



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE
FACTIBILIDAD DEL PROYECTO “REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA
CARRETERA SANTA – HUALLANCA”

Línea de investigación:

Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de
Ingeniero Civil

Autor:

Roque Cárdenas, German Marlon

Asesor:

Tello Malpartida, Omart Demetrio
(ORCID: 0000-0002-5043-6510)

Jurado:

Pumaricra Padilla, Raúl Valentin
Urrutia-Olavarria, Roque Jesus Leonardo García
Jaramillo Tarazona, Francisco

Lima - Perú

2021

Referencia:

Roque, G. (2021). *Diseño geométrico del estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto "Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Santa – Huallanca"* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5328>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE
FACTIBILIDAD DEL PROYECTO “REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA
CARRETERA SANTA – HUALLANCA”

Línea de Investigación:

Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Roque Cárdenas, German Marlon

Asesor

Tello Malpartida, Omart Demetrio

(ORCID:0000-0002-5043-6510)

Jurados

Pumaricra Padilla, Raúl Valentin

Urrutia-Olavarria, Roque Jesus Leonardo García

Jaramillo Tarazona, Francisco

Lima – Perú

2021

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRAC.....	7
I INTRODUCCIÓN	8
1.1 Trayectoria del autor.....	9
1.2 Descripción de la Empresa	12
1.3 Organigrama de la Empresa	13
1.4 Áreas y Funciones Desempeñadas.....	13
II DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.	14
2.1 Antecedentes	14
2.2 Informe de Topografía Para el Estudio “Rehabilitación Y Mejoramiento De La Carretera Santa – Huallanca”	15
2.2.1 Tramo Santa – Vinzos (Km 0+000 – Km 25+600).....	15
2.2.2 Tramo Vinzos – Chuquicara (Km 25+600 – Km 69+100).	16
2.2.3 Tramo Chuquicara – Huallanca (Km 69+100 – Km 134+583.681).....	17
2.3 Estudio de Tráfico.....	21
2.3.1 Ubicación	21
2.3.2 Objetivo del Estudio de Tráfico	21
2.3.3 Características Generales y Metodología Del Conteo.....	22
2.3.4 Resumen de los Tramos.....	28

2.3.5	Encuestas Origen-Destino	29
2.3.6	Censo de Carga.	31
2.3.7	Velocidad Promedio de Circulación.....	32
2.3.8	Conclusiones.....	35
2.4	Diseño de Pavimentos.....	38
2.4.1	Introducción.....	38
2.4.2	Diseño De Pavimento Flexible – Método Aashto 93.....	38
2.4.3	Diseño de Pavimento Flexible – Método Instituto del Asfalto.....	50
2.4.4	Diseño de Pavimento Rígido – Método Aashto 93.....	51
2.4.5	Conclusiones.....	56
2.5	Estudio de Hidrología e Hidráulica.....	63
2.5.1	Descripción del Área de Trabajo.....	63
2.5.2	Recopilación de Información.....	63
2.5.3	Esquema General del Estudio.....	68
2.5.4	Objetivos.....	69
2.5.5	Información Estudiada.....	70
2.5.6	Análisis de la Información Meteorológica e Hidrométrica.....	71
2.5.7	Hidrografía.....	76
2.5.8	Estudio de Campo.....	80
2.5.9	Evaluación e Inventario del Sistema de Drenaje Existente.....	84

2.5.10 Sub Cuencas Hidrográficas	102
2.5.11 Caudales.....	105
2.5.12 Obras de Drenaje Propuestas	111
2.6 Informes de Estructuras y Obras de Arte.....	128
2.6.1 Estructuras Existentes.....	128
2.6.2 Estructuras Proyectadas	135
2.6.3 Normas Técnicas de Diseño Y Evaluación.....	145
2.6.4 Descripción General de Estructuras Proyectadas.....	148
2.7 Diseño Geométrico.....	170
2.7.1 Información Referencial	170
2.7.2 Marco Normativo	170
2.7.3 Términos De Referencia	170
2.7.4 Clasificación de la Vía.....	171
2.7.5 Visibilidad.....	177
2.7.6 Instalaciones al Lado de la Vía	177
2.7.7 Facilidades para Peatones	177
2.7.8 Valores Estéticos y Ecológicos	178
2.7.9 Diseño Geométrico en Planta.....	178
2.7.10 Diseño Geométrico en Perfil.....	181
2.7.11 Sección Transversal.....	185

2.7.12 Diseño Geométrico de Túnel.....	186
2.7.13 Descripción del Trazado.....	193
2.8 Costos y Presupuesto	198
2.8.1 Descripción Del Proyecto.....	198
2.8.2 Análisis de Costos Directos	200
2.8.3 Presupuesto	200
2.8.4 Cronograma Ejecución de Obra.....	201
III APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....	202
IV CONCLUSIONES.....	223
V RECOMENDACIONES	224
VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	227

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo establecer y describir el diseño vial del estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto “Rehabilitación Y Mejoramiento de la Carretera Santa – Huallanca”. El proyecto se ubica en la región Ancash, entre los distritos de Santa, Chimbote, Macate, Huallanca y Yuracmarca y cuenta con una longitud aproximada de 134,583.681 Km de longitud, la cual contempla una vía de evitamiento Santa en el inicio del proyecto y evitamiento para la localidad de Yuracmarca, así mismo una variante del trazo de la carretera existente a la altura del último puente existente del tramo en estudio que da acceso a la localidad de Huallanca. También se mejoran las secciones de los túneles existentes en función de las normas vigentes. Se describirá el diseño vial apoyándose en el manual de carreteras DG-2018 y las demás normas vigentes en la fecha. Luego de haber establecido el diseño vial del “Estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Santa - Huallanca” tenemos una base para el realizar el estudio definitivo.

Palabras Clave: Diseño vial, Diseño Geométrico, Rehabilitación y mejoramiento de carretera.

ABSTRAC

The purpose of this report is to establish and describe the road design of the feasibility pre-investing study of the project “Rehabilitation and Improvement of the Santa - Huallanca Highway”.The project is located in the Ancash region, between the districts of Santa, Chimbote, Macate, Huallanca and Yuracmarca and has an approximate length of 134,583,681 km in length, which contemplates a Santa avoidance route at the beginning of the project and avoidance for the locality of Yuracmarca, also a variant of the existing road layout at the height of the last existing bridge of the section under study that gives access to the town of Huallanca. Sections of existing tunnels are also improved based on current regulations. The road design will be described based on the DG-2018 road manual and the other regulations in force at the time.After having established the road design of the “Preinvestment study at the feasibility level of the project “Rehabilitation and improvement of the Santa - Huallanca Highway” we have a basis for the final study.

Key Words: Road Design, Geometric Design, Road Rehabilitation and Improvement.

I INTRODUCCIÓN

Dentro de la política del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de PROVIAS Nacional, se encargó de la licitación a concurso público del “Estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Santa - Huallanca” .Dicho concurso se le adjudicó al Consorcio Huallanca conformado por Consultores De Ingeniería UG21 Sociedad Limitada,Subterra Ingeniería S.A.C. , VS Ingeniería y Urbanismo Sociedad Limitada y Cataluña Ingenieros S.A.C.(CISAC),. Donde participe en la elaboración de las especialidades de Diseño Vial, Topografía y Señalización.

1.1 Trayectoria del autor

Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Federico Villarreal en marzo del 2017 y Bachiller en Ingeniería Civil a partir de mayo del 2018.

Estudios: Lectura de Planos, AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, S10, Ms Project, Diplomado de Ingeniería Estructural y supervisión de obras de agua potable y saneamiento.

YUPARI CONSTRUCCIONES SAC

De junio del 2019 hasta diciembre del 2019, realice la función de Ingeniero residente en los siguientes proyectos:

Mejoramiento Almacén Calidda – Lurín.

Remodelación en oficinas-FLESAN-SKY TOWER- 12° Piso

CATALUÑA INGENIEROS S.A.C

De diciembre del 2018 hasta mayo del 2019

Realice la función de asistente de Ingeniero de oficina técnica en la elaboración de los siguientes proyectos.

“Estudio de pre-inversión a nivel de factibilidad del proyecto de rehabilitación Y mejoramiento de la carretera Santa - Huallanca" para MTC - Provias Descentralizado”

“Rehabilitación del camino vecinal PI 523 desde empalme con PI 521 Leones – Pilares (L=17.51 Km), Distrito de Lancones, Provincia de Sullana, Dpto. de Piura”

REAL PROJECTS INGENIEROS S.A.C.

De Julio del 2018 hasta Octubre del 2018

Realice la función de Ingeniero de campo los siguientes proyectos.

Edificio de vivienda multifamiliar “PROYECTO CÉNIT”

Edificio de vivienda multifamiliar “PROYECTO GALEON 370”

ECO Y CONSTRUCCIONES E INMOBILIARIA

De mayo del 2018 hasta junio del 2018.

Realice proyectos de viviendas multifamiliares, para licencias de construcción.

AMSA PROYECTOS SAC

De mayo del 2018 hasta Junio del 2018.

Desempeñe el cargo de asistente de ingeniero civil en oficina técnica participando en la realización de los siguientes expedientes técnicos:

“Expediente técnico para el centro de rescate de fauna silvestre del proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III en el distrito de San Gabán, provincia Carabaya, región Puno.”

“Expediente técnico para el centro de repoblamiento de peces, piscigranja del proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III, provincia Carabaya, región Puno”

“Expediente técnico para el centro de reforestación, vivero forestal, del proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III en el distrito de San Gabán, provincia Carabaya, región Puno.”

JD LATIMCOMPANEY.S.A.C.

Del Julio del 2017 hasta diciembre del 2017

Desempeñe el cargo de asistente de ingeniero civil en oficina técnica participando en la realización de los siguientes expedientes técnicos:

“Construcción del Moderno Terminal Terrestre Interprovincial de la Ciudad de Cerro de Pasco”

“Mejoramiento y ampliación del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Chaupimarca, provincia de Pasco – Pasco”

“Instalación y mejoramiento de los servicios de saneamiento básico en los centros poblados de san juan de Milpo y san ramón de Yanapampa del distrito de san francisco de asís de Yarusyacán – Pasco – Pasco – san Francisco de asís de Yarusyacán”

COLINGS INGENIEROS S.A.C.

De enero del 2016 hasta febrero del 2017

Desempeñe el cargo de asistente de ingeniero civil en oficina técnica realizando los siguientes expedientes técnicos:

"Construcción de pistas y veredas en las calles a, b, c, d, e, f, 1, 2 y 3 del centro poblado Villa pampilla, distrito de Antioquia-Huarocharí-Lima".

“Mejoramiento del servicio educativo de las instituciones educativas en la localidad de Hualqui ro, distrito de Huarmaca - Huancabamba - Piura”

“Mejoramiento del servicio educativo de la institución educativa en la localidad de Congoña - distrito Huarmaca - Huancabamba - Piura”

“Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y del servicio de saneamiento básico de la localidad de Tamboa y anexos, distrito de la coipa, San Ignacio - Cajamarca”

CODIGO DE PROYECTO: 2286819 (Antes CODIGO SNIP 328727)

“Construcción del centro comercial 12 de mayo”

1.2 Descripción de la Empresa

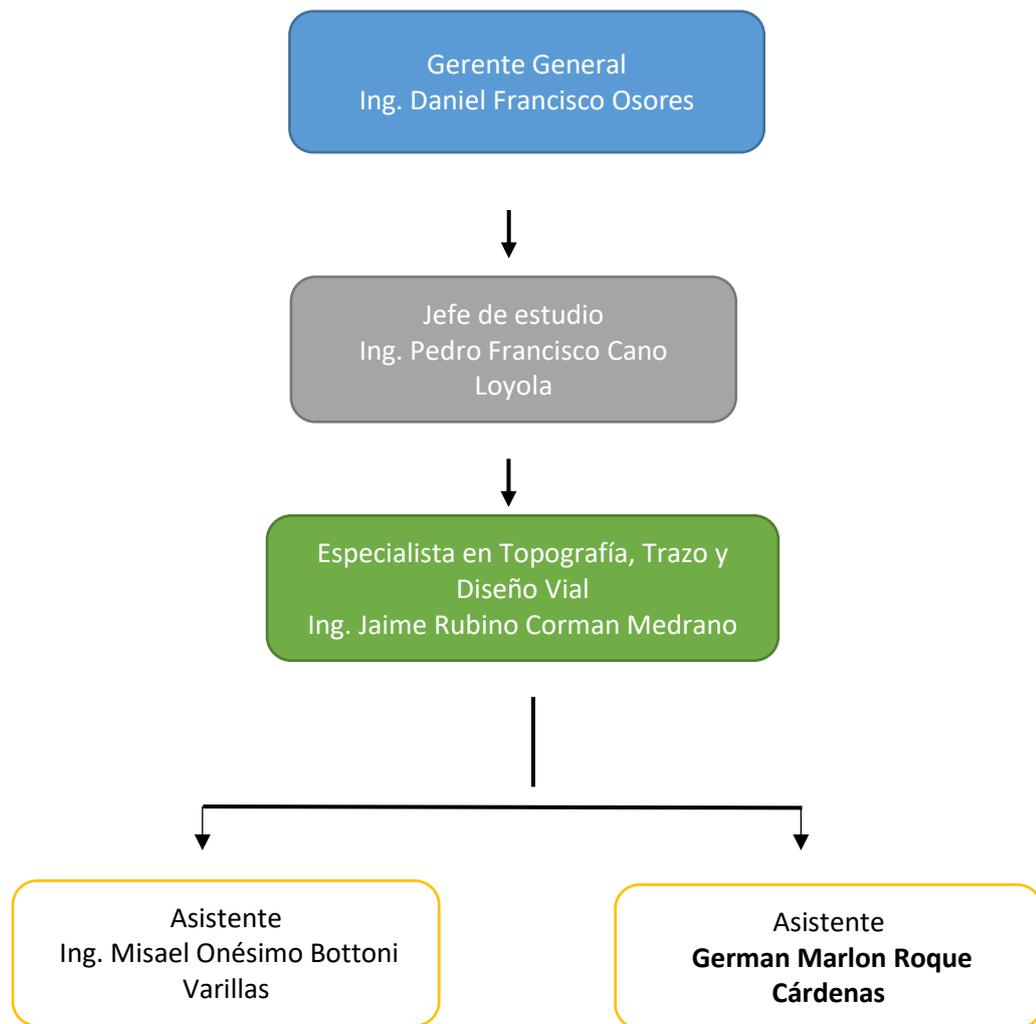
Cataluña Ingenieros Sociedad Anónima Cerrada, es una empresa dedicada a los siguientes rubros:

- Estudios E Ingeniería A Detalle
- Estudios a nivel de Anteproyecto. Estudios a nivel de Pre-inversión (perfil, prefactibilidad y factibilidad técnica y económica). Estudios Definitivos a nivel de Expediente Técnico. Estudios Socio Ambientales. Ingeniería de Detalle y Diseños Técnicos en general.
- Supervisión, Gestión Y Gerencia De Proyectos
- Supervisión de Obras en General. Supervisión de Instalaciones y Equipamiento. Supervisión del Mantenimiento de Infraestructura. Gerenciamiento y Gestión de Proyectos de Ingeniería.

1.3 Organigrama de la Empresa

Figura 1

Organigrama de la Empresa



Nota: Elaboración Propia

1.4 Áreas y Funciones Desempeñadas

En el proyecto de pre-inversión a nivel de factibilidad del proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Santa - Huallanca” participe en el área de la especialidad de diseño vial y estudio de tráfico.

II DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.

2.1 Antecedentes

Mediante Decreto Supremo N°033-2002 MTC ,se creó el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional - PROVIAS NACIONAL ,como Unidad Ejecutora del Pliego del Ministerio de Transporte ,Comunicaciones y Vivienda y Construcción , de carácter temporal ,con autonomía técnica ,administrativa y financiera de transporte relacionada a la Red Vial Nacional ,asi como de la planificación ,gestión y control de actividades y recursos económicos que se emplean para el mantenimiento y seguridad de las carreteras y puentes de la Red Vial Nacional.

De acuerdo a la ley del sistema de inversión Pública y sus modificatorias, su reglamento y Directiva General del SNIP ; el Responsable OPI Transportes (Oficina de Inversiones) de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto y la Dirección de inversiones de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del MTC (OGPP-MTC),aprobó y otorgo la Declaración de Viabilidad del Proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Santa – Chuquicara – Huallanca ,mediante Memorándum N°1901-2007-MTC/09.02 del 03/09/2007 e informe N°1242-2007-MTC/09.02 del 29/08/2007 , el cual fue registrado en el Banco de Proyectos con código SNIP N°3293,sin embargo ,dado el tiempo transcurrido(más de 8 años de otorgado la viabilidad) y al no haberse desarrollado el Estudio Definitivo por circunstancias ajenas y no imputables a la Entidad, todo lo cual fue informado a la OGPP-MTC para que opine sobre la vigencia de la viabilidad del proyecto, con Memorándum N°503-2016-MTC/09.02 del 03/03/2016 e informe N°286-2016-MTC/09.02 del 03/03/2016,la OGPP-MTC y la OPI de Transportes determino que debe actualizarse el estudio de factibilidad, debido a que las condiciones han variado respecto a la situación actual de la carretera en análisis.

Teniendo en cuenta lo anterior y considerando que existen nuevas normas y manuales técnicos para la elaboración y diseño de carreteras, publicadas con posterioridad a la Declaratoria de Viabilidad emitida en el 2007, la Unidad Gerencial de Estudios de PROVIAS NACIONAL elaboró los términos de Referencia (TdR) para el nuevo estudio de preinversión a nivel de factibilidad según los requerimientos técnicos solicitados por las normas vigentes, TdR que han sido aprobados por el OPI del Sector.

2.2 Informe de Topografía Para el Estudio “Rehabilitación Y Mejoramiento De La Carretera Santa – Huallanca”

2.2.1 Tramo Santa – Vinzos (Km 0+000 – Km 25+600).

El tramo tiene una Orografía tipo 1 (Plana) donde predominan las zonas de cultivo. En este tramo encontramos centros poblados Alto Perú, El Castillo, Rinconada y Vinzos describiéndolas a continuación:

Alto Perú es un Centro Poblado ubicado en el km 9+000 con Orografía tipo 1 (Plana) con un área urbana de 14.5 ha aproximadamente, colindante con zonas de cultivo.

El Castillo es un Centro Poblado ubicado en el km 10+650 con Orografía tipo 1 (Plana) con un área urbana de 10.6 ha aproximadamente, colindante con zonas de cultivo.

Rinconada es un Centro Poblado ubicado en el km 15+250 con Orografía tipo 1 (Plana) con un área urbana de 32.5 ha aproximadamente, colindante con zonas de cultivo.

Vinzos es un Centro Poblado ubicado en el km 25+500 dividido en parte baja y parte alta con Orografía tipo 1y2 (Plana - Ondulada) con un área urbana en la parte baja de 20.6 ha. colindante con una cadena de cerros y en la parte alta 79.9 ha. colindante con zonas de cultivo.

Así mismo el ancho existente promedio es de 6.6 metros.

Figura 2*Tramo Santa-Vinzos Orografía Tipo 1 (plana)***2.2.2 Tramo Vinzos – Chuquicara (Km 25+600 – Km 69+100).**

En el tramo Vinzos – Chuquicara (km 25+600 – km 69+100) tiene una orografía tipo 2 (Ondulada) hacia el lado derecho una cadena de cerros con tramos relativamente inestables y en el lado izquierdo el río Santa que bordea todo el tramo.

La topografía es muy sinuosa y accidentada con pendientes de hasta 8% y curva-contra curva haciendo de esta un tramo no muy seguro para transitar, sin contar con los constantes desprendimientos de roca que constantemente caen a la vía existente y también la socavación por el río hacen en algunas partes lugares estrechos que a futuro serán un peligro para quien circule por ahí, también observamos quebradas grandes no activas de acuerdo a la época de estación y en gran parte del tramo están las zonas agrícolas que es la principal actividad de los pobladores.

El ancho de la vía existente predomina de 6.0 metros.

Figura 3

Tramo Vinzos - Chuquicara Orografía Tipo 2 (Ondulada)

**2.2.3 Tramo Chuquicara – Huallanca (Km 69+100 – Km 134+583.681)**

En el tramo Chuquicara – Huallanca (km 69+100 – km 134+583.681) tiene una orografía tipo 2 y 3 (Ondulada-Accidentada).

Figura 4

Tramo Chuquicara-Huallanca Orografía tipo 3 y 4 (Ondulada Accidentada)



En este tramo encontramos centros poblados Mirador, Huarochirí, Yuracmarca, Yungay pampa y Huallanca describiéndolas a continuación:

Mirador es un Centro Poblado ubicado en el km 88+550 con Orografía tipo 3 (Accidentado) con un área urbana de 4.9 ha aproximadamente costado de la vía existente, para el lado derecho la cadena de cerros con talud pronunciado y para el lado izquierdo muy cercano el río Santa.

Huarocharí es un Centro Poblado ubicado en el km 109+650 con Orografía tipo 3 (Accidentado) con un área urbana de 0.5 ha aproximadamente costado de la vía existente, para el lado derecho la cadena de cerros con talud pronunciado y para el lado izquierdo muy cercano el río Santa.

Yuracmarca es un Centro Poblado ubicado en el km 122+150 parte alta margen derecha del río Santa con Orografía tipo 3 (Accidentada), con un área urbana de 17.0 ha aproximadamente, la zona es principalmente de cultivo.

Yungay Pampa es un Centro Poblado ubicado en el km 123+000 con Orografía tipo 4 (Escarpado) parte alta margen derecha del río Santa muy cercana a Yuracmarca con un área urbana de 1.4 ha aproximadamente.

Huallanca es un centro poblado a faldas del cerro margen izquierda del río Santa ubicado en el km 134+000 con una orografía tipo 4 (Accidentada) con un área urbana de 4.9 ha aproximadamente.

En este tramo encontramos túneles Existentes sin sostenimiento ni revestimiento como vemos en la foto Fig.5a

Entre Chuquicara y Huarocharí tenemos 11 túneles Existentes:

El ancho existente promedio de la vía es de 5.30 metros.

Figura 5*Tramo Chuquicara-Huallanca Orografía tipo 3 y 4 (Ondulada Accidentada)*

Túneles	Inicio	Fin	Long. (m)
Túnel 1	74+733.50	74+766.50	33.00
Túnel 2	97+194.00	97+244.20	50.20
Túnel 3	101+371.90	101+413.70	41.80
Túnel 4	102+079.70	102+137.00	57.30
Túnel 5	102+162.60	102+405.10	242.50
Túnel 6	102+610.50	102+669.50	59.00
Túnel 7	102+953.00	103+089.00	136.00
Túnel 8	105+462.50	105+624.80	162.30
Túnel 9	106+000.00	106+310.40	310.40
Túnel 10	106+546.00	106+585.60	39.60
Túnel 11	108+775.60	108+790.60	15.00
Túnel 12	131+487.00	131+517.60	30.60

Figura 6*Puentes existentes*

Puentes Existentes			
N°	Tipo	Prog.	Longitud
1	Metalico	76+290	30.48
2	Metalico	79+964	53.82
3	Metalico	81+554	24.38
4	Metalico	83+805	30.48

5	Metálico	97+513	50.38
6	Metálico	101+344	49.25
7	Concreto	115+389	9.45
8	Metálico	116+915	33.53
9	Metálico	118+404	31.35
10	Metálico	126+251	30.48
11	Metálico	132+171	33.50

2.3 Estudio de Tráfico

2.3.1 Ubicación

País : Perú

Departamento : Ancash

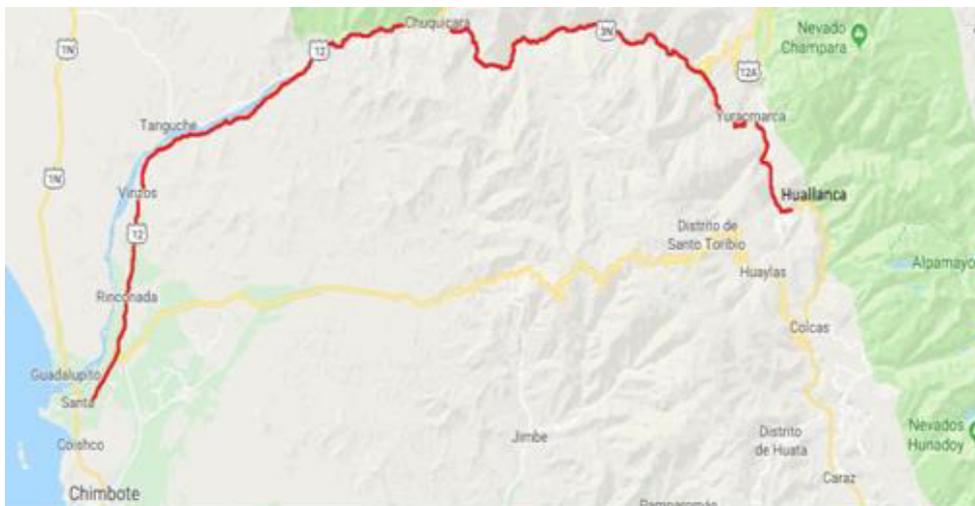
Provincia : Santa y Huaylas

Distrito : Santa, Yuracmarca y Huallanca

El Proyecto se encuentra ubicado en las rutas PE-12 y PE-3N.

Figura 7

Vista general del Trazo del proyecto



2.3.2 Objetivo del Estudio de Tráfico

2.3.2.1 Objetivo General.

El Estudio de Tráfico vehicular tiene por objeto Cuantificar y Clasificar por Tipos de Vehículos, los volúmenes de vehículos que circulan por la carretera Santa – Huallanca,

perteneciente a las rutas PE-12 y PE-3N, que tienen como influencia el área de estudio, determinando los indicadores de tráfico y la evaluación económica.

2.3.2.2 Objetivo Específico:

El estudio de tráfico será una de las actividades iniciales que permitirá definir los parámetros geométricos de diseño.

- Identificar los “tramos homogéneos” de la demanda. Identificar los nodos y su naturaleza, que generan estos tramos homogéneos.
- Realizar los conteos de tráfico en estaciones debidamente sustentadas y acordadas. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo, los conteos se realizarán durante 7 días en las estaciones principales, durante 24 horas.
- Realizar encuesta de origen – destino 3 días durante 12.
- Obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA) por tipo de vehículo y total con los correspondientes factores de corrección (horario, diario, estacional).
- Efectuar las proyecciones de tráfico para cada tipo de vehículo, considerando la tasa anual de crecimiento calculada y debidamente fundamentada. Se presentará las metodologías, para el cálculo y proyecciones del tránsito normal, generado y desviado.

2.3.3 Características Generales y Metodología Del Conteo

2.3.3.1 Características Generales del Conteo

El conteo se realizó durante el tiempo de una semana ininterrumpida. Para eso se ha usado tres estaciones, ubicadas en puntos estratégicos.

Conteos vehiculares clasificados por tipo de vehículos durante 07 días y las 24 horas en 05 estaciones.

Encuestas OD en 03 estaciones durante 04 días.

- Conteos vehiculares clasificados por tipo de vehículos durante 07 días y las 24 horas en 01 estaciones. Para el tráfico desviado.
- Encuestas OD en 01 estación durante 03 días. Para el tráfico desviado
- Censos de Carga 02 días de 24 horas diarias o 4 días de 12 horas, en dos estaciones.
- Estudio de Velocidades en 03 tramos, durante 02 días de 12 horas.
- Estudio de zonas urbanas, de acuerdo al análisis de la visita de campo, 01 ciudades.
- Estudio de tránsito no motorizados, peatonales (zonas urbanas) en Rinconada, Chuquicara y Yuracmarca.

2.3.3.2 Recopilación de Información

La información básica para la elaboración del estudio procede de dos fuentes diferentes: referenciales y directas.

Las fuentes referenciales existentes a nivel oficial, son las referidas respecto a la información del IMD y Factores de Corrección, existentes en los documentos oficiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Con el propósito de contar con información primaria y además actualizar, verificar y complementar la información secundaria disponible, se ha realizado trabajos de Conteos y Clasificación Vehicular, así como encuestas Origen – Destino, estas labores exigieron una etapa previa de trabajo en gabinete, además del reconocimiento de la carretera para identificar las estaciones de control y finalmente realizar el trabajo de campo.

El trabajo de gabinete consistió en adecuar el Formatos de Clasificación Vehicular, para ser utilizados en las estaciones de control preestablecidas en el trabajo de campo, el Formato

considera la toma de información correspondiente a la estación de control establecido, la hora, día y fecha del conteo, para cada tipo de vehículo según eje.

Antes de realizar el trabajo de campo y con el propósito de identificar y precisar in situ las estaciones predeterminadas, se realizaron coordinaciones en gabinete previas para el reconocimiento de cada una de las carreteras en evaluación por cada uno de los jefes de brigada, para ubicar estratégicamente las estaciones necesarias para la aplicación del conteo volumétrico por tipo de vehículos.

Durante el reconocimiento de la carretera en estudio, considerando el nivel de tráfico existente, se seccionaron tramos de acuerdo al área de influencia del proyecto, identificando los siguientes tramos para cada actividad.

Se considerará una estación de conteo por cada tramo homogéneo de demanda. Los conteos de tráfico deberán efectuarse según el formato del Ministerio de Transportes.

El presente estudio ha considerado la necesidad de establecer 05 estaciones de conteo vehicular. Cabe indicar que los conteos de tráfico fueron realizados en estricto cumplimiento de los contenidos mínimos antes descritos.

Figura 8

Estaciones de conteo y Clasificación vehicular

Estaciones	Tramos	Ubicación	Fechas
E-1	Santa – Vinzos (23km.)	Rinconada	6 al 12 de Agosto 2018
E-2	Vinzos - Puente Chuquicara	Chuquicara	6 al 12 de Agosto 2018
E-3	Puente Chuquicara - Puente Huarochiri	Puente Huarochiri	6 al 12 de Agosto 2018
E-4	Puente Huarochiri - Yuracmarca	Puente Huarochiri	6 al 12 de Agosto 2018
E-5	Yuracmarca - Huallanca	Huallanca	6 al 12 de Agosto 2018

Nota: Elaboración Propia

Figura 9

Estaciones de Encuestas O-D

Estaciones	Tramos	Ubicación	Fechas
OD-1	Santa - Vinzos	Rinconada	06 al 09 de Agosto 2018
OD-2	Vinzos - Puente Chuquicara	Chuquicara	09 de Agosto de 2018
OD-3	Yuracmarca - Huallanca	Huallanca	07 al 10 de Agosto 2018

Figura 10

Estaciones de Tráfico Desviado

Estaciones	Tramos	Ubicación	Fechas
E-6	Huaraz - Casma	Pariacoto	19-25 de agosto 2018
OD-4	Huaraz - Casma	Pariacoto	19-21 de agosto 2018

Figura 11

Estaciones Censo de Carga

Estaciones	Tramos	Ubicación	Fechas
CC-1	Santa - Vinzos	Rinconada	06-09 de Agosto 2018
CC-2	Yuracmarca - Huallanca	Huallanca	10-13 de Agosto 2018

Figura 12*Definición de Estaciones de velocidad*

Estaciones	Tramos	Ubicación	Fechas
V-1	Rinconada – Puente Chuquicara	Km. 14+00- Km. 68+000	12 De Agosto 2018
V-2	Puente Chuquicara – Puente Huarochiri	Km. 68+000 (752+00) – Km. 712+000	12 De Agosto 2018
V-3	Puente Huarochiri - Huallanca	Km. 712+000 - Km. 686+000	12 De Agosto 2018

Nota: Elaboración Propia

Figura 13*Definición de Estaciones de Peatones*

Estaciones	Ubicación	Fechas
P-1	Rinconada	10 de Agosto 2018
P-2	Vinzos	10 de Agosto 2018
P-3	Yuracmarca	10 de Agosto 2018

Nota: Elaboración Propia

Figura 14*Estaciones de zonas urbanas*

Estaciones	Ubicación	Fechas
ZU-1	Rinconada	10 de Agosto 2018

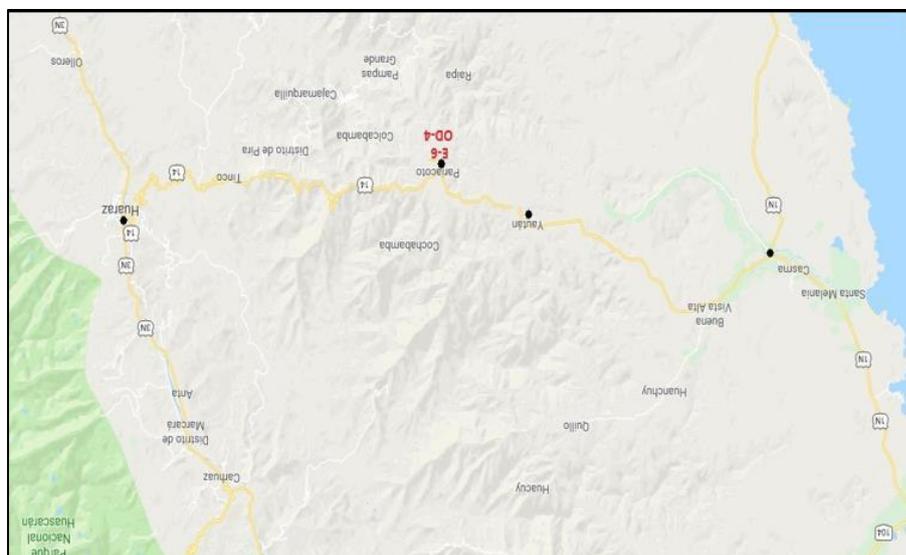
Figura 15*Cuadro de Distancias por tramos*

ESTACIONES	TRAMOS	Distancia km.	Longitudes
E-1	SANTA - VINZOS	23+000	0+000- 23+000
E-2	VINZOS - PUENTE CHUQUUICARA	43+500	23+000-66+500
E-3	PUENTE CHUQUICARA - PUENTE HUAROCHIRI	41+500	66+500-108+000
E-4	PUENTE HUAROCHIRI - YURACMARCA	12+500	108+000-120+500
E-5	YURACMARCA - HUALLANCA	12+300	120+500-132+800

Figura 16*Gráfico de Ubicación de Conteos, Encuestas y Censos*

Figura 17

Gráfico de Ubicación de Conteos, Encuestas (Desviado)



2.3.4 Resumen de los Tramos

A continuación, se presenta el cuadro resumen del índice medio diario, de cada una de las estaciones de aforo.

Figura 18

Resumen del IMDa de todos los tramos

Tipo de Vehículos	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Autos	582	106	37	32	45	173
Stación Wagon	244	62	15	15	21	70
Camioneta PickUp	281	187	56	30	106	104
Camioneta Rural	137	38	19	18	57	46
Micro	3	6	3	1	3	2
Ómnibus 2E	69	64	31	8	17	43
Ómnibus 3E	2	0	0	1	1	15
Ómnibus 4E	1	0	0	0	0	0
Camión 2E	95	72	33	19	48	54
Camión 3E	30	38	18	11	9	19
Camión 4E	7	4	2	2	3	2
T2S2	0	0	0	1	0	0
T2S3	1	0	0	1	0	1
T3S1	0	0	0	1	0	0

T3S2	1	1	1	1	0	4
T3S3	6	4	1	1	2	15
T3S4	1	1	0	0	0	0
C2R2	0	0	1	0	0	0
C2R3	0	0	0	0	0	0
C3R2	2	2	1	0	0	0
C3R3	7	0	0	0	1	0
C3R4	0	0	0	0	0	0
TOTAL IMD	1,471	585	219	141	313	548

2.3.5 Encuestas Origen-Destino

Con el propósito de determinar la generación de viajes y los indicadores a ser utilizados en la evaluación económica se llevaron a cabo encuestas de origen y destino en los tramos.

2.3.5.1 Objetivo del Estudio

Las Encuestas Origen – Destino para el proyecto tienen como objetivo principal determinar el número y/o porcentaje de los vehículos de carga y vehículos de pasajeros que actualmente utilizan la vía actual y el posible tráfico de larga distancia entre la costa y la sierra.

Figura 19

Ubicación de Encuestas Origen-Destino

Estaciones	Tramos	Ubicación
OD-1	Santa - Vinzos	Rinconada
OD-2	Vinzos - Puente Chuquicara	Chuquicara
OD-3	Yuracmarca - Huallanca	Huallanca
OD-4	Yautan - Pariacoto	Pariacoto

2.3.5.2 Características Generales y Metodología

Características Generales de la Encuesta Origen – Destino (O-D)

Las encuestas de Origen Destino de Carga y de Pasajeros se realizaron en cuatro puntos de control.

La clasificación vehicular utilizada es la siguiente:

- Vehículos de Transporte de Pasajeros:

Autos, Station wagon, Camionetas Pick up y Rurales, Micros, Buses

- Vehículos de Transporte de Carga:

Camiones, Ómnibus, Semitrailers, Trailers.

Se realizaron encuestas de origen destino en tres estaciones en el tramo en estudio y

Figura 20

Trafico desviado

Tipo de Vehiculos	IMD	T.MUESTRA	T.DIARIO	T. DESVIAR	T. POR DIA	%	T.ASUMIDO	T. DESVIADO
Autos	173	194	49	40	10	21%	36	36
Station Wagon	70	75	19	4	1	5%	4	4
Camioneta PickUp	104	145	36	36	9	25%	26	26
Camioneta Rural	46	36	9	5	1	14%	6	6
Micro	2	0	0	0	0		0	0
Omnibus 2E	43	66	17	61	15	92%	40	20
Omnibus 3E	15	4	1	3	1	75%	11	11
Omnibus 4E	0		0		0		0	0
Camión 2E	54	63	16	14	4	22%	12	12
Camión 3E	19	31	8	12	3	39%	7	7
Camión 4E	2	5	1	4	1	80%	2	2
T2S2	0		0		0		0	0
T2S3	1		0		0		0	0
T3S1	0		0		0		0	0
T3S2	4	3	1	2	1	67%	3	3
T3S3	15	14	4	7	2	50%	7	7
T3S4	0		0		0			
C2R2	0		0		0			
C2R3	0		0		0			
C3R2	0	2	1	1	0			
C3R3	0		0		0			
C3R4	0		0		0			
TOTAL IMD	548	638	160	189	47		154	134

2.3.6 Censo de Carga.

Figura 21

Factores Destructivos

Tipo	Censo de Carga Rinconada		Censo de Carga Huallanca		Norma MTC	
	FCE sin FCLL	FCE con FCLL	FCE sin FCLL	FCE con FCLL	Norma MTC S/FCLL	Norma MTC C/FCLL
B2E	1.5125	1.6547	0.3318	0.2503	4.50365	6.66541
B3E					2.52595	3.73841
B4E					3.79132	5.61115
C2E	0.7242	0.7757	1.6476	2.0206	4.50365	6.66541
C3E	2.8394	3.1546	3.0721	3.7595	3.28458	4.86118
C4E	1.1112	1.2461	3.8483	4.0047	2.78952	4.12850
2S2					6.52287	9.65384
2S3					6.20968	9.19033
3S1					6.52287	9.65384
3S2					5.30379	7.84961
3S3	3.9730	5.1649	4.3935	5.7116	4.99061	7.38610
3S4					4.99061	7.38610
2T2					10.98023	16.25074
3T2	3.6912	4.5762			9.76115	14.44651
3T3	15.2513	16.3225			8.54208	12.64228

FCLL : Factor de Corrección de Presión de Llantas

Se realizaron los censos de carga y se hallaron los factores destructivos por tipo de vehículos.

Posteriormente se observa los ejes equivalentes para cada tramo y proyectado hasta el año 20.

Figura 22

Resumen ejes Equivalentes sin y con factor de llantas

AÑOS	TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3		TRAMO 4		TRAMO 5	
	S/FCLL	C/FCLL								
1	2.64E+05	3.81E+05	2.11E+05	3.12E+05	1.25E+05	1.85E+05	8.68E+04	1.29E+05	1.20E+05	1.77E+05
2	5.31E+05	7.68E+05	4.24E+05	6.28E+05	2.52E+05	3.73E+05	1.75E+05	2.59E+05	2.42E+05	3.55E+05
3	8.01E+05	1.16E+06	6.41E+05	9.48E+05	3.80E+05	5.62E+05	2.64E+05	3.90E+05	3.65E+05	5.36E+05
4	1.07E+06	1.55E+06	8.59E+05	1.27E+06	5.10E+05	7.54E+05	3.54E+05	5.23E+05	4.89E+05	7.19E+05
5	1.35E+06	1.95E+06	1.08E+06	1.60E+06	6.41E+05	9.48E+05	4.45E+05	6.58E+05	6.15E+05	9.04E+05
6	1.63E+06	2.36E+06	1.30E+06	1.93E+06	7.74E+05	1.15E+06	5.37E+05	7.95E+05	7.43E+05	1.09E+06
7	1.92E+06	2.77E+06	1.53E+06	2.27E+06	9.08E+05	1.34E+06	6.30E+05	9.33E+05	8.72E+05	1.28E+06
8	2.20E+06	3.18E+06	1.76E+06	2.61E+06	1.04E+06	1.55E+06	7.25E+05	1.07E+06	1.00E+06	1.47E+06
9	2.49E+06	3.60E+06	1.99E+06	2.95E+06	1.18E+06	1.75E+06	8.20E+05	1.21E+06	1.13E+06	1.67E+06
10	2.79E+06	4.03E+06	2.23E+06	3.30E+06	1.32E+06	1.96E+06	9.17E+05	1.36E+06	1.27E+06	1.86E+06
11	3.08E+06	4.46E+06	2.47E+06	3.65E+06	1.46E+06	2.16E+06	1.01E+06	1.50E+06	1.40E+06	2.06E+06
12	3.38E+06	4.89E+06	2.71E+06	4.00E+06	1.60E+06	2.38E+06	1.11E+06	1.65E+06	1.54E+06	2.26E+06
13	3.69E+06	5.33E+06	2.95E+06	4.36E+06	1.75E+06	2.59E+06	1.21E+06	1.80E+06	1.68E+06	2.47E+06
14	4.00E+06	5.78E+06	3.20E+06	4.73E+06	1.90E+06	2.81E+06	1.32E+06	1.95E+06	1.82E+06	2.67E+06
15	4.31E+06	6.23E+06	3.44E+06	5.10E+06	2.04E+06	3.02E+06	1.42E+06	2.10E+06	1.96E+06	2.88E+06
16	4.62E+06	6.68E+06	3.70E+06	5.47E+06	2.19E+06	3.25E+06	1.52E+06	2.25E+06	2.10E+06	3.09E+06
17	4.94E+06	7.15E+06	3.95E+06	5.85E+06	2.34E+06	3.47E+06	1.63E+06	2.41E+06	2.25E+06	3.31E+06
18	5.27E+06	7.61E+06	4.21E+06	6.23E+06	2.50E+06	3.70E+06	1.73E+06	2.56E+06	2.40E+06	3.52E+06
19	5.59E+06	8.09E+06	4.47E+06	6.62E+06	2.65E+06	3.93E+06	1.84E+06	2.72E+06	2.55E+06	3.74E+06
20	5.93E+06	8.57E+06	4.74E+06	7.01E+06	2.81E+06	4.16E+06	1.95E+06	2.89E+06	2.70E+06	3.97E+06

2.3.7 Velocidad Promedio de Circulación

El termino Velocidad se define como la relación entre el Espacio recorrido y el Tiempo que se tarda en recorrerlo, expresado en Km./h.

Por tanto, el Estudio de Velocidades tiene por objetivo medir la Calidad de la Operación a través de un Sistema de Transportes, tal es así que los conductores miden su viaje por su Habilidad y Libertad en conservar uniformemente la Velocidad deseada. Así mismo la Velocidad es importante como elemento básico para el Proyecto de un Sistema Vial. El método aplicado para el cálculo de la velocidad de recorrido para cada tramo es el método plaqueo, en el cual se anotaba el tipo de vehículo, la hora y el sentido.

2.3.7.1 Objetivos

Determinar las velocidades de operación de los vehículos que cruzan los diversos tramos en estudio.

Conocer las diferentes Velocidades que adopta cada Tipo de Vehículo en particular.

Establecer Parámetros para la Operación y el Control de Tránsito en el Área de Estudio.

2.3.7.2 Características generales de la toma de velocidades

- Se llevó a cabo el Estudio de Velocidades en todo el tramo.
- Se tomó muestreo en ambos sentidos de la carretera, para lo cual se tomaron placas a los vehículos que circularon en todo el tramo. Para determinar la velocidad de operación y el tiempo de demora.

Resultados

Los resultados del Estudio llevado a cabo nos dan los Tiempos de Demora para cada tipo de vehículos, los mismos que se detallan a continuación en el cuadro resumen.

Figura 23*Velocidad promedio en km/hr sentido Santa –Huallanca*

Tipos de Vehiculos	Rinconada Chuquicara	Chuquicara Pte Huarochiri	Pte Huarochiri Huallanca
3S3	30.77	35.02	
PROMEDIO	30.77	35.02	
3T2	19.45	32.36	
3T3	23.60	35.40	35.93
PROMEDIO	21.52	33.88	35.93
AUTO		68.57	55.42
PROMEDIO		68.57	55.42
B2E	40.45	39.93	32.48
B2E	43.40	31.88	
B2E	52.57	48.48	
B2E	33.05	38.75	
B2E	49.84	46.04	
B2E	49.58	44.72	
B2E	39.04	31.48	
B2E	39.83	39.78	
B2E	44.91	36.33	
PROMEDIO	43.63	39.71	32.48
C2E	25.67	31.46	
C2E	36.28	39.58	
C2E	0.77	23.15	
C2E	30.92	33.26	
C2E	28.77	28.51	
C2E		40.11	39.33
C2E	22.11		
PROMEDIO	24.09	32.68	39.33
C3E	27.39	33.53	
C3E		43.23	32.20
PROMEDIO	27.39	38.38	32.20
PICK UP	48.89	43.04	
PICK UP	50.11	41.03	
PICK UP	48.44	45.30	
PICK UP	36.58	48.24	
PICK UP	40.00		
PICK UP		47.84	56.01
PICK UP		47.84	43.56
PROMEDIO	44.80	45.55	49.78
S. WAGON		34.96	25.89
PROMEDIO		34.96	25.89

Figura 24*Velocidad promedio en km/hr sentido Huallanca - Santa*

TiPos de Vehiculos	Chuquicara Rinconada	Pte Huarochiri Chuquicara	Huallanca Pte Huarochiri
3T2	28.56	23.25	
PROMEDIO	28.56	23.25	
AUTO	25.17	47.15	
PROMEDIO	25.17	47.15	
B2E		50.63	48.93
B2E	36.18	29.24	47.06
B2E	44.41	52.25	
B2E	54.58	32.79	
B2E	47.33	47.68	
PROMEDIO	45.62	42.52	47.99
C2E		18.82	35.79
PROMEDIO		18.82	35.79
C3E		38.81	46.04
C3E	39.60	32.85	
PROMEDIO	39.60	35.83	46.04
PICK UP	55.08		
PICK UP		38.23	42.28
PICK UP	51.25	53.61	61.99
PICK UP		49.57	56.25
PICK UP	51.23	51.14	
PICK UP	36.40	47.23	
PROMEDIO	48.49	47.95	53.51

2.3.8 Conclusiones

- El IMDa para los tramos en el presente año se muestra en el Cuadro 11-1.

Figura 25*Índice Medio Diario Anual*

Tipo de Vehículos	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Autos	582	106	37	32	45	173
Stación Wagon	244	62	15	15	21	70
Camioneta PickUp	281	187	56	30	106	104
Camioneta Rural	137	38	19	18	57	46
Micro	3	6	3	1	3	2
Omnibus 2E	69	64	31	8	17	43
Omnibus 3E	2	0	0	1	1	15
Omnibus 4E	1	0	0	0	0	0
Camión 2E	95	72	33	19	48	54
Camión 3E	30	38	18	11	9	19
Camión 4E	7	4	2	2	3	2
T2S2	0	0	0	1	0	0
T2S3	1	0	0	1	0	1
T3S1	0	0	0	1	0	0
T3S2	1	1	1	1	0	4
T3S3	6	4	1	1	2	15
T3S4	1	1	0	0	0	0
C2R2	0	0	1	0	0	0
C2R3	0	0	0	0	0	0
C3R2	2	2	1	0	0	0
C3R3	7	0	0	0	1	0
C3R4	0	0	0	0	0	0
TOTAL IMD	1,471	585	219	141	313	548

- Se realizaron encuestas de origen destino en tres estaciones en el tramo en estudio y uno para analizar el posible tráfico a desviar de la carretera Huaraz – Casma.

Figura 26*Trafico desviado*

Tipo de Vehículos	IMD	T.MUESTRA	T.DIARIO	T. DESVIAR	T. POR DIA	%	T.ASUMIDO	T. DESVIADO
Autos	173	194	49	40	10	21%	36	36
Stación Wagon	70	75	19	4	1	5%	4	4
Camioneta PickUp	104	145	36	36	9	25%	26	26
Camioneta Rural	46	36	9	5	1	14%	6	6
Micro	2	0	0	0	0		0	0
Omnibus 2E	43	66	17	61	15	92%	40	20
Omnibus 3E	15	4	1	3	1	75%	11	11
Omnibus 4E	0		0		0		0	0
Camión 2E	54	63	16	14	4	22%	12	12
Camión 3E	19	31	8	12	3	39%	7	7
Camión 4E	2	5	1	4	1	80%	2	2
T2S2	0		0		0		0	0
T2S3	1		0		0		0	0
T3S1	0		0		0		0	0
T3S2	4	3	1	2	1	67%	3	3
T3S3	15	14	4	7	2	50%	7	7
T3S4	0		0		0			
C2R2	0		0		0			
C2R3	0		0		0			
C3R2	0	2	1	1	0			
C3R3	0		0		0			
C3R4	0		0		0			
TOTAL IMD	548	638	160	189	47		154	134

- Se realizaron la toma de velocidades y se halló las velocidades promedio por tipo de vehículos entre Santa a Huallanca.

Figura 27*Velocidades Promedio Ambos sentidos*

Tipos de Vehiculos	Rinconada	Chuquicara	Pte Huarochiri
	Chuquicara	Pte Huarochiri	Huallanca
3S3	30.77	35.02	
3T2	19.45	32.36	
3T3	23.60	35.40	35.93
AUTO		68.57	55.42
B2E	43.63	39.71	32.48
C2E	24.09	32.68	39.33
C3E	27.39	38.38	32.20
PICK UP	44.80	45.55	49.78
S. WAGON		34.96	25.89

Tipos de Vehiculos	Chuquicara	Pte Huarochiri	Huallanca
	Rinconada	Chuquicara	Pte Huarochiri
3T2	28.56	23.25	
AUTO	25.17	47.15	
B2E	45.62	42.52	47.99
C2E		18.82	35.79
C3E	39.60	35.83	46.04
PICK UP	48.49	47.95	53.51

- Se realizaron los censos de carga y se hallaron los factores destructivos por tipo de vehículos. Posteriormente se observa los ejes equivalentes para cada tramo y proyectado hasta el año 20.

Figura 28*Factores Destructivos*

Tipo	Censo de Carga Rinconada		Censo de Carga Huallanca		Norma MTC	
	FCE sin FCLL	FCE con FCLL	FCE sin FCLL	FCE con FCLL	Norma MTC S/FCLL	Norma MTC C/FCLL
B2E	1.5125	1.6547	0.3318	0.2503	4.50365	6.66541
B3E					2.52595	3.73841
B4E					3.79132	5.61115
C2E	0.7242	0.7757	1.6476	2.0206	4.50365	6.66541
C3E	2.8394	3.1546	3.0721	3.7595	3.28458	4.86118
C4E	1.1112	1.2461	3.8483	4.0047	2.78952	4.12850
2S2					6.52287	9.65384
2S3					6.20968	9.19033
3S1					6.52287	9.65384
3S2					5.30379	7.84961
3S3	3.9730	5.1649	4.3935	5.7116	4.99061	7.38610
3S4					4.99061	7.38610
2T2					10.98023	16.25074
3T2	3.6912	4.5762			9.76115	14.44651
3T3	15.2513	16.3225			8.54208	12.64228

FCLL : Factor de Corrección de Presión de Llantas

Figura 29*Resumen ejes Equivalentes sin y con factor de llantas*

AÑOS	TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3		TRAMO 4		TRAMO 5	
	S/FCLL	C/FCLL								
1	2.54E+05	3.81E+05	2.11E+05	3.12E+05	1.25E+05	1.85E+05	8.58E+04	1.29E+05	1.20E+05	1.77E+05
2	5.31E+05	7.58E+05	4.24E+05	6.28E+05	2.52E+05	3.73E+05	1.75E+05	2.59E+05	2.42E+05	3.55E+05
3	8.01E+05	1.18E+06	6.41E+05	9.48E+05	3.80E+05	5.62E+05	2.54E+05	3.90E+05	3.65E+05	5.36E+05
4	1.07E+06	1.55E+06	8.59E+05	1.27E+06	5.10E+05	7.54E+05	3.54E+05	5.23E+05	4.89E+05	7.19E+05
5	1.35E+06	1.95E+06	1.08E+06	1.60E+06	6.41E+05	9.48E+05	4.45E+05	6.58E+05	6.15E+05	9.04E+05
6	1.63E+06	2.38E+06	1.30E+06	1.93E+06	7.74E+05	1.15E+06	5.37E+05	7.95E+05	7.43E+05	1.09E+06
7	1.92E+06	2.77E+06	1.53E+06	2.27E+06	9.08E+05	1.34E+06	6.30E+05	9.33E+05	8.72E+05	1.28E+06
8	2.20E+06	3.18E+06	1.78E+06	2.61E+06	1.04E+06	1.55E+06	7.25E+05	1.07E+06	1.00E+06	1.47E+06
9	2.49E+06	3.60E+06	1.99E+06	2.95E+06	1.18E+06	1.75E+06	8.20E+05	1.21E+06	1.13E+06	1.67E+06
10	2.79E+06	4.03E+06	2.23E+06	3.30E+06	1.32E+06	1.96E+06	9.17E+05	1.36E+06	1.27E+06	1.86E+06
11	3.08E+06	4.46E+06	2.47E+06	3.65E+06	1.46E+06	2.16E+06	1.01E+06	1.50E+06	1.40E+06	2.06E+06
12	3.38E+06	4.89E+06	2.71E+06	4.00E+06	1.60E+06	2.38E+06	1.11E+06	1.65E+06	1.54E+06	2.26E+06
13	3.69E+06	5.33E+06	2.95E+06	4.36E+06	1.75E+06	2.59E+06	1.21E+06	1.80E+06	1.68E+06	2.47E+06
14	4.00E+06	5.78E+06	3.20E+06	4.73E+06	1.90E+06	2.81E+06	1.32E+06	1.95E+06	1.82E+06	2.67E+06
15	4.31E+06	6.23E+06	3.44E+06	5.10E+06	2.04E+06	3.02E+06	1.42E+06	2.10E+06	1.96E+06	2.88E+06
16	4.62E+06	6.68E+06	3.70E+06	5.47E+06	2.19E+06	3.25E+06	1.52E+06	2.25E+06	2.10E+06	3.09E+06
17	4.94E+06	7.15E+06	3.95E+06	5.85E+06	2.34E+06	3.47E+06	1.63E+06	2.41E+06	2.25E+06	3.31E+06
18	5.27E+06	7.61E+06	4.21E+06	6.23E+06	2.50E+06	3.70E+06	1.73E+06	2.56E+06	2.40E+06	3.52E+06
19	5.59E+06	8.09E+06	4.47E+06	6.62E+06	2.65E+06	3.93E+06	1.84E+06	2.72E+06	2.55E+06	3.74E+06
20	5.93E+06	8.57E+06	4.74E+06	7.01E+06	2.81E+06	4.16E+06	1.95E+06	2.89E+06	2.70E+06	3.97E+06

2.4 Diseño de Pavimentos

2.4.1 Introducción

Cabe indicar, que para el desarrollo del estudio se ha considerado información proveniente de los antecedentes como el Estudio de Preinversión de Actualización de Factibilidad de la Carretera Santa - Huallanca, que fuera elaborado en el año 2004 por el Consorcio Río Santa (Barriga Dall'Orto, Ingenieros Consultores - Técnica y Gestión de Proyectos SA TEGEPSA - Bustamante Williams y Asociados Consultores S.A.) que fuera aprobado con Resolución Directoral N° 961·2004·MTC/20 de fecha 30.12.2004.

2.4.2 Diseño De Pavimento Flexible – Método Aashto 93

El diseño del pavimento flexible se ha desarrollado siguiendo los lineamientos de lo estipulado en la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 reconocida a nivel mundial por el sustento experimental en el que está basado, el cual consiste en determinar un Número Estructural (SN) requerido por el pavimento para soportar el volumen de tránsito vehicular satisfactoriamente durante su periodo de diseño. La metodología AASHTO considera cuatro categorías principales de entrada de datos para el diseño:

- Variables de diseño: Período de análisis, vida de diseño, tráfico, confiabilidad, condiciones ambientales (hinchamiento de la subrasante, levantamiento por heladas).
- Criterios de desempeño: Serviciabilidad
- Propiedades estructurales de los materiales: módulo resiliente efectivo de la subrasante, características de los materiales de las diferentes capas del pavimento y coeficientes de capa.
- Características estructurales del pavimento: Drenaje

Las características de materiales proyectados para la estructura del pavimento deberán ser las siguientes:

Subrasante, definida bajo los criterios de diseño de rasante la capa de afirmado/lastrado si existiese podrán constituir en algunos casos el material de Subrasante y en otros el material constituyente de la segunda o tercera capa o estrato.

La caracterización de estos suelos ha sido definida en los cuadros de “Resumen de Ensayos de Plataforma” y perfiles estratigráficos de los cuales se empleará los valores de CBR obtenidos y presentados en Ítems precedentes.

Sub Base, como lo indican las Especificaciones Técnicas EG-2013 y las características de Canteras la sub-base granular será compactada hasta el 100% de la MDS para alcanzar el CBR mínimo de 40%.

Base Granular, de similar modo la base granular será construida con materiales granulares de cantera procesados para obtener las características que satisfagan las Especificaciones Técnicas EG- 2013, con un CBR mínimo de 100% para el 100% de la MDS.

Carpeta Asfáltica, dadas las condiciones climáticas del proyecto el concreto asfáltico será constituido con asfalto según las consideraciones indicadas en el cuadro 415-1 del as EG – 2013 y agregados competentes para obtener características que satisfagan las Especificaciones Técnicas EG-2013.

La elección del PEN a emplear se realizará en base a los materiales reales de obra mediante diseño por el Método Marshall, así como el clima y la altura donde se desarrolla el proyecto.

Teniendo en cuenta las cuatro categorías de datos el procedimiento de diseño del pavimento consistirá en determinar mediante la fórmula (1) el número estructural que se

requiere para soportar las cargas impuestas por el tráfico de diseño sobre un suelo que tiene un determinado módulo resiliente y que además permita al pavimento tener un nivel de serviciabilidad adecuado.

2.4.2.1 Sectorización

A continuación, se muestra la sectorización efectuada considerando el Módulo Resiliente Equivalente (Mr)

Figura 30

Sectorización de la vía en estudio

Sector	Del km	Al km
1	00+000	02+000
2	02+000	10+770
3	10+770	19+000
4	19+000	42+270
5	42+270	58+000
6	58+000	61+000
7	61+000	85+653
8	85+653	91+130
9	91+130	102+645
10	102+645	111+240
11	111+240	126+260
12	126+260	130+240
13	130+240	134+230

2.4.2.2 Cálculo de Espesor de Pavimento

A continuación, se describe el diseño de pavimento para la carretera Santa - Huallanca, la sectorización realizada por los valores de CBR, se ha subdividido ya que se ha considerado

tráficos distintos en su longitud, por lo que la sectorización final para el cálculo de los espesores sería:

Figura 31

Valores de CBR y Mr de la sectorización final de la vía

Sector	Sub Sector	Del Km	Al Km	Cbr (%)	Mr (Psi)
1		0+000	2+000	19.10	14,793.80
2		2+000	10+770	18.45	14,832.10
3		10+770	19+000	22.76	17,026.80
4	4.1	19+000	23+000	36.44	22,716.80
	4.2	23+000	42+270	28.93	19,417.40
5		42+270	58+000	36.45	22,382.70
6		58+000	61+000	23.69	17,384.30
7	7.1	61+000	66+500	42.59	25,082.20
	7.2	66+500	74+540	36.48	22,371.20
	7.3	74+540	74+918	48.55	27,116.85
	7.4	74+918	85+653	41,78	24,110.50
8		85+653	91+130	25.88	18,462.40
9	9.1	91+130	97+198	40.55	24,440.00
	9.2	97+198	97+273	48.55	26,853.00
		97+273	101+417		
	9.3	101+417	101+511	40.00 (*)	24,375.90
		101+511	102+124		
		102+124	102+530		
102+530		102+645			
10	10.1	102+645	102+650	13.40	13,357.80
		102+650	102+730		

Sector	Sub Sector	Del Km	Al Km	Cbr (%)	Mr (Psi)
		102+730	103+000		
		103+000	103+145		
	10.2	103+145	105+428	31.20	20,873.40
	10.3	105+428	105+795	40.00 (*)	24,375.90
		105+795	106+042		
		106+042	106+370		
		106+370	106+598		
	10.4	106+598	106+640		
	10.4	106+640	108+000	44.80	25,943.60
	10.5	108+000	108+805	38.59	23,894.44
		108+805	108+897		
	10.6	108+897	111+240	33.33	21,412.90
11	11.1	111+240	120+500	37.64	22,756.90
	11.2	120+500	126+260	32.69	21,481.40
12		126+260	130+240	32.59	21,645.80
13		130+240	134+230	42.17	25,085.30

Nota: Elaboración Propia, Se ha considerado como CBR de diseño 40%, para los sectores de roca

2.4.2.3 Diseños de Espesores de Pavimento Flexible – AASHTO 93

2.4.2.3.1 Diseño de Pavimentos para 20 años (Ejecución en 2 Etapas)

La estructura de pavimento flexible proyectado se detalla en la siguiente tabla para el único sector, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados

Figura 32

Pavimento asfáltico periodo 10 años

Sector	Sub Sector	Carpeta Asfáltica (Cm)	Base Granular (Cm)	Sub Base (Cm)
1		9	17.5	17.5
2		9	17.5	17.5
3		9	15	17.5
4	4.1	9	15	15
	4.2	9	15	15
5		9	15	15
6		9	15	15
7	7.1	9	15	15
	7.2	7.5	15	15
	7.3	Pavimento rígido		
	7.4	7.5	15	15
8		7.5	15	15
9	9.1	7.5	15	15
	9.2	Pavimento rígido		
	9.3	Pavimento rígido		
10	10.1	Pavimento rígido		

Sector	Sub Sector	Carpeta Asfáltica (Cm)	Base Granular (Cm)	Sub Base (Cm)
	10.2	7.5	15	15
	10.3	Pavimento rígido		
	10.4	7.5	15	15
	10.5	Pavimento rígido		
	10.6	7.5	15	15
11	11.1	7.5	15	15
	11.2	7.5	15	15
12		7.5	15	15
13		7.5	15	15

2.4.2.3.2 Cálculo de Refuerzo del Pavimento a los 10 años

La ejecución en dos etapas, contempla la ejecución inmediata de un refuerzo consistente en una carpeta asfáltica sobre la calzada ya existente. La implementación correcta de esta etapa, está condicionada a una evaluación integral de pavimento a fin de verificar el nivel de degradación de la superficie existente.

Por ello, al cabo de los 10 primeros años se debe realizar una evaluación del pavimento como es realizar medidas de la rugosidad, daños (agrietamientos, parchados, ahuellamiento) y deflectometría para saber el estado real de pavimento y tomar las correctas acciones como son dar mantenimiento o rehabilitar el pavimento.

Para hallar el refuerzo del pavimento a los 10 años en el presente estudio se ha empleado el método de la vida remanente del pavimento existente descrito en el manual de diseño AASHTO.

Figura 33*Espesor de recapeo – Periodo 10 – 20 años*

Sector	Sub sector	Espesor calculado c.a. (cm)	Espesor propuesto C.a. (cm)
1		2.8	4.0
2		2.7	4.0
3		2.5	4.0
4	4.1	0.1	4.0
	4.2	0.9	4.0
5		-	4.0
6		2.4	4.0
7	7.1	-	4.0
	7.2	-	4.0
	7.3	Pavimento Rígido	
	7.4	-	4.0
8		1.8	4.0
9	9.1	-	4.0
	9.2	Pavimento Rígido	
	9.3	Pavimento Rígido	
10	10.1	Pavimento Rígido	
	10.2	0.3	4.0
	10.3	Pavimento Rígido	
	10.4	-	4.0
	10.5	Pavimento Rígido	

Sector	Sub sector	Espesor calculado c.a. (cm)	Espesor propuesto C.a. (cm)
	10.6	-	4.0
11	11.1	-	4.0
	11.2	-	4.0
12		-	4.0
13		-	4.0

2.4.2.3.3 Diseño de Pavimentos para 20 años (Ejecución en 1 Etapa)

La estructura de pavimento flexible proyectado se detalla en la siguiente tabla para cada sector, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados:

Figura 34

Pavimento Asfáltico – Periodo 20 años

Sector	Sub sector	Carpeta asfáltica (cm)	Base granular (cm)	Sub base (cm)
1		10	17.5	20
2		10	17.5	20
3		10	17.5	17.5
4	4.1	10	15	15
	4.2	10	15	15
5		10	15	15
6		10	15	15
7	7.1	10	15	15
	7.2	9	15	15
	7.3	Pavimento Rígido		
	7.4	9	15	15
8		9	15	15
9	9.1	9	15	15

Sector	Sub sector	Carpeta asfáltica (cm)	Base granular (cm)	Sub base (cm)
	9.2	Pavimento Rígido		
	9.3	Pavimento Rígido		
10	10.1	Pavimento Rígido		
	10.2	9	15	15
	10.3	Pavimento Rígido		
	10.4	9	15	15
	10.5	Pavimento Rígido		
	10.6	9	15	15
11	11.1	9	15	15
	11.2	9	15	15
12		9	15	15
13		9	15	15

2.4.2.3.4 Diseño de Pavimentos para 10 años (Ejecución en 2 Etapas TSB)

Para el caso del presente Proyecto es posible proyectar un pavimento flexible con tratamiento superficial para el tráfico proyectado menor a 10^6 .

Figura 35

Tratamiento Superficial – Periodo 5 años

Sector	Sub Sector	Tratamiento Superficial (Cm)	Base Granular (Cm)	Sub Base (Cm)
1		-	-	-
2		-	-	-
3		-	-	-
4	4.1	-	-	-
	4.2	-	-	-

Sector	Sub Sector	Tratamiento Superficial (Cm)	Base Granular (Cm)	Sub Base (Cm)
5		-	-	-
6		-	-	-
7	7.1	-	-	-
	7.2	(*)	22.5	22.5
	7.3	Pavimento Rígido		
	7.4	(*)	22.5	22.5
8		(*)	25	25
9	9.1	(*)	22.5	22.5
	9.2	Pavimento Rígido		
	9.3	Pavimento Rígido		
10	10.1	Pavimento Rígido		
	10.2	(*)	22.5	25.0
	10.3	Pavimento Rígido		
	10.4	(*)	20.0	22.5
	10.5	Pavimento Rígido		
	10.6	(*)	22.5	22.5
11	11.1	(*)	20.0	22.5
	11.2	(*)	22.5	22.5
12		(*)	22.5	22.5
13		(*)	20.0	22.5

2.4.2.3.5 Cálculo de Refuerzo del Pavimento a los 5 años

La ejecución en dos etapas, contempla la ejecución inmediata de un refuerzo consistente en una carpeta asfáltica sobre la calzada ya existente. La implementación correcta de esta etapa, está condicionada a una evaluación integral de pavimento a fin de verificar el nivel de degradación de la superficie existente.

Por ello, al cabo de los 5 primeros años se debe realizar una evaluación del pavimento como es realizar medidas de la rugosidad, daños (agrietamientos, parchados, ahuellamiento) y deflectometría para saber el estado real de pavimento y tomar las correctas acciones como son dar mantenimiento o rehabilitar el pavimento.

Para hallar el refuerzo del pavimento a los 5 años en el presente estudio se ha empleado el método de la vida remanente del pavimento existente descrito en el manual de diseño AASHTO.

En base a la aplicación de la metodología AASHTO 1993 se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 36

Espesor de recapeo – Período 5 a 10 años

Sector	Sub Sector	Espesor Calculado C.A. (Cm)	Espesor Propuesto C.A. (Cm)
1		-	-
2		-	-
3		-	-
4	4.1	-	-
	4.2	-	-
5		-	-
6		-	-

Sector	Sub Sector	Espesor Calculado C.A. (Cm)	Espesor Propuesto C.A. (Cm)
7	7.1	-	-
	7.2	3.2	4.0
	7.3	Pavimento Rígido	
	7.4	1.9	4.0
8		1.8	4.0
9	9.1	1.7	4.0
	9.2	Pavimento Rígido	
	9.3	Pavimento Rígido	
10	10.1	Pavimento Rígido	
	10.2	2.1	4.0
	10.3	Pavimento Rígido	
	10.4	3.4	4.0
	10.5	Pavimento Rígido	
	10.6	1.4	4.0
11	11.1	2.8	4.0
	11.2	3.6	4.0
12		3.6	4.0
13		3.7	4.0

2.4.3 Diseño de Pavimento Flexible – Método Instituto del Asfalto

Se efectuó un diseño comparativo de pavimento empleando el Método del Instituto del Asfalto, el cual se desarrolla conforme a lo establecido en el Manual Series N° 1 (MS.1) “Thickness Design, Asphalt Pavements for Highways & Streets” de febrero 1991.

El método del Instituto del Asfalto, ha sido desarrollado basado en conceptos mecánicos. En este método el pavimento se caracteriza como un sistema elástico multicapa; en donde los materiales de cada una de las capas están caracterizados por un módulo de elasticidad M_r y un módulo de Poisson $\mu = 0.4$ a 0.5 . El criterio básico para el dimensionamiento de las capas, establece que las deformaciones unitarias en la base de la capa asfáltica y en la base de las capas granulares, no deben exceder ciertos límites. Los valores críticos para las deformaciones unitarias se han establecido a su vez, para evitar que se produzcan fisuramientos por tracción, en las capas asfálticas y deformaciones permanentes excesivas, en el suelo sub-rasante.

El método presenta procedimientos para la determinación de los espesores de las capas, para los casos de superficies de rodadura de concreto asfáltico, tratamiento superficial con asfalto emulsionado, bases de concreto asfáltico, bases con asfalto emulsificado y bases o sub-bases de agregados no tratados. Estos procedimientos se desarrollan mediante el uso de nomogramas o software denominado DAMA y su versión actualizada SW-1/2005 Thickness Design Software”.

En general, el cálculo del pavimento se realiza en función de un tráfico de diseño en Número de Ejes Equivalentes (EAL), el Módulo de Resiliencia de la Sub-rasante (MR), la Temperatura Media Anual del Aire (MAAT) y seleccionando el tipo de base y superficie de rodadura deseados. Asimismo, los resultados obtenidos, están sujetos a una serie de consideraciones por cuestiones ambientales y de espesor mínimo.

2.4.4 Diseño de Pavimento Rígido – Método Aashto 93

El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Espesor de capa de Concreto de Cemento Portland, el cual se calcula en función

de: a) El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño); b) La resistencia del suelo que soportará al pavimento, expresado como módulo de reacción; y c) Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

2.4.4.1 Sectorización

La sectorización a utilizar es la misma obtenida mediante el método de diferencias acumuladas, donde se determinaron los siguientes sectores:

Figura 37

Sectorización de la carretera

Sector	Sub Sector	Del Km	Al Km	Longitud (Km)	Tráfico (Flex/Rig)	Tipo De Pavimentos A Estudiar	Observaciones
1		0+000	2+000	2.00	4.03x106/ 6.6 1x106	Flexible/Rígido	
2		2+000	10+770	8.77		Flexible/Rígido	
3		10+770	19+000	8.23		Flexible/Rígido	
4	4.1	19+000	23+000	4.00		Flexible/Rígido	
	4.2.1	23+000	25+600	2.60	Flexible Rígido	Dividido Por Cambio De Sección	
	4.2.2	25+600	42+270	16.67		Rígido	
5		42+270	58+000	15.73	3.30x106/ 5.46x106	Flexible/Rígido	
6		58+000	61+000	3.00		Flexible/Rígido	
7	7.1	61+000	66+500	5.50		Flexible/Rígido	
	7.2	66+500	74+540. 0	8.04	Flexible/Rígido		
	7.3	74+540. 0	74+918. 0	0.38	1.96x106/ 3.28x106	Rígido	Túnel

Sector	Sub Sector	Del Km	Al Km	Longitud (Km)	Tráfico (Flex/Rig)	Tipo De Pavimentos A Estudiar	Observaciones
	7.4	74+918. 0	85+653	10.74		Flexible/Rígido	
8		85+653	91+130	5.48		Flexible/Rígido	
9	9.1	91+130	97+198. 0	6.07		Flexible/Rígido	
	9.2	97+198. 0	97+273. 0	0.08		Rígido	Túnel
		97+273. 0	101+41 7.0	4.14			
	9.3	101+41 7.0	101+51 1.0	0.09		Rígido	Túnel
		101+51 1.0	102+12 4.0	0.61			
		102+12 4.0	102+53 0.0	0.41			Túnel
		102+53 0.0	102+64 5	0.12			
10	10.1	102+64 5	102+65 0.0	0.01		Rígido	
		102+65 0.0	102+73 0.0	0.08			Túnel
		102+73 0.0	103+00 0.0	0.27			
		103+00 0.0	103+14 5.0	0.15			Túnel

Sector	Sub Sector	Del Km	Al Km	Longitud (Km)	Tráfico (Flex/Rig)	Tipo De Pavimentos A Estudiar	Observaciones
	10.2	103+14 5.0	105+42 8.0	2.28		Flexible/Rígido	
	10.3	105+42 8.0	105+79 5.0	0.37		Túnel	
		105+79 5.0	106+04 2.0	0.25			
		106+04 2.0	106+37 0.0	0.33		Túnel	
		106+37 0.0	106+59 8.0	0.23			
		106+59 8.0	106+64 0.0	0.04		Túnel	
		106+64 0.0	108+00 0	1.36		Flexible/Rígido	
	10.5	108+00 0	108+80 5	0.81		Rígido	
		108+80 5.0	108+89 7.0	0.09			Túnel
	10.6	108+89 7	111+24 0	2.34		Flexible/Rígido	
11	11.1	111+24 0	120+50 0	9.26	Flexible/Rígido		
	11.2	120+50 0	126+26 0	5.76	1.86x106/ 3.09x106	Flexible/Rígido	

Sector	Sub Sector	Del Km	Al Km	Longitud (Km)	Tráfico (Flex/Rig)	Tipo De Pavimentos A Estudiar	Observaciones
12		126+26 0	130+24 0	3.98		Flexible/Rígido	
13		130+24 0	134+23 0	3.99		Flexible/Rígido	

Nota: Elaboración Propia, (*) Se ha dividido el subsector 4.2 en 2 por cambio de la sección transversal

2.4.4.2 Estructura Recomendada

Para calcular los espesores a recomendar de pavimento rígido, se ha hecho uso del software DIPAV 2.3, el cual sirve para poder modelar pavimentos, cuyo funcionamiento es parecido al software DARWIN de la AASHTO.

Figura 38

Espesores de pavimento rígido

Sector	Sub Sector	Losa Calculada (Mm)	Losa Asumida (Mm)	Sub Base (Mm)
1		228	230	200
2		228	230	200
3		226	230	150
4	4.1	224	230	150
	4.2.1	219	220	150
	4.2.2	219	220	150
5		217	220	150
6		221	220	150
7	7.1	218	220	150
	7.2	198	200	150
	7.3	197	200	150

Sector	Sub Sector	Losa Calculada (Mm)	Losa Asumida (Mm)	Sub Base (Mm)
	7.4	197	200	150
8		199	200	150
9	9.1	196	200	150
	9.2	195	200	150
	9.3	196	200	150
10	10.1	206	210	150
	10.2	200	200	150
	10.3	196	200	150
	10.4	199	200	150
	10.5	192	200	150
	10.6	193	200	150
11	11.1	189	200	150
	11.2	202	200	150
12		202	200	150
13(*)		199	200	150

2.4.5 Conclusiones

- Se ha tomado para el diseño del pavimento el EAL (8.2tn) proporcionado por el Estudio de Tráfico para pavimento rígido y pavimento flexible con año base el 2021, efectuado el 2018 donde sus valores son:

Figura 39

Tráfico de diseño para pavimento flexible

Años	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL
1	3.81E+05	3.12E+05	1.85E+05	1.29E+05	1.77E+05
2	7.68E+05	6.28E+05	3.73E+05	2.59E+05	3.55E+05
3	1.16E+06	9.48E+05	5.62E+05	3.90E+05	5.36E+05
4	1.55E+06	1.27E+06	7.54E+05	5.23E+05	7.19E+05
5	1.95E+06	1.60E+06	9.48E+05	6.58E+05	9.04E+05
6	2.36E+06	1.93E+06	1.15E+06	7.95E+05	1.09E+06

Años	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL
7	2.77E+06	2.27E+06	1.34E+06	9.33E+05	1.28E+06
8	3.18E+06	2.61E+06	1.55E+06	1.07E+06	1.47E+06
9	3.60E+06	2.95E+06	1.75E+06	1.21E+06	1.67E+06
10	4.03E+06	3.30E+06	1.96E+06	1.36E+06	1.86E+06
11	4.46E+06	3.65E+06	2.16E+06	1.50E+06	2.06E+06
12	4.89E+06	4.00E+06	2.38E+06	1.65E+06	2.26E+06
13	5.33E+06	4.36E+06	2.59E+06	1.80E+06	2.47E+06
14	5.78E+06	4.73E+06	2.81E+06	1.95E+06	2.67E+06
15	6.23E+06	5.10E+06	3.02E+06	2.10E+06	2.88E+06
16	6.68E+06	5.47E+06	3.25E+06	2.25E+06	3.09E+06
17	7.15E+06	5.85E+06	3.47E+06	2.41E+06	3.31E+06
18	7.61E+06	6.23E+06	3.70E+06	2.56E+06	3.52E+06
19	8.09E+06	6.62E+06	3.93E+06	2.72E+06	3.74E+06
20	8.57E+06	7.01E+06	4.16E+06	2.89E+06	3.97E+06

Figura 40

Tráfico de diseño para pavimento rígido

Años	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL	C/FCLL
1	2.95E+05	2.43E+05	1.46E+05	1.06E+05	1.38E+05
2	5.93E+05	4.89E+05	2.94E+05	2.13E+05	2.77E+05
3	8.94E+05	7.38E+05	4.43E+05	3.21E+05	4.18E+05
4	1.20E+06	9.90E+05	5.94E+05	4.30E+05	5.61E+05
5	1.51E+06	1.24E+06	7.47E+05	5.41E+05	7.06E+05
6	1.82E+06	1.50E+06	9.02E+05	6.53E+05	8.52E+05
7	2.14E+06	1.76E+06	1.06E+06	7.66E+05	1.00E+06
8	2.46E+06	2.03E+06	1.22E+06	8.81E+05	1.15E+06
9	2.78E+06	2.29E+06	1.38E+06	9.97E+05	1.30E+06
10	3.11E+06	2.57E+06	1.54E+06	1.12E+06	1.45E+06
11	3.44E+06	2.84E+06	1.71E+06	1.23E+06	1.61E+06
12	3.78E+06	3.12E+06	1.87E+06	1.35E+06	1.77E+06
13	4.12E+06	3.40E+06	2.04E+06	1.48E+06	1.93E+06
14	4.46E+06	3.68E+06	2.21E+06	1.60E+06	2.09E+06
15	4.81E+06	3.97E+06	2.38E+06	1.72E+06	2.25E+06
16	5.16E+06	4.26E+06	2.56E+06	1.85E+06	2.41E+06
17	5.52E+06	4.55E+06	2.73E+06	1.98E+06	2.58E+06
18	5.88E+06	4.85E+06	2.91E+06	2.11E+06	2.75E+06
19	6.24E+06	5.15E+06	3.09E+06	2.24E+06	2.92E+06
20	6.61E+06	5.46E+06	3.28E+06	2.37E+06	3.09E+06

- En el diseño se ha elegido el método AASHTO 93, porque a diferencia de otros métodos, este método introduce el concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.
- Con la metodología AASHTO 93, se ha diseñado ambos tipos de pavimento rígido y flexible (Carpeta Asfáltica y Tratamiento Superficial), contemplando las condiciones del proyecto (tráfico, suelos, topografía, la presencia de túneles, disponibilidad de material es en la zona), a continuación, se indica los sectores con presencia de túneles.

Figura 41

Sectores de túneles

Túneles	Del Km	Al Km	Longitud (M)
01	74+540	74+918	380.00
02	97+198	97+273	80.00
03	101+417	101+511	90.00
04	102+124	102+530	410.00
05	102+650	102+730	80.00
06	103+000	103+145	150.00
07	105+428	105+795	370.00
08	106+042	106+370	330.00
09	106+598	106+640	40.00
10	108+805	108+897	90.00

- Como resultado del análisis se ha diseñado dos metodologías de pavimento (flexible) en el desarrollo del proyecto teniéndose como resultado los siguientes espesores para

un periodo de vida de 20 años, en una sola etapa para el pavimento rígido y en 2 etapas (0 a 10 años y 10 a 20 años), para lo cual se ha agrupado sub sectores con el fin de dar continuidad constructiva, después de lo que se recomienda la siguiente estructura de pavimento en 2 etapas:

Figura 42

Pavimento flexible recomendado

Sector	Del km	Al km	Carpeta asfáltica (cm)	Base granular (cm)	Sub base (cm)	Espesor de refuerzo ca (cm)
01	00+000	10+770	9	17.5	17.5	4
02	10+770	19+000	9	15	17.5	4
03	19+000	66+500	9	15	15	4
04	66+500	97+198	7.5	15	15	4
05	103+145	105+428	7.5	15	15	4
06	106+640	134+230	7.5	15	15	4

Nota: Elaboración Propia, Esta estructuración no corresponde a los sectores de pavimento rígido por presencia de túneles.

Figura 43*Pavimento rígido recomendado*

Sector	Del km	Al km	Losa asumida (mm)	Sub base (mm)	Largo (cm)	Ancho (cm)
01	00+000	10+770	230	200	230	220
02	10+770	23+000	230	150	230	220
03	23+000	25+600	220	150	230	220
04	25+600	66+500	220	150	300	280
05	66+500	102+645	200	150	300	280
06	102+645	103+145	210	150	300	280
07	103+145	134+230	200	150	300	280

Nota: Elaboración Propia, Se ha considerado un espesor de 20 cm a la sub base en los sectores 1 y 2 con el fin de poder uniformizar el espesor de la losas y dar continuidad al proceso constructivo y en los sectores de túneles indicados en la tabla 29, se debe considerar 4 losas de 3.00 m de largo y 2.80 m de ancho.

- Para el caso del pavimento de la zona urbana de Huallanca, se ha considerado para el eje principal (sentido Caraz – Huallanca), solo realizar un mantenimiento del pavimento rígido, mientras que para la alternativa de sentido Huallanca – Caraz, se debe considerar la estructura del pavimento rígido propuesto en la tabla 45, para el sector 07. Respecto a la alternativa de pavimento flexible no se debe considerar ya que esta se encuentra en zona urbana la cual presenta pavimento rígido, por lo que dar continuidad se debe solo considerar este tipo de pavimento.

- Respecto a las variantes de Santa (km 0+000 - km 5+300) y Yuracmarca (km 121+640 – km 123+800), estas se encuentran consideradas en los sectores 1 de las tablas 44 y 45 para pavimento flexible y rígido para la variante Santa. De igual forma se ha considerado en los sectores 6 y 7 de las tablas 44 y 45 para pavimento flexible y rígido respectivamente. Esto se realizó debió a que en el estudio de suelos y diseño de pavimentos se considero los sectores de variantes como parte de la carretera de forma integral y no como parte independiente de la carretera.
- En los sectores donde en el estudio de suelo se reportó espesores de 18.5 cm (km 21+00) y 15.0 cm (53+120), de carpeta asfáltica producto de parches estos deben retirarse en su espesor total previo la colocación del nuevo pavimento.
- Para dar una solución técnica que garantice el buen comportamiento de la estructura del pavimento en el sector del km 0+000 al km 40+000, a causa de que este sector se desarrolla adyacente a zonas de cultivo (Conclusiones y Recomendaciones punto 3.2 del Informe N° 069-2018-MTC/20.22.1.1/ERD), se ha coordinado con la especialidad de trazo y topografía y se ha elevado la rasante para que todo este sector se encuentre en terraplén (antes casi todo el sector mantenía la misma rasante o estaba en corte), lo cual se encuentra indicado en el informe de suelos del presente expediente técnico.
- Es necesario el mejoramiento de la subrasante ya que en los sectores los suelos presentan deficientes características físico-mecánicas, según el Estudio de Suelos.
- Las bermas deben tener la misma estructura de la plataforma, por lo que esta debe ser asfaltada o de concreto.
- Se deberá emplear Asfalto líquido MC-30 para la imprimación, y si fuera el caso de colocar TSB se debe utilizar emulsión del tipo CRS-1, para el riego de liga se debe utilizar emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-1

- El tipo de PEN a utilizar según la TMA (17.8 °C), se debe utilizar Asfalto PEN 60-70 hasta los 1,000 msnm y mayor a 1,000 msnm PEN 85-100, el cual cumple con los requerimientos técnicos para el presente proyecto.
- Se debe usar un concreto con una resistencia de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, para los sectores 1 y 2.1, mientras que el $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, para los demás sectores esto para la fabricación de la mezcla de concreto de cemento Portland, para las losas de concreto.

2.5 Estudio de Hidrología e Hidráulica

2.5.1 Descripción del Área de Trabajo

Toda la ruta se desplaza a media ladera, excepto los primeros 25 km que son de topografía plana, donde se ubican las áreas de cultivo, correspondiente al valle del Santa

Se debe hacer notar que las áreas agrícolas son irrigadas por las aguas del río Santa, mediante dos irrigaciones, la de Chavimochic y la del Chinecas, ambas tienen sendos canales que conducen el agua hacia esas irrigaciones

Desde el km 28+000 hasta el km 95+000, la carretera discurre adyacente al río Santa y en varios sectores de la vía se han observado problemas de erosión del talud de soporte de la carretera, algunos más graves que otros, que deben ser protegidos mediante enrocados o gaviones, según el régimen del río en esos sectores.

2.5.2 Recopilación de Información

2.5.2.1 Antecedentes del Estudio

La carretera Santa – Huallanca, tiene un estudio de Pre inversión a nivel de perfil, que fue aprobado por el MTC, mediante Memorandum N° 1523-2015-MTC/09.02 e informe N° 508-2015-MTC/09.02 del 11.05.15, con código SNIP N° 312879

Este estudio, en lo que respecta a la parte Hidrológica, es muy escueta la descripción, indicando solamente que deben reconstruirse las obras de drenaje, construcción de muros y finalmente considera la construcción de todos los puentes. No hay información sobre precipitaciones ni cartografía alguna y los caudales de diseño no han sido calculados.

2.5.2.2 Información Meteorológica e Hidrométrica

Para el tramo Santa - Huallanca existen varias estaciones, controladas por SENAMHI, unas más lejos que otras, de ellas se han considerado dos estaciones; las únicas que existen en el área del proyecto como de mayor influencia, ellas son: Chimbote y Corongo, una de ellas, Chimbote, se posicionan en la parte baja de la vía y la otra se ubica en las cercanías de Yuracmarca, Chimbote tiene 18 años de datos y Corongo 09 años. Cabe señalar que hay otras estaciones, pero están desactivadas mucho tiempo y ya no funcionan.

En consecuencia, las estaciones elegidas por la influencia que ejercen y además ser las únicas en el área del proyecto, son CHIMBOTE Y CORONGO, cuya información de lluvias la proporciona el SENAMHI mediante hojas de registros que se adjuntan al presente informe. La ubicación de las mismas son los siguientes:

Figura 44

Ubicación de Estaciones Y Lluvias máximas en 24 horas

Estación	Longitud	Latitud	Altura	Años de registro
Chimbote	78°31''	9°09''	11	18
Corongo	77°54''	8°34''	3150	09

Figura 45*Lluvia Máxima en 24 horas (mm)*

ANOS	Chimbote		Corongo	
	PRECIP (MM)	MES	PRECIP (MM)	MES
1965			27.00	Marzo
1966	0.00		15.20	Octubre
1967	16.00	Febrero	24.40	Marzo
1968	0.00		14.50	Diciembre
1969	5.00	Febrero	34.40	Marzo
1970	4.00	Mayo	15.90	Enero
1971	10.00	Febrero	19.90	Marzo
1972	25.00	Marzo	12.00	Febrero
1973	7.00	Marzo	22.00	Enero
1974	4.00	Abril		
1975	6.00	Febrero		
1976	0.00			
1977	1.00	Febrero		
1978	1.00	Marzo		
1979	0.00			
1980	1.00	Enero		
1981	4.00	Enero		
1982	1.00	Enero		
1983	25.00	Abril		

La información Hidrométrica se obtuvo de las estaciones Condorcero y Tablachaca, que miden los caudales de los ríos Santa y Tablachaca respectivamente. Estas estaciones hidrométricas son controladas por el proyecto especial Chavimochic y la ANA.

La estación Condorcero tiene 40 años de registros (1978-2017) y la Tablachaca tiene 17 años (1953-2016)

Figura 46*Estación Hidrométrica Tablachaca Caudales máximos*

Nº	AÑO	ESTACIÓN DE AFORO TABLACHACA (M3/S)	
		Mes	Q _{max.diarío}
1	1953	Octubre	102.90
2	1954	Enero	73.13
3	1955	Febrero	258.30
4	1956	Enero	186.25
5	1957	Febrero	118.37
6	1958	Marzo	119.57
7	1966	Enero	82.22
8	1967	Febrero	165.93
9	1968	Marzo	55.75
10	1969	Marzo	66.00
11	1972	Marzo	194.74
12	1973	Abril	192.70
13	1974	Marzo	215.88
14	2013	Marzo	317.32
15	2014	Marzo	264.96
16	2015	Marzo	433.55
17	2016	Marzo	247.29

Figura 47*Estación Hidrométrica Condorderro – Caudales máximos diarios*

Nº	AÑO	ESTACIÓN DE AFORO CONDORCERRO (M3/S)		Nº	AÑO	ESTACIÓN DE AFORO CONDORCERRO (M3/S)		Nº	AÑO	ESTACIÓN DE AFORO CONDORCERRO (M3/S)	
		Mes	Q _{max.diarío}			Mes	Q _{max.diarío}			Mes	Q _{max.diarío}
1	1978	Febrero	337.29	19	1996	Febrero	730.22	37	2014	Febrero	723.30
2	1979	Marzo	931.10	20	1997	Diciembre	450.00	38	2015	Marzo	798.40
3	1980	Diciembre	369.84	21	1998	Marzo	935.00	39	2016	Marzo	451.53
4	1981	Marzo	780.82	22	1999	Febrero	1032.00	40	2017	Marzo	649.50
5	1982	Febrero	718.08	23	2000	Febrero	637.00				
6	1983	Marzo	796.08	24	2001	Enero	764.80				
7	1984	Febrero	1225.05	25	2002	Marzo	507.50				
8	1985	Abril	396.00	26	2003	Marzo	470.06				
9	1986	Febrero	463.32	27	2004	Diciembre	295.18				
10	1987	Enero	505.15	28	2005	Marzo	384.66				
11	1988	Febrero	485.34	29	2006	Abril	826.67				
12	1989	Marzo	592.62	30	2007	Abril	602.88				
13	1990	Noviembre	228.93	31	2008	Febrero	433.30				
14	1991	Marzo	840.42	32	2009	Marzo	734.40				
15	1992	Marzo	204.63	33	2010	Febrero	599.05				
16	1993	Marzo	1250.00	34	2011	Abril	536.63				
17	1994	Marzo	684.00	35	2012	Febrero	604.45				
18	1995	Abril	366.40	36	2013	Marzo	671.11				

Figura 48

Ubicación de las estaciones hidrométricas

ESTACIÓN	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	ALTITUD (MSNM)	UBICACIÓN POLÍTICA			ENTIDAD	PERÍODO REGISTRO
				Dpto.	Prov.	Dist.		
Condorcerro	8°39'30"	78°15'43"	450	La Libertad	Viru	Chao	CHAVIMOCHIC	1978-2017
Tablachaca	8°38'51"	78°13'55"	532	La Libertad	Santiago de Chuco	Santiago de Chuco	ANA	1953-1958 1966-1969 1972-1974
							CHAVIMOCHIC	2013-2016

Figura 49

Ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas



2.5.2.3 Información Cartográfica

Esta información se obtiene de las cartas nacionales, lo provee el Instituto Geográfico Nacional, para el presente estudio se solicitaron tres cartas a la escala 1:100000, donde se traza la ruta SANTA – HUALLANCA indicando en ellas los cursos

de agua principales que involucran a la carretera; las cartas también servirán para delimitar las sub cuencas hidrográficas correspondiente a las quebradas o ríos, que determinarán los parámetros físicos propios del terreno, como área, longitud de curso, pendiente, cobertura vegetal, etc.

Figura 50

Cartas nacionales usadas para delimitar las sub cuencas hidrográficas

Cartografía		
Carta	Hoja	Escala
Santa	18 F	1:100000
Santa Rosa	18 G	1:100000
Corongo	18 H	1:100000

2.5.3 Esquema General del Estudio

Esta carretera inicia su recorrido en la carretera Panamericana, cuyo punto 0+000 empieza en la denominada “Variante Sur”, ubicada en la localidad de SANTA, esta variante continua en dirección Nor Este a lo largo de 5.0 km, empalmando con la carretera pavimentada a la altura del km 3.5 de esta, de ese punto continua en dirección Este pasando por diversos poblados; el trazo actual es ligeramente sinuoso, con sectores rectos y desarrollos en algunos lugares, ello es natural pues se avanza desde los 11 msnm que tiene Santa a casi 3000 que tiene Yuracmarca.

En el recorrido se observó que en los poblados, la actividad principal es la agricultura, debido a la presencia del río Santa, río que además provee de agua a los grandes proyectos Chavimochic y Chincas, también esos poblados aprovechan la existencia de algunos manantes o puquiales, cuyos acuíferos retienen el agua en la época de lluvias, soltándolas en el estiaje, por ello la vía presenta algunas tajeas para el pase de agua de la parte alta a la baja, pues los desagües de aquella la utilizan en esta última,

también se aprecia en esos lugares que las pocas cunetas existentes son usadas como canales de riego y también pequeñas zanjas, que transportan agua para riego, las tajeas son tubos HDPE o PVC de 8, 10 y 12 pulgadas de diámetro, también hay tajeas rústicas de piedra picada, cuyas dimensiones varían, así hay de 0.2 x 0.2, de 0.3 x 0.20, de 0.4 x 0.3, etc. también se han hallado TMC de 36 y 48 pulgadas de diámetro, casi todas en buen estado, pero están faltos de limpieza.

Esta vía cruza climas diferentes definidos por las características de altitud, que varía entre 11 a 3000 msnm, el clima predominante es templado en el día y frío a muy frío en las noches con temperaturas que varían entre 5 y 20 grados centígrados; en la carretera la presencia de agua, propicia la irrigación mediante canales y tajeas.

Toda la vía se ubica Geomorfológicamente en las estribaciones de la Cordillera Occidental, formando parte de la cuenca del Pacífico, aportando los caudales de las quebradas y ríos existentes al río Santa que es tributario de la hoya del Pacífico.

2.5.4 *Objetivos*

El estudio tiene como objetivos esenciales para el mejoramiento, lo siguiente:

- Revisar, analizar y evaluar la operatividad del sistema de drenaje existente, desde su construcción a la actualidad, identificando los posibles orígenes de las fallas que se observen, proponiendo las mejoras u obras complementarias que se requieran para su buen funcionamiento.
- Ubicar e identificar los lugares de la carretera que tienen obras mayores, como puentes, analizando lo que requieren para la operación segura y eficiente de la vía, asegurando las condiciones futuras del tránsito en el área del proyecto.

- Analizar y cuantificar los fenómenos concurrentes, que afecten las obras de drenaje, para que se consideren en los diseño de las nuevas obras del sistema de drenaje a implementarse, incluyendo las obras de protección que fueran necesarias para el adecuado funcionamiento de la vía.

2.5.5 Información Estudiada

Aparte de la revisión a los estudios antecedentes de la carretera Santa – Huallanca, se ha recurrido a las informaciones meteorológicas y cartográficas, proporcionadas por las instituciones encargadas.

2.5.5.1 Información Meteorológica e hidrométrica

En el área del proyecto existen dos estaciones de aforo, que de alguna manera está relacionada a los caudales del río Santa y por ende a los puentes sobre este río, Condorcerro y Tablachaca; además de ellos se recurrió a datos de lluvias registradas en las estaciones climatológicas, con la finalidad de obtener caudales donde no influyen las estaciones de aforos.

Las estaciones consideradas, por la influencia que ejercen sobre la carretera, como se indicó, son Chimbote y Corongo; el análisis de frecuencia determinará la consistencia de ellas para utilizarla en los cálculos precipitación - escorrentía.

El período de registro de las lluvias y caudales máximos de las estaciones, se muestran en el cuadro No 1, donde se aprecia la información más alta registradas.

2.5.5.2 Información Cartográfica

Esta información, como se mencionó se obtiene de las cartas nacionales, para el presente estudio se requirió tres cartas a escala 1:100000 donde se trazó la vía, ubicando

en ella las fuentes de agua y cursos principales que cruzan la carretera, delimitando por ello las sub cuencas hidrográficas correspondiente a cada curso de agua, ellas determinarán los parámetros físicos propios del terreno, como área, longitud de curso, pendiente, cobertura vegetal, etc.

2.5.6 Análisis de la Información Meteorológica e Hidrométrica

La precipitación y los caudales, son elementos cuyo análisis se apoya en la estadística y las probabilidades, entendiéndose que los valores calculados pueden ser una posible ocurrencia, por ello es importante el análisis cuidadoso de la información proporcionada por las entidades oficiales, que a veces son inconsistentes.

Los cálculos hidrológicos para obtener los caudales, a partir de las lluvias, que definirán las medidas de las estructuras, utilizan los datos de las estaciones Chimbote y Corongo. Los caudales que fijaran las descargas de los puentes, provienen de las Hidrométricas Condorcerro y Tablachaca, luego los datos de lluvias y aforos, de acuerdo al análisis de frecuencia indicarán la idoneidad de estos registros.

El tipo de lluvia elegida para los cálculos definitivos, son las precipitaciones máximas en 24 horas, igualmente los caudales son los máximos diarios, sin embargo, estos datos se ajustarán con distribuciones teóricas y mediante un Software se obtendrá la proyección de las precipitaciones y caudales máximos calculados a determinados períodos de retorno. El software Smada calculó las precipitaciones máximas proyectadas a diversos tiempos de retorno, estas serán utilizadas en el proceso precipitación – escorrentía, que determinarán los caudales de diseño para las obras del sistema de drenaje, de la carretera Santa – Huallanca.

2.5.6.1 Precipitación máxima en 24 horas y caudales máximos diarios

Evaluando los datos de lluvias registradas en las dos estaciones, se deduce que la estación Chimbote recibe la influencia climática del Océano Pacífico, ésta forma las masas de vapor de agua que se trasladan a las altas montañas, donde condensan al chocar con ellas, precipitando con diversas intensidades en determinados lugares, así como también sobre la carretera que se estudia, alcanzando picos de 25.0 mm que ocurrió en Abril de 1983.

La estación Corongo, tiene 9 años de registros, porque ha sido desactivada, pero es la única que tiene información entre los sectores Chuquicara y Huallanca, pues no hay ninguna otra estación, Corongo recibe la influencia de las lagunas que la rodean formando lluvias orográficas, por ello los picos son un poco mayores que las de Chimbote.

La estación Chimbote debe registrar las lluvias que origina el Fenómeno del Niño, por pertenecer a la vertiente del Pacífico y ello se aprecia en la información, pues el año 1983 registró el valor más alto dentro de su información.

De acuerdo a este análisis, se opta por utilizar las dos estaciones como las adecuadas a la Hidrología de la carretera, sin embargo, la información es escasa y prácticamente desde el Niño del año 1983 fueron abandonadas, no solo estas dos estaciones sino todas las demás existentes y no han sido reactivadas.

En referencia a las estaciones de aforo, están activas porque las controla el Proyecto Especial Chavimochic, estos caudales servirán para determinar la capacidad de descarga de los puentes ubicados sobre el río Santa, porque la estación Condorcerro se ubica aguas abajo de la confluencia del río Tablachaca con el río Santa y la estación Tablachaca se ubica 8 km aguas arriba de la confluencia en el río Tablachaca.

2.5.6.2 Análisis de frecuencia

Con la finalidad de ajustar la precipitación y descargas máximas, a una serie anual de distribución teórica, la información de las estaciones debe ser sometida a pruebas de ajuste, empleando para ello las siguientes distribuciones de probabilidad:

Normal

Log Normal 2 parámetros

Log Pearson tipo III

Gumbel

Para trabajar estas distribuciones teóricas se recurre al método Kolmogorov Smirnov, que determina el mejor ajuste de la información en base a la comparación de los deltas teóricos y los tabulares cogiendo los menores valores y luego con el software Smada proyectar las lluvias y caudales máximos a determinados períodos de retorno, con la distribución de mejor ajuste obtenido por Kolmogorov Smirnov.

Ajuste de precipitaciones

Los resultados de este análisis, con referencia a la información registrada en las estaciones, concluyen en lo siguiente:

La información de lluvias de las estaciones Chimbote y Corongo se ajustan mejor a la distribución Gumbel, de acuerdo con Kolmogorov Smirnov.

De acuerdo a los resultados obtenidos por estas distribuciones, Kolmogorov Smirnov muestra que el mejor ajuste para las dos estaciones es la distribución Gumbel

El software Smada calculó las precipitaciones máximas proyectadas a diversos tiempos de retorno, estas serán utilizadas en el proceso precipitación – escorrentía, que

determinarán los caudales de diseño para las obras del sistema de drenaje, de la carretera Santa – Huallanca.

Figura 51

Precipitaciones máximas proyectada a diversos tiempos de retorno

Estación	Tiempo de retorno						Distribución teórica
	500	140	71	50	30	25	
Chimbote	54+52	44.08	38.39	35.61	31.37	29.85	Gumbel
Corongo	68.12	57.53	51.74	48.92	44.62	43.08	Gumbel

Las obras de drenaje serán dimensionadas tomando como referencia el “Manual de Hidrología y Drenaje del MTC aprobado por RD N° 20 – 2011 – MTC/14, setiembre del 2011, que especifica los valores admisibles de riesgo de falla para tiempos de retorno de determinadas estructuras:

Figura 52

Tiempo de retorno para estructuras según el Manual de Hidrología y Drenaje del MTC 2011

Estructuras	Riesgo	Vida útil (años)	T de retorno (años)
Puentes y defensas ribereñas	0.25	40	140
Alcantarilla de paso y badén	0.30	25	71
Alcantarilla de alivio	0.35	15	35
Cuneta y sub dren	0.40	15	30

Nota: Manual de Hidrología y Drenaje del MTC 2011

Asimismo, para cálculos de socavación, el MTC recomienda 500 años de tiempo de retorno.

Ajuste de caudales

Los resultados de este análisis, con referencia a la información registrada en las estaciones, concluyen en lo siguiente:

La información de lluvias de las estaciones CONDORCERRO y Tablachaca se ajustan mejor a la distribución Gumbel, de acuerdo con Kolmogorov Smirnov.

Los resultados se observan en los cuadros correspondientes, ellos muestran los cálculos de las distribuciones de ajuste ejecutadas mediante Kolmogorov Smirnov y también los resultados del método SMADA, que generan las proyecciones de las descargas de diseño. Las pruebas de ajuste y las respectivas proyecciones se muestran en el anexo 01

De acuerdo a los resultados obtenidos por estas distribuciones, Kolmogorov Smirnov muestra que el mejor ajuste para las dos estaciones es la distribución Gumbel

El software Smada calculó las descargas máximas proyectadas a diversos tiempos de retorno, ellas servirán para determinar la suficiencia hidráulica de los puentes sobre el río Santa.

Los resultados de la evaluación de los caudales, son los siguientes:

Figura 53

Caudales máximas proyectada a diversos tiempos de retorno

Cuadro n° 14 – m3/s							
Estación	Tiempo de retorno						Distribución teórica
	500	140	70	50	30	25	
Condorcero	1686.34	1447.65	1317.26	1253.76	1156.89	1122.13	Gumbel
Tablachaca	718.18	598.12	532.54	500.59	451.87	434.39	Gumbel

2.5.7 Hidrografía

La carretera Santa – Huallanca, es cruzada en su recorrido por varias quebradas, grandes, medianas y pequeñas, las primeras tienen como estructuras puentes de variadas luces, las medianas tienen alcantarillas TMC y marcos que cruzan la plataforma y las pequeñas cruzan mediante tajeas de tubos y pequeños marcos de piedra; estas mayormente son usadas como pase de agua para riego, los tubos de las tajeas son HDPE o de PVC de variadas dimensiones.

El río Santa tiene agua todo el año, debido a la presencia de acuíferos confinados, lagunas y algunas represas construidas por la CCHH Cañón del Pato, ubicados en la parte alta del río Santa que alimentan el escurrimiento del río. Además, los suelos por su naturaleza retienen el flujo de la época de lluvias, luego esa agua es soltada a través de manantes, estos pequeños caudales aumentan como es natural en la época de lluvias.

En algunas quebradas medianas, la presencia de lluvias hace que las descargas arrastren material suelto de las partes altas, que se deposita en la plataforma de la vía.

A lo largo de la carretera, algunos poblados están dedicados totalmente a la actividad agrícola, incluyendo el poblado del Santa, promovido por la presencia de agua en el río Santa, captando de este mediante canales para riego por gravedad hacia las parcelas agrícolas, los otros poblados que se ubican en la parte alta de la cuenca, practican el riego por secano.

Estas áreas agrícolas de cierta manera afectan la vía en algunos sectores, porque las áreas agrícolas ubicadas aguas arriba o adyacentes a la vía, requieren eliminar el agua excedente, estas a veces son arrojadas directamente a la carretera escurriendo por la superficie, ese flujo que debe ser captado por cunetas, genera empozamientos y tajos en

la calzada porque no hay cunetas suficientes, pues existen cunetas de concreto triangulares en algunos sectores, además hay zanjas de drenaje a tajo abierto usados como drenes de desagüe de riego, pero de variadas dimensiones, siendo las tajeas – alcantarillas, las encargadas de trasvasar el agua, estas acciones ocurren en áreas agrícolas del valle que forman parte de la irrigación Chavimochic, esos desbordes de agua hacia la carretera se deben evitar completando las cunetas que faltan a lo largo de la vía.

Tanto el río Santa como algunas quebradas afluentes, presentan en sus márgenes y cauces vegetación arbustiva y arbórea, que en cierta manera ayuda a encauzar el flujo de agua, mitigando los desbordes ayudando a contener los procesos de socavación en el talud que sostiene la carretera, pero hay tramos que carecen totalmente de vegetación, estas presentan en época de lluvias, continuas erosiones y socavaciones del talud de soporte.

En el caso de los puentes que están sobre el río Santa, para evitar que el material arrastrado por los flujos reduzca la capacidad de descarga, es obligatoria la limpieza y encauzamiento procediendo a eliminar los materiales de arrastre acumulados, por lo menos en una longitud de 150 m aguas arriba y 100 m aguas abajo.

Todas las quebradas que cruzan la vía en estudio, luego de evaluados serán inventariados y de acuerdo a los caudales se diseñarán las obras de arte que necesiten, evacuando las aguas que afecten a la carretera.

De la misma manera, aquellos cursos de agua que tienen alguna estructura de drenaje implementada, pero que su funcionamiento sea deficiente por las dimensiones que tiene o por el tipo de estructura, esta deberá ser reemplazada por otra más eficiente.

Figura 54

Áreas agrícolas ubicadas adyacente a la carretera, utilizan riego por gravedad



A lo largo de la carretera, se han identificado 28 quebradas, de las cuales cuatro son grandes y corresponden: a puentes. Las 28 sub cuencas colectoras de alimentación hídrica se han delimitado, presentan distintas áreas, luego los caudales generados también serán diferentes, determinando que las estructuras a diseñarse para el sistema de drenaje sean de diversos tipos y dimensiones, incluyendo las obras de protección.

Las sub cuencas identificadas presentan un relieve topográfico accidentado; la cobertura vegetal es escasa por la falta de lluvias, pues las precipitaciones en la zona son escasas, solo en las márgenes de los ríos se puede apreciar vegetación y conforme se avanza en la vía decrece la cobertura vegetal.

Figura 55

Canal Chinecas y accidentados taludes faltos de vegetación



La fisiografía de las sub cuencas, presentan pendientes fuertes, tanto de las laderas que vierten a las quebradas, como del propio cauce de estas, variando de 5% a 78%, pero el cauce del río Santa tiene en promedio 4%.

El comportamiento geodinámico, en la época de lluvias, se manifiesta con el arrastre de materiales como lodos y piedras, que provienen de suelos sueltos y de la erosión de las áreas agrícolas, además cabe señalar que el río Santa arrastra material de variado tamaño, que se depositan a lo largo del cauce, pero debido a la velocidad de las descargas son arrastradas, quedando las más grandes, estos aspectos son determinantes en el diseño del tipo de estructura a considerarse.

2.5.8 *Estudio de Campo*

Con la finalidad de evaluar el sistema de drenaje de la carretera, se realizó el estudio de campo en toda el área circundante a la vía, este consistió en conocer las características fisiográficas de la vía y los lugares donde existen cursos de agua que la cruzan, asimismo, las condiciones en que se encuentran las diversas estructuras existentes, también se evaluó el entorno que rodea a las quebradas y la vía, así como el comportamiento hidráulico de estas y otros pases de agua; también la necesidad de implementar nuevas obras de drenaje o el cambio de algunas existentes por deficiente operación, porque se debe considerar la duración en el tiempo de las obra de drenaje, por las siguientes razones:

- Deterioro por uso normal
- Deterioro por capacidad insuficiente o carencia de obras de protección, como en alcantarillas, badenes etc.
- Selección inadecuada del tipo de estructuras, como colocar alcantarillas en quebradas que tienen significativo arrastre de sólidos.
- Probables cambios en el entorno de las cuencas alimentadoras, a consecuencia de los fenómenos naturales ocurridos, así como probables procesos de socavación en los taludes de apoyo de la carretera adyacentes al río Santa.
- Falta de mantenimiento u operaciones inadecuadas de disposición de materiales de derrumbes que se encuentran en la estructura o cercana a ella

El desarrollo de la carretera se realiza a media ladera en terreno ondulado a accidentado, cruza sectores donde la actividad agrícola es primordial, tanto por el proyecto Chavimochic como por pequeñas áreas agrícolas, generalmente cerca a los

poblados donde hay agua, pues el río Santa tiene agua permanente, aunque algunas quebradas afluentes tienden a secarse.

Figura 56

Áreas agrícolas cercano a un poblado, el agua de desagüe invade la carretera



El estado de conservación de la carretera es aceptable, está a cargo del MTC que hace mantenimiento periódico, debido a ello la vía no ofrece problemas de tránsito, contribuyendo a ello la escasez de lluvias durante el año; al parecer los problemas de drenaje son escasos, solo invasiones de agua muy puntuales causado por desagües no controlados.

El sistema de drenaje existente es insuficiente, pues hay una densidad de 2.15 drenes por km, cuando lo normal en este tipo de carretera es de 3.0 drenes por km, considerando además que existen alcantarillas tipo tajeas y rústicas de piedra en los poblados, que tienen áreas agrícolas, varias de las cuales deben ser reemplazadas.

En general en la vía hay alcantarillas TMC y marcos; las tajeas son tubulares, de 6, 8 y 12 pulgadas; muchas de estas estructuras a lo largo de la vía están colmatadas y tapadas, las del tipo marco son de 1.0 x 1.0 m, 0.20 x 0.20, de 0.30 x 0.4 etc., las TMC halladas son de 24” 36” y de 48”.

El flujo de algunas quebradas sobrepasa la obra existente, escurriendo por la plataforma y erosionando el relleno del talud inferior. En cuanto a cunetas, se han hallado estructuras de concreto de sección triangular, cuya medida uniforme es 0.70 x 0.30 en ciertos sectores, también hay zanjas a tajo abierto en los tramos donde hay áreas de cultivo, en el resto de la carretera no hay nada; estas zanjas sirven para trasladar el agua del talud superior al inferior, pero son pequeñas y a veces se desbordan, los agricultores usan las cunetas y zanjas como canales para riego, pero las zanjas se encuentran con material de arrastre depositado en el cauce por falta de mantenimiento y limpieza.

Figura 57

Cuneta triangular de concreto utilizada como canal de riego



La mayoría de las estructuras halladas, son de TMC y marcos de concreto, también rústicas como marcos de mampostería de piedra y tubos PVC de variado diámetro, estas últimas, las tajeas, han sido colocadas, varias de ellas, en forma no adecuada, pues la capacidad de evacuación es insuficiente y en otros casos son tan pequeños que funcionan deficientemente, las tajeas insuficientes deben ser reemplazadas en el mismo lugar, porque estas alcantarillas rústicas alivian la única actividad agrícola de los pobladores.

Este tramo tiene diez (11) puentes, la mayoría sobre el río Santa, ellos tienen diversas dimensiones, aparentemente están en buen estado de conservación y operativos, pero todos son de una sola vía, pero lo que requieren algunas es la limpieza de los cauces que se encuentran con material de arrastre y bolonerías depositadas bajo el puente, eso está reduciendo la sección libre de las mismas, la limpieza debe ser por lo menos en 150 mt aguas arriba y 100 mt aguas abajo.

Figura 58

Restos de estructuras antiguas y bolonerías depositadas bajo el puente de un afluente del río Santa



Las obras de arte halladas en la carretera, la mayoría está en buen estado pero hay otras que carecen de obras de protección y algunas tienen las protecciones, como cabezales y aleros rajados y roturas de la estructura, asimismo se debe indicar que gran parte de las tajeas existentes, carecen de obras de protección tanto a la entrada como a la salida, lo cual genera en la salida problemas de socavación regresiva, ello deberá ser corregido con la instalación de obras de drenaje complementarias como cajatomas, alerones, cabezales, solados, etc. .

El actual sistema de drenaje en la carretera, fue construido dentro de las exigencias normales para ese momento y de acuerdo a las necesidades agrícolas de los usuarios, conforme se desprende de la evaluación realizada, dentro de los cuales se pueden considerar, registros históricos ignorados, diferentes solicitudes a las actuales debido a las diferentes taras vehiculares, propiciando que el drenaje existente sea el que es actualmente, lo que demuestra la variabilidad y temporalidad de las obras de drenaje, que deben ser adecuados a un proceso constante de mejoramiento, más aun conociendo las probables causas del deterioro de estas estructuras.

2.5.9 Evaluación e Inventario del Sistema de Drenaje Existente

El sistema de drenaje existente en la carretera presenta diversas estructuras. Entre las obras halladas hay, tajeas tubulares y rústicas, alcantarillas TMC y marcos, además puentes y cunetas.

El sistema de drenaje existente, como se describió en la etapa de campo, es deficitario en general, así como su mantenimiento, que en la práctica no lo hacen; parte de estas obras se utilizan en la agricultura y aun así no las preservan; muchas obras se encuentran obstruidas, colmatadas o tapadas, pero, de alguna manera se mantiene la calzada, el problema es que no mantienen los drenes como debe ser, sin embargo a pesar

de eso la carretera es transitable, pero la densidad de drenes por Km. es baja y faltan alcantarillas.

2.5.9.1 Puentes

Los puentes hallados de acuerdo a sus características y estado se han evaluado, la descripción de los puentes existentes ubicados en la carretera, son las siguientes:

Figura 59

Relación de puentes existentes

No	Ubicación Km	Puente	Tipo estructura	Luz m	altura m	Observaciones
1	76+309.00	Río Santa	Bailey	26.50	15.00	una vía operativo
2	79+965.00	Río Santa	Metálico	56.00	10.00	una vía operativo
3	81+566.50	Quebrada	Bailey	17.50	6.00	una vía operativo
4	83+831.50	Quebrada	Metálico	30.00	9.00	una vía operativo
5	97+523.50	Río Santa	Metálico	40.00	14.00	una vía operativo
6	101+384.75	Río Santa	Concreto	29.00	14.50	una vía operativo
7	115+458.25	Quebrada	Concreto	9.00	9.00	una vía operativo
8	116+944.00	Río Santa	Metálico	32.00	17.00	una vía operativo
9	118+461.50	Quebrada	Metálico	32.00	15.00	una vía operativo
10	126+340.00	Quebrada	Bailey	11.00	7.00	una vía operativo
11	132+191.00	Río Santa	Nuevo	70.00	30.00	Nuevo puente

Todos los puentes están en buen estado, son suficientes hidráulicamente, solo el puente del km 132+280.00, será reubicado por uno nuevo en el km 132+191.00, por cambio de diseño de trazo geométrico.

Figura 60

Puente Bailey del km 76+309.00 sobre el río Santa, está en buen estado, es de una sola vía y tiene suficiente capacidad hidráulica para el pase de caudales, incluso en las grandes avenidas

**Figura 61**

Puente Bailey del km 76+309.00 sobre el río Santa, está en buen estado, tiene suficiente capacidad hidráulica para el pase de caudales y la cimentación en roca impide cualquier proceso de socavación



Puente sobre el río Santa, km 132+191.00

Este es un puente Bailey que se ubica a la salida de la localidad de Huallanca, permite el pase sobre el río Santa, es de una sola vía, se encuentra conservado porque lo mantiene personal de la CC HH Cañón del Pato.

La luz del puente es 18 m, la altura total 9 m, el galibo es de 8 m, bastante alto para el caudal que conduce el río, este tiene fuerte pendiente y por lo tanto gran velocidad, ello se aprecia por la cantidad de material grueso depositado en el cauce, incluso bolonerías.

Figura 62

Puente Bailey sobre el río Santa, es de una sola vía y está en buen estado de conservación, requiere pintarse para protegerlo de la oxidación, el piso del puente son planchas metálicas de acero.



El puente se apoya en muros de concreto asentados en material rocoso en ambos lados, ello indica que casi no es posible algún proceso de socavación, a pesar de la velocidad del flujo, pero los materiales depositados en el cauce deben ser limpiados

porque su acumulación puede reducir al área hidráulica de la sección, por ello debe limpiarse el material depositado por cada avenida del río; el cauce del río en este sector es ligeramente sinuoso, carece de vegetación y el encauzamiento se basa en los taludes rocosos que la protegen de procesos de socavación. Aparte de la limpieza del cauce, que debe hacerse, el puente se encuentra en buenas condiciones. La plataforma del puente por la que transitan los vehículos, lo conforman planchas de acero remachadas. Este puente, debido al nuevo diseño geométrico de la carretera, será reubicado en el km 132+191.00, lugar donde alguna vez existió un puente para el pase del tren, pero que fue desarmado posteriormente, quedando solamente los estribos, siendo el más notorio el estribo ubicado en la margen derecha del río. Este nuevo puente debe tener aproximadamente 70.0 m de luz y 30.0 m de altura total, eso será confirmado cuando se determine el emplazamiento final.

Figura 63

Probable emplazamiento del nuevo puente, km 132+191.00, donde será reubicado el

puente existente del km 132+280.00, se puede observar el estribo de la antigua vía del tren sobre la margen derecha del río Santa.



2.5.9.2 Alcantarillas

Estas estructuras, tanto las tajeas, las de alivio y las de descarga directa, tienen la principal función en todo el sistema de drenaje, pues se encargan de evacuar toda el agua de lluvia proveniente de los taludes, convertida a escorrentía superficial a lo largo de la carretera, por lo tanto la sección hidráulica tiene directa relación con el agua colectada a través de las cunetas o zanjas de drenaje y también con el material de arrastre grueso y fino proveniente de su propio cauce, esos factores definen las dimensiones de esta estructura.

Las alcantarillas existentes; TMC de variados diámetros, las estructuras marco y las tajeas; se encuentran con mantenimiento precario, generalmente sirven a las necesidades del agricultor, porque se ubican en la mayoría en sectores agrícolas de la irrigación Chavimochic. Esa es la razón de que las alcantarillas en general se encuentren colmatadas o con materiales depositados en su interior, varias están enterradas, las tajeas de riego son de variadas dimensiones, pues la componen tubos HDPE y PVC, cuyas

dimensiones varían entre 4 y 12 pulgadas, también marcos de mampostería de piedras cuyas medidas oscilan entre 0.20 x0.20 a 0.50 x 0.50 como las más comunes.

Figura 64

Tubo HDPE de 12" utilizado como tajea de riego por los agricultores



El espaciamiento de las alcantarillas está determinado por la necesidad de agua de las áreas agrícolas de los usuarios, en los sectores agrícolas, pero aguas arriba del valle agrícola, la ubicación la determinan las cárcavas, quebradas y ríos, cuyos flujos deben ser evacuados; los lugares donde la carretera requiera proyectarse se colocarán alcantarillas, cuyo distanciamiento no excederá de 250 metros. Las dimensiones de la sección hidráulica de las alcantarillas, están determinadas principalmente por la descarga que aporta la cuneta, además de otros factores como arrastre de sólidos, para ello la entrada y salida deben tener cajatomas, alerones, encauces y otras estructuras complementarias.

El problema principal que presentan las tajeas – alcantarillas, es la falta de mantenimiento, ello causa la obstrucción de las entradas y salidas por la vegetación o por la acumulación de material de arrastre.

Figura 65

Alcantarilla marco de concreto, totalmente obstruida por la vegetación y material arrastrado, se ubica en sector agrícola dela irrigación Chavimochic

**Figura 66**

Cabzal de entrada de una alcantarilla marco destruida, mostrando sección completamente colapsada, los muros y aleros han desaparecido



Las alcantarillas TMC existentes son de variado diámetro, en el sector agrícola también se encuentran sin mantenimiento periódico menos rutinario, por eso tienen problemas a la salida y entrada de los ductos, pues estos se ven colmatados y a veces tapados.

Figura 67

Alcantarilla TMC de 36" totalmente colmatada por falta de limpieza y el cabezal de entrada está perdiendo el concreto de revestimiento

**2.5.9.3 Cunetas**

Como estructura típica se han hallado cunetas de concreto con sección triangular en buen estado, pero en forma espaciada a lo largo de la carretera, las ubicadas en el sector agrícola recogen los desagües de las áreas agrícola adyacentes a la vía y también sirven como canales de riego conduciendo agua de un lado a otro de la vía, siempre a las parcelas de riego, las medidas de estas obras, en general, es de 0.70 m de luz por 0.30 m de altura

En algunos sectores donde existe actividad agrícola, pero no hay cunetas, estas son suplidas por zanjas a tajo abierto, las cuales normalmente funcionan como canales para riego, pero en el caso presente ayudan como colectoras del agua escurrida por los taludes, sin embargo, como no tienen una sección hidráulica definida en algunos sectores puntuales el agua se desborda, pero de todos modos esas zanjas ayudan a evitar un mayor deterioro de la vía, permitiendo un mejor desplazamiento de los vehículos.

Las cunetas, junto a las alcantarillas son las estructuras básicas en toda vía, aunque estas sean rústicas igualmente sirven, por ello en la carretera Santa - Huallanca se implementarán las cunetas necesarias, cuya sección hidráulica será la misma que la existente que conduce el flujo adecuadamente.

Figura 68

Cuneta triangular de concreto existente, utilizada como canal de riego



Figura 69

Parte de una zanja de riego entregando agua a una alcantarilla marco con fines de riego hacia áreas agrícolas, en época de lluvias hace de cuneta



Se debe mencionar que en la carretera se han hallado estructuras especiales de riego, como los sifones invertidos, utilizado ellos porque los terrenos de cultivo, en

algunos lugares son muy planos y no hay gradiente o es tan baja que el agua no discurre, recurriendo por ello a estas obras para lograr diferencia de niveles y así conducir el agua a las áreas agrícolas.

Figura 70

Cajas de concreto para el tránsito del flujo mediante un sifón invertido, generando diferentes niveles.



Sub drenaje

A lo largo de la carretera no se han observado problemas de drenaje subterráneo, porque las características de suelo conglomerado de naturaleza granular permite tener una buena permeabilidad y la fuerte gradiente de los taludes hace muy difícil la formación de vegetación natural, lo cual no propicia algún tipo de infiltración en el sub suelo.

Se debe hacer notar que las áreas agrícolas son irrigadas por las aguas del río Santa, mediante dos irrigaciones, la de Chavimochic y la del Chinecas, ambas tienen sendos canales y drenajes tubulares que conducen el agua hacia esas irrigaciones.

Sectores críticos

A lo largo de la vía tampoco se han hallado sectores críticos, como procesos geodinámicos, porque la mayor parte de la carretera se ubica en sectores agrícolas del

proyecto Chavimochic y la otra parte se dividen entre los túneles y sectores cuyos taludes son material con base rocosa, además en toda la ruta las lluvias son escasas.

2.5.9.4 Badenes

Este tipo de estructuras existen en la carretera, se han hallado obras de concreto, de mampostería de piedra o mixtas conformada por concreto y mampostería de piedra, la mayoría están en buen estado, pero hay una de concreto debe ser reemplazado por deterioros en su estructura, en el inventario de badenes está indicado. Los badenes se ubican en quebradas con arrastre de sedimentos y material grueso, las dimensiones son variadas, estas dependen del ancho del cauce de salida de la quebrada donde se ubica.

Figura 71

Badén de mampostería de piedras, se encuentra en buen estado, pero por el excesivo tránsito la superficie está desgastada, debe ser cubierta con asfalto.

**Figura 72**

Badén de concreto, está en buen estado, tiene agua empozada



Figura 73

Badén de concreto colapsado, es el único badén de todos los que existen, que debe ser reemplazado.

**2.5.9.5 Erosión de cursos fluviales**

A lo largo de la carretera se han apreciado varios sectores que presentan problemas de erosión y socavación del talud inferior de la carretera, que están en contacto con el río Santa, estas acciones pueden afectar la estabilidad de la plataforma de la vía y obstruir el tránsito normal. En las siguientes vistas se puede apreciar las características de los sectores que presentan problemas de erosiones del talud inferior de la carretera, con el trazo definitivo se precisaran las dimensiones. Estos sectores se presentan en el río Santa, ellos son:

- Erosión del río Santa en el Km 31+250
- Erosión del río Santa en el km 34+500
- Erosión del río Santa en el km 35+200
- Erosión del río Santa en el km 50+900
- Erosión del río Santa en el km 61+380

- Erosión del río Santa en el km 68+100

En este sector de la carretera el flujo del río Santa impacta directamente sobre el talud inferior izquierdo que sostiene la vía, avanzando la erosión aguas abajo en una longitud aproximada de 350 m hasta llegar a un tramo recto del río Santa, este lugar es una curva pronunciada que en época de avenidas el flujo erosiona el talud como se observa en la vista, proceso que se ve avanza lentamente

En este sector el río Santa tiene considerable pendiente, alcanza altas velocidades, generando régimen supercrítico, ello se nota porque en el cauce el material depositado lo conforman gravas pero también hay piedras grandes y algunas bolonerías, luego este sector necesita enrocados como obras de protección que complementen la escasa protección natural existente

En sectores cercanos a esta parte del río se puede hallar canteras con material suficiente para construir los enrocados, por ello se tendrán que ubicar canteras de rocas para cubrir los 350 m de longitud necesarios aproximadamente

Se debe señalar que aproximadamente 2.0 km aguas abajo se ubica la estación Hidrométrica Condorcerro, donde se consultó las alturas máximas que alcanza el río, manifestando que el nivel máximo en grandes avenidas es de 3.0 m, en una sección hidráulica de 35.0 m, para un promedio de 600.0 m³/s

Figura 74

El material colocado aguas arriba del puente son rocas al volteo, que por falta de mantenimiento se están deslizando al río km 68+100.

**2.5.9.6 Túneles**

La carretera Santa – Huallanca, en su recorrido cruza túneles de diversas longitudes, porque en esos sectores la fisiografía del terreno se encañona y la única manera de continuar la vía es mediante estas estructuras

Todos los túneles están contruidos en roca y solo uno está revestido, en general no presentan problemas de estabilidad, son lo suficiente amplios para el pase de un solo vehículo, que es la capacidad actual de tránsito.

El detalle de cada una de estas estructuras, según la progresiva que ocupan son los siguientes:

Túnel del km 74+540.00 a 74+918.00

Túnel del km 97+198.00 a 97+273.00

Túnel del km 101+417.00 a 101+511.00

Túnel del km 102+124.00 a 102+530.00 (Túnel 4)

Túnel del km 102+124.00 a 102+530.00 (Túnel 5)

Túnel del km 102+650.00 a 102+730.00

Túnel del km 103+000.00 a 103+145.00

Túnel del km 105+428.00 a 105+795.00

Túnel del km 105+428.00 a 105+795.00

Túnel del km 106+598.00 a 106+640.00

Túnel del km 108+805.00 a 108+897.00

Túnel del km 131+546.50 a 131+576.80

Túnel del km 131+546.50 a 131+576.80

Este túnel, al igual que los demás, también está construido en roca sana, e igual que las otras, también tiene sección abovedada (tipo herradura), pero cabe señalar que este es el único túnel que está revestido, tanto por fuera como interiormente, que es la forma como deben quedar finalmente los túneles; en la superficie interna del túnel no se observan grietas, rajaduras o fisuras, ello indica que el material rocoso donde se construyó es bueno, caso contrario cualquier defecto de la roca se reflejaría en el revestimiento.

Las medidas del túnel son suficientes para el pase de vehículos muy grandes usados en la minería e incluso para trailers, pero no para buses de dos pisos

Figura 75

Talud donde se construyó que el túnel, se observa el revestimiento externo e interno de la obra y también el talud rocoso que la alberga



La superficie interna revestida del túnel, no presenta fisuras, si lo hubiera sería el reflejo de la deficiencia de la roca donde se construyó el túnel, lo cual no ocurre, además ello impide que en época de lluvias, filtre la escorrentía formada causando problemas de inundación al piso de la cavidad, que es al mismo tiempo la calzada para los vehículos

Además evaluando la superficie externa del talud rocoso, donde se construyó el túnel, el material es roca totalmente sana, como lo confirman los estudios geológicos, observando además que la superficie del talud no presenta ningún tipo de fisuras superficial

En consecuencia, cualquier lluvia, de la intensidad que sea, no causará problemas de filtración de agua hacia la cavidad del túnel.

Lo que debe tenerse presente, en caso se necesite alguna obra de drenaje para el túnel, es el agua que escurre por los taludes superiores en época de lluvias, parte de ella descargará directamente al río Santa, adyacente a la vía; pero, el resto escurrirá por la

entrada y salida del túnel, para ello, se deben tomar las previsiones del caso y diseñar alguna estructura que impida el ingreso a la cavidad del túnel inundando la plataforma de rodadura, además evitar en lo posible diseñar alguna obra de drenaje al interior de la estructura.

Las dimensiones de este túnel son: 4.20 de ancho y 5.80 m de alto, suficientemente holgado para el pase de vehículos grandes de un solo piso.

Este túnel será eliminado por el mejoramiento de la vía, ya que no cumple con el galibo mínimo según el informe de la especialidad de Geología y Geotecnia.

Figura 76

Parte superior del talud donde se construyó el túnel, se observa que la roca no presenta grietas ni fisuras, es un material compacto.



2.5.10 Sub Cuencas Hidrográficas

Utilizando la cartografía del Instituto Geográfico Nacional mostrada en el cuadro No 2, se ubicaron mediante la delimitación de divisoria de aguas 28 sub cuencas hidrográficas relacionadas con la carretera cuyas quebradas inciden en la vía.

Se debe indicar que estas 28 sub cuencas, de alguna manera afectan la carretera, pues todas cruzan la vía mediante alguna estructura, teniendo en común que el río Santa es el receptor final de los caudales formados en esas sub cuencas, incrementando el caudal de dicho río, cabe recalcar que la carretera en estudio tiene 11 puentes, de los cuales 5 permiten el pase de la vía sobre ríos afluentes del río Sanate y el resto cruzan el propio río Santa. La vía tiene 131.358 km de longitud. En el cuadro No 16 se muestran las características fisiográficas de las 28 sub cuencas identificadas en la carretera Santa – Huallanca, sub cuencas que también se muestran en el plano correspondiente.

Las características de las sub cuencas obtenidas, se refieren al área, longitud de cauce principal, pendiente media del curso, tiempo de concentración y la correspondiente ubicación, estos parámetros servirán en los cálculos de caudales de diseño de acuerdo al método o métodos utilizados.

Estas sub cuencas tienen influencia directa sobre la carretera y los puentes colocados sobre el río Santa, porque el caudal generado en ellas contribuye a incrementar el flujo de este río que sí incide en los puentes que se muestran en el cuadro respectivo.

Las subcuencas que inciden en la carretera, son las siguientes:

Figura 77

Parámetros geomorfológicos de las sub cuencas Santa-Huallanca

N°	Sub Cuenca	Estructura	Progresiva (km)	Área (km ²)	Longitud (km)	S	Tc (h)
						m/m	
1	Q. Rinconada	Chinecas	25+000	15.54	7.227	0.048	2.40
2	Q. Vinzos	Alcantarilla	26+738	3.42	2.32	0.086	0.91
3	Q. Tanguche	Alcantarilla	29+994	11.47	5.06	0.108	0.80
4	Q. Casaquemada	Badén	37+050	18.58	7.75	0.077	2.31
5	Q La Huaca	Badén	40+360	63.56	10.596	0.052	3.16
6	Q Suchiman	Badén	43+905	7.35	3.154	0.126	1.06

7	Q Panteón	2 Badenes	44+960	43.04	14.19	0.704	2.41
8	Q Canhuamira	Badén	49+030	155.2 6	22.47	0.123	4.75
9	Q Condorcerro I	Badén	55+540	7.27	4.56	0.186	1.31
10	Q Condorcerro II	Badén	57+120	11.61	6.945	0.194	1.78
11	Q S/N	Alcantarilla	62+230	9.23	6.60	0.209	1.69
12	Q S/N	Alcantarilla	62+550	1.12	1.54	0.357	0.51
13	Q Taullis	Badén	64+339	27.63	6.68	0.202	1.72
14	Q Chuquicara	Alcantarilla	68+040	3.30	2.86	0.524	0.75
15	Q Lucma	Puente	81+550	28.83	6.99	0.193	1.79
16	Q El Yeso	Puente	83+780	232.5 4	24.912	0.156	4.92
17	Q Limeña	Alcantarilla	96+477	5.77	4.14	0.543	0.99
18	Q Chunquil	Badén	98+961	94.65	15.91 4	0.235	3.24
19	Q soledad	Alcantarilla	103+658	1.79	1.09	0.779	0.34
20	Q Cruz Punta	Alcantarilla	104+847	5.19	4.98	0.462	1.17
21	Q Rumi	Badén	108+646	14.02	6.18	0.388	1.43
22	Q Queracoto	Alcantarilla	112+990	6.05	3.27	0.413	0.87
23	Q Molinete	Puente	115+384	37.51	10.37	0.313	2.21
24	Q Coronguillo	Puente	118+400	73.63	21.31	0.152	4.38
25	Q Railia	Alcantarilla	123+625	11.84	4.02	0.336	1.06
26	Q Rihuay	Badén	124+502	6.69	4.40	0.237	0.80
27	Q Seca	Puente	126+250	5.87	2.53	0.235	0.23
28	Q Chaupaniño	Alcantarilla	129+520	5.73	2.34	0.488	1.06

Todas las sub cuencas tienen relieves similares y escasa vegetación natural, la vegetación que se aprecia a veces, está cerca a los centros poblados, son las áreas agrícolas utilizadas por los agricultores de cada localidad. Estas características definirán los parámetros para el cálculo del escurrimiento superficial.

Figura 78

Relieve mostrando los taludes del entorno de la vía totalmente escasos de vegetación natural, conforme se asciende hacia Huallanca es lo mismo.

**2.5.11 Caudales**

La estimación de caudales en los 28 cursos hídricos involucrados con la vía, permiten desarrollar los siguientes propósitos:

- La primera, que, mediante los caudales máximos calculados, se pueda comprobar la capacidad hidráulica de las estructuras y sistema existente, del mismo modo servirá para el diseño de nuevas estructuras de drenaje y defensa.
- La segunda, que según los caudales máximos calculados, se pueden estimar los niveles de erosión y socavación probables que puedan ocurrir en algunos sectores de la vía, por acción del agua en época de avenidas, además permitirá obtener los niveles máximos de agua.

2.5.11.1 Caudales máximos,

Para el cálculo de los caudales de diseño, existen varios métodos, tales como el de Mack Matt, Método Racional, Hidrograma Triangular, Hec Hms, etc. entre otros, cada uno de ellos tiene su particular procesamiento de datos.

Así el método del Hidrograma Triangular, cuando calcula la altura de lluvia, se apoya en Dick y Peshke, que requiere la precipitación máxima obtenida de un pluviómetro, que es el equipo controlado por SENAMHI, procesada a un período de retorno determinado, en consecuencia los cálculos para obtener los caudales máximos necesarios, en las 28 sub cuencas comprometidas con la carretera, se desarrollarán utilizando el método del Hidrograma Triangular, agregando que este método tiene como base fundamental los niveles de precipitación efectiva.

La precipitación efectiva, es la lluvia que escurre libre de procesos de infiltración, porque previamente el suelo ha sido saturado con las primeras lluvias que han creado la escorrentía base subterránea, por lo tanto esa precipitación efectiva es el escurrimiento superficial neto que forma el verdadero caudal máximo.

Además de las lluvias, otros parámetros comprendidos en el método, son: las áreas de las sub cuencas colectoras, el número de escurrimiento, pendiente media del cauce principal y tiempo de concentración.

El número de escurrimiento, se obtiene de acuerdo a la configuración topográfica, tipos de suelos, tipo de cobertura vegetal y el uso del suelo en la sub cuenca correspondiente.

Uno de los parámetros mencionado, necesario para el método del Hidrograma, es el del tiempo de concentración (T_c), el cual será calculado por el método del SCS (soil conservation service) y modificado por Témez, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce mayor en kilómetros

S = Pendiente media del cauce mayor en m/m

Por la ubicación que tiene cada sub cuenca y su respectiva morfología, los tiempos de concentración serán diferentes, los cuales según el modelo utilizado son horarios.

2.5.11.2 Cálculo del tiempo de concentración

Como se indicó, el método para calcular el tiempo de concentración es el del SCS y como ejemplo se procederá a ejecutar el cálculo de una sub cuenca:

Cálculo del tiempo de concentración para la sub cuenca, No 1 – Qda Rinconada

Datos:

$s = 0.048$ m/m

$L = 7.227$ Km.

Luego:

$$T_c = 0.3 \frac{7.227^{0.76}}{0.048^{0.19}} = 2.40 \text{ horas}$$

2.5.11.3 Cálculo de caudales máximos

El método a emplearse para calcular los caudales máximos, es el del Hidrograma Triangular, cuyo proceso de cálculo determina la precipitación efectiva, luego que el suelo ha sido saturado completamente, proporcionando descargas más aproximadas a la realidad, pero lo más conveniente de este método es que no tiene limitaciones con la magnitud de las áreas de las sub cuencas, que si lo tienen otros como el método racional por ejemplo. El modelo matemático del Hidrograma Triangular es el siguiente:

$$q_p = \frac{0.555xA}{t_b} \quad Pe = \frac{\left(P - \frac{5080}{N} + 50.80\right)^2}{P + \frac{20320}{N} - 230.20} \quad y \quad Q_{\max} = Pe \times q_p$$

Donde:

A = área de la sub cuenca en Km² t_b = tiempo base

q_p = caudal unitario

Pe = precipitación efectiva P = altura de lluvia

N = número de escurrimiento Q máx.= caudal de diseño

Otro de los parámetros necesarios para el Hidrograma, es el número de escurrimiento, factor importante para hallar la precipitación efectiva, este número indica la calidad del terreno sobre el cual escurre el flujo de agua, considerando la cobertura vegetal, tipo de suelo, pendiente y grado de infiltración, elementos que están debidamente clasificados y tabulados. Los que se requieren para este estudio son:

C – 85 y 78 para todas las sub cuencas

Donde:

C, corresponde a suelos Limos arcillosos con arenas poco profundas

80, número de escurrimiento para cultivos en terrazas y áreas irrigadas

78. número de escurrimiento para sembríos en rotación y bosque ralo

Estos valores son asignados a cada sub cuenca, de acuerdo a la fisiografía y demás características de relieve indicados. Así N78 es para las sub cuencas con influencia de la estación Corongo (sub cuencas 15 a 28) y N80 para las sub cuencas con influencia de la estación Chimbote (sub cuencas 1 a 14)

Teniendo todos los elementos necesarios que intervienen en los cálculos de caudales por el método del Hidrograma Triangular, se elaborarán dichos cálculos, tomando como ejemplo la sub cuenca No 1, de la siguiente manera:

Sub cuenca N° 1 – Qda Rinconada (influye estación Chimbote)

Datos:

Área de la sub cuenca ----- 15.54 km² Pendiente ----- 0.048

m/m

Longitud de cauce ----- 7.227 Km.

Tc en horas ----- 2.40 hs

Tc en minutos ----- 144.0 min.

Precipitación diseño ----- 38.39mm (70 años Tr, cuadro 08)

Calculando

$$\text{Tiempo de retraso } tr = 0.005 \left(\frac{7227}{\sqrt{4.8}} \right)^{0.64} = 0.8927$$

$$\text{Tiempo pico } tp = \sqrt{2.40} + 0.8927 = 2.44$$

$$\text{Tiempo base } tb = 2.67 \times 2.44 = 6.515$$

$$\text{Caudal unitario } q_p = \frac{0.555 \times 15.54}{6.515} = 1.324$$

$$\text{Altura de lluvia } P = 38.39 \left(\frac{144}{1440} \right)^{0.25} = 21.58$$

$$\text{Precipitación efectiva } Pe = \frac{\left(21.588 - \frac{5080}{80} + 50.8 \right)^2}{21.588 + \frac{20320}{80} - 203.20} = 1.09$$

Luego:

$$\mathbf{Q \text{ máx.} = 1.324 \times 1.09 = 1.44 \text{ m}^3/\text{seg.}}$$

2.5.11.4 Caudales en puentes

Para calcular la capacidad de descarga o suficiencia hidráulica de los puentes, se consideran dos criterios, los que están sobre el río Santa y los ubicados sobre quebradas, estas últimas utilizarán los caudales obtenidos por el Hidrograma Triangular, pues dependen de las quebradas. Los del río Santa utilizarán los resultados de las estaciones hidrométricas Condorcerro y Tablachaca, que miden caudales diarios de los ríos Santa y Tablachaca, como se muestra en el cuadro. El caudal calculado para el río Santa es el siguiente:

Tr de 140 años para puentes (m³/s) - ver cuadro 14

$$1447.65 \text{ (condorcerro)} - 598.12 \text{ (tablachaca)} = 849.53 \text{ (caudal Santa)}$$

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de caudales de las sub cuencas que inciden sobre cada puente existente, de acuerdo a las progresivas que ocupan en la carretera.

Figura 79

Caudales de las sub cuencas que inciden sobre cada puente existente

Puentes	Progresivas (km)	Caudales de Sub cuencas que inciden en los puentes	Caudales (m3/s)
Sobre Río Santa	76+309.00	Caudal Santa	849.53
Sobre Río Santa	79+965.00	Caudal Santa	849.53
Sobre quebrada	81+566.50	C – 15	8.95
Sobre quebrada	83+831.50	C – 16	83.83
Sobre Río Santa	97+523.50	Santa – (C15+C16+C17)	849.53-93.99=755.54
Sobre Río Santa	101+384.75	Santa – (C15+C16+C17+C18)	849.53-127.47=722.06
Sobre quebrada	115+458.25	C – 23	12.55
Sobre Río Santa	116+944.00	Santa – (C-15 a la C-23+intercuen)	849.53-(147.31+200.55)=501.67
Sobre quebrada	118+461.50	C – 24	26.26
Sobre quebrada	126+340.00	C – 27	1.34
Sobre Río Santa	132+191.00	Santa – (C-15 a la C-28+intercuen)	849.53-(180.14+200.55)=468.84

Los caudales de este cuadro se utilizarán para determinar la capacidad de descarga de los puentes

Para dimensionar la sección hidráulica de las cunetas, se utilizará el caudal correspondiente a 30 años de tiempo de retorno que brindará mayor seguridad a la estructura.

Para el cálculo de socavación en puentes se utilizará la lluvia de 500 años como período de retorno, cuyos caudales también han sido calculados.

2.5.12 Obras de Drenaje Propuestas

El sistema de drenaje existente en la carretera, lo conforman diversas estructuras que evacuan de quebradas pequeñas, medianas y grandes, estas obras son, tubos PVC, marcos de concreto y rústicos de piedra, TMC de diversos diámetros, así como puentes y badenes, pero aún existen quebradas que necesitan obras de drenaje.

Sin embargo, la carretera tal como se encuentra, permite transitar a los vehículos fluidamente y sin interrupciones, probablemente en la época de lluvias se activan algunas quebradas, porque los materiales finos y la pendiente de ellas, sobre todo donde existen badenes, son arrastrados y a veces se depositan en la vía.

Con el presente estudio lo que se pretende es consolidar un sistema de drenaje práctico y funcional, cuyo objetivo es implementar las estructuras que se requieran y sean necesarias, así como corregir lo existente para que funcione adecuadamente, complementado con obras de protección que se requieran.

2.5.12.1 Obras de drenaje

En la carretera Santa – Huallanca, se implementarán obras de drenaje, tanto transversales como longitudinales, formando un nuevo sistema de drenaje para la vía en estudio.

De acuerdo a lo evaluado en los trabajos de campo, existen 286 obras de arte, entre puentes, alcantarillas, badenes, tajeas y sifones, la mayoría de ellas necesitan limpieza y mantenimiento, porque se encuentran en buen estado, unas cuantas serán reemplazadas por insuficiencia hidráulica, tajeas principalmente y, en lugares necesarios se proyectarán nuevas.

En la carretera, se hallaron 11 estructuras mayores, de las cuales 08 son puentes metálicos y los 03 restantes son de concreto armado, todas están en buen estado y son suficientes hidráulicamente, el resto de obras de drenaje son estructuras menores, como badenes, alcantarillas y cunetas, no existen obras de sub drenaje.

Drenaje superficial

Este tipo de drenaje ordena el flujo superficial y, necesita las siguientes estructuras: Alcantarillas

Puentes Badenes

Cunetas y otras estructuras complementarias

Drenaje sub superficial

En la carretera no se han observado problemas de drenaje subterráneo, la vía se ubica en clima árido, debería haber en los sectores agrícolas por el sistema de riego por gravedad utilizado, pero al parecer la Irrigación chavimochic ha diseñado un buen sistema de drenaje subterráneo, que mantiene el nivel freático en niveles muy bajos, obviamente evitando procesos de salinización de la superficie del suelo que malograrían los cultivos de la irrigación.

En la parte alta de la carretera, los suelos de los taludes superiores e inferiores carecen de vegetación porque están conformados por material rocoso en su mayoría; excepto en lugares con agricultura menor ya descritos; y también debido a la escasez de lluvias, pues observando los suelos y luego comprobado con calicatas de mecánica de suelos, se confirmó la ausencia total de niveles freáticos, en consecuencia no es necesario diseñar sub drenes por la ausencia de problemas de drenaje subterráneo

El perfil estratigráfico indica que en toda la vía, los materiales granulares tienen mayor presencia en los estratos de suelo, las muestras tomadas de las calicatas no pasan la malla 200, tampoco muestra presencia de niveles freáticos.

2.5.12.2 Alcantarillas

Estas obras de descarga directa, tienen la principal función en el sistema de drenaje, ellos evacúan el agua de lluvia escurrida por los taludes, captada y conducida por las cunetas a lo largo de la carretera; de ello se asume que la sección hidráulica de la alcantarilla tiene directa relación con el caudal y con el material de arrastre grueso y fino proveniente de su propio cauce, con estos elementos se definen las dimensiones de estas estructuras.

El espaciamiento de las alcantarillas existentes en el actual sistema de drenaje, están determinados, en un caso, por las necesidades agrícolas de la Irrigación Chavimochic, pues ellos requieren de las alcantarillas para trasvasar las aguas de un lado a otro de la vía, porque tienen áreas bajo riego a ambos lados de la carretera y en otro caso, por la ubicación de las pequeñas o medianas quebradas y cursos de agua que las alcantarillas se encargan de conducir, asimismo las estructuras para pase de riego en zonas agrícolas pequeñas, se distancian de acuerdo a la necesidad del agricultor. El sistema de drenaje actual solo necesita muy pocas alcantarillas a proyectarse y también algunas deben reemplazarse. Hay alcantarillas existentes que se encuentren separadas por longitudes muy grandes, ello se debe a la presencia de sectores en contrapendiente o en relleno.

La dimensión de la sección hidráulica de la alcantarilla, será determinada principalmente por la descarga que aporta la cuneta, además de otros factores como arrastre de sólidos. El caudal que aportan las cunetas, puede calcularse de varias formas, una de ellas es determinar el aporte de escurrimiento de los taludes en función a la precipitación de diseño, calculada a un período de retorno de 30 años.

El aporte de sólidos proveniente del cauce natural o quebrada, se toma en función a la cantidad de material grueso arrastrado, que cruza la alcantarilla

Luego el caudal que aportan las cunetas, se calcula con el siguiente criterio:

- Se toma 50 mt de talud aguas arriba de la cuneta, porque es el tramo que concentra el mayor aporte de flujo y menor infiltración en el talud, mayor a esa distancia la vegetación y áreas agrícolas obstruyen el escurrimiento.
- Se considera 250 mt como longitud máxima de cuneta para efectos de cálculo.
- El tiempo de retorno de la lluvia de diseño para cunetas es de 30 años, luego se utilizará la más alta, de Corongo, 44.62 mm por seguridad (cuadro No 08)
- La pendiente considerada es la más baja, esta es 0.003 m/m Luego aplicando el Método Racional y calculando, se tiene:

Figura 80

Alcantarillas de reemplazo y proyectadas

Prog. Km.	Estructura existente	Estructura nueva	Condición
0+258.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
0+660.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
0+868.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
1+079.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
1+196.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
1+569.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
2+185.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
2+535.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
2+689.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
3+520.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
4+221.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
4+736.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
5+225.00	Evitamiento sur	0.80x0.80	Proyectar
14+943.22	Evitamiento	36.00	Proyectar
14+985.86	Evitamiento	36.00	Proyectar
15+150.63	Evitamiento	36.00	Proyectar
15+828.28	Evitamiento	36.00	Proyectar
15+840.55	Evitamiento	5.50x2.00	Proyectar
16+579.64	Evitamiento	2.50x2.00	Proyectar
16+682.59	Evitamiento	48.00	Proyectar
16+928.74	Evitamiento	48.00	Proyectar

25+560.00		36.00	Proyectar
25+668.00		24.00	Proyectar
34+160.00		48.00	Proyectar
74+788.20	Para túnel	36.00	Proyectar
97+261.00	Para túnel	36.00	Proyectar

A continuación, se detalla la cantidad de alcantarillas proyectadas, conservadas y el total:

Figura 81

Resumen de alcantarillas proyectadas

Alcantarillas existentes	Cantidad
Proyectadas	34
A conservar	183
Total	217

2.5.12.3 Cunetas

Como se indicó en la evaluación de campo, se han hallado cunetas de concreto en gran parte de la carretera, sobre todo en la longitud de vía que corresponde a las áreas con irrigación, estas tienen sección triangular, las medidas promedio son de 0.70 x 0.30 metros, están en buen estado, solo necesitan mantenimiento y limpieza, hidráulicamente son suficientes para la conducción de agua para riego, pues son usadas como canales de riego porque las lluvias son escasas a nulas

En sectores de la carretera donde la agricultura es menor, parte alta, la ausencia de cuentas es suplida por zanjas a tajo abierto usados como canales de riego en los centros poblados, sin embargo, como no tienen una sección hidráulica definida, en algunos puntos el agua que conducen se desborda malogrando la vía; las dimensiones que le conceden a estas zanjas está de acuerdo a la conveniencia de los agricultores y según la cantidad de agua que necesitan para el riego.

Figura 82

Zanja utilizada como canal de riego entregando a una alcantarilla TMC



Sin embargo, debido al mejoramiento del trazo, que actualmente es de una sola vía, las cunetas existentes se eliminarán, pues la carretera será diseñada para doble carril, es decir que de 6.0 m de sección que tiene pasará a tener entre 10 y 12 metros, ello obligará a colocar nuevas cunetas

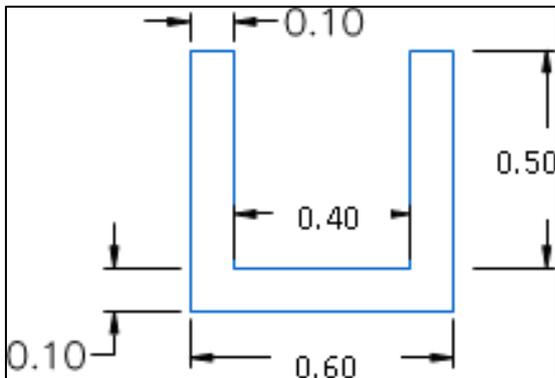
La sección hidráulica de cunetas propuestas para la carretera es: triangular y rectangular, la triangular sirve a toda la carretera y la rectangular a las zonas urbanas, estas últimas tienen plantilla como fondo, eso permite que el agua rodee al material caído e inclusive lo arrastre, porque en las zonas urbanas se arroja mucho desperdicio.

Para evitar que el material caído de taludes altos colmate rápidamente la cuneta, se propone colocar una berma de 0.50 m entre la cuneta y el talud, para que retenga la cantidad posible de material.

Las cunetas serán revestidas de concreto simple, cuyo espesor mínimo será de 0.10 mt, las medidas de las cunetas se calculan de la siguiente manera:

Figura 83

Cuneta de sección rectangular propuesta para zonas urbanas



Calculando la capacidad de descarga de la cuneta rectangular, se tiene:

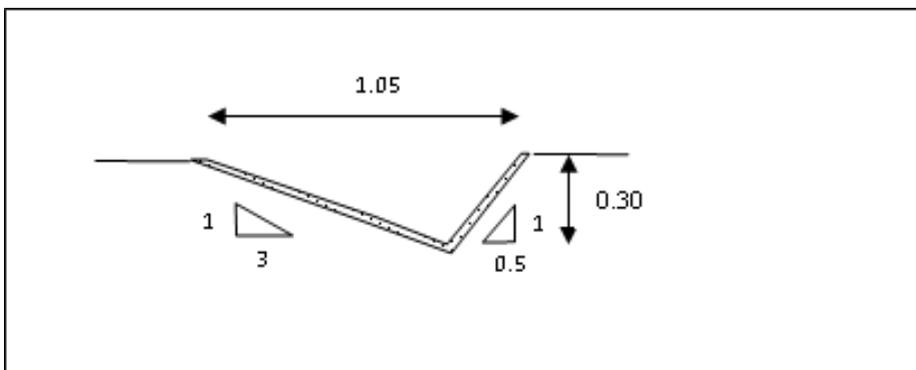
Figura 84

Datos y resultados de diseño de cuneta

Datos:	Resultados:
$h = 0.40\text{m}$ $b = 0.40\text{m}$ $z = 0.0$ $n = 0.017$ $s = 0.003$	$Q = 0.1345 \text{ m}^3/\text{s}$ $F = 0.42$ – sub crítico $v = 0.84 \text{ m/s}$ espejo = 0.40m

El resultado indica que el caudal en la cuneta, es mayor al caudal de diseño, confirmando que las dimensiones son las correctas: 0.1345 m³/s mayor a 0.100 m³/s.

Calculando de la misma manera la **sección triangular**, se tiene:

Figura 85*Cuneta de sección triangular propuesta*

Datos Resultados $h = 0.30\text{m}$

$b = 0.00\text{m}$ $Q = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$

$n = 0.017$ $v = 0.83 \text{ m/s}$

$s = 0.003$ $F = 0.68$

$z = 1:3, 1:0.5$ espejo = 1.05 m

Este resultado indica, que el caudal con las medidas propuestas para la cuneta, es mayor que el caudal de diseño, luego son las correctas.

La carretera Santa – Huallanca tendrá nuevas cunetas, las existentes serán eliminadas por cambio de trazo, además se propone colocar, a las cunetas rectangulares, barras de acero cada 0.05 m como rejillas o sino tapas de concreto con aberturas, que permitan el ingreso de la escorrentía superficial y evite la entrada de desperdicios.

Estructuras de entrega de las cunetas

Se denomina así a las estructuras que conducen y entregan las aguas que llevan las cunetas, a cauces naturales, taludes protegidos, buzones de ingreso de alcantarillas, etc., en forma ordenada hacia el punto final de evacuación, los tipos de estructura son:

Entrega de cuneta hacia cursos naturales de agua

El caudal del drenaje longitudinal, que conducen las cunetas, encuentran puntos de evacuación en los cauces de las quebradas, esta entrega es a través del cambio de sección de la cuneta triangular a una de sección tipo batea o semicircular en una transición de 10m de radio mínimo, que tiene como espejo y tirante hidráulico iguales a la cuneta, esta sección se debe construir con piedra asentada y emboquillada de espesor nominal de 0.20m en longitud suficiente hasta entregar al cauce de la quebrada.

Entrega de cuneta hacia terreno natural

Se ejecuta ante la necesidad de desfogar las cunetas en terreno natural, la estructura de entrega debe tener una transición con la cuneta, cambiando a una sección semicircular de espejo y altura hidráulica iguales a la cuneta, esta estructura de entrega debe construirse de piedra asentada y emboquillada, con un espesor de 0.20m, colocada en el terreno en una longitud aproximada de 10 m.

Entrega de cuneta hacia alcantarilla

En este caso las cunetas desaguan el escurrimiento directamente hacia las estructuras de entrada y salida de las alcantarillas, evitando lugares de desfogue que deriven en casos de erosión potencial, este desagüe lo hacen hacia cajatomas y tipo alero recto.

Canales de riego

En la carretera existen canales de riego que discurren casi paralelos a la vía, el principal es el canal Chinecas, que discurre paralelo al lado derecho de la vía pero lo suficiente alejado que no interfiere con cualquier trabajo que se realice en la vía, este canal avanza 34 km por el lado derecho y 3 km por el lado izquierdo, hasta empalmar con la bocatoma en el río Santa; además existen otros canales pequeños relacionados con la irrigación, pero ubicados dentro de las áreas agrícolas que no entorpecen a la carretera y que sirven para coleccionar el agua excedente de los riegos, en consecuencia estos canales no influyen en el tránsito, aparte de que constituyen obras útiles para la agricultura

Figura 86

Canal Chinecas que conduce aguas del río Santa hacia la irrigación Chinecas, discurre al lado derecho de la carretera Santa - Huallanca



2.5.12.4 Badenes

En la carretera se han hallado 36 badenes, cuyas estructuras son: concreto, mampostería de piedra y mixtas de concreto con mampostería de piedra, solamente una

está colapsada y debe ser reemplazada por otra también de concreto, todas las demás están en buen estado y son suficientes hidráulicamente, pero debido al cambio de trazo de la vía, los badenes de mampostería serán reemplazados por concreto, los que quedan de concreto deben ser ampliados, de acuerdo al ancho de vía.

El badén colapsado a reemplazar es de concreto, se ubica en el km 85+604, sus medidas son de 8 x 7 metros, insuficiente, el nuevo badén tendrá como medidas 10 x 10 metros.

El puente del km 126+250, por cambio de trazo queda inutilizado, porque el nuevo eje cruza la quebrada en corte, cuya profundidad es de 5.064 m (ct es 1236.586 – cr es 1231.522), esta situación obliga a colocar un badén de 20x10 metros y desmontar el puente

Figura 87

Badén del km 85+604 colapsado, que será reemplazado por otro de concreto

**Figura 88**

Badenes reemplazados en la vía

N°	Sub cuenca	km	Largo (m)	Ancho (m)	Flecha (m)	Q70 (m3/s)
1	Irrigación Yesera	85+604	10	10	0.10	0.11
2	Yungaypampa	126+250	20	10	0.20	0.29

2.5.12.5 Defensas ribereñas

A lo largo de la carretera se han observado problemas de erosión del talud de la carretera en contacto con el río Santa, la solución consiste en colocar gaviones y/o enrocados, según el régimen del flujo. Ellos son:

Figura 89*Gaviones proyectados*

N°	De km	A km	Río	L de	L izq.	Estructura	observaciones
1	31+100	31+250	Santa	--	150	Gaviones	Erosión del talud de apoyo
2	34+010	34+110	Santa	--	100	Gaviones	Erosión del talud de apoyo
3	35+090	35+165	Santa	--	75	Enrocado	Fuerte socavación
4	50+560	50+760	Santa	--	200	Gaviones	Erosión del talud de apoyo
5	53+240	53+315	Santa	-	70	enrocado	Erosión del talud de apoyo
6	55+300	55+420	Santa	-	120	Enrocado	Socavación del talud inferior
7	57+100	57+250	Santa	-	150	Enrocado	Socavación del talud inferior
8	57+960	58+060	Santa	-	100	Enrocado	Socavación del talud inferior
9	61+350	61+380	Santa	--	30	enrocado	Fuerte socavación
10	63+040	63+120	Santa	-	80	enrocado	Socavación del talud
11	67+700	67+850	Santa	--	150	enrocado	Fuerte socavación

2.5.12.6 Túneles

Estas estructuras no tienen problemas hidrogeológicos de ninguna forma, debido a que el material que lo alberga es totalmente rocoso, por lo tanto, no tiene formaciones kársticas en su interior que permitan el almacenamiento de agua, o acuíferos subterráneos o bolsones de agua, según diversas terminologías.

El único inconveniente que se presenta es la época de lluvias, donde las precipitaciones no ingresan al túnel, sino que ellas escurren por el talud superior y descargan tanto a la salida e ingreso del ducto. Este escurrimiento si puede entrar al túnel aprovechando la pendiente de la carretera, que según la orientación del estudio sería por la salida, puesto que se está en ascenso y dependiendo de la magnitud de las lluvias, puede inundar el piso del túnel.

Para evitar estas dificultades, se propone colocar alcantarillas en los lugares del posible acceso del escurrimiento; de acuerdo a la pendiente determinada por topografía; que ayudado por las cunetas colectoras de los flujos escurridos, eliminarán cualquier

ingreso de agua al ducto del túnel, estas alcantarillas serán TMC de 36" y las cunetas serán las triangulares ya diseñadas. La relación de túneles es la siguiente

Figura 90

Relación de túneles.

Túneles	Inicio	Fin	Longitud(m)
Túnel 1	74+540.00	74+918.00	378.00
Túnel 2	97+198.00	97+273.00	75.00
Túnel 3	101+417.00	101+511.00	94.00
Túnel 4-5	102+124.00	102+530.00	406.00
Túnel 6	102+650.00	102+730.00	80.00
Túnel 7	103+000.00	103+145.00	145.00
Túnel 8	105+428.00	105+795.00	367.00
Túnel 9	106+042.00	106+370.00	328.00
Túnel 10	106+598.00	106+640.00	42.00
Túnel 11	108+805.00	108+897.00	92.00

2.5.12.7 Puentes

En la carretera se han hallado 10 (diez) puentes, dos de concreto y ocho metálicos, el último puente será reubicado y reemplazado por uno nuevo, en el km 132+191.00. Sin embargo, el puente del km 126+340.00, será eliminado según el nuevo trazo, el mismo que se explicó en el capítulo de badenes. Las estructuras que permanecen son las siguientes:

Figura 91*Puentes propuestos*

Nº	Ubicación Km	Puente	Tipo Estructura	Luz (m)	Altura (m)	Observaciones
1	76+309.00	Río Santa	Metálico	25.60	15.00	Buen estado
2	79+965.00	Río Santa	Metálico	56.00	10.00	Buen estado
3	81+566.50	Quebrada	Metálico	17.50	6.00	Buen estado
4	83+831.50	Quebrada	Metálico	30.00	9.00	Buen estado
5	97+523.50	Río Santa	Metálico	40.00	14.00	Buen estado

Estas estructuras tienen suficiente capacidad de descarga, son de una sola vía, no tienen procesos de socavación porque todos están cimentados en roca; mediante modelo Hidráulico aplicado se confirmará la suficiencia hidráulica de los puentes.

De acuerdo a los resultados del Modelamiento hidráulico, ejecutado a todos los puentes, se concluye que todas las estructuras tienen suficiente y holgado galibo que permite pasar sin problemas caudales en máximas avenidas

El presente estudio es de mejoramiento de la carretera, eso incluye la ampliación de la sección de la vía de un solo carril como es actualmente a otro de doble carril, incrementando el ancho actual de la calzada de 6.5 m en promedio a otro de 10 a 12 metros.

Ese cambio de trazo geométrico de la carretera, significa que todos los puentes también serán ampliados a doble vía, ofreciendo mayor seguridad al transporte, pero se debe señalar que cualquiera sea la estructura de los puentes, estos deben ser construidos de preferencia en el mismo lugar, para que continúe sin procesos de socavación como en la actualidad; cimentación en roca.

Solamente el puente del km 126+250, será eliminado, porque el nuevo eje cruza la quebrada Yungaypampa en corte, a más de 2.0 m de profundidad, luego el puente no evacuará ningún caudal, por ello se propone la construcción de un badén de 20 x 12 m con gradas tanto a la entrada como a la salida para moderar la altura de corte; es la razón porqué a ese puente no se le ha realizado el modelamiento Hidráulico.

Socavación

Ninguno de los puentes tiene procesos de socavación, debido a que todos los estribos están cimentados en roca, lo cual les proporciona total seguridad y estabilidad; la mejor prueba es que esos puentes tienen más de 25 años de uso y nunca ha pasado nada, ni aun en las épocas de presencia de Fenómeno del Niño, es más ni siquiera han sufrido desbordes debido a los altos gálidos que tienen.

Las causas para que existan esas condiciones, se debe a varios factores, como la escasez de lluvias, que se reflejan en los taludes a lo largo de la carretera, totalmente exentos de vegetación natural, pero el factor más trascendente es que los flujos del río Santa son regulados por la CCHH del Cañón del Pato, mediante la represa sobre el río, que capta permanentemente 75 m³/seg para abastecer de energía eléctrica a los poblados que lo necesitan, inclusive en épocas de escasez de lluvias la presa retiene toda el agua

Aguas abajo de la presa, el río incrementa sus caudales con los aportes de las subcuencas existentes, cuyos caudales se registran en la estación de aforos Condorcerro, información base para los cálculos de capacidad de descarga de los puentes ubicados sobre el río Santa, utilizando el modelamiento Hidráulico HEC RAS.

2.6 Informes de Estructuras y Obras de Arte

2.6.1 Estructuras Existentes

2.6.1.1 Puentes

De la revisión de los informes de los estudios iniciales básicos y de la inspección de campo se han definido, la siguiente relación de estructuras EXISTENTES, la cual es la siguiente:

Figura 92

Relación de Puentes Existentes

N° PUENTE	MATERIAL DE ESTRUCTURA	PROGR. KM	COORDENADAS UTM		LUZ (m)	ANCHO (m)	CARACTERISTICA
			N (m)	E (m)			
1	BAILEY (ACROW)	76+317.20	9039192	808788	30.50	4.20	RIO SANTA
2	RETICULADO DE CONCRETO	79+980.00	9037924	811280	54.00	3.20	RIO SANTA
3	BAILEY (ACROW)	81+565.00	9038119	812563	24.40	4.20	SOBRE RIO
4	BAILEY (ACROW)	83+810.00	9040059	813101	30.50	4.20	SOBRE RIO
5	RETICULADO DE CONCRETO	97+528.00	9041057	825100	50.40	3.20	SOBRE RIO SANTA
6	VIGA CAJON DE CONCRETO	101+385.00	9040235	828162	49.30	3.60	ANTES ENTRADA A TUNEL
7	VIGA LOSA DE CONCRETO	115+446.00	9033371	176983	10.65	3.60	SOBRE QUEBRADA
8	BAILEY (ACROW)	116+932.00	9032573	178219	33.55	4.20	SOBRE RIO SANTA
9	RETICULADO DE CONCRETO	118+458.00	9032201	178919	32.20	3.65	SOBRE QUEBRADA
10	BAILEY (ACROW)	126+308.00	9029902	182139	30.50	4.20	QUEBRADA YUNGAYPAMPA
11	BAILEY (ACROW)	132+204.00	9024733	183549	33.55	4.20	SOBRE RIO SANTA

2.6.1.1.1 Puentes Provisionales Existentes

Se han encontrado en la vía, puentes provisionales tipo Acrow y tipo Mabey, a lo largo de la carretera, los cuales por su naturaleza y por ser de una sola vía, serán sustituidos por estructuras definitivas.

Todas estas estructuras provisionales fueron construidas sobre cajuelas de cimentación o apoyadas sobre los estribos de puentes rústicos que se habían construido con anterioridad. Todos los puentes son de un solo carril. Estas estructuras por su carácter de ser temporales, no requieren ser evaluados estructuralmente según la metodología AASHTO LRFR.

La ubicación y longitud de los puentes proyectados están definidos en los estudios básicos y se muestran en el informe de estructuras correspondiente a las ESTRUCTURAS PROYECTADAS.

Figura 93

Relación de Puentes Provisionales Existentes

N° PUENTE	MATERIAL DE ESTRUCTURA	PROGR. KM	COORDENADAS UTM		LUZ (m)	ANCHO (m)	ESTADO
			N (m)	E (m)			
1	BAILEY (ACROW)	76+317.20	9039192	808788	30.50	4.20	BUENO
3	BAILEY (ACROW)	81+565.00	9038119	812563	24.40	4.20	BUENO
4	BAILEY (ACROW)	83+810.00	9040059	813101	30.50	4.20	BUENO
8	BAILEY (ACROW)	116+932.00	9032573	178219	33.55	4.20	BUENO
10	BAILEY (ACROW)	126+308.00	9029902	182139	30.50	4.20	BUENO
11	BAILEY (ACROW)	132+204.00	9024733	183549	33.55	4.20	BUENO

2.6.1.1.2 Puentes de Concreto Existentes

Se han identificado también la existencia de puentes de concreto armado, cuyas condiciones se detallan a continuación en la tabla. El estado de conservación de los mismos, principalmente sus anchos de carril, por ser en su totalidad para un solo carril y el cambio del eje de vía, hacen que la mayoría de estas estructuras sean reemplazadas por nuevas estructuras.

Figura 94

Relación de Puentes Concreto Existentes

N° PUEBTE	MATERIAL DE ESTRUCTURA	PROGR. KM	COORDENADAS UTM		LUZ (m)	ANCHO (m)	ESTADO
			N (m)	E (m)			
2	RETICULADO DE CONCRETO	79+980.00	9037924	811280	54.00	3.20	BUENO
5	RETICULADO DE CONCRETO	97+528.00	9041057	825100	50.40	3.20	BUENO
6	VIGA CAJON DE CONCRETO	101+385.00	9040235	828162	49.30	3.60	BUENO
7	VIGA LOSA DE CONCRETO	115+446.00	9033371	176983	10.65	3.60	BUENO
9	RETICULADO DE CONCRETO	118+458.00	9032201	178919	32.20	3.65	BUENO

2.6.1.2 Alcantarillas

De la revisión de los informes de los estudios básicos y de la inspección de campo se han definido, la siguiente relación de alcantarillas. Las progresivas que se consideran en este cuadro de alcantarillas existentes, son las progresivas del Estudio de Pre inversión a Nivel de factibilidad.

Figura 95

Alcantarillas Existentes

N°	ALCANTARILLA EXISTENTE									
	PROG. KM.	COORDENADAS UTM WGS84		MATER.	DIMENSIONES				ESTAD.	OBSERV.
		N (m)	E (m)		Long. (m)	Ancho o luz (m)	Altura (m)	Ø (in)		
1	9+850.00	9010653	766454	MARCO		1.40	1.00		BUENO	TIENE ALEROS Y CABEZAL
2	11+005.00	9011756	766762	MARCO		1.40	1.00		BUENO	TIENE ALEROS Y CABEZAL
3	12+105.20	9012753	767209	TMC				24	BUENO	TIENE ALEROS Y CABEZAL
4	12+565.00	9013162	767406	MARCO		1.00	1.00		BUENO	TIENE ALEROS Y CABEZAL
5	14+868.20	9015367	767668	MARCO		0.50	0.50		BUENO	TIENE CAJATOMA Y CABEZAL
6	17+655.20	9018080	768199	MARCO		1.50	1.50		BUENO	MEDIDAS APROXIMADAS, LLENO DE AGUA
7	17+662.10	9018080	768199	MARCO		2.40	1.50		BUENO	MEDIDAS APROXIMADAS, LLENO DE AGUA, CANAL DE RIEGO
8	17+682.60	9018098	768204	MARCO		1.20	1.00		BUENO	MEDIDAS APROXIMADAS, LLENO DE AGUA
9	17+937.00	9018359	768268	MARCO		0.80	0.80		MALO	SALIDA COLAPSADA
10	18+218.20	9018623	768332	MARCO		0.8	0.5		BUENO	PRESENTA COLMATACION

Casi la totalidad de las alcantarillas evaluadas presentan un estado BUENO, por lo cual se plantearán trabajos de mantenimiento y limpieza, a excepción de la alcantarilla n° 202 que aparte de limpieza y mantenimiento necesitara una cajatoma.

De cuatro que presentan condición mala, deben ser reemplazados, y de dos pases de agua que están anuladas como indica el cuadro. Se presenta una lista de estas.

Figura 96*Proyección de alcantarillas existentes*

Nº	ESTRUCTURA EXISTENTE				ESTRUCTURA PROYECTADA					
	PROG. KM.	TIPO	SENT.	RECOMENDACIÓN	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO				SENTIDO
							Ancho (m)	Altura (m)	Ø (pulg)	
9	17+937.00	MARCO	I-D	REEMPLAZAR	ALCANTARILLA	MARCO	0.80	0.80		I-D
12	19+422.60	TMC	I-D	REEMPLAZAR	ALCANTARILLA	TMC			36	I-D
35	30+973.30	TMC	D-I	REEMPLAZAR	ALCANTARILLA	TMC			36	D-I
58	46+520.00	TMC	D-I	REEMPLAZAR	ALCANTARILLA	TMC			48	D-I
167	122+858.00	PVC	I-D	ANULADA						
169	123+408.00	PVC	I-D	ANULADA						

Dentro de las alcantarillas se presentarán las Tajeas existentes:

Figura 97*Tajeas existentes*

Nº	ESTRUCTURA EXISTENTE									
	PROG. KM.	COORDENADAS UTM WGS84		MATERIAL DE ESTRUCTURA	DIMENSIONES				SENTIDO	ESTADO
		N (m)	E (m)		Long. (m)	Anc (m)	Altura (m)	Ø (pulg)		
1	13+561.50	9014226	767405	HDPE	13.2			10.00	D-I	BUENO
2	14+741.80	9015237	767675	HDPE	11.78			10.00	D-I	BUENO
3	40+221.00	9032619	779733	TUBO				8.00	D-I	BUENO
4	43+829.60	9033829	783037	HDPE				12.00	D-I	BUENO
5	44+745.00	9034552	783571	HDPE	9.9			12.00	D-I	BUENO
6	47+800.00	9036274	786042	PVC	10	0.40	0.30		D-I	BUENO
7	58+540.00	9041007	794336	HDPE				10.00	D-I	REGULAR
8	82+995.00	9039405	812795	MARCO	7.15	0.40	0.30		D-I	BUENO
9	83+624.00	9039951	812969	PVC	7.2	0.30	0.30		D-I	BUENO
10	84+203.00	9040311	813410	PIEDRA		0.30	0.30		D-I	BUENO
11	84+399.00	9040450	813530	HDPE	7.8			10.00	D-I	BUENO
12	84+413.00	9040443	813537	PIEDRA	8.87	0.30	0.30		D-I	BUENO
13	85+704.00	9040160	814559	HDPE	11.78			12.00	D-I	BUENO

Las tajeas en su mayoría presentan condiciones buenas, pero por motivos de mejoramiento y mejor funcionalidad estas serán reemplazados por Tajeas tipo marco de 0.50x0.50, a excepción de aquellas que se anularán, que se muestra en el cuadro siguiente:

Figura 98*Tajeas a ser anuladas*

Nº	ESTRUCTURA EXISTENTE					RECOMENDACIÓN
	PROG. KM.	MATERIAL DE ESTRUCTURA	SENTIDO	ESTADO	OBSERV.	
17	109+751.50	TUBO	D-I	MALO	INNECESARIO, ELIMINAR	ANULAR
25	121+925.00	PVC	I-D	MALO	ANULADA POR CONSTRUCCION DE DESAGUE DOMICILIARIO	ANULADA

2.6.1.3 Badenes

De la revisión del informe a nivel de perfil y de la inspección de campo se han identificado, los siguientes badenes algunos de concreto y otros de emboquillado.

Figura 99*Badenes Existentes*

Nº	BADENES EXISTENTES								
	PROG. KM.	COORDENADAS UTM WGS84		TIPO	DIMENSIONES		SENT.	ESTAD.	OBSERV.
		N (m)	E (m)		Long. (m)	Anch. (m)			
1	36+952.00	9031563	776895	MAMPOSTERÍA	10.00	6.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
2	37+520.00	9031748	777396	MAMPOSTERÍA	34.00	8.50	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
3	37+959.00	9032049	777710	MAMPOSTERÍA	25.00	9.30	D-I	BUENO	CUBIERTO CON ASFALTO, GRADAS EN SALIDA
4	38+210.00	9032157	777935	MAMPOSTERÍA	30.00	9.10	D-I	BUENO	CUBIERTO CON ASFALTO, GRADAS EN SALIDA
5	38+578.00	9032282	778278	MAMPOSTERÍA	30.50	9.10	D-I	BUENO	FALTA PROTECCION A LA SALIDA
6	39+090.00	9032486	778746	MAMPOSTERÍA	20.00	10.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
7	39+218.00	9032546	778858	MAMPOSTERÍA	20.00	10.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
8	39+280.00	9032586	778901	MAMPOSTERÍA	32.00	10.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
9	40+016.00	9032736	779567	MAMPOSTERÍA	20.00	10.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
10	40+360.00	9032615	779839	CONCRETO	61.00	8.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
11	43+905.00	9033893	783093	MAMPOSTERÍA	50.00	8.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
12	44+960.00	9034697	783712	MAMPOSTERÍA	84.00	8.00	D-I	BUENO	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA
13	45+080.00	9034760	783864	CONCRETO	9.90	0.80	D-I	BUENO	COLMATADA, TIENE ALEROS Y CABEZAL

El tratamiento, principalmente, por las condiciones de tránsito y estado de los badenes, la mayoría de estructuras de mampostería serán reemplazadas por badenes de concreto y se aplicarán trabajos de mantenimiento y limpieza, si fuera necesario trabajos de sellado de fisuras.

Se presenta el siguiente cuadro:

Figura 100

Proyección Badenes existentes

N°	ESTRUCTURA EXISTENTE				
	PROG. KM.	MATERIAL DE ESTRUCTURA	SENT.	OBSERV.	RECOMENDACIÓN
1	36+952.00	MAMPOSTERÍA	D-I	MAMPOSTERIA DE PIEDRA	REEMPLAZAR POR CONCRETO
2	37+520.00	MAMPOSTERÍA	D-I	MAMPOSTERIA DE PIEDRA	REEMPLAZAR POR CONCRETO
3	37+959.00	MAMPOSTERÍA	D-I	CUBIERTO CON ASFALTO, GRADAS EN SALIDA	REEMPLAZAR POR CONCRETO

2.6.1.4 Túneles

En el estudio se encontraron un total de 11 túneles el cual se muestran la lista en el siguiente cuadro.

Figura 101*Túneles existentes*

Túnel N°	PK inicio	PK fin	Longitud
Túnel 1	74+540	74+918	378.00
Túnel 2	97+198	97+273	75.00
Túnel 3	101+417	101+511	94.00
Túnel 4-5	102+124	102+530	406.00
Túnel 6	102+650	102+730	80.00
Túnel 7	103+000	103+145	145.00
Túnel 8	105+428	105+795	367.00
Túnel 9	106+042	106+370	328.00
Túnel 10	106+598	106+640	42.00
Túnel 11	108+805	108+897	92.00

2.6.2 Estructuras Proyectadas

La revisión de los informes de inspección de las otras especialidades, se usó para determinar las características particulares de cada estructura.

2.6.2.1 Puentes

De la revisión de los informes de los estudios iniciales básicos y de la inspección de campo hemos definido, la siguiente relación de estructuras a proyectar, en la que se indica cual es la alternativa seleccionada:

Profundidad de cimentación y carga admisible calculada para cada estructura de acuerdo

a la especialidad de geotecnia:

Figura 102*Puentes proyectados*

Puente	PK	Litología de cimentación	Estribo oeste		Estribo este	
			Profundidad de cimentación (m)	Qadm (kp/cm ²)	Profundidad de cimentación (m)	Qadm (kp/cm ²)
Puente 1 (sobre río Santa)	76+310	Fm Kti-gd	3 - 5	5,87	3-5	5,87
Puente 2 (sobre río Santa)	79+960	Ki-saca / Q al-co (compactado)	3-5	7,6	3	1,04
Puente 3 (sobre quebrada)	81+865	Q al-co (semi-compacto/compacto)	3	0,94	4	1,8
Puente 4 (sobre quebrada)	83+840	Q al-co (semi-compacto)	3	0,68	3	0,68
Puente 5 (sobre río Santa)	97+400	Fm Ki-chi	3	4,86	3	4,86
Puente 6 (sobre río Santa)	101+390	Fm Ki-chi	2-3	5,02	2-3	5,02
Puente 7 (sobre quebrada)	115+455	Q al-co (semi-compacto)	3	1,04	3	1,04
Puente 8 (sobre río Santa)	116+945	Q al-co (semi-compacto)	5	1,39	3	1,04
Puente 9 (sobre quebrada)	118+455	Q al-co (semi-compacto/compacto)	3	0,94	5	1,15
Puente 10 (sobre río Santa)	132+190	Q al-co (compactado)	3	1,14	6	1,38

De acuerdo a las especialidades de hidrología e hidráulica las Luces hidráulicas existentes son adecuadas y cumplirían con las exigencias para los puentes proyectados.

Figura 103*Relación de Puentes Proyectados*

N° PUENTE	PROGRESIVA KM	PROGRESIVA FINAL KM	LUZ ANTERIOR (m)	LUZ FINAL (m)	ALTERNATIVAS
1	76+317.20	76+309.00	30.5	35	VIGA DE C° A°
					VIGA METALICA
					VIGA POSTENSADA
2	79+980.00	79+965.00	54	100	RETICULADO METALICO
					ARCO METALICO
					ARCO C° A°
3	81+565.00	81+566.50	24.4	25	VIGA DE C° A°
					VIGA METALICA
					VIGA POSTENSADA
4	83+810.00	83+831.50	30.5	60	VIGA METALICA
					VIGA CAJON POSTENSADA
					RETICULADO METALICO
5	97+528.00	97+523.50	50.4	60	VIGA METALICA
					VIGA CAJON POSTENSADA
					RETICULADO METALICO
6	101+385.00	101+384.75	49.3	55	VIGA METALICA
					VIGA CAJON POSTENSADA
					RETICULADO METALICO
7	115+446.00	115+458.25	10.65	12.5	VIGA DE C° A°
					VIGA POSTENSADA
8	116+932.00	116+944.00	33.55	50	VIGA METALICA
					VIGA CAJON POSTENSADA
					RETICULADO METALICO
9	118+458.00	118+461.50	32.2	35	VIGA DE C° A°
					VIGA METALICA
					VIGA POSTENSADA
10	132+204.00	132+191.00	33.55	100	RETICULADO METALICO
					ARCO METALICO
					ARCO C° A°

En las memorias descriptivas de cada puente, se resumen las características particulares de cada puente y también los criterios de la evaluación técnica económica, que se emplearon para seleccionar la alternativa más adecuada en cada caso.

2.6.2.2 Alcantarillas

De la revisión de los informes de los estudios básicos y de la inspección de campo se han definido, la siguiente relación de alcantarillas. Que se proyectan en el Estudio de Factibilidad.

Figura 104

Alcantarillas Proyectadas Tipo Marco Y TMC

PROG. KM.	TIPO DE ESTRUCTURA	MATERIAL DE ESTRUCTURA	DIMENSIONES				SENTIDO
			Long. (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Ø (pulg)	
0+258.00	ALCANTARILLA	M ARCO	2	.80	.80		-D
0+660.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
0+868.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
1+079.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
1+196.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
1+569.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
2+185.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
2+535.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
2+689.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
3+520.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
4+221.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
4+736.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
5+225.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
17+937.00	ALCANTARILLA	MARCO	12	0.80	0.80		I-D
19+422.60	ALCANTARILLA	TMC	12			36	I-D
30+973.30	ALCANTARILLA	TMC	12			36	D-I
34+160.00	ALCANTARILLA		12			48	D-I
46+520.00	ALCANTARILLA	TMC	12			48	D-I
74+788.20	ALCANTARILLA	TMC	12			36	D-I
97+261.00	ALCANTARILLA	TMC	12			36	D-I
101+458.00	ALCANTARILLA	TMC	12			36	D-I
102+185.00	ALCANTARILLA	TMC	12			36	D-I
102+446.00	ALCANTARILLA	TMC	12			36	D-I
102+725.00	ALCANTARILLA	TMC	12			36	D-I

Figura 105*Alcantarillas Proyectadas Tipo Tajea*

Tajeas proyectadas en tajeas existentes					
Prog. Km.	Material de estructura	Dimensiones			Sentido
		Long. (m)	Ancho o luz (m)	Altura (m)	
13+561.50	Marco	12	0.50	0.50	D-I
14+741.80	Marco	12	0.50	0.50	D-I
40+221.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
43+829.60	Marco	12	0.50	0.50	D-I
44+745.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
47+800.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
58+540.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
82+995.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
83+624.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
84+203.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
84+399.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
84+413.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
85+704.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
86+026.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
86+476.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
87+216.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
109+751.50	Marco	tajea existente, se anulara			
115+185.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
118+999.00	Marco	12	0.50	0.50	I-D
119+438.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
119+488.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
119+578.00	Marco	12	0.50	0.50	D-I
120+398.00	Marco	12	0.50	0.50	I-D

Figura 106*Alcantarillas que se mantienen y necesitan Cajatoma*

RELACION DE ALCANTARILLAS EXISTENTES QUE NECESITAN CAJA TOMA					
Nº	Progresiva	Estructura	Tipo	Material	Diámetro
202	132+968.00	ALC.	TMC	METALICA	48

2.6.2.3 Badenes**Figura 107***Badenes Propyectados*

Nº de Baden	Prog. Km.	Material De Estructura	Dimensiones		Sentido
			Long. (M)	Ancho (M)	
1	36+952.00	Concreto	10.00	10.00	D-I
2	37+520.00	Concreto	34.00	10.00	D-I
3	37+959.00	Concreto	25.00	10.00	D-I
4	38+210.00	Concreto	30.00	10.00	D-I
5	38+578.00	Concreto	30.00	10.00	D-I
6	39+090.00	Concreto	20.00	10.00	D-I
7	39+218.00	Concreto	20.00	10.00	D-I
8	39+280.00	Concreto	32.00	10.00	D-I
9	40+016.00	Concreto	20.00	10.00	D-I
11	43+905.00	Concreto	50.00	10.00	D-I
12	44+960.00	Concreto	84.00	10.00	D-I
14	49+030.00	Concreto	148.00	10.00	D-I
21	55+540.00	Concreto	28.00	12.00	D-I
22	57+120.00	Concreto	28.00	12.00	D-I
23	60+150.00	Concreto	30.00	10.00	D-I
24	60+535.00	Concreto	30.00	10.00	D-I
25	61+918.00	Concreto	28.00	12.00	D-I
26	64+339.00	Concreto	24.00	10.00	D-I
28	67+632.00	Concreto	15.00	10.00	D-I

29	67+930.00	Concreto	18.00	10.00	D-I
31	85+604.00	Concreto	10.00	8.00	D-I
32	98+961.00	Concreto	12.00	10.00	D-I
33	102+700.0 0	Concreto	30.00	10.00	D-I
39	134+125.0 0	Concreto	12.00	10.00	D-I

2.6.2.4 Muros De Contención

De la revisión de los informes de los estudios básicos y de la inspección de campo se han identificado, la siguiente relación de muros de contención.

Se está proponiendo la construcción de muros de concreto armado, tipo cantiléver, por ser más viable a este nivel.

Figura 108

Muros de Contención Propietados

Relación De Muros Propietados					
Nro De Muro	Prog. Inicial	Prog. Final	Longitud (M)	Altura (M)	LADO
1	33+631	33+640	9.0	4.0	I
2	33+640	33+666	26.0	8.0	I
3	33+666	33+680	14.0	8.0	I
4	33+680	33+752	72.0	6.0	I
5	33+752	33+760	8.0	5.0	I
6	33+760	33+800	40.0	3.0	I
7	33+800	33+858	58.0	2.5	I
8	33+858	33+876	18.0	3.0	I
9	33+876	33+893	17.0	3.5	I
10	33+893	33+943	50.0	8.0	I
11	33+943	34+000	57.0	7.0	I
12	34+000	34+040	40.0	4.0	I
13	34+040	34+100	60.0	2.5	I
14	34+405	34+489	84.0	9.5	I
15	34+489	34+535	46.0	2.5	I
16	35+633	35+640	7.0	4.5	I
17	35+640	35+803	163.0	6.0	I
18	35+803	35+840	37.0	8.0	I

19	35+840	35+880	40.0	7.5	I
20	35+880	35+920	40.0	3.0	I
21	35+920	35+960	40.0	2.5	I
22	35+960	36+000	40.0	5.5	I
23	36+000	36+016	16.0	7.5	I
24	36+016	36+046	30.0	3.0	I
25	56+465	56+480	15.0	3.5	I
26	56+480	56+495	15.0	2.5	I
27	59+836	59+865	29.0	3.5	I
28	60+630	60+640	10.0	3.0	I
29	60+640	60+720	80.0	3.5	I

2.6.2.5 Túneles

El marco normativo de aplicación es el “Manual de Carreteras – Diseño Geométrico (2018)” del MTC y el “Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias (2016)” del MTC.

El eje vial proyectado en los tramos que contienen túneles se considera como carretera de 2ª clase, con una velocidad de diseño de 40 km/h. La calzada cuenta con dos carriles de

3.30 m de ancho cada uno y bermas exteriores de 1.20 m de ancho.

Tal y como se ha indicado en capítulos precedentes, se han proyectado once túneles a lo largo del trazado Santa – Huallanca, cuyas longitudes y PK de inicio y fin se detallan a continuación:

Figura 109*Sostenimientos planteados para los túneles*

Túnel N°	PK inicio	PK fin	Longitud
Túnel 1	74+540	74+918	378.00
Túnel 2	97+198	97+273	75.00
Túnel 3	101+417	101+511	94.00
Túnel 4-5	102+124	102+530	406.00
Túnel 6	102+650	102+730	80.00
Túnel 7	103+000	103+145	145.00
Túnel 8	105+428	105+795	367.00
Túnel 9	106+042	106+370	328.00
Túnel 10	106+598	106+640	42.00
Túnel 11	108+805	108+897	92.00

Los túneles se consideran como túneles bidireccionales de calzada única, la cual queda constituida por dos carriles de 3.60 m, berma intermedia de 1.0 m, dos bermas laterales de 1.20 m y dos veredas de 0.75 m.

De esta forma, se dispone de un ancho interior total de 12.10 m, cumpliendo con lo indicado en el “Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias (2016)” del MTC. En relación al gálibo, la normativa exige contar con un valor mínimo de 5.50 m.

Para la caracterización geotécnica del trazado por dónde discurrirá el túnel, se contó con el análisis de los resultados obtenidos a partir de la cartografía geológica, las Estaciones Geomecánicas (EG) y las prospecciones geofísicas realizadas.

En el conjunto del trazado del túnel, de acuerdo a la información disponible, se ha elaborado la siguiente tramificación preliminar, de acuerdo a la calidad geotécnica del macizo rocoso para cada tunel:

Figura 110

Tramificación geotécnica preliminar del túnel 1

Pk inicio	Pk final	Longitud (m)	Litología	Flujo de agua	Clasificación Geomecánica		Sección tipo de sostenimiento
					R.M.R.	G.S.I.	
74+540	74+587	7	ti-gd	eco			
74+587	74+610	23			50	45	St-iii
74+610	74+621	11			55	50	St-iii
74+621	74+643	22			65	60	St-ii
74+643	74+673	30			55	50	St-iii
74+673	74+687	14			50	45	St-iii
74+687	74+704	17			40	35	St-iv
74+704	74+717	13			50	45	St-iii
74+717	74+733	16			30	25	St-iv
74+733	74+743	10			45	40	St-iii
74+743	74+753	10			50	45	St-iii
74+753	74+775	22			65	60	St-ii
74+775	74+808	33			70	65	St-ii
74+808	74+826	18			60	55	St-ii
74+826	74+836	10			45	40	St-iii
74+836	74+882	46			60	55	St-iii
74+882	74+918	36					

Figura 111*Tramificación geotécnica preliminar del túnel2*

Pk inicio	Pk final	Longitud (m)	Litología	Flujo de agua	Clasificación Geomecánica		Sección tipo de sostenimiento
					R.M.R.	G.S.I	
97+198	97+214	6	Ki-chi	Seco	55	50	St-iii
97+214	97+256	42			70	65	St-ii
97+256	97+273	17			55	50	St-iii

Nota: Elaboración Propia

2.6.3 Normas Técnicas de Diseño Y Evaluación

2.6.3.1 Normas Para Diseño De Puentes En Nuestro Medio

Las normas de diseño de puentes se clasifican en:

- Especificaciones para Diseño de Puentes AASHTO LRFD (2016)
- Manual de Diseño de Puentes MTC (2016).

2.6.3.2 AASHTO LRFD

2.6.3.2.1 Ecuaciones De Diseño

El puente debe ser proyectado para cumplir satisfactoriamente las condiciones impuestas por los estados límite previstos en el proyecto, considerando todas las combinaciones de carga que puedan ser ocasionadas durante la construcción y el uso del puente.

$$n \sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$$

$$n = n_D n_R n_I > 0.95$$

Donde:

ϕ_i : Factor de carga (obtenido estadísticamente).

ϕ : Factor de resistencia (obtenido estadísticamente).

n : Factor que relaciona ductilidad, redundancia e importancia operativa.

n_D : Factor que se refiere a la ductilidad. n_R : Factor que se refiere a la redundancia. n_I :

Factor que se refiere a la importancia.

Q_i : Efectos de fuerza.

R_n : Resistencia nominal.

R_r : Resistencia factorizada.

2.6.3.2.2 Factores de Carga

Para el diseño; la ecuación para el Estado Límite de Resistencia básicamente es:

$$U = \eta[1,25DC + 1,50DW + 1,75(LL + IM)]$$

U = Efecto último

DC = Carga muerta de componentes estructurales y no estructurales DW = Carga muerta de la superficie de rodadura y dispositivos auxiliares LL = Carga viva vehicular

IM = Carga Dinámica

n = Modificador de carga por redundancia, ductilidad e importancia del Componente analizado.

2.6.3.2.3 Cargas de Diseño

De acuerdo a lo que exigen las normas actuales se ha escogido como sobrecarga vehicular la del tipo HL-93, consistente en un camión por vía de aprox. 33 toneladas y con una

sobrecarga uniformemente distribuida por vía de tráfico de 0.96 TN/m. De acuerdo al ASSHTO LRFD se considera una sobrecarga por impacto como 33% del camión de diseño.

2.6.3.2.4 Normas Técnicas de Evaluación

La definición de una Evaluación de un Puente, es un análisis del desempeño de un puente existente.

En la evaluación de un puente se debe determinar la condición física, necesidad de mantenimiento y la capacidad de carga.

En nuestro medio para el diseño de puentes se emplea la norma americana AASHTO; para ser coherentes con esta práctica de diseño, para la evaluación de puentes hemos empleado las Especificaciones para Evaluación AASHTO.

2.6.3.2.5 Especificaciones para evaluación del AASHTO

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO) regula el proceso de la evaluación de los puentes mediante el Manual para la Evaluación de la Condición de los Puentes.

Las diferentes versiones de tales códigos mencionados se resumen a continuación:

1989 Guide Specifications for Strength Evaluation of Existing Steel and Concrete Bridges.

1990 Guide Specifications for Fatigue Evaluation of Existing Steel Bridges

1994 Manual for Condition Evaluation of Bridges.

Guide Manual for Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges (AASHTO-2012)(Interins).

2.6.3.2.6 AASHTO LRFR

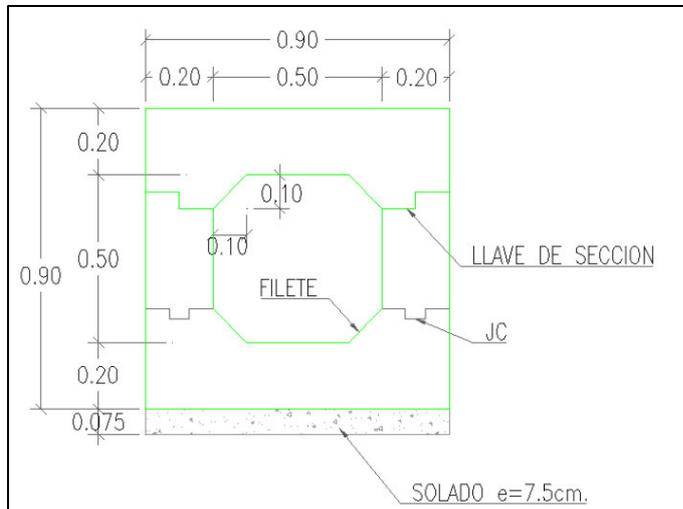
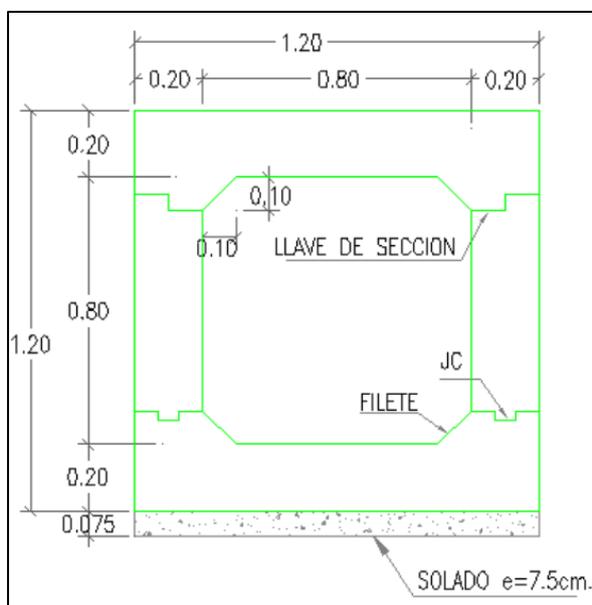
El presente trabajo se basa en el Manual para la Evaluación de la Condición de los Puentes del AASHTO (LRFR). En tal sentido, empleamos para la Evaluación del Puente el método de Clasificación de Factor de Carga y Factor de Resistencia de Puentes. La metodología empleada es consistente con la filosofía y enfoque de las Especificaciones para Diseño de Puentes del AASHTO LRFD.

2.6.4 Descripción General de Estructuras Proyectadas

2.6.4.1 Alcantarillas

El proyecto contempla la construcción dos tipos de alcantarillas típicas de 0.50x 0.50m y de 0.80x0.80m.

Para la definición de la longitud del puente se han tomado en consideración los resultados de los estudios de ingeniería básica realizados, siendo las recomendaciones del diseño geométrico y las recomendaciones del estudio geológico las más influyentes en la determinación de la ubicación y longitud.

Figura 112*sección transversal alcantarilla 0.50x0.50m***Figura 113***Elevación alcantarilla 0.80x0.80m*

Las características de las alcantarillas se describirán a continuación en los siguientes Ítems.

Alcantarilla 0.50x0.50m

Ancho Libre : 0.50m

Altura Libre : 0.50m

Altura de relleno: 0.50m

Espesor de losa: 0.20m

Espesor de losa de cimentación: 0.20m

Peso específico del relleno : 1.80 tn/cm²

Peso específico de concreto : 2.4 tn/m³

Alcantarilla 0.800x0.80m

Ancho Libre : 0.80m

Altura Libre : 0.80m

Altura de relleno: 0.50m

Espesor de losa: 0.20m

Espesor de losa de cimentación: 0.20m

Peso específico del relleno : 1.80 tn/cm²

Peso específico de concreto : 2.4 tn/m³

Materiales ambas alcantarillas

Calidad del concreto: 210 kg/cm²

Acero de Refuerzo Pasivo f_y = 4200 Kg/cm²(ASTM A 615/G60)

Acero de Refuerzo Activo f_u = 18600 Kg/cm²

Superficie de Rodadura

Se ha previsto la colocación de una capa de asfalto la parte superior de la losa de 50 mm. que servirá como superficie de desgaste.

Especificaciones de Diseño

La superestructura se ha sido diseñada para la sobrecarga vehicular HL93. Se han utilizado las siguientes especificaciones:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2 016.

Manual de Diseño de Puentes (diciembre MTC – 2018).

2.6.4.2 badenes

El proyecto contempla la construcción distintas longitudes de badenes, con anchos entre 8 10 y 12m.

Para la definición de la longitud de los badenes serán en múltiplos de 5m (paños) según progresiva de la vía.

Figura 114

sección transversal del badén con referencia al eje de la vía

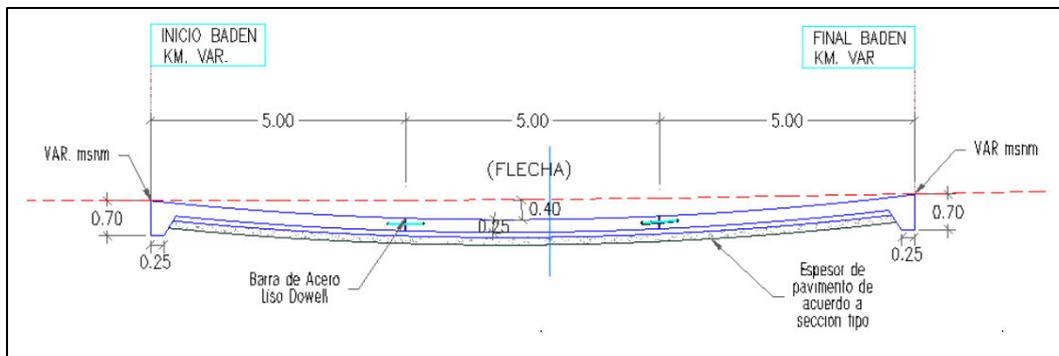


Figura 115

Detalle de planta de badén en paños de 5 m de ancho de 12m, pueden ser más paños según solicitud.

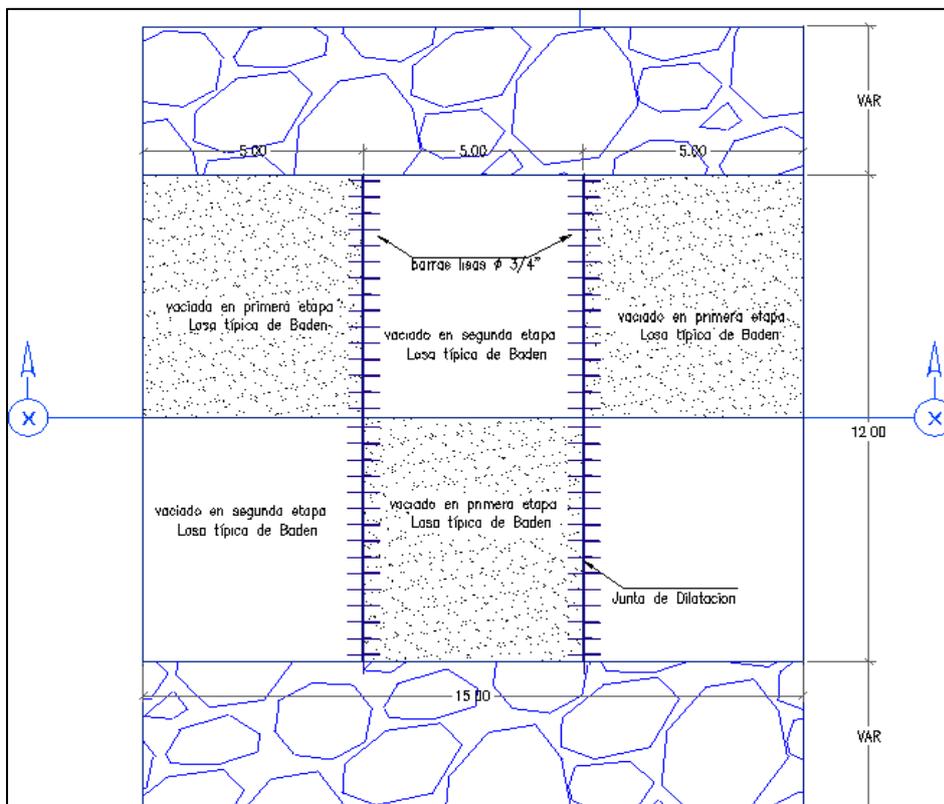
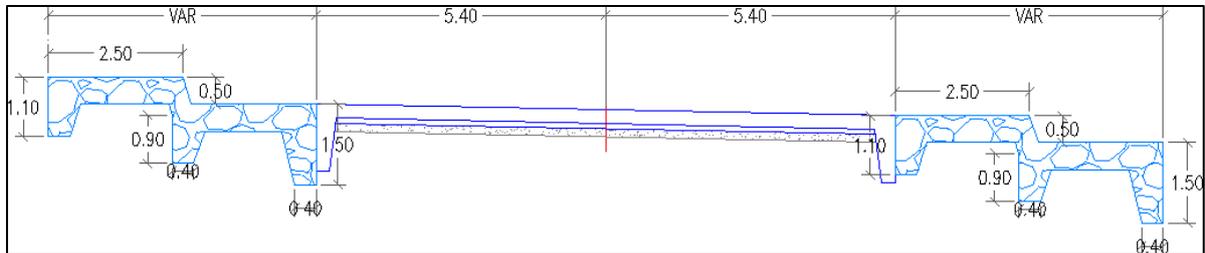


Figura 116

Sección longitudinal del badén con referencia l aje de la vía



Las características de las alcantarillas se describirán a continuación en los siguientes Ítems

Materiales ambas alcantarillas

Calidad del concreto: 280 kg/cm²

Acero de Refuerzo Pasivo $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (ASTM A 615/G60)

Acero de Refuerzo Activo $f_u = 18600 \text{ Kg/cm}^2$

Superficie de Rodadura

Se ha previsto la colocación de una capa de asfalto la parte superior de la losa de 50 mm. que servirá como superficie de desgaste.

Especificaciones de Diseño

La superestructura se ha sido diseñada para la sobrecarga vehicular HL93. Se han utilizado las siguientes especificaciones:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2 016.
- Manual de Diseño de Puentes (diciembre MTC – 2018).

2.6.4.3 Muros De Contención

El proyecto contempla la construcción muros de contención tipo voladizo para distintos tipos de altura, pero en múltiplos de 5m según solicitudes de estudios topográfico y geotécnico, principalmente.

Las características geométricas dependerán de los estudios principalmente de la altura del muro y de la capacidad admisible del suelo. Las cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Figura 117

Dimensiones de muro de concreto armado

DIMENSIONES DE MURO DE CONCRETO ARMADO									
TIPO de muro	H (m)	hp (m)	H _z (m)	B ₂ (m)	t ₁ (m)	B ₄ (m)	B ₅ (m)	B (m)	AREA de SECCION (m ²)
Tipo 1	2.00	1.60	0.40	0.25	0.25	0.00	0.90	1.40	0.96
Tipo 2	2.50	2.10	0.40	0.35	0.25	0.05	1.00	1.65	1.24
Tipo 3	3.00	2.55	0.45	0.45	0.25	0.10	1.10	1.90	1.62
Tipo 4	3.50	3.05	0.45	0.55	0.25	0.15	1.30	2.25	2.00
Tipo 5	4.00	3.55	0.45	0.65	0.25	0.20	1.45	2.55	2.35
Tipo 6	4.50	4.05	0.45	0.70	0.25	0.20	1.65	2.80	2.68
Tipo 7	5.00	4.45	0.55	0.75	0.25	0.25	1.85	3.10	3.37
Tipo 8	5.50	4.90	0.60	0.90	0.25	0.30	2.00	3.45	4.03
Tipo 9	6.00	5.40	0.60	1.10	0.25	0.35	2.05	3.75	4.55
Tipo 10	6.50	5.85	0.65	1.25	0.25	0.35	2.25	4.10	5.15
Tipo 11	7.00	6.30	0.70	1.40	0.25	0.40	2.40	4.45	5.95
Tipo 12	7.50	6.75	0.75	1.55	0.25	0.50	2.50	4.80	6.98

Especificaciones de Diseño

La superestructura se ha sido diseñada para la sobrecarga vehicular HL93. Se han utilizado las siguientes especificaciones:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2 016.

Manual de Diseño de Puentes (diciembre MTC – 2018).

2.6.4.4 Puentes

Para el dimensionamiento de los puentes principalmente se siguió las recomendaciones de la normativa AASTHO LRDF y al Manual de Puentes 2018, la superestructura predimensionado según la tabla de peraltes tradicionales del AASTHO (según luz proyectada) y la subestructura principalmente a la topografía (perfil longitudinal, secciones y topografía en general), la capacidad admisible del suelo y nivel de cimentación de los estudios de suelos y geotecnia. Para el diseño posterior se consideró las cargas y demás criterios según reglamento actual el AASTHO y manual de puentes.

Figura 120

Peraltes mínimos tradicionales para superestructuras de profundidad constante.

Superestructura		Profundidad mínima (incluyendo el tablero) Si se utilizan elementos de profundidad variable, estos valores se pueden ajustar para considerar los cambios de rigidez relativa de las secciones de momento positivo y negativo	
Material	Tipo	Tramos Simples	Tramos Continuos
Concreto reforzado	Losa con armadura principal paralela al tráfico	$\frac{1.2(S + 10)}{30}$ en (ft)	$\frac{S+10}{30} \geq 0.54$ ft
	Vigas T	0.070L	0.065L
	Vigas Cajón	0.060L	0.055L
	Vigas de estructuras peatonales	0.035L	0.033L
Concreto pretensado	Losas	0.030L ≥ 6.5 in	0.027 ≥ 6.5 in
	Vigas cajón coladas en sitio	0.045L	0.040L
	Vigas doble T prefabricadas	0.045L	0.040L
	Vigas de estructuras peatonales	0.033L	0.030L
	Vigas cajón adyacentes	0.030L	0.025L
Acero	Profundidad total de viga doble T compuesta	0.040L	0.032L
	Profundidad de la porción de sección doble T de la viga doble T compuesta	0.033L	0.027L
	Reticulados	0.100L	0.100L

2.6.4.4.1 Análisis Estructural de los Puentes

Descripción del Sistema Estructural

La estructura se ha concebido como viga continua simplemente apoyada. El tablero está conformado por una losa de concreto armado y ya sea una viga de concreto armado, viga metálica, un prefabricado de tipo AASTHO postensado, viga cajón de concreto postensado, sistema reticulado, sistema de arco atirantado o arco de concreto armado. Cuya construcción se basa en un vaciado simultáneo y por tramos.

El proceso constructivo de esta estructura consiste en primer lugar, con la construcción de la cimentación directa en base a zapatas, luego los estribos (en caso de el sistema de arco de concreto armado vendría a ser un arranque) y cuando estas hayan adquirido una resistencia

inicial se colocan un falso puente, para la construcción del tipo de sistema estructural de la superestructura y posterior se construye la losa apoyados sobre un encofrado.

Modelamiento Estructural

Se ha utilizado un modelo estructural unidimensional, el cual consiste en un modelo lineal, donde los elementos verticales representan a los estribos verticales y el horizontal representa el sistema estructural de la superestructura ya sea el tipo de viga, reticulado arco atirantado o de concreto armado. Las condiciones de restricción de los apoyos se han contemplado como articulados en la base, por lo cual solo se transmiten a la zapata cargas verticales excepción del arco de concreto armado, también transmiten fuerzas horizontales del mismo modo los momentos.

Métodos de Análisis Estructural

Para las cargas permanentes se ha realizado un análisis del tipo estático lineal, utilizando las recomendaciones del AASHTO LRFD, en base al cálculo de factores de distribución de corte y de momento.

2.6.4.4.2 Cargas Aplicadas

Cargas Permanentes (DC)

Las cargas permanentes que actúan sobre la superestructura son las siguientes:

Peso Propio (DC1)

Se ha considerado un peso específico de 25 KN/m³ para el cálculo de todos los componentes de concreto.

Cargas Permanentes (DC2)

Se han considerado las siguientes cargas:

Peso de barandas: 0.20 t/m por lado

Cargas Permanentes superpuestas (DW) Se han considerado las siguientes cargas:

Peso de asfalto : 0.11 t/m²

Empuje del Terreno

Se han considerado un ángulo de fricción para el material de relleno de 33° y un peso volumétrico de 1.8 t/m³.

Para la condición seudo estática se considera que el coeficiente sísmico tiene un valor de la mitad del valor del coeficiente sísmico que el correspondiente para la zona 3. De $Z=0.35g$. y en la zona 4 de $Z=0.35g$ (puentes y tuneles)

Sobrecarga sobre el relleno

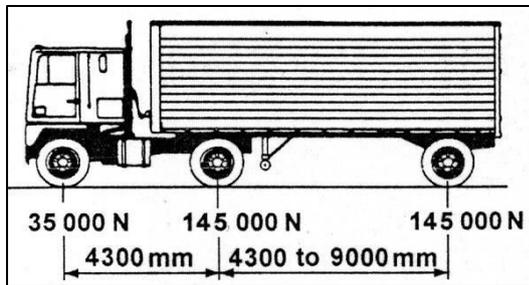
Se han considerado una sobrecarga equivalente sobre el relleno, según las recomendaciones del AASHTO-LRFD.

Carga Viva

El análisis por carga viva ha sido realizado aplicando la carga HL93 del artículo

3.6.1.2 de la norma AASHTO LRFD la cual consiste en una combinación del camión de diseño con la carga distribuida de diseño de 9.3 N/mm. La carga viva es resistida por la sección compuesta total.

Las características del camión de diseño se muestran en la siguiente figura:

Figura 121*Camión de Diseño*

Al camión de diseño se le ha considerado un incremento de carga de $IM=33\%$ debido a las cargas dinámicas que éste genera, tal y como se especifica en el artículo 3.6.2.1 de la norma AASHTO LRFD.

La carga distribuida de diseño consiste en una carga de 9.3 KN/m uniformemente distribuida en la dirección longitudinal del puente. Esta carga no presenta un incremento debido a cargas dinámicas. ($IM=0$).

Tal como recomienda la norma se debe emplear, el efecto máximo producido por la siguiente disposición de cargas vehiculares:

- El camión de diseño + la sobrecarga distribuida.
- El tándem de diseño + la sobrecarga distribuida.
- La carga especial de diseño para momentos máximos negativos (90% del camión de diseño, separado como mínimo $15\,000 \text{ mm}$ entre dos camiones continuos).

2.6.4.4.3 Combinaciones de Carga

El cálculo del efecto total factorado de la fuerza Q para cada estado límite se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \eta \sum \gamma_i Q_i$$

Donde:

η = modificador de carga,

γ_i = factor de carga para el caso de carga i , y

Q_i = efecto de las fuerzas para el caso de carga i

A continuación, se presentan los factores de carga para el estado límite de servicio (S), el estado límite de resistencia (U1) y el estado límite de fatiga (U2):

Figura 122

Estado Límite Combinaciones de Carga

Estado Límite	Combinaciones de Carga			
		H	□DC	□LL
Servicio I	S-I	1.00	1.00	1.00
Resistencia I	R-I	1.00	1.25	1.75
Fatiga	F	1.00	-	0.75

2.6.4.4.4 Diseño y Verificación

El diseño del acero de refuerzo de la superestructura se ha hecho conforme a las disposiciones para concreto reforzado de las especificaciones AASHTO LRFD así como las especificaciones del ACI. Para el cálculo bajo condiciones últimas se han considerado los siguientes factores de reducción de resistencia:

$\phi = 0.90$ Flexión sin carga axial

$\phi = 0.90$ Flexo tracción

$\phi = 0.75$ Flexo compresión

$\phi = 0.90$ Corte y Torsión

Flexión

El diseño en flexión contempla el cálculo del refuerzo en condiciones de Servicio y de Rotura (R-I), y la verificación posterior de los esfuerzos de fatiga (F) del acero de refuerzo calculado conforme se indica en 5.5.3.2 de AASHTO. El refuerzo finalmente colocado satisface ambas condiciones, que es el mostrado en los planos del proyecto.

Servicio

Se han diseñado las vigas para que el acero no supere un esfuerzo máximo del 60% del esfuerzo de f_u ($0.6f_u$) de acuerdo a la AASHTO. Asimismo, se han diseñado las vigas para que el concreto no supere un esfuerzo máximo del 60% de su resistencia a la rotura ($0.6f'_c$) de acuerdo a 5.9.4.1.1 de la AASHTO.

Cortante

De las siguientes condiciones:

$$V_n \leq V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.25 \cdot f'_c \cdot b_v \cdot d_v$$

Donde:

b_v : ancho efectivo del alma

d_v : peralte efectivo tomado como el mayor valor de d , $0.9d_e$ ó $0.72h$

Cortante

De las siguientes condiciones:

En las ecuaciones precedentes V_n es la resistencia nominal al cortante, V_c es la resistencia cortante proporcionada por el concreto y V_s es la resistencia proporcionada por el

acero de refuerzo. El valor de reducción ϕ se ha tomado como 0.90, tal como se indica en el ítem 5.5.4.2.1 de las especificaciones AASHTO.

La resistencia proporcionada por el concreto puede ser calculada por la siguiente expresión:

Donde b_w es el ancho de la viga, d es la distancia desde el centro de gravedad del refuerzo a la fibra extrema en compresión y es el factor que indica la capacidad para transmitir tensión de las grietas diagonales en el concreto. En este caso se ha considerado el valor de $=2$ (conservador) según 5.8.3.4.1, valor que hace coincidir con la fórmula del ACI.

La resistencia proporcionada por el acero puede ser calculada por la siguiente expresión:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d \cdot \cot \theta}{s}$$

Deflexiones

La deflexión es producida por las cargas permanentes en el centro de los tramos. Estas se han considerado como una contraflecha donde se toma en cuenta el fenómeno de la deformación diferida en el tiempo del concreto (creep) tal como se especifica en el ítem 5.7.3.6.2 de AASHTO LRFD, cuando la deformación está basada en la deformación instantánea. Dicha contraflecha, debe ser tomada en cuenta durante la fase de fabricación.

2.6.4.4.5 Losa de Aproximación

Cargas

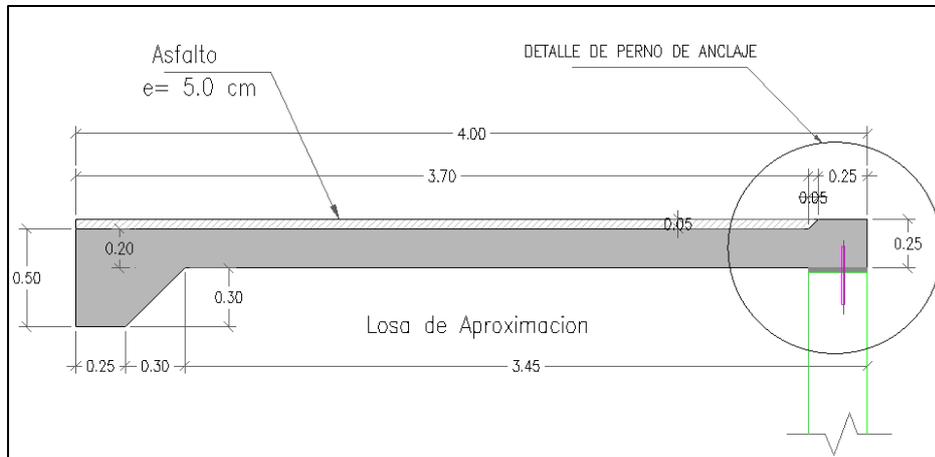
Se ha considerado en el análisis las cargas permanentes (DC) debido a su peso propio y también la carga viva (LL) aplicada sobre el área en contacto de la llanta con la losa, determinada por la norma AASHTO.

Modelo para el Análisis Estructural

Se emplearon unos elementos tipo viga con resortes verticales para representar la interacción suelo estructura ante la aplicación de cargas.

Diseño Estructural

En base a los resultados obtenidos del análisis estructural se procedió al cálculo del refuerzo según su resistencia para lo cual se empleó la siguiente combinación de cargas de resistencia: $RI = 1.25DC + 1.50DW + 1.75LL$.

Figura 123*Detalle de losa de aproximación*

2.6.4.5 Túneles

El proyecto contempla la construcción de 11 túneles, con distintos tipos de sostenimiento principalmente de 3 tipos de sostenimiento.

A continuación, se presentará la portada de los túneles y los tipos de sostenimiento del mismo modo el diseño geométrico vial correspondiente proyectado.

Figura 124

Vista transversal de la portada de túneles

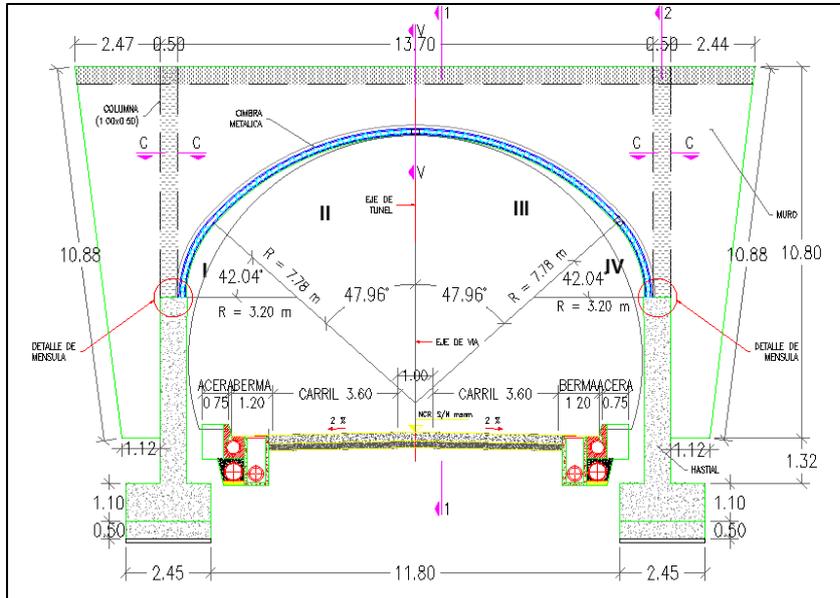


Figura 125

Vista en planta de portada

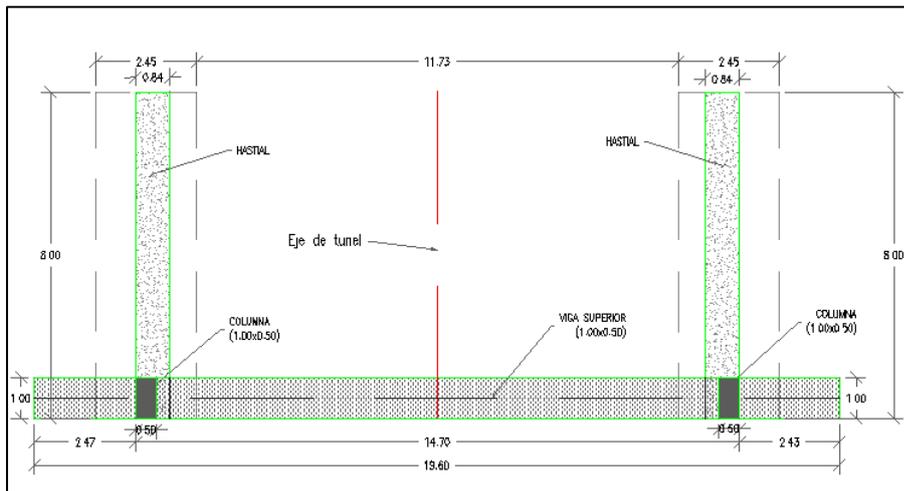


Figura 126

Detalle sostenimiento de túnel

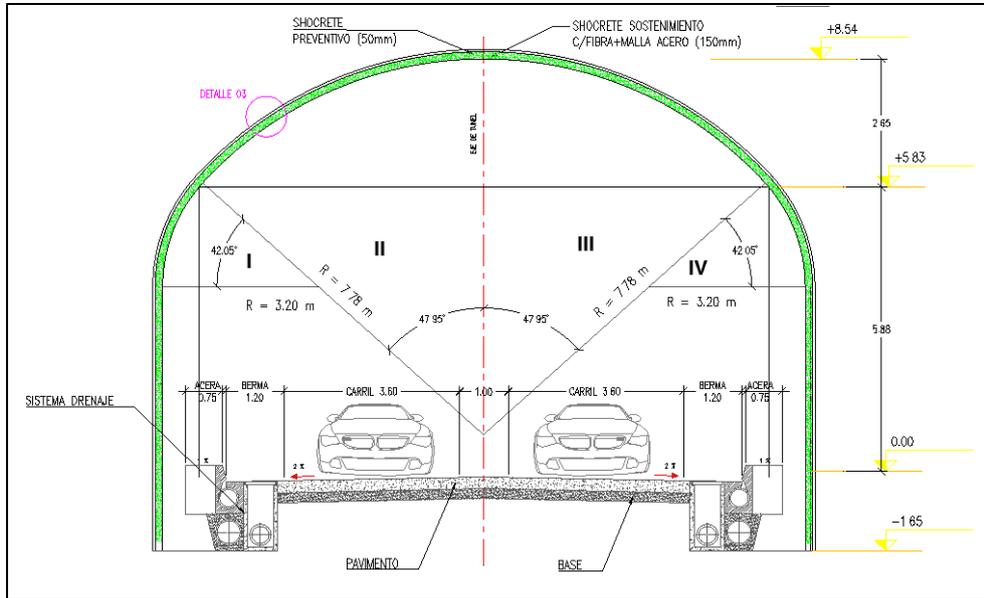


Figura 127

sostenimiento tipo I

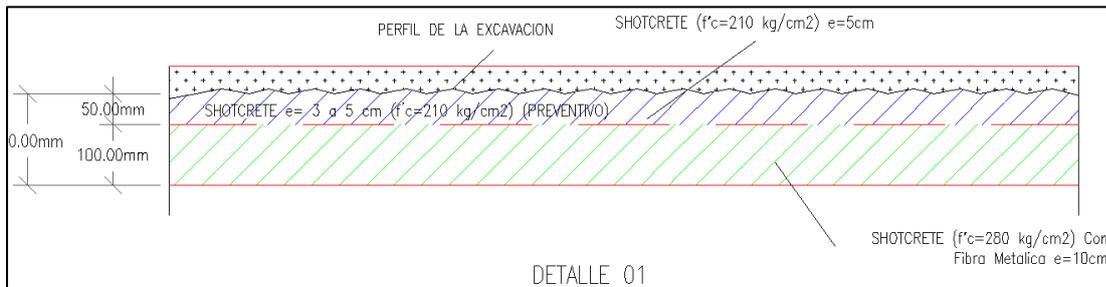


Figura 128

Sostenimiento tipo II

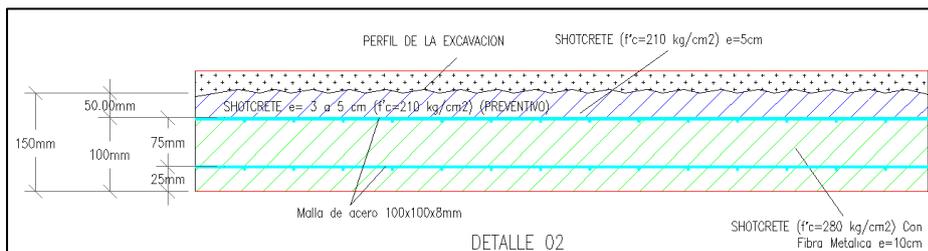
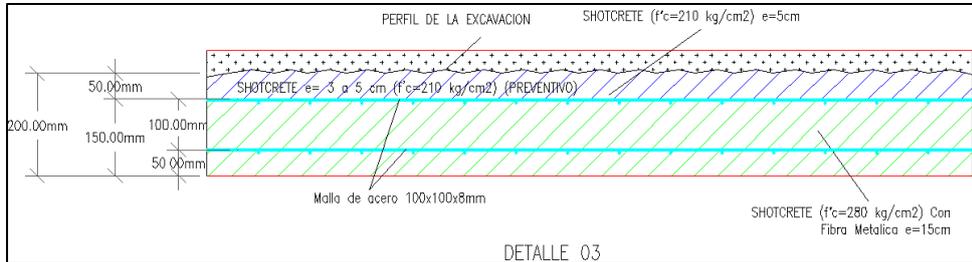


Figura 129

Sostenimiento tipo III



Materiales Para portada:

Figura 130

Especificaciones técnicas de materiales del túnel.

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
ESPECIFICACIONES AASHTO LRFD 2016	
MATERIALES :	
CONCRETO DE NIVELACION (SOLADO)	f'c=100 kg/cm2
CONCRETO DE MURO	f'c=280 kg/cm2
ACERO DE REFUERZO (ASTM A615)	ACERO Fy=4200 kg/cm2
RECUBRIMIENTOS :	
RECUBRIMIENTO	
EN PANTALLAS	
EN GENERAL	4.0 cm

Sostenimiento:

Calidad del concreto (shocrete): 210 kg/cm2 perfilar excavación (preventivo)

Calidad del concreto (shocrete): 280 kg/cm2 (con fibra de acero)

Maya de acerofy = 4200 Kg/cm2(ASTM A 615/G60)

Acero de Refuerzo Activo fu = 18600 Kg/cm2

Superficie de Rodadura

Se ha previsto la colocación de pavimento rígido de 250mm. que servirá como superficie de desgaste, con una sub base de material granular según especificaciones.

Especificaciones de Diseño

La superestructura se ha sido diseñada para la sobrecarga vehicular HL93. Se han utilizado las siguientes especificaciones:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2016.

Manual de Diseño de Puentes (diciembre MTC – 2018).

2.7 Diseño Geométrico

2.7.1 Información Referencial

La información que sirvió como referencia para el presente estudio es la siguiente:

- Estudio de Preinversión de Actualización de Factibilidad de la carretera Santa Huallanca.
- Levantamiento Topográfico elaborado para el presente estudio.
- Estudio de Tráfico elaborado para el presente estudio.
- Informe de las otras Especialidades.
- Software Google Earth.

2.7.2 Marco Normativo

Se usó como marco referencial los documentos siguientes:

- Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.
- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 6th Edition (AASHTO GDHS), del 2011.
- Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias, octubre del 2016.
- Norma GH. 020 Componentes de diseño Urbano, RNE.
- Decreto Supremo N° 058-2003-MTC: “Reglamento Nacional de Vehículos”
- Términos de Referencia.

2.7.3 Términos De Referencia

Para el diseño geométrico, el consultor deberá tomar en cuenta ambos tramos de acuerdo a lo descrito en el ítem 4.3.2 de los presentes términos de referencia: “Ítem 4.3.2:” Para

la elaboración de los trabajos de Georreferenciación ,Topografía ,Trazo y Diseño Vial el proyectista deberá considerar (02) dos tramos, los cuales se mencionan a continuación:

Tramo I: Santa – Chuquicara (RutaPE-12)

Tramo II Chuquicara-Huallanca (Ruta PE-3N)

En el tramo II , el consultor deberá analizar una vía de evitamiento para la localidad de Yuracmarca, y una variante al trazo de la carretera existente a la altura del último puente existente del tramo en estudio que da acceso a la localidad de Huallanca , Asimismo deberá proponer el mejoramiento de la sección de los túneles existentes.

2.7.4 Clasificación de la Vía

El tramo en estudio pertenece a la Ruta PE-12 que contiene desde Santa hasta la localidad de Chuquicara y también la ruta PE-3N que comprende desde Chuquicara hasta Huallanca y las clasificaciones son las siguientes:

2.7.4.1 Clasificación por su Demanda.

De acuerdo al Estudio de Trafico se identifican 3 sectores bien definidos que son los siguientes:

Figura 131

Distancias por Tramos

ESTACIONES	TRAMOS	Distancia km.	Longitudes
E-1	SANTA - VINZOS	23+000	0+000- 23+000
E-2	VINZOS - PUENTE CHUQUICARA	43+500	23+000-66+500
E-3	PUENTE CHUQUICARA - PUENTE HUAROCHIRI	41+500	66+500-108+000
E-4	PUENTE HUAROCHIRI - YURACMARCA	12+500	108+000-120+500
E-5	YURACMARCA - HUALLANCA	12+300	120+500-132+800

Resumen De Las Estaciones

A continuación, se presenta el cuadro resumen del índice medio diario, de cada una de las estaciones de aforo.

Figura 132

Índice Medio Diario por Estación

Estaciones	Tramos	Imda Total	Clasificación
E-1	Santa - vinzos	2,521	Carretera Primera clase
E-2	Vinzos - puente chuquicara	1,098	Carretera Segunda clase
E-3	Puente chuquicara - puente huarochiri	527	Carretera Segunda clase
E-4	Puente huarochiri - yuracmarca	408	Carretera Segunda clase
E-5	Yuracmarca - huallanca	678	Carretera Segunda clase

2.7.4.2 Tráfico Total.

El tráfico total es la suma del tráfico normal más el generado más el desviado, que se produce una vez ejecutado el proyecto y se asumirá para las estaciones e-1, e-2, e-3, e-4 y e-5; con una proyección de 20 años.

2.7.4.3 Clasificación Por Su Orografía.

El tramo en estudio desarrolla una orografía variada, clasificándola de la siguiente manera:

Figura 133*Clasificación por Orografía*

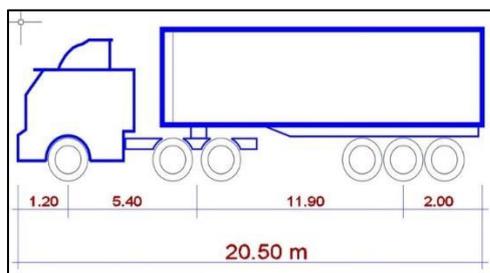
Estaciones	Tramos	Clasificación
E-1	Santa - vinzos	Tipo 1
E-2	Vinzos - puente chuquicara	Tipo 2
E-3	Puente chuquicara - puente huarochiri	Tipo 3 y 4
E-4	Puente huarochiri - yuracmarca	Tipo 3 y 4
E-5	Yuracmarca - huallanca	Tipo 3 y 4

2.7.4.4 Criterios y Controles Básicos Para el Diseño Geométrico.

Los principales criterios de diseño utilizados son lo que se desarrollaran en los siguientes ítems:

Vehículo de Diseño. De los tipos de vehículos considerados en la Norma DG-2018:

Conforme a los vehículos que circulan en la vía y en función al estudio de tráfico obtenido se considera como vehículo de diseño el tipo semirremolque T3S3, cuyas dimensiones son las siguientes:

Figura 134*Vehiculó Semirremolque T3S3*

Del análisis de Tráfico Normal:

Se ha realizado la suma total del conteo de vehículos en cinco estaciones (E-1, E-2, E-3, E-4 y E-5), para determinar la influencia del vehículo en el diseño de la carretera.

Figura 135

Índice Medio Diario por Vehículo

Tipo de Vehículos	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Autos	582	106	37	32	45	173
Station Wagon	244	62	15	15	21	70
Camioneta PickUp	281	187	56	30	106	104
Camioneta Rural	137	38	19	18	57	46
Micro	3	6	3	1	3	2
Omnibus 2E	69	64	31	8	17	43
Omnibus 3E	2	0	0	1	1	15
Omnibus 4E	1	0	0	0	0	0
Camión 2E	95	72	33	19	48	54
Camión 3E	30	38	18	11	9	19
Camión 4E	7	4	2	2	3	2
T2S2	0	0	0	1	0	0
T2S3	1	0	0	1	0	1
T3S1	0	0	0	1	0	0
T3S2	1	1	1	1	0	4
T3S3	6	4	1	1	2	15
T3S4	1	1	0	0	0	0
C2R2	0	0	1	0	0	0
C2R3	0	0	0	0	0	0
C3R2	2	2	1	0	0	0
C3R3	7	0	0	0	1	0
C3R4	0	0	0	0	0	0
TOTAL IMD	1,471	585	219	141	313	548

También se tendrá en cuenta los Radios mínimos de cada tipo de vehículo que transita por la vía.

Figura 136

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras

Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto	Ancho	Vuelo	Ancho	Largo	Vuelo	Separación	Vuelo	Radio mín.
	total	Total	lateral	ejes	total	delantero	ejes	trasero	rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30

Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00	3,10	12,80
Semirremol que simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	2,80
Semirremol que doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80	1,40	3,70
Semirremol que remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	3,70
Semirremol que simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1,00

2.7.4.5 Velocidad de Diseño.

Como se sabe la velocidad directriz de un proyecto es la velocidad de diseño, el cual viene a ser la máxima velocidad que podrá mantener con seguridad en un tramo determinado de la carretera.

Según la tabla 204.01 “Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y Orografía” del DG 2018 , para el diseño se ha elegido como velocidad de diseño 60 Km/h y 40 km/h distribuidos de la siguiente manera:

Del Km 0+000 al km 25+600 Vd=60 km/hr

Del Km 25+600 al km 69+100 $V_d=60$ km/hr

Del Km 69+100 al km 134+583.681 $V_d=40$ km/hr

Entonces según la orografía y la velocidad de diseño, encontramos 3 sectores típicos, con las siguientes características:

Km 0+000 al Km 25+600

Velocidad de Diseño: 60 Km/h

Según su demanda: Carretera primera clase

Tipo Orografía: Tipo 1 y 2

Km 25+600 al Km 69+100

Velocidad de Diseño: 60 Km/h

Según su demanda: Carretera segunda clase

Tipo Orografía: Tipo 2

Km 69+100 al Km 134+583.681

Velocidad de Diseño: 40 Km/h

Según su demanda: Carretera segunda clase

Tipo Orografía: Tipo 3 y 4

2.7.5 Visibilidad

2.7.5.1 Distancia de Visibilidad de Parada. De acuerdo a la Norma DG-2018:

Según la tabla 205.03 “Distancia de visibilidad de parada (metros)” de la Norma DG-2018 en nuestro caso tenemos pendientes menores a 6% por lo que consideramos en este proyecto como distancia de visibilidad de parada 92 m.

2.7.5.2 Distancia De Visibilidad De Paso. De Acuerdo A La Norma Dg-2018:

Según la tabla 205.03 “Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos” de la Norma DG-2018 en nuestro caso la distancia de visibilidad de paso será de 410 m y 270m para una velocidad de 60Km/h y 40Km/h respectivamente, dicho adelantamiento se dará por el carril izquierdo.

2.7.6 Instalaciones al Lado de la Vía

Las instalaciones a lado de la vía serán otorgadas por Provias Nacional dentro y fuera del derecho de vía; tales como Estaciones de peajes y pesaje, Servicios de Emergencias, Puentes peatonales, Puestos de control de la PNP, ADUANA, Estaciones de servicios de combustibles, hospedajes, paradero de buses, etc.

2.7.7 Facilidades para Peatones

Todas las obras complementarias serán señalizadas, facilitando el tránsito peatonal tanto en zonas urbanas como en las zonas rurales de acuerdo a las normas de seguridad vial.

2.7.8 Valores Estéticos y Ecológicos

El proyecto protege al medio ambiente y destaca la belleza natural que se encuentra en todo el recorrido, evitando la destrucción de la vegetación. El trazo y perfil del proyecto se acomoda a las características del terreno existente.

2.7.9 Diseño Geométrico en Planta.

2.7.9.1 Tramo en Tangente.

De acuerdo a la norma DG-2018:

En nuestro caso tenemos, con una velocidad de 60 km/h:

L_{min.s}: 83 m.

L_{min.o}: 167 m.

L máx: 1002 m.

También tenemos con una velocidad de 40 km/h:

L_{min.s}: 56 m.

L_{min.o}: 111 m.

L máx: 668 m.

2.7.9.2 Radio Mínimo

Dado que se trata de una carretera que tenemos sectores de primera clase y segunda clase con orografías de tipo 1, 2, 3 y 4 conforme a los sectores identificados. El peralte que le corresponde es de 12% conforme a la Tabla 302.02 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras de la Norma DG-2018.

En nuestro caso corresponde de la siguiente forma:

$$0 + 000 \text{ al } 25 + 600 \text{ Pmáx} = 6\%$$

$$25 + 600 \text{ al } 69 + 100 \text{ Pmáx} = 6\%$$

$$69 + 100 \text{ al } 134+583.681 \text{ Pmáx} = 12\%$$

El trazo de recorrido se desarrolla en un área rural (accidentada y escarpada) por lo que para una velocidad de diseño de 60km/h y 40 km/h se usa un radio mínimo de 105m y 45m respectivamente.

2.7.9.3 Peralte.

Asumiendo como peralte máximo 12%, de acuerdo con la norma DG-2018:

2.7.9.4 Curva de Transición.

Según la Tabla 302.09 Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo , Tabla 302.10 de la Norma DG-2018 Longitud Mínima de Curva de Transición y Tabla 302.11A Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición de la Norma DG-2018 , para una velocidad de 60Km/h tomaremos como longitud mínima 50m y sobre radio superiores a 325m no será prescindible el uso de estas curvas (Espirales).

También para la velocidad de 40Km/h tomaremos como longitud mínima 40m y sobre radio superiores a 150m no será prescindible el uso de estas curvas (Espirales).

2.7.9.5 Transición de Peralte.

la norma indica en los valores Longitud mínima de transición de peralte y Longitud mínima de transición de bombeo en la Tabla 302.13 de la Norma DG-2018 tabla de peralte.

2.7.9.6 Sobreancho.

Según la norma DG-2018 el valor mínimo del sobreancho a aplicar es de 0,40 m.

Figura 137

Las dimensiones de los sobreanchos calculados para nuestro proyecto

Sobreancho Para Vd =	60	Km/Hr
Velocidad Directriz	R	Sa
Km/Hr	M	M
60	135	3.1
60	140	3.0
60	145	2.9
60	150	2.8
60	155	2.7
60	160	2.6
40	52	7.4
40	53	7.2
40	54	7.1
40	55	6.9
40	56	6.8
40	57	6.7
40	58	6.6
40	59	6.5
40	60	6.4
40	61	6.3
40	62	6.2
40	63	6.1
40	64	6.0
40	65	5.9
40	66	5.8
40	67	5.7
40	68	5.6
40	69	5.5

2.7.10

2.7.11 *Diseño Geométrico en Perfil*

2.7.11.1 Pendientes

De acuerdo con la Norma DG-2018:

Pendiente Mínima es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0,5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.
- Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0,5% y la mínima excepcional de 0,35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0,5%.

Pendiente Máxima es Según la tabla 303.01 *Pendientes máximas (%)* de la Norma DG-2018 ,para nuestro caso tomaremos como pendiente máxima 6% o 7% según sea el caso.

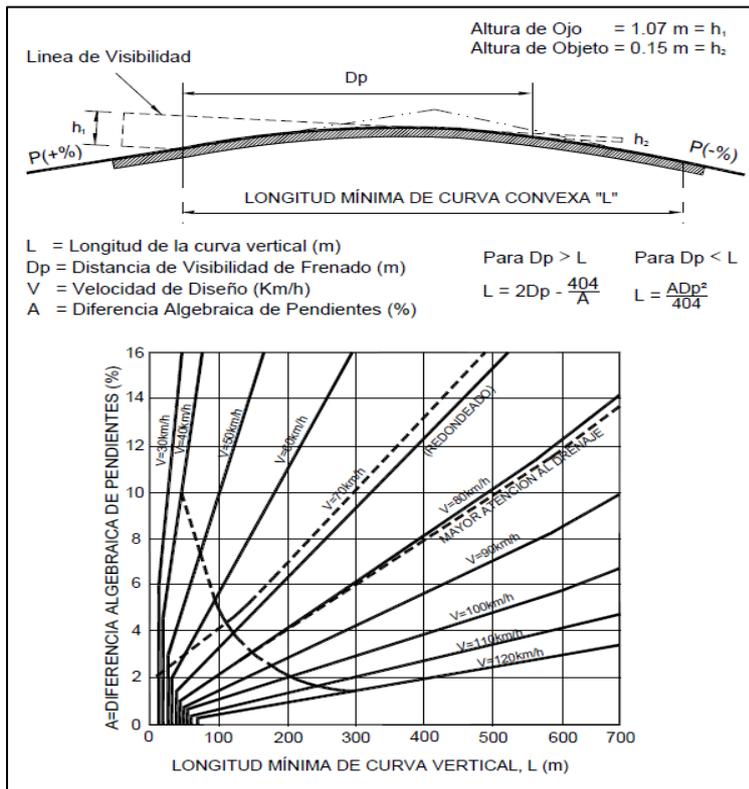
Luego para la zona de túnel, se considerará la Tabla 2.1 *Pendientes y Rampas Máx* del Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias.

2.7.11.2 Curvas Verticales

De acuerdo a la norma DG-2018:

Figura 138

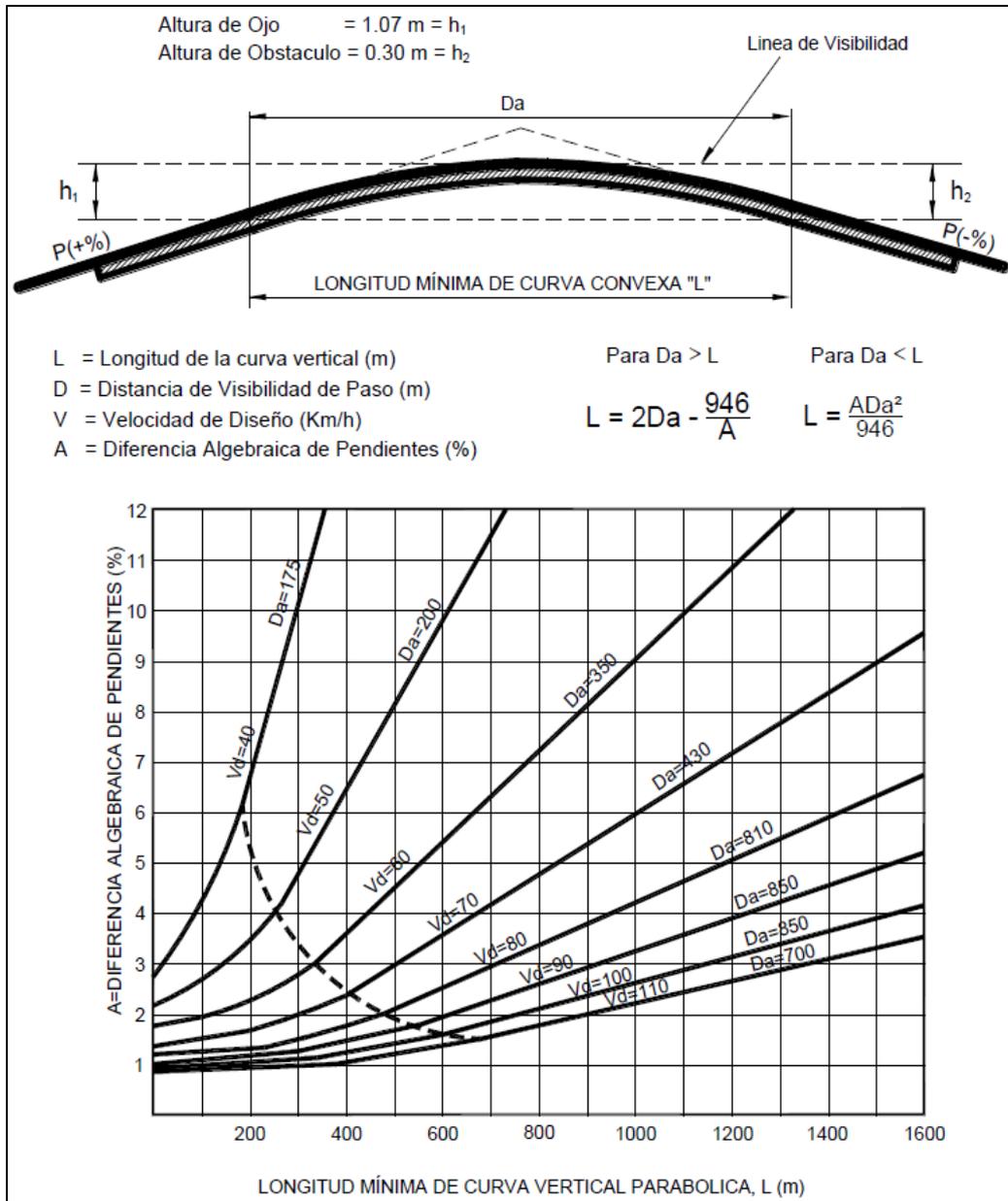
Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



Nota: Figura 303.06 de la Norma DG-2018

Figura 139

Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



Nota: Figura 303.07 de la Norma DG-2018

2.7.12 Sección Transversal

2.7.12.1 Calzada.

De acuerdo con la norma DG-2018 en la tabla 301-01 Anchos mínimos de calzada en tangente, para nuestro caso se está considerando del km 0+000 al 69+100 7.20m de ancho de calzada y del 69+100 al 134+583.681 6.60m

2.7.12.2 Berma.

De acuerdo con la Norma DG-2018 en la tabla 304.02 Ancho de bermas, para nuestro caso se está considerando del km 0+000 al km 25+600 berma de 3.0 m, del km 25+600 al km 69+100 berma de 2.0m y del km 69+100 al km 134+583.681 berma de 1.20m.

2.7.12.3 Bombeo.

Segun la Norma DG-2018 en la Tabla 304.03 *Valores del Bombeo de la Calzada*, el bombeo que nos corresponde es de 2% conforme a la información de la especialidad de hidrología e hidráulica.

2.7.12.4 Derecho de Vía.

Según la: Tabla 304.09 de la Norma DG-2018 Anchos Mínimos de Derecho de Vía, correspondiendo para nuestro caso:

Del km 0+000 al km 25+600: Carretera de primera clase 25m.

Del km 25+600 al km 134+583.681: Carretera de segunda clase 20m.

Sin embargo, se debe tener presente también el siguiente lineamiento dado por la misma norma:

En general, los anchos de la faja de dominio o Derecho de Vía, fijados por la autoridad competente se incrementarán en 5.00m, en los siguientes casos:

- Del borde de los taludes de corte más alejado.
- Del pie de los terraplenes más altos.
- Del borde más alejado de las obras de drenaje.
- Del borde exterior de los caminos de servicio.

Para los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas, la autoridad competente fijará el Derecho de Vía, en función al ancho requerido por la sección transversal del proyecto, debiendo efectuarse el saneamiento físico legal, para cumplir con los anchos mínimos fijados en la tabla 304.09 de la norma DG-2018, excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera.

2.7.13 Diseño Geométrico de Túnel.

Para la definición de las dimensiones de la plataforma dentro del túnel, se está considerando de acuerdo con el “Manual de carreteras: Túneles, muros y obras complementarias”. Cuyo ancho de carril es de 3.6, bermas laterales de 1.20m y una berma central de 1.00m, adicionalmente una vereda de 0.50m por cada lado.

2.7.13.1 Tipo de Túneles.

Los túneles presentados en este informe son túneles rurales, donde el tipo de material predominante está constituido por rocas, las cuales requieren el uso de sistemas de perforación, voladuras y excavaciones mecánicas, siendo su sección de tipo Circular.

Como resumen general tenemos los siguientes parámetros del diseño:

Santa - Vinzos (0+000 Al Km 25+600)

Velocidad Directriz : 60 Km/Hr

Radio Mínimo : 135m

Ancho de Calzada : 7.20m

Ancho de Bermas a cada lado: 3.00m

Pendiente Máxima : 6%

Peralte Máximo : 6%

Sobreeancho : Variable de acuerdo al Radio de cada curva

Bombeo : 2%

Sobreeancho de Compactación : 0.50m (Solamente en lado de rellenos)

Vinzos - Chuquicara (25+600 Al Km 69+100)

Velocidad Directriz : 60 Km/Hr

Radio Mínimo : 135m

Ancho de Calzada : 7.20m

Ancho de Bermas a cada lado : 2.00m

Pendiente Máxima : 6%

Peralte Máximo : 6%

Sobreeancho : Variable de acuerdo al Radio de cada curva

Bombeo : 2%

Sobreeancho de Compactación : 0.50m (Solamente en lado de rellenos)

Chuquicara - Huallanca (69+100 Al Km 134+583.681)

Velocidad Directriz : 40 Km/Hr

Radio Mínimo : 45m

Ancho de Calzada : 6.60m

Ancho de Bermas a cada lado: 1.20m

Pendiente Máxima : 9%

Peralte Máximo : 12%

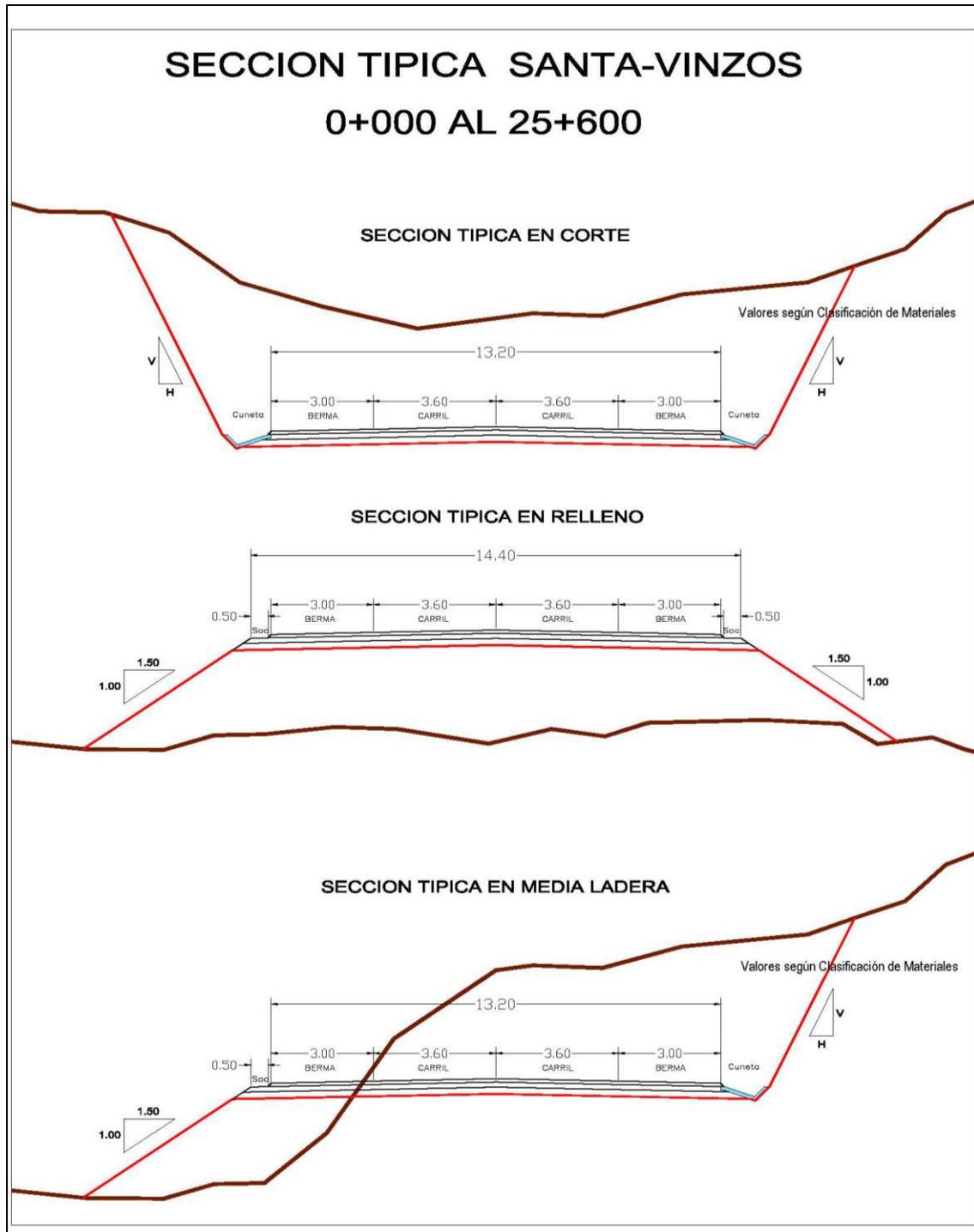
Sobreechancho : Variable de acuerdo al Radio de cada curva

Bombeo : 2%

Sobreechancho de Compactación : 0.50m (Solamente en lado de rellenos)

Figura 141

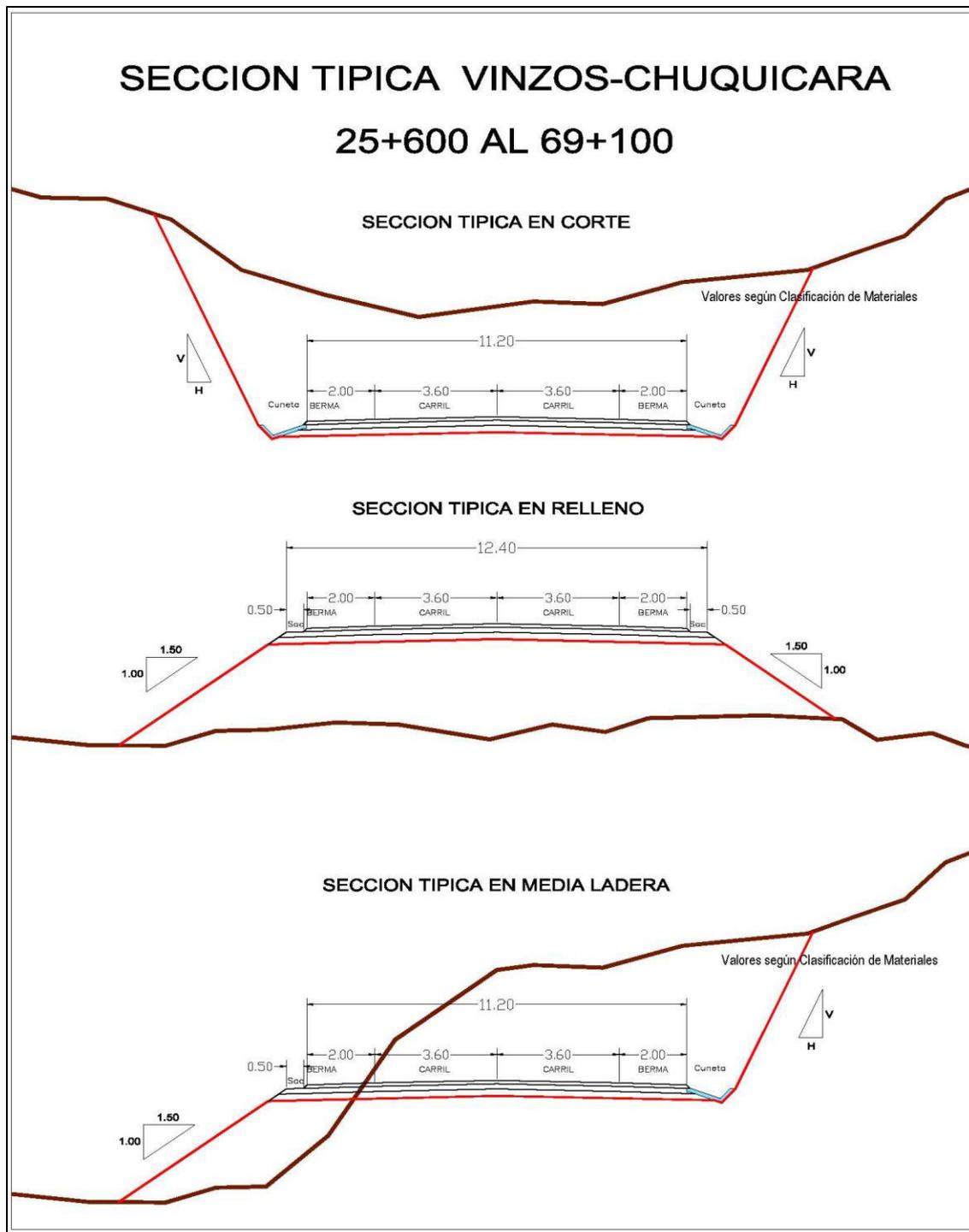
Sección Típica Santa-Vinzos



Nota: Elaboración Propia

Figura 142

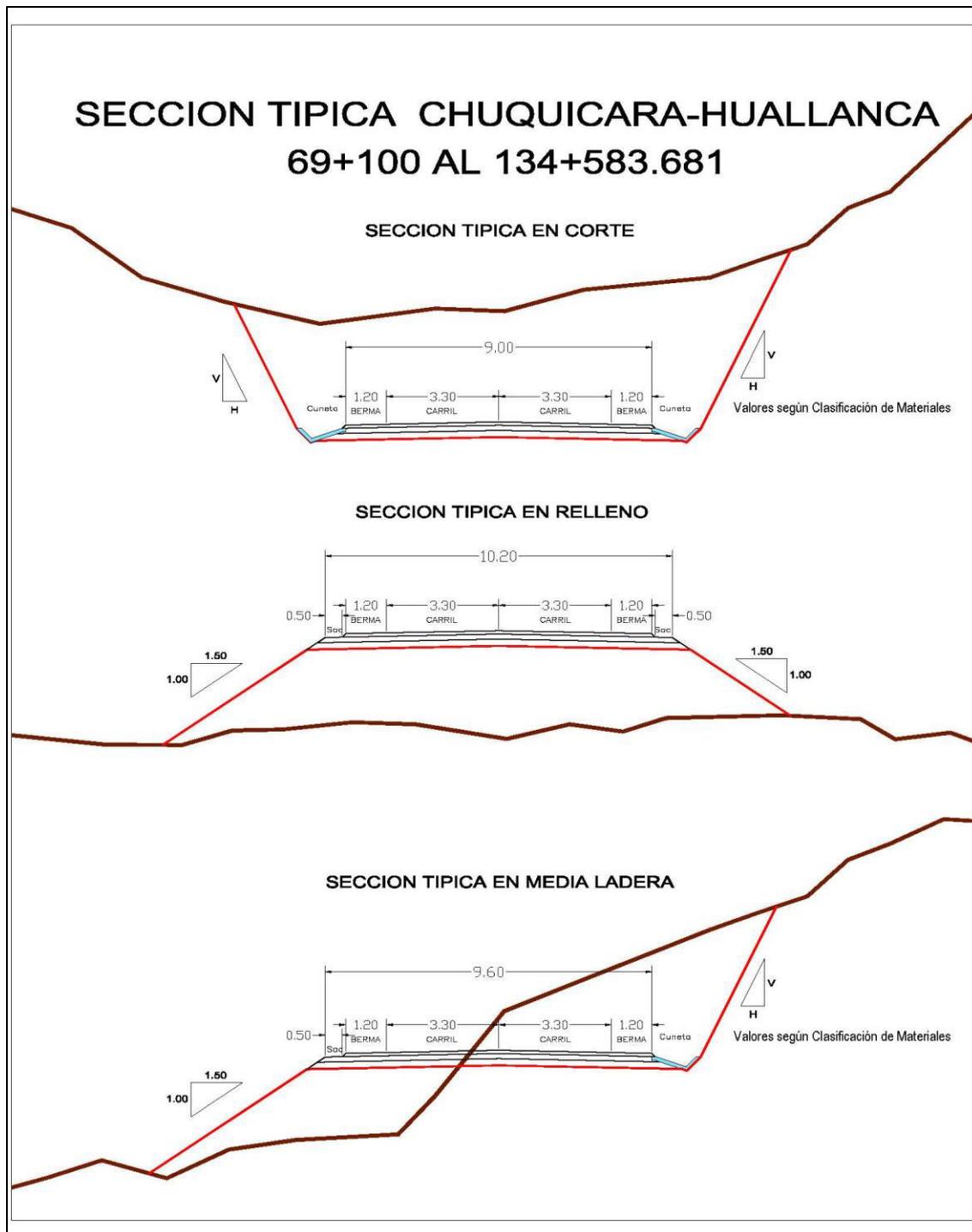
Sección típica vinzos-chuquicara



Nota: Elaboración Propia

Figura 143

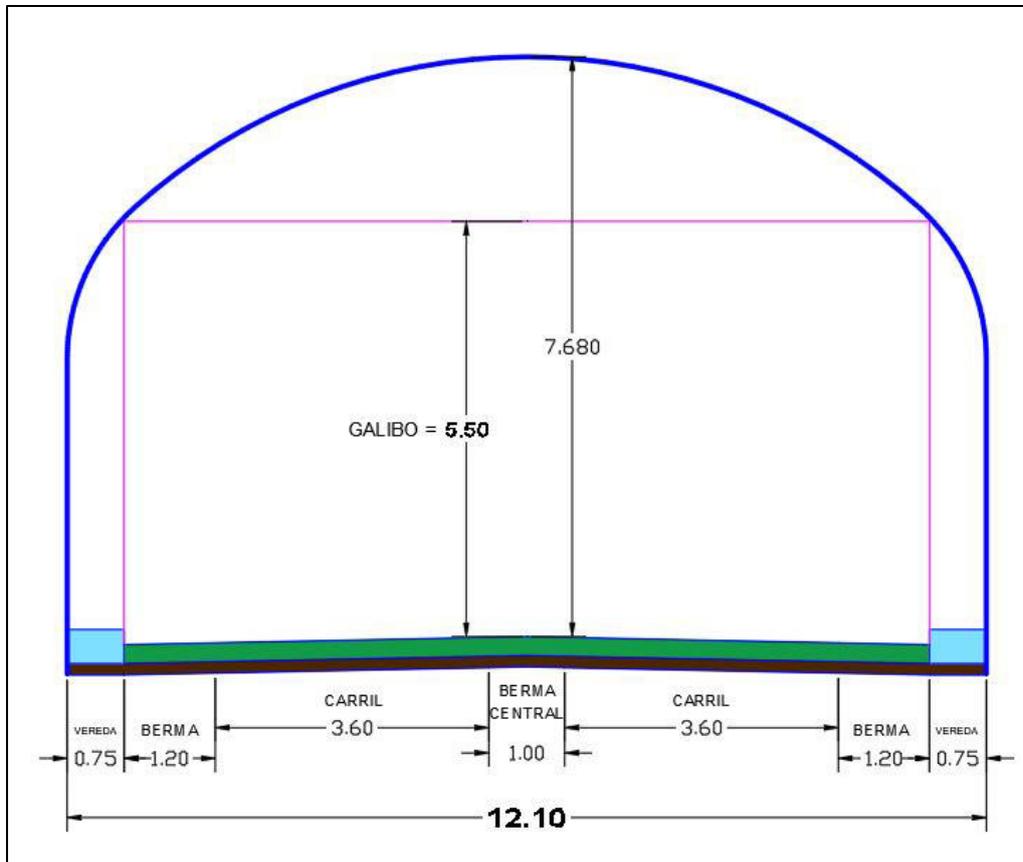
Sección típica Chuquicara-huallanca



Nota: Elaboración Propia

Figura 144

Sección típica de los túneles proyectados Santa - Huallanca.



Nota: Elaboración Propia

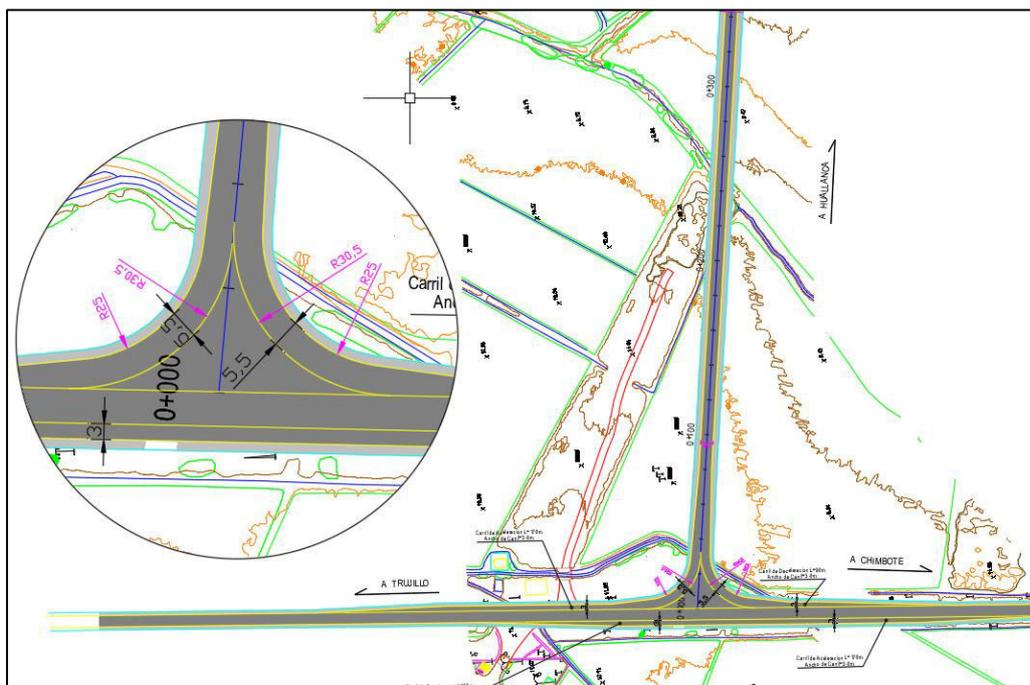
2.7.14 Descripción del Trazado

El trazado se inicia al Sur del distrito de Santa, a una distancia de 2,570 metros de la vía Santa Huallanca actual y en la coordenada 9°003,456; 761,817 a una altura de 12 msnm.

En este inicio se está proyectando una intersección a nivel permitiendo todos los movimientos necesarios. Aprovechando que en toda esta área se cuentan con energía eléctrica, se propone semaforizarla con fines de lograr todos los giros.

Figura 145

Inicio del trazo al sur del distrito de Santa.



En los primeros 5,250 metros (0+000 al 5+250) se atraviesa áreas de cultivos en los cuales la subrasante se elevó en coordinación con el especialista de hidrología e hidráulica.

Del Km 5+250 el trazado aprovecha a lo máximo la vía existente con fines de afectar en lo menor posible los terrenos laterales. Al pasar por el poblado Alto Perú (Km 8+200 Al Km 9+800) el trazado se centra por la vía existente menorando las afectaciones, en forma

similar al pasar por el área poblada de El Castillo (Km 10+200 al Km 11+100), Rinconada (Km 14+100 al Km 16+400), Vinzos (Km 24+200 al Km 25+400) en este mismo sector del poblado de Vinzos se tiene un tramo que la vía existente no cumple con las condiciones de diseño y por lo cual se está modificando el trazado según normas DG-2018 que corresponde desde el Km 16+400 al km 25+700, estas correcciones de trazado haciendo cumplir las normas también se presentan en los siguientes sectores: Km 30+650 al Km 31+200, del Km 34+980 al Km 35+140, del Km 50+340 al Km 50+680, del Km 61+700 al Km 62+250, del Km 66+160 al Km 66+450. Se llega al poblado de Chuquicara desde el Km 69+000 al Km 69+600. Desde Chuquicara hasta Huallanca, la topografía se muestra más accidentado con orografías de tipo 3 y 4, también pasamos por 12 Túneles y 11 Puentes.

En todos los sectores por donde se atraviesa por los túneles, se ha aprovechado el existente, únicamente completando la sección considerada de diseño.

Al pasar por el puente del Km 76+290, el trazado de mejor opción es prácticamente en la misma posición actual, el mismo criterio es conveniente en los puentes del km 79+964, Km 81+554, Km 83+805, Km 101+344, Km 115+389, Km 116+915 y Km 118+404. Mientras que el Puente del Km 97+513 es conveniente pasar por el lado derecho y emplear el existente como acceso en la etapa de construcción, lo mismo sucede con el puente del Km 132+171 que a su vez en este kilometraje se plantea una variante conforme a los términos de referencia. Para el caso del puente del Km 126+251, de acuerdo a indicaciones del especialista de hidrología e hidráulica el trazado pasa a 14.5 metros lateralmente que a su vez se plantea un badén por las condiciones propias del terreno y la quebrada.

Conforme a los términos de referencia, se proyecta un evitamiento para el poblado de Yuracmarca, el cual inicia en el Km 121+640 y empalma a la vía existente en el Km 123+600, de longitud 1,960 metros.

Como se mencionó anteriormente estamos proyectando un puente nuevo en el Km 132+171, siendo este lugar el más idóneo por sus condiciones geológicas e hidráulicas y topográficas.

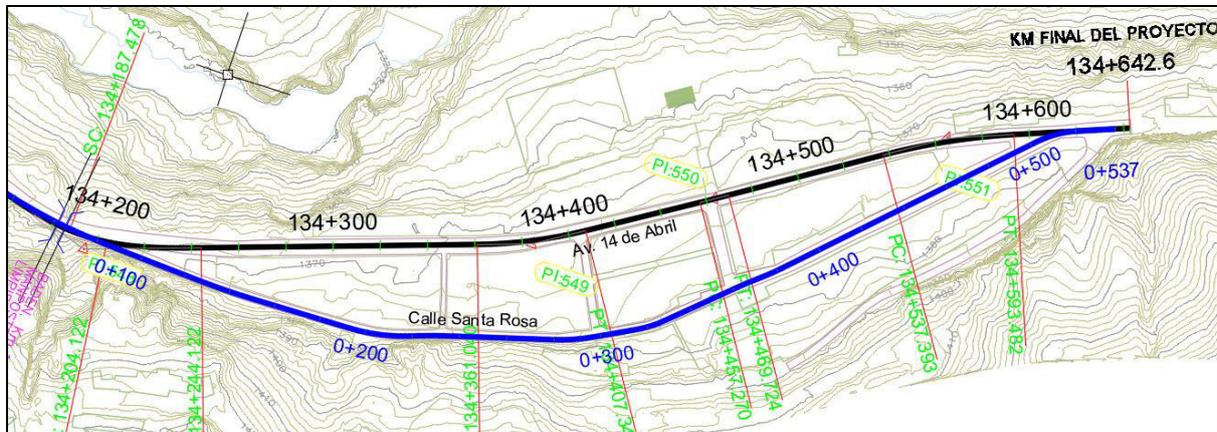
Desde el Km 117+600 al Km 121+000 el trazado se desarrolla sobre una ladera, en terreno accidentado y con el propósito de alcanzar cotas mayores estamos proyectando curvas de vuelta de radios desde 25 metros hasta los 30 metros.

En lo que referente a las pendientes longitudinales, en todos los casos se cumple de no superar las pendientes máximas según a su velocidad directriz que le corresponde. Como ejemplo tenemos los siguientes sectores: $p= 5.81\%$ del km 24+200 al Km 24+700. Del Km 25+300 al Km 25+700 la pendiente es de 8% , esta pendiente se proyectó en este sector por temas de seguridad y evitar que las viviendas aledañas se expongan a peligro porque se pasaría en corte cerrado de alturas del orden de los 6 metros. Del Km 40+350 al Km 40+650 la pendiente es de 4.33% , del Km 77+400 al Km 77+600 la pendiente proyectada es de 6.6% , Los sectores de mayores pendientes en el proyecto son del Km 117+800 al Km 128+800 que varían desde 4% a 7.7% .

El trazado llega al inicio del poblado de Huallanca en el Km 134+100 y culmina en el Km 134+583.681.

Figura 146

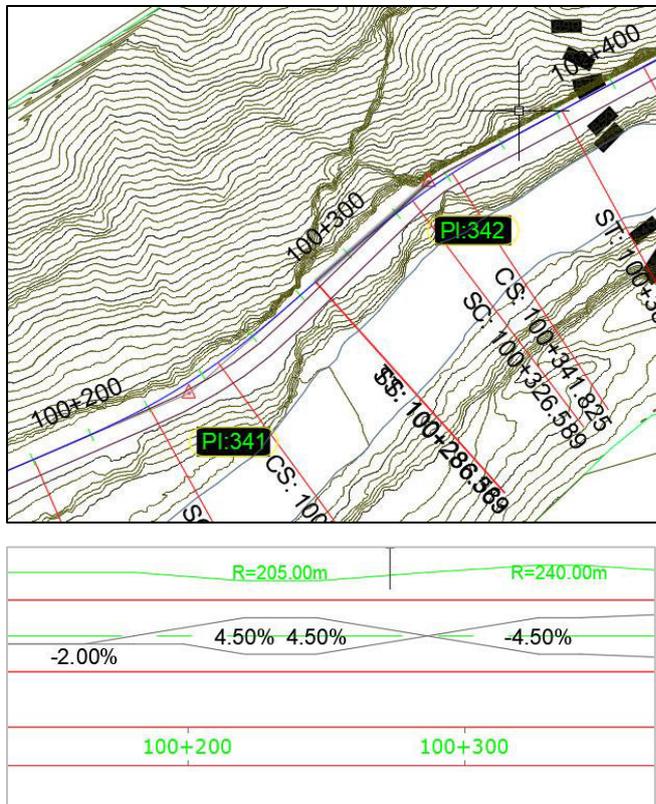
Fin del trazo en poblado de Huallanca.



Criterios aplicados en algunos sectores en los cuales no se cumplen las distancias de tangentes mínimas según normas.

Se tienen algunos sectores en los cuales no se cumplen con las distancias mínimas de las tangentes según normas; esto es debido a nuestra orografía que al cumplir las distancias de las tangentes se generan cortes altos generando banquetas infinitas los cuales generan gran cantidad de movimientos de tierras llevándonos a inviabilizar el proyecto. El concepto principal de estas distancias mínimas de las tangentes es para disponer de un espacio necesario para el desarrollo de las transiciones del peralte; y manteniendo esta consideración la solución o el criterio aplicado es la de compartir las transiciones desde la primera curva hasta la curva contigua de tal forma de no tener tramo con bombeo a ambos lados. Este criterio nos da un confort y seguridad para las maniobras de los usuarios. Estos casos se dan en curvas del mismo sentido y también en curvas y contra curvas.

Como ejemplo tenemos esta situación en el km 100+000 al km 100+400

Figura 147*km 100+000 al km 100+400*

2.8 Costos y Presupuesto

En el estudio se ha desarrollado dos alternativas de solución como propuestas;

- Alternativa 01 de pavimento flexible
- Alternativa 02 de pavimento rígido.

El trazo se proyecta sobre Ruta PE-12 que comprende desde Santa hasta la localidad de Chuquicara y también la ruta PE-3N que comprende desde Chuquicara hasta Huallanca.

El Proyecto en estudio tiene una longitud total 134.64 km.

2.8.1 Descripción Del Proyecto

Para el presente estudio, se ha seleccionado un solo trazo con dos alternativas propuestas de acuerdo a los siguientes cuadros:

Figura 148

longitudes del tramo

Descripción	Prog.Inicio	Prog.Final	Longitud (M)
1. Via Proyectada- Carretera			134,642.60
Tramo I	0+000.00	25+600.00	25,600.00
Tramo Ii	25+600.00	68+800.00	43,200.00
Tramo Iii	68+800.00	110+300.00	41,500.00
Tramo Iv	110+300.00	122+100.00	11,800.00
Tramo V	122+100.00	134+642.60	12,542.60

Figura 149*Alternativa 01 de Pavimento Flexible*

Sector	Del Km	Al Km	Carpeta Asfáltica (Cm)	Base Granular (Cm)	Sub Base (Cm)	Espesor De Refuerzo Ca (Cm)
01	00+000	10+770	9	17.5	17.5	4
02	10+770	19+000	9	15	17.5	4
03	19+000	66+500	9	15	15	4
04	66+500	97+198	7.5	15	15	4
05	103+145	105+428	7.5	15	15	4
06	106+640	134+230	7.5	15	15	4

Figura 150*Alternativa 01 Pavimento Rigido*

Sector	Del Km	Al Km	Losa Asumida (Mm)	Sub Base (Mm)	Largo (Cm)	Ancho (Cm)
01	00+000	10+770	230	200	230	220
02	10+770	23+000	230	150	230	220
03	23+000	25+600	220	150	230	220
04	25+600	66+500	220	150	300	280
05	66+500	102+645	200	150	300	280

Sector	Del Km	Al Km	Losa Asumida (Mm)	Sub Base (Mm)	Largo (Cm)	Ancho (Cm)
06	102+645	103+145	210	150	300	280
07	103+145	134+230	200	150	300	280

2.8.2 Análisis de Costos Directos

Los costos de la mano de obra que intervendrán en la ejecución de cada una de las partidas es la vigencia en el territorio nacional al mes de **diciembre del 2020** y corresponde a la publicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Los costos unitarios por concepto de mano de obra han sido categorizados de la siguiente manera:

- Operario
- Oficial
- Peón
- Capataz: 1.3 Jornal de Operario.
- Operador de Equipo Mediano (1)
- Operador de Equipo Pesado (1)
- Operario Electromecánico (1)

2.8.3 Presupuesto

Se ha elaborado considerando la ejecución de la obra por el Sistema de Precios Unitarios en base de los metrados y precios por cada partida, afectando al costo directo por los

porcentajes correspondientes a gastos generales y utilidad, además del impuesto general a las ventas, los precios son referidos al mes de **diciembre del 2020**.

En el cuadro resumen siguiente, se detallan los costos por alternativas.

Figura 151

Resumen De Alternativas

Resumen De Alternativas			
Item	Estructura	Alternativa 01 Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente	Alternativa 02 Pavimento De Concreto Hidráulico
A	Obras Viales	599,632,920.36	769,977,438.35
B	Puentes	33,551,025.48	33,551,025.48
C	Túneles	53,806,542.86	53,806,542.86
D	Peajes	5,501,801.01	5,501,801.01
	Costo Directo	92,492,289.71	862,836,807.70
	Gastos Generales	69,640,799.59	74,977,041.40
	Utilidad	69,249,228.97	86,283,680.77
	Sub Total	831,382,318.27	1,024,097,529.87
	I.G.V.	149,648,817.29	184,337,555.38
	Costo De Obra	981,031,135.56	208,435,085.25
	Longitud (Km)	134.643	134.643
	Costo X Km (S/.)	7,286,186.81	8,975,131.83
	Costo X Km (Us\$)	2,020,573.16	2,488,943.94
	Tipo De Cambio: S/.	3.606	

2.8.4 Cronograma Ejecución de Obra

Según la programación de obra en Diagrama Gantt, se obtuvo un tiempo de Ejecución de Obra de 1,440 días calendarios (48 meses).

III APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

En el desarrollo del Estudio de Pre-inversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Santa – Huallanca” desarrolle trabajos en

1. En el desarrollo del diseño en planta participe en el desarrollo del trazo preliminar y definitivo, en el desarrollo de las tangentes, curvas. Y generación de planos, en coordinación con las especialidades correspondientes.
2. En el desarrollo del diseño en perfil participe en el desarrollo del trazo vertical, desarrollo de curvas verticales, generación de planos.
3. En el desarrollo del diseño de sección transversal participe en el desarrollo de los planos de secciones transversales, generación del área de corte y relleno, Metrado de volumen de corte y relleno.

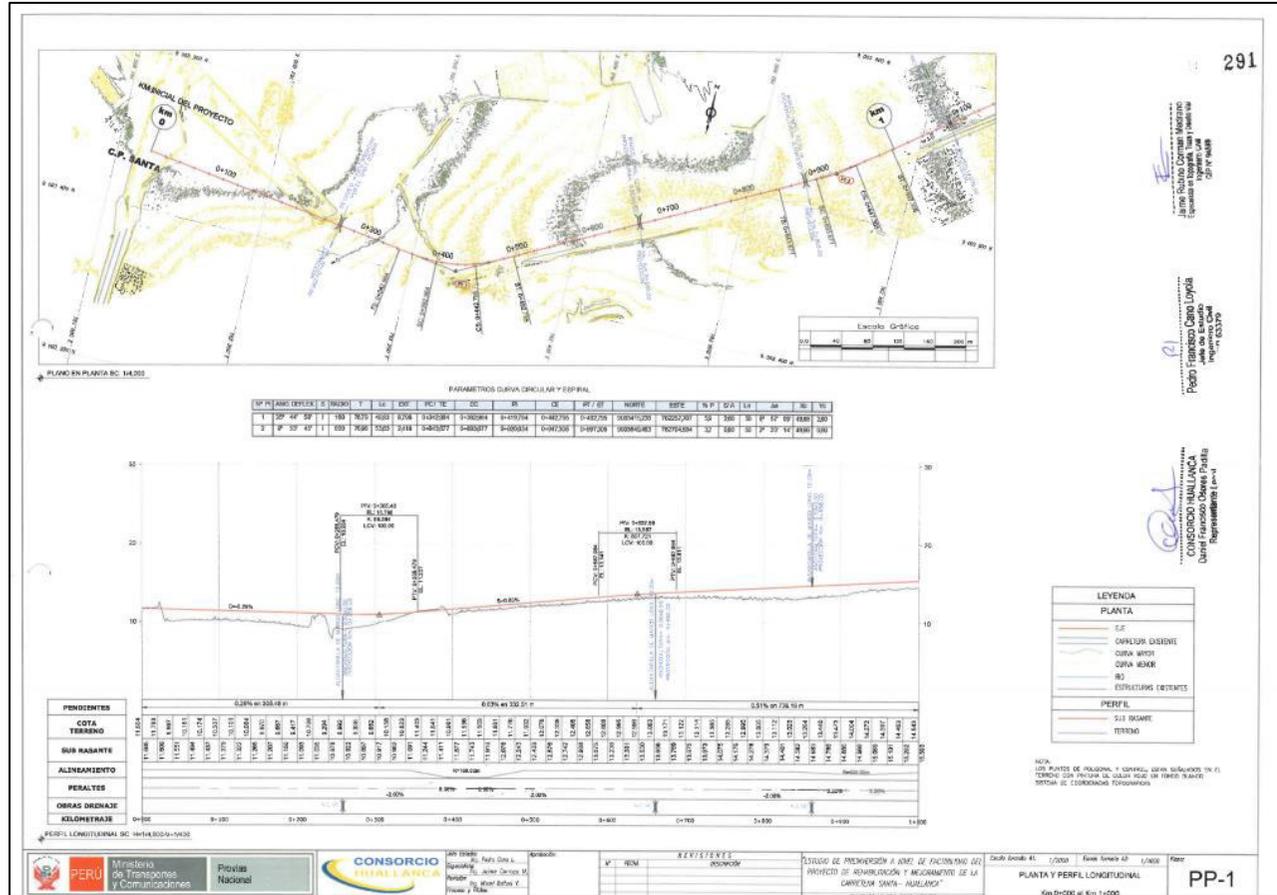
En el trazo de puentes y accesos provisionales desarrolle los planos de planta, perfil y secciones.

4. Elaboración de trazos alternativos en zona de poblados:
 - Evita miento alto Perú- El castillo
 - Evita miento Rinconada
 - Evita miento Pampa Vinzos
 - Evita miento Chuquicara
5. En los Depósitos de materiales excedentes (DME) desarrolle los planos (planta, perfil y secciones transversales) y en el cálculo de la potencia del depósito, teniendo en cuenta las especialidades de estudios de suelos,etc.
6. En las canteras desarrolle los planos (planta, perfil y secciones transversales) y el cálculo de volumen disponible de material a usar, teniendo en consideración los datos de Estudio de canteras.

7. En las áreas que pertenecen a sitios arqueológicos desarrolle los planos perimétricos con coordenadas UTM en coordinación con los estudios arqueológico.
8. En las áreas auxiliares desarrolle los planos perimétricos con coordenadas UTM.
9. En el desarrollo de la alternativa de sentido Huallanca – Caraz en el área urbana.

Figura 152

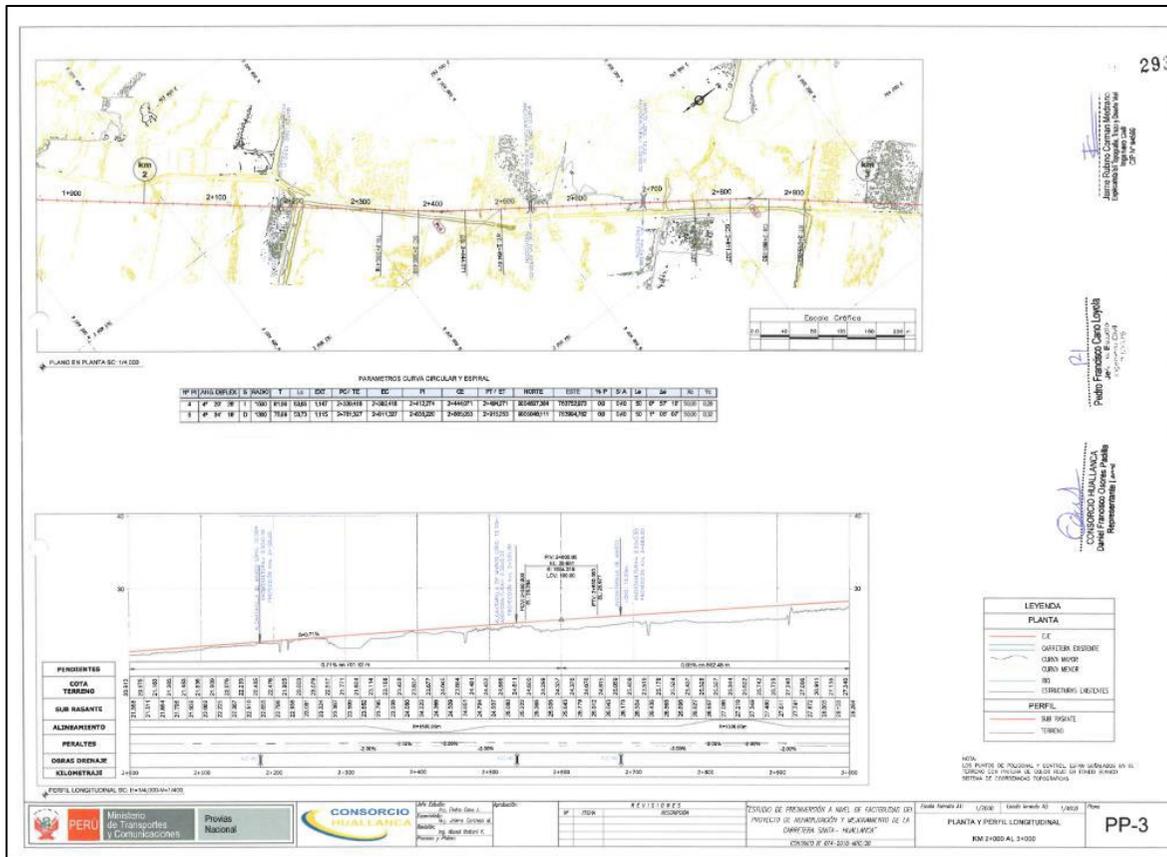
Plano de planta y perfil



Nota: Elaboración Propia

Figura 154

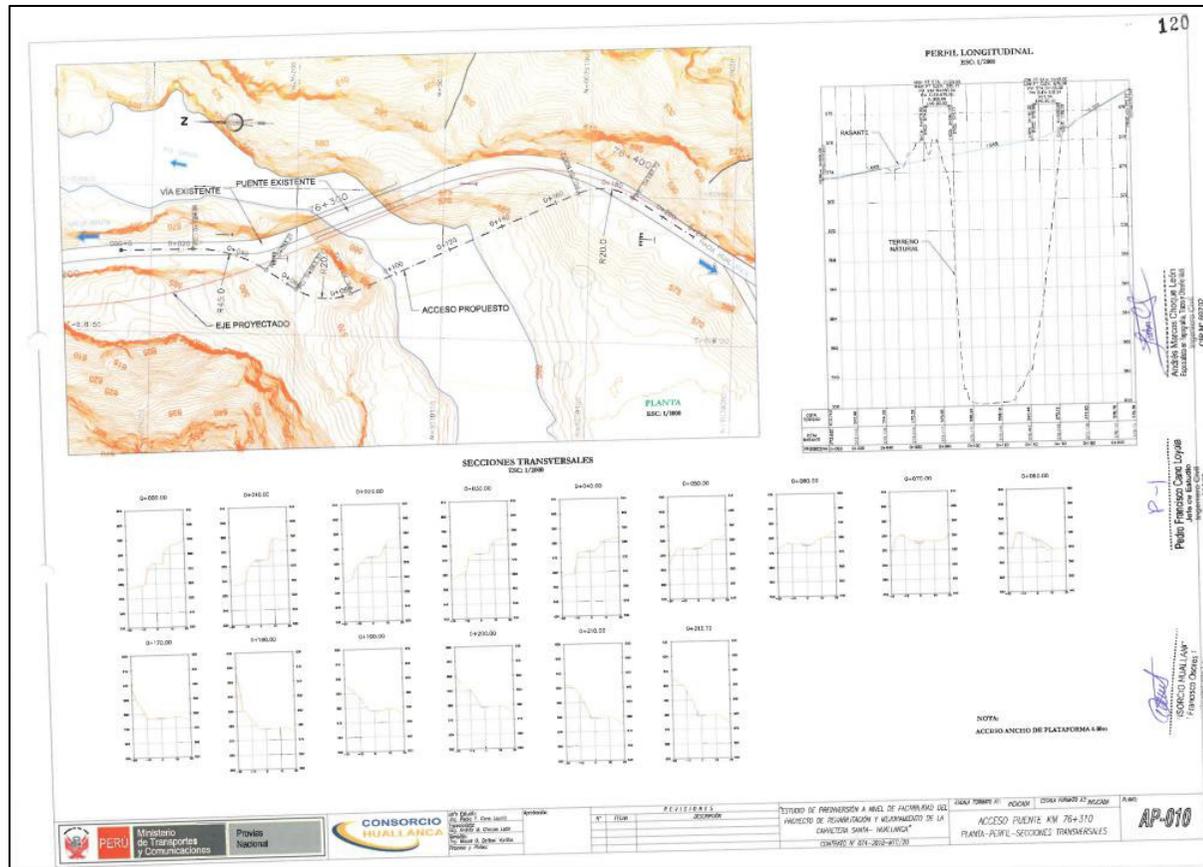
Plano de planta y perfil



Nota: Elaboración Propia

Figura 155

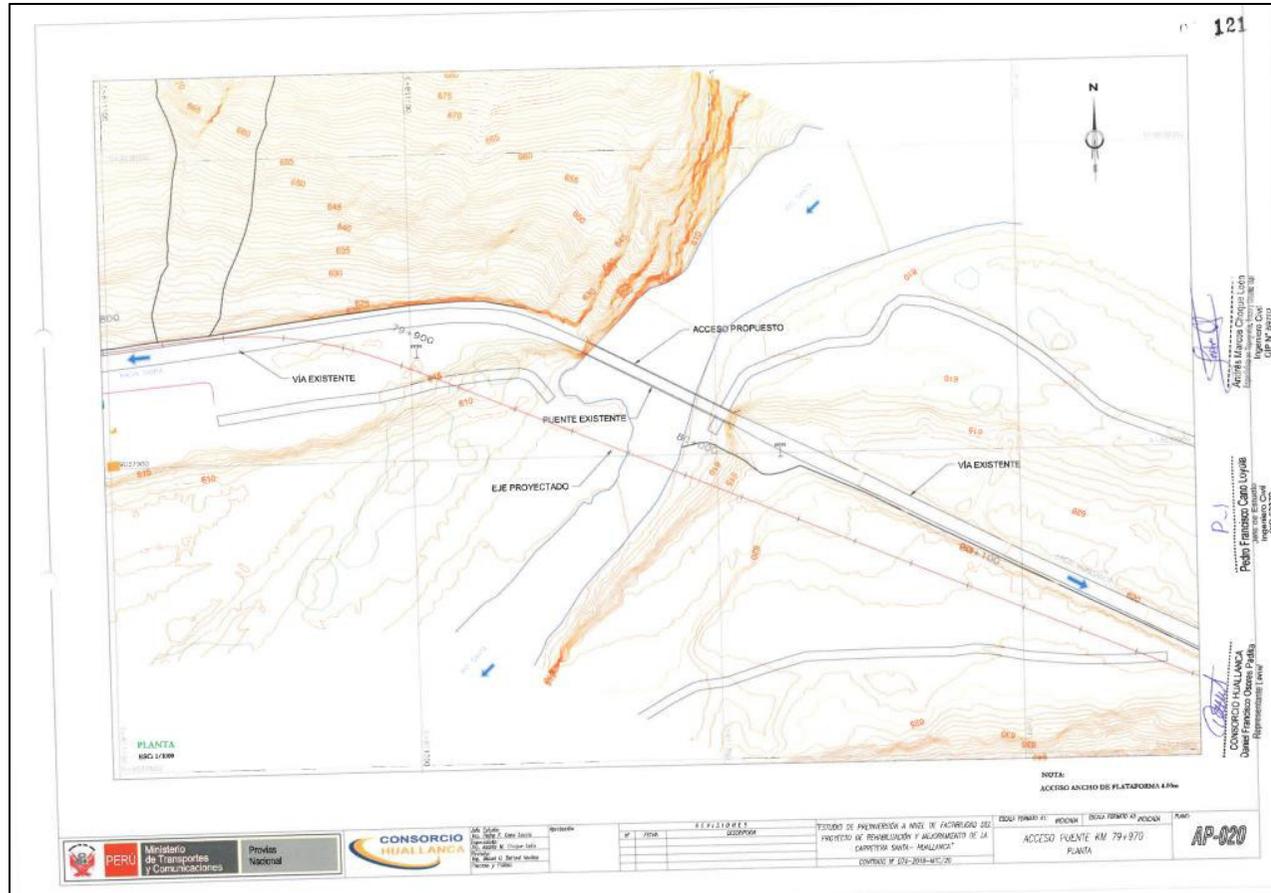
Plano de accesos y puentes provisionales



Nota: Elaboración Propia

Figura 156

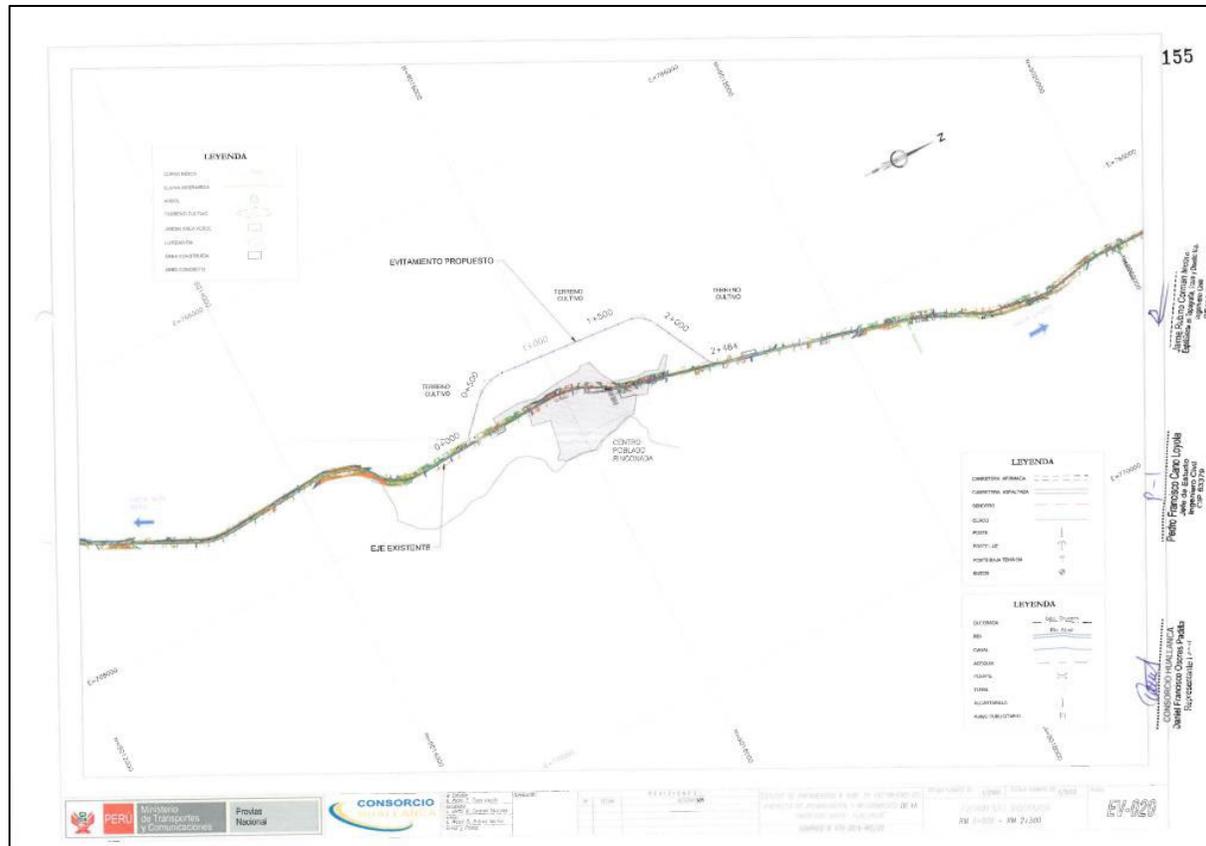
Plano de accesos y puentes provisionales



Nota: Elaboración Propia

Figura 158

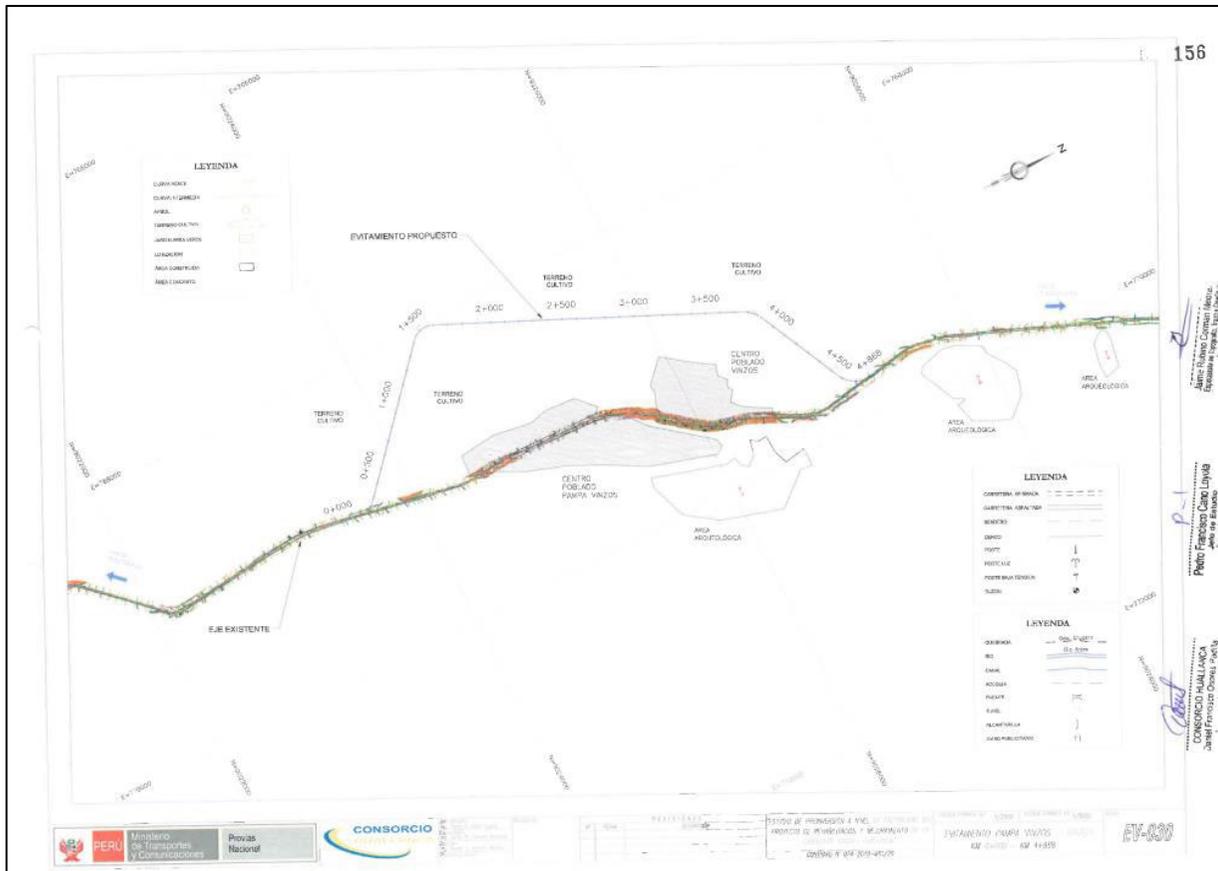
Plano de alternativas de variantes en zonas de poblados



Nota: Elaboración Propia

Figura 159

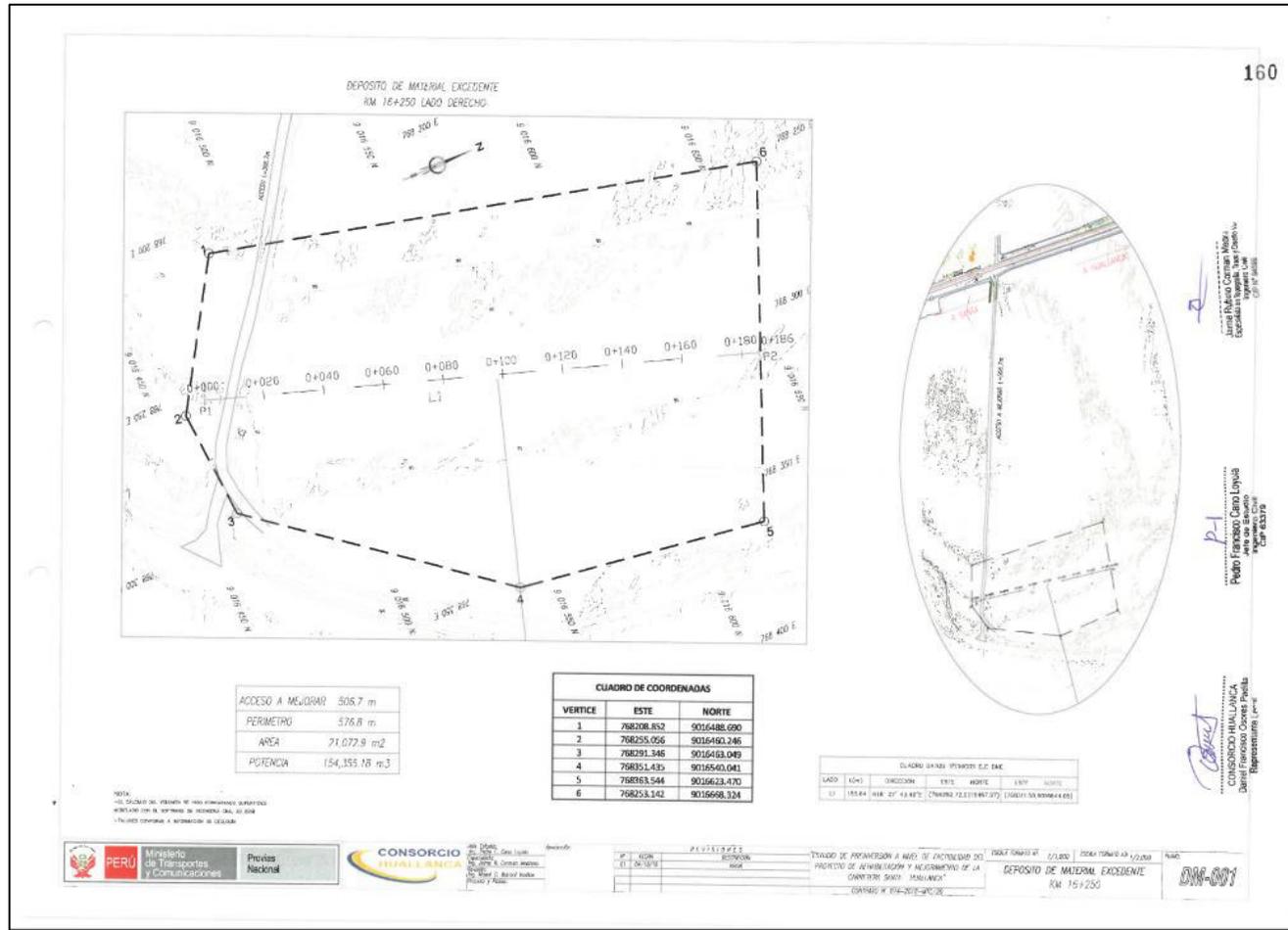
Plano de alternativas de variantes en zonas de poblados



Nota: Elaboración Propia

Figura 160

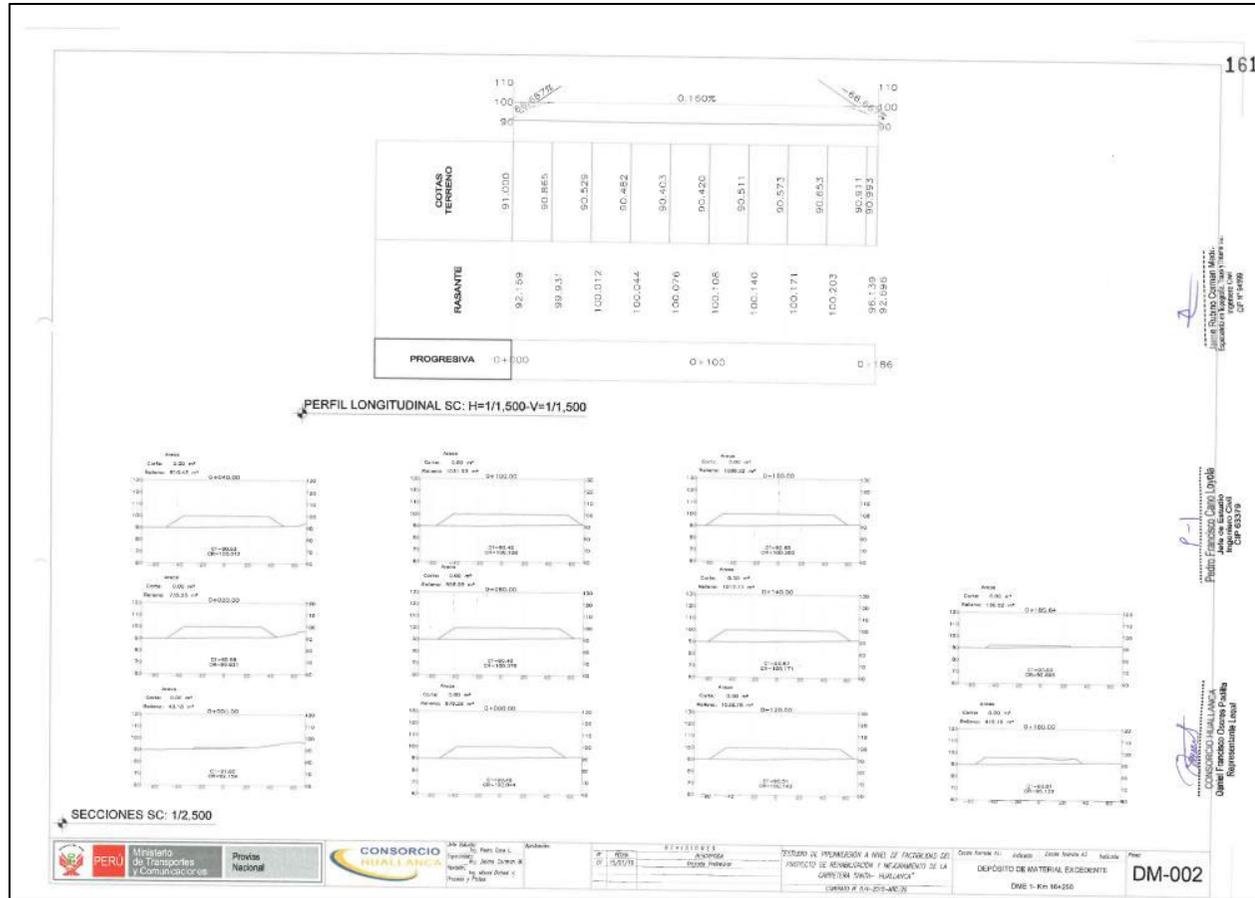
Plano de depósitos de material excedente



Nota: Elaboración Propia

Figura 161

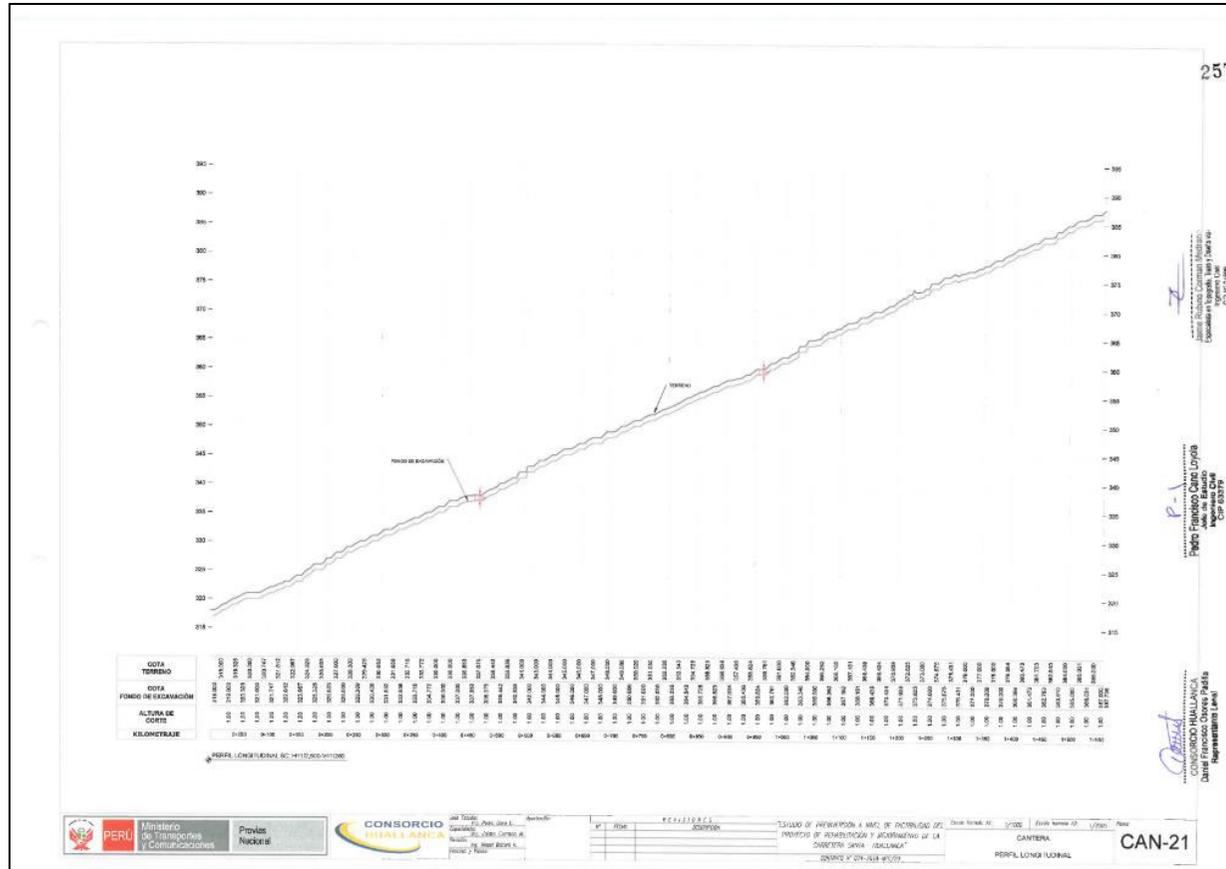
Plano de depósitos de material excedente



Nota: Elaboración Propia

Figura 163

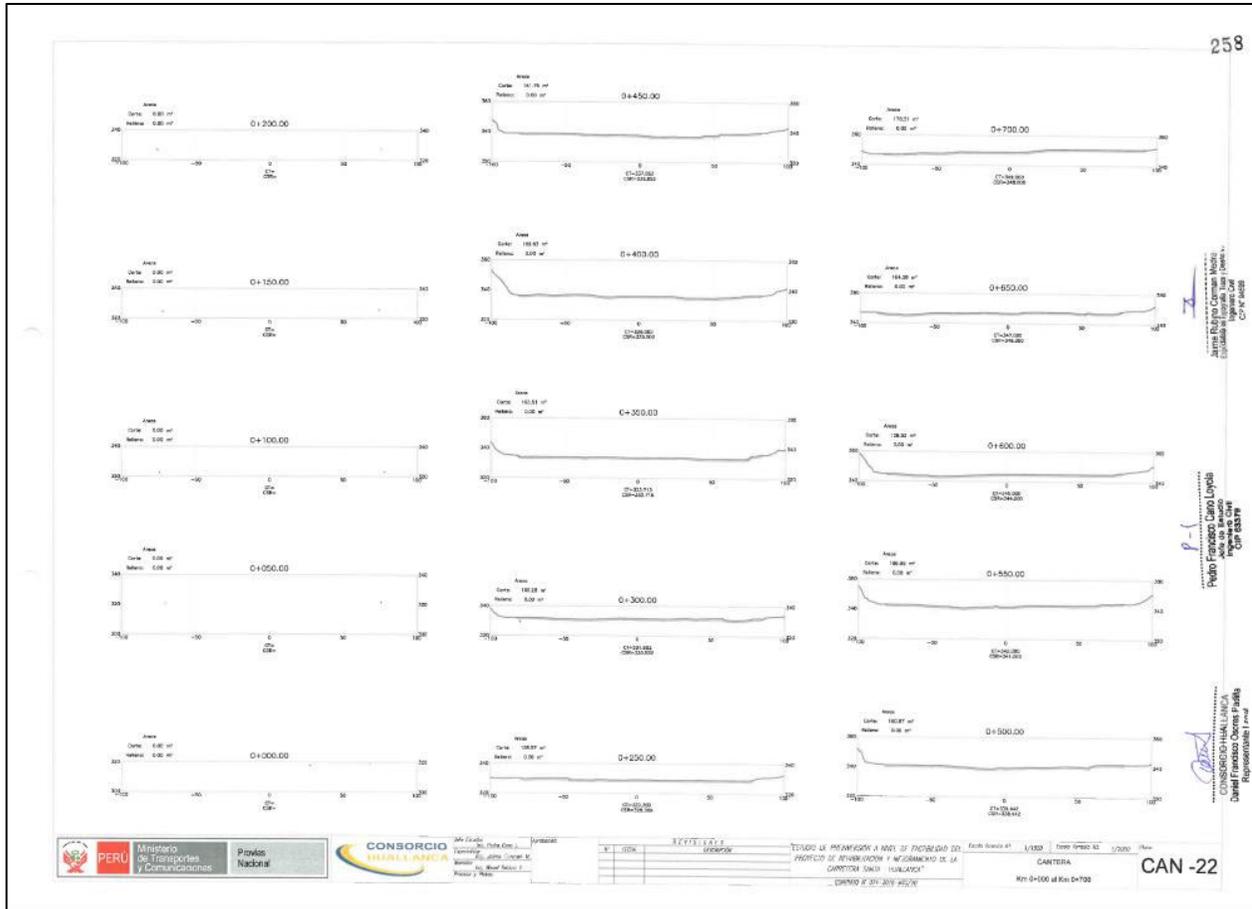
Plano de cantera



Nota: Elaboración Propia

Figura 164

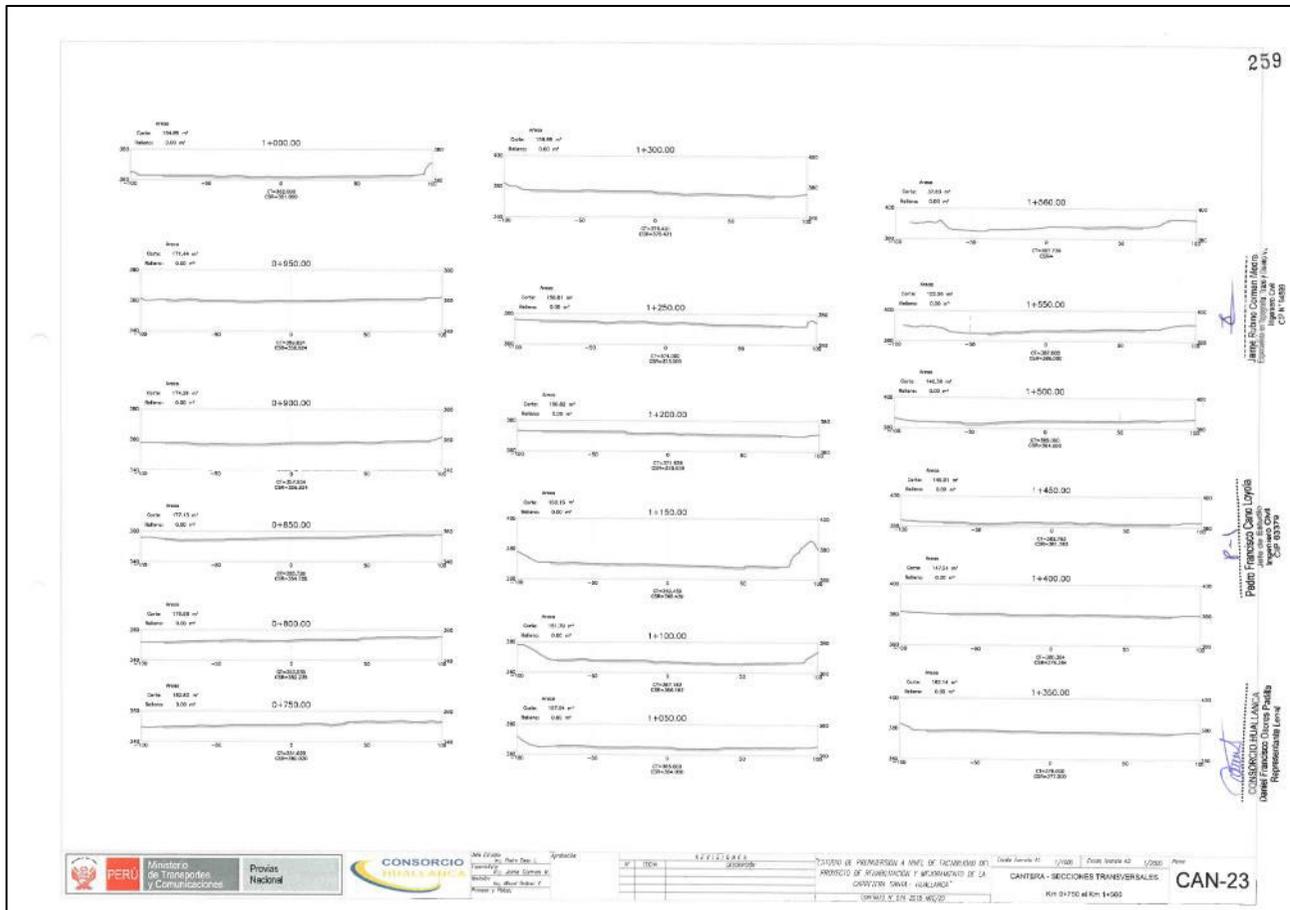
Plano de cantera



Nota: Elaboración Propia

Figura 165

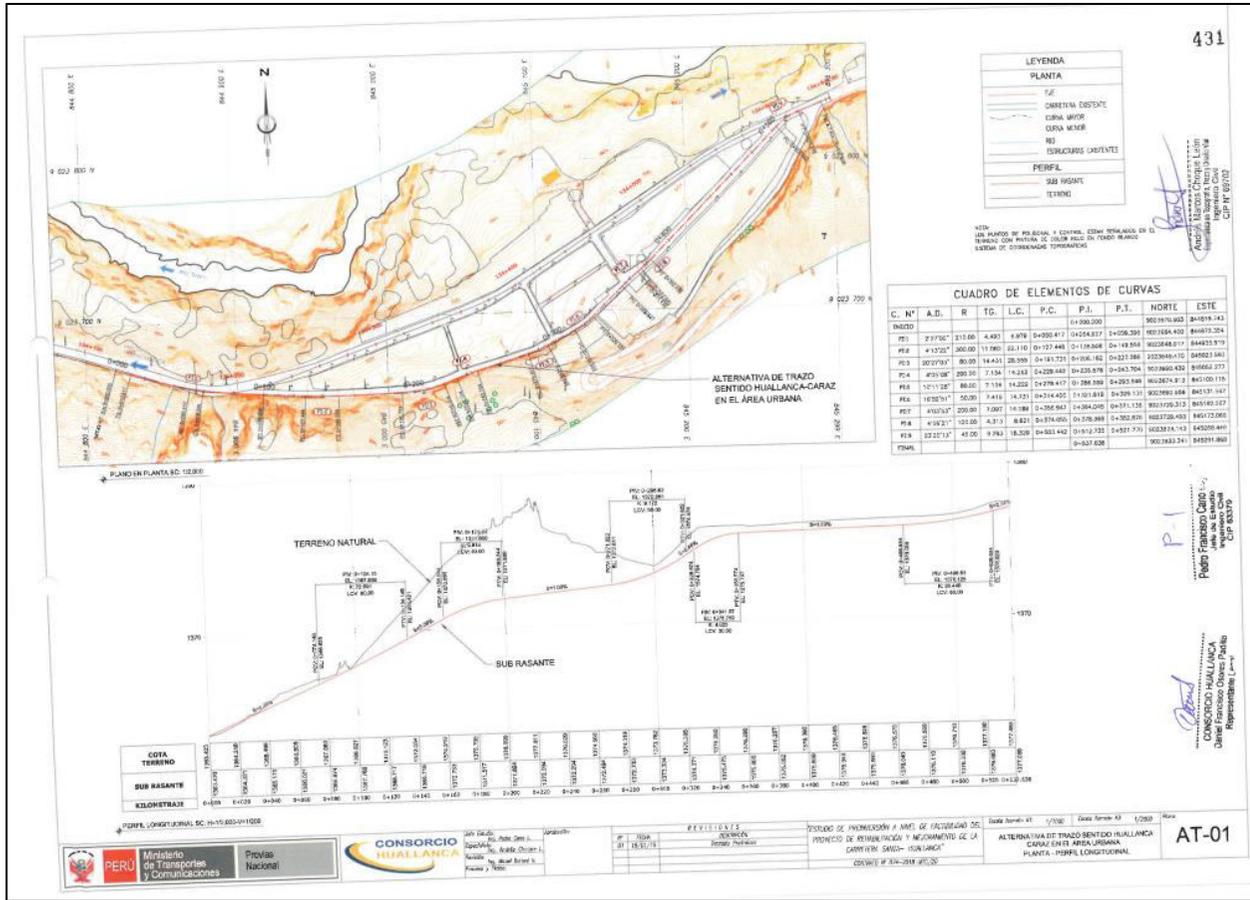
Plano de cantera



Nota: Elaboración Propia

Figura 166

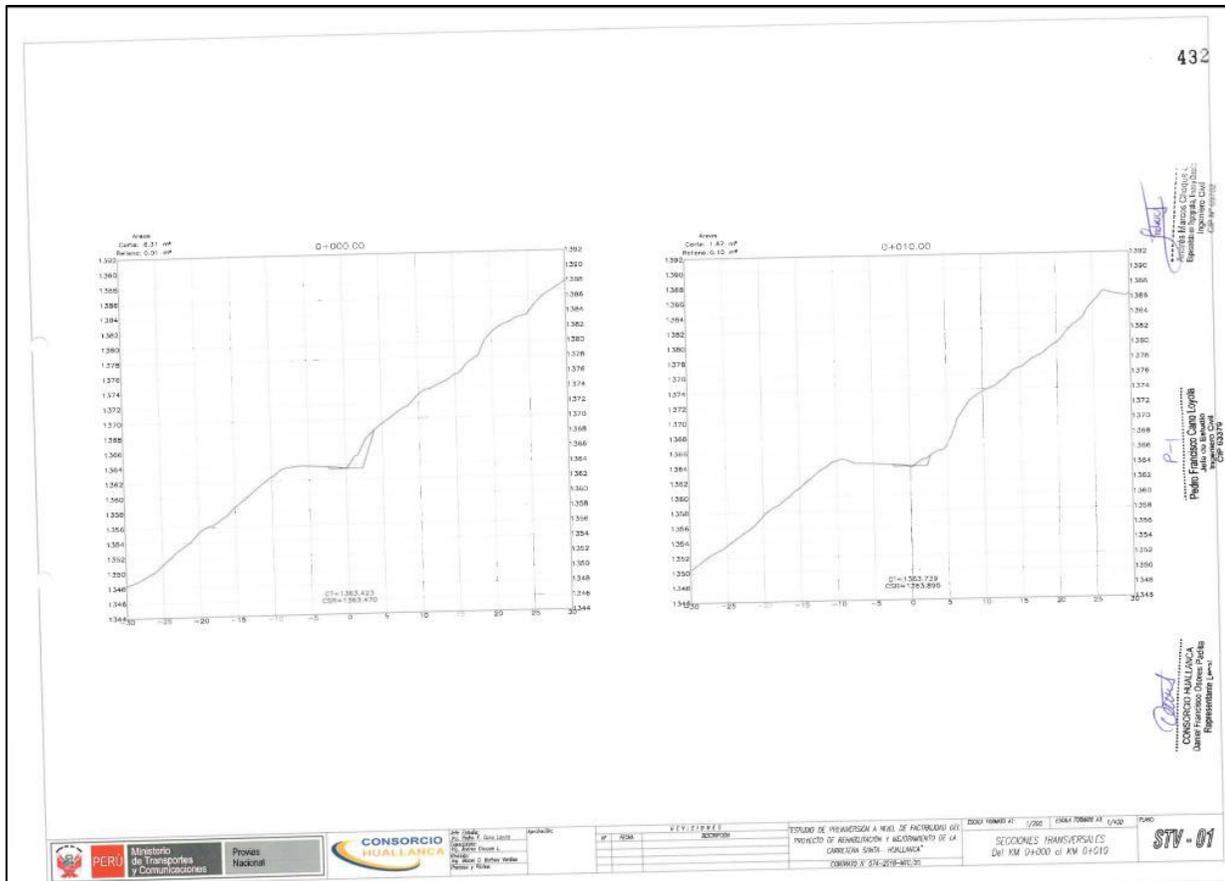
Plano de alternativa en sentido Huallanca a Caraz en el área urbana



Nota: Elaboración Propia

Figura 167

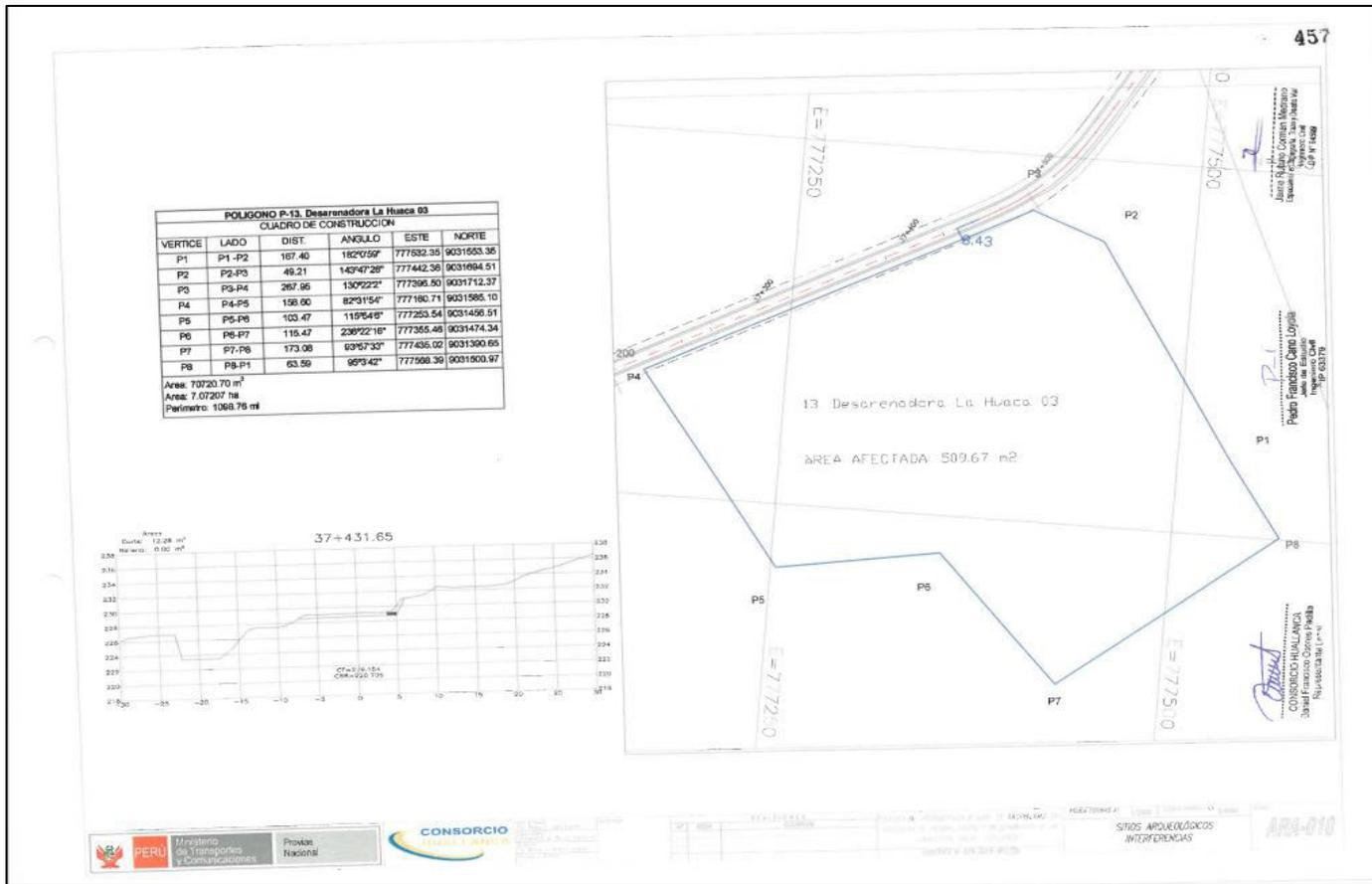
Plano de alternativa en sentido Huallanca a Caraz en el área urbana



Nota: Elaboración Propia

Figura 168

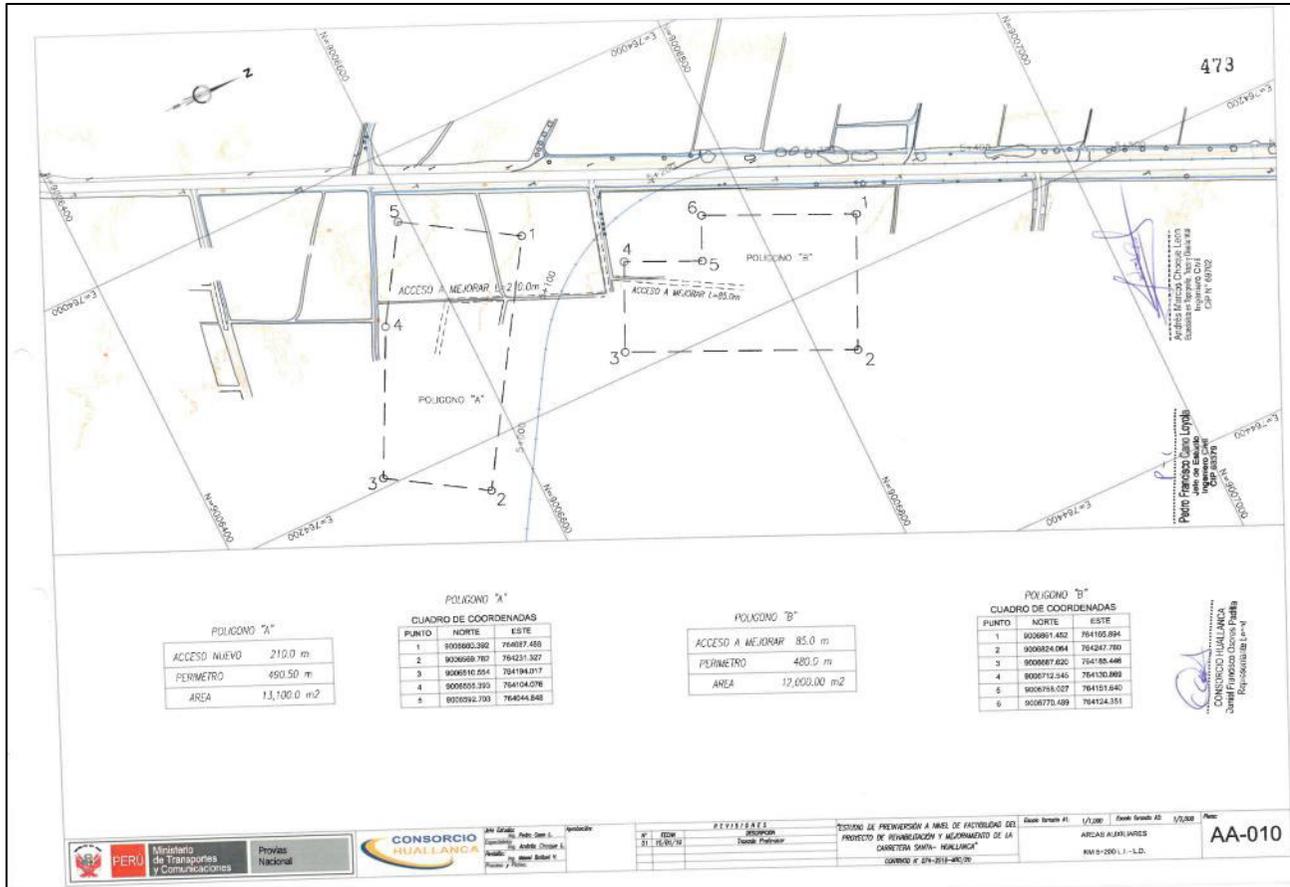
Plano de sitios arqueológicos plantas y secciones típicas



Nota: Elaboración Propia

Figura 169

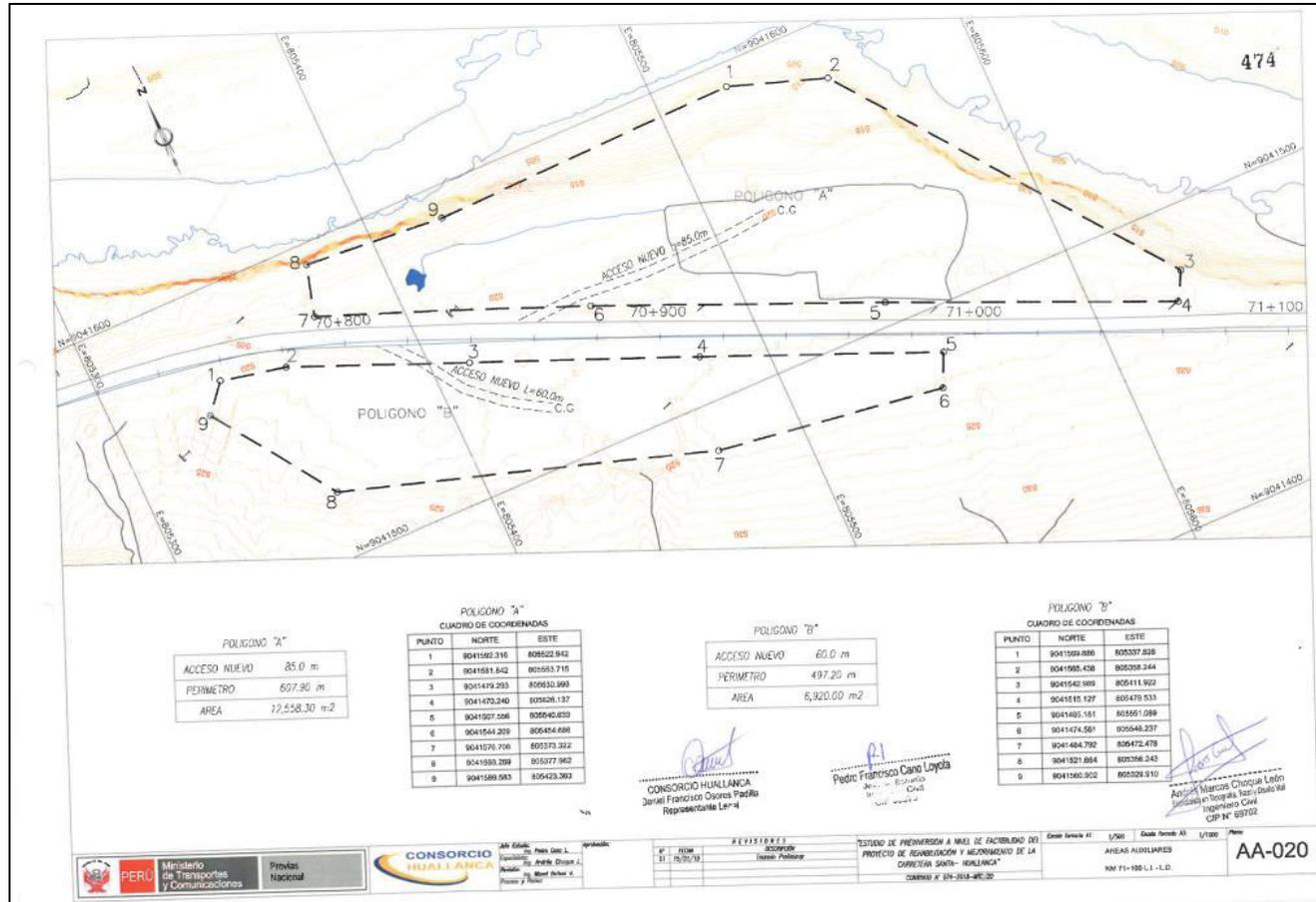
Plano de áreas auxiliares



Nota: Elaboración Propia

Figura 170

Plano de áreas auxiliares



Nota: Elaboración Propia

IV CONCLUSIONES

- El Estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Santa – Huallanca” se encuentra actualmente aprobado.
- Luego de haber establecido el diseño vial del estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Santa - Huallanca” tenemos una base para el desarrollo del estudio definitivo.
- La descripción del diseño vial del proyecto de estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Santa - Huallanca”, nos servirán como guía para el desarrollo de proyectos similares.
- La propuesta para el mejoramiento de la carretera en función a la demanda requerida se debe a las más recientes necesidades de la población y tránsito vehicular plasmados en el Estudio de tráfico.

V RECOMENDACIONES

- En los trazos de la vía Siempre se tiene que estar en coordinación con todas las especialidades correspondientes, para evitar cualquier incompatibilidad. por Ejemplo, el trazado se inicia al Sur del distrito de Santa, a una distancia de 2,570 metros de la vía Santa Huallanca actual y en la coordenada 9°003,456; 761,817 a una altura de 12 msnm. En los primeros 5,250 metros (0+000 al 5+250) se atraviesa áreas de cultivos en los cuales la subrasante se elevó en coordinación con el especialista de hidrología e hidráulica.
- En el trazo de la vía se tratará en la mayor parte de lo posible en coincidir con el trazo preexistente para evitar interferencias con terrenos laterales por ejemplo del Km 5+250 el trazado aprovecha a lo máximo la vía existente con fines de afectar en lo menor posible los terrenos laterales. Al pasar por el poblado Alto Perú (Km 8+200 Al Km 9+800) el trazado se centra por la vía existente menorando las afectaciones, en forma similar al pasar por el área poblada de El Castillo (Km 10+200 al Km 11+100), Rinconada (Km 14+100 al Km 16+400), Vinzos (Km 24+200 al Km 25+400) en este mismo sector del poblado de Vinzos se tiene un tramo que la vía existente no cumple con las condiciones de diseño y por lo cual se está modificando el trazado según normas DG-2018 que corresponde desde el Km 16+400 al km 25+700, estas correcciones de trazado haciendo cumplir las normas también se presentan en los siguientes sectores: Km 30+650 al Km 31+200, del Km 34+980 al Km 35+140, del Km 50+340 al Km 50+680, del Km 61+700 al Km 62+250, del Km 66+160 al Km 66+450. Se llega al poblado de Chuquicara desde el Km 69+000 al Km 69+600.
- Aprovechar los túneles existentes, desde Chuquicara hasta Huallanca, la topografía se muestra más accidentado con orografías de tipo 3 y 4, también pasamos por 12 Túneles

y 11 Puentes. En todos los sectores por donde se atraviesa por los túneles, se ha aprovechado el existente, únicamente completando la sección considerada de diseño.

- Al pasar por el puente del Km 76+290, el trazado de mejor opción es prácticamente en la misma posición actual, el mismo criterio es conveniente en los puentes del km 79+964, Km 81+554, Km 83+805, Km 101+344, Km 115+389, Km 116+915 y Km 118+404. Mientras que el Puente del Km 97+513 es conveniente pasar por el lado derecho y emplear el existente como acceso en la etapa de construcción, lo mismo sucede con el puente del Km 132+171 que a su vez en este kilometraje se plantea una variante conforme a los términos de referencia. Para el caso del puente del Km 126+251, de acuerdo a indicaciones del especialista de hidrología e hidráulica el trazado pasa a 14.5 metros lateralmente que a su vez se plantea un badén por las condiciones propias del terreno y la quebrada.
- Al generar la vía de evitamiento hay que evitar la menor interferencia con predios. Conforme a los términos de referencia, se proyecta un evitamiento para el poblado de Yuracmarca, el cual inicia en el Km 121+640 y empalma a la vía existente en el Km 123+600, de longitud 1,960 metros.
- Al ubicar los puentes tiene que estar en coordinación con todas las especialidades pertinentes, se proyectó un puente nuevo en el Km 132+171, siendo este lugar el más idóneo por sus condiciones geológicas e hidráulicas y topográficas.
- Desde el Km 117+600 al Km 121+000 el trazado se desarrolla sobre una ladera, en terreno accidentado y con el propósito de alcanzar cotas mayores estamos proyectando curvas de vuelta de radios desde 25 metros hasta los 30 metros.
- En lo que referente a las pendientes longitudinales, en todos los casos se cumple de no superar las pendientes máximas según a su velocidad directriz que le corresponde. Como ejemplo tenemos los siguientes sectores: $p= 5.81\%$ del km 24+200 al Km

24+700. Del Km 25+300 al Km 25+700 la pendiente es de 8%, está pendiente se proyectó en este sector por temas de seguridad y evitar que las viviendas aledañas se expongan a peligro porque se pasaría en corte cerrado de alturas del orden de los 6 metros. Del Km 40+350 al Km 40+650 la pendiente es de 4.33%, del Km 77+400 al Km 77+600 la pendiente proyectada es de 6.6%, Los sectores de mayores pendientes en el proyecto son del Km 117+800 al Km 128+800 que varían desde 4% a 7.7%.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018*. Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *Manual de Carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Túneles, Muros y Obras Complementarias*. Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos*. Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG – 2013*. Perú

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de Seguridad Vial*. Perú.