

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**



**“ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA CARRETERA  
COYLLURQUI - CHAHUAY - ÑAHUINLLA -  
CHARCAS DEL DISTRITO DE COYLLURQUI”**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUGUSTO ALCIBIADES MÁRQUEZ IBARRA**

**Lima – Perú**

**2007**

**Dedicatoria:**

Dedico a esta tesis con todo cariño a mis padres que en todo momento han estado pendientes y en especial a mi esposa María por su paciencia, voluntad y apoyo diario contribuyendo a mi titulación profesional.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por haberme permitido, después de mucho tiempo retomar los estudios y poder culminar con la titulación.

Expreso mi agradecimiento a la Empresa J.J Tello Ingenieros Consultora y Constructora E.I.R.L, al Ingeniero German Tello Palacios y su personal por su constante apoyo para el desarrollo de la presente Tesis.

Mi agradecimiento a la Empresa C.A.A Ingenieros Consultores, al Ingeniero César Atala Abad y su personal por su apoyo brindado.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de la presente tesis.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1: GENERALIDADES</b>	<b>9</b>
1.1 Ubicación	9
1.2 Antecedentes	9
1.3 Aspectos generales	10
1.4 Objetivos del estudio	10
1.5 Características generales del área del proyecto	10
1.6 Obras a proyectarse	13
1.6.1 Movimiento de Tierras	14
<b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b>	<b>25</b>
2.1 Descripción del área del proyecto	25
2.2 Acceso al área en estudio	25
2.3 Clima y vegetación de la zona	25
2.4 Altitud de la zona	26
<b>CAPÍTULO 3: ESTUDIO TOPOGRÁFICO</b>	<b>27</b>
3.1 Datos generales	27
3.2 Trazo Geométrico	27
3.2.1 Alineamiento del Proyecto Geométrico	28
<b>CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGAS</b>	<b>32</b>
4.1 Objeto	32
4.2 Trabajos de campo	32
4.3 Resultados obtenidos	32
4.4 Cálculo del EAL	33
4.4.1 Utilizando el Estudio Conrevial – 84	33
<b>CAPÍTULO 5: ESTUDIO GEOLÓGICO</b>	<b>41</b>
5.1 Características geológicas	41



5.2 Geomorfología	41
5.2.1 Valles y Quebradas	42
5.3 Estratigrafía	42
5.4 Geología estructural	46
5.5 Geotectónica	46
5.6 Geodinámica	47
<b>CAPÍTULO 6: ESTUDIO DE GEOTÉCNIA</b>	<b>49</b>
6.1 Generalidades	49
6.2 Trabajo de campo	49
6.2.1 Calicatas	49
6.2.2 Muestreo y Registro de Exploración	56
6.2.3 Mediciones en longitudes de rocas macizas y semi-rocosas en los cortes de taludes.	56
6.3 Ensayos de laboratorio	57
6.3.1 Ensayos Estándar	57
6.3.2 Ensayos Especiales	62
6.3.3 Sistemas de Clasificación de Suelos	67
6.4 Perfiles Estratigráficos	88
6.4.1 Descripción de la conformación del subsuelo	89
6.5 Estabilidad de Taludes	97
6.5.1 Tipo de Fallas Comunes en los Taludes de las Vías Terrestres	98
6.5.2 Fallas en Laderas Naturales	98
6.5.3 Fallas Asociadas a Deformación Acumulativa	98
6.5.4 Flujo en Materiales Relativamente Secas	99
6.5.5 Fallas en Materiales Húmedos. Flujo de Lodos	99
6.5.6 Fallas Relacionadas a la Estabilidad de Taludes Artificiales	99
6.5.7 Conformación de los Taludes	101
6.5.8 Taludes de Cortes Adaptados	102
6.5.9 Análisis de Estabilidad	102
6.6 Canteras	102
6.6.1 Ubicación y Determinación de Canteras	103
6.6.2 Exploración y Muestreo de Canteras	103
6.6.3 Trabajos de Campo	104

6.7 Fuente de Agua	128
6.8 Diseño de Pavimentos	140
6.8.1 Objetivos	140
6.8.2 Métodos de Diseño Empleados	142
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>159</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>166</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>168</b>

**ANEXOS:**

**ANEXO I : MATERIAL FOTOGRÁFICO**

**ANEXO II : PLANOS**

- Planos de Ubicación de Calicatas y Perfil Estratigráficos
- Planos de Canteras

## RESUMEN

El presente trabajo está orientado a realizar estudios geotécnicos de carreteras tipo social de bajo volumen de tránsito, cumpliendo con el manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito y el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito, del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

**En el primer capítulo**, comprende las generalidades, indicando la ubicación, antecedentes, aspectos generales, objetivos, características generales del proyecto y las obras a proyectarse,

**En el segundo capítulo**, se indica la descripción del área del proyecto, acceso al área, clima y vegetación y la altitud de la zona en proyecto

**En el tercer capítulo**, se desarrolla aspectos generales del estudio topográfico y trazo geométrico.

**En el cuarto capítulo**, se realiza el estudio de tráfico, realizando el conteo de tráfico, en base a datos estadísticos representativos, con los correspondientes factores de corrección, obteniendo el IMD, origen y destino, propósito del viaje, productos transportados y proyección del tráfico a futuro, así como el combustible a utilizar.

**En el quinto capítulo**, se desarrolla el estudio geológico, determinando aquellos procesos que puedan afectar la infraestructura del proyecto, geomorfología, indicando las unidades geomorfológicas, estratigrafía, indicando los grupos y formaciones que afloran en la zona en estudio, que van desde la era del Mesozoico hasta la era del Cuaternario reciente, geología estructural, donde se aprecia las estructuras de suelos, rumbos, fallas, estructuras particulares de anticlinales y sinclinales, geotectónica, donde se ven las eras de los movimientos de plegamientos de los andes y geodinámica de la zona, como son los deslizamientos, derrumbes y desprendimientos de las rocas.

**En el sexto capítulo**, comprende el estudio geotécnico de la carretera en base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio estándar con fines de identificación y clasificación y ensayos especiales para realizar un diseño adecuado de la estructura del pavimento y así mismo verificar la calidad de las canteras y fuentes de agua a utilizar.

## **INTRODUCCIÓN**

El proyecto Minero Las Bambas, ubicado entre las provincias de Cotabambas y Grau (Apuímac), considerada como la inversión minera más importante de la primera década del siglo XXI, no solo ha significado para sus pobladores la posibilidad de tan ansiado progreso económico y desarrollo social, sino también presenta en la práctica un modelo de desarrollo sostenible, basado en principio de la inversión minera con responsabilidad ambiental y desarrollo social, un modelo que tiene por finalidad que el flujo de inversión social en esta zona donde se desarrolló el proyecto, continúe por muchos años con miras de revertir la pobreza característica principal de esta zona del país.

La empresa inversionista dentro de su plan de desarrollo ha considerado la construcción de carreteras de tipo social, que se construyen para fomentar el desarrollo nacional de los centros poblados y comunidades, que han permanecido marginados por falta de comunicación. La construcción de estos caminos se basa en el costo por habitante servido, calculado entre la relación costo de la obra y el número de habitantes.

Tiene una corona constituida por un solo carril presentando una estructura conformada por una capa de base, sub base y subrasante, preparada para resistir el tránsito y las condiciones naturales del ambiente. De acuerdo a las condiciones donde se construyen deben tener características (en especial el clima) que propicien los menores costos de conservación, sobre todo en lo que se refiere a la superficie de rodadura.

En general estos caminos utilizan pendientes y grados de curvaturas máxima para disminuir los costos.

## GLOSARIO

### **CAMIONES PESADOS (Heavy Trucks)**

Camiones con configuraciones mayores a dos ejes y 6 llantas. No se incluyen camionetas Pick Up, paneles, ni camiones ligeros de 4 llantas. Se incluye camiones de trabajo pesado con llantas de base ancha.

### **CAPACIDAD DE UNA VIA (Highway Capacity)**

Es la capacidad práctica de la carretera en términos del máximo número de vehículos de todos los tipos para los que la vía deberá ser geométricamente diseñada.

### **CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE 80 kN (18,000 lb) Single Axle Load (EAL)**

Es el efecto sobre el comportamiento de pavimento de cualquier combinación de cargas por eje de magnitud variada, equivalente al número de aplicaciones, de un eje simple de 18 kN (18,000 lb), requeridas para producir un efecto equivalente.

### **CARRIL DE DISEÑO (Design Line)**

Es el carril sobre el que se espera el mayor número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente de 80 kN (18,000 lb), normalmente, será cualquiera de los carriles en una vía de 2 carriles o el carril exterior de una vía de carriles múltiples.

### **EAL DE DISEÑO (Design Line)**

Es el número total de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 80 kN (18,000 lb) durante el periodo de diseño.

### **ESPESOR DE DISEÑO (Design Thickness)**

Es el espesor total de las capas determinadas en el diseño.

### **ESTUDIO DE CARGAS (Loadometer Study)**

Es un estudio para determinar el peso transportado por cada eje y el número de eje para cada tipo de camión.

### **FACTOR CAMIÓN (Truck Factor)**

Es el número de aplicaciones de cargas por el eje simple equivalente a 80 kN (18,000 lb) producida por una pasada de un vehículo.

### **MÉTODO DE ENSAYO PARA EVALUACIÓN DE MATERIALES (Materials Evaluation Test Methods)**

Ensayo de resistencia mecánica usados para evaluar materiales para el diseño de espesores de pavimentos.

- \* Relación Soporte de California CBR. Un ensayo empleado para evaluar bases, sub-base y subrasante para el diseño de espesores de pavimento.

### **PERÍODO DE ANÁLISIS (Análisis Period)**

Es el período de tiempo usado para realizar las comparaciones económicas entre diseños alternativos.

### **PERÍODO DE DISEÑO (Design Period)**

Es el número de años, desde la apertura del pavimento al tráfico hasta que condiciones geométricas u otras razones hagan al pavimento obsoleto.

### **SUBRASANTE (Subgrades)**

Es el suelo preparado para soportar estructuras del pavimento. Es la cimentación de la estructura del pavimento. También es denominada suelo de basamento o suelo de cimentación.

### **SUELO (Soil)**

Sedimentos u otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas producidas por la desintegración física o química de rocas con o sin materia orgánica.

### **CAMINO DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Se proporciona a la sección de diseño una categoría especial para el diseño de pavimentos sujetos a un número relativamente pequeño de cargas pesadas.

## **ABRASIÓN**

Desgaste mecánico de los agregados gruesos y rocas de la resultante de la fricción o impacto dentro de una máquina denominada los Ángeles.

**ABSORCIÓN:** Agua que es retenida en el suelo o roca después de 24 horas.

## **ADHESIÓN**

Resistencia al corte entre el suelo y otro material, cuando la presión que aplica externamente es cero.

## **AGREGADO**

Material granular duro de composición mineralógica, usada para ser mezclada en diferentes tamaños

## **AGREGADO FINO**

Agregado que pasa por el tamiz N° 4 (6.4mm)

## **AGUA ABSORBIDA**

Agua que es retenida mecánicamente en el suelo o roca.

## **ALUVIAL**

Suelo que ha sido transportado en suspensión por el agua, luego depositado sedimentariamente.

## **ANÁLISIS MECÁNICO**

Sirve para determinar la granulometría de un material a la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

## **CALICATA**

Que se realiza en el terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y obtener muestras disturbadas.

## **LA DESINTEGRACIÓN**

Es un proceso mecánico que divide las rocas en partículas pequeñas que conservan las propiedades físicas y químicas de la roca madre.



## **LA DESCOMPOSICIÓN**

Es aquel proceso por el cual la roca se transforma en un producto de diferentes propiedades físicas y químicas.

## **SUELOS RESIDUALES**

Son aquellos formados en el mismo sitio donde se encuentran actualmente o sea que prácticamente se hallan ubicados junto a la roca madre que los ha originado.

## **SUELO TRANSPORTADO**

Es aquel cuando agentes físicos han trasladado sus partículas y depositado en el sitio donde actualmente se encuentran. Un caso especial lo contribuyen los rellenos, que son depósitos de suelo hechos por el hombre.

## **DRENAJE**

Se ha tomado las precauciones en la guía para proporcionar ayuda para el diseño de los sistemas de drenaje subterráneo y para modificar las ecuaciones de diseño tomando en cuentas las mejoras en el comportamiento debido a un buen drenaje.

## **VEHÍCULO**

Artefacto de libre operación que sirve para transportar personas o bienes.

## **CARRIL**

Parte de la calzada destinada de una sola fila de carros.

## **CARRETERA**

Vía de tránsito en zonas no urbanas.

## **LOS DEPÓSITOS ALUVIALES**

Se encuentran en los lechos de los ríos y están constituidos por suelos gruesos generalmente. En las zonas aledañas en ocasiones inundaciones por desbordamiento del río, se encuentran gran variedad de suelos arcillosos y limosos.

## **LOS DEPÓSITOS GLACIARES**

Se presentan en zonas donde ha habido actividad glaciar y tiene como característica principal la heterogeneidad del tamaño de las partículas variando desde fragmentos de roca de varios metros de dimensión hasta polvo de décima de milímetro.

## **ROCAS SUELTAS**

No existe una frontera definida entre roca y suelos, sin embargo como el tránsito de roca a suelo es un proceso, se considera a las “rocas sueltas” como suelo.

## **CAPÍTULO 1 : GENERALIDADES**

### **1.1 Ubicación**

El tramo en estudio se encuentra ubicado en el Distrito de Coyllurqui, (Km. 0+00) y termina en el empalme con la carretera existente hacia el Distrito de Progreso, en el lugar denominado Charcas (KM 50+560), ubicado en el Distrito de Coyllurqui, Provincia de Cotabambas, Departamento de Apurímac.

Actualmente el tramo en estudio se encuentra a nivel de proyecto, por lo que no existe acceso vehicular presentando una topografía muy variada y accidentada.

### **1.2 Antecedentes**

Durante los últimos años el Perú atravesó un periodo de recesión, agravada por la crítica situación de orden público que impacto en toda la actividad económica del país. Las condiciones sociales y producción en general y particularmente en zonas rurales se han visto sumamente afectados por el deterioro de los accesos a las zonas productoras y poblaciones rurales, que dependen fundamentalmente de las carreteras o caminos vecinales de ámbito rural. Para encarar los problemas sociales y económicos de la zona y en particular para incrementar la calidad de vida de las poblaciones rurales y siendo la necesidad de contar con una carretera con vías de acceso en buen estado y segura, siendo el problema central la dificultad de trasladar sus productos agropecuarios para comercializar en los mercados de consumo y también realizar un intercambio comercial.

Al contarse con una infraestructura vial limitada, no pueden sacarse las cosechas de los terrenos cultivados por altos costos que demanda el transporte y el tiempo de pérdida al no usar en forma eficiente vehículos de carga por lo que en la actualidad lo realizan en forma restringida y a veces es preferible que se queden en la misma chacra, lo cual es perjudicial para la población de los centros poblados y anexos olvidados, como son el caso de los pobladores de Coyllurqui, Chahuay, Ñahuinlla, Charcas y otros centros poblados.

Con el proyecto se estaría creando el mejoramiento vial para que éstas Comunidades Campesinas y anexos, sean favorecidas en el intercambio comercial y contribuir al desarrollo social, cultural, económico logrando así el desarrollo moderno de las comunidades campesinas, anexos, caseríos involucrados.

### 1.3 Aspectos Generales

Los caminos cumplen una función vital en la articulación e integración territorial del país, al posibilitar la interconexión y comunicación entre las comunidades de pequeños, medianos y grandes centros de consumo, favoreciendo a la reducción del tiempo, costo del transporte de los productos y animales de la zona, comodidad y seguridad para las personas.

La función de esta vía es de gran importancia por estimular el progreso de regiones deprimidas económicamente, siendo un potencial productivo especialmente en minería que, por la carencia de carreteras permanecen sin explotar o con sistemas artesanales orientados básicamente a cubrir las necesidades mínimas de autoconsumo.

Para las zonas de Coyllurqui existen carreteras que se diseñaron con características Técnicas bien restringidas de baja velocidad con pendientes máximas, secciones reducidas, carencia de obras de drenaje y la construcción se ejecuta mediante de técnicas modestas de vía, en la cual influye la ubicación topográfica, climática y geológica adversas, escaso tránsito y carencia de recursos.

### 1.4 Objetivo del estudio

El objetivo principal del estudio es la elaboración de un informe Geotécnico que nos permite obtener una estructura de pavimento adecuada de acuerdo a las condiciones portantes del terreno y tráfico vehicular estimado. Así mismo, la verificación de la calidad de materiales de las canteras y fuentes de agua a utilizar en la carretera rural de bajo volumen de tránsito Coyllurqui, Chahuay, Ñahuinlla, Charcas; cumpliendo con las normas y manuales, exigidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### 1.5 Características generales del área del proyecto

#### Aspectos Físico-Geográficos<sup>1</sup>

La superficie territorial de Coyllurqui - Chahuay - Ñahuinlla - Charca, es de 313.85 Km<sup>2</sup> y se encuentra ubicado entre las cotas 3,000 m.s.n.m. (ciudad de Coyllurqui) y 4.400 m.s.n.m. (en la zona de Charcas).

---

<sup>1</sup> Cuadrángulo de Abancay, Andahuaylas y Cotabambas.

Especialmente, su territorio se encuentra ubicado en la región natural Janca o Cordillera, también denominado Sierra Alta, presentando principalmente características de zonas de vida correspondientes a la formación ecológica seca.

Geomorfológicamente, el relieve de la zona entre Coyllurqui - Charcas es de ondulado a empinado, constituido por lo general por suelos profundos de textura media a gruesa, además presenta influencia de materiales calcáreos o calizas y aparecen suelos un tanto fértiles.

El mayor potencial de los recursos naturales en el distrito lo constituyen los suelos aptos para cultivos permanentes de acuerdo al clima y altura de la zona, entre los cuales se siembra el maíz, trigo, haba, cebada, papa, pastos naturales, etc.; así como también suelos de protección forestal. Lo más importante de la zona es el potencial minero así como recursos hídricos de aguas subterráneas y superficiales, de régimen regulado (ríos y manantiales) de cauces permanentes formando el sistema hídrico.

#### DISTRITO DE COYLLURQUI

Población Total	:	4,200
Población Urbana	:	1,800
Población Rural	:	2,400
Población Total Hombres	:	1,600
Población Total Mujeres	:	2,600
Tasa Crecimiento Ínter censal (1981 - 1993)	:	0,5
Población de 15 años y más	:	1,100
Porcentaje de la población de 15 años y más	:	3,100

Fuente: **Censo 1993**

CUADRO N° 01

CENTRO POBLADO		
Centro Poblado	Habitantes	Familias
COYLLURQUI	4200	525
CHAHUAY	380	64
ÑAHUINLLA	420	70
CHARCAS	3000	600
<b>TOTAL</b>	<b>8120</b>	<b>1259</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Coyllurqui al 2020

### Aspecto Económico-Productivo:

Dependiendo del tipo de suelo con fines de agricultura, así como la ubicación estratégica del ámbito micro-regional, se han desarrollado las actividades agrícolas y de servicios, que estructuran básicamente la economía rural y urbana del distrito.

En el sector rural las técnicas de producción hasta hoy utilizadas, sin ninguna aplicación tecnológica, sembrando lo mismo sin rotación de productos han impedido y limitado la evolución de la agricultura, predominantemente de subsistencia, con vocación para cultivos permanentes de pastos naturales y transitorios como maíz, olluco, papa, y cítricos, etc.

De otro lado, en los principales centros urbanos predomina la actividad comercial y de servicios a nivel local e interdistrital; prestaciones de servicios de ventas de abarrotes, bares, restaurantes así como de servicios de carga y pasajeros.



**N° DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS, POR CONDICIÓN JURÍDICA Y TAMAÑO DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS DEL DISTRITO DE COYLLURQUI**

Tamaño de Unidad Agropecuaria con tierras	Total	Condición Jurídica del Productor		
		Persona Natural	Sociedad de Hecho	Comunidad ANDINA
Productores	512	495	15	2
Superficie (Ha)	7900.66	7492.16	405	3.5

Fuente. Plan de Desarrollo Coyllurqui al 2020,

**CAPACIDAD DE USO MAYOR – RENDIMIENTO DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DE COYLLURQUI**

N°	PRODUCTOS	SUPERFICIE COSECHA (Ha)	RENDIMIENTO TN/HA	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA TOTAL(TN)	PRECIO X UNID. CHACRA
1	MAIZ	285.08	0.65	185.00	2.00
2	CEBADA	201.45	0.86	169.00	0.25
3	TRIGO	126.37	0.47	59.00	0.55
4	HABA	81.75	0.86	70.00	0.45
5	PASTOS	68.25	0.95	65.00	0.41
6	PAPA	64.79	0.68	44.00	0.45
7	QUINUA	52.25	1.00	52.00	0.33

Fuente: Plan de Desarrollo Coyllurqui al 2020,

### 1.6 Obras a proyectarse

La construcción de la carretera involucra movimiento de tierras, obras de artes y drenaje; tales como cunetas, alcantarillas, pontones y badenes.

## 1.6.1 Movimiento de Tierras<sup>2</sup>

### a. Corte de Material Suelto

Se considera material suelto, aquel que se encuentra casi sin cohesión y puede ser trabajado a lampa y pico o con un tractor para su desagregación, dentro de este grupo están las arenas, tierras, vegetales, arcillas, conglomerados o mezclas de ellos.

Cuando las viviendas o zonas de cultivo, están cercanas a las excavaciones para evitar alteración del estado del material, se deberá realizar el corte en material suelto, los taludes y plataformas de corte serán terminados dentro del proceso de ejecución mediante el desquinche. El supervisor, aprobará todo o en parte el equipo o el método de construcción del residente para la ejecución de los trabajos en corte de material suelto. El contratista, realizará los trabajos a lo largo de los trazos y niveles indicados en los planos y de acuerdo a las indicaciones del supervisor.

El material excavado que sea útil para la construcción de terraplenes o rellenos en general, será transportado hasta el lugar de utilización y la eliminación de material de corte será ubicado en zonas escogidas por el ingeniero especialista del medio ambiente.

El residente tendrá las precauciones contra los derrumbes y deslizamientos, asimismo, no dañará la plataforma por el accionar de su equipo.

### b. Corte en Roca Suelta (Perforado y Disparado)

Se considera como roca suelta aquel material para que su desagregación requiriere el empleo moderado de explosivos o uso de tractor con Nipper, en esta clasificación se encuentra los conglomerados, rocas descompuestas, arcillas duras y rocas sedimentarias.

El equipo necesario para la excavación será:

- Mecha naranja
- Fulminante
- Dinamita
- Barreno de 1½" x 3 pies

---

<sup>2</sup> Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Caminos.



El residente está obligado a informar cualquier daño, accidente y perjuicio de cualquier clase que ocasione el uso de explosivo, así mismo, será obligación enterarse de las disposiciones legales vigentes sobre adquisición, transporte y manejo de explosivos y tomará las previsiones del caso asegurando el suministro continuo.

Los taludes y plataformas de corte, serán terminados dentro del proceso de ejecución, mediante el desquinche. El supervisor aprobará el método de construcción que presente el residente para la ejecución de los trabajos. El residente realizará los trabajos de corte en roca suelta a los largo del trazo y niveles indicados en los planos de acuerdo las indicaciones del supervisor.

El material así excavado que sea útil para la construcción será traslado hasta su lugar y el resto será trasladado a las zonas indicadas de acuerdo con el medio ambiente.

### **c. Excavación, Desquinche y Perfilado de Talud en Roca Suelta**

La excavación de roca suelta se ejecutará con tractor oruga, realizando el desquinche, peinado del talud con apoyo del personal obrero. Una vez realizado las voladuras se inicia las excavaciones de las rocas sueltas eliminando el material al talud inferior de la plataforma de la carretera. Los explosivos y detonadores deberán depositarse separadamente en almacenes independientes secos, ventilados a prueba de bala y resistentes al fuego, respetando las normas construcción y del medio ambiente.

El equipo necesario será:

- Tractor de 200 Hp
- Compresora neumática de 87 Hp
- Martillo neumático de 25 Kg
- Herramientas manuales.

Las voladuras controladas se refieren a la ejecución y utilización programada de las perforaciones, los explosivos y las detonaciones serán mediante separaciones adecuada de los taladros y carga adecuada.

El residente someterá para la aprobación del supervisor el programa de perforación y disparo, que deberá contener lo siguiente:

Ubicación, dirección y profundidad de la perforación, para la ubicación de los explosivos.

- Cantidad, tipo de explosivos, detonadores y sistema de inicio de detonación.

Sistema de cómo efectuar la voladura incluyendo la secuencia de detonaciones. Se evitará los disparos de iniciación instantánea a que produzcan proyección del material de corte hacia las zonas urbanas, los disparos controlados del sistema de indicación, serán verificados y controlados por el residente.

Los taludes y plataformas deberán ser terminados dentro del proceso de ejecución, mediante el desquinche.

El supervisor aprobará el método planteado por el residente en la ejecución de los trabajos de desquinche, peinados del talud de roca suelta.

Los trabajos de desquinche, peinados de talud de roca suelta, se realizará a lo largo del trazo y niveles indicados en el plano.

El material que sea útil, será transportado al lugar, los restantes serán depositados en lugares apropiados para su posterior utilización en trabajos de conservación ambiental.

#### **d. Corte en Roca Dura (Perforado y Disparado)**

Se considera como roca dura o fija, aquel material que para su desagregación requiere el empleo de explosivos de alto poder por ser muy compactos.

El material a utilizar es:

- Mecha naranja
- Fulminantes
- Mecha de seguridad
- Dinamita

El residente está obligado a reparar cualquier daño que ocasione estos explosivos y es de su obligación enterarse de las disposiciones legales vigentes sobre su adquisición, transporte y manejo de los explosivos, además tomará las previsiones del caso, asegurando su suministro continuo para la obra.

Los explosivos y detonadores deberán depositarse separadamente en almacenes independientes, secos, ventilados y resistentes a prueba de bala y fuego y bien ubicados respetando las normas.

El equipo está conformado por:

- Herramientas manuales.
- Compresora neumática de 240 Hp

- Tractor Oruga de 200 Hp
- Martillo Neumático de 29 Kg.

Las voladuras controladas se refiere a la ejecución y utilización programada de las perforaciones. Los explosivos y detonaciones serán mediante separaciones adecuadas de los taladros y carga adecuada, contemplado tiempos, tipos y procedimientos a seguir para efectuar los trabajos.

Igualmente la programación de perforación y disparo deberá tener:

- Dirección y profundidad de la perforación para la publicación de los explosivos.
- Cantidad y tipo de explosivos, detonadores y sistema de iniciación de la detonación.
- Sistema de cómo efectuar la voladura, con secuencia de detonaciones.
- Se evitará que los materiales se proyecten en las zonas urbanas por la voladura.
- Será verificado y controlado permanentemente por el residente.
- Los taludes y plataformas serán terminados dentro del proceso de explosión y aprobados por el supervisor el método a ejecutar.

#### **e. Excavación, Desquinche y Peinado en Roca Dura.**

Por ser muy compacta, el equipo a utilizar es el tractor oruga.

Una vez realizada la voladura se inicia la excavación de roca suelta, eliminando el material al talud inferior de la plataforma de la carretera para su posterior recojo.

Los taludes y plataforma de corte serán terminadas dentro del proceso de ejecución.

El supervisor aprobará el método de construcción presentada por el residente para los trabajos de excavación, desquinche y peinado de roca dura y se realizará a los largo del trazo y niveles indicados en los planos.

El material a utilizar será trasladado a su lugar y el resto depositados en lugares apropiados para su posterior utilización de los trabajos de conservación ambiental.

## f. Conformación de Terraplenes (Rellenos)

Consiste en la ejecución de todas las operaciones necesarias para la preparación de la superficie del terreno de fundación y la conformación de los materiales de terraplenes en concordancia con las medidas, cotas y dimensiones indicadas en los planos.

Las herramientas necesarias son:

- Transporte de agua.
- Herramientas manuales.
- Rodillo Vibratorio.
- Tractor de oruga
- Y, Motoniveladora

La ejecución de terraplenes es realizado con material suelto o con material rocoso obtenido del corte.

Antes de proceder a colocar el material de relleno la superficie del terreno será arada, escarificada de manera de que el suelo quede suelto y desmenuzado hasta una profundidad no menor de 15 cm y todos los residuos grandes serán retirados donde ordene el supervisor a una distancia no menos de 120 ml.

Para los trabajos en terraplenes una vez concluida la preparación de superficie de fundación, el material de relleno será extendida en una cantidad suficiente para obtener capas horizontales de 20 cm de espesor después de compactado.

La compactación, será realizada con la humedad adecuada hasta alcanzar una densidad no menos del 95% de la Densidad Máxima obtenida en el Proctor Modificado.

Los últimos 20 cm del terraplén inmediatamente debajo de la base, serán compactados al 100% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado y deberá tener un C.B.R. mínimo de diseño.

El material de terraplenes no estará constituido por arcilla o limos uniformes, no deberá tener materia orgánica, raíces, etc.

Para los trabajos de terraplenes con material rocoso obtenido por el corte, se extenderá el material sobre la superficie ya preparada utilizando tractotes. La compactación se realizará con un rodillo vibratorio de 10 TN de peso como mínimo, con un mínimo de 6 pasadas. Estos rellenos rocosos deberán ser construidos en capas sucesivas de suficiente espesor como para contener dentro de ellas piedras de tamaño máximo sin exceder los 6.00 cm.

Para la ejecución de terraplenes en media ladera, previamente se preparará banquetas.

Los rellenos serán clasificados de acuerdo a su procedencia.

- Relleno con material propio, el cual utilizará material procedente en el corte, dentro de los 120 m de distancia, libre de pago.
- Relleno con material de corte, el cual utilizará material de corte a distancia mayor de 120 m, se requiere ser transportado.
- Relleno con material de préstamo de cantera aprobada que requiere ser transportados.

Los ensayos a ejecutarse serán:

- Ensayo de Proctor Modificado AASHTO-T 180
- Ensayo de Densidad de Campo AASHTO-T 191
- Ensayo de Valor CBR AASHTO-T 193

Las frecuencias de los ensayos serán:

- Dos pruebas por kilómetro de ensayos de Proctor Modificado y CBR,
- Cada 50 ml de distancia se efectuará el ensayo de densidad de campo.

#### **g. Perfilado y Compactado de la Subrasante**

Consiste en la preparación y acondicionamiento de la subrasante en la zona de corte en un ancho y nivel sobre el cual se colocará y constituirá cualquier capa de pavimento correspondiente al diseño del mismo.

Las herramientas y equipos necesarios son:

- Transporte de agua
- Herramientas manuales.
- Rodillo vibratorio autopropulsado.
- Motoniveladora de 125 HP

Todo material inestable en la subrasante será removido y reemplazado con adición de material adecuado.

La superficie y niveles que colocará el pavimento se perfilarán y compactará en toda su área antes de la colocación de las mismas de modo que en la capa de pavimento se asiente sobre la superficie uniformemente perfilado y compactado a una densidad mínima del 95% de Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado con un CBR mínimo de diseño.

La superficie terminada será completamente uniforme de acuerdo a la sección proyectada y los controles deberán hacerse cada 20 ml.

Los ensayos a efectuarse serán:

- Ensayo de Proctor Modificado AASHTO-T 180
- Ensayo de Densidad de Campo AASHTO-T 191
- Ensayo de Valor C.B.R. AASHTO-T 193

Las frecuencias de los ensayos serán:

- Dos pruebas por kilómetro de ensayos de Proctor Modificado y CBR,
- Cada 50 ml de distancia se efectuará el ensayo de densidad de campo.

#### **h. Pavimento Afirmado**

Consiste de una capa granular compuesta de grava y/o piedra fracturada, en forma natural, artificial y fina, construida sobre una superficie debidamente preparada y en conformidad con los alineamientos, rasantes y secciones indicadas en el plano.

El material de piedra consistirá en partículas duras y durables que son rellenados de arena, siendo el material retenido en la malla N° 4, material grueso.

El material de tamaño excesivo será retirado además, deberá estar libre de vegetales, terrones y bola de tierra.

El material debe de cumplir con las siguientes características físicas y mecánicas.

- |                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| • Límite Líquido ASTM – D 423        | máxima 25% |
| • Índice Plástico ASTM – D 424       | máxima 6%  |
| • Equivalente de arena ASTM – D 2419 | máxima 35% |
| • Abrasión ASTM – D 131              | máxima 50% |



La granulometría de los materiales debe estar definida por:

TAMAÑO DE LA MALLA AASHTO T-11 Y T-27 (abertura cuadrada)	% EN PESO QUE PASA			
	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D
2"	100	100		
1"		75-95	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100
Nº4	30-65	30-60	35-65	50-85
Nº10	25-55	20-45	25-50	40-70
Nº40	8-20	15-30	15-30	25-45
Nº200	2-8	5-15	5-15	8-15

- Partículas chatas y alargadas (ASTM D-693) máximo 20%
- Valor relativo de Soporte, C.B.R (ASTMD-1883) Mínimo 60%
- Sales Solubles Totales Máximo 1%
- Porcentajes de Compactación del Proctor Modificado (ASTM D-1556). Mínimo 100%
- Variación en el contenido óptimo de Humedad del Proctor Modificado +1.5%

El material será colocado sobre una superficie preparada y compactada en una capa de 0.20 m de espesor.

El material será colocado y esparcido sobre una capa uniforme sin segregación de tamaño.

Después que el material ha sido esparcido, será completamente mezclado por medio de una cuchilla en toda la profundidad de la capa, llevando alternativamente hacia el centro y hacia la orilla de la calzada con una Motoniveladora con cuchilla y de 3 TN de peso.

Se regará el material durante la mezcla ya uniforme, será otra vez esparcida perfilada hasta obtener la sección transversal.

Inmediatamente después de terminada la distribución y el emparejamiento del material. Cada capa de ésta deberá compactarse en su ancho total por medio de rodillos vibratorios con un peso mínimo de 10-12 TN.

Cada 400 m<sup>3</sup> de material medido después de compactado deberá ser sometido a una hora de rodillado continuo que deberá progresar gradualmente desde los costados hacia el centro.

Durante el proceso de la operación el Ingeniero deberá efectuar ensayos de Proctor Modificado ASTM – D1556, efectuando 3 ensayos por cada 3,000 TN de material colocado con un mínimo 100% del Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.

El supervisor podrá autorizar otros tipos de equipos siempre y cuando compacten un mínimo 100% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.

El espesor de la base terminada no deberá diferir en más 1.25 cm de los indicados inmediatamente después de la compactación final de la base. El espesor deberá medirse en uno o más puntos cada 100 ml, hasta que se compruebe que el espesor se encuentre dentro de los límites autorizados.

### **i. Obras de Arte y Drenaje<sup>3</sup>**

El drenaje de las vías de transporte tiene por objeto reducir al máximo la cantidad de agua procedente de las lluvias, escorrentía superficial y quebradas, las cuales serán evacuadas mediante la construcción de obras de arte.

#### **i1. Cunetas**

Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectaran para todos los tramos al pie de los taludes de corte.

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas,

Las cunetas longitudinales, serán diseñadas teniendo en cuenta los valores estipulados en las normas peruanas de carretera considerando la carretera de trocha carrozable, ubicado en zonas lluviosas, recomendándose de la siguiente manera.

Serán de sección triangular, de talud 1V y 1.5 H en el lado de la vía y en el otro talud es 1V y 1H revestido con emboquillado de piedra definido en dos alturas de 0.30 m – 0.40 m.

#### **i2. Alcantarillas**

El tipo de alcantarilla deberá ser elegido en cada caso teniendo en cuenta, el caudal a eliminarse, la naturaleza y pendiente del cause y el costo en relación a la disponibilidad de materiales.

---

<sup>3</sup> Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.



La cantidad y ubicación serán fijadas de tal forma que garantice el drenaje, evitando la acumulación excesiva de agua. Además en los puntos bajos del perfil, debe proyectarse una alcantarilla de alivio, salvo solución alternativa.

Las alcantarillas serán diseñadas para el agua proveniente de las quebradas y acequias como también de las precipitaciones pluviales, se captan en las cunetas y éstas a las cajas de toma de las alcantarillas.

Las dimensiones están basadas en estudios hidrológicos del micro cuenca que comprenden las quebradas cuyas características definen las descargas máximas que discurren por ellas.

Las alcantarillas recomendadas serán circulares de TMC, las dimensiones serán definidas en base a los caudales y pendientes de los conductos de  $\varnothing=36"$ ,  $48"$  y  $60"$ .

Las alcantarillas serán al ingreso de dos tipos, Tipo Buzón y con Aleros; lo mismo ocurre en la salida.

### **i3. Badenes**

Son una solución a los cursos de agua que descienden por las quebradas, descargando esporádicamente caudales con fuerza, durante algunas horas, en épocas de lluvia y arrastrado materiales sólidos.

Los badenes tienen como superficie de rodadura una capa de empedrado de protección o cuentan con una superficie mejorada formada por una losa de concreto.

Los badenes tienen la ventaja de tener menos costo en relación a las alcantarillas, pontones o puentes, además no son susceptibles de obstruirse.

Para el diseño de badenes se recomienda:

- Usar una estructura o una losa suficientemente larga para proteger el perímetro mojado del cause natural.
- Proteger toda la estructura con pantalla impermeable, enrocamiento, gaviones o losas de concreto contra el socavamiento
- Construir las cimentaciones sobre material resistente a la socavación o por debajo de la profundidad esperada de la socavación.

#### **i4. Pontones**

Son estructuras menores a 10.00 ml de luz, que se utilizan para pasar una quebrada o una depresión de terreno. Se construyen principalmente de concreto, acero estructural, piedra y de madera, su costo es relativamente alto, igual que los puentes, tiene importante valor como patrimonio vial y como elemento clave para la operación del camino por lo cual se debe tener cuidado permanente para que esté en buenas condiciones y seguro para el tráfico.

#### **i5. Puentes**

Son estructuras mayores a 10.00 ml de luz, generalmente construidos de concreto. Existen dos puentes dentro del tramo en estudio de 15.00 ml de luz aproximadamente.

<b>PUENTE</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>ESTRUCTURA</b>
Chahuay	Km 3+ 560	Concreto armado
Ñahuinlla	Km 35+970	Concreto armado

## **CAPÍTULO 2 : DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

### **2.1 Descripción del area del Proyecto**

El tramo se inicia a la salida del casco urbano del Distrito de Coyllurqui estando el Km. 0+00 en la intersección de las calles José Carlos Mariátegui con Karapelana frente al Instituto Pedagógico de Coyllurqui, pasa por los anexos de Chahuay, Ñahuinlla y termina en el empalme con la carretera existente hacia el Distrito de Progreso, en el lugar denominado Charcas Km. 50+560.

Actualmente, el tramo se encuentra a nivel de proyecto, por lo cual no existe acceso vehicular, sin embargo existen tramos muy precarios como el caso de Coyllurqui – Chahuay (Km. 00 – 12+00), antes de llegar a Ñahuinlla (Km. 28+00 - 32+00) y empalmes a carreteras existentes Km. 35+470 – Km. 35+970, así mismo, al final del tramo a la Carretera Progreso – Cotabambas.

### **2.2 Acceso al Área en Estudio**

El acceso a la zona en estudio es por 2 vías, las cuales son:

- Una vía que recorre Lima – Nazca - Abancay – Izcuchaca – Cotabambas - Coyllurqui, con una longitud de 1,520 Km. de los cuales 1,200 Km son de vía asfaltada hasta la zona de Izcuchaca en el Departamento del Cusco y 320 Km. de trocha carrozable que atraviesa la zona de Chinchaypuquio - Cotabambas y luego al Distrito de Coyllurqui.
- La otra vía recorre Lima – Nazca – Chalhuanca – Lambrama – Palpacachi – Coyllurqui, este tramo es asfaltado hasta la zona de Abancay continuando con trocha carrozable por el desvío a la zona de Grau atravesando el pueblo de Lambrama, llegando luego a Coyllurqui.

### **2.3 Clima y Vegetación de la Zona<sup>4</sup>**

La zona en estudio así como la mayor parte de los andes peruanos, tiene un clima característico por la alternancia de la estación de lluvias (diciembre a marzo) y una estación seca (abril a noviembre).

La gran diferencia de altura 1,500 – 5,000 m.s.n.m. hace que encontremos especies vegetales muy variados, escalonados en función de la altura.

---

<sup>4</sup> Cuadrángulo de Abancay, Andahuaylas y Cotabambas.

### Zona de valles.

El bosque espinoso subtropical ocupa el fondo del río Apurímac, Pachachaca, Pampas, esta unidad no recibe más de 250 – 500 mm en promedio de lluvias anuales, la vegetación consiste en árboles pequeños muy esparcidos, entre las cuales crecen especies de cactáceas, bromeliáceas, gramíneas, etc.

Los suelos delgados de la laderas relativamente profundas en las zonas planas, presentan buenas características para el cultivo de granos como el maíz, trigo, cebada, hortalizas, alfalfa, etc. de 2,200 – 3,300 m.s.n.m.

Entre 3,300 – 4,000 m.s.n.m queda el bosque húmedo Mantano, que recibe 500 a 1,000 mm en promedio en lluvias anuales y las temperaturas bajas de 12° – 6° hacen que sean reducidas en potencial evapotranspiración y el clima sea netamente húmedo.

Los suelos relativamente profundos de 60 - 80 m, son algo ácidos, cuando lo permita la morfología, el bosque húmedo Mantano es un buen productor de papa, oca, cebada quinua, etc. Las Gramíneas abundantes que crecen naturalmente sobre todo en la parte alta de la unidad permitirán la ganadería en gran escala si fuera el pastoreo dirigido.

En la zona puna mayor 4,000 – 5,000 m.s.n.m es el dominio de páramo muy húmedo subalpino y queda generalmente debajo de 4,500 m.s.n.m y recibe mayor de 1,000 mm en promedio de lluvias anual y una temperatura de 3° a 6° que da a una evapotranspiración muy reducida, la vegetación natural es muy tupida y consiste en gramíneas altas el ichu por sobre pastoreo se vuelve muy ralo.

La única posibilidad de que ofrezca esta zona pisos en cuanto a su utilización del suelo son las zonas llanas y subquebradas.

### 2.4 Altitud de la Zona

El tramo materia de la presente tesis, se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas

CIUDAD/ZONA	ESTE	NORTE
Coyllurqui	778,071.84	8'469,253.41
Charcas	785,036.54	8'444,632.72

Sobre la cota de 2,995 m.s.n.m en la localidad de Coyllurqui de 4,440 m.s.n.m en la zona denominada Charcas.

## CAPÍTULO 3 : ESTUDIO TOPOGRÁFICO

### 3.1 Datos Generales

#### ***Punto de Inicio.***

El punto inicial está ubicado en el distrito de Coyllurqui en la intersección de las calles José Carlos Mariátegui con Karapelana frente al Instituto Superior Pedagógico de Coyllurqui a una altitud de 3,000 m.s.n.m., estaca 00+000.

#### ***Punto Final.***

El punto final esta ubicado en el empalme con la carretera existente en el lugar denominado Charca en la estaca 50+560 Km, cota de llegada es 4,440 m.s.n.m.

#### ***Longitud.***

La longitud total del presente proyecto “Estudio Geotécnico de la Carretera Coyllurqui – Chahuay – Ñahuinlla – Charcas”, es de 50,560 ml.

### 3.2 Trazo Geométrico<sup>5</sup>

Para realizar el proyecto geométrico de una vía o carretera se debe realizar un acopio de información de la zona, mediante mapas, curvas de nivel, mapas de climas, geológicos, etc, de ser posible coordinar en la oficina con todos los especialistas para determinar la elección de la ruta, parte más importante del proyecto después de analizar alternativas de rutas.

Para realizar el proyecto geométrico y estructuración de una vía terrestre es necesario un reconocimiento del terreno, otra interpretaciones y restituciones de plantas topográficas y perfiles a fin de obtener datos de pendiente longitudinales y transversales del terreno, tipo y densidad de drenaje natural, formación de rocas y suelos, y presencia de fallas estructurales, plegamientos de la posición de hechadas, banco de materiales para construir la obra (canteras y zonas críticas de pantanos e inundaciones).

De las coordinaciones realizadas sale la elección de la ruta marcando las más aceptables tanto económico como técnico justificando su alternativa.

---

<sup>5</sup> Ing. Fernando Olivera Bustamante, Proyecto Geométrico.

### 3.2.1 Alineamiento del Proyecto Geométrico

#### a. Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical es la proyección del desarrollo del centro de línea de la vía terrestre sobre un plano vertical, sus elementos son las tangentes verticales y las curvas verticales.

Las tangentes verticales están definidas por su longitud y su pendiente.

Para el alineamiento vertical se definen tres tipos de pendientes de las tangentes, verticales mínimas, gobernadoras y máximas. La mínima se requiere para asegurar el drenaje de la corona del camino y se especifica en el 0.5%, la gobernadora en teoría puede mantenerse en forma indefinida a lo largo del trazo y la máxima es la mayor que se puede usar en el proyecto generalmente en longitudes críticas.

El paso de una tangente vertical a otra se realizará por medio de curvas verticales, cuya característica principal es que la componente horizontal de la velocidad (en proyecto) de los vehículos es constante a través de ella.

La curva que cumple con esta peculiaridad es la parábola de longitud de curva vertical debe garantizar el drenaje, tener buena apariencia y proporcionar comodidad al usuario.

#### b. Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección de centro de la línea de una obra vial sobre el plano horizontal, sus elementos son tangentes y curvas horizontales.

La tangente del alineamiento horizontal tiene una longitud, que es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva existente y la dirección es el rumbo.

La longitud mínima de una longitud horizontal es aquella que requiere para cambiar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. En teoría la longitud mínima puede ser indefinida por ejemplo en zonas muy llanas, sin embargo, es limitada a 15 Km. por razones de seguridad y a longitudes mayores causan somnolencias y dañan a los ojos de los operadores.

Dos tangentes consecutivas del alineamiento horizontal se cruzan en un punto de inflexión (PI) formando entre sí un ángulo de deflexión que está constituida por la continuación de tangente de entrada hacia delante del PI. y la tangente de salida.

En general para cambiar la dirección de un vehículo de una tangente horizontal a otra se requiere curvas cuya longitud sea proporcional a la variación de la aceleración centrífuga



y con los cuales la aceleración centrífuga de los vehículos varía de cero a un máximo hacia el centro y luego disminuye a cero al llegar a la tangente posterior. La curva que cumple con esto es el espiral, pero no es posible utilizar, se acostumbra a colocar entre ellos una curva circular en la que hay cambios de aceleración centrífuga y se identifica por su grado de curvatura. Para cada tipo de camino la velocidad de proyecto y grado de curvatura de la curva vertical las normas proporcionan estas longitudes en tablas.

### c. Sección Transversal

La sección transversal de una carretera, es un corte acorde con un plano vertical y normal al centro de línea en el alineamiento horizontal, permite observar la disposición y las dimensiones de sus elementos que deben concordar con las normas. Es preciso indicar que el proyecto geométrico de la carretera se realiza a nivel de la línea de la subrasante que marca el final de la terracería por la que las dimensiones que se manejan tendrán a ese nivel.

Las características de la subcorona son su ancho y su pendiente transversal, en tangente horizontal, la pendiente horizontal es su bombeo que se hace en la corona a ambos lados para permitir el desalojo rápido de las aguas de lluvia, variando entre 2-3%.

En las curvas de alineamiento horizontal, la sección transversal se denomina sobre elevación y es la pendiente que da a la corona completa hacia el centro de la curva, además, de asegurar el drenaje su función es contrarrestar junto con la fricción la fuerza centrífuga obra sobre los vehículos.

Para una velocidad determinada, con grados de curvaturas menores que el máximo, la sobre elevación es menor y se proporciona en tablas de las normas.

Para obtener en la corona de sobre elevación correspondiente a una curva circular se tendrá que pasar en el carril anterior de bombeo una distancia determinada (N) es seguido éste mismo carril a otra distancia (A) de horizontal hasta coincidir con la inclinación del bombeo del carril interior. Finalmente se gira toda la corona hasta tener toda la sobre elevación requerida de la curva circular.

Como en la curva circular los vehículos caminan "atravesados", el ancho real que ocupan en la corona es mayor que el que emplea en tangentes; por ello, la corona se amplía de acuerdo al grado de curvatura de la curva circular, pero debe haber una transición de cero en la tangente a la totalidad de la ampliación al inicio de la curva circular, esa transición se da a lo largo de curva espiral en proporción a su longitud.

Basados en estos principios se hizo un reconocimiento detallado de la zona (se caminó durante 07 días por todos los cerros circundantes con ayuda de los pobladores de la

zona) se estudió las diferentes alternativas de trazo, llegándose a definir la más adecuada, en función de coordinaciones con las autoridades locales y según nuestro criterio. Es ese sentido el trazo quedó definido de la siguiente manera: se iniciaría en Coyllurqui luego se prevé realizar el mejoramiento del camino existente hacia Chahuay, enseguida se tomaría una angosta plataforma existente trabajada hace más de 20 años en una longitud de aprox. 1.8 Km. luego el trazo comprende una carretera totalmente nueva que pasando por el abra de Chahuay llega hasta Patahuasi y posteriormente empalma a la trocha existente en Llaulliyoc (esta trocha es muy precaria y necesita un mejoramiento integral). Por esta trocha se llega hasta la comunidad de Ñahuinlla y luego hasta Pamputa, enseguida se proyecta una carretera totalmente nueva que pasando por Huanccohuire y Ccontahuire hasta llegar a la mina Charcas.

Luego del reconocimiento, se realizó el trazo de la línea de gradiente utilizando cuadrillas de trabajo implementadas con estación total y prismas.

Posteriormente se realizó el trazado de la poligonal de apoyo y levantamiento topográfico, utilizando instrumentos de precisión como Estación Total y Nivel de Ingeniero.

Durante el trabajo de campo se dejaron estacas y pintas en lugares visibles y monumentos de concreto cada 500 m como BMs, PIs, PC y PT.

La vía fue diseñada tomando en cuenta un criterio técnico- práctico con una visión realista de las limitaciones que nos impone la topografía muy accidentada de la zona y en concordancia con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG 2001) y las Normas Peruanas de Carreteras, cuyas características técnicas adoptadas son las siguientes:

- ◆ Ancho de plataforma = 4 m. (incluye bermas)
- ◆ Ancho de la faja de dominio
- ◆ Normal = 1 m. más allá del borde de los cortes o pie los terraplenes
- ◆ Mínimo = 15 m. mínimo absoluto.
- ◆ Zona de propiedad restringida = 10 m. a cada lado del derecho de vía (no aplicable en este caso)
- ◆ Número de carriles de la sección tipo = 2
- ◆ Bombeo mínimo = 2%
- ◆ Velocidad de diseño o Velocidad Directriz = 30 Km/hr.
- ◆ Pendiente máxima = 7%
- ◆ Radio mínimo normal = 20 m.
- ◆ Radio mínimo excepcional = 10 m.
- ◆ Radio mínimo en curva de volteo y fondo de quebrada = 12 m. (\*)



- ◆ Sobre ancho Máximos = 0.30 m
- ◆ Sobre Ancho Mínimos = 0.20 m
- ◆ Peralte en curvas Máximo = 10%
- ◆ Peralte en curvas Mínimo = 2%
- ◆ Espirales de transición = No son necesarias

(\*) Las condiciones topográficas de la zona (muy accidentada) y las vías existentes (con radios de hasta 7 m.) posibilitan la aplicación estricta de las normas en cuanto a radios mínimos, por lo que se asumió como radio mínimo en curvas de volteo y fondo de quebradas 12 m. teniendo en cuenta que a mayor radio la inversión se hace muy fuerte.

## **CAPÍTULO 4 : ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGA**

El tráfico es considerado de primordial importancia, el número y cargas por eje esperada en un periodo de tiempo determinado, las cargas por ejes varían típicamente de ligeras (menor de 2,000 Kg y pesadas más allá de los límites legales).

Las investigaciones han demostrado que si es posible representar el efecto de cualquier eje cargado con cualquier masa sobre el comportamiento de un pavimento por medio del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalentes a 80 kN (18,000 lb).

El procedimiento para el análisis de tráfico incorpora el concepto de carga por eje simple 80 kN (18,000 lb) por consiguiente se requiere conocer el número de vehículos o el número y la masa de las cargas por eje esperados en la viabilidad, todos los análisis de tráfico deben ser específico de conteo y datos de peso.

Conocer las características de tráfico que se utiliza y utilizará en la carretera es vital para el proyecto de sección transversal de una vía y se convierte en el elemento principal que debe tomarse en cuenta, pues el transporte terrestre es el motivo de la obra.

Por una vía terrestre puede transitar con ciertas facilidades una cantidad determinada de vehículos de diferentes tipos con cargas distintas que son transmitidas a la estructura de diferentes maneras.

### **4.1 Objetivo**

El objetivo es determinar la incidencia de las cargas y volumen vehicular obteniendo el parámetro de tráfico para lo cual es necesario la evaluación del tráfico actual mediante un censo vehicular con clasificación.

### **4.2 Trabajo de Campo**

Cabe señalar que no se efectuó el conteo debido a que el proyecto en estudio no cuenta con tráfico pasante y se estimará un tráfico a futuro en función de un tráfico que llega a la localidad de Coyllurqui por otra vía existente y de cómo sería funcionando las empresas mineras en las zonas, denominado Tráfico Inducido o generado ligado directamente a la mejora de las condiciones de transitabilidad e incremento de la actividad en la zona.

### **4.3 Resultado Obtenidos**

Los resultados del estimado de tráfico serán anotados en las planillas de campo donde figure el sentido, tipo de tráfico, etc.

#### 4.4 Cálculo del EAL

##### 4.4.1 Utilizando el Estudio Conrevial – 84

###### a. Tipo de Tránsito

En el tramo en estudio predominará el tránsito de camiones, ómnibuses, siendo escaso los vehículos ligeros.

###### b. Tipo de carga

Cabe mencionar que la vía proyectada tendrá carácter de vía principal para fines mineros y servicios de la Compañía Minera Las Bambas.

Asimismo, del Cuzco o Abancay se llevaran productos manufacturados, abarrotes, combustible, fruta, materiales de obra, etc con destinos a las minas y de regreso transportarán ganados y productos como maíz, papa, trigo, cebada, etc de la zona hacia los grandes centros comerciales.

###### c. Tipo de Combustible Utilizado

El tipo de combustible utilizado por lo general es petróleo, siendo el uso de gasolina en algunos vehículos ligeros.

###### e. Cálculo del Índice Medio Diario

Es el número total de vehículos que pasan por una carretera en ambos sentidos durante un año y dividido entre 365 días, el conteo puede realizarse durante un año o ciertas temporadas luego proyectarse a un año.

En base al tráfico inducido se confeccionó una tabla según el cual se puede establecer los valores de índice medio diario.

NOMENCLATURA	TIPO DE VEHÍCULO
VI	Vehículo Ligero
O	Ómnibus
C2e	Camión 2 ejes
C3e	Camión 3 ejes

### f. Factores Equivalentes

En ausencia de información referente a cargas por eje en el área del proyecto se hará uso de factores de equivalencia determinados en el estudio CONRREVIAL – 84, para la condición de tráfico sin control de cargas, además de que conservadoramente los vehículos están cargados lo anterior se hará razonable desde que a la fecha no ha sido implementado un sistema de control de cargas con carácter de política a nivel nacional, los factores adoptados son los siguientes:

TIPO DE VEHICULO	IMD COMPOSICIÓN
IMD V1	35
IMD 0	4
IMD C2e	20
IMD C3e	30
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>

NOMENCLATURA	TIPO DE VEHICULO	EJES EQUIVALENTE
VI	Vehiculo Ligero	--
O	Ômnibus	2.7
C2e	Camión 2 ejes	2.7
C3e	Camión 3 ejes	5.6

Con el fin de traducir los resultados de composición vehicular en parámetros de diseño se utilizara el concepto de ejes equivalentes establecido en 8.2 Ton, aproximadamente.

### g. Proyección de Tráfico a Futuro

El pavimento debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda del tráfico durante un período de años. El crecimiento del tráfico (positivo o negativo) debe ser por lo tanto anticipado cuando se determinaron los requerimientos estructurales del pavimento. El registro histórico, así como los programas de planeamiento regional pueden servir como base para la estimación del crecimiento del tráfico.

El crecimiento normal compuesto puede ser de 3-5% pero en carreteras de mayor magnitud pueden generar incremento de mayor magnitud de 4-9% de manera que al aplicar el factor de crecimiento a que evitar exceso de la capacidad de vehículos sobre la vía, esto acarrearía un diseño necesariamente conservador.

Para establecer la tasa anual de crecimiento del tráfico existen varios criterios de los cuales para el presente caso se adopto el criterio económico que asume como tasa el mismo del crecimiento del PBI para el periodo será del 5%.

El tráfico futuro puede establecerse de acuerdo con la siguiente expresión:

Con la siguiente formula se obtendrá los resultados para los años siguientes.

$$NEE = \frac{365}{2} (IMDO \times FeO + IMDC2e \times FeC2E + IMDC3e \times FeC3e) (1+r)^n$$

Reemplazando:

$$NEE = \frac{365}{2} (4 \times 2.7 + 20 \times 2.7 + 30 \times 5.6) (1+0.05)^1$$

$$NEE = 246,500.06$$

Con lo cual se obtiene el siguiente cuadro para cada año:

Año	Tráfico
1	44 610.3
2	91 451.11
3	140 633.97
4	192 275.96
5	246 500.06

## DETERMINACION DEL EAL DE DISEÑO

### Método del Instituto del Asfalto MS-1 1991<sup>6</sup>

Se determina el número promedio de cada tipo de vehículos anticipado en el carril de diseño durante el primer año de servicio

Se selecciona de la tabla un factor camión para cada tipo de vehículo identificado en el paso 1.

Se selecciona de la tabla un factor de crecimiento para todos los vehículos, según sea apropiado el periodo de diseño.

Alpha Institute; Diseño de Espesores, 13-23.

Se multiplica el número de vehículos, de cada tipo de vehículos por el factor camión y el factor de crecimiento determinado

Se suma los valores obtenidos para obtener el EAL de diseño

TABLA - FACTOR DE CRECIMIENTO

PERIODO DE DISEÑO AÑOS (n)	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL						
	PORCENTAJE ®						
	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.2	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.31	6.63	6.8	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.43	7.9	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	15.97	18.29	19.156	21.01	22.55	24.21	27.97
	17.29	20.02	21.08	23.28	25.13	27.15	31.77
	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
	22.84	27.67	30.54	33.76	37.3/8	41.45	51.16
	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02



TABLA – DISTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMIÓN (TF)

FACTORES CAMIÓN						
SISTEMAS RURALES						
Tipo de vehículo	MENOR ARTERIAL	OTRAS PRINCIPALES	INTER ESTATAL	COLECTORAS		RANGO
				MAYOR	MENOR	
Unidades Simples de Camiones 2 ejes, 4 llantas	0.003	0.003	0.003	0.017	0.003	0.003 – 0.017**
2 ejes 6 llantas	0.21	0.25	0.28	0.41	0.19	0.19 – 0.41
3 ejes o mas	0.61	0.86	1.06	1.26	0.45	0.45 – 1.26
Todas las unidades simples	0.06	0.08	0.08	0.12	0.03	0.03 – 0.12
Unidades Múltiples De Camiones 4 ejes o menos	0.62	0.92	0.62	0.37	0.91	0.37 – 0.91
5 ejes **	1.09	1.25	1.05	1.67	1.11	1.05 – 1.67
6 ejes o mas**	1.23	1.54	1.04	2.21	1.35	1.04 – 2.21
Todas las Unidades múltiples	1.04	1.21	0.97	1.52	1.08	0.97 – 1.52
Todos los camiones	0.52	0.38	0.21	0.30	0.12	0.12 – 0.52

PROYECTO: CARRETERA DE BAJO TRÁNSITO DE COYLLURQUI-CHAHUAY-ÑAHUINLLA-CHARCAS  
(EN AMBOS SENTIDOS)

PERIODO DE DISEÑO : 5 AÑOS

TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULO (Por año) 1	FACTOR CAMION 2	5% TASA DE CRECIMIENTO 3	EAL (1x2x3) 4
<i>Unidades Simples</i>				
2 ejes, 4 llantas	1 825	0.003	5.53	29.02
2 ejes, 6 llantas	5 475	0.21	5.53	6 358.12
3 ó más ejes	10 950	0.61	5.53	36 937.74
<i>Ómnibus</i>				
2 ejes, 6 llantas	730	0.21	5.53	847.78
3 ejes	730	0.61	5.53	2 462.51
<i>Todos los vehículos</i>		<i>EAL de Diseño</i>	<i>Total</i>	46 035.17

Año	Tráfico
1	46 035.17
2	94 372.10
3	145 125.87
4	198 417.34
5	254 373.37

Por tanto el EAL = 254 373.37

## DETERMINACION DEL EAL DE DISEÑO

### Tráfico del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura solo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso excede de 2.5 tn. El resto de vehículos de menor peso no se toman en cuenta porque provocan efectos mínimos.

El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

CLASE	T0	T1	T2	T3	T4
IMDa (Total de vehículos ambos sentidos)	<15	16 - 50	51 - 100	101 - 200	201 - 400
Vehículos pesados (carril de diseño)	< 6	6 - 15	16 - 28	28 - 56	57 - 112
Nº Rep. EE (carril de diseño)	< 2.5 x 10 <sup>4</sup>	2.6 x 10 <sup>4</sup> - 7.8 x 10 <sup>4</sup>	7.9 x 10 <sup>4</sup> - 1.5 x 10 <sup>5</sup>	1.6 x 10 <sup>5</sup> - 3.1 x 10 <sup>5</sup>	3.2 x 10 <sup>5</sup> - 6.1 x 10 <sup>5</sup>

Para el cálculo del Número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 t, se usará las siguientes:



$$N_{rep} \text{ de EE } 8.2 \text{ tn} = \sum [EE_{\text{dia-carril}} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = EE \times \text{Factor Direccional} \times \text{Factor Carril}$$

$$EE = N^{\circ} \text{ de vehículos según tipo} \times \text{Factor de carga} \times \text{Factor de Presión de llantas}$$

**Donde:**

- $N_{rep}$  de EE 8.2 tn = Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.  
 $EE_{\text{dia-carril}}$  = Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño.  
365 = Número de días del año.  
 $t$  = Tasa de proyección del tráfico, en centésimas.  
EE = Ejes Equivalentes.  
Factor Direccional = 0.5, corresponde a caminos de dos direcciones por calzada.  
Factor Carril = 1, corresponde a un carril por dirección o sentido.  
Factor de Presión de llantas = 1, este valor se estima para los CBVT y con capa de revestimiento granular.

Como referencia del cálculo se presenta la siguiente tabla siguiente, para periodo de 5 años:

IMDa (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 años (carril de diseño)	
		N° Repeticiones EE 8.2 tn	N° Repeticiones EE 8.2 tn
10	3	13,585	1.36E+04
20	6	27,130	2.71E+04
30	9	40,695	4.07E+04
40	12	56,197	5.62E+04
50	15	67,824	6.78E+04
60	17	75,576	7.56E+04
70	20	96,892	9.69E+04
80	23	104,643	1.05E+05
90	26	122,084	1.22E+05
100	28	131,773	1.32E+05
110	31	147,275	1.47E+05
120	34	160,840	1.61E+05
130	37	172,467	1.72E+05
140	40	187,970	1.88E+05
150	43	203,473	2.03E+05
160	45	209,286	2.09E+05
170	48	226,727	2.27E+05
180	51	236,416	2.36E+05
190	54	253,856	2.54E+05
200	56	265,483	2.65E+05
250	71	335,245	3.35E+05
300	84	399,194	3.99E+05

Para 54 vehículos pesados y para un periodo de 5 años se tiene:

$$\text{N° de Repeticiones EE 8.2 tn} = 253,856 = 2.54E+05$$

## **CAPÍTULO 5 : ESTUDIO GEOLÓGICO<sup>1</sup>**

### **5.1 Características Geológicas**

El estudio de los procesos geológicos determinará aquellos que puedan afectar la infraestructura y las acciones del proyecto que puedan desencadenar de procesos naturales latentes o en incremento de los ya existentes.

Los efectos están ligados, a los movimientos de tierra y ocupan el espacio (campamento, plantas chancadoras, depósitos de material para base, etc.) así como de explotación de las canteras para la obtención del relleno y agregado.

### **5.2 Geomorfología**

De acuerdo al esquema fisiográfico del cuadrángulo de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas, la zona en estudio pertenece a la Unidad de Mesetas Altas.

Bajo el nombre de Mesetas Altas (Megard 1968) se descubre una zona de relieve suave, truncada por una superficie de erosión que esta a una de altura de 4,000 - 4,700 m.s.n.m. esta superficie de erosión inicialmente glaciaria, las huellas de las glaciaciones se observa por encima de los 3,400 m.s.n.m (rellenos en U, depósitos morrenicos, etc.), se puede distinguir por lo menos dos etapas de glaciaciones que posiblemente se correlacionen con los glaciales GL y G2 del centro del Perú observándose en Andahuaylas, Abancay y Cotabambas.

Las variaciones litológicas determinan formas de relieve diferente, existen afloramientos de calizas del cretácico medio (formación ferrobamba) de la parte Centro – Sur de la zona estudiada, presenta huellas de erosión karstica.

Se nota una fuerte disolución superficial (Lapiez), pero por acción erosiva en profundidad, parece que factores climáticos y litológicos que hacen que las aguas de escorrentía se sature rápidamente y cuando se infiltran ya no tienen poder de disolución.

Las potentes cuarcitas del Grupo Yura (jurásico superior – cretáceo inferior), que afloran en los núcleos de los anticlinales de gran radio de curvatura, determinan zonas altas de relieve suave, debido a la casi horizontalidad de las capas del eje anticlinal.

Las rocas intrusivas generalmente granodioritas, han resistido bien a la acción erosiva de la unidad de las altas mesetas, muchas veces constituyen relieves residuales por encima de la superficie Puna.

---

<sup>1</sup> Cuadrángulo de Abancay, Andahuaylas y Cotabambas; Geomorfología.

### 5.2.1 Valles y Quebradas.

Dentro de esta unidad se agrupan subunidades como:

#### a. Valles encañonados:

Esta unidad se origina como consecuencia de la fuerte erosión lineal en el valle del río Ñahuinlla y es observada mayormente a partir de la localidad de Ñahuinlla hasta la localidad de Chahuay, el curso de estas aguas van de SE-NO y cortan, erosionan rocas de las formaciones Murco, Arcurquina, Yura y el Plutón de Coyllurqui.

#### b. Terraza Aluvial:

Tiene amplio desarrollo en ambos márgenes del río Ñahuinlla, Pamputa estos en las partes altas situado en la comunidad de Ñahuinlla y Pamputa, en esta unidad geomorfológica se ubican las comunidades de Ñahuinlla, Pamputa. En el área estudiada se observa las llamadas terrazas altas, que se ubican a los lados de los márgenes de los ríos en mención.

#### c. Laderas:

Esta unidad geomorfológica se encuentra constituida por subunidades tales como:

##### c.1 Cumbre alineada.

Se trata de cerros que tienen una dirección definida NO-SE en su mayor parte que se expone al lado izquierdo y derecho de la vía en estudio, por lo general son laderas escarpadas que tienen amplio desarrollo en el lado izquierdo de la vía en estudio, éstos son vistos más que todo desde el Abra de Chahuay hasta la comunidad de Llaulliyoc.

## 5.3 Estratigrafía

Las rocas que afloran en el área de estudio corresponden a unidades estratigráficas que van desde el Mesozoico (Jurásico Superior) al Cuaternario reciente.

#### a. Grupo Yura.

El Grupo Yura del período Jurásico Superior presenta las formaciones:

##### a.1 Formación Labra (Js-Ia)

Litológicamente esta conformado por areniscas cuarzosas de grano medio a fino de color gris blanquecino, dicha formación aflora al lado Este de la comunidad Campesina de Chahuay entre las alturas de 3,450 a 3,550 m.s.n.m. aproximadamente, esta formación

se encuentra en la cumbre del anticlinal del cerro Sijahui las cuales se presentan diaclasas N 320°, N 20° entre las principales y donde el eje del anticlinal es N 310°.

### **a.2 Formación Gramadal (Js-gr)**

Litológicamente esta formado por lutitas, areniscas de color gris oscuro. Al medio areniscas calcáreas en estratos delgados dicha formación aflora al lado Este de la comunidad Campesina de Chahuay entre las alturas de 3,450 a 3,600 m.s.n.m., aproximadamente, esta formación se encuentra en la parte media del anticlinal del cerro Sijahui las cuales presentan diaclasas de N 305° y N 25° entre las principales.

### **a.3 Formación Hualhuani (Js-hu):**

Litológicamente esta conformado por areniscas cuarzosas blancas en estratos métricos de grano medio a grueso dicha formación aflora al lado Este de la comunidad Campesina de Chahuay entre las alturas de 3,200 a 3,400 m.s.n.m., esta formación se encuentra en la parte baja del anticlinal del cerro Sijahui se encuentran diaclasas de N 320° y N 50° entre las principales se encuentran cubiertas por material coluvial producto de la erosión de dicha formación.

### **b. Formación Murco (Ki-mu)**

Esta formación litológicamente esta conformada hacia la base intercalaciones de arenas pardo rojizas con limo, arenas y lutitas. En la parte media estratos submétricos de areniscas cuarzosas. En la parte superior intercalación de areniscas limoarcillitas y limoareniscas rojizas y son apreciadas en las progresivas Km. 26+640 al Km. 27+800 teniendo un Rb N 220 y Bz 30 – 45 SO en general, tramo en el cual dicha formación se encuentra completamente diaclasada incluso presenta 3 familias de diaclasas entre las principales se tiene N 50°, N 250°, N 320° entre las principales, en este tramo se encuentra clastos de esta formación de 1/2" – 1" en lo general y están cubiertos por suelos coluviales.

### **c. Formación Arcurquina (Kis-ar).**

Esta formación pertenece al Cretáceo inferior a superior dicha formación se encuentra dividida en miembros los cuales son:

### **c.1 Formación Arcurquina Inferior (Kis-ar-i)**

Esta formación litológicamente presenta una secuencia de calizas micriticas de estratos submétricos intercalados con niveles esporádicos estratos de dolomita de aspecto masivo que se observan en las partes medias y altas de las progresivas Km. 17+800 a Km. 25+240.

### **c.2. Formación Arcurquina Medio (Kis-ar-m).**

Litológicamente esta formación presenta una secuencia bien definida de calizas de estratos submétricos intercalados con estratos de calizas micriticas centimétricas esta formación se encuentra a una altitud promedio de 4,200 a 4,400 m.s.n.m. dicha formación se encuentra plegada y diaclasada teniendo incluso dos familias importantes de fracturamiento las cuales diaclasan a esta formación provocando caídas de roca estas medidas son N 305°, N 50° en general, estas se pueden observar en las progresivas Km. 21+000 a Km. 25+240.

### **c.3 Formación Arcurquina Superior (Kis-ar-s).**

Litológicamente se encuentra formada por secuencias de estratos métricos de calizas micriticas y estas se encuentran en las partes más altas de la zona de 4,400 a 4,500 m.s.n.m. y están justo en los ejes de los anticlinales vistos en la zona.

## **d. Depósitos Cuaternarios:**

### **d.1 Depósitos Morrénicos (Qp-mo).**

Sedimentos con clastos líticos hasta más de un metro, con matriz areno limosa de tamaño milimétrico a centimétrico. Aflora en las zonas altas disectadas por cuencas fluvioglaciares afloran en zonas distantes al trazo en mención.

### **d.2 Depósitos Fluvioglaciares (Qph-fg).**

Sedimentos de Clastos milimétricos a centimétricos de origen glacial, con una matriz areno conglomeradita, afloran rellenando cuencas glaciares en zonas altas estas son observadas en las progresivas Km. 49+600 a Km. 50+560.



**d.3 Depósitos Aluviales (Qh-al).**

Componentes clásticos milimétricos a centimétricos aflora rellenando cuencas hidrográficas actuales este tipo de sedimentación se aprecia en las progresivas Km. 0+000 a Km. 6+340, Km. 32+400 a Km. 49+960.

**e. Intrusiones y Plutones:**

Las intrusiones y Plutones Volcánicos son observadas en la zona en estudio de la siguiente manera:

- Plutón de Coyllurqui (al NE de la comunidad de Chahuay) el cual son rocas del tipo granodioritas.
- Plutón de Cotabambas (al E del Cerro Charcas) que se presenta al SE de la Comunidad de Chahuay el cual son rocas del tipo granodioritas.
- Plutón de Progreso (al O del Cerro Charcas) que se encuentra al SO del la Comunidad de Ñahuinlla el cual son rocas del tipo granodioritas.

Estos tipos de rocas se presentan en las progresivas Km. 6+370 al Km. 10+000.

El porcentaje mineralógico comúnmente encontrado es el siguiente:

- Plagioclasas 40%
- Ortosa 30%
- Cuarzo 20%
- Hormeblenda verde oscuro 8%
- Biotita, Magnetita, etc. 2%

**CUADRO DE FORMACIONES GEOLÓGICAS AFLORANTES EN EL TRAZO**

FORMACIONES GEOLÓGICAS	TRAMO (Km.)	DESCRIPCIÓN
Depósitos Aluviales	0+000 – 6+340 32+400 – 49+960	Componentes clásticos de origen aluvial aflora rellenando cuencas hidrográficas
Depósitos Fluvioglaciares	49+600 – 50+560	Componentes centimétricos a milimétricos de origen glaciario con matriz arenosa conglomeradita afloran rellenando cuencas glaciares en zonas altas
Formación Arcurquina Inferior (Kis-ar-i)	17+800 – 25+240	Secuencia de estratos submétricos de calizas
Formación Arcurquina Medio (Kis-ar-m)	21+000 – 25+240	Secuencia de estratos métricos de calizas
Formación Murco (Ki-mu)	26+640 – 27+800	Intercalaciones de arenas pardo rojizas con lutitas, en la parte media estratos de areniscas cuarzosas
Plutón Coyllurqui	6+340 – 13+440 16+080 – 17+800	Rocas del tipo granodioritas de tamaño medio a grueso



## 5.4 Geología Estructural

En la zona en estudio se encuentra la estructura de las Capas Rojas, presentando varias particularidades estructurales.

Esta zona es donde la estructuras andinas pasan de rumbo EO a NO-SE por intermedio de grandes fallas de juego complejo entre cada falla tenemos rumbos diferentes.

Sin embargo el rasgo sobresaliente esta constituida por la estructura de las Capas Rojas del Cuaternario Superior – Eoceno, sin placas, de grosor variado (100-500 ml), que cabalgan sobre otro mediante contactos anormales, buzan de 15 – 20 °C hacia el norte.

La presencia de yeso en la parte inferior de los cabalgantes en contacto con los anormales, el desgaste basal y el acostamiento hacia el sur, hacen pensar en una tectónica de gravedad o por lo menos muy superficial. Estas estructuras pueden ser seleccionadas con la denudación del Horst del Cusco.

La zona estudiada se manifiesta en dos fases:

De compresión andina o fase andina intrasenoniana, es la emersión de la región sin dar a lugar una discordancia angular entre el cretáceo marino y Capas Rojas.

En la fase incaica que habría tenido lugar durante el Eoceno medio o superior, corresponde a la fase principal y se traduce por pliegues de eje EW, por movimientos inversos a lo largo de las fallas del mismo rumbo.

Desde el punto de vista Geológico Estructural en la zona de estudio se ha podido apreciar formas estructurales particulares las cuales son denominadas como anticlinales y sinclinales de Chahuay y Patahuasi los cuales son 5 anticlinales orientados en dirección SE a NW y 4 sinclinales orientados en la misma dirección los cuales pliegan las rocas calizas de la formación Arcurquina, dichos anticlinales tienen una dirección promedio de N 310° – 315° aproximadamente en similar orientación los sinclinales estos plegamientos provocaron un fracturamiento, diaclasamiento de estas calizas pudiendo identificar hasta 3 familias de diaclasas las mismas que produjeron caídas de rocas de tamaño considerable inclusive hasta de 6” de diámetro y tamaños promedios que van desde 1½”- 2” en general.

Estas diaclasas por lo general tienen direcciones y buzamientos siguientes: Rb N305°, Rb N50°, Rb N150° en general y buzamientos de Bz 60 – 70 SO, Bz 30-45 NE en general.

## 5.5 Geotectónica.

Los Movimiento paleozoicos corresponden a dos tectogénesis denominado ciclo hercínico. La primera se ha producido entre el Devoniano Medio y el Missisipiano llamado eohercínico y la segunda que tuvo lugar curso en el Permiano, llamada neohercínica.

En los movimientos Andinos se incluye todos los plegamientos que a partir del cretácico superior hasta el final del terciario, se edificaron la mayoría de las estructuras plegadas, que constituyen el armazón de los andes centrales.

## 5.6 Geodinámica.

### Deslizamientos recientes

Son remociones activas de masa de los suelo y o rocas, bajo los efectos de determinados factores condicionantes naturales y artificiales que no fueron observados en la zona en estudio.

Se refiere esta falla al proceso más o menos continuo y por lo general lento de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales

Los derrumbes pueden afectar a grandes áreas y el movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles mas profundas, que suelen sucederse a una combinación de acciones de las fuerzas de gravedad y ha otros varios agentes, como son los cambios climáticos en forma de expansiones y contracciones térmicas y por humedecimiento y secado y puede ser de varios metros que comienza a moverse muy lentamente ladera abajo produciéndose un deslizamiento masivo lento y cuando los esfuerzos actuantes sobrepasan el límite se producirá un deslizamiento de tierra rápido.

### Derrumbes

Son el movimiento o desplome de una masa de suelo, o mezcla de ambos, pendiente abajo, de un talud natural, por perdida de soporte lateral o socavación de un río, tal es el caso del río Ñahuinlla en el sector de Chahuay y Coyllurqui que en época de lluvias se acrecenta este fenómeno ya que las aguas crecen y erosiona las partes laterales del río en mención, también existe derrumbes provocados por el corte en la carretera en estudio esto mas que todo desde las progresivas Km. 6+340 – Km. 10+200.

Son fallas típicas tanto de las laderas naturales como de los cortes practicados, por lo general son desprendimientos locales de pequeños volúmenes.

### Desprendimiento de rocas

Es el movimiento violento de bloques y fragmentos rocosos, pendiente abajo. Este fenómeno esta asociado al fracturamiento, como al grado de meteorización y alteración de los macizo rocosos. Otros factores que favorecen estos desprendimientos son la

gravedad, las lluvias, los sismos, esto es mas notorio en el sector de Chaquimayo ya que estas rocas están diaclasadas en 3 direcciones las cuales provocan inestabilidad de las misma y se observa desde la progresiva Km. 21+000 al 27+800.

## **CAPÍTULO 6 : ESTUDIO DE GEOTECNIA**

Investiga los suelos y los métodos para solucionar problemas de suelos, buscando nuevos materiales o mejorando las propiedades de las existentes a fin de obtener una carretera segura, duradera, uniforme y más económica.

### **6.1 Generalidades**

El presente estudio se realizó por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas "a cielo abierto", ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia y labores de gabinete en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos, y la estabilidad de taludes.

El programa seguido fue el siguiente:

- Reconocimiento del tramo en estudio.
- Reconocimiento de la Estabilidad de Taludes.
- Ejecución de calicatas a lo largo del eje de la vía
- Extracción de las muestras disturbadas.
- Registro de Exploraciones.
- Ensayos de Laboratorio.
- Descripción del perfil estratigráfico.

### **6.2 Trabajos de Campo**

#### **6.2.1 Calicatas**

Se realizaron 180 calicatas o pozos de exploración a cielo abierto distribuido a lo largo de la vía, en tres bolillos, izquierda, centro y derecho. Las calicatas alcanzaron profundidades de 0.20 m a 1.50m, siendo las siguientes:

**CUADRO DE CALICATAS**

<b>CALICATAS</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>N.F</b>	<b>COTA (m.s.n.m)</b>
C - 1	0 + 000	1.5	Presenta No	29980
C - 2	0 + 250	1.5	Presenta No	2998.34
C - 3	0 + 500	1.5	Presenta No	2987.58
C - 4	0 + 750	1.5	Presenta No	2978.68
C - 5	1 + 000	1.5	Presenta No	2977.52
C - 6	1 + 250	1.5	Presenta No	2973.86
C - 7	1 + 500	1.5	Presenta No	2966.29
C - 8	1 + 750	1.5	Presenta No	2957.44
C - 9	2 + 000	1.5	Presenta No	2948.44
C - 10	2 + 250	1.5	Presenta No	2936.79
C - 11	2 + 500	1.5	Presenta No	2926.44
C - 12	2 + 750	1.5	Presenta No	2920.96
C - 13	3 + 000	1.5	Presenta No	2896.1
C - 14	3 + 350	1.5	Presenta No	2885.25
C - 15	3 + 600	1.5	Presenta No	2876.38
C - 16	3 + 850	1.5	Presenta No	2893.25
C - 17	4 + 100	1.5	Presenta No	2917.22
C - 18	4 + 450	1.5	Presenta No	2931.24
C - 19	4 + 600	1.5	Presenta No	2947.98
C - 20	4 + 850	1.5	Presenta No	2964.54
C - 21	5 + 100	1.5	Presenta No	2986.07
C - 22	5 + 350	1.5	Presenta No	3000.55
C - 23	5 + 600	1.5	Presenta No	3012.07
C - 24	5 + 850	1.5	Presenta No	3028.56
C - 25	6 + 100	1.5	Presenta No	3045.57
C - 26	6 + 400	1.5	Presenta No	3228.28
C - 27	6 + 650	1.5	Presenta No	3236.75

CALICATAS	PROGRESIVA	PROF. (m)	N.F	COTA (m.s.n.m)
C - 28	6 + 900	1.5	Presenta No	3248.13
C - 29	7 + 150	1.5	Presenta No	3261.45
C - 30	7 + 400	1.5	Presenta No	3267.24
C - 31	7 + 650	1.5	Presenta No	3279.94
C - 32	7 + 900	1.5	Presenta No	3289.15
C - 33	8 + 150	1.5	Presenta No	3992.17
C - 34	8 + 340	1.5	Presenta No	3300.11
C - 35	8 + 500	1.5	Presenta No	3303.66
C - 36	8 + 620	1.5	Presenta No	3304.56
C - 37	8 + 840	1.5	Presenta No	3314.68
C - 38	9 + 090	1.5	Presenta No	3322.09
C - 39	9 + 340	1.5	Presenta No	3327.84
C - 40	9 + 590	1.5	Presenta No	3341.97
C - 41	9 + 840	1.5	Presenta No	3357.85
C - 42	10 + 090	1.5	Presenta No	3372.5
C - 43	10 + 340	1.5	Presenta No	3387.15
C - 44	10 + 560	1.5	Presenta No	3401.8
C - 45	10 + 810	1.5	Presenta No	3416.45
C - 46	11 + 060	1.5	Presenta No	3432.33
C - 47	11 + 310	1.5	Presenta No	3446.8
C - 48	11 + 560	1.5	Presenta No	3462.68
C - 49	11 + 810	1.5	Presenta No	3478.18
C - 50	12 + 060	1.5	Presenta No	3496.36
C - 51	12 + 280	1.5	Presenta No	3506.94
C - 52	12 + 450	1.5	Presenta No	3517.62
C - 53	12 + 700	1.5	Presenta No	3533.49
C - 54	12 + 950	1.5	Presenta No	3547.45
C - 55	13 + 200	1.5	Presenta No	3573.94

CALICATAS	PROGRESIVA	PROF. (m)	N.F	COTA (m.s.n.m)
C - 56	13 + 450	1.5	No Presenta	3577.97
C - 57	13 + 700	1.5	No Presenta	3592.97
C - 58	13 + 950	1.5	No Presenta	3600.82
C - 59	14 + 200	1.5	No Presenta	3617.06
C - 60	14 + 450	1.5	No Presenta	3632.57
C - 61	14 + 770	1.5	No Presenta	3645.85
C - 62	14 + 950	1.5	No Presenta	3662.94
C - 63	15 + 200	1.5	No Presenta	3675.15
C - 64	15 + 450	1.5	No Presenta	3691.1
C - 65	15 + 700	1.5	No Presenta	3706.5
C - 66	15 + 950	1.5	No Presenta	3712.65
C - 67	16 + 200	1.5	No Presenta	3724.69
C - 68	16 + 450	1.5	No Presenta	3756.65
C - 69	16 + 700	1.5	No Presenta	3756.65
C - 70	16 + 950	1.5	No Presenta	3766.72
C - 71	17 + 200	1.5	No Presenta	3781.92
C - 72	17 + 450	1.5	No Presenta	3797.79
C - 73	17 + 850	1.5	No Presenta	3821.57
C - 74	18 + 250	1.5	No Presenta	3836.84
C - 75	18 + 650	1.5	No Presenta	3848.1
C - 76	19 + 050	1.5	No Presenta	3858.3
C - 77	19 + 450	1.5	No Presenta	3867.12
C - 78	19 + 850	1.5	No Presenta	3882.21
C - 79	20 + 250	1.5	No Presenta	3890.06
C - 80	20 + 650	1.5	No Presenta	3893.56
C - 81	21 + 050	1.5	No Presenta	3896.35
C - 82	21 + 450	1.5	No Presenta	3902.45
C - 83	21 + 850	1.5	No Presenta	3905.6



CALICATAS	PROGRESIVA	PROF. (m)	N.F	COTA (m.s.n.m)
C - 84	22 + 250	1.5	No Presenta	3899.74
C - 85	22 + 650	1.5	No Presenta	3881.42
C - 86	23 + 050	1.5	No Presenta	3854.2
C - 87	23 + 450	1.5	No Presenta	3838.72
C - 88	23 + 850	1.5	No Presenta	3837.2
C - 89	24 + 250	1.5	No Presenta	3859.9
C - 90	24 + 650	1.5	No Presenta	3884.12
C - 91	25 + 050	1.5	No Presenta	3908.74
C - 92	25 + 450	1.5	No Presenta	3931.4
C - 93	25 + 850	1.5	No Presenta	3950.38
C - 94	26 + 250	1.5	No Presenta	3976.33
C - 95	26 + 650	1.5	No Presenta	4003.13
C - 96	27 + 050	1.5	No Presenta	4027.55
C - 97	27 + 450	1.5	No Presenta	4048.88
C - 98	27 + 730	1.5	No Presenta	4063.71
C - 99	28 + 010	1.5	No Presenta	4066.5
C - 100	28 + 290	1.5	No Presenta	4063.27
C - 101	28 + 570	1.5	No Presenta	4060.1
C - 102	28 + 850	1.5	No Presenta	4055.84
C - 103	29 + 130	1.5	No Presenta	4054.86
C - 104	29 + 410	1.5	No Presenta	4039.24
C - 105	29 + 690	1.5	No Presenta	4043.43
C - 106	29 + 970	1.5	No Presenta	4048.84
C - 107	30 + 250	1.5	No Presenta	4060.18
C - 108	30 + 530	1.5	No Presenta	4064.24
C - 109	30 + 810	1.5	No Presenta	4065.24
C - 110	31 + 090	1.5	No Presenta	4064.71
C - 111	31 + 370	1.5	No Presenta	4062.76

CALICATAS	PROGRESIVA	PROF. (m)	N.F	COTA (m.s.n.m)
C - 112	31 + 650	1.5	No Presenta	4063.81
C - 113	31 + 930	1.5	No Presenta	4060.84
C - 114	32 + 210	1.5	No Presenta	4062.41
C - 115	32 + 490	1.5	No Presenta	4050.89
C - 116	32 + 770	1.5	No Presenta	4042.34
C - 117	33 + 050	1.5	No Presenta	4026.27
C - 118	33 + 330	1.5	No Presenta	4012.67
C - 119	33 + 610	1.5	No Presenta	4007.95
C - 120	33 + 890	1.5	No Presenta	4003.24
C - 121	34 + 170	1.5	No Presenta	3999.09
C - 122	34 + 450	1.5	No Presenta	4000.7
C - 123	34 + 730	1.5	No Presenta	4011.51
C - 124	35 + 010	1.5	No Presenta	4021.81
C - 125	35 + 290	1.5	No Presenta	4027.6
C - 126	35 + 570	1.5	No Presenta	4032.1
C - 127	35 + 850	1.5	No Presenta	4030.07
C - 128	36 + 130	1.5	No Presenta	4036.16
C - 129	36 + 410	1.5	No Presenta	4046.7
C - 130	36 + 690	1.5	No Presenta	4060.14
C - 131	36 + 970	1.5	No Presenta	4075.31
C - 132	37 + 250	1.5	No Presenta	4090.56
C - 133	37 + 530	1.5	No Presenta	4102.98
C - 134	37 + 810	1.5	No Presenta	4114.57
C - 135	38 + 090	1.5	No Presenta	4126.95
C - 136	38 + 370	1.5	No Presenta	4131.35
C - 137	38 + 650	1.5	No Presenta	4133.62
C - 138	38 + 930	1.5	No Presenta	4139.52
C - 139	39 + 210	1.5	No Presenta	4149.29

CALICATAS	PROGRESIVA	PROF. (m)	N.F	COTA (m.s.n.m)
C - 140	39 + 490	1.5	No Presenta	4154.87
C - 141	39 + 770	1.5	No Presenta	4159.76
C - 142	40 + 050	1.5	Si presenta a 0.40m	4164.64
C - 143	40 + 330	1.5	No Presenta	4176.51
C - 144	40 + 610	1.5	No Presenta	4187.63
C - 145	40 + 890	1.5	No Presenta	4198.17
C - 146	41 + 170	1.5	No Presenta	4191.91
C - 147	41 + 450	1.5	No Presenta	4203.81
C - 148	41 + 730	1.5	No Presenta	4204.33
C - 149	42 + 010	1.5	No Presenta	4197.53
C - 150	42 + 290	1.5	No Presenta	4201.83
C - 151	42 + 570	1.5	No Presenta	4198.2
C - 152	42 + 850	1.5	No Presenta	4186.34
C - 153	43 + 130	1.5	No Presenta	4182.45
C - 154	43 + 410	1.5	No Presenta	4197.8
C - 155	43 + 690	1.5	No Presenta	4214.89
C - 156	43 + 970	1.5	No Presenta	4231.99
C - 157	44 + 250	1.5	No Presenta	4249.08
C - 158	44 + 530	1.5	No Presenta	4266.17
C - 159	44 + 810	1.5	No Presenta	4283.27
C - 160	45 + 090	1.5	No Presenta	4290.21
C - 161	45 + 370	1.5	No Presenta	4284.94
C - 162	45 + 650	1.5	No Presenta	4281.87
C - 163	45 + 930	1.5	No Presenta	4283.83
C - 164	46 + 210	1.5	No Presenta	4285.78
C - 165	46 + 490	1.5	No Presenta	4291.26
C - 166	46 + 770	1.5	No Presenta	4301.93
C - 167	47 + 050	1.5	No Presenta	4300.92

CALICATAS	PROGRESIVA	PROF. (m)	N.F	COTA (m.s.n.m)
C - 168	47 + 330	1.5	No Presenta	4317.53
C - 169	47 + 610	1.5	No Presenta	4335.5
C - 170	47 + 890	1.5	No Presenta	4350.66
C - 171	48 + 170	1.5	No Presenta	4363.96
C - 172	48 + 450	1.5	No Presenta	4382.03
C - 173	48 + 730	1.5	No Presenta	4399.12
C - 174	49 + 010	1.5	No Presenta	4413.77
C - 175	49 + 290	1.5	No Presenta	4428.34
C - 176	49 + 570	1.5	No Presenta	4445.19
C - 177	49 + 850	1.5	No Presenta	4462.94
C - 178	50 + 130	1.5	No Presenta	4478.74
C - 179	50 + 410	1.5	No Presenta	4490.19
C - 180	50 + 560	1.5	No Presenta	4497

### 6.2.2 Muestreo y Registro de Exploraciones

Se tomaron muestras disturbadas representativas de los estratos atravesados en cada calicata y en cantidades suficientes como para realizar los ensayos de identificación y clasificación. Asimismo para los Ensayos C.B.R. (California Bearing Ratio).

Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploración, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc.

### 6.2.3 Mediciones en Longitudes de Rocas Macizas y Semi- rocosas en los Cortes de Taludes.

Se ha encontrado en las siguientes progresivas:

ROCA MACIZA		SEMIROCOSO	
PROGRESIVA	LONGITUD (m)	PROGRESIVA	LONGITUD (m)
Km 19+280 – 19+480	200.00	Km 19+380 – 19+420	40.00
Km 22+240 – 22+260	20.00	Km 21+650 – 21+680	30.00
Km 22+520 – 22+680	160.00	Km 22+320 – 22+360	40.00
Km 23+630 – 23+980	350.00	Km 23+160 – 23+220	60.00
Km 25+240 – 25+280	40.00	Km 27+120 – 27+160	40.00
Km 42+040 – 42+480	440.00	Km 41+080 – 41+120	40.00
Km 45+320 – 45+560	240.00	Km 41+340 – 41+380	40.00
Km 45+640 – 45+660	140.00	Km 44+680 – 44+880	200.00
Km 45+920 – 45+940		Km 47+520 – 48+440	920.00
Km 46+200 – 46+220			
Km 47+320 – 47+340			
Km 50+360 – 50+500			
<b>Longitud Total</b>	1,670.00	---	1,410.00
<b>Porcentaje</b>	3.30%	—	3.00%

### 6.3 Ensayos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio Estándar y Especiales, fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos “J.J. Tello Ingenieros Consultora y Constructora E.I.R.L.”, empleando el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC EM 2000 y bajo las Normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M).

#### 6.3.1 Ensayos Estándar

Se realizaron los siguientes ensayos:

##### a. Análisis Granulométrico Por Tamizado ASTM D – 422<sup>11</sup>:

La prueba de granulometría sirve para determinar el porcentaje en peso de las partículas de diferentes tamaños que los forman, para realizar esta prueba se hace pasar por mallas que van desde la malla de 3” hasta la N° 200; se pasan las partículas retenidas en cada tamiz y se encuentra el porcentaje respectivo en relación al peso seco total. Después se calcula el % que pasa por cada malla.

Para obtener con exactitud de los datos, la porción de un material que pasa por la malla N° 4, se lava por la malla N° 200, lo que pasa por esta malla, se calcula por diferencia de peso y el resto se tamiza entre la malla N° 4 a la malla N° 200.

El resultado de este ensayo se presenta en una gráfica entre el porcentaje que pasa y el promedio de las mallas o tamices, cuando la curva no tiene cambios bruscos de pendiente, se dice que la granulometría es continua y bien graduada, en cambio cuando hay cambios bruscos la granulometría es discontinua o mal graduada.

<sup>11</sup> Juárez Badillo y Rico Rodríguez; Fundamento de la Mecánica de Suelos, 97.

La clasificación de suelos basada en criterios de granulometría fue usada en mecánica de suelos desde un principio y con la técnica del cribado, fue posible efectuar el trazo de las curvas granulométricas teniendo algunas clasificaciones según su tamaño.

### a.1 Clasificación Internacional

Desarrollada en Suecia:

Tamaño en mm				
2.0	0.2	0.02	0.002	0.0002
Arena Gruesa	Arena Fina	Limo	Arcilla	Ultra – Arcilla (coloides)

### a.2 Clasificación M.I.T

Fue propuesta por G. Gilboy y adoptada por el Massachussets Institute of Technology.

tamaño en mm								
2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006	0.0002
Gruesa	Media	Fina	Grueso	Medio	Fino	Gruesa	Media	Fina (Coloides)
ARENA			LIMO			ARCILLA		

a.3 Clasificación utilizada a partir de 1936 en Alemania, esta basada en una proposición original de Kopecky.

MATERIAL	CATACTERISTICAS	TAMAÑO mm
Piedra	-----	Mayor de 70 mm
Grava	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Polvo	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
Limo	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra – Arcilla	-----	0.00002 a 0.0002



Debajo de 0.00002 mm las partículas constituyen disoluciones verdaderas y ya no se depositan.

Puede mostrarse que las clasificaciones anteriores y otras existentes se contradicen en ocasiones, la observación más importante que se puede hacerse a estos sistemas es el uso que se hacen a las palabras limo y arcilla para designar fricciones de suelo definidas exclusivamente por tamaños. Estos términos se han usado en ingeniería como nombres para designar tipo de suelo con propiedades físicas definidas.

### Presentación de la Distribución Granulométrica:

La gráfica granulométrica suele dibujarse con porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas. Las ordenadas se refieren a porcentajes en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondiente. La representación en escala semilogarítmica (eje de abscisa en escala logarítmica), resulta preferible a la simple representación natural, pues en la primera se dispone de mayor amplitud en los tamaños finos y muy finos que en escala natural resultan muy comprimidos.

La forma de la curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del suelo.

De acuerdo a la forma de la curva podemos determinar el coeficiente de uniformidad, cuyo valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta, siendo los suelos que tienen  $C_u < 3$ , muy uniformes.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Como dato complementario necesario para definir la graduación, se define el coeficiente de curvatura del suelo, como:

$$C_c = \frac{D_{(30)}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Cuando la relación valores entre 1y 3 son suelos bien graduados, con amplio margen en tamaño de partículas y en cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

### b. Límites de Consistencia ASTM-D – 4318:

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de suelos finos, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua, así el suelo puede encontrarse en estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

Los límites de consistencia son propiedades índice de los suelos con que se define la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.



### **Determinación del Límite Líquido ASTM D - 4318:**

Se hicieron investigaciones para elaborar un método de prueba determinando el límite líquido estandarizado en todas sus etapas, de modo que operadores de diferentes laboratorios obtuvieran el mismo resultado.

Como resultado de la investigación apareció la técnica basada en el uso de la Copa de Casagrande, que es un recipiente de bronce o latón, con un tacón solidario del mismo material, el tacón y la copa giran en torno a un eje fijo unido a la base. Una excéntrica hace que la copa caiga periódicamente, golpeándose en el centro de la base del dispositivo, que es de hule duro, siendo la altura de caída de un centímetro, medido verticalmente desde el punto de copa que toca la base al caer; Hasta la base misma, estando la copa en un punto más alto.

La copa es esférica con un radio interior de 54 mm y espesor de 2 mm, con un peso de 200 gr incluyendo el tacón.

La copa se sostiene con la mano izquierda, con el tacón hacia arriba y el ranurador se pasa a través de la muestra manteniendo normal a su superficie, a lo largo del meridiano, que pasa por el centro del tacón, con movimiento de arriba hacia abajo, con una sola pasada del ranurador, en una muestra bien mezclada y, Casa grande establece que el límite líquido obtenido por medio de casa grande, como el contenido de agua del suelo para que la ranura se cierra a lo largo de 1.27 cm, con 25 golpes en la copa.

De hecho el límite líquido se determina conociendo 3 ó 4 contenidos de agua diferentes en su vecindad, con los correspondientes números de golpes y trazados de la curva.

El contenido de agua, número de golpes y la ordenada de esa curva corresponde a la abscisa de 25 golpes, es el contenido correspondiente al límite líquido.

Casa grande encontró que usando papel semilogarítmico con los contenidos de agua a escala aritmética y el número de golpes en logaritmo, la curva anterior llamada de fluidez, es una recta cerca del límite líquido.

### **Límite Plástico ASTM D – 4318:**

La prueba para determinar el límite plástico, se debe formar un cilindro, con la condición de que el diámetro sea de 3 mm. La formación de rollitos se hace usualmente sobre una hoja del papel seca para acelerar las pérdidas de humedad del material y es frecuente utilizar una placa de vidrio, cuando los rollitos llegan a 3 mm se doblan y presionan formándose una pastilla que se vuelve a rolarse hasta que en los 3 mm ocurra un desmoronamiento y agrietamiento, en tal momento se determina el contenido de agua que es el límite plástico.

### Índice Plástico:

Es la diferencia que existe entre el límite líquido y el límite plástico.

### c. Contenido de Humedad ASTM D – 2216:

El contenido de humedad es la relación entre la masa del agua presente en los poros del suelo y la masa del sólido del suelo.

#### Cantidad de la Muestra:

Se adoptaran las cantidades mínimas de material estipuladas por la norma para obtener resultados con una precisión de  $\pm 1\%$ .

Tamaño máximo de partículas (mm)	Tamiz	Masa de muestra mínima (g)
2.00 o menos	N° 10	20
4.75	N° 4	50
9.50	3/8"	100
19.00	3/4"	250
37.50	1/2"	1000
75.00	3"	5000

### Procedimiento del Ensayo

- Se pesa el recipiente con la muestra húmeda con aproximación de 0.01 gr. y se registra en la hoja de datos.
- Se destapa el recipiente y se coloca en la estufa hasta secarlo.
- Se saca de la estufa, se vuelve a pesar la tapa herméticamente y se deja enfriar a la temperatura del ambiente.
- Se pesa el recipiente con la muestra seca y se apunta en la hoja de datos.
- Si el peso de la tara no se tiene a mano, se limpia, seca y pesa el recipiente con su tapa y se registra en la hoja.
- Se calcula el contenido de humedad.

### Cálculo del Contenido de Humedad:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

### Contenido de humedad mediante el equipo Speedy:

#### Materiales necesarios:

- Una botella de reacción con manómetro graduado en porcentaje de humedad.
- Esfera de acero.
- Reactivos.
- Cuchara dosificadora de 26 gramos.

#### Procedimiento:

- 1.- Para la determinación de la humedad se utiliza el carburo de calcio.
- 2.- A la esfera de acero con una cuchara de carburo de calcio es introducido dentro de la botella de reacción el cual es agitado con la mano durante un minuto indicando en el manómetro la humedad.
- 3.- La precisión es de 5-10% aproximadamente, en relación a la humedad obtenida mediante pesos.

### 6.3.2 Ensayos Especiales

#### a. Proctor Modificado. ASTM D- 1547<sup>12</sup>

La compactación consiste en un proceso repetitivo, cuyo objeto es conseguir una densidad específica para una relación óptima de agua, a fin de garantizar las características mecánicas del suelo.

Con el ensayo se pretende determinar los parámetros óptimos de compactación, esto se traduce en determinar cual es la humedad que se requiere con una energía de compactación dada, para obtener la densidad seca máxima que se puede conseguir para un determinado suelo, la humedad que se busca es definida como humedad óptima y es con ella que se alcanza la máxima densidad seca, para la energía de compactación dada, se define como densidad seca máxima aquella que se consigue para la humedad óptima.

<sup>12</sup> Manual de Ensayo de Materiales; MTC E 115 -2000.

Es comprobado que el suelo se compacta a medida que se aumenta la humedad, hasta que llega a un punto máximo, cuya humedad es la óptima, a partir de ese punto cualquier aumento de humedad reduce la densidad seca.

La diferencia básica entre el proctor estándar y el modificado es la energía de compactación usada, el estándar se hace con un peso de 2.5 kg de una altura de 30 cm, compactada en 3 capas de 25 golpes y en el modificado un peso de 5 kg de una altura de 45 cm, compactando en 5 capas, con 25 y 56 golpes, esto es debido a la existencia de modernos equipos de compactación más pesados que permiten densidades más altas en campo.

El ensayo de proctor modificado se aplica solo para suelos que tienen 30% menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de  $\frac{3}{4}$  “.

Proporciona tres métodos alternativos y si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

#### **Método “A”**

- Molde de 4 pulgadas de diámetro (101.6 mm)
- El material que se emplea es el que pasa por el tamiz N° 4 (4.75 mm)
- Capas, son 5.
- Golpes por capa, son 25.
- Se usa cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en la malla N° 4 (4.75 mm).
- Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando métodos B ó C.

#### **Método “B”**

- Molde de 4 pulgadas de diámetro (101.6 mm)
- El material que se emplea es el que pasa por el tamiz de 3/8 pulgadas (9.5 mm)
- Capas, son 5.
- Golpes por capa, son 25.
- Se usa cuando más del 20% del peso del material es retenido en la malla N° 4 (4.75 mm) y cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulgadas (9.5 mm).
- Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando método C.

### Método "C"

- Molde de 6 pulgadas de diámetro (152.4 mm)
- El material que se emplea en el que pasa por el tamiz de 3/4 pulgadas (19.0 mm)
- Capas, son 5.
- Golpes por capa, son 56.
- Se usa cuando más del 20% del peso del material es retenido en la malla N° 3/8 pulgadas (9.53 mm) y cuando menos del 30% en peso del material es retenido en el tamiz 3/4 pulgadas (19.0 mm).
- El molde de 6 pulgadas (152.4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

### Su Importancia y Uso:

Los ensayos de compactación en laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de humedad (agua) que se muestran para obtener las propiedades requeridas y para el control de construcción de terraplenes, rellenos, bases, sub-bases, subrasantes, etc. Asegurando el grado de compactación y óptimo contenido de agua.

Durante el diseño de los rellenos de ingeniería se utilizan los ensayos de corte, consolidación, permeabilidad y otros ensayos que requiere la preparación de especímenes compactados con algún contenido de agua, para algún peso unitario.

### Muestra de Ensayo:

La muestra requerida para el método A y B es de 16 kg y para el método C es de 29 kg de suelo seco, y de campo debe de traerse no menos de 23 kg y 45 kg respectivamente. Determinar el porcentaje de material retenido en el tamiz N° 4, 3/8 " ó 3/4" para escoger el método A, B ó C realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan por las mallas indicadas anteriormente mediante el método de análisis por tamizado de agregado grueso y fino.

### Procedimiento:

Un suelo con un contenido de humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 ó 56 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>). Se determina el peso unitario resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer

una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua del suelo. Estos datos, cuando son ploteados, representan una relación curvilínea conocida como curva de compactación. Los valores de óptimo contenido de agua y máximo peso unitario seco modificado son determinados de la curva de compactación.

#### **b. Valor de Soporte CBR (California Bearing Ratio) ASTM D- 1883**

La finalidad del ensayo es determinar la capacidad del soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variable. Es un método desarrollado por la división de carreteras de los EE.UU. y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, sub-base y base del pavimento.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo, bajo condiciones de humedad y densidad controlada, permitiendo obtener el CBR que está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado, penetre a una profundidad determinada con igual velocidad.

El número CBR se basa en la relación de carga para penetrar 2.5 mm (0.1") sin embargo si el valor del CBR a una penetración de 5 mm (0.2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si al segundo ensayo se produce nuevamente un CBR mayor de 5 mm (0.2") de penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos CBR se hacen sobre muestras compactadas y con un contenido de humedad óptimo, obtenido en el proctor.

Antes de determinarse su resistencia a la penetración deben saturarse durante 96 horas. En general, se confecciona 3 moldes compactados con 56, 25 y 10 golpes, según el ensayo de proctor modificado.

#### **Determinación de Expansión del Material**

Sobre la placa base perforada se coloca un papel filtro grueso y se ajusta al molde con el suelo compactado en forma invertida de manera que el espacio formado por el disco espaciador, quede en la parte superior.

En la superficie libre de la muestra, se coloca el filtro del papel grueso y sobre ésta la placa metálica perforado provista de un vástago regulable, sobre esta placa se coloca sobrecargas de 4.54 kg.

Luego se coloca todo el conjunto dentro de un tanque de agua, se monta un trípode y se instala el dial de modo que la punta quede tocando el vástago.



Luego se llena de agua el estanque y se registra la lectura inicial. El tiempo de inmersión dependerá del tipo de saturación, normalmente de 96 horas, comprobando las lecturas cada 24 horas, deben diferir en menos de 0.03 mm manteniendo el nivel del agua.

Registrado la lectura, se retira el trípode y se saca el molde del agua, dejándolo drenar 15 minutos y finalmente se retira las sobrecargas, los discos de papel y las placas perforadas para determinar el peso del molde con el suelo compactado y saturado.

### Determinación de la Resistencia a la Compresión:

Se lleva la probeta a la máquina de ensayo y se coloca sobre ella, una cantidad tal de cargas para reproducir una sobrecarga igual a la que supuestamente ejercerá el material de base del pavimento proyectado.

Se apoyará el pistón de penetración con una carga lo más pequeña posible y se colocan los diales de lectura de tensión y de deformación en cero, siendo la velocidad de carga de 1.25 mm por minuto.

Se anotan las lecturas de carga en los siguiente niveles de penetración, 0.65-1.25-1.90-2.50-3.10-3.75-4.40-5.00-7.50-10.0 y 12.5 mm.

Finalmente se retira el total de la muestra de suelo del molde y se determina el contenido de humedad de la capa superior.

C.B.R.	CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DEL SUELO	USO
2 – 5	Muy mala	Sub-rasante
5 – 8	Mala	Sub-rasante
8 – 20	Regular – Buena	Sub-rasante
20 – 30	Excelente	Sub-rasante
30 – 60	Buena	Sub-base
60 – 80	Buena	Base
80 – 100	Excelente	Base

Se identifican cinco categorías de subrasante:

SO: Subrasante muy pobre	CBR < 3%
S1: Subrasante pobre	CBR = 3%-5%
S20: Subrasante regular	CBR = 6% -10%
S3: Subrasante buena	CBR = 11% -19%
S4: Subrasante muy buena	CBR = > 20%



### 6.3.3 Sistema de Clasificación de Suelos

#### a. Clasificación de Suelos por el Método AASHTO (American Associated Of State Highway Officials)<sup>13</sup>

Esta importante asociación norteamericana dedicada a las carreteras y transportes, revisó y adoptó la antigua clasificación de suelos de la Public Roads Administration (USA), desde entonces se usa la clasificación AASHTO.

En ella se han dividido en dos grandes grupos, los suelos granulares, con 35% menos pasando la malla N° 200 y los suelos limo arcillosos o arcillosos, con más del 35% pasando la malla N° 200.

Para cada suelo además de determinar su granulometría se debe determinar los límites de consistencia deduciendo de ello el índice de plasticidad.

#### GRUPO A – 1

El material característico es una mezcla bien graduada de fragmentos de piedra, o grava, arena con aglomerante no plástico o débilmente plástico.

#### SUBGRUPO A-1-a

Incluyen materiales compuestos por fragmentos de piedra o grava con o sin aglomerantes bien graduados de material fino.

#### SUBGRUPO A-1-b

Incluye materiales compuestos de arena gruesa con o sin aglomerantes de suelo bien graduado.

#### GRUPO A-3

Los materiales son arena de playa o arena fina eólica sin finos.

#### GRUPO A-2

Incluye amplia variedad de materiales granulares y materiales tipo limo arcilloso de los grupos A-4, A-5, A-6, A-7.

#### SUBGRUPOS A-2-4 Y A-2-5

<sup>13</sup> Ing. Genaro Humala Aybar; Mecánica de Suelos I.

Incluye materiales granulares que contiene 35% o menos de material que pasan por la malla N° 200 y con una parte que pasa la N° 40.

#### **SUBGRUPO A-2-6 Y A-2-7**

Incluye materiales como grava y arena con arcilla de índice de plasticidad menor que diez y pasan por el tamiz N° 200 mayor de 15%.

#### **GRUPO A-4**

El material es un suelo limoso, no plástico o moderadamente plástico que tiene usualmente un 75 % o más de material que pasa la malla N° 200.

#### **GRUPO A-5**

El material es semejante al del grupo A-4 y es altamente elástica, con un elevado límite líquido y los valores del índice de grupo varían de 1 a 12.

#### **GRUPO A-6**

El material característico es una arcilla plástica con 75% o más pasa por el tamiz N° 200, presentan usualmente grandes cambios de volúmenes al pasar del estado seco al húmedo, y los valores del índice de grupo varían de 1 a 16

#### **GRUPO A-7**

El material característico son las arcillas de alto límite líquido con índice de grupo que varían del 1 al 20.

#### **SUBGRUPO A-7-5**

Incluye materiales con índice de plasticidad moderados en relación al límite líquido, que pueden ser altamente elásticos, así como estar sujetos a considerables cambios de volumen.

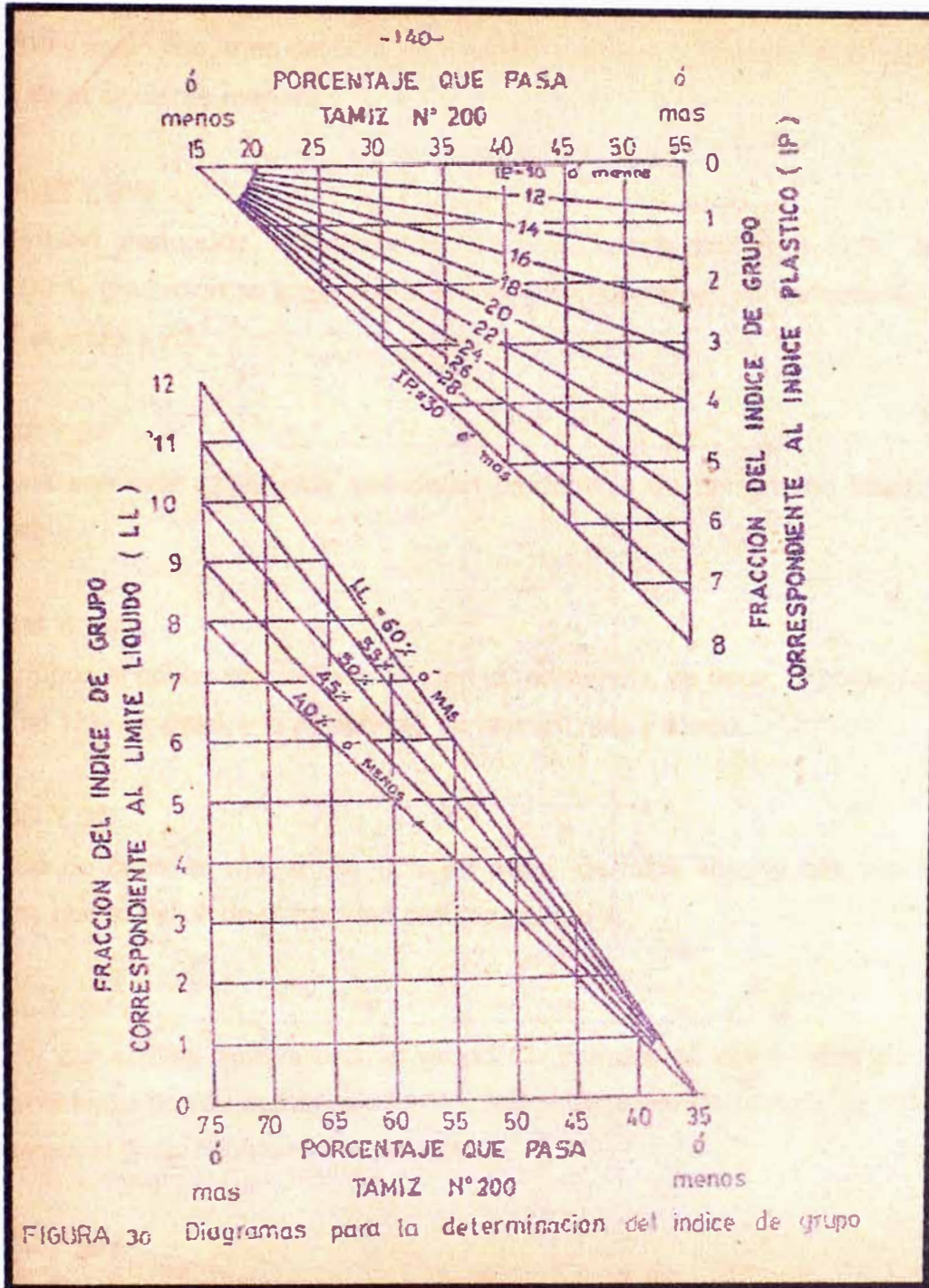
#### **SUBGRUPO A-7-6**

Incluye materiales con índice de plasticidad elevados en relación al límite líquido y sujetos a cambios de volumen extremadamente grandes.

### CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa la malla N°200)							Materiales finos (más del 35% pasa la malla N°200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación por grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
	Granulometría % más fino.										
Malla N° 10	50 máx	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Malla N° 40	30 máx	50 máx	51 máx	—	—	—	—	—	—	—	—
Malla N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características del material menor que Núm. 40:											
Límite líquido, índice de de plasticidad.	6 máx		— NP	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín
Índice de grupo.	0		0	0		4 máx		8 máx	12 máx	18 máx	20 máx
Tipo comunes de los materiales constituyentes principales.	Fragmentos de roca, grava y arena.		Arena fina.	Gravas y arenas limosas arcillosas.				Suelos arcillosos.			
Apreciación general como subrasante.	De excelente a bueno							De regular a pobre			

CUADRO DE ÍNDICE DE GRUPO



## b. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S)<sup>11</sup>:

El sistema cubre los suelos gruesos y fino, distinguiéndose ambos por el cribado a través de la malla N° 200, considerando un suelo grueso, si más del 50% de material es retenido en la malla N° 200 y suelo fino, mas del 50% de material pasa por la malla N° 200, describiendo a los grupos de la siguiente manera.

### GRUPOS GW Y SW

Son suelos bien graduados con pocos finos o limpios, con menos de 50% que pasa la malla N° 200, la gradación se juzga por medio de los coeficientes de uniformidad mayor que 4 y curvatura entre 1 y 3.

### GRUPO GP Y SP

Estos suelos son más graduados, presentan predominio de un tamaño faltando algunos intermedios.

### GRUPO GM Y SM

En estos grupos el contenido de finos afectan la resistencia, es decir, el porcentaje de finos es mayor del 12% en peso, y la plasticidad varía entre nula y media.

### GRUPO GC Y SC

El contenido de finos es mayor del 12% en peso, los finos son de alta plasticidad y la condición es que el índice de plasticidad sea mayor que 4.

### GRUPO CL Y CH

Conformado por arcillas inorgánicas, el grupo CL comprende por encima de la línea A definida por el límite líquido menor que 50 % e Índice de plasticidad mayor de 7%. El grupo CH definida por el límite líquido mayor de 50%.

### GRUPO ML Y MH

En estos grupos quedan comprendidos los limos inorgánicos y limos arcillosos.

El grupo ML comprende por debajo de la línea A, definido por el límite líquido menor que 50%, con índice plástico menor que 4 y el grupo MH comprende la zona bajo la línea de A, definida por el límite líquido mayor de 50%.

<sup>11</sup> Juárez Badillo y Rico Rodríguez; Fundamentos de Mecánica de Suelos, 149.

### **GRUPO OL Y OH**

Las zonas corresponden al del grupo ML Y MH con una pequeña adición de materia orgánica coloidal.

### **GRUPO PT**

Son suelos turbosos, con límites líquidos que pueden estar entre 300% --500%, quedando su posición por debajo de la línea A y su índice de plasticidad varía entre 100% - 200%.



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO							
<p>SUELOS DE PARTICULAS ORUESAS                      MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº 200 (-φ)                      (USEBE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)</p>	<p>GRAVAS                      MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION ORUESA ES RETENIDA EN LA MALLA Nº 4                      (Usebe la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)</p>	<p>ORUAS LIMPIAS                      (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)</p>	GW	<p>DETERMINE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA ORA - NULOMETRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA LA MALLA Nº 200) LOS SUELOS ORUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:                      MENOS DE 6%: OW, OP, SW, SP                      MAS DE 12%: OM, OC, SM, SC</p>	<p>COEF. DE UNIFORMIDAD (C<sub>u</sub>) COEF. DE CURVATURA (C<sub>c</sub>)  <math>C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}</math> . MAYOR DE 4      <math>C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}</math> . ENTRE 1 y 3</p>		
		<p>ORUAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)</p>	GP			<p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA GW</p>	
		<p>ARENAS LIMPIAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)</p>	GM			<p>LIMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LINEA "A" ó I<sub>p</sub> MENOR QUE 6</p>	
		<p>ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)</p>	GC			<p>LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON I<sub>p</sub> MAYOR QUE 6</p>	
		<p>ARENAS LIMPIAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)</p>	SW			<p><math>C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}</math> . MAYOR DE 6      <math>C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}</math> . ENTRE 1 y 3</p>	
		<p>ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)</p>	SP			<p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA SW</p>	
	<p>ARENAS                      MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION ORUESA PASA LA MALLA Nº 4                      (Usebe la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)</p>	<p>ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)</p>	SM			<p>LIMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LINEA "A" ó I<sub>p</sub> MENOR QUE 6</p>	
		<p>ARENAS LIMPIAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)</p>	SC			<p>LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON I<sub>p</sub> MAYOR QUE 6</p>	
		<p>SUELOS DE PARTICULAS FINAS                      MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200                      (USEBE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)</p>	<p>LIMOS Y ARCILLAS                      LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50</p>			ML	<p>EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS                      G. GRAVA M. LIMO O. SUELOS ORGANICOS W. BEN GRADUADOS L. BAJA COMPRESIBILIDAD                      S. ARENA C. ARCILLA P<sub>t</sub> TURBA P. MAL GRADUADA H. ALTA COMPRESIBILIDAD</p>
						CL	
			<p>LIMOS Y ARCILLAS                      LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50</p>			OL	<p>COMPARANDO SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO</p>
						MH	
CH							
OH							
<p>SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS</p>	<p>P<sub>t</sub></p>						



### b.1 Cuadro de Clasificación de Suelos (SUCS y AASHTO)

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y de acuerdo a American Association of State Highway Testing Officials (A.A.S.H.T.O).

**Clasificación de Suelos S.U.C.S y A.A.S.H.T.O.**

POZO	C-1	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7
Progresiva (km)	0+00	0+500	0+750	1+00	1+250	1+500
Profundidad (m)	0.30-1.50	0.10-1.50	0.50-1.50	1.10-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-2	M-2	M-4	M-3	M-1	M-1
% de Grava	2.82	32.42	23.32	34.57	16.49	8.60
% de Arena	41.24	34.40	38.85	25.33	12.01	18.05
% de Finos	55.93	33.18	37.82	40.10	71.50	73.36
Límite líquido	40.47	--	--	--	--	--
Límite Plástico	29.51	--	--	--	--	--
Índice Plástico	10.96	--	--	--	--	--
Contenido de Humedad (%)	17.84	13.28	6.99	7.56	8.67	17.85
Clasificación de Suelos "SUCS"	ML	SM	SM	GM	ML	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-4-(7)	A-2-4-(0)	A-4-(1)	A-4-(1)	A-4-(7)	A-4-(8)

POZO	C-8	C-9	C-9	C-10	C-11	C-12
Progresiva (km)	1+750	2+00	2+00	2+250	2+500	2+750
Profundidad (m)	1.40-1.60	0.60-1.20	1.20-1.50	0.30-1.10	0.00-1.50	0.00-1.20
Muestra	M-3	M-3	M-4	M-2	M-1	M-1
% de Grava	38.75	9.64	3.24	42.68	37.62	4.39
% de Arena	21.39	9.34	7.68	45.91	33.70	17.70
% de Finos	39.87	81.02	89.08	4.68	28.68	77.92
Límite líquido	41.62	40.52	--	--	--	--
Límite Plástico	19.72	15.38	--	--	--	--
Índice Plástico	21.90	25.14	--	--	--	--
Contenido de Humedad (%)	3.86	8.89	10.11	4.68	7.48	56.55
Clasificación de Suelos "SUCS"	GC	CL	ML	SP-SM	GM	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-7-6(6)	A-4-(14)	A-4-(8)	A-1-a-(0)	A-2-4-(0)	A-4-(8)

POZO	C-13	C-14	C-15	C-16	C-17	C-18
Progresiva (km)	3+00	3+350	3+600	3+850	4+100	4+450
Profundidad (m)	0.50-1.50	0.60-1.50	0.00-1.50	1.10-1.50	0.40-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-2	M-2	M-1	M-3	M-2	M-1
% de Grava	41.70	30.55	12.28	37.38	55.54	22.46
% de Arena	27.11	33.46	36.88	31.45	30.26	41.30
% de Finos	31.20	35.98	50.84	31.17	14.20	36.24
Límite líquido	29.81	30.43	29.80	35.79	36.42	33.24
Límite Plástico	16.67	26.92	22.55	17.65	24.24	14.19
Índice Plástico	13.15	3.51	7.25	18.14	12.18	19.05
Contenido de Humedad (%)	11.02	2.09	5.18	7.06	4.26	4.17
Clasificación de Suelos "SUCS"	GC	SM	CL	GC	GC	SC
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-6-(1)	A-4-(0)	A-4-(3)	A-2-6-(1)	A-2-6-(0)	A-6-(4)

POZO	C-19	C-20	C-22	C-21	C-23	C-23
Progresiva (km)	4+600	4+850	5+350	5+100	5+600	5+600
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.20-1.50	0.20-1.50	0.90-1.50	0.00-0.60	0.60-1.50
Muestra	M-1	M-2	M-2	M-3	M-1	M-2
% de Grava	47.80	54.09	45.77	30.60	10.04	6.52
% de Arena	31.87	29.82	37.71	54.38	18.76	82.66
% de Finos	20.33	16.08	16.51	15.03	71.20	10.82
Límite líquido	-	-	-	-	34.04	39.14
Límite Plástico	-	-	-	-	14.41	24.49
Índice Plástico	-	-	-	-	19.62	14.65
Contenido de Humedad (%)	6.22	2.93	2.83	4.75	6.60	11.80
Clasificación de Suelos "SUCS"	GM	GM	GM	SM	CL	SP-SC
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-b-(0)	A-1-b-(0)	A-1-b-(0)	A-1-b-(0)	A-6-(11)	A-2-6-(0)

POZO	C-24	C-25	C-26	C-27	C-29	C-30
Progresiva (km)	5+850	6+100	6+400	6+650	7+150	7+400
Profundidad (m)	0.00-0.70	0.50-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.40-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-1	M-3	M-1	M-1	M-2	M-1
% de Grava	66.04	17.29	0.00	47.79	7.82	17.76
% de Arena	22.14	52.83	50.90	21.99	33.01	27.30
% de Finos	11.81	29.88	49.10	30.21	59.17	54.94
Límite líquido	–	28.99	25.92	31.53	25.24	32.94
Límite Plástico	–	12.24	18.62	1.75	6.72	15.11
Índice Plástico	–	16.74	7.30	29.78	18.52	17.83
Contenido de Humedad (%)	3.90	5.41	14.86	2.24	12.82	24.71
Clasificación de Suelos "SUCS"	GP-GM	SC	SC	GC	CL	CL
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-a(0)	A-2-6(1)	A-4(3)	A-2-6(3)	A-6(8)	A-6(7)

POZO	C-31	C-32	C-33	C-34	C-37	C-38
Progresiva (km)	7+650	7+900	8+150	8+340	8+840	9+090
Profundidad (m)	0.40-1.50	1.00-1.50	0.00-1.50	0.30-1.50	0.60-1.50	0.00-1.10
Muestra	M-2	M-2	M-1	M-2	M-3	M-1
% de Grava	19.45	58.47	14.03	79.06	6.59	48.21
% de Arena	44.36	37.59	61.95	15.54	32.73	42.02
% de Finos	36.19	3.94	24.03	5.40	60.68	9.76
Límite líquido	34.54	–	–	–	50.46	–
Límite Plástico	17.39	–	–	–	30.00	–
Índice Plástico	17.15	–	–	–	20.46	–
Contenido de Humedad (%)	13.37	12.07	9.11	4.98	4.58	6.05
Clasificación de Suelos "SUCS"	SC	GP	SM	GP-GM	MH	GW-GM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-6(3)	A-1-a(0)	A-1-b(0)	A-1-a(0)	A-7-5(11)	A-1-a(0)



POZO	C-39	C-40	C-41	C-42	C-42	C-43
Progresiva (km)	9+340	9+590	9+840	10+090	10+090	10+340
Profundidad (m)	0.00-1.30	0.00-1.50	0.00-0.70	0.00-0.50	0.50-1.50	0.00-0.50
Muestra	M-1	M-1	M-1	M-1	M-2	M-1
% de Grava	51.88	4.19	5.39	36.93	71.71	3.45
% de Arena	28.06	31.53	42.10	31.19	19.55	30.68
% de Finos	20.06	64.28	52.51	31.87	8.74	65.87
Límite líquido	--	28.24	--	26.40	--	41.52
Límite Plástico	--	26.23	--	5.88	--	22.22
Índice Plástico	--	2.01	--	20.51	--	19.29
Contenido de Humedad (%)	8.18	12.65	15.26	11.28	5.33	15.28
Clasificación de Suelos "SUCS"	GM	ML	ML	GC	GP-GM	CL
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-b(0)	A-4(6)	A-4(4)	A-2-6(2)	A-1-a(0)	A-7-6(10)

POZO	C-44	C-45	C-47	C-48	C-49	C-50
Progresiva (km)	10+560	10+810	11+310	11+560	11+810	12+060
Profundidad (m)	1.00-1.50	0.30-1.50	0.00-1.50	0.60-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-3	M-2	M-1	M-2	M-1	M-1
% de Grava	0.00	42.62	2.70	0.09	6.96	3.94
% de Arena	8.65	38.49	92.05	75.72	82.84	69.75
% de Finos	91.35	18.89	5.25	24.19	10.20	26.31
Límite líquido	30.36	--	--	--	--	--
Límite Plástico	12.88	--	--	--	--	--
Índice Plástico	17.48	--	--	--	--	--
Contenido de Humedad (%)	12.62	5.98	23.89	6.82	22.42	9.70
Clasificación de Suelos "SUCS"	CL	GM	SW-SM	SM	SP-SM	SM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-6(11)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)

POZO	C-51	C-52	C-53	C-54	C-55	C-56
Progresiva (km)	12+280	12+450	12+700	12+950	13+200	13+450
Profundidad (m)	0.50-1.50	0.00-1.10	0.70-1.50	0.50-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-2	M-1	M-2	M-2	M-1	M-1
% de Grava	0.87	1.59	8.48	0.00	0.00	0.00
% de Arena	89.44	70.38	44.42	10.44	76.76	47.68
% de Finos	9.68	28.03	47.10	89.56	23.24	52.32
Límite líquido	--	--	--	50.67	--	--
Límite Plástico	--	--	--	28.72	--	--
Índice Plástico	--	--	--	21.95	--	--
Contenido de Humedad (%)	3.93	6.55	13.71	32.97	6.09	12.85
Clasificación de Suelos "SUCS"	SW-SM	SM	SM	MH	SM	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-b-(0)	A-2-4-(0)	A-4-(2)	A-7-6(15)	A-2-4-(0)	A-4-(3)

POZO	C-57	C-58	C-59	C-60	C-61	C-62
Progresiva (Km.)	13+700	13+950	14+200	14+450	14+770	14+950
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.60-1.20	0.00-1.50	0.00-1.50	0.40-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-1	M-2	M-1	M-1	M-2	M-1
% de Grava	7.25	0.00	46.96	0.00	0.84	14.01
% de Arena	61.58	44.69	15.75	67.16	25.06	28.17
% de Finos	31.17	55.31	37.29	32.84	74.10	57.82
Límite líquido	34.02	31.46	32.59	--	33.99	30.26
Límite Plástico	13.59	15.00	22.22	--	27.59	27.72
Índice Plástico	20.43	16.46	10.37	--	6.40	2.54
Contenido de Humedad (%)	13.06	15.07	6.95	14.00	15.84	16.95
Clasificación de Suelos "SUCS"	SC	CL	GC	SM	ML	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-6-(2)	A-6-(7)	A-2-6-(2)	A-2-4-(0)	A-4-(8)	A-4-(5)

POZO	C-63	C-64	C-65	C-66	C-67	C-68
Progresiva (Km.)	15+200	15+450	15+700	15+950	16+200	16+450
Profundidad (m)	0.40-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.30-1.50	0.00-1.20	0.50-1.50
Muestra	M-2	M-1	M-1	M-2	M-1	M-2
% de Grava	11.83	0.00	5.85	0.00	0.00	0.00
% de Arena	52.21	9.95	18.68	47.73	87.73	16.32
% de Finos	35.95	90.05	75.47	52.27	12.27	83.68
Límite líquido	35.64	34.86	32.71	–	–	35.97
Límite Plástico	30.34	18.00	17.24	–	–	16.30
Índice Plástico	5.30	16.86	15.47	–	–	19.66
Contenido de Humedad (%)	9.08	20.17	18.54	19.67	5.06	17.35
Clasificación de Suelos "SUCS"	SM	CL	CL	ML	SM	CL
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-4-(0)	A-6-(11)	A-6-(10)	A-4-(3)	A-1-b(0)	A-6-(12)

POZO	C-69	C-70	C-71	C-72	C-73	C-74
Progresiva (km)	16+700	16+950	17+200	17+450	17+850	18+250
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.40-1.50	0.00-1.50	0.20-1.50	0.30-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-1	M-2	M-1	M-2	M-2	M-1
% de Grava	29.23	1.41	7.79	16.91	11.47	0.00
% de Arena	58.92	8.05	23.58	33.91	30.45	60.51
% de Finos	11.85	90.54	68.62	49.19	58.09	39.49
Límite líquido	–	35.09	44.79	33.57	–	–
Límite Plástico	–	10.34	22.73	20.18	–	–
Índice Plástico	–	24.74	22.07	13.39	–	–
Contenido de Humedad (%)	4.81	11.44	21.38	11.30	22.19	12.49
Clasificación de Suelos "SUCS"	SP-SM	CL	CL	SC	ML	SM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-b(0)	A-6-(14)	A-7-6(12)	A-6-(4)	A-4-(5)	A-4-(1)



POZO	C-75	C-76	C-77	C-78	C-79	C-81
Progresiva (km)	18+650	19+050	19+450	19+850	20+250	21+050
Profundidad (m)	0.80-1.50	0.00-1.20	0.30-1.50	0.00-1.50	0.10-1.50	0.60-1.50
Muestra	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2	M-2
% de Grava	0.00	0.00	0.00	13.18	2.29	41.95
% de Arena	72.62	21.92	68.93	37.30	25.21	31.81
% de Finos	27.38	78.08	31.07	49.52	72.50	26.24
Límite líquido	--	--	--	--	31.93	--
Límite Plástico	--	--	--	--	18.62	--
Índice Plástico	--	--	--	--	13.31	--
Contenido de Humedad (%)	18.25	13.39	13.41	29.10	25.19	3.02
Clasificación de Suelos "SUCS"	SM	ML	SM	SM	CL	GM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-4-(0)	A-4-(8)	A-2-4-(0)	A-4-(3)	A-6-(9)	A-2-4-(0)

POZO	C-82	C-83	C-84	C-86	C-87	C-88
Progresiva (km)	21+450	21+850	22+250	23+050	23+450	23+850
Profundidad (m)	0.40-1.50	0.10-1.50	0.40-1.50	0.30-1.50	0.00-1.40	0.70-1.50
Muestra	M-2	M-2	M-2	M-2	M-1	M-2
% de Grava	16.14	67.55	28.73	68.49	0.00	6.74
% de Arena	51.53	24.18	6.01	24.63	10.87	15.20
% de Finos	32.33	8.27	65.26	6.89	89.13	78.06
Límite líquido	--	--	--	--	--	23.12
Límite Plástico	--	--	--	--	--	10.87
Índice Plástico	--	--	--	--	--	12.25
Contenido de Humedad (%)	13.62	5.14	1.06	1.24	21.57	18.95
Clasificación de Suelos "SUCS"	SM	GP-GM	ML	GW-GM	ML	CL
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-4-(0)	A-1-a-(0)	A-4-(6)	A-1-a-(0)	A-4-(8)	A-6-(9)



POZO	C-89	C-90	C-91	C-92	C-93	C-94
Progresiva (km)	24+250	24+650	25+050	25+450	25+850	26+250
Profundidad (m)	0.00-0.70	0.80-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.00	0.00-1.50
Muestra	M-1	M-2	M-1	M-1	M-1	M-1
% de Grava	19.72	7.04	48.05	16.14	2.05	51.87
% de Arena	18.58	26.07	18.63	51.53	15.55	36.08
% de Finos	61.70	66.90	33.32	32.33	82.40	12.05
Límite líquido	42.07	36.24	27.96	--	58.63	--
Límite Plástico	19.18	7.04	16.13	--	28.28	--
Índice Plástico	22.89	29.20	11.83	--	30.35	--
Contenido de Humedad (%)	9.84	15.44	16.84	13.62	28.85	7.72
Clasificación de Suelos "SUCS"	CL	CL	GC	SM	CH	GM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-7-6(11)	A-6-(14)	A-2-6-(0)	A-2-4-(0)	A-7-6(20)	A-1-a-(0)

POZO	C-95	C-96	C-97	C-98	C-98	C-99
Progresiva (km)	26+650	27+050	27+450	27+730	27+730	28+010
Profundidad (m)	0.00-1.00	0.00-1.00	0.40-1.00	0.00-0.40	0.40-0.90	0.00-1.50
Muestra	M-1	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1
% de Grava	62.29	42.91	3.91	13.50	0.80	0.95
% de Arena	26.01	33.92	81.54	16.92	22.55	4.47
% de Finos	11.70	23.17	14.55	69.58	76.66	94.58
Límite líquido	25.54	26.04	--	--	29.25	38.27
Límite Plástico	15.85	21.05	--	--	14.89	27.63
Índice Plástico	9.69	4.99	--	--	14.36	10.64
Contenido de Humedad (%)	10.05	9.58	13.40	39.37	25.62	8.27
Clasificación de Suelos "SUCS"	GP-GC	GC-GM	SM	ML	CL	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-4-(0)	A-1-b-(0)	A-1-b-(0)	A-4-(7)	A-6-(10)	A-6(8)

POZO	C-100	C-101	C-102	C-103	C-104	C-105
Progresiva (km)	28+290	28+570	28+850	29+130	29+410	29+690
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.20-1.50	0.00-1.50	0.60-1.50
Muestra	M-1	M-1	M-1	M-2	M-1	M-2
% de Grava	39.15	0.00	17.11	27.15	5.57	23.58
% de Arena	24.56	36.17	48.52	20.42	16.01	46.00
% de Finos	36.29	63.83	34.37	52.43	78.42	30.42
Límite líquido	48.53	–	38.63	–	34.91	31.61
Límite Plástico	38.10	–	21.93	–	27.87	18.10
Índice Plástico	10.43	–	16.70	–	7.04	13.51
Contenido de Humedad (%)	16.97	17.36	19.59	19.23	24.09	13.35
Clasificación de Suelos "SUCS"	GM	ML	SC	ML	ML	SC
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-a(0)	A-4(6)	A-2-6(1)	A-4(3)	A-4(8)	A-2-6(1)

POZO	C-106	C-107	C-108	C-109	C-110	C-111
Progresiva (km)	29+970	30+250	30+530	30+810	31+090	31+370
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.30-1.50	0.60+1.50	0.00-1.50	0.20-1.50	0.20-1.50
Muestra	M-1	M-2	M-2	M-1	M-2	M-2
% de Grava	0.00	5.90	0.00	33.86	1.77	0.22
% de Arena	53.23	12.41	63.49	39.21	12.87	14.37
% de Finos	46.77	81.69	36.51	26.93	85.36	85.41
Límite líquido	–	49.82	–	–	50.60	31.48
Límite Plástico	–	23.33	–	–	23.68	23.30
Índice Plástico	–	26.49	–	–	26.91	8.17
Contenido de Humedad (%)	19.67	23.38	25.21	5.06	25.61	25.21
Clasificación de Suelos "SUCS"	SM	CL	SM	SM	CH	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-4(2)	A-7-6(17)	A-4(0)	A-2-4(0)	A-7-6(17)	A-4(8)

POZO	C-112	C-113	C-114	C-115	C-116	C-117
Progresiva (km)	31+650	31+930	32+210	32+490	32+770	33+050
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.10-1.50	0.00-1.50	0.50-1.80	0.00-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-1
% de Grava	34.02	51.29	0.17	0.00	0.00	1.82
% de Arena	32.68	22.21	48.97	62.70	57.98	46.72
% de Finos	33.29	26.50	50.87	37.30	42.02	51.46
Límite líquido	–	30.32	–	–	–	52.38
Límite Plástico	–	18.84	–	–	–	23.42
Índice Plástico	–	11.47	–	–	–	28.96
Contenido de Humedad (%)	4.37	6.85	34.89	29.34	21.05	32.18
Clasificación de Suelos "SUCS"	GM	GC	ML	SM	SM	CH
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-4(3)	A-4(0)	A-4-81)	A-7-6(12)

POZO	C-118	C-119	C-120	C-122	C-123	C-124
Progresiva (km)	33+330	33+610	33+890	34+450	34+730	35+010
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.20-1.50	0.00-1.50	0.30-1.50	0.80-1.50	0.60-1.50
Muestra	M-1	M-2	M-1	M-2	M-2	M-2
% de Grava	1.12	0.00	0.00	26.60	0.62	0.64
% de Arena	18.97	24.56	31.75	23.72	17.40	32.38
% de Finos	79.91	75.44	68.25	49.69	81.99	66.98
Límite líquido	40.62	–	–	74.37	28.68	33.42
Límite Plástico	28.57	–	–	73.68	17.21	14.41
Índice Plástico	12.05	–	–	0.69	11.47	19.01
Contenido de Humedad (%)	19.89	18.63	29.88	38.97	15.76	13.14
Clasificación de Suelos "SUCS"	ML	ML	ML	GM	CL	CL
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-4(8)	A-4(8)	A-4(7)	A-1-b(4)	A-6(9)	A-6(10)



POZO	C-125	C-125	C-126	C-127	C-128	C-129
Progresiva (km)	35+290	35+290	35+570	35+850	36+130	36+410
Profundidad (m)	0.00-0.50	0.50-1.50	0.00-0.60	0.40-1.50	0.05-1.50	0.20-0.90
Muestra	M-1	M-2	M-1	M-2	M-2	M-2
% de Grava	32.77	17.19	4.67	0.64	1.85	47.43
% de Arena	45.00	34.20	24.73	22.36	30.52	31.03
% de Finos	22.23	48.61	70.59	77.00	67.64	21.54
Límite líquido	--	--	--	25.26	--	--
Límite Plástico	--	--	--	21.57	--	--
Índice Plástico	--	--	--	3.69	--	--
Contenido de Humedad (%)	17.49	24.73	30.58	12.97	26.14	18.37
Clasificación de Suelos "SUCS"	SM	SM	ML	ML	ML	GM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-b(0)	A-4-(3)	A-4-(7)	A-4-(8)	A-4-(7)	A-1-b(0)

POZO	C-130	C-131	C-132	C-133	C-134	C-135
Progresiva (km)	36+690	36+970	37+250	37+530	37+810	38+090
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.05-1.50	0.50-1.50	0.00-0.50
Muestra	M-1	M-1	M-1	M-2	M-2	M-1
% de Grava	50.76	31.19	32.95	22.49	27.05	0.00
% de Arena	25.38	24.71	31.77	16.51	32.38	26.19
% de Finos	23.87	44.10	35.29	61.00	40.57	73.81
Límite líquido	36.31	32.13	--	52.93	25.39	--
Límite Plástico	18.87	24.10	--	29.73	10.58	--
Índice Plástico	17.44	8.03	--	23.20	14.82	--
Contenido de Humedad (%)	20.30	24.29	26.11	22.61	13.42	203.55
Clasificación de Suelos "SUCS"	GC	GM	GM	MH	SC	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-2-6-(1)	A-4-(2)	A-2-4(0)	A-7-6(12)	A-6-(3)	A-4-(8)

POZO	C-135	C-136	C-137	C-138	C-139	C-140
Progresiva (km)	38+090	38+370	38+650	38+930	39+210	39+490
Profundidad (m)	0.50-1.50	0.80-1.50	0.40-1.50	0.80-1.50	0.10-1.50	0.25-1.50
Muestra	M-2	M-2	M-2	M-3	M-2	M-3
% de Grava	28.06	41.25	31.30	28.75	16.95	22.40
% de Arena	24.68	27.20	32.63	38.47	28.13	65.63
% de Finos	47.26	31.55	36.06	32.77	54.92	11.97
Límite líquido	--	--	33.18	--	32.94	--
Límite Plástico	--	--	24.10	--	15.11	--
Índice Plástico	--	--	9.09	--	17.83	--
Contenido de Humedad (%)	41.68	14.76	24.31	34.85	25.10	15.58
Clasificación de Suelos "SUCS"	GM	GM	SM	SM	CL	SP-SM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-4-(2)	A-2-4-(0)	A-4-(0)	A-2-4-(0)	A-6-(7)	A-1-b-(0)

POZO	C-141	C-142	C-143	C-144	C-145	C-146
Progresiva (km)	39+770	40+050	40+330	40+010	40+890	41+170
Profundidad (m)	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.60-1.50	0.50-1.50	0.00-1.50
Muestra	M-1	M-1	M-1	M-2	M-2	M-1
% de Grava	41.60	0.00	60.95	55.42	0.00	4.35
% de Arena	39.44	42.84	21.76	29.00	4.15	18.10
% de Finos	18.96	57.16	17.29	15.58	95.85	77.55
Límite líquido	--	--	--	--	41.17	36.93
Límite Plástico	--	--	--	--	27.69	15.70
Índice Plástico	--	--	--	--	13.47	21.23
Contenido de Humedad (%)	16.73	203.55	13.11	11.16	37.96	32.45
Clasificación de Suelos "SUCS"	GM	ML	GM	GM	ML	CL
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-b-(0)	A-4-(4)	A-1-b-(0)	A-1-b-(0)	A-7-6(10)	A-6-(12)

POZO	C-147	C-148	C-149	C-150	C-151	C-152
Progresiva (km)	41+450	41+730	42+010	42+290	42+570	42+850
Profundidad (m)	0.00-0.40	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.00	0.00-1.50	0.00-0.15
Muestra	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
% de Grava	0.00	39.15	43.90	54.87	6.98	9.99
% de Arena	11.58	24.56	35.25	33.64	87.14	77.49
% de Finos	88.42	36.29	20.85	11.50	5.88	12.52
Límite líquido	70.77	–	–	26.80	–	–
Límite Plástico	31.65	–	–	13.97	–	–
Índice Plástico	39.13	–	–	12.83	–	–
Contenido de Humedad (%)	59.61	16.97	13.62	13.48	14.29	14.65
Clasificación de Suelos "SUCS"	CH	GM	GM	GP-GC	SW-SM	SM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-7-5(20)	A-4-(0)	A-1-b-(0)	A-2-6-(0)	A-1-b-(0)	A-1-b-(0)

POZO	C-152	C-153	C-154	C-155	C-155	C-156
Progresiva (km)	42+850	43+130	43+410	43+690	43+690	43+970
Profundidad (m)	0.15-1.50	0.15-1.50	0.12-1.50	0.20-1.00	1.00-1.50	0.00-0.25
Muestra	M-2	M-2	M-2	M-2	M-3	M-1
% de Grava	9.18	4.68	5.85	28.13	37.92	45.56
% de Arena	41.81	28.58	18.68	28.02	47.97	43.00
% de Finos	49.02	66.74	75.47	43.85	14.11	11.44
Límite líquido	39.97	35.41	32.57	–	–	32.67
Límite Plástico	11.32	17.65	17.24	–	–	25.00
Índice Plástico	28.65	17.76	15.33	–	–	7.67
Contenido de Humedad (%)	21.10	22.87	18.54	25.61	7.88	10.61
Clasificación de Suelos "SUCS"	SC	CL	CL	GM	SM	GP-GM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-6-(10)	A-6-(9)	A-6-(10)	A-4-(2)	A-1-b-(0)	A-2-4-(0)



POZO	C-156	C-157	C-158	C-159	C-160	C-161
Progresiva (km)	43+970	44+250	44+530	44+810	45+090	45+370
Profundidad (m)	0.70-1.50	0.15-1.50	0.10-1.50	0.20-1.50	0.15-0.40	0.10-1.50
Muestra	M-3	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2
% de Grava	0.00	50.48	46.09	0.00	6.14	6.12
% de Arena	23.56	24.76	41.84	28.66	36.71	43.61
% de Finos	76.44	24.76	12.07	71.34	57.15	50.27
Límite líquido	--	25.24	--	19.74	29.13	--
Límite Plástico	--	16.34	--	10.72	20.25	--
Índice Plástico	--	8.90	--	9.02	8.87	--
Contenido de Humedad (%)	27.88	6.27	10.79	28.15	13.87	12.85
Clasificación de Suelos "SUCS"	ML	GC	GM	CL	CL	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-4-(8)	A-2-4-(0)	A-1-a-(0)	A-4-(7)	A-4-(4)	A-4-(3)

POZO	C-162	C-165	C-166	C-168	C-169	C-170
Progresiva (km)	45+650	46+490	46+770	47+330	47+610	47+890
Profundidad (m)	0.00-0.20	0.20-0.50	0.10-0.35	0.00-0.30	0.00-1.50	0.00-0.50
Muestra	M-1	M-2	M-2	M-1	M-1	M-2
% de Grava	35.45	33.16	43.15	32.09	31.11	26.33
% de Arena	53.30	32.05	34.44	40.16	54.62	55.87
% de Finos	11.25	34.79	22.41	--	14.27	17.81
Límite líquido	--	--	--	--	--	--
Límite Plástico	--	--	--	--	--	--
Índice Plástico	--	--	--	--	--	--
Contenido de Humedad (%)	7.56	11.51	10.92	18.35	9.51	3.57
Clasificación de Suelos "SUCS"	SP-SM	GM	GM	SM	SM	SM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-a-(0)	A-2-4-(0)	A-1-b-(0)	A-2-4-(0)	A-1-b-(0)	A-1-b-(0)



POZO	C-171	C-172	C-173	C-174	C-175	C-176
Progresiva (km)	48+170	48+450	48+730	49+010	49+290	49+570
Profundidad (m)	0.40-1.10	0.40-1.50	0.10-1.50	0.70-1.50	0.20-1.50	0.60-1.50
Muestra	M-2	M-3	M-2	M-4	M-2	M-3
% de Grava	16.30	26.48	5.23	21.33	37.34	8.39
% de Arena	59.10	25.88	51.33	37.07	37.99	34.96
% de Finos	24.60	47.64	43.44	41.60	24.67	56.65
Límite líquido	–	35.06	–	–	–	–
Límite Plástico	–	21.11	–	–	–	–
Índice Plástico	–	13.95	–	–	–	–
Contenido de Humedad (%)	13.19	13.58	12.75	18.85	11.11	28.48
Clasificación de Suelos "SUCS"	SM	GC	SM	SM	SM	ML
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-1-b(0)	A-6(4)	A-4(2)	A-4(1)	A-1-b(0)	A-4(4)

POZO	C-177	C-177	C-178	C-180
Progresiva (km)	49+850	49+850	50+130	50+560
Profundidad (m)	0.10-0.45	0.45-1.50	0.10-1.10	0.00-1.50
Muestra	M-2	M-3	M-2	M-1
% de Grava	35.40	37.34	21.80	4.28
% de Arena	24.23	21.85	47.59	47.06
% de Finos	40.37	40.81	30.61	48.67
Límite líquido	–	22.31	–	–
Límite Plástico	–	16.79	–	–
Índice Plástico	–	5.51	–	–
Contenido de Humedad (%)	63.61	5.79	7.11	18.56
Clasificación de Suelos "SUCS"	GM	GC-GM	SM	SM
Clasificación de Suelos "AASHTO"	A-4(1)	A-4(1)	A-2-4(0)	A-4(3)

#### 6.4 Perfiles Estratigráficos

Se realizaron 180 perfiles estratigráficos, diagramados en forma de barras.

#### 6.4.1 Descripción de la Conformación de Subsuelo

De acuerdo a los perfiles estratigráficos inferidos, trabajos de campo, ensayo de laboratorio y al análisis efectuado, se determina que el subsuelo está conformado de la siguiente manera:

##### **Km 0+00 – Km 5+00 (Pozos C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-8, C-9, C-10, C-11, C-12, C-13, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19 y C-20)**

Superficialmente y hasta la profundidad variable de 0.00 -0.10 m, presenta material de lastrado, conformado por arcillas arenosas con 30% de gravas sub-angulosas de hasta 3", color beige, poco húmeda, poco plástica, de consistencia semidura.

Luego y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material heterogéneo conformado por una **arcilla limosa** con 40% gravas por sectores, con raíces delgadas, color beige, beige ligeramente oscuro y marrón, seca y poco húmeda, de mediana plasticidad, de consistencia semidura y dura, **limo** con 4.37%-41.24% de arena y 2.82%-16.49% de gravas sub-angulosas de hasta 3", con presencia de raíces delgadas por sectores, color beige, cementado por partes, seco y poco húmedo, no plástico, en estado semisuelto y semicompacto, **arena** de grano medio a fino, limosa, con 23.32%-32.42% de gravas sub-angulosas de hasta 3", con boleos aislados, color beige y verdoso, seca, no plástica, en estado semicompacto, con 11.41%-37.81% de material fino que pasa la malla N°200, **arena arcillosa**, con 22.46% de gravas sub-angulosas de hasta 2", con presencia de raíces, color beige, seca, de mediana plasticidad, en estado semicompacto, con 36.24% de material fino que pasa la malla N°200, 33.24% de límite líquido y 19.05% de índice plástico, **grava** sub-angulosa, con 33.70%-52.20% de arena limosa, con 10%-20% de cantos y boleos, color beige, poco húmeda, no plástica, en estado semicompacto. Grava de tamaño predominante 2" y boleos de tamaño máximo 15", **grava** sub-angulosa con cantos aislados, con 44.48%-62.62% de matriz de arena arcillosa, color beige amarillento, seca, húmeda, de poca a mediana plasticidad, en estado semicompacto, con 14.42% - 31.20% de material fino que pasa la malla N° 200, 29.81% - 36.42% de límite líquido 12.18%-18.14% de índice plástico, **concentración de cantos y boleos** con matriz de arena arcillosa, con presencia de raíces delgadas, color beige, seca, poco plástica, en estado semicompacto a compacto.

Cabe resaltar que el sector del pozo C-10 (1.10-1.20 m), presenta material de roca maciza tipo granodiorita.

Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 8.4% - 4.4% y 5.2% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de muy regular y pobre.

**Km 5+00 – Km 10+00 (Pozos C-21, C-22, C-23, C-24, C-25, C-26, C-27, C-28, C-29, C-30, C-31, C-32, C-33, C-34, C-35, C-36, C-37, C-38, C-39, C-40 y C-41)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material heterogéneo conformado por **arcilla** con 18.53%-33.05% de arena y 7.82%-17.78% de gravas sub angulosas de hasta 3", color beige, beige oscuro y blanquecino, seca, de mediana plasticidad, de consistencia semidura y dura, con 25.24%-34.04% de límite líquido y 18.52%-19.62 de índice plástico, **limo** 31.53%-42.10% arena, con 4.19%-5.39% de grava sub-angulosa, con cantos y boleos, tipo granodiorita, color marrón, poco húmedo, no plástico y de ligera plasticidad, en estado semicompacto, **arena** con 10%40% de gravas sub-angulosas con cantos aislados, color beige, seca, no plástica, en estado semicompacto,. Grava de tamaño predominante 2" y cantos de tamaño máximo 6", **arena arcillosa**, con 6.52%-19.45% de gravas sub-angulosas, con cantos y boleos aislados, color beige, rojizo, húmeda, poco plástica, en estado semicompacto, con 10.82%-49.10% de material fino que pasa la malla N°200, con 25.92%-39.14% de límite líquido y 7.30%-17.15% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 2" y cantos de tamaño máximo 6", **arena limosa**, con 10%-20% de gravas sub-angulosas de hasta 3", color beige, verdoso, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 15.05%-24.03% de material fino que pasa la malla N°200, **grava sub-angulosa y gravas en forma de roca fracturada**, con matriz de arena y arena limosa, con cantos y boleos por sectores, color beige, seca, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 9.76%-20.00% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 2" y boleos de tamaño máximo 15", **grava sub-angulosa** 52.21% de matriz de arena arcillosa, con cantos aislados, color beige, con puntos blanquecinos, poco húmeda, de mediana plasticidad, en estado semicompacto, con 30.21% de material fino que pasa la malla N°200, 1.63% de límite líquido y 29.78% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 1½" y cantos de tamaño máximo 6".

Cabe resaltar que en los sectores de los pozos C-35 (1.10-1.50 m), C-36 (0.80-1.00 m), C-38 (1.10-1.20 m), C-39 (1.30-1.50 m), presenta material de roca maciza tipo granodiorita.

Los CBR de éste tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 2.4%, 5.4% y 21.0% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de muy pobre, regular y muy buena.

**Km 10+00 – Km 15+00 (Pozos C-42, C-43, C-44, C-45, C-46, C-47, C-48, C-49, C-50, C-51, C-52, C-53, C-54, C-55, C-56, C-57, C-58, C-59, C-60, C-61 y C-62)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material heterogéneo conformado por **limo**, 25.06%-47.68% de arena con gravas por sectores, con presencia de raíces delgadas, color beige, seco y húmedo, no plástico y poco plástico, en estado semisuelto y semicompacto, **arcilla arenosa** con presencia de raíces delgadas por sectores, color marrón, beige y rojizo, seca y húmeda, de mediana plasticidad, de consistencia semidura y dura, con 31.46%-41.52% de límite líquido y 16.46%-19.29% de índice plástico, **arena** de grano medio a fino, limosa, con gravas y raíces delgadas por sectores, color beige y beige amarillento, seca y húmeda, no plástico, en estado semicompacto, **arena arcillosa** con 7.25% de gravas sub-angulosas de 2" con presencia de raíces delgadas, color beige, húmeda de mediana plasticidad, en estado semicompacto, con 31.17% de material fino que pasa la malla N°200, 34.02% de límite líquido y con 20.43% de índice plástico, **grava** sub-angulosa, con 28.29%-57.38% de matriz de arena limosa, color plomizo y beige, seca y poco húmeda, no plástica, en estado semicompacto 8.74%-18.89% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 1½" y tamaño máximo 3", **grava** sub-angulosas con 53.04%-63.07% de matriz de arena arcillosa, con cantos por sectores, color marrón y beige, húmeda, de mediana plasticidad, en estado semicompacto, con 31.87%-37.29% de material fino que pasa la malla N°200, 26.40%-32.59% límite líquido y con 10.37%-20.51% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 1" y cantos de tamaño máximo 6".

Cabe resaltar que en el sector del pozo C-46 (0.20-1.50 m), presenta material de roca alterada y fractura, tipo caliza diaclasada.

Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 2.2%, 4.0%, 9,7% y 10.4% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de muy pobre, pobre y regular.

**Km 15+00 – Km 20+00 (Pozos C-63, C-64, C-65, C-66, C-67, C-68, C-69, C-70, C-71, C-72, C-73, C-74, C-75, C-76, C-77 y C-78)**

Superficialmente y hasta la explorada de 1.50 m, presenta material heterogéneo conformado por **limo arenoso y/o arcilloso**, con presencia de raíces delgadas, gravas y cantos por sectores, color beige, beige oscuro y beige amarillento, seco y poco húmedo, no plástico y poco plástico, en estado semisuelto a semicompacto, **arcilla** con 8.05%-23.58% de arena ,con presencia de gravas por sectores, color beige oscuro, beige y beige amarillento, húmeda ,de mediana plasticidad, de consistencia semiblanda, semidura y dura, con 34.86%-44.79% de límite líquido y 16.86%-24.74% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 1½" y cantos de tamaño máximo 6", **arena** de grano medio a fino, limosa, con presencia de gravas y cantos por sectores, color beige y beige amarillento, seca y poco húmeda, no plástica, en estado semicompacto. 11.55%-49.52% de material fino que pasa la malla N°200.

Cabe resaltar que en el sector del pozo C-67 (1.20-1.50 m), presenta material de roca fracturada en forma de grava sub-angulosa con matriz de arena, color blanquecino, seca, no plástica, en estado semicompacto a compacto.

Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 4.9%-8.9% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de pobre y regular.

**Km 20+00 – Km 25+00 (Pozos C-79, C-80, C-81, C-82, C-83, C-84, C-85, C-86, C-87, C-88, C-89, C-90)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material heterogéneo conformado por **limo arenoso** con presencia de raíces delgadas, gravas sub-angulosas por sectores, color beige y beige oscuro, seco, poco húmedo, no plástico, en estado semisuelto a semicompacto, **arcilla** con 15.20%-26.07% de arena y 5.74%-19.72% de gravas sub-angulosas con cantos aislados, color beige, beige amarillento y marrón, húmeda, de mediana plasticidad, de consistencia semiblanda, semidura y dura, con 42.07% de límite líquido y 12.25% de índice plástico, **arena** de grano medio a fino, limosa con 8.15%-16.14% de gravas y cantos aislados, color blanquecino, húmeda, no plástica, en estado semicompacto 32.3%-48.67% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 2" y cantos de tamaño máximo 8", **grava** sub-angulosa con 31.51%-31.81% de matriz de arena limosa, con cantos aislados, color beige y blanquecino, seca y poco húmeda, no plástico, en estado semicompacto, con 6.89%-26.24% de material fino que pasa la malla N° 200. Grava de tamaño predominante 1½" y cantos de tamaño máximo 10".



Cabe resaltar que en el sector del pozo C-85 (0.00-0.20 m), presenta material de roca maciza tipo caliza.

Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 5.8%, 9.0% y 20.0% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de regular y buena.

#### **Km 25+00 – Km 30+00 (Pozos C-91, C-92, C-93, C-94, C-95, C-96, C-97, C-98, C-99, C-100, C-101, C-102, C-103, C-104, C-105, y C-106)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material heterogéneo conformado por **limo**, con 16.01%-36.17% de arena y 13.50% de gravas sub-angulosas de hasta 3", por sectores, con presencia de raíces delgadas, color beige, húmedo, no plástico y poco plástico, en estado semisuelto y semicompacto, **arcilla arenosa**, con presencia de gravas aisladas por sectores, color marrón y beige oscuro, húmeda, de mediana plasticidad y alta plasticidad, de consistencia blanda y semidura, **arena** de grano medio a fino, limosa, con gravas sub-angulosas de hasta 2" y cantos aislados por sectores, color beige y beige amarillento, húmeda, no plástico, en estado semicompacto, con 14.55%-46.77% de material fino que pasa la malla N°200, **arena arcillosa**, 17.11%-23.58% de gravas sub angulosas, color beige amarillento, húmeda, de poca y mediana plasticidad, en estado semicompacto, con 30.42%-34.37% de material fino que pasa la malla N°200. ,1.61%-38.63% de límite líquido y 13.51%-16.70% de índice plástico, **grava** con 48.13%-60.85% de matriz de arena limosa, color beige y beige amarillento, seca, no plástica y poco plástica, en estado semicompacto, con 12.05%-36.29% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 1" y tamaño máximo 3", **grava** con matriz de arena arcillosa, color beige amarillento y beige oscuro, poco húmeda, poco plástica, en estado semicompacto, con 11.70%-33.32.% de material fino que pasa la malla N°200 con 25.54%-27.98% de límite líquido y 4.59%-11.85% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 1½-2" y cantos de tamaño máximo 6".

Cabe resaltar que en alrededor del pozo C-93 (1.00-1.540 m), presenta concentración de cantos con matriz de arena limosa, color beige, seco, no plástico, en estado semicompacto. Canto de tamaño predominante 6"-10" y alrededor de los pozos C-95 (1.00-1.50 m), C-96 (1.00-1.20 m) y C-97 (1.00-1.20 m), se presenta material de roca maciza tipo arenisca.



Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 17.3%, 20.8%, 27.0% y 34.00% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de buena y muy buena.

**Km 30+00 – Km 35+00 (Pozos C-107, C-108, C-109, C-110, C-111, C-112, C-113, C-114, C-115, C-116, C-117, C-118, C-119, C-120, C-121, C-122 y C-123)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material heterogéneo conformado por **limo**, con 14.37%-48.97% de arena y gravas de hasta 2" por sectores, color rojizo, beige y beige amarillento blanquecino y negrusco, húmedo, no plástico y poco plástico, en estado semisuelto y semicompacto, **arcilla** con 12.41%-42.72% de arena con presencia de grava de hasta 3" por sectores, color marrón, rojizo y beige oscuro, húmeda, de mediana plasticidad, de consistencia semiblanda, semidura y dura, con 26.49%-52.72% de límite líquido y 11.47%-26.49% de índice plástico, **arena** de grano medio a fino, limosa con presencia de gravas de hasta 3", por sectores, color beige y beige blanquecino, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 26.93%-42.02% de material fino que pasa la malla N° 200 **arcilla** con 12.41%-42.72% de arena con presencia de grava de hasta 3" por sectores, color marrón, rojizo y beige oscuro, húmeda, de mediana plasticidad, de consistencia semiblanda, semidura y dura, **grava** con 48.71%-73.40% de matriz de arena limosa, con presencia de gravas, cantos y boleos por sectores, color beige, poco húmeda, no plástico y poco plástico, en estado semicompacto, con 26.50%-49.692% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 1/2-1 1/2" y boleos de tamaño máximo 1 1/2".

Cabe resaltar que en el sector del pozo C-121 (0.00-1.30 m), presenta material de roca maciza tipo caliza

Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 2.8%, 5.6 y 5.8% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de pobre y regular.

**Km 35+00 – Km 40+00 (Pozos C-124, C-125, C-126, C-127, C-128, C-129, C-130, C-131, C-132, C-133, C-134, C-135, C-136, C-137, C-138, C-139, C-140 y C-141)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material de **limo**, arenoso y/o arcilloso, con gravas sub-angulosas y raíces delgadas por sectores, color beige, beige blanquecino y negrusco, húmedo, no plástico y de alta plasticidad, en estado muy suelto, semisuelto y semicompacto, **arcilla** con 28.13%-32.38% de arena y 0.64%-16.95% de gravas sub-angulosas con cantos aislados, color beige, seca y húmeda, de

mediana plasticidad, de consistencia semidura y dura, con 32.94%-33.42% de límite líquido y 17.83%-19.00% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 1½" y cantos de tamaño máximo 6", **arena limosa**, con 17.19%-31.30% de gravas sub-angulosas y 10% cantos, color beige, beige amarillento y rojizo, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 11.97%-48.61% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 1½"-2" y cantos de tamaño máximo 6", **arena arcillosa** con 20%-30% de gravas sub-angulosa de hasta 3", color beige amarillento y plomizo con betas amarillentas, poco húmeda, de poco y mediana plasticidad, en estado semicompacto y compacto, con 40.57% de material fino que pasa la malla N°200, **grava** con 27.20%-71.94% de matriz de arena limosa con cantos aislados, color beige y beige amarillento, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 18.19%-47.261% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 1"-2" y cantos de tamaño máximo 6", **grava sub-angulosa** con 25.35% de arena con cantos aislados, color beige, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 23.87% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 2" y cantos de tamaño máximo 10".

Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 3.6%-22.5% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de pobre y muy buena.

#### **Km 40+00 – Km 45+00 (Pozos C-142, C-143, C-144, C-145, C-146, C-147, C-148, C-149, C-150, C-151, C-152, C-153, C-154, C-155, C-156, C-157, 158 y C-159)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material de **limo**, con 4.15%-42.09% de arena con presencia de gravas y cantos aislados, con raíces delgadas, color beige, rojizo, verdoso y negrusco, húmedo y saturado (pozo C-142), no plástico, en estado muy suelto, semisuelto y semicompacto, **arcilla** con 11.58%-42.52% de arena con 4.35%-5.85% de gravas, color beige y rojizo, húmeda, de baja y alta plasticidad, de consistencia semiblanda, semidura y dura, con 19.74%-70.77% de límite líquido y 9.02%-35.41% de índice plástico, **arena** de grano medio a fino, limosa, con presencia de gravas por sectores, color beige, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 5.88%-14.11% de material fino que pasa la malla N°200, **arena arcillosa**, con 9.18% de gravas sub-angulosas de hasta 2", color rojizo, húmeda, de mediana plasticidad, en estado semicompacto, con 49.02% de de material fino que pasa la malla N°200 , 39.97% de límite líquido y 28.6% de índice plástico, **grava** con cantos con 38.00%-60.85% de matriz de arena limosa, color beige negrusco y beige amarillento, rojizo y verdoso, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 12.07%-36.29% de

de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 1"-2" y cantos de tamaño máximo 6", **grava** sub-angulosa con 42.52%-45.13% de matriz de arena arcillosa, color beige y rojizo, poco húmeda y húmeda, poco plástica, en estado semicompacto, con 11.50%-24.76% de material fino que pasa la malla N°200, 25.24%-26.80% de límite líquido y 8.90%-12.85% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 1" y de tamaño máximo 3".

Cabe resaltar que en el sector del pozo C-150 (1.00-1.50 m), presenta concentración de cantos y boleos con matriz de arena limosa, color beige, poco húmeda, no plástica, en estado semicompacto a compacto, Cantos de tamaño máximo 10" y boleos de hasta 20" Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 2.6%,5.3% y 9.6% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de muy pobre y regular.

#### **Km 45+00 – Km 50+560 (Pozos C-160, C-161, C-162, C-163, C-164, C-165, C-166, C-167, C-168, C-169, C-170, C-171, C-172, C-173, C-174, C-175, C-176, C-177, C-178, C-179 y C-180)**

Superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50 m, presenta material de **limo** arenoso, con presencia de gravas y raíces delgadas, color beige negrusco, poco húmedo, no plástico, en estado muy suelto, semisuelto y semicompacto, **arcilla** con 36.71% de arena y 6.14% de gravas sub-angulosas de hasta 1", color beige rojizo, húmeda, poco plástica, de consistencia dura, con 29.13% de límite líquido y 8.89% de índice plástico, **arena** de grano medio a fino, limosa, con presencia de gravas con cantos y raíces delgadas por sectores, color beige, beige amarillento y verdoso, húmeda, no plástica, en estado semisuelto y semicompacto, con 14.20%-43.44% de material fino que pasa la malla N°200. Grava de tamaño predominante 1"-2" y boleos de tamaño máximo 15", **grava** con 64.60%-66.84% de matriz de arena limosa, con presencia de cantos aislados, color beige, negrusco, húmeda, no plástica, en estado semicompacto, con 22.41%-40.37% de material fino que pasa la malla N° 200. Grava de tamaño predominante 1"-2" y cantos de tamaño máximo 6", **grava** con 62.66%-63.50% de matriz de arena arcillosa, color beige, húmeda, de poca plasticidad, en estado semicompacto, con 41.81%-47.64% de material fino que pasa la malla N° 200, 22.31%-35.06% de límite líquido y 5.51%-13.59% de índice plástico. Grava de tamaño predominante 1½" y cantos de tamaño máximo 6", **concentración de cantos y boleos** con matriz de arena limosa y/o arcillosa, color beige y beige rojizo, húmeda, no plástica y de mediana plasticidad, en

estado semicompacto. Cantos de tamaño máximo 10" y boleos de hasta 20", roca maciza tipo caliza cristalizada y cuarcita.

Los CBR de este tramo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado varían entre 18.7%, 19.2% y 31.0% y de acuerdo a la clasificación cualitativa es de buena y muy buena.

### **Puntos Críticos "Zona de Bofedales"**

Superficialmente y en un espesor variable de 0.10-1.00 m, está conformado por limos y arcillas de alta plasticidad, con buen porcentaje de raíces delgadas, color negrusco, húmedo y saturado, en estado muy suelto.

Se presenta en las siguientes progresivas:

Km. 34+480 – Km. 34+680

Km. 38+680 – Km. 39+080

Km. 40+620 – Km. 40+720

Km. 41+840 – Km. 41+940

Km. 46+880 – Km. 47+040

### **6.5 Estabilidad de Taludes<sup>12</sup>**

El nombre genérico de talud, es cualquier superficie inclinada, con respecto a la horizontal, que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierra. Cuando el talud se produce en forma natural se denomina ladera y cuando son hechos por el hombre se denomina cortes.

El talud constituye la estructura más compleja de las vías terrestres, ligadas a la estabilidad, el poder decir en un instante, cual es la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén y casi siempre es apoyada la que se sostenga el tiempo necesario sin caerse.

Es necesario distinguir en lo que a tratamiento y manejo se refiere, las laderas naturales de las artificiales, los materiales que constituyen ambos tipos son diferentes en naturalezas y disposición y también cambian en esencia, de modo que influye en todas las circunstancias de ambiente, clima e historia-geológica desde la formación durante su existencia.

<sup>12</sup> Alfonso Rico Rodríguez y Ermilio del Castillo; La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomo I - 278.

Dentro de los taludes artificiales también existen diferencias esenciales entre los cortes y terraplenes, los últimos constituyen una estructura que se construye con material controlado.

### 6.5.1 Tipos de Fallas Comunes en los Taludes de las Vías Terrestre

Se distinguen a los que afectan principalmente a las laderas naturales y artificiales.

Los factores de que dependan la estabilidad de la masa de tierra se puede agrupar:

- a. Factores Geomorfológicos.
  - Topografía de los alrededores y geometría del talud.
  - Distribución de las discontinuidades y estratificaciones.
- b. Factores Internos
  - Propiedades mecánicas de los suelos constituyentes.
  - Estados de esfuerzo actuantes.
- c. Factores climáticas, concretamente el agua superficial y subterránea.

### 6.5.2 Fallas en Laderas Naturales

Deslizamiento superficial por baja presión de confinamiento suele afectar grandes áreas y el movimiento superficial se produce, sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas.

Esto suele deberse a una combinación de acciones de las fuerzas de gravedad y otros agentes, la evolución es baja, rara vez excede de 1.00 cm por año.

Es lógico pensar que la velocidad de movimiento de ladera, sea maciza en la superficie y baja disminuyendo hacia el interior, esto se refleja en la inclinación de árboles y postes.

Una vez localizado el deslizamiento no se debe dudar en cambiar el trazo, evitando sus problemas pues no existe de momento ningún remedio confiable contra este tipo de falla y que representaría elevados costos en su mantenimiento.

### 6.5.3 Fallas Asociadas a Deformación Acumulativa

Son fallas que se producen en laderas naturales, como consecuencias de proceso de deformación acumulativa por la tendencia de grandes masas a moverse ladera abajo, por acción de fuerza gravitacionales, especialmente en materiales heterogéneos, no consolidados. Todo el largo tiempo que las fuerzas gravitacionales, actúan en el interior de la ladera, la resistencia al esfuerzo cortante podrá degradarse por procesos de deformación acumulativa.



La ladera puede deformarse durante largo tiempo, hasta que eventualmente, tal acumulación de deformación produzca la ruptura del suelo y la deformación de una superficie de falla generalizada en el interior de la propia ladera una vez producida la superficie de falla, podrá ocurrir un deslizamiento rápido de las masas afectadas.

#### **6.5.4 Flujo en Materiales Relativamente Secas**

En este grupo quedan comprendidas, los flujos de fragmentos de roca desde los muy rápidos (avalanchas) hasta los que ocurra lentamente.

Es probable que entre todos los casos el verdadero flujo de los fragmentos se origine a partir de un deslizamiento convencional en la roca o de un gran desplome de rocas provenientes de formaciones más sanas.

También ocurren en loes, asociadas muchas veces a temblores. En este caso el temblor causa la destrucción de la estructura del material, produciéndose una verdadera licuación.

Fenómenos similares se han registrado en arenas secas.

#### **6.5.5 Flujo en Materiales Húmedos. Flujo de Lodos.**

Flujos que requieren de una proporción apreciable de agua contenida en el suelo, la cual desempeña el papel de génesis y naturales de la falla.

Los flujos en materiales húmedos, se denomina flujos de lodos, cuando es muy elevado el contenido de agua de los materiales.

En el flujo de lodo, el deslizamiento ocurre en materiales finos, con alto contenido de agua, la falla reduce una completa perturbación estructural, la forma típica del deslizamiento es similar al de un glaciar y la velocidad de desplazamiento puede variar desde unos pocos centímetros por año hasta la correspondiente a deslizamientos catastróficos.

#### **6.5.6 Fallas Relacionadas a la Estabilidad de Taludes Artificiales**

##### **a. Falla Rotacional**

Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona de su fractura desarrollada, actúan fuerzas cortantes que sobrepasan la resistencia del material. Así pues, en el interior del talud existe un estado de esfuerzos cortantes, que vence en forma rápida la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, como consecuencia de esto



sobreviene la ruptura del mismo, con la formación de una superficie de deslizamientos a lo largo del cual se produce la falla.

#### **b. Falla Traslacional**

Consiste en movimientos traslacionales importantes del cuerpo del talud, sobre superficies de falla plana, asociado a estratos poco resistentes localizado a poca profundidad del talud.

La superficie de falla se desarrolla en forma paralela al estrato débil y se remonta en sus extremos por agrietamiento con estratos débiles, con las arcillas blandas, arenas finas o limos, no plásticos, sueltos.

#### **c. Fallas con Superficie Compuesta**

Este tipo de falla abarca movimientos que combinan la rotación y traslación dando lugar a superficie de falla compuesta.

En general estas superficies están predeterminadas por la presencia de heterogeneidad dentro del talud.

#### **d. Fallas Múltiples**

Son fallas que se producen con varias superficies de deslizamiento, sea simultáneo o en rápida sucesión, siendo principalmente fallas sucesivas y regresivas.

Las fallas regresivas, se forman a partir de una primera, por la inestabilidad en la que sucesivamente van quedando las zonas de cabeza de cada falla que se forma, y pueden ser rotacional y traslacional.

Las fallas rotacionales regresivas ocurren con frecuencia en regiones de topografía movida o escalonada en que existe erosión, especialmente, cuando existen estratos de arcilla sobre consolidadas, figurado o de lutitas sobre-yacidas por espesores grandes roca o suelos firmes.

Las fallas sucesivas es un conjunto de deslizamiento rotacionales superficiales, son características de las últimas etapas de degradación en laderas de arcilla sobre consolidada o fisurada.

#### **e. Derrumbes y Caidas**

Son fallas típicas en laderas naturales como en cortes radicales por lo general consiste en desprendimiento local de no muy grandes volúmenes, aunque existen desprendimientos de grandes masas fragmentadas, denominadas derrumbes.

Los derrumbes y caídas están siempre asociadas a cortes escarpados y con mucha frecuencia a las arcillas sobre consolidadas excluyendo las rocas.

### **6.5.7 Conformación de los Taludes**

#### **0 + 000 – 10+ 400**

Zona conformada por material Coluvial – Aluviales, conformado por clastos sub-angulosos a angulosos, con matriz arena limosa, color beige blanquecino a amarillento, los clastos son de diversas dimensiones tamaño máximo de 1.10 m de diámetro, y tamaño predominante de 10 cm, estos clastos son en lo general clastos de granodioritas, calizas y en menor cantidad areniscas cuarzosas, las pendientes varían de 3% a 6% y tienen una altura de hasta 8.00 m aproximadamente.

#### **10 + 400 – 32+ 900**

Zona conformada por material Coluvial – Aluviales, conformado por clastos sub-angulosos a sub-redondeados, con matriz arena limosa, color beige blanquecino, los clastos son de diversas dimensiones tamaño máximo de 1.50 m de diámetro, y tamaño predominante de 5-10 cm, estos clastos son en su mayoría clastos de granodioritas, calizas producto del diaclasamiento de los macizos rocosos encontrados en la zona, las pendientes varían de 6% a 8% y tienen una altura de hasta 12.00 m aproximadamente, en ésta zona se encuentra la mayor parte del material base que se utilizará. A lo largo de éste tramo este material se encuentra cubierto por limo arenoso con presencia de raíces, de color beige oscuro, en un promedio de 0.80 m de espesor.

#### **32+900 – 50+560**

Zona conformada por materiales Aluviales conformado por clastos sub-angulosos a redondeados, con matriz arena limosa, color beige amarillento, los clastos son de diversas dimensiones con tamaño máximo de 0.8 m de diámetro, y tamaño predominante de 5-10 cm; estos clastos son en su mayoría clastos de granodioritas, calizas, areniscas cuarzosas y otros en general producto de la erosión y arrastres de estos a las partes bajas de éste en la zona, las pendientes varían de 2% a 4% y tienen una altura de hasta 5.00 m aproximadamente.

### 6.5.8 Taludes de Cortes Adaptados.

Para la protección de taludes se ha adoptado las pendientes apropiadas, según las recomendaciones de las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras, de acuerdo a la siguiente relación.

TALUDES DE CORTE			
CLASE DE TERRENO	TALUD (V : H)		
	H < 5.00	5 < H < 10	H > 10
Roca Fija	10 : 1	(*)	(*)
Roca Suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(*)
Conglomerados Cementados	4 : 1	(*)	(*)
Suelos Consolidados Compactos	4 : 1	(*)	(*)
Conglomerados Comunes	3 : 1	(*)	(*)
Tierras Compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(*)
Tierra Suelas	1 : 1	(*)	(*)
Arenas Suelas	1 : 2	(*)	(*)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 3	(*)	(*)

### 6.5.9 Análisis de Estabilidad

A lo largo del tramo, los taludes se encuentran estables.

### 6.6 Canteras<sup>13</sup>

Uno de los costos más importantes en la construcción y mantenimiento de una carretera, corresponde a los materiales apropiados para base o agregado para el concreto, por lo que su localización y selección es básico, abatiendo los costos de transporte que suele ser los que encarecen el costo de obra.

Es importante llevar información completa y detallada sobre la disponibilidad de material en cada zona.

Durante mucho tiempo la ubicación de canteras depende de métodos exploratorios comunes desde una simple observación hasta el empleo de pozos a cielo abierto, en épocas más recientes, los estudios geofísicos, de gran potencialidad han venido a sumarse a ésta técnica ahorrando tiempo y esfuerzo humano.

<sup>13</sup> Alfonso Rico Rodríguez y Ermilio del Castillo; La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomo II – 291.

El punto fundamental en la determinación de canteras en la evaluación de las rocas o suelos contenidos lo que es difícil de establecer en forma cuantitativa. En lo que se refiere a las rocas que pueden sufrir cambios bruscos por fragmentación durante la extracción por manejo o durante la colocación o por alteración físico-química que puede tener lugar durante la vida útil de la obra, estos mismos factores se deben considerar cuando se trata de suelos.

En nuestro caso, se realizarán los siguientes trabajos:

### 6.6.1 Ubicación y Determinación de Canteras

Se realizó un recorrido de acuerdo a la información obtenida de planos geológicos y de información de personas del lugar para evaluar las posibles zonas de explotación de canteras, satisfaciendo las especificaciones de calidad, los requerimientos de volumen, garantizando entre todas las disponibles, las mejores canteras teniendo en cuenta:

1. Calidad de los materiales extraídos, juzgando en relación con el uso a que se destinarán.
2. Tiene que ser lo más fácilmente accesible y las que se pueden explotar por procedimientos más eficientes y menos costosos.
3. Tienen que ser las que produzcan las mínimas distancias de acarreo de materiales a la obra, cuya repercusión en los costos es de los más importantes.
4. Tienen que ser lo que conduzcan a los procedimientos constructivos, más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en obra.
5. Las canteras deben estar localizadas de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil y lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región, produciendo injusticias sociales.
6. Para la ubicación de las canteras se requiere de geólogos bien entrenados, en la aplicación del método contribuyendo tecnológicamente, igualmente el ingeniero geotécnico ya que tiene la experiencia de laboratorio, en la cual hace reconocimiento de los materiales.

### 6.6.2 Exploración y Muestreo de Canteras

La exploración de una zona para determinar como posible cantera, debe tener las siguientes metas:

- Determinación de la naturaleza del depósito, incluyendo toda la información que sea dable obtener sobre la geología, historia de explotaciones previas, relacionadas con escurrimientos de agua superficial.
- Profundidad, espesor, extensión y composición de los estratos de suelo o roca que se pretende explorar.
- Situación del agua subterránea, incluyendo posición y variación del nivel freático.
- Obtención de toda información posible sobre propiedades de los suelos y las rocas, usos de que ellos se hayan hecho.

Las investigaciones están formadas por tres etapas:

1. Reconocimiento preliminar, debiendo incluir la opinión de un geólogo.
2. Exploración preliminar por medio de procedimientos simples, puede obtenerse información sobre espesor y composición del subsuelo.
3. La exploración definitiva, en la que por medio de calicatas y pruebas de laboratorio han de definirse detalladamente las características ingenieriles de los suelos y las rocas encontradas.

### 6.6.3 Trabajo de Campo

En cada zona propuesta se realizaron calicatas y descripción de los taludes encontrados, extrayendo muestras representativas, para realizar los ensayos respectivos y determinar su volumen y potencia.

Las calicatas alcanzaron profundidades de 3.00 m

#### 6.6.3.1 Ensayo de Laboratorio.

Los ensayos de laboratorio Estándar y Especiales, serán realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos “J.J. Tello Ingenieros Consultora y Constructora EIRL”, empleando el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC y bajo las Normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M).

#### A. Ensayos Estándar:

##### a.1 Peso Específico y Absorción de Agregados Grueso ASTM D-854<sup>14</sup>

El objetivo es la descripción y el procedimiento para de terminar los pesos específicos

<sup>14</sup> Manual de Ensayo de Material (EM 2000); MTC-206.



aparentes y nominal y las absorción después de 24 horas de sumergidos en agua de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (Tamiz N°4).

El peso específico aparente nominal de estos materiales es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, y peso específico nominal es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

#### Equipo:

- Balanza con capacidad de 5,000 gr.
- Canastillas metálicas.
- Dispositivo de suspensión, que permite suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida.

#### Preparación de la Muestra:

Se comienza por mezclar los agregados, cuarteando hasta obtener la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm indicados a continuación:

Tamaño Nominal		Cantidad Mínima de Muestra
mm	Pulg.	Kg
19.0	1/2	2
25.0	3/4	3
37.5	1	4
50.0	1½	5
63.0	2	8
75.0	3	18
90.0	3½	25

Si desea puede fraccionarse la muestra y ensayar separadamente cuando se fracciona la muestra, las cantidades mínimas para ensayos de cada fracción se ajustan, sigue el tamaño máximo de partículas en lo indicado en la tabla.

### Procedimiento:

1. La muestra lavada en agua, se seca en una estufa a 100°C -110°C, y se enfría al aire de 1-3 horas, una vez fría se pesa y se sumerge en agua a temperatura del ambiente durante 24 horas.
2. Después del periodo de emersión, se saca la muestra del agua y se seca las partículas rodándolas sobre un pifio absorbente, hasta que se elimine el agua superficial visible secando individualmente los fragmentos mayores. A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado saturado con superficie seca (sss.). Estas y todas las pesadas subsiguientes, se realiza con un aproximado de 0.50 gr para peso de hasta 5.00 Kg y de 0.0001 veces, el peso de la muestra para pesos superiores.
3. Luego, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergido en el agua teniendo la precaución para evitar la inclusión de aire en la muestra sumergida, agitando convenientemente, la canastilla y la muestra deben quedar completamente sumergidas, durante la pesada y el hilo de suspensión será lo más delgado posible, para la inmersión y no afecte las pesadas.
4. Se seca la muestra en horno y se enfría a temperatura del ambiente y se determina su peso seco.

### Cálculo:

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos

B = Peso en el aire de la muestra saturada en superficie seca en gramos

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada en gramos.

$$\text{Peso específico nominal (sss)} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Cuando se divide en fracciones, se ensayarán por separado, cada una de las fracciones, calculando sus respectivos pesos específicos y absorción, aplicando la siguiente relación:

$$G_{pr} = \frac{1}{\frac{P_1}{100 G_1} + \frac{P_2}{100 G_2} + \frac{P_3}{100 G_3}}$$

$$A = \frac{P_1 A_1}{100} + \frac{P_2 A_2}{100} + \frac{P_3 A_3}{100}$$

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = Porcentaje respectiva de peso de cada fracción con respecto al peso total.

$G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$  = Peso específico de la fracción de la muestra total.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = Porcentaje de absorción de cada fracción de la muestra total.

$G_p$  = Verdadero valor del peso específico correspondiente.

$A$  = Valor del porcentaje de absorción de la muestra total.

Se considera satisfactorio cuando no difiere de su valor:

Para pesos específicos: 0.01

Para la absorción 0.13

Los demás ensayos ver ítem 6.3.1

## B. Ensayos Especiales.

Se realizaron los siguientes ensayos:

### a. Índice de Aplanamiento y Alargamiento de los Agregados para Carreteras<sup>15</sup>

La norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los índices de aplanamiento y alargamiento de los agregados que se van a emplear.

Se define como índice de aplanamiento de una fracción de agregado, al porcentaje en peso y de las partículas que la forman, cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

El índice de alargamiento de una fracción de agregado es el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.

Este método es aplicable a las fracciones de los agregados mayores a 1/4".

## Equipo:

<sup>15</sup> Manual de Ensayo de Material (EM 2000); MTC-221.

- Calibrador metálico
- Balanza
- Tamices
- Cuarteador, bandeja, etc.

**Preparación de la muestra:**

1. Del material recibido en el laboratorio se separa por cuarteo con la cantidad suficiente para realizar el ensayo.
2. Se procede a determinar su análisis granulométrico usando los tamices de la siguiente tabla. El porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie se denomina  $R_i$ , siendo el tamiz de abertura menor.
3. A continuación se separan por tamizado las distintas fracciones de la muestra tal como se indica en la siguiente tabla.

Las fracciones del agregado cuyo porcentaje sea inferior al 5% de la muestra no se ensaya y los comprendidos entre 5-15%, se tomará un mínimo de 100 partículas determinando su peso ( $P_i$ ) y cuando es mayor de 15%, se tomará un mínimo de 200 partículas determinando su peso ( $P_i$ ).

Tamices				Dimensiones del calibrador (mm)	
Pasa		Retiene		Aplanamiento (Abertura de la ranura (1))	Alargamiento (Separación de las barras) (2)
Mm	Pulg.	Mm	Pulg.		
63.0	2½"	50.0	2"	33.9	—
50.0	2"	37.5	1½"	26.3	78.8
37.5	1½"	25.0	1"	18.8	56.3
25.0	1"	19.0	¾"	13.2	39.6
19.0	¾"	12.5	½"	9.5	28.4
12.5	½"	9.5	3/8"	6.6	19.8
9.5	3/8"	6.3	¼"	4.7	14.2

### Procedimiento:

1. Para separar el material de forma aplanada de cada una de fracciones de ensayo, se hace pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura corresponde a la fracción que se ensaya.
2. La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa ( $P_{ii}$ ) del peso total de la muestra en ensayo.
3. Para separar el material con forma alargada de cada una de las fracciones de ensayo, se hace pasar cada partícula en calibrador de alargamiento por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya.
4. A la cantidad total de partículas de cada fracción retenida entre barras correspondientes, se pesa ( $P_{ai}$ ) de la masa total de la muestra de ensayo.

### Cálculos:

El índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento mediante la relación entre el peso de las partículas ( $P_{ii}$ ), que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial ( $P_i$ ) de dicha fracción.

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción (Iai)} = \frac{P_{ii}}{P_i} \times 100$$

El índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento entre la relación entre el peso de las partículas ( $P_{ai}$ ) retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial ( $P_i$ ) de dicha fracción.

$$\text{Índice de alargamiento de la fracción (Iii)} = \frac{P_{ai}}{P_i} \times 100$$

Siendo:  $R_i$  = Factores de ponderación de los porcentajes retenidos.

$$\text{Índices Totales de aplanamiento} = \frac{\sum(Iii \times R_i)}{\sum R_i}$$



$$\text{Índices Totales de alargamiento} = \frac{\sum(l_{ai} \times R_i)}{\sum I R_i}$$

### b. Caras Fracturadas<sup>16</sup>

El objeto es determinar el porcentaje en peso del material que presenta una o más caras fracturadas.

#### Equipo:

- Balanza de 5 kg de capacidad.
- Juego de tamices (1½", 1", ¾", ½", 3/8")
- Cuarteador
- Espátula

#### Muestra:

Deberá ser representativa, obtenida mediante el cuarteo del total, realizándose el análisis granulométrico.

Separar por tamizado 1½" - 3/8" y descartar el resto.

El peso total de la muestra dependerá del tamaño según tabla.

Tamaño del Agregado (mm)		Peso en gr.
37.5 – 25.4	1½"-1"	2 000
25.4 – 19.0	1"-3/4"	1 500
19.0 – 12.5	¾"-½"	1 200
12.5 – 9.5	½"-3/8"	300

#### Procedimiento:

1. Se expande la muestra en un área grande, lo que facilita la inspección y determinación de partículas fracturadas.
2. Se prepara tres recipientes, se separa las partículas redondeadas y las que tienen más de dos caras fracturadas, una partícula se considera como fracturada cuando un 25% o más del área de la superficie aparece fracturada, tienen que ser resistentes y por procedimientos mecánicos.

<sup>16</sup> Manual de Ensayo de Material (EM 2000); MTC-210.

3. Se pesa los recipientes con las partículas fracturadas y se anota su valor, teniendo en cuenta la suma del peso de los dos recipientes cuando determine las partículas con una sola cara fracturada.

**Cálculo:**

1. Se anota en la columna "A" el peso exacto de las porciones de las muestras tomadas para el ensayo, comprendidas entre los tamaños especificados.
2. En la columna B, se anota el peso del material con una cara fracturada para cada tamaño.
3. En la columna C, se representa el porcentaje de material con una cara fracturada por cada tamaño  $(B/A) \times 200$ .
4. En la columna D, se registra los valores correspondientes del análisis granulométrico de la muestra original.
5. En la columna E, es igual a  $C \times D$  y se suma el valor de cada columna.

$$\text{Porcentaje de caras fracturadas} = \frac{\text{Suma de porcentaje de caras fracturadas Ponderados según la relación original}}{\text{Muestra de ensayo como porcentaje del material original}} = \frac{\text{Total E}}{\text{Total D}}$$

Se repite el cálculo para materiales con caras fracturadas.

**c. Arcillas en Terrones y Partículas Desmenuzables (Friables)<sup>17</sup>**

El objetivo es determinar los terrones de arcilla y de las partículas desmenuzables (Friables) de los agregados.

**Equipo:**

- Balanza
- Recipientes
- Tamices
- Estufa

<sup>17</sup> Manual de Ensayo de Material (EM 2000); MTC-212.

**Muestra:**

1. Los agregados para este ensayo, estarán constituidos por material de las muestras que quede después de la conclusión del ensayo, para la determinación más fina que el tamiz N°200.
2. El agregado deberá secarse a la temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
3. La muestra para el ensayo de agregado fino deberá consistir de partículas más gruesas que el tamiz N° 16 y pesar menos de 25 gr.
4. La muestra para el ensayo de agregado grueso deberá separarse en diferentes tamaños, empleando los siguientes tamices N°4,  $\frac{3}{4}$ " y  $1\frac{1}{2}$ ", debiendo pesar por lo menos:

Tamaño de las Partículas entre los Tamices (Pulg.)	Peso Minimo(gr)
N°4    3/8"	1 000
N°3/8    3/4"	2 000
N°3/4    1½"	3 000
N°1½    a más	5 000

5. Para mezclas de agregados gruesos y fino, el material deberá separarse por el tamiz N° 4.

**Procedimiento:**

1. Pesar la muestra del ensayo, luego extiéndase en una capa delgada sobre el fondo del recipiente y cubrir con agua destilada durante 24 horas.
2. Ruédese y apriétese individualmente las partículas entre el pulgar y el índice para tratar de romperlas. Se clasifica como terrones de arcilla o partículas desmenuzables, después de que todas las partículas identificadas hayan sido rotas, sepárese el desperdicio de las partículas restantes mediante el tamizado húmedo, sobre el tamiz que se indica luego.

Registro de Tamaño de las Partículas que forma la muestra Agregados Retenido sobre el Tamiz	Tamaño del Tamiz para Remover el Residuo del Terreno de Arcillas y Partículas Creables
1. 18 mm –N°16	8.50 mm    N°20
N°4    -    3/8"	2.36 mm    N°8
N°3/8    -    3/4"	4.75 mm    N°4
N°3/4    -    1½"	4.75 mm    N°4
N°1½    -    a más	4.75 mm    N°4

3. Efectuar el tamizado, haciendo circular agua sobre el tamizado, mientras agite manualmente el tamiz, hasta que haya sido removido todo el material más pequeño.
4. Remover cuidadosamente del tamiz las partículas retenidas, secadas en horno para luego dejar enfriar y pesarlo

#### **Cálculo:**

El porcentaje de terrones de arcillas y partículas friables en los agregados finos o del tamaño individual de agregados gruesos, se calcula por la relación

$$P = [ (W-R) / W ] \times 100$$

Donde:

P= Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas friables.

W= Peso de la muestra del ensayo en agregados finos, el peso de la porción más gruesa que el tamiz N°16 y en agregados gruesos el peso de fracciones respectivas.

R=Peso de las partículas retenidas sobre el tamiz asignado.

Para agregados gruesos el porcentaje de terrones de arcillas y partículas friables, deberá ser un promedio basado en el porcentaje promedio de los terrones de arcillas y de las partículas friables en cada sección de cuerdo con la granulometría original antes de la separación

#### **d. Impurezas Orgánicas<sup>18</sup>**

El objeto es establecer el procedimiento que debe seguirse para determinar el contenido de materia orgánica en el agregado fino usado en la preparación del concreto.

#### **Aparatos y materiales:**

- Frascos de vidrio de 350 ml con tapa.
- Solución de hidróxido de sodio (3%). Se disuelven 3 partes en peso de hidróxido de sodio (NaOH) en 97 partes de agua destilada.

#### **Muestreo:**

De la muestra enviada al laboratorio, secada únicamente al aire, se toma 500 gr por el método del cuarteo.

<sup>18</sup> Manual de Ensayo de Material (EM 2000); MTC-213.

### Procedimiento:

1. Se coloca el agregado fino en frasco hasta completar 130 ml.
2. Se añade hidróxido de sodio hasta que el volumen de agregado fino y el líquido, después de agitarse sea igual a 200 ml.
3. Se agita el frasco, luego se deja reposar durante 24 horas.

### Determinación del Color:

Luego de las 24 horas de reposo, se llena un frasco con la solución normal de referencia se debió habiéndose preparado 2 horas antes hasta 75 ml, se compara el color con el de líquido que sobrenada es la solución que contiene el suelo fino, la comparación de colores se realiza poniéndolos juntos.

Se considera que el agregado fino contiene componentes orgánicos, posiblemente perjudiciales, cuando el color que sobrenada por encima de la muestra es más oscuro que el color normal de referencia.

Por tratarse de un ensayo cualitativo, no se requiere establecer la precisión de los resultados.

### e. Sales Solubles Totales en Agregados ASTM D- 1889<sup>19</sup>

El objetivo es establecer el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido cloruros y sulfatos, solubles en agua de los agregados.

### Equipo, materiales y reactivos:

- Balanza
- Matrices
- Vasos de precipitado
- Pipetas
- Solución de Nitrato de Plata
- Solución de Cloruro de Bario
- Agua destilada
- Estufa
- Tubo de ensayo

<sup>19</sup> Manual de Ensayo de Material (EM 2000); MTC-219.

**Extracción y acondicionamiento de las muestras:**

Las muestras se deben de extraer y preparar previamente y la cantidad corresponde a la siguiente tabla:

AGREGADO	CANTIDAD MÍNIMA	AFORO MÍNIMO
Grava de 50 – 20 mm	1000	500
Grava de 20 – 5 mm	500	500
Arena de 5 mm a menos	100	500

**Procedimiento:**

1. Secar la muestra y registrar esta masa como A
2. Se coloca la muestra en un vaso precipitado, agréguese agua destilada hasta cubrir 3 cm sobre el nivel de la muestra.
3. Agitar durante un minuto y realizar 4 agitaciones por lo menos durante 10 minutos.
4. Decantar mínimo durante 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente y traspasar el líquido sobrenadado a otro vaso. Determinar en forma separada en dos tubos de ensayo las sales solubles con sus respectivos reactivos químicos, la presencia de cloruros se determina con nitrato de plata formándose un precipitado blanco de cloruro de plata y los sulfatos con una gota de cloruro de bario, dando un precipitado blanco de sulfato de bario.
5. Repetir los pasos de 2 al 4 hasta que no se detecte presencia de sales juntando los líquidos sobrenadantes.
6. Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez frío se deposita en una matras aforado y se enraza con agua destilada registrese como aforo B.
7. Tomar un volumen de 50-100 ml de la mezcla previamente homogenizada de la matras de aforo y registrar su volumen como C.
8. Cristalizar en un horno hasta 100°C y registrese dicha masa como D.

**Cálculo:**

De la relación:

$$\% \text{ de sales solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$



**f. Contenido de Sulfatos. ASTM D- 516<sup>20</sup>**

Los sulfatos de sodio, calcio y magnesio, presentes en los suelos, aguas freáticas y agua de mar, son causa de ataque al concreto al reaccionar con el aluminato tricálcico y la cal libre presentes en los concretos de cemento portland.

Se sabe que cuando el concreto está en presencia de soluciones de sulfatos, se forma sulfoaluminato de calcio, por reacción química con los aluminatos, en presencia de la cal libre y la humedad, desarrollándose un gel expansivo con gran aumento de volumen, lo que origina en el concreto expansión, agrietamiento y destrucción.

Lo expuesto permite llegar a una primera e importante conclusión cuando menor es el contenido de aluminato tricálcico en el cemento mejor será la resistencia del concreto al ataque por sulfato.

Los cementos resistentes a los sulfatos no necesariamente incrementan la resistencia a algunas soluciones químicas agresivas, tales como el nitrato de amonio. Las especificaciones técnicas del proyecto deberán cubrir todos los casos especiales.

El empleo de cenizas de buena calidad (ASTM C 618-CLASE F) ha demostrado igualmente capacidad para mejorar la resistencia del concreto a los sulfatos.

No deberá emplear cloruro de calcio como aditivo en concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos en condición severa o muy severa.

**CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS**

Exposición a sulfatos	Sulfatos soluble en el agua, presente en el suelo como SO4 % en peso	Sulfato de agua, como SO4 ppm	Cemento tipo	Relación A/C máxima, en concretos con agregado de peso normal
Despreciable	0.00 – 0.10	0 – 150		—
Moderada	0.10 – 0.20	150 – 1500	II – 1P – 1PM	0.50
Severa	0.20 – 2.00	1500 – 10000	V	0.45
Muy severa	Sobre 2.00	sobre 10000	V + puzolana	0.45

**g. Contenido de Cloruros. ASTM D- 512<sup>21</sup>**

El anión cloruro está generalmente presente en aguas naturales. Puede indicar contaminación por aguas residuales domésticas, residuos industriales o intrusión de agua de mar u otras aguas salinas. Tiene un efecto deletéreo sobre tuberías metálicas y estructuras.

<sup>20</sup> Ing. Enrique Rivva López; Diseño de Mezclas, 97.

<sup>21</sup> Organización Mundial de la Salud; Guía Operacional.

Se tiene tres métodos para determinar los cloruros:

### 1. Método de Nitrato de Mercurio

Los iones cloruro forman con los iones mercurio un complejo altamente estable y puede por lo tanto ser mezclados con una solución estándar de sal mercúrica. El punto final puede ser detectado por el indicador difenilcarbazona, el cual forma un complejo azul-violeta cuando hay exceso de iones mercúricos.

#### Procedimiento:

En un erlenmeyer se coloca una cantidad medida de la muestra que no contenga más de 38 mg de cloruro y se diluye o evapora lentamente según sea necesario, acerca de 50 ml. Si están presentes los iones férrico y cromato en exceso de 10 ml por litro, añadir 5 ml de solución hidroquinona, añadir 5-10 del indicador. Si se desarrolla un color azul, azul violeta o rojo, añadir gotas de ácido nítrico 0.05 N hasta que el color cambie a amarillo y entonces agregar 1 ml en exceso. Si se desarrolla un color amarillo o naranja, se añade un hidróxido de sodio hasta que el color cambie azul-violeta; agregar ácido nítrico 0.05 N hasta que el color cambie amarillo y entonces añadir exactamente 1 ml en exceso. Mezclar la solución nitrato mercúrico estándar hasta el punto donde aparece el primer tinte azul –violeta que no desaparece con agitación. El punto final esta cerca cuando el color cambia a naranja.

### 2. Método de Nitrato de Plata

El cloruro se determina en una solución neutra o ligeramente alcalina por mezclar con nitrato de plata estándar usando cromato de potasio como indicador. Cloruro de potasio es cuantitativamente precipitado antes de que sea formado el cromato de plata rojo.

#### Procedimiento:

Se mide 100 ml de muestra o filtrado en una cubeta de porcelana erlenmeyer o vaso precipitado, sobre una superficie blanca. Si el PH de la muestra esta por debajo de 5, añadir una pequeña cantidad de carbonato de calcio y agitar. Siendo el PH está sobre 9.5, diseminar sobre una porción separada la cantidad justa de ácido nítrico o sulfúrico N/10 requerido, para desvanecer el color de la fenoltaleína y añadir la cantidad apropiada de ácido a la muestra bajo prueba. Agitar y añadir una pequeña cantidad de calcio. La muestra con rango de PH entre 5.0-9.5 no necesita este tratamiento preliminar. Se añade 1 ml de cromato de potasio y se mezcla con solución de nitrato de plata con agitación

constante hasta que persista una ligera coloración rojiza apenas perceptible. Si se consume más de 25 ml, es mejor tomar una cantidad más pequeña de la muestra diluirla a 100 ml antes de mezclarlos. Se realiza la determinación en blanco para corregir con la permanencia de los cloruros en cualquiera de los reactivos y para la solubilidad del cromato de plata.

### 3. Método del Potenciómetro

El cloruro se determina por la mezcla potenciométrica con solución de nitrato de plata usando un sistema de electrodos de vidrio y plata/cloruro de plata. El cambio del potencial entre los dos electrodos es dictado. El punto final de la mezcla es la lectura del instrumentos a la cual a ocurrido el cambio más grande en voltaje por un incremento pequeño nitrato de plata añadido.

#### Procedimiento:

Se pipetea exactamente 100 ml de la muestra que no contenga más de 35 mg de ión cloruro. Si se usa  $\text{AgNO}_3$  0.1 N, o no más de 7 mg de ión cloruro (si se usa  $\text{AgNO}_3$  0.02 N) si el contenido del ión cloruro de la muestra es más alto se pipetea exactamente un volumen alícuota y se diluye a cerca de 100 ml con agua destilada.

Si es necesario remueva las sustancias interferentes.

Se añade ácido nítrico gota a gota hasta verificar la acidez en el papel tornasol, luego 10 gotas de (0.5 ml) en exceso, se sumerge el agitador y los electrodos en la muestra y se comienza la agitación.

Añadir desde una bureta, solución estándar de nitrato de plata al comienzo en proporción relativamente grandes, luego, conforme se va alcanzando el punto final de la reacción añadir incrementos más pequeños e iguales a intervalos más grandes, de manera que el punto final exacto pueda ser determinado.

CONTENIDO MÁXIMO DE IONES CLORURO

Elemento	Máximo ión cloruro soluble en el agua en el concreto, como % en el peso del cemento
• Concreto pretensado.....	0.06
• Concreto armado expuesto a la acción de cloruros.....	0.15
• Concreto armado que deberá estar seco o protegido de la humedad durante su vida.....	1.00
• Otras construcciones de concreto armado.....	0.30

**h. Equivalente de Arena ASTM –D 2419<sup>22</sup>**

Es una prueba que sirve para investigar la presencia o ausencia de materiales finos o de apariencia arcillosa que sean perjudiciales para los suelos o para los agregados pétreos.

**Equipo:**

Un cilindro transparente, graduado para medir volúmenes con un diámetro interior de ¼ de pulgada y 17 pulgadas de altura con graduación en decimos de centímetros a partir del fondo hasta las 15 pulgadas de altura.

Un tubo irrigador, de cobre o de latón con un diámetro exterior ¼ de pulgada, uno de los extremos del tubo estará cerrado formando un punta en forma de cuña, con perforaciones laterales.

Una botella con 3.8 litros (galón), con equipo de sifón, con dos orificios y un tubo doblado de cobre colocado a 91.8 cm de altura sobre la mesa de trabajo.

Un tramo de manguera de hule de 0.48 cm con una pinza para poder obturarla utilizada para conectar el irrigador con el sifón.

Una varilla metálica de 45 cm de longitud, con un pie cónico de 2.5 cm de diámetro en su extremo interior provisto de 3 tornillos pequeños que sirve para centrar dentro del cilindro. Una tapa de ajuste que permita pasar por el centro la varilla metálica con un lastro para tener un peso total de un kilogramo.

Una cápsula de 88 ml de capacidad.

Un embudo de boca ancha.

Reserva de solución consistente de:

\* Cloruro de calcio anhidro de 454 g

\* Glicerina USP de 2.050 g

<sup>22</sup> Ing. Abel Ordonez y Silene Minaya; Ensayos de Laboratorio.

\* Formaldehído (solución volumétrica a 40) 47 g.

Se disuelve el cloruro de calcio en 1.89 litros (1/2 galón) de agua.

Enfríese y filtrese la solución a través de papel filtro. A la solución filtrada agréguese la glicerina y el formaldehído, mezclando bien el total hasta un galón, la marca de 11.2 cm corresponde a los 88 ml requerido.

### Procedimiento<sup>23</sup>:

El material de prueba debe ser una muestra que pasa por la malla N° 4, disgregando los terrones de material mas fino, humedeciendo con agua antes de tamizarse.

Se inicia el funcionamiento del sifón, soplando dentro de la botella por la parte superior a través de un pequeño tubo.

Por medio del sifón introduzca la solución de trabajo hasta una altura de 10 cm.

Vaciése dentro del cilindro el contenido de una cápsula llena de una muestra preparada del suelo de 110 g en promedio y golpeando el fondo del cilindro contra la palma de la mano para hacer que salga cualquier burbuja de aire y acelere la saturación de la muestra.

Transcurridos 10 minutos se tapa el cilindro y se agita longitudinalmente de un lado a otro durante 30 segundos (90 ciclos).

Quítese el tapón e inserte el tubo irrigador, enjuáguese los lados hacia abajo y después inserte el tubo hasta el fondo del cilindro, sepárese el material arcilloso del arenoso suspendiéndolo en la solución, mediante un movimiento suave de picado con el tubo irrigador y girando lentamente el cilindro, cuando el nivel del líquido a 38.1 cm subir el tubo del irrigador, sin cortar el chorro de manera que el nivel del líquido se mantenga en 38.1 cm, déjese el cilindro en reposo absoluto durante 20 segundos.

Transcurrido los 20 minutos, anótese el nivel de la arcilla en suspensión y haga la lectura.

Luego introduzca lentamente el pizón dentro del cilindro hasta que este descansa sobre la arena y gire la varilla ligeramente hasta que pueda verse el tornillo empleado para centrar y anótese el nivel correspondiente al centro del tornillo.

---

<sup>23</sup> Alfonso Rico Rodríguez y Hermilo del Castillo V.2



**Cálculo:**

Es la relación de la lectura en el nivel superior de la arena, sobre el nivel superior de la arcilla multiplicada por 100.

Si el valor del equivalente de arena es menor que el especificado, ejecútense dos pruebas adicionales con el mismo material y tómesese el promedio de las tres con el valor del equivalente de arena.

**i. Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio ASTM D 209<sup>24</sup>**

El objetivo es describir el procedimiento para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados por acción de los sulfatos de sodio o de magnesio.

**Equipo:**

- Tamices:

Tamices Serie Fina		Tamices Serie Gruesa	
150 UN	N°100	8.0 mm	5/16"
300 UN	N°50	9.5 mm	3/8"
600 UN	N°30	12.5 mm	1/2"
1.18 mm	N°16	16.0 mm	5/8"
2.36 mm	N°8	19.0 mm	3/4"
4 mm	N°5	25.0 mm	1"
4.75 mm	N°4	31.5 mm	1 1/4"
		37.5 mm	1 1/2"
		50.0 mm	2"
		63.0 mm	2 1/2"

- Recipiente para la inmersión de la muestra de los agregados en la solución, canastas hechas en telas metálicas.
- Regulación de la temperatura durante el período de inmersión.
- Balanza de 5 Kg de capacidad.
- Estufa, con dispositivos de circulación forzada de aire.

**Soluciones necesarias:**

La solución saturada de sulfato de sodio se prepara disolviendo el peso necesario de sal tipo comercial en agua. Se añade suficiente cantidad de sal en forma de anhídrido o cristalizada para asegurar que no solamente este saturada, sino que también quede un exceso de

<sup>24</sup> Ing. Abel Ordonez y Silene Minaya; Ensayos de Laboratorio.



cristales, cuando la solución éste preparada, se agita la solución y se mantiene a 21°C de temperatura durante 48 horas, antes de emplearla se agita bien y se obtiene el peso específico que varía entre 1.51 y 1.714. La solución que presenta impurezas debe filtrarse y comprobar su peso específico.

Para conseguir la saturación a 22°C de un litro de agua, son suficientes 215 gr de sal anhidra o 700 gr de hidratada, pero se recomienda como mínimo 350 gr y 750 gr para cada caso.

El sulfato en polvo puede considerarse como anhídrido.

La solución de sulfato de magnesio se prepara disolviendo el peso necesario de sal tipo comercial en agua a la temperatura de 25°C-30°C y se añade suficiente cantidad de sal en forma de anhidra o cristalizada, para asegurar que la solución esté saturada y quede un exceso de cristales cuando la solución este preparada, se agita la solución mientras se esté preparando y se enfría a una temperatura de 21°C manteniéndolo durante 48 horas antes de emplearlo, se agita bien y en este momento tendrá un peso específico de 1.295 – 1.302.

La solución que presente impurezas debe filtrarse y volver a comprobar el peso específico.

Para conseguir la solución a 23°C de un litro de agua, son suficientes 350 gr de sal anhidra ó 1.230 gr de hidratado, puesto que es necesario el exceso de cristales se recomienda 1,400 gr para un litro de agua.

### Muestras:

La muestra de agregado fino debe pasar por el tamiz (3/8”).

La muestra tendrá un peso suficiente para poder obtener 200 gr en cada fracción que se indica este porcentaje en la muestra en cantidad mayor de 5%.

Pasa Tamiz		Retiene en Tamiz.	
9.5 mm	3/8”	4.75mm	N°4
7.75mm	N°4	2.36 mm	N°8
2.36 mm	N°8	1.18 mm	N°16
1.18 mm	N°16	600 UN	N°30
600 UN	N°30	300 UN	N°50

La muestra del agregado grueso debe ser un material del que se ha eliminado las fracciones inferior al tamiz N°4, estos tamaños eliminados se ensayarán de acuerdo al procedimiento para agregados fino. Las muestras deben tener el peso mínimo en cada fracción de acuerdo a la tabla que se presenta en cantidad de 5% como mínimo de lo contrario debe ser indicado

para considerar en el cálculo de los resultados, se debe considerar las mismas pérdidas a la acción de los sulfatos.

Tamices en mm	pulg.	Peso en gr
Compuesto de material:		300±5
4.75 mm 9.50 mm	N°4 3/8"	1000±10
9.50 mm 19.0 mm	3/8" 3/4"	
Compuesto de material:		330±5
9.50 mm 12.5 mm	3/8" 3/4"	670±10
12.5 mm 19.0 mm	1/2" 3/4"	5000±300
19.0 mm 37.5 mm	3/4" 1 1/2"	
Compuesto de material:		500±30
19.0 mm 25.0 mm	3/4" 1"	1000±50
25.0 mm 37.5 mm	1" 1 1/2"	5000±300
37.5 mm 63.0 mm	1 1/2" 2 1/2"	
Compuesto de material:		2000±200
37.5 mm 50.0 mm	1 1/2" 2"	3000±300
50.0 mm 63.0 mm	2" 2 1/4"	
Tamices mayores obtenidos en Incremento de 25 mm (1")		7000±100

### Preparación de la muestra:

La muestra de agregado fino se lava bien sobre el tamiz N°50, se seca y se separa en las diferentes fracciones por medio del tamizado y cada una de las fracciones obtenidas de ésta forma se separa la suficiente cantidad de la muestra para obtener 100 gr – 110 gr, las partículas de agregado fino que quedan encajada en la malla del tamiz no se emplean en la preparación de la muestra, las muestra de 100 gr de cada una de las fracciones, después del tamizado final se pesan y colocan por separado en los recipientes para el ensayo.

La muestra de agregado grueso se lava bien y se seca en horno y se separa las diferentes fracciones por tamizado hasta el rechazo. La cantidad requerida de cada una de las fracciones se pesa y se coloca por separado en un recipiente de ensayo.

### Procedimiento:

1. Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de magnesio, durante un período de 16 horas de manera que quede por encima de la muestra por 13 mm, el recipiente se cubre para evitar la evaporación y contaminación de sustancias extrañas.
2. Sacado las muestras posterior a la inmersión, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir 15 minutos y se introducen en el horno para secar y pesar en un intervalo de tiempo de 4 - 18 horas y se considera constante cuando dos pesos sucesivos de la muestra difieren en 0.1 gr en caso de agregados fino y 1.0 en caso de agregado grueso, y luego se sumerge nuevamente en la solución hasta completar el número de ciclos que se indique.

### Examen Cualitativo:

Las fracciones de muestra mayores de  $\frac{3}{4}$ " se examinan cualitativamente después de cada inmersión. El examen consta de dos partes:

1. La observación del efecto que produce la acción de sulfato de sodio o magnesio y la naturaleza de ésta acción.
2. El recuento de número de partículas afectadas.

### j. Resistencia al Desgaste de Agregados por medio de la Máquina de los Ángeles de Tamaños Menores de $1\frac{1}{2}$ "<sup>25</sup>

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales y triturados, empleando la Máquina de los Ángeles, con una carga abrasiva.

### Equipo:

- Balanza
- Estufa
- Tamices
- Máquina de los Ángeles
- Carga Abrasiva, consistente en esfera de acero o fundición con un diámetro de 46.18 mm y 47.63 mm y un peso comprendido entre 390gr - 445gr

<sup>25</sup> Manual de Ensayo de Matenal (EM 2000); MTC-207.

La carga abrasiva de la granulometría del ensayo corresponde:

GRANULOMETRÍA DE ENSAYO	NÚMERO DE ESFERAS	PESO TOTAL EN gr.
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3530±20
D	6	2500±15

### Preparación de la Muestra:

La muestra estará limpia por lavado y secado en horno, separada por fracciones de cada tamaño de acuerdo a la siguiente tabla:

PASA POR TAMIZ		RETENIDO EN TAMIZ		PESO Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO			
mm	pulg.			A	B	C	D
37.5	1½"	25.0	1	1250±25			
25.0	1"	19.0	¾"	1250±25			
19.0	¾"	12.5	½"	1250±10	2500±10		
12.5	½"	9.5	3/8"	1250±10	2500±10		
9.5	3/8"	6.3	¼"			2500±10	
6.3	¼"	4.75	N°4			2500±10	
4.75	N°4	2.36	N°8				5000±10
<b>Totales</b>				5000±10	2500±10	5000±10	5000±10

Cuando se tritura la muestra en el laboratorio se hará constar en el informe debido a la influencia en el resultado.

### Procedimiento:

1. La muestra y la carga correspondiente se coloca en la Máquina de los Ángeles y se hace girar el cilindro a una velocidad 30-33 rpm, siendo el número total de vueltas 500, una vez cumplida las vueltas se descarga el material y se separa de la muestra ensayada en el tamiz N°12. La fracción fina se tamiza a continuación empleando el tamiz N°12 y el material más grueso que pasa el tamiz N°12 se lava y seca en el horno y pesa.

2. Cuando el agregado está libre de polvo puede eliminarse el lavado.

**Cálculos:**

Es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada expresada en tanto por ciento del peso original.

El resultado del ensayo esta dado por:

$$\% \text{ desgaste} = 100 (P1-P2)/P1$$

Siendo:

P1 = peso de la muestra antes del ensayo.

P2 = peso de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre el tamiz N°12.

Para agregados de tamaño máximo nominal (¾ ") con porcentaje de pérdidas entre 10-45%, el coeficiente de variación entre el resultado de varios laboratorio es de 4.5%.

**Resistencia al Desgaste de Agregados por medio de la Máquina Los Ángeles de Tamaños Mayores de 3/4"**

El objetivo es establecer métodos de ensayos para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos.

**Preparación de la muestra:**

1. La muestra del ensayo se obtendrá separando mediante tamizado las distintas fracciones del tamizado.
2. Se lavaran separadamente las fracciones y seca en horno.
3. Se elegirá en la tabla la gradación más parecida del agregado que va usar en obra, se tomarán los pesos de las fracciones hasta 10 kg.
4. Cuando se tritura la muestra en el laboratorio se hará constar en el informe debido a la influencia que tiene la forma de las partículas en el resultado.

TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO EN gr		
Pasa	Retiene	E	F	G
75.0 3"	63.0 2½"	2500±50		
63.0 2½"	50.0 2"	2500±50		
50.0 2"	37.5 1½"	2500±50		
37.5 1½"	25.0 1"		5000±10	5000±25
25.0 1"	19.0 ¾"		5000±50	5000±25
Totales		10,000±100	10,000±50	10,000±50



**Procedimiento:**

1. Se pesa 10 Kg de muestra seca, se prepara como se indica en la tabla con una precisión de 5 gr y se coloca junto con las esferas abrasivas dentro del tambor haciendo girar 30-33 rpm, hasta completar las mil vueltas.
2. Se descarga el material, se hace una separación de la muestra sobre el tamiz N°12, se tamiza el material más fino y el material más grueso se lava y se seca en el horno.
3. Si el agregado esta libre de costras y polvo se elimina el lavado con agua.
4. Se puede tener información la vuelta N°200. La relación de pérdida después de las 200 revoluciones a pérdida después de 100 revoluciones no deberá exceder en más 0.20 para material de dureza uniforme, cuando se realiza esta determinación se procura evitar toda pérdida de la muestra, incluye el polvo que se vuelve a introducir en la máquina hasta completar las 1000 revoluciones.

**Resultado:**

La diferencia entre el peso inicial de la muestra secada y el peso de material seco retenido en el tamiz N°12 expresado como porcentaje del peso inicial, será el desgaste de la muestra.

Para agregado de tamaño nominal (3/4") con el porcentaje de pérdida entre 10-45%, el coeficiente de variación entre el resultado de varios laboratorios es de 4.5%.

**k. Proctor Modificado**

Ver ítem 6.3.2.1.

**l. C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D- 1883**

Ver ítem 6.3.2.2.

**6.6.3.2 Canteras Seleccionadas.**

**a. Cantera Chaquimayo.**

Acceso	En el tramo del Trazo (directo)
Potencia	
Uso.	> 94 580.73 m <sup>3</sup>
Rendimiento.	Base
Explotación.	80% después del zarandeo
Propietario	Con cargador frontal y retroexcavadora
Período de Explotación	Propiedad de la Comunidad de Chahuay
	Todo el año



**b. Cantera Abra de Chahuay.**

Ubicación	Km 18+240 al Km 18+640 Trazo de la carretera margen izquierda,
Distancia	Adyacente al trazo
Acceso	En el tramo del Trazo (directo)
Potencia	> 94 580.73 m <sup>3</sup>
Uso.	Base
Rendimiento.	80% después del zarandeo
Explotación.	Con cargador frontal y retroexcavadora
Propietario	Propiedad de la Comunidad de Chahuay
Periodo de Explotación	Todo el año

**c. Cantera Agregados Río Ñahuinlla.**

Ubicación	Comunidad de Ñahuinlla
Distancia	350 m adyacente al trazo de la carretera.
Acceso	Trocha Carrozable.
Potencia	> 50.0000 m <sup>3</sup>
Uso	Agregado para concreto y mejoramiento de Subrasante
Rendimiento.	80% después del zarandeo
Explotación.	Con cargador y retroexcavadora.
Propietario	Propiedad Comunidad de Ñahuinlla
Periodo de Explotación	Todo el año

**d. Cantera Agregados Río Matalla.**

Ubicación	Km. 14+000 carretera Coyllurqui – Palpacachi
Distancia	14+000 Km. Del inicio del proyecto.
Acceso	Carretera Afirmada.
Potencia	> 40.000 m <sup>3</sup>
Uso.	Agregado para concreto.
Rendimiento.	80% después del zarandeo
Explotación.	Con cargador y retroexcavadora.
Propietario	Propiedad Municipalidad Coyllurqui
Periodo de Explotación	Todo el año

**6.7 Fuentes de Agua**

En las fuentes se realizaron los ensayos de laboratorio recomendados para conocer la calidad de agua para los diversos usos que se muestran a continuación:

**a. Análisis de Sólidos en Suspensión: Cantidad de partículas presente en la masa de agua<sup>26</sup>**

Los sólidos en suspensión son aquellos sólidos que son retenidos por un filtro estándar o secado a peso constante.

Las partículas no homogéneas, como hojas, trozos de pescado y de materia fecal, deben

<sup>26</sup> Organización Mundial de la Salud; Guía Operacional.

ser excluidas de la muestra.

### Equipo:

- Discos de fibra de vidrio, grado whatman o equivalente.
- Soporte de filtro.
- Erlermeyer de succión de 500 ml
- Estufa de secado
- Desecador
- Balanza analítica de 200 gr.

### Procedimiento.

Preparación del disco de fibra: colocar el disco sobre el soporte, mientras se aplica vacío, después que el agua a pasado a través, eliminar la trazas de agua por aplicación continua de vacío, sacar el filtro del soporte y secar en una estufa a 105°C por una hora, luego, enfriar el desecador y almacenar hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de que instale el equipo de filtración y comience la succión. Agitar vigorosamente la muestra y transferir rápidamente al embudo de filtración por medio de un cilindro volumétrico de 100 ml. Si la materia suspendida es baja puede filtrarse un volumen más grande.

Quitar cuidadosamente el filtro del soporte. Secar al menos por una hora a 105°C, enfriar en un desecador y pesar. Repetir el ciclo desecado hasta que se obtenga peso constante o hasta que la perdida de peso sea menor de 0.5 mg.

### Cálculos:

$$\text{Sólidos totales suspendidos (mg/l)} = \frac{A - B}{C} * 10^6$$

Donde:

A = peso del filtro + residuo, g

B = peso del filtro, g

C = volumen de la muestra filtrada, m.

El resultado de sólidos totales suspendidos secos esta dado en °C, mg/l

## b. Análisis de Materia Orgánica: Cantidad de materia orgánica presente en la masa de agua<sup>27</sup>

La demanda química de oxígeno (DQO) es utilizada como una forma de medir la carga contaminante de los desechos domésticos e industriales.

Se basa en el hecho de que todos los compuestos orgánicos pueden ser oxidados por un agente oxidante fuerte o bajo condiciones ácidas o dióxido de carbono y agua.

### Principio:

La muestra es digerida con dicromato de potasio, en un medio fuertemente ácido, en presencia de un catalizador a alta temperatura. Después de la digestión el dicromato remanente es mezclado con sulfato ferroso amoniacal, de esta forma se puede conocer la cantidad de dicromato de potasio consumido y por lo tanto la cantidad de materia orgánica oxidada en términos de equivalente de oxígeno.

### Método del reflujo cerrado (micro método)

#### Material:

- Tubo de borosilicato de 20 x50 mm
- Equipo de filtración de millapare
- Filtros Whatman GP/A de 5 cm de diámetro
- Estufa de 150°C
- Pipetas volumétricas
- Gradilla
- Matraz
- Guantes

#### Soluciones:

**Reactivo de ácido sulfúrico:** Añadir 10.12 gr de  $Ag_2SO_4$ , ya sea en cristales o en polvo por cada litro de  $H_2SO_4$ . Para un garrafón de 3.5 litros de  $H_2SO_4$ , concentrado se requiere 35.42 gr de  $Ag_2SO_4$ . Permitir su disolución de uno o dos días a temperatura ambiente.

**Estándar de dicromato de potasio 0.25N :** Disolver 12.25 gr de  $K_2Cr_2O_7$ , previamente secado a 105 °C por dos horas, en un litro de agua destilada.

<sup>27</sup> Organización Mundial de la Salud; Guía Operacional.

**Indicadora de ferroina.** Disolver 1,485 gr de 1.10 gr. de fenantrolina monohidratada y 0.695 g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en 80 ml de agua destilada. Aforar a 100 ml. Puede utilizarse el reactivo disponible comercialmente.

**FAS (Sulfato ferroso amoniacal).** Disolver 39.2 gr de  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  em 600ml de agua destilada. Agregar cuidadosamente 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, enfriar y aforar un litro con agua destilada. Esta solución tiene una concentración aproximada de 0.25N, sus concentración exacta se conoce cuando se titula "blanco frío", el cual se corre junto con las muestras.

### Procedimiento:

Lavar previamente los tubos y tapones a utilizar con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 20% para evitar la contaminación de las muestras. Para análisis subsecuente, lavar los tubos con agua de llave de agua destilada, secar perfectamente antes de adicionar los reactivos.

En un tubo de 16 x 150 mm, colocar 5 ml de muestra o de su disolución, adicionar 3 ml de la solución de dicromato, (5 ml de la muestra de su dilución) y con la punta de una espátula una pequeñísima de sulfato mercurico ( $\text{Hg SO}_4$ ).

En los blancos se adiciona agua destilada en lugar de la muestra, se desconoce completamente la DQO de la muestra, se prueban diluciones 1: 100 y 5: 100, la dilución mas recomendable será aquella que no cambie la coloración del dicromato.

Adicionar cuidadosamente 7 ml del reactivo de ácido sulfúrico permitiendo que resbale por las paredes internas del tubo. Si es necesario colocar el tubo en un baño de agua fría para disipar el calor de la reacción.

Cerrar herméticamente los tubos, invertir cada tubo varias veces para mezclar completamente y verificar que no hay fuga. En caso de haber fuga preparar otro tubo de la muestra correspondiente.

Colocar los tubos en la estufa precalentada a  $150^\circ\text{C}$  para permitir la digestión durante 2 horas.

Preparar un tubo adicional que servirá como "blanco frío" (con agua destilada). Para conocer la concertación exacta de la solución FAS. Este tubo se prepara simultáneamente a las muestras, pero se mantiene bien tapado a temperatura ambiente.

Dejar enfriar los tubos a temperatura ambiente, retirar las tapas y verificar su contenido en matraces.

- Enjuagar el tubo con un volumen de agua destilada igual a la muestra y adicionarla al matraz.

Agregar 2 gotas del indicador de ferroina y titular con la solución FAS agitando constantemente, hasta ver en el indicador de azul- verdoso a café rojizo.

### Cálculos:

La normalidad de la solución FAS se calcula una vez titulado el blanco frío, de la manera siguiente:

$$N_{FAS} = \frac{(\text{ml de solución de dicromato}) (N \text{ dicromato})}{\text{ml de la solución FAS gastados para titular el blanco frío.}}$$

### c. Análisis de sólidos disueltos. Cantidad de sales disueltas en la solución<sup>28</sup>

Los sólidos disueltos (residuo filtrable) son aquellos sólidos capaces de pasar a través de un filtro estándar.

Los sólidos disueltos fijos y sólidos disueltos volátiles corresponden al remanente después de la calcinación y la pérdida por ignición, es decir la diferencia entre el residuo seco y el calcinado.

Los procedimientos químicos del agua, en general se relacionan con aguas que contienen relativamente poca materia orgánica en solución, y la mayor cantidad de impurezas disueltas son esencialmente minerales. Es más importante aquí que esta sea estimada sin complicaciones debido a agua de cristalización. En consecuencia los procesos químicos de esta agua se usan a una temperatura de 180°C para sólidos disueltos, ya que las sales están entonces, casi tan anhidradas como es posible.

Los sólidos orgánicos (volátiles por ignición) y la materia suspendida son asuntos más importantes para el procedimiento químico de aguas residuales.

### Interferencias

Las aguas altamente mineralizadas que contienen concentraciones significativas de calcio, magnesio, cloruro, sulfato, pueden ser giroscópicas y requerirán de secado prolongado.

<sup>28</sup> Organización Mundial de la Salud; Guía Operacional.

Las muestras que contienen concentraciones altas de bicarbonato requerran de cuidadoso y prolongado secado a 180°C para asegurar que el bicarbonato se convierte en carbonato.

### **Equipo:**

- Disco de filtro de fibra de vidrio.
- Soporte de filtro.
- Erlemeyer de succión de 500 ml.
- Cápsula de evaporación de 50 a 200 ml de capacidad.
- Platino, generalmente satisfactorios para todos los propósitos.
- Porcelana o sílice, adecuado para muestras con PH por debajo de 9.
- Acero inoxidable.
- Baño de vapor.
- Estufa de secado
- Desecador
- Balanza analítica de 200g de capacidad.

### **Procedimiento:**

Preparación del disco de filtro de fibra de vidrio: colocar el disco sobre el soporte para el filtro de membrana. Aplicando vacío, se lava el disco con 3 volúmenes sucesivos de 20 ml de agua destilada. Se elimina cualquier traza de agua, continuando la aplicación del vacío después que el agua a pasado a través. Descartar las aguas del lavado.

Preparación de las cápsulas de evaporación: calentar la capsula limpia a 500°C en un horno por una hora. Enfriar en el desecador y almacenar hasta que se necesite, pesar antes de usar.

Instalar el equipo para filtración y comience la succión. Se agita la muestra vigorosamente y se transfiere rápido 100 ml al embudo por medio de una probeta graduada, si al residuo total filtrable es bajo puede filtrarse un volumen mayor.

Filtrar la muestra a través del filtro de fibra de vidrio y una vez que se ha completado la filtración continuar aplicando vacío por más o menos tres minutos para quitar tanta agua como sea posible. Transferir 100 ml del filtrado a una cápsula de evaporación previamente pesada y evaporar hasta la sequedad sobre baño de vapor. Limpiar la parte exterior de la cápsula.



**a) Sólidos disueltos a 105°C**

Se seca la muestra evaporada por lo menos durante una hora a 105°C, se enfría en un desecador y se pesa. Se repite el ciclo de secado hasta que se obtenga peso constante o hasta que la pérdida de peso sea de 0.5 mg

**b) Sólidos disueltos secados a 180°C**

Se seca el residuo por una hora a 180°C. Se trasfiere la capsula al desecador, se enfría y pesa. Si se usa una capsula de acero inoxidable, retornar la capsula ala estufa por 10 a 30 minutos. Se transfiere la capsula al desecador, se enfría y pesa. Repetir hasta que el peso de la capsula más los sólidos se a constante dentro de 0.5 mg. Restar el peso de la cápsula seca para obtener el peso del residuo.

Si es imposible encontrar pesos concordantes, debido a la presencia de cloruros de calcio y magnesio, repetir la determinación añadiendo, cuidadosamente una cantidad medida de carbonato de sodio N/10, al agua de la capsula y después de pesar el residuo seco, restar el peso de carbonato de sodio añadido.

**Cálculos:**

$$A - B$$

$$\text{Sólidos totales disueltos (mg/l)} = \frac{\text{-----}}{C} * 10^6$$

Donde:

A = peso del residuo seco + capsula (g)

B = peso de la capsula (g)

C = volumen del filtrado usado (ml)

**d. Análisis de PH<sup>29</sup>**

Se refiere a la determinación del PH (Potencial Hidrógeno) de un suelo.

**Equipos:**

Existen dos tipos de medidores:

Potenciómetro, los cuales tienen indicación nula y tipo amplificador con alta incidencia el cual da el PH directamente.

<sup>29</sup> Manual de Ensayo de Material (EM 2000); MTC-129.

Electrodo de vidrio y colomer, debe usarse un electrodo saturado de Colomer de referencia o equivalente. Unos pocos cristales de KCS, deben estar siempre presentes dentro de la cámara que rodea al Colomer para asegurar que la solución está saturada bajo las condiciones de uso.

También se requiere un electrodo de vidrio de constitución fuerte. La respuesta al PH del electrodo de vidrio debe considerarse satisfactorio cuando se prevee un valor correcto de PH para solución de equilibrio.

#### **d1. Ensayo Colorímetro (Método La Motte Kenny)**

##### **Equipo:**

El aparato consiste en tres ampollas de solución de indicador rojo de metilo (PH de 4-6), azul de bromatimol (PH de 6-7.6) y rojo crezol (PH de 7.2-8.8), cada frasco con una pipeta y tres ampollas para hacer los ensayos.

##### **Procedimiento:**

1. Llénese cada uno de los tubos hasta la marca más baja con el suelo que se va ensayar, luego llénese cada tubo hasta la marca superior con agua destilada, agítense y colóquese en su sitio.
2. En el primer tubo agréguese un indicador de rojo de metilo sosteniendo la pipeta en una posición vertical, al segundo una gota de bromotimol y al tercero el rojo crezol. Agítense cada uno y colóquelo en su lugar agregando suficiente agua para llegar a nivel de marca exacta.
3. Coloque los tubos en su lugar hasta que las porciones claras de los tubos muestren colores definidos.
4. Primero compárese el color del tubo al cual se le agrega rojo de metilo con la tabla de comparación rojo de metilo y se obtiene una igual, léase directamente. La reacción del suelo en la tabla o sea 4-6, 5-6. Si este tubo muestra un color tan amarillo como el normal de metilo el PH es igual 6, comparece el segundo tubo con la tabla de azul bromotimol si se encuentra un color igual al normal se hace una lectura directa. Pero si el tubo muestra un color azul igual al normal de azul bromotimol, el PH es igual a 7.6. comparece éste último tubo al que se le agrega rojo crezol con el normal de rojo crezol y hágase la lectura directamente.

## d.2. Papeles Indicadores

Para la medición rápida de PH, se usa papeles indicadores especiales que abarcan escala entera de los PH de (1-10) valores con el papel indicador ante todas las gamas de 3.5 y 10 valores más precisos y fáciles de operar.

La preparación la muestra mezclada aproximadamente de 5 gr de suelo con suficiente agua para formar una pasta, un poco por encima del límite líquido y cuando esta bien húmeda se opera directamente, se sumerge o se aplica la tira de papel indicador durante unos segundos los líquidos viscosos o coloreados así como las suspensiones se gotea en el papel, luego, se compara el color del papel humedecido con la escala de valores y se lee directamente el PH.

Mide el grado de acidez que posee el agua, se requiere (para el empleo de concreto, mezcla de suelos, etc.) que el agua no sea ácida.

Se ubicaron las siguientes fuentes de agua a lo largo de la vía:

### a. Fuente de Chahuay.

Ubicación	Km. 4+120
Distancia	20 m del eje del trazo
Acceso	Directo
Uso	Concreto y Afirmado

### b. Ricachuelo Chahuay.

Ubicación	Km. 13+720
Distancia	Dentro del tramo.
Acceso	Trocha Carrozable.
Uso	Concreto y Afirmado.

### c. Riachuelo Chaquimayo.

Ubicación	Km. 21+640
Distancia	Dentro del tramo.
Acceso	Trocha Carrozable.
Uso	Concreto y Afirmado.

### d. Río Ñahuinlla.

Ubicación	Km. 34+500
Distancia	Dentro del tramo.
Acceso	Trocha Carrozable.
Uso	Concreto y Afirmado.

**e. Riachuelo Pamputa.**

Ubicación	Km. 38+200
Distancia	Dentro del tramo.
Acceso	Trocha Carrozable.
Uso	Concreto y Afirmado.

**f. Río Huancohuiri.**

Ubicación	Km. 43+040
Distancia	Dentro del tramo.
Acceso	Trocha Carrozable.
Uso	Concreto y Afirmado

<b>RESULTADO DE LOS ENSAYOS ESPECIALES DE LABORATORIO</b>	
<b>Análisis Químico de Sales:</b>	
<b>Pozo</b>	<b>C-1</b>
<b>Prof. (m)</b>	<b>0.00-1.50</b>
Sales Totales (ppm)	348.00
Sulfatos (ppm)	38.50
Cloruros (ppm)	63.40
<b>Gravedad Especifica:</b>	
Grava	2.71
Arena	2.730
<b>Equivalente de Arena:</b>	<b>62.80</b>
<b>Inalterabilidad o Durabilidad:</b>	
Agregados Gruesos	9.90%
Agregados Finos	18%
<b>Desgastes por Abrasión (Máquina de los Ángeles) ASTM C 131</b>	
Gradación	"A"
Revoluciones	500.00
Desgastes	30.90
<b>Partículas Chatas y Alargadas</b>	<b>1.08</b>
<b>Caras Fracturadas</b>	<b>2%</b>
<b>Partículas Friables</b>	<b>0.048</b>

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES

ENSAYO	AFIRMADO	SUB BASE GRANULAR		BASE GRANULAR			
		< 3000 m.s.n.m.	≥ 3000 m.s.n.m.	< 3000 m.s.n.m.		≥ 3000 m.s.n.m.	
				AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Limite Líquido (%) ASTM D-4318	35% máx	25% máx	25% máx				
Índice Plástico (%)	4 a 9	6% máx	4% máx		4% máx		2% máx
Abrasión (%) ASTM C-131	50% máx	50% máx	50% máx	40% máx		40% máx	
Equivalente de arena (%) ASTM D-2419	20% mín	25% máx	35% mín		35% mín		45% mín
CBR AL 100% de la M.D.S. Y 0.1' de penetración ASTM D-1883	40% mín	40% máx	40% mín				
Pérdida con Sulfato de Sodio (%)				—		12% máx	
Pérdida con Sulfato de Magnesio (%)				—		18% máx	
Índice de Durabilidad					35% mín		35% mín
Caras de fractura (%) 1 cara fracturada 2 caras fracturadas				80% mín 40% mín		80% mín 50% mín	
Partículas chatas y alargadas (%) Relación 1/3 (espesor / longitud) ASTM D-4791		20% máx	20% máx	15% máx		15% máx	
Sales Solubles Totales (%)		1% máx	1% máx	0.5% máx	0.5% máx	0.5% máx	0.5% máx
Contenido de impurezas orgánicas (%)							

Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000, Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, Oficina de Control de Calidad.



## 6.8 Diseño de Pavimentos

### 6.8.1 Objetivos

El objetivo es establecer una estructura de Pavimento que sea compatible con las actuales condiciones de plataforma y los materiales de Cantera existentes seleccionados.

Sector 1, Km. 0+000 hasta el Km. 50+560

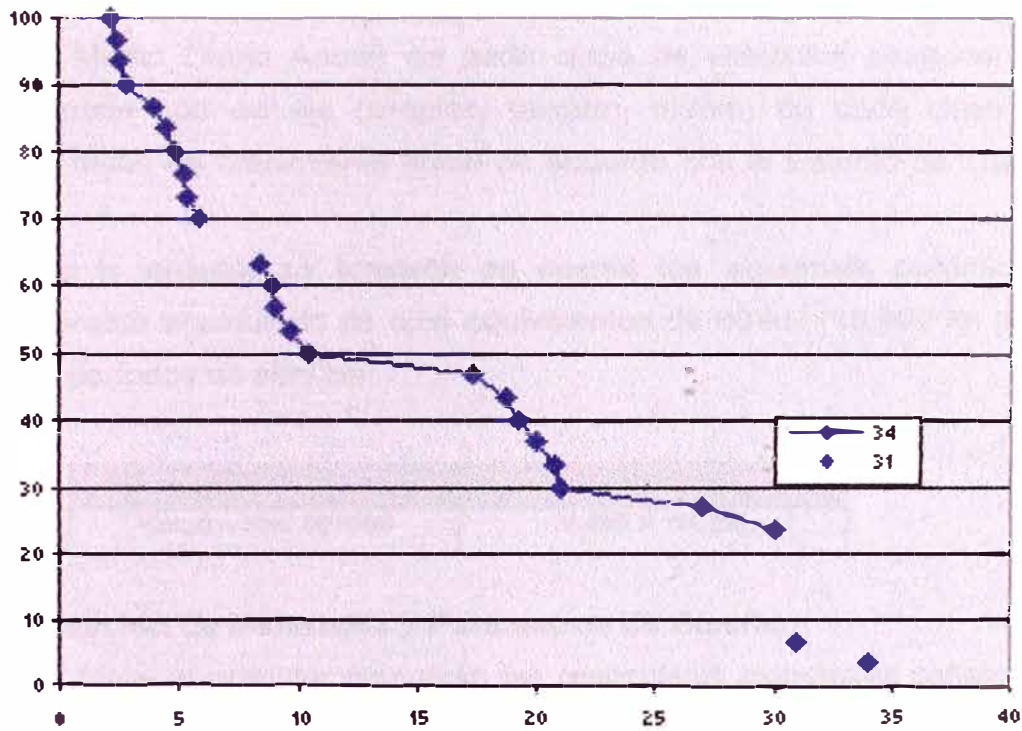
$N= 2.465 \times 10^5$  EE, para un período de 5 años

Estos valores serán conservados para el cálculo de espesores de pavimento.

**Cálculo del Percentil de Diseño para la Determinación del CBR de Diseño:**

CALICATA	PROGRESIVA (km)	MUESTRA	PROFUNDIDAD SUCS		AASHTO	ENSAYO C.B.R.			Reemplazo bofedales
						HINCHAMIENTO (%)	C.B.R. 100% MDS	CBR 95% MDS	
C-1	0+00	M-2	0.30-1.50	ML	A-4-(5)	2.45	11.7	8.4	
C-9	2+00	M-3	0.60-1.20	CL	A-7-6-(17)	4.91	5.2	4.4	
C-15	3+850	M-1	0.00-1.50	CL	A-4-(3)	4.1	8.8	5.2	
C-23	5+600	M-2	0.60-1.50	SP-SC	A-2-6-(0)	0.52	29.3	21	
C-30	7+400	M-1	0.00-1.50	CL	A-6-(7)	3.49	9.2	5.4	
C-37	8+840	M-3	0.60-1350	MH	A-7-5-(11)	5.43	3.3	2.4	
C-44	10+560	M-2	0.10-1.00	CL	A-6-(11)	4.9	8.9	4	
C-52	12+450	M-1	0.00-1.10	ML	A-4-(8)	2.01	15	10.4	
C-54	12+950	M-2	0.50-1.50	MH	A-7-6-(15)	4.3	3.3	2.2	
C-62	14+950	M-1	0.00-1.50	ML	A-4-(5)	1.6	13.5	9.7	
C-70	16+950	M-1	0.00-1.50	ML	A-4-(5)	2.78	7.5	4.9	
C-75	18+650	M-1	0.00-0.80	ML	A-4-(8)	2	12.6	8.9	
C-79	20+250	M-2	0.10-1.50	CL	A-6-(9)	2.02	9.6	5.8	
C-82	21+450	M-2	0.50-1.50	SM	A-2-4-(0)	0.63	38.2	20	
C-87	23+450	M-1	0.00-1.40	ML	A-4-(8)	0.96	12.5	9	
C-92	25+450	M-1	0.00-1.50	SM	A-2-4-(0)	0.21	24.3	17.3	
C-96	27+050	M-1	0.00-1.00	GC-GM	A-1-b-(0)	0.27	37	27	
C-100	28+290	M-1	0.00-1.50	GM	A-2-4-(0)	0.19	48	34	
C-106	29+970	M-1	0.00-1.50	SM	A-4-(2)	0.5	32.7	20.8	
C-111	31+370	M-1	0.20-1.50	CH	A-7-6-(20)	0.62	4.5	2.8	
C-118	33+330	M-1	0.00-1.50	ML	A-7-6-(9)	2.02	9.6	5.8	
C-124	35+010	M-2	0.60-1.50	CL	A-6-(10)	4.91	6.9	5.6	30
C-131	36+970	M-1	0.00-1.50	GM	A-4-(2)	0.37	31.3	22.5	30
C-138	38+930	M-2	0.15-0.80	MH	A-7-6-(18)	5.3	6.4	3.6	30
C-145	40+890	M-2	0.50-1.50	ML	A-7-6-(10)	1.8	13.9	9.6	30
C-152	42+850	M-2	0.15-1.50	CL	A-6-(9)	3.9	7.8	5.3	30
C-159	44+810	M-2	0.20-1.50	CL	A-4-(7)	4.25	4.6	2.6	
C-166	46+770	M-2	0.10-0.35	GM	A-1-b-(0)	N.P.	47	31	
C-173	48+730	M-2	0.10-1.50	SM	A-4-(2)	0.45	26.8	19.2	
C-180	50+560	M-1	0.00-1.50	SM	A-4-(3)	0.4	25.9	18.7	

VALORES C.B.R.
C.B.R. percentil 75.0% = 5.3% (del gráfico)
CBRdis = 5.3%



### 6.8.2 Métodos de Diseño Empleados

Para la obtención de la estructura del Pavimento se emplearan los siguientes métodos

#### a. Método AASHTO<sup>30</sup>

El diseño se realiza para un periodo de servicio de 5 años mediante el Método AASHTO-93.

Para ello se adoptan los siguientes criterios:

- Aplicación para el diseño de las consideraciones de Tráfico determinadas en el Capítulo IV (Tráfico).

<sup>30</sup> Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993.

- Aplicación de módulos elásticos para materiales de Subrasante y Granulares bajo la aplicación de los criterios de mayor aplicación en nuestro medio.

### a.1 Ejes Equivalentes para Diseño

Las proyecciones de las cargas de tráfico a 5 años son las previstas en el Estudio de Factibilidad las cuales han sido calculadas tomando en cuenta el IMDA (Índice Medio Diario Anual) de cada clase de vehículos pesados, las cargas para cada tipo de eje (simples, tandem, tridem) de cada clase de vehículos, las tasas de crecimiento anual de acuerdo con el Estudio de Tráfico realizado.

De acuerdo a lo anterior se tomaron en cuenta los siguientes parámetros respecto al número acumulado de ejes equivalentes de 80 kN (18,000 lb) para los siguientes períodos de servicio:

Sector	Periodo 5 años
Km. 0 – Km. 50+560	2.465 x 10 <sup>5</sup> EE

### a.2 Caracterización de Materiales y Parámetros de Diseño

Las capas de material granular cumplirán las respectivas exigencias señaladas en las Especificaciones Técnicas del Proyecto en cuanto a valores CBR, Consistencia y otras señaladas en el Estudio de Factibilidad.

Para la aplicación del Método de diseño AASHTO para pavimentos se adoptarán los valores de Módulos de Resiliencia anteriormente mencionados (Mr) según como sigue:

#### Base Granular de Rodadura (BGR):

Para la BG de Rodadura, de tamaño máximo 2", con CBR igual o > a 80% y que cumpla con los requerimientos mencionados de granulometría y consistencia de las EG-2000 del MTC el valor de Mr será como sigue:

$$Mr = 22.1 * CBR^{0.55} \text{ (MPa)}$$

$$Mr = 190 \text{ MPa, } 28000 \text{ psi}$$

$$a_2 = \text{coeficiente de aporte estructural} = 0.14$$

$$m_2 = \text{coeficiente de drenaje} = 1.2$$

Estos materiales procederán de las Canteras previstas en el proyecto cuyos resultados de Laboratorio respaldan tal calidad.



**Sub Base Granular (SBG):**

Para la SBG, de tamaño máximo 3", con CBR igual o > a 30% y que cumpla con los requerimientos mencionados de granulometría y consistencia de las EG-2000 del MTC el valor de Mr será como sigue:

$$Mr = 22.1 * CBR^{0.55} \text{ (MPa)}$$

$$Mr = 145 \text{ MPa, } 21000 \text{ psi}$$

$$a_2 = \text{coeficiente de aporte estructural} = 0.12$$

$$m_3 = \text{coeficiente de drenaje} = 1.1$$

Estos materiales procederán de las Canteras previstas en el proyecto cuyos resultados de Laboratorio respaldan tal calidad.

**Subrasante Sector 1:**

Como fuera anteriormente mencionado para el caso de la Subrasante construida con materiales granulares y que cumpla los requerimientos de espesor y compactación de las Especificaciones Técnicas el Valor Mr será como sigue:

$$Mr = 8000 \text{ psi}$$

**a.3 Parámetros utilizados**

Se utiliza los siguientes parámetros:

- Módulo de Resiliencia de la Sub-Rasante
- Módulo de Resiliencia de Base Granular de Rodadura
- Módulo de Resiliencia de Sub Base Granular de Rodadura
- Tráfico Proyectado
- Pérdida de Serviciabilidad

**a.4 Diseño de Pavimento con el Método AASHTO**

Haciendo referencia a los párrafos anteriores y en relación al Sector No 1 se calcularán los espesores de pavimento considerando los parámetros ya mencionados.:

Sector	Tráfico 5 años EE	Mr psi
No 1	2.4650 x 10 <sup>5</sup>	8000

Para tal sector se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_R * S_O + 9.36 * \text{log}_{10}(\text{SN}+1) - 0.20 + \frac{\text{log}_{10} \left[ \frac{\Delta\text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 * \text{log}_{10} M_R - 8.07$$

$$0.40 + \left[ \frac{\quad}{(\text{SN}+1)^{5.19}} \right]$$

Donde:

$W_{18}$  = Número previsto de aplicaciones de carga por eje simple equivalente de 18 kip.

$Z_R$  = Desviación de carga normal.

$S_O$  = Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento de la estructura.

$\Delta\text{PSI}$  = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial de diseño,  $p_o$  y el índice de serviciabilidad Terminal de diseño,  $p_t$ ; y

$M_R$  = Modulo resiliente (psi).

SN es igual al número estructural indicativo del espesor total de pavimento requerido:

$$\text{SN} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

$a_i$  = Coeficiente de capa  $i$

$D_i$  = Espesor de capa  $i$  (pulgadas)

$m_i$  = coeficiente de drenaje de la capa  $i$

La salida electrónica de resultados se adjunta al presente Informe Técnico de la cual la siguiente estructura de pavimento ha sido obtenida:

- Numero Estructural (SNr) = 2.530
- Base Granular de Rodadura = 8" (20.0 cm.)
- Sub Base Granular = 10" (25.0 cm.)



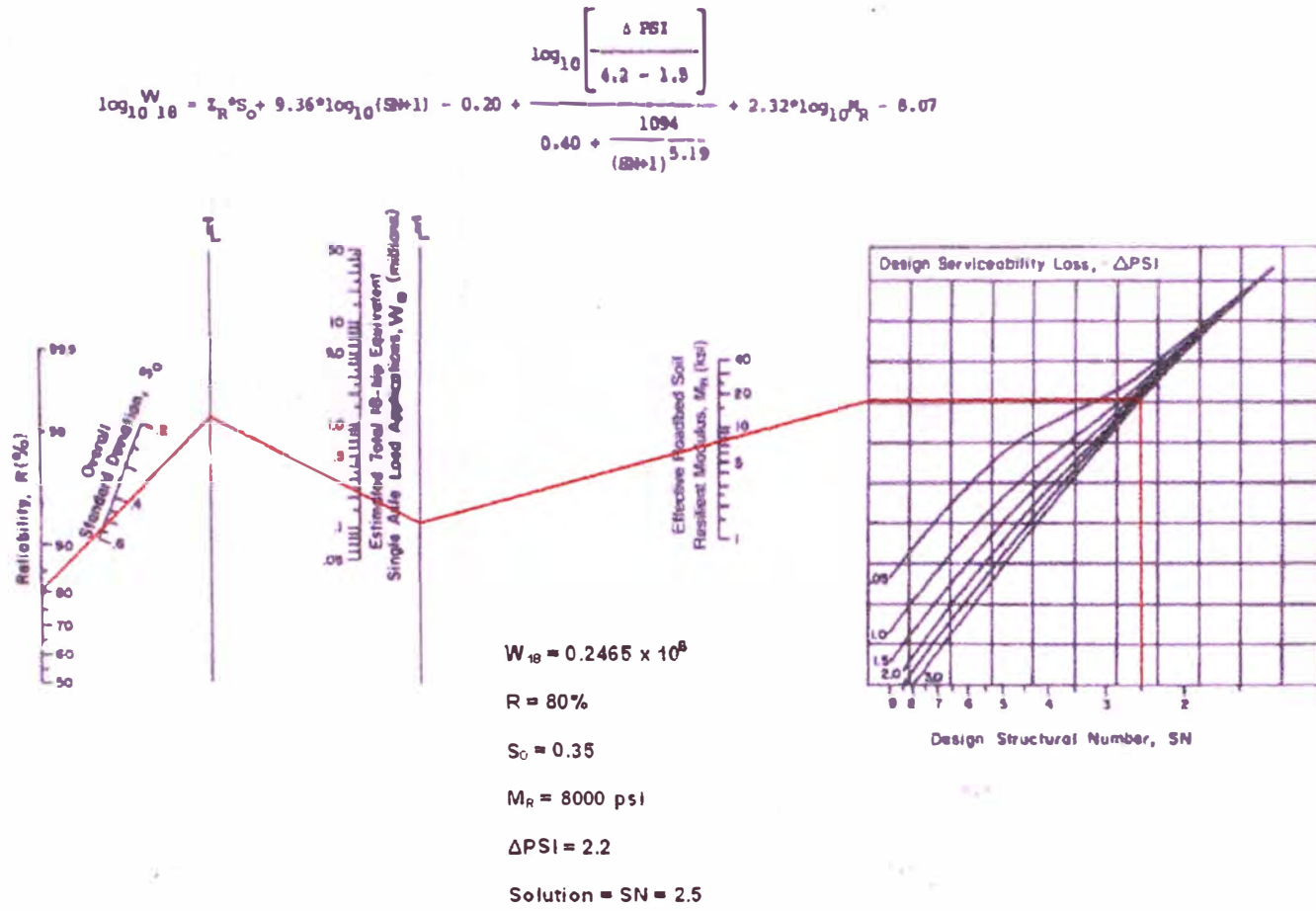
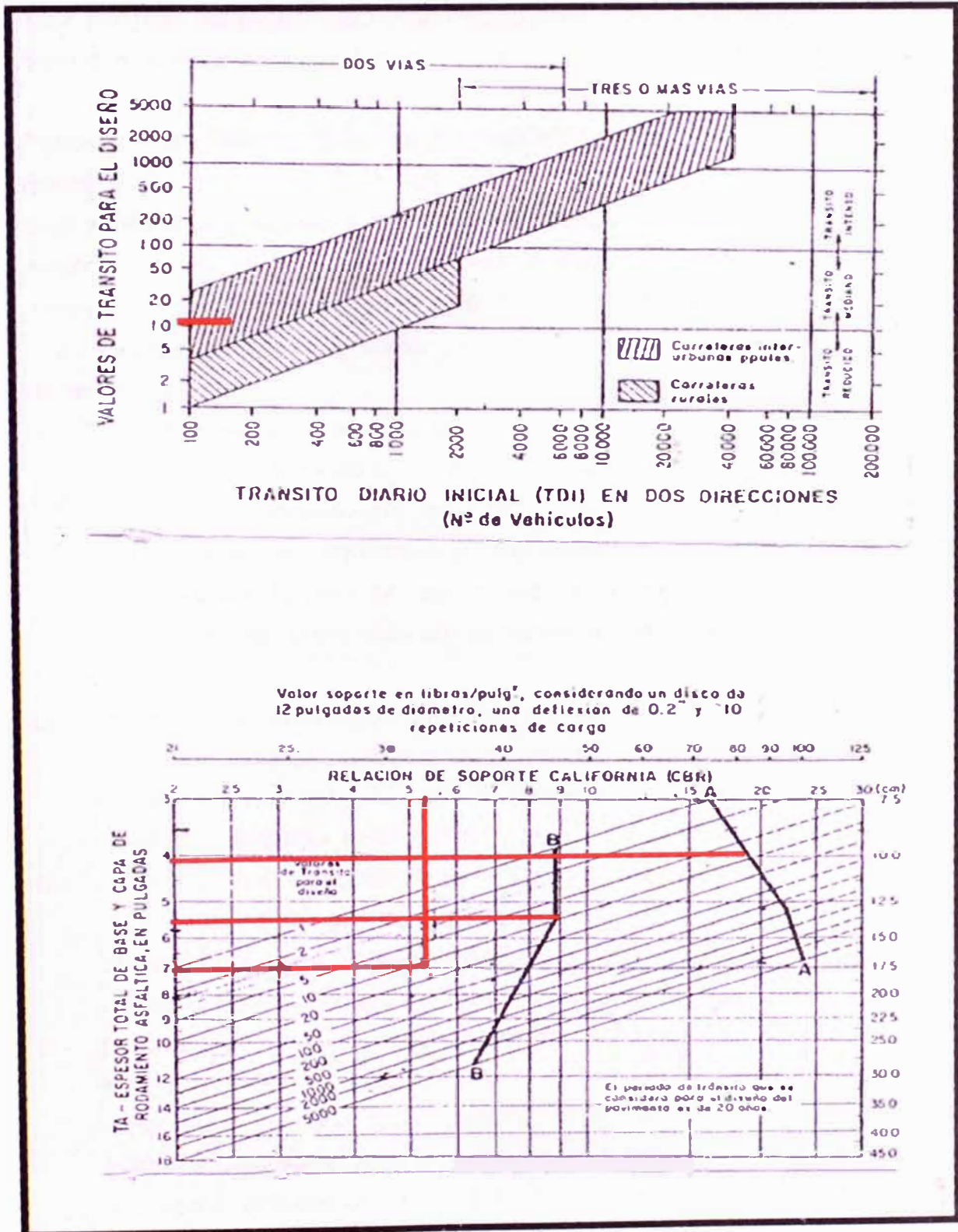


Figura 4.1. GRÁFICA DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

b. Método del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos<sup>31</sup>



<sup>31</sup> Raúl Valle Rodas; Carreteras Viales y Aeropuertos.

El sistema se basa en un tránsito probable durante el periodo de diseño, referido a una carga por eje sencillo de 18000 libras, que es la carga por eje, además el valor portante del terreno de fundación, calidad de los materiales de base, sub-base que se empleen y los procedimientos de construcción a seguirse.

### **Porciones de TA que pueden ser reemplazadas por base y sub base granular**

Si el punto de intersección entre la línea vertical, representada por la capacidad portante de la subrasante (CBR) y la representada por el valor de tránsito para el diseño, cae a la izquierda del eje B-B, El pavimento puede ser construido con una sub-base y una base granular y veamos como se establecen los espesores de las capas:

- A.- Para determinar el espesor total del pavimento de concreto asfáltico por encima de la subrasante, en el gráfico, del punto de intersección entre la línea vertical representada por la capacidad portante de la subrasante y la que señala el valor de tránsito para el diseño, se traza una horizontal al eje de ordenadas. El valor TA, que se lee con aproximación de  $\frac{1}{2}$ ", indicara el valor total del pavimento de concreto asfáltico a colocarse sobre la subrasante.
- B.- Del punto de intersección entre la línea que representa el valor de tránsito para el diseño y la curva A-A se dibuja una horizontal al eje de ordenadas, el valor TA que lea indicara el espesor total del pavimento de concreto asfáltico a aplicarse si se contempla la colocación de una base granular
- C.- Del punto de intersección entre la línea representativa del valor de tránsito para el diseño y la curva B-B se dibuja una horizontal al eje de ordenadas. El valor TA que lea, señala el espesor mínimo de concreto asfáltico que se colocará, si se contempla el empleo de una sub-base granular
- D.- El valor TA obtenido según b, se resta del que se alcanzo en c. La diferencia indica el espesor mínimo de concreto asfáltico que puede ser reemplazado por una base granular, si el espesor mínimo de concreto asfáltico indicado en b es usado como la relación entre la base granular y el concreto asfáltico es de 2:1, este espesor multiplicado por 2, nos dará el espesor total de base granular a colocarse.
- E.- El espesor TA conseguido según c, se resta del conseguido en a, esta diferencia representara el espesor máximo de concreto asfáltico, que

puede ser sustituido por una sub base granular, para determinar el espesor máximo de la sub-base se multiplica por 2.7, la diferencia lograda

F.- De acuerdo a las relaciones determinadas entre concreto asfáltico y la base y sub base respectivamente, el concreto asfáltico superficial, es distribuido en ambas capas, por que ase trata de un pavimento con material de afirmado, a nivel de base.

### Cálculos:

Valor de tránsito para el diseño por tener tráfico pesado grande (60%)	= 10
TA espesor total de base de concreto asfáltico	= 7.0"
Capa de concreto asfáltico (eje A-A en TA)	= 4.0"
Espesor (eje B – B en TA)	= 6.0"
Capa de base ( 6.0"-4.0")* 2	= 4.0"
- Capa de sub base (7"- 6")* 2.7	= 2.7"
Compartiendo la capa de concreto asfáltico en base (2.0") y sub base (2")	
Capa de base total (4.0" + 4.0")	= 8.0"
- Capa de sub base ( 2.7" + 5.4")	= 8.0"

**Programa de Computo:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS  
 ASISTIDO POR COMPUTADORA**

*Este programa esta hecho en base a los programas del libro de Mecanicas de Suelos y Diseño de Pavimentos del Ing. Samuel Mora. –*

clasificación de Suelos	evaluación De canteras	diseño de Mezclas	pavimento Asfáltico	pavimento de Concreto	Fin
			Indice de grupo WYOMING C.B.R. A.A.S.T.H.O. Francés F.A.A. Inst. de Asfalto		

**Método de Instituto de Asfalto**

Clase de vía : i  
 Tránsito l en 2 direcc. : 2  
 Número de vías : 1  
 C:B.R. del t. de Fundación : 5.3

---

Clase de vía :    u = Urbana            i = Interurbana  
                       l = Local                    c = Calle

---

**Medida en pulgadas**

..... 1ª alternativa .....

Superficie de C°Asfáltico = 1.0  
 Firme o Base de C°Asfáltico = 5.5

..... 2ª alternativa .....

Superficie de C°Asfáltico = 1.0  
 Base de C°Asfáltico = 3.0  
 Firme o Base granular = 5.1

..... 3ª alternativa .....

Superficie de C°Asfáltico = 1.0  
 Base de C°Asfáltico = 3.0  
 Firme o Base granular = 3.1  
 SubBase o cimiento = 3.0



Optando por la tercera alternativa y reemplazando la carpeta asfáltica en base y subbase con sus respectivos equivalentes, obtenemos:

Base	=	8"
SubBase	=	8"

**c. Método USACE<sup>32</sup>**

En función de las características evaluadas del soporte de la subrasante y los volúmenes de tráfico previstos, se determina el espesor de la capa de afirmado del pavimento.

El método de diseño establece la verificación de la calidad que deberá tener el material ha utilizarse en la construcción ya que de esto dependerá el comportamiento, respecto a las deformaciones durante el periodo de diseño considerado.

En el gráfico se presenta los valores de CBR requeridos, en función del tránsito, del CBR de la subrasante y del espesor del pavimento.

Con los valores establecidos para el tráfico (N18) y la capacidad de soporte de la subrasante (CBR) se determina el espesor de la capa de pavimento a nivel de afirmado, empleando la curva respectiva de diseño se obtiene lo siguiente:

Datos:

$$\text{CBR} = 5.3\% \text{ (al 95\% de la M.D.S. del P.M)}$$

$$N\ 18 = 2.465E+05$$

**Resultado:**

El espesor de la capa de afirmado = 14 pulgadas.

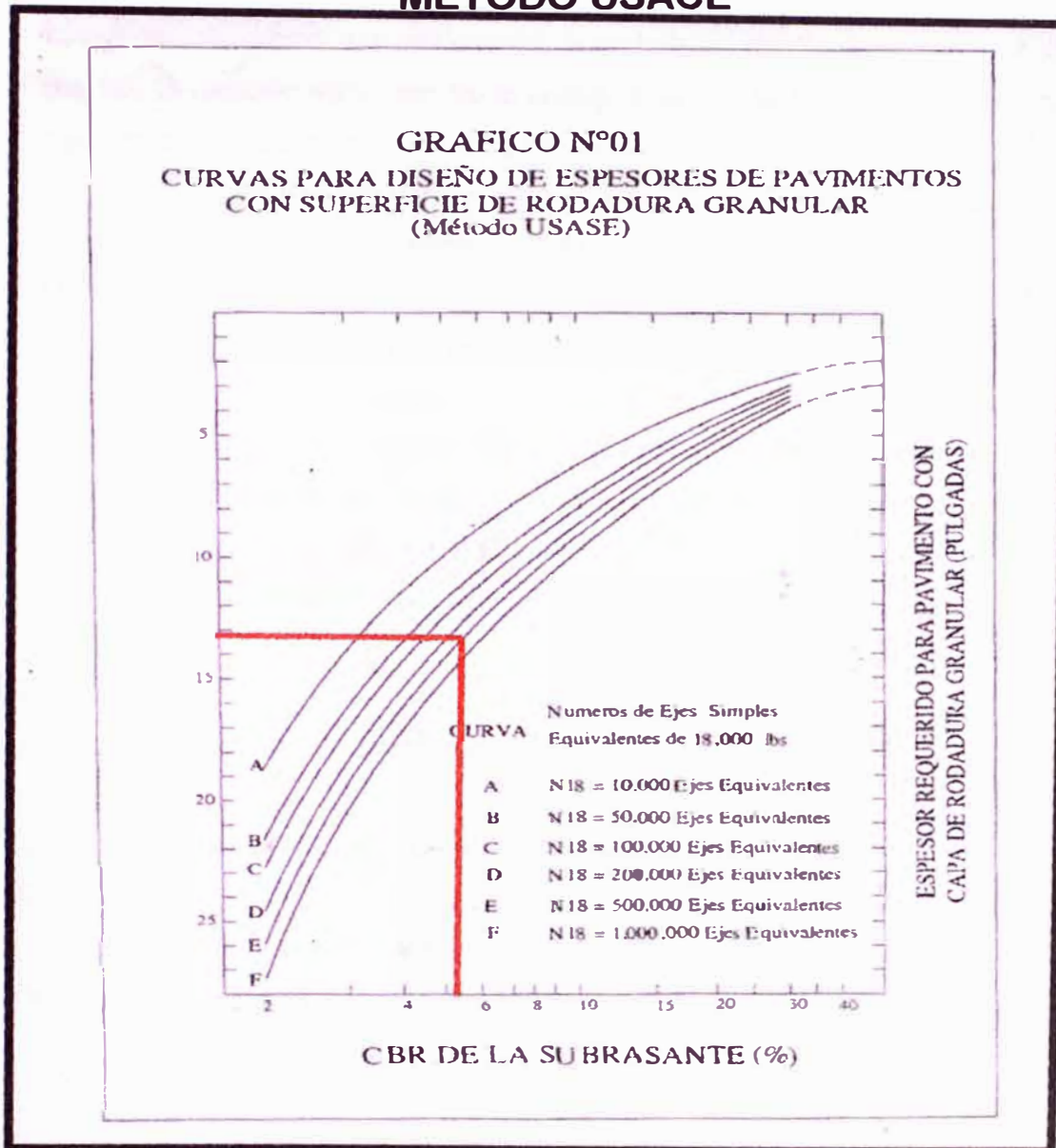
Por tanto:

Base	=	14"
Sub-Base "	=	—

<sup>32</sup> U.S.A Army Corps of Engineers



## METODO USACE



Datos:

CBR = 5.3% (al 95% de la M.D.S. del P.M)  
 N 18 = 2.465E+05

Resultado:

El espesor de la capa de afirmado = 14 pulgadas.  
 Por tanto:

**Base = 14"**  
**SubBase = ----**

#### **d. Metodología Racional<sup>33</sup>**

La metodología Racional basada en cálculo de esfuerzos y deformaciones de las interfases de las capas del pavimento, permiten el diseño óptimo y durable del pavimento. El método hace uso de la teoría de la elasticidad y aplica las leyes de la fatiga en las capas, integra modelos matemáticos.

En cuanto al tráfico sea considerado para estructura de bajo tráfico, de acuerdo a los datos del índice medio diario de vehículos pesados, igual que el empleado para los otros métodos, (54 vehículos pesados)

El suelo soporte generalmente asimilado por un medio elástico, definido por el modulo de young y el coeficiente de poison. Estos parámetros mecanísticos definen el comportamiento a largo tiempo, en nuestro caso para la parte superior de la subrasante, se adopta los siguientes valores

Modulo de Poison = 0.35

Modulo de Young = 5 CBR=26.5%

#### **Requisitos:**

Suficiente espesor para que la intensidad de las cargas y presiones sea tolerable por la subrasante.

Resistencia suficiente para asumir lo esfuerzos impuestos por las cargas del trafico

El material del pavimento debe ser impermeable a la penetración de agua superficial, que debiera debilitar la subrasante.

<sup>33</sup> MSc. Rafael Menéndez; KENPAV – Esfuerzos y Deformaciones.



Programa de Cómputo

The screenshot displays the 'KENPAV - DISEÑO RACIONAL DE PAVIMENTOS - Versión DEMO 1.0d' application window. The main interface includes a menu bar (Archivo, Editar, Diseño, Ayuda) and a toolbar. A 'Versión Demo' watermark is visible in the top left. A central dialog box titled 'CALCULO DEL TRAFICO' contains the following elements:

- Opciones:** Radio buttons for 'Calcular Tráfico' (selected) and 'CAM y N'.
- Equation:** 
$$N = 365 * MJA * \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right)$$
- Variables:**
  - MJA: 54 (Número de vehículos pesados)
  - n: 5 (años) (Periodo de diseño)
  - i: 5 (%) (Tasa de Crecimiento Anual)
  - CAM: 0.5 (Coeficiente de Agresividad Medía)
  - N: 0.109E6 (13 Ton) (Tráfico Acumulado)
- Buttons:** 'Borrar Datos' and 'Continuar....'.

Two photographs of road construction machinery are shown on the right side of the interface. The bottom of the screen shows the Windows taskbar with the following details:

- Taskbar: KENPAV - Esfuerzos y Deformaciones - v1.0d
- System Tray: CARACTERISTICAS DEL DISEÑO, MAYÚS, NÚM, 12:51 p.m., Viernes
- Taskbar Icons: Inicio, various application icons, and open windows for 'augusto\_marquez\_\_TE...', 'KENPAV\_DEMO - Microso...', and 'KENPAV - DISEÑO RAC...'.



KENPAV - DISEÑO RACIONAL DE PAVIMENTOS - Versión DEMO 1.0d

Archivo Editar Diseño Ayuda

**Versión Demo**

**CALCULO DEL TRAFICO**

Opciones

Calcular Tráfico

CAM y N

$$N = 365 * MJA * \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right)$$

Variables

MJA:  Número de vehículos pesados

n:  ( años ) Período de diseño

i:  (%) Tasa de Crecimiento Anual

CAM:  Coeficiente de Agresividad Media

N:  ( 13 Ton ) Tráfico Acumulado

**CARACTERISTICAS DEL DISEÑO**

Tipo de Estructura

- 1- ESTRUCTURA CON TRAFICO BAJO (TSD)
- 2- ESTRUCTURA CON TRAFICO BAJO (C.Asfáltica)
- 3- ESTRUCTURA CON CAPAS BITUMINOSAS GRUESAS
- 4- ESTRUCTURA CON CAPAS GRAVA CEMENTO
- 5- ESTRUCTURA TRATADA CON LIGANTES HIDRAULICOS
- 6- ESTRUCTURA MIXTA
- 7- ESTRUCTURA INVERSA
- 8- ESTRUCTURA CALZADA EN CONCRETO
- 9- ESTRUCTURA CON EXISTENCIA DE AFIRMADO

KENPAV - Esfuerzos y Deformaciones - v1.0d

Inicio agosto\_marquez\_\_TE... KENPAV - DISEÑO RAC...

ESPAÑOL (Perú) MAYÚS NÚM 12:53 p.m. Viernes







KENPAV - DISEÑO RACIONAL DE PAVIMENTOS - Versión DEMO 1.0d

Archivo Editar Diseño Ayuda

ESTRUCTURA DE TRAFICO BAJO (T.S.D) - Iteración B.G

**Datos de Entrada** | Resultados y Gráfica

**Información Conocida**

CAPAS: 4  
CAM: 0.5, 0.109E6

**Parámetros de Diseño Utilizados**

Radio de Contacto: 0.662  
Presión de Contacto: 0.125  
Distancia entre Ejes: 0.375  
# Posiciones Eje: 3

**Información de la Estructura**

N°	Tipo	E (MPa)	v	H (m)
---	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	No estruct.	---	---
1	BASE GRANULAR	600	0.35	0
2	GRAVA NO TRATADA	165.625	0.35	0.25
3	GRAVA NO TRATADA	66.25	0.35	0.25
4	SUB-RASANTE	26.5	0.35	

Diagrama de capas: TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE, BASE GRANULAR, GRAVAS NO TRATADAS, SUB-RASANTE

$$\epsilon_{z,adm} = 0.016 (NE)^{-0.222}$$

\* Todas las capas presentan ligamiento

Botones: CALCULAR, ?

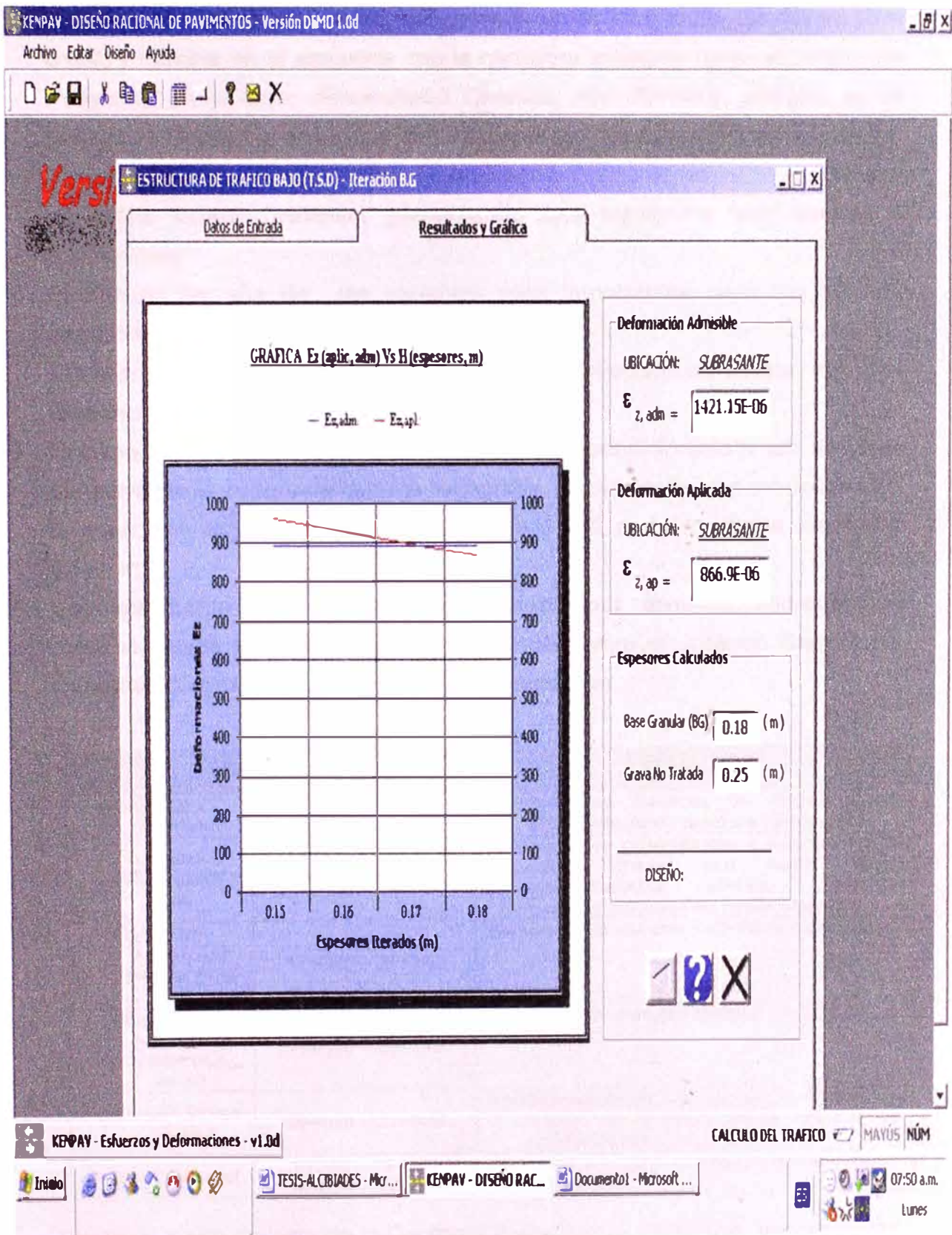
KENPAV - Esfuerzos y Deformaciones - v1.0d

CALCULO DEL TRAFICO MAYÚS NÚM

Inicio | TESTIS-ALCIBIADES - Micr... | KENPAV - DISEÑO RAC... | Documento1 - Microsoft ...

07:50 a.m.  
Lunes





## CONCLUSIONES

- El tramo en estudio se encuentra ubicado en el Distrito de Coyllurqui (Km 0+00) y termina en el empalme con la carretera existente hacia el Distrito de Progreso, en el lugar denominado Charcas (Km 50+560), ubicado en el Distrito de Coyllurqui, Provincia de Cotabambas, Departamento de Apurímac.
- Actualmente el tramo en estudio se encuentra a nivel de proyecto, por lo que no existe acceso vehicular presentando una topografía muy variada y accidentada.
- El tránsito es una de las variables más importantes para calcular los espesores de los pavimentos.

El tráfico calculado como tráfico inducido con proyección de 5 años con una tasa de crecimiento de 5% es de 2.465 E+05

- El clima imperante en la zona en estudio está acondicionado a sus altitudes así como en la congruencia de la topografía accidentada que predomina en la zona con altitudes que van desde los 3,000 m.s.n.m. hasta los 4,400 m.s.n.m.
- Geológicamente la zona esta conformada por diversos afloramientos rocosos, cuyos sistemas cronológicos gradan entre el Jurásico Superior al Cuaternario constituido por las siguientes unidades.

FORMACIONES GEOLÓGICAS	TRAMO (Km.)	DESCRIPCION
Depósitos Aluviales	0+000 – 6+340 32+400 – 49+960	Componentes clásticos de origen aluvial aflora relleno cuencas hidrográficas
Depósitos Fluvioglaciares	49+600 – 50+560	Componentes centimétricos a milimétricos de origen glacial con matriz areno conglomeradita afloran relleno cuencas glaciares en zonas altas
Formación Arcurquina Inferior (Kisar-i)	17+800 – 25+240	Secuencia de estratos submétricos de calizas
Formación Arcurquina Medio (Kisar-m)	21+000 – 25+240	Secuencia de estratos métricos de calizas
Formación Murco (Ki-mu)	26+640 – 27+800	Intercalaciones de arenas pardo rojizas con lutitas, en la parte media estratos de areniscas cuarzosas
Plutón Coyllurqui	6+340 – 13+440 16+080 – 17+800	Rocas del tipo granodioritas de tamaño medio a grueso

- Desde el punto de vista de la Geología Estructural y Tectónica, las diferentes formaciones rocosas del tramo han sido afectadas por el gran movimientos orogénico de los Andes, en la cual se aprecian anticlinales y sinclinales

propios de éste movimiento, las cuales tienen direcciones de ejes del promedio de N310° estos en la Formación Arcurquina, que se encuentra diaclasada y fracturada.

- De acuerdo a los perfiles estratigráficos inferidos la zona en estudio presenta los siguientes tipos de material:

Limos Arenosos, con gravas, cantos y boleos por sectores, color beige, blanquecino, beige oscuro, poco húmedo y húmedo no plástico y poco plástico en estado semisuelto y semicompacto, con CBR que varían entre 2.4% – 10.4% al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.

Arcillas arenosas, con gravas, con cantos y boleos por sectores, color beige, rojizo, marrón de poca y mediana plasticidad, poco húmeda y húmeda, de consistencia semiblanda, semidura y dura con 23.12% – 52.38% de Límite Líquido y 8.70% – 39.13% de Límite Plástico con CBRs que varían entre 2.6% - 5.8% al 95% de Máxima Densidad Seca de Proctor Modificado.

Arenas de grano medio a grueso, color beige, húmeda no plástica, en estado semicompacto.

Arenas Limosas, con gravas, cantos y boleos por sectores, color beige, blanquecino, poco húmeda y húmeda, no plástica, en estado suelto, semisuelto y semicompacto, con CBRs que varían de 18.7% – 20.8% al 95% de Máxima Densidad Seca de Proctor Modificado.

Arenas Arcillosas, con gravas, con cantos y boleos por sectores, color beige, beige amarillento, plumizo con betas amarillentas, poco húmeda y húmeda de poca y mediana plasticidad, con 21% de CBR al 95% de Máxima Densidad Seca de Proctor Modificado.

Gravas con matriz de arena limosa, con cantos y boleos por sectores, color beige, beige ligeramente amarillenta, plumiza, poco húmeda y húmeda, no plástica, en estado semicompacto con CBRs que varían entre 22.5% - 31% al 95% de Máxima Densidad Seca de Proctor Modificado.

Gravas con matriz de arena arcillosa, con cantos y boleos por sectores, color beige, beige amarillento, poco húmeda y húmeda, de poca y mediana plasticidad, con 27.96% – 41.62% de Límite Líquido y 1.75% – 21.11% de Límite Plástico con CBRs de 27% al 95% de Máxima Densidad Seca de Proctor Modificado.

Concentración de cantos y boleos con matriz limo arenoso, arena limosa y arcilla limosa con presencia de gravas, color beige, rojizo, poco húmedo y



húmedo, no plástica y de mediana plasticidad, en estado semicompacto. cantos y boleos de tamaño predominante de 10" – 20".

Roca Suelta, conformado por rocas tipo granodiorita sub angulosas a angulosas color blanquecina, calizas sub angulosas a sub redondeadas color gris plomizo, y areniscas angulosas color pardo rojizo, con matriz de arenas limosas, limos arenosos, arcillas, gravas con arcillas, gravas con arenas limosas, poco húmeda, no plástica en estado semicompacto a compacto, con tamaños predominantes 20" – 30".

Roca Fija, conformada por rocas macizas tipo granodiorita color blanquecina, calizas color gris plomizas y areniscas color pardo rojizas con rumbo Norte 310° y Bz 20-10ª SE referido a las rocas areniscas.

- De acuerdo a la inspección realizada en campo y en coordinación con el equipo de topografía, se concluye que el tramo presenta:

Roca maciza:	5.0%
Suelo semi rocoso	5.0%
Suelo natural:	90.0%

Considerando cierto margen de seguridad en los dos primeros.

- Puntos críticos (Zona de bofedales), superficialmente y en un espesor variable de 0.10 m a 1.00 m, el subsuelo está conformado por limos y arcillas de alta plasticidad, con buen porcentaje de raíces delgadas color negruzco, muy húmeda y saturada en épocas de lluvia, en estado muy suelto.

Se presentan entre las siguientes progresivas:

Km. 34+480 – Km. 34+680
Km. 38+680 – Km. 39+080
Km. 40+620 – Km. 40+720
Km. 41+840 – Km. 41+940
Km. 46+880 – Km. 47+040

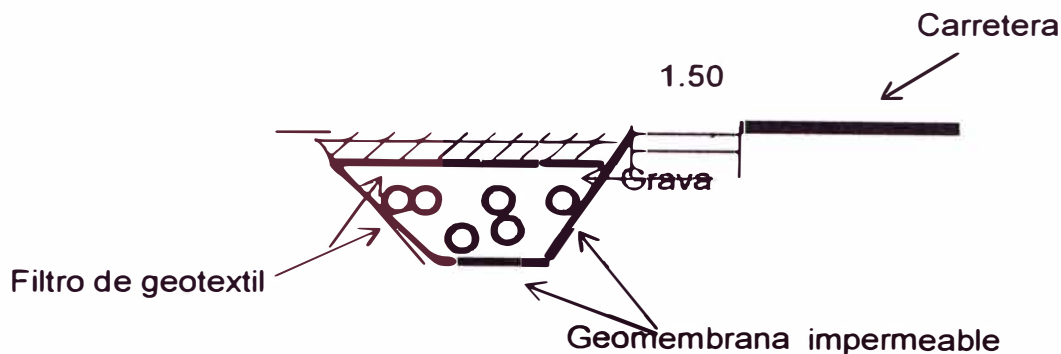
Soluciones planteadas:

**a. Reemplazo con cantos y boleos.**

Reemplazar el material de limos y arcillas con buen porcentaje de raíces hasta la profundidad de 1.00 m, por tener I.P > 40 Y LL > 70, con cantos y boleos sub redondeados de la cantera del río Ñahuinlla, en cuyo material pueda drenar el agua y sobre el cual será colocado la sub base y base.

**b. Dren Francés**

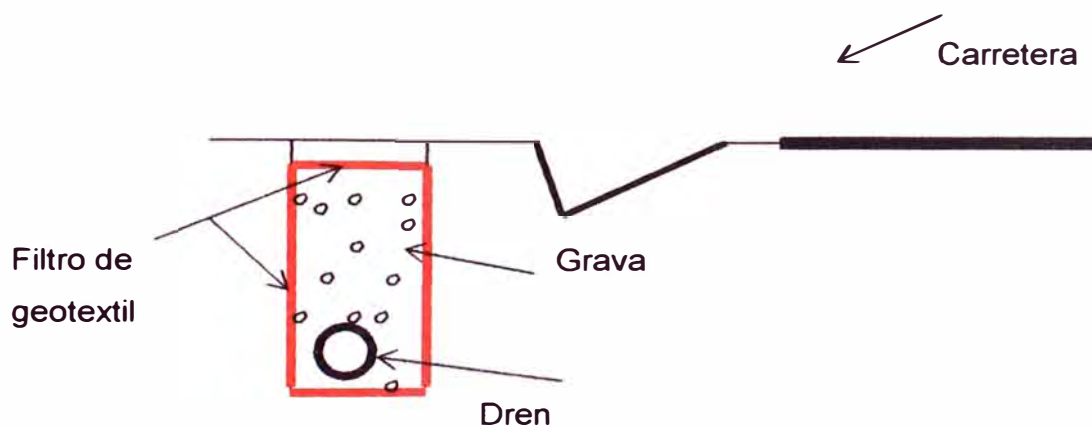
Colocar un dren francés que capte el agua subterránea, impidiendo que dañe la sub base y base, se coloca paralelo a la vía, a una distancia mínima de 1.50 m, como se indica a continuación:



**Esquema del Dren Francés**

### c. Sistema de Subdrenaje

Un sistema de subdrenaje consistente en una tubería perforada de 8", rodeada de grava y de un filtro de geotextil. Este dren se colocará paralelo a la cuneta, se muestra las características de este dren. La siguiente figura es un esquema del dren.



### d. Uso de geomallas biaxiales

Subir la subrasante 30 cm en promedio y colocar geomallas por debajo de la sub-base, que es un producto geosintético constituido por un conjunto de costillas paralelas y conectadas y abiertas para permitir la trabazón del suelo o piedra, cuya función principal es la de refuerzo, que reduce la presión



vertical sobre la superficie, distribuyendo la carga en mayor área, con un factor de mejoramiento de tráfico equivalente a 3, por tanto ampliando la vida útil del pavimento en 3 veces más aproximadamente.

- Los ensayos de laboratorio, permiten medir, evaluar y entender el comportamiento de los materiales, son resultados experimentales, los que van a permitir desarrollar, perfeccionar, verificar, validar y señalar limitaciones de las teorías y modelos físicos-matemáticos de acuerdo al manual de diseño.
- Se han confirmado que las características de los materiales de las Canteras establecidas satisfacen los requerimientos para conformar una Base Granular de Rodadura de alta calidad (CBR>80%) y una Sub Base Granular de transición (CBR>40%) sobre una Subrasante de pobre comportamiento. Ambas capas satisfacen las exigencias establecidas en las Especificaciones Técnicas EG-2000 MTC., las que son corroboradas con los ensayos de laboratorios.
- Que la Subrasante detectada está constituida por suelos finos de pobre comportamiento y en tramos definidos constituida por suelos inadecuados conformados por bofedales u orgánicos que requerirán de ser remocionados y reemplazados por suelos de mejor calidad. En consecuencia la cota de Subrasante deberá estar en por lo menos 0.50 m. sobre el nivel freático esperado más elevado; asimismo, se puede realizar un tratamiento.
- Los CBRs de la sub rasante varían de 2.2 % a 31.00% y adoptando un percentil del 75%, el valor del CBR adoptado es 5.3%
- Que existiendo materiales granulares de calidad en canteras con volúmenes que cubren la demanda de obra y por tratarse de una nueva plataforma sobre suelos de pobre comportamiento, considerar en estas etapas solo materiales de clase granular para conformar el nuevo pavimento.
- De acuerdo a los métodos utilizados para el diseño se realiza un cuadro comparativo de resultados de diseño, siendo el siguiente:

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO			
	ASSHTO	INSTITUTO DEL ASFALTO	USACE	RACIONAL
EAL	2.465E+05	2.465E+05	2.465E+05	2.465+05 (0.109E6)
CBR	5.3%	5.3%	5.3%	5.3%
Periodo	5	5	5	5
Tasa de crecimiento	5	5	5	5
DISEÑO				
Base	8"	8"	14"	7.2"
GNT (grava no tratada)	--	--	--	dos capas (10")
Sub base	10"	8"	--	--
Sub rasante	12"	12"	12"	12"
Por usar las mismas canteras con un solo tipo de material	17"	14"	14"	--

### Comparación de Métodos

- El período de diseño seleccionado para la vida útil fue de 5 años.
- La tasa de crecimiento anual, para el tránsito inicial aforado es de 5% constante a lo largo de los 5 años.
- El C.B.R. de la subrasante adoptada, es de 5.3%.
- El índice medio diario es el siguiente:

Tipo de vehiculo	IMD Composición
IMD V1	35
IMD O	4
IMD C2e	20
IMD C3e	30
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>

- Para estandarizar el efecto de tránsito, se utilizó el concepto de (eje equivalente estándar) de 18,000 lb.
- Los coeficientes estructurales de las capas utilizadas de base y sub-base fueron de 0.14 y 0.12 respectivamente recomendados para materiales granulares sin tratamiento.

Con el objeto de realizar una comparación cuantitativa se utilizó el número estructural SN, para que en función de los espesores finales obtenidos, junto con los coeficientes de capas estructurales, se obtuvieran valores equivalentes de cada sección final convertidos a SN.

La relación entre el concreto asfáltico y la base es de 1:2 y entre el concreto asfáltico y la sub base es 1:2.7

En el Método USACE, la capa base podría descomponerse en dos capas de base de 7" cada una o una capa de base de 8" y una capa de subbase de 8".

En el Método Racional para el diseño se opta los siguientes parámetros:

Radio de contacto	=	0.662
Presión de contacto	=	0.125
Distancia entre ejes	=	0.375
Número Posiciones Eje	=	3

En el Método Racional, la capa subbase es reemplazada por dos capas de material de grava no tratada de 25 cm de espesor.

- De acuerdo a los diferentes métodos utilizados para el cálculo del espesor del pavimento se concluye que todos estos métodos nos conducen a resultados similares.
- Que tratándose de un pavimento para servicio especialmente minero con un período de servicio inicial de 5 años se recomienda conservadoramente optar por la aplicación del Método AASHTO-93 ha determinado el Número Estructural requerido (SNr) el cual ha sido satisfecho con suficientes espesores de material de Base Granular de Rodadura y Sub Base Granular
- Que el espesor con materiales granulares necesarios para satisfacer el Número Estructural requerido (SNr) resultó como sigue:

Espesor de Base Granular de Rodadura	=	8"
Espesor de Sub base Granular	=	10"

- Por utilizar los materiales de la misma cantera de buena calidad, se concluye que el espesor estará conformado por dos capas de base de 8" y 9" respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda eliminar los suelos que tengan:  
Índice Plástico (I.P) > 40  
Límite Líquido (L.L) > 70  
Con contenido de materia orgánica > 3%
- Cuando el C.B.R. es de 2%-5%, es recomendable sustituir por otro material superior o prestar atención al sistema de drenaje y cuando el C.B.R. es inferior al 2%, presentar otras alternativas de trazo.
- Se recomienda un control de pesaje a fin de obtener factores de carga reales que actúan sobre el pavimento para cada tipo de vehículo y tasa de crecimiento.
- SE recomienda colocar una capa de protección que puede ser una capa bicapa o estabilizaciones químicas y/o cal, cemento, aditivos, cloruros, etc.
- Para la sub-base y base se recomienda utilizar el material proveniente de las canteras por tener buena calidad y cumplen con las especificaciones técnicas.

UBICACIÓN	PROGRESIVA (Km)
CHAQUIMAYO	21+120 - 21+840
ABRA DE CHAHUAY	18+240 - 18+640

- Se recomienda la utilización de la cantera Río Ñahuinlla para la mezcla de concreto, en las obras de arte, ubicada entre el Km 20+00 al Km 50+560 y de la Cantera Río Matalla para obra de arte ubicada entre el Km 00 al Km 20+00.

UBICACIÓN	PROGRESIVA (Km)
RIO ÑAHUINLLA	34+500
RIO MATAALLA	14 Km fuera del proyecto

- Se recomienda la utilización de las fuentes de agua siguientes por encontrarse aptas para el uso.

UBICACIÓN	PROGRESIVA (Km)
CHAHUAY	4+120
RIACHUELO CHAHUAY	13+720
RIACHUELO CHAQUIMAYO	21+640
RIO NAHUINLLA	34+500
RIACHUELO PAMPUTA	38+200
RIACHUELO HUANCOHUIRI	43+040



## **BIBLIOGRAFÍA**

- ASPHALT INSTITUTE  
Diseño de espesores para calles y carreteras  
Manual seria 1 (MS – 1) versión de febrero de 1991  
Traducción libre IDPP (Instituto para el Desarrollo de los Pavimentos en el Perú)
- FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE  
Estructura de Vías Terrestres
- CARLOS CRESPO VILLALAZ  
Vías de Comunicación  
Editorial Limusa - México 1979
- ING. NESTOR W. HUAMAN GUERRERO  
Pavimentos Flexibles  
Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil  
Departamento de Topografía y Vías de Transporte
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO  
Reglamento Nacional de Edificaciones – Edición Junio del 2006 – corregida y aumentada y aprobada por el Congreso
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS (ESPECIFICACIONES GENERALES 2000)
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN MANUAL DE DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO.
- ROBERT G. HENNES Y MARTIN I. EKSE  
Fundamento de Ingeniería y Transporte  
Editorial Reverté S.A. 1963  
Barcelona – Buenos Aires – México
- ALFONSO MONTEJO FONSECA  
Ingeniería de Pavimentos para Carreteras  
Segunda Edición 2002 Bogota  
Universidad Católica de Colombia

- ALFONSO RICO Y HERMILO DEL CASTILLO- VOLUMEN I Y II  
La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Carreteras, Ferrocarril y Aeropistas.  
Editorial Limusa – México 1978
- RAÚL VALLE RODAS  
Carreteras Viales y Aeropuertos  
Editorial El Ateneo – Sexta Edición 1976
- INSTITUTO MINERO METALÚRGICO- CUADRÁNGULO DE ANDAHUAY-  
LAS, ABANCAY Y COTABAMBAS
- METODO USACE (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS)
- MSc Rafael Menéndez  
Método Racional - KENPAV
- Manuel Correa Morocho  
Programa Avanzado de Estudios en Ingeniería Civil – TRANSPORTES  
CENTROS DE INFORMACIÓN  
Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil.  
Laboratorio de Mecánica de Suelos UNI.  
Laboratorio de Mecánica de Suelos J.J. TELLO INGENIEROS.  
Laboratorio de Mecánica de Suelos UNA.
- EXPOSICIONES  
I Ciclo de Conferencias y Exposiciones de Proyectos de Investigación.  
III Seminario Nacional de Tecnologías Aplicadas para Obras Viales.

**ANEXO I**

**MATERIAL FOTOGRAFICO**



**FOTO N° 1:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-1.



**FOTO N° 2:** Pozo C-2.- Se observa superficialmente y hasta 0.10m arcilla lastrada, luego grava arcillosa-limosa hasta 0.20m, continuando con arcilla con grava, color blanquecina hasta 0.50m por debajo y hasta la profundidad explorada de 1.50m limo poco arenoso, color blanquecino.





**FOTO N° 3:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-16.



**FOTO N° 4:** Pozo C-17.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad de 0.40m arcilla arenosa con gravas y raíces delgadas, color beige, continuando y hasta la profundidad explorada de 1.50m con grava arenosa, arcillosa, color beige.



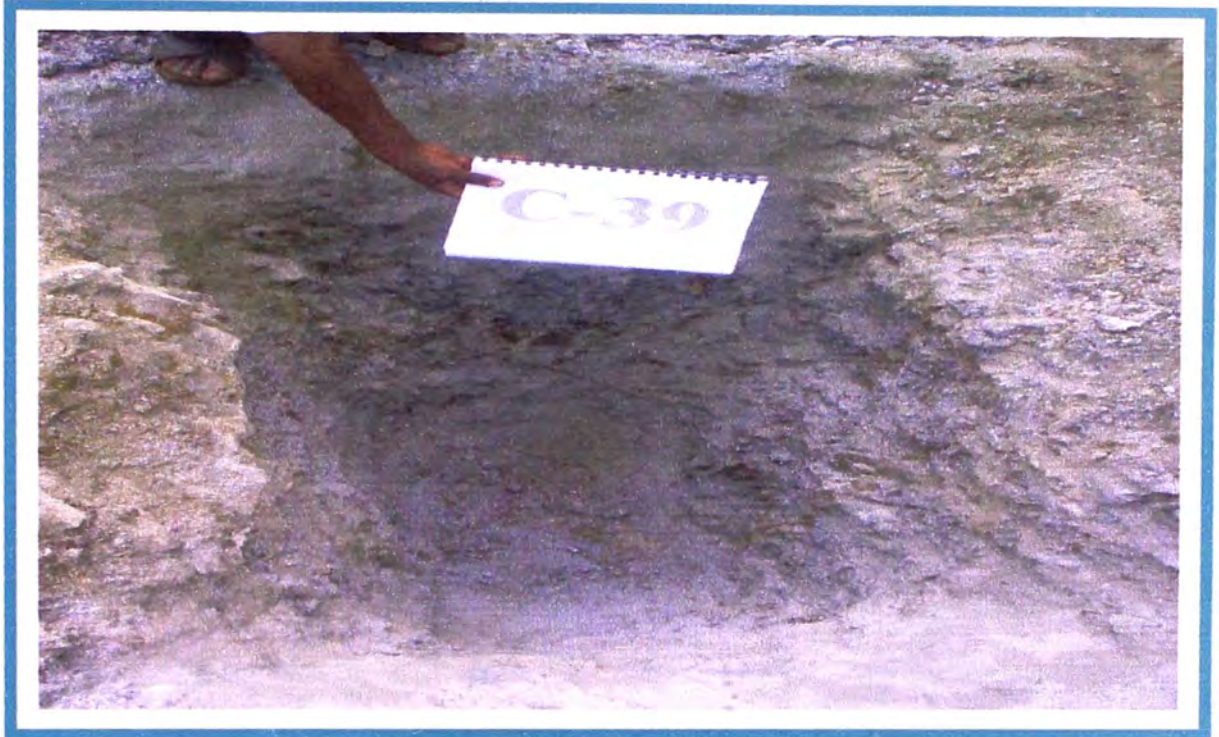


**FOTO N° 5:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-20.



**FOTO N° 6:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-22.





**FOTO N° 7:** Pozo C-39.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.30m, la roca alterada y fracturada, en forma de grava angulosa, con matriz d arena limosa, color blanquecino, continuando y hasta la profundidad explorada de 1.50m con roca maciza, tipo granodiorita.



**FOTO N° 8:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-52





**FOTO N° 9:** Pozo C-55.: Se observa superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50m arena, limosa, color beige amarillento



**FOTO N° 10:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-56





**FOTO N° 11:** Pozo C-59.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50m, grava con matriz de arena arcillosa, color beige.



**FOTO N° 12:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-60





**FOTO N° 13:** Pozo C-61.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad de 0.40m limo arenoso, con presencia de raíces delgadas, color beige, continuando y hasta la profundidad explorada de 1.50m, con limo arenoso, con gravas, color beige.



**FOTO N° 14:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-72.





**FOTO N° 15** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-76.



**FOTO N° 16:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-80.





**FOTO N° 17:** Pozo C-81.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad de 0.60m limo arenoso, con presencia de raíces delgadas, color beige oscuro, continuando y hasta la profundidad explorada de 1.50m con gravas con matriz de arena limosa, con presencia de cantos aislados, color blanquecino.



**FOTO N° 18:** Pozo C-92.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50m, arena limosa, con gravas y cantos aislados, color beige.





**FOTO N° 19:** Pozo C-96.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.00m grava con matriz de arena arcillosa, color beige amarillento, continuando y hasta la profundidad explorada de 1.20m con roca maciza tipo caliza.



**FOTO N° 20:** Pozo C-104.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50m, con limo arenoso, con gravas, color beige.





**FOTO N° 21:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-109.



**FOTO N° 22:** Pozo C-140.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad de 0.20m grava lastrada luego y hasta la profundidad de 0.25m limo arcilloso color negruzco continuando y hasta la profundidad de 1.50m roca muy intemperizada convertida en arena y ligeramente limosa con gravas.





**FOTO N° 23:** Pozo C-148.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad de 1.50m material de grava con matriz de arena limosa y cantos aislados color rojizo.



**FOTO N° 24:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-167.





**FOTO N° 25:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-173.



**FOTO N° 26:** Vista panorámica de la ubicación del pozo C-178.



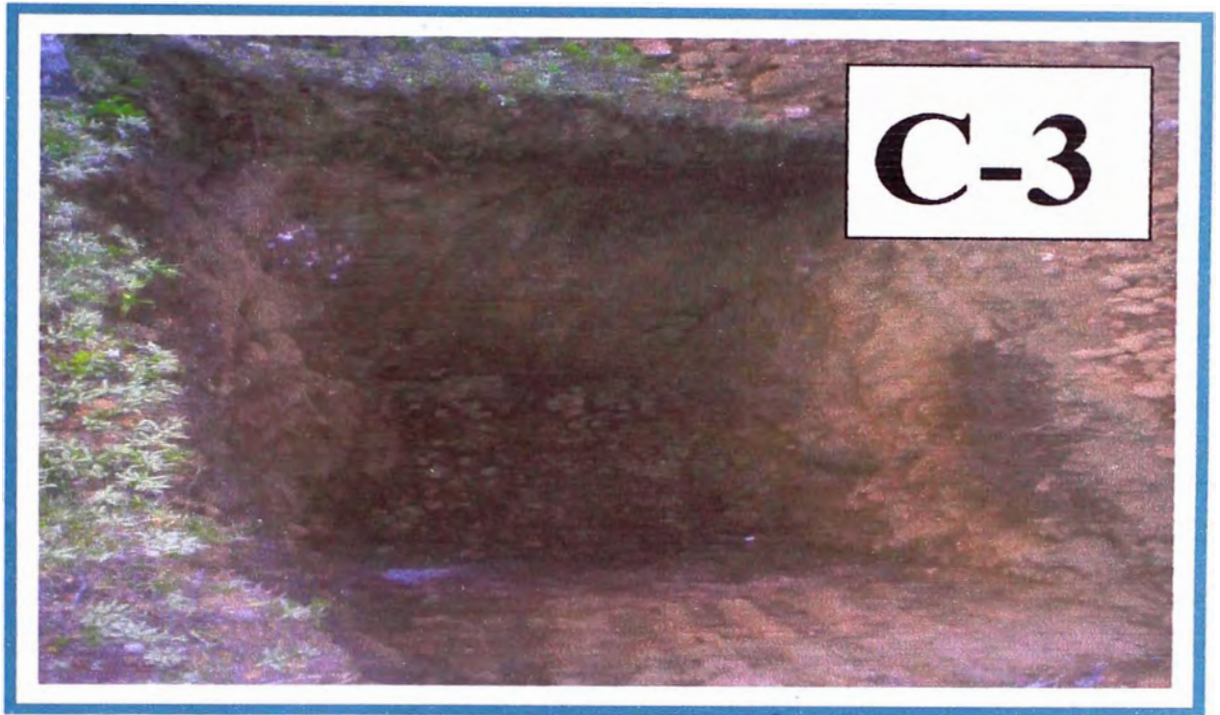


**FOTO N° 27:** Pozo C-180.- Se observa superficialmente y hasta la profundidad explorada de 1.50m material de arena limosa con gravas color blanquecino.



**FOTO N° 28** Vista del material encontrado en la cantera de Chaquimayo en el pozo C-1





**FOTO N° 29:** Vista del material encontrado en la cantera de Chaquimayo en el pozo C-3



**FOTO N° 30:** Vista del material encontrado en la cantera de Chaquimayo en el pozo C-5





**FOTO N° 31:** Vista del material encontrado en la cantera de Chahuay en el pozo C-3



**FOTO N° 32:** Vista del material encontrado en la cantera de Chahuay en el pozo C-1





**FOTO N° 33:** Vista panorámica general de la Cantera para concreto Río Matalla.



**FOTO 34:** Vista panorámica donde se observa la fuente de agua en Chahuay en el Km. 13+720.

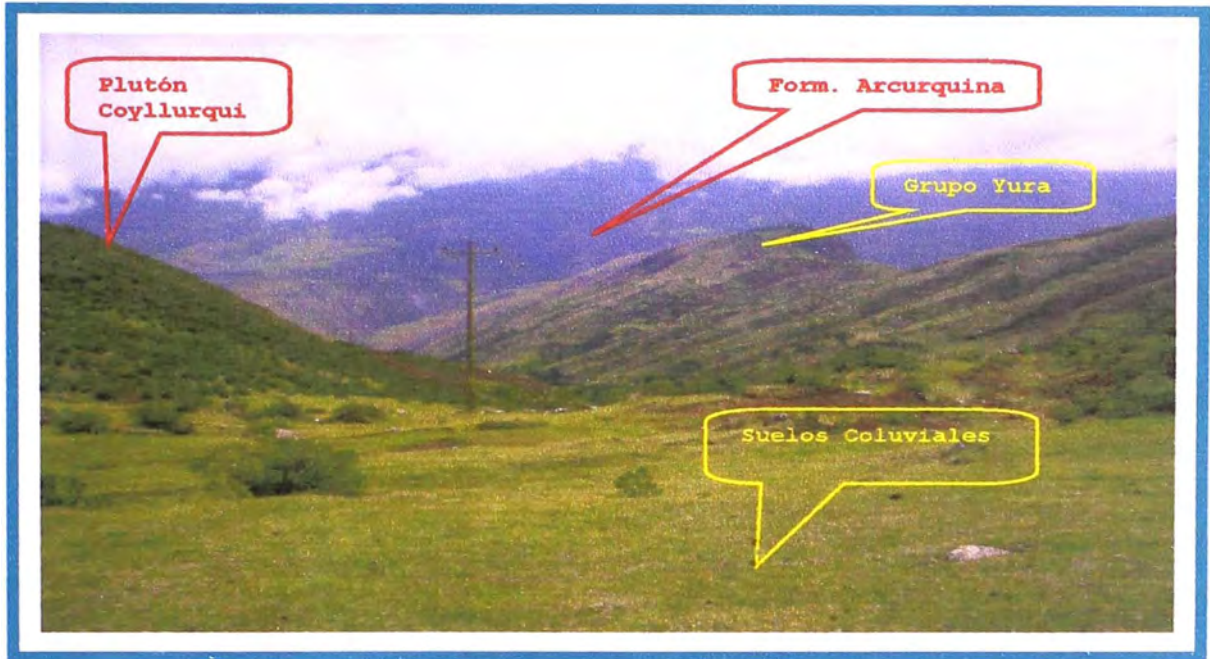




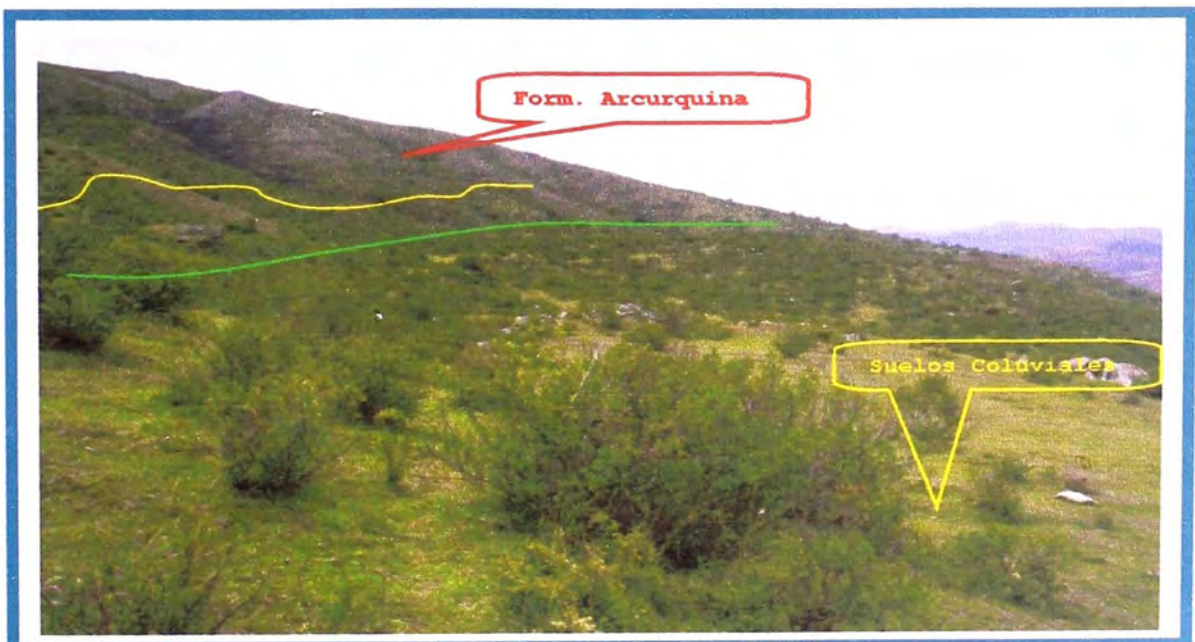
**FOTO 35:** Vista panorámica donde se observa el Río Ñahuinlla en el Km. 32+570



**FOTO 36:** Vista panorámica donde se observa el Río Ñahuinlla



**FOTO N° 37:** Vista panorámica donde se observa las Formaciones litológicas existentes en la zona adyacente al trazo tomada desde el Abra de Chahuay en dirección NW.

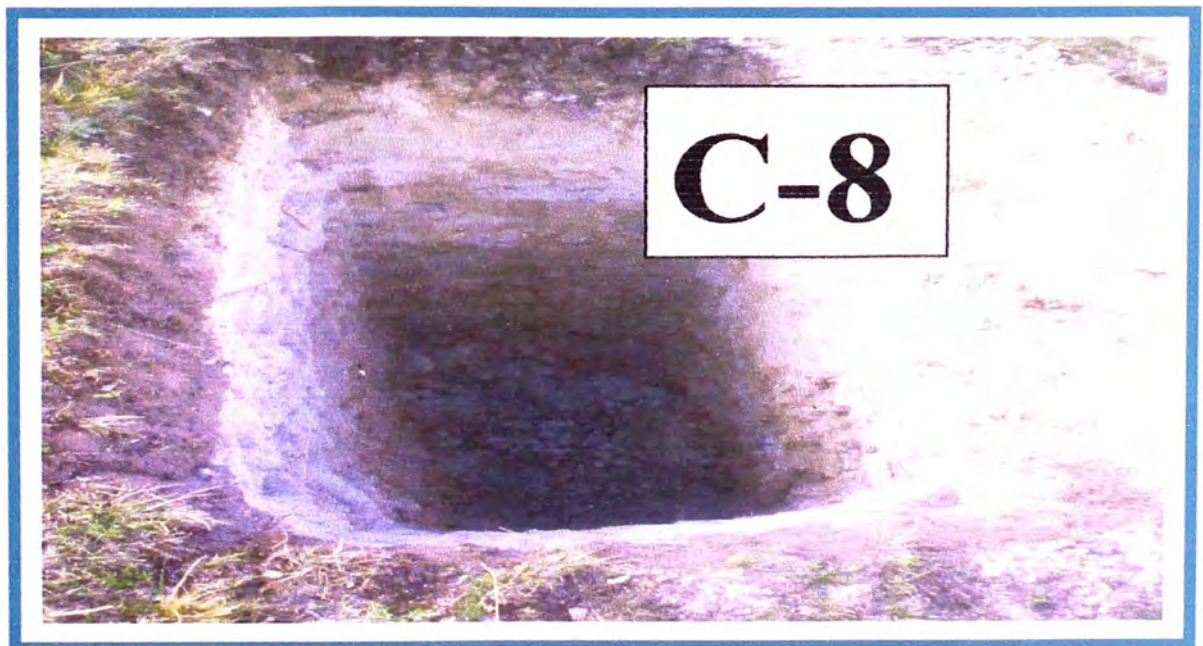


**FOTO N° 38:** Vista panorámica donde se observa formaciones litológicas adyacentes al trazo tomada desde el Abra de Chahuay en dirección SE.





**FOTO N° 39:** Vista panorámica de la zona de Chaquimayo donde es ubicada una cantera para base, con material de gravas y una matriz areno limosa.



**FOTO N° 40:** Vista del material encontrado en la cantera de Chaquimayo en el pozo C-8.

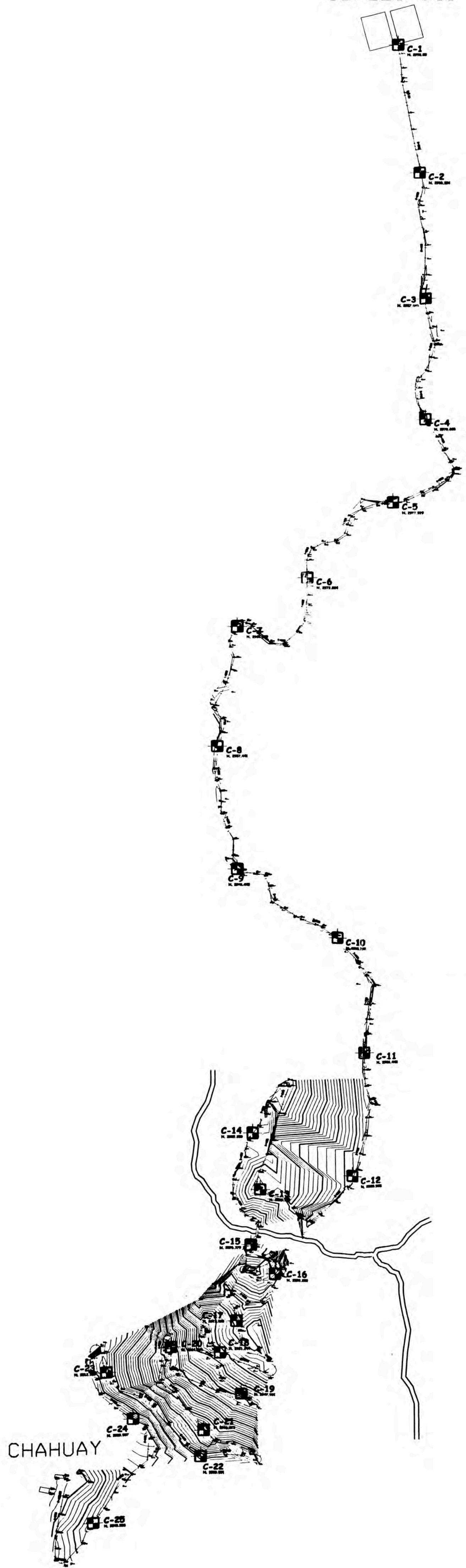


## **ANEXO II**

# **P L A N O S**

- Planos de Ubicación de Calicatas y Perfil Estratigráficos
- Planos de Canteras

COYLLURQUI



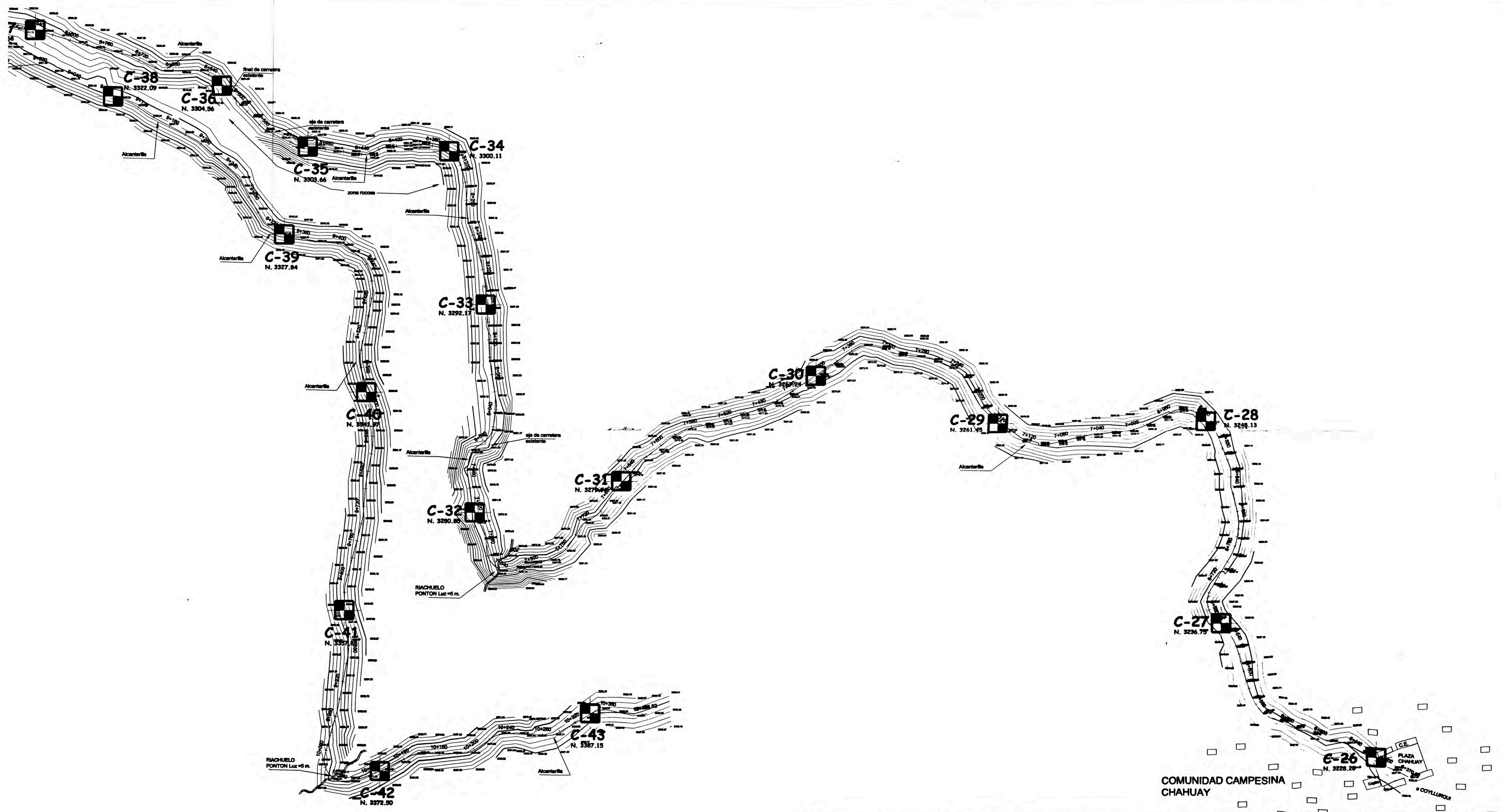
CHAHUAY

REALIZADO :  
BAH.ING. AUGUSTO MARQUEZ IBARRA

PLANO GEOTECNICO  
 DE LA CARRETERA : COYLLURQUI - CHAHUAY - RAHURILLA - CHIRCAS  
 Departamento: APUJIMAC      Provincia: COTABAMBA      Municipio: COYLLURQUI

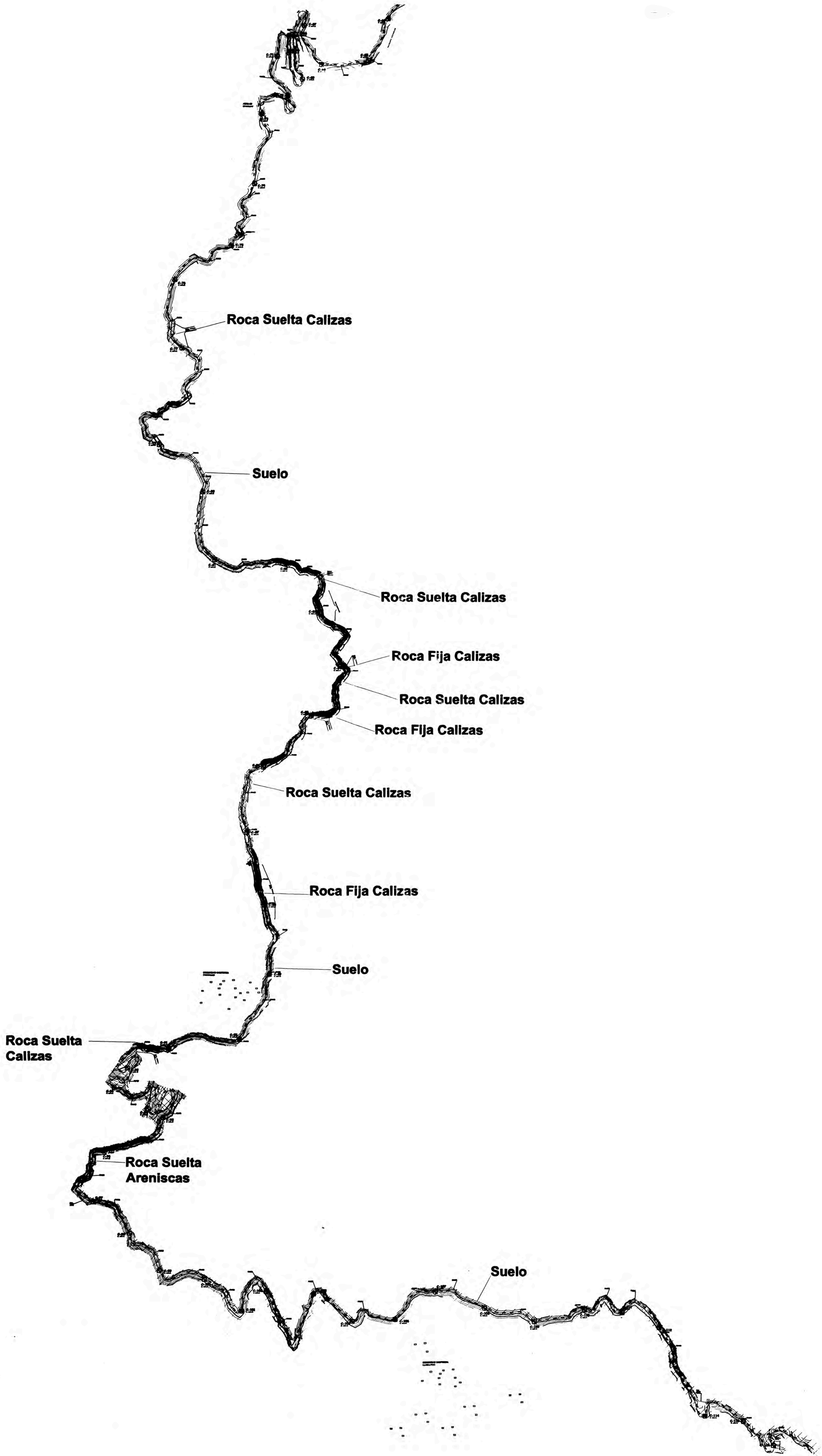
UBICACION DE CALICATAS  
KM 0+000 - KM 6+340

Escala: 1:1/500  
 Fecha: MARZO DEL 2007  
**MS - 01**



<p>REALIZADO: BAH.ING. AUGUSTO MARQUEZ IBARRA</p>	<p><b>PLANO GEOTECNICO</b> DE LA CARRETERA : COYLLURQUI - CHAHUAY - RANUNILLA - CHARCAS Departamento: APURIMAC      Provincia: COTABAMBAS      Distrito: COYLLURQUI</p>	<p><b>UBICACION DE CALICATAS</b> KM 8+340 - KM 10+400</p>	<p>H: 1/5000 Fecha: MARZO DEL 2007 Código y Nº del Plano: <b>MS - 02</b></p>
---	---	---	--



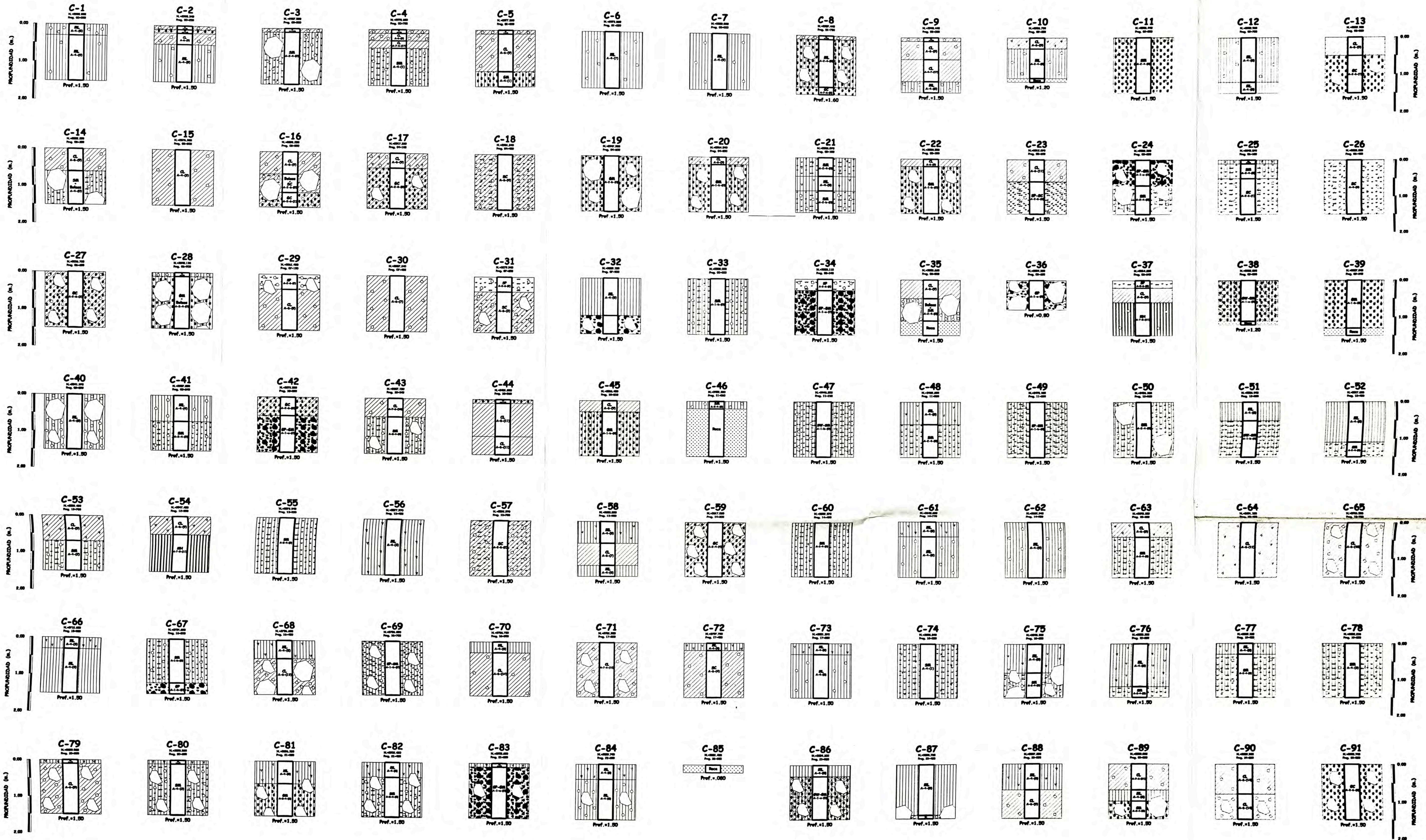


<b>REALIZADO:</b> BAH.ING. AUGUSTO MARQUEZ IBARRA	<b>PLANO GEOTECNICO</b> <b>CARRERA : COYLLURQUI - CHAHUAY - ÑAHUYLLA - CHARCAS</b>			H: 1 / 5000
	Departamento <b>APURIMAC</b>	Provincia <b>COTABAMBAS</b>	Distrito <b>COYLLURQUI</b>	Fecha: <b>MARZO DEL 2007</b> Código y N° del Plano: <b>MS - 03</b>
<b>UBICACION DE CALICATAS</b> <b>KM 10+400 - KM 32+980</b>				




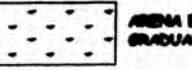








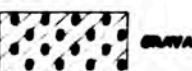





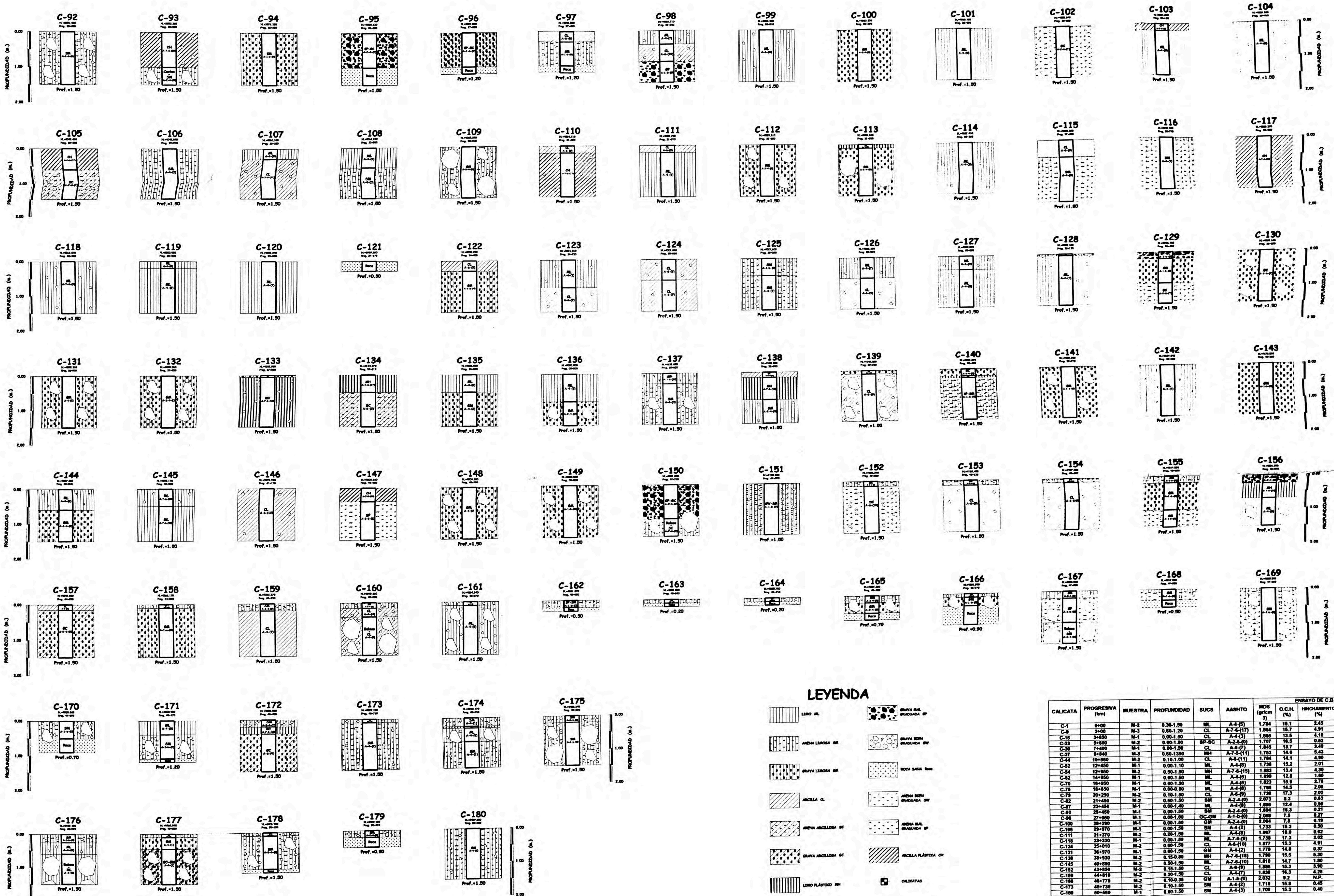




**LEYENDA**

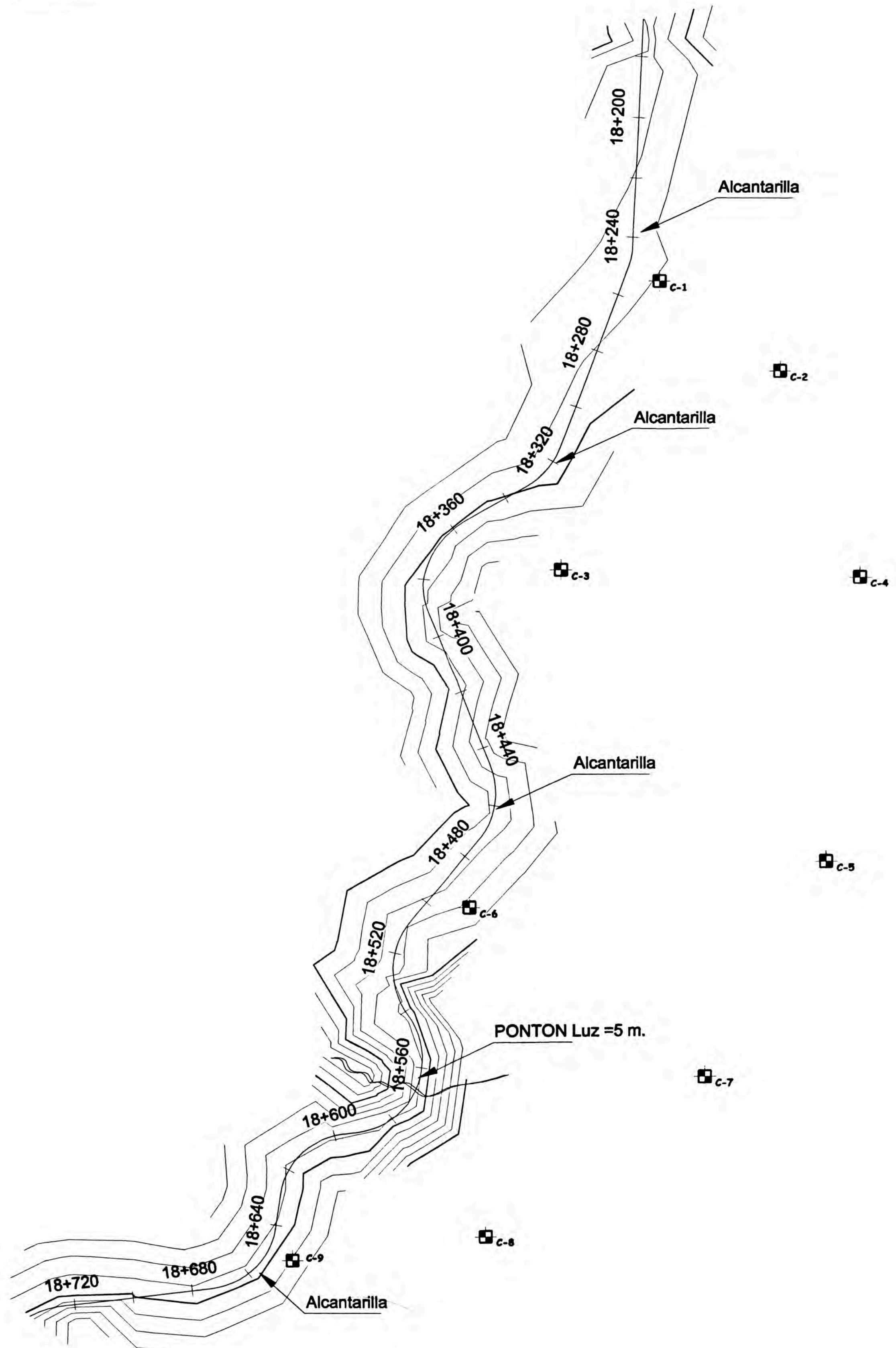
 LINDO SL	 ARENA SIN GRAVEDAD SP	 ARELLA SL	 ARENA SIN GRAVEDAD SP	 LINDO PLÁSTICO SH
 ARENA LINDA SH	 ARENA SIN GRAVEDAD SP	 ARENA ARELLOSA SL	 ARENA SIN GRAVEDAD SP	 CASILLAS
 ARENA LINDA SH	 ARENA SIN GRAVEDAD SP	 ARENA ARELLOSA SL	 ARELLA PLÁSTICA SH	



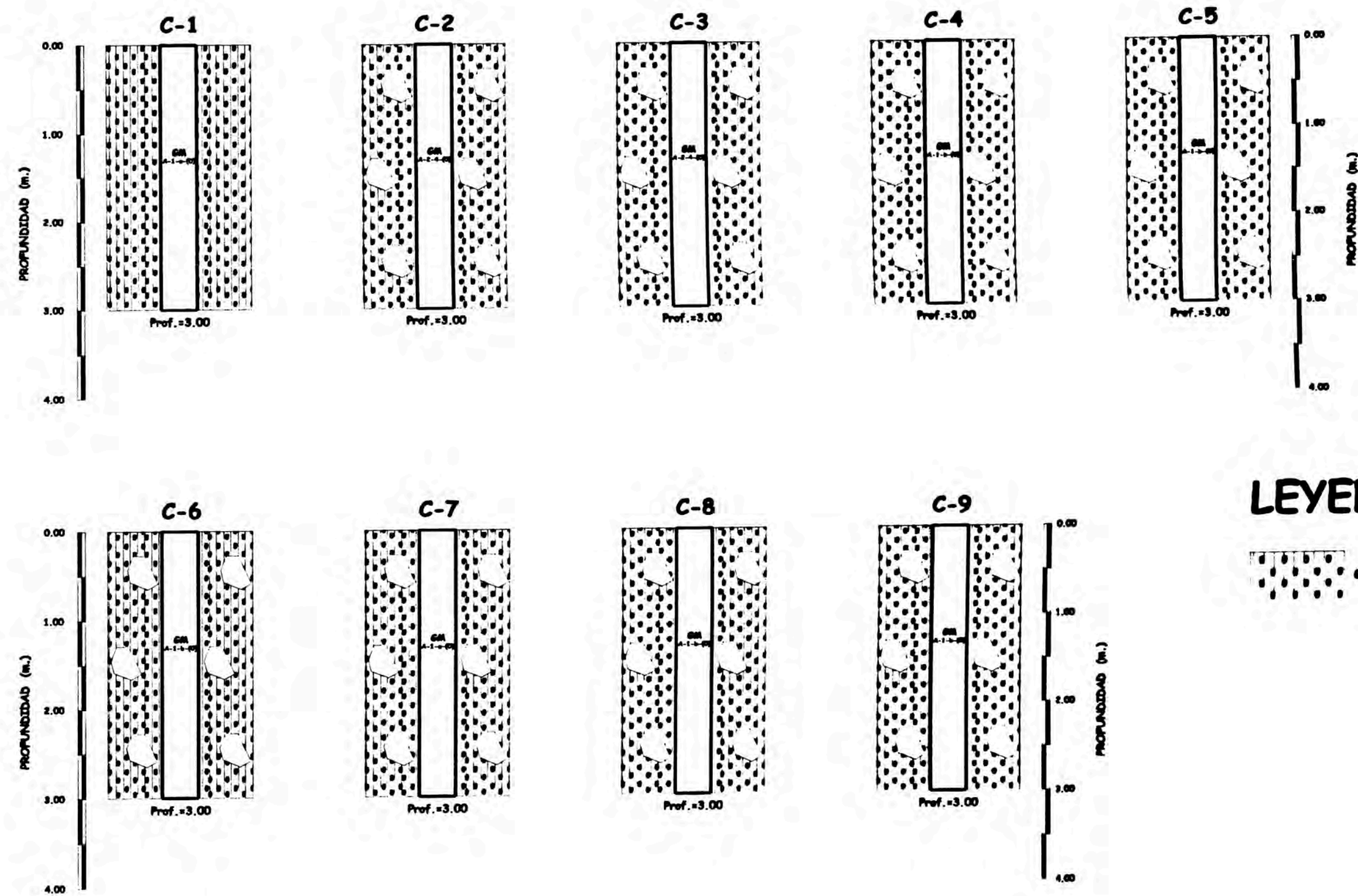


CALICATA	PROGRESIVA (km)	MUESTRA	PROFUNDIDAD	SUCS	AASHTO	ENSAYO DE C.B.R.				
						MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	O.C.M. (%)	INCHUMENTO (%)	C.B.R. 100% MDS	C.B.R. 80% MDS
C-1	0+00	M-2	0.30-1.00	ML	A-4(5)	1.784	15.1	2.45	11.7	6.4
C-8	2+00	M-3	0.60-1.20	CL	A-7.5(17)	1.864	15.7	4.91	5.2	4.4
C-15	3+850	M-1	0.90-1.50	CL	A-4(3)	1.965	13.5	4.10	6.8	5.2
C-23	8+800	M-2	0.60-1.20	SP-SC	A-2.5(0)	1.707	16.6	0.82	28.3	21.0
C-30	7+000	M-1	0.60-1.20	CL	A-5(7)	1.845	13.7	3.49	9.2	6.4
C-37	8+840	M-3	0.60-1.350	MH	A-7.5(11)	1.753	14.6	5.43	3.3	2.4
C-44	10+560	M-2	0.10-1.00	CL	A-5(11)	1.794	14.1	4.90	8.9	4.6
C-52	12+450	M-1	0.60-1.10	ML	A-4(5)	1.734	15.2	2.91	15.0	10.4
C-54	12+950	M-2	0.60-1.50	MH	A-7.5(15)	1.883	13.4	4.30	3.3	2.2
C-62	14+950	M-1	0.60-1.50	ML	A-4(5)	1.899	12.8	1.90	13.90	9.7
C-70	16+950	M-1	0.60-1.50	ML	A-4(5)	1.823	15.9	2.78	7.5	4.8
C-75	18+650	M-1	0.60-0.90	ML	A-4(5)	1.795	14.5	2.90	12.8	8.9
C-79	20+250	M-2	0.10-1.50	CL	A-5(9)	1.738	17.3	2.92	9.6	5.8
C-82	21+450	M-2	0.60-1.50	SM	A-2.4(0)	2.073	8.3	0.83	38.2	30.0
C-87	23+450	M-1	0.60-1.40	ML	A-4(5)	1.896	12.4	0.96	15.8	9.0
C-92	25+450	M-1	0.60-1.50	SM	A-2.4(0)	1.894	16.3	0.21	24.3	17.0
C-98	27+050	M-1	0.60-1.50	GC-GH	A-1-b(0)	2.058	7.6	0.37	37.0	27.0
C-100	28+290	M-1	0.60-1.50	GM	A-2.4(0)	2.984	7.8	0.19	46.0	34.0
C-108	29+970	M-1	0.60-1.50	ML	A-4(5)	1.967	16.0	0.82	4.9	2.8
C-111	31+370	M-2	0.60-1.50	ML	A-4(5)	1.977	15.3	4.91	6.9	5.8
C-118	33+330	M-1	0.60-1.90	ML	A-7.5(9)	1.738	17.3	2.02	9.6	5.8
C-124	35+010	M-2	0.60-1.90	CL	A-5(10)	1.877	15.3	4.91	6.9	5.8
C-131	36+970	M-1	0.60-1.50	GM	A-4(2)	1.779	14.8	0.37	31.3	22.5
C-138	38+930	M-2	0.15-0.90	MH	A-7.5(16)	1.790	15.5	5.30	6.4	3.6
C-145	40+890	M-2	0.60-1.50	ML	A-7.5(10)	1.810	14.7	1.90	13.9	9.6
C-152	42+850	M-2	0.15-1.90	CL	A-5(9)	1.896	15.3	3.90	7.8	5.3
C-159	44+810	M-2	0.60-1.50	CL	A-4(7)	1.838	16.3	4.25	4.8	2.8
C-166	46+770	M-2	0.10-0.35	GM	A-1-b(0)	2.032	8.2	N.P.	47.0	31.0
C-173	48+730	M-2	0.10-1.50	SM	A-4(2)	1.718	15.8	0.45	26.8	19.3
C-180	50+560	M-1	0.60-1.50	SM	A-4(3)	1.700	15.2	0.40	25.9	18.7





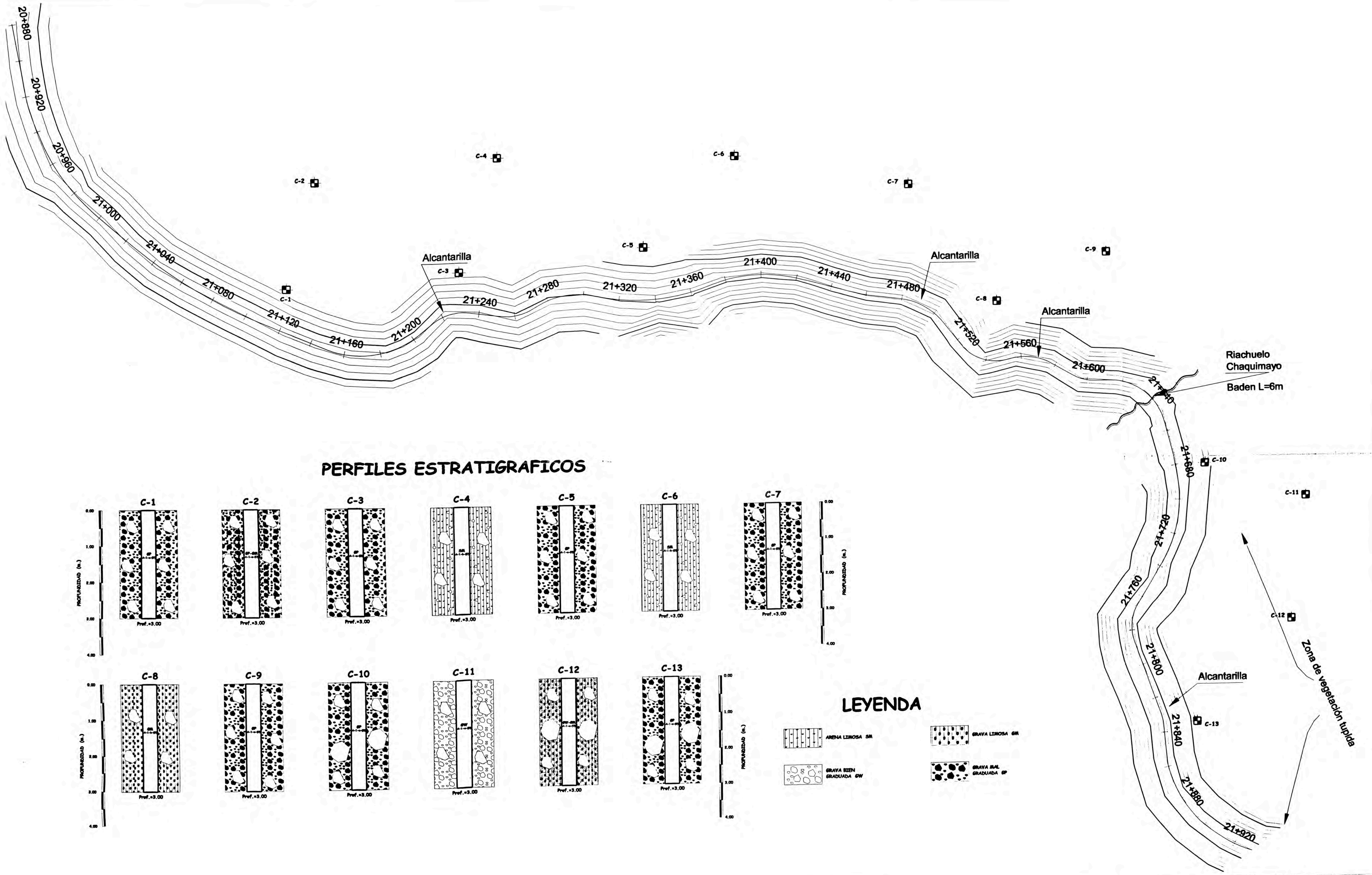
### PERFILES ESTRATIGRAFICOS



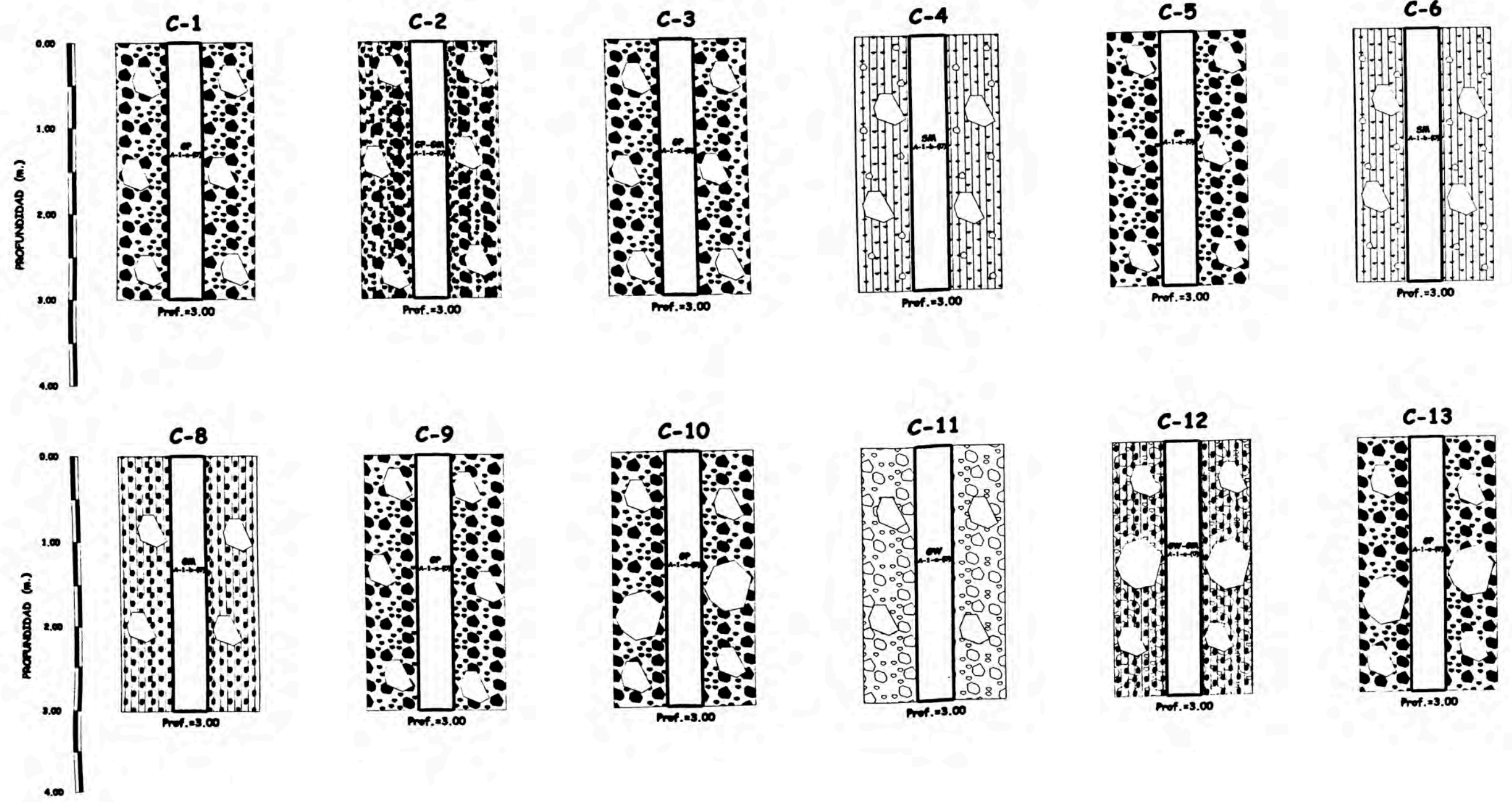
### LEYENDA







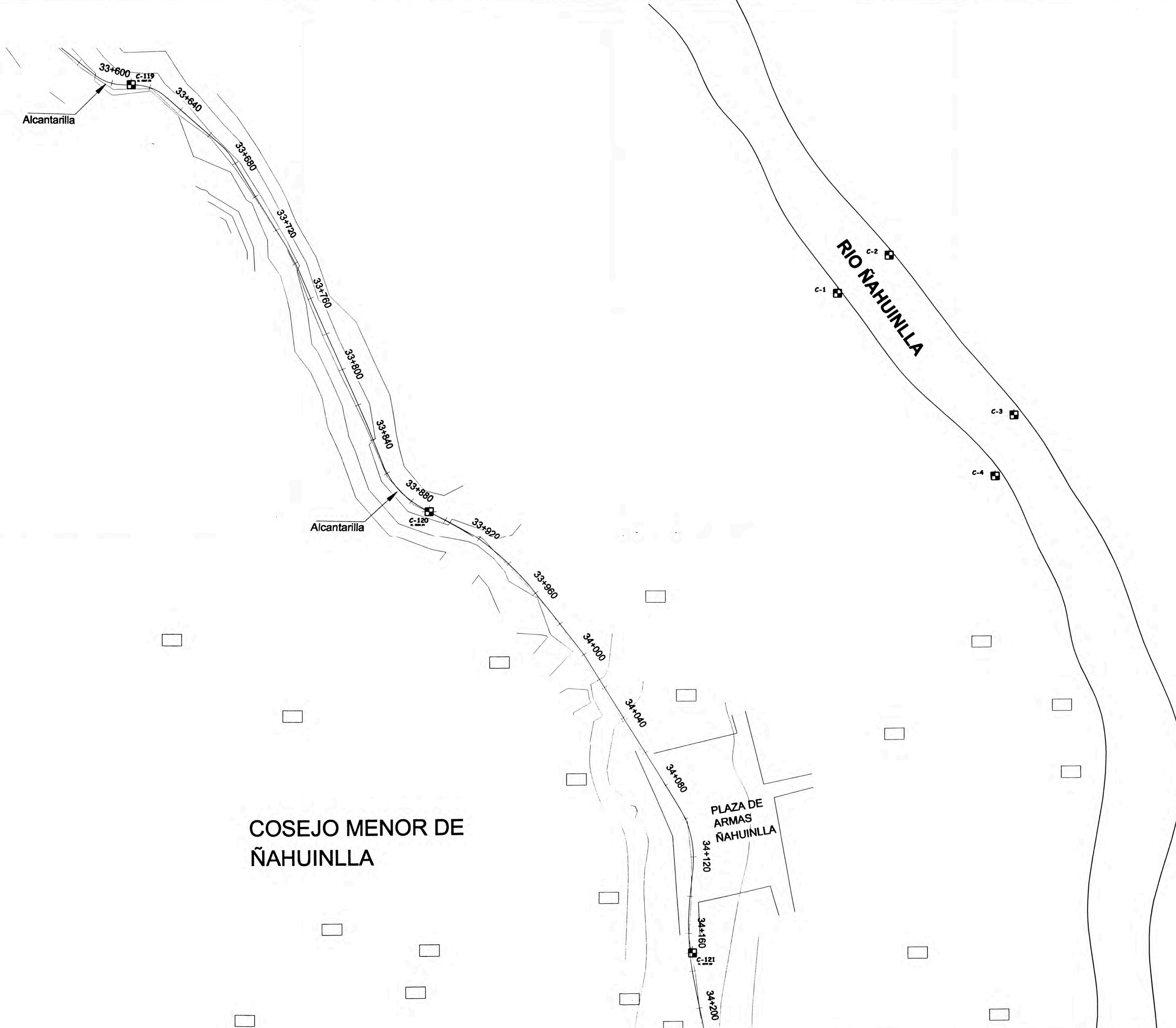
**PERFILES ESTRATIGRAFICOS**



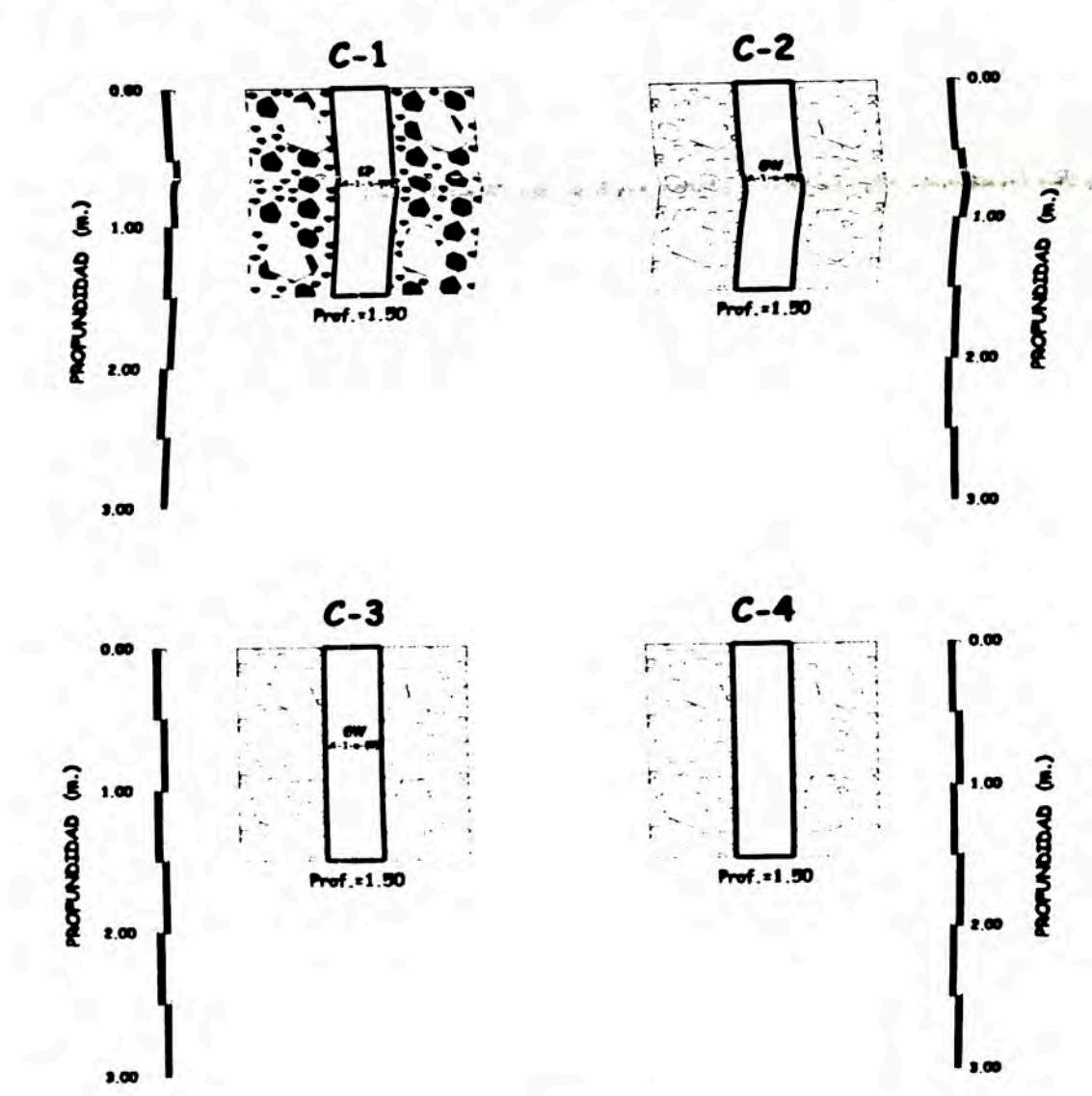
**LEYENDA**

	ARENA LIMOSA SM		GRAVA LIMOSA SM
	GRAVA BIEN GRADUADA GW		GRAVA MAL GRADUADA GP





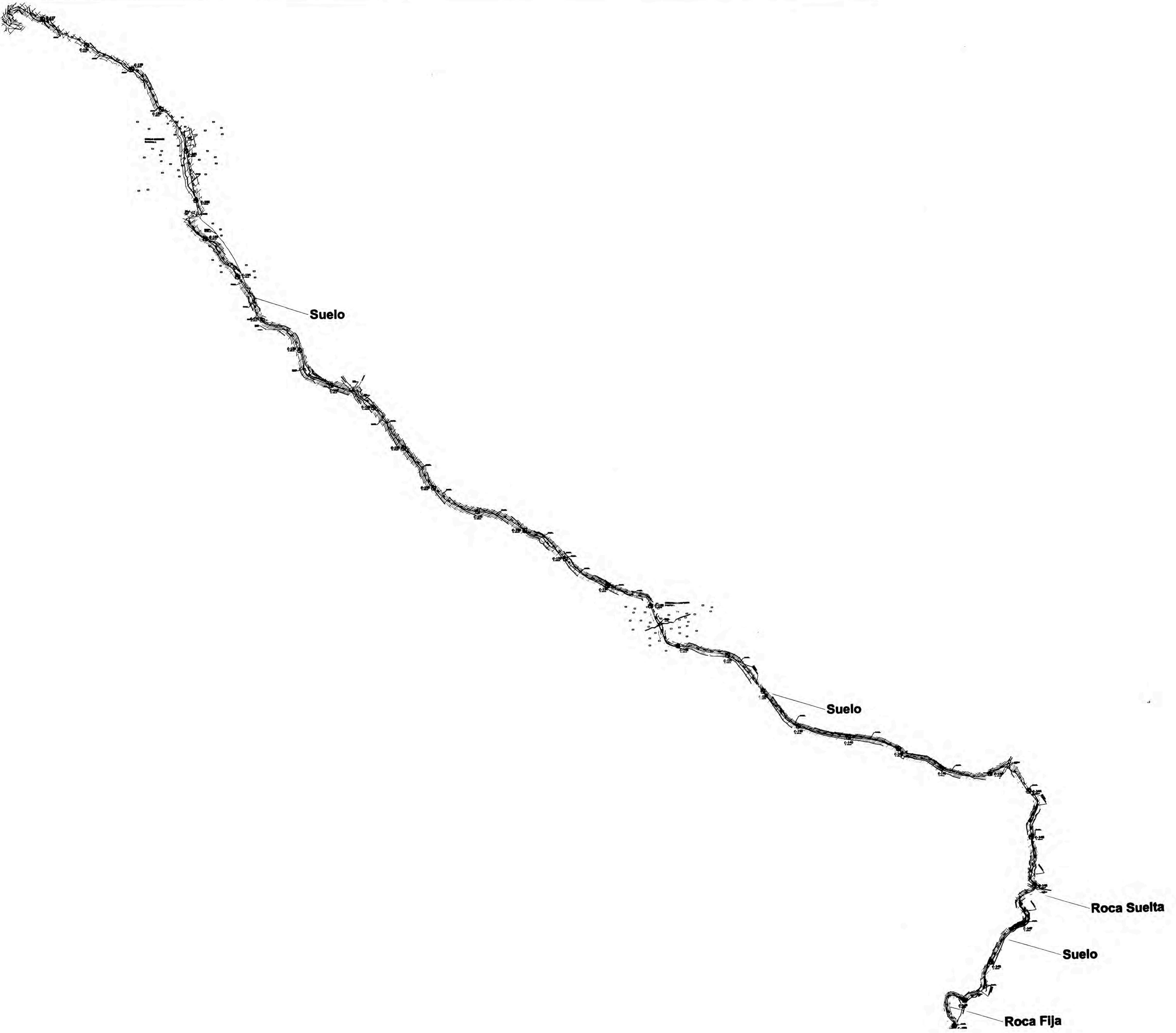
**PERFILES ESTRATIGRAFICOS**



**LEYENDA**



**COSEJO MENOR DE ÑAHUINLLA**



Suelo

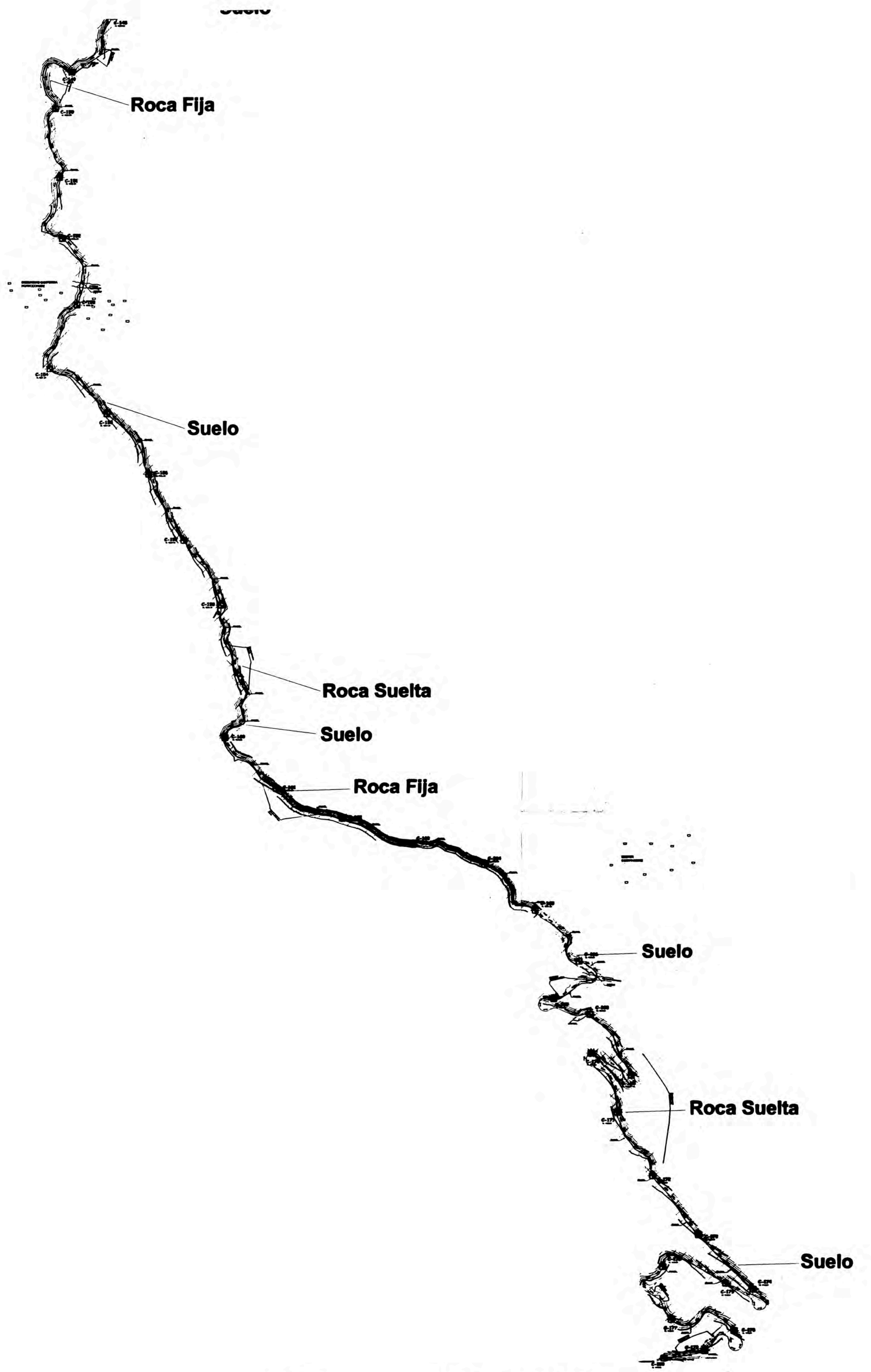
Suelo

Roca Suelta

Suelo

Roca Fija





Roca Fija y Suelta

<b>REALIZADO:</b> BAH.ING. AUGUSTO MARQUEZ IBARRA	<b>PLANO GEOTECNICO</b>			H: 1 / 5000
	<b>CARRETERA: COYLLURQUI - CHAHUAY - RAUHINLLA - CHARCAS</b>			Fecha: <b>MARZO DEL 2007</b>
	<small>Departamento</small> <b>APURIMAC</b>	<small>Provincia</small> <b>COTABAMBAS</b>	<small>Distrito</small> <b>COYLLURQUI</b>	Código y Nº del Plano: <b>MS - 04</b>

**UBICACION DE CALICATAS**  
 KM 32+984- KM 50+560