

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO
VECINAL CHALLHUAMAYO – ANTAYMARCA, PROVINCIA DE
CARABAYA, REGION PUNO**

TESIS:

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. Magno Ochochoque Mayta

Bach. Hans Alfredo Mamani Torres

ASESOR:

ING. Enrique Manuel Durand Bazán

TRUJILLO – PERÚ

2022

HOJA DE FIRMAS

Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo – Antaymarca,
provincia de Carabaya, Región puno

Autores:

Bach. Magno Ochochoque Mayta

Bach. Hans Alfredo Mamani Torres

Ing. Enrique Durand Bazán

PRESIDENTE

Ing. Guido Marín Cubas

SECRETARIO

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

VOCAL

DEDICATORIA

Inicialmente dedicamos este trabajo de investigación a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi universidad, que deja como producto logrado este grupo de graduados. Y como recuerdo y prueba viviente en la historia, este trabajo. Que perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Nos gustaría dedicar de igual manera a nuestro asesor Ing. Enrique Durand Bazán por sus apreciables y constructivas sugerencias durante la planificación y proceso de este trabajo de investigación. Su disposición a dar su tiempo tan generosamente ha sido muy estimada.

Magno Ochochoque Mayta

Hans Alfredo Mamani Torres

AGRADECIMIENTO

Primero damos gracias a Dios por darnos la voluntad, la fuerza necesaria para poder concluir nuestra carrera profesional.

Damos gracias a la Universidad Privada de Trujillo por contar con los mejores maestros que un estudiante puede tener, por preocuparse por tener las mejores instalaciones por brindar todas las herramientas para poder dar carrera de una sobresaliente condición.

Damos gracias a los docentes y en especial a nuestro asesor de tesis, que nos hincó desde el inicio en este trabajo de grado.

Los autores.

INDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE FIRMAS.....	2
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	14
I. INTRODUCCION	16
1.1. Realidad Problemática	16
1.2. Formulación del Problema.....	18
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Justificación del proyecto	19
1.3.1.1. Justificación técnica	19
1.3.1.2. Justificación legal	19
1.3.1.3. Beneficiarios.....	21
1.4. Objetivos.....	21
1.5. Antecedentes.....	22
1.6. Marco teórico	28
1.7. Fundamentación teórica de la investigación.....	29
1.7.1. Clasificación de carreteras	29
1.7.1.3. Derecho de vía.....	30
1.7.1.5. Diseño geométrico	30
1.8. Bases Teóricas	32
1.8.1. Definición de Términos Básicos	35
1.9. Formulación de Hipótesis	37
1.10. Propuesta de aplicación profesional.....	38
1.10.1. Metas del proyecto	38
II. MATERIALES Y METODOS.....	42
2.1. Material de Estudio	42
2.1.1. Población.....	42
2.1.2. Muestra.....	42
2.1.3. Técnicas de recolección de datos.....	43
2.1.3.1. Observación	43
2.1.3.2. Técnicas de procesamiento de y análisis de datos	43
2.1.3.3. Diseño de investigación.....	44
III. RESULTADOS.....	44
3.1. Aspectos generales	44
3.1.1. Ubicación.....	44

3.1.2.	Ubicación geográfica.....	45
3.1.3.	Ubicación hidrográfica.....	45
3.1.4.	Ubicación.....	47
3.1.4.1.	Ubicación del área de estudio	47
3.1.4.2.	Ubicación política	47
3.1.4.3.	Accesos.....	48
3.2.	Estudio de topografía y diseño de vía.....	49
3.2.1.	Consideraciones generales del trazo:	49
3.2.2.	Topografía y trazado:	50
3.2.3.	Trazo directo:.....	52
3.2.4.	Trazado indirecto:	53
3.2.5.	Sistema de unidades:.....	54
3.2.6.	Sistemas de referencia:	54
3.2.7.	Tolerancias en la ubicación de puntos:	56
3.2.8.	Levantamiento topográfico	58
3.2.9.	Nivelación geométrica.....	61
3.2.10.	Diseño geométrico.....	62
3.2.11.	Proyección de tráfico total (veh/día)	65
3.2.12.	Diseño geométrico en planta	71
3.2.13.	Características geométricas de diseño	73
3.3.	Estudio de drenaje	74
3.3.1.	Evaluación de estructuras de drenaje existentes	77
3.3.2.	Estructuras a implementar	80
3.3.3.	Sistema de drenaje transversal	81
3.3.3.1.	Alcantarillas	81
3.3.4.	Sistema de drenaje longitudinal	86
3.3.5.	Muros	88
3.4.	Estudio hidráulico	89
3.4.1.	Cálculo de Socavación	98
3.4.2.	Socavación General	99
3.4.3.	Información meteorológica	102
3.5.	Caracterización climática	103
3.5.1.	Análisis y tratamiento de precipitación máxima en 24 hr.	108
3.5.2.	Precipitación máxima en 24 hr. en el área de estudio.....	108
3.5.3.	Caudales máximos método Racional	111

3.6.	Estudio de Geología y Geotecnia	123
3.6.1.	Objetivos del Estudio.....	123
3.6.2.	Geología estructural regional.....	131
3.6.3.	Geología estructural local.....	131
3.6.4.	Mesozoico	134
3.6.4.1.	Cenozoico	135
3.6.4.2.	Paleozoico	136
3.6.4.3.	Mesozoico.....	138
3.6.4.4.	Cenozoico.....	139
3.6.4.5.	Cuaternario.....	139
3.6.5.	Rocas intrusivas	140
3.6.6.	Geodinámica interna	141
3.6.6.1.	Geodinámica externa.....	142
3.6.6.2.	Erosión laminar	142
3.6.6.3.	Huaycos	143
3.6.6.4.	Deslizamientos.....	144
3.7.	Erosión fluvial.....	144
3.8.	Estudio de la plataforma existente	146
3.8.1.	Evaluación geotécnica del proyecto	146
3.8.2.	Ensayos a las muestras de suelos	147
3.8.3.	Características de la subrasante y superficie de rodadura	149
IV.	DISCUSIÓN.....	150
V.	CONCLUSIONES	152
VI.	RECOMENDACIONES.....	153
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	154
VIII.	ANEXOS	155
IX.	ANEXO: PANEL FOTOGRAFICO	156
X.	ANEXO: PLANOS.....	156

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 01 Relacion de alcantarillas tipo TMC proyectadas	27
TABLA N° 02 Relacion de alcantarillas de concreto tipo losa proyectadas.....	28
TABLA N° 03 Relacion de badenes proyectados	30
TABLA N° 04 Poblacion.....	30
TABLA N° 05 Ubicación geografica.....	32
TABLA N° 06 Ubicación politica	38
TABLA N° 07 Accesibilidad al area de estudio	39
TABLA N° 08 Sistemas dde referencia	40
TABLA N° 09 Tolerancias para trabajos de levantamientos topograficos	41
TABLA N° 10 Caracteristicas basicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de transito.....	43
TABLA N°11 Ancho minimo deseable de la calzada en tangente en metros ..	45
TABLA N°12 Valores de bombeo de la calzada	62
TABLA N° 13 Pendientes maximas.....	64
TABLA N° 14 Taludes de corte.....	65
TABLA N° 15 Radios minimos y peraltes maximos	66
TABLA N° 16 Sobre ancho de la calzada en curvas circulares.....	68
TABLA N° 17 Caracteristicas geometricas de diseño	68
TABLA N° 18 Alcantarillas existentes	69
TABLA N° 19 Badenes existentes.....	27
TABLA N° 20 Cunetas existentes.....	28
TABLA N° 21 Muros existentes	30
TABLA N° 22 Evaluacion de alcantarillas existentes.....	30

TABLA N° 23 Relacion de alcantarillas tipo TMC proyectadas.....	38
TABLA N° 24 Relacion de alcantarillas de concreto tipo ñlosa proyectadas....	40
TABLA N° 25 Relacion de badenes proyectados	41
TABLA N°26 Relacion de muros de contencion proyectados	45
TABLA N°27 Inventario de estructuras de drenaje encontradas.....	62
TABLA N° 28 Caudales maximos instantaneos m3/s.....	64
TABLA N° 29 Valores de periodo de retorno años	65
TABLA N° 30 Valores maximos recomendados de riego admisible De obras de drenaje.....	66
TABLA N° 31 Determinacion de periodos de retorno para los tipos de obra....	68
TABLA N° 32 Resumen de resultados	68
TABLA N° 33 Calculo de la socavacion de los puntos de ubicación De los pontones	69
TABLA N° 34 Informacion meteorologica disponible.....	27
TABLA N° 35 Temperaturas promedio maximas y minimas mensuales Estacion san gaban.....	28
TABLA N° 36 Precipitaciones promedios mensuales en la estacion San gaban	30
TABLA N° 37 Humedad relativa media mensual estacion san gaban	30
TABLA N° 38 Evaporacion mensual estacion san gaban	40
TABLA N° 39 Velocidad de viento estacion san gaban.....	41
TABLA N° 40 precipitacion maxima 24 horas	43
TABLA N°41 precipitaciones maximas probables estacion san gaban	45
TABLA N°42 Precipitaciones maximas (mm).....	62
TABLA N° 43 Intensidades maximas (mm/hora)	64

TABLA N° 44 Resultado del analisis de regresion.....	65
TABLA N° 45 Intensidades maximas en el area de estudio.....	66
TABLA N° 46 Caudales maximos metodo racional	68
TABLA N° 47 Precipitacion maxima en 24 hr.de la estacion san gaban	68
TABLA N° 48 Taludes de corte.....	66
TABLA N° 49 Estado actual de la zona de estudio.....	68
TABLA N° 50 Clasificacion AASHTO	68
TABLA N° 51 Clasificacion SUCS	68

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01 Mapas de localizacion	36
FIGURA N° 02 Seccion de cuneta	37
FIGURA N° 03 Ponton existente	40
FIGURA N° 04 Modelamiento hidraulico del ponton 01	100
FIGURA N° 05 Modelamiento hidraulico del ponton 02	102
FIGURA N° 06 Perfil longitudinal del ponton 03	40
FIGURA N° 07 Perfil longitudinal del ponton 04	51
FIGURA N° 08 perfil longitudinal del ponton 05.....	102
FIGURA N° 09 seccion transversal socavacion general	102
FIGURA N° 10 Alcantarilla Km.1+882.....	36
FIGURA N° 11 Alcantarilla Km.4+608.....	37
FIGURA N° 12 Alcantarilla Km. 2+455.....	40
FIGURA N° 13 Baden Km. 0+172	100

FIGURA N° 14 Baden Km. 1+580	102
FIGURA N° 15 Variacion mensual de la temperatura	40
FIGURA N° 16 Precipitacion total mensual.....	51
FIGURA N° 17 Humedad relativa media mensual estacion san gaban.....	102
FIGURA N° 18 Evaporacion mensual estacion san gaban	102
FIGURA N° 19 Velocidad de viento.....	36
FIGURA N° 20 Prueba de ajuste test chi cuadrado de la distribucion log Normal estacion climatica san gaban.....	37
FIGURA N° 21 Prueba de ajuste grafico dela distribucion log normal estacion Climatica san gaban.....	40
FIGURA N° 22 Prueba de ajuste test chi cuadrado de la distribucion log Normal estacion climatica san gaban.....	37
FIGURA N° 23 Prueba de ajuste grafico de la distribucion log normal 3p.....	102
FIGURA N° 24 Prueba de ajuste test chi cuadrado de la distribucion log pearson tipe 3 estacion climatica san gaban	40
FIGURA N° 25 Prueba de ajuste grafico de la distribucion log pearson tipe 3 estacion climatica san gaban	51
FIGURA N° 26 Prueba de ajuste test chi cuadrado de la distribucion gumbel estacion climatica san gaban	102
FIGURA N° 27 Prueba de ajuste grafico de la distribucion Gumbel estacion climatica san gaban	102

RESUMEN

El presente proyecto denominado, Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno, se desarrolla a fin de que una necesidad y por iniciativa de la población beneficiaria directa, ya que la carretera el único y principal enlace para su integración de la Zona Urbana del Sector de Challhuamayo y con el resto de la economía. Y sus comunidades y centros poblados, la infraestructura vial actual se encuentra a nivel de afirmado en un tramo y el resto falta hacer la apertura de vía, con una longitud aproximada de 08+450 km, los mismos que son jurisdicción del Sector de Challhuamayo, dicha vía es importante por la comunicación que establece con los sectores del departamento de Cusco. Ya que la vía en proyecto tiene acceso a las comunidades del departamento de Cusco y comunidades del distrito de San Gaban.

Para efectos de la Georeferenciación se tuvo en cuenta que el Perú está ubicado en las zonas 17, 18, 19 y en las Bandas M, L, K según la designación UTM. El elipsoide utilizado es el World Geodetic System 1984 (WGS-84) el cual es prácticamente idéntico al sistema geodésico de 1980 (GRS 80).

La normatividad empleada para el diseño geométrico de la carretera fue el “ Manual para el diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo Volumen de transito”, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 303 -2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

Desde el punto de vista hidráulico se proponen diseños que proporcionen obras de drenaje lo más eficiente posible, cumpliendo con los requerimientos según sea el caso, de durabilidad y de una adecuada capacidad hidráulica, que al mismo tiempo guarden una relación entre rentabilidad y conservación con el medio ambiente. Estas obras están destinadas a constituirse, en conjunto, como los sistemas que drenarán los flujos de agua libres de la zona.

En tramos críticos donde se requiera rellenos y cortes se realizara trabajos de terraplén a fin de llegar a pendientes adecuados, en algunos casos se realizaran cortes. Adecuándose a los resultados de estudio de suelos así como en terreno de fundación y material de relleno de cantera.

Palabras clave: Camino vecinal, Georefenciacion, Hidráulica.

ABSTRACT

The present project called, Improvement and Rehabilitation of the local road Challhuamayo Antaymarca province of Carabaya Region Puno, is developed so that a need and by initiative of the direct beneficiary population, since the road is the only and main link for its integration of the Urban Zone of the Challhuamayo Sector and with the rest of the economy. And their communities and populated centers, the current road infrastructure is at the level of affirmation in a section and the rest still needs to be opened, with an approximate length of 08+450 km, the same ones that are the jurisdiction of the Challhuamayo Sector, This road is important because of the communication it establishes with the sectors of the department of Cusco. Since the road in the project has access to the communities of the department of Cusco and communities of the district of San Gaban.

For Georeferencing purposes, it was taken into account that Peru is located in zones 17, 18, 19 and in Bands M, L, K according to the UTM designation. The ellipsoid used is the World Geodetic System 1984 (WGS-84) which is practically identical to the geodetic system of 1980 (GRS 80).

The regulations used for the geometric design of the road was the "Manual for the design of unpaved roads with low volume of traffic", it is part of the Road Manuals established by the National Regulation of Road Infrastructure Management approved by D.S. N° 303 -2008-MTC and constitutes one of the technical documents of a normative nature, which governs at the national level and is mandatory, by the bodies responsible for the management of the road infrastructure of the three levels of government: National, Regional and Local.

From the hydraulic point of view, designs are proposed that provide drainage works as efficiently as possible, meeting the requirements, as the case may be, of durability and adequate hydraulic capacity, which at the same time maintain a relationship between profitability and conservation with the environment. These works are destined to be constituted, as a whole, as the systems that will drain the free water flows of the zone.



In critical sections where fills and cuts are required, embankment works will be carried out in order to reach adequate slopes, in some cases cuts will be made. Adapting to the results of soil studies as well as in foundation land and quarry fill material.

Keywords: Local road, Georeferencing, Hydraulics.

I.INTRODUCCION

1.1. Realidad Problemática

Debido a la carencia de esta vía es que se expresa el presente proyecto para su ejecución que permitirá satisfacer la transitabilidad de los sectores, comunidades, Instituciones Educativas y Centros Poblados como son: Sector de Challhuamayo y La Comunidad Campesina de Nojonmunta perteneciente al departamento de Cusco.

La ejecución del proyecto contribuirá a fortalecer el desarrollo socioeconómico de la localidad que se encuentran en el entorno, mejorando la infraestructura vial en lo que respecta a zonas productivas contribuyendo a ampliar la frontera agrícola e incorporar a la economía nacional y regional superficies con ingentes recursos naturales potenciales.

El lugar de estudio, se encuentra en un territorio conformado de bosques tropicales amazónicos o selva baja, con una altura alrededor de 500 msnm, con un régimen de lluvias superiores a 1800 mm/año distribuidos regularmente durante todo el año, esta condición implica de que las carreteras se encuentran de manera frecuente a la acción de la lluvia y que deban atravesar o bordear numerosos cursos de agua. Esta combinación de circunstancias hace necesario el diseño y la construcción de sistemas de drenaje de cuya eficacia dependerá, en buena medida de la capacidad de evacuar el agua y la vida útil de la carretera.

Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones, la región Puno, cuenta con una red vial de 5082,35 Km.; correspondiendo a la red vial nacional 1258,45 Km (24,76%), red vial departamental 1200,28 Km. (23,66%) y red vial vecinal 2 623,62 Km. (51,62%); siendo estas vías en su mayoría trocha carrozable 2 410,07 Km. (47,42%), y solamente 646,97 Km. (12,73%) de vía asfaltada. Las Provincias que tienen la mayor longitud (Km) de carreteras son Puno con 637,71 Km, Azángaro con 617,37 Km. y la provincia del Collao con 504,74 Km.

Metas del proyecto

Lograr una vía en buenas condiciones de transitabilidad a lo largo del horizonte de evaluación. El mejoramiento de la Infraestructura Vial, debe proveer un buen servicio de transporte; el mismo que involucre seguridad, comodidad a los usuarios y ahorro en los costos de operación vehicular (COV) a los transportistas, contribuyendo de ésta manera en el logro de mejores condiciones de vida a la población asentada en el área de influencia.

Específicos

- Dotar de una infraestructura vial con adecuadas característica técnicas geométricas en condiciones óptimas e invulnerables al aspecto climático con el mejoramiento de las carreteras de acceso a las zonas turísticas como productivas.
- Lograr un adecuado mantenimiento de la red vial en el tramo propuesto para que posibilite la transitabilidad de los vehículos tanto de pasajeros como de carga hacia los mercados locales y regionales.
- El Objetivo Básico del presente proyecto de tesis para la Rehabilitación y Mejoramiento de las condiciones de transitabilidad del "Mejoramiento del Servicio de la Transitabilidad Vehicular, Peatonal del Camino Vecinal del Sector de Challhuamayo, Distrito de San Gabán, Provincia de Carabaya - Puno", para una vida útil de 3 a 5 años, de manera que se mejorará la calidad de vida de los pobladores: ubicados en la zona de influencia directa del proyecto, a través de mejoras sociales y económicas

Metas físicas del proyecto

El estudio efectuado de Rehabilitación y Mejoramiento del Camino vecinal materia del proyecto, contempla todas las partidas necesarias para una adecuada ejecución de obra.

Con la finalidad de poner en condiciones mínimas de transitabilidad y teniendo en cuenta la política de financiamiento de entidades del gobierno, el proyectista plantea la ejecución de las siguientes metas en cada una de las partidas según expediente técnico:

- El proyecto considera la ejecución de las partidas necesarias una longitud total DE 08+430 Km. A nivel de afirmado $e=0.20m$.
- Construcción de 11,323.00 m de cunetas de tierra.
- Construcción de 03 Alcantarillas TMC de Diam = 1.20
- Construcción de 06 Alcantarillas TMC de Diam = 1.50
- Construcción de 04 Alcantarillas TMC de Diam = 1.80
- Construcción de 05 Alcantarillas de concreto Tipo Losa
- Construcción de 32 Badenes de concreto
- Construcción de 200 ml de Muro de contención
- Señalización Preventiva, Reglamentarias, Informativas,

1.2. Formulación del Problema

Pregunta General

¿Cómo realizar el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno?

Problema Específico

A. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio de Topografía y Diseño Geométrico, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno?

B. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio Hidraulico, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno?

C. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio de Geología Y geotecnia, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación del proyecto

1.3.1.1. Justificación técnica

El presente estudio Mejoramiento del camino Vecinal constituye un proyecto de gran importancia para el desarrollo socio - económico de la comunidad beneficiada. Previo reconocimiento de la zona de influencia del tramo se procedió a establecer parámetros que identifiquen los parámetros más críticos en función de las características topográficas, hidrológicas, geotécnicas, etc. De la zona en estudio.

1.3.1.2. Justificación legal

Normatividad

La normatividad empleada para el diseño geométrico de la carretera fue el “Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de

transito” elaborada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el año del 2008.

El Manual de Carreteras “Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo Volumen de transito”, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 303 -2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

Dentro de su rol normativo y fiscalizador, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, tiene como función formular las normas sobre el uso y desarrollo de la infraestructura de carreteras y ferrocarriles, así como emitir los manuales de diseño y especificaciones técnicas para la ejecución de los proyectos viales.

En este contexto, el MTC ha elaborado el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, teniendo en consideración que estas carreteras son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto el mayor porcentaje de la vialidad se encuentra en esta categoría

Decreto Supremo N° 05-94-TCC, que crea el Proyecto Especial de Rehabilitación de Infraestructura de Transportes – PERT; con autonomía técnica, administrativa y financiera del MTC, en base a la Unidad Ejecutora del Programa UEP-BID y la Unidad Ejecutora del Proyecto de Rehabilitación de la Infraestructura de Transporte URT – BIRF, para la rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura de transportes del país.

Decreto Supremo N° 033-2002-MTC, el cual crea el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – PROVIAS NACIONAL, como unidad ejecutora del MTC de carácter temporal, con autonomía técnica, administrativa y financiera; encargada de las actividades de

preparación, gestión, administración y ejecución de proyectos de infraestructura de transporte como construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de infraestructura de la Red vial Nacional.

1.3.1.3. Beneficiarios

El área de influencias indirecta está referida a aquellas áreas ubicadas en el entorno geográfico y que se vinculan con la carretera en estudio, pero que por sus características cuentan con otras vías alternas para su articulación con el resto de la economía, generando tráficos que pueden orientarse o no hacia la vía considerando la conveniencia o no de concurrir al proyecto dependiendo de las ventajas de que esta le ofrece.

Por tanto el área de influencia indirecta del proyecto está conformada por el Sector de Challhuamayo.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Realizar el diseño del Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno

Objetivos Específicos

A. Objetivo Especifico

Ejecutar el estudio de topografía y Diseño Geométrico de vía, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

B. Objetivo Especifico

Realizar el estudio Hidráulico, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

C. Objetivo Especifico

Realizar el estudio de Geología Y Geotecnia, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

1.5. Antecedentes

(Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2013), la infraestructura de carreteras en Ecuador son un elemento transcendental para impulsar la productividad fundamentada en el principio de excelencia, equivalencia, equidad, competitividad y responsabilidad ambiental, que permite cumplir con el “Plan Nacional de Desarrollo y los principios del buen vivir o *sumak kawsay*”. En este marco el gobierno nacional del Ecuador, respetando los mandatos de su constitución política mediante el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, desarrolló e implementó un plan para mejorar la calidad en planificar, diseñar, construir y mantener los proyectos de infraestructura vial, considerando la aplicación recurrente en Ecuador de los conocimientos científicos desarrollados en la normativa internacional y experiencia tecnológica ecuatoriana, mediante el proceso de creación de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, que formula como objetivos revisar, actualizar y complementar las especificaciones de carácter técnico en el rubro de transporte, que garantice el desarrollo del país (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2013).

El NEVI-12 está estructurado de tal forma que pueda prestar el soporte tecnológico necesario en campo y en gabinete para la solución de los problemas viales, aun para los más complejos; en el ámbito del conocimiento

científico preciso para impulsar las intervenciones de expertos en la materia. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2013) Asimismo, como los conocimientos vigentes sobre la ingeniería vial se encuentran en constantes cambios, producto de la necesidad de mejorar la seguridad y servicio brindado, el NEVI-12 permite innovar en el conocimiento de ingeniería, incrementando, actualizando, reemplazando y mejorando los principios contenidos en la normativa, que fueron desarrollados en interacción constante con la práctica, con las especificaciones y normas técnicas vigentes a nivel mundial (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2013).

(Chirinos & Neyra,C,S,P,, 2016), El estudio de la presente tesis que lleva como título “MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA TROCHA CARROZABLE DEL TRAMO RECUAYCITO – CARRETERA LUCMA – DISTRITO DE LUCMA, PROVINCIA DE GRAN CHIMU – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD” se desarrolla en el Distrito de Lucma, Provincia de Gran Chimú, Departamento de la Libertad. La presente investigación inicia con la recolección de datos sobre la zona estudiada, sus características topográficas, características culturales y sociales, así como económicas. (Chirinos & Neyra,C,S,P,, 2016). Posterior al a consecución de datos en campo, se realizaron las labores de gabinete, donde se empleó un soporte de software para diseñar la carreteras, siendo éste el AutoCAD Civil3D, con que se obtuvo en total 12 km. con 50 mts. Chirinos & Neyra, C, S,P, 2016). Hecho el estudio Socio Económico y Técnico, se pudo clasificar como: CARRETERA DE TERCERA CLASE. (Chirinos & Neyra, C,S,P,, 2016). La evaluación topográfica tuvo como base una poligonal abierta, con el uso del mínimo de equipos necesarios: nivel de ingeniero, estación total, wincha de 50 metros, prisma; acorde con el “Manual de Diseño Geométrico para Carreteras DG-2014”. En el perfil Longitudinal se trazó la sub-rasante, para estudiar el suelo y canteras se realizaron doce calicatas, que se sitúan en toda la extensión del eje vial, utilizándose una en la evaluación de material de cantera, mediante el correspondiente ensayo en laboratorio. (Chirinos & Neyra,C,S,P,, 2016). Las

capas para el revestimiento granular, se diseñaron con el método de CBR, considerando un espesor de 20cm en el nivel afirmado. El material para la conformación de la Sub-base y la base a usar, será extraído de la cantera ubicada en el Km. 1+240 lado izquierdo del eje proyectado de la carretera, cuyo suelo es un A-1-b (0) y tiene un CBR de 82.30%. (Chirinos & Neyra,C,S,P,, 2016). Similar a los proyectos del mismo tipo, se realizaron estudios hidrológicos con la finalidad de canalizar el agua pluvial, mediante el diseño de alcantarillas de paso, de alivio y también cunetas. Los cálculos realizados emplearon el Método Racional, lo cual resulta adecuado en cuencas de reducida dimensión, resultando en cunetas de 0.60 m de espejo con 0.30 m de altura y alcantarillas de tipo MARCO. (Chirinos & Neyra,C,S,P,, 2016). El proyecto considera también una señalización para la vía, con la evaluación de costos, presupuesto, especificaciones técnicas, planos y registro fotográfico (Chirinos & Neyra,C,S,P,, 2016). Se complementó el proyecto con la evaluación del impacto medio-ambiental, aportando pautas para el mantenimiento del ecosistema y consolidando el diseño de la vía desde una perspectiva paisajística. (Chirinos & Neyra,C,S,P,, 2016).

(Mozombite, 2018), el detrimento en las vías implica dificultades para las actividades de transporte de pasajeros y de carga, en dirección a los caseríos que tienen conexión con la carretera principal, tomando como referencia el Centro Poblado San José II Etapa en dirección al Caserío San Juan, que corresponde a la jurisdicción del distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo y departamento de Ucayali.

Los caseríos ubicados al interior del Distrito de Yarinacocha, considerados en el presente proyecto, se vincularon a la Red Vial Nacional (Carretera Federico Basadre), y con la Av. Yarinacocha, que presenta proximidad con caminos de naturaleza rural, que se ubican al interior del territorio perteneciente al distrito de Yarinacocha, en la jurisdicción provincial de Coronel Portillo, representa un vínculo relevante con los caseríos aledaños a la zona, que se ubican en las inmediaciones de la red nacional de vías, que representa un impacto positivo

a nivel socioeconómico. (Mozombite, 2018). Los pobladores de los diferentes Caseríos que hacen uso de esta vía son los que se encargan de su mantenimiento esporádico hasta la fecha; sin embargo, los factores climáticos con precipitaciones frecuentes tienen un efecto nocivo sobre las vías apresurando su deterioro, por ello resulta importante ejecutar la presente investigación titulada: “MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL (DESDE EL CENTRO POBLADO SAN JOSE HASTA EL CASERIO SAN JUAN), A.H AMPLIACION SAN JOSE II ETAPA, DISTRITO DE YARINACOA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, REGIÓN UCAYALI”, cuyo objetivo es aportar una infraestructura vial que permita la comunicación entre la carretera principal y los caseríos aledaños, en el Distrito de Yarinacochoa. (Mozombite, 2018). Las carreteras son el enlace y eje de desarrollo entre los pueblos del Perú, principalmente las de penetración hacia los pueblos alejados y las áreas eminentemente agrícolas, como es el caso de la selva alta a baja, por tal razón; la Municipalidad Distrital de Yarinacochoa, como ente responsable de promover el desarrollo en la Localidad y obedeciendo a lineamientos de una política de mejoramiento de las vías de accesos principales; debido a la necesidad de la población, ante la difícil Transitabilidad por el tipo de terreno predominante en la zona y por las inclemencias del tiempo que se avecinan donde la mayor frecuencia de precipitaciones pluviales son en los meses de Noviembre – Marzo prolongándose hasta el mes Mayo. (Mozombite, 2018).

(Rodríguez Armas, 2015). “Estudio y diseño del sistema vial de la —comuna San Vicente de Cucupuro de la parroquia rural de el Quinche del distrito metropolitano de Quito, provincia de Pichincha”

Elaborar el diseño vial para la comunidad San Vicente de Cucupuro de la parroquia rural del Quinche del distrito metropolitano de Quito, aplicando criterios técnicos de la normativa para el diseño de vías urbanas (p.3) Esta investigación de metodología descriptiva propone una solución eficaz basándose en la realización de un estudio técnico y económico para dar solución a una problemática de transporte. Se realizaron estudios preliminares cuyos

resultados son los siguientes: que el terreno tiene una topografía plana y ondulada, obteniendo también pendientes longitudinales de 2% hasta 15%, también se realizó estudio de suelos, con estos datos se efectuó el trazado de la vía con velocidades de diseño variables entre 35 y 50 Km/h, teniendo un ancho de calzada de 6 m, el presupuesto referencial del proyecto asciende un valor de 818,983.26 dólares. Se llegó a la conclusión que en este diseño de vía sería beneficioso aumentar la rasante de la vía para así poder evacuar con más facilidad las aguas pluviales y evitar el deterioro de esta. La presente investigación nos aporta en cómo realizar una evaluación de diseño geométrico de una carretera, también nos da a conocer que estudios se deben realizar para poder lograr un buen diseño y poder aplicar al momento de determinar la carretera que servirá para recoger datos para esta actual investigación.

Hallasi Zarate, (2019), “Mejoramiento de las trochas carrozables en la comunidad de Retiro del Carmen distrito de Yanatile – provincia de Calca – Cusco” realizar una vía de estructuración y combinación vial con las vías ya establecidas hacia la capital del Distrito de Yanatile, Provincia de Calca y departamento del Cusco, conforme a las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras (NPDC) (p.9). Esta investigación de metodología simple permitió elaborar el mejoramiento del tramo con una amplitud de 07+226 Km y también una apertura de 4+813.38 Km de longitud, mediante estudios geotécnicos, topográficos, socio – económico y presupuesto de obra (p.24). según los datos obtenidos tenemos que el IMD es de 71 vehículos por día considerándole, así como una carretera de tercera clase, se tiene un caudal máximo de 0.13 m³ /seg para las cunetas a elaborar y un presupuesto de obra de S/. 357,552.49. Se concluyó que en el Caserillo de Retiro del Carmen se tiene como principal objetivo conectar de manera directa al distritito Yanatile con el Corredor del Valle Sagrado incorporando también los sectores y caserillos alrededor del trazo; permitiendo así adherirlos al sistema vial de Cusco, tanto económica y socialmente (p.224). Está presente investigación nos da a conocer el diseño empleado en la trocha carrozable mediante diversos estudios y softwares

aplicados en la ingeniería civil, de esta manera nos ayudaría a aplicar al momento de realizar los estudios para la presente investigación.

Gobierno Regional de Cajamarca. (2013). Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis, Tramo San Ignacio – Puente Integración. Cajamarca. El proyecto tuvo como finalidad la rehabilitación y mejoramiento de este tramo de carretera, ya que anteriormente la vía se encontraba afirmada en mal estado de conservación, en todo su recorrido, presentando un trazo con curvas pronunciadas y buena cantidad de quebradas que atravesaban la vía Este tramo presenta 47.423 km de longitud y beneficia a la población de San Ignacio y Namballe.

Municipalidad Provincial de San Ignacio. (2015). Construcción de trocha carrozable caserío Nuevo Porvenir - Sector Santa Fe, distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio – Cajamarca. San Ignacio. El presente proyecto tuvo como finalidad facilitar el transporte de la producción agropecuaria de los habitantes del caserío Nuevo Porvenir – Sector Santa Fe, a los diferentes mercados de consumo local, ya que sólo se contaba con un camino de herradura para estos fines. Además la población tiene un difícil acceso a los servicios sociales básicos, asentados con más eficiencia en la capital de la provincia. El tramo realizado es de 9.477 km.

Municipalidad Provincial de San Ignacio. (2015). Construcción de la carretera Francisco Bolognesi - Vista Alegre – La Estrella, distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio - Cajamarca”. San Ignacio. Este proyecto es de suma importancia ya que unió los caseríos de Francisco Bolognesi, Vista Alegre y La Estrella, permitiéndoles trasladar sus productos agrícolas y conectarse con el distrito de San Ignacio, con una longitud de 7.874 km, fortaleciendo e impulsando las actividades comerciales, brindando adecuadas condiciones de transitabilidad, además garantizó el desarrollo de los ciudadanos.

1.6. Marco teórico

Antecedentes

En la realización del presupuesto participativo, la población ha considerado la rehabilitación de esta vía, debido a la gran dificultad para el traslado de los productos desde los centros de producción hacia el mercado de consumo local. La infraestructura vial existente en la actualidad se encuentra en pésimas condiciones, debido a la no existencia de capa de afirmado, por solo ser un camino vecinal, y por las condiciones climatológicas adversas como son; las fuertes precipitaciones que se dan en la zona, así como también la acumulación de agua de lluvia en ciertos tramos, convierte esta carretera en intransitable en épocas de invierno, imposibilitando así la evacuación de los grandes volúmenes de producción hacia los mercados de consumo y su integración tanto local, regional. Es por ello que la Población afectada muestra su interés en la ejecución del presente proyecto para el traslado oportuno de sus productos, con lo cual incrementarán sus ingresos repercutiendo en mejoras de la calidad de vida. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), ha elaborado el “Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, documento básico que proporciona la normativa a considerar para la elaboración del presente trabajo de tesis. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), también ha elaborado las “Especificaciones Técnicas de Rehabilitación Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales”, documento que proporciona información referente al detalle de las especificaciones técnicas consideradas que se usan en el presente trabajo. Ponce Torres, Juan en el año 2010, presentó un trabajo denominado “Estudio definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Tramo: Km 0+000 - Km 2+920”. Bardales Bartra, Jorge Luis, en su tesis: Estudio Definitivo para el Mejoramiento del Camino Vecinal Tioyacu – La Victoria, tramo: Km 0 + 000 – Km 4 + 520, nos indica los criterios para el diseño de pavimentos en una infraestructura.

1.7. Fundamentación teórica de la investigación

1.7.1. Clasificación de carreteras

Según su función El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, vías que conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), establece que “por su función las carreteras se clasifican en:

- a) Carreteras de la Red Vial Nacional.
- b) Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional.
- c) Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural”.

Según el servicio Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volúmen de Tránsito en la pág. 8, establece que, a pesar que las Normas peruanas para Diseño de Carreteras no considera una sub clasificación de los Caminos Vecinales, “la Oficina de Asesoría Técnica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha emitido el proyecto de Normas para el Diseño de Caminos Vecinales que complemente a las Normas Viales vigentes con el propósito de lograr un aprovechamiento más racional de las inversiones”. “A continuación se detalla la subclasificación de los caminos vecinales y según la cual se considera al presente proyecto como un Camino Vecinal Tipo CV - 3

- Camino CV - 1 tráfico de diseño con un IMD entre 100 y 200 veh/día.
- Camino CV - 2 tráfico de diseño con un IMD entre 30 y 100 veh/día.
- Camino CV - 3 tráfico de diseño con un IMD hasta 30 veh/día.
- Trochas carrozables - Sin IMD definido”.

1.7.1.1. Derecho de vía

Ancho normal El MTC, establece que “La faja de dominio o derecho de vía, dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá hasta 5.00 m más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes o de borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyen”.

Ancho mínimo El MTC, en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras pág. 64, también precisa que “en zona Urbana el ancho necesario no será menor de 10.00 mts, es decir 5.00 mts. a cada lado del eje. En zona de Cultivo el ancho requerido no será menor de 15 m. En zona de Montaña el ancho requerido será de 20 m”.

Previsión de ensanche Asimismo, que “en zonas donde es frecuente el tránsito de animales de carga y ganado que no pueda ser desviado por caminos de herradura, se ampliará la faja de dominio en un ancho suficiente”.

1.7.1.2. Diseño geométrico

Distancia de visibilidad El MTC en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volúmen de Tránsito, establece que “Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia”.

Visibilidad de parada Para el MTC, en el Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, establece “Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria. Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera”.

Elementos del diseño geométrico El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, elaborado por el MTC, indica lo siguiente: “Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

- a) La velocidad de diseño seleccionada.
- b) La distancia de visibilidad necesaria.
- c) La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes de obras de arte y de los taludes.
- d) La preservación del medio ambiente”.

Alineamiento horizontal El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (en adelante el Manual), elaborado por el MTC, indica lo siguiente:

Consideraciones para el alineamiento horizontal El Manual establece que “el alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los Vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible. El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición”.

Curvas horizontales También el Manual indica que “el mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada”. En el cuadro 2, se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. “En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo”. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

1.8. Bases Teóricas

MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO (DG–2018)” - RD N° 003- 2018-MTC/14.04 DE FECHA 25 DE ENERO DEL 2018. Las características que debe cumplir una vía tales como la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética la economía y la elasticidad, van ligadas directamente al diseño geométrico que adopte la vía en cuestión. El objetivo de este Manual es de brindar, a la comunidad técnica nacional, un documento actualizado para uso en el campo del diseño de Carreteras, conformando un elemento que organiza y recopila las técnicas de diseño vial desde el punto de vista de su concepción y desarrollo en función de determinados parámetros, considerando los aspectos de conservación ambiental y de seguridad vial, coherentes con las Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de carreteras. El MTC presenta este documento, el cual es de carácter obligatorio en los proyectos viales y para tal fin se cuenta con el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018, el cual aporta alcances sobre criterios técnicos que se deben adoptar al proyectar una carretera, este manual será de utilidad y su uso será constante para la elaboración del presente proyecto.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS – NORMATIVAS a) CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA: – Por su Demanda: } Carretera de Tercera Clase Son carreteras

con IMDA menores a 400 veh./día. } Trochas Carrozables Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh./día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.0 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. Para el proyecto diseñaremos una carretera de tercera clase. → Por su Orografía: } Terreno Ondulado (tipo 2) Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6%. } Terreno Accidentado (tipo 3) Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 6% y 8%. En nuestro proyecto notamos la presencia de estos dos casos, por tal motivo lo clasificaremos como Terreno Ondulado-Accidentado

Ingeniería básica

Geodesia y topografía

En todos los trabajos topográficos, se aplicará el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado. - Procedimientos geodésicos para referenciar los trabajos topográficos Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84 (World Geodetic System de 1984). El Sistema de Referencia WGS-84 es un sistema geocéntrico global (mundial) con origen en el centro de masa de la Tierra, cuya figura analítica es el Elipsoide Internacional GRS-80.

Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Los estudios de hidrología y de hidráulica en el proyecto de obras viales deben proporcionar al proyectista los elementos de diseño necesarios para dimensionar las obras que, técnica, económica y ambientalmente, cumplan con los siguientes fines:

- Cruzar cauces naturales, lo cual determina obras importantes tales como puentes, badenes, alcantarillas de paso y de alivio de gran longitud o altura de terraplén.
- Restituir el drenaje superficial natural, el cual se ve afectado por la construcción de la vía. Ello debe lograrse sin obstruir o represar las aguas y sin causar daño a las propiedades adyacentes.
- Recoger y disponer de las aguas lluvias que se junten sobre la plataforma del camino o que escurren hacia ella, sin causar un peligro al tráfico.
- Eliminar o minimizar la infiltración de agua en los terraplenes o cortes, la que puede afectar las condiciones de estabilidad de la obra básica.
- Asegurar el drenaje subterráneo de la plataforma y base, de modo que no afecten las obras de la superestructura.

Geología y Geotecnia Desde las primeras fases del estudio de una obra vial, el proyectista deberá trabajar en forma coordinada con los especialistas en Geología y Geotecnia. En efecto, en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico, puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente por consideraciones de trazo. En los diversos niveles de estudio, el ingeniero especialista irá detectando con grados de precisión creciente, aspectos tales como:

- Identificación de sectores específicos con características geotécnicas desfavorables.
- Sectorización de la zona de emplazamiento del trazo, definiendo el perfil estratigráfico pertinente y sus propiedades.
- Todo ello, orientado a establecer la capacidad de soporte del terreno natural, así como los taludes seguros para terraplenes y cortes, asociados a los distintos materiales.

- Condiciones de fundación de estructuras, obras de drenaje y obras complementarias.
- Aspectos de drenaje incidentes en el problema geotécnico.
- Disponibilidad de yacimientos de materiales.

1.8.1. Definición de Términos Básicos

- **AFIRMADO:** Capa de material natural selecto procesado o semi-procesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante de un camino
- **AASHTO:** Siglas en Ingles (American Association of State Highway And Transportation Officials). Sistema de Clasificación de Suelos. Este sistema describe un procedimiento para la clasificación de suelos en siete grupos (8 grupos originalmente), con base en la distribución del tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad determinados en laboratorio
- **ASTM:** siglas en Inglés (American Society Testing Materials) institución ubicada en los Estados Unidos de Norte América quien estableció las normas que se deben realizar en los ensayos estándares de laboratorio.
 - **BM: (Bench Mark):** Referencia topográfica de coordenada y altimetría de un punto marcado en el terreno, destinado a servir como control de la elaboración y replanteo de los planos del proyecto de un camino.
- **CALZADA:** Superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos, puede estar compuesta por uno o varios carriles de circulación.
- **CAMINO VECINAL:** Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y a chacras o predios rurales.
- **CAPA DE SUBRASANTE:** Capa superior de la plataforma a nivel de subrasante, sobre la que se construirá la estructura de la capa de rodadura.
 - **CBR:** siglas en Ingles (California Bearing Ratio) llamado también Relación de soporte de California. El ensayo CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas en comparación con la resistencia que ofrecen un material de piedra triturada estandarizado

- **CURVA HORIZONTAL:** Curva circular que une los tramos rectos de un camino o carretera en el plano horizontal.
- **CURVA VERTICAL:** Curva parabólica o similar en elevación que une las líneas rectas de las pendientes de un camino en el plano vertical.
- **IMD:** Índice Medio Diario. Es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un solo día (24 horas)
- **IMDA:** Índice Medio Diario Anual. Es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año.
- **INGEMMET:** Instituto Nacional Geológico, Minero y Metalúrgico.
- **MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Tiene como función integrar interna y externamente al país, para lograr un racional ordenamiento territorial vinculando las áreas de recursos, producción, mercados y centros poblados, a través de la formulación, promoción, ejecución y supervisión de la infraestructura de transportes y comunicaciones, a cuyo efecto dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento.
- **OBRAS DE ARTE:** Conjunto de estructuras destinadas a cruzar cursos de agua, sostener terraplenes y taludes, drenar las aguas que afectan el camino, evitar las erosiones de los terraplenes, etc.
- **PENDIENTE DEL CAMINO:** Inclinación del camino en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.
- **PRÓCTOR MODIFICADO:** Ensayos de compactación. Este ensayo es un proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo - deformación de los suelos.
- **SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO:** Representación gráfica de cortes transversales a lo largo del eje del camino, a distancias regulares entre sí o a distancias específicas en casos necesario.
- **SUCS:** Clasificación Unificada de Suelos. Sistema de clasificación de suelos. Divide a los suelos en dos grupos: granulares y finos
- **UTM:** Universal Transversal de Mercator. Sistema utilizado para representar la superficie terrestre de grandes extensiones en dirección norte-sur.

- **VELOCIDAD DIRECTRIZ O DE DISEÑO:** Es la velocidad establecida en el proceso de planeamiento, para adoptar en el diseño, como elemento rector de las características geométricas del camino.

1.9. Formulación de Hipótesis

a. Hipótesis general: H_i

Se desarrollará el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

b. Hipótesis específicas: H_a

HE1: Se realizará el estudio de Topografía y Diseño Geométrico para el:

Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

HE2: Se realizará el estudio Hidráulico para el:

Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

HE3: Se realizará el estudio de Geología y Geotecnia para el:

Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

1.10. Propuesta de aplicación profesional

1.10.1. Metas del proyecto

Infraestructura proyectada.

Meta global.

El presente proyecto es parte integrante del Proyecto de Mejoramiento de caminos vecinales del Distrito de San Gabán.

Meta del presente proyecto.

La meta física de éste proyecto contempla:

- 08+450 Km Mejoramiento de vía con una sección transversal de 5.00, superficie de rodadura afirmado de 0.20 cm de espesor.
- Construcción de 11,323.00 m de cunetas de tierra.
- Construcción de 03 Alcantarillas TMC de Diam = 1.20
- Construcción de 06 Alcantarillas TMC de Diam = 1.50
- Construcción de 04 Alcantarillas TMC de Diam = 1.80
- Construcción de 05 Alcantarillas de concreto Tipo Losa
- Construcción de 32 Badenes de concreto
- Construcción de 200 ml de Muro de contención
- Señalización Preventiva, Reglamentarias, Informativas,
- Protección Ambiental

Tabla N° 01: Relación de Alcantarillas tipo TMC proyectadas

Ítem	Progresiva	Función	Material	Sección	Diámetro (m)	Longitud (m)	Observaciones
01	00+045	Drenaje de cunetas	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar
02	01+882	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar
03	02+180	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar
04	02+252	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar
05	02+357	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar
06	02+455	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.20	9.00	Reemplazar
07	04+608	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar
08	05+690	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar
09	05+855	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.20	9.00	Reemplazar
10	06+100	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar

Ítem	Progresiva	Función	Material	Sección	Diámetro (m)	Longitud (m)	Observaciones
11	06+555	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.20	9.00	Reemplazar
12	07+300	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Proyectar
13	07+830	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Proyectar

Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla N° 02: Relación de Alcantarillas de concreto tipo Losa proyectadas.

Item	Prog.	Función	Material	Sección	Ancho (m)	Alto (m)	Longitud (m)	Observación
01	01+270	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	4.50	2.50	9.00	Reemplazar

02	03+270	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	3.00	2.50	9.00	Proyectar
03	05+175	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	4.50	2.50	9.00	Reemplazar
04	06+400	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	2.50	2.00	9.00	Reemplazar
05	06+960	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	3.50	3.00	9.00	Proyectar

Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla N° 03: Relación de Badenes proyectados

Item	Prog.	Función	Material	Sección	Trapezoidal		Triangular	Pendiente transversal (%)	Observación
					Base menor (m)	Alto (m)	Alto (m)		
01	0+172	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Reemplazar
02	00+324	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Reemplazar
03	00+430	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Reemplazar
04	00+655	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Reemplazar
05	00+800	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Reemplazar

Item	Prog.	Función	Material	Sección	Base menor (m)	Alto (m)	Alto (m)	Pendiente transversal (%)	Observación
06	00+935	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
07	01+490	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
08	01+580	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
09	02+000	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Reemplazar
10	02+280	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Reemplazar
11	02+812	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Proyectar

12	03+200	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Proyectar
13	03+327	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
14	03+390	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
15	03+512	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
16	03+623	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
17	03+770	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
18	03+860	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
19	03+980	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
20	04+015	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
21	04+308	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
22	04+470	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
23	04+745	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
24	04+860	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar

Item	Prog.	Función	Material	Sección	Base menor (m)	Alto (m)	Alto (m)	Pendiente transversal (%)	Observación
25	04+960	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
26	05+094	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
27	05+510	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
28	05+570	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
29	05+780	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
30	06+655	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Reemplazar
31	06+800	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar

32	07+000	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
----	--------	--------------------------------	----------	-------------	------	------	--	-------	-----------

Fuente: Elaboración propia del autor.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Material de Estudio

2.1.1. Población

Tabla N° 04: población

CENTROS POBLADO	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
			Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
SAN GABAN	Rupa	668	271	199	72	29	29	-
	Rupa							

Fuente: Censo de Población y Vivienda años 2017 INEI

2.1.2. Muestra

La muestra de estudio cuenta con un área de: 0+8+450 kilómetros de mejoramiento Y una sección transversal de 5.00 **metros con una superficie de rodadura de 0.20 centímetros de espesor.**

Universo o Población: Caminos Vecinales de la Provincia de Carabaya

Muestra: Camino Vecinal Challhuamayo – Antaymarca.

2.1.3. Técnicas de recolección de datos

2.1.3.1. Observación

Se utilizó en repetidas veces la técnica de la observación en la cual fue de gran importancia al momento de indagar las propiedades de suelo y las particularidades físicas de las precipitaciones. Asimismo, esta técnica fue trascendental para la elaboración y recolección de investigación de los estudios de mecánica de Suelos y el levantamiento topográfico.

2.1.3.2. Técnicas de procesamiento de y análisis de datos

Los Procesamientos y presentación de Datos se hará de acuerdo a las Normas técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras, y utilizando cálculos estadísticos adecuados con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

Variable de estudio

Para probar la Hipótesis planteada, será necesario obtener los siguientes datos:

Variables Independientes:

Estudio Topográfico y diseño Geométrico

Estudios Hidrológicos

Estudio de Geología Y Geotecnia.

Variables Dependientes:

Diseño Geométrico.

Diseño de Obras de arte.

Diseño de Pavimento.

Operacionalización de variables.

Se utilizará la metodología correspondiente para poder desarrollar las variables independientes y dependientes, utilizando bibliografía Variada y adecuada para desarrollar la Investigación.

Tipo de diseño de investigación

Tipo Investigación aplicada

Nivel Básico

2.1.3.3. Diseño de investigación

Se emplearán programas y software que conlleven a los diseños correspondientes al diseño geométrico, de pavimentos.

III. RESULTADOS

3.1. Aspectos generales

3.1.1. Ubicación

Región	:	Puno
Departamento	:	Carabaya
Provincia	:	San Gabán
Lugar	:	Challhuamayo

3.1.2. Ubicación geográfica

La zona del proyecto se ubica en la Región Puno, departamento de Puno, Provincia de Carabaya, Distrito de San Gabán

La Carretera Challhuamayo El proyecto se desarrolla en zona de selva, sobre alturas aproximada de 442.10 m.s.n.m, como cota mínima y 693.57 m.s.n.m. como cota máxima, el clima característico de esta zona es cálido y templado, con precipitaciones pluviales entre los meses de Noviembre a Mayo; la temperatura promedio es entre los 20 °C a 32 °C.

3.1.3. Ubicación hidrográfica

El área de estudio hidrográficamente está ubicado en la cuenca del Inambari, perteneciente a la vertiente del Océano Atlántico.

Figura N°01: mapas de localización



3.1.4. Ubicacion

3.1.4.1. Ubicación del área de estudio

Tabla N°05: Ubicación geográfica

Superficie	08+450 kilómetros
Altitud	442.10 metros sobre el nivel del mar
Coordenadas geográficas	Latitud: Latitud Sur: 13° 21' 26.42" a 13° 19' 50.37" y Longitud Oeste: 70° 20' 58.82" a 70° 23' 42.29",

Fuente: Elaboración propia

Colindancia/lindero Del Distrito de San Gaban

Por el Norte : Departamento de Madre de Dios

Por el Sur : Distrito De Ituata y Macusani

Por el Este : Distrito De Coasa

Por el Oeste : Distrito de San Gaban y Departamento de Cusco

3.1.4.2. Ubicación política

El proyecto geográficamente se localiza, en:

Tabla N°06: Ubicación politica

Departamento /Región	Puno
Provincia	Carabaya
Distrito	San Gaban
Localidad	Centros Poblados de , Challhuamayo.
Tramo	Centro Poblado de Challhuamayo - .), FINAL (348,991.00 E. – 8,525,762.00 N.
Región Geográfica	Selva

Zona	Rural
Altitud Promedio	442.10 m.s.n.m.
Coordenadas	Prog. 0+000 354,908.00 E. 8,525,762.00 N y Final
Código de Ruta	Prog. 08+430 348,991.00 E. - 8,525,762.00 N
Ubigeo	
Coordenadas UTM Tramo Camino Vecinal 08+430 km	
Inicio de Tramo-Centro Poblado de Challhuamayo	
ESTE	354,908.00
NORTE	8,525,762.00
Fin de Tramo-Comunidad de Antaymarca	
ESTE	348,991.00
NORTE	8,525,762.00

3.1.4.3. Accesos.

Accesibilidad

El acceso al área de proyecto se logra a través del siguiente trayecto: Desde Puno por una carretera asfaltada hasta el centro Poblado de Challhuamayo (375 Km), luego se continúa hacia el área de estudio (8 Km).

El acceso a la zona de proyecto es de la ciudad de Puno hacia la ciudad de Juliaca mediante una carretera asfaltada en un tramo de 45 km, desde Juliaca hasta Macusani mediante una carretera asfaltada en una longitud de 120 Km. Y desde la ciudad de Macusani hasta el desvío de la carretera sector Challhuamayo 90 Km asfaltado.

Tabla 07: Accesibilidad al área de estudio

Ruta	Distancia	Tiempo	Carretera
Puno – Desvío Challhuamayo	375 Km	6:10 hr	Asfaltado
Desvío Challhuamayo – Tramo carretera	8.4 Km	4 hr	Trocha/ camino de herradura
Total	63 Km	1.0 hr.	

3.2. Estudio de topografía y diseño de vía

3.2.1. Consideraciones generales del trazo:

La localización de una ruta entre dos puntos, uno inicial y otro terminal, establecidos como condición previa, implica encontrar una franja de terreno cuyas características topográficas y factibilidad de uso, permita asentar en ella un camino de condiciones operativas previamente determinadas.

El procedimiento de localización empieza tradicionalmente, con la determinación de un trazado tentativo mediante la señalización de una línea de banderas a través del territorio, cuando éste es de topografía plana u ondulada, siguiendo en lo posible la ruta más directa entre los extremos fijados para el camino, con la de ir salvándolos accidentes naturales y las edificaciones o instalaciones que revistan un carácter relativamente intangible por su importancia de topografía plana u ondulada, siguiendo en lo posible la ruta más directa entre los extremos fijados para el camino, con la condición de ir salvándolos accidentes naturales y las edificaciones o instalaciones que revistan un carácter relativamente intangible por su importancia en los puntos de inflexión de la poligonal que se va formando, se señala el trazado con algún elemento, tal como una bandera que permite identificar el recorrido seguido.

Cuando el territorio es accidentado, el trazo resulta controlado por las inclinaciones del terreno. En estos casos, además de la necesidad, de salvar los accidentes importantes, el trazo se enfrenta a la necesidad de salvar la diferencia de alturas en los tramos en que se requiere ascender o descender para pasar por puntos obligados de la ruta.

Para estos casos se traza en el terreno una "línea de gradiente". Se trata de un alineamiento de dirección variable, que tiene la particularidad de ascender o descender el terreno, con una pendiente constante para el

tramo, elegida o calculada previamente en razón a dos parámetros principales: la altura por salvar y la pendiente máxima promedio, aceptable para el camino. La pendiente seleccionada deberá estar algunos puntos por debajo de esa pendiente máxima, como criterio previsor dado que hay que asegurar que en el trazo definitivo se requiere no sobrepasar las pendientes máximas permitidas.

La materialización de este trazado tentativo o preliminar, tradicionalmente se hace con la ayuda de un eclímetro.

Este es un instrumento manual que permite señalar la horizontalidad mediante un nivel y la pendiente deseada mediante un visor graduado respecto a la horizontal. De esta manera el operador señala a quien porta la mira, su ubicación en el terreno en una poligonal que asciende o desciende con la pendiente establecida. En cada punto se estaca el terreno para no perder la referencia y se mide la distancia entre estacas y con una brújula el azimut de cada alineamiento. Este procedimiento es similar tanto para el trazado de la línea de banderas, como de la línea de gradiente.

En la actualidad, además del método tradicional, para la localización de una ruta, se emplean la fotografía aérea, y la modelación digital del terreno, así como los modelos de elevaciones. En estos casos siempre es necesario un reconocimiento detallado previo, de lo contrario se requerirán grandes franjas con recubrimiento aerofotográfico y extensos modelos.

3.2.2. Topografía y trazado:

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El elevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel, a escalas

convenientes para la interpretación del plano por el Ingeniero y para la adecuada representación del camino y de las diversas estructuras que lo componen.

En los reconocimientos es recomendado usar de preferencia planos a escala en el rango entre 1:2000 y 1:10000 con curvas de nivel, a intervalos de altura de 5 m. En terrenos muy empinados no es posible el dibujo de curvas a este intervalo y será necesario elegir un intervalo mayor, en que la distancia horizontal en el dibujo, entre dos curvas de nivel sea mayor a 1 m. En los diseños definitivos se recomienda utilizar planos en planta horizontales normalmente en el rango de 1:500 y 1:1000 para áreas urbanas; y de 1:1000 y 1:2000 para áreas rurales; y curvas a nivel a intervalos de 0.5 m. a 1.0 m. de altura en áreas rurales y a intervalos de 0.5 m. en áreas urbanas.

Los planos topográficos para proyectos definitivos de gran magnitud deben estar referidos a los controles terrestres de la cartografía oficial, tanto en ubicación geográfica como en elevación, para lo cual deberá señalarse en el plano el hito Datum o BM tomado como referencia.

El trazado deberá ser referido a las coordenadas señaladas en el plano, mostrando en las tangentes, el azimut geográfico y las coordenadas referenciales de PIs, PCs y PTs, etc

El levantamiento topográfico puede hacerse usualmente en dos formas alternativas. La más común resulta ser el levantamiento ejecutado en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para el camino y su derecho de vía. La alternativa es hacer levantamientos topográficos sobre un área más amplia que permitirá el estudio en gabinete de variantes en el trazo para optimizar el diseño y minimizar los costos.

En el caso del levantamiento restringido a prácticamente el derecho de vía del camino, el trabajo se realizara simultáneamente con el estacado preliminar en el terreno y seguramente definitivo. Este trazado constituye lo

que se denomina el "trazado directo". El sistema alternativo se denomina "trazado indirecto".

3.2.3. Trazo directo:

Definida la ruta y fijado el punto de partida y los puntos obligados de paso, que definen tramos de la ruta, se ejecuta un estacado preliminar señalando la ruta y se calcula el nivel del terreno en cada estaca.

Mediante el seccionamiento transversal del terreno, en cada estaca, midiendo longitudes con cinta métrica o cadena y elevaciones con el eclímetro, el nivel o el Estación Total, se realiza el levantamiento topográfico de la sección transversal que deberá cubrir un área suficientemente amplia para diseñar el camino, sus diversas estructuras y obras de arte y para acondicionar el derecho de vía. Los datos de cada sección transversal deberán ser suficientes para permitir la representación de las curvas de nivel en la franja que ocupara el camino. En la actualidad el levantamiento de la sección transversal también se realiza con la Estación Total.

En los tramos en que la pendiente es condicionante principal, se necesita fijar una pendiente en el trazo que garantice llegar al próximo punto obligado de paso. La llamada línea de gradiente corresponde a ese trazo. Para este efecto se fija la pendiente promedio requerida para la distancia entre puntos de paso y se utiliza cuando menos un eclímetro para señalar los puntos, con banderas. La pendiente promedio de la línea de gradiente en tramos críticos debe ser como máximo un 60% de la pendiente máxima de la rasante en tramo recto para la clase correspondiente de camino.

Conocida la ruta preliminar en el terreno, la brigada de trazo, fija el eje, mediante tangentes y un estacado y calcula y traza las curvas entre tangentes.

En cada estaca se levanta la sección transversal en un ancho que depende de la naturaleza del proyecto y del terreno.

En el gabinete se reconstruye la planta de la franja del camino, el perfil longitudinal del eje y las secciones transversales.

El topógrafo debe levantar adicionalmente la referencia de toda edificación, instalación, propiedad, caminos de acceso y accidente natural o artificial, ubicado en la franja levantada, que se juzgue será necesario tomar en cuenta para el diseño del proyecto; o ampliará el área de levantamiento si el Ingeniero lo juzga necesario. Deberá incluirse también el levantamiento detallado de todos los cursos de agua transversales al camino sean estos permanentes estacionales y eventuales.

El estacado seguido a lo largo del eje, corresponde así normalmente a la poligonal del levantamiento y salvo eventuales correcciones como consecuencia de posibles cambios, el trazado materializado (estacado) corresponde también al replanteo del proyecto.

Se fijan entonces en el terreno las referencias topográficas permanentes que permitirán replantear el alineamiento del eje del camino y el estacado del proyecto en los casos en que el estacado desaparezca por cualquier causa; estas referencias o monumentos se construyen en lugares estables no sujetos a cambios.

3.2.4. Trazado indirecto:

En nuestro medio se ha denominado "trazado indirecto" al procedimiento de realizar levantamientos topográficos precisos, en una franja amplia del terreno; y el trazo del eje se realiza en el gabinete sobre los planos de topografía, ó los modelos digitales producto del levantamiento.

Definida la ruta y sus puntos obligados de paso, se hacen levantamientos topográficos de precisión en una franja del camino, que cubra las mejores posibilidades de colocar el trazo y analizar sus variantes.

La topografía puede levantarse por métodos terrestres, con equipos de topografía convencional que puede resultar en un trabajo lento; o con equipos electrónicos de mayor precisión y rapidez. También se utiliza y cada vez más frecuentemente levantamientos por restitución aerofotogramétrica o imágenes satelitales.

Todos estos casos, se puede automatizar la medición, los registros, la elaboración de planos y el computo del movimiento de tierras; mediante la organización de bases de datos y la digitalización de los planos del diseño. El proyecto se realiza en el gabinete, pudiéndose estudiar con facilidad las alternativas de trazo y variantes.

El replanteo del trazo y su monumentación puede realizarse en cualquier oportunidad posterior, e incluso solo al iniciarse las obras, para lo cual, durante la etapa del levantamiento topográfico monumentan convenientemente las referencias terrestres.

3.2.5. Sistema de unidades:

En todos los trabajos topográficos se aplicará el sistema métrico decimal, las medidas angulares se expresarán en grados, minutos y segundos sexagesimales.

Las medidas de longitud se expresarán en kilómetros (km); metros (m); centímetros (cm) ó milímetros (mm), según corresponda.

3.2.6. Sistemas de referencia:

El sistema de referencia será único para cada proyecto, y todos los trabajos topográficos necesarios para ese proyecto estarán referidos a ese sistema.

El sistema de referencia será plano, triortogonal, dos de sus ejes representan un plano horizontal (un eje en la dirección NOR –ESTE (según la cuadrícula UTM de IGN para el sitio del levantamiento) el cual se proyectan ortogonalmente todos los detalles del terreno, ya sea naturales o artificiales, y el tercer eje corresponde a elevación, cuya representación del terreno se hará tanto por curvas de nivel, como por perfiles y secciones transversales. Por lo tanto, el sistema de coordenadas del levantamiento no es el U.T.M., sino un sistema de coordenadas planas ligado, en vértices de coordenadas U.T.M., lo que permitirá efectuar la transformación para una adecuada georeferenciación. Las cotas o elevaciones se referirán al nivel medio del mar.

Tabla N°08 Sistemas de referencia

Velocidad angular de la tierra	w	$7\ 292\ 115 \times 10^{-11}$ rad/seg
Constante gravitacional terrestre	GM	$3\ 986\ 005 \times 10^8$ m ³ /seg ²
Coficiente armónico zonal de 2º grado de geopotencial	J ₂	$C_{2.0} = 484.16685 \times 10^{-6}$

Para enlazarse a la Red Geodésica Horizontal del IGN bastará enlazarse a una estación si la estación del IGN es de al Orden B ó superior y a dos estaciones en el caso que las estaciones del IGN pertenezcan Orden C. Para el enlace vertical a la Red Vertical del IGN se requiere enlazarse a dos estaciones del IGN como mínimo.

Para caminos de Bajo Volumen de Tráfico se considera deseable contar con puntos de Georeferenciación con coordenadas UTM, enlazados al Sistema Nacional del IGN, distanciados entre sí no más de 10 Km. y próximos al eje del camino a una distancia no mayor de 500 m.

3.2.7. Tolerancias en la ubicación de puntos:

Tabla N°09: Tolerancias para trabajos de Levantamientos Topográficos

FASE DE TRABAJO	TOLERACIAS		DISTANCIA ENTRE HITOS
	HORIZONTAL	VERTICAL	
Georeferenciación	1:100 000	$e = 5 k^{1/2}$	40 km
Puntos de Control (Polígonos o triángulos)	1:10 000	$e = 12 k^{1/2}$	0.5 km
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5 000	± 10 mm.	-.-
Otros puntos del eje	± 50 mm.	± 10 mm.	-.-
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm.	± 20 mm.	-.-
Muros de contención	± 20 mm.	± 10 mm.	-.-
Límites para roce y limpieza.	± 500 mm	--	-.-
Estacas de subrasante	± 50 mm.	± 10 mm.	-.-
Estacas de rasante	± 50 mm.	± 10 mm.	-.-
Estacas de Talud	± 50 mm.	± 100 mm.	-.-

*e = error relativo en milímetros

K = Distancia en kilómetro

Estado actual de la carretera

TRAMO I 0+ 00 0 – 3+ 000

La carretera actual en el tramo I se presencia de un lastrado con material granular con un ancho promedio de la superficie de rodadura de 4.00 m., sin embargo, en algunos sectores el ancho bordea los 3.50 m.; además, no cuenta con bermas definidas y el bombeo transversal es variable o no tiene. En algunos sectores de corte presenta cunetas no revestidas que se encuentran

parcialmente obstruidas debido a la falta de mantenimiento y con presencia de vegetación.

La plataforma de la carretera actual transcurre sobre terrenos accidentados. Por consiguiente, las zonas que existen en corte son también en todo el tramo.

El alineamiento actual presenta curvas horizontales y verticales en algunos casos no aceptables, es en los tramos accidentados donde existen tramos sinuosos con radios mínimos.

Respecto a la rasante existente, la carretera actual tiene una pendiente máxima de 10.00 %, en sección transversal presenta inclinaciones transversales, la carretera actual no tiene pendientes aceptables para una carretera pavimentada.

TRAMO II 3+ 000 – 5+ 000

La carretera actual en el tramo II no presenta afirmado con material de préstamo, con un ancho promedio de la superficie de rodadura de 3.50 m., sin embargo, en algunos sectores el ancho bordea los 3.00 m.; además, no cuenta con bermas definidas y el bombeo transversal es variable o no tiene. En algunos sectores de corte presenta derrumbes, cunetas no revestidas que se encuentran parcialmente obstruidas debido a la falta de mantenimiento y con presencia de vegetación.

La plataforma de la carretera actual transcurre sobre terrenos accidentados. Por consiguiente, las zonas que existen en corte son también en todo el tramo.

El alineamiento actual presenta curvas horizontales y verticales en algunos casos no aceptables, es en los tramos accidentados donde existen tramos sinuosos con radios mínimos.

Respecto a la rasante existente, la carretera actual tiene una pendiente máxima de 10.00 %, en sección transversal presenta inclinaciones transversales, la carretera actual no tiene pendientes aceptables para una carretera pavimentada. Hay presencia de baches con presencia de agua de las precipitaciones pluviales.

TRAMO III 5+ 000 – 8+ 430

En este tramo solo existe un camino de herradura con presencia de vegetación con un ancho promedio de 1.50 a 2.00 mts. La cual se requiere definir el diseño geométrico de la vía. Vertical y horizontal.

El objeto de establecer estas estaciones geodésicas, es para facilitar a las brigadas de levantamientos topográficos y nivelación en sus partidas y llegadas, partiendo del punto de control más próximo, con ceros en el punto anterior y normalmente visible.

Luego del reconocimiento de los puntos monumentados de control topográfico, se realizaron los trabajos de Geodesia, levantamiento topográfico, Replanteo del eje de la vía, Nivelación geométrica

3.2.8. Levantamiento topográfico

Luego de la obtención de las coordenadas topográficas de las poligonales de apoyo, se procedió a realizar el levantamiento topográfico general.

Se efectuó el relleno topográfico, empleándose estaciones totales de precisión con Prismas y laser para observar en lugares inaccesibles, teniendo en cuenta los detalles del terreno.

Toda la información de campo desarrollada durante los trabajos, se encuentra debidamente registrada en libretas de campo y archivos electrónicos.

En este proceso se incluyeron todas las singularidades de la faja, terrenos de cultivo, postes, cercos, canales, cruces, buzones, detalles urbanos, viviendas, etc. El levantamiento de la franja ha considerado los siguientes puntos:

Eje de la calzada actual.

- Bordes de caminos.
- Borde superior e inferior de cortes y terraplenes.
- Puntos representativos del terreno en el área comprometida con obras de saneamiento y expropiaciones.

La faja de levantamiento topográfico, abarca un ancho suficiente que permite proyectar las obras complementarias como: cunetas de coronación, zanjas de drenaje, bajadas de aliviaderos, obras de arte, etc.

Levantamiento de Quebradas Mayores y Menores.

Los trabajos de topografía incluyeron el levantamiento topográfico de todas las quebradas mayores y menores ubicadas a lo largo del tramo en estudio, en donde se proyectarán estructuras mayores de drenaje transversal y badenes

Estos trabajos fueron realizados en coordinación con el Especialista en Hidrología y Drenaje y el de Geología y Geotecnia.

Levantamiento de emplazamientos de estructuras

Como parte de los trabajos de levantamiento topográfico, se han realizado el inventario y levantamiento de las estructuras existentes, tales como: alcantarillas, muros, canales y pontones existentes, con la finalidad de cuantificar los volúmenes de demolición.

Para el diseño de alcantarillas, se ha levantado un perfil transversal por el eje de la estructura proyectada y por el cauce aguas arriba y aguas abajo, con el máximo de detalles posible que permita el diseño de la estructura proyectada.

Para el diseño de estructuras mayores, se ha aprovechado el levantamiento de quebradas mayores y menores.

Levantamiento de Sectores Críticos

Los levantamientos en detalle de los sectores erosivos se realizarán en la longitud indicada en los términos de referencia y en la extensión del área a levantar definidos de los especialistas de Hidrología e Hidráulica y Geología y Geotecnia.

Los levantamientos en detalle de los sectores donde es necesario mejorar la estructura de la vía, con material de cantera.

Levantamiento de Canteras

Se han definido las ubicaciones de las Canteras para los levantamientos topográficos, estos trabajos se realizarán en coordinación con el Especialista de Suelos y las cuales son:

Levantamiento de Accesos e Intersecciones

Los accesos e intersecciones existentes han sido previamente a su levantamiento han sido identificados y clasificados en principales y secundarios, debido a su importancia. Se prevé que los accesos secundarios serán afirmados mientras que los accesos principales serán asfaltados.

En el caso de los accesos secundarios el levantamiento ha sido realizado como parte del levantamiento de la franja de 50m del eje de la carretera, al igual que la mayoría de los accesos principales, únicamente se han identificado dos intersecciones que requieren un levantamiento especial.

Levantamiento de Terrenos y Viviendas Afectadas

Como parte de los trabajos de topografía se han realizado el levantamiento de predios asentados a lo largo del derecho de vía de la carretera, tanto de edificaciones (viviendas), como de terrenos de cultivo, canales de riego, caminos de herradura, cercos, muros, entre otros elementos que delimiten predios. Adicionalmente se han efectuado levantamiento interno de viviendas afectadas.

3.2.9. Nivelación geométrica

Todos los puntos de control topográfico del proyecto (ptos de las Poligonales) se nivelaron partir del BM 0+000 encontrado en campo. Esto quiere decir que todos los puntos de la poligonal principal establecida dispondrán, además de sus coordenadas topográficas, su correspondiente valor de elevación para su empleo en el replanteo y otros.

Para dar cotas a todos los puntos de la Sub Red geodésica, referida al BM de inicio, se crearon circuitos cerrados de nivelación geométrica por cada punto (ver en anexos lecturas del circuito cerrado de nivelación).

Error Máximo Tolerable en los Circuitos:

Para el presente proyecto, se considerará una “Nivelación Precisa”, por consiguiente, para los todos circuitos de nivelación geométrica, se ha considerado la siguiente ecuación y en función a los siguientes parámetros:

$$E_{max} = \pm 0,012\sqrt{K}$$

Donde:

E_{max} : Error máximo tolerable

(metros) $e=0.010$: Error

kilométrico (metros)

K: Numero de kilómetros

Compensación de errores en la nivelación geométrica

Cuando la comprobación de una nivelación geométrica de un trabajo topográfico tiene un resultado satisfactorio (error de cierre altimétrico no supere el error máximo tolerable), se procede a repartir el error de cierre total en cada una de las cotas de los puntos intermedios.

La compensación del error de cierre, será directamente proporcional a la distancia entre dichos puntos y la inicial.

$$C_i = (d_i)$$

$$(E_c)/dt$$

Donde:

D_i = distancia del punto inicial al punto "i" E_c = error de cierre

dt = distancia total

Equipo topográfico utilizado

- 02 Estación Total TOPCON serie GPT -3005LW incluye Láser infrarrojo Equipos menores y accesorios.
- SOFTWARE (Programa especial de Ingeniería, Geodesia y Topografía) 01 Autocad 2020.

01 Civil 3D 2020

COUNTRY PACK

PERU (DG – 2013)

AIDC-NS-PLUS 2014

(DG 213)

3.2.10. Diseño geométrico

El diseño geométrico es la parte más importante en la proyección de una vía, cuya configuración geométrica del conjunto tridimensional que supone, se establece en base a los condicionantes o factores existentes, a fin de satisfacer al máximo los objetivos fundamentales de todo proyecto vial, es decir: Funcionalidad , seguridad, comodidad, integración en su entorno, armonía,

economía y elasticidad , que en suma ofrezcan al usuario un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

La funcionalidad, viene determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una óptima movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de circulación economía y elasticidad, que en suma ofrezcan al usuario un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

La funcionalidad, viene determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una óptima movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de circulación, la seguridad vial, es la premisa básica en cualquier diseño vial, inspirando todas las fases del mismo, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

La comodidad, de los usuarios de los vehículos, se incrementa en consonancia con la mejora general de la calidad de vida, y disminuyendo las variaciones de aceleración que reducen la comodidad de los pasajeros, ajustando a las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los alineamientos.

La integración en su entorno procura minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la topografía existente.

La armonía o estética tiene que ver al exterior con la adaptación paisajística, y el interior vinculado a la comodidad visual del conductor ante las perspectivas cambiantes que se agolpan a sus pupilas y pueden llegar a provocar fatiga o distracción, motivo de peligrosidad.

La economía o el menor costo posible, tanto de la ejecución de la obra, como del mantenimiento y la explotación futura de la misma, alcanzando siempre una solución de compromiso con el resto de objetivos y criterios.

La elasticidad, suficiente de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro. El estudio incluye la determinación de la Velocidad Directriz, la sección transversal: ancho de calzada, ancho de berma, bombeo, taludes de corte y relleno y peraltes y parámetros de diseño del alineamiento horizontal y vertical, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de sobrepaso, el radio mínimo para el peralte máximo, el sobre ancho, la longitud de transición y la pendiente máxima.

En el caso de zonas urbanas, se ha contemplado un diseño geométrico particular para cada sector urbano, dependiendo de las características propias de cada uno.

Clasificación de carreteras y tipo de obra,

La aplicación de este manual en relación a los volúmenes de la demanda del tránsito, se extiende hasta los límites que justificarían el cambio de superficie granular a rodadura pavimentada. El límite real es específico de cada caso y dependerá de la cantidad y tipo de los vehículos. Y puede calcularse mediante un análisis técnico económico en cada caso específico.

En la tabla se sintetiza las características de la superficie de rodadura que la experiencia peruana ha definido como la práctica adecuada en términos técnico-económico, para las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Tabla N°10: características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito

CARRETERA DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO DE CALZADA (M)	ESTRUCTURAS Y SUPERFICIE DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

3.2.11. Proyección de tráfico total (veh/día)

Velocidad directriz

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazado, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

La velocidad de operación estimada es de 40km/h en camioneta, A partir de lo descrito y tomando en cuenta los rangos de velocidades establecidos en el

manual de diseño, se recomienda emplear una velocidad de 40 km/h y 50km/h como velocidad de diseño.

En el particular caso de este manual destinado al diseño de carreteras de bajo volumen del tránsito, es natural que el diseño se adapte en lo posible a las inflexiones del terreno y, particularmente, la velocidad de diseño deberá ser bastante baja cuando se trate de sectores o tramos de orografía más accidentada. Para efectos de este Manual, la velocidad máxima de diseño considerada es de 30Km/h. Para velocidades mayores a estas, adoptarán los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014 o en el Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentas de Bajo Volumen de Tránsito.

Sección transversal

La sección transversal de la vía, de acuerdo a las normas se basa en la clasificación de la vía, a la orografía que atraviesa la misma y a la velocidad directriz.

Considerando que el presente estudio, ha desarrollado una sectorización más detallada del tramo en estudio, sobre la base de la orografía del tramo y las velocidades directrices determinadas, se analizara los anchos respectivos de acuerdo a los tramos y sus características.

Calzada

En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico $IMDA < 50$, la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles.

En la tabla, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

Tabla N°11 ancho mínimo deseable de la calzada en tangente en metros

Tráfico IMDA	<15	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
Velocidad Km./h	*		**		**		**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

* Calzada de un solo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

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

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

Bermas

A cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m. En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.

La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

Bombeo

El bombeo de la calzada está en función del tipo de superficie de la vía y del nivel de precipitación que registra la zona de proyecto, cuya relación se encuentra definida en la Tabla de la Norma de DG – 2014.

La Tabla especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos donde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

En el presente estudio, en donde el tipo de superficie recomendada es tratamiento superficial y se registran precipitaciones superiores a 500mm/año, el bombeo recomendado para todo el tramo es de 2.5%.

Tabla N°12: valores de bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

Peralte

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser

peraltadas. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

Pendientes

En los tramos en corte, se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en la tabla

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3 000 msnm, los valores máximos de la tabla para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.

Tabla N°13: pendientes máximas

OROGRAFÍA TIPO	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
VELOCIDAD DE DISEÑO:				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más conveniente, entre diversas

Los taludes para las secciones en corte y relleno variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados. Las alturas admisibles del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes.

Los taludes de corte dependerán de la naturaleza del terreno y de su estabilidad, pudiendo utilizarse (a modo referencial) las relaciones de corte en talud siguientes los que son apropiados para los tipos de materiales (rocas y suelos)

Tabla N°14: taludes de corte

CLASE DE TERRENO	TALUD (V: H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Roca fija	10 : 1	(*)	(**)
Roca suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos consolidados compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 3	(*)	(**)

(*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad

(**) Requiere análisis de estabilidad

3.2.12. Diseño geométrico en planta

El alineamiento horizontal se encuentra constituido por una serie de rectas enlazadas por arcos horizontales circulares y curvas espirales. El diseño geométrico ha sido desarrollado buscando una consistencia buena de trazado, sin cambios bruscos de velocidades, que pueden devenir en potenciales puntos de accidentes.

Radios Mínimos

En la tabla se muestran los valores de radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En este mismo cuadro se muestran los valores de la fricción transversal máxima.

Tabla N°15: radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor limite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Sobrecancho

La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes. En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos.

Tabla N°16: sobre ancho de la calzada en curvas circulares (m) calzada de dos carriles de circulación

Velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27

* Para Radio de 10 m se debe usar plantilla de la maniobra del vehículo de diseño

3.2.13. Características geométricas de diseño

Las características geométricas de diseño del camino, han sido determinadas en base al El Manual de Carreteras “Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo Volumen de transito”, en función de la velocidad directriz y considerando condiciones más favorables de inversión y son:

Tabla N°17: características geométricas de diseño

TRAMO	TRAMO I KM 0+000 - KM 9+000
Longitud	8+430 Km.
IMD	10 Veh/día
Orografía Tipo	3
Velocidad Directriz (VD)	VD = 30 KPH
Ancho de Calzada	5.00m
Ancho de Bermas*	0.50 m a c/lado*
Bombeo	3.00%
Radio mínimo	25 m
Radio mín. excepcional	10
Sobre ancho máximo	0.00
Peralte máximo	8%
Pendiente máxima (Proyecto)	< 12%
Pendiente máx. excepcional	No Hay
Talud de relleno	2H:1V
Talud de corte	Según Estudio de Geología y Geotecnia

3.3. Estudio de drenaje

Inventario de estructuras existentes

La inspección de las estructuras de drenaje existentes, permite evaluar su estado de conservación, así como observar el comportamiento y capacidad hidráulica en el tránsito de avenidas; además verificar, si el conjunto de estructuras de drenaje existentes, permiten drenar el escurrimiento superficial de todas las quebradas que cruzan la carretera.

El inventario y evaluación de las estructuras de drenaje existentes, se han llevado a cabo utilizando las fichas de campo y de acuerdo a los formatos del manual de inventarios viales del ministerio de transportes y comunicaciones. Las estructuras existentes en el tramo en estudio están conformadas por estructuras menores conformadas por alcantarillas tipo marco, tipo losa, TMC, tajeas de piedra y de mampostería de piedra. De la misma manera se verifico badenes y cunetas revestidas de concreto. Se encontraron también estructuras complementarias como muros de sostenimiento de mampostería de piedra. Se ha inventariado las diferentes estructuras en el tramo en estudio, la cual se detalla a continuación:

Alcantarillas

En el proyecto de la carretera se han inventariado diferentes alcantarillas, las mismas que están conformadas por lo siguiente de acuerdo a los tramos considerados en el proyecto:

Tabla N° 18: Alcantarillas existentes.

Ítem	Código PR	Clase	Tipo	Vanos	Sección Transversal	Dimensión 1 Longitud (m)	Dimensión 2 Longitud (m)	Condición Estructural	Condición Funcional
1	00+045	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	1.50	-	Malo	Mala
2	01+270	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	1.80	-	Malo	Mala
3	01+882	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	-	-	Malo	Mala
4	02+180	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	-	-	Malo	Mala
5	02+252	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	-	-	Malo	Mala
6	02+357	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	1.50	-	Malo	Mala
7	02+455	Definitiva	Acero	02	Circular/Ovalada	1.80	-	Malo	Mala
8	03+270	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	1.50	-	Malo	Mala
9	04+608	Definitiva	Acero	01	Circular/Ovalada	-	-	Malo	Mala
10	05+175	Artesanal	Otro	01	Marco	6.50	3.50	Malo	Mala
11	05+690	Artesanal	Otro	01	Marco	2.70	2.00	Malo	Mala
12	05+855	Artesanal	Otro	01	Marco	2.00	1.50	Malo	Mala
13	06+100	Artesanal	Otro	01	Marco	1.50	1.50	Malo	Mala
14	06+400	Artesanal	Otro	01	Marco	3.00	2.00	Malo	Mala
15	06+555	Artesanal	Piedra	01	Marco	-	-	Malo	Mala

Fuente: Elaboración propia del autor

Badenes

Los badenes son estructuras menores de drenaje transversal de carreteras, cuya función es transportar aguas transversalmente y cuando el fondo del cauce coincide con el nivel de la rasante de la carretera además incluya material de arrastre. Se presenta badenes de diferente longitud de distinto material de concreto ciclópeo. A continuación, se presenta la relación de badenes existentes:

Tabla N° 19: Badenes Existentes

Ítem	Ubicación Inicio	Ubicación Fin	Lado	Clase	Tipo	Dimensión 1 Longitud (m)	Dimensión 2 Longitud (m)	Condición Estructural	Condición Funcional
	Código PR	Código PR							
1	00+172	-		Badén	Concreto Ciclópeo	10.00	4.50	Mala	Regular
2	00+430	-		Badén	Concreto Ciclópeo	10.00	4.00	Mala	Regular
3	00+655	-		Badén	Concreto Ciclópeo	20.00	5.00	Mala	Regular
4	00+800	-		Badén	Concreto Ciclópeo	8.00	5.00	Mala	Regular
5	01+490	-		Badén	Piedra	9.00	4.50	Mala	Regular
6	02+000	-		Badén	Concreto Ciclópeo	12.00	6.00	Mala	Regular
7	02+280	-		Badén	Concreto Ciclópeo	7.00	4.00	Mala	Regular
8	06+655	-		Badén	Concreto Ciclópeo	-	-	Mala	Regular

Fuente: Elaboración propia del autor.

Cunetas

Las cunetas son estructuras de drenaje longitudinal de carreteras, cuya función es transportar aguas longitudinalmente generalmente se presenta en cortes a media ladera y son revestidas de concreto. A continuación se presenta la relación de cunetas existentes:

Tabla N° 20: Cunetas Existentes

Ítem	Ubicación Inicio	Ubicación Fin	Lado	Clase	Tipo	Sección Transversal	Condición Estructural	Condición Funcional
	Código PR	Código PR						
1	00+200	04+100	D	Cuneta	Tierra	Triangular	Malo	Mala

Fuente: Elaboración propia del autor.

Muros

Los muros de sostenimiento existentes son de mampostería de piedra, cuya función es de sostener los taludes del terraplén, es de una altura promedio de 3.00 metros. A continuación se presenta la relación de muros existentes:

Tabla N° 21: Muros Existentes

Ítem	Ubicación Inicio	Ubicación Fin	Lado	Clase	Tipo	Dimensión 1 Longitud (m)	Dimensión 2 Longitud (m)	Condición Estructural	Condición Funcional
	Código PR	Código PR							
1	02+252	02+312	D	Muro	Concreto Ciclópeo	-	-	Regular	Regular

Fuente: Elaboración propia del autor.

3.3.1. Evaluación de estructuras de drenaje existentes

A lo largo del tramo de la carretera en estudio, se ha observado los diferentes problemas de drenaje que comprometen considerablemente a la actual vía, entre ellos podemos mencionar la cantidad insuficiente de alcantarillas para el drenaje del agua superficial y para el drenaje de los cursos de agua que cruzan su alineamiento, asimismo; se ha observado que en gran parte del tramo en estudio, las cunetas existentes se encuentran obstruidas y que recorren grandes distancias, esto ocasiona procesos de erosión y sedimentación de sus cauces; y por consiguiente el desborde de las aguas provenientes de precipitaciones pluviales, afectando la estabilidad de la carretera.

Otro aspecto relacionado con los problemas de drenaje es la existencia de casas y accesos ubicados en forma adyacente a la carretera, lo cual motiva que los lugareños obstruyan las cunetas a fin de construir pases a sus viviendas y a caseríos aledaños, lo cual resulta muy perjudicial para el funcionamiento del sistema de drenaje de la carretera y para su estabilidad ya que la falta de control de estos flujos

está originando el desplazamiento y movimiento en masa de los materiales del talud inferior, provocando grandes cárcavas. Por ello, se plantea el revestimiento de las cunetas y la proyección de alcantarillas espaciadas entre 250 y 300 m en promedio.

Alcantarillas existentes

El sistema de drenaje transversal está constituido por alcantarillas artesanales y definitivas del tipo circular metálico corrugado, mampostería de piedra, marco de concreto, tipo losa de concreto.

La mayoría se encuentran regularmente operativas, por efecto de la sedimentación y poca limpieza o mantenimiento de dichas estructuras; por la tecnología empleada.

Algunas de ellas se presentan totalmente inoperativas por la colmatación ocasionado por falta de mantenimiento o por falla estructural.

La nueva carretera debe protegerse de la presencia de agua proveniente del escurrimiento superficial producido por las precipitaciones pluviales, por lo que es necesario e imprescindible el reemplazo de las alcantarillas de este tipo por nuevas alcantarillas de mayor capacidad hidráulica y que soporte las nuevas cargas impuestas por el tráfico.

Por lo expuesto, como trabajos propuestos para estas estructuras se recomienda el reemplazo de todas las estructuras por alcantarillas TMC de Ø 1.20, 1.50 y 1.80 m de diámetro, alcantarillas tipo losa. La evaluación de las alcantarillas se muestra a continuación:

Tabla N° 22: Evaluación de Alcantarillas existentes

Nro.	Progresiva	Situación Actual	Evaluación y proceso a realizar
01	00+045	Alcantarilla circular Tipo TMC de 1.50 m, estructuralmente malo y funcionalmente regularmente	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla TMC de mayo Sección hidráulica.

02	01+270	Alcantarilla circular Tipo TMC de 1.80 m, estructuralmente malo y funcionalmente regularmente	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla TMC de mayo Sección hidráulica.
03	01+882	Alcantarilla circular Tipo TMC, estructuralmente malo y esta colmatado.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla TMC de mayo Sección hidráulica.
04	02+180	Alcantarilla circular Tipo TMC, estructuralmente malo y esta colmatado.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla TMC de mayo Sección hidráulica.
05	02+252	Alcantarilla circular Tipo TMC, estructuralmente malo y esta colmatado.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla TMC de mayo Sección hidráulica.

Nro.	Progresiva	Situación Actual	Evaluación y proceso a realizar
06	02+357	Alcantarilla circular Tipo TMC de 1.50 m, estructuralmente malo y funcionalmente regularmente	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
07	02+455	Alcantarilla circular Tipo TMC de 1.80 m, estructuralmente malo y funcionalmente regularmente	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
08	03+270	Alcantarilla circular Tipo TMC de 1.50 m, estructuralmente malo y funcionalmente regularmente	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
09	04+608	Alcantarilla circular Tipo TMC, estructuralmente malo y esta colmatado	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
10	05+175	Alcantarilla tipo Artesanal realizado con troncos de madera.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
11	05+690	Alcantarilla tipo Artesanal realizado con troncos de madera.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
12	05+855	Alcantarilla tipo Artesanal realizado con troncos de madera.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.

13	06+100	Alcantarilla tipo Artesanal realizado con troncos de madera.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
14	06+400	Alcantarilla tipo Artesanal realizado con troncos de madera.	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.
15	06+555	Alcantarilla de piedra, estructuralmente malo y esta colmatado	Insuficiencia estructural, hidráulica y de dimensiones de sección transversal de la vía. Reemplazar por Alcantarilla de mayor sección Hidráulica.

Fuente: Elaboración propia del autor.

3.3.2. Estructuras a implementar

se han incluido dentro las soluciones planteadas y según los criterios aplicables al buen funcionamiento de una vía, la proyección de estructuras de protección contra el proceso de erosión que afecten la estabilidad de la vía, como emboquillados, enrocados, etc. Así mismo para cada caso crítico identificado, se ha determinado un tratamiento especial proyectándose sistemas de drenaje y sub drenaje particulares según el problema presentado, los cuales tendrán la función de eliminar y/o mitigar los efectos del agua ya sea superficial o sub superficial, sobre la estructura de la plataforma vial o taludes adyacentes (inferior y superior), asimismo se ha planteado la estabilización de taludes mediante banqueteo o reforzamiento de acuerdo a lo informado en el Estudio Geológico y Geotécnico.

Se debe tener en cuenta que las estructuras de drenaje están íntimamente relacionadas a los niveles de paso de los flujos de agua a evacuar y los niveles alcanzados por la estructura del pavimento (rasante terminada de acuerdo al diseño geométrico en planta y perfil), lo que es cuidadosamente observado en la realización de los diseños planteados.

Por otro lado es preciso indicar que un complemento a las soluciones propuestas y que han sido descritas anteriormente es el mantenimiento de

las estructuras de drenaje, el cual cumple un papel importante que debe tomarse en cuenta a fin de que la carretera logre la vida útil que se requiere.

3.3.3. Sistema de drenaje transversal

El objetivo del sistema de drenaje transversal propuesto es permitir el paso del flujo inalterado de agua superficial presente en el ámbito de la carretera y que discurre en forma transversal a ésta. El agua superficial, principalmente proviene de fuentes tales como quebradas, acequias, canales de riego, recolección del agua que cae sobre la actual plataforma, etc que discurren en sentido transversal a la carretera y que requieren ser evacuadas por medio de apropiadas estructuras, a fin de conducirlos adecuadamente sin afectar su estabilidad.

Las estructuras de drenaje transversal establecidas en el presente Estudio, están constituidas por:

3.3.3.1. Alcantarillas

Este tipo de obra de drenaje, se ha establecido en concordancia a las características hidráulicas de las estructuras existentes y la demanda hidrológica de la zona en estudio. Las alcantarillas proyectadas son de tipo tubería metálica corrugada, tipo losa y tipo marco de concreto, las cuales se describen a continuación:

Tipo de alcantarillas propuestas

Alcantarilla tipo tubería metálica corrugada

la proyección de alcantarillas tipo tmc (tubería metálica corrugada) se han establecido como solución a la evacuación pluvial de los flujos transportados por las cunetas y para el pase del flujo de algunas quebradas no permanentes con superficies de aportación de reducida magnitud, donde se presenta un flujo con ph normal, principalmente en aquellos sectores donde se cuenta con suficiente

cobertura de relleno desde el nivel de la tubería hasta el nivel de la rasante terminada para protegerla de la acción de las cargas vivas

Características generales

Diámetro de Alcantarilla	: 1.20, 1.50 y 1.80 m
Angulo de esviamiento	: Variable (Según cuadros)
Ancho de Calzada	: 4.00 metros
Pendiente Longitudinal	: 2.5 %
Material de tubería	: Metálica Corrugada.

Subestructura

Tipo	: Cabezales de concreto ciclópeo F'c=175 Kg/cm ² .
Altura	: Variable (1.00 – 2.30 metros)
Profundidad de Desplante	: Variable (- 1.0 a -1.20 metros)
Entrada de alcantarillas	: Alero inclinado o Caja
Salida de alcantarillas	: Alero inclinado
Superficie de Rodadura	: Tratamiento superficial bicapa Protección
Entrada de alcantarilla.	: Emboquillado de piedra

Alcantarilla tipo losa

Las alcantarillas tipo Losa se plantea en zonas o quebradas que están constituidas por materiales disgregables que por acción de la precipitación y por consiguiente del caudal líquido que transportan, propician la ocurrencia de flujos de escombros que inciden en la interrupción de la vía y en su estabilidad. Por

ello, se ha establecido proyectar alcantarillas tipo losa que permitan el paso libre de dichos flujos, conduciéndolos adecuadamente.

Características Generales

Luz y alto de Alcantarilla	: Variable (2.00 – 3.50 m)
Ancho de Calzada	: 4.00 metros
Pendiente Longitudinal	: Variable
Tipo	: Simplemente apoyado losa
Peralte y ancho	: 0.25-0.35 metros
Material de Losa	: Concreto Armado $F^c=210 \text{ Kg/cm}^2$
Sobrecarga	: HL-93
Profundidad de Desplante	: Variable (- 1.70 a – 2.10 metros)
Entrada de alcantarillas	: Alero inclinado
Salida de alcantarillas	: Alero inclinado
Superficie de Rodadura	: Afirmado de 0.20 m
Protección Entrada de alcantarilla.	: Emboquillado de piedra
Protección Salida de alcantarilla.	: Emboquillado de piedra.

Tabla N° 23: Relación de Alcantarillas tipo TMC proyectadas

Ítem	Progresiva	Función	Material	Sección	Diámetro (m)	Longitud (m)	Observaciones
01	00+045	Drenaje de cunetas	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar
02	01+882	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar
03	02+180	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar
04	02+252	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar
05	02+357	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.80	9.00	Reemplazar

06	02+455	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.20	9.00	Reemplazar
07	04+608	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar
08	05+690	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar
09	05+855	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.20	9.00	Reemplazar
10	06+100	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Reemplazar

Ítem	Progresiva	Función	Material	Sección	Diámetro (m)	Longitud (m)	Observaciones
11	06+555	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.20	9.00	Reemplazar
12	07+300	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Proyectar
13	07+830	Drenaje de Quebrada Secundaria	Acero	Circular	1.50	9.00	Proyectar

Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla N° 24: Relación de Alcantarillas de concreto tipo Losa proyectadas.

Ítem	Prog.	Función	Material	Sección	Ancho (m)	Alto (m)	Longitud (m)	Observación
01	01+270	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	4.50	2.50	9.00	Reemplazar
02	03+270	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	3.00	2.50	9.00	Proyectar
03	05+175	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	4.50	2.50	9.00	Reemplazar
04	06+400	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	2.50	2.00	9.00	Reemplazar
05	06+960	Drenaje de Quebrada Importante	Concreto	Pórtico	3.50	3.00	9.00	Proyectar

Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla N° 25: Relación de Badenes proyectados

Item	Prog.	Función	Material	Sección	Trapezoidal		Triangular	Pendiente transversal (%)	Observación
					Base menor (m)	Alto (m)	Alto (m)		
01	0+172	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Reemplazar
02	00+324	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Reemplazar
03	00+430	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Reemplazar
04	00+655	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Reemplazar
05	00+800	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Reemplazar

Item	Prog.	Función	Material	Sección	Base menor (m)	Alto (m)	Alto (m)	Pendiente transversal (%)	Observación
06	00+935	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
07	01+490	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
08	01+580	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
09	02+000	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Reemplazar
10	02+280	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Reemplazar
11	02+812	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Proyectar
12	03+200	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	2.00	0.30		8.00%	Proyectar
13	03+327	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
14	03+390	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
15	03+512	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
16	03+623	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
17	03+770	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar

18	03+860	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
19	03+980	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
20	04+015	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
21	04+308	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
22	04+470	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
23	04+745	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
24	04+860	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar

Item	Prog.	Función	Material	Sección	Base menor (m)	Alto (m)	Alto (m)	Pendiente transversal (%)	Observación
25	04+960	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
26	05+094	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
27	05+510	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar
28	05+570	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
29	05+780	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
30	06+655	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Reemplazar
31	06+800	Drenaje de Quebrada Secundaria	Emboquillado	Triangular			0.20	8.00%	Proyectar
32	07+000	Drenaje de Quebrada Secundaria	Concreto	Trapezoidal	1.00	0.30		8.00%	Proyectar

Fuente: Elaboración propia del autor.

3.3.4. Sistema de drenaje longitudinal

El sistema de drenaje longitudinal tiene la finalidad de evacuar los flujos superficiales provenientes de las precipitaciones pluviales que caen en las zonas adyacentes a la vía hacia estructuras de drenaje transversal, drenes naturales y/o quebradas.

Las estructuras de drenaje longitudinal propuestas en el presente Estudio están constituidas por cunetas laterales, las cuales se describen a continuación.

Cunetas laterales

Las estructuras de drenaje longitudinal denominadas cunetas laterales se proyectan con el objetivo de captar las aguas de escorrentía superficial tanto de la calzada como del talud natural superior que inciden directamente sobre la vía. De esta manera toda la recolección del agua será conducida hasta las estructuras de drenaje transversal y luego hacia el dren natural de la zona.

Para el diseño hidráulico de las cunetas laterales se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones climáticas y geométricas.

a. Determinación de la zona húmeda de influencia

Luego del reconocimiento de campo, revisión de información meteorológica, consulta a los lugareños y del análisis de precipitación, se determina la precipitación máxima de diseño para el caso de diseño hidráulico de cunetas.

b. Bombeo o pendiente transversal de la carretera

Con el fin de facilitar el ingreso de las aguas de escorrentía superficial que discurren sobre la superficie de rodadura y facilitar su orientación hacia las cunetas, se ha considerado una pendiente mínima de 2% en el sentido transversal de la plataforma de la carretera en todos sus tramos.

c. Pendiente longitudinal de la carretera

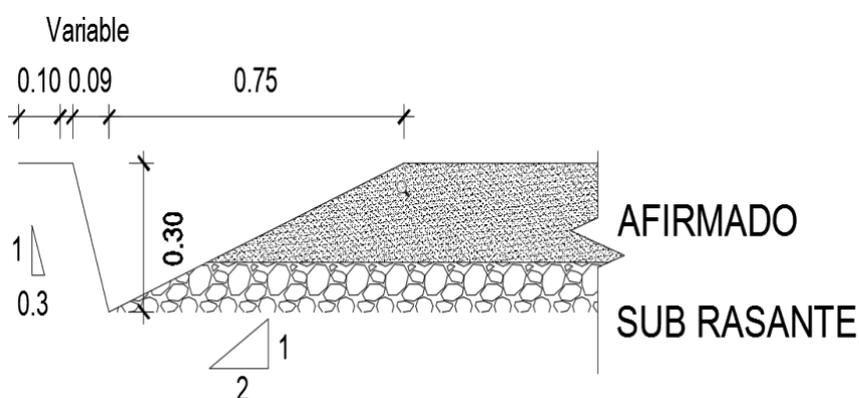
En lo que respecta a la pendiente longitudinal se constató que todo el tramo de la carretera supera la pendiente mínima de 0.5%, especificado en las Normas Peruanas de Carreteras.

d. Sección geométrica típica de la cuneta

Para el presente Estudio, se ha diseñado tipos de estructuras, de acuerdo a las condiciones hidrológicas y topográficas.

Cuneta no revestida de forma triangular de 0.70 x 0.30 m, en tramos con condiciones topográficas de tipo escarpada, su mayor área hidráulica permitirá conducir adecuadamente los flujos en caso de desprendimientos de material de los taludes adyacentes a dicha estructura.

Figura N°02: Sección de Cuneta



Fuente: Elaboración del Autor.

3.3.5. Muros

a. Muros de contención

En el proyecto se tiene la proyección de muros de Concreto ciclópeo o de Gravedad. Estas son estructuras de gran masa que resisten el empuje mediante su propio peso y con el peso del suelo que se apoya en ellos; suelen ser económicos para alturas moderadas, menores de 5 m, son muros con dimensiones generosas, que no requieren de refuerzo. Los muros de gravedad pueden ser de concreto ciclópeo, mampostería, piedra o gaviones. La estabilidad se logra con su peso propio, por lo que requiere grandes dimensiones dependiendo del empuje. La dimensión de la base de estos muros, bajo sobrecargas AASHTO HL-93 oscila alrededor de 0,50 a 0.60 de la altura del muro, debido a la necesidad de proporcionar estabilidad contra

el volcamiento y deslizamiento, y para originar presiones de contacto no mayores que las máximas permisibles.

b. Ubicación

Tabla N° 26: Relación de Muros de contención proyectados.

Item	Ubicación Inicio	Ubicación Fin	Lado	Clase	Tipo	Alto (m)	Longitud (m)
01	05+770	05+790	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	3.00	20.00
02	05+840	05+870	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	4.50	30.00
03	05+900	05+950	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	4.50	50.00
04	06+090	06+100	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	4.50	10.00
05	06+320	06+340	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	3.00	20.00

Item	Ubicación Inicio	Ubicación Fin	Lado	Clase	Tipo	Alto (m)	Longitud (m)
06	06+400	06+410	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	4.50	10.00
07	06+990	07+000	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	4.50	10.00
08	07+490	07+510	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	2.50	20.00
09	08+120	08+130	D	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	2.50	10.00
10	08+160	08+180	I	Concreto ciclópeo	Sostenimiento de talud	3.00	20.00

Fuente: Elaboración propia del autor.

3.4. Estudio hidráulico

Desarrollar el diseño hidráulico de las estructuras componentes del sistema de drenaje superficial para el proyecto “Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

Reconocimiento de campo

Durante el recorrido del trayecto se visualizó que en la zona del proyecto, se tiene 21 estructuras de drenaje, consistentes en alcantarillas TMC con cabezales, alcantarillas artesanal de madera, así como pontones de estribos de mampostería de piedra y losa de madera, que vienen cumpliendo la función de drenar las aguas superficiales, de las cuales algunos cumplen adecuadamente la función de drenaje y otras han colapsado por múltiples factores como dimensiones pequeñas, inadecuada ubicación, etc.

Además se visualizó numerosos cursos de agua que atraviesan la vía proyectada, para el cual es necesario realizar la construcción de sistemas de drenaje cuya dimensión dependerá de la capacidad de evacuar el agua y la vida útil de la carretera.

La relación de estructuras de drenaje encontradas y los cursos de agua que atraviesan la vía proyecta, se muestran en la Tabla.

Tabla N°27: Inventario de estructuras de drenaje encontradas en la carretera Challhuamayo.

N	PROG	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN
1	0+045	353805	8522968	Alcantarilla existente
2	0+172	353683	8523007	Baden existente
3	0+324	353549	8523044	Baden existente
4	0+430	353444	8523011	Baden existente
5	0+655	353290	8523119	Baden existente
6	0+800	353190	8523215	Baden existente
7	0+935	353095	8523290	Curso de agua existente
8	1+270	352822	8523444	Cruce de quebrada
9	1+490	352628	8523563	Curso de agua existente
10	1+580	352554	8523545	Curso de agua existente
11	1+882	352359	8523675	Alcantarilla Existente
12	2+000	352334	8523756	Baden existente
13	2+180	352290	8523930	Alcantarilla Existente
14	2+252	352246	8523988	Alcantarilla Existente
15	2+280	352211	8523995	Baden existente
16	2+357	352143	8523998	Alcantarilla Existente
17	2+455	352044	8524005	Alcantarilla Existente 02 ojos
18	2+812	351784	8524200	Curso de agua existente
19	3+200	351528	8524279	Curso de agua existente

20	3+270	351495	8524338	Cruce de quebrada
21	3+327	351459	8524309	Curso de agua existente
22	3+390	351456	8524257	Curso de agua existente

N	PROG	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN
23	3+512	351410	8524152	Curso de agua existente
24	3+623	351301	8524116	Curso de agua existente
25	3+770	351185	8524138	Curso de agua existente
26	3+860	351106	8524185	Curso de agua existente
27	3+980	351004	8524158	Curso de agua existente
28	4+015	350975	8524201	Curso de agua existente
29	4+308	350770	8524157	Curso de agua existente
30	4+470	350712	8524160	Curso de agua existente
31	4+608	350524	8524094	Alcantarilla Existente
32	4+745	350409	8524161	Curso de agua existente
33	4+860	350370	8524249	Curso de agua existente
34	4+960	350376	8524286	Curso de agua existente
35	5+094	350392	8524310	Curso de agua existente
36	5+175	350239	8524460	Ponton existente artesanal
37	5+510	349974	8524560	Baden proyectado
38	5+570	349901	8524553	Baden proyectado
39	5+690	349838	8524587	Alcantarilla existente
40	5+780	349783	8524661	Baden proyectado
41	5+855	349771	8524706	Alcantarilla existente
42	6+100	349682	8524832	Alcantarilla Existente
43	6+400	349787	8524957	Ponton existente artesanal
44	6+555	349770	8525043	Alcantarilla existente artesanal
45	6+655	349744	8525136	Baden existente artesanal
46	6+800	349800	8525217	Baden proyecto
47	6+960	349758	8525329	Cruce de quebrada
48	7+000	349769	8525362	Baden proyectado
49	7+300	349558	8525344	Alcantarilla proyectada
50	7+830	349270	8525651	Alcantarilla proyectada

Así mismo se presenta, las imágenes de las estructuras de drenaje, quebradas y cursos de agua que cruzan la vía, encontradas durante el recorrido del trayecto.

Figura N°03 pontón existente



a. Caudales máximos instantáneos

Los caudales máximos, fueron estimaron en el estudio hidrológico de máximas avenidas para cada subcuenca y microcuenca

Tabla N°28: Caudales máximos instantáneos (m3/s)

N°	Prog. Km	Estructura	Caudal Máximo ((m3/s)			
			T=35	T=71	T=143	T=500
1	0+045	Alcantarilla reemplazada	7.9	9.1	10.4	13.4
2	0+172	Badén reemplazada	6.8	7.8	9	11.5
3	0+324	Badén reemplazada	3.8	4.4	5	6.4
4	0+430	Badén reemplazada	4.5	5.2	6	7.6
5	0+655	Badén reemplazada	0.4	0.4	0.5	0.6
6	0+800	Badén reemplazada	0.3	0.4	0.4	0.6
7	0+935	Badén proyectado	0.4	0.4	0.5	0.7
8	1+270	Pontón proyectado	24.7	28.4	32.7	41.8
9	1+490	Badén proyectado	0.4	0.4	0.5	0.6
10	1+580	Badén proyectado	0.5	0.5	0.6	0.8
11	1+882	Alcantarilla reemplazada	5.1	5.8	6.7	8.6
12	2+000	Badén reemplazada	4.9	5.6	6.4	8.2
13	2+180	Alcantarilla reemplazada	4.2	4.8	5.5	7.1
14	2+252	Alcantarilla reemplazada	3.8	4.3	5	6.4
15	2+280	Badén reemplazada	0.4	0.4	0.5	0.6
16	2+357	Alcantarilla reemplazada	5.3	6.1	7	8.9
17	2+455	Alcantarilla reemplazada	3.2	3.7	4.2	5.4
18	2+812	Badén proyectado	5	5.8	6.7	8.5
19	3+200	Badén proyectado	6.2	7.1	8.2	10.5
20	3+270	Pontón proyectado	11.5	13.2	15.2	19.4
21	3+327	Badén proyectado	0.4	0.5	0.5	0.7
22	3+390	Badén proyectado	0.4	0.5	0.5	0.7
23	3+512	Badén proyectado	0.4	0.5	0.5	0.7
24	3+623	Badén proyectado	0.4	0.5	0.5	0.7
25	3+770	Badén proyectado	0.4	0.5	0.5	0.7
26	3+860	Badén proyectado	0.4	0.5	0.5	0.7
27	3+980	Badén proyectado	3.7	4.3	4.9	6.3
28	4+015	Badén proyectado	0.3	0.4	0.4	0.5
29	4+308	Badén proyectado	0.4	0.5	0.6	0.7
30	4+470	Badén proyectado	4.5	5.2	6	7.7
31	4+608	Alcantarilla reemplazada	4	4.6	5.3	6.8
32	4+745	Badén proyectado	0.5	0.5	0.6	0.8
33	4+860	Badén proyectado	0.5	0.5	0.6	0.8
34	4+960	Badén proyectado	0.5	0.5	0.6	0.8
35	5+094	Badén proyectado	4.8	5.5	6.3	8
36	5+175	Pontón existente	12.1	13.9	16	20.4
37	5+510	Badén proyectado	4.1	4.7	5.4	6.9
38	5+570	Badén proyectado	0.4	0.5	0.5	0.7
39	5+690	Alcantarilla reemplazada	3.8	4.3	5	6.3
40	5+780	Badén proyectado	0.5	0.5	0.6	0.8

N°	Prog. Km	Estructura	Caudal Máximo ((m ³ /s)			
			T=35	T=71	T=143	T=500
41	5+855	Alcantarilla reemplazada	3.2	3.7	4.3	5.5
42	6+100	Alcantarilla reemplazada	3.5	4.1	4.7	6
43	6+400	Pontón reemplazada	6.9	8	9.2	11.7
44	6+555	Alcantarilla reemplazada	3.1	3.5	4.1	5.2
45	6+655	Badén reemplazada	3.4	3.9	4.5	5.8
46	6+800	Badén proyectado	0.3	0.4	0.4	0.5
47	6+960	Pontón proyectado	4.6	5.3	6	7.7
48	7+000	Badén proyectado	3	3.5	4	5.1
49	7+300	Alcantarilla proyectada	3.2	3.7	4.2	5.4
50	7+830	Alcantarilla proyectada	2.8	3.2	3.7	4.8

b. Selección del periodo de retorno

La selección del periodo de retorno está en función a la relación entre riesgo de falla – periodo de retorno - vida útil. Por la importancia económica y técnica que tiene el proyecto y los daños que implican su colapso.

Tabla N°29: Valores de periodo de retorno (años).

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
R										
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

De acuerdo a los valores presentados en la Tabla se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje:

Tabla N°30: Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

- Para obtención de la luz y el nivel de aguas máximas extraordinarias

- Se recomienda un periodo de retorno T de 500 años para el cálculo de Socavación

- Vida útil considerado (n)

- Puentes y defensas ribereñas n = 40 años
- Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años
- Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años
- Drenaje de plataforma y sub-drenaje n=15 años

- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse

De acuerdo a la Tabla, para cumplir con los riesgos de falla y vida útil propuestos se obtienen los siguientes valores de periodos de retorno:

Tabla N°31: Determinación de periodos de retorno, para los tipos de obra

Tipo de obra	Riesgo (%)	Vida util (años)	Tiempo de retorno
Puente	0.25	40	140
Alcantarilla de paso, badén	0.30	25	71
Alcantarilla de alivio	0.35	15	35
Cunetas	0.40	15	30
defensas ribereñas	0.25	40	140
Subdrenes	0.25	15	53

Pontones

Son estructuras transversales que permiten vencer obstáculos naturales como ríos, quebradas, hondonadas y canales. El dimensionamiento del pontón (altura del estribo, socavación del cauce), involucra principios hidráulicos como tirantes máximos, velocidad de flujo, área hidráulica, número de froude entre otros. Todos estos son calculados utilizando el software Hcanales.

Figura N°04: Modelamiento hidráulico del pontón 1, progresiva 1+270

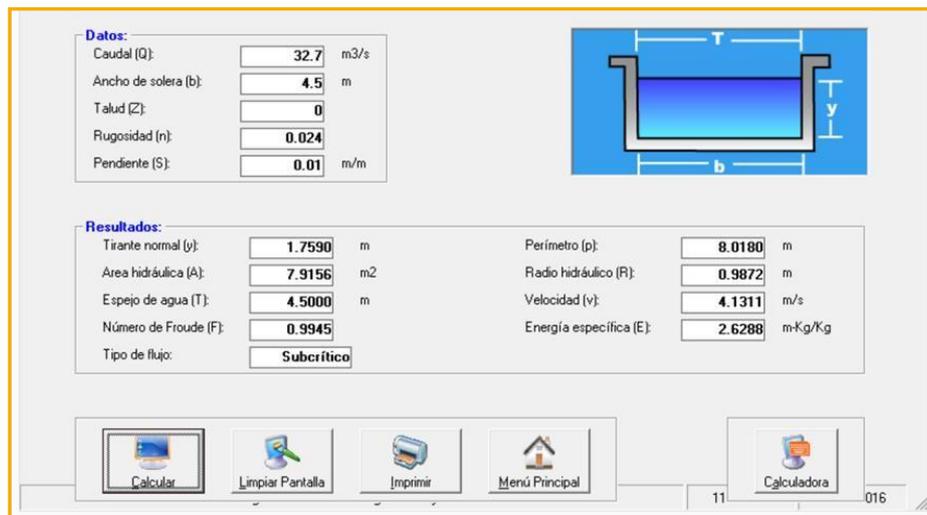


Figura N°05: Perfil longitudinal del pontón 2, progresiva 3+270

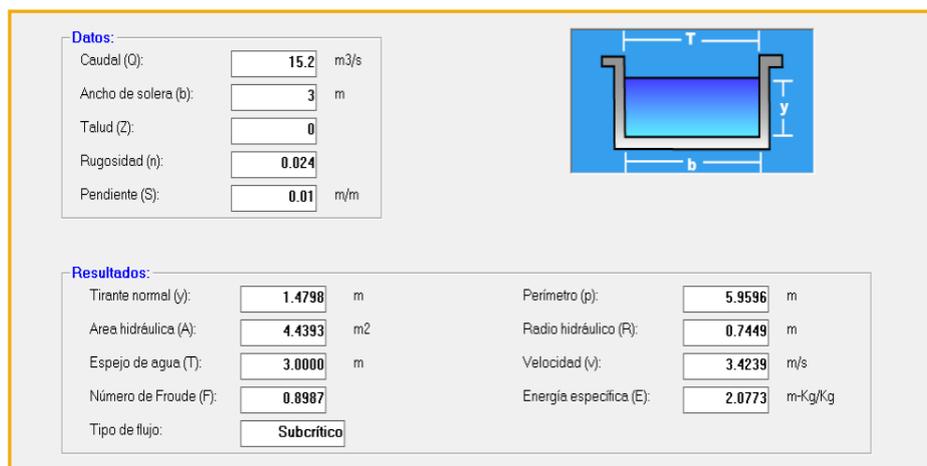


Figura N°06: Perfil longitudinal del pontón 3, progresiva 5+175

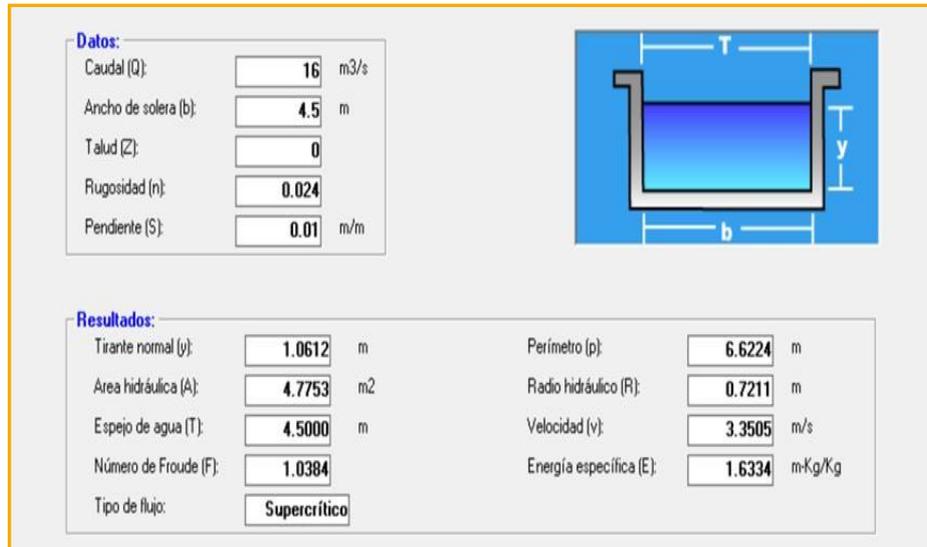


Figura N°07: Perfil longitudinal del pontón 4, progresiva 6+400

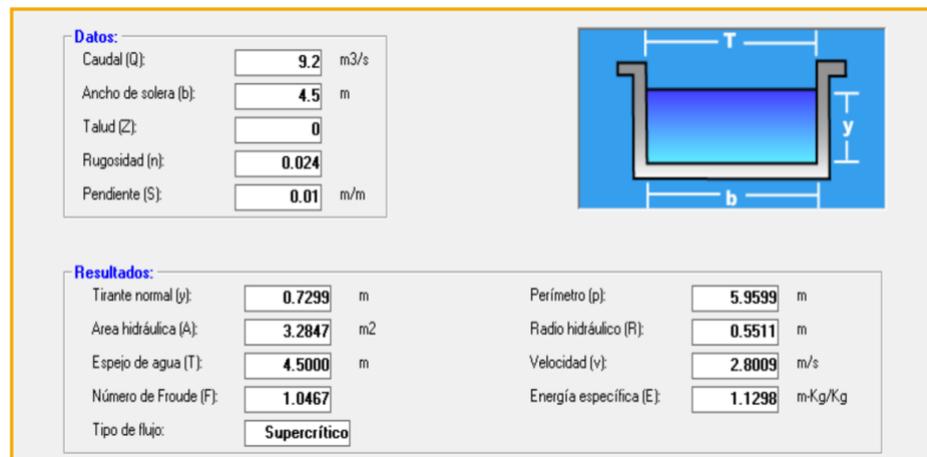


Figura N°08: Perfil longitudinal del pontón 5, progresiva 6+960

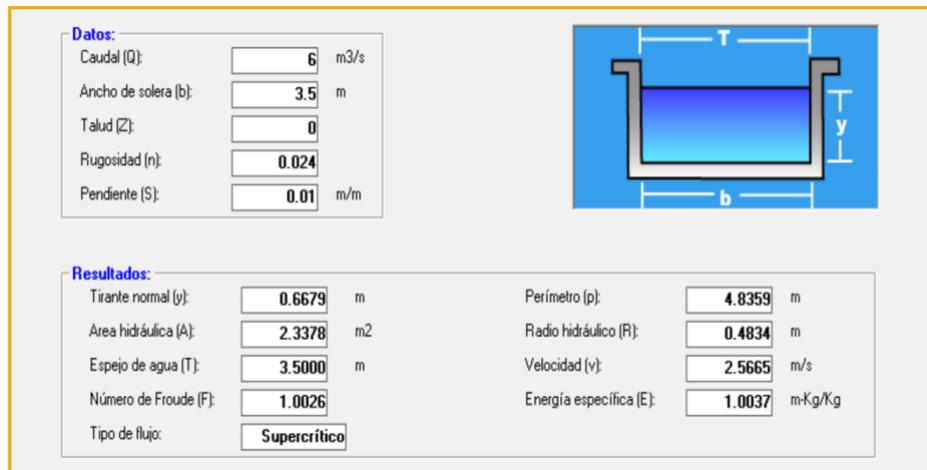


Tabla N°32: Resumen de los resultados

Prog.	Obra de arte	TR (años)	Caudal (m ³ /s)	Pendiente (m/m)	Tirante (m)	Base (m)	Area hidráulica (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de froude	Altura total (m)	Observación
1+270	Pontón	143	32.7	0.01	1.76	4.5	7.92	4.13	0.99	2.5	Nuevo
3+270	Pontón	143	15.2	0.01	1.48	3.0	4.44	3.42	0.89	2.5	Nuevo
5+175	Pontón	143	16.0	0.01	1.06	4.5	4.78	3.35	1.04	2.5	Nuevo
6+400	Pontón	143	9.20	0.01	0.73	4.5	3.28	2.80	1.05	2.0	Nuevo
7+130	Pontón	143	6.00	0.01	0.67	3.5	2.34	2.57	1.00	2.0	Nuevo

3.4.1. Cálculo de Socavación

El conocimiento del descenso que experimenta el lecho de un río, a causa de la socavación general, es de importancia en los diseños de protección. En este proceso de degradación del lecho por el paso de una creciente asociada a un periodo de retorno, pueden quedar al descubierto capas del subsuelo que, dependiendo de la estratificación del cauce, podrían corresponder a un solo material, condición conocida como homogénea, o a estratos con materiales distintos al que forma el lecho inicial del cauce, condición conocida como heterogénea.

Existe una variedad de métodos para predecir la socavación, métodos como: Lischtván - Levediev, las tradicionales de Blench-Neill, Lane, Lacey, Raudkivi

y la que publicó el HEC 11 – FHWA, métodos que tienen ciertas restricciones de aplicación. De lo mencionado se seleccionó el método propuesto por Lischtván – Levediev, para socavaciones generales y para socavaciones locales las ecuaciones de HEC 11 – FHWA.

a. Características del lecho

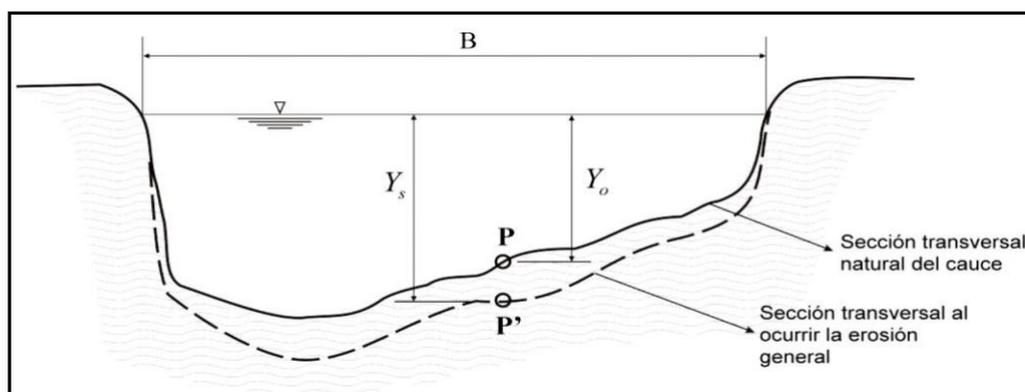
Todas las intervenciones realizadas en cauces, involucran la obtención de las características del lecho como granulometría en caso de suelos no cohesivos y el peso específicos en caso de suelos cohesivos, con la finalidad de determinar la movilidad y dinámica lateral del cauce.

Según el estudio geológico y la visualización en campo el material del lecho es un material cohesivo cuyo peso específico es de 1.9 Kg/m³. En el estudio geológico y geotécnico se presentan los cálculos de este resultado.

3.4.2. Socavación General

En la determinación de la socavación, se emplea la fórmula de Lischtván – Levediev para suelos cohesivos, método que se basa en la hipótesis de que, una vez que la sección transversal de escurrimiento se agranda por la erosión, la velocidad del agua disminuye y la socavación se detiene.

Figura N°09: Sección transversal Socavación general



Resultados

Para calcular la socavación se está utilizando las geometrías de cada sección, así mismo las características hidráulicas de cada una de las secciones calculadas para la condición de caudal máximo de un periodo de retorno de 140 años. A ello consideramos otros coeficientes como x y β con valores variables 0.28 y 1.003 respectivamente y finalmente un peso específico del lecho de 1.9 kg/m³. En la Tabla 11 se muestran los cálculos de la socavación en los puntos donde se proyectaron los pontones.

Tabla N°33: Cálculo de la socavación de los puntos de ubicación de los pontones

Prog.	TR (años)	Q _d (m ³ /s)	y _o (m)	Y _d (mm)	β	x	B _e (m)	y _m (m)	μ	α	y _s (m)	h _s (m)
1+270	143	32.7	2.4	1.9	1.003	0.28	4.5	2.65	1.0	1.43	3.41	1.01
3+270	143	15.2	1.79	1.9	1.003	0.28	3.0	1.97	1.0	1.6366	2.58	0.79
5+175	143	16.0	1.61	1.9	1.003	0.28	4.5	1.49	1.0	1.83	2.45	0.84
6+400	143	9.20	0.85	1.9	1.003	0.28	4.5	0.9	1.0	2.44	1.34	0.49
7+130	143	6.00	0.8	1.9	1.003	0.28	3.5	0.85	1.0	2.25	1.16	0.36

Figura N°10 Alcantarilla Km. 1+882; Qm=5.8 m³/s

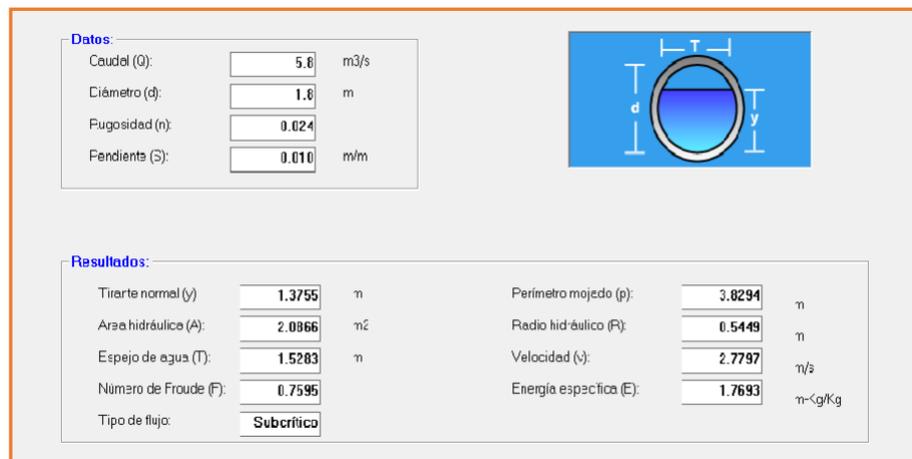


Figura N°11 Alcantarilla Km. 4+608; $Q_m=4.6$ m³/s

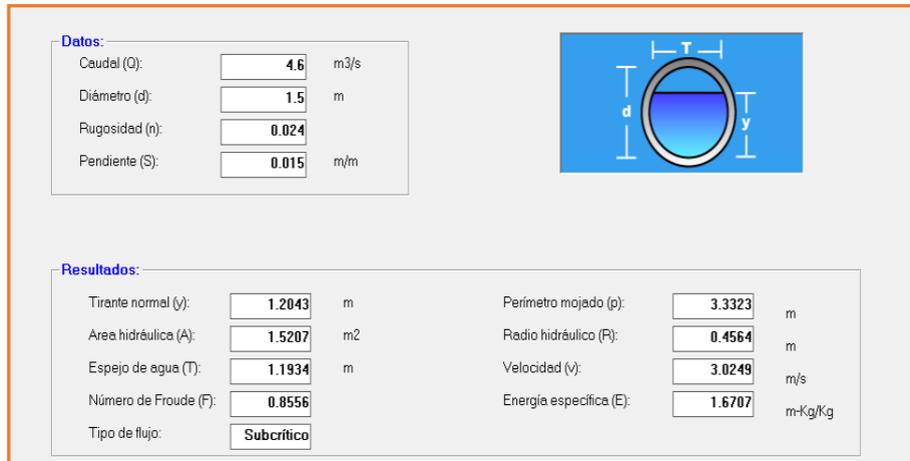
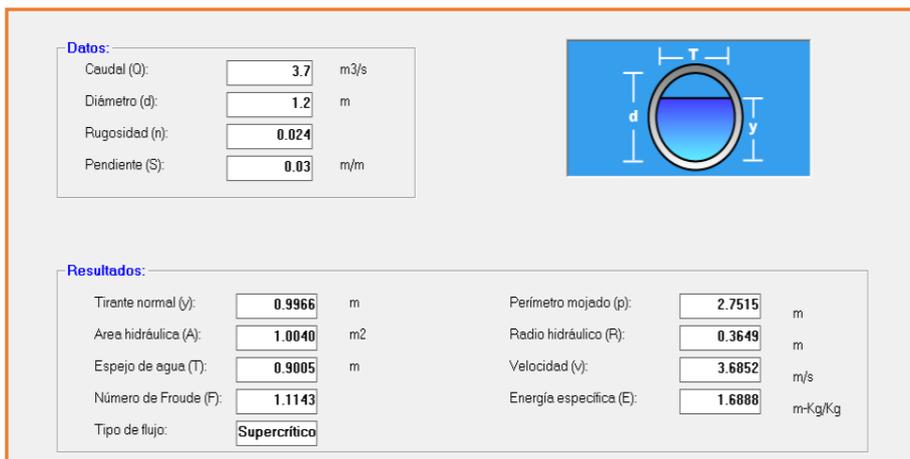


Figura N°12 Alcantarilla Km. 2+455; $Q_m=3.7$ m³/s



Badén

Estas estructuras superficiales, muy usadas en vías terciarias, generalmente construidas en concreto, permiten simultáneamente el paso del tránsito vehicular y de pequeñas quebradas o arroyos.

Su diseño corresponde al de un canal asumiendo flujo uniforme (expresión de Manning), verificando que la lámina o nivel de agua no supere una altura de 30 cm.

Con fines de uniformizar se ha agrupado en dos secciones en función al caudal.

Figura N°13 Baden Km. 0+172; Qm=6.8 m3/s

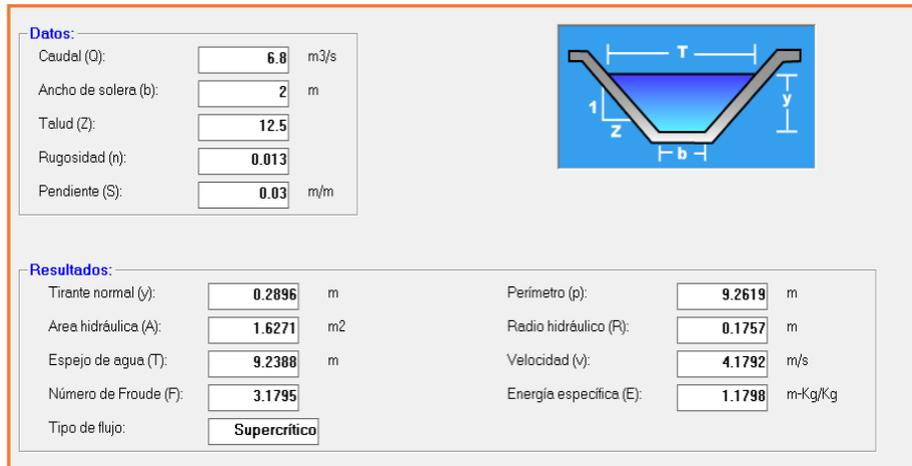
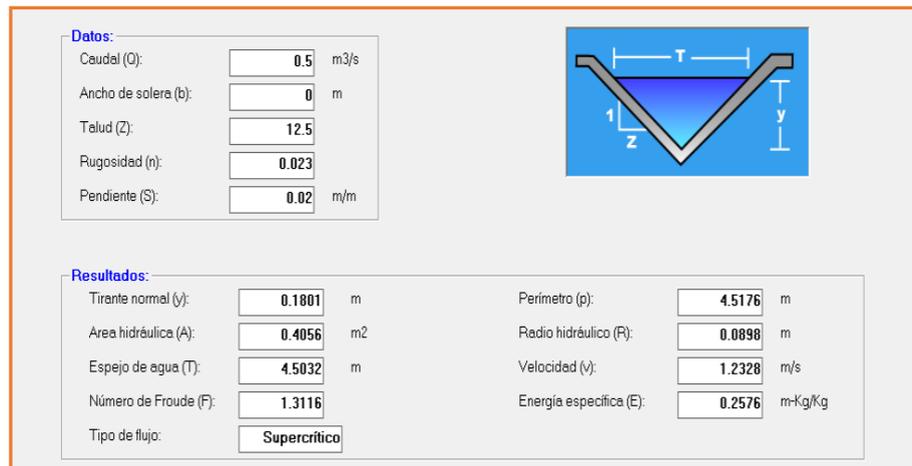


Figura N°14 Baden Km. 1+580; Qm=0.5 m3/s



3.4.3. Información meteorológica

La información meteorológica utilizada en el estudio, corresponden a los registros de la red de estaciones, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), que se encuentran próxima al área de estudio. En la Tabla, se presenta la estación meteorológica disponible.

Tabla N°34: Información meteorológica disponible

ID	TIPO	CODIGO	ESTACION	DISTRITO	PROVINCIA	REGION	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	OPER.
1	CO	113077	San Gaban	San Gaban	Carabaya	Puno	820	13°26'25.9"	70°24'16.7"	Si

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI.

3.5. Caracterización climática

Temperatura

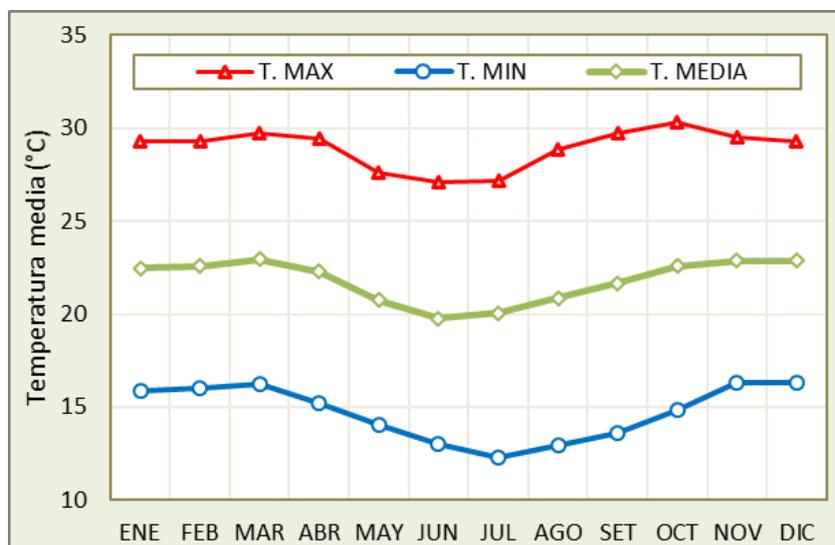
Según los registros obtenidos en la estación San Gabán, para el período 1999 – 2011. Se observan valores máximos que fluctúan entre los valores 27.1°C y 29.4°C, los valores mínimos fluctúan entre los valores de 12.3°C y 16.3°C, los valores promedio mensual fluctúan entre 19.8°C y 23°C. En la Tabla 3, se aprecian la temperatura promedio, máximas, mínimas y promedios mensuales. En las Figura 3, se presenta la gráfica de la variación mensual de las temperaturas.

Tabla N°35: Temperaturas promedio, máximas y mínimas mensuales – Estación San Gabán

Estación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	PROM
San Gaban	T. MAX	29.3	29.3	29.7	29.4	27.6	27.1	27.2	28.8	29.7	30.3	29.5	29.3	28.9
	T. MIN	15.9	16.0	16.2	15.2	14.0	13.0	12.3	13.0	13.6	14.9	16.3	16.3	14.7
	T. MEDIA	22.5	22.6	23.0	22.3	20.8	19.8	20.1	20.9	21.7	22.6	22.9	22.9	21.8

Fuente: SENAMHI

Figura N°15: Variación mensual de la temperatura – Estación San Gabán



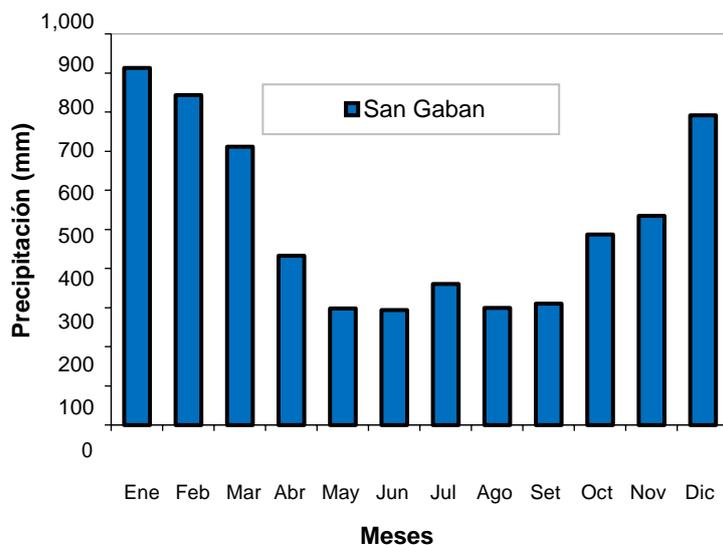
Precipitación

La precipitación en el área de estudio presenta un comportamiento muy variado a lo largo del año, con dos períodos bien diferenciados, la época de lluvias (diciembre – marzo) y la época de precipitaciones menores (abril – noviembre). De las precipitaciones total mensual promedio en la estación, se presentan en la Tabla Las estaciones meteorológicas, registran valores máximos y mínimos de 913.8 mm y 293.9 mm respectivamente, el clima de la zona se encuentra dentro de la clasificación de húmedo a hiper-húmedo dependiendo de la época del año.

Tabla N°36: Precipitaciones promedios mensuales en la estación San Gabán

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
San Gaban	913.8	843.6	711.6	433.4	298.9	293.9	360.4	299.4	310.4	487.5	534.6	792.2	6279.9

Fuente: SENAMHI

Figura N°16: Precipitación total mensual – Estación San Gabán

Humedad Relativa

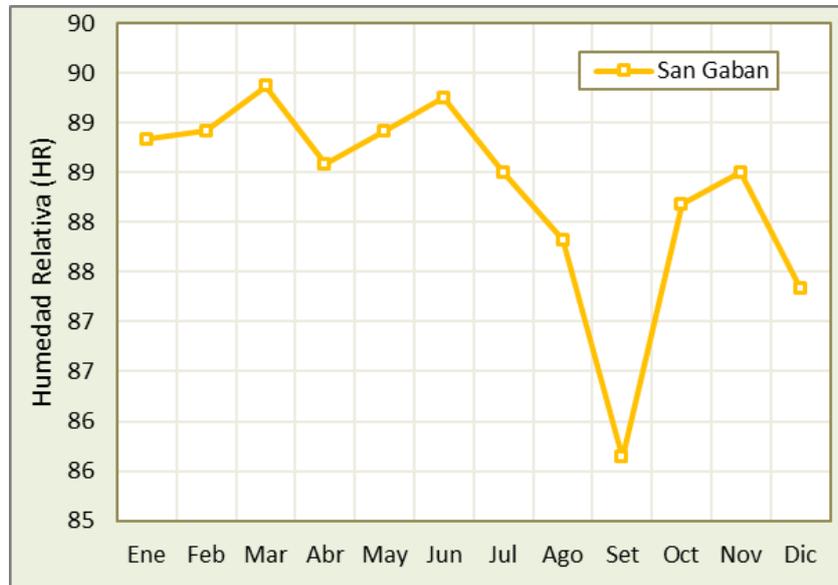
La humedad relativa mensual registrada en la estación San Gabán, presenta un valor máximo de 89.4 % y un valor mínimo de 85.6 %, con un valor promedio anual de 88.3 %. Estos valores encontrados, indican que la humedad relativa presenta variaciones significativas en un ciclo anual.

Tabla N°37: Humedad Relativa Media Mensual – Estación San Gabán

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	PROM
San Gaban	88.8	88.9	89.4	88.6	88.9	89.3	88.5	87.8	85.6	88.2	88.5	87.3	88.3

Fuente: SENAMHI

Figura N°17: Humedad relativa media mensual (%) – Estación San Gabán



Evaporación

La evaporación es el proceso físico mediante el cual el agua se convierte a su forma gaseosa. En la estación San Gabán se tiene registros de evaporación con valores máximos de 185.4 mm en el mes de noviembre y mínimos 118.0 mm en el mes de junio. En general presenta un valor promedio mensual de 148.1 mm/mes.

Figura N°18: Evaporación mensual (mm/mes) – Estación San Gabán

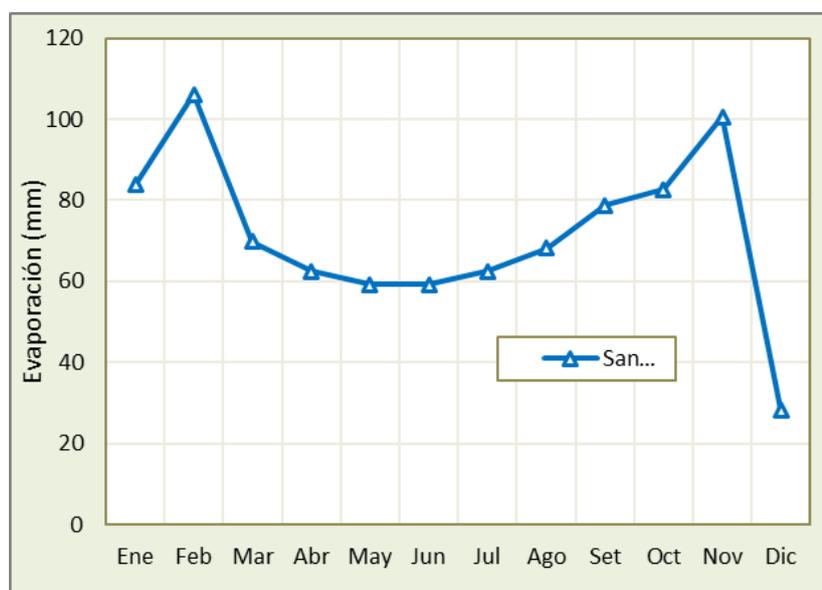


Tabla N°38: Evaporación mensual – Estación San Gabán

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
San Gaban	83.8	106.1	69.9	62.4	59.3	59.3	62.6	68.1	78.7	82.7	100.6	28.2	71.8

Fuente: SENAMHI

Velocidad de viento

Según los registros de la velocidad de viento en la estación San Gabán, estas fluctúan dentro de los valores de 3.1 y 3.8 m/s; deduciendo que esta variable climática tiene valores máximos en los meses de octubre a noviembre. En la Figura 7, se presenta las variaciones de evapotranspiración y en la Tabla 7 se presenta los valores promedios mensuales.

Figura N°19: Velocidad de viento – Estación San Gabán

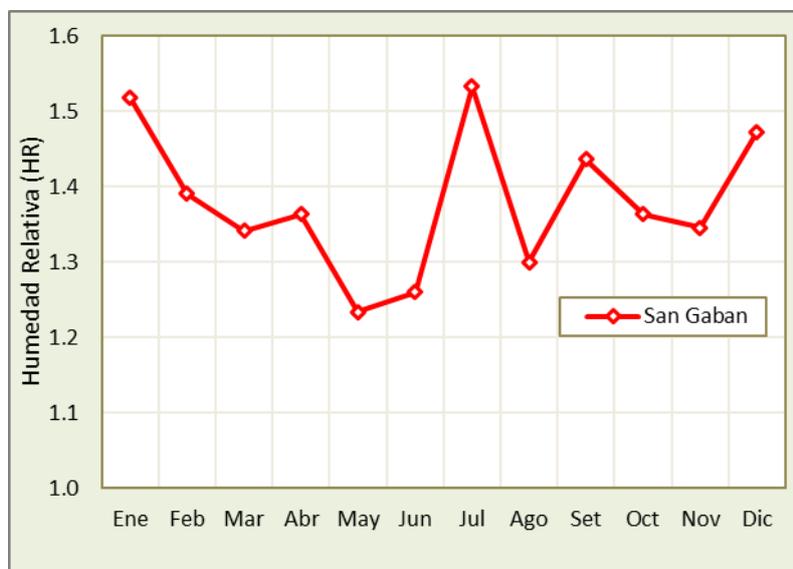


Tabla N°39: Velocidad de viento – Estación San Gabán

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
San Gaban	1.5	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3	1.5	1.3	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4

Fuente: SENAMHI

3.5.1. Análisis y tratamiento de precipitación máxima en 24 hr.

La disponibilidad de datos confiables como la precipitación máxima en 24 hr., es un requisito indispensable para cualquier tipo de análisis hidrológico, en particular aquel relacionado con la determinación de probabilidad de ocurrencia de eventos extremos, en la que el error o presencia y/o ausencia de un dato en particular, puede tener fuertes consecuencias sobre las estimaciones de probabilidad con altos periodos de retorno. Por lo mismo, los esfuerzos destinados a la recopilación y análisis de los datos, así como su corrección en la etapa previa a su incorporación en los procedimientos de análisis de frecuencias, se justifican plenamente al alcanzar estimaciones más razonables de los parámetros a utilizar.

3.5.2. Precipitación máxima en 24 hr. en el área de estudio

Para representar la tormenta histórica de diseño ocurrido en el área de estudio, se utiliza la precipitación máxima en 24 hr. de la estación climática más cercana, en este estudio se utilizó la estación de San Gabán por ser la más cercana. En la tabla se presenta los datos de la estación San Gabán.

Tabla N°40: Precipitación Max 24hr. de la estación cercana al área de estudio

N°	AÑOS	Estación San Gaban
1	1997	152.4
2	1998	195
3	1999	383.7
4	2000	394.8
5	2001	231.6
6	2002	318.3
7	2003	117.7
8	2004	112.9
9	2005	234
10	2006	160.8
11	2007	683.4
12	2008	441.7
13	2009	306.5
14	2010	144.3
15	2011	187.6
16	2012	149.8
17	2013	179.8
18	2014	162.4
19	2015	290.2
PROMEDIO		255.10
DESV. ESTAND.		142.89

Fuente: SENAMHI.

Tabla N°41: Precipitaciones Máximas Probables – Estación San Gabán

Periodo de retorno – Tr (años)	Distribuciones teóricas			
	Log Normal	Log Normal (3 Param.)	Log Pearson Type III	Gumbel
143	752.0	1110.0	890.0	656.0
100	796.0	1000.0	813.0	623.0
71	661.0	898.0	745.0	591.0
35	573.0	711.0	615.0	524.0
25	661.0	632.0	559.0	492.0
10	423.0	446.0	422.0	404.0
2	226.0	205.0	217.0	229.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 42: Precipitaciones máximas (mm) en el área de estudio

T (años)	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
143	890.0	44.1	66.0	80.7	92.0	109.5	143.8
100	813.0	42.0	62.8	76.8	87.6	104.2	136.9
71	745.0	39.9	59.8	73.1	83.4	99.2	130.3
35	615.0	35.7	53.5	65.4	74.6	88.8	116.6
25	559.0	33.7	50.5	61.8	70.5	83.8	110.1
10	422.0	28.3	42.4	51.8	59.1	70.3	91.8
2	217.0	18.8	28.1	34.4	39.2	46.7	61.3

Fuente: Elaboración del autor aplicando el Modelo de Bell

Tabla N°43: Intensidades máximas (mm/hora), en el área de estudio

T (años)	P.Max	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
143	890.0	529.0	395.9	322.7	276.1	219.0	143.8
100	813.0	503.6	376.9	307.2	262.8	208.5	136.9
71	745.0	479.2	358.7	292.3	250.1	198.4	130.3
35	615.0	428.9	321.0	261.6	223.9	177.6	116.6
25	559.0	405.0	303.1	247.1	211.4	167.7	110.1
10	422.0	339.8	254.3	207.3	177.4	140.7	91.8
2	217.0	225.4	168.7	137.5	117.6	93.3	61.3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°44: Resultado del Análisis de Regresión

Constante	2.706		Log K= 2.706	K= 507.84
Err. estándar de est.Y	0.015			m= 0.198
R cuadrada	0.990			n= 0.527
Núm. de obs.	42			$I = \frac{507.84T^{0.198}}{t^{0.527}}$
Grado de libertad	39		Donde:	
Coeficiente(s) X	0.198	-0.527	T= años	
Error estándar de coef.	0.006	0.010	t= minutos	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla N°45: Intensidades máximas - área de estudio

Duración (min)	Período de Retorno (Tr) en años					
	10	25	50	100	200	500
5	342.7	410.8	471.1	540.2	619.5	742.4
10	237.9	285.1	326.9	374.9	429.9	515.2
20	165.1	197.8	226.9	260.2	298.4	357.6
30	133.3	159.8	183.2	210.1	241.0	288.8
40	114.6	137.3	157.4	180.6	207.1	248.2
50	101.8	122.1	140.0	160.5	184.1	220.6
60	92.5	110.9	127.2	145.8	167.2	200.4
80	79.5	95.3	109.3	125.3	143.7	172.2
90	74.7	89.5	102.7	117.8	135.0	161.9
120	64.2	77.0	88.2	101.2	116.1	139.1
150	57.1	68.4	78.5	90.0	103.2	123.7
180	51.9	62.1	71.3	81.7	93.7	112.3
240	44.6	53.4	61.2	70.2	80.5	96.5

Fuente: Elaboración del autor

3.5.3. Caudales máximos método Racional

En la Tabla se muestra los caudales máximos superficiales, mediante el método racional, en función de la intensidad de precipitación, coeficiente de escorrentía y área de la microcuenca.

Tabla N°46: Caudales máximos método Racional

N°	Prog. Km	Estructura	T. Concentr. (min)	Area (Km2)	Coeficiente escorrentía (C)	Intensidad (mm/hora)				Caudal Máximo ((m3/s)			
						I _(T=35)	I _(T=71)	I _(T=143)	I _(T=500)	T=35	T=71	T=143	T=500
1	0+045	Alcantarilla existente	8.6	0.25	0.35	330.1	379.6	435.9	558.2	7.9	9.1	10.4	13.4
2	0+172	Baden existente	8.4	0.21	0.35	334.0	384.1	441.1	564.9	6.8	7.8	9.0	11.5
3	0+324	Baden existente	7.5	0.11	0.35	354.0	407.1	467.5	598.7	3.8	4.4	5.0	6.4
4	0+430	Baden existente	9.7	0.15	0.35	309.5	355.9	408.7	523.4	4.5	5.2	6.0	7.6
5	0+655	Baden existente	6.7	0.01	0.35	376.5	432.9	497.2	636.7	0.4	0.4	0.5	0.6
6	0+800	Baden existente	7.8	0.01	0.35	348.3	400.6	460.0	589.1	0.3	0.4	0.4	0.6
7	0+935	Baden proyectado	5.9	0.01	0.35	401.9	462.2	530.8	679.8	0.4	0.4	0.5	0.7
8	1+270	Pontón proyectado	10.8	0.87	0.35	292.4	336.2	386.1	494.4	24.7	28.4	32.7	41.8
9	1+490	Baden proyectado	6.8	0.01	0.35	373.4	429.4	493.2	631.5	0.4	0.4	0.5	0.6
10	1+580	Baden proyectado	4.5	0.01	0.35	464.5	534.2	613.4	785.6	0.5	0.5	0.6	0.8
11	1+882	Alcantarilla Existente	5.1	0.12	0.35	434.8	500.0	574.2	735.3	5.1	5.8	6.7	8.6
12	2+000	Baden existente	4.7	0.11	0.35	453.8	521.8	599.3	767.4	4.9	5.6	6.4	8.2
13	2+180	Alcantarilla Existente	5.7	0.11	0.35	408.8	470.2	539.9	691.4	4.2	4.8	5.5	7.1
14	2+252	Alcantarilla Existente	6.8	0.10	0.35	373.2	429.2	492.9	631.2	3.8	4.3	5.0	6.4
15	2+280	Baden existente	6.7	0.01	0.35	374.9	431.2	495.1	634.1	0.4	0.4	0.5	0.6
16	2+357	Alcantarilla Existente	8.7	0.17	0.35	328.7	378.0	434.1	555.9	5.3	6.1	7.0	8.9
17	2+455	Alcantarilla Existente	8.7	0.10	0.35	328.3	377.5	433.5	555.2	3.2	3.7	4.2	5.4
18	2+812	Baden proyectado	7.9	0.15	0.35	345.4	397.2	456.2	584.2	5.0	5.8	6.7	8.5
19	3+200	Baden proyectado	7.5	0.18	0.35	354.0	407.2	467.6	598.8	6.2	7.1	8.2	10.5
20	3+270	Pontón proyectado	11.3	0.41	0.35	285.1	327.8	376.5	482.1	11.5	13.2	15.2	19.4
21	3+327	Baden proyectado	5.8	0.01	0.35	405.0	465.8	534.9	685.0	0.4	0.5	0.5	0.7
22	3+390	Baden proyectado	5.9	0.01	0.35	404.0	464.6	533.5	683.2	0.4	0.5	0.5	0.7
23	3+512	Baden proyectado	5.4	0.01	0.35	423.5	487.1	559.4	716.3	0.4	0.5	0.5	0.7
24	3+623	Baden proyectado	5.4	0.01	0.35	421.3	484.5	556.4	712.6	0.4	0.5	0.5	0.7
25	3+770	Baden proyectado	5.4	0.01	0.35	420.5	483.6	555.4	711.2	0.4	0.5	0.5	0.7
26	3+860	Baden proyectado	5.6	0.01	0.35	414.6	476.8	547.5	701.2	0.4	0.5	0.5	0.7
27	3+980	Baden proyectado	7.8	0.11	0.35	347.7	399.9	459.2	588.1	3.7	4.3	4.9	6.3
28	4+015	Baden proyectado	8.5	0.01	0.35	331.1	380.8	437.3	560.0	0.3	0.4	0.4	0.5
29	4+308	Baden proyectado	5.0	0.01	0.35	440.1	506.1	581.2	744.3	0.4	0.5	0.6	0.7
30	4+470	Baden proyectado	4.5	0.10	0.35	465.5	535.4	614.8	787.3	4.5	5.2	6.0	7.7
31	4+608	Alcantarilla Existente	8.0	0.12	0.35	343.4	395.0	453.6	580.8	4.0	4.6	5.3	6.8
32	4+745	Baden proyectado	4.3	0.01	0.35	476.9	548.5	629.8	806.6	0.5	0.5	0.6	0.8
33	4+860	Baden proyectado	4.5	0.01	0.35	465.8	535.7	615.2	787.8	0.5	0.5	0.6	0.8
34	4+960	Baden proyectado	4.4	0.01	0.35	469.6	540.0	620.2	794.2	0.5	0.5	0.6	0.8
35	5+094	Baden proyectado	4.3	0.10	0.35	475.0	546.2	627.3	803.3	4.8	5.5	6.3	8.0
36	5+175	Pontón existente	13.1	0.47	0.35	263.9	303.5	348.5	446.3	12.1	13.9	16.0	20.4
37	5+510	Baden proyectado	5.4	0.10	0.35	420.4	483.5	555.3	711.1	4.1	4.7	5.4	6.9
38	5+570	Baden proyectado	5.9	0.01	0.35	402.7	463.1	531.8	681.1	0.4	0.5	0.5	0.7
39	5+690	Alcantarilla existente	6.4	0.10	0.35	386.1	444.0	509.8	652.9	3.8	4.3	5.0	6.3
40	5+780	Baden proyectado	4.5	0.01	0.35	464.1	533.7	612.8	784.8	0.5	0.5	0.6	0.8
41	5+855	Alcantarilla existente	8.5	0.10	0.35	332.9	382.9	439.7	563.1	3.2	3.7	4.3	5.5
42	6+100	Alcantarilla Existente	8.7	0.11	0.35	328.2	377.4	433.4	555.0	3.5	4.1	4.7	6.0
43	6+400	Pontón existente	10.5	0.24	0.35	297.7	342.3	393.1	503.4	6.9	8.0	9.2	11.7
44	6+555	Alcantarilla Existente	9.5	0.10	0.35	312.5	359.3	412.6	528.4	3.1	3.5	4.1	5.2
45	6+655	Baden existente	7.9	0.10	0.35	345.8	397.6	456.6	584.7	3.4	3.9	4.5	5.8
46	6+800	Baden proyectado	9.1	0.01	0.35	319.6	367.5	422.0	540.5	0.3	0.4	0.4	0.5
47	6+960	Pontón proyectado	9.5	0.15	0.35	313.1	360.0	413.4	529.5	4.6	5.3	6.0	7.7
48	7+000	Baden proyectado	9.6	0.10	0.35	311.5	358.3	411.4	526.9	3.0	3.5	4.0	5.1
49	7+300	Alcantarilla proyectad	9.2	0.10	0.35	318.6	366.4	420.8	538.8	3.2	3.7	4.2	5.4
50	7+830	Alcantarilla proyectad	11.61	0.10	0.35	281.6	323.8	371.9	476.2	2.8	3.2	3.7	4.8

Anexo N°01: Precipitación máxima en 24 hr. de las estaciones San Gabán.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1997	128.3	118.6	149.5	120.5	72.0	65.0	91.8	89.4	61.4	79.9	152.4	117.7	1246.5
1998	146.6	99.2	75.7	136.8	108.0	47.5	69.2	68.5	80.7	195.0	76.9	65.0	1169.1
1999	383.7	148.1	238.7	90.0	69.2	97.8	70.3	29.5	41.0	29.5	84.3	119.7	1401.8
2000	127.3	154.5	179.6	99.8	85.9	170.0	64.0	394.8	152.1	116.2	69.4	114.5	1728.1
2001	181.6	181.1	231.6	224.6	105.8	97.6	100.6	145.6	113.1	48.8	115.4	108.3	1654.1
2002	212.1	318.3	197.9	53.7	149.1	147.4	178.1	22.2	43.8	96.2	175.3	96.8	1690.9
2003	112.6	117.7	105.3	98.6	59.2	69.8	27.1	64.8	24.8	98.6	38.9	92.8	910.2
2004	102.8	89.8	112.9	94.9	47.4	52.4	59.4	59.7	58.9	98.5	64.5	94.7	935.9
2005	89.8	89.8	71.3	224.3	185.2	64.8	220.1	166.0	32.8	234.0	78.0	92.5	1548.6
2006	93.2	108.7	134.2	96.8	22.9	84.3	150.4	41.6	98.4	89.4	141.4	160.8	1222.1
2007	225.8	683.4	131.2	73.4	183.7	38.5	244.7	47.4	52.0	197.4	220.8	74.2	2172.5
2008	441.7	108.3	85.5	86.8	102.4	120.6	85.9	58.5	126.2	219.9	70.4	138.4	1644.6
2009	306.5	125.0	128.5	107.2	43.4	30.9	76.2	87.6	87.3	127.4	118.8	97.8	1336.6
2010	102.9	138.2	120.3	105.8	127.2	48.6	46.6	46.2	62.4	144.3	104.7	110.6	1157.8
2011	133.9	160.6	97.4	118.8	72.5	52.4	171.5	187.6	65.8	81.0	85.2	102.8	1329.5
2012	125.0	116.3	149.8	77.0	68.9	84.1	101.3	48.4	65.8	75.7	87.3	126.6	1126.2
2013	89.8	143.8	105.0	122.2	83.8	162.6	34.8	101.3	108.2	87.4	111.0	179.8	1329.7
2014	85.8	10.2	162.4	104.4	89.0	92.8	160.2	36.8	63.6	66.1	118.4	144.8	1134.5
2015	118.9	120.6	131.5	74.6	132.9	42.0	138.8	290.2	250.9	64.2	52.5	112.6	1529.7

Fuente: SENAMHI.

Anexo N°02 Precipitación total mensual de la estación San Gabán

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	1105.2	699.2	109.6	44.0	38.5	269.0	321.0	31.4	195.0	416.0	347.0	497.0	4072.9
1965	726.0	702.0	475.0	435.2	286.0	125.0	491.0	193.0	320.0	738.0	587.2	789.0	5867.4
1966	818.0	525.0	510.0	310.5	450.3	477.1	244.4	153.7	223.1	426.4	492.7	444.8	5076.0
1967	1226	1290	1682	953.8	592.2	578.5	806.2	322.2	126.6	484.4	371.5	585.4	9019.1
1968	1052	1272	527.9	272.9	50.9	141.1	232.7	245.9	229.6	719.3	339.6	826.2	5910.3
1969	786.4	958.3	769.9	468.7	556.7	409.2	325	137.5	363.7	389.9	911.1	678.7	6755.1
1970	659.4	663	634.8	477.7	428.3	311.9	157.7	151.1	245.1	841.8	328.2	983.1	5882.1
1971	1266	876.4	819.5	281.5	303.8	261.1	211.6	464.5	524.6	365.4	536.1	661	6571.5
1972	439.1	563.5	483.7	544.9	157.3	93.7	318.6	909	343.2	583.9	753.2	805	5995.1
1973	901.7	943.2	548.8	513.4	190.6	233.3	236.6	597.9	171.8	608.2	410.1	1282	6637.4
1974	1197	997.5	618	437.8	99.2	171.2	331.4	464.6	179.9	526.8	292.4	490	5805.9
1975	720.5	666.1	786.3	361.8	171	615.7	228.3	351.9	414	425.5	675.3	481.1	5897.5
1976	756.8	465	759.1	190.4	322.5	208.4	326.3	221.7	216	306.9	450.8	644.9	4868.8
1977	794.2	966.6	259.7	353	109.4	202.2	360.9	94.8	55.3	147.2	331.2	554.1	4228.6
1978	635.9	285.2	275.6	128	140.1	353.1	44	45.8	130.5	299	627.6	955	3919.8
1979	607.7	1148	853.3	390.1	248.9	105.6	207.9	91	199.5	215	409.5	459.3	4935.5
1980	629.4	508.8	249.6	196.9	116.9	176.1	289.9	274.6	277.3	320.7	368	1808	5216.0
1981	710.1	512.9	548.5	134.3	127.1	159.3	46.4	134.6	222.9	273.4	421.7	1238	4529.3
1982	810.8	857.7	852.9	459.2	166.3	378.3	201.2	243	150.5	343.8	782.9	750.9	5997.5
1983	619.9	612.4	383.5	521.5	586.9	531.4	829.7	351.1	332.3	571	435.2	727.7	6502.6
1984	813.1	884.8	505.7	559.6	239.4	205.5	306.7	417.1	148.9	138.6	690.1	562.2	5471.7
1985	455.4	824.5	557.4	510.2	203.5	270.1	255.6	217.3	448.1	319.7	441.1	629.6	5132.5
1986	778.5	607.9	516.6	211	507.5	251.5	363	401.1	477.6	296	226.4	502.7	5139.8
1987	503.8	262.8	262.3	214.4	175.6	164	344.3	160.4	242.4	530.2	416.5	492.8	3769.5
1988	227.9	428.9	611.5	521.4	379	184.5	152	62.2	473.1	434.1	507.3	1049	5030.4
1989	850.3	957.4											
1990	990												
1991	924												
1992	731.1						305.4	355.3	825.1	751.7	450	633.5	
1993	523	515.9	623.9	449.5	517.7	81.1	347.1	328.6	167.9	719.8	425.4	897.2	5597.1
1994	841.8	665.1	498.7	345	281.7	145.6	178.2	213.8	246.7	567.5	386	758.5	5128.6
1995	1271	856.3	907.9	293.2	187	289.1	322.2	217.8	475.7	197.5	756.9	756.3	6530.9
1996	1123	806.8	717	408.3	194	243.4	196	418.1	464.8	416.3	566.3	1384	6937.9
1997	608.8	905.3	780.3	777.1	290.8	626.5	546.8	356.4	218.9	470.9	723.9	1416	7721.5
1998	1411	948.6	616.7	964.6	322.7	126.2	198.9	355.6	458	981.1	563.5	301.9	7248.4
1999	1883	1026	737.7	498.6	268	363.1	294.8	58.3	276.3	58.3	335.7	752.8	6552.7
2000	1035	716.1	824.2	618.3	233.4	779.2	527.8	1328	615.7	559.6	547.1	710.4	8494.9
2001	1440	1158	1407	635.1	463.6	423.5	569.4	320.4	419.1	439.8	751.6	722.6	8750.1
2002	913.2	1813	1600	131.4	417.3	427.6	390.5	62.2	132.7	518.2	403.9	449.5	7258.9
2003	993.2	726.9	1065	506.1	349.1	163.6	60.9	212	59.3	140.4	496.2	1020	5792.6
2004	518.9	631	408.5	229.9	346.7	419.4	385.1	317.5	555.2	694.8	478.1	538.7	5523.8
2005	684.9	565.8	532.8	278.5	756.7	253.8	436.9	409.2	143.4	766.2	331	697.7	5856.9
2006	814	636.3	1022	440.5	56.7	594.5	742.5	147.2	370.4	830.8	939	1067	7660.6
2007	1142	2059	735.1	589.8	401.7	118.4	1018	130.8	111	439.3	847.4	726.8	8320.5
2008	2360	1087	867.9	595.1	250.3	389.8	520.7	454.1	471	744.7	496.9	835.5	9072.2
2009	1349	955.3	1365	673.3	320.7	249.5	526.7	509.7	605	579.5	1126	1092	9351.8
2010	1121.5	1251.0	1182.7	363.6	546.6	66.6	193.4	239.3	328.3	854.5	746.4	1202.1	8096.0
2011	1092.6	1161.1	817.0	781.4	298.7	295.8	826.1						

Anexo N°03: Descargas Máximas para diversos periodos de retorno - Distribuciones Log Normal 2P

San Gaban - Lognormal						
Results of the fitting						
Lognormal (Maximum Likelihood)						
Number of observations 19						
Parameters						
mu		5.419831				
sigma		0.489106				
Quantiles						
q = F(X) : non-exceedance probability						
T = 1/(1-q)						
T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)		
10000	0.9999	1390	450	510	2280	
2000	0.9995	1130	328	486	1770	
1000	0.999	1020	282	470	1580	
200	0.995	796	190	425	1170	
100	0.99	705	155	400	1010	
50	0.98	617	124	373	861	
25	0.96	532	96.5	343	721	
20	0.95	505	88.3	332	678	
10	0.9	423	64.8	296	550	
5	0.8	341	44.8	253	429	
3	0.6667	279	32.8	215	343	
2	0.5	226	25.3	176	276	
1.4286	0.3	175	21	134	216	
1.25	0.2	150	19.7	111	188	
1.1111	0.1	121	18.5	84.4	157	
1.0526	0.05	101	17.7	66.4	136	
1.0204	0.02	82.7	16.7	50	115	
1.0101	0.01	72.4	15.9	41.1	104	
1.005	0.005	64.1	15.3	34.2	94	
1.001	0.001	49.8	13.7	22.9	76.7	
1.0005	0.0005	45.2	13.1	19.4	70.9	
1.0001	0.0001	36.6	11.8	13.4	59.8	

San Gaban - Lognormal 3 Parámetros

Results of the fitting

3-parameter lognormal (Maximum Likelihood)

Number of observations 19

Parameters

m 95.523686
mu 4.698738
sigma 0.906038

Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability

T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)	
10000	0.9999	3290	2270	N/D	N/D
2000	0.9995	2260	1360	N/D	N/D
1000	0.999	1900	1060	N/D	N/D
200	0.995	1230	559	N/D	N/D
100	0.99	1000	405	N/D	N/D
50	0.98	802	284	N/D	N/D
25	0.96	632	189	262	1000
20	0.95	583	164	261	905
10	0.9	446	101	249	644
5	0.8	331	57	219	443
3	0.6667	258	35.5	188	327
2	0.5	205	23.7	159	252
1.4286	0.3	164	15.9	133	195
1.25	0.2	147	12.7	122	172
1.1111	0.1	130	9.65	111	149
1.0526	0.05	120	8.11	104	136
1.0204	0.02	113	7.47	98	127
1.0101	0.01	109	7.55	94.1	124
1.005	0.005	106	7.84	90.8	122
1.001	0.001	102	8.73	85.1	119
1.0005	0.0005	101	9.1	83.3	119
1.0001	0.0001	99.3	9.82	80	119

San Gaban - Log Pearson Tipo 3

Results of the fitting

Log-Pearson type 3 (Méthode SAM)

Number of observations 19

Parameters

alpha 18.011134
lambda 13.622739
m 1.597452

Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability

T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)	
10000	0.9999	2300	2370	N/D	N/D
2000	0.9995	1640	1330	N/D	N/D
1000	0.999	1400	1010	N/D	N/D
200	0.995	966	495	N/D	N/D
100	0.99	813	348	N/D	N/D
50	0.98	679	235	N/D	N/D
25	0.96	559	151	N/D	N/D
20	0.95	524	131	268	780
10	0.9	422	79.1	267	577
5	0.8	330	47.5	237	423
3	0.6667	268	34.1	201	335
2	0.5	217	26.2	165	268
1.4286	0.3	172	19.4	134	210
1.25	0.2	151	16.4	119	183
1.1111	0.1	127	14.5	99	156
1.0526	0.05	112	15.6	81.8	143
1.0204	0.02	98.7	18.8	61.8	135
1.0101	0.01	91.2	21.5	49	133
1.005	0.005	85.2	24.2	37.8	133
1.001	0.001	75.2	29.7	N/D	N/D
1.0005	0.0005	71.9	31.8	N/D	N/D
1.0001	0.0001	66	36.1	N/D	N/D

San Gaban - Gumbel

Results of the fitting

Gumbel (Maximum Likelihood)

Number of observations 19

Parameters

u 194.818385

alpha 93.067204

Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability

T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)	
10000	0.9999	1050	168	723	1380
2000	0.9995	902	140	627	1180
1000	0.999	838	128	586	1090
200	0.995	688	101	490	885
100	0.99	623	89	448	797
50	0.98	558	77.3	406	709
25	0.96	492	65.6	364	621
20	0.95	471	61.9	350	593
10	0.9	404	50.3	306	503
5	0.8	334	38.9	258	411
3	0.6667	279	30.7	219	339
2	0.5	229	24.9	180	278
1.4286	0.3	178	21.6	135	220
1.25	0.2	151	21.4	109	193
1.1111	0.1	117	22.8	72.5	162
1.0526	0.05	92.7	24.8	44.1	141
1.0204	0.02	67.9	27.4	14.1	122
1.0101	0.01	52.7	29.3	-4.77	110
1.005	0.005	39.6	31	-21.2	100
1.001	0.001	15	34.5	-52.7	82.6
1.0005	0.0005	6.05	35.8	-64.2	76.3
1.0001	0.0001	-11.8	38.6	-87.5	63.8

Figura N°20: Prueba de ajuste Test Chi cuadrado de la distribución Log Normal - estación climática San Gabán

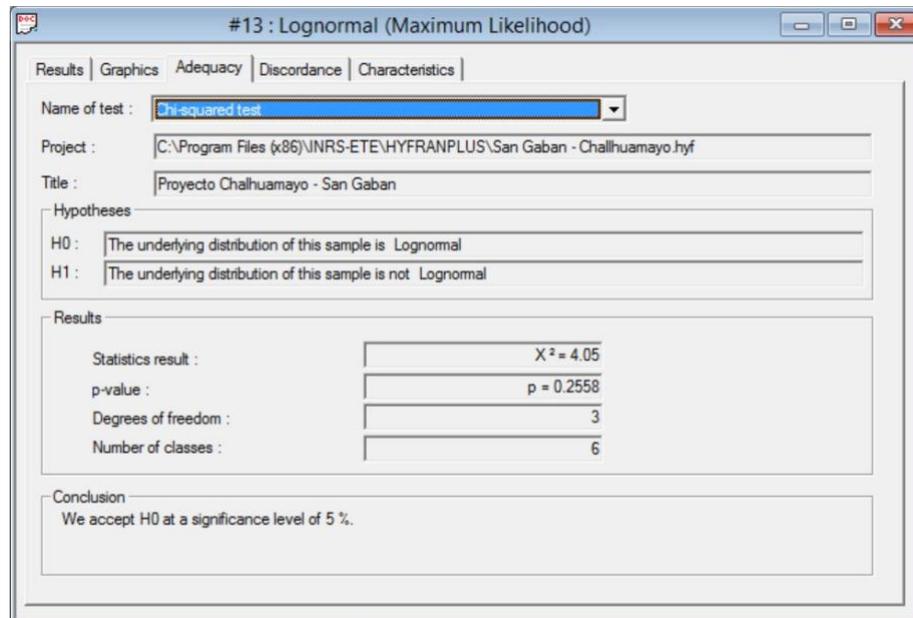


Figura N°21: Prueba de ajuste grafico de la distribución Log Normal - estación climática San Gabán

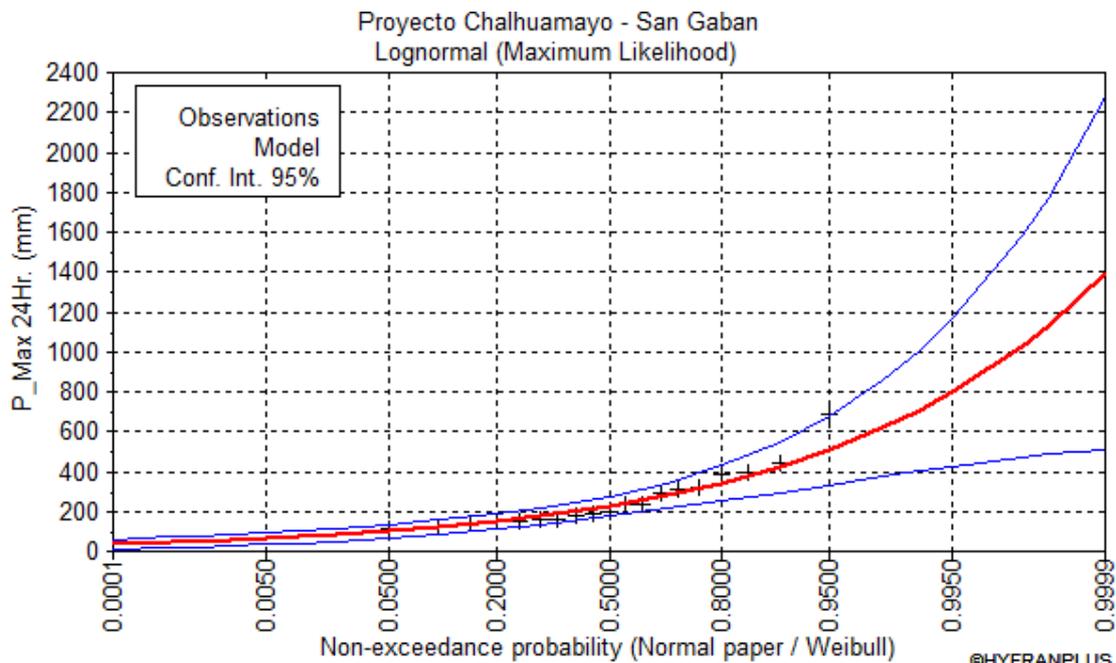


Figura N°22: Prueba de ajuste Test Chi cuadrado de la distribución Log Normal 3P- estación climática San Gabán

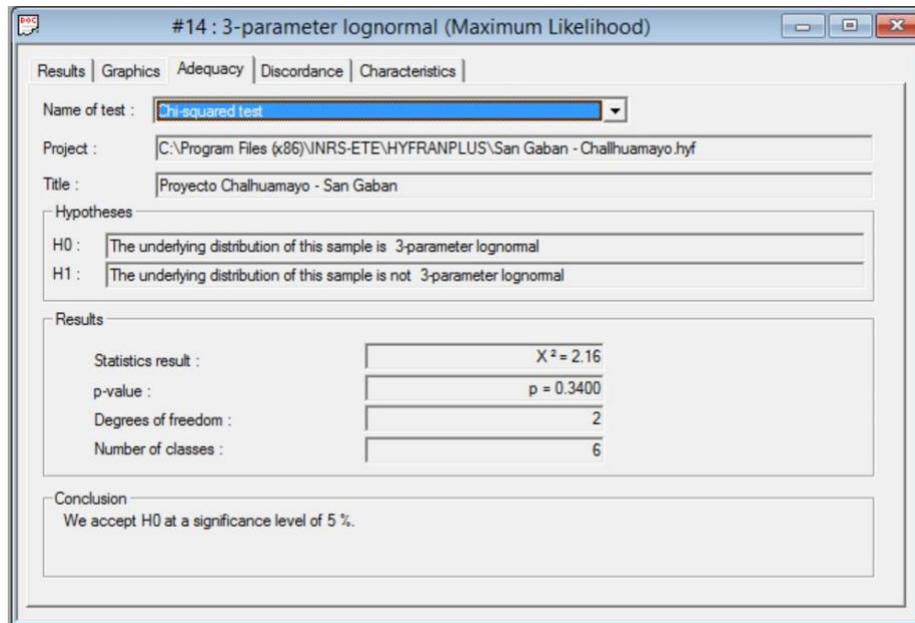


Figura N°23: Prueba de ajuste grafico de la distribución Log Normal 3P - estación climática San Gabán

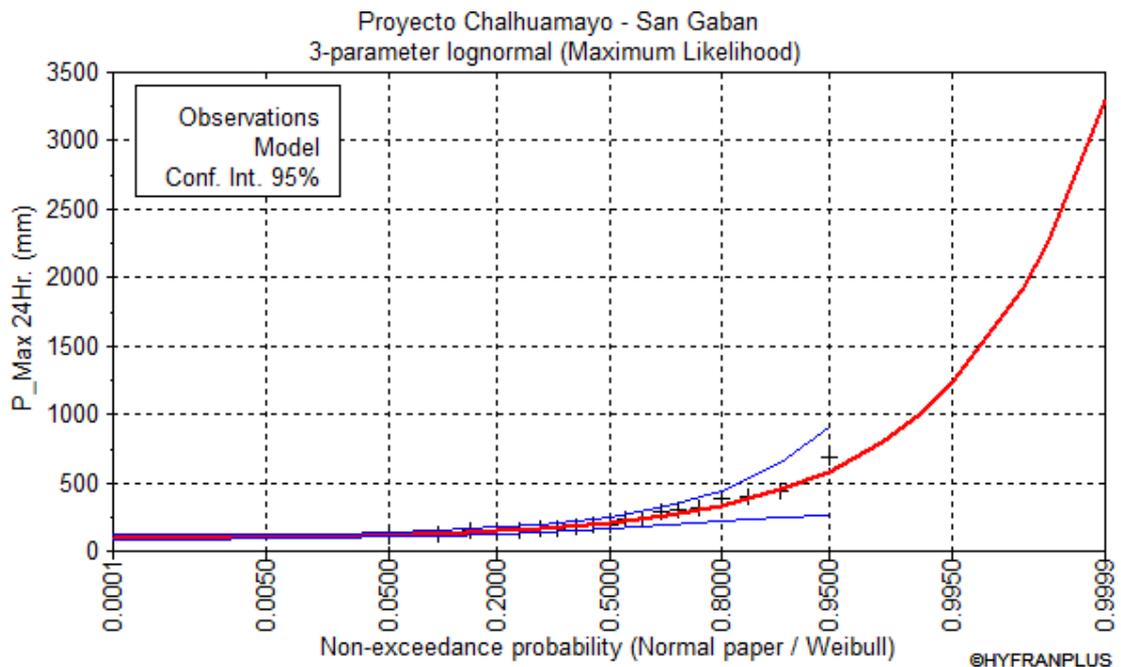


Figura N°24: Prueba de ajuste Test Chi cuadrado de la distribución Log Pearson Type 3 - estación climática San Gabán

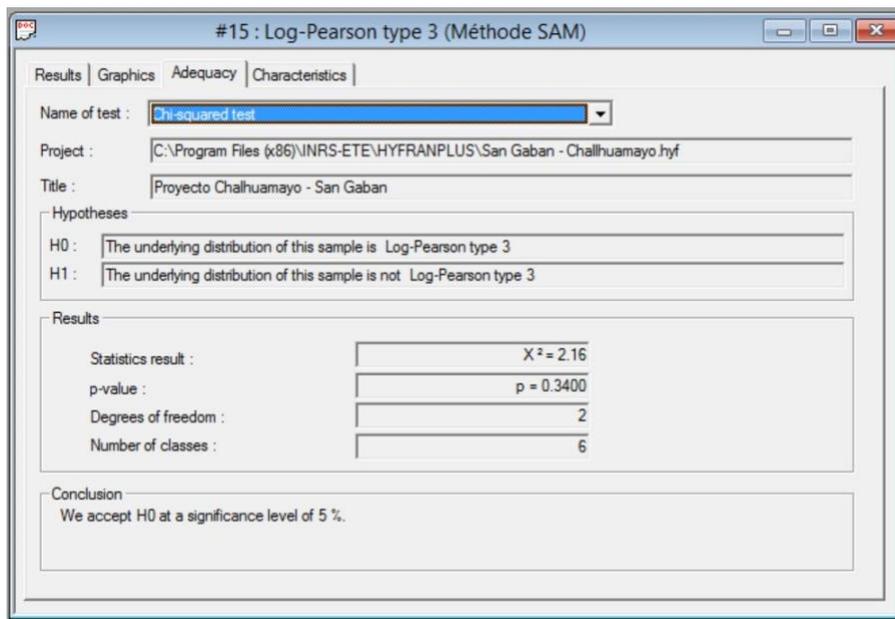


Figura N°25: Prueba de ajuste grafico de la distribución Log Pearson type 3 - estación climática San Gabán

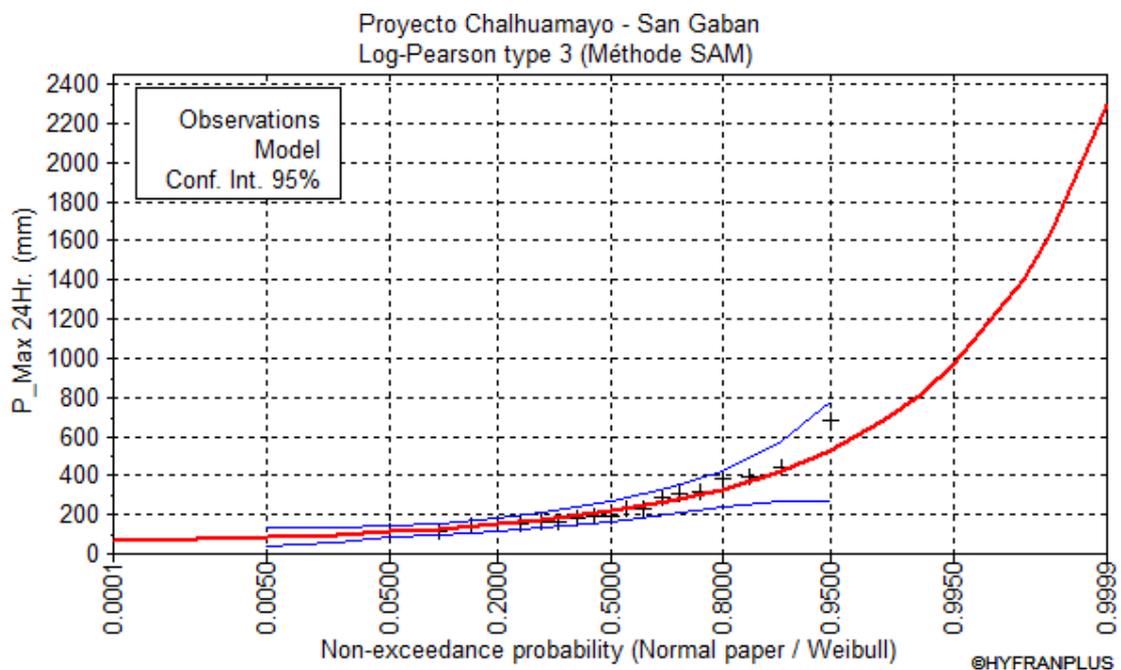


Figura N°26: Prueba de ajuste Test Chi cuadrado de la distribución Gumbel - estación climática San Gabán

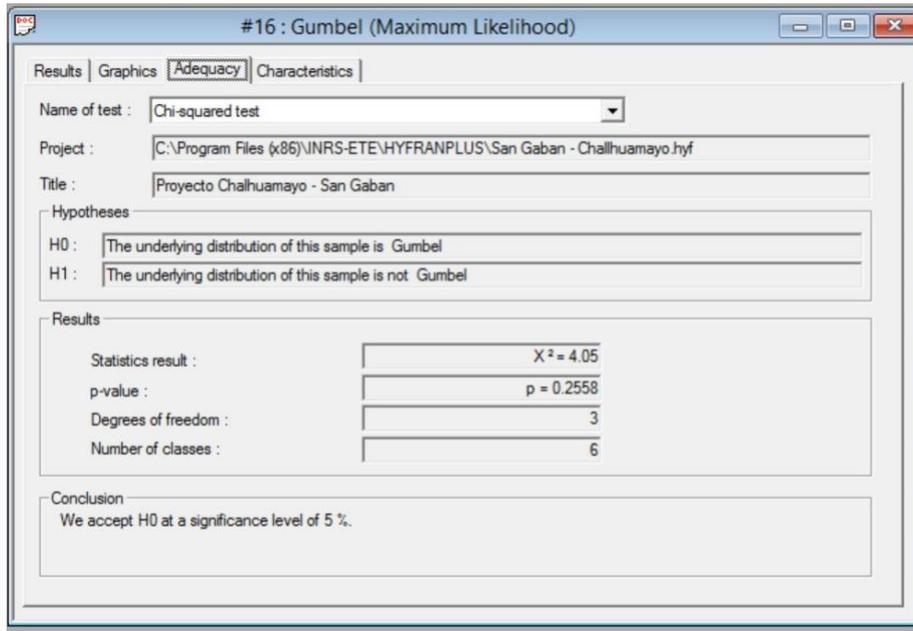
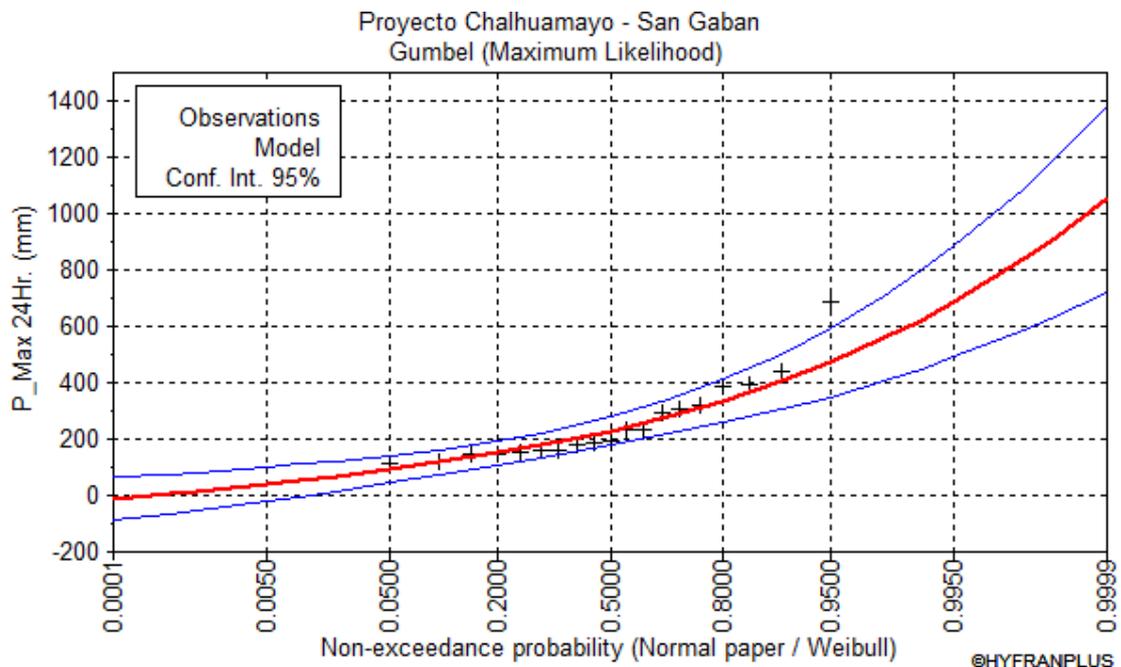


Figura A 8: Prueba de ajuste grafico de la distribución Gumbel - estación climática SanGabán



3.6. Estudio de Geología y Geotecnia

INTRODUCCION

El Siguiete estudio de Geología, Geotecnia, corresponde al proyecto Mejoramiento y rehabilitación del Camino Vecinal Challhuamayo Antaymarca y está ubicado en la Provincia de Carabaya distrito de San Gaban - Puno.

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de transportes en el departamento de Puno, para mejorar el nivel de vida de la población dedicada principalmente a la actividad agrícola, ha visto por conveniente la implementación del Proyecto de mejoramiento de la carretera challhuamayo - Antaymarca distrito de San Gaban provincia de carabaya región puno

3.6.1. Objetivos del Estudio

El principal objetivo del estudio es analizar y definir los diferentes aspectos geológicos de este tramo, así como parte de la dirección técnica en la fase de mejoramiento y construcción propuesto; de tal forma que se garantice su estabilidad, un tráfico regular y la seguridad necesaria, cuando prosiga prestando servicios mediante un mayor volumen de tráfico en nuevas condiciones de tranquilidad de las personas.

Otros del mismo también lo constituyen:

- Conocer las características Geológicas y Geomorfológicas por las que atraviesa la vía.
- Determinar las características geológicas de las diversas formaciones rocosas y/o suelos por los que se emplaza la carretera.
- Definir las condiciones de Geodinámica Externa de la ruta, determinando la posible ocurrencia de erosión de riberas, deslizamientos de taludes y otros desplazamientos de masas que puedan tener incidencia en la vía.

- Mejorar la estructura de la vía con material de cantera apropiado que permita la estabilidad del suelo de fundación.

125 a 10 cm., donde se ha identificado el Au nativo

Esta secuencia aflora a lo largo del tramo Mina Uchuy Tambillo y próximo a Corcora (camino Aporoma), en donde se encuentra suprayaciendo en contacto fallado inversamente con la roca pizarrosos y ampelíticas del Grupo San José

Miembro Medio

La secuencia media de la Formación Sandia está representada por una intercalación de cuarcitas gris claras, blanquecinas y gris oscuras en capas delgadas de 2 a 20cm, medianas y algunas capas gruesas. Presentando estructuras en rosario producto de la sobre carga, también se observa pequeños plegamientos e incluso presenta (Kind Band) micro pliegues

Las capas delgadas a medianas de 0.5 a 0.20 m. se intercalan y en conjunto forman escarpas casi verticales que se observan como morfología abrupta. Este nivel se encuentra mejor expuesto en el Cerro Apacheta camino a Cañiputo

Miembro Superior

La secuencia superior de esta unidad, litológicamente está constituida por cuarcitas capas gruesas tabulares y muy subordinadamente niveles pizarrosos en capas delgadas.

Aflora al Sur y Norte de Cuyo Cuyo en estratos gruesos, tabulares de 1 a 2 m., de color gris claro, a gris blanquecino formando parte del núcleo de un anticlinal que infrayace a una secuencia de pizarras de la Formación Ananea, (Quebrada Tambillo). La secuencia cuarcítica es casi homogénea y se diferencia fácilmente porque constituye farallones casi verticales

Por su competencia esta unidad presenta morfología abruptas, generando, valles profundos y encañonados.

En forma general toda esta secuencia se encuentra infrayaciendo a una secuencia de pizarras gris oscuras, azuladas que constituyen la Formación Ananea en un contacto fallado inversamente, asociado a la tectónica compresiva que afectó a esta región.

En sección delgada las cuarcitas del Grupo Sandia se observa ligeramente un esquistos de cuarzo-micas-cloritas.

En toda esta parte del área de estudio, no se ha encontrado evidencia fosilífera que represente a la Formación Sandia, pero se le estima una edad del Ordoviciano superior por la posición estratigráfica ya que suprayace al Grupo San José e inrayace a Formación Ananea donde se reportó fósiles del Siluro- Devoniano.

Formación ananea

Nombre asignado por Laubacher G. (1973) a una gruesa secuencia pizarrosa, pelíticosamítica, que aflora en su localidad típica del mismo nombre al SE del cuadrángulo de macusani, formando parte de la Cordillera Oriental, y se prolonga hasta la Cordillera Real en Bolivia.

En el área de estudio esta unidad consiste de una gruesa secuencia de pizarras, pizarras limolíticas y areniscas cuarzosas muy subordinadas.

Las pizarras afloran conspicuamente y se extienden casi continuamente por el extremo SE de la hoja de Limbani desde el poblado de Cuyo Cuyo-Laguna Saytacochoa prolongándose al Noreste por los poblados de Patambuco, Limbani y limitado hacia el Oeste por los cuerpos plutónicos del Permo-Triásico.

Su morfología en general se caracteriza por relieves suaves con buena cobertura sin embargo en otros lugares se presentan muy deformadas y con morfologías abruptas, formando valles angostos tal como se observa en el valle del río Patambuco, en la Qda Sallaco etc

Cuando están muy deformadas, en algunos niveles los signos de estratificación han desaparecido y se ha desarrollado una esquistocidad pronunciada. Las capas están fuertemente plegadas y existen muchas

repeticiones debido a pliegues y fallas inversas. Por esta razón no se ha medido ninguna sección, no obstante se estima un espesor mayor de 1000 m. para esta zona.

Las pizarras de la Formación Ananea cerca a Cuyo Cuyo petrográficamente, se describen como pizarras y limo arcilitas pizarrosa, gris oscuras, gris azuladas y negras distinguiéndose por su foliación bien marcada, con presencia de niveles micáceos, bajo el microscopio se observa a las pizarras de textura criptocristalino de micas, cuarzo y grafito, con fractura miento paralelo a la foliación, rellena por limonitas.

En general esta secuencia cerca a los cuerpos plutónicos se muestra una aureola de metamorfismo leve de tipo epizonal, presentando hornfels , pizarras recristalizadas e incluso pizarras de un aspecto calcinado, que presentan un aspecto macizo bien compacto esto se observa en Cerro Yana Orjo, Laguna Chogñecota etc. Camino a Limbani.

En sección delgada se observa hornfels de micas y andalucita de textura porfidoblástica con presencia de minerales esenciales de micas, andalucita, cuarzo y minerales accesorios como cloritas, opacos y limonitas etc.

Grupo ambo

Nombre denominado por Newell, N; Chronic, J. y Roberts, T. (1949) para una secuencia cuya su localidad típica aflora en los alrededores de Ambo en el departamento de Huánuco, en el altiplano fue descrita por Klinck y O. Palacios et al 1993 en el cuadrángulo de Puno, Natalio De La Cruz en el cuadrángulo de Azángaro (1995). El Grupo Ambo consistede una secuencia clástica samito-pelítica y de ambiente continental que sobreyace en aparente continuidad sobre la secuencia pizarrosa de la Formación Ananea.

Aflora en forma regular en el sector Oeste del cuadrángulo de Limbani. En la columna medida al Oeste de la Laguna Cocaña Cocha, se le estima un grosor de 800 m. aprox. Desde el punto de vista litoestratigráfico lo podemos dividir en dos secuencias.

Secuencia Inferior

Esta secuencia se encuentra expuesta al Oeste de la laguna Cocaña Cocha en contacto concordante con las pizarras de la Formación Ananea Consiste de pizarras carbonosas intercaladas con lutitas en capas delgadas, característicamente laminar y areniscas cuarzosas de grano fino gris oscuras, sobre la cual tiene una gruesa secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino en capas tabulares de 30 a 40 cm. algunas capas presenta estratificación sesgada de pequeña escala y bajo ángulo.

La parte media, se tiene una secuencia casi continua de pizarras gris oscuras en capas delgadas y tabulares intercaladas con areniscas cuarzosas de grano fino en estratos delgados.

Al tope de este nivel se tiene una gruesa secuencia de areniscas cuarzosas en capas de 30-40 cm. que se intercalan con limolitas pizarrosas en grosores muy discretos, esta unidad inferior alcanza aproximadamente 350 m. De grosor.

Secuencia Superior

La parte superior del Grupo Ambo está representada de areniscas con niveles de limolitas y limoarcilitas grises en algún caso carbonosos.

Las areniscas son de grano fino, con algunos de grano medio, en capas delgadas a medianas de 10-40 cm. De grosor.

Las areniscas predominantemente son cuarzosas de color que varían de colores gris, gris claro, beige e incluso gris brunáceo con algunos niveles algo ferruginosos.

En sección delgada se observa areniscas cuarzosas de grano fino sub redondeado, con presencia de micas que se alteran a cloritas a través del plano de clivaje, así mismo tenemos venillas de limonitas.

En la margen Oeste de la laguna Jaico se encuentra una secuencia continua donde se intercalan areniscas cuarzosas gris claras en capas delgadas, tabulares con limolitas carbonosas lutitas característicamente laminares.

En el Cerro Mina Inca el Grupo Ambo infrayace concordantemente a la secuencia de areniscas y calizas del Grupo Tarma.

En los alrededores de Usicayos aflora la parte más superior de esta unidad estando constituida principalmente por una secuencia de arenisca cuarzosas de grano fino color gris a gris claro, en capas delgadas y medianas, en algunos niveles presentan superficies ondulitas de pequeña escala, con presencia de plantas

Grupo mitu

El Grupo Mitu del Pérmico superior, definido en el Perú central, por Mc Laughlin, D. (1924), y descrito Newell et.al (1953) y Megard (1973), quienes denominaron como tal a un aconjunto de depósitos continentales volcánico-detríticos de espesor muy variable.

En el Sur del país, el Grupo Mitu tiene un gran desarrollo, sobre todo a lo largo del frente SO de la Cordillera Oriental datados por su situación entre el Leonardiano inferior y el Triásico inferior por Klinck y otros 1993, quienes han subdividido a la secuencia volcánico - sedimentaria continental:

Como Grupo Mitu (secuencia sedimentaria) y sobreyaciendo el Grupo Iscay de carácter volcánico y volcanoclástico.

Este Grupo Mitu sirve como guía y está relacionado a un periodo de erosión intensa, que ha dado lugar a la acumulación de una secuencia continental detrítica y volcánico-detrítica que muestra poco transporte.

Se nota intercalación con material volcánico del tipo lavas, piroclásticas las que se interdigitan con las sedimentitas.

La morfología que presenta el Grupo Mitu es abrupta, e incluso presenta escarpas sub verticales, otra característica destacable es la coloración rojiza, violácea, que tipifica a las capas rojas, que sirven para diferenciarla fácilmente en el campo.

En el área de estudio podemos reconocer dos litofacies; una litofacie conglomerádica a brecha sedimentaria y la otra volcánica de carácter ígneo

efusivo que puede ser de nivel subvolcánico a piroclástico.

La facie conglomerádica aflora en el río Grande, en la parte Sur del cuadrángulo de Limbani a la altura de la desembocadura de las quebradas Jollpa Mayo y Pejañani. Los dos conglomerados están constituidos de fragmentos líticos de calizas gris azuladas, gris clara, arenisca arcósica roja a oscuras, clastos de volcánicos en una matriz de arenisca arcósica rojiza de grano grueso, el tamaño de los fragmentos es variable de 2 a 10 cm. de sub redondeados a sub angulosos, en capas gruesas debilmente diferenciadas, de aspecto macizo y fuertemente cementado, presentando escarpas

El contenido de fragmentos líticos evidencia la coetaneidad entre el volcánico y la depositación del material clástico.

La litofacie volcánica se caracteriza por estar conformada de lavas de composición andesítica, de color rojiza, brunácea y muy raramente verduzca. Las andesitas son de textura afanítica en la que destacan microcristales de plagioclasa el color brunácea, con una fuerte limonitización y debil epidotización.

En sección delgada se observa una andesita limonitizada de textura porfirítica con fenos de plagioclasas y moldes alterados de limonitas, carbonatos en una matriz de plagioclasas con sericita intersticial.

Depósitos lacustrito

Estos depósitos reposan horizontalmente o en discordancia angular sobre las rocas infrayacentes, se localizan en el área, a la altura de Pucajaca, formando una superficie sub horizontal que alcanza un área aproximada de 10 km²., lo que nos permite suponer que se trate de una pequeña cuenca de ambiente

Depósitos aluviales

Estos depósitos se encuentran distribuidos en todo la zona de estudio rellenando el fondo de los valles o quebradas principales. La mayoría de estos alcanzan el nivel freático.

A lo largo de la zona de estudio se tiene mejor expuesto estos depósitos

constituidos por bloques, guijas, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea Estratificación, presentando en algunos casos lenticularidad, imbricación y terrazas.

Se tiene un cono aluvial bien marcado, con la dirección del drenaje semi radial, que cortan a la vez a depósitos glaciofluviales pre existente Sarajotaña, con constitución de materiales similares que el anterior.

Estos depósitos se vienen acumulando con diferente intensidad desde el Holoceno hasta los tiempos actuales, tapizando las depresiones morfológicas, junto con los depósitos aluviales se han cartografiado los depósitos de escombros de talud, que Generalmente cubren parcialmente los flancos escarpados de las elevaciones y valles.

Entre las principales unidades geomorfológicas que presenta la zona de estudio están:

a). Escarpas

Son geo formas positivas que se presentan con fuerte pendiente, están definidos las escarpas a las rocas duras que sobresalen a las rocas adyacentes en el área de estudio no se aprecia

b). Planicie.

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por presentar depósitos de Formación Azángaro y el cuaternario aluvial. Donde el material que constituye es típicamente aluvial conformado por capas superficiales de limos y arcillas orgánicas hacia la profundidad se ubica limos y arenas. Esta unidad geomorfológica está representada principalmente por planicies

c). Laderas.

Son formaciones geomorfológicas que presentan pendientes suaves con pequeños cortes de material aluvial reciente Cuaternario.

d). Pie de monte

Esta unidad se encuentra a los pies de las montañas o al pie de los cerros, litológicamente están compuestos de materiales cuaternarios

fluvioglaciares, materiales acumulados debido al trabajo realizado en forma combinada por el proceso fluvial aluvial y glaciario

e). Pampas

Es la geo forma más importante por ser la más estudiada tanto en superficie como en profundidad, Son distinguibles porque se trata de superficies planas, conformadas en parte por zonas inundables, áreas húmedas,

3.6.2. Geología estructural regional

Para desarrollar esta parte se hace una evaluación regional. Por lo cual se ha determinado que la zona de estudio ha sufrido una actividad tectónica originada por movimientos orogénicos, tectónicos correspondientes a los ciclos tectónicos Herciniano y Andino. Como consecuencia de ellos los terremotos paleozoicos de la zona de cordillera oriental aparecen fuertemente deformados por la fase eoherciniano con pliegues amplios y por la fase tardiherciniana del Permiano Medio con estructuras de un nivel estructural medio a superior.

Posteriormente los terremotos Mesozoicos y Cenozoicos son deformados por la tectónica andina con varias fases de plegamiento; como resultado aparecen las estructuras andinas con pliegues simétricos, asimétricos.

En la zona del proyecto se apreciaron fallas geológicas

3.6.3. Geología estructural local

Estructuralmente el área del proyecto Challhuamayo - Nojonunta, se define como zona inestable con problemas estructurales para fines del Proyecto mejoramiento de la carretera challhuamayo - nojonunta distrito de san gaban provincia de carabaya región Puno. De acuerdo al plano Geológico de "INGEMMET", se interpreta que actuaron dos procesos orogénicos tectónicos para formar el relieve actual de la zona en estudio.

Falla geológica

De acuerdo al mapa Geológico del cuadrángulo de Limbani y Macusani se concluye que en la zona ocurrieron eventos tectónicos, originando el primero fallas normales y fallas Inversas.

Plegamientos

En la zona de estudio no se observan plegamientos de consideración, esto también por que las estructuras rocosas están cubiertas por materiales cuaternarios en gran parte de la zona.

Unidades lito estratigráficas

La región Puno está caracterizada geológicamente por rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas, las secuencias estratigráficas cubren edades desde el Cámbrico hasta el Cuaternario. Se describe la estratigrafía de la región considerando los siguientes dominios morfoestructurales debido a que controlan los afloramientos de las unidades:

- Cordillera Occidental y Altiplano
- Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llano amazónico

Paleozoico

Complejo Iscaybamba (Cambriano)

Aflora en el cuadrángulo de Quincemil situado al norte del cuadrángulo de Corani. El complejo está compuesto por una sucesión de cuarcitas en capas de 50 - 80 cm, intercalándose paquetes gruesos de esquistos de más de 5 m de grosor.

Formación Calapuja (Ordovícico)

Conformada por lutitas arenosas, intercaladas con niveles de areniscas y cuarcitas. Tiene su localidad tipo en los alrededores del poblado de Calapuja en los cerros Sara, Catacora e Iquiñito, noroeste de la ciudad de Juliaca. Alcanza una potencia aproximada de 3500 m.

Formación Chagrapí (Ordovícico a Silúrico)

Aflora en el cuadrángulo de Juliaca y Huancané. La litología consiste de capas delgadas, laminadas, de limolita micácea con finas intercalaciones de areniscas limolíticas y rocas fangolíticas. El contacto superior con la Formación Lampa es un pasaje transicional, y el inferior con la Formación Calapuja es en parte fallado. Su potencia aproximada es 1100 m.

Grupo Cabanillas (Silúrico a Devónico inferior)

Litológicamente está constituido por lutitas oscuras ferruginosas intercaladas con cuarcitas y areniscas de grano medio. Su localidad tipo se encuentra en el río Cabanillas, provincia de Lampa. Se encuentran en los cuadrángulos de Puno, Acora e llave y al sureste de la ciudad de Puno. Su potencia es de 3000 m aproximadamente.

Formación Lampa (Devónico)

Aflora en el cuadrángulo de Juliaca, y esta compuesta por areniscas y limolitas. El contacto con la unidad suprayacente, Grupo Ambo, es una discordancia de bajo ángulo. Su potencia es aproximadamente 1200 m en el cerro Llanquera.

Grupo Ambo (Misisipiano)

En el área el Grupo Ambo ha sido reconocido en el cuadrángulo de Puno y tiene su mejor desarrollo en el cuadrángulo de Juliaca. Consiste en areniscas, lutitas carbonosas, niveles conglomerádicos, limolitas rojas, lentes delgadas de carbón y a veces tufos volcánicos. Aflora al norte del poblado de Palca. Alcanza una potencia aproximada de 2700 m.

Grupo Copacabana (Pérmico inferior)

Constituidos por afloramientos de pizarras gris oscuras, lutitas, calizas gris azuladas y niveles dolomíticos. Aflora al noreste del poblado de Caminaca (cuadrángulo de Huancané). Su potencia aproximada es de 1800 m.

Grupo Iscay (Pérmico a Triásico inferior)

Tiene una secuencia inferior de flujos de lava y una superior tobácea, su

localidad tipo se encuentra en el cerro Iscay, al norte de la ciudad de Juliaca. Alcanza una potencia aproximada de 600 m.

3.6.4. Mesozoico

Grupo Lagunillas (Jurásico superior)

Presenta areniscas cuarzosas, calizas lutáceas, niveles de chert y gredas con intercalaciones de calizas grises. Tiene su localidad tipo alrededor de la laguna Lagunillas y laguna Sara Cocha. Alcanza una potencia aproximada de 1200 m.

Grupo Yura (Jurásico superior a Cretáceo inferior)

Constituido por cuarcitas, areniscas cuarzosas, lutitas y calizas. Se extiende dentro del área de estudio, principalmente hacia la Cordillera Occidental. Tiene una potencia aproximada de 1260 m.

Formación Sipín (Jurásico superior a Cretáceo inferior)

Está conformada por calizas, lutitas y areniscas calcáreas. Aflora en los alrededores de Sipín, provincia de Huancané. Su potencia aproximada es de 33 m.

Formación Huancané (Cretáceo inferior)

Presenta areniscas gruesas, cuarzosas con estratificación cruzada, lentes de areniscas conglomerádicas y delgados lechos de lutitas. Aflora en los alrededores del poblado de Huancané y alcanza una potencia aproximada de 600 m.

Formación Ayavacas (Cenomaniano–Cretácico superior)

Constituido por calizas grises y calizas lutáceas. Su localidad tipo se encuentra en el poblado de Ayavacas. Tiene una potencia aproximada de 300 m.

Formación Vilquechico (Cretácico superior)

Presenta lutitas silíceas de color gris olivo oscuro, con lechos de cuarcita. Su localidad tipo se encuentra alrededor de Vilquechico, provincia de Huancané.

Su potencia aproximada es de 728 m.

3.6.4.1. Cenozoico

Grupo Puno (Terciario inferior)

Constituido por sedimentos molásicos (capas rojas), areniscas arcósicas, areniscas tufáceas, conglomerados y lutitas yesíferas. Su localidad tipo se encuentra alrededor de la ciudad de Puno.

Grupo Tacaza (Oligoceno tardío a Mioceno medio)

Está representado por secuencias de basaltos y arcosas en la base y aglomerados de andesita con tufos de dacita hacia el tope. Tiene su localidad en los alrededores de la mina Tacaza, distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa. Alcanza una potencia aproximada de 3600 m.

Grupo Palca (Mioceno Inferior a superior)

Presenta ignimbritas intercaladas con sedimentos arenosos, limolitas, areniscas tobáceas y conglomerados. Su localidad tipo se ubica alrededor del poblado de Palca. Su potencia aproximada es de 6000 m.

Grupo Sillapaca (Mioceno medio)

Conformado por lavas dacíticas y traquiandesíticas, niveles de areniscas arcósicas y conglomerados. Tiene su localidad tipo en la Cordillera de Sillapaca. Dentro del área de estudio aflora alrededor de los poblados de Ocuvi y Palca. Alcanza una potencia aproximada de 2000 m.

Grupo Maure (Mioceno medio a fines del Mioceno superior)

Constituido por tobas aéreas, lavas andesíticas y sedimentos lacustres (limolitas, fangolitas, calizas, areniscas, conglomerados, lutitas negras). Sus afloramientos se extienden desde el norte del poblado de Ichuña hacia el sur del poblado de Mazo Cruz. Alcanza una potencia aproximada de 1000 m.

Grupo Barroso (Plioceno al Pleistoceno inferior)

Conformado por derrames andesíticos, piroclásticos y brechas volcánicas. Dentro del área de estudio aflora principalmente alrededor de los poblados de llave, Huaitire y Mazo Cruz. Tiene una potencia aproximada de 2200 m.

Formación Azángaro (Plioceno al Pleistoceno)

Representado por limos, areniscas calcáreas y areniscas cuarzosas con estratificación cruzada. Su localidad tipo se ubica entre el cerro Alarcón y la laguna Luncha (Juliaca). Alcanza una potencia aproximada de 100 m.

Volcánicos Ubinas (Pleistoceno superior al Holoceno)

Constituida por flujos lávicos andesíticos negros, bancos irregulares de lapillis y cenizas. Aflora al norte del poblado de Ubinas. Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llano Amazónico

3.6.4.2. Paleozoico

El Paleozoico es ampliamente conocido en toda la Cordillera Oriental del Perú por su litología aparentemente similar. En el sureste del Perú sus afloramientos cubren la totalidad de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio, constituye una de las rocas más antiguas del área de edad Ordoviciano (Paleozoico inferior) cartografiados como Grupo San José.

Grupo San José (Ordovícico)

Secuencia sedimentaria compuesta de pizarras con algo de cuarcitas que se encuentra extensamente distribuida en los ríos Quitari e Inambari, sector NO y SE de la región. El Grupo San José está integrado por las formaciones Iparo y Purumpata, litológicamente compuesto por sedimentos de facies pizarrosas, pelíticas y metalutitas, sobreyacen a ellas las formaciones Sandía y Ananea de secuencias flichoides y pizarras que en su conjunto están plegados y fallados.

Formación Sandía (Ordovícico superior)

Secuencia de pizarras y cuarcitas que aflora entre Cuyo Cuyo y las inmediaciones de Sandía y que se extiende ampliamente hacia el NE del

cuadrángulo de Sandia. La litología en general consta de una alternancia monótona de pizarras y cuarcitas de diferentes espesores. Se podría correlacionar con la Formación Calapuja del cuadrángulo de Juliaca.

Formación Ananea (Siluro-Devoniano)

Secuencia gruesa de lutitas negras afectadas con esquistosidad de flujo, finamente estratificadas que afloran en la localidad de Ananea, en el valle, así como en la Cordillera Oriental descansando en aparente concordancia sobre la Formación Sandia. Esta formación se encuentra ampliamente distribuida en el cuadrángulo de la Rinconada. El espesor de la Formación puede sobrepasar los 800 m a la altura de Queluma. Esta Formación al parecer es carente de fósiles por lo que la edad de acuerdo a la posición estratigráfica y considerando que la Formación Sandia es de edad Caradociano, estas pizarras esquistosas cuarzosas podrían ser Siluro-Devoniano.

Grupo Ambo (Missisipiana)

El Grupo Ambo ha sido reconocido en el cuadrángulo de Puno y tiene su mejor desarrollo en el cuadrángulo de Juliaca. En el cuadrángulo de Ocuvi, se tiene una secuencia intercalada de areniscas y limolitas lajosas y es asignada en base a su litología al Grupo Ambo. Se halla expuesta una potencia de aproximadamente 1000 m. Dentro del cuadrángulo de Juliaca la potencia varía entre 120 y 200 m.

Grupo Mitú (Permico)

En el cuadrángulo de Juliaca, se evidencia una sucesión de capas rojas que le sobreyace forman secuencias litológicas no unificables. El nombre de Grupo Mitu ha sido restringido a la secuencia sedimentaria, habiéndose retenido su nombre por razones históricas, mientras que el nombre de Grupo Iscay se adoptó para la secuencia volcánico-volcanoclástica. El contacto con el Grupo Ambo es una discordancia de bajo ángulo, estando suprayacido con el Grupo Iscay y en partes discordantemente por la Formación Angostura de edad Cretácea. Su potencia varía de 300 a cerca

de 450 metros.

Grupo Iscay (Permo-Triásico)

El grupo deriva su nombre del cerro Iscay Pucará, cuadrángulo de Juliaca. Este grupo puede ser dividido en dos litologías principales: una secuencia inferior de flujos de lava que producen un tono pálido y una unidad superior tobácea que ocasiona tonos más pálidos. La parte basal de la secuencia está expuesta en la hacienda Chañocachua donde brechas y tufitas descansan sobre areniscas del Grupo Mitu.

3.6.4.3. Mesozoico

Los afloramientos del Mesozoico corresponden al Grupo Oriente de edad Cretáceo, constituido por secuencias clásticas, arena limosas, arcillitas y en menor proporción calizas, tomando coloraciones que van desde blanquecino, gris verdoso y rojizo. Se trata de rocas de ambiente transicional, variando desde fluviales hasta deltáicas. Afloran extensamente en los cuadrángulos de Quincemil y Masuco. Las formaciones se extienden a lo largo de una faja de rumbo NO-SE, conformando la Faja Subandina.

Formación Agua Caliente (Albiano - Cenomaniano)

Se trata de areniscas cuarzosas bien seleccionadas de grano fino a medio, blancas a amarillentas, en capas medianas a gruesas, tomando aspecto de cuarcitas. Aflora en el río Inambari conformando los núcleos de anticlinales como el que se observa en el puente Inambari, donde alcanza un espesor de 80 a 100 m. No se ha encontrado fósiles, sin embargo por la posición estratigráfica y los estudios regionales realizados por las compañías petroleras, se conoce que el Grupo Oriente corresponde al Cretáceo siendo sus unidades inferiores de edad Aptiano-Albiano; la Formación Agua Caliente que es la unidad superior de este grupo debe corresponderle una edad Albiano-Cenomaniano.

Formación Chonta (Cretáceo superior)

Secuencia arcillo limosa, constituida por lutitas gris verdosas, limolitas rojo marrón, margas gris rojizas, calizas grises, areniscas cuarzosas. Sus afloramientos pueden ser observados a lo largo del río Inambari. El espesor es muy variado, no obstante en la quebrada Espirene y el río Nusiniscato, tributario del río Marcapata, alcanzó los 713.70 m, de espesor para la Formación Chonta. Se le correlaciona con los afloramientos similares que se encuentran a lo largo de la Faja Subandina del Perú central (cuenca Ucayali) y norte (cuenca Marañón).

Formación Vivian (Cretáceo superior)

Secuencia de areniscas blancas cuarzosas sacaroides de grano fino a grueso, las que en parte muestran coloraciones amarillentas por oxidación de los minerales ferromagnesianos. Sus afloramientos conforman una faja continua de rumbo NO-SE a lo largo de la Faja Subandina, alcanzando espesores que pueden variar de 150 a 237 m. Estratigráficamente sobreyace a la Formación Chonta e infrayace a las capas rojas del Grupo Huayabamba, en ambos casos en contacto concordante. Esta formación es asignada al Cretáceo superior y aunque carece de fósiles, su posición estratigráfica y los numerosos estudios realizados por compañías petroleras, permiten confirmar su edad como Cretáceo superior probablemente Cenoniano.

3.6.4.4. Cenozoico

Formación Quenamari (Mioceno superior - Pleistoceno)

Inimbritas que afloran en la meseta de Quenamari, al NO de Macusani. Valencia y Arrollo (1985) la designan con el rango de formación. La unidad se caracteriza por su naturaleza félsica y su carácter peraluminoso.

3.6.4.5. Cuaternario

Representado por depósitos fluvio-glaciares, morrénicos, fluvioaluviales y coluviales.

Depósitos Morrénicos

Estos depósitos se encuentran relleno de valles glaciares antiguos, por encima de los 4200 m, son generalmente morrenas que están constituidas por brechas de composición variada.

Depósitos Glaciofluviales

Estos depósitos provienen de la erosión y removilización de los depósitos morrénicos debido a la deglaciación.

Depósitos Aluviales

Son aquellos depósitos que se acumulan en los flancos de los valles y quebradas tributarias, también se encuentran formando superficies subhorizontales.

Depósitos Fluviales

Estos depósitos se encuentran ubicados en los fondos y riberas de los ríos.

3.6.5. Rocas intrusivas

La región Puno presenta afloramientos de rocas plutónicas e hipabisales. Las rocas plutónicas se componen de grandes cuerpos intrusivos o batolitos, presentes al norte de esta región e intrusivos menores, de naturaleza ácida a intermedia, distribuidos a lo largo de toda la región. También, de rocas hipabisales o subvolcánicas, distribuidas en la parte central de Puno, conforman pequeños cuerpos de tipo stock, diques y sills con una naturaleza predominante ácida.

Batolito de Coasa

De edad Pérmico-Triásico, aflora en la parte central de las provincias de Carabaya y Sandía. Se compone por rocas de composición ácida a intermedia, con facies de granito a sienita. Dataciones radiométricas indican un rango de 180 a 216 Ma, indican que el plutón de Coasa sería del Triásico superior.

Batolito de san gabán

Aflora en la provincia de Carabaya al oeste de Ayapata. Se trata de un cuerpo batolítico con una dirección NE-SO. Se compone principalmente de rocas graníticas y monzograníticas con textura granular gruesa, con mega cristales de ortosa, tiene una edad Pérmico-Triásico.

INTRUSIVOS MENORES

Conjunto de pequeñas estructuras intrusivas (stock, diques y sills) que se distribuyen mayormente en la parte central de Puno, conformando las distintas cordilleras. Presentan composición ácida a intermedia (granito a diorita). La edad de emplazamiento va desde el Cretáceo al Paleógeno.

Intrusivo Cerro Kcinota

Stock tonalítico de edad Triásica, se encuentra en contacto con areniscas y lutitas de la Formación Chagrapi.

Intrusivo San Judas Tadeo

Stock monzogranito que alcanza un área aproximada de 40 Km², se ubica a 9 Km de la ciudad de Cabanillas, constituye los cerros Crusanu, Camallata, entre otros.

Intrusivo Sienita Macusani

Stock de edad Jurásico inferior, aflora a lo largo del río San Gabán entre Macusani y Ollaechea, al sur del plutón de San Gabán, parte central de la provincia de Carabaya. Conformar parte de la Cordillera Oriental.

Intrusivo Versalles

Stock granodiorítico, se ubica a 4 Km al oeste de la ciudad de Lampa, intruye a las rocas de la Formación Lampa y del Grupo Mitú

3.6.6. Geodinámica interna

La Costa sur del Perú y norte de Chile, está relacionada a la zona de subducción de las placas tectónicas, donde ocurren sismos de gran

magnitud, de orden de 8^o o más en la escala de Richter, habiendo sido afectada por los últimos sismos.

Estos eventos han causado severos daños por efecto de las vibraciones sísmicas e inundaciones por tsunamis, en las costas bajas, como es el caso del terremoto ocurrido en 1868, que destruyó la franja costera y parte de la sierra de los departamentos de Arequipa, Moquegua, y parte de sierra, los posteriores eventos sísmicos también ocasionaron grandes daños o pérdidas, estos sucesos pueden repetirse. De acuerdo al mapa de regionalización sísmo tectónica y de zonificación sísmica del Perú, el área suroccidental del Perú, se ubica principalmente en una zona de baja media sismicidad como indica en el mapa de zonificación sísmica.

3.6.6.1. Geodinámica externa

Durante la fase de reconocimiento en campo del área de trazo y sus alrededores, no se han apreciado riesgos geológicos por procesos de geodinámica externa que pudieran afectar la vulnerabilidad de la obra

En general, en el área de estudio los fenómenos geodinámicos son mínimos y de escasa envergadura, debido básicamente a que en periodos de lluvias se producen desplazamientos de masas de agua originadas por precipitaciones pluviales, los mismos que afectan el tránsito y peatones, empozándose en dicha vía en lugares donde la pendiente es baja y desplazándose por la vía debido a falta de drenajes y mejoramiento de la vía.

3.6.6.2. Erosión laminar

El agua de escorrentía en períodos de lluvia, normalmente, discurre por la superficie en las partes planas o por la vía, buscando lugar apropiado para su desplazamiento, actualmente dicha vía no tiene un drenaje apropiada para aguas pluviales, produciendo una erosión de la plataforma de rodadura y al mismo tiempo origina una sobresaturación de los

materiales de la plataforma de la vía.

El camino vecinal existente, actualmente está afectado por este fenómeno.

Causas de su Ocurrencia

El problema se origina por la falta de mantenimiento rutinario, esto implica el deterioro de las estructuras de drenaje. El deterioro progresivo de la plataforma de rodadura a causa de este fenómeno ocasiona la formación de grandes surcos, baches, ahuellamientos y quedades de diverso diámetro, ocupadas generalmente por acumulaciones de agua, que hacen muy dificultoso el tránsito y peatones.

3.6.6.3. Huaycos

Se denomina así al desplazamiento de materiales saturados de agua, cuesta abajo, por la acción conjunta de la gravedad y la saturación del material. Los huaycos se producen principalmente después de lluvias torrenciales.

La carretera del proyecto cruza cursos de agua con posibilidad de arrastre de moderadas cantidades de sólidos en la que puede poner en riesgo la transitabilidad de la carretera.

Causas de su Ocurrencia

Las causas de la ocurrencia son las siguientes:

Modificaciones severas de las pendientes naturales, en presencia de zonas debilitadas

Medidas de Corrección

Como respuesta a los problemas localizados, se recomienda construir badenes y pontones en los lugares más críticos, así como también de alcantarillas para pequeños cursos de aguas.

3.6.6.4. Deslizamientos

Son fenómenos producidos por la ruptura y desprendimiento de masas de suelo que parcialmente pueden arrastrar fragmentos rocosos, en forma lenta. Se desarrollan sobre una superficie de deslizamiento.

En la zona de estudio no se ha apreciado riesgos de ocurrencia de fenómenos de deslizamiento. La carretera discurre por una zona pampa y al pie de laderas con pendientes muy bajas.

3.7. Erosión fluvial

La erosión fluvial en épocas de lluvia debido al aumento del caudal, erosionan las paredes de los causes, que son acompañados por la composición del suelo y que generalmente están conformados de material suelto que se encuentran saturados de agua y que son muy deleznable, es decir fácilmente erosionable.

Dicha erosión por el socavamiento de los flancos del valle debilita a la parte de resistencia del talud de las laderas favoreciendo de esta forma los deslizamientos por soliflucción.

Causas del deslizamiento

Se producen por 4 causas principales:

- Recarga de aguas subterráneas, proveniente de la precipitación pluvial, de partes altas como de nevadas. Los suelos y sus componentes detrítico-arcillosos que se saturan de agua, dando origen a la filtración de aguas manantiales que afloran en los cambios de pendientes del terreno, la mayoría de ellos son temporales y se presentan en las épocas de lluvias.
- Composición del terreno es inestable cuando la base se encuentra con material detrítico o aluvial, al ser saturado de agua se expanden los materiales del techo por el aumento de volumen.
- Pendiente del terreno, es muy común en las laderas por el material suelto y poca consolidación de sus componentes, al ser saturado de

- agua por efecto de la gravedad produce los hundimientos y luego los derrumbes o deslizamientos como en gran parte de la zona de estudio
- Comportamiento de las unidades litológicas, las rocas volcánicas, metamórficas son expuestas a la intemperie, sin cobertura son propensas a ser atacadas por los agentes del intemperismo y erosión, principalmente por la filtración de agua de lluvia, calor, etc. y es cuando produce el desprendimiento de los estratos de la roca, luego el desmoronamiento, por otro lado cuando la estratificación de las rocas se encuentran en favor de la pendiente.

Tabla N°47 taludes de corte

TALUDES DE CORTE	
Clases de terreno	Talud (V-H)
Roca Fija	10:1
Roca Suelta	6:1 – 4:1
Conglomerados Cementados	4:1
Suelos Consolidados Compactos	4:1
Conglomerados Comunes	3:1
Tierra Compacta	2:1
Tierra Suelta	1:1
Arena Seltas	1:2
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1:2 – 1:3

TALUDES DE CORTE	
Clases de terreno	Talud (V-H)

Tierra Compacta aluvial (gravoso)	1:1
Tierra Suelta suelos saturados	1:2

3.8. Estudio de la plataforma existente

El siguiente estudio geotécnico se realiza en el mes de octubre en el cual la actual carretera se encuentra en de regular a malas condiciones nivel de superficie de rodadura Las evaluaciones superficiales de campo nos indican que en el tramo tiene varias fallas como baches,encalaminamiento,etc observando visualmente la capa de rodadura existente, en este caso a lo largo del tramo del km.0+500 al km. 8+040 en el cual falta el sistema de drenaje le falta mantenimiento al igual que la capa de rodadura.

Se ha observado en el estudio de campo la existencia de fallas donde la plataforma de la vía en el tramo mencionado de los km. 0+500 al km. 8+040 presenta problemas de deterioros severos, baches y huecos profundos con aniegos de aguas superficiales y hundimientos, siendo la causa principal la carencia de un buen sistema de drenaje.

Es importante resaltar que en el tramo de estudio se han podido detectar por los deterioros severos observados superficialmente y en la época más desfavorable, la de lluvias, neblinas donde en esta zona son constantes las precipitaciones fluviales.

3.8.1. Evaluación geotécnica del proyecto

En la Zona de estudios no se ha apreciado riesgo geotecnico alguno que pudiera afectar la estructura de la. Lla superficie de la zona en proyecto se caracteriza por presenta topografía semi accidentada con pendiente de 2% a 10% aproximadamente en el área del trazo, el tramo carretero se

desplaza zona pampa, al pie de laderas etc.

Los procesos geomorfológicos de este sector son causados principalmente por erosión de escorrentía superficial debido a la precipitación Pluvial. Actualmente la vía carretera Macaya – Piripirini – San Jose se encuentra en estado de abandono. Kilómetro 00+ 000 al 02+200 en donde la subrasante se encuentra en regular estado de conservación, la superficie de rodadura presenta un estado deformado, en donde no existe mejoramiento de afirmado.

Tabla N°48 estado actual de la zona de estudio

ESTADO ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO			
N°	PROGRESIVA		DESCRIPCIÓN
	Km.	Km.	
1	0+000	1+000	zona de material cuaternario (cubierto de arbustos)
2	1+000	2+000	plataforma con ahuellamiento,baches
3	2+000	4+000	zona de material cuaternario (cubierto de arbustos)
4	4+000	6+000	zona de material cuaternario (cubierto de arbustos)
5	6+000	8+040	zona de material cuaternario (cubierto de arbustos)

3.8.2. Ensayos a las muestras de suelos

Las muestras alteradas e inalteradas extraídas en la exploración de campo, fueron procesadas en el Laboratorio de Mecánica de suelos y geotecnia “Silex” cumpliendo con las normas ASTM y MTC.

Tabla N°49 clasificación (AASHTO)

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo:	A-1-a	A-1-b									
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Límite líquido	-	-	-	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Índice de plasticidad	6 máx	-	NP (1)	-	-	-	-	-	-	-	-
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena			Arena fina				Grava y arena arcillosa o limosa		Suelos limosos	Suelos arcillosos
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

(1): No plástico
 (2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30
 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Tabla N°50 clasificación SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo		NOMBRES TÍPICOS		IDENTIFICACION DE LABORATORIO	
SUELOS GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%-->GW,GP,SW,SP. >12%-->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%-->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ xD ₆₀ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.			
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ xD ₆₀ entre 1 y 3
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
SUELOS GRANO FINO	Limos y arcillas:	Limos y arcillas:	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Los límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas:	Limos y arcillas:	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.			
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

Ensayos de laboratorio realizado

- El programa de ensayos comprendió en lo siguiente:
- Determinación del contenido de humedad MTC E 108 (ASTM-D-2216)
- Análisis Granulométrico por tamizado MTC E 107 (ASTM-D-422)
- Determinación del límite Líquido MTC E 110 (ASTM-D-423)
- Determinación del límite Plástico MTC E 111 (ASTM-D-424)
- Determinación Humedad-Densidad(P. Modificado)MTC E 115 (ASTM D-1557)
- (CBR) MTC E 132 (ASTM-D-1883)
- Clasificación de SUCS ASTM-D-2487
- Clasificación AASHTO ASTM D-3282

3.8.3. Características de la subrasante y superficie de rodadura

Subrasante:

La subrasante, denominado también terreno de fundación tiene características diferentes para cada sección en el tramo evaluado, los suelos componentes son de regular resistencia existiendo zonas de afloramientos de rocas volcánicas.

Según el Perfil Estratigráfico, los suelos de Subrasante se componen de la siguiente manera:

Gavas limosas "GM"	= 30.0%
Arenas arcillosas: "SC"	= 25. 0%
Arenas limosas arcillosas"SM-SC"	= 25 .0%
Arenas limosas"SM"	= 20. 0%
Total:	100%

Los suelos explorados en la zona de estudio "(GM)" (SM)" "(SC)", " (SM-SC)" son suelos que tienen de bueno a regular capacidad de soporte capacidad de soporte

IV. DISCUSIÓN

Hipótesis general: Hi

Efectuar el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

Hipótesis específicas: Ha

HE1: Se desarrollara el estudio de Topografía y Diseño Geométrico de vía, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

HE2: Se desarrollara, el estudio Hidrológico, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

HE3: se desarrollara los estudios de Geología y Geotecnia, para el Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal Challhuamayo Antaymarca provincia de Carabaya Región Puno.

Tomando como base de partida los puntos GPS, se han establecido poligonales de apoyo que abarcan el área de la carretera. Los puntos de las poligonales fueron ubicados en lugares con buena visibilidad, así como lugares en donde se presentan detalles con descripciones de puntos específicos: Alcantarillas, cunetas u otros referencias topográficos visibles y de fácil ubicación.

- Las precipitaciones en el área de estudio, se presentan principalmente entre los meses de noviembre a marzo, la Estación meteorológica San Gabán presenta precipitaciones promedio de 6280 mm.
- Las temperaturas mayores se presentan en los meses de setiembre a abril, la

estación San Gabán registra temperatura promedio de 21.8°C.

- Se realizaron los análisis de frecuencia, para las precipitaciones máximas en 24 hr. A las distribuciones Log normal, Log normal 3, Log Pearson tipo III, y Gumbel.
- Se realizó la verificación estadística de cada una de las distribuciones, mediante el método del Chi cuadrado, con el fin de conocer cuál de ellas posee el mejor ajuste para interpolar los caudales máximos de diseño para diferentes periodos de retorno, de las cuales se eligió la distribución Log Pearson tipo III como la más adecuada.

La construcción de Estructuras para la evacuación de aguas pluviales como aguas fluviales son necesarios en la ejecución del proyecto esto debido a que el proyecto se encuentra en una zona de selva baja tropical donde la presencia de las aguas son casi siempre constantes durante todo el año.

V. CONCLUSIONES

- 1.- Se ha diseñado el mejoramiento y rehabilitación de la carretera con una longitud desde el Km. 00+000 al 08+050, con un ancho de vía de 3.50m, ancho de berma 0.50m, ancho de cuneta de 0.75m, bombeo 3%, para el tránsito o vehicular El nuevo eje de la vía de acuerdo al estudio de diseño geométrico en planta y perfil modifica el alineamiento de las alcantarillas por lo cual hace necesario su reemplazo.

- 2.- Se ha identificado como área de estudio, a las microcuencas adyacente al tramo del proyecto, ubicada en la parte norte de la región Puno, se han identificado 50 microcuencas como áreas drenantes. Finalmente se calculan los caudales máximos instantáneos para diversos periodos de retorno (35, 71 143 y 500 años), mediante el método racional, obteniéndose caudales máximos instantáneas en cada microcuenca y subcuencas identificadas. Se han ejecutado estructuras para la evacuación de aguas pluviales y fluviales como son Alcantarillas tipo TMC de 36, 48 y 72", badenes, pontones solo Estribos.

- 3.- De acuerdo a los estudios de suelos efectuados, se ha llegado a una conclusión, hacer el tratamiento de terreno en toda la vía a ejecutarse debido a la inestabilidad de la misma, con la colocación y mejoramiento de suelos con material de cantera esto para la estabilización de la misma, como son la conformación de terraplenes con una altura de 0.40m, afirmado con un espesor de 0.20m desde el km 00+000 al 02+500

Los ensayos de Laboratorio de Suelos, la clasificación visual de los suelos en campo nos permiten interpretar y describir las características físico-mecánicas de los suelos identificando los estratos hallados con su respectivo espesor y plasmar un Perfil Estratigráfico de la actual carretera (Superficie de Rodadura existente-subrasante), en el que se muestra la ubicación y variación tanto horizontal como vertical de cada uno de los estratos encontrados, traslapando

cada 500 mts, con los suelos clasificados según AASHTO y SUCS y además realizar un análisis de la Capacidad de Soporte de los suelos de subrasante.

VI. RECOMENDACIONES

Dentro de su rol normativo y fiscalizador, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, tiene como función formular las normas sobre el uso y desarrollo de la infraestructura de carreteras y ferrocarriles, así como emitir los manuales de diseño y especificaciones técnicas para la ejecución de los proyectos viales.

En este contexto, el MTC ha elaborado el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, teniendo en consideración que estas carreteras son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto el mayor porcentaje de la vialidad se encuentra en esta categoría.

Esta norma es de aplicación obligatoria por las autoridades competentes en todo el territorio nacional para los proyectos de vialidad de uso público, según corresponda. Por razones de seguridad vial, todos los proyectos viales de carácter privado deberán ceñirse como mínimo a esta norma.

Complementariamente el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014) del MTC rige en todo aquello, aplicable, que no es considerado en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

En resumen, el total de estructuras de drenaje y complementarias deben ser reemplazadas ya sea por problemas estructurales o hidráulicos.

Por lo expuesto es necesario el reemplazo de las estructuras de drenaje y complementarias por nuevas, con dimensiones adecuadas para permitir el tránsito de las máximas avenidas y su diseño estructural de acuerdo a las normas vigentes.

- Se recomienda utilizar, con fines de diseño de alcantarillas el caudal de diseño de 35 años, puentes y pontones un caudal de diseño de 143 años.
- Los suelos de subrasante se ha evaluado mediante el ensayo de Valor Relativo de Soporte, existiendo valores de CBR muy bajos, por ello se ha visto por conveniente el Mejoramiento de la subrasante de suelos desfavorables en estos sectores, mediante el reemplazo con material relleno y roca.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Chirinos, A., & Neyra,C,S,P,. (2016). Mejoramiento a Nivel de Afirmado de la Trocha Carrozable del Tramo Recuaycito-Carretera Lucma-Distrito de Lucma, Provincia de Gran Chimú-La Libertad. Obtenido de repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/20611.

HALLASI, (2019). Ángel. Mejoramiento de las trochas carrozables en la comunidad de retiro del carmen distrito de yanatile – provincia de calca – cusco. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Cusco: UNSAAC, Facultad de arquitectura e ingeniería civil.

Mozombite, T. (2018). Mejoramiento del Camino Vecinal (Desde el centro Poblado San José hasta el Caserío San Juan), A.H Ampliación San José II Etapa, Distrito de Yarinacocha-Coronel Portillo-Ucayali. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1405>

RODRIGUEZ, Jose. (2015). Estudio y diseño del sistema vial de la "Comuna San Vicente de Cucupuro" de la parroquia rural del Quinche del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Quito, Ecuador: UIDE, Escuela de ingeniería civil.

Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador. (2013). Volumen N° 2-Libro A, Norma para Estudios y Diseños Viales. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/.../01-12-2013_Manual_NEV112_VOLUMEN_2A.p.

Gobierno Regional de Cajamarca. (2013). Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis, Tramo San Ignacio – Puente Integración. Cajamarca.

Municipalidad Provincial de San Ignacio. (2015). Construcción de trocha carrozable caserío Nuevo Porvenir - Sector Santa Fe, distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio – Cajamarca. San Ignacio.

VIII. ANEXOS

IX. ANEXO: PANEL FOTOGRAFICO

X. ANEXO: PLANOS

