | 900.00 m | 200.00 m | 900.00 m |
| LITOLOGIA | Qh-ol | Ks-sr/tgd | Ks-sr/tgd - ka-pt/gbd | ka-pt/gbd | ka-pt/gbd - Ks-sr/tgd |
| INDICES DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO | | | | | |
| ROD | | 70 | 80 | 60 | 85 |
| RMR | | 53 | 65 | 55 | 68 |
| Q | | | | | |
| GSI | | | | | |
| TIPO DE ROCA | III | III | IV | III | II |

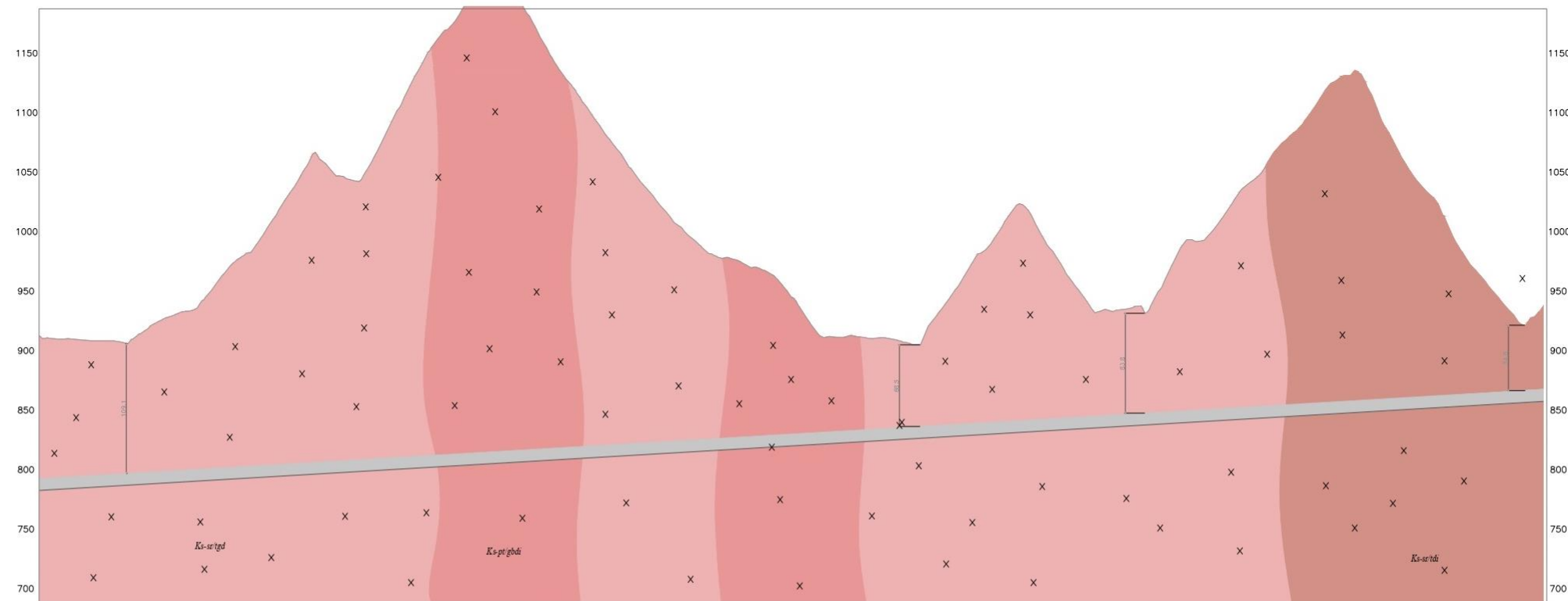
ESCALA FORMATO A1: 1/5000 ESCALA FORMATO A3: 1/ PLANO: EF-PP-01 01/04

PLANTA Y PERFIL

Anexo D.2 Plano Perfil Geológico II



PLANTA
ESC: 1/5000



PERFIL
ESC: H=1/5000;V=1/2000

| LONGITUD (m) | 300.00 m | 1250.00 m | 300.00 m | 300.00 m | 150.00 m | 800.00 m |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|----------------------|
| LITOLOGIA | Ks-ar/ugd | Ks-ar/ugd - ks-pt/gbd | Ks-ar/ugd - ks-pt/gbd | Ks-ar/ugd | Ks-ar/ugd | Ks-ar/ugd - Ks-ar/td |
| INDICES DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO | | | | | | |
| RQD | | 83 | 60 | 80 | 58 | 80 |
| RMR | | 65 | 52 | 67 | 50 | 66 |
| Q | | | | | | |
| GSI | | | | | | |
| TIPO DE ROCA | | II | III | II | III | II |

ESCALA FORMATO A1: 1/5000 ESCALA FORMATO A3: 1/

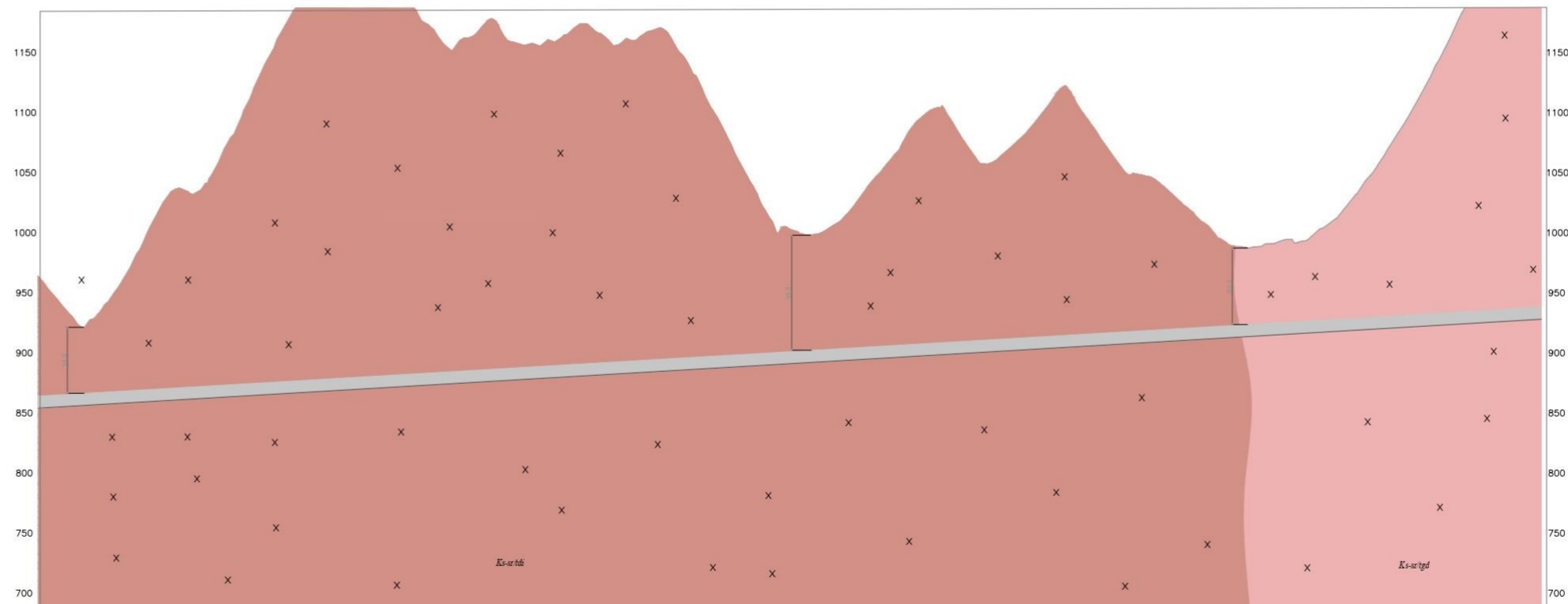
PLANTA Y PERFIL

PLANO: EF-PP-02
02/04

Anexo D.3 Plano Perfil Geológico III



PLANTA
ESC: 1/5000



PERFIL
ESC: H=1/5000;V=1/2000

| LONGITUD (m) | 100.00 m | 1300.00 m | 150.00 m | 800.00 m | 250.00 m | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|
| LITOLÓGIA | Ka-sr/tst | Ka-sr/tst | Ka-sr/tst | Ka-sr/tst | Ka-sr/tst - Ka-sr/tgd | Ka-sr/tgd |
| INDICES DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO | | | | | | |
| RQD | 55 | 84 | 60 | 85 | 60 | |
| RMR | 54 | 70 | 53 | 70 | 55 | |
| Q | | | | | | |
| GSI | | | | | | |
| TIPO DE ROCA | III | II | III | II | III | |

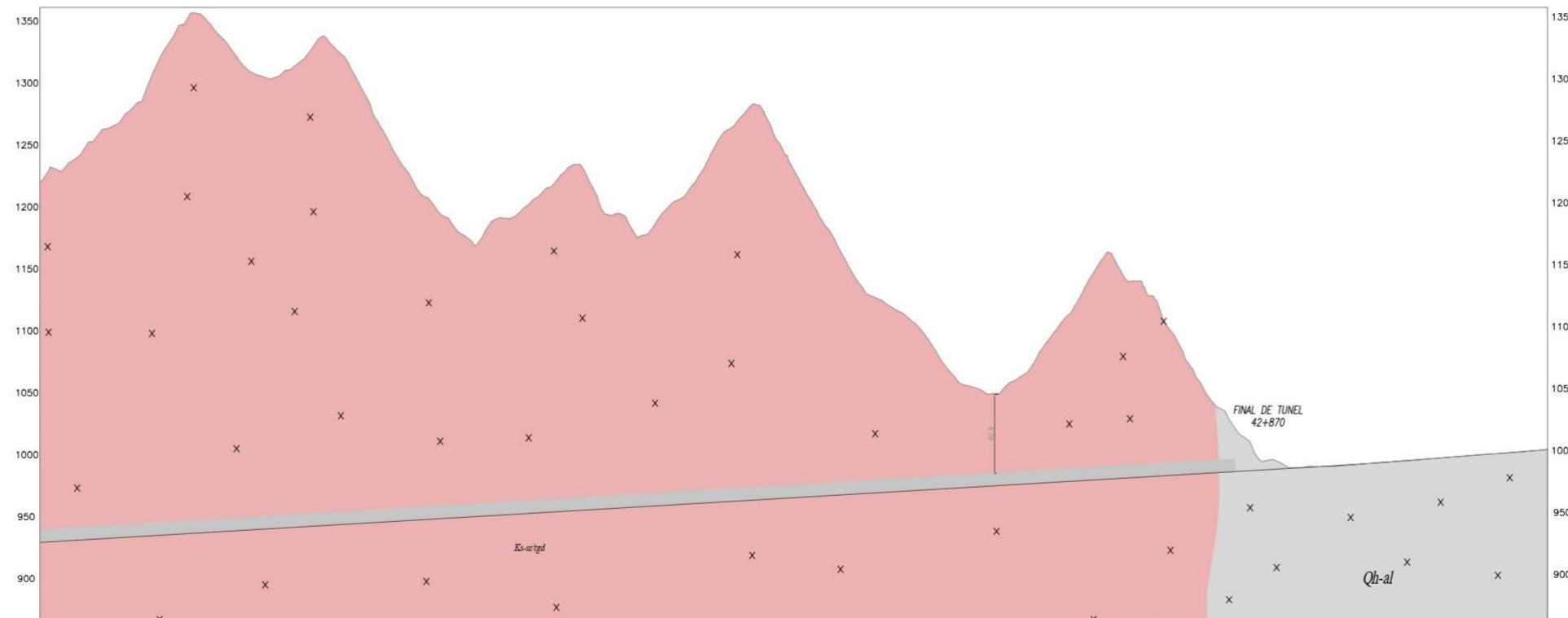
ESCALA FORMATO A1: 1/5000 ESCALA FORMATO A2: 1/ PLANO: EF-PP-03 03/04

PLANTA Y PERFIL

Anexo D.4 Plano Perfil Geológico IV



PLANTA
ESC: 1/5000



PERFIL
ESC: H=1/5000;V=1/2000

| | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-------|
| LONGITUD (m) | 1900.00 m | 480.00 m | |
| LITOLOGIA | Ks-sr/lgd | Ks-sr/lgd | Qh-al |
| INDICES DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO | | | |
| RQD | 82 | 58 | |
| RMR | 73 | 52 | |
| Q | | | |
| GSI | | | |
| TIPO DE ROCA | II | III | |

ESCALA FORMATO A1: 1/5000 ESCALA FORMATO A3: 1/ PLANO:

PLANTA Y PERFIL

EF-PP-04
04/04

Anexo E.1 Imagen en Estación Puente Los Ángeles



Fuente: Elaboración Propia, imagen de campo

Anexo E.2 Imagen en Estación Tupac Amaru



Fuente: Elaboración Propia, imagen de campo

Anexo E.3 Imagen en Estación Jr. Huacho



Fuente: Elaboración Propia, imagen de campo

Anexo E.3 Imagen en Estación Puente Ricardo Palma



Fuente: Elaboración Propia, imagen de campo