

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EVALUACION GEOLOGICA Y GEOTECNICA DE LA CARRETERA LLACHE – CALA
CALA - PROGRESIVAS 00+00 AL 17+640 – PEDRO VILCAPAZA – SAN ANTONIO DE
PUTINA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. Abel MARON CALLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**“EVALUACION GEOLOGICA Y GEOTECNICA DE LA CARRETERA LLACHE – CALA
CALA - PROGRESIVAS 00+00 AL 17+640 – PEDRO VILCAPAZA – SAN ANTONIO DE
PUTINA”**

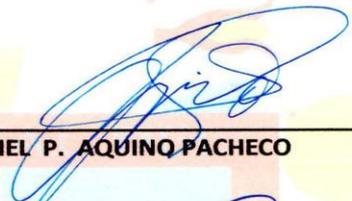
TESIS

PRESENTADA A LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA, PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE:

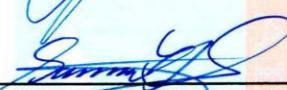
INGENIERO GEÓLOGO

APROBADA POR:

PRESIDENTE DE JURADO:


Ing. M.Sc. ARIEL P. AQUINO PACHECO

PRIMER MIEMBRO


: Ing. M.Sc. E. SAMUEL MACHACA HANCCO

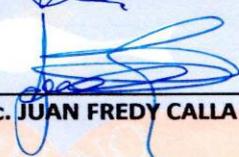
SEGUNDO MIEMBRO


: Ing. MAURICIO PERALTA MOLINA

DIRECTOR DE TESIS


: Ing. M.Sc. HÉCTOR PAUL MACHACA CONDORI

ASESOR DE TESIS


: Ing. M.Sc. JUAN FREDY CALLA FERNÁNDEZ

PUNO – PERU

2015

ii

**AREA: Planificación y estrategias del desarrollo regional
TEMA: Estudio geotécnicos y geodinámicas**

DEDICATORIA

Con todo el cariño, agradecimiento eterno y admiración, a mi querida madre Agripina Callo, por el abnegado sacrificio para cumplir con su deber sublime de educar a sus hijos. Y por sobre todas las cosas a Dios fuente infinita del conocimiento.

A mi querida esposa, y a mis hijos:
Jamil, Miley y Julissa, Fuente eterna
de mis alegrías y preocupaciones.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a dios por lo momentos difíciles, momentos buenos, por los errores que he cometido, por todo lo que me ha dado, por los que está por venir y por estar siempre a mi lado en mi carrera universitaria.

Agradezco también con inmensa gratitud a mis jurados, mi asesor Ing. Fredy calla Fernández y al Ing. Raúl Machaca Condori, por su valioso orientación, aporte y sugerencias en la elaboración del presente estudio.

La culminación de este trabajo me congratula enormemente, ya que significa el inicio de una nueva etapa en la que continua mi formación personal.

INDICE

RESUMEN

CAPITULO I

GENERALIDADES

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Introducción | 01 |
| 1.1 | antecedentes | 03 |
| 1.2 | Estudios Existentes | 04 |
| 1.3 | Formulación y Planteamiento del Problema | 05 |
| 1.3.1 | Pregunta General | 06 |
| 1.3.2 | Preguntas Especificas | 06 |
| 1.4 | Justificación | 06 |
| 1.4.1 | Justificación Teórica | 06 |
| 1.4.2 | Justificación Practica | 07 |
| 1.4.3 | Justificación Metodológica | 08 |
| 1.4.4 | Limitaciones del Estudio | 08 |
| 1.5 | Hipótesis | 09 |
| 1.5.1 | Hipótesis General | 09 |
| 1.5.2 | Hipótesis Especifica | 09 |
| 1.6 | Objetivo | 09 |
| 1.6.1 | Objetivo General | 09 |
| 1.6.2 | Objetivo Especifico | 09 |
| 1.7 | Metodología del Estudio | 10 |
| 1.7.1 | Recopilación de Información | 10 |
| 1.7.2 | Recolección de Datos del Campo | 11 |
| 1.7.3 | Elaboración del Informe Final | 11 |
| 1.7.4 | Equipos Utilizados | 11 |
| 1.8 | Recopilación y Análisis de Antecedentes | 11 |
| 1.9 | Evaluación geológica del Área de estudio que influye en la Construcción de la carretera | 12 |

CAPITULO II

| | | |
|-------|----------------------------|----|
| 2. | MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL | 14 |
| 2.1 | Geología Regional | 14 |
| 2.1.1 | Cordillera Oriental | 14 |
| 2.1.2 | Cuenca del Titicaca | 14 |



| | | |
|--------|---|----|
| 2.2 | Geología Estructural | 15 |
| 2.2.1 | Fallas | 16 |
| 2.2.2 | Pliegues | 16 |
| 2.2.3 | Fracturas | 16 |
| 2.3 | Hidrogeología y Drenaje | 16 |
| 2.3.1 | Evaluaciones del Campo | 17 |
| a | Drenaje longitudinal | 17 |
| b | Drenaje Transversal | 18 |
| 2.4 | Estudio Hidrológico | 18 |
| 2.5 | Análisis de Lluvia | 19 |
| 2.5.1 | Precipitación total mensual y anual | 19 |
| 2.5.2 | Análisis de Precipitación máxima en 24 horas | 19 |
| 2.5.3 | Intensidad de lluvias | 19 |
| 2.6 | Información Obtenida a diferentes fuentes | 20 |
| 2.7 | Análisis y Comentarios de la información básica existente | 21 |
| 2.7.1 | Análisis Geotécnica de Mantenimiento de Carreteras | 21 |
| | Fase A: Construcción | 22 |
| | Fase B: Deterioro lento y poco visible | 22 |
| | Fase C: Deterioro Acelerado | 23 |
| | Fase D: Descomposición total | 24 |
| 2.7.2 | Ciclo Geotécnico de vida deseable de una vía | 24 |
| 2.8 | Descripción del Plan Vial Provincial básica exist | 25 |
| 2.9 | Estudio Geotécnico para Carreteras | 26 |
| 2.9.1 | Reconocimiento Geotécnica | 27 |
| 2.9.2 | Programa de Prospección Geotécnica | 28 |
| 2.10 | Estudio de Trafico | 28 |
| 2.10.1 | Accesibilidad | 29 |
| 2.11 | Estudio de Mecánica de Suelos para Carreteras | 29 |
| 2.11.1 | Ensayos de laboratorio para Carreteras | 30 |
| a) | Contenido de Humedad | 30 |
| b) | Análisis Granulométrico Tamizado | 31 |
| b.1) | Instrumentos y equipos | 31 |
| b.2) | Características de la Muestra | 31 |
| 2.12 | Limites de ATTERBERG o de Consistencia | 31 |
| 2.12.1 | Limite Liquido | 32 |
| 2.12.2 | Limite Plástico | 32 |
| 2.12.3 | Índice de Plasticidad | 32 |
| 2.13 | Clasificación de Suelos | 32 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.13.1 | Sistema de Clasificación Unificada S.U.C.S. | 33 |
| a) | Suelos de Grano grueso | 33 |
| b) | Suelos Finos | 33 |
| c) | Proctor | 36 |
| d) | Proctor Modificado | 37 |
| 2.14 | Relación de soporte de California CBR | 39 |
| 2.14.1 | Ensayos de CBR | 39 |
| 2.14.2 | Ensayos de CBR | 40 |
| 2.15 | Control de Densidad de Campo – Método Cono de Arena | 41 |
| 2.16 | Estudio de Canteras | 42 |
| 2.16.1 | Características Geotécnicas de las Canteras | 43 |
| 2.17 | Explotación de Canteras Muestreadas | 45 |
| 2.17.1 | Explotación de Materiales de Cantera | 45 |
| a) | Clases de Cantera | 45 |
| b) | Materiales de cantera y sus usos mas frecuentes | 46 |
| 2.18 | Muestreo de Canteras | 47 |
| 2.19 | Terminología Utilizada | 47 |

CAPITULO III

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3. | CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO | 51 |
| 3.1 | Ubicación | 51 |
| 3.1.1 | Ubicación Geográfica | 51 |
| 3.1.2 | Acceso | 51 |
| 3.1.3 | Hidrología | 52 |
| a) | Análisis de Elementos Meteorológicos | 52 |
| 3.2 | Unidades Geomorfológicas | 54 |
| 3.2.1 | Colinas | 55 |
| 3.2.2 | Quebradas | 55 |
| 3.2.3 | Zonas de Pampas | 55 |
| 3.3 | Geología Local | 55 |
| 3.3.1 | Formación Huancané | 56 |
| 3.3.2 | Formación Muñani | 56 |
| 3.3.3 | Formación Ayabacas | 56 |
| 3.3.4 | Formación Azángaro | 56 |
| 3.4 | Geodinámica del Área de Estudio | 58 |
| 3.4.1 | Geodinámica Interna | 59 |
| 3.4.2 | Geodinámica Externa | 59 |
| 3.5 | Identificación de carreteras de la Provincia | 60 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.6 | Parámetros geotécnicos de material de cantera | 61 |
| 3.6.1 | Para Afirmado | 61 |
| 3.6.2 | Sub base granular | 63 |
| 3.6.3 | Base Granular | 64 |
| 3.7 | Calidad de Agregados | 66 |
| 3.8 | Dimensionamiento de Obras de Arte | 68 |
| 3.9 | Estructuras de drenaje Propuesta | 68 |
| 3.9.1 | Cunetas | 68 |
| 3.9.2 | Alcantarillas | 69 |

CAPITULO IV

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4. | EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS | 70 |
| 4.1 | Evaluación del Plan Vial Provincial | 70 |
| 4.2 | Información de los resultados del inventario vial | 71 |
| 4.3 | Evaluación Geotécnica de Carreteras | 73 |
| 4.3.1 | Calicatas | 71 |
| 4.4 | Descripción Geotécnica | 74 |
| 4.4.1 | Evaluación de Suelos de Fundación | 74 |
| 4.4.2 | Comportamiento Geotécnico del Terreno de Fundación | 77 |
| 4.4.3 | Determinación de Tramos de mejoramiento | 78 |
| 4.5 | Comportamiento del Suelo a Temperaturas Bajas | 79 |
| 4.6 | Análisis del suelo en el tramo de estudio | 79 |
| 4.6.1 | Aspectos Climáticos Locales | 79 |
| 4.6.1 | Aspectos hidrogeológicos locales | 80 |
| 4.6.1 | Aspectos Geotécnicos locales | 80 |
| 4.7 | Propuestas de Solución en el Tratamiento del suelo | 80 |
| 4.8 | Análisis de ensayo de laboratorio de las canteras | 81 |
| 4.8.1 | Ubicación de Canteras | 81 |
| 4.8.2 | Suelos | 81 |
| 4.8.3 | Procedimiento de la evaluación Insitu | 82 |
| 4.8.4 | Descripción Geotécnica de canteras | 82 |
| 4.8.5 | Resultado de Suelos | 82 |
| 4.8.6 | Ensayos de Soporte | 83 |
| a) | Análisis de Capacidad de Soporte (CBR) y Proctor del suelo | 84 |
| 4.8.7 | Propiedades Físicas – Mecánicas de la Cantera | 84 |
| 4.9 | Fuentes de Agua | 85 |
| 4.10 | Diseño estructural de la Carretera | 85 |
| 4.10.1 | Características Técnicas Geométricas | 86 |



| | | |
|---------|--|----|
| 4.10.2 | Condiciones Climáticas | 86 |
| 4.10.3 | Condiciones Topográficas | 86 |
| 4.11 | Diagnostico del mantenimiento geotécnico de carreteras con el GEMA | 86 |
| 4.12 | Análisis sobre la elaboración del aplicativo del GEMA | 87 |
| 4.12.1 | Índice medio diario (Ficha N° 01) | 87 |
| 4.12.2 | Precipitación fluvial (Ficha N° 02) | 87 |
| 4.12.3 | Ficha de Evaluación (Ficha N° 03) | 87 |
| 4.12.4 | Resumen General (Ficha N° 4) | 87 |
| 4.12.5 | Puntos Críticos (Ficha N° 5) | 87 |
| 4.12.6 | Formato de cargas de trabajo (Formato N° 01) | 88 |
| 4.12.7 | Resumen del Formato de Cargas (Formato N° 02) | 88 |
| 4.12.8 | Programación de Cargas de Trabajo (Formato N° 03) | 88 |
| 4.12.9 | Evaluación del Rendimiento de h.h. y h.m. (Formato N° 4) | 88 |
| 4.12.10 | Resumen de herramientas y Personal utilizado en el campo | 88 |
| 4.12.11 | Matriz de Evaluación N° 01 | 88 |
| 4.12.12 | Matriz de Evaluación N° 02 | 88 |
| | CONCLUSIONES | 89 |
| | RECOMENDACIONES | 91 |
| | BIBLIOGRAFIA | 92 |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE CUADROS

| No. | Título | Pág. |
|------------|---|-------------|
| 1.- | Tabla de clasificación para criterio de Trafico | 29 |
| 2.- | Calificación para el criterio de accesibilidad | 29 |
| 3.- | Clasificación de suelo según AASTHO | 33 |
| 4.- | Clasificación mas comunes según AASTHO y SUCS | 34 |
| 5.- | Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) | 35 |
| 6.- | Valores de carga unitaria | 40 |
| 7.- | Método de Compactación para tipos de suelo | 41 |
| 8.- | Clasificación de suelos infraestructura de pavimento | 41 |
| 9.- | Especificaciones Geotécnicas | 43 |
| 10.- | Especificaciones generales para la construcción de carreteras | 44 |
| 11.- | Ensayos de laboratorio de canteras | 44 |
| 12.- | Porcentaje de Granulometría | 44 |
| 13.- | Tipos de cantera | 45 |
| 14.- | Productos de la explotación de canteras | 46 |
| 15.- | Coordenadas de Ubicación | 51 |
| 16.- | Acceso y Distancias | 51 |
| 17.- | Promedio anual de Precipitaciones | 52 |
| 18.- | Temperatura media mensual | 53 |
| 19.- | Datos Meteorológicos de Humedad Relativa | 54 |
| 20.- | Columna estratigráfica | 58 |
| 21.- | Causas de Inundación | 59 |
| 22.- | Principales redes viales de articulación provincial | 60 |
| 23.- | Requerimiento granulométricos para afirmado | 61 |
| 24.- | Ensayos Frecuentes | 62 |
| 25.- | Requerimientos Granulométricos para sub- base granular | 63 |
| 26.- | Requerimientos de ensayo especiales | 64 |
| 27.- | Requerimientos granulométricos para sub base granular | 65 |
| 28.- | Requerimientos de agregado grueso | 66 |
| 29.- | Propiedades características para base granular | 67 |
| 30.- | Clasificación de la red vial Nacional, Departamental y Local | 71 |
| 31.- | Inventario vial de la Provincia de San Antonio de Putina | 72 |
| 32.- | Calicatas de verificación de espesor de Pavimento | 73 |
| 33.- | Ubicación de canteras y sus características físicas | 81 |
| 34.- | Ubicación de canteras y sus características | 82 |
| 35.- | Resultados de ensayo de laboratorio | 83 |
| 36.- | Selección de canteras | 83 |
| 37.- | Ensayos de Soporte | 83 |
| 38.- | Propiedades Físicos – Mecánicas de canteras | 85 |
| 39.- | Ubicación de Fuente de agua | 85 |
| 40.- | Ficha N° 01 anexo | 87 |
| 41.- | Ficha N° 02 anexo | 87 |
| 42.- | Ficha N° 03 anexo | 87 |
| 43.- | Ficha N° 04 anexo | 87 |
| 44.- | Ficha N° 05 anexo | 87 |
| 45.- | Formato N° 01 anexo | 88 |



| | | |
|------|----------------------------------|----|
| 46.- | Formato N° 02 anexo | 88 |
| 47.- | Formato N° 03 anexo | 88 |
| 48.- | Formato N° 04 anexo | 88 |
| 49.- | Matriz de evaluación N° 01 anexo | 88 |
| 50.- | Matriz de Evaluación N° 02 anexo | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| No. | Título | Pág. |
|------------|--|-------------|
| 1.- | Condiciones de vía sin mantenimiento | 22 |
| 2.- | Condición de la vía con mantenimiento | 24 |
| 3.- | Ciclo de una carretera | 25 |
| 4.- | Afloramiento de la formación Huancane. | 57 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación de la carretera Llache - Cala cala, se encuentra ubicada en el distrito de Pedro Vilca Apaza, Provincia de San Antonio de Putina, que inicia desde el km 00+000 hasta el km 17.640 km de Longitud, y se puede indicar que tiene una topografía llana y poco ondulada.

Los objetivos de la presente investigación están orientados a conocer la importancia del estudio geológico - geotécnico de las carreteras y su mantenimiento respectivo a fin de determinar la conservación de la vía respecto a su intervención a cargo del Instituto vial Provincial de San Antonio de Putina, y las entidades autónomas impulsadas por el proceso de descentralización del Ministerio de Transporte y comunicaciones a través de Provias Descentralizado.

En el presente estudio se identifican la formación litológica del tramo que está constituido por depósitos aluviales (Q-al) constituidos de gravas y arcillas inconsolidados de granos de formas sub-redondeados; Depósitos residuales constituidos de gravas, arenas y limos con fragmentos de formas angulosas, y las formaciones geológicas que se encuentran en el área de trabajo. En el área de estudio afloran rocas sedimentarias cuyas edades están comprendidas entre mesozoico hasta la edad reciente

Los suelos de fundación, en la Progresiva: 00+000 al 01+000, corresponden a suelos gravosos, identificados en la clasificación SUCS como GP, y en la clasificación AASHTO como A-1-a (0), de baja humedad y no plásticos. El terreno de fundación de este tramo de la Progresiva: 01+000 al 2+500 corresponden a los identificados como: Arenas Arcillosa, Limos con arcillas y Arenas Limosas, identificadas como CL-ML, SM y SC se acuerdo a la clasificación SUCS y A-2-6, , A-4 y A-6 según la clasificación AASHTO,

En la Progresiva: 05+500 al 17+640, los suelos de fundación de este sector corresponden a suelos granulares tales como gravas pobremente graduadas identificados según la clasificación SUCS como GP y según la clasificación AASHTO como un A-1-a. Estos suelos presentan humedad baja y son no plásticos. La resistencia de estos suelos es alta llegando a registrar según el ensayo de C.B.R. hasta 65.6% al 95% de la Máxima Densidad Seca. Tenemos

que para arcillas con un Índice de Liquidez cercano a la unidad la resistencia está variando entre 0.8 y 1.5 Kg/cm² y aquellas con Índice de Liquidez cercanos a 0 la resistencia está entre 1 y 3.2 Kg/cm².

El material de la cantera Km 14 + 380 (Material de río), corresponde a una conformación de suelos granulares, específicamente mezcla natural de grava con arena (GW), según AASHTO como A1-a (O), de color gris, con grava de forma sub-redondeada, con índice de plasticidad NP. Este material de acuerdo a sus características geotécnicas es apropiado para la elaboración de concreto. Para afirmados es conveniente su uso mezclado con materiales que contienen suelos finos plásticos.

El material de la cantera Km 15 + 400, corresponde a una conformación de suelos granulares, específicamente arena arcillosa (SC) de color marrón amarillento, según AASHTO como A-6 (3), con partículas de grava de forma sub-angulosa, con un límite líquido de 35.47 % en la parte pasante la malla N° 40, Y un IP = 12.37. Este material de acuerdo a sus características geotécnicas puede utilizarse en afirmados mezclado con materiales granulares.

Para subrasantes, los suelos más peligrosos se han determinado que son aquellos que tienen la granulometría más fina y con presencia de agua, las arcillas poco plásticas, arena limosa son susceptibles con los que se deberá tener mucho cuidado en zona de congelamiento.

En el presente trabajo se aborda también las descripciones del uso de GEMA (Gestión de Mantenimiento), y los instructivos de Provias Descentralizado para mantenimiento vial rutinario de las carreteras, para el desarrollo de las diversas comunidades dentro de los cuales los beneficiados son los pobladores rurales con caminos que conecten a los diversos centros comerciales, aldeas y/o la red de vías clasificados de acuerdo al decreto de clasificador de rutas D.S. N° 036-2011-MTC. Para promover el comercio local en la provincia de San Antonio de Putina.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1. INTRODUCCION.-

Las carreteras de nuestro país representan un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país. Las carreteras son inversiones importantes que demandan atención permanente a través de trabajos de mantenimiento que permitan contar, el mayor tiempo posible, como medio de acceso en buenas condiciones que facilite la circulación de los vehículos.

Los estudios geológicos y geotécnicos son de suma importancia para el diseño de carreteras, estos nos brindan las condiciones y restricciones que puede tener el terreno en estudio y permiten adoptar los parámetros adecuados para el diseño correcto de la vía. La red Vial de la Región integra la red vial en distintos distritos, tiene como finalidad de cerrar brechas de cobertura y calidad de los servicios, que generaría un impacto en el bienestar y mejora en la calidad de vida en los hogares rurales.

En tal sentido el propósito de este proyecto de tesis es de desarrollar la Geología y Geotecnia para carreteras, con el propósito de brindar a los interesados las pautas y criterios técnicos apropiados para diseñar eficientemente las capas superiores y la superficie de rodadura de las carreteras, dotándolas de estabilidad estructural para lograr su mejor desempeño posible en términos de eficiencia técnico – económica en beneficio de la sociedad en su conjunto. Considerando también que efectuar un estudio geológico en el diseño de una carretera es muy importante los diferentes aspectos, como por ejemplo nos indican la existencia de materiales que podemos utilizar, para su distribución y

accesibilidad, con propiedades de los suelos y características adecuadas de los materiales seleccionados en la superficie de rodadura.

El reconocimiento del terreno y la interpretación de los datos obtenidos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio para el emplazamiento de la carretera en la cual se deben de considerarse: El tipo suelo de explanación: clasificación del suelo, construcción de rellenos, excavación de desmontes, materiales de préstamo: (origen y calidad), posición nivel freático, agresividad de suelos y agua y solución a problemas locales del terreno.

Los objetivos de la presente investigación están orientados a conocer la importancia de las carreteras y su mantenimiento respectivo a fin de determinar la conservación de la vía respecto a su intervención a cargo del Instituto vial Provincial (IVP) de San Antonio de Putina, y entidades autónomas impulsadas por el proceso de descentralización del Ministerio de Transporte y comunicaciones (MTC) a través de Provias Descentralizado (PD).

En los estudios geológicos y geotécnicos que realizaron el MTC (PROVIAS), fue para identificar las propiedades del terreno como cimiento de la carretera y de sus estructuras, la naturaleza de los materiales a excavar, la incidencia sobre la estabilidad del terreno natural, las condiciones hidrológicas y de drenaje, los materiales a utilizar en las distintas capas del afirmado.

En el presente trabajo se demostrara conceptos básicos, herramientas requeridas para la aplicación del GEMA en el mantenimiento vial rutinario de carreteras, en tal sentido el presente trabajo está plasmado en el estudio geológico y geotecnico de la carretera Llache - Cala Cala de 17.640 km de longitud, que se encuentra en las comunidades de Llache, Tunila, desvio Pichacani, San Jose, Ajjatira y Cala Cala, perteneciente al distrito de Pedro Vilca Apaza, Provincia de San Antonio de Putina, Región Puno.



1.1 ANTECEDENTES.-

La carretera Llache – Cala cala de 17.640 km de longitud se ha ejecutado su rehabilitación de la capa de afirmado con un espesor inicial promedio de 0.15 m para el sector del Km 0+000 al Km 8+000 y de 0.20 m para el sector del Km 8+000 al Km 17+640 de la carretera en estudio; y también presenta un total de: 25 alcantarilla de concreto armado, 4 alcantarillas de piedra, 4 pontones de concreto armado, 7 muros de piedra, 6 badenes de piedra y 1 puente de concreto armado.

La carretera inicia del camino Nacional PE 34 H (Juliaca – Putina), denominado Llache, Tunila, Ayranpuni, Ajatira, Cala cala y Alto Huaraconi el cual empalma al camino vecinal de Azangaro - Chupa.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural - PROVIAS RURAL, en su momento convocó a los Consultores a participar en el proceso de Contratación Directa por Invitación N°005-2005-MT.PROVIAS RURAL, UNIDAD ZONAL PUNO, para la ejecución de los Estudios de “Rehabilitación del Camino Vecinal Alto Huaraconi - Ayranpuni, Tramo: Llache –Cala Cala de 17.360 Km”, resultando favorecido la empresa consultora JCL Consultores S.A., el mismo que efectuó dichos estudios.

El presente Proyecto de tesis realizada posee de carácter descriptivo y propone los manejos, denominado “Análisis Geológico y Geotécnico de la carretera Llache – Cala cala de progresiva 00+000 al 17+640 km – Pedro Vilca Apaza - San Antonio de Putina”, para establecer que el tema a desarrollarse sea relevante para los Ingenieros y gobiernos locales que representa la necesidad de conocer la gestión de Mantenimiento de carreteras.

1.2 ESTUDIOS EXISTENTES.-

Provias descentralizado ha realizado los estudios de las características que presenta cada uno de las carreteras que se encuentra conectada a una vía nacional para realizar el mejoramiento, rehabilitación y posterior mantenimiento de la vía.

En general, la carretera en estudio se ubica en una topografía ondulada con algunos casos en terreno plano. Específicamente, las carreteras localizados en la selva se encuentran en suelo fino arcilloso y/o limoso, la vegetación es exuberante, la temperatura es alta y la pluviosidad es abundante durante todo el año. En cambio, en la costa predomina un suelo arenoso, la vegetación es prácticamente inexistente, la temperatura es variable durante el año y la pluviosidad es casi nula.

En la sierra, hay diferentes tipos de rocas, materiales aluviales y coluviales con matriz de suelos finos, la vegetación es escasa, la temperatura variable y la pluviosidad estacional durante tres meses al año.

El ancho de vía predominante está en el rango entre 4,0 metros y 5,0 metros y el tráfico vehicular que circula por la vía es variable, depende en cuanto a su composición, de la región en donde se localiza la carretera. Sin embargo, cabe destacar que el Índice Medio Diario -IMD, aproximado que circula es al menos de 25 vehículos diarios.

Una vía no pavimentada es una carretera con una capa de rodadura conformada por una estructura de agregados pétreos o material granular. En general, los materiales de afirmado pueden ser de dos tipos, según las características del material pétreo: La carreteras cuya capa de rodadura está constituida por agregados pétreos naturales provenientes de canteras o de excedentes de excavaciones (gravas, cantos rodados) y donde los materiales que la componen se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos.



La red vial de vías Provincial y departamental no pavimentada esta conformada por vías cuyo nivel de superficie de rodadura alcanza hasta el nivel de afirmado y que, entre otras, comprende las vías Vecinales y Departamentales que fueron rehabilitadas hace de 3 a 5 años por PROVÍAS Rural y cuyo sistema de mantenimiento mediante microempresas fue transferido a los gobiernos regionales y locales.

1.3. FORMULACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el sector rural de nuestro país existe un desarrollo limitado debido esencialmente al estado de abandono de las vías de comunicación y de manera específica las carreteras vecinales, situación que impide un intercambio económico, social y cultural entre el sector rural y la población urbana, siendo las carreteras vecinales ejes de desarrollo.

El Problema es la falta de gestión en el estudio geológico - geotécnico de su diseño y posterior mantenimiento Vial de carreteras vecinales, en gran parte de las zonas rurales y distritos del país, situación que afecta el desarrollo de los pueblos. Evidentemente es necesario que el estudio geotécnico este coordinado con otras áreas de la ingeniería, muy especialmente con el estudio geológico. Muchas veces un estudio geotécnico no es correcto por la falta de un estudio geológico ya que, por lo general, en la mayoría de los proyectos no se realiza.

Considerando que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones realiza actualmente mantenimiento a través de Provias Descentralizado, que viene impulsando los Institutos Viales Provinciales (IVPs), para que se ejecute un trabajo adecuado y para ello se ha recomendado ejecutar con el aplicativo del GEMA es importante en el mantenimiento para su conservación de la carretera.

Resolver este problema es “Mejorar la calidad de vida del Poblador rural”, que permita un vínculo estrecho con los pobladores urbanas teniendo una carretera vecinal seguro, señalizado, bien conformado y sobre todo

realizándole el mantenimiento respectivo para preservar la inversión que se ha generado en la rehabilitación de la red vial, tomando en cuenta la dificultad en el desplazamiento vehicular y peatonal en los caminos vecinales a cargo del IVP. La red vial de carreteras de un país presenta un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país.

Las carreteras son inversiones importantes que demandan atención permanente a través de los trabajos de mantenimiento que permita contar, el mayor tiempo posible las condiciones transitable, con un medio de acceso en buenas condiciones que facilite la circulación de los vehículos. Por lo general, una gran parte de la red vial no tiene tratamiento superficial.

1.3.1 Pregunta General

¿Qué características geológicas y geotécnicas tiene el terreno y canteras de la carretera Llache – Cala Cala?

1.3.2 Preguntas Específicas

- a. ¿Qué condiciones geológicas presentan la zona de estudio de la carretera Llache – Cala Cala?.
- b. ¿Qué características geotécnicas tienen los materiales presentes en la carretera Llache – Cala Cala?.
- c. ¿Qué propiedades físico-mecánicas tienen los materiales de cantera utilizados en el proceso constructivo y mantenimiento de la carretera Llache – Cala Cala?.
- d. ¿Qué actividades de gestión de mantenimiento (GEMA) se consideró para el buen funcionamiento de la carretera Llache – Cala Cala?.

1.4 JUSTIFICACION.

1.4.1 Justificación Teórica.

La presente investigación permitirá obtener información teórica acerca de las características geológicas y geotécnicas del terreno de fundación y del

posterior mantenimiento de la carretera, evaluadas in-situ y en laboratorio las características físicas y geotécnicas del suelo.

Considerando que es importante utilizar el Aplicativo del GEMA para el Mantenimiento Geotécnico de la carretera Llache - Cala de 17.640 km de Longitud, donde el Instituto Vial Provincial (IVP) de San Antonio de Putina con participación de Provias descentralizado a impulsando la cultura de preservar la inversión de rehabilitación y mejoramiento, sabiendo de que en la actualidad la mayoría de los Gobiernos Locales Provinciales por falta de decisión de cultura de mantenimiento de que los caminos sean transitables a favor de la población rural.

La red de carreteras de nuestro país presenta un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país.

1.4.2 Justificación Práctica.

El estudio está orientado a determinar el comportamiento geotécnico del terreno y los materiales de cantera utilizados en el proceso constructivo y mantenimiento de la carretera, la importancia de esta investigación reside directamente sobre el trabajo geológico - geotécnico, para la carretera Llache – Cala Cala.

Realizar análisis de los suelos, el cual permitirá proporcionar la seguridad necesaria para la estabilidad de la vía y no presentar inconvenientes durante el proceso constructivo y así evitar deterioros posteriores, recalcando que el estudio también trata de la evaluación geotécnica durante la etapa del mantenimiento.

Los objetivos de la presente investigación están también orientados a conocer la importancia de las carreteras y su análisis de Geotecnia del mantenimiento respectivo a fin de determinar la conservación de la vía respecto a su intervención a cargo del IVP de Putina, y las entidades

autónomas impulsadas por el proceso de descentralización del MTC a través de Provias Descentralizado.

En el presente trabajo se aborda las descripciones del uso de GEMA (Gestión de Mantenimiento), para mantenimiento vial de carreteras, para el desarrollo de las diversas comunidades dentro de los cuales los beneficiados son los pobladores rurales con carreteras que conecten las áreas rurales a los centros comerciales, aldeas y/o la red de caminos clasificados de acuerdo al decreto de clasificador de rutas D.S. N° 036-2011-MTC. Para promover el comercio local en la Provincia.

Finalmente el estudio brindará resultados adecuados para el diseño y mantenimiento adecuado de la vía, además de aportar un valor agregado sobre los métodos de análisis para el diseño de carreteras.

1.4.3 Justificación Metodológica.-

La presente investigación proporcionará dos aportes de carácter metodológico. El primer aporte corresponde al método analítico, aproximado y simplificado, que se desarrollará para realizar el análisis del comportamiento geológico-geotécnico de los materiales presentes en la carretera.

El segundo aporte corresponde al método que se aplicará en el desarrollo del presente trabajo el cual puede ser utilizado en otras investigaciones similares.

1.4.4 Limitaciones del Estudio.-

El desarrollo del presente trabajo se tendrá una serie de dificultades que limitará los alcances de sus principales resultados. Entre las limitaciones más importantes, hay que señalar las siguientes:

- Se desarrollarán métodos aproximados y simplificados de mecánica de suelos para el diseño y mantenimiento de la vía.
- Los análisis de las propiedades físico-mecánicas de los materiales, serán efectuando investigaciones in-situ y utilizando el apoyo de laboratorios adecuados para tal estudio

- En la fase final del estudio se utilizará una correlación aproximada entre las características geológicas y geotécnicas.

1.5 HIPÓTESIS.

1.5.1 Hipótesis General.

Es probable desarrollar la evaluación de las características geológicas-geotécnicas que tiene el terreno y canteras de la carretera Llache – Cala Cala.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

- a. Es posible identificar las condiciones geológicas que presentan la zona de estudio de la carretera Llache – Cala Cala.
- b. Es probable determinar las características geotécnicas que tienen los materiales presentes en la carretera Llache – Cala Cala.
- c. Al determinar las propiedades físico – mecánicas que tiene los materiales de cantera será posible realizar de manera óptima la construcción en la carretera Llache – Cala Cala.
- d. Es posible efectuar actividades de gestión de mantenimiento (GEMA) para el correcto funcionamiento de la carretera Llache – Cala Cala.

1.6 OBJETIVO

1.6.1 Objetivo General

Evaluar las características geológicas-geotécnicas que tienen el terreno y canteras en la carretera Llache – Cala Cala.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a. Identificar las condiciones geológicas que presentan la zona de estudio de la carretera Llache – Cala Cala.
- b. Determinar las características geotécnicas que tienen los materiales presentes en la carretera Llache – Cala Cala.

- c. Determinar las propiedades físico – mecánicas que tiene los materiales de cantera para realizar de manera óptima la construcción de la carretera Llache – Cala Cala.
- d. Realizar actividades de gestión de mantenimiento, aplicando el GEMA para el correcto funcionamiento de la carretera Llache – Cala Cala

1.7 METODOLOGIA DEL ESTUDIO

El proceso de investigación se realizara en dos etapas, siendo de la siguiente manera:

- La sistematización de información sobre la construcción de carreteras que comprende como obra de ingeniería, tales como el diseño y mantenimiento de acuerdo a las condiciones geotécnicas y geológicas del terreno.
- Se analizará el comportamiento de los suelos para la determinación de las condiciones geotécnicas, determinación de los posibles mecanismos de falla en la vía como consecuencia de un mal estudio geotécnico.

La metodología de estudio se ha realizado en las siguientes etapas:

- 1° Etapa Recopilación de Información.
- 2° Etapa Recolección, procesamiento y análisis de datos de campo
- 3° Etapa Redacción de Informe en Gabinete de la información.

1.7.1 Recopilación de Información.-

La metodología de estudio es de tipo correlacional, descriptivo, experimental para realizar el mejoramiento y mantenimiento vial rutinario.

- Es Correlacional porque correlaciona el resultado de las actividades de mantenimiento rutinario con adecuado material de cantera.
- Es descriptivo porque describe la realidad, sin alterarla.
- Es experimental porque se estudia el problema y se analiza mediante el Aplicativo del GEMA.

1.7.2 Recolección de datos del Campo

En esta etapa de Campo se ha recolectado toda la información geológica y geotécnica de la carretera para determinar el estudio geotécnico, para el diseño de la carretera y las actividades del mantenimiento vial rutinario realizando calicatas, ensayos de laboratorio del terreno de fundación y canteras para tener un registro detallado para realizar las actividades de mantenimiento.

1.7.3 Elaboración del Informe Final.-

Toda la información obtenida de campo y laboratorio se ha plasmado en la elaboración de este proyecto en gabinete para observar los resultados obtenidos en los capítulos que se desarrollara con el uso del GEMA y alguno software como Fichas, Formatos, Matrices de Evaluación (GEMA), Civil 3D, AutoCAD, ARCGIS 9.3.

1.7.4 Equipos Utilizados.-

Se enumera los siguiente: GPS, Brújula, Wincha, Combo, Cincel, Bolsas de muestra, Libreta de Campo, Laboratorio de suelos.

1.8 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.

De acuerdo a la recopilación de datos de la carretera corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. El espesor de la capa será definido por el Manual para el Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito de clases T0 y T1, con IMD proyectado menor a 50 vehículos día.

También indicar que en la carretera se ha realizado el estudio del informe de Trafico del cual se puede establecer que, la Estación de control fue establecida en el Km 8+730 de la vía en estudio, El IMD Anual determinado es de 25 vehículos por día, En cuanto a la carga transportada, la de mayor incidencia corresponde a productos agrícolas y En relación a los motivos de viaje, estos generalmente corresponden a trámites administrativos, trabajo o comercio.

La señalización existente en la carretera en estudio se encuentra

conformada por 17 hitos kilométricos, 4 señales preventivas que indican proximidad a badén y 6 señales informativas que indican la ubicación de las principales localidades que se encuentran a lo largo de la vía. La carretera posibilita interconectar a los mercados de Juliaca y Azangaro ya que en la zona de estudio se caracteriza por ser una zona agrícola y ganadera.

1.9 EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO QUE INFLUYE EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA.

La carretera en estudio presenta una área eminentemente llana en los sectores del Km 0+000 al Km 0+550, del Km 0+750 al Km 16+350, del Km 16+450 al Km 16+700, del 16+800 al 17+200 y del Km 17+500 al 17+640, con pendientes que oscilan entre 0.05% como mínimo y 7.67% como máximo, y una diversidad paisajista.

A su vez presenta una topografía ondulada en los sectores del Km 16+350 al Km 16+450 y del Km 17+200 al Km 17+500, con una pendiente máxima de 5.57%. En los sectores del Km 0+550 al Km 0+750 y del Km 16+700 al Km 16+800 presenta una topografía escarpada, con una pendiente máxima de 7.67%. La carretera en estudio se encuentra en una área llana poco ondulado donde cuyas formaciones geológicas son de edades de mesozoico superior hasta el reciente, de las cuales se han identificado aflorando alrededores del camino vecinal las siguientes unidades litoestratigraficas que se describen a continuacion; Formación Huancané, Muñani, Ayabacas, Azangaro y cuaternario.

También se puede indicar que se trata de una zona morfo estructural nítidamente individualizada, bordeada con dirección al NW y al SE por grandes fallas de Zócalo, durante el Mesozoico dicha zona se comportó siempre como una zona positiva. (Fuente MTC)

Por el área de estudio existe un afluente principal que es el rio ayranpuni, el



cual tiene afluentes secundarios como son el rio Qaquen, Rio Sachahuayco, Rio de Pichacani, cuyos cauces del rio cruzan por una zona llana con poca inclinación, cuyo caudal es de 10 litros por segundo.

El ancho promedio de la superficie de rodadura es de 4.50m, para lo cual se han realizado también calicatas cada 250 metros para obtener una información básica de cada sector de la carretera. Y a su vez se ha determinado 04 canteras para su trabajo de Rehabilitación y posterior mantenimiento con las actividades geotécnicas, que están en las siguientes Progresivas; Km 6+590 de material granular con 80.00% de participación, combinada con la Cantera Km 1+600 de material ligante con 20.00% de participación y también se propone: La Cantera Km 14+380 de material granular con 75.00% de participación combinada con la Cantera Km 15+400 de material ligante con 25.00% de participación.

Además se ha realizado una evaluación de las principales fallas en el pavimento para lo cual se ha realizado la medición de las deformaciones de tipo ahuellamiento y baches, así como una inspección visual de las disgregaciones de tipo desprendimiento de material fino, comprobando que es necesario la ejecución de trabajos que involucren la Reposición de Afirmado en un espesor promedio de 0.15 mts.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL.

2.1.1 Cordillera Oriental.

La cordillera oriental es la prolongación peruana que inicia desde argentina pasa a Bolivia haciendo un nudo en la cordillera central del país, dicha cordillera ha sufrido diversos movimientos orogénicos por lo que se puede observar diversas geo forma nítidamente individualizada con dirección SE y NO, de acuerdo a los estudios realizados.

Así mismo comprende varios macizos de grandes glaciares que llegan cerca de los 6000 msnm, por lo que se puede mencionar que dichas formaciones pertenecen al paleozoico inferior y superior así como grandes intrusiones de rocas en el periodo pérmico.

La cordillera Oriental es la Prolongación peruana de la cordillera real. Se trata de una zona morfo estructural nítidamente individualizada, bordeada con dirección al SO y al NE por grandes fallas de Zócalo, durante el Mesozoico dicha zona se comportó siempre como una zona positiva, lo que explica la ausencia de depósitos mesozoicos.

2.1.2 Cuenca del Titicaca.

La cuenca del Titicaca se ubica al sur este del territorio peruano, forma parte de la meseta andina conocido como meseta del collao y forma parte de esta cuenca las sub cuencas de los ríos ramis, huancane, suches en el sector norte, ríos ayabacas, juliaca coata y illpa al noreste, y los ríos de ilave y desaguadero en el sur, tiene una extensión en el territorio peruano de 48 775 km², incluyendo la porción del lago, que se halla a una altura

promedio de 3810 msnm, constituye la divisoria del sistema hidrográfico del amazonas y del vertiente del pacífico.

Los cursos individuales de los ríos y sub afluentes, están condicionadas a los factores climáticos, morfológicos litológicos y control estructural; se caracterizan por ser de corto recorrido con fuerte pendiente en su curso alto y poca pendiente en su curso bajo.

La cordillera Oriental es la Prolongación peruana de la cordillera real. Se trata de una zona morfo estructural nítidamente individualizada, bordeada con dirección al SO y al NE por grandes fallas de Zócalo, durante el Mesozoico dicha zona se comportó siempre como una zona positiva.

- **Rio Putina.**

Es el río principal que viene del sector norte a la cuenta del Titicaca, y tiene como influencia los ríos de huayllapata, Tarucani y Muñani. Por lo que el presente río empalma al río Huancané.

- **Rio Ayranpuni**

Es el río Principal del área de estudio que está paralelo al camino vecinal de llache ayranpuni cala cala con dirección NO a SE, y dicho río empalma al río de Putina y como afluentes tiene los ríos de Pichacani que empalma en el sector de Tunila y el río Qaquen que empalma en el sector de Ajjatira.

2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el tramo Llache - cala cala está controlado por lineamientos, fallas y pliegues que modelan el paisaje actual. La geología estructural tiene el interés de identificar las ocurrencias geológicas como es la actividad de la tectónica originada por la orogenia peruana que modifica las unidades litoestratigráficas originales que se encuentra en el área de estudio los cuales están representados por las formaciones del mesozoico que fueron plegados mayormente en dirección NW – SE. Dichas orientaciones de las estructuras están representados en fallas con dirección N150°E con Buzamiento de 45°NE, donde las estructuras están sumamente fracturadas perpendicular a las fallas geológicas. (Fuente: INGEMMET)

2.2.1 FALLAS.

En la zona de estudio se desarrollan con mayor cantidad en el bloque levantado cuyas direcciones predominan con dirección NE a SW como es la falla de Pichacani, y la falla de Qaquen.

2.2.2 PLIEGUES.

Son estructuras de tipo sinclinal como se puede observar en el desvió de Llache, como en el cerro de cala cruz y en los sectores de Nazaccara y Huertacucho, el cual corresponde a un sinclinal asimétrico con flancos de rocas areniscas con núcleo de lutitas rojas de formación Muñani.

2.2.3 FRACTURAS.

El Grado de Fracturamiento es variable como se puede observar en las formaciones geológicas que se observa en la zona como es la formación Huancané, y Muñani cuyos direcciones tienen de rumbos de estratos variables, pero sin embargo resalta un rumbo promedio N 70° - 80° W con fuertes pendientes, como se puede ver en la quebrada de Ayranpuni.

2.3. HIDROGEOLOGÍA Y DRENAJE.

Las precipitaciones pluviales ocurridas en los meses de Enero a Marzo del presente año, han sido de una magnitud muy superior al promedio ordinario normal de los regímenes pluviométricos inter-anales registrados en la región del altiplano. Según registros históricos de la zona, el año 1984 se presentaron lluvias muy intensas como la del presente año. Sin embargo, las últimas lluvias han ocasionado daños muy serios por inundaciones al desbordarse los ríos cercanos a la carretera, con cuantiosas pérdidas en la economía de la zona, especialmente en la agricultura; ya que vastas áreas de cultivo fueron arrasadas por completo, así como viviendas y/o asentamientos rurales, además de infraestructura de producción y servicios existentes como, locales educacionales de salud, canales de regadío, vías de comunicación, etc.

El objeto del estudio de drenaje de la carretera, es el de controlar el problema que genera el agua superficial y sub-superficial al discurrir sobre la plataforma de la carretera e infiltrándose a través del pavimentos

causando reducción en la capacidad portante y por ende en la vida útil de la vía.

El encuentro del flujo de las aguas con la carretera siempre causa problemas al terraplén y a la superficie de rodadura, para solucionarlos planteamos mejorar a las obras de drenaje existentes y en otros casos la construcción de nuevas estructuras, con el fin de reducir dichos daños.

Se ha realizado la evaluación de los sistemas de drenaje existentes detectando la falta de drenaje longitudinal y transversal ya que los existentes resultan insuficientes para las condiciones de operación previstas, se tiene problemas de filtraciones debido a la presencia de puquiales (nivel freático variable) y problemas de erosión en los taludes de la carretera por la acción erosiva del agua pluvial sobre el material suelto.

Desde el punto de vista hidráulico se propone diseños que proporcionan obras de drenaje o más eficiente posible y que guarden una proporción de rentabilidad y conservación con el medio ambiente. Estos sistemas drenarán las aguas libres, dejando en claro que la carretera en su mayor parte deberá contar con capacidad estructural en su pavimento para tener en cuenta el efecto del drenaje sobre la performance del pavimento.

2.3.1. EVALUACIONES DE CAMPO

La evaluación de campo realizada para el estudio de drenaje de la carretera, nos ha llevado a clasificarse e interpretar los problemas de la siguiente manera:

| | |
|--|---|
| a) Drenaje Longitudinal a.1. Cunetas | b) Drenaje Longitudinal b.1. Ríos. b.2. Quebradas b.3. Lagunas. |
|--|---|

A continuación desarrollaremos brevemente cada uno de los puntos mencionados.

a) Drenaje longitudinal

El control de las aguas superficiales o subsuperficiales que discurren por la plataforma, así como por los taludes, donde se presentan con más frecuencia en tramos de corte, se realiza a través de estructuras de

cunetas revestidas, las cuales atrapan las aguas y las evacúan o trasladan al otro extremo de la carretera a través de estructuras de pase.

Se ha observado la presencia de cunetas revestidas de forma rectangular y/o trapezoide (ancho mayor = 0.50m y altura = 0.70m), las cuales al parecer han sido realizadas artesanalmente y otras con maquinarias (forma triangular). En nuestra opinión, si estas cunetas no son revestidas o protegidas su tiempo de vida útil será corto.

b) Drenaje transversal

El drenaje transversal está constituido por todos aquellos cauces que cruzan la vía y a los cuales hay que darles continuidad para que no originen problemas a la plataforma y viceversa.

2.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO.-

El presente estudio contiene la investigación hidrológica del área de estudio para establecer un sistema apropiado de drenaje a lo largo de la carretera, considerando el gran perjuicio que causa el agua estancada proveniente de las precipitaciones pluviales y del desborde de los ríos debido a que no cuenta con un sistema de drenaje.

De esta manera se trata de establecer los parámetros de diseño necesarios que garanticen la conservación y seguridad de la carretera a rehabilitar, permitiendo la conducción de las corrientes sin causar grave daño a la carretera.

PROPÓSITO: El propósito del ítem es evaluar el comportamiento hidrológico de los ríos y quebradas existentes en el tramo de la carretera, con el propósito de determinar los parámetros de diseño necesario para establecer un sistema apropiado de drenaje de la carretera para el desagüe de las aguas pluviales y de escorrentía directa.

Las características climatológicas corresponden al altiplano de clima frío con influencia marcada del lago Titicaca, tanto en el clima como en las condiciones de drenaje.

2.5. ANÁLISIS DE LAS LLUVIAS

2.5.1. Precipitación total mensual y anual.-

La totalidad de las lluvias son de origen orográfico y convectivo. Se dice que las lluvias son orográficas cuando se originan por la condensación de las nubes al elevarse estas para traspasar las cordilleras ocurriendo generalmente a sotavento de las montañas ubicadas al paso de las nubes.

En el presente caso esta ubicación corresponde al flanco oriental de las montañas. Se entiende por lluvias convectivas aquellas que se producen como consecuencia de fenómenos locales. Así por ejemplo, las nubes que provienen del lago o de otras fuentes de aguas son empujadas hacia el Altiplano por los vientos SE y E, condensándose y ocasionando fuertes tormentas y granizo.

De acuerdo a la información analizada se observa que el régimen de precipitación de la zona es del tipo ecuatorial con un periodo húmedo durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, y un periodo seco en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre.

2.5.2 Análisis de la precipitación máxima en 24 horas.-

Las precipitaciones máximas en 24 horas fueron tomadas de las estaciones pluviométricas; para diferentes períodos de registro, de los valores registrados en la estación de San Antonio de Putina, se observa que el máximo valor es de 71.6mm y corresponde al mes de octubre de 1984, y el menor de 23.6mm corresponde al mes de enero de 1990.

2.5.3 Intensidad de lluvias.-

Las intensidades han sido estimadas a partir de la precipitación máxima en 24 horas y la precipitación máxima mensual para el mismo periodo de retorno. Para ello las precipitaciones máximas en 24 horas y la precipitación total mensual correspondiente, fueron ajustadas a la distribución Log Pearson Tipo III.

La intensidad en forma general puede ser representada por la siguiente relación:

$$i = \frac{k}{d^n}$$

Dónde:

i : intensidad en mm/hora

d : duración de a lluvia

k, n : parámetros que dependen de la zona

Para el presente caso se van a estimar los parámetros k y n para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Posteriormente se elabora la curva de intensidad – duración – frecuencias y se calcula las intensidades de diseño.

A manera de ejemplo se estiman “k” y “n” para un periodo de retorno de 25 años.

$$i = \frac{k}{d^n}$$

$$i_{24} = \frac{50.9}{24hrs.} \quad I_{mes} = \frac{263.5mm.}{720hrs}$$

$$i_{24} = 2.12mm./hr \quad I_{mes} = 0.366mm./hr$$

Luego se pueden plantear las siguientes relaciones:

$$2.12 = \frac{k}{24^n} \quad 0.366 = \frac{k}{720^n}$$

Resolviendo se tiene los siguientes valores de k y n:

$$k = 10.93$$

$$n = 0.516$$

2.6 INFORMACIÓN OBTENIDA DE DIFERENTES FUENTES.

Las Informaciones Obtenidas para realizar y generar el estudio Geológico – Geotécnico, han sido desarrolladas de los libros de Geotecnia y las publicaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y del Instituto Vial Provincial de San Antonio de Putina.

Las Informaciones consisten en conceptos básicos de las actividades geotécnicas del área de estudio como proceso constructivo y posterior mantenimiento, de carreteras departamentales y nacionales y de acuerdo a la legislación vigente, la red vial está bajo responsabilidad de las

municipalidades y desde el año 2003. Provías Descentralizado ha venido transfiriendo a los GL – IVPs la Gestión Vial en forma paulatina.

Es necesario considerar el mantenimiento vial, puesto que, el conjunto de actividades Geotécnicas que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen el camino y de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico. En la práctica lo que se busca es preservar el capital invertido y evitar su deterioro físico prematuro.

2.7 ANÁLISIS Y COMENTARIOS DE LA INFORMACIÓN BÁSICA EXISTENTE

Las principales características físicas que se deben mantener en una carretera para garantizar condiciones satisfactorias del tránsito vehicular son la capacidad de soporte y la regularidad superficial.

La capacidad de soporte se refiere a la resistencia estructural de la vía para soportar las cargas vehiculares que circulan repetidamente por ella. Con tal propósito es necesario utilizar material granular con partículas duras, resistentes a la abrasión, durables, sin partículas planas, blandas o desintegrarse y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales.

En cuanto a la rugosidad, de las deformaciones, la textura, y el estado de limpieza se puede resaltar que los defectos como baches, ondulaciones, encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas u obstáculos en la plataforma, entre otros, afectan drásticamente la comodidad, la seguridad de viaje y la economía de los usuarios.

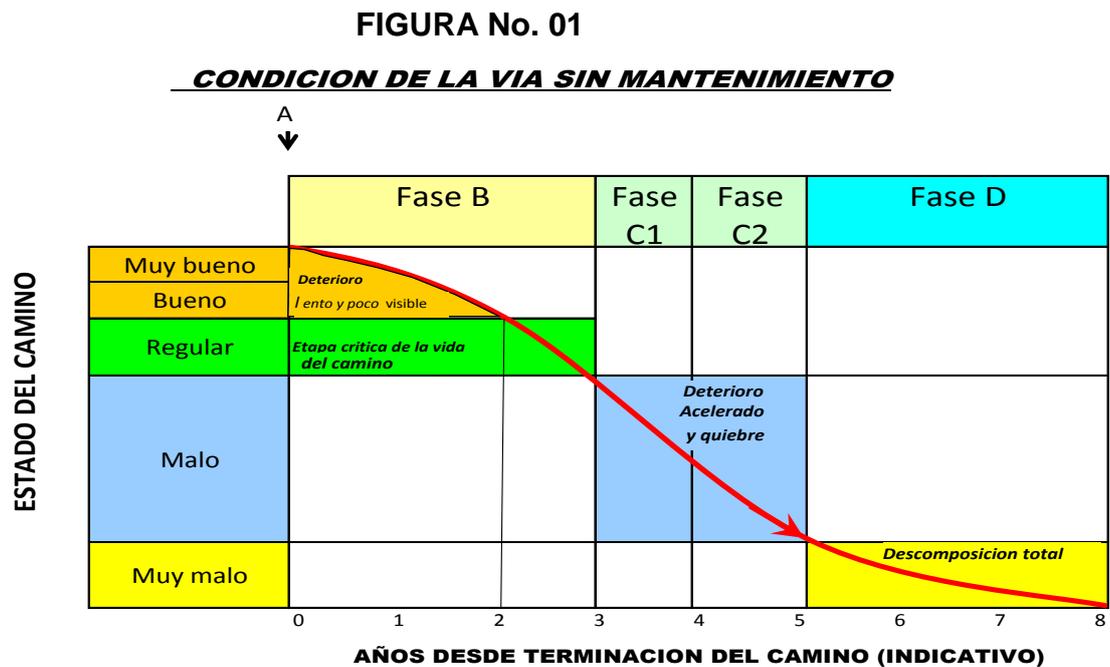
2.7.1 ANÁLISIS GEOTÉCNICA DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS.

La descripción de las actividades para la conservación vial esta establecida por un “conjunto de operaciones necesarias para la preservación o mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos y componentes complementarios en las mejores condiciones para el tráfico,

compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida”.

Por lo tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre la carretera, extendiendo el mayor tiempo posible su vida útil y reduciendo las inversiones requeridas a largo plazo.

Consecuencia de ello es que en los países de Latinoamérica, así como en otros continentes, los caminos están sometidos a un ciclo que, por sus características, ha adquirido la condición de fatal. Ese ciclo consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación:



FASE A: Construcción: Una carretera puede ser de construcción sólida o con algunos defectos y apenas se termina la obra, dicha carretera se encuentra, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Punto A del gráfico).

FASE B: Deterioro Lento y poco Visible: Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque, en

menor grado. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos, pesados que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores geológicos. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.

Para disminuir el proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la superficie de rodadura y en las obras de drenaje, además de efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento. Si no se efectúan, la vida útil del camino se reduce sustancialmente.

Durante la fase B (ver gráfico), el camino se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. El Camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término.

FASE C: Deterioro Acelerado: Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del camino están cada vez más “agotados”; el camino entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular (ver gráfico).

Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así. Avanzando más en la fase C, se pueden observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible.

En otras palabras, cuando la superficie de rodadura presenta fallas graves que pueden verse a simple vista, es posible asegurar que la estructura básica del camino está siendo seriamente dañada. Los daños comienzan siendo puntuales poco a poco y se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino. Esta fase es relativamente corta ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

FASE D: Descomposición Total: La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original.

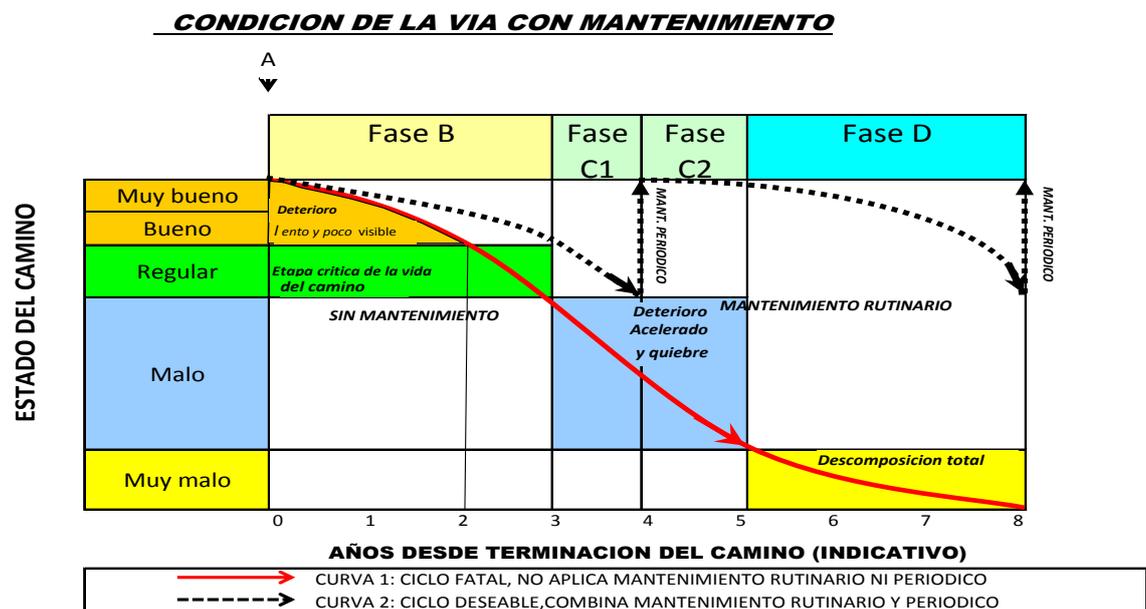
Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis. En general, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta.

Desgraciadamente, en Latinoamérica existen muchos ejemplos “perfectos” de carreteras que han llegado a esta fase de descomposición, habiéndose llegado al deterioro total. Este gasto sin embargo, pudo haberse evitado si se hubiera intervenido oportunamente en el proceso de mantenimiento de la vía.

2.7.2. CICLO GEOTÉCNICO DE VIDA DESEABLE DE UNA VIA:

El proceso de ciclo de vida sin mantenimiento se le puede denominar “fatal”, porque conduce al deterioro total del camino, pero con la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado se puede llegar a mantener el camino dentro de un rango de deterioro aceptable, tal como se aprecia en la siguiente figura.

FIGURA No. 02



El Análisis fundamental es lograr que todos los vías de comunicación que deben de llegar a este esquema gráfico.

FIGURA No. 03:
CICLO DE UNA CARRETERA



2.8 DESCRIPCIÓN DEL PLAN VIAL PROVINCIAL.

Es una herramienta de gestión de mediano y largo plazo del Gobierno local Provincial y los gobiernos distritales a través del Instituto Vial Provincial de San Antonio de Putina, para presentarla de amañera ordenada y sistemática la caracterización de la problemática vial Provincial y una propuesta de solución sobre las actividades de Rehabilitación, Mejoramiento y mantenimiento de carreteras vecinales.

La visión, objetivos y estrategias que se plantean en el presente PVPP se han elaborado tomando en cuenta el criterio de potencialidades de la

Provincia de acuerdo a los planteamientos y expectativas futuras de las Municipalidades Distritales y Provincial.

Este enfoque debe adecuarse dentro de las políticas generales de los gobiernos locales y del gobierno regional para poder concordar las ideas y lograr un desarrollo económico real y sostenible.

Por ello el Instituto Vial Provincial de San Antonio de Putina, tiene como aspiración máxima crear una: “red vial rural transitable e integrada a la red vial departamental y nacional, bajo responsabilidad del IVP para tener eficientes servicios de transportes para realizar una gestión, planificación para el desarrollo de proyectos viales, a cargo del IVP, que contribuya al desarrollo rural.

Desarrollar con eficiencia y eficacia un conjunto de acciones que permitan mantener la operatividad permanente de la red vial rural, implementando mecanismos institucionales y financieros para una gestión adecuada de las carreteras vecinales, a fin de contribuir al desarrollo social y económico de poblaciones rurales, como también diseñar y aplicar políticas y estrategias para integrar la provincia y la región con las vías de transportes y servicios de comunicaciones eficientes, seguras y sostenibles para la provincia de San Antonio de Putina” (Fuente MTC)

2.9. ESTUDIO GEOTECNICO PARA CARRETERAS.

Según M. DAS BRAJA, en términos generales, la geotecnia es la rama que utiliza métodos científicos para determinar, evaluar y aplicar las relaciones entre el entorno geológico y las obras de ingeniería.

En un contexto práctico, la geotecnia comprende la evaluación, diseño y construcción de obras donde se utilizan el suelo y/o roca y los materiales de cantera.

Los pioneros de la ingeniería geotécnica se apoyaron en el "método de observación", para comprender la mecánica de suelos y rocas y el comportamiento de materiales de cantera bajo cargas. Este método fue mejorado con el advenimiento de instrumentación electrónica de campo, amplia disponibilidad software para realizar estudios técnicos, y el

desarrollo de refinadas técnicas numéricas. Estas técnicas hacen ahora posible determinar con mayor precisión la naturaleza y comportamiento no homogéneo, no lineal y anisotrópico, de suelos y rocas, para su aplicación en obras de ingeniería.

El investigador geotécnico *TERZAGHI* sostenía que: "La magnitud de la diferencia entre el comportamiento de suelos reales bajo condiciones de campo, y el comportamiento pronosticado con base en la teoría, solo puede conocerse mediante la experiencia en el campo".

Mediante la geotecnia se podrán identificar riesgos naturales, como son suelos y minerales de roca expansivos, taludes naturales y artificiales inestables, antiguos depósitos de relleno y posibles fallas que tenga el terreno.

2.9.1 RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO.

Todo estudio geotécnico debe iniciarse con un reconocimiento detallado del terreno a cargo de personal experimentado. El objetivo de este reconocimiento es contar con antecedentes geotécnicos previos para programar la exploración.

Mediante la observación de cortes naturales y/o artificiales producto de la erosión o deslizamiento será posible, en general, definir las principales unidades o estratos de suelos superficiales.

Especial importancia debe darse en esta etapa a la delimitación de zonas en las cuales los suelos presentan características similares y a la identificación de zonas inestables o poco recomendables para emplazar la carretera, tales como zonas de deslizamiento activo, laderas rocosas con fracturamiento según planos paralelos a la superficie de los cortes, zonas pantanosas difíciles de drenar, etc. Este reconocimiento se puede efectuar por vía terrestre o por vía aérea dependiendo de la transitividad del terreno.

El programa de exploración que se elija debe tener suficiente flexibilidad para adaptarse a los imprevistos geotécnicos que se presenten. No existe un método de reconocimiento o exploración que sea de uso universal, para

todos los tipos de suelos existentes y para todas las estructuras u obras que se estudian.

2.9.2 PROGRAMA DE PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA.

Se debe realizar un programa de prospección geotécnica que sigue la siguiente secuencia:

a) *Exploración de suelos.*

- Mediante sondeos.
- Mediante Calicatas: se realiza el Estudio de la subrasante, estudio de canteras, estudio de puentes, prestamos laterales, fundaciones de obras de arte, etc. La distancia entre pozo y pozo estará de acuerdo a las características del suelo.
- Las muestras serán tomadas desde 0,40 cm, hasta 2,00 mts de profundidad, habiendo quitado previamente una capa de 20 cm, de espesor o de acuerdo al espesor de la capa vegetal.

b) *Ensayos de laboratorio.*

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de Humedad • Análisis granulométrico • Ensayos de Plasticidad | <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de Densidad • Ensayos de Compactación • Ensayos de C.B.R. |
|---|---|

Para la caracterización Geotécnica de la carretera debe de verificarse con el inventario vial, apoyado con el plano clave y formatos del camino, proporcionado por la entidad, donde se consignará la siguiente información mínima: datos generales, nombre del camino, longitud, ubicación, sector evaluado, ancho de la calzada, estado de la superficie de rodadura, espesor del afirmado, categoría del camino, dimensiones, acceso, características y evaluación de los principales componentes de la carretera).

2.10. ESTUDIO DEL TRÁFICO

Este criterio permite considerar la cantidad de vehículos que transitan por la carretera, otorgándole una mayor calificación al camino que tiene un mayor tráfico futuro.



CUADRO No. 01
TABLA DE CALIFICACIÓN PARA EL CRITERIO DE TRÁFICO

| CALIFIC. | DESCRIPCIÓN DEL ATRIBUTO |
|----------|--|
| 9 | > de 100 vehículos diarios |
| 8 | Mayor de 75 y menor de 100 vehículos por día |
| 7 | Mayor de 50 y menor de 75 vehículos por día |
| 6 | Mayor de 40 y menor de 50 vehículos por día |

FUENTE: Ejecución Propia

| CALIFIC. | DESCRIPCIÓN DEL ATRIBUTO |
|----------|---|
| 5 | Mayor de 30 y menor de 40 vehículos por día |
| 4 | Mayor de 20 y menor de 30 vehículos por día |
| 3 | Mayor de 15 y menor de 20 vehículos por día |
| 2 | Mayor de 5 y menor de 15 vehículos por día |
| 1 | Menor de 5 vehículos por día |

2.10.1 ACCESIBILIDAD.-

Permite una mayor preferencia cuando la carretera seleccionada conecta a un mayor número de servicios básicos de salud y educación

CUADRO No. 02
CALIFICACIÓN PARA EL CRITERIO DE ACCESIBILIDAD

| CALIFIC. | RANGO |
|----------|---|
| 9 | Si el camino cruza más de 20 C.P. y Comuni. |
| 8 | Si el camino cruza entre 19 a 20 C.P. y Comuni. |
| 7 | Si el camino cruza entre 17 a 18 C.P. y Comuni. |
| 6 | Si el camino cruza entre 14 a 16 C.P. y Comuni. |

FUENTE: Ejecución Propia

| CALIFIC. | RANGO |
|----------|--|
| 5 | Si el camino cruza entre 11 a 13 C.P. y Comuni. |
| 4 | Si el camino cruza entre 8 a 10 C.P. y Comuni.. |
| 3 | Si el camino cruza entre 7 a 5 C.P. y Comuni. |
| 3 | Si el camino cruza entre 3 a 5 C.P. y Comuni. |
| 1 | Si el camino cruza por menos de 3 C.P. y Comuni. |

2.11 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA CARRETERAS.

En ingeniería, la **mecánica de suelos** es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a partir de 1925.

Todos los estudios geotécnicos, con el estudio de los suelos determinara el grado de estabilidad y comportamiento funcional, que estarán determinados entre otros factores, por el desempeño del material suelto situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan. Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, el cual producira deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

En consecuencia, las condiciones del suelo como elemento de sustentación y construcción (en obras superficiales y subterráneas), como dispositivo de transición entre aquel y la supraestructura, han de ser siempre observadas, aunque esto se haga en proyectos pequeños fundados sobre suelos normales a la vista de datos estadísticos y experiencias locales, y en proyectos de mediana a gran importancia o en suelos dudosos, infaliblemente, a través de una correcta investigación de mecánica de suelos.

2.11.1 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CARRETERAS.

Los ensayos realizados en laboratorio de suelos y concreto fueron desarrollados con fines de determinar la **clasificación del suelo**, por medio de Humedad Natural, Análisis Granulométrico por el método de tamizado, así como la determinación de sus constantes físicas como son los ensayos de determinación de límite líquido y límite plástico, las muestras y estratos extraídos del terreno de fundación sirvieron para la realización del ensayo de (CBR norma MTC E 132 -200) con fines de diseño según las normas de carreteras.

Es en realidad en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, que se logra tener los datos definitivos de las características del suelo para el respectivo análisis y conclusión final; en esta etapa primeramente al realizar las pruebas de clasificación de suelos (Método SUCS y AASHTO). Y Los ensayos de laboratorio que se deben practicar son:

a) CONTENIDO DE HUMEDAD.-

Se calcula el contenido de humedad de la muestra con la expresión siguiente:

$$w(\%) = \frac{(P_1 - P_2)}{(P_2 - P_3)} \times 100$$

Dónde:

$w\%$ = Contenido de humedad expresado en porcentaje

P_1 = Peso de la tara más el suelo húmedo

P_2 = Peso de la tara más el suelo seco al horno

P_3 = Peso de la tara.

b) ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

El estudio de las propiedades de los suelos, se fundamentó en que las propiedades mecánicas dependen directamente de la distribución de las partículas constituyentes según los tamaños. Este ensayo tiene por objeto determinar la granulometría de los materiales de hasta 90 mm mediante su división y separación con una serie de tamices en fracciones granulométricas de tamaño decreciente (HUANCA, 1996).

b.1) Instrumentos y equipos:

El instrumental y equipos necesarios para realizar este ensayo son:

- Juego de tamices de ensayo (90-80-63-32-16-8-4-2-1-0,5-0,25-0,125-0,063) con tapa y fondo herméticos.
- Estufa ventilada a (110 ± 5) °C.
- Dispositivo de lavado (p.ej.: pila-fregadero con decantador)
- Balanza de precisión $\pm 0,1$ % de la masa de la muestra de ensayo
- Bandejas de diferentes tamaños, cardas y brochas.
- Tamizadora (opcional).

b.2) Características de la muestra

Este método se aplica en materiales de origen natural o artificial, con una dimensión nominal de hasta 90 mm, excluyendo los fillers.

2.12. LIMITES DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA.

En la mayoría de suelos existentes, cuando estos se moldean sin romperse hasta cierto límite al alterar el contenido de agua si es necesario, adoptan la consistencia característica denominada plástica.

2.12.1. Limite Líquido (LL).

El contenido de agua existente en este límite, se define como la humedad necesaria para que el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo, se cierre a lo largo de su fondo en una distancia de 1/2", cuando se deja caer la cuchara 25 veces desde una altura de 1cm, y a una velocidad de dos golpes por segundo.

2.12.2. Limite Plástico (LP).

Determinar el límite plástico de los suelos, el cual se define como el contenido de agua, expresado en porcentaje del peso del suelo seco al horno, cuando el suelo se encuentra en el límite entre los estados plásticos y semisólido. El contenido de agua en este límite, se define como el contenido más bajo de agua al cual el suelo es rolado en hilo de 3.2 mm sin que se rompa en pedazos.

2.12.3. Índice de Plasticidad (IP).

Se denomina Índice de Plasticidad, a la diferencia numérica entre el valor obtenido de Límite Líquido y Límite Plástico de una muestra de suelo; es el índice de consistencia más importante, dado que su valor permite conocer cuan plástico es el material. Matemáticamente está representada por la siguiente relación:

$$IP = LL - LP$$

2.13. CLASIFICACION DE SUELOS.

Dada la múltiple variedad y complejidad que los suelos presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos desarrolló sistemas de clasificación que permitan cubrir las necesidades correspondientes, basado en las propiedades mecánicas de los suelos por ser estas preponderantemente cualitativas, puesto que sistemas que incluyan relaciones cuantitativas y detalle respecto a las propiedades mecánicas, resultaría excesivamente complicado y de engorrosa aplicación práctica. Utilizando para la clasificación de suelos por los métodos AASTHO Y SUCS.



CUADRO No. 03

CLASIFICACION DE SUELOS SEGÚN AASTHO

| CLASIFICACION GENERAL | MATERIALES GRANULARES (IGUAL O MENOR DEL 35% PASA EL TAMIZ Nº 200) | | | | | | | Materiales Limo -Arcillosos. (Mas de 35% pasa el tamiz Nº 200) | | | |
|------------------------------|---|---------|------------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|---|---------|-------------------|----------------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| GRUPOS | A-1a | A-1b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5 A-7-6 |
| SUB GRUPOS | A-1a | A-1b | | | | | | | | | |
| PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ | | | | | | | | | | | |
| Nº 10 | 50 máx. | | | | | | | | | | |
| Nº 40 | 30 máx. | 50 máx. | 51 máx. | | | | | | | | |
| Nº 200..... | 15 máx. | 25 máx. | 10 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 36 mín. | 36 mín. | 36 mín. | 36 mín. |
| CARACTERISTICAS DEL MATERIAL | | | | | | | | | | | |
| PASA EL TAMIZ Nº 40..... | | | N.P. | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. |
| LIMITE LIQUIDO..... | 6 máx. | 6 máx. | | 10 máx. | 10 máx. | 11 mín. | 11 mín. | 10 máx. | 10 máx. | 11 mín. | 11 mín. |
| INDICE DE PLASTICIDAD..... | | | | | | | | | | | |
| INDICE DE GRUPO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 máx. | 4 máx. | 8 máx. | 12 máx. | 16 máx. | 20 máx. |
| TIPO DE MATERIAL | Fragmentos de piedra grava y arena | | Arena fina | Gravas, arenas limosas y arcillosas | | | | Suelos limosas | | Suelos Arcillosos | |
| TERRENO DE FUNDACION | Excelente a bueno | | | | | | Regular a deficiente | | | | |

Fuente: Angel R. Huanca Borda (1996), Problemas de Mecánica de suelos.

2.13.1 SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA (S.U.C.S.).

Este sistema fue propuesto por el profesor Arturo Casagrande, como una modificación y adaptación más general. Divide los suelos en dos grupos: “granulares y finos”.

a).- Suelos de grano grueso: Estos suelos son de naturaleza de tipo grava (G) y arena(S), cuando al separar por el tamiz Nº 4 queden retenidos en este tamiz, más de 50% del peso de su fracción gruesa y pertenece al grupo G. y pertenece al grupo (S) en caso contrario tanto las gravas como las arenas se dividen en cuatro grupos (GW, GP, GM, GC) y (SW, SP, SM, SC). Respectivamente.

Dónde:

G = Grava

S = Arena

C = Arcilla.

W = Bien graduada

P = Pobrememente graduada o mal graduado.

b).- Suelos finos: Este sistema considera los suelos divididos en tres grupos: limos inorgánicos (M), Arcilla inorgánica (C) y limos y arcillas orgánicas (O), cada uno de estos suelos se subdividen a su vez según su límite líquido en dos grupos, cuya frontera es $LL = 50\%$, si el límite líquido del suelo es menor de 50% se le añade el símbolo general la letra L (Baja compresibilidad), si es mayor de 50% se añade la letra H (alta compresibilidad), obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

- ML = Limos inorgánicos de baja compresibilidad.
- OL = Limos y arcillas orgánicas de baja compresibilidad.
- CL = Arcillas orgánicas de baja compresibilidad.
- CH = Arcilla inorgánica de alta compresibilidad.
- MH = Limos orgánicos de alta compresibilidad.
- OH = Arcilla y limos orgánicos de alta compresibilidad.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y SUCS.

CUADRO No. 04
CLASIFICACIÓN MÁS COMUNES SEGÚN AASTHO Y SUCS

| Clasificación AASHTO | Clasificación SUCS |
|-----------------------------|---------------------------|
| A-1-a | GW, GP, GM, SW, SP, SM |
| A-1-b | GM, GP, SM, SP |
| A-2 | GM, GC, SM, SC |
| A-3 | SP |
| A-4 | CL, ML |
| A-5 | ML, MH, CH |
| A-6 | CL, CH |
| A-7 | OH, MH, CH |

Montejo F. A. (1998) Ingeniería de Pavimentos para Carreteras)

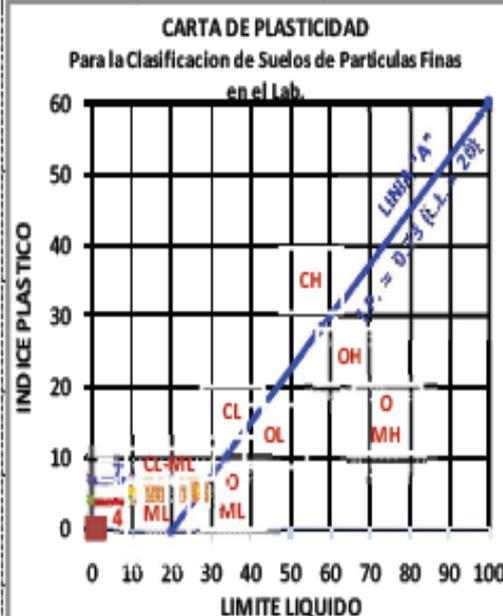


CUADRO No. 05

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Incluyendo Identificación y Descripción

| DIVISION MAYOR | | SIMBOLO | NOMBRE TIPICO | CRITERIOS DE CLASIFICACION | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|----|--|----|--|
| SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Mas de la mitad del material es retenido en la malla numero 200 Q | ARENAS (Mas de la mitad de la fraccion gruesa pasa por la malla N° 4.) | GRAVAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas) | GW | Grava bien graduada, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos | Coeficiente de uniformidad Cu: mayor de 4. Coeficiente de curvatura Cc: entre 1 y 3. $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA GW. Limites de Atterberg arriba de la A o LP. menor que 4 Limites de Atterberg arriba de la A con LP. mayor que 7 $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, mayor de 6 $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, entre 1 y 3 No satisfacen todos los requisitos de graduacion para SW. Limites de Atterberg. Debajo de la línea A con LP. Menor que 4. Límite de atterberg arriba de la línea A con LP. Mayor que 7. | | | | |
| | | | GP | Grava mal graduada, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos | | | | | |
| | | GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de) | <table border="1"> <tr> <td>p</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>GM</td> <td>GU</td> </tr> </table> | p | | d | GM | GU | Gravas limosas, mezcla de gravas arena y limos |
| | | | p | d | | | | | |
| | | GM | GU | | | | | | |
| | | GC | Gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla | | | | | | |
| | ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas) | SW | Arenas bien graduadas, arenas con gravas, con poco o nada de finos | | | | | | |
| | | SP | Arenas mal graduadas arenas con gravas con poco o nada de finos | | | | | | |
| | ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de) | <table border="1"> <tr> <td>s</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>GM</td> <td>GU</td> </tr> </table> | s | d | GM | GU | Arenas limos, mezclas de arenas y limo | | |
| | | s | d | | | | | | |
| | GM | GU | | | | | | | |
| | SC | Arenas arcillosas mezcla de arena y arcilla | | | | | | | |
| SUELOS DE PARTICULAS FINAS Mas de la mitad del material pasa por la malla numero 200Q Las partículas de 0.074 mm. De diametro (la malla N° 200) son aproximadamente las mas pequeñas visibles a simple vista | LIMOS Y ARCILLAS Limite -Líquido menor de 50 | ML | Limos inorganicos polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos | EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS G - grava, M - Limo, O - suelo organico; W - bien graduado S - arenas; C - arcillas; Pt - turba; P - mal graduados L - baja compresibilidad; H - alta compresibilidad. | | | | | |
| | | CL | Arcillas inorganicas de baja o media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres | | | | | | |
| | | OL | Limos organicos y arcillas limosas organicas de baja plasticidad | | | | | | |
| | | LIMOS Y ARCILLAS Limite -Líquido mayor de 50 | MH | | Limos inorganicos, limos micaceos o diatomaceos, limos elasticos | | | | |
| | | | CH | | Arcillas inorganicas de alta plasticidad, arcillas francas | | | | |
| | | | OH | | Arcillas organicas de media o alta plasticidad, limos organicos de media plasticidad | | | | |
| | SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS | Pt | Turba y otros suelos altamente organicos | | | | | | |



Fuente: Carlos Crespo Villalaz. (1990), mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa S.A

**c) PRÓCTOR.**

Según Huanca, 1996; de conformidad a las normas establecidas, se desarrollaron el ensayo de PRÓCTOR, el cual se describe a continuación. Cada uno de los materiales utilizados, procedimientos y cálculos se especificarán por medio de los métodos explicados, tanto en la norma, como en las instrucciones teóricas de clase y los libros especializados en la materia.

Por medio de este ensayo se pretende obtener un dato teórico de la relación entre la humedad y el peso unitario de los suelos compactados en un molde la cual ayudará a obtener en un futuro un grado de compactación siendo ésta relacionada con lo anteriormente dicho respecto al terreno

Para la realización de este ensayo se utilizó material base granular B-200, el cual posee propiedades que lo hacen óptimo en la construcción de vías o edificaciones, por su alta resistencia al corte cuando es sometido a esfuerzos de compresión.

Estas propiedades se hacen mucho más efectivas, en el caso de la compactación del material. Este ensayo trata de simular las condiciones a las que el material está sometido en la vida real, bajo una carga estática y el desarrollo de estos cálculos provee información valiosa para que el ingeniero disponga cuales son las condiciones ideales de compactación del material y cual su humedad óptima.

c.1) Propósitos:

- Se determinará la relación entre la humedad y el peso unitario de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 2.5 kg (5.5 lb.) que cae desde una altura de 305 mm (12").
- Este método de ensayo se emplea para la determinación rápida del peso unitario máximo y de la humedad óptima de una muestra de suelo empleando una familia de curvas y un punto.
- El índice que se obtiene, se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.

d) PRÓCTOR MODIFICADO.

El término compactación se utiliza en la descripción del proceso de densificación de un material mediante medios mecánicos. El incremento de la densidad se obtiene por medio de la disminución de la cantidad de aire que se encuentra en los espacios vacíos que se encuentra en el material, manteniendo el contenido de humedad relativamente constante.

En la vida real, la compactación se realiza sobre materiales que serán utilizados para relleno en la construcción de terraplenes, pero también puede ser empleado el material in situ en proyectos de mejoramiento del terreno.

El principal objetivo de la compactación es mejorar las propiedades ingenieriles del material en algunos aspectos:

- Aumentar la resistencia al corte, y por consiguiente, mejorar la estabilidad, de terraplenes y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.
- Disminuir la compresibilidad y, por consiguiente, reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos y, por consiguiente, reducir la permeabilidad.
- Reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento.

Para medir el grado de compactación de material de un suelo o un relleno se debe establecer la densidad seca del material. En la obtención de la densidad seca se debe tener en cuenta los parámetros de la energía utilizada durante la compactación y también depende del contenido de humedad durante el mismo.

Las relaciones entre la humedad seca, el contenido de humedad y la energía de compactación se obtienen a partir de ensayos de compactación en laboratorio.

La compactación en laboratorio consiste en compactar una muestra que corresponda a la masa de suelo que se desea compactar, con la humedad calculada y en un molde cilíndrico de volumen conocido y con

una energía de compactación especificada. En la actualidad se presentan diferentes tipos de ensayos los cuales determinan el grado de compactación del material, entre otros se pueden encontrar los ensayos de: Método del martillo de 2.5 Kg, método del martillo de 4.5 Kg, Próctor modificado y el método del martillo vibratorio. Los primeros cuatro están basados en la compactación dinámica creada por el impacto de un martillo metálico de una masa específica que se deja caer libremente desde una altura determinada, el suelo se compacta en un número de capas iguales y cada capa recibe el mismo número de golpes. La compactación en el quinto ensayo está basada en la combinación de presión estática y la vibración. El suelo se compacta en tres capas iguales presionado fuertemente hacia abajo el compactador vibratorio durante 60 segundos en cada capa.

Los resultados obtenidos a partir del ensayo proporcionan una curva, en la cual el pico más alto dicta el contenido de humedad óptima a la cual el suelo llega a la densidad seca máxima. Por medio de los ensayos se a podido determinar que por lo general la compactación es más eficaz en los materiales bien gradados que contienen una cantidad de finos que en los materiales de gradación uniforme que carecen de finos.

d.1). Materiales:

- **Molde de compactación:** Los moldes deberán ser cilíndricos de paredes sólidas fabricados con metal y con las dimensiones y capacidades dadas. Deberán tener un conjunto de collar ajustable aproximadamente de 60 mm (2 3/8") de altura, que permita la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua de la altura y volumen deseado. El conjunto de molde y collar deberán estar contruidos de tal manera que puedan ajustarse libremente a una placa hecha del mismo material.
- **Martillo de compactación:** Un martillo metálico que tenga una cara plana circular de 50.8 ± 0.127 mm (2 ± 0.005 ") de diámetro, una tolerancia por el uso de 0.13 mm (0.005") que pese 2.495 ± 0.009 kg (5.50 ± 0.02 lb.). El martillo deberá estar provisto de una guía

apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 304.8 ± 1.524 mm (12.0 ± 0.06 " ó $1/16$ ") por encima de la altura del suelo. La guía deberá tener al menos 4 agujeros de ventilación, no menores de 9.5 mm ($3/8$ ") de diámetro espaciados aproximadamente a 90° y 19 mm ($3/4$ ") de cada extremo, y deberá tener suficiente luz libre, de tal manera que la caída del martillo y la cabeza no tengan restricciones.

- Horno de rotación 110 grados centígrados +/- 5 grados centígrados .Sirve para secar el material.
- Balanza con error de 1 gr., Sirve para pesar el material y diferentes tipos de recipientes.
- Recipientes, Es allí donde se deposita el material a analizar
- Tamices, Serie de tamices de malla cuadrada para realizar la clasificación No 4 y $3/4$

2.14. RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR.

2.14.1. ENSAYO DE CBR:

El objetivo del ensayo de CBR es establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, determinando la relación entre el valor de CBR y la densidad seca que se alcanza en el campo.

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y esta normado con el número ASTM D 1883-73.

Se aplica para la evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante. Algunos materiales de sub - bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda

que la fracción no exceda del 20%. Este ensayo puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado.

2.14.2. ENSAYO DE C.B.R. (Nch 1852)

El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kg./cm² (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, en ecuación, esto se expresa:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga Unitaria de Ensayo}}{\text{Carga Unitaria patrón}} \times 100$$

Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación son:

CUADRO No. 06
VALORES DE CARGA UNITARIA

| PENETRACIÓN | | CARGA UNITARIA PATRÓN | | |
|-------------|---------|-----------------------|---------------------|------|
| mm. | Pulgada | Mpa | Kg./cm ² | psi |
| 2.54 | 0.1 | 6.90 | 70.00 | 1000 |
| 5.08 | 0.2 | 10.30 | 105.00 | 1500 |
| 7.62 | 0.3 | 13.10 | 133.00 | 1900 |
| 10.16 | 0.4 | 15.80 | 162.00 | 2300 |
| 12.7 | 0.5 | 17.90 | 183.00 | 2600 |

Fuente: MTC, 2005

El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm(0,2”) es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo específico determinado utilizando el ensayo de compactación estándar. A continuación, utilizando los métodos 2 o 4 de las normas ASTM D698-70 ó D1557-70 (para el molde de 15.5 cm. de diámetro), se debe compactar muestras utilizando las siguientes energías de compactación:



**CUADRO No. 07
METODO DE COMPACTACIÓN PARA TIPOS DE SUELO**

| MÉTODO | | GOLPES | CAPAS | PESO DE MARTILLO |
|--------|------------------------|--------|-------|------------------|
| D698 | 2 suelos de grano fino | 56 | 3 | 24.5 |
| | suelos gruesos | 56 | 3 | 24.5 |
| D1557 | 2 suelos de grano fino | 56 | 5 | 44.5 |
| | 4 suelos gruesos | 56 | 5 | 44.5 |

Fuente: MTC, 2005

El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub. Rasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, la siguiente tabla da una clasificación típica:

**CUADRO No. 08
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA INFRAESTRUCTURA DE PAVIMENTOS**

| CBR | CLASIFICACIÓN GENERAL | USOS | SISTEMA DE CLASIFICACIÓN | |
|---------|-----------------------|----------------|--------------------------|------------------|
| 0 – 3 | Muy pobre | Subrasante | OH,CH,MH,OL | A5,A6,A7 |
| 3 – 7 | Pobre a regular | Subrasante | OH,CH,MH,OL | A4,A5,A6,A7 |
| 7 – 20 | Regular | Sub-base | OL,CL,ML,SC,SM,GP | A2,A4,A6,A7 |
| 20 – 50 | Bueno | Base, sub-base | GM,GC,W,SM,SP,GP | A1b,A2-5,A3,A2-6 |
| | Excelente | base | GW,GM | A1-a,A2-4,A3 |

Fuente: MTC, 2005

2.15 CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA.

Este ensayo proporciona un medio para comparar las densidades secas en obras en construcción, con las obtenidas en el laboratorio. Para ello se tiene que la densidad seca obtenida en el campo se fija con base en una prueba de laboratorio.

Al comparar los valores de estas densidades, se obtiene un control de la compactación, conocido como Grado de Compactación, que se define como la relación en porcentaje, entre la densidad seca obtenida por el equipo en el campo y la densidad máxima correspondiente a la prueba de laboratorio

Se determina la densidad in – situ de suelos.

- En algún material que pueda ser excavado.
- No usar en suelos que comprometan la salud.
- Se limita a suelos saturados y muy blandos o muy sueltos.

Su importancia del Uso:

- El método es ampliamente usado.
- Determina densidad depósitos naturales y terraplén.

2.16. ESTUDIO DE CANTERAS.

Uno de los factores más importantes que inciden directamente en la calidad de la obra, es el Estudio de Canteras, al evaluar una cantera para su uso como material de relleno y afirmado deberán tenerse en cuenta lo siguiente:

- Es importante determinar la cubicación del material de la cantera, se debe indicar el volumen disponible.
- Verificar la libre disponibilidad para la extracción del material de la cantera, se presentara documento que acredite la libre disponibilidad.
- Deberá especificarse el método de explotación de la cantera, para lo cual se debe presupuestar el equipo e insumos necesarios para su explotación. En caso que sea necesario el uso de explosivos se deberá hacer usando calambucos, así mismo el zarandeo del material de modo de eliminar material grueso mayor de 2".
- Se debe identificar los puntos de agua, los cuales deben tener un volumen suficiente para el riego en el compactado.
- En caso que el material de cantera no cumpla con los parámetros establecidos, el Proyectista deberá presentar alternativas de intercambio de material granular y/o ligante de acuerdo al caso, de modo que la graduación de la curva granulométrica este dentro de los rangos recomendados. En este caso deberá presupuestarse el batido con la Motoniveladora, además de un ancho adicional para este trabajo.
- El Proyectista deberá alcanzar el diseño del espesor del afirmado para lo cual se recomienda la siguiente formula:

$$E = \frac{100 + \sqrt{P} \left(75 + 50 \log \frac{IMD}{10} \right)}{CBR + 5}$$

Dónde:

E : Espesor total del afirmado expresado en cm.

P : Carga por rueda en toneladas del "vehículo tipo" asumido.



IMD : Índice Medio Diario.

CBR : Correspondiente a la sub rasante expresado en porcentaje.

- El Limite Líquido LL debe ser menor a 35%.
- El Índice Plástico debe estar comprendido entre los siguientes rangos:
8 < IP < 10 (Regiones Secas) y 6 < IP < 9 (regiones Lluviosas)
- Se recomienda que el porcentaje de finos debe ser como mínimo 8%.
- El CBR de la cantera debe ser como mínimo 50%.
- La Abrasión < 50% (Prueba de los Ángeles)
- Cuando el CBR del terreno de fundación sea menor al 5%, se deberá reemplazar el suelo se recomienda enrocar estos tramos.
- El CBR del afirmado debe ser mayor al CBR de la sub rasante.
- Se deberá presupuestar el ensayo de densidad de campo el cual deberá ser mayor al 95% del ensayo de compactación Proctor modificado.

2.16.1 CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DE LAS CANTERAS.

Los ensayos de laboratorio que se han efectuado de acuerdo a normas estándar, siguiendo las especificaciones del ASTM, AASHTO y MTC, son los siguientes:

**CUADRO No. 09
ESPECIFICACIONES GEOTECNICAS**

| ENSAYOS | ASTM | AASHTO | MTC |
|-------------------------|--------|--------|-------|
| Contenido de humedad | 0-2216 | | E-I08 |
| Análisis granulométrico | 0-422 | T-88 | E-204 |
| Limite líquido | 0-4318 | T-89 | E-IIO |
| índice de plasticidad | 0-4318 | T-89 | E-III |
| Peso específico | C-127 | T-85 | E-206 |
| Proctor Modificado | 0-1557 | T-180 | E-115 |
| C.B.R. | 0-1883 | T-193 | E-132 |

FUENTE: Ejecución Propia

De acuerdo a las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000) según el MTC, los ensayos fundamentales y sus Frecuencias para afirmado, mostrados en el siguiente cuadro.



CUADRO No. 10
ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

| MATERIAL O PRODUCTO | PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS | METODO DE ENSAYO | NORMA ASTM | NORMA AASHTO | FRECUENCIA 1 | LUGAR DE MUESTREO |
|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|---------------|----------------|-------------------|
| Afirmado | Granulometría | MTC E 204 | D 422 | T 27 | 1 cada 750 m3 | Cantera |
| | Limite de Consistencia | MTC E 111 | D 4318 | T 89 | 1 cada 750 m3 | Cantera |
| | Abrasión de los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 1 cada 2000 m3 | Cantera |
| | CBR | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | 1 cada 2000 m3 | Cantera |
| | Densidad - Humedad | MTC E 115 | D 1557 | T 180 | 1 cada 750 m3 | Pista |
| Compactación | MTC E 117 | D 1556 | T 191 | 1 cada 250 m3 | Pista | |
| | MTC E 124 | D 2922 | T 238 | | | |

FUENTE: Ejecución Propia

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de cantera; se efectuaran de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras el MTC (EM-2000) y son los siguientes:

CUADRO No. 11
ENSAYOS DE LABORATORIO DE CANTERAS

| ENSAYO | USO | AASHTO | ASTM | PROPÓSITO |
|-------------------------|---------------------|--------|-----------|---|
| Análisis Granulométrico | Clasificación | T88 | D422 | Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo |
| Limite liquido | Clasificación | T89 | D4318 | Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico |
| Limite plástico | Clasificación | T90 | D4318 | Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido |
| Índice plástico | Clasificación | T90 | D4318 | Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico. |
| Equivalente de Arena | Calidad Agregado | T176 | D2419 | Determinar rápida de la cantidad de finos en los agregados |
| Proctor Modificado | Diseño de espesores | T180 | D1557 | Determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad SECA del material. |
| CBR | Diseño de espesores | T193 | D1883 | Determina la capacidad de soporte del suelo, el cual permite inferir el módulo resiliente del suelo |
| Abrasión (Los Ángeles) | | T96 | C131 C535 | Cuantificación de la dureza o resistencia al impacto de los agregados gruesos. |

FUENTE: Ejecución Propia

También la misma norma señala que para afirmados se debe cumplir con los siguientes requisitos: Los materiales granulares para la construcción del afirmado deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas:

CUADRO No. 12

| PORCENTAJE DE GRANOLOMETRIA QUE PASA QUE PASA | | | | | |
|---|----------|----------|-----------------|---------|----------|
| Tamiz | A - 1 | A - 2 | Tamiz | A - 1 | A - 2 |
| 50 mm (2") | 100 | | 9.5 mm (3/8") | 45 - 80 | 65 - 100 |
| 37.5 mm (1 1/2") | 100 | | 4.75 mm (N° 4) | 30 - 65 | 50 - 85 |
| 25 mm (1") | 90 - 100 | 100 | 2.0 mm (N° 10) | 22 - 52 | 33 - 67 |
| 19 mm (3/4") | 65 - 100 | 80 - 100 | 4.25 um (N° 40) | 15 - 35 | 20 - 45 |
| | | | 75 um (N° 200) | may-20 | may-20 |

FUENTE: Ejecución Propia

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Limite Liquido 35 % max
- Índice de Plasticidad 4 – 9
- Desgaste de los Ángeles 50% max
- CBR 40% Min.

CUADRO No. 13
TIPOS DE CANTERAS.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Según el tipo de explotación | Canteras a Cielo Abierto: <ul style="list-style-type: none"> ➤ En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro. ➤ cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Pit) |
| Según el material a explotar | De materiales consolidados o roca. <ul style="list-style-type: none"> ➤ De Materiales no Consolidados como suelos, saprolito, agregados, Terrazas aluviales y arcillas |
| origen | ➤ Canteras aluviales, y Canteras de roca o peña |

Fuente: DIUNC, 2003.

2.17 EXPLOTACIÓN DE CANTERAS MUESTREADAS.

Según Herrera, 1999; es necesario ubicar materiales aparentes para su empleo en diferentes capas del pavimento y obras de arte, observándose todos los lugares donde existen materiales sedimentarios en el sub-suelo y en zonas que geológicamente pudieran ser fuentes de rocas en descomposición o de materiales granulares aparentes para la construcción del pavimento y de las obras definidas en un estudio.

2.17.1. EXPLOTACION DE MATERIALES DE CANTERA

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros. Por ser materia prima en la ejecución de estas obras, su valor económico representa un factor significativo en el costo total de cualquier proyecto (DIUNC, 2003).

a) Clases de Canteras.-

Es la de formación de aluvión, llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas; la dinámica propia



de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural. Dentro del entorno ambiental una cantera de aluvión tiene mayor aceptación en terrazas alejadas del área de influencia del cauce que directamente sobre él.

En las canteras de río, los materiales granulares que se encuentran son muy competentes en obras civiles, debido a que el continuo paso y transporte del agua desgasta los materiales quedando al final aquellos que tiene mayor dureza y además con características geométricas típicas como sus aristas redondeadas. Estos materiales son extraídos con palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos (DIUNC, 2003).

b) Materiales de cantera y sus usos más frecuentes.

Según Herrera, 1999; la utilización de los materiales en construcción de obras civiles, se conocen en el mercado diferentes tipos de productos: que son nombrados a continuación en el presente cuadro:

CUADRO No. 14

PRODUCTOS DE LA EXPLOTACIÓN DE CANTERAS

| | |
|-----------------|--|
| GRAVILLA | <p>Agregados de granulometría menor que los triturados; según su tamaño se clasifican en:</p> <p>Gruesa: diámetro 1.0–2.5 cm, se utiliza para conformación de base y mezcla Asfáltica en vías y concretos.</p> <p>Mediana: diámetro 0.7–1.0 cm, de igual utilización que la gruesa.</p> <p>Fina: diámetro 0.5 – 0.7 cm, se usa en ornamentación de pisos y fachadas o para Concretos y asfaltos.</p> |
| ARENA | <p>Es el agregado más utilizado en la construcción; sus usos más frecuentes son para morteros de cemento, pañetes, concretos simples y armados, bases de pisos, llenante en la construcción de vías y preparación de asfaltos; se clasifican en tres tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arenas naturales: son las extraídas de depósitos geológicos naturales. • Arenas de dragado: son las que se extraen de ríos, lagos o mares. • Arenas de trituración: son las resultantes del proceso de trituración de los Agregados gruesos. |
| RECEBO | <p>Es una mezcla de material areno-arcilloso que se utiliza tal y como sale de la explotación, es una tierra de buena calidad (no contiene materia orgánica) para ser utilizada en la construcción, se usa para afinado de pisos, para bases y sub bases de vías, en relleno y mejoramiento de terrenos para construcción; este material se obtiene especialmente de las explotaciones de peña.</p> |
| RAJÓN | <p>Es un material asimilable a un triturado ordinario, conformado por cáscaras o costras desprendidas de las piedras durante el proceso de elaboración de las mismas con formas y tamaños irregulares; es en realidad el producto del labrado de la piedra, se usa de forma similar a un triturado y sirve también como cuña para mampostería.</p> |

Fuente: HERRERA, 1999.

2.18 MUESTREO DE CANTERAS.-

El muestreo es tan importante como el ensayo, por lo que el muestreador debe tomar todas las precauciones necesarias para que la muestra resulte representativa de la fuente de abastecimiento.

De las canteras a explotar, se deben extraer muestras representativas en cantidad suficiente para realizar con ellas los ensayos de laboratorio correspondiente a fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de cada una de ellas.

2.18.1. PARÁMETROS A MEDIR EN CANTERA

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis granulométrico ▪ Límites de consistencia: <ul style="list-style-type: none"> – Límite líquido – Límite plástico ▪ Contenido de humedad | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Próctor modificado ▪ California bearing ratio (CBR) |

2.19. TERMINOLOGÍA UTILIZADA.

Badén

Estructura construida con piedra y/o concreto, permite el paso del agua, piedras y otros elementos sobre la superficie de rodadura. Se construyen en zonas donde existen quebradas cuyos flujos de agua son de tipo estacional.

Berma

Franja longitudinal comprendida entre el borde exterior de la superficie de rodadura y la cuneta o talud.

Bombeo

Inclinación transversal de la superficie de rodadura a ambos lados del eje del camino permite que el agua discurra hacia las zonas laterales; generalmente el bombeo de un camino varía entre 2% y 4%.

Cantera

Lugar donde existe material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de los caminos.

Calzada

Parte del camino vecinal destinado a la circulación de vehículos. Comprende la superficie de rodadura y las bermas.

Colmatación

Acumulación de material o de residuos sólidos en las estructuras de drenaje del camino (cunetas, zanjas de coronación, alcantarillas, pontones)

Cuneta

Canal construido al borde del camino que sirve para evacuar el agua proveniente de las precipitaciones pluviales. Generalmente es de forma triangular y debe mantener una pendiente mínima para que discurra el agua.

Desbroce

Acción de cortar y eliminar todo arbusto, hierba, maleza, vegetación que crezca en los costados del camino y que impida su visibilidad.

Desquinche

Acción de eliminar toda piedra, roca o material ubicado en el talud que presente signos de inestabilidad, evitando la caída de dichos elementos hacia las cunetas o superficie de rodadura.

Derrumbe

Desprendimiento y precipitación de masas de tierra y piedra, obstaculizando el libre tránsito de vehículos por el camino.

Derecho de Vía

Llamada también franja de dominio, es el área del terreno dentro del cual se encuentra el camino rural y sus obras complementarias y cuya propiedad corresponde al Estado.

Encauzamiento

Acción de dirigir una corriente de agua hacia un cauce determinado.

Muro de Contención o de Sostenimiento

Estructuras destinadas a garantizar la estabilidad de la plataforma o a defenderla de la acción erosiva de las aguas superficiales. Pueden ser construidos con piedra (muros secos) o concreto, sirven para contener los rellenos o para proteger la vía de eventuales derrumbes, en cuyo caso se construyen al pie de los taludes de corte en zonas inestables.

Obras de Arte

Estructuras construidas para permitir la evacuación de las aguas y/o asegurar la estabilidad del camino.

Pontón

Es una estructura de drenaje construida con piedra, madera o concreto a fin de permitir el paso del agua por debajo de la superficie de rodadura del camino. Generalmente la longitud libre entre apoyos es de 5 m a 10 m.

Superficie de Rodadura

Zona destinada al tránsito de los vehículos, recubierta por una capa de material de afirmado a fin de proporcionar una superficie uniforme de forma y de textura apropiada resistente a la acción del tránsito.

Tajea

Alcantarilla de pequeños dimensiones, trabajada en piedra, destinada a transportar aguas con fines de riego.

Talud

Inclinación o declive del terreno, se ubica a ambos lados del camino.

Zanja de Coronación

Canal ubicado en la parte alta de un talud a fin de amenguar el efecto erosivo del agua sobre el talud. (Fuente MTC).

GEMA

Es una herramienta para la gestión de mantenimiento que tiene como aplicativos Ficha, Formato y Matriz de Evaluación, para lograr una eficiente

labor en mantenimiento de vías.

El mantenimiento vial

En general, es el conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen el camino y de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico.

Alcantarilla

Estructura de drenaje construido de piedra, concreto, madera o tubería de acero, a fin recoger y evacuar el agua proveniente de las precipitaciones pluviales o de las quebradas, permite el paso del agua por debajo de la calzada del camino evitando su erosión. (Fuente: Libros de Geotecnia)

CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 UBICACIÓN.

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte noreste de la capital Puno, provincia de san Antonio de Putina y distrito de Pedro Vilcapaza, que tiene una área de 565.81 m².

3.1.1 UBICACIÓN COORDENADAS Y GEOGRÁFICA:

La Carretera Llache – Ayrampuni – Cala Cala de 17.640 Km, se encuentra localizado en la zona 19L, entre las siguientes coordenadas UTM:

CUADRO No. 15

| CARRETERA | PROGRESIVA | ESTE | NORTE |
|-------------------------------------|------------|------------|-------------|
| Llache - Ayrampuni - Alto Huaracani | 00+000 | 412166.300 | 8332168.900 |
| Tramo: Llache - Cala Cala | 17+640 | 399059.500 | 8341143.800 |

UBICACIÓN POLÍTICA:

- **Departamento:** Puno
- **Provincia:** San Antonio de Putina
- **Distritos:** Pedro Vilcapaza,
- **Localidades** :Llache, , Ayrampuni, San Jose, Ajjatira, Cala Cala.
- **Altitud:**El área de estudio estudio tiene una altitud máxima y mínima de 3933.30 y 3831.20 m.s.n.m. respectivamente.

3.1.2 ACCESO Y DISTANCIAS.

El acceso es por vía terrestre exclusivamente, desde Juliaca capital de la provincia de San Román por la Carretera Asfaltada que va por el Desvío Huancané hacia la ciudad de Putina, hasta el desvío denominado Llache, que constituye el Km 0+000 hasta cala cala.

CUADRO No. 16

| DESCRIPCION | | TIPO DE CARRETERA | DISTANCIA (KM) | TIEMPO DE VIAJE |
|--------------|--------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Puno | Juliaca | Asfaltado | 41 | 45 min |
| Juliaca | Dvo Huancane | Asfaltado | 50 | 50 min |
| Dvo Huancane | Dvo Llache | Asfaltado | 25 | 30 min |
| Dvo Llache | Cala cala | Afirmado | 17.64 | 18 min |



3.1.3 HIDROLOGIA.

El agua superficial es la que se almacena o se encuentra fluyendo sobre la superficie de la Tierra. El sistema de agua superficial interactúa continuamente con los sistemas de agua atmosférica y subsuperficial.

Análisis de elementos Meteorológicos.

a. Precipitaciones pluviales

La precipitación y la evaporación son los procesos meteorológicos más importantes en hidrología, los cuales actúan muy relacionados con el agua superficial.

El estudio de las precipitaciones servirá para averiguar la magnitud o intensidad por unidad de tiempo de duración, que determina el cuidado que se debe tener al carreteras planteando sistemas de drenaje por debajo de ellas y la frecuencia con que se presenta determinada tormenta bien definidas en sus características que a su vez determinan la seguridad que se da a la vía.

CUADRO No. 17
PROMEDIO ANUAL DE PRECIPITACIONES

ESTACION PUTINA

PARAMETRO: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)

| AÑOS | ENERO | FEB. | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | TOTAL |
|----------|--------|-------|--------|-------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1993 | 82.5 | 207.3 | 111.3 | 71.9 | 4.7 | 0 | 0 | 37.8 | 21.1 | 25.6 | 49 | 129 | 740.2 |
| 1994 | 232.1 | 83.5 | 99.7 | 75 | 2.6 | 5.2 | 1.9 | 0 | 52.9 | 114.4 | 103 | 24.5 | 794.8 |
| 1995 | 20.7 | 70.4 | 57.6 | 55.5 | 14.2 | 2.3 | 1.5 | 4.8 | 46.4 | 26.7 | 29.8 | 104 | 433.9 |
| 1996 | 318.9 | 330.1 | 223 | 44.4 | 18.3 | 4.2 | 3.7 | 25.5 | 0 | 157.5 | 68.8 | 96.2 | 1290.6 |
| 1997 | 130 | 337.6 | 123.3 | 90.7 | 24.9 | 27.3 | 0 | 8.2 | 40.1 | 32.7 | 123.5 | 134.2 | 1072.5 |
| 1998 | 145.1 | 251.1 | 221.2 | 105.8 | 0.1 | 0 | 5.2 | 12 | 42 | 4.2 | 9.2 | 131.5 | 927.4 |
| 1999 | 224.3 | 71.5 | 73.8 | 44.2 | 1.7 | 3.8 | 12.5 | 0 | 4.3 | 58.4 | 110.8 | 25.4 | 630.7 |
| 2000 | 213.2 | 73.5 | 228.9 | 72.9 | 23.3 | 0 | 0.3 | 0 | 20.5 | 70.5 | 45.5 | 99.1 | 847.7 |
| 2001 | 203.8 | 129.9 | 137.1 | 100.9 | 0 | 0.4 | 1.7 | 14.7 | 17.6 | 14.2 | 21.4 | 42.9 | 684.6 |
| 2002 | 167.2 | 22.4 | 59.9 | 43 | 12.1 | 54.7 | 0 | 11.8 | 10.1 | 107.9 | 94.5 | 63.2 | 646.8 |
| 2003 | 124.1 | 67.7 | 185.8 | 46.2 | 6.8 | 33.6 | 0 | 3 | 14.7 | 20.4 | 44.2 | 50.3 | 596.8 |
| 2004 | 66 | 89.7 | 15.7 | 38.8 | 0 | 0.5 | 2.3 | 42.2 | 0 | 34.4 | 29.4 | 55.1 | 374.1 |
| 2005 | 175.6 | 100.7 | 107 | 52.5 | 6.6 | 1.1 | 0 | 37.9 | 18 | 69.1 | 79.2 | 111.5 | 759.2 |
| 2006 | 180 | 183.1 | 113.3 | 116.2 | 29.9 | 0.4 | 0 | 0 | 18.3 | 36.6 | 52.6 | 73.2 | 803.6 |
| 2007 | 122.7 | 119.7 | 124 | 2.1 | 4.1 | 0 | 0 | 7.8 | 15.1 | 20.2 | 35.2 | 42.6 | 493.5 |
| 2008 | 252.7 | 130.5 | 60.8 | 76.3 | 0 | 0 | 2.9 | 12.8 | 0.8 | 10.4 | 88.3 | 118 | 753.5 |
| 2009 | 239.6 | 213.2 | 98.6 | 88.6 | 0.9 | 0 | 0 | 21.9 | 108.2 | 30.1 | 62.9 | 44.9 | 908.9 |
| 2010 | 196.4 | 115.5 | 135.3 | 116.2 | 0 | 4.9 | 0 | 4.3 | 4.5 | 26.9 | 43.9 | 58 | 705.9 |
| 2011 | 193.7 | 244.5 | 202 | 86 | 7.5 | 0 | 1.5 | 1.9 | 16.1 | 150.3 | 32 | 68.4 | 1003.9 |
| 2012 | 167.1 | 210 | 105.1 | 40.3 | 0.4 | 2.3 | 4.2 | 17.9 | 14.6 | 95.8 | 13.9 | 69 | 740.6 |
| MAXIMA | 318.9 | 337.6 | 228.9 | 116.2 | 29.9 | 54.7 | 12.5 | 42.2 | 108.2 | 157.5 | 123.5 | 134.2 | 1290.6 |
| MINIMA | 20.7 | 22.4 | 15.7 | 2.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.2 | 9.2 | 24.5 | 374.1 |
| PROMEDIO | 172.79 | 152.6 | 124.17 | 68.38 | 7.91 | 7.04 | 1.89 | 13.23 | 23.27 | 55.32 | 56.86 | 77.05 | 760.46 |

FUENTE: SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI, n = 20 años

15209.2

Según el análisis realizado el promedio de precipitación media anual caída es de 760.46 mm. Registrándose el año más lluvioso 1996 con

(1290.60mm) y lluvias mínimas menores de lo normal se registró en el año hidrológico de 2004 con 374.10 mm.

b. Temperatura.

La temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. A continuación presentamos los datos de Temperatura Media Mensual (1993-2012).

CUADRO No. 18
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

| AÑOS | ENERO | FEB. | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | MEDIA ANUAL |
|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 1993 | 10.4 | 9.5 | 9.4 | 8.2 | 6.8 | 5.1 | 5.6 | 6.3 | 8.3 | 9.7 | 10.5 | 9.8 | 8.3 |
| 1994 | 9.7 | 10.3 | 10 | 8.1 | 6.2 | 5.3 | 5.3 | 6.5 | 7 | 9.1 | 10.6 | 10.7 | 8.23 |
| 1995 | 11.7 | 11 | 11.5 | 10.5 | 8.4 | 7.1 | 7.4 | 7.3 | 7.5 | 9.2 | 10.3 | 10.5 | 9.37 |
| 1996 | 9.2 | 9.1 | 9.6 | 8.8 | 7.7 | 6.7 | 5.4 | 6.4 | 8.5 | 8.7 | 9.9 | 10.3 | 8.36 |
| 1997 | 9.6 | 9.2 | 9.7 | 9 | 7.8 | 6.3 | 5.3 | 7 | 7.2 | 9.6 | 9.7 | 10 | 8.37 |
| 1998 | 9.6 | 9.2 | 9.2 | 8.8 | 6.1 | 5.6 | 4.4 | 6.3 | 8 | 8.7 | 8.6 | 9.1 | 7.8 |
| 1999 | 10 | 9.8 | 9.4 | 9 | 8 | 6.2 | 5.8 | 7.2 | 7.4 | 8.4 | 9.6 | 10 | 8.4 |
| 2000 | 10.6 | 10.5 | 10 | 9.3 | 7.9 | 5.6 | 5.9 | 0 | 8.8 | 9.5 | 10.8 | 11.4 | 8.36 |
| 2001 | 9.6 | 9.4 | 9.3 | 8.6 | 7.3 | 0 | 5.3 | 7.1 | 9.1 | 9.4 | 10.3 | 10.2 | 7.97 |
| 2002 | 10 | 9.7 | 9.6 | 9 | 8 | 5.8 | 5.9 | 6.6 | 8.7 | 10 | 9.6 | 10.8 | 8.64 |
| 2003 | 10.2 | 10.5 | 9.9 | 9 | 7.1 | 5.4 | 5.6 | 6.7 | 7.8 | 9.7 | 9.9 | 10.5 | 8.53 |
| 2004 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.5 | 8.2 | 6.5 | 5.8 | 6.1 | 7.8 | 9.5 | 9.5 | 10.2 | 8.54 |
| 2005 | 9.6 | 9.5 | 9.5 | 9.6 | 8 | 5.9 | 7.2 | 7.5 | 8.4 | 9.2 | 9.7 | 10.5 | 8.72 |
| 2006 | 10.9 | 10.3 | 9.7 | 9.5 | 7.7 | 6.1 | 6.4 | 7.4 | 9 | 9.9 | 10.8 | 11.6 | 9.11 |
| 2007 | 11.1 | 10.1 | 10 | 9.9 | 8 | 6.5 | 7 | 7.6 | 9.1 | 10 | 10.9 | 10.9 | 9.26 |
| 2008 | 10.8 | 10.4 | 10.7 | 9.8 | 8.1 | 6.4 | 4.5 | 6.2 | 8.7 | 9.8 | 10.4 | 10.8 | 8.88 |
| 2009 | 9.75 | 9 | 8.9 | 7.55 | 7.05 | 5.95 | 6.85 | 6.9 | 8.95 | 9.9 | 10.6 | 12.15 | 8.63 |
| 2010 | 12.3 | 12.45 | 11.65 | 10.9 | 8.5 | 7.8 | 7.15 | 8.9 | 9.85 | 11.05 | 11.6 | 13.2 | 10.45 |
| 2011 | 11.05 | 10.35 | 10.35 | 9.9 | 8.25 | 6.7 | 7.85 | 8.7 | 9.65 | 10.45 | 11.15 | 11.95 | 9.7 |
| 2012 | 10.7 | 10.35 | 10.3 | 9.75 | 9 | 7.35 | 6.45 | 8.3 | 9.9 | 9.6 | 10.75 | 10.2 | 9.39 |
| MEDIA | 10.33 | 10.02 | 9.93 | 9.24 | 7.71 | 5.92 | 6.06 | 6.75 | 8.48 | 9.57 | 10.26 | 10.74 | 8.75 |

FUENTE: SENAMHI

C: Humedad Relativa.

La humedad expresa el contenido de vapor de agua de la atmósfera, vapor de agua que proviene de la evaporación que tiene lugar en los espejos de agua, en los suelos húmedos o a través de las plantas. La humedad es de interés por dos motivos por ser el origen de las aguas que caen por precipitación y porque determina en cierto modo la velocidad con que tiene lugar la evaporación. Las variaciones de la humedad relativa están en función de las variaciones termo pluviométrico de la zona en estudio, ya que la presencia de un alto o menor grado de vapor de agua en la atmósfera proviene en cierta magnitud de la evaporación como se indica en el primer párrafo.

CUADRO No. 19
DATOS METEOROLOGICOS DE HUMEDAD RELATIVA (%)

| AÑOS | ENERO | FEB. | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | MEDIA ANUAL |
|--------------|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 1993 | 51 | 53 | 65 | 45 | 39 | 41 | 45 | 42 | 41 | 51 | 47 | 56 | 48 |
| 1994 | 61 | 66 | 59 | 51 | 43 | 29 | 31 | 37 | 47 | 50 | 41 | 45 | 46.67 |
| 1995 | 62 | 53 | 57 | 50 | 32 | 32 | 36 | 37 | 37 | 40 | 40 | 48 | 43.67 |
| 1996 | 47 | 49 | 45 | 47 | 37 | 31 | 32 | 46 | 41 | 46 | 51 | 42 | 42.83 |
| 1997 | 64 | 65 | 62 | 49 | 42 | 39 | 35 | 32 | 42 | 42 | 36 | 48 | 46.33 |
| 1998 | 52 | 63 | 56 | 55 | 48 | 41 | 31 | 35 | 27 | 50 | 52 | 49 | 46.58 |
| 1999 | 59 | 65 | 65 | 62 | 39 | 33 | 36 | 37 | 44 | 38 | 51 | 57 | 48.83 |
| 2000 | 64 | 54 | 58 | 51 | 39 | 41 | 42 | 41 | 42 | 37 | 46 | 55 | 47.5 |
| 2001 | 66 | 58 | 61 | 56 | 48 | 38 | 40 | 41 | 42 | 48 | 47 | 46 | 49.25 |
| 2002 | 59 | 58 | 58 | 54 | 44 | 41 | 39 | 39 | 42 | 42 | 40 | 52 | 47.33 |
| 2003 | 59 | 50 | 50 | 51 | 41 | 44 | 33 | 40 | 37 | 40 | 38 | 38 | 43.42 |
| 2004 | 57 | 57 | 60 | 52 | 37 | 35 | 36 | 42 | 35 | 50 | 56 | 54 | 47.58 |
| 2005 | 54 | 50 | 43 | 40 | 30 | 40 | 36 | 40 | 40 | 40 | 39 | 41 | 41.08 |
| 2006 | 57 | 49 | 56 | 51 | 43 | 35 | 38 | 43 | 32 | 39 | 37 | 45 | 43.75 |
| 2007 | 57 | 59 | 60 | 60 | 49 | 38 | 36 | 39 | 24 | 48 | 51 | 54 | 47.92 |
| 2008 | 53 | 69 | 56 | 42 | 39 | 38 | 38 | 40 | 43 | 37 | 48 | 48 | 45.92 |
| 2009 | 61 | 65 | 61 | 62 | 42 | 31 | 34 | 35 | 42 | 44 | 47 | 53 | 48.08 |
| 2010 | 77 | 80 | 79 | 73 | 64 | 55 | 55 | 67 | 51 | 57 | 65 | 54 | 64.75 |
| 2011 | 59 | 62 | 44 | 53 | 37 | 46 | 42 | 46 | 53 | 60 | 65 | 52 | 51.58 |
| 2012 | 57 | 63 | 72 | 76 | 67 | 31 | 27 | 45 | 49 | 63 | 74 | 71 | 57.92 |
| MEDIA | 58.8 | 59.4 | 58.35 | 54 | 43 | 37.95 | 37.1 | 41.2 | 40.55 | 46.1 | 48.55 | 50.4 | 47.95 |

FUENTE: SENAMHI CP-708 Y PELT - PUNO N=20. AÑOS

Por tanto, la zona de estudio tiene un clima semejante al de cualquier zona de la serranía peruana, con épocas de sequía en los meses de mayo a setiembre y estaciones lluviosas de octubre a abril. La temperatura en algunas noches llega hasta el punto de congelación (heladas), durante las estaciones húmedas los días son más frescos y las noches menos frías. La denominación ecológica adoptada de Hoyas a gran altura es caracterizada por su baja temperatura que oscila entre los 6°C y 8°C, y ocasionalmente se ha registrado la temperatura por debajo de los 12°C bajo cero. (Fuente:SENAMHI)

3.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.-

La Geomorfología tiene como finalidad describir las formas del relieve y las condiciones geológicas, geotécnicas y geodinámicas del estudio que se

está realizando por lo que en la carretera, materia del presente estudio, se emplaza en las siguientes unidades geomorfológicas locales:

3.2.1. COLINAS.-

Son Geoformas positivas que caracterizan por presentar perfiles suaves y alturas más o menos uniformes, litológicamente están compuestas por rocas sedimentarias de areniscas cuarzosas, lodolitas, calizas y sus laderas cubiertas por materiales cuaternarios.

3.2.2. QUEBRADAS.

Presentan valles en forma de U, en las partes altas y que se ensanchan progresivamente hacia las penillanuras, así mismo estas unidades se observan pampas moderadamente no muy extensas, que conforman áreas de suave relieve con una superficie plana y está compuesta por sedimentos, coluviales, aluviales y de material cuaternario.

3.2.3. ZONAS DE PAMPAS.

Constituidas por amplias llanuras que toman la denominación de pampas, se caracterizan por ser planicies ligeramente onduladas, por donde atraviesa la carretera Llache - Cala cala, y los sectores son Llache, Tunila, Ayranpuni, San Jose, Ajjatira. (Fuente: Estudio Integrado del Sur)

3.3 GEOLOGÍA LOCAL.

La carretera Llache - Cala cala, que inicia desde el km 00+000 hasta el km 17.640 km de Longitud, y se han identificado las formaciones litológicas del tramo los depósitos aluviales (Q-al) constituidos de gravas y arcillas inconsolidados de granos de formas sub-redondeados; Depósitos residuales constituidos de gravas, arenas y limos con fragmentos de formas angulosas.

En el área de estudio afloran rocas sedimentarias cuyas edades están comprendidas entre mesozoico hasta la edad reciente. Las Rocas sedimentarias en el área de estudio se encuentran presentes en un porcentaje mayoritaria como se puede observar en los cerros de Cala cruz, Pichacani, Huertacucho y qaquen de Color gris parduzco, cuyos rocas están bien cristalizadas y los bloques se observan en bloques grandes.

3.3.1 FORMACIÓN HUANCANÉ.

Fue introducido por NEWELL (1945 – 1949), y el presente formación se expone una sección en el cerro Cala Cruz y en el cerro de Llache, con potencia estimada entre 100 a 200 mts con un buzamiento que varían entre 30° y 60°, que tiene la forma de espinazas lineares. La formación es dividida en tres unidades litológicas, con bancos de conglomerado, areniscas cuarzosas con estratificación cruzada y areniscas lajosas de color gris pardusco. (Fuente: Estudio Integrado del Sur)

3.3.2 FORMACIÓN MUÑANI.

La sección de este tipo de formación se ha mapeado por primera vez por NEWELL (1945 – 1949), se encuentra en el cerro de Huertacucho aproximadamente de unos 30 mts de espesor, constituido de areniscas anaranjados a marrón rojizo friables de grano grueso a fino con estratificación cruzada de canal y con desarrollo irregular de cuarzo secundario en algunos lugares la arenisca se halla completamente recristalizada a una cuarcita purpura azulina. También presenta intercalaciones subordinadas de limolita de color marrón rojizo de más de 10 mts de espesor. (Fuente: Estudio Integrado del Sur)

3.3.3 FORMACIÓN AYABACAS.

La sección de este tipo de formación se ha mapeado por primera vez por CABRERA la ROSA y PETERSEN (1936), se encuentra aflorando en el Km 176+280 km en el camino vecinal Llache – Cala Cala de aproximadamente de unos 50 mts de espesor, constituido de Bloques de extremadamente fracturados de color gris pardusco como se observa en la hacienda de Cala Cala intercaladas con areniscas de Formación Huancané.

3.3.4 FORMACIÓN AZÁNGARO.

Esta Formación fue descrita por NEWELL (1945 – 1949), como depósitos fluviales del río Azángaro que corresponde al mismo río de Putina y está compuesta por estratos poco densos de areniscas finas y limolitas de

color pardo a rojizo en bancos de 30 a 40 cm. La estratificación es sub horizontal, donde las características sedimentarias de esta formación indican un ambiente fluviolacustre y de llanuras de inundación. Los depósitos aluviales son como producto de la meteorización y erosión de los afloramientos y/o depósitos antiguos que han sido trasladados constantemente por la corriente de ríos principales y permanentes en las partes bajas en forma de terrazas, constituidas por gravas arenosas y gravas areno limosas, mal graduadas inconsolidadas con fragmentos redondeados a sub redondeados con matriz arenosa como se puede observar a lo largo del río de ayranpuni. (Fuente: Estudio Integrado del Sur)

Figura N° 04
Exposición de afloramiento de la formación Huancané



En el presente Imagen se observa la formación Huancané, en la forma que se presenta en el campo. Y el presente imagen corresponde al cerro de Cala cruz – Tarhuahuta del Distrito de Pedro Vilca Apaza.

**CUADRO No. 20
COLUMNA ESTRATIGRAFICA**

| ERATEMA | SISTEMA | SERIE | UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS | DESCRIPCIÓN | ROCAS ÍGNEAS | |
|--------------|-------------|---------------|---|---|--------------|---|
| CENOZOICA | CUATERNARIO | HOLOCENA | Dep. Palustrino Reciente | Limos y arenas | | |
| | | | Dep. Fluvial | Gravas, arenas redondeadas bien clasificados | | |
| | | | Dep. Aluvial 1 | Gravas subangulosas a subredondeadas mal clasificado en una matriz areno limosa | | |
| | | | Fm. Azángaro | Limos y arenas de grano fino, en capas delgadas, poco consolidadas | | |
| | NEÓGENO | | Gpo. Tacaza | Tufo alterado a sericita-carbonatos | | |
| | | | Gpo. Puno | Conglomerados con areniscas color bruno a marrón, en capas medianas a gruesas | | |
| | PALEÓGENO | | Fm. Auzangate | Lodolitas rojizas en capas medianas, laminadas, con niveles de arenisca roja de grano medio | | |
| | | | Fm. Vilquechico | Limolitas gris verdosas a gris oscuras y pardo amarillentas laminadas con niveles de arenisca cuarzoza blanquecina | | |
| | MESOZOICA | CRETÁCEO | SUPERIOR | Gpo. Mocho | Fm. Ayabacas | Olistolitos de calizas con lodolitas y areniscas calcáreas laminadas en capas delgadas |
| | | | | | | Lodolitas rojizas en capas delgadas a medianas con niveles de areniscas rojas, se observaba nivel delgado lenticular de caliza espática gris oscura |
| Fm. Huancané | | | | Areniscas cuarzosas, grano fino a medio en capas medianas, de color blanquecino a rosáceo, con estructuras de estratificación sesgada | | |
| JURÁSICO | | SUPERIOR | Fm. Muni | Lodolitas rojas a brunoáceas en capas delgadas con niveles de areniscas rojizas de grano grueso | | |
| | | | Gpo. Mitu | Conglomerados predominantemente líticos de calizas en una matriz arenisca de grano grueso | | |
| PALEOZOICA | PÉRMICO | SUPERIOR | Gpo. Tarma | Areniscas calcáreas con calizas hacia el tope, con presencia de fósiles | | |
| | | INFERIOR | Copacabana | | | |
| | DEVÓNICO | | Mbo. Superior | Areniscas cuarzosas de grano fino, en capas delgadas a medianas micásea, con niveles de pelitas gris | | |
| | | | Formación Chagrapí | | | |
| SILÚRICO | | Mbo. Inferior | Pelitas gris oscuras laminadas, con pizarras y niveles de areniscas cuarzosas grano fino en capas delgadas micáseas | | | |

UNIDAD
Chupa Tonalita porfírica
Cala Cala Tonalita porfírica

FUENTE: Elaboración propia

3.4 GEODINAMICA DEL AREA DE ESTUDIO.

La ubicación geográfica del Perú esta al frente de la subducción de la Placa de Nazca la que es causante de la actividad sísmica y volcánica, lo cual determina que nuestro país este sujeto a procesos geodinámicas como

deslizamiento, derrumbes, huaycos, aluviones, inundaciones, Sismo y Actividad volcánica.

El factor clima en sus diferentes variaciones de precipitación, temperatura, humedad y altitud, que influye en el drenaje superficial generando flujos de lodo y huaycos; por intenso intemperismo físico químicos generan inestabilidades en masas rocosas y en los depósitos inconsolidados.

3.4.1 GEODINAMICA INTERNA.

Es la interacción entre la placa de nazca con la placa continental sudamericana determinan la zona de subducción a lo largo de la costa del Perú; la cual producen reajustes corticales que originan el sismo y en nuestra región se genera heladas y/o granizadas.

En el área de estudio de acuerdo a la mapa de riesgos del Instituto Geofísico del Perú, no se observa con frecuencia si existe son de intensidades muy bajas, por lo que es probable que no existan influencias de proceso geodinámica interna.

3.4.2 GEODINAMICA EXTERNA

Son Procesos y evolución de los fenómenos de la geodinámica externa en el área de estudio y están condicionadas por los siguientes factores:

a) Inundaciones.-

Son los desbordes laterales de los ríos que cubren temporalmente los terrenos bajos adyacentes a sus riberas u orillas, llamadas zonas inundables el cual se produce en el área de estudio cuando existe fuerte precipitaciones pluviales las causas se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 21
CAUSAS DE INUNDACIONES

| | |
|---|--|
| - Obstrucción del lecho y desvío del agua fuera de su curso normal. | - Aumento considerable de caudal de los ríos mencionados por intensas precipitaciones Pluviales. |
| - Acumulación periódica de los materiales del río. | - Incremento del nivel de las aguas de un lago o laguna originado por las intensas precipitaciones pluviales |
| - Invasión de los terrenos dejados por el río. | |

FUENTE: *Elaboración propia*

3.5 IDENTIFICACION DE CARRETERAS DE LA PROVINCIA.

La Provincia de San Antonio de Putina, tiene como articulación o eje de desarrollo principal a 01 red vial de carácter Nacional la PE-34H, y 6 vías departamentales, a partir de estas vías se inician otros ejes o caminos de carácter vecinal que conducen a centros poblados principales.

La mayor parte de caminos vecinales que conforman la red vial vecinal de la provincia se encuentran en estado malo a muy malo y el tipo de superficie predominante Sin Afirmar.

CUADRO No. 22
PRINCIPALES REDES VIALES DE ARTICULACIÓN PROVINCIAL

| Tipo de eje | Tramos | | Extensión (Km.) | Situación de la vía | | |
|--------------|-------------------|---|---|--------------------------|------------------------|---------------|
| | | | | Superficie | Pavimento | |
| Longitudinal | Red Vial PE-34H | Emp. PE-3S (Juliaca) - Taraco -Huatasani - Putina - Ouilcapuncu - Abra Toco Toc | 182.74 | Asfaltada / Afirmada / | Transitable | |
| | Red Vial PU-104 | Emp. PE-34 B (Rosario) - Potoni - Carlos Gutierrez Alzamora - Crucero - Dv. Limbani - Pachani - Emp. PE-34 G | 51.46 | Afirmada | Transitable | |
| Longitudinal | Red Vial PU-110 | Emp. PE-34 H (Chaquiminas) - Ananea - Pampablanca - Apacheta - Emp. PU-109 (Suches) | 35.02 | Sin Afirmar | Transitable | |
| | Red Vial PU-109 | Emp. PE-34 H (Yanahuaya) - Purumpata - San Lorenzo - Quiaca - Sina - Lusuni - Abra Iscaycruz - Abra Callahuanca - Suches - Cojata - Vilque Chico - Emp. PE-34 I | 143.93 | Afirmada / Sin Afirmar | Transitable | |
| | Red Vial PU-111 | Emp. PE-34 B (Azángaro) - Primero - Pinqullane - Soquia - Muñani - Juraccuni - Picotani - Putupata - Moroccarca - Emp. PE-34 H (Quiscupunco) | 83.14 | Afirmada / Asfaltado | Transitable | |
| Longitudinal | Caminos Vecinales | Local | PU-507: Emp. PE-34H (Cuyocuyo) - Sect. Limata - Pta. De Carretera | 25.31 | Afirmada / Sin afirmar | Transitable |
| | | | R16: Emp. PU-603 (Tarucani) - Chijos - Emp. PU-111 (Chuquine) | 33.5 | Sin Afirmar | Transitable |
| | | | R17: Emp. PU-111 - Picotani - Emp. PU-111 | 25.38 | Afirmada / Sin afirmar | Transitable |
| | | | R17: Emp. R17 - Mina Cecilia - Emp. PU-104. | 24.28 | Sin Afirmar / Trocha | Transitable |
| | Troncal | PU-593: Emp. PU-111 (Dv. Collpani) - Cambria - Emp. PU-111. | 31.17 | Afirmado / Sin Afirmar / | Transitable | |
| Transversal | Caminos Vecinales | Local | PU-598: Emp. PE-34H (Cuyocuyo) - Sect. Limata - Pta. De Carretera | 25 | Afirmada - Sin Afirmar | Transitable |
| | | | PU-603: Emp. PE-34H - Santa Rosa de Uyune - San Francisco - Tarucani - (Dv. Pampa Grande) | 21.61 | sin Afirmar / Trocha | Intransitable |
| | | | PU-608: Emp. PE-34 H (Putina) - Cajanchaca - L. Prov. Azángaro. | 23.97 | Trocha | Intransitable |
| | | | R40: Emp. PE-34H (Dv. Pampilla) - Belen - Ccata Tihana - Peñazul | 24.22 | Sin Afirmar | Transitable |
| | | Troncal | PU-589: Emp. PE-34 H (Llachi) - Tunila - Desvío a Ayrampuni - Cala Cala - L. Prov. Azangaro | 26.34 | Afirmado / Trocha | Transitable |
| | | | R33: Emp. PE-34 H (Dv. Albarizani) - Chaparral - Santa Rita - Quenacani - Emp. PU-110 (Trapiche). | 36.73 | Sin Afirmar / Trocha | Transitable |

Fuente: Elaboración Propia.

3.6 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE MATERIAL DE CANTERAS.

3.6.1. PARA AFIRMADO.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante terminada, de acuerdo con la presente especificación, los lineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto. Generalmente el afirmado que se especifica en esta sección se utilizará en carreteras que no van a llevar otras capas de pavimento.

Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante el suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado.

Materiales de canteras de los agregados para la construcción del afirmado deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas:

CUADRO No. 23
REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA AFIRMADO

| Tamiz | Porcentaje que pasa | |
|------------------|---------------------|----------|
| | A-1 | A-2 |
| 50 mm (2") | 100 | --- |
| 37.5 mm (1½") | 100 | --- |
| 25 mm (1") | 90 – 100 | 100 |
| 19 mm (¾") | 65 – 100 | 80 – 100 |
| 9.5 mm (3/8") | 45 – 80 | 65 – 100 |
| 4.75 mm (N° 4) | 30 – 65 | 50 – 85 |
| 2.0 mm (N° 10) | 22 – 52 | 33 – 67 |
| 4.25 um (N° 40) | 15 – 35 | 20 – 45 |
| 75 um (N° 200) | 5 – 20 | 5 – 20 |

Fuente: M.T.C. - AASHTO M - 147

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles : 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido : 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad : 4 – 9 (MTCE 111)
- CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)
- Equivalente de Arena : 20% mín. (MTCE 114)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)

➤ **Calidad de los agregados**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras con las frecuencias que se indican.

**CUADRO No. 24
ENSAYOS Y FRECUENCIAS**

| Material o Producto | Propiedades y Características | Método de Ensayo | Norma ASTM | Norma AASHTO | Frecuencia (1) | Lugar de Muestreo |
|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|--------------|----------------------------|---------------------------|
| Afirmado | Granulometría | MTC E 204 | D 422 | T 27 | 1 cada 750 m ³ | Cantera |
| | Límites de Consistencia | MTC E 111 | D 4318 | T 89 | 1 cada 750 m ³ | Cantera |
| | Equivalente de Arena | MTC E 114 | D 2419 | T 176 | 1 cada 2000 m ³ | Cantera |
| | Abrasión Los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 1 cada 2000 m ³ | Cantera |
| | CBR | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | 1 cada 2000 m ³ | Cantera |
| | Densidad – Humedad | MTC E 115 | D 1557 | T 180 | 1 cada 750 m ² | Via |
| | Compactación | | MTC E 117 | D 1556 | T 191 | 1 cada 250 m ² |
| MTC E 124 | | | D 2922 | T 238 | | |

Fuente: M.T.C.

Si por su génesis existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

➤ **Compactación**

Las determinaciones de la densidad de la capa compactada se realizarán de acuerdo a lo indicado, y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar Las densidades individuales (Di) deben ser, como mínimo el cien por ciento (100%) de la obtenida en el ensayo próctor modificado de referencia (MTC E 115)

$$D_i \geq \% D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en ± 2.0 % respecto del Optimo Contenido de Humedad obtenido con el Próctor modificado. Para Subbase se admite como máximo ± 1.5

3.6.2. SUB BASE GRANULAR.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor. Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante el suministro, transporte, colocación y compactación de material de subbase granular.

Los agregados para la construcción de la subbase granular deberán satisfacer los requisitos indicados para dichos materiales. Además, deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla:

CUADRO No. 25
REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA SUB-BASE GRANULAR

| Tamiz | Porcentaje que Pasa en Peso | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm (2") | 100 | 100 | --- | --- |
| 25 mm (1") | --- | 75 – 95 | 100 | 100 |
| 9.5 mm (3/8") | 30 – 65 | 40 – 75 | 50 – 85 | 60 – 100 |
| 4.75 mm (Nº 4) | 25 – 55 | 30 – 60 | 35 – 65 | 50 – 85 |
| 2.0 mm (Nº 10) | 15 – 40 | 20 – 45 | 25 – 50 | 40 – 70 |
| 4.25 um (Nº 40) | 8 – 20 | 15 – 30 | 15 – 30 | 25 – 45 |
| 75 um (Nº 200) | 2 – 8 | 5 – 15 | 5 – 15 | 8 – 15 |

Fuente: M.T.C. - ASTM D 1241

La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m. La curva granulométrica SB-3 deberá usarse en zonas con altitud mayor de 3 500 m.s.n.m. Sólo aplicable a SB-1. Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

CUADRO No. 26
REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS ESPECIALES

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimiento | |
|-----------------------------------|-----------|------------|--------------|---------------|-------------|
| | | | | < 3000 msnm | ≥ 3000 msnm |
| Abrasión | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 50 % máx | 50 % máx |
| CBR (1) | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | 40 % mín | 40 % mín |
| Límite Líquido | MTC E 110 | D 4318 | T 89 | 25% máx | 25% máx |
| Índice de Plasticidad | MTC E 111 | D 4318 | T 89 | 6% máx | 4% máx |
| Equivalente de Arena | MTC E 114 | D 2419 | T 176 | 25% mín | 35% mín |
| Sales Solubles | MTC E 219 | | | 1% máx. | 1% máx. |
| Partículas Chatas y Alargadas (2) | MTC E 211 | D 4791 | | 20% máx | 20% máx |

Fuente: M.T.C.

Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm), La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

3.6.3. BASE GRANULAR.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una subbase, afirmado o subrasante, en una o varias capas, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto u ordenados por el Supervisor.

Granulometría.

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables) según una fórmula de trabajo de dosificación aprobada por el Supervisor y según

uno de los requisitos granulométricos que se indican en la Tabla Para las zonas con altitud de 3000 msnm se deberá seleccionar la gradación "A".

CUADRO No. 27
REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR

| Tamiz | Porcentaje que Pasa en Peso | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm (2") | 100 | 100 | --- | --- |
| 25 mm (1") | --- | 75 – 95 | 100 | 100 |
| 9.5 mm (3/8") | 30 – 65 | 40 – 75 | 50 – 85 | 60 – 100 |
| 4.75 mm (Nº 4) | 25 – 55 | 30 – 60 | 35 – 65 | 50 – 85 |
| 2.0 mm (Nº 10) | 15 – 40 | 20 – 45 | 25 – 50 | 40 – 70 |
| 4.25 um (Nº 40) | 8 – 20 | 15 – 30 | 15 – 30 | 25 – 45 |
| 75 um (Nº 200) | 2 – 8 | 5 – 15 | 5 -15 | 8 – 15 |

Fuente: M.T.C. - ASTM D 1241

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

La franja por utilizar será la establecida en los documentos del proyecto o la determinada por el Supervisor. Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa.

➤ **Agregado Grueso**

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla Nº 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes. Deberán cumplir las siguientes características:

CUADRO No. 28
REQUERIMIENTOS DE AGREGADO GRUESO

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos | |
|--------------------------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------------|
| | | | | Altitud | |
| | | | | < Menor de 3000 msnm | ≥ 3000 msnm |
| Partículas con una cara fracturada | MTC E 210 | D 5821 | | 80% min. | 80% min. |
| Partículas con dos caras fracturadas | MTC E 210 | D 5821 | | 40% min. | 50% min. |
| Abrasión Los Angeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 40% máx | 40% max |
| Partículas Chatas y Alargadas (1) | MTC E 221 | D 4791 | | 15% máx. | 15% máx. |
| Sales Solubles Totales | MTC E 219 | D 1888 | | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Pérdida con Sulfato de Sodio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | .-. | 12% máx. |
| Pérdida con Sulfato de Magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | .-. | 18% máx. |

Fuente: M.T.C.

La relación a emplearse para la determinación es: 1/3 (espesor/longitud)

➤ **Agregado Fino.-**

Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4 que podrán provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

3.7. CALIDAD DE LOS AGREGADOS.

De cada procedencia de los agregados y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción se determinarán los ensayos con las frecuencias que se indican en el cuadro correspondiente.. Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la Norma, se permitirá que a simple vista el material presente restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado se descartara.



**CUADRO No. 29
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS PARA - BASE GRANULAR**

| Material o Producto | Propiedades y Características | Método de Ensayo | Norma ASTM | Norma AASHTO | Frecuencia | Lugar de Muestreo |
|---------------------|--|------------------|------------|--------------|---------------------|-------------------|
| Base Granular | Granulometría | MTC E 204 | D 422 | T 88 | 7500 m ³ | Cantera |
| | Límite Líquido | MTC E 110 | D 4318 | T 89 | 750 m ³ | Cantera |
| | Índice de Plasticidad | MTC E 111 | D 4318 | T 89 | 750 m ³ | Cantera |
| | Desgaste Los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 2000 m ³ | Cantera |
| | Equivalente de Arena | MTC E 114 | D 2419 | T 176 | 2000 m ³ | Cantera |
| | Sales Solubles | MTC E 219 | D 1888 | | 2000 m ³ | Cantera |
| | CBR | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | 2000 m ³ | Cantera |
| | Partículas Fracturadas | MTC E 210 | D 5821 | | 2000 m ³ | Cantera |
| | Partículas Chatas y Alargadas | MTC E 221 | D 4791 | | 2000 m ³ | Cantera |
| | Pérdida en Sulfato de Sodio / Magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | 2000 m ³ | Cantera |
| | Densidad – Humedad | MTC E 115 | D 1557 | T 180 | 750 m ³ | Pista |
| | Compactación | MTC E 117 | D 1556 | T 191 | 250 m ² | Pista |
| MTC E 124 | | D 2922 | T 238 | | | |

Fuente: M.T.C.

O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

3.8 DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE.

El planeamiento de un sistema de drenaje superficial eficiente comprende dos fases: el análisis hidrológico y el diseño hidráulico.

Por lo tanto un buen diseño de drenaje, requiere una razonable exactitud en la predicción de las escorrentías máximas para determinados intervalos de ocurrencia.

La mayoría de las veces, como en el caso del presente estudio, el factor limitante es la carencia de información básica ya que no se cuenta con adecuada información de frecuencia, intensidad, duración de lluvias, etc,

para la zona en estudio, datos que son de suma importancia para la predicción de escorrentías máximas.

Los métodos usuales para dimensionar las alcantarillas son: Inspección de estructuras viejas existentes, aguas arriba o agua abajo.

Aplicación de fórmulas empíricas para determinar directamente el tamaño de la abertura requerida. La Aplicación de métodos para determinar la cantidad de agua que llega a la estructura y luego la aplicación de una expresión matemática para el diseño del tamaño adecuado para descargar dicho caudal.

El método práctico para determinar el tamaño y ubicación de las obras de arte, ha sido investigar las estructuras viejas existentes a lo largo del camino actual. Para este fin se ha realizado la observación directa en el campo de los máximos niveles de agua, la comparación con las estructuras existentes y luego la aplicación de la fórmula de Manning, tomando en cuenta lo siguiente:

$$Q_a = Q_d$$

Dónde:

Q_d = Descarga de diseño en $m^3/seg.$

Q_a = Capacidad de la obra en $m^3/seg.$

3.9 ESTRUCTURAS DE DRENAJE PROPUESTAS

Las estructuras propuestas para el drenaje superficial son las siguientes:

3.9.1 CUNETAS.

Se ha observado en el camino vial, la carencia total de cunetas (salvo en los primeros kilómetros), lo que perjudica la carretera durante el periodo de lluvias, por tal razón se ha proyectado la construcción de cunetas a todo lo largo del camino vial en ambos lados para que orienten las aguas hacia las alcantarillas, tomando en consideración que es una zona muy lluviosa y que los terrenos tiene poca pendiente. Las cunetas serán de 1.00 x 0.50 de forma triangular con revestimiento de concreto $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$.

3.9.2 ALCANTARILLAS.

Se proyectan para dar paso a los cursos de agua que se forman en las planicies por efecto de las lluvias y así evitar su estancamiento a los bordes del talud, así como, para eliminar el agua producto de las precipitaciones que son recolectadas por las cunetas. Las alcantarillas a construir son de tubería metálica corrugada TMC.

Se han proyectado alcantarillas en un espaciamiento mínimo de 500 metros, considerando las que también necesitan ser cambiadas.

CAPITULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 EVALUACION DEL PLAN VIAL PROVINCIAL.-

El presente trabajo de investigación tiene metodología de estudio de tipo correlacional, descriptivo, experimental para ello se ha realizado el análisis del Plan Vial Provincial Participativo de la siguiente manera:

Para cumplir con este objetivo se hace imprescindible contar con un Plan Vial Provincial Participativo a fin de tener presente la situación actual de la demanda y oferta vial (características y el estado en que se encuentran los caminos vecinales).

Las carreteras, se describen la ruta, población beneficiada (número de centros poblados y población atendida), tipo de camino (troncal, local o de acceso), ámbito de influencia (interdistrital o multidistrital); conexión vial (nacional, departamental o vecinal); tipo de transporte (vehículo ligero, transporte de pasajeros local y/o interprovincial, transporte de carga liviano y/o pesado). El tipo de rodadura es de tres clases: afirmada, sin afirmar y trochas carrozables, siendo el de mayor porcentaje las trochas y caminos sin afirmar, lo que no permite un fácil flujo vehicular. Esta infraestructura es deficiente, lo que impide prestar un buen servicio de transporte de carga, entorpeciendo de esta forma la intensificación de los flujos de comercialización entre los centros de producción, mayormente agropecuarios y los centros urbanos del distrito”.

El Provias Descentralizado identifica los nodos de desarrollo departamental y los clasifica en nodos de importancia alta, intermedia y baja. En este caso la provincia de San Antonio de Putina se ubica como nodo intermedia y alta, caracterizándola como centro de acopio agropecuario cuya producción es canalizada en Juliaca y Puno.

Respecto a la accesibilidad de la red vial, Provias descentralizado considera la red vial provincial de San Antonio de Putina con un nivel de accesibilidad B, debido a que no todas las áreas productivas y poblacionales están integradas al sistema vial.

4.2 INFORMACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL INVENTARIO VIAL

La Provincia de San Antonio de Putina muestra una red vial Registrado de un total de 58 vías, (Nacional, Departamental y Vecinal) con un total de 528.22 Km de longitud.

La red vial del Departamento de Puno es extensa, variada y mayormente el estado de sus carreteras es de Regular a Malo, comprende la región de la Sierra, en donde la red vial es variada debido a la heterogeneidad del suelo, clima, lluvias, humedad, hidrografía, etc.

Según el D.S. N° 036-2011-MTC el Departamento de Puno tiene registrado de la siguiente manera el cual muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 30

CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL / REGIONAL / PROVINCIAL

| AMBITO / RED VIAL | LONGITUD (KM) | ASFALTADO | | AFIRMADO | | SIN AFIRMAR | | TROCHA | |
|------------------------------|---------------|-----------|--------|-----------|--------|-------------|--------|-----------|--------|
| | | KM | % | KM | % | KM | % | KM | % |
| Perú | 78,127.00 | 10,189.00 | 13.04% | 18,533.00 | 23.72% | 13,809.00 | 17.68% | 35,596.00 | 45.56% |
| Nacional | 16,967.00 | 8,141.00 | 10.40% | 6,640.00 | 8.50% | 1,860.00 | 2.40% | 326.00 | 0.40% |
| Departamental | 14,251.00 | 1,106.00 | 1.40% | 6,015.00 | 7.70% | 4,291.00 | 5.50% | 2,839.00 | 3.60% |
| Vecinal | 46,909.00 | 942.00 | 1.20% | 5,878.00 | 7.50% | 7,658.00 | 9.80% | 32,431.00 | 41.50% |
| Puno | 9,980.16 | 1,269.91 | 12.72% | 2,301.91 | 23.06% | 2,106.49 | 21.11% | 4,301.85 | 43.10% |
| Nacional | 1,828.05 | 1,153.43 | 63.10% | 327.72 | 17.93% | 346.90 | 18.98% | 0.00 | 0.00% |
| Departamental | 1,864.04 | 93.32 | 5.01% | 1,328.64 | 71.28% | 284.72 | 15.27% | 157.36 | 8.44% |
| Vecinal | 6,288.07 | 23.16 | 0.37% | 645.55 | 10.27% | 1,474.87 | 23.46% | 4,144.49 | 65.91% |
| San Antonio de Putina | 523.81 | 50.70 | 9.68% | 158.34 | 30.23% | 226.66 | 43.27% | 88.11 | 16.82% |
| Nacional | 69.08 | 50.70 | 73.39% | 18.38 | 26.61% | 0.00 | 0.00% | 0.00 | 0.00% |
| Departamental | 142.51 | 0.00 | 0.00% | 105.66 | 74.14% | 36.85 | 25.86% | 0.00 | 0.00% |
| Vecinal | 312.22 | 0.00 | 0.00% | 34.30 | 10.99% | 189.81 | 60.79% | 88.11 | 28.22% |
| Vecinal no Registrada | 312.22 | 0.00 | 0.00% | 34.30 | 10.99% | 189.81 | 60.79% | 88.11 | 28.22% |

FUENTE: Elaboración propia

Los tramos en su mayor parte no cuentan con obras de arte y drenaje (cunetas, alcantarillas, tajeas, badenes, zanjas de coronación, muros de contención, muros de sostenimiento, pontones, puentes entre otros), que garanticen la transitabilidad en forma cómoda y segura.



CUADRO No. 31

INVENTARIO VIAL DE LA PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA

| Nº | Código de Ruta | Distritos | NOMBRE DE LOS CAMINOS VECINALES | CARACTERÍSTICA DE LA VÍA | | | | Tipo de camino | Ámbito de influencia | Conexión vial | TRANSPORTE | | |
|----|----------------|-------------------|--|--------------------------|-------------|------------|------------|----------------|----------------------|---------------|------------|-------|-------|
| | | | | Long. (Km.) | Ancho (m) | Superficie | Estado | | | | Ligero | Pasaj | Carga |
| 1 | PU-507 | Ananea | Emp. PE-34H - Sect. Limata | 3.58 | > a 6.00 m. | SA - A | Bueno | Local | Inter Prov. | Nacional | VL | IP | PE |
| 2 | PU-589 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PE-34 H (Llachi) - Tunila - - Cala Cala | 15.24 | < a 4.50 m. | T - A | MM - R - B | Troncal | Inter Prov. | Nacional | VL | IP | LI |
| 3 | PU-593 | Putina | Emp. PU-III (Dv. Collpani) - Cambria - | 24.47 | < a 4.50 m. | T - SA - A | M - R - B | Troncal | Inter Prov. | Departa. | VL | IP | LI |
| 4 | PU-594 | Ananea | Emp. PU-110 - Emp. PU-109 (Izcay Cruz). | 13.72 | > a 4.5 m. | Afirmado | Bueno | Local | Local | Departa. | VL | LO | PE |
| 5 | PU-595 | Ananea | Emp. PU-110- Rinconada - Cerro Lunar. | 10.15 | < a 4.50 m. | SA | MM - R | Local | Local | Departa. | VL | LO | PE |
| 6 | PU-598 | Sina | Emp. PU-109 (Sina) - Girigachi - Saqui. | 25 | < a 4.50 m. | SA | MM - M - R | Local | Local | Departa. | VL | LO | LI |
| 7 | PU-599 | Sina | Emp. PU-109 (Huayllami) - Korihuara. | 15.26 | < a 3.50 m. | SA | Regular | Local | Local | Departa. | VL | LO | LI |
| 8 | PU-600 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-589 (Ayrapuni) - Cala Cruz. | 5.69 | > 4.50 m. | T - SA | MM - R | Local | Inter Prov. | Vecinal | VL | IP | LI |
| 9 | PU-601 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-589 - Mayopunco. | 1.38 | < a 3.50 m. | T - SA | M - R | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 10 | PU-602 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-589 - Pichacani. | 5.09 | < a 4.50 m. | T - SA | Regular | Local | Inter Prov. | Vecinal | VL | IP | LI |
| 11 | PU-603 | Putina | Emp. PE-34H - Tarucani | 21.61 | < a 4.50 m. | T - SA - A | MM-R-B | Local | Interdistrital | Nacional | VL | LO | LI |
| 12 | PU-604 | Putina | Emp. PU-608 - Ichacalla - Coraya. | 3.43 | < a 3.50 m. | SA | Regular | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 13 | PU-605 | Putina | Emp. PE-III (Putina) - Bellavista | 19.64 | < a 4.50 m. | T - SA | MM - R - B | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 14 | PU-607 | Quilcapunco | Emp. PE-34 H - Combucó - Tisnahuayo | 16.25 | < a 4.50 m. | SA - A | M - R - B | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 15 | PU-608 | Putina | Emp. PU-604 (Putina) - Cajanchaca | 23.97 | < a 3.50 m. | Trocha | Muy Malo | Local | Inter Prov. | Vecinal | VL | IP | LI |
| 16 | PU-631 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PE-34 H - Vilacunca - Ayrapuni | 4.51 | < a 6.00 m. | T - SA - A | MM - R - B | Local | Inter Prov. | Nacional | VL | IP | LI |
| 17 | R01 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-631 (Ayrapuni) - Tupac Amaru. | 0.56 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 18 | R02 | Pedro Vilca Apaza | Mayopunco - San Ignacio de Mayopunco. | 1 | < a 3.50 m. | Trocha | Malo | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 19 | R03 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-589 (Ajatira) - Huertacucho. | 2.78 | < a 3.50 m. | T - SA | Regular | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 20 | R04 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-589 (Ajatira) - Nazacara. | 2.7 | < a 3.50 m. | T - SA | M - R | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 21 | R05 | Putina | Emp. PE-34H - Sachahuayco - Cala Cala | 18.33 | < a 3.50 m. | T - SA | MM - R | Local | Interdistrital | Nacional | VL | LO | LI |
| 22 | R06 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-589 (Ajatira) - Caquen. | 2 | < a 3.50 m. | T - SA | Regular | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 23 | R07 | Pedro Vilca Apaza | Emp. R06 (Desvío Caquen) - Sachahuayco. | 1.54 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 24 | R08 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-600 (Ayrapuni) - Mallaraya. | 0.67 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 25 | R09 | Pedro Vilca Apaza | Emp. PU-598 - Emp. PU-631 (Ayrapuni). | 1.12 | < a 3.50 m. | Afirmado | Bueno | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 26 | R11 | Putina | Emp. PU-605 - Bellavista | 1.88 | < a 3.50 m. | T - SA | MM - R | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 27 | R12 | Putina | Emp. PU-605 - Jalluraya. | 2.61 | < a 3.50 m. | SA | Regular | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 28 | R13 | Putina | Emp. PE-34H - Sombregoni - Emp. Pu-604 | 4.37 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 29 | R14 | Putina | Emp. PE-34 H - Queanuri - Huasunta. | 10.86 | < a 4.50 m. | T - SA | MM - R | Local | Inter Prov. | Nacional | VL | IP | LI |
| 30 | R15 | Putina | Emp. PU-112 (Dv. Jose Carlos Mariategui) | 3.75 | < a 3.50 m. | T - SA | M - R | Acceso | Local | Departa. | VL | LO | LI |
| 31 | R16 | Putina | Tarucani - Chijos - Emp. PU-III (Chuquine) | 33.5 | < a 4.50 m. | SA | MM - R | Local | Interdistrital | Vecinal | VL | LO | LI |
| 32 | R17 | Putina | Emp. PU-III - Picotani - Emp. PU-III | 25.38 | < a 6.00 m. | SA - A | R - B | Local | Interdistrital | Departa. | VL | LO | LI |
| 33 | R18 | Putina | Emp. R17 - Mina Cecilia - Emp. PU-104. | 19.16 | < a 3.50 m. | T - SA | MM - M - R | Local | Inter Prov. | Vecinal | VL | IP | LI |
| 34 | R20 | Putina | Emp. R19 (Picotani) - Emp. PU-III | 1.4 | < a 3.50 m. | Trocha | Muy Malo | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 35 | R22 | Quilcapunco | Emp. PE-34 H (Sector Sucuta) - Emp. R23. | 4 | < a 4.50 m. | T - A | R - B | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 36 | R23 | Quilcapunco | Huallapata - Pistuni - Janansaya | 11.09 | < a 4.50 m. | T - A | R - B | Local | Inter Prov. | Nacional | VL | IP | PE |
| 37 | R24 | Quilcapunco | Emp. R23 - Sector Iñucapata | 2.25 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Acceso | Inter Prov. | Vecinal | VL | LO | LI |
| 38 | R25 | Quilcapunco | Janansaya - Conthuyo - Aziruni | 5.38 | < a 3.50 m. | T - SA | Regular | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 39 | R26 | Quilcapunco | Emp. R25 - Conthuyo | 1.97 | < a 3.50 m. | SA | Regular | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 40 | R27 | Quilcapunco | Emp. R22 - Emp. R25 | 1.58 | < a 3.50 m. | SA | Regular | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 41 | R28 | Quilcapunco | Emp. PE-34H (Huallapata) - San Francisco | 8.34 | < a 3.50 m. | T - SA | Regular | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 42 | R29 | Quilcapunco | Emp. PU-607 (Quilca.) - Chingulla | 1.25 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 43 | R30 | Quilcapunco | Emp. PU-603 (Quilca.) - Buenos Aires. | 11.27 | < a 4.50 m. | T - SA | MM - R | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 44 | R31 | Quilcapunco | Emp. PE-34H - Emp. R30 (Buenos Aires) | 4 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 45 | R33 | Quilcapunco | Emp. PE-34 H (Dv. Albarizani) - Emp. PU-110 | 25.48 | < a 4.50 m. | T - SA | Regular | Troncal | Inter Prov. | Nacional | VL | IP | LI |
| 46 | R34 | Quilcapunco | Emp. R33 (L. Prov. Sandia) - Cantuma. | 1.46 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Acceso | Local | Vecinal | VL | LO | LI |
| 47 | R35 | Quilcapunco | Emp. PE-34 H - Tiriquine. | 8.5 | < a 3.50 m. | SA | M - R | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 48 | R36 | Quilcapunco | Emp. PE-34 H (Ticane) - Osopampa). | 1.66 | < a 3.50 m. | SA | Regular | Acceso | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 49 | R39 | Quilcapunco | Emp. PE-34 H (Ticane) - Condoaque | 18.48 | < a 4.50 m. | SA | R - B | Local | Interdistrital | Nacional | VL | LO | PE |
| 50 | R40 | Ananea | Emp. PE-34H (Dv. Pampilla) - Belen | 24.22 | < a 4.50 m. | SA | M - R | Local | Local | Nacional | VL | LO | LI |
| 51 | R41 | Ananea | Emp. R16 - Ajoyani | 8.27 | < a 3.50 m. | Trocha | M - R | Local | Interdistrital | Vecinal | VL | LO | LI |
| 52 | R42 | Ananea | Emp. R41 (Quehuita) - Sector Antacahua | 10.49 | < a 3.50 m. | Trocha | Regular | Local | Local | Vecinal | VL | LO | LI |

TOTAL

521.21

FUENTE: Elaboración propia



4.3 EVALUACION GEOTECNICA DE LA CARRETERA.

La evaluación geotécnica fueron elaborados como parte de las investigaciones geológicas y geotécnicas, con el objetivo de obtener la información necesaria para el desarrollo del estudio y ha comprendido los trabajos de: excavación de calicatas y determinación de las características físicas de canteras.

4.3.1 CALICATAS

Se perforaron un total de 76 calicatas para verificar el espesor del afirmado, cuyas características principales son las siguientes:

- Método : Manual
- Sección : 0.30 x 0.40
- Profundidad : 0.30 a 0.50
- Registro : Verificación del espesor del pavimento.

**CUADRO No. 32
CALICATAS DE VERIFICACIÓN DE ESPESOR DE PAVIMENTO**

| Progr. | Código | Espesor (m) | Observaciones | Progr. | Código | Espesor (m) | Observaciones |
|--------|---------|-------------|--|--------|---------|-------------|--|
| 0+000 | CA - 1 | 0.08 | En el presente trabajo de investigación se puede observar que en el camino vecinal que existe un espesor promedio remanente de afirmado de 0.08 m, para la ejecución de calicatas de exploración cada 250 m a lo largo de la vía, realizando éstas en zonas representativas de la misma. | 9+000 | CA - 37 | 0.13 | En el presente trabajo de investigación se puede observar que en el camino vecinal que existe un espesor promedio remanente de afirmado de 0.13 m, para la ejecución de calicatas de exploración cada 250 m a lo largo de la vía, realizando éstas en zonas representativas de la misma. |
| 0+250 | CA - 2 | 0.07 | | 9+250 | CA - 38 | 0.12 | |
| 0+500 | CA - 3 | 0.06 | | 9+500 | CA - 39 | 0.12 | |
| 0+750 | CA - 4 | 0.08 | | 9+750 | CA - 40 | 0.12 | |
| 1+000 | CA - 5 | 0.07 | | 10+000 | CA - 41 | 0.13 | |
| 1+250 | CA - 6 | 0.06 | | 10+250 | CA - 42 | 0.13 | |
| 1+500 | CA - 7 | 0.08 | | 10+500 | CA - 43 | 0.14 | |
| 1+750 | CA - 8 | 0.08 | | 10+750 | CA - 44 | 0.14 | |
| 2+000 | CA - 9 | 0.08 | | 11+000 | CA - 45 | 0.14 | |
| 2+250 | CA - 10 | 0.08 | | 11+250 | CA - 46 | 0.13 | |
| 2+500 | CA - 11 | 0.1 | | 11+500 | CA - 47 | 0.13 | |
| 2+750 | CA - 12 | 0.09 | | 11+750 | CA - 48 | 0.13 | |
| 3+000 | CA - 13 | 0.08 | | 12+000 | CA - 49 | 0.11 | |
| 3+250 | CA - 14 | 0.07 | | 12+250 | CA - 50 | 0.14 | |
| 3+500 | CA - 15 | 0.06 | | 12+500 | CA - 51 | 0.14 | |
| 3+750 | CA - 16 | 0.07 | | 12+750 | CA - 52 | 0.14 | |
| 4+000 | CA - 17 | 0.08 | | 13+000 | CA - 53 | 0.14 | |
| 4+250 | CA - 18 | 0.09 | | 13+250 | CA - 54 | 0.13 | |
| 4+500 | CA - 19 | 0.07 | | 13+500 | CA - 55 | 0.12 | |
| 4+750 | CA - 20 | 0.08 | | 13+750 | CA - 56 | 0.12 | |
| 5+000 | CA - 21 | 0.09 | | 14+000 | CA - 57 | 0.12 | |
| 5+250 | CA - 22 | 0.07 | | 14+250 | CA - 58 | 0.12 | |
| 5+500 | CA - 23 | 0.07 | | 14+500 | CA - 59 | 0.12 | |
| 5+750 | CA - 24 | 0.07 | | 14+750 | CA - 60 | 0.12 | |
| 6+000 | CA - 25 | 0.08 | | 15+000 | CA - 61 | 0.13 | |
| 6+250 | CA - 26 | 0.07 | | 15+250 | CA - 62 | 0.13 | |
| 6+500 | CA - 27 | 0.08 | | 15+500 | CA - 63 | 0.12 | |
| 6+750 | CA - 28 | 0.08 | | 15+750 | CA - 64 | 0.13 | |
| 7+000 | CA - 29 | 0.07 | | 16+000 | CA - 65 | 0.13 | |
| 7+250 | CA - 30 | 0.07 | | 16+250 | CA - 66 | 0.13 | |
| 7+500 | CA - 31 | 0.08 | | 16+500 | CA - 67 | 0.14 | |
| 7+750 | CA - 32 | 0.08 | | 16+750 | CA - 68 | 0.13 | |
| 8+000 | CA - 33 | 0.12 | | 17+000 | CA - 69 | 0.12 | |
| 8+250 | CA - 34 | 0.14 | | 17+250 | CA - 70 | 0.12 | |
| 8+500 | CA - 35 | 0.14 | | 17+500 | CA - 71 | 0.14 | |
| 8+750 | CA - 36 | 0.14 | | 17+640 | CA - 72 | 0.14 | |

FUENTE: Elaboración propia

4.4 DESCRIPCION GEOTECNICA.

La carretera en estudio presenta un estado de transitabilidad deficiente, ocasionado por el tránsito vehicular presente, las inclemencias meteorológicas acontecidas y a la propia acción del hombre, las que han venido deteriorando las características y niveles de servicio establecidas en la última rehabilitación de la carretera en estudio.

Se desarrolla en un terreno eminentemente plano, presentando en algunas cortas longitudes una topografía de tipo ondulada o escarpada; las pendientes presentes oscilan desde 0.05% hasta 11.28 %.

Presenta un Ancho de Superficie de Rodadura Promedio de 4.50 m, valor que fue obtenido siguiendo las recomendaciones del Instructivo citado, respecto a la medición de éste cada 50.00 m a lo largo de la vía. A lo largo de la vía vecinal en estudio se presenta deformaciones de tipo ahuellamiento, así como disgregaciones de tipo desprendimiento (pérdida de material fino), ocasionado por la poca resistencia de la capa de afirmado, la mala gradación de los materiales y un drenaje inadecuado. No se presentan otro tipo de daños en el afirmado.

De acuerdo a la evaluación del inventario vial el sector del Km 0+000 al Km 8+000 existe un espesor promedio remanente de afirmado de 8 cm, según el inventario vial del camino. Y en el sector del Km 8+000 al Km 17+640, así como en el desvío hacia Ayrampuni existe un espesor promedio remanente de afirmado de 13 cm, según el inventario vial.

4.4.1 EVALUACIÓN DE SUELOS DE FUNDACIÓN.

Exploración de Campo.

El propósito de la exploración del subsuelo es obtener información que pueda ayudar en lo siguiente: Conocer el tipo de suelo presente en la fundación, estimaciones de los posibles asentamientos en el terraplén, determinación de los problemas potenciales en la cimentación, suelos expansivos, suelos compresibles, establecimiento del nivel freático,

establecimiento de los métodos de construcción debido a cambios en las condiciones del subsuelo.

Para la exploración de los suelos de fundación se ha realizado mediante calicatas y/o trincheras en el terraplén existente, se realizó 34 calicatas a cielo abierto con profundidades variables desde 0.90 a 1.50 m.t.s. dependiendo de las referencias y criterios de muestreo, comportamiento de materiales, con un distanciamiento de las calicatas de dos calicatas por kilómetro, es decir cada 500 mts. Manejando un criterio de sondeo tanto en el lado izquierdo y derecho en forma ascendente, es decir el método aplicado es mediante la exploración carácter preliminar.

a) Ensayos de Laboratorio.

Con las muestras obtenidas, se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos y de propiedades físicas consistentes en: Análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, (Límite líquido y límite plástico), Índice de consistencia, índice liquidez, análisis de compresibilidad y expansión, humedades naturales, California Bearing Ratio (CBR), Proctor Modificado, clasificaciones SUCS, Clasificaciones AASHTO.

En el siguiente cuadro se presentan un resumen de los resultados de los ensayos realizados

b) Descripción de los Perfiles Estratigráficos.

Progresiva: 00+000 al 01+000.

Los suelos de fundación corresponden a suelos gravosos, identificados en la clasificación SUCS como GP, y en la clasificación AASHTO como A-1-a (0), de baja humedad y no plásticos. En la calicata del Km. 1+000 se presenta un estrato rocoso a 1.10 metros de profundidad. Habiéndose efectuado el ensayo de C.B.R. a estos suelos granulares encontramos que presentan una alta resistencia con valores que alcanzan el 68% al 95% de la Máxima Densidad Seca.

Progresiva:. 01+000 al 2+500.

El terreno de fundación de este tramo corresponden a los identificados como: Arenas Arcillosa, Limos con arcillas y Arenas Limosas, identificadas como CL-ML, SM y SC se acuerdo a la clasificación SUCS y A-2-6, , A-4 y A-6 según la clasificación AASHTO, de manera aislada se presenta en el Km. 2+260 al 2+380 ,por la formación de pequeñas cuencas , cuya parte baja forman planicies de escasa pendiente motiva en algunos casos la presencia de suelos marginales tipo bofedales y otros terrenos inertes fruto de descomposición de rocas sedimentarias con elevada humedad (arcillas de mediana plasticidad , nula consistencia y alta fluidez.

Los ensayos de C.B.R. de este sector presentan valores entre 9% y 13.0%, con una densidad máxima de 1.96 g/cm³, con una humedad optima de 11.42, de humedad, plasticidad media suelos de baja capacidad de soporte lo cual requieren mejoramiento.

Progresiva:. 02+500 al 5+500.

Los suelos de fundación de este tramo corresponden a los identificados como gravas arcillosas pobremente graduadas, arenas limosas y arcillas identificadas según la clasificación SUCS como GP, SM y CL, este último de manera puntual.

De acuerdo a los ensayos de C.B.R. encontramos que la grava pobremente graduada alcanza valores tan altos como 80.0% y la arcilla valores tan bajos como 6.8% ambos al 95% de la máxima densidad seca.

Progresiva: 05+500 al 17+640.

Los suelos de fundación de este sector corresponden a suelos granulares tales como gravas pobremente graduadas identificados según la clasificación SUCS como GP y según la clasificación AASHTO como un A-1-a. Estos suelos presentan humedad baja y son no plásticos. La resistencia de estos suelos es alta llegando a registrar según el ensayo de C.B.R. hasta 65.6% al 95% de la Máxima Densidad Seca.

Habiéndose efectuado la evaluación de los suelos de fundación que

conforman el terraplén existente tenemos sectores que requieren mejoramiento a nivel subrasante, pero al tener sectores rellenos en plataforma, tenemos el criterio de analizar los parámetros de índice de consistencia con ello determinaremos el grado de trabajabilidad del suelo, también es necesario determinar el índice de liquidez que nos dará el grado de susceptibilidad al colapso al absorber agua rápidamente. Mostramos los valores obtenidos en un cuadro de resumen de todos los sectores involucrados.

4.4.2. COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN.

Las arcillas presentan un Límite Líquido alto presentan problemas en su trabajabilidad si tiene alta humedad. Otros suelos granulares pero arcillosos pueden presentar problemas si tiene alta humedad ya que es difícil conseguir una uniformidad del suelo en estas condiciones además que no se puede conseguir la compactación adecuada por su condición blanda.

En cuanto al índice de liquidez obtenemos valores menores a uno, que no existe el colapso, Pero si la Humedad es menor que el Límite Plástico el valor resultante es negativo, indicativo que la consistencia del suelo es bastante seca y no se pueda amasar ni es trabajable. Un dato importante a partir de los valores del Índice de Liquidez es la resistencia del suelo. Tenemos que para arcillas con un Índice de Liquidez cercano a la unidad la resistencia está variando entre 0.8 y 1.5 Kg/cm² y aquellas con Índice de Liquidez cercanos a 0 la resistencia está entre 1 y 3.2 Kg/cm².

De acuerdo a los resultados obtenidos del potencial de expansión y la compresibilidad son muy importantes analizar estos suelos, sobre todo en terrenos de cimentación, tenemos cinco sectores con un potencial de expansión medio, con índices de plasticidades, de promedio de 18.5%, compresibilidad de 0.38 como promedio, evaluado como compresibilidad media lo cual no es apto, estos comportamiento persisten en las calicatas de los tramos finales.

Las características mecánicas de los suelos provenientes del ensayo de Próctor y con estos valores se han calculado la capacidad de soporte que

permitirá el diseño de la estructura de pavimento, el cuadro referido caracteriza los suelos hallados en función de este valor para su uso como fundación del pavimento a proyectar, la resistencia del suelo compactado se relaciona directamente con la densidad máxima en seco que se alcanza mediante la compactación.

El ensayo permite establecer la condición de los suelos para su uso como material de construcción de carreteras o su condición para establecer los valores requeridos para el diseño de espesores de vías; los valores encontrados de C.B.R, son desfavorables o de baja capacidad de soporte, siendo así la resistencia ofrecida menor a la supuesta, por presentar suelos inadecuados o suelos finos como arcillas , arcillas limosas, arenas arcillosas, con promedio de C.B.R de 6.4% a 12.7% al 95% de su densidad máxima obtenida, también debemos resaltar a suelos de alta capacidad de soporte como suelos granulares encontrados como gravas mal graduadas (GP), con promedio de C.B.R de 65.6% a 75.5% al 95% de su densidad máxima , y al 100% de su densidad máxima obtenemos 98.1% a 107.1%, con los valores obtenidos determinaremos los sectores de mejoramiento .

4.4.3 DETERMINACIÓN DE MEJORAMIENTO DE TRAMOS.

En base a los criterios antes mencionados y las características de los suelos que conforman el terraplén existente podemos determinar los sectores que requieren un reemplazo de material ya que el existente no cumple con las condiciones mínimas para proporcionar la estabilidad y resistencia a las exigencias del tráfico impuestas a esta plataforma.

Para el análisis primero se determinó las zonas en corte, ya que se pudo apreciar en el seccionamiento que la mayor parte de la longitud del tramo está conformada por relleno de terraplén, los cuales serán construidos con material de préstamo proveniente de la cantera con propiedades físico-mecánicas óptimas.

Para el mejoramiento de la subrasante se utilizaron en aquellas zonas donde se efectuaran rellenos de alturas considerables que se asentarán sobre suelos finos de características físicas y mecánicas de baja calidad, en este

análisis los más relevantes son aquellos tramos compuestos por suelos compresibles que sufrirán algún asentamiento después de aplicar la nueva carga, es decir el peso adicional del terraplén nuevo a construir.

4.5. COMPORTAMIENTO DEL SUELO A TEMPERATURAS BAJAS.

Los suelos compactados durante el tiempo de bajas temperaturas, muestran una baja trabajabilidad respecto a la cantidad de agua que tiene. La capa compactada adquiere una rigidez alta, mientras permanece bajo los efectos de congelamiento produciéndose superficies lisas con un alto contenido de agua.

Durante el proceso de compactación las ondas de vibración del rodillo se amplifican notoriamente en las proximidades de la zona compactada, debido al aumento de la rigidez del material. Se presentan micro fisuras en las capas compactadas afectadas por la helada, los mismos que al sufrir un proceso de deshielo, generan fisuras en uniones con otras estructuras, mostrando fuerzas que ejercen fuerzas sobre estructuras adyacentes.

Las capas compactadas que presentaron fisuras y un bajo porcentaje de compactación con respecto a la densidad máxima seca, fueron escarificadas, reemplazados y ejecutados nuevamente, cuidando la presencia de agua en exceso y teniendo en consideración la temperatura del medio ambiente, asegurándose que no está debajo de 5°C. La mezcla o dosificación del material de base, se realizaron durante periodos de temperaturas sobre los 5°C, siendo transportados en el momento del uso.

Las capas compactadas que pasaron el control de calidad, fueron protegidas por una capa de material, puesta en su superficie antes de que ocurra el descenso de temperatura, para su protección.

4.6. ANÁLISIS DEL SUELOS EN EL TRAMO DE ESTUDIO

4.6.1. ASPECTOS CLIMÁTICOS LOCALES.

En las zonas más altas se distinguen claramente se caracteriza por un ciclo térmico típico para alcanzar temperaturas desde 13°C bajo cero en horas de la noche, hasta 15 °C en el medio día. En la estación de lluvias se

registrar precipitaciones de 400 a 700 mm. En los meses de mayor incidencia, la precipitación media anual está entre los 500 a 1500 mm. También existe una disminución en la presión atmosférica entre los 21 % y 45 %, en relación a las medidas a nivel del mar.

4.6.2. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS LOCALES.

De acuerdo a su ubicación la mayor parte de la Meseta presenta una configuración plana, con un nivel freático que llega a muy altos niveles, es decir a muy poca profundidad.

4.6.3. ASPECTOS GEOTÉCNICOS LOCALES.

La meseta del altiplano en su mayor parte por suelos de origen aluvial, glacial conformados por limos, arcillas y arenas. Los suelos confortantes en la zona de estudio en ejecución son suelo limo arcilloso, que son altamente susceptibles al efecto del congelamiento, por la presencia del nivel freático en un promedio de 0.5 m. de profundidad.

4.7. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL SUELO.

En todo el altiplano se tiene el problema de congelamiento, se debe tener mucho cuidado en la ejecución de obras viales (carretera). Para ello se tiene las siguientes observaciones:

- Se deberá controlar la temperatura del material extendido antes de su compactación respectiva.
- Las capas compactadas que presenten fisuras y un bajo porcentaje de compactación con respecto a la densidad máxima seca, deberán ser escarificadas, reemplazados y ejecutados nuevamente, cuidando la presencia de agua en exceso y teniendo en consideración la temperatura del medio ambiente, asegurándose que no esté debajo de 5°C
- Los materiales de préstamo en zonas de congelamiento permanente deberán ser preparados con bastante atención, permitiendo así el deshielo y la excesiva cantidad de agua en el material de base.

- Para subrasantes, los suelos más peligrosos son aquellos que tienen la granulometría más fina y con presencia de agua, las arcillas poco plásticas, arena limosa son susceptibles con los que se deberá tener mucho cuidado en zona de congelamiento.

4.8 ANALISIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS CANTERAS

El análisis de las características geológicas de los suelos en la zona de estudio es realizado en la fase de los ensayos de mecánica de suelos de las muestras alteradas e inalteradas.

4.8.1 Ubicación de Canteras.-

El presente trabajo se refiere específicamente al estudio de materiales de canteras, y su Correspondiente diseño de mezclas, con la finalidad de obtener materiales apropiados para el afirmado del proyecto en mención, los mismos que son los siguientes: (Ver en Anexo N° 01)

CUADRO No. 33
UBICACIÓN DE CANTERAS Y SUS CARACTERÍSTICAS FISICAS

| CÓDIGO | C-1 | C-2 | C-3 | C-4 |
|--------------------------|--|---|--|---|
| ITEM | Cantera Km 6+590 | Cantera Km 14+380 | Cantera Km 1+600 | Cantera Km 15+400 |
| UBICACIÓN | Km 6+590 del camino vecinal en estudio | Km. 14+380 del camino vecinal en estudio | Km 1+600 del camino vecinal en estudio | Km 15+400 del camino vecinal en estudio |
| ACCESO | Lado Izquierdo de la Vía a 50 m | Lado Derecho de la Vía a 100 m | Lado Izquierdo de la Vía a 50 m | Lado Derecho de la Vía a 100 m |
| POTENCIA (m3) | Ilimitada | Ilimitada | Ilimitada | Ilimitada |
| RENDIMIENTO (%) | 80.00% | 80.00% | 80.00% | 80.00% |
| PARTICIPACIÓN (%) | 80.00% combinado con la Cantera Km 1+600 | 75.00% combinado con la Cantera Km 15+400 | 20.00% combinado con la Cantera Km 6+590 | 25.00% combinado con la Cantera Km 14+380 |
| USO | Material Granular | Material Granular | Material Ligante | Material Ligante |

FUENTE: Elaboración propia

4.8.2 SUELOS.

Los ensayos de mecánica de suelos, realizado en los laboratorios se han incluido los siguientes: Análisis Granulométrico, tamaño máximo, % de grava, % de arena, % pasante de malla N° 200, Limite Liquido, Limite Plástico, Índice de Plasticidad, clasificación SUCS y Clasificación AASHTO.



4.8.3 PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN IN SITU.

En el referido lugar a fin de obtener la información necesaria, se dispuso la ejecución de los siguientes trabajos de campo:

- Reconocimiento de la zona donde se ubica las canteras, sus accesos, potencia y otros, que presentan las mismas para su extracción conveniente de los materiales de préstamo.
- Evaluación general del tipo material que presenta las canteras y reconocimiento previo de sus características físicas, mecánicas y geotécnicas.
- Muestreo del material de las canteras de acuerdo a especificaciones y tomando lo más representativo, para efectuar los correspondientes ensayos de laboratorio.

4.8.4 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LAS CANTERAS:

Se describen lo siguiente:

**CUADRO No. 34
UBICACIÓN DE CANTERAS Y CARACTERISTICAS**

| | |
|--|--|
| <p>Muestra N° 01 Cantera Km 01 + 600 a 50 m acceso al Camino (Ligante)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material : Arcilla arenosa - Color : Marron Claro - Forma de Grava : Sub Angulosa - Pasante Malla 200 : Arcilla | <p>Muestra N° 02 Cantera Km 06 + 590 a 50 m acceso al Camino (Granular)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material : Grava Mezclado con Arena - Color : Gris - Forma de Grava : Sub Redondeada - Peso especifico : 2.62 - Pasante Malla 200 : Limo |
| <p>Muestra N° 03 Cantera Km 14 + 380 a 100 m acceso al Camino (Granular)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material : Grava Mezclado con Arena - Color : Gris - Forma de Grava : Sub Redondeada - Peso especifico : 2.62 - Pasante Malla 200 : Limo | <p>Muestra N° 04 Cantera Km 15 + 400 a 50 m acceso al Camino (Ligante)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material : Arena Arcillosa - Color : Marron Amarillento - Forma de Grava : Sub Angulosa - Peso especifico : 2.60 - Pasante Malla 200 : Arcilla |

FUENTE: Elaboración propia

(Ver en Anexo N° 01)

4.8.5 RESULTADO DEL ESTUDIO

En el Presente cuadro se indica se muestra las características Geotécnicas del Material Natural que presentan las canteras que se consideran:

**CUADRO No. 35
RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO**

| Cantera: | Km 01 +600 (Ligante) | Km 06 +590 (Granular) | Km 14+380 (Granular) | Km 15+400 (Ligante) |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Tamaño Máximo | 1/2 " | 2 1/2" | 2" | 2" |
| % de Grava | 2.88 | 58.94 | 55.69 | 15.79 |
| % de Arena | 21.98 | 36.92 | 41.07 | 37.89 |
| % pasante malla N° 200 | 75.14 | 4.14 | 3.24 | 46.32 |
| Límite líquido (%) | 33.40 | NP | NP | 35.47 |
| Índice de plasticidad | 13.09 | NP | NP | 12.37 |
| Clasificación SUCS | CL | GW | GW | SC |
| Clasificación AASHTO | A-4 (8) | AI-a (O) | AI-a (O) | A-6 (3) |
| Forma de grava | Sub-angulosa | Sub-redondeada | Sub-redondeada | Sub-angulosa |
| Potencia | Ilimitada | Ilimitada | Ilimitada | Ilimitada |

FUENTE: Elaboración propia

En el siguiente cuadro se muestra los resultados de las características geotécnicas, determinados mediante el diseño de mezclas de los materiales apropiados para la utilización en el afirmado:

**CUADRO No. 36
SELECCIÓN DE CANTERAS**

| CANTERAS: | Mezcla Km 1+600 (I) con Km 6+590 (4) | Mezcla Km 14+380 (3) con Km 15+400 (I) |
|------------------------|---|---|
| Tamaño Máximo | 1 1/2" | 1 1/2" |
| % de Grava | 41.01 | 41.83 |
| % de Arena | 39.97 | 43.66 _f |
| % pasante malla N° 200 | 19.02 | 14.51 |
| Límite líquido (%) | 24.54 | 26.50 |
| Índice de plasticidad | 5.06 | 6.10 |
| Clasificación SUCS | GM-GC | SM-SC |
| Clasificación AASHTO | AI-b (O) | A-2-4 (O) |

FUENTE: Elaboración propia

4.8.6 ENSAYOS DE SOPORTE.

Con el material de las canteras que se indican, específicamente para el afirmado, se han ejecutado los ensayos de Proctor modificado, C.B.R. y Abrasión, los resultados son los que se muestran en el siguiente cuadro: **(Ver en Anexo N° 01)**

**CUADRO No. 37
ENSAYOS DE SOPORTE**

| CANTERA | Mezcla: Km 1+600 -Km 6+590 Proporción 1: 4 | Mezcla: Km 14+380 -Km 15+400 Proporción 3: 1 |
|------------------------------|---|---|
| Densidad Máxima Seca (g/cc) | 2.07 | 2.1 |
| Contenido Óptimo de Agua (%) | 8.5 | 7.75 |
| C.B.R. al 95% de la DMS (%) | 48 | 52 |
| Abrasión (%) | 32.44 | 33.68 |

FUENTE: Elaboración propia

Análisis de capacidad de soporte (CBR) y Próctor del suelo.-

El comportamiento mecánico del suelo en obras viales está determinado, por el CBR (California Bearing Ratio) que es la relación de presión necesaria para producir la penetración de un pistón de 2.5 mm con referencia a la presión necesario para producir la misma penetración en un suelo de grava angulosa considerado patrón.

Para efectos de este estudio se realizaron 13 CBR, realizando la zonificación de tramos homogéneos para finalmente obtener el valor de mayor incidencia en el camino, cuyo cálculo obedeció a estadística de todos los ensayos de valor de soporte efectuados y la totalidad de los suelos encontrados. Para calcular el valor de soporte del terreno de fundación se ha efectuado los ensayos de California Bearing Ratio (CBR) a las muestras representativas de la carretera.

Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema SUCS y AASHTO se elaboró un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo a partir del cual se determinó los suelos que controlaran en diseño y se estableció el programa para los ensayos de CBR, referidos al 95% y 100% del MDS (Máxima densidad seca) y a una penetración de carga de 2.54mm. El valor de CBR se obtuvo por sectores homogéneos o sea por tramos, los resultados de los ensayos se adjuntan en los anexos:

4.8.7 PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LAS CANTERAS.

La dosificación está referida a la mezcla de material ligante procedente de la Cantera ubicada en el Km 1+600 (20.00%), combinado con el material granular (80.00%) de la Cantera ubicada en el Km 6+590 del camino vecinal en estudio. (Ver en Anexo N° 01)

La dosificación está referida a la mezcla de material ligante procedente de la Cantera ubicada en el Km 15+400 (25.00%), combinado con el material granular (75.00%) de la Cantera ubicada en el Km 14+380 del camino vecinal en estudio, Con más detalles se muestra en el siguiente cuadro de

propiedades físicos - mecánicos de cantera. (Ver en Anexo N° 01)

**CUADRO No. 38
PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE CANTERAS**

| CANTERA | CANTERA KM 6+590 | CANTERA KM 1+600 | MEZCLA | UNIDADES |
|----------------------------|---|--------------------------------------|------------------|----------|
| CODIGO | C-1 | C-3 | - | - |
| C.B.R. al 100% de la MDS | - | - | 64 | % |
| C.B.R. al 95% de la MDS | - | - | 48 | % |
| Proctor modificado | | | | |
| Máxima Densidad Seca (MDS) | - | - | 2.07 | grs./cm3 |
| Humedad Óptima % | - | - | 8.5 | % |
| Humedad Natural % | 2.32 | 16.78 | 7.85 | % |
| Límites de Consistencias | | | | |
| Límite Líquido | NP | 33.4 | 24.54 | % |
| Límite Plástico | NP | 20.31 | 19.48 | % |
| Índice de Plasticidad | NP | 13.09 | 5.06 | % |
| Granulometría | | | | |
| % pasa la malla N° 4 | 41.06 | 97.12 | 58.99 | % |
| % pasa la malla N° 10 | 32.03 | 95.1 | 49.88 | % |
| % pasa la malla N° 40 | 17.74 | 89.45 | 34.99 | % |
| % pasa la malla N° 200 | 4.14 | 75.14 | 19.02 | % |
| Piedra >2" | 0 | 0 | 0 | % |
| Clasificación AASHTO | A-1-a(0) | A-4(8) | A-1-b(0) | - |
| Clasificación SUCCS | GW | CL | GM-GC | - |
| Peso Específico Aparente | 2.62 | - | 2.62 | - |
| Abrasión | - | - | 32.44 | % |
| Uso Propuesto | Material Granular 80% | Material Ligante 20% | Rep. de Afirmado | - |
| Tratamiento | Zarandeo | - | - | - |
| Equipos de explotación | Tractor, cargador frontal, volquetes y zaranda. | Tractor, cargador frontal, volquete. | | |

FUENTE: Elaboración propia

4.9 FUENTES DE AGUA.-

Se ha muestreado dos fuentes de agua, el cual se muestra en el siguiente cuadro:

**CUADRO No. 39
UBICACIÓN DE FUENTE DE AGUA**

| N° | IDENTIFICACION | UBICACIÓN | ANCHO | RÉGIMEN |
|----|----------------|----------------------------|------------|------------|
| 1 | Río Ayrampuni | Margen Izquierda Km 6+590 | 15 m / 3 m | Permanente |
| 2 | Río Ayrampuni | Margen Izquierda Km 14+380 | 20 m / 3 m | Permanente |

FUENTE: Elaboración propia

4.10 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA.-

La Carretera Llache — Cala Cala de 17.640 Km forma parte de la Red Vial Vecinal de la Región Puno, la vía se inicia en el desvío denominado Llache teniendo como término la progresiva Km 17+640, en la que se emplaza la Hacienda Cala Cala.

4.10.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GEOMÉTRICAS

| | | |
|-----------------------------------|---|----------------------------|
| Velocidad Directriz | : | 25.00 Km/h |
| Derecho de Vía | : | 20.00 m en terrenos planos |
| Ancho total de calzada | : | 4.00 m – 5.00 m |
| Bombeo | : | 2.00 % |
| Radio Mínimo Excepcional | : | 12.53 m |
| Radio de Curvatura Mínimo Normal: | | 20.00 m |
| Pendiente Máxima | : | 11.28% |
| Pendiente Mínima | : | 0.50% |
| Peralte | : | 3.00 % - 6.00% |
| Cunetas | : | 0.50 m * 0.30 m |

4.10.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS.-

La zona de estudio tiene un clima semejante al de cualquier zona de la serranía peruana, con épocas de sequía en los meses de mayo a setiembre y estaciones lluviosas de octubre a abril.

4.10.3 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS.-

Se describirán todas las concisiones topográficas que encuentran las carreteras de las vías con mantenimiento rutinario, donde puede mencionar que el camino vecinal es una zona llana y ondulada. La carretera Llache Ayranpuni Calaca cala de 17+640 km de longitud, como referencia del presente estudio.

4.11 DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO GEOTECNICO DE CARRETERAS CON EL GEMA.

El diagnostico realizado para coadyuvar la transitabilidad de las vías vecinales en nuestra región y país, se debe de cumplir con las siguientes actividades geotécnicas de mantenimiento, que ayudara a la población usuaria de la zona rural a poder conectarse a los mercados de Juliaca y otros, transportando sus productos de la zona que producen y así reactivar mas la economía nacional. Las actividades que se deben de cumplir en cada uno de las carreteras son los siguientes:

4.12 ANALISIS SOBRE ELABORACION DEL APLICATIVO DEL GEMA.

La Gestión del Mantenimiento de carreteras se realizar con el aplicativo del GEMA, en el cual se demuestra las actividades ejecutadas en la vía los que se muestran en las Formatos, Fichas y Matrices, para llevar un adecuado seguimiento del cumplimiento de las actividades realizadas por el contratista lo cual a continuación se describe:

4.12.1 ÍNDICE MEDIO DIARIO IMD (Ficha N° 01).

En el presente ficha es para obtener el Índice Medio Diario (IMD) de vehículos que pasan por la carretera, para determinar el tipo de afirmado, los datos que se van a obtener es: Tramo, Ubicación, Mes, Día, y obtención de datos las 24 horas del día el cual se resumirá en la ficha N° 4 y en el Formato N° 4 para su evaluación en la matriz de evaluación, (ver el **cuadro N° 40** del anexo N° 02).

4.12.2 PRECIPITACIÓN DE LLUVIAS (Ficha N° 02).

En el presente ficha es para obtener la Precipitación Fluvial que se genera en el área de estudio, el cual ayudara determinar el material a utilizar para realizar mejoramiento y/o mantenimiento donde se encuentra la carretera, (Ver el **cuadro N° 41** del anexo N° 02).

4.12.3 RESULTADO DEL CONTROL DE SUPERVISIÓN (Ficha N° 03).-

El presente ficha es para obtener los resultados de los trabajos de las actividades del mantenimiento, y/o mejoramiento de la carretera, donde están establecidas todas las actividades geotécnicas que se ejecutan obteniendo en que km se ha realizado los trabajos y si cumplieron la meta establecida. Ver el **Cuadro N° 42** del anexo N° 02.

4.12.4 RESUMEN DE FICHAS (Ficha N° 04).

El Presente ficha es donde se muestra el resumen general de las Fichas N° 01 y 02, Ver el **cuadro N° 43** del anexo N° 02.

4.12.5 PUNTOS CRÍTICOS (Ficha N° 05).

El presente ficha es para hacer conocer los puntos críticos de la carretera, tramos que requieren que el material este adecuado o falta de compactación en la carretera el cual se obtiene realizando la supervisión de la vía en

ejecución. Ver el **cuadro N° 44** del anexo N° 02.

4.12.6 FORMATO DE CARGAS DE TRABAJO (Formato N° 01).

El presente formato esta elaborado para obtener la información de los trabajos que se realiza en cada uno de los kilómetros de la carretera y también el presente formato debe de ser elaborado para cada uno de los actividades realizadas ver el **cuadro N° 45** del anexo N° 02.

4.12.7 RESUMEN DEL FORMATO DE CARGAS (Formato N° 02).

El presente formato es elaborado para mostrar el resumen general de las actividades geotécnicas del mantenimiento de la carretera, ver el **Cuadro N° 46** del anexo N° 02.

4.12.8 PROGRAMACIÓN DE CARGAS DE TRABAJO (Formato N° 03).-

El presente formato establece el desglosamiento de las actividades de la programación del expediente de la obra por cada mes. Ver el presente **cuadro N° 47** en el anexo N° 02.

4.12.9 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE H.H. Y H.M. (Formato N° 4).

El presente formato esta elaborado para obtener información del resultado del trabajo mensual ejecutado en la carretera, y a su vez en el presente cuadro se demostrara el rendimiento de los trabajadores por cada uno de las actividades de mejoramiento y/o mantenimiento ejecutado, ver el **cuadro N° 48** del anexo N° 02.

4.12.10 RESUMEN DE HERRAMIENTAS Y PERSONAL. (Formato N° 5).

En el presente formato se establecerán la cantidad de personal y herramientas utilizados en la carretera, ver el **cuadro N° 49** del anexo N° 02.

4.12.11 MATRIZ DE EVALUACIÓN 1 y 2.

Es un formato estadístico para ver las curvas críticas de la ejecución de mantenimiento, ver el **cuadro N° 50 y 51** del anexo N° 02.

Por tanto es importante el uso del GEMA (Gestión de Mantenimiento), ya que en la actualidad los gobiernos locales no pueden realizar una adecuada supervisión de los trabajos ejecutado es por ello existen problemas sociales a nivel de la región.

CONCLUSIONES

1. En el presente estudio se identifican la formación litológica del tramo que está constituido por depósitos aluviales (Q-al) constituidos de gravas y arcillas inconsolidados de granos de formas sub-redondeados; Depósitos residuales constituidos de gravas, arenas y limos con fragmentos de formas angulosas, y las formaciones geológicas que se encuentran en el área de trabajo. En el área de estudio afloran rocas sedimentarias cuyas edades están comprendidas entre mesozoico hasta la edad reciente
2. Los suelos de fundación, en las Progresiva: 00+000 al 01+000, corresponden a suelos gravosos, identificados en la clasificación SUCS como GP, y en la clasificación AASHTO como A-1-a (0), de baja humedad y no plásticos. El terreno de fundación de este tramo de la Progresiva: 01+000 al 2+500 corresponden a los identificados como: Arenas Arcillosa, Limos con arcillas y Arenas Limosas, identificadas como CL-ML, SM y SC se acuerdo a la clasificación SUCS y A-2-6, A-4 y A-6 según la clasificación AASHTO
3. En la Progresiva: 05+500 al 17+640, los suelos de fundación de este sector corresponden a suelos granulares tales como gravas pobremente graduadas identificados según la clasificación SUCS como GP y según la clasificación AASHTO como un A-1-a. Estos suelos presentan humedad baja y son no plásticos. La resistencia de estos suelos es alta llegando a registrar según el ensayo de C.B.R. hasta 65.6% al 95% de la Máxima Densidad Seca.
4. Tenemos que para arcillas con un Índice de Liquidez cercano a la unidad la resistencia está variando entre 0.8 y 1.5 Kg/cm² y aquellas con Índice de Liquidez cercanos a 0, los suelos presentan resistencia está entre 1 y 3.2 Kg/cm².
5. El material de la cantera Km 01 + 600, corresponde a una conformación de suelos finos, específicamente arcilla arenosa de color marrón claro (CL), según AASHTO como A-4 (8), con ciertas partículas de grava fina, con un límite líquido de 33.40 % en la parte pasante la malla N° 40, Y un IP =13.09. Este material de acuerdo a sus características geotécnicas se le considera

como un material denominado ligante, que puede utilizarse en afirmados mezclado con materiales granulares.

6. El material de la cantera Km 06 + 590 (Material de río), corresponde a una conformación de suelos granulares, específicamente mezcla natural de grava con arena (GW), según AASHTO como A 1-a (O), de color gris, con grava de forma sub-redondeada, con índice de plasticidad NP. Este material de acuerdo a sus características geotécnicas es apropiado para la elaboración de concreto. Para afirmados es conveniente su uso mezclado con materiales que contienen suelos finos plásticos.
7. El material de la cantera Km 14 + 380 (Material de río), corresponde a una conformación de suelos granulares, específicamente mezcla natural de grava con arena (GW), según AASHTO como A1-a (O), de color gris, con grava de forma sub-redondeada, con índice de plasticidad NP. Este material de acuerdo a sus características geotécnicas es apropiado para la elaboración de concreto. Para afirmados es conveniente su uso mezclado con materiales que contienen suelos finos plásticos.
8. El material de la cantera Km 15 + 400, corresponde a una conformación de suelos granulares, específicamente arena arcillosa (SC) de color marrón amarillento, según AASHTO como A-6 (3), con partículas de grava de forma sub-angulosa, con un límite líquido de 35.47 % en la parte pasante la malla N° 40, Y un IP = 12.37. Este material de acuerdo a sus características geotécnicas puede utilizarse en afirmados mezclado con materiales granulares.
9. En el presente estudio se considera la importancia del uso de GEMA (Gestión de Mantenimiento), y los instructivos de Provias Descentralizado para mantenimiento vial rutinario de las carreteras, para el desarrollo de las diversas comunidades dentro de los cuales los beneficiados son los pobladores rurales con caminos que conecten a los diversos centros comerciales, aldeas y/o la red de vías clasificados de acuerdo al decreto de clasificador de rutas D.S. N° 036-2011-MTC. Para promover el comercio local en la provincia de San Antonio de Putina.

RECOMENDACIONES

1. Descostrar el material existente a nivel de rasante, el retiro de material superior a 4", luego mezclar el material logrado su convencimiento apropiado, para una buena compactación y desfilado final de acuerdo con las especificaciones, dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto y las instrucciones del supervisor.
2. Mejorar el rasante para obtener una superficie plana y colocar la capa de material de canteras, con espesor uniforme.
3. Compactación final con rodillo vibrante, hasta alcanzar un grado de compactación mínima del 100% del Próctor modificado.

BIBLIOGRAFIA

1. BOWLES J.E. Manual de Laboratorio de Suelos en ingeniería civil editorial itaigrad S.A. Bogotá
2. DAVILA BURGA J. Diccionario Geológico. Talleres Gráficos full grafic S.R.L.
3. DIUNC (2003) – Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, “Explotación de cantera, una alternativa económica y ambiental en zonas urbanas”. Colombia.350p.
4. GONZALES DE VALLEJO L. (2000) “Ingeniería Geológica”. Pearson Educación. Madrid España.715p.
5. HENRRI CAMBEFORT.- Geotecnia del Ingeniero – Reconocimiento de Suelos.
6. HERNÁNDEZ Sampieri y otros (1998) Metodología de la Investigación. ED. MC. Graw hill. Bogotá.
7. HERRERA A.R. (1996) “Diseño de explotación de canteras”. Editorial Madrid 578p.
8. HUANCA A.R. (1996) “Mecánica de suelos”. Editores - HB, segunda edición: Lima – Perú.
9. IMC (2004) – Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C., muestreo de agregados. 228p.
10. INGEMMET (1991) “Estudio Integrado del Sur”. Boletín N° 42, Lima – Perú.257p.
11. INGEMMET (Instituto, Geológico, Minero, Metalúrgico Boletín N° 55 Geología del Perú S.A.
12. INGEMMET (Instituto, Geológico, Minero, Metalúrgico Boletín N° 17 Dirección de Geotecnia Geodinámica e Ingeniería Geológica, Mapas de Zonificación de Riesgos Fisiográficos y Climatológicos del Perú (1997).
13. JUAREZ Badillo, Eulalio; (1996), “Mecánica de Suelos: Tomo I, II y III”, Editorial Limusa, México.
14. KRENINE D.P. JUDD W.R. Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros Omega S.A. Barcelona edición 1992.
15. LAHEE F.H. (1979) “Geología aplicada”. Quinta edición OMEGA S.A. Barcelona – España 498p.
16. MERITANO J. (1979), “Geología Para Estudiantes de Ingeniería”. Edición Diana. México. 262p.

- 17.M.T.C. (2008) “Mantenimiento de tramos críticos de la carretera empalme Juliaca – Huancané, tramo Km 04+824 al Km 57+000”.289p.
- 18.M.T.C. (2005) “Manual de ensayos de materiales para carreteras impreso por el programa rehabilitación de transporte Lima – Perú.234p.”
- 19.M.T.C. “Parámetros y elementos básicos de diseño, Lima – Perú”. 276p.
- 20.PROVIAS NACIONAL PUNO (2008) “Mantenimiento rutinario del tramo Juliaca - Huancané”. 246p.
- 21.RIVERA M. H. (2005), “Geología General”. Segunda edición. Lima – Perú.
- 22.MENÉNDEZ J.R. Año 2003, Oficina Internacional del Trabajo. Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario con Microempresas. Lima-Perú.
- 23.MTC, 2009 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima Perú.
- 24.MTC. 2000 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) Norma Especificaciones Generales. EG 2000. Lima Perú.
- 25.MTC. 2001 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) Norma Peruana de Diseño Geométrico. DG 2001. Lima Perú.
- 26.MTC. 2001 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) Manual de ensayos e Materiales para carreteras DG 2001. Lima Perú.
- 27.MARTINES V. A. 1990, Geotecnia para Ingenieros Principios Básicos, Volumen I CONCYTEC UNI Lima Perú.
- 28.TERZAGHI K. VALLE R.R. 1980, Mecánica de suelos Aplicada a la ingeniería Práctica.
- 29.LAMBE, William T. y WHITMAN, Robert V.; 1989, “Mecánica de Suelos”, Editorial Limusa, México.
- 30.KRYNINE P.D. JUDD W. - 1972 – Principios de geología y Geotecnia para Ingenieros, Traductor: Jose M. Rios. Tercera edición. Barcelona, España 828p.
- 31.MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (INGEMMET), “Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras”- Lima- Perú.
- 32.TESIS “Pavimentación del Acceso a Jallihuaya Ciudad de Puno”.
- 33.WRIGHT PAUL H. Y RADNOR J. PAQUETTE. “Ingeniería de carreteras” Editorial Limusa. 5ta. Edición.